

# L'hydroélectricité au VietNam

**NGUYEN-KHAC Nhan**, ancien Chargé de mission à la Direction Générale d'EDF,  
ancien Professeur à l'INPG et à l'IEPE de Grenoble.

**NGUYEN TRAN The**, Directeur d'ENERTEAM à Ho Chi Minh ville.

**Michel HO TA KHANH**, Expert en Ingénierie Hydraulique à EDF - CIH (e.r).

## Résumé :

Les ressources hydroélectriques du Vietnam sont diversifiées et relativement abondantes. Son potentiel hydroélectrique est comparable à celui de la France.

La croissance exponentielle de la consommation électrique, avec un taux annuel moyen de 14%, qui dure depuis plus de dix ans, ne donne pas de signe d'essoufflement.

L'Electricité du Vietnam prévoit la construction, d'ici 2020, de 45 nouvelles centrales hydrauliques, totalisant une puissance installée de 12 343 MW.

Les auteurs de cet article formulent le vœu de voir participer à la réalisation de cet ambitieux programme hydraulique vietnamien, les entreprises industrielles de Grenoble, berceau de la Houille Blanche.

## Abstract :

The hydroelectric resources of Vietnam are diversified and quite abundant. Vietnamese hydroelectric potential is comparable to the French one.

The exponential growth of electric consumption, with an annual rate of 14%, which has been lasting for more than ten years and gives no sign of slowing down.

During the next twenty years, Electricity of Vietnam plans to build 45 new hydroelectric power plants capable of delivering a total power of 12 343 MW.

The authors of this article wish that the industrial firms of Grenoble, which use to be the birth of the hydroelectric energy, participate in the accomplishment of this ambitious Vietnamese hydroelectric program.

## **1.- Le Vietnam, pays à vocation hydraulique**

### **1 - Géographie :**

Le Vietnam, dont la configuration rappelle la lettre S, est situé au Centre de l'Asie du Sud-Est. Ses frontières terrestres avec la Chine au Nord, le Laos et le Cambodge à l'Ouest mesurent 3 730 km. Ses façades orientales et méridionales, avec 3 200 km de côtes, s'ouvrent sur les océans Pacifique et Indien.

D'une superficie totale de 333 000 km<sup>2</sup> (distance Nord Sud à vol d'oiseau 1 605 km), les 3/4 du territoire sont formés de collines et de montagnes (celles dont l'altitude dépasse 500 m occupent le 1/3 du territoire).

La chaîne de montagne qui s'étend sur 1 400 km du Nord au Sud culmine à 3 143 m au pic de Phan Si Pang, proche de la frontière chinoise. Deux grandes plaines, riches et fertiles, sont constituées par le delta du Fleuve Rouge (1,6.10<sup>6</sup> ha) au Nord et le delta du Mékong (4.10<sup>6</sup> ha) au Sud.

Le pays compte 80 millions d'habitants, une population très jeune, dynamique et essentiellement rurale.

## 2 - Hydrométéorologie :

Le Vietnam est un pays à vocation hydraulique. Ses milliers de cours d'eau totalisent une longueur de 41 000 km et un volume d'eau véhiculé de  $850.10^9$  m<sup>3</sup> par an.

Les trois plus importants d'entre eux sont :

- Le Mékong (longueur 4 500 km, débit à l'embouchure 11 000 m<sup>3</sup>/s) qui prend sa source en Chine sur le plateau du Tibet à plus de 5 000 m d'altitude, traverse plusieurs pays riverains (le Laos, le Cambodge et la Thaïlande) ainsi que le Vietnam sur 230 km.
- Le Fleuve Rouge (529 km au Vietnam sur 1 126 km).
- Le Dong Nai (635 km).

Situé au carrefour des moussons du Sud-Est asiatique, le pays a un climat tropical et humide présentant de grandes diversités régionales en fonction de l'altitude et de la latitude.

Le tableau 1 indique les hauteurs moyennes (1999-2001) des précipitations ainsi que les variations de températures dans les trois villes principales du Nord au Sud.

Tableau 1 :

Ville	Précipitations (mm)	Températures (°C)		
		mini	moyenne	maxi
Hanoi	1697	2,7	23,5	42,8
Hue	3871	8,8	24,5	39,9
Ho Chi Minh ville	2243	13,8	26,5	40

A la différence de la région du Nord avec ses 4 saisons plus ou moins bien marquées, la région du Sud ne connaît que 2 saisons. En saison chaude et pluvieuse (mai à novembre), des inondations et crues souvent catastrophiques submergent villages et rizières. En saison sèche et froide (décembre à avril), les cultures manquent d'apports liquides; les niveaux bas des cours d'eau favorisant la remontée fréquente des eaux salines. Ce phénomène devient plus préoccupant lors des marées hautes et des typhons, notamment au centre du Vietnam.

## 3 - Géologie :

Les deux bassins du Song Thu Bon (au Centre) et le Dong Nai (au Sud) que nous connaissons le mieux, présentent sous l'aspect géologique une structure éruptive dominée par le granit et recouverte de dacites et de basaltes. En particulier, dans le bassin du Dong Nai, on trouve des filons d'andésite, de rhyolites, d'aplite et de pegmatite qui sont décomposés en général sous de fortes épaisseurs suivant le processus de "décomposition en boules". On peut dire que, dans l'ensemble, les terrains sont imperméables mais comprennent un certain nombre de réserves souterraines près de la surface. Des alluvions quaternaires et de formation plus récente couvrent la plus grande partie du delta du Mékong.

## 4 - Ressources énergétiques :

### a) Combustibles fossiles :

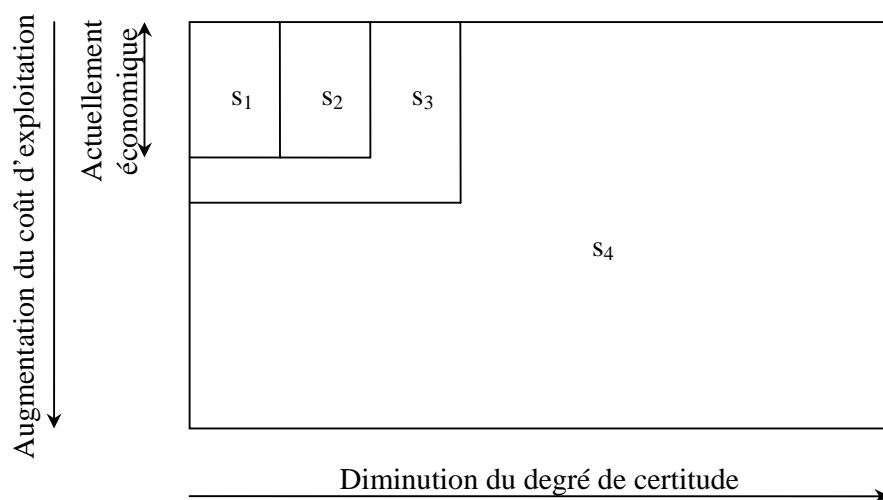
Le Vietnam est relativement riche en ressources énergétiques. Le tableau 2 donne les chiffres concernant les combustibles fossiles (énergies de stock).

Tableau 2 :

Combustibles fossiles	Réserves probables	Quantités exploitées en 2002	Capacité d'exploitation en 2020	Consommation primaire 2001
Charbon	$3,52.10^9$ tec	$15,5. 10^6$ tec	$20.10^6$ tec	$8.10^6$ tec
Pétrole	$425.10^6$ tep	$17. 10^6$ tep	$25.10^6$ tep	$8,8.10^6$ tep
Gaz naturel	$617.10^9$ m <sup>3</sup>	$2,17. 10^9$ m <sup>3</sup>	$15.10^9$ m <sup>3</sup>	$1,3.10^9$ m <sup>3</sup>

### b) Potentiel hydroélectrique :

Nous présentons ici le potentiel hydroélectrique du Vietnam à travers le diagramme de Mc.Kelvey que nous avons modifié en vue de l'application aux ressources renouvelables (en effet, le diagramme de Mc.Kelvey a été conçu uniquement pour les ressources fossiles).



Le tableau 3 permet de situer l'importance des potentiels du Vietnam et de la France (qui sont comparables) par rapport au potentiel mondial.

Tableau 3 :

Surface	Potentiel hydroélectrique	Vietnam (TWh)	France (TWh)	Monde (TWh)
S <sub>1</sub>	Exploité (2002)	18	65	2 750
S <sub>1</sub> + S <sub>2</sub>	Economique	52	72	6 000 - 8 000
S <sub>1</sub> + S <sub>2</sub> + S <sub>3</sub>	Technique	72	100	10 000
S <sub>1</sub> + S <sub>2</sub> + S <sub>3</sub> + S <sub>4</sub>	Théorique	309	270	48 000

Dans le passé, nous avons évalué le potentiel technique du Vietnam à plus de 80 TWh et le potentiel économique à 70 TWh. Ce dernier chiffre a été récemment révisé en baisse, compte tenu des contraintes d'environnement (déplacement des populations en particulier).

## II.- Le parc hydraulique dans le système électrique

### 1 - Système électrique :

La production totale d'électricité du pays en 2002 est de 35,6 TWh dont 18 TWh (51,7%) pour l'hydraulique, 5,7 TWh (16%) pour les turbines à gaz et 4,8 TWh (13,6%) pour le thermique classique au charbon ; la puissance installée totale du parc électrique s'élevant à 8 741 MW. Plusieurs centrales hydrauliques et thermiques ont été mises en service ou en construction récemment. Dans le cadre d'un contrat BOT, EDF construit actuellement la centrale Phu My 2.2 de 715 MW (turbine à gaz à cycle combiné).

Le tableau 4 donne les caractéristiques principales des réseaux de transport, de répartition et de distribution en moyenne tension.

Tableau 4 :

Année	Tension (kV)	Longueur (km)	Puissance des transformateurs (MVA)
2000	500	1 514	2 850
	220	3 732	5 810
	66-110	7 851	7 320
	Moyenne tension <sup>1</sup>	50 464	10 390
2002 - 2010 (à construire)	500	2 416	6 150
	220	4 414	13 350
	110	7 757	28 730

Durant la période 1990-1998, le taux de croissance annuelle de la demande électrique du pays a été extrêmement important, de l'ordre de 14%. Le tableau 5 renseigne sur l'évolution de la consommation (avec le scénario haut de 11%) jusqu'à l'horizon 2020, selon le 5<sup>e</sup> plan directeur à long terme de l'Electricité du Vietnam.

Tableau 5 :

Année	2000	2005	2010	2015	2020
TWh	24,9	46,5	78,5	126,9	201
kWh/hab.an	306	516	817	1 261	1 881

L'efficacité énergétique pose problème. Le coefficient d'élasticité trop élevé de 1,5 pour un taux de croissance du PIB de 7,3% ne peut être maintenu encore longtemps. Compte tenu de l'utilisation rationnelle de l'énergie à promouvoir, de la maîtrise de la demande à encourager et des effets de saturation à terme, le taux de croissance annuel de la consommation électrique du pays devra décélérer progressivement.

En suggérant un taux moyen annuel de 7% (taux exponentiel bien connu des électriciens du doublement décennal, déjà insoutenable) nous pensons que le chiffre de 201 TWh programmé ci-dessus ne verra en réalité le jour que vers l'horizon 2030 (et non 2020). Ce qui laisserait un peu de répit à l'Electricité du Vietnam.

### 2 - Parc hydraulique actuel :

Le parc hydraulique du Vietnam, relativement neuf, comprend actuellement une dizaine d'aménagements, tous à buts multiples, de moyenne et haute chute. L'ensemble des caractéristiques essentielles des ouvrages en exploitation est présenté dans le tableau 6. (Tous les barrages sont en terre et/ou enrochements).

<sup>1</sup> 6, 10, 15, 22 et 35 kV

A terme, les trois premiers niveaux disparaîtront.

Tableau 6 :

Aménagements	Province	Bassin versant (km <sup>2</sup> )	Puissance installée (MW)	Hauteur du (des) barrages (m)	Hauteur de chute (m)	Mise en service	Productivité annuelle (GWh)		Coopération Pays	Coût de construction (10 <sup>6</sup> USD)
							Projet	Actuelle		
Da Nhim	Lam Dong - Ninh Thuan	775	4 x 40	38	741	1964	1 055	809	Japon	50
Thac Ba	Yen Bai	6 170	3 x 36	45	30	1972	416	450	URSS	110
Hoa Binh	Hoa Binh	52 000	8 x 240	128	88	1984	8 100	7 200	URSS	1 500
Tri An	Dong Nai	14 790	4 x 100	40	50	1988	1 760	1 400	URSS	400
Vinh Son	Binh Dinh	124 + 97	2 x 33	37 + 40	612	1994	228	252	France	70
Thac Mo	Binh Phuoc	2 200	2 x 75	46	90	1995	640	600	Ukraine	150
Song Hinh	Phu Yen	772	2 x 75	43	148	1999	378	320	Suède	100
Ham Thuan	Lam Dong - Binh Thuan	1 280	2 x 150	93,5	250	2001	1 017	800	Japon	300
Dami	Lam Dong - Binh Thuan	83	2 x 87,5	72	143	2001	590	500	Japon	180
Yali	Gia Lai - Kontum	7 455	4 x 180	71	190	2001	3 650	3 300	Ukraine Russie	700

### 3 - Plan de développement des aménagements hydroélectriques :

Dans le cadre du 5<sup>e</sup> plan directeur, l'Electricité du Vietnam a soumis aux autorités compétentes, pour les vingt prochaines années, un programme très ambitieux de réalisation de 45 ouvrages hydroélectriques totalisant environ 12 343 MW. Pour la 1<sup>ère</sup> période (2002-2010), voici la liste des projets avec leur puissance installée et leur date de mise en service théorique (le projet Son La, le plus important, est décrit à part).

Tableau 7 :

Période 2002 - 2005					
	Aménagement	Puissance Installée (MW)	Mise en chantier	Mise en service	Observations
1	Sesan 3	300	2002	2005	
2	Thac Mo	50		2005	extension
3	Can Don	72		2005	BOT
	S/ total	422			
Période 2006 - 2010					
4	Tuyen Quang	342	2002	2006-2007	
5	Dai Ninh	300	2003	2006-2007	
6	Rao Quan	70	2003	2007	
7	A Vuong 1	170	2003	2007	
8	Plei Krong	110	2003	2007	
9	Ban La	300	2004	2008-2009	
10	Dong Nai 3-4	510	2005	2009-2010	
11	Buon Kuop	280	2003-2004	2008-2009	
12	Song Ba Ha	250	2005	2009-2010	
13	Song Tranh 2	135	2005	2009-2010	
14	Kontum Thuong	220	2006	2010	
15	Song Con 2	69	2006	2009-2010	
16	Ban Chac Huoi Quang	740	2006	2009-2011	
17	Dac Rinh	97	2006	2009-2010	
18	Ea Krong	65	2004	2008-2009	
	S/total	3 658			

A cette liste s'ajoutent 8 projets d'une puissance totale de 1 000 MW qui seront réalisés essentiellement avec des investissements étrangers sous forme de BOT<sup>2</sup>, BT<sup>3</sup> ou IPP<sup>4</sup>.

Enfin pour la période 2010-2020, 18 nouveaux aménagements hydroélectriques (Son La non compris) d'une puissance de 4 863 MW sont d'ores et déjà programmés.

### 4 - Projet Son La :

L'aménagement hydroélectrique Son La (à buts multiples) sur le Song Da (Nord Vietnam), en amont de Hoa Binh et de Hanoi, sera l'un des plus importants du Sud Est asiatique.

Avec une puissance installée de 2 400 MW (10 groupes), sa production annuelle moyenne sera de 9 TWh. Le coût du projet s'élève à 2,5.10<sup>9</sup> USD.

Les travaux débiteront en 2005, la mise en service du 1<sup>er</sup> groupe est prévue pour 2013 et le dernier en 2015.

<sup>2</sup> BOT : Build Operate Transfer

<sup>3</sup> BT : Build Transfer

<sup>4</sup> IPP : Independent Power Plant

En raison des contraintes d'environnement (déplacement de 80 000 habitants, sécurité du barrage en particulier) de longs débats ont eu lieu en décembre 2002 à l'Assemblée nationale du Vietnam.

Les questions soulevées portent essentiellement sur le niveau du réservoir, les tremblements de terre, en vue de la protection des millions d'habitants vivant à l'aval. Le projet initialement envisagé avec une puissance installée de 3 600 MW, présentant trop de risques, a été refusé par les députés.

## **5 - Projets du Mékong :**

Du point de vue énergétique, le Mékong (avec un énorme potentiel<sup>5</sup> théorique de 340 TWh) n'est exploitable sur le territoire du Vietnam que par quelques uns de ses affluents qui prennent naissance dans la région des hauts plateaux (environ 2 000 MW avec l'essentiel de la puissance concentrée sur le Sré Pok et le Se San). On compte 6 aménagements en cascade sur ce dernier affluent (total de 1 750 MW) : Yali (720 MW) déjà mis en service, Se San 3 et Plei Krong en cours de construction, Se San 4, Se San 3A et Kontum Thuong en projet.

Le Vietnam envisage d'importer du Laos et du Cambodge, de l'électricité produite sur le Mékong (de 2 000 à 4 000 MW) durant la décade 2010-2020.

Dans le cadre du Comité du Mékong, les autorités vietnamiennes restent très attentives à tous les projets hydroélectriques situés sur le cours amont du fleuve notamment sur la partie chinoise (province du Yunnan) qui peuvent avoir des répercussions importantes sur le régime hydrologique du delta du Mékong (grenier à riz) du Vietnam.

## **6 - Problèmes d'exploitation :**

Les principaux problèmes d'exploitation des aménagements hydroélectriques sont actuellement :

- La difficulté pour l'optimisation de l'exploitation des retenues à buts multiples, compte tenu des fonctions parfois antagonistes et des priorités : écrêtement des crues, optimisation de la production électrique, soutien des étiages, .etc. Il existe bien à présent une Loi sur l'Eau qui aborde les prescriptions sur la gestion, l'exploitation, l'utilisation et la protection des ressources en eau, mais il faut reconnaître qu'elle n'est pas pleinement efficace en raison d'une faible coordination entre les organismes responsables de la gestion des eaux et de la gestion intégrée des bassins versants. Une coopération internationale<sup>6</sup> dans ce domaine sera certainement souhaitable comme le montrent les quelques progrès réalisés grâce aux institutions telles que la Banque mondiale et certaines ONG. On peut citer, comme exemple de ce type de problème, les variations brusques des débits et la qualité des eaux à l'aval de la retenue du Yali, entre 1996 et 1999, alors que la population à l'aval n'avait pas été suffisamment informée.
- L'auscultation et l'entretien parfois insuffisants - qualitativement et quantitativement - pour certains barrages anciens ou de faible hauteur, souvent liés à un manque de moyens financiers.
- Le rapide comblement des retenues provoqué par l'érosion des bassins versants soumis à des pluies violentes et à une trop grande déforestation (notamment à cause des opérations de défoliation durant la guerre).
- La conservation des ressources hydrauliques et de la qualité des eaux à l'aval des grands réservoirs, avec les nouveaux besoins en eaux potables, pour la pisciculture et, probablement à long terme, pour le tourisme.

## **7 - Contraintes d'environnement :**

<sup>5</sup> Même ordre de grandeur que la productibilité annuelle moyenne du projet Grand Inga du Zaïre : 300 TWh.

<sup>6</sup> La présence du Vietnam à la Commission Internationale des Grands Barrages nous paraît souhaitable.

Les principales contraintes d'environnement pour les grands aménagements hydroélectriques du Vietnam, concernent le déplacement des populations et la réduction des surfaces cultivables et des forêts dans l'emprise des retenues projetées. Ce problème constitue une des difficultés majeures des futurs grands projets hydroélectriques tels que Son La. En effet :

- Le Vietnam est un pays à population dense, avec des surfaces cultivables relativement limitées.
- La culture vivrière de base, le riz, se pratique dans tous les fonds de vallée.
- Les principales retenues hydroélectriques sont situées dans les zones montagneuses habitées essentiellement par des minorités ethniques très difficiles à déplacer pour des raisons sociologiques et économiques.
- L'insuffisance de l'aide et de compensation de l'Etat pour les populations déplacées, jusqu'à une date récente, ne peut que rendre plus difficiles les futures expropriations.

Il existe maintenant des lois et des règlements concernant les études impact sur l'environnement pour tous les grands projets hydroélectriques qui doivent recevoir au préalable l'approbation du Ministère des Sciences, des Technologies et du Ministère des Ressources et de l'Environnement. Une nouvelle loi indique que tout projet hydraulique entraînant le déplacement de plus 20 000 personnes doit être approuvé par l'Assemblée nationale. Dans le domaine de la protection de l'environnement, nous pensons que d'autres efforts importants restent encore à faire.

## **8 - Petite hydraulique :**

Au Vietnam, les 3 premières centrales hydrauliques furent construites par les Français dans les Hauts plateaux : Drayling 420 kW (1933), Eo nao 280 kW (1939) et AnKroet 3 100 kW (1945).

Au cours des dernières années, le gouvernement a réalisé un important programme d'électrification rurale dont une partie est assurée par la petite hydraulique (de 100 à 7 500 kW). D'autre part, il y a 300 mini réseaux électriques (de 5 à 200 kW) d'une puissance totale de 70 MW. Enfin sur le marché, ont été vendus de 100 000 à 150 000 groupes pico hydrauliques de puissance unitaire de 100 à 1 000 W. La qualité du matériel de fabrication locale et de maintenance de ces groupes laissant à désirer, une partie a cessé de fonctionner.

Malgré tous les efforts consacrés au développement du secteur électrique, la consommation d'électricité par tête d'habitant au Vietnam est encore très faible. En 2000, il reste encore 3.9 millions de foyers, regroupant 18 millions d'habitants dans la zone rurale qui ne sont pas électrifiés.

A la demande de l'Electricité du Vietnam, la Banque mondiale a préparé un document intéressant : Vietnam, Renewable Energy Action Plan (REAP). En voici les traits essentiels concernant le développement des petites centrales hydrauliques.

- L'objectif du programme REAP est d'aider le Vietnam à réaliser le développement économique et social des régions lointaines.
- Le REAP est composé de 2 périodes de 5 ans chacune : celle de la préparation "building capacity" et celle de la réalisation.
- Dans les régions rurales, l'électricité est consommée essentiellement pour l'éclairage, la télévision, la production agricole ou forestière.
- La puissance des sites disponibles (de moins de 10 MW/sites) s'élève à 800-1 400 MW. Ces sites se concentrent surtout au Nord et au Centre du pays.
- Le coût total de la phase 1 du programme s'élève à 46-91.10<sup>6</sup> USD. Cela permettrait d'alimenter en électricité 35 000 à 90 000 foyers non accessibles par le réseau national et de construire, de mettre en service une capacité supplémentaire de 41 à 50 MW connectés au réseau national.



- Si le développement de la phase 1 du programme donne de bons résultats, les actions de la phase 2 seraient multipliées par 5.

## **9 - Contribution de l'hydraulique :**

Face à une croissance soutenue de la demande, le Vietnam a décidé de développer en priorité ses ressources hydroélectriques qui sont abondantes, bien réparties et encore insuffisamment exploitées. Cette orientation est tout à fait justifiée dans la mesure où l'hydroélectricité est une source d'énergie nationale, économique, renouvelable (de proximité pour la petite hydraulique) et non polluante vis-à-vis de l'effet de serre. Ce développement nous paraît d'autant plus nécessaire qu'il répond aux autres besoins essentiels du pays (aménagement à buts multiples) et rentre dans le cadre d'une politique d'aménagement du territoire. Le Vietnam a la chance d'avoir une contribution importante des énergies renouvelables (énergies de flux) dans son bilan électrique.

Il est cependant à noter que dans les toutes prochaines années, les mises en service porteront surtout sur des centrales à cycle combiné au gaz naturel et des centrales au charbon et la proportion de la production d'origine hydraulique baissera progressivement (70% en 1992, 54% en 2000, 42% en 2010) en raison de certains avantages du thermique gaz :

- grande sécurité vis-à-vis du risque hydrologique (séquence d'années sèches).
- court délai de construction.
- faible coût d'investissement (à nuancer, si on tient compte du coût du gazoduc pour les centrales thermiques au gaz).
- possibilité de financement intéressante dans le cadre des BOT (selon les directives gouvernementales, les investissements étrangers ne doivent pas cependant représenter plus de 20% de la puissance installée du pays).
- lignes HT réduites (investissement et environnement), en localisant les sites de production thermique à proximité des grands centres de consommation, comme par exemple le complexe de Phu My (plus de 3 500 MW à terme) près d'Ho Chi Minh ville.
- mise en valeur des gisements de gaz dans le sud et des gisements d'anthracite dans le nord, le pétrole étant réservé à l'exportation et à l'alimentation des raffineries qui seront construites.

A partir des années 2006-2010, on devrait toutefois assister à une reprise de la mise en service d'aménagements hydroélectriques de forte puissance, notamment avec Son La.

Jusqu'en 2030, l'exploitation continue et efficace des énergies renouvelables (hydraulique, éolien, solaire et biomasse), associée à une politique volontariste de Production d'Energie Décentralisée, tout en consolidant son indépendance énergétique, permet au Vietnam de ne pas s'engager hâtivement dans l'option nucléaire, avant l'apparition des réacteurs de la IV<sup>e</sup> génération.

## **Conclusion :**

L'avenir de la houille blanche au Vietnam est très prometteur.

En effet, d'après les chiffres annoncés, l'accroissement de la puissance hydraulique installée dans ce pays pour les deux périodes 2002-2010 et 2010-2020 est respectivement de 5.080 MW et 7 263 MW.

Cela représente, par rapport au marché mondial déprimé actuel de 10 000 MW par an, une contribution annuelle importante de 5,08% et de 7,26%.

En raison des difficultés de financement et du rythme soutenu de l'ouverture des chantiers, nous nous demandons si l'Electricité du Vietnam, malgré son expérience et son dynamisme, arrivera à respecter ce calendrier.

Cet empilement accéléré des centrales hydrauliques dans la monotone de charge du réseau paraît répondre plus aux exigences d'un modèle d'offre (au détriment des modèles de la demande) qu'à des critères de rentabilité vis-à-vis d'un équipement de référence.

Quel est le taux d'actualisation utilisé pour la minimisation des coûts d'investissement et d'exploitation du système. L'investissement optimal relève-t-il d'une méthode de planification globale avec des programmes non linéaires ou d'une méthode analytique avec un choix marginal.

En ce qui concerne la coopération franco-vietnamienne dans le domaine énergétique, plusieurs grandes entreprises et organismes tels que Ademe, Alstom, Cégélec, Coyne et Bellier, EDF, Neyrpic, Schneider, Sogréah ... ont participé aux diverses études et réalisations.

Dans le domaine de la formation, l'INPG et l'ensemble des Universités grenobloises ont également apporté leur précieuse contribution.

Compte tenu du formidable potentiel scientifique et industriel de Grenoble, berceau de la Houille Blanche, qui regroupe des entreprises connues et appréciées du Vietnam, il serait vraiment regrettable que celles-ci soient absentes dans cette course accélérée au kWh hydraulique de notre pays durant les vingt prochaines années.