

1/115-404-307

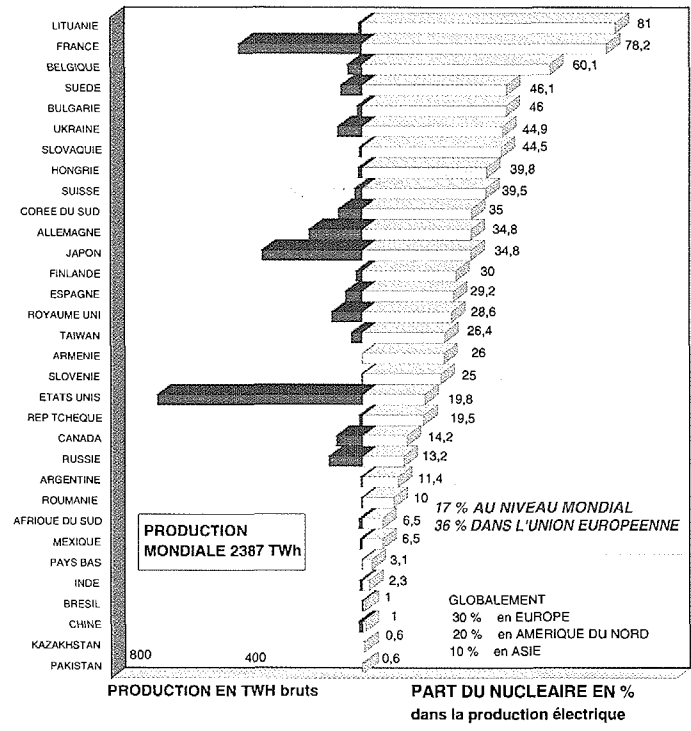


ELECNUC FR9806115

LES CENTRALES NUCLEAIRES DANS LE MONDE

L'énergie nucléaire est devenue une importante source d'énergie dans bon nombre de pays depuis son origine il y a une quarantaine d'années. Elle contribue actuellement à 7,5 % de l'énergie consommée dans le monde, du même ordre que l'énergie hydraulique.

Production d'électricité d'origine nucléaire en 1997



Le bilan 1997 fait apparaître une légère baisse en production du parc mondial électronucléaire, pour la première fois de son histoire, notamment au Canada et en Suède ; et plus sensible aux Etats-Unis où près de 10 % des unités n'ont pas fonctionné cette année. En revanche il est à noter une forte hausse au Japon, en Allemagne et en Corée du Sud qui affichent de bonnes performances.

VENTILATION DU PARC MONDIAL PAR TYPE DE REACTEURS ET PAR AGE AU 31.12.1997

Les réacteurs en service sont des réacteurs nucléaires de fission

■ Essentiellement à NEUTRONS THERMIQUES.

Option uranium naturel avec un modérateur peu absorbant pour les neutrons.

• A l'origine se sont développés les réacteurs ralentis au graphite avec un gaz comme caloporteur. Rendement médiocre, ne fonctionnent plus que la version anglaise Magnox et son modèle avancé refroidi au CO₂ (AGR).

• Les réacteurs à eau lourde sous pression PHWR ; principalement type Candu développé au Canada. Prix élevé de la fabrication de l'eau lourde.

Option uranium enrichi à quelques pour cent (2 à 5 %). Les réacteurs sont plus compacts et permettent des puissances unitaires plus élevées.

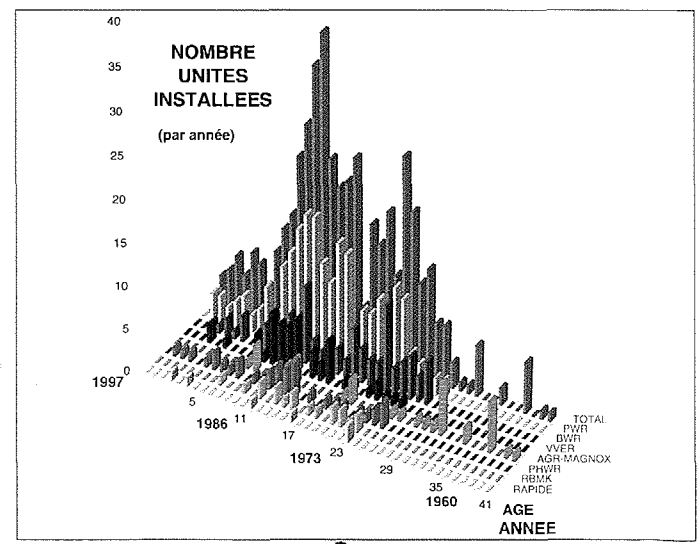
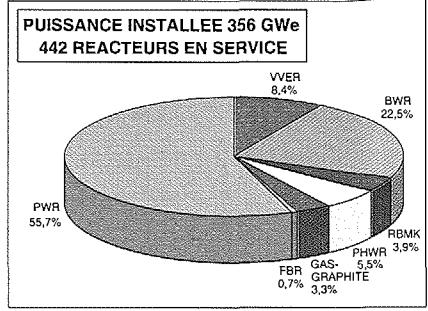
• Refroidis et ralentis à l'eau ordinaire, ils représentent les 5/6 du parc.

Ils peuvent être à eau bouillante BWR avec un seul circuit, ou à eau sous pression avec deux circuits de refroidissement PWR (majoritaires) et la variante russe VVER.

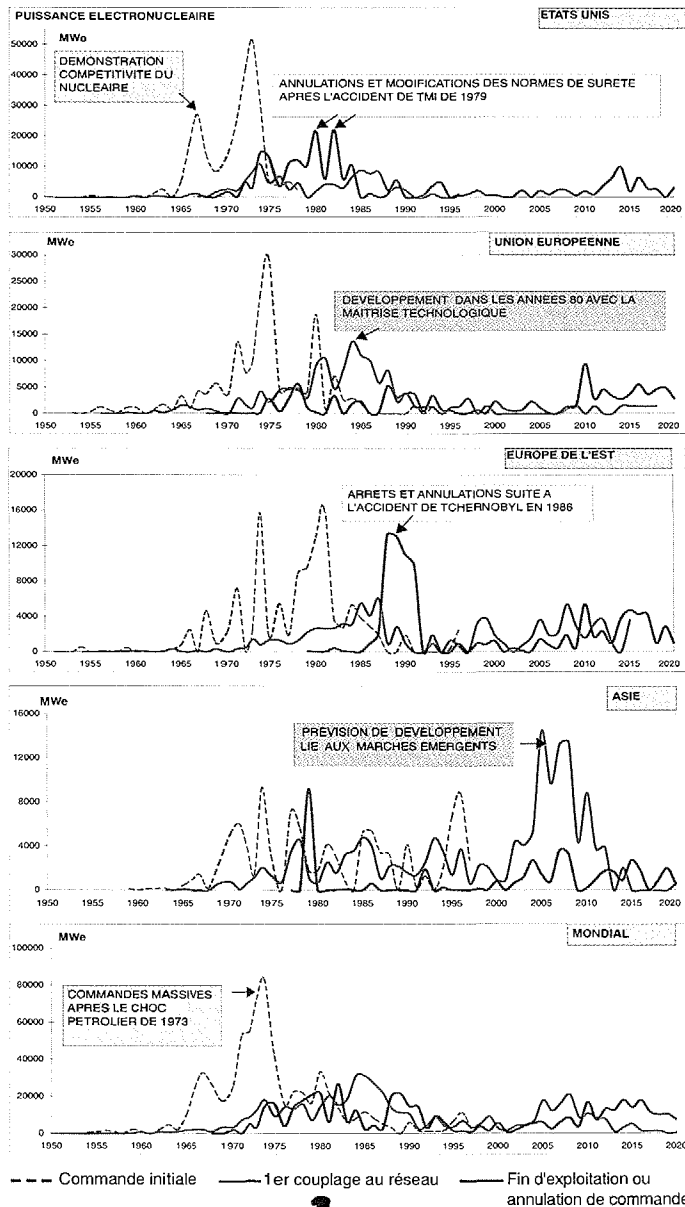
• Seuls les Russes ont développé la filière eau bouillante modérée au graphite RBMK.

Dans certains cas, on utilise également le plutonium ou le thorium comme combustible.

■ A l'étude depuis longtemps dans nombre de pays LES REACTEURS A NEUTRONS RAPIDES FBR (moins de 1% du parc) refroidis par un métal liquide (le sodium). En mode surgénérateur, sans modérateur, devraient voir leur développement après 2030, lorsque le problème des ressources exploitables se posera.



EVOLUTION EVENEMENTIELLE DES PARCS ELECTRONUCLEAIRES DANS LE MONDE



L'ELECTRONUCLEAIRE DANS LE MONDE

Tous les pays développés ont fait appel au nucléaire à quelques exceptions telle l'Australie.

L'Union Européenne dispose du plus grand parc électronucléaire du monde avec **147 réacteurs et une puissance installée de 124 GWe**. La situation est très diverse selon les pays. Cinq états n'ont pas développé de programme électronucléaire : le Danemark, le Portugal, la Grèce, l'Irlande et le Luxembourg. Deux états ont tout arrêté : l'Italie (qui reste en veille technologique) et l'Autriche. Des moratoires de droit ou de fait existent en Allemagne, en Espagne, en Suède et en Finlande (seul pays de l'Union avec deux VVER russes aux normes occidentales). En France, Belgique et Suède, le nucléaire est majoritaire.

L'Amérique du Nord avec **128 réacteurs et 116 GWe**. Les Etats-Unis ont stoppé leur programme avec la dernière commande domestique en 1973. Très grande disparité de performances entre les « bonnes » centrales où on prévoit un allongement de durée de vie et les « mauvaises » c'est-à-dire non rentables économiquement. Le Canada a développé ses propres réacteurs à eau lourde pressurisée.

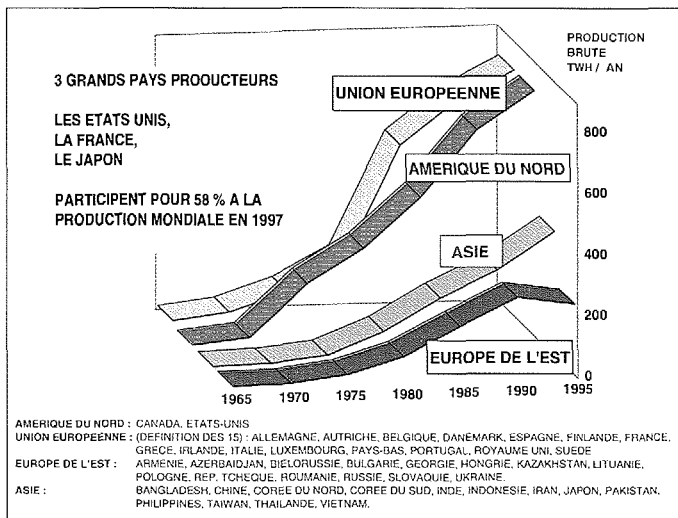
L'Asie troisième parc avec **88 réacteurs et 63 GWe** est dans son ensemble favorable au nucléaire. Le Japon, la Corée et Taiwan pauvres en énergies primaires ont le tiers de leur production électrique d'origine nucléaire.

L'Europe de l'Est avec **66 réacteurs et 44 GWe**. Les centrales sont toutes de conception russe à l'exception de la Slovaquie (PWR) et de la Roumanie (PHWR). La plupart des pays se trouvent en pénurie d'électricité et souhaitent recourir au nucléaire.

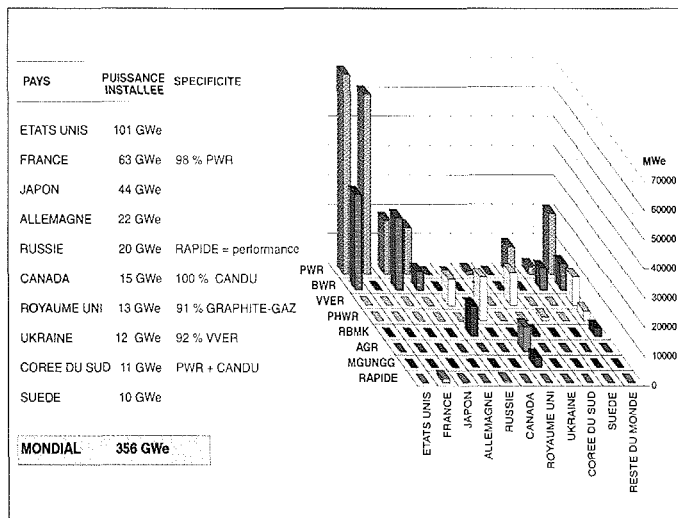
L'Amérique latine ne compte que **5 centrales** réparties dans 3 pays : le Mexique, le Brésil, l'Argentine.

En Afrique, seule l'Afrique du Sud est équipée de **2 centrales** nucléaires.

Evolution de la production d'électricité d'origine nucléaire

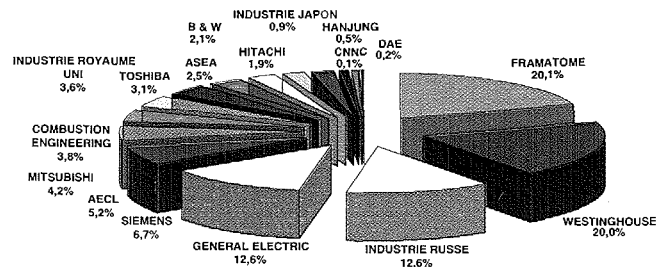


Puissances électronucléaires au 31.12.1997



CONSTRUCTEURS DE CENTRALES NUCLEAIRES ET AVANCEES TECHNOLOGIQUES

Part de marché au 31.12.1997
Unités installées



Des programmes importants d'étude et de recherche dans une large gamme de technologies sont en cours, en collaboration internationale.

Les notions nouvelles telle la **sûreté inhérente ou passive**, le concept de **réacteurs évolutifs ou modulaires** sont introduits.

ABB-CE système 80+ (PWR de 1000 MWe) de ABB-Combustion Engineering associés à KHIC (industrie coréenne) Trois réacteurs sont en service en Corée du Sud. Le premier modèle « home made » a été couplé en janvier 1998 ; modèle également prévu à l'exportation.

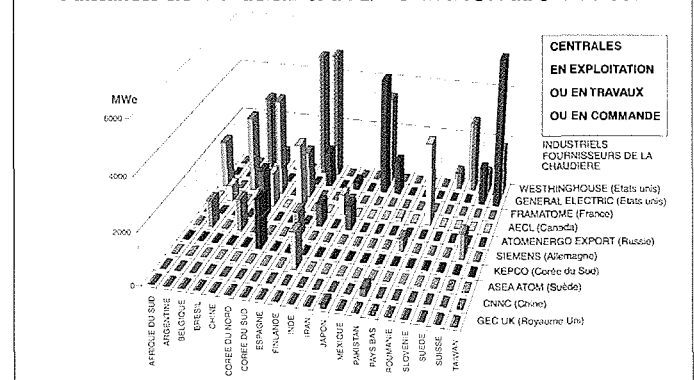
ABWR (BWR de 1350 MWe) de Toshiba -Hitachi associés à General Electric. Deux réacteurs sont en service industriel au Japon.

AP600 (600 MWe) pourrait être le modèle développé aux Etats-Unis. Westinghouse est associé à Mitsubishi dans cette étude de réacteur sous pression de moyenne puissance. Les modèles avancés **VVER 1000 (V-392)** et **VVER 640 (V-407)** d'Atom Energo Project en Russie sont en construction ou en cours.

L'EPRI de Nuclear Power International regroupant Framatome et Siemens est toujours à l'état de projet avec en 1997 l'achèvement de l'avant projet détaillé.

Les **technologies asiatiques** arrivent sur le marché avec le Japon (Mitsubishi), la Corée du Sud et la Chine.

Puissances électronucléaires à l'EXPORTATION au 31.12.1997



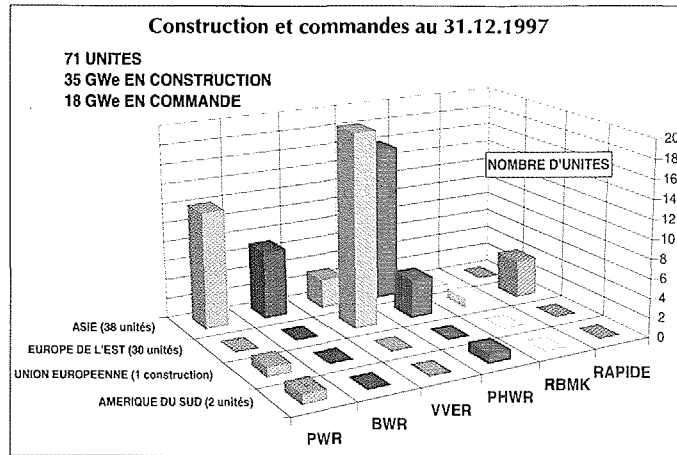
Les Américains avec Westinghouse (PWR) [dernier couplage 1987 en Espagne] et General Electric (BWR) ont couvert le monde hors le bloc de l'Est dans les années 60-70.

Les principaux fournisseurs de centrales nucléaires, américains ou européens, cherchent à s'appuyer sur l'exportation en particulier en Asie, pour rester présents sur le marché mondial. Framatome, Aec, Kwu ont encore des programmes à l'exportation.

CONSTRUCTION, COMMANDES

Les exigences de qualité dans la construction nucléaire, les règles de réalisation, de contrôle, les cahiers de spécifications techniques font qu'il faut compter 4 à 6 ans en moyenne de durée de construction d'une centrale.

Aux Etats-Unis, le manque de standardisation a largement retardé l'obtention des permis et les processus de décision pour la réception et l'assurance de la qualité.



- Les 3/4 de la croissance du parc mondial dans les dix prochaines années seront en Asie.

Le Japon bien implanté, troisième puissance nucléaire, s'est lancé très tôt et possède une industrie puissante.

La Corée du Sud a atteint la maîtrise des techniques nucléaires en 1995, avec son dixième réacteur et pense doubler son parc d'ici 2010.

Taiwan n'a pas d'industrie nucléaire domestique. Tout est importé du marché américain maintenant allié aux Japonais (GE et Hitachi).

La Chine désire développer son programme électronucléaire. Elle diversifie ses fournisseurs en vue d'acquiescer les différentes technologies.

L'Inde ne possède que des centrales de petite puissance. Premier stade en 1969 avec des BWR des Etats-Unis, puis en 1973 il acquiesce des Candu jugés moins proliférants. Elle a développé sa propre industrie domestique.

Le Pakistan est à la tête d'un réacteur Candu, il s'embarque seul dans cette expérience et a rejeté la proposition d'amélioration de la sûreté.

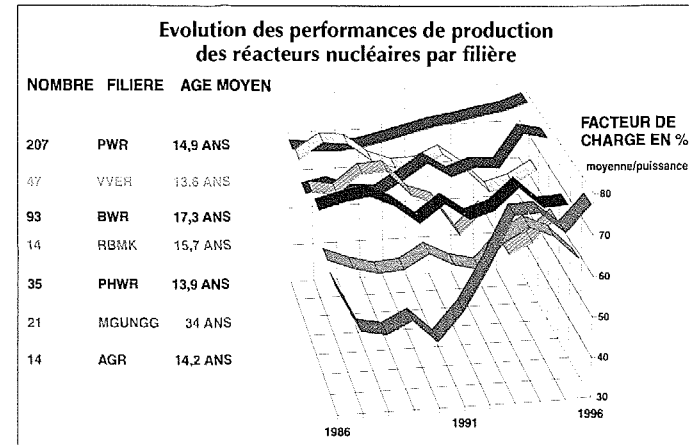
La Corée du Nord a obtenu l'autorisation d'une industrie nucléaire avec la naissance du Kedo en 1995 : 2 PWR de la Corée du Sud sont en construction.

- En Europe de l'Est, de nombreuses unités sont en chantier et mettent beaucoup de temps à être achevées faute de moyens financiers, certaines ne verront probablement pas le jour (8 en Russie, 4 en Slovaquie, 4 en Ukraine, 3 en Roumanie, 2 en Tchécoslovaquie).

BILAN DES DIX DERNIERES ANNEES

Entre 1987 et 1997, 98 unités ont été couplées

ASIE	(32 unités)
UNION EUROPEENNE	(26 unités)
AMERIQUE DU NORD	(22 unités)
EUROPE DE L'EST	(16 unités)
59 centrales ont été arrêtées définitivement	



- Les performances de production ou facteur de charge n'ont cessé de s'améliorer depuis dix ans gagnant quelques dix points pour les réacteurs à eau légère occidentaux, à l'exception du parc MGUNGG vieillissant qui possède les plus anciennes centrales en exploitation dépassant parfois quarante ans.

Le remplacement anticipé de gros composants comme les générateurs de vapeur contribue à améliorer à long terme la fiabilité des installations et leur durée de vie.

L'allongement des campagnes du combustible dans le réacteur, avec un arrêt de tranche réduit pour rechargement, permettent de baisser les coûts et surtout la dosimétrie globale.

Grâce aux progrès techniques, la **disponibilité est améliorée**, la **puissance et la productivité augmentent**. La maintenance participe pour une grande part aux dépenses d'exploitation.

- Poursuite de la mise à niveau des réacteurs soviétiques aux règles de sûreté occidentale.

Des remises en cause ont eu lieu après l'accident et les conséquences sévères de Tchernobyl où les déficiences de conception des premières générations des réacteurs russes et d'organisation de l'exploitation sont apparus. Après l'effondrement de l'Union Soviétique en 1991, des programmes internationaux Tacis et Phare, développés avec l'aide de la BERD (banque européenne pour la reconstruction et le développement), ont été lancés afin d'évaluer et d'améliorer la sûreté des réacteurs. On se concentre sur les efforts à court terme pour les RBMK afin d'atténuer les risques et prolonger la durée de vie des réacteurs.

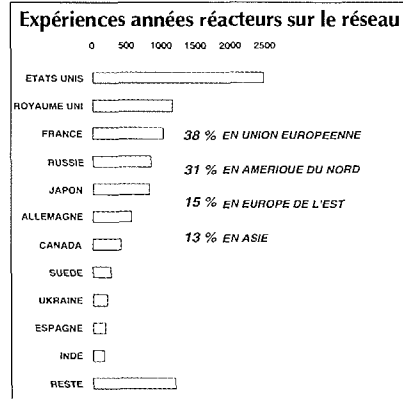
L'Union Européenne avec le parc le plus important concentre une expérience de 3300 années-réacteurs.

La gestion des parcs diffèrent notablement selon les pays.

La France avec EDF seul exploitant de ses 57 réacteurs,

Le Japon où 11 sociétés exploitent les 54 réacteurs (avec TEPCO qui détient plus de 30 % du marché)

Les Etats-Unis où 45 exploitants se partagent le marché de 107 réacteurs (COMED le plus important possède quelque 10 % du parc).

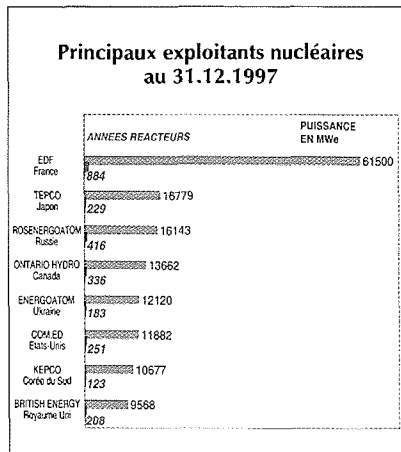


Le bon fonctionnement des centrales nucléaires actuelles est certainement un gage pour l'avenir.

On tire les leçons des expériences acquises dans les centrales en exploitation pour plus de sûreté.

- Système de sauvegarde avec la conception de **trois barrières** successives et indépendantes de **confinement** des produits radioactifs.
- Prise en compte du facteur humain essentiel dans toute industrie de haute technologie.
- **Analyse des risques**, du comportement et de la conduite dans les plans d'urgence.

- Développement de **simulateurs** pour assister l'opérateur.
- La crédibilité repose sur la **transparence de l'information**. Chaque incident ou accident survenu dans une centrale nucléaire dans le monde est répertorié (échelle de gravité INES) et analysé avec un **retour d'expérience** à l'échelle internationale. **Système unique dans l'industrie**.
- Indicateur de la qualité d'exploitation, le nombre d'arrêts automatiques imprévus et la gravité des événements ne cessent de diminuer.
- Une expérience non négligeable a été acquise également avec des centrales maintenant déclassées.
- Règles de sécurité, de conception et d'exploitation strictes et rigoureusement surveillées par des organismes indépendants. On s'efforce aussi de simplifier l'exploitation, l'inspection, la maintenance et la réparation des installations qui ont un impact direct sur les coûts.



En février, décision par le **Parlement suédois de la fermeture de Barsebäck I** avant les élections de 1998, sans raison technique ou économique, premier pas vers le moratoire et la fin du nucléaire prévue en 2010. Très forte opposition des industriels et de la population.

En mars 1997, feu et **explosion** à l'usine de retraitement de Tokai-Mura au Japon, lenteur des informations et **décision** en avril de **restructurer PNC**.

En juin 1997, en **France**, **décision politique du gouvernement de fermer Superphénix** réacteur à neutrons rapides de 1200 MWe.

Le 1 juillet 1997, un directeur chinois a remplacé son homologue français à la tête de **Daya Bay** en vue d'une gestion 100 % chinoise : management au niveau des standards avancés internationaux.

Le 2 juillet 1997, mise en service industriel de **Kashiwazaki-7** au Japon qui devient le **site le plus important du monde** avec une puissance de 8212 MWe.

En août 1997 coup de vent à Ontario Hydro qui possède 19 des 21 centrales au **Canada** et l'annonce de **7 unités** temporairement fermées pour **remise à niveau du point de vue de la sûreté**.

En septembre 1997, la **centrale de Chooz B, en France, a reçu le Power Plant Award 97**, décerné par la presse spécialisée américaine. Le palier N4 possède les **réacteurs les plus puissants du monde avec 1455 MWe**, il intègre des **innovations technologiques les plus avancées** : générateurs de vapeur et turbine (Arabelle) plus compacts et performants, contrôle commande informatisé et interactif. Chooz B2, en avril 97, et Civaux 1, en décembre 97, ont été couplées au réseau.

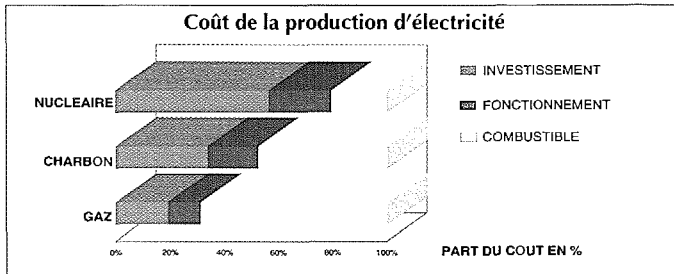
En octobre 1997, sous la pression des industriels, **levée de l'embargo américain** sur les ventes de **matériel nucléaire à la Chine**. Répondant aux critères de non prolifération, elle accède enfin au marché et à la technologie américaines.

En octobre, annonce d'une **Joint Venture** entre **Siemens et BNFL**.

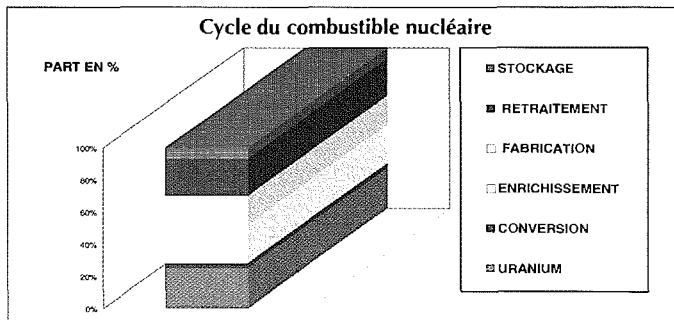
Le 19 décembre 1997, la **Chine et la Russie** ont signé le contrat général de coopération pour la construction de la centrale nucléaire de Lianyungang (2 VVER de 1000 MWe). C'est pour la **Russie le plus gros contrat jamais engagé avec un pays étranger**.

AVENIR DU NUCLEAIRE PERSPECTIVES ENERGETIQUES

L'évaluation des coûts de production de l'électricité est destinée à comparer la compétitivité des différents moyens de production utilisant diverses énergies primaires : charbon, gaz, fioul, uranium, énergies renouvelables et prépare les choix nationaux futurs en matière de filière de production sur le long terme.



Le nucléaire est une industrie capitalistique et peu sensible au coût du combustible.



Deux milliards d'habitants des pays en voie de développement sont privés d'électricité à ce jour. En fonction de la situation très contrastée de chaque pays et des ressources dont il dispose, des compromis inévitables conditionneront les choix technologiques.

La consommation d'énergie devrait augmenter de 50 % d'ici 2015 et des rapports américains indiqueraient néanmoins une diminution de 6 % au plan mondial de la production d'électricité d'origine nucléaire en concluant que 10 à 20 % des centrales nucléaires aux Etats Unis devraient fermer pour non-compétitivité d'ici 2005-2010.

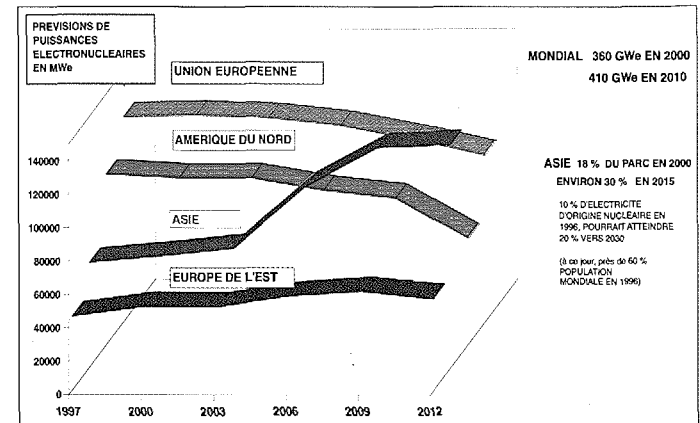
Au jour de l'internationalisation de l'industrie électrique la prise en considération du **développement énergétique durable** n'est pas une préoccupation purement écologique, mais correspond aussi à l'intérêt économique des entreprises. La **libéralisation** du secteur positionne le nucléaire dans un contexte moins favorable, **priviliégiant le court terme** avec la concurrence de nouveaux moyens de production plus attractifs par des durées de construction et des coûts d'investissement moindres. D'autre part, les prix des combustibles fossiles ont beaucoup baissé, des progrès technologiques importants sont intervenus. Le **gaz** en particulier avec la **cogénération** et les centrales à **cycle combiné** offrant des rendements supérieurs, est très prometteur dans les dix ans à venir.

La performance des installations actuelles et les rendements peuvent être améliorés de 40 % environ à des coûts acceptables estime-t-on. Des **programmes d'économie d'énergie** sont en cours. Les pays industrialisés aideront les pays en développement par des transferts technologiques adaptés à leurs besoins en **promouvant les technologies propres**.

Abondance énergétique, taux de croissance très faible, l'option nucléaire riche de traverser dans les pays occidentaux une phase de stagnation voire de régression.

Il n'en est pas de même en Asie où la croissance économique et la faiblesse des ressources énergétiques créent d'importants besoins en électricité.

En Europe de l'Est, la transition économique retardera sensiblement la mise en oeuvre des programmes nucléaires dans la plupart des pays.



Le choix des **options énergétiques** sera déterminant.

Les **combustibles fossiles** continueront à **dominer l'offre mondiale d'énergie**.

Les problèmes de déchets liés à l'extraction ou à la combustion du charbon, la pollution par les aérosols et les déchets chimiques en général sont occultés par le public.

Des études montrent que les concentrations de CO₂ augmenteront de deux à trois fois pendant le siècle prochain dans l'atmosphère terrestre. Le secteur électrique représente environ un tiers des émissions de gaz à effet de serre. L'**évolution** potentielle du **climat** préoccupe le monde entier.

Aucun des scénarios ne compte sur les **énergies renouvelables** comme contribution sérieuse dans les 50 prochaines années. Elles resteront des **options de décentralisation**, pour les régions peu peuplées et non desservies par le réseau.

L'**incertitude** prévaut quant au futur de l'**énergie nucléaire**.

Soit une croissance rapide comme **moyen de réduire l'effet de serre** à condition que de fortes taxes soient levées sur le CO₂, et encore son impact sera limité si elle ne se tourne pas vers des applications non électriques.

Soit une croissance lente reflétant les difficultés présentes économiques, les barrières politiques et l'**acceptation du public** qui continue à s'opposer au nucléaire. Pour le réveil du secteur nucléaire et le renouvellement du parc (période 2015-2025), il faut **donner une solution satisfaisante aux problèmes de la gestion et de l'élimination des déchets** et renforcer la sûreté des installations. Tous les pays s'y attèlent.

Le nucléaire assure l'indépendance énergétique alors que les ressources naturelles ne sont pas inépuisables.