
Le développement du programme électronucléaire chinois

Alain Tournyol du Clos
Conseiller nucléaire
Ambassade de France en Chine

Le programme nucléaire chinois



- Le problème de l'énergie
- Les débuts du nucléaire
- L'accélération du programme
- La situation actuelle
- Les perspectives
- Atouts et difficultés
- Conclusion

La Chine en quelques chiffres



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

ECONOMIE en 2008
PIB 2007 : 24952 Mds CNY (3430 Mds USD)
Croissance du PIB 2007 : + 11,4% <i>Prévision pour les années à venir : +9 % / an</i>
Exportations 2006 : 1217,7 Mds USD (3 ^{ème} exportateur mondial)
Importations 2006 : 955,9 Mds USD (3 ^{ème} importateur mondial)
FBCF : 10522 Mds RMB (42 % du PIB nominal)

SECTEUR ELECTRIQUE en 2007
Capacité installée 713 GW (+14.4 %)
Production d'électricité 3281,6 TWh (+14,6 %) dont :
. Thermique = 2722,9 TWh (82,9 %)
. Hydraulique = 485,3 TWh (14,8 %)
. Nucléaire = 62,1 TWh (1,8 %)
. Autres = 5,6 TWh (0,2 %)
La production totale est la deuxième au monde et représente environ quatre fois la production française
Consommation d'électricité 3271,2 TWh (+14,4%)

(Source : EDF, ME Pékin)

Estimations 2008

PIB:	27297 Mds RMB
Croissance du PIB :	9,4%
Puissance installée en 2008:	792 GW
Croissance de puissance :	11,1%
Production électrique en 2008 :	3433 TWh
Croissance de production :	4%

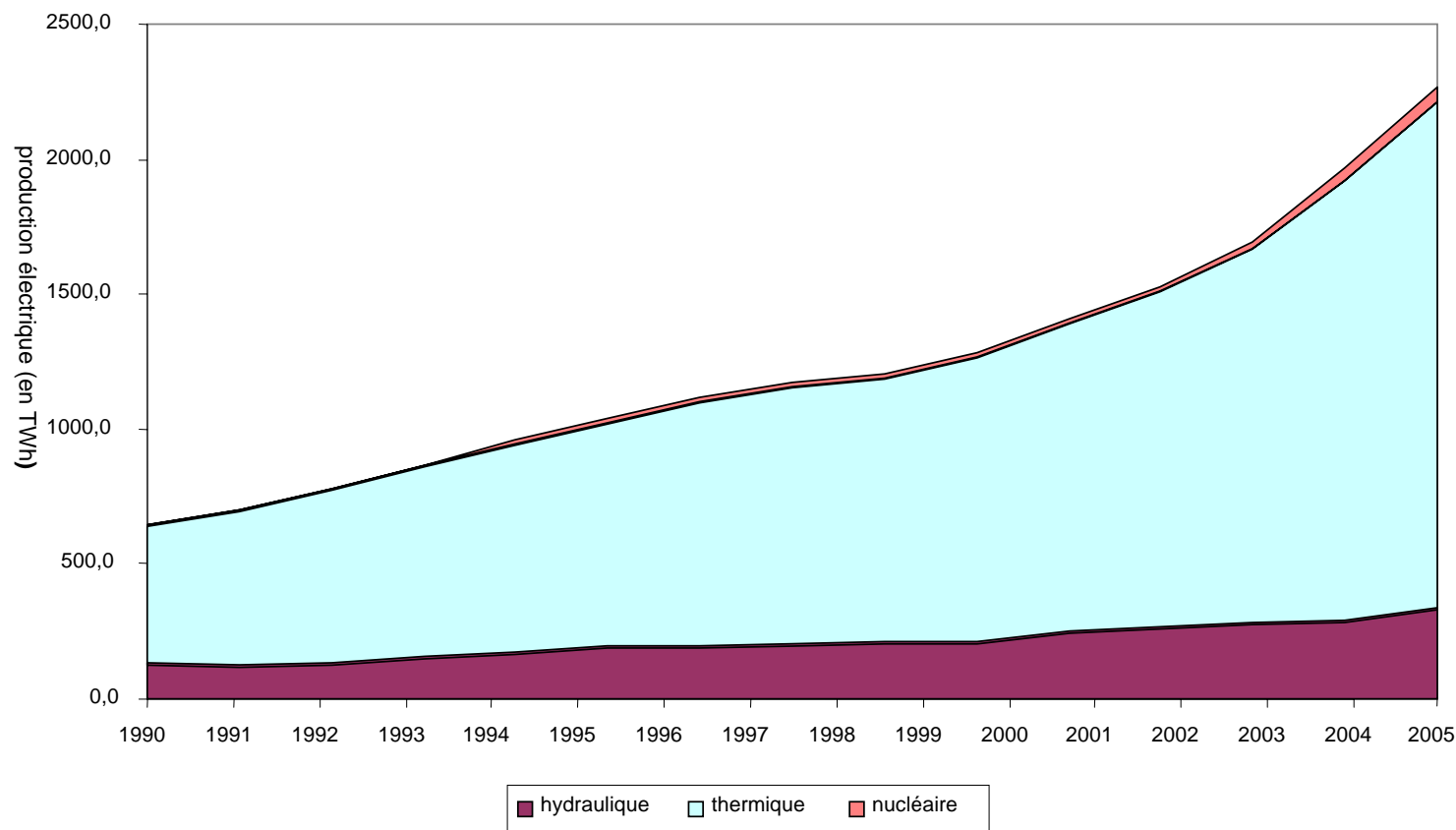
(Source : State Power Corporation, China Statistical Year Book 2005-2006)

La production d'électricité

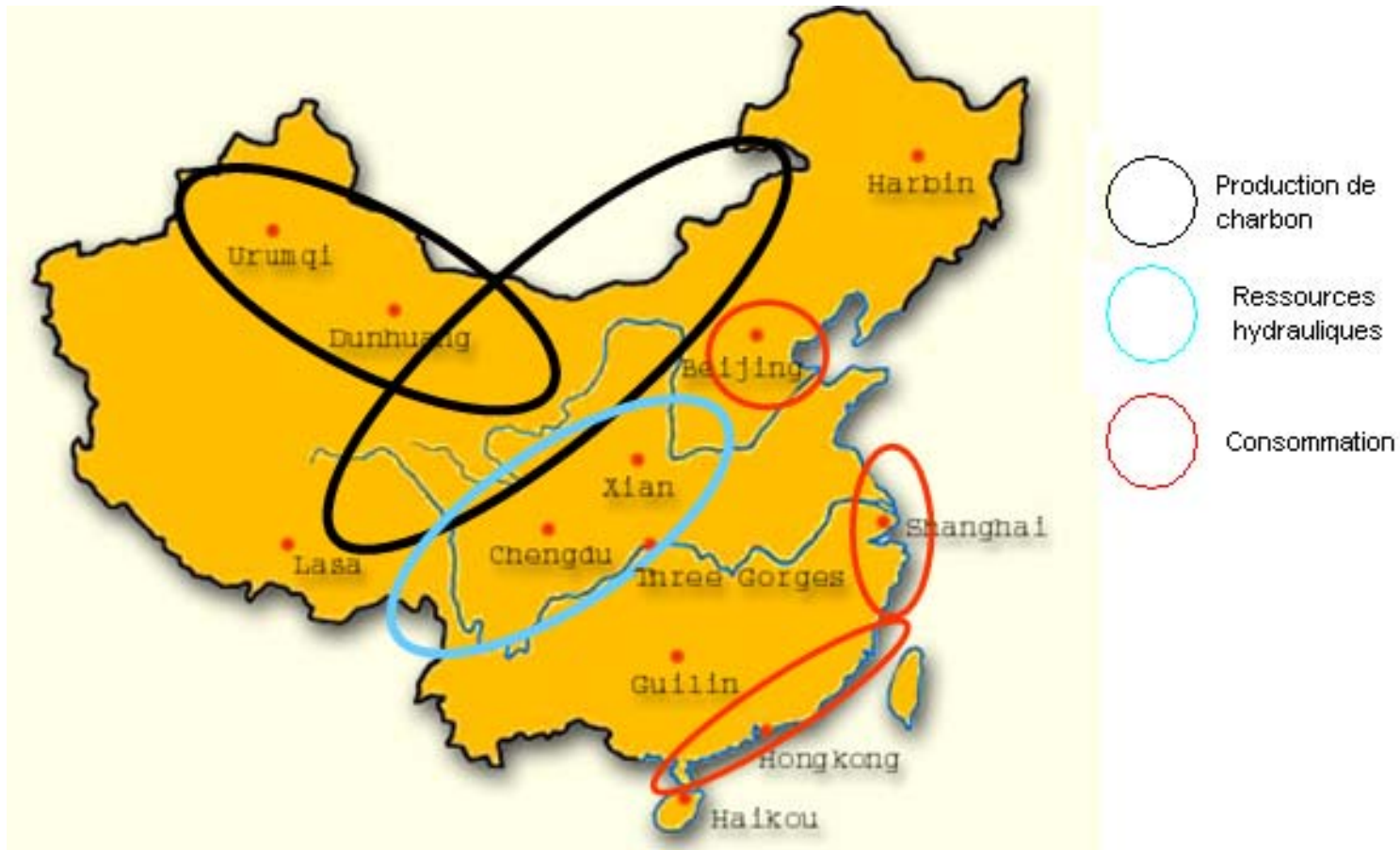


Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Ecart production/consommation



Les débuts du nucléaire (1)



- Mot d'ordre : développer le nucléaire de façon appropriée
- Résultat : une certaine dispersion des technologies

Les débuts du nucléaire (2)

	Province	Puissance	Technologie	Mise en service
<i>En fonctionnement commercial</i>				
QINSHAN I (CNNC)	Zhejiang	1 x 300 MW	REP, conception chinoise	Décembre 1991
DAYA BAY (CGNPC)	Guangdong	2 x 985 MW	REP, conception française	Février et mai 1994
LING AO (CGNPC)	Guangdong	2 x 985 MW	REP, conception française	Mai 2002 et janvier 2003
QINSHAN II, tr1 et tr2 (CNNC)	Zhejiang	2 x 600 MW	REP, conception chinoise avec assistance française	Avril 2002 et mai 2004
QINSHAN III, tr1 et tr2 (CNNC)	Zhejiang	2 x 728 MW	CANDU, conception canadienne	Décembre 2002 et juillet 2003
TIANWAN (CNNC)	Jiangsu	2 x 1000 MW	VVER, conception russe	2006, 2007
		Total = 8896 MW		

L'accélération du programme (1)

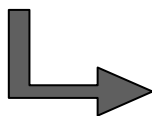


■ Constat :

- Le charbon ne permet pas de faire face à la croissance
 - Pollution
 - Sécurité
 - Transport
- L'hydraulique pose des problèmes de choix de site
- Le gaz et le pétrole sont pour l'essentiel importés

L'accélération du programme (2)

- Avant 2004
 - « développement approprié du nucléaire »
- A partir 2005
 - « développement accéléré du nucléaire »



Objectif pour 2020 :
40 GW installés
18 GW en construction



Objectif révisé pour 2020 :
70 GW installés
30 GW en construction

Les grandes lignes du programme



- Duplication du modèle Ling Ao (CPR1000)
- Développement de la 3^{ème} génération chinoise
 - AP1000 ou EPR
- Cycle du combustible fermé
- Participation à GIF (4^{ème} génération) et GNEP
 - Réacteurs expérimentaux HTR et SFR
- Participation à ITER

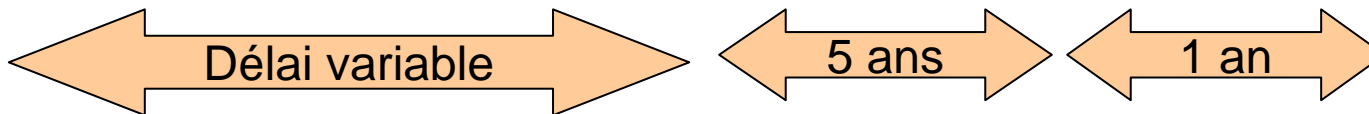
Les réacteurs du programme



- CNP 600 : PWR à 2 boucles intrapolé du 900 MW français
- CPR 1000 : variante sinisée et améliorée (contrôle-commande numérique) du 900 MW
- AP 1000 : première commande industrielle (sans les modifications apportées depuis)
- EPR : numéros 3 & 4 ; la référence est Flamanville

La situation actuelle (1)

Etape 0 Potentiel	Etape 1 Probable	Etape 2 Commandé	Etape 3 Achevé	Etape 4 Opérationnel
Entre 200 et 300	Entre 40 et 50	2 CNP600 18 CPR1000 4 AP1000 2 EPR		1 CNP300 2 CNP600 2 CANDU 2 VVER1000 4 F900
		26 GW		9 GW



Les acteurs : 1- le gouvernement



Ministère de
l'Environnement

NDRC

Ministère de
l'Industrie

National Nuclear
Safety Authority

National Energy
Administration

China Atomic
Energy
Authority

Les acteurs : 2 – les électriciens



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

China Guandong
Nuclear Power
Company

4 CPR 1000
14 CPR 1000
2 EPR

China National
Nuclear Company

1 CNP 300
2 CNP 600
2 CANDU
2 VVER 1000
2 CNP 600
2 AP 1000
4 CPR 1000

China Power Investment

2 AP1000

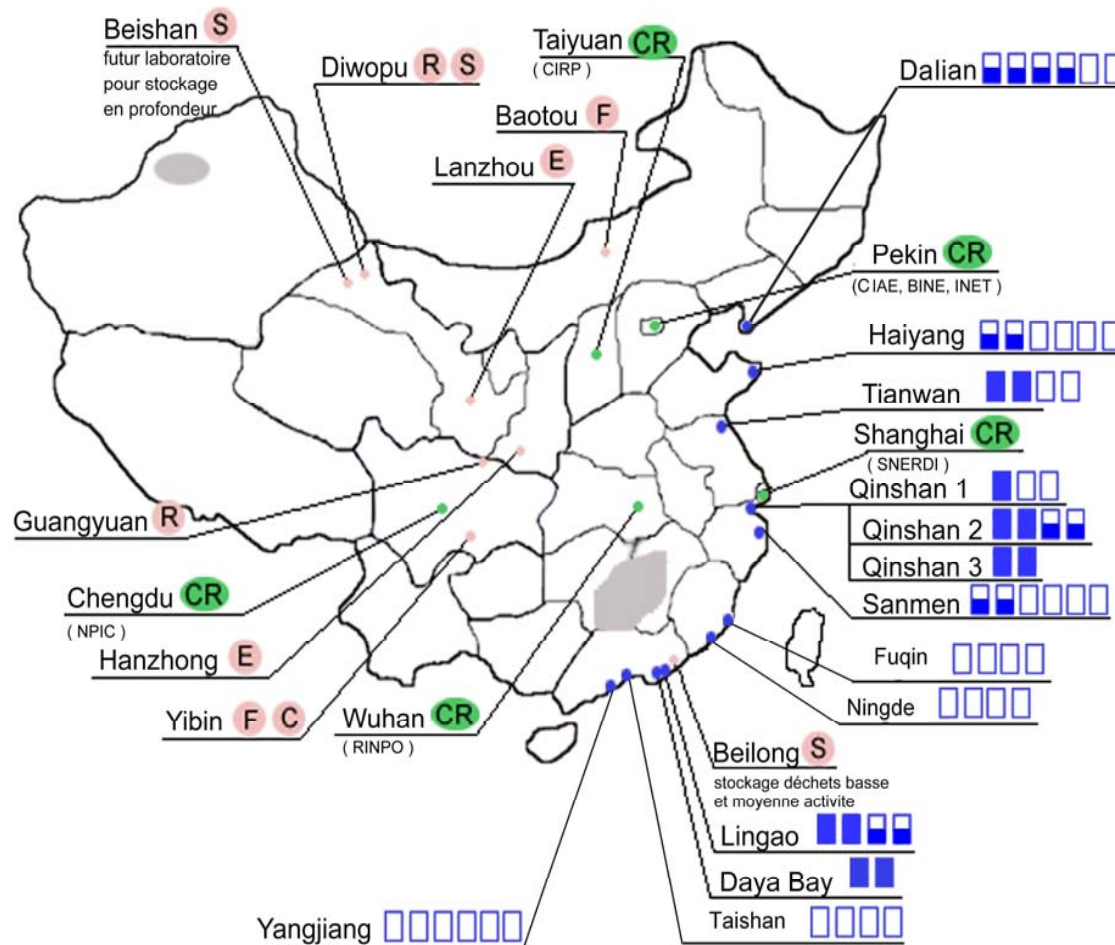
Les acteurs : 3 – l'industrie lourde

Nord-Est
CFHI
HPEC

Sud-Ouest
CEA
DEC
DBW
DHM

Shanghai
SBWL
SNO1

Carte des sites nucléaires en 2008

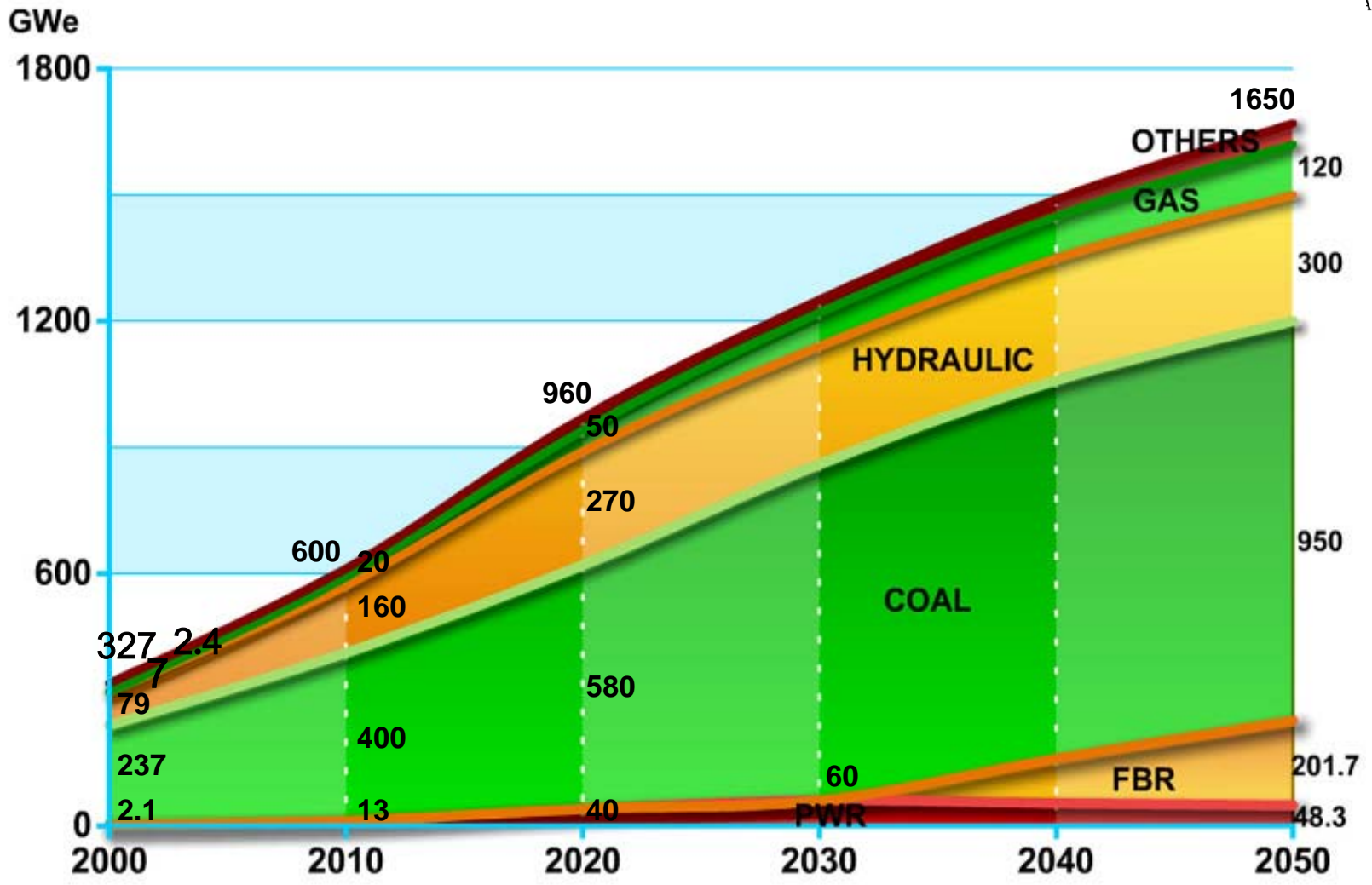


Les perspectives

- Développer le nucléaire jusqu'à rejoindre la moyenne mondiale de production d'électricité nucléaire ~ 20 %



En 2050 environ 250 GW



Electric Capacity Development Envisaged In China

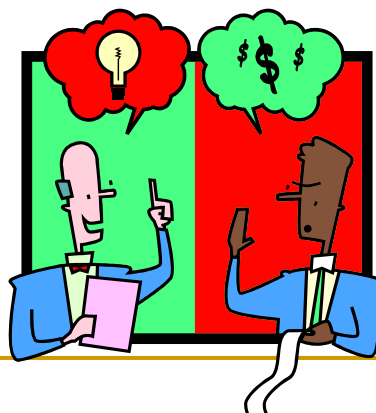
Difficultés vs Atouts



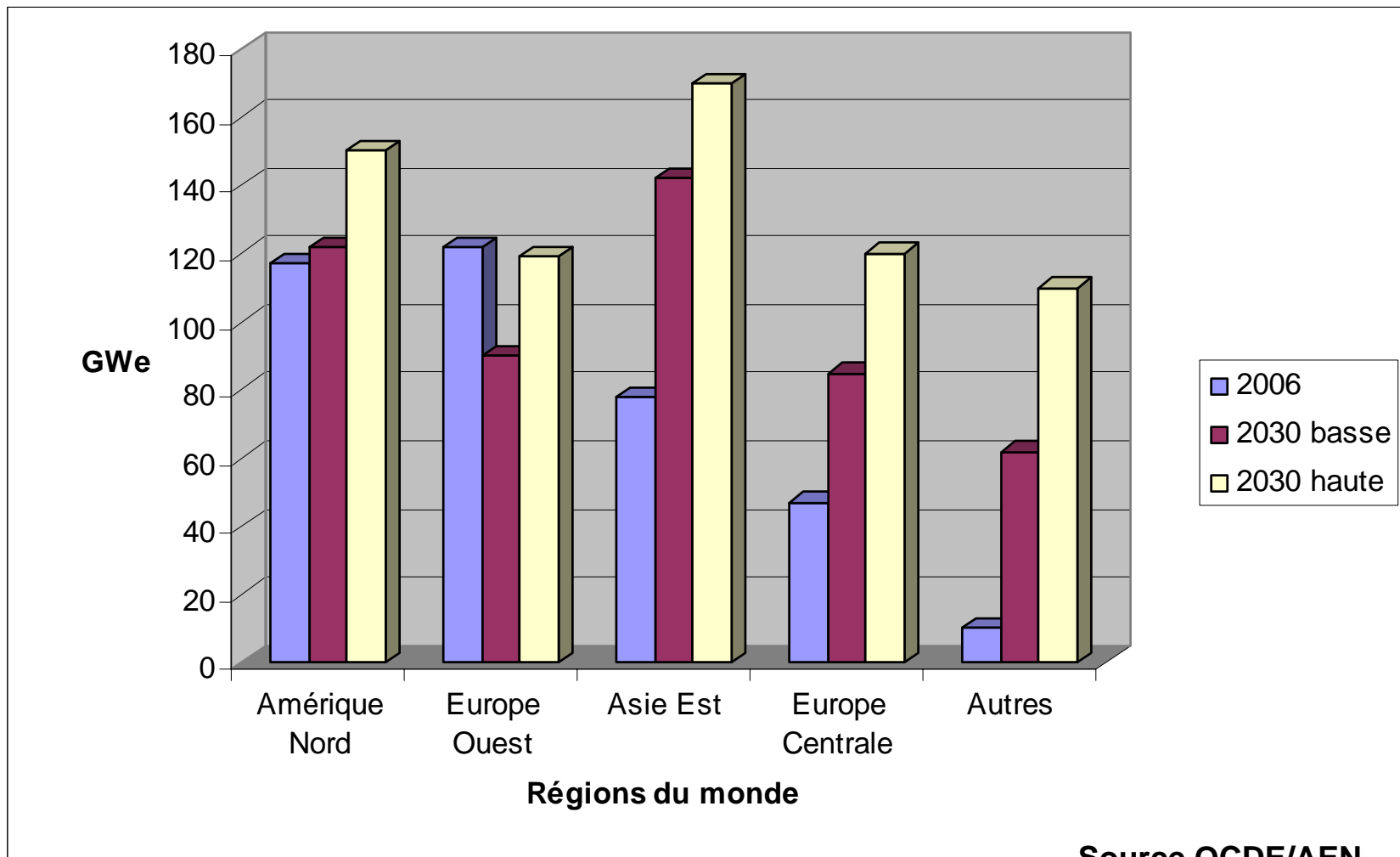
Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

- Organisation en cours de mise en place
- Capacité et rationalisation industrielle
- Ressources humaines
- Forte volonté politique
- Pas d'opposition locale
- Capacité à s'inscrire dans la durée



Capacité nucléaire installée dans le monde (prévisions)



Source OCDE/AEN

- La renaissance du nucléaire commence en Asie
- Le programme nucléaire chinois se réalisera
- Il y a de réelles opportunités pour l'industrie européenne
- Ne pas y être peut entraîner des risques à terme...

Merci de votre attention

- Celui qui pose une question risque cinq minutes d'avoir l'air bête. Celui qui ne pose pas de question restera bête toute sa vie.
(Proverbe chinois)



Le développement du programme électronucléaire chinois

Alain Tournyol du Clos

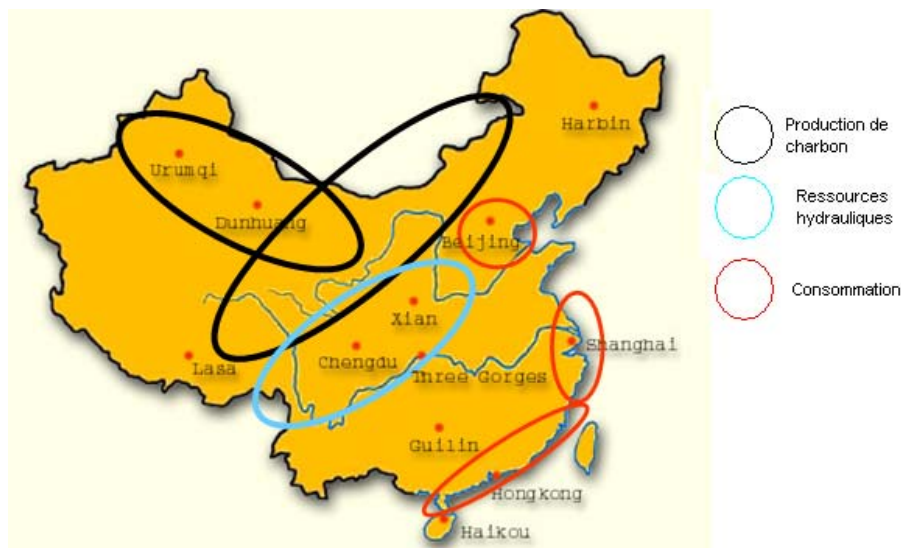
Conseiller nucléaire auprès de l'ambassade de France en Chine

Comme les quatre autres grandes puissances la Chine a démarré son programme nucléaire par des applications militaires ; pendant longtemps l'économie est restée basée sur le charbon abondant et facile d'extraction.

Toutefois la croissance économique actuelle (environ 10% par an depuis quinze ans) conduit à mettre en service tous les ans l'équivalent du parc de production électrique français.

L'augmentation de la production d'énergie à partir du seul charbon a mis en évidence de nombreuses difficultés et en particulier :

- la pollution croissante des grandes villes (le charbon étant majoritairement utilisé pour le chauffage domestique),
- la sécurité d'exploitation des mines dont de nombreuses sont ouvertes sans autorisation et dans de grandes conditions de précarité,
- le transport ; la carte ci-dessous illustre l'écart entre les zones riches en ressources énergétiques et les besoins de consommation.



En 2004 le gouvernement chinois a été confronté à de graves pénuries d'électricité dans plusieurs provinces ; il a alors été décidé d'accélérer le recours à l'énergie nucléaire qui avait en outre l'avantage d'assurer l'indépendance énergétique.

Jusque là le mot d'ordre était « développer le nucléaire de façon appropriée », ce qui en pratique s'était traduit par une certaine dispersion des technologies utilisées.

Le tableau ci-dessous présente les différents types de réacteurs en service en 2009 et donc commandés avant 2004.

	Province	Puissance	Technologie	Mise en service
<i>En fonctionnement commercial</i>				
QINSHAN I (CNNC)	Zhejiang	1 x 300 MW	REP, conception chinoise	Décembre 1991
DAYA BAY (CGNPC)	Guangdong	2 x 985 MW	REP, conception française	Février et mai 1994
LING AO (CGNPC)	Guangdong	2 x 985 MW	REP, conception française	Mai 2002 et janvier 2003
QINSHAN II, tr1 et tr2 (CNNC)	Zhejiang	2 x 600 MW	REP, conception chinoise avec assistance française	Avril 2002 et mai 2004
QINSHAN III, tr1 et tr2 (CNNC)	Zhejiang	2 x 728 MW	CANDU, conception canadienne	Décembre 2002 et juillet 2003
TIANWAN (CNNC)	Jiangsu	2 x 1000 MW	VVER, conception russe	2006, 2007
		Total = 8896 MW		

A partir de 2005 le nouveau mot d'ordre « développer le nucléaire de façon accélérée » à conduit à la mise en place d'un programme ambitieux comprenant les grandes lignes suivantes :

- duplication rapide du modèle de réacteur de 1000 MW appelé CPR1000 qui est la version sinisée et améliorée du 900 MW français,
- développement de la 3^{ème} génération chinoise en important les meilleures technologies du moment,
- adoption d'un cycle fermé pour le combustible,
- participation aux initiatives internationales GEN IV et GNEP,
- participation au programme ITER.

Le choix du type de réacteur devant servir de base au développement de la troisième génération chinoise a fait l'objet d'un appel d'offres international qui a abouti en 2006 au choix de la technologie AP 1000 proposée par Westinghouse. Il faut noter toutefois que malgré cette prise de position officielle, qui s'est concrétisée par la commande de 4 réacteurs AP 1000, le gouvernement chinois a autorisé l'électricien du Guangdong CGNPC à négocier avec AREVA l'achat de 2 réacteurs EPR qui seront construits sous maîtrise d'ouvrage conjointe CGNPC-EDF ; dans le même temps un accord de principe entre la Chine et la Russie prévoit la commande de 2 VVER supplémentaires...

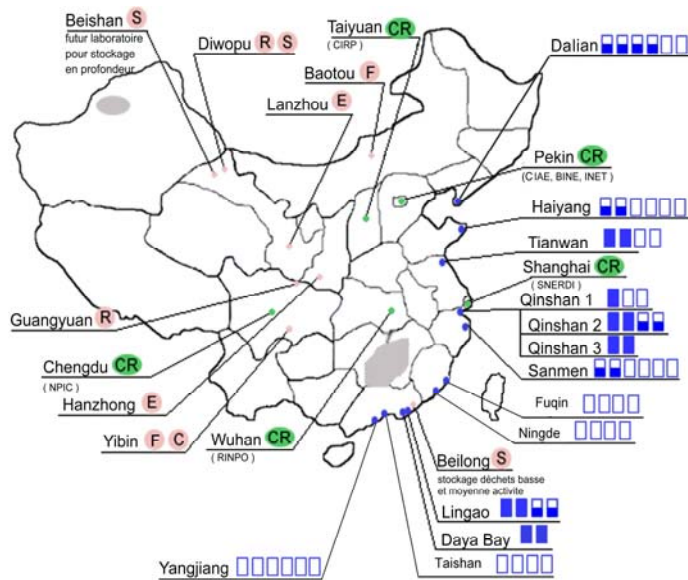
On peut donc penser que le futur reste ouvert et que les conditions de réalisation des AP 1000 d'un côté, des EPR de l'autre, pèseront significativement sur le choix final. En tout état de cause, il ne semble pas que les réacteurs de troisième génération doivent prendre une place significative dans le parc chinois d'ici 2020, parc qui sera à cette date majoritairement composé de réacteurs CPR 1000.

L'objectif fixé pour la planification des commandes était d'avoir en 2020 une puissance électrique d'origine nucléaire installée de 40 GW et 18 en construction (à comparer au 9 GW actuellement en service). Il faut noter que 2020 n'est qu'une étape de planification et que les responsables du nucléaire chinois parlent volontiers de 250 GW installés en 2050, ce qui représenterait alors environ 20 % d'électricité d'origine nucléaire.

Pour tenir l'objectif planifié de nombreuses commandes ont été placées et la situation actuelle peut être résumée comme suit :

Etape 0 Potentiel	Etape 1 Probable	Etape 2 Commandé	Etape 3 Achevé	Etape 4 Opérationnel
Entre 200 et 300	Entre 40 et 50	2 CNP600 18 CPR1000 4 AP1000 2 EPR		1 CNP300 2 CNP600 2 CANDU 2 VVER1000 4 F900
		26 GW		9 GW

Tous ces réacteurs sont prévus d'être installés en bord de mer.
La carte ci-contre présente les sites en cours de développement.



Pour ambitieux que soit ce programme, il est déjà en cours de révision et la toute nouvelle National Energy Administration (NEA) vient de proposer au gouvernement chinois d'adopter pour 2020 un objectif de 70 GW installés et 30 en construction. Si ce programme est adopté – et il pourrait l'être – il faudra donc commander 35 GW de plus dans les 5 ou 6 prochaines années !

Il est clair que de ce fait de nombreux sites à l'intérieur des terres devront alors être choisis et on assiste aujourd'hui à une forte compétition interne entre les provinces pour être la première province de l'intérieur à avoir une centrale nucléaire.

La mise en route d'un programme de développement accéléré de l'électronucléaire, a été et est encore l'occasion de réorganiser en profondeur le secteur étatique et industriel chinois.

Ceci ne se fait toutefois pas simplement et des freins internes se font jour. Il en résulte un décalage entre le démarrage du programme et la mise en place de l'organisation, décalage qui pourrait être préjudiciable au bon déroulement du début du programme.

Au plan étatique, la réforme effectuée n'a pour l'instant parcouru que la moitié du chemin ; la création de la NEA en lieu et place du ministère de l'énergie annoncé ne permet pas à un seul département ministériel de couvrir la totalité des aspects du nucléaire.

Si la NEA a la responsabilité de la mise en place du programme électronucléaire, la China Atomic Energy Authority (CAEA) conserve la responsabilité du cycle du combustible, et le Ministère des Sciences et Technologies (MOST) celle du programme de génération IV.

On peut penser toutefois que le ministère de l'énergie verra le jour d'ici un an ou deux.

Au plan industriel on assiste aujourd'hui à quelques évolutions lourdes que l'on peut résumer comme suit :

- a) *L'apparition de champions industriels régionaux* : trois groupements régionaux (dans le nord-est, autour de Shanghai et sur l'axe Sichuan-Guangdong) investissent dans des capacités de production industrielle capables de proposer des réacteurs de deuxième et de troisième génération (EPR et/ou AP 1000), éventuellement dans le cadre de joint-ventures internationales pour ces derniers.
- b) *L'émergence des électriciens nucléaires* : En 2020 la Chine devrait compter au moins 2 « vrais » électriciens nucléaires au plan national, CGNPC et CPI qui ont l'intention de peser de plus en plus sur les choix.
- c) *La restructuration de l'ingénierie et de la R&D*: Chaque électricien s'adosse à sa propre structure ; nous avons donc aujourd'hui trois « architectes-ensembliers » et trois sociétés de R&D ; il semble toutefois qu'il s'agisse d'abord pour chacun des acteurs d'une volonté d'occuper le terrain en attendant d'éventuels arbitrages gouvernementaux.

Enfin on peut penser que l'Académie des Sciences (organisme très puissant qui dispose de nombreux instituts de recherche) souhaitera jouer un rôle plus important dans la R&D nucléaire en s'appuyant en particulier sur sa compétence matériaux qui pourrait être déterminante dans les projets de long terme : GEN IV, ITER.

Il est clair, en conclusion, que la Chine a démarré ce qui sera le programme d'équipement électronucléaire le plus important au monde dans les deux prochaines décennies. Du fait de son ambition, ce programme présente de nombreux facteurs de risque qui sont susceptibles d'entraîner des retards et décalages.

Je citerai :

- l'absence de culture de management de grands projets simultanés,
- le manque de standards s'imposant à l'industrie,
- une organisation non encore stabilisée entraînant des compétitions là où la mise en commun des ressources s'imposerait,
- une forte politique de régionalisation industrielle conduisant à multiplier les acteurs,
- l'insuffisance de ressources humaines qualifiées, en particulier dans le domaine de la sûreté nucléaire.

La forte volonté politique, la capacité du gouvernement chinois à s'inscrire dans la durée sont en revanche des atouts significatifs.

La coopération internationale reste toutefois un facteur essentiel de la réussite du programme, et le gouvernement chinois en est bien conscient.

Il y a en conséquence de réelles opportunités pour les acteurs français du nucléaire ; en retour les acteurs qui ne seront pas présents en Chine risquent fort d'être distancés dans la compétition internationale : ceci est vrai bien sûr pour l'industrie, mais également pour les centres de R&D.

Enfin, il appert de ce qui précède qu'une action de coopération forte sur la formation, en Chine, de volumes significatifs d'ingénieurs nucléaires serait à la fois de nature à faciliter la réussite du programme et à pérenniser la collaboration avec la France.
Un projet existe en ce sens avec l'université Sun YatSen de Canton.

Pékin le 2 mars 2009

Le développement du programme électronucléaire chinois - Résumé

Alain Tournyol du Clos

Conseiller nucléaire auprès de l'ambassade de France en Chine

Comme les quatre autres grandes puissances la Chine a démarré son programme nucléaire par des applications militaires ; pendant longtemps l'économie est restée basée sur le charbon abondant et facile d'extraction.

Toutefois la croissance économique actuelle (environ 10% par an depuis quinze ans) conduit à mettre en service tous les ans l'équivalent du parc de production électrique français.

Pour plusieurs raisons (sécurité, pollution, transport) le gouvernement chinois est arrivé en 2004 à la conclusion que le charbon ne pouvait plus être la seule base du développement et qu'il fallait donc accélérer le programme nucléaire.

Le programme adopté comprend les grandes lignes suivantes :

- duplication rapide du modèle de réacteur de 1000 MW appelé CPR1000 qui est la version sinisée et améliorée du 900 MW français,
- développement de la 3^{ème} génération chinoise en important les meilleures technologies du moment,
- adoption d'un cycle fermé pour le combustible,
- participation aux initiatives internationales GEN IV et GNEP,
- participation au programme ITER.

Aujourd'hui le parc électronucléaire chinois comprend 11 réacteurs en service opérationnel (pour 9 GW installés) et 26 commandés (pour 26 GW environ) ; l'objectif pour 2020 est d'avoir 70 GW installés et 30 en cours de construction.

C'est un effort considérable qui ne marque pour autant pas la limite des ambitions chinoises, puisque l'on parle volontiers ici de 250 GW installés en 2050.

Cet objectif ne pourra être tenu que si l'industrie chinoise réussit sa montée en allure au même rythme que les commandes.

Il est clair toutefois que ces perspectives offrent de nombreuses opportunités, sous des formes variées (joint-ventures, sous-traitance, localisation, etc.) à l'industrie française.