

# Conseil des gouverneurs Conférence générale

**GOV/INF/2010/12-GC(54)/INF/5**  
9 septembre 2010

**Distribution générale**  
Français  
Original : anglais

## Réservé à l'usage officiel

Point 6 a) de l'ordre du jour provisoire du Conseil  
(GOV/2010/38)  
Point 16 de l'ordre du jour de la Conférence générale  
(GC(54)/1)

# Situation internationale et perspectives de l'électronucléaire

*Rapport du Directeur général*

## Résumé

Dans ses résolutions GC(50)/RES/13 et GC(51)/RES/14, la Conférence générale a prié le Secrétariat de présenter, sur une base biennale, un rapport exhaustif distinct sur la situation internationale et les perspectives de l'énergie nucléaire, à partir de 2008. Le présent rapport comprend les informations et les faits nouveaux depuis 2008 et ne reprend pas des informations toujours actuelles mais qui figurent déjà dans le rapport de 2008.



# Situation internationale et perspectives de l'électronucléaire

*Rapport du Directeur général*

## **A. Faits nouveaux depuis 2008**

1. En ce qui concerne l'électronucléaire, les deux années écoulées ont été paradoxales. En 2008 et 2009, les projections de croissance future ont été révisées à la hausse malgré une crise financière mondiale et une baisse de deux années de la capacité nucléaire installée. Aucun nouveau réacteur n'a été raccordé au réseau en 2008, ce qui fait de cette année-là la première depuis 1955 sans un seul raccordement de nouveau réacteur. En 2009, deux nouveaux réacteurs ont été raccordés. Toutefois, dix chantiers de construction ont démarré en 2008, soit le plus grand nombre depuis 1987, et douze en 2009, confirmant une tendance à la hausse continue depuis 2003.

2. La crise économique et financière mondiale qui a commencé à l'automne 2008 semble n'avoir eu dans l'ensemble qu'un impact limité sur les plans de développement électronucléaire. Les plans d'expansion en Chine et dans d'autres parties de l'Asie compensent les retards qui ont été annoncés avec des projets de construction en Europe et en Amérique du Nord.

3. La confiance du public dans l'électronucléaire a légèrement progressé. Il est certes difficile de jauger globalement cette confiance car elle dépend du contexte national, mais les sondages effectués dans un certain nombre de pays font apparaître une meilleure acceptation de l'électronucléaire.

4. Face au vieillissement du personnel expérimenté, problème qui reste préoccupant, on a assisté ces deux dernières années dans un grand nombre de pays à la multiplication du nombre de sociétés commerciales devenant parties prenantes dans l'industrie nucléaire et dans les programmes de formation théorique et pratique correspondants. En outre, un certain nombre de programmes bilatéraux de coopération sur la formation théorique et pratique pour l'électronucléaire ont été mis en route.

5. Les Émirats arabes unis ont accepté l'offre d'un consortium dirigé par la Compagnie d'électricité de Corée (KEPCO) pour fournir 1 400 MWe d'énergie d'origine nucléaire d'ici à 2020. Ce marché est le premier appel d'offres concluant à être accepté par un pays 'primo-accédant' et représente l'émergence de la République de Corée comme exportateur de la technologie des réacteurs nucléaires. Le consortium dirigé par KEPCO conserve un intérêt dans la centrale au niveau de son exploitation pendant une durée importante de sa vie, ce qui constitue par ailleurs un fait nouveau, alors que les Émirats arabes unis ont fait savoir qu'ils entendaient augmenter la participation locale dans leur programme électronucléaire national.

6. En avril 2009, le gouvernement chinois a accueilli à Beijing la Conférence ministérielle internationale sur l'énergie nucléaire au XXI<sup>e</sup> siècle afin de faire le point de la situation et des perspectives du nucléaire, y compris les progrès technologiques, et d'examiner les mesures qu'il faut prendre pour que l'électronucléaire continue à se développer. Dans son résumé, le président de la Conférence a noté que « tout en respectant le droit de chaque État à définir sa politique énergétique nationale conformément à ses obligations internationales, les participants, dans leur grande majorité, ont affirmé que l'énergie nucléaire, en tant que technologie éprouvée, propre, sûre et compétitive, contribuerait de plus en plus au développement durable de l'humanité au cours du XXI<sup>e</sup> siècle et au-delà ».

7. Il est ressorti de la Conférence internationale sur les réacteurs à neutrons rapides et les cycles du combustible connexes, qui s'est tenue à Kyoto (Japon) en 2009, que le développement de la recherche et de la technologie concernant les réacteurs à neutrons rapides et le cycle du combustible associé figurait de nouveau dans les priorités de recherche des industriels et des universitaires de nombreux pays. La Chine entend mettre en service en 2010 un réacteur expérimental à neutrons rapides, et le Japon a annoncé le redémarrage en mai 2010 de son prototype industriel à neutrons rapides, le réacteur Monju. La dernière conférence internationale qui s'est tenue sur ce sujet remonte à 18 ans et il a été convenu, sur la base des activités menées en Chine, en Inde, au Japon, en Fédération de Russie et dans d'autres pays, d'organiser cette conférence tous les trois ans.

8. Dans le domaine de la gestion des déchets, les États-Unis ont annoncé en 2009 qu'ils retireraient leur demande d'autorisation pour un dépôt géologique à Yucca Mountain, signe d'un revirement de leur politique de gestion des déchets qui revient à l'entreposage provisoire.

9. La Conférence des parties au Protocole de Kyoto, tenue à Copenhague en décembre 2009, n'a guère fait de progrès sur la reconnaissance de la contribution de l'électronucléaire dans l'atténuation du changement climatique.

10. Conscients de l'intérêt de la coopération internationale dans le domaine réglementaire, des spécialistes de la réglementation lancent des initiatives pour mieux coordonner l'assistance aux pays qui s'engagent dans un programme nucléaire. À la suite de discussions menées entre autres en 2009 et 2010 au sein du Groupe international pour la sûreté nucléaire (INSAG) et à la réunion de hauts responsables de la réglementation, le Forum de coopération en matière de réglementation – comprenant des États dotés d'un programme électronucléaire bien établi et des États qui envisagent l'option nucléaire – a été créé à l'initiative d'un certain nombre d'États grâce à la médiation de l'Agence et à ses encouragements pour améliorer la collaboration et la coordination aux fins de la création de capacités de réglementation.

11. Des progrès ont été accomplis dans la mise en place de mécanismes garantissant l'approvisionnement sécurisé du combustible et, ce faisant, propres à gagner la confiance des pays. En mars 2010, l'Agence a passé un accord avec la Fédération de Russie pour constituer une réserve internationale d'uranium faiblement enrichi (UFE) qui pourrait être mise à la disposition d'un État en cas de rupture des approvisionnements en uranium faiblement enrichi destiné aux centrales nucléaires, indépendamment de toute considération technique ou commerciale.

12. Toujours en mars 2010, le gouvernement français et l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) ont accueilli la Conférence internationale sur l'accès au nucléaire civil. Son but était de promouvoir l'utilisation pacifique et responsable de l'énergie nucléaire et d'examiner comment tirer profit de la coopération bilatérale et multilatérale pour aider les pays désireux de s'engager dans la voie du nucléaire à remplir leurs obligations internationales. À cette conférence, le Président français a mis l'accent sur sept points cruciaux pour assurer la renaissance du nucléaire : le financement, la transparence, la formation théorique et pratique, la sûreté, la non-prolifération, l'accès au combustible nucléaire et la gestion du combustible usé et des déchets.

Dans le domaine de la formation théorique et pratique, il a annoncé la création d'un institut international de l'énergie nucléaire qui comportera une école internationale du nucléaire.

13. La Conférence internationale sur la mise en valeur des ressources humaines pour l'introduction et l'expansion de programmes électronucléaires s'est tenue en mars 2010 à Abu Dhabi (Émirats arabes unis). Ses participants y ont confirmé à cet égard l'intérêt d'une approche équilibrée qui privilégie la création de capacités et d'expertise dans tous les domaines du nucléaire, et non seulement dans certains en particulier. L'initiative y a été prise d'étudier, à travers plusieurs enquêtes, les besoins et les disponibilités en ressources humaines dans l'ensemble du secteur électronucléaire et d'élaborer des outils de planification de la main-d'œuvre à l'intention des pays qui envisagent de s'engager dans un programme nucléaire. On y a aussi examiné, entre autres, les moyens à mettre en œuvre pour conserver le personnel et pour attirer les jeunes, hommes et femmes, dans les carrières du nucléaire.

14. En juin 2010, le Partenariat mondial pour l'énergie nucléaire (GNEP) a été rebaptisé Cadre international pour la coopération en matière d'énergie nucléaire (IFNEC) et a adopté un nouveau mandat en vue d'élargir son champ d'application et d'accroître la participation internationale, mais aussi d'étudier plus en profondeur des questions importantes en rapport avec le développement de l'énergie nucléaire.

## **B. Situation actuelle de l'électronucléaire**

### **B.1. Utilisation de l'énergie nucléaire**

15. L'énergie nucléaire assure actuellement un petit peu moins de 14 % de la production mondiale d'électricité et 5,7 % de la totalité de l'énergie primaire utilisée dans le monde.

16. La production et la consommation mondiales d'énergie par habitant augmentent. La totalité des besoins énergétiques mondiaux a été multipliée par 2,5 entre 1970 et 2008, passant de 4,64 à 11,9 milliards de tonnes d'équivalent pétrole (tep) (195 à 499 exajoules (EJ))<sup>1</sup>.

17. La figure B-1 montre la part des différentes sources d'énergie dans le bouquet énergétique mondial au cours de cette même période. La part du nucléaire a d'abord grimpé, passant d'un peu moins de 0,5 % en 1970 à plus de 7 % dans les années 90, puis elle a baissé, s'établissant à 5,7 % en 2008.

18. À l'heure actuelle, 29 pays exploitent 441 centrales ayant une capacité totale de 375 GWe. Soixante tranches supplémentaires, d'une capacité totale de 58,6 GWe, sont en construction (au 26 août 2010). En 2009, l'électricité produite à partir du nucléaire était de 2 558 milliards de kW·h. L'industrie nucléaire totalise actuellement plus de 14 000 années-réacteur d'expérience.

---

<sup>1</sup> Un EJ = 10<sup>18</sup> joule ou 2,78 × 10<sup>5</sup> GW·h<sub>(th)</sub> ou 31,7 GW·a.

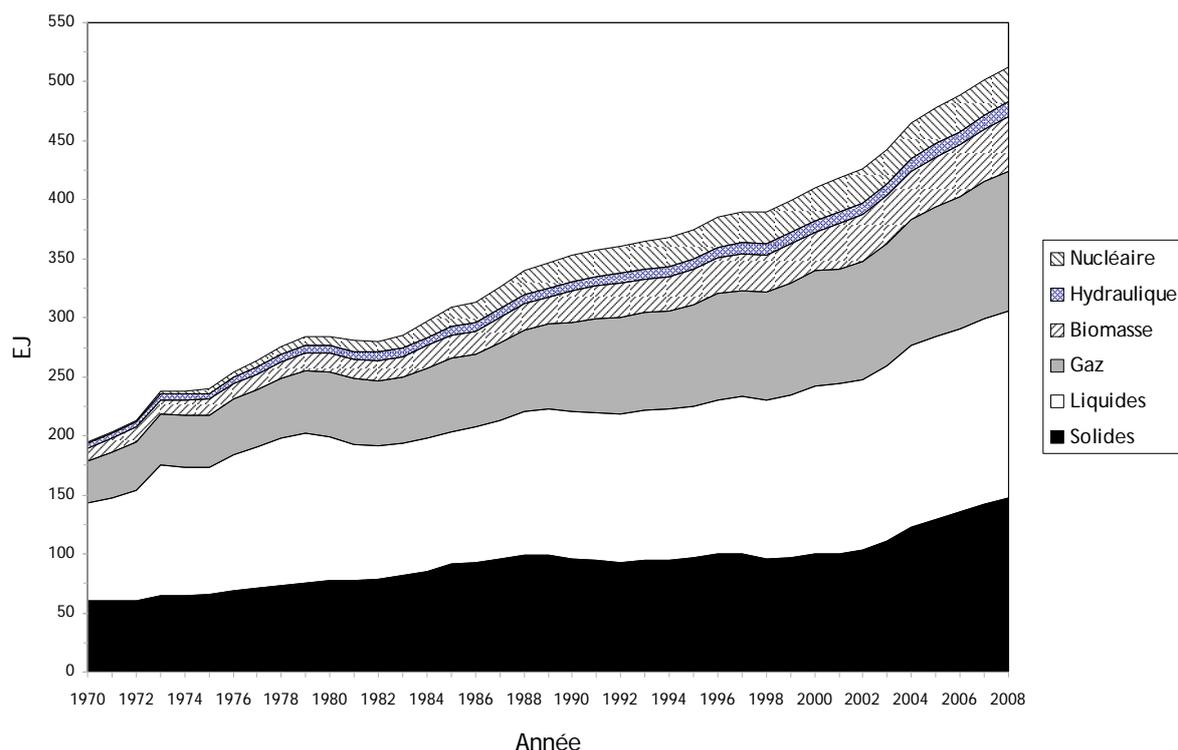


FIG. B-1. Part des sources d'énergie dans l'ensemble de la production énergétique mondiale, 1970-2008.

Tableau B-1. Utilisation (EJ) et part (%) des différents types d'énergie dans la production d'électricité en 2008

Région	Thermique a)		Hydraulique		Nucléaire		Renouvelables b)		Total	
	Utilisation (EJ)	%	Utilisation (EJ)	%	Utilisation (EJ)	%	Utilisation (EJ)	%	Utilisation (EJ)	%
Amérique du Nord	25,13	66,15	2,32	13,72	9,76	19,04	0,76	1,09	37,98	100
Amérique latine	5,14	39,15	2,56	57,54	0,32	2,38	0,39	0,93	8,41	100
Europe occidentale	16,06	52,45	1,89	17,06	8,97	26,68	0,72	3,81	27,64	100
Europe orientale	18,18	64,59	1,12	17,04	3,64	18,30	0,03	0,07	22,96	100
Afrique	5,73	80,51	0,37	16,95	0,14	2,11	0,05	0,43	6,29	100
Moyen-Orient et Asie du Sud	19,09	87,54	0,62	11,47	0,16	0,99	0	0,00	19,87	100
Asie du Sud-Est et Pacifique	6,78	88,92	0,25	9,29			0,39	1,79	7,41	100
Extrême-Orient	43,46	74,27	2,65	15,23	5,35	10,15	0,49	0,35	51,95	100
<b>Total mondial</b>	<b>139,57</b>	<b>67,15</b>	<b>11,77</b>	<b>17,66</b>	<b>28,34</b>	<b>14,03</b>	<b>2,83</b>	<b>1,16</b>	<b>182,51</b>	<b>100</b>

a) La colonne « Énergie thermique » donne le total pour l'énergie solide, liquide, les gaz, la biomasse et les déchets.

b) La colonne « Énergies renouvelables » regroupe l'énergie géothermique, éolienne et solaire et l'énergie des vagues.

19. La part de l'énergie nucléaire dans la production totale d'électricité varie considérablement par région (tableaux B-1 et B-2). Près de 27 % de la totalité de l'électricité est d'origine nucléaire en Europe occidentale, contre à peu près 18 % en Amérique du Nord et en Europe orientale, mais seulement 2,1 % et 2,4 % en Afrique et en Amérique latine. En Extrême-Orient, l'énergie nucléaire compte pour 10 % de l'électricité produite, tandis qu'elle compte pour 1 % au Moyen-Orient et en

Asie du Sud<sup>2</sup>. Ces deux dernières années, la part de l'énergie nucléaire dans la production mondiale d'électricité a baissé, passant de 15 % à moins de 14 %, en grande partie du fait que la production mondiale d'électricité augmente, mais pas celle de l'énergie nucléaire.

20. Le nombre de réacteurs en construction a augmenté, passant de 33 unités (capacité totale de 27 193 MWe) à la fin de 2007 à 60 unités (capacité totale de 58 584 MWe) le 26 août 2010. Dans de nombreux pays dotés d'un programme nucléaire, on constate une augmentation importante des investissements destinés à de futures centrales nucléaires. Sur les 60 centrales en construction, 11 ont été mises en chantier avant 1990 et, sur ces 11, on prévoit que trois seulement seront peut-être mises en service dans les trois prochaines années. Il existe quelques réacteurs dont les travaux de construction durent depuis plus d'une vingtaine d'années sans qu'il n'y ait guère de signes d'avancement et d'activité. Dix chantiers de construction ont démarré en 2008 et 12 en 2009 (voir figure B-2), poursuivant une tendance continue à la hausse depuis 2003. Ces 22 réacteurs dont la construction a démarré en 2008 et 2009 sont tous des réacteurs à eau sous pression (REP), installés dans trois pays : la Chine, la Fédération de Russie et la République de Corée.

---

<sup>2</sup> Il n'y a pas de centrale nucléaire en Asie du Sud-Est et dans la région Pacifique, et l'électronucléaire ne contribue donc pas à la production d'électricité de ces régions.

Tableau B-2. Réacteurs nucléaires de puissance dans le monde (26 août 2010)

Région	En exploitation		En construction		Électricité fournie par des centrales nucléaires en 2009 (TW·h)
	Nombre	Capacité nette MWe	Nombre	Capacité nette MWe	
Amérique du Nord	122	113 316	1	1 165	882
Amérique latine	6	4 119	2	1 937	30
Europe occidentale	129	122 956	2	3 200	796
Europe centrale et orientale	67	47 376	17	13 741	310
Afrique	2	1 800			13
Moyen-Orient et Asie du Sud	21	4 614	6	3 721	17
Moyen-Orient	94	80 516	32	34 820	510
Monde	441	374 697	60	58 584	2 558

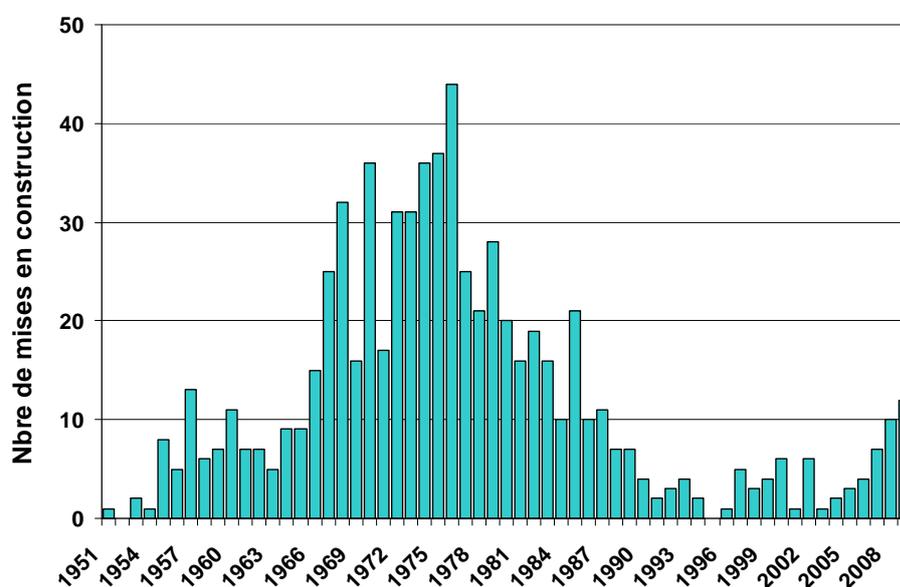


FIG. B-2. Mise en construction de centrales nucléaires par année. Source AIEA, 2010.

## B.2. Technologie des réacteurs disponible

21. Environ 82 % des réacteurs commerciaux en exploitation sont des réacteurs modérés et refroidis par eau ordinaire<sup>3</sup>, 10 % des réacteurs modérés et refroidis par eau lourde, 4 % des réacteurs refroidis par gaz et 3 % des réacteurs refroidis par eau et modérés par graphite. Un réacteur est modéré et refroidi par métal liquide. Le tableau B-3 indique le nombre, les types et la puissance électrique nette des centrales nucléaires actuellement en service. La capacité moyenne des réacteurs en exploitation en 2010 est de 850 MWe.

<sup>3</sup> Certains réacteurs à eau ordinaire (REO) sont modérés par graphite.

Tableau B-3. Répartition actuelle des types de réacteurs<sup>4</sup>

Pays	REP		REB		RRG		RELP		REOMG		RSNR		Total	
	Nbre	MWe	Nbre	MWe	Nbre	MWe	Nbre	MWe	Nbre	MWe	Nbre	MWe	Nbre	MWe
AFRIQUE DU SUD	2	1 800											2	1 800
ALLEMAGNE	11	14 033	6	6 457									17	20 490
ARGENTINE							2	935					2	935
ARMÉNIE	1	375											1	375
BELGIQUE	7	5 934											7	5 934
BRÉSIL	2	1 884											2	1 884
BULGARIE	2	1 906											2	1 906
CANADA							18	12 569					18	12 569
CHINE	11	8 748					2	1 300					13	10 048
CORÉE, RÉP. DE	17	15 943					4	2 722					21	18 665
ESPAGNE	6	6 006	2	1 510									8	7 516
ÉTATS-UNIS	69	66 945	35	33 802									104	100 747
FINLANDE	2	976	2	1 745									4	2 721
FRANCE	58	63 130											58	63 130
HONGRIE	4	1 889											4	1 889
INDE			2	300			17	3 889					19	4 189
JAPON	24	19 286	30	27 537									54	46 823
MEXIQUE			2	1 300									2	1 300
PAKISTAN	1	300					1	125					2	425
PAYS-BAS	1	487											1	487
RÉP. TCHÈQUE	6	3 678											6	3 678
ROUMANIE							2	1 300					2	1 300
ROYAUME-UNI	1	1 188			18	8 949							19	10 137
RUSSIE	16	11 914							15	10 219	1	560	32	22 693
SLOVAQUIE	4	1 762											4	1 762
SLOVÉNIE	1	666											1	666
SUÈDE	3	2 799	7	6 504									10	9 303
SUISSE	3	1 700	2	1 538									5	3 238
UKRAINE	15	13 107											15	13 107
TOTAL	269	248 295	92	83 834	18	8 949	46	22 840	15	10 219	1	560	441	374 697

Le total inclut six tranches, 4 980 MWe pour Taiwan (Chine).

REP : réacteur à eau sous pression ; REB : réacteur à eau bouillante ; RRG : réacteur refroidi par gaz ; RELP : réacteur à eau lourde sous pression ; REOMG : réacteur à eau ordinaire modéré au graphite ; RSNR : réacteur surgénérateur à neutrons rapides.

### B.3. Ressources humaines

22. Bien que ni l'Agence ni d'autres organisations internationales ne disposent de statistiques exhaustives, selon les estimations, l'ensemble des centrales nucléaires en service dans le monde continuaient d'employer en 2009 plus de 250 000 personnes. Comme il ressort de la figure B-3, environ trois quarts de tous les réacteurs en exploitation aujourd'hui ont plus de 20 ans d'âge, et un quart plus de 30 ans. Or, les spécialistes qui ont construit et fait fonctionner ces centrales font partie des anciens, qui sont déjà à la retraite ou n'en sont pas loin. Un grand nombre des organismes qui sont habilités à exploiter ces centrales ont en outre des projets de construction de nouvelles tranches en cours ou à l'étude, et ils se trouvent confrontés à la pénurie de personnel expérimenté et à la perte des connaissances lorsqu'ils cherchent à assurer la relève pour les effectifs anciens de leur parc existant mais aussi à recruter de nouveaux effectifs pour leurs nouveaux projets.

<sup>4</sup> Au 26 août 2010.

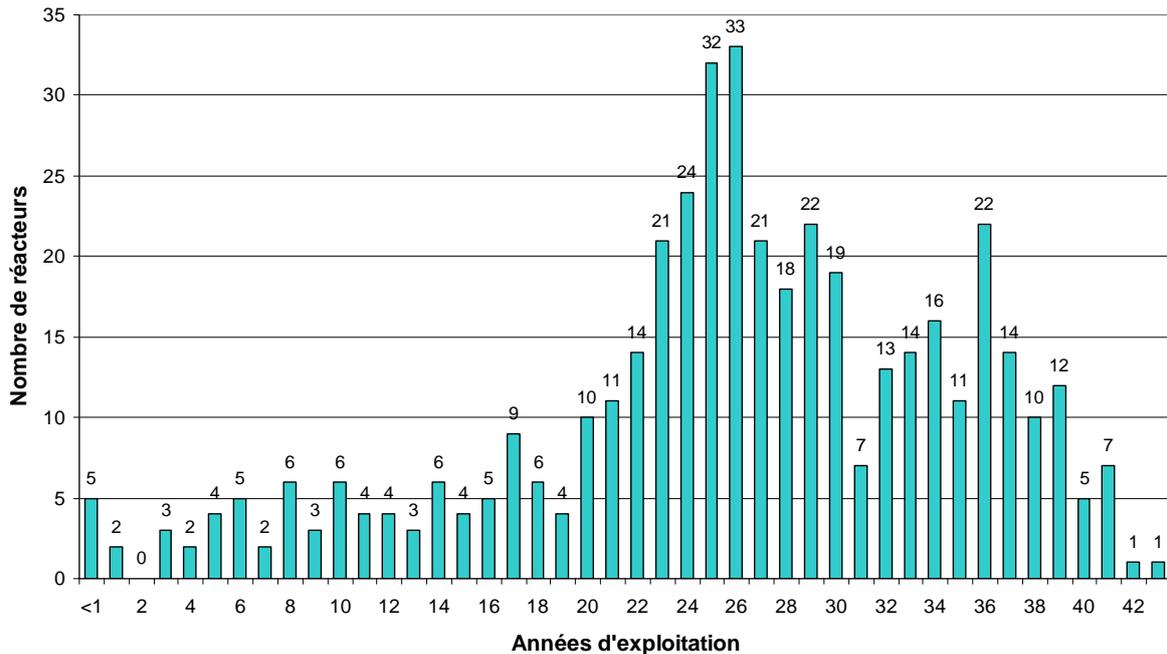


FIG. B-3. Nombre de centrales nucléaires en service dans le monde et leur âge au 26 août 2010 (l'âge d'un réacteur est déterminé par la date à laquelle il a été raccordé pour la première fois au réseau).

23. Les craintes quant au risque de pénurie de personnes qualifiées sont différentes d'un pays à l'autre. S'agissant des pays qui développent un programme électronucléaire existant, le défi est d'intensifier leurs programmes de formation théorique et pratique pour pouvoir disposer, le moment venu, du personnel qualifié requis. Les pays qui prévoient de fournir à d'autres pays la technologie nucléaire doivent non seulement satisfaire aux besoins en ressources humaines de ces derniers mais aussi être en mesure de leur transférer la capacité de formation théorique et pratique en même temps que la technologie. L'expérience montre que les pays optant pour l'option nucléaire devront compter dans une large mesure sur l'aide de leurs fournisseurs de technologie pour former des personnes qualifiées pour les phases de construction, d'autorisations et de démarrage de la centrale. De plus, ces pays fournisseurs de technologie seront censés leur donner les moyens de créer les capacités nationales requises ainsi que leurs propres programmes de formation. La coopération entre les pays qui ont l'expérience de l'électronucléaire et ceux qui s'engagent dans cette voie sert également à combler le déficit d'expérience. Au cours des deux années écoulées par exemple, la France a noué des liens de coopération dans le domaine de la formation théorique et pratique avec la Jordanie et la Pologne.

24. La Conférence internationale sur la mise en valeur des ressources humaines pour l'introduction et l'expansion de programmes électronucléaires, qui s'est tenue en mars 2010 à Abu Dhabi, a recensé les mesures que les gouvernements, les industriels, les distributeurs et les universitaires peuvent prendre pour recruter, conserver et perfectionner le personnel requis pour l'ensemble de l'industrie nucléaire. Les participants ont noté à cet égard qu'il était important de procéder à la conduite de tests de performance et au partage des enseignements tirés des expériences. L'accent a été mis sur le recrutement des jeunes pour assurer la relève mais aussi sur une participation plus forte des femmes à des emplois dans le nucléaire. Il est possible de rendre le travail dans le nucléaire plus attractif pour les groupes en question en leur proposant par exemple une plus grande souplesse des horaires de travail, des opportunités de collaboration, le parrainage d'un ancien et aussi des signes de reconnaissance.

25. Afin d'en savoir plus sur la situation démographique de la main-d'œuvre dans le monde, il a été annoncé à la Conférence d'Abu Dhabi que l'Agence et d'autres organisations lanceraient une initiative pour entreprendre les activités suivantes à l'échelle mondiale : étude des ressources humaines,

sous-traitants et fournisseurs compris, dans les centrales nucléaires existantes ; étude de l'offre et de la demande en ressources humaines pour les organismes de réglementation nucléaire ; étude des organismes et des programmes pédagogiques à l'appui de l'électronucléaire ; mise au point d'outils de planification de la main-d'œuvre pour les pays envisageant l'option nucléaire ou s'engageant dans un nouveau programme nucléaire ; et compilation de toutes ces informations dans une base de données accessible qui pourra servir à modéliser l'offre et la demande mondiales ou nationales des ressources humaines.

#### **B.4. Partie initiale du cycle du combustible**

26. Dans les deux années écoulées depuis la publication du rapport précédent, le développement le plus notable des activités menées dans la partie initiale du cycle du combustible a été dans le domaine de la prospection et l'extraction de l'uranium. L'uranium est extrait aujourd'hui dans 19 pays, dont huit<sup>5</sup> concentrent 93 % de la capacité mondiale. À l'heure actuelle, 35 % des besoins en uranium sont couverts par des sources d'approvisionnement secondaires – uranium entreposé ou matières précédemment à usage militaire – et des matières recyclées. L'uranium est resté pendant une vingtaine d'années à des niveaux de prix bas puis, après 2004, son prix au comptant a augmenté sensiblement, d'un facteur dix, en prévision de l'accroissement de la demande et de la diminution des sources secondaires. Après un pic en 2007, ce prix équivaut aujourd'hui à cinq fois environ celui d'avant 2004. La plus grande capacité de fabrication de combustible se trouve en Fédération de Russie, en France, aux États-Unis et au Japon.

#### **B.5. Gestion des déchets radioactifs et déclassé**

27. S'il n'y a pas de dépôt géologique profond actuellement en exploitation pour les déchets de haute activité, la Finlande, la France et la Suède sont très avancées dans la conception de ce type d'installation. La Finlande construit actuellement un tunnel de reconnaissance jusqu'à la profondeur de stockage définitif et elle prévoit de soumettre la demande d'autorisation pour construire un dépôt en 2012, de sorte que le stockage définitif puisse commencer en 2020. Les États-Unis d'Amérique, ayant récemment annoncé qu'ils retiraient leur demande d'autorisation pour la construction et l'exploitation d'une installation d'entreposage des déchets à Yucca Mountain, ont créé une commission, la Blue Ribbon Commission on America's Nuclear Future, chargée de proposer une solution à long terme sûre pour la gestion de leur combustible usé et de leurs déchets nucléaires, mais aussi des solutions de remplacement.

28. À la fin de 2009, 123 réacteurs de puissance avaient été mis à l'arrêt. Quinze d'entre eux avaient été complètement démantelés, 51 étaient en cours de démantèlement, 48 étaient maintenus en 'attente sûre', trois sous massif de protection et, pour six autres, les stratégies de déclassé n'avaient pas encore été précisées.

#### **B.6. Capacité industrielle**

29. Le nombre de centrales nucléaires en construction atteignait 233 en 1979, alors qu'il s'est situé entre 30 et 55 ces 15 dernières années (voir la figure B-4). Au 21 juillet 2010, on comptait 61 réacteurs en construction.

30. Il semblerait que le fait d'investir dans des installations est en train d'apaiser les craintes qui avaient été émises au sujet de la capacité de l'industrie de répondre à la demande pour des composants clés (tels que les cuves sous pression et les pièces forgées d'importance majeure). De nouvelles capacités industrielles sont en chantier au Japon par Japan Steel Works (JSW) et Japan Casting &

---

<sup>5</sup> Australie, Canada, États-Unis d'Amérique, Fédération de Russie, Kazakhstan, Namibie, Niger et Ouzbékistan.

Forging Corporation (JCFC), en Chine par le groupe Shanghai Electric et ses filiales, ainsi qu'en République de Corée (Doosan), en France (Le Creusot), en République tchèque (Plzeň) et dans la Fédération de Russie (OMZ Izhora et ZiO-Podolsk). JSW, par exemple, prévoit de tripler ses capacités d'ici à 2012. La Chine a annoncé qu'elle avait la capacité de produire du matériel lourd pour six grands réacteurs par an, et le groupe Shanghai Electric a déclaré qu'il aura, d'ici à la fin de 2010, la capacité de produire de grandes pièces forgées pour l'unité AP1000.

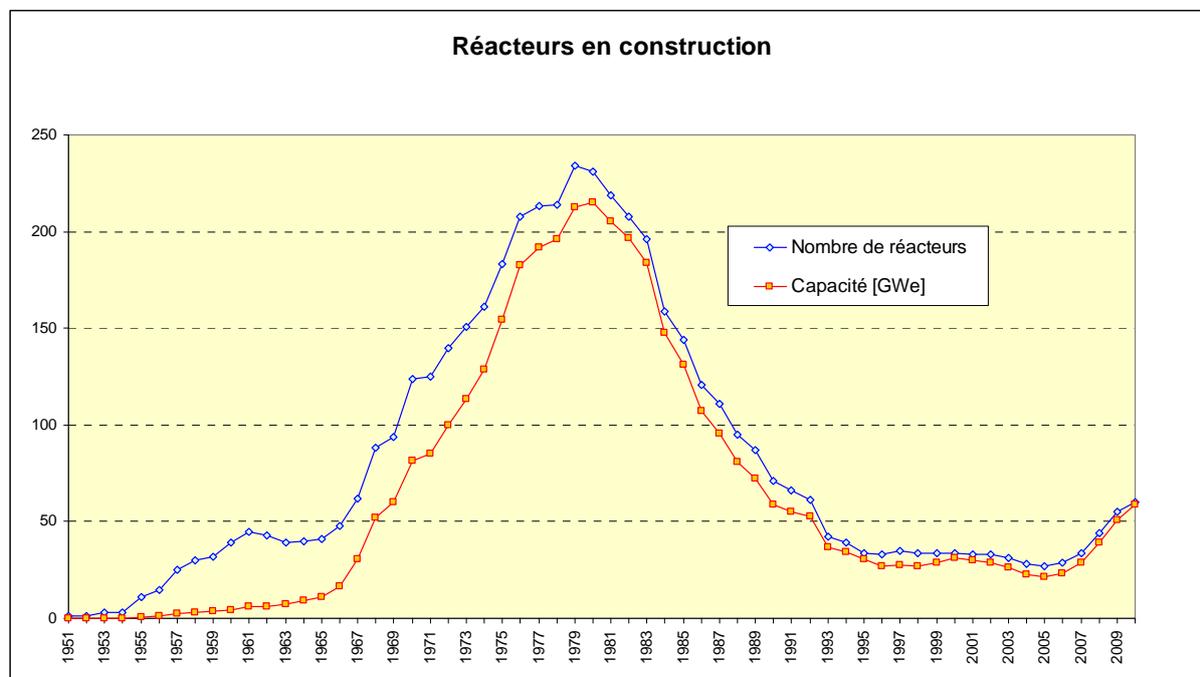


FIG. B-4. Nombre de réacteurs (et capacité totale des réacteurs) en construction de 1951 à 2008.

## C. Perspectives des applications futures de l'énergie nucléaire

### C.1. Perspectives dans les pays qui utilisent déjà l'électronucléaire

31. Le nombre des pays ayant des centrales nucléaires en service a baissé depuis 2008, en raison de la fermeture de la centrale Ignalina-2 en Lituanie. La Lituanie en prévoit toutefois une nouvelle – éventuellement avec ses voisins baltes – pour la remplacer dans les dix années qui viennent.

32. Dans les 29 pays ayant des centrales nucléaires en service, la part de l'électricité d'origine nucléaire dans la production nationale d'électricité oscille entre 76 % en France et 2 % en Inde et en Chine. Comme examiné plus loin, la différence entre les projections basses et hautes de l'AIEA s'explique à la fois par la capacité totale installée dans ces 29 pays et par l'augmentation du nombre de pays faisant appel à l'électronucléaire.

33. Le tableau C-1 récapitule les informations disponibles sur les plans d'expansion de pays exploitant actuellement des centrales nucléaires. Il prend en compte les présentations que les États Membres ont faites à la session 2009 de la Conférence générale et d'autres déclarations publiques concernant leurs positions.

34. Chacun des 29 pays a été rangé dans l'un des groupes du tableau C-1, ce qui donne une indication des intentions supposées des 29 pays déjà engagés dans le nucléaire.

Tableau C-1. Position des pays ayant des centrales nucléaires en service

Description du groupe	Nombre de pays
Pays qui envisagent de sortir progressivement du nucléaire à mesure que leurs centrales actuelles arrivent à la fin de leur vie ou atteignent une puissance cumulée donnée	2
Pays qui revoient leurs besoins énergétiques et retiennent le nucléaire comme option éventuelle	5
Pays qui autorisent de nouvelles propositions de centrales mais sans incitations à cet effet	4
Pays favorables à la construction d'une ou plusieurs centrales	5
Nouvelle(s) centrale(s) en construction	13

## C.2. Perspectives dans les pays qui envisagent l'option électronucléaire

35. Partout dans le monde, un intérêt nouveau ou renouvelé pour le nucléaire a été exprimé ces dernières années par de nombreux pays. Compte tenu de l'augmentation des besoins énergétiques pour alimenter la croissance et le développement économiques, des préoccupations au sujet du changement climatique et de l'instabilité des prix des combustibles fossiles, mais aussi des meilleurs bilans de sûreté et de performance, 65 pays environ expriment un certain intérêt pour l'option nucléaire, envisagent de l'adopter ou planifient activement dans ce sens. Cette renaissance fait suite à un passage à vide d'une quinzaine d'années pendant lesquelles les marchés internationaux, les systèmes énergétiques et les questions stratégiques ont évolué. Les pays qui s'engagent actuellement dans le nucléaire ont à faire face à une situation différente du passé et ils y répondent par des moyens nouveaux et créatifs. Les pays qui prévoient de développer davantage leur programme électronucléaire existant, certains n'ayant pas agrandi leur parc depuis plus de 10 ans, partageront aussi peut-être certaines des questions qui se posent.

36. Le fait que le nombre de projets de coopération technique de l'Agence (CT) en rapport avec le nucléaire a triplé est aussi un signe de l'intérêt croissant qui lui est porté. Il y en avait 13 dans le cycle 2007–2008 et il y en a 35 dans le présent cycle, 2009–2011. En 2009, 58 pays ont participé à des projets nationaux et/ou régionaux en rapport avec l'introduction de l'électronucléaire à travers le programme CT de l'Agence.

37. Le tableau C-2 indique le nombre de pays à différents stades de la réflexion ou de l'engagement vis-à-vis du nucléaire. Parfois appelés 'primo-accédants nucléaires', certains pays comme le Bangladesh, l'Égypte ou le Vietnam envisagent en fait l'option nucléaire depuis un certain temps. D'autres, comme la Pologne, sont en train de relancer l'option nucléaire après que leurs plans ont été contrariés au gré des changements de gouvernement ou dans l'opinion publique. D'autres encore, comme la Jordanie, la Mongolie et l'Uruguay, se mettent à envisager l'option nucléaire pour la première fois. Ce qu'ils ont tous en commun, qu'ils envisagent vaguement ou sérieusement l'option nucléaire, ou qu'ils s'engagent dans un programme nucléaire, c'est qu'ils n'ont pas encore raccordé une seule centrale au réseau.

38. La République islamique d'Iran a fait connaître ses plans d'achèvement prochain de la mise en service de sa première centrale nucléaire à Bushehr.

39. Sur les 65 pays qui se disent intéressés par l'adoption du nucléaire, 21 sont dans la région Asie et Pacifique, 21 autres dans la région Afrique, 12 en Europe (Europe orientale essentiellement) et 11 en Amérique latine.

Tableau C-2. Position des pays sans centrale nucléaire en service

Description du groupe	Nombre de pays
Pays qui n'envisagent pas d'introduire de centrale nucléaire, mais sont intéressés par l'examen des questions liées aux programmes électronucléaires <sup>6</sup>	31
Pays qui envisagent un programme nucléaire pour répondre à des besoins énergétiques déterminés avec une forte indication de l'intention d'aller de l'avant	14
Pays qui se préparent activement pour un possible programme électronucléaire sans décision finale	7
Pays qui ont décidé d'introduire l'électronucléaire et commencé à préparer l'infrastructure appropriée	10
Pays qui ont préparé un appel d'offres pour la fourniture d'une centrale nucléaire	
Pays qui ont commandé une nouvelle centrale nucléaire	2
Pays où une nouvelle centrale nucléaire est en construction	1

40. Le rythme d'adhésion au groupe des pays exploitant des centrales nucléaires a été relativement stable au début des années 1980 (Fig. C-1). Trois pays seulement ont raccordé leur première centrale nucléaire au réseau dans la période après Tchernobyl – la Chine, le Mexique et la Roumanie. Les pays qui envisagent maintenant de se doter de leur première centrale nucléaire le font après un déficit d'expérience de 15 ans. Ils sont 25 à s'être fixé comme objectif que leur première centrale nucléaire devienne opérationnelle avant 2030, dont 14 entre 2015 et 2020 ; s'ils y arrivent, ce sera le plus grand nombre jamais atteint de pays 'nouveaux accédants' à commencer en si peu de temps à produire de l'énergie nucléaire.

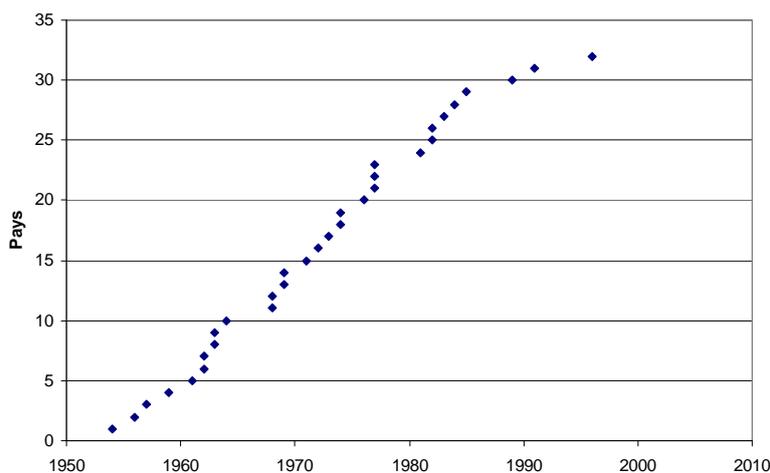


FIG. C-1. Année de mise en service par un nouveau pays de sa première centrale nucléaire.

<sup>6</sup> Sur la base de la participation au programme actuel de CT à travers les projets de CT régionaux/nationaux ou les déclarations à la Conférence générale de l'AIEA..

41. Dans l'ensemble, les données des tableaux C-1 et C-2 sont conformes aux tendances reflétées dans les projections basses et hautes de l'Agence exposées ci-après : un degré important d'incertitude subsiste dans les projections sur le nucléaire ; le recours accru au nucléaire, qui était prévu, reposerait davantage sur l'expansion dans les pays déjà dotés d'un programme nucléaire que sur le démarrage d'un programme par les pays nouveaux accédants ; enfin, 25 nouveaux pays environ pourraient avoir leur première centrale nucléaire opérationnelle d'ici à 2030 dans la projection haute, contre une dizaine dans la projection basse.

### **C.3. Facteurs potentiels en faveur de l'option nucléaire**

42. Le rapport de 2008 indiquait sept facteurs potentiels en faveur de l'option nucléaire. Dans deux cas seulement, il y a une importante mise à jour à signaler.

#### **C.3.1. Prix des combustibles fossiles**

43. La production d'électricité par des centrales au charbon et par des centrales au gaz naturel sera la principale alternative au nucléaire dans le proche et moyen terme. Dans les deux cas, les prix ont été instables ces dernières années. Le prix du charbon a plus que doublé de 2003 à la mi-2008 dans la plupart des régions, puis a chuté de 70 % entre juillet et décembre 2008. Il a récemment montré quelques signes de redressement. Parallèlement, le prix du gaz, qui avait plus que doublé tout comme le prix du charbon, a baissé en 2009 mais a ensuite commencé à remonter légèrement dans le second semestre de 2010. La hausse des prix du charbon et du gaz entre 2003 et 2008 a contribué aux attentes croissantes nourries pour le nucléaire. Le prix de l'uranium a aussi affiché une certaine instabilité, grimant en flèche en 2007 avant de chuter en 2009. Toutefois, le coût de l'uranium entrant pour une plus petite part dans les coûts de production globaux que le coût du charbon ou du gaz, le coût des combustibles, qui peuvent fluctuer et augmenter, influe davantage sur les décisions d'investissement dans des centrales alimentées par des combustibles fossiles que dans des centrales nucléaires.

#### **C.3.2. Environnement**

44. La Conférence des Parties au Protocole de Kyoto, tenue à Copenhague en décembre 2009, a marqué l'aboutissement d'un processus de négociation de deux ans en vue d'accroître la coopération internationale sur le changement climatique. Le résultat clé a été un nouvel accord international sur l'environnement avec d'ambitieuses réductions des émissions de gaz à effet de serre (GES) qui entrera en vigueur en 2012. Les négociations ont été ardues et se sont concentrées sur la fixation d'objectifs pour les émissions de gaz à effet de serre concernant les pays non signataires du Protocole de Kyoto. À la différence de la stigmatisation actuelle du nucléaire dans le mécanisme pour un développement propre et dans la mise en œuvre conjointe, il n'est plus question, dans le texte élaboré par le Groupe de travail spécial de l'action concertée à long terme au titre de la Convention (AWG-LCA), d'exclure l'énergie d'origine nucléaire des mesures d'atténuation appropriée au niveau national (NAMA). Cette évolution est conseillée et comme un pas vers la reconnaissance du rôle de l'énergie nucléaire comme option d'atténuation possible.

### **C.4. Projections de la croissance électronucléaire**

45. Le tableau C-3 présente les projections actualisées les plus récentes de l'Agence en ce qui concerne la capacité de production électronucléaire dans le monde, ventilée par région. Dans la projection basse, la capacité mondiale augmente, passant de 372 GWe en 2008 à 511 GWe en 2030. Dans la projection haute, elle atteint 807 GWe.

46. Bien que 25 nouveaux pays environ aient été pris en compte dans la projection à 2030, l'accroissement mondial dans la projection haute repose essentiellement sur les augmentations dans les 29 pays qui possèdent déjà l'électronucléaire. La projection basse inclut aussi la dizaine de nouveaux pays dont la première centrale nucléaire pourrait être opérationnelle à l'horizon 2030.

47. Les *Perspectives énergétiques mondiales* publiées par l'Agence internationale de l'énergie (AIE) donnent aussi des projections régulièrement actualisées pour le nucléaire. Cette publication comprend un scénario de référence et des scénarios alternatifs plutôt que des projections basses et hautes, comme l'AIEA en publie. Le scénario de référence de l'AIE a légèrement progressé ces dernières années, et le dernier scénario alternatif de l'AIE, qui suppose des mesures supplémentaires pour limiter la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à 450 parties par million (ppm) d'équivalent CO<sub>2</sub>, prévoit une augmentation de 50 % de la production nucléaire en 2030 par rapport au scénario de référence<sup>7</sup>.

Tableau C-3. Estimations de la capacité de production d'électricité d'origine nucléaire (GWe)

Région	2008	2010		2020		2030	
		Basses	Hautes	Basses	Hautes	Basses	Hautes
Amérique du Nord	113,3	114	115	126	130	127	168
Amérique latine	4,0	4,0	4,0	6,9	8,0	10,8	23
Europe occidentale	122,5	119	122	90	131	82	158
Europe orientale	47,5	47	47	68	81	83	121
Afrique	1,8	1,8	1,8	2,8	4,1	6,1	17
Moyen-Orient et Asie du Sud	4,2	7	10	13	24	20	56
Asie du Sud-Est et Pacifique						0	5,2
Extrême-Orient	78,3	79	80	138	165	183	259
<b>Total mondial</b>	<b>371,6</b>	<b>372</b>	<b>380</b>	<b>445</b>	<b>543</b>	<b>511</b>	<b>807</b>

48. D'autres projections indiquent une fourchette importante dans la gamme possible des utilisations futures de l'énergie nucléaire. L'Association nucléaire mondiale publie tous les deux ans des scénarios pour les projections hautes, basses et de référence de la capacité nucléaire. La fourchette dans les projections de 2009 se situe pour 2030 entre 248 GWe et 815 GWe, faisant apparaître légèrement plus d'incertitude que les deux années antérieures. Les projections hautes de l'Association nucléaire mondiale et de l'AIEA sont assez similaires et environ 10 % plus élevées que le scénario des Perspectives énergétiques mondiales qui limite les concentrations de gaz à effet de serre à 450 ppm.

## C.5. Prévisions concernant les applications non électriques

49. Une certaine expérience existe, avec l'énergie nucléaire, dans le marché de la chaleur et de la vapeur dans la gamme des basses températures. Cette expérience devrait probablement pouvoir s'étendre encore dans le court terme aux domaines du dessalement, de la chaleur industrielle et de la récupération tertiaire du pétrole. Dans la gamme de la chaleur/vapeur à des températures plus élevées, l'énergie nucléaire offre un potentiel important d'utilisation pour la production d'hydrogène et pour les industries pétrochimiques, y compris la production de combustibles liquides dans le secteur des transports. Les secteurs industriels ayant des besoins élevés en électricité et en chaleur/vapeur à

<sup>7</sup> Agence internationale de l'énergie (AIE), *Perspectives énergétiques mondiales 2009*, OCDE, Paris (2009).

différents niveaux de températures et de pression sont nombreux : entre autres, les industries chimique et pétrochimique, la fabrication de papier et de pulpe, l'industrie alimentaire, l'industrie automobile, la fabrication de textiles. La mise au point de centrales à double usage, avec la production d'électricité et l'utilisation de la vapeur pour des processus industriels, est susceptible d'offrir des avantages économiques importants, que l'on peut encore améliorer si l'on utilise des sources de vapeur et de chaleur à haute température, éventuellement en faisant appel à des réacteurs à haute température.

## **D. Enjeux d'une expansion du nucléaire**

### **D.1. Questions clés et tendances en ce qui concerne une expansion du nucléaire à court terme**

50. Le rapport de 2008 examinait neuf questions clefs et tendances. Les paragraphes ci-après présentent les évolutions jugées les plus notables de quatre d'entre elles.

#### **D.1.1. Compétitivité économique et financement**

51. Les coûts de production estimés pour les nouvelles centrales nucléaires (y compris la gestion et l'exploitation de la centrale et le combustible) varient sensiblement d'un pays à l'autre, allant d'environ 30 \$/MW·h à 80 \$/MW·h, avec un taux d'actualisation de 5 %. À titre de comparaison, les coûts de production pour le gaz vont d'environ 35 \$/MW·h à 120 \$/MW·h, également avec un taux d'actualisation de 5 %. Les projections de l'AEN concernant les coûts de production d'électricité montrent que le nucléaire devrait rester moins coûteux que le gaz dans les onze pays ayant présenté leurs coûts estimatifs de production d'électricité d'origine nucléaire et fossile, avec un taux d'actualisation de 5 %, et dans cinq d'entre eux avec un taux de 10 %. Le nucléaire reste moins coûteux que le charbon dans neuf des onze pays avec un taux d'actualisation de 5 % et dans huit pays avec un taux d'actualisation de 10 %<sup>8</sup>.

52. La valeur économique que représentent, pour les investisseurs, les émissions très faibles de gaz à effet de serre (GES) par l'électronucléaire varie selon les pays. Dans les pays n'ayant pas de limites en la matière, l'émission de très faibles niveaux seulement de GES n'a pas de valeur économique tangible. Dans les pays imposant des restrictions ou des taxes sur ces émissions, les faibles émissions ont en revanche une valeur économique. La compétitivité économique de l'électronucléaire serait améliorée à court terme si le nucléaire était inclus dans le système mondial d'échange de quotas d'émission visant à réduire les gaz à effet de serre.

53. La crise financière et économique qui a éclaté à l'automne 2008 n'a eu qu'un impact limité sur les projets électronucléaires et les projections de 2009 étaient même plus élevées, comme il est indiqué à la section C.4. Premièrement, la crise n'a pas eu d'incidence sur les éléments moteurs de l'électronucléaire à plus long terme, à savoir surtout la hausse de la demande en énergie liée à la croissance démographique et au développement économique, l'intérêt pour des coûts de production stables et prévisibles et les préoccupations quant à la sécurité énergétique et à la protection de l'environnement, en particulier au changement climatique. Deuxièmement, la crise a eu un impact plus prononcé sur les projets de courte durée. La perspective d'une hausse moins forte de la demande dans

---

<sup>8</sup> Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN), *Coûts prévisionnels de production de l'électricité : Édition 2010*, Paris (2010).

le court terme allège la pression sur la prise de décisions d'investissement à court terme, et les marges de temps importantes associées aux projets nucléaires permettent une analyse supplémentaire et une préparation moins hâtive. Ainsi, la crise a eu une incidence sur la plupart des projets nucléaires au stade initial de la planification, des années avant qu'il soit nécessaire de prendre des décisions clés en matière de financement. Par conséquent, seuls quelques plans d'expansion nucléaire ont été reportés ou annulés et les carnets de commandes sont restés bien remplis. Troisièmement, même s'il apparaît que les coûts d'investissement de l'électronucléaire ont doublé depuis 2004, ceux des modes de production non nucléaires ont aussi augmenté, et les coûts relatifs des options de production d'électricité n'ont été réalignés que marginalement, voire pas du tout.

54. La crise financière et économique mondiale n'a pas pour autant épargné le secteur nucléaire. Elle a été invoquée comme un facteur ayant contribué à des retards ou à des reports provisoires enregistrés dans des projets nucléaires dans certaines régions du monde, en particulier en Europe et en Amérique du Nord. Par exemple, Vattenfall a reporté de 12 à 18 mois ses décisions relatives à la construction de nouveaux réacteurs nucléaires au Royaume-Uni, en invoquant la récession économique et la situation du marché. La Fédération de Russie a annoncé qu'au cours des prochaines années, en raison de la crise financière et d'une réduction escomptée de la consommation d'électricité, elle ne planifierait qu'un seul réacteur par an au lieu de deux. À la fin de 2009, l'examen de 5 des 28 réacteurs concernés par 18 demandes de licences combinées aux États-Unis a été suspendu à la demande des requérants. En Afrique du Sud, Eskom a prorogé de deux ans, jusqu'en 2018, le calendrier de construction de son prochain réacteur.

### **D.1.2. Perceptions du public**

55. Au cours des dernières années, l'attitude du public à l'égard de l'électronucléaire a évolué dans de nombreux pays. Ce dernier suscite une plus grande adhésion compte tenu des préoccupations liées au changement climatique et de l'absence de solutions de remplacement concrètes et à un coût raisonnable. Cette évolution est due en partie au bilan positif que la production d'énergie nucléaire a connu ces 20 dernières années et en partie au fait que l'énergie nucléaire est perçue comme pouvant apporter une précieuse contribution à la réduction du réchauffement de la planète. L'expérience positive en matière de déclassement et de gestion du combustible usé peut aussi avoir contribué à accroître la confiance du public. Dans d'autres États, toutefois, les inquiétudes du public concernant l'électronucléaire restent un obstacle majeur au développement ou au lancement de programmes nucléaires.

### **D.1.3. Gestion et stockage définitif du combustible usé et des déchets**

56. La plupart du combustible usé dans le monde est encore entreposé en piscine ou dans des installations prévues à cet effet. Toutefois, l'entreposage constitue une étape provisoire dans toutes les stratégies de gestion du combustible usé, et le stockage définitif du combustible usé ou des déchets de haute activité (DHA) issus du retraitement du combustible usé peut prendre des décennies. Les quantités de combustible usé continuent de s'accumuler et doivent être entreposées pour des périodes plus longues que celles initialement prévues (plus de 100 ans). En outre, les conceptions du combustible évoluent pour permettre des taux de combustion bien plus élevés que ceux initialement envisagés dans la base de conception de nombreux types d'entreposage. Par conséquent, de nombreux procédés physiques, chimiques et thermiques, entre autres, doivent être étudiés et testés pour assurer en permanence l'opérabilité, la fiabilité, la sûreté et la sécurité de l'installation d'entreposage et du combustible usé et, à terme, pour garantir la sûreté et la sécurité du transport du combustible usé de l'installation d'entreposage à l'installation de retraitement ou de stockage définitif.

57. Certains pays comme la Fédération de Russie, la France, l'Inde et le Japon ont des programmes en cours pour recycler le combustible usé. Toutefois, le stockage définitif étant nécessaire dans toutes les options concernant la partie terminale du cycle du combustible, tous les pays doivent avoir accès au stockage définitif. Il importe d'appuyer les options, initiatives et projets de stockage définitif. Il faut en particulier aider les primo-accédants à mettre au point des stratégies de gestion du combustible usé.

58. La technologie du déclassé est disponible et bien développée, et les risques radiologiques, les doses, le volume et le type de déchets, les calendriers et les coûts peuvent être tous considérablement optimisés si le déclassé est pris en compte à un stade précoce.

#### **D.1.4. Relations entre les réseaux électriques et la technologie des réacteurs**

59. Dix-sept des 31 pays qui envisagent ou planifient un programme électronucléaire ont des réseaux de moins de 5 GWe, trop petits, selon la règle des 10 %, pour y raccorder la plupart des types de réacteur existants sans améliorer les interconnexions des réseaux à l'échelle internationale. Les problèmes de réseau pourraient aussi limiter les options technologiques pour les autres pays dont les réseaux ont une capacité inférieure à 10 GWe.

### **D.2. Questions clés pour une utilisation à long terme**

60. La principale mise à jour dans ce chapitre concerne les estimations des ressources en uranium.

61. D'après les dernières estimations des ressources mondiales en uranium publiées par l'AEN et l'AIEA en 2010, les ressources classiques recensées sont de 6,3 millions de tonnes d'uranium (MtU). Une meilleure utilisation des ressources naturelles (allant jusqu'au doublement de l'énergie produite) peut être obtenue avec l'actuelle génération de réacteurs en réduisant la fraction d'uranium 235 dans les résidus des usines d'enrichissement, en réutilisant l'uranium et le plutonium extrait du combustible usé, en augmentant le taux de combustion et en modernisant les systèmes de la centrale (en installant par exemple des turbines plus efficaces).

## **E. Évolution de la technologie des réacteurs et du cycle du combustible<sup>9</sup>**

### **E.1. Évolution des réacteurs nucléaires et de la technologie associée**

#### **E.1.1. Réacteurs à eau ordinaire (REO)**

62. Dotée déjà d'un important parc nucléaire avec des réacteurs à eau sous pression (REP), des réacteurs de puissance refroidis et modérés par eau (VVER) et des réacteurs à eau lourde (REL) fournis par des vendeurs étrangers, la Chine y a ajouté des REP de moyenne puissance, de sa propre conception. De plus, la Compagnie nucléaire nationale chinoise (CNNC) a mis au point le réacteur évolutif CNP-1000, qui tient compte de l'expérience de la conception, de la construction et de l'exploitation des différentes centrales existant en Chine. Deux tranches CNP-1000 sont actuellement en service (Lingao-1 et 2) et plusieurs autres sont en construction ou à l'étude. La Corporation

---

<sup>9</sup> Les estimations figurant dans ce chapitre s'appuient sur les informations à la disposition du Secrétariat au moment de la rédaction du présent document, y compris sur celles provenant de sources accessibles au public et ne sont pas nécessairement exhaustives.

nationale de la technologie de l'énergie nucléaire (SNPTC), qui a été créée en mai 2007, est responsable de l'intégration de la technologie AP-1000 de Westinghouse dans la conception du modèle passif à grande échelle CAPI400 ainsi que d'autres modèles de réacteurs avancés, dont des réacteurs de faible ou moyenne puissance (RFMP) et un réacteur refroidi par eau supercritique.

63. Le niveau de puissance de 1600+ MWe du réacteur européen à eau sous pression (EPR) a été retenu pour réaliser des économies d'échelle par rapport à la dernière série de REP exploités en France (série N4) et en Allemagne (série Konvoi). Électricité de France (EDF) prévoit de démarrer la construction d'un EPR à Penly début 2012. Deux tranches EPR sont également en construction en Chine, à Taishan. L'EPR conçu par AREVA pour les États-Unis est actuellement examiné à des fins de certification de la conception aux États-Unis par la Commission de la réglementation nucléaire (NRC) et au Royaume-Uni par la Direction générale de la santé et de la sûreté (HSE) dans le cadre du processus de certification (GDA).

64. AREVA collabore également avec Mitsubishi Heavy Industries (MHI) au sein d'une société commune pour mettre au point le REP ATMEA-1 de 1100+ MWe, et avec plusieurs producteurs d'électricité européens pour mettre au point le REB de 1 250 MWe KERENA.

65. Au Japon, les réacteurs avancés à eau bouillante (RAEB) de forte puissance mis au point par General Electric, Hitachi et Toshiba permettent de tirer parti des bénéfices de la standardisation et de la construction en série<sup>10</sup>.

66. Toujours au Japon, MHI a mis au point le réacteur avancé à eau sous pression (RAEP+), qui est un modèle encore plus puissant que le REP avancé de forte puissance conçu par MHI et Westinghouse (Tsuruga-3 et 4). MHI a soumis à la NRC une demande de certification de la conception du modèle RAEP pour les États-Unis. Le modèle RAEP pour l'Europe est actuellement évalué pour déterminer s'il répond aux exigences des compagnies d'électricité européennes (EUR).

67. Pour produire de l'énergie durable grâce à un rapport de conversion élevé (égal ou supérieur à 1) des isotopes fertiles en isotopes fissiles, Hitachi met actuellement au point au Japon le surgénérateur à eau bouillante sous-moderé de forte puissance, et l'Agence japonaise de l'énergie atomique (JAEA) le réacteur à eau sous-moderé (RMWR) de forte puissance.

68. En République de Corée, les réacteurs nucléaires standard (KSNP), d'une puissance de 1 000 MWe, permettent de tirer parti des bénéfices de la standardisation et de la construction en série. Dix KSNP sont exploités commercialement. La Compagnie coréenne d'énergie hydroélectrique et nucléaire (KHNP) a mis à profit l'expérience qu'elle a accumulée pour mettre au point une version améliorée, le réacteur de puissance optimisé (OPR) de 1 000 MWe ; 4 tranches OPR sont en cours de construction (Shin-Kori-1 et 2 et Wolsong-1 et 2) et devraient être raccordées au réseau entre 2010 et 2012. Un réacteur de puissance avancé de 1 000 MWe, présentant une sûreté renforcée et des facteurs coûts améliorés, est à l'étude et devrait être prêt d'ici à 2012.

69. L'APR-1400 de la KHNP s'appuie sur l'expérience de la KSNP acquise par la centrale nucléaire coréenne standard, mais avec un niveau de puissance plus élevé pour réaliser des économies d'échelle. Les deux premiers APR-1400 sont en cours de construction à Shin-Kori-3 et 4, et la KHNP a obtenu un contrat pour la construction de 4 réacteurs de ce type aux Émirats arabes unis. Des activités sont actuellement menées en République de Corée pour mettre au point un réacteur de puissance avancé (APR+) d'environ 1 500 MWe en vue d'achever le modèle standard d'ici à 2012.

---

<sup>10</sup> Deux RAEB sont en construction à Taiwan (Chine).

70. En Fédération de Russie, des centrales VVER évolutives ont été mises au point sur la base des données d'expérience issues de l'exploitation de réacteurs VVER-1000. Des tranches VVER-1000 sont en cours de construction sur les sites de Kalinin et Volgodonsk et VVER-1200 à Novovoronezh-2 et Leningrad-2. Des VVER-1200 supplémentaires prévus pour 2020 dans les centrales de Novovoronezh, Leningrad, Volgodon, Kursk, Smolensk et Kola. Un réacteur évolutif VVER-1000 sera construit à Belene (Bulgarie) et sera doté de certaines des caractéristiques de la base de conception de l'AES-2006. Deux VVER-1000 évolutifs ont été connectés au réseau à Tianwan (Chine), et la construction d'autres réacteurs de ce type est en cours en Inde.

71. Aux États-Unis, des modèles de réacteur de forte puissance, le RAEP 80+ de Combustion Engineering System et le RAEB de General Electric, ont été agréés en 1997. Le modèle AP-600, réacteur de moyenne puissance de Westinghouse doté de systèmes de sûreté passive, a été agréé en 1999. Westinghouse a mis au point l'AP-1000 en appliquant la technologie de sûreté passive conçue pour l'AP-600 en vue de réduire les coûts d'investissement grâce à des économies d'échelle. Un amendement de la certification de la conception de l'AP-1000 par la NRC en 2006 est à l'examen.

72. General Electric met au point actuellement le réacteur à eau bouillante simplifié économique (ESBWR) de forte puissance qui permet des économies d'échelle et utilise une technologie modulaire de sûreté passive. Ce réacteur est actuellement examiné par la NRC pour certification de la conception.

73. Un prototype ou une centrale de démonstration sera très probablement nécessaire pour les réacteurs refroidis par eau supercritique, dont la conception a été retenue par le Forum international Génération IV (GIF). Dans un système supercritique, le réacteur fonctionne au-delà du point critique de l'eau (22,4 MPa et 374 °C), obtenant une plus grande efficacité thermique que les REO et REL actuels. On prévoit d'atteindre une efficacité thermique de 40 à 45 % avec une conception simplifiée. Le modèle de réacteur à eau supercritique thermodynamique de forte puissance, mis au point par Toshiba, Hitachi et l'Université de Tokyo en est un exemple. La Commission européenne appuie le projet de réacteur à eau ordinaire à haute performance (HPLWR) visant à concevoir un REO supercritique thermodynamique. Des activités sur les concepts supercritique et thermodynamique sont également menées dans des universités, centres de recherche et organismes d'étude en Allemagne, au Canada, en Chine, aux États-Unis, en Fédération de Russie, en Inde, au Japon, en République de Corée et en Ukraine.

### **E.1.2. Réacteurs à eau lourde (REL)**

74. Des modèles de REL avancés sont aussi mis au point dans un certain nombre de pays. Au Canada, L'Énergie atomique du Canada limitée (EACL) travaille actuellement sur le modèle CANDU 6 amélioré (EC6) basé sur la dernière tranche CANDU 6 construite à Qinshan (Chine), qui a été mise aux normes les plus récentes et prend en compte les dernières prescriptions réglementaires. EACL met aussi au point le réacteur CANDU, modèle avancé de forte puissance, l'ACR-1000, qui utilise de l'uranium faiblement enrichi et un caloporteur à eau ordinaire et intègre les améliorations apportées par la recherche-développement des dernières décennies. En outre, dans le cadre de l'initiative du GIF, EACL met actuellement au point un modèle de réacteur à tubes de force innovant doté d'un modérateur à eau lourde et d'un caloporteur à eau supercritique.

75. En Inde, la conception du REL a évolué depuis les projets Rajasthan-1 et 2. Des travaux de recherche sont également en cours sur les modèles de réacteurs à tubes de force modérés par eau lourde et refroidis par eau supercritique thermodynamique.

### **E.1.3. Réacteurs refroidis par gaz**

76. La Chine prévoit la construction à Shidaowan d'un réacteur modulaire à lit de boulets à haute température refroidi par gaz (HTR-PM) de 250 MWe avec cycle indirect (turbine à vapeur). En Afrique du Sud, la conception du réacteur modulaire à lit de boulets (PBMR) de démonstration de 165 MWe a été modifiée pour intégrer le concept de turbine à vapeur pouvant produire de l'électricité ou être utilisée à des fins de traitement. Ce changement a retardé le projet de PBMR, dont l'avenir fait actuellement l'objet de discussions approfondies en Afrique du Sud.

### **E.1.4. Réacteurs à neutrons rapides**

77. L'utilisation des ressources est un facteur important pour la viabilité à long terme du nucléaire. Les réacteurs à spectre rapide avec recyclage du combustible améliorent considérablement les indices de durabilité. Ainsi, le développement de la technologie et de la recherche concernant les réacteurs à neutrons rapides et leur cycle du combustible figure de nouveau dans les priorités des organismes de recherche et industriels et des universités de nombreux pays.

78. Les grands objectifs à court et à long terme dans la mise au point de réacteurs à neutrons rapides sont notamment : la mise en service prévue du réacteur rapide expérimental chinois (CEFR), qui a divergé pour la première fois en juillet 2010 ; le redémarrage du prototype industriel Monju au Japon en mai 2010 ; la mise en service prévue de réacteurs de puissance à neutrons rapides en Fédération de Russie et en Inde entre 2011 et 2013 (BN-800 et prototype de surgénérateur à neutrons rapides, respectivement) ; la construction prévue du prototype français de réacteurs à neutrons rapides ASTRID aux environs de 2020 ; et d'autres projets de démonstration de réacteurs avancés et de construction de réacteurs commerciaux prévus pour 2020-2050 en Fédération de Russie, en Inde, au Japon et en République de Corée.

79. La Chine est sur le point d'atteindre la première étape essentielle dans la mise au point de la technologie des réacteurs à neutrons rapides avec la mise en service prochaine du CEFR de 65 MWth, qui a divergé pour la première fois en juillet 2010. L'étude de conception du réacteur de démonstration à neutrons rapides chinois (CDFR) de 600–900 MWe est en cours. Le prochain modèle, à l'étude, qui aboutira à l'utilisation commerciale de la technologie des réacteurs à neutrons rapides aux environs de 2030 est le surgénérateur à neutrons rapides de démonstration chinois (CDFBR) de 1 000–1 500 MWe. D'ici à 2050, la Chine prévoit d'accroître sa capacité nucléaire jusqu'à 240-250 GWe, qui sera principalement produite par des réacteurs surgénérateurs à neutrons rapides.

80. En France, les activités de mise au point de la technologie des réacteurs à neutrons rapides sont encadrées par deux lois, à savoir la loi du 13 juillet 2005 fixant les orientations de la politique énergétique et la loi du 28 juin 2006 énonçant des politiques de gestion durable des déchets nucléaires et demandant des activités de R-D sur les réacteurs nucléaires innovants afin de disposer, en 2012, d'une évaluation des perspectives industrielles de ces filières et de mettre en exploitation un prototype de réacteur avant le 31 décembre 2020 (cette technologie devant passer au stade industriel en 2040-2050). Pour respecter les dispositions énoncées dans ces lois, le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) et ses partenaires industriels (EDF et AREVA) mènent actuellement un programme ambitieux de développement de la recherche et de la technologie afin de concevoir et de mettre en place le prototype ASTRID, réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium de 300–600 MWe.

81. Dans le cadre de projets menés par Euratom, le CEA réalise également des études de conception pour un prototype de réacteur expérimental de 50–80 MWth appelé ALLEGRO.

82. En Inde, le prototype de surgénérateur à neutrons rapides de 500 MWe installé à Kalpakkam, mis au point par le Centre de recherche atomique Indira Gandhi (IGCAR) et construit par BHAVINI, devrait diverger pour la première fois en 2011. La prochaine étape prévoit la construction et l'exploitation commerciale, d'ici à 2023, de six autres réacteurs de ce type utilisant du combustible à mélange d'oxydes d'uranium et de plutonium (une unité jumelle à Kalpakkam et quatre réacteurs de 500 MWe sur un nouveau site qui reste à déterminer). La mise au point de ces six surgénérateurs intégrera les améliorations progressives du modèle initial de Kalpakkam. Au-delà de 2020, la stratégie nationale indienne vise les réacteurs de capacité de ~1 000 MWe à gain de surgénération élevé ainsi que l'établissement sur un même site de parcs énergétiques à plusieurs unités assortis d'installations du cycle du combustible s'appuyant sur la technologie du retraitement pyrochimique.

83. Au Japon, le Ministère de l'éducation, de la culture, des sports, des sciences et de la technologie (MEXT) a défini la politique de recherche-développement sur la technologie des surgénérateurs à neutrons rapides en s'appuyant sur le ' plan de base pour les sciences et la technologie' 2006-2011, dans lequel le Conseil pour la politique scientifique et technologique, rattaché au cabinet du Premier ministre japonais, a présenté la technologie des surgénérateurs à neutrons rapides comme l'une des technologies clés revêtant une importance nationale.

84. Le Japon a annoncé le redémarrage du prototype de réacteur à neutrons rapides Monju en mai 2010, et les travaux ont commencé sur le site où le chantier avait été interrompu pendant quinze ans suite à un incendie en 1995. Ce réacteur devrait être pleinement opérationnel d'ici à 2013. Les activités de conception et de mise en place d'un réacteur à neutrons rapides japonais devraient aboutir à l'introduction d'un réacteur à neutrons rapides de démonstration aux environs de 2025 et à l'exploitation commerciale de la technologie des surgénérateurs aux environs de 2050. Ces objectifs seront atteints grâce à l'expérience d'exploitation qui sera acquise avec le prototype de réacteurs à neutrons rapides Monju et aux résultats du projet de développement de la technologie d'un cycle pour réacteurs à neutrons rapides (FaCT, lancé en 2006), qui développera des technologies innovantes visant la compétitivité économique, un haut degré de fiabilité et la sûreté de la prochaine génération de réacteurs surgénérateurs à neutrons rapides.

85. Les activités de la République de Corée concernant la mise au point de réacteurs à neutrons rapides sont actuellement menées dans le cadre du GIF. À l'heure actuelle, les activités de R-D sont axées sur la conception du cœur, les systèmes de caloportage et les structures physiques. Les travaux de R-D portent en particulier sur une expérience relative au système passif d'évacuation de la chaleur résiduelle, les systèmes du cycle de Brayton au CO<sub>2</sub> supercritique, un essai sur les interactions Na-CO<sub>2</sub> et la technologie du sodium. Un travail d'études est actuellement consacré aux concepts innovants de réacteurs à neutrons rapides refroidis au sodium et du cycle du combustible. La République de Corée prévoit actuellement de développer et de mettre en place un réacteur à neutrons rapides de démonstration d'ici à 2025-2028.

86. Le programme fédéral cible russe sur la technologie électronucléaire pour une nouvelle génération pendant la période 2010-2020 vise à renforcer la sûreté de l'énergie nucléaire et à résoudre les questions relatives au combustible usé. La Russie a établi un plan à moyen terme faisant porter les efforts sur la technologie des réacteurs à neutrons rapides mais pas sur la construction de nouveaux réacteurs à eau ordinaire. Les réacteurs à eau ordinaire existants continueront à fonctionner et leur combustible usé sera utilisé pour alimenter la prochaine génération de réacteurs à neutrons rapides. Le programme russe sur les réacteurs à neutrons rapides s'appuie sur une grande expérience d'exploitation des réacteurs expérimentaux et industriels de la filière neutrons rapides refroidis au sodium. La Russie a également acquis de l'expérience dans la technologie des réacteurs à neutrons rapides refroidis par métaux lourds liquides (plomb et mélange eutectique de plomb et de bismuth). Elle est en train de construire un BN-800 refroidi au sodium et utilisant du combustible à mélange d'oxydes d'uranium et de plutonium, qui devrait être mis en service d'ici à 2013. Le programme de

développement de réacteurs à neutrons rapides prévoit la prolongation de la durée de vie du réacteur expérimental BOR-60 et du réacteur industriel BN-600, ainsi que la mise au point du nouveau réacteur expérimental MBIR, réacteur de 100 MWth/50 MWe refroidi au sodium et utilisant du combustible à mélange d'oxydes d'uranium et de plutonium (ou de nitrure d'uranium et de plutonium), qui devrait remplacer le BOR-60. Dans le cadre de ce programme, les technologies des réacteurs à neutrons rapides utilisant des caloporteurs comme le sodium, le plomb et l'alliage eutectique de plomb et de bismuth (respectivement SFR, BREST-OD-300 et SVBR-100) seront développées simultanément, parallèlement aux cycles du combustible correspondants. La conception du réacteur à neutrons rapides avancé refroidi au sodium BN-K est également en cours pour exploitation commerciale.

87. L'approche programmatique suivie auparavant par les États-Unis était axée sur l'amélioration progressive des technologies existantes pour permettre l'installation à court terme (~20 ans) de réacteurs à neutrons rapides. Elle était motivée par la nécessité de mieux utiliser le site de Yucca Mountain. Les enjeux de cette approche, et les choix correspondants de technologies et systèmes intégrés, étaient déterminés par les caractéristiques du site de Yucca Mountain et l'échelle de temps du projet (en d'autres termes par la coordination avec la stratégie/les plans nationaux de stockage définitif en formation géologique). Une conséquence notable de cette approche « industrielle » a été le très faible niveau d'investissement pour la recherche et le développement de la technologie et pour une vraie innovation dans les outils nécessaires à une meilleure compréhension des principes fondamentaux.

88. L'approche programmatique suivie actuellement par les États-Unis est axée sur la mise sur pied à long terme de technologies du cycle du combustible, l'étude préliminaire d'une large gamme d'options et l'utilisation des outils et méthodes scientifiques modernes conçus pour résoudre les problèmes et développer des technologies plus performantes.

89. Un objectif majeur du programme des États-Unis est de mettre au point une stratégie intégrée de gestion des déchets. Ces travaux sont axés sur les capacités de prédiction afin de comprendre le comportement du dépôt. Un autre axe de recherche majeur est les technologies de séparation du combustible usé. La mise au point d'expériences à petite échelle, l'élaboration de théories et la modélisation et simulation aux fins d'une compréhension fondamentale permettent d'étudier actuellement des options innovantes à long terme. Ces travaux ont pour objectif de réduire les déchets. Le renforcement de la protection et du contrôle des matières est un autre objectif clé du programme des États-Unis sur les réacteurs à neutrons rapides. Dans ce domaine, les travaux sont axés sur la mise au point de techniques avancées permettant une gestion des matières nucléaires en temps réel à l'aide d'un inventaire continu (y compris pour les installations industrielles à haut rendement).

90. Les activités de recherche-développement prévoient la mise au point du réacteur de recyclage avancé pour la fermeture du cycle du combustible ainsi que du réacteur à neutrons rapides nécessaire pour les futurs systèmes de transmutation/d'utilisation des éléments transuraniens. À court terme, l'accent est mis sur la technologie du caloporteur sodium. Pour les activités futures de mise en place de la technologie des réacteurs à neutrons rapides, le programme des États-Unis est axé sur deux grands domaines de recherche : la réduction des dépenses d'investissement et l'assurance de la sûreté (notamment la haute fiabilité des systèmes).

## **E.2. Cycle du combustible nucléaire et progrès technologiques associés**

91. Les nouvelles technologies de retraitement du combustible usé par procédé aqueux et non aqueux sont actuellement étudiées pour les REO ; elles permettraient de réduire considérablement la production de déchets. En vue de tester et d'optimiser les technologies à l'étude, on s'occupe actuellement de créer des installations industrielles de démonstration à l'échelle pilote.

92. Pour le stockage définitif de DHA, des études sont en cours pour trouver des sites et des barrières artificielles adaptés et pour réaliser des évaluations de la sûreté et appliquer la technologie d'enrobage et de stockage définitif.

## **F. Coopération concernant l'expansion de l'énergie nucléaire et le développement technologique**

93. Le Forum international Génération IV (GIF) compte aujourd'hui 13 membres<sup>11</sup>. Il vise à mettre au point des systèmes d'énergie nucléaire de nouvelle génération qui présentent des avantages sur les plans de l'économie, de la sûreté, de la fiabilité et de la durabilité et qui pourraient entrer en service commercial d'ici à 2030.

94. Fin 2009, le Projet international de l'Agence sur les réacteurs nucléaires et les cycles du combustible nucléaire innovants (INPRO) comptait 31 membres<sup>12</sup>. Son programme de travail tient compte des intérêts de ses membres, qui apportent des contributions en nature ou des ressources extrabudgétaires. Les résultats de l'INPRO sont à la disposition de tous les États Membres de l'Agence. Dans le cadre de ce projet, des activités sont menées dans les domaines ci-après, essentiellement sous la forme de projets de collaboration INPRO, dans lesquels les membres coopèrent sur des questions d'actualité spécifiques :

- a) Stratégies à long terme pour les systèmes d'énergie nucléaire à l'aide de la méthodologie INPRO, par exemple pour les évaluations des systèmes d'énergie nucléaire (NESA) ;
- b) Analyse et élaboration au niveau mondial de visions, scénarios et pistes de développement nucléaire durable au XXI<sup>e</sup> siècle en faisant appel à la modélisation du système mondial d'énergie nucléaire.
- c) Innovations en matière de technologie nucléaire et d'arrangements institutionnels qui pourraient être nécessaires pour introduire des innovations technologiques ; et
- d) Forum de dialogue sur les innovations concernant l'énergie nucléaire, reliant les détenteurs et les utilisateurs de technologie nucléaire.

95. L'INPRO et le GIF coordonnent leurs activités dans le cadre d'un plan d'action commun conçu initialement en février 2008 et mis à jour dernièrement à la quatrième réunion de coordination GIF et INPRO, en mars 2010. Il comprend maintenant des accords visant la coordination dans les domaines suivants : échange d'informations générales, synergies dans les méthodes d'évaluation (mettant l'accent sur la résistance à la prolifération), coopération dans des études thématiques et dialogue général entre les détenteurs et les utilisateurs de technologie nucléaire. L'INPRO et le GIF ont organisé conjointement à Vienne, en juin 2010, un atelier sur les aspects relatifs à l'exploitation et à la sûreté des réacteurs à neutrons rapides refroidis au sodium.

---

<sup>11</sup> Afrique du Sud, Argentine, Brésil, Canada, Chine, États-Unis d'Amérique, Fédération de Russie, France, Japon, République de Corée, Royaume-Uni, Suisse et Euratom.

<sup>12</sup> Les membres de l'INPRO sont les suivants : Afrique du Sud, Algérie, Allemagne, Argentine, Arménie, Bélarus, Belgique, Brésil, Bulgarie, Canada, Chili, Chine, Espagne, États-Unis d'Amérique, Fédération de Russie, France, Inde, Indonésie, Italie, Japon, Kazakhstan, Maroc, Pakistan, Pays-Bas, République de Corée, République tchèque, Slovaquie, Suisse, Turquie, Ukraine et Commission européenne. Dix autres pays ont le statut d'observateur car ils envisagent d'adhérer au projet ou y participent au niveau opérationnel.

96. Le cadre international pour la coopération en matière d'énergie nucléaire (IFNEC) a été lancé initialement par les États-Unis en 2006 en tant que Partenariat mondial pour l'énergie nucléaire (GNEP). Il a été rebaptisé en juin 2010 et compte maintenant 26 pays participants et 30 pays observateurs<sup>13</sup> ainsi que 3 organisations internationales ayant le statut d'observateurs, dont l'Agence. L'IFNEC comprend actuellement deux groupes de travail, l'un sur le développement des infrastructures et l'autre sur la fiabilité des services liés au combustible nucléaire. Le Groupe de travail sur le développement des infrastructures organise des ateliers biennaux sur des sujets intéressant les primo-accédants comme la mise en valeur des ressources humaines, la gestion des déchets et le financement. Le groupe de travail sur la fiabilité des services liés au combustible nucléaire promeut l'élaboration d'arrangements techniques et institutionnels sur lesquels les exploitants de centrales nucléaires pourraient s'appuyer pour fournir du combustible nucléaire pendant toute la durée de vie du réacteur. Les groupes de travail sont supervisés par un comité directeur et un comité exécutif au niveau ministériel.

97. En mai 2008, la Fédération de Russie et le Kazakhstan ont créé le Centre international d'enrichissement d'uranium (CIEU) en Sibérie orientale. L'Ukraine et l'Arménie participent également au Centre. Le CIEU s'inscrit dans le cadre de la proposition faite en 2006 par le président Vladimir Poutine de créer « un système de centres internationaux fournissant des services du cycle du combustible nucléaire, y compris l'enrichissement, sur une base non discriminatoire et sous le contrôle de l'AIEA ». Des discussions sont également en cours entre la Fédération de Russie et le Kazakhstan pour construire en commun une autre usine d'enrichissement à Angarsk.

98. En novembre 2009, le Conseil des gouverneurs a autorisé le Directeur général de l'Agence à signer un accord avec la Fédération de Russie pour constituer une réserve internationale de 120 tonnes d'UFE en cas de rupture d'approvisionnement des centrales nucléaires non liée à des considérations techniques ou commerciales. Le Directeur général serait le seul à pouvoir approuver le prélèvement d'UFE de cette réserve, conformément aux critères établis dans l'accord avec la Fédération de Russie. Celle-ci serait tenue de délivrer toutes les autorisations et les licences nécessaires à l'exportation de l'UFE, et le pays recevant l'UFE le paierait par avance à l'Agence au prix du marché.

99. Dans le domaine de la sûreté, on a commencé à améliorer l'efficacité du processus de réglementation dans le cadre d'un projet visant à accroître la coopération et à renforcer la convergence des prescriptions et des pratiques au titre du Programme multinational d'évaluation des conceptions (MDEP)<sup>14</sup>. Ce programme a permis d'élaborer un processus permettant d'identifier les positions communes sur certaines questions en rapport avec les nouveaux modèles de réacteurs entre les organismes de réglementation qui procèdent à l'examen des modèles de nouvelles centrales nucléaires. À de nombreux égards, on note d'ores et déjà un niveau important d'harmonisation générale avec les normes de sûreté de l'Agence : une plus grande harmonisation sera facilitée en s'appuyant sur ces documents acceptés au niveau international. Un groupe d'experts du MDEP a noté que, parmi les considérations nationales, on relève un niveau général de prescriptions de conception conforme aux prescriptions de sûreté de l'Agence dans l'application d'une approche déterministe, comme la défense en profondeur, les critères de défaillance unique et les marges de sûreté. De même, il y a des similitudes dans l'application des méthodes probabilistes pour compléter l'approche déterministe. Le MDEP a pour objectif de s'appuyer sur les similitudes qui existent entre les codes et normes de

---

<sup>13</sup> Les pays participants de l'IFNEC sont l'Arménie, l'Australie, la Bulgarie, le Canada, la Chine, l'Estonie, les États-Unis d'Amérique, la Fédération de Russie, la France, le Ghana, la Hongrie, l'Italie, le Japon, la Jordanie, le Kazakhstan, le Koweït, la Lituanie, le Maroc, Oman, la Pologne, la République de Corée, la Roumanie, le Royaume-Uni, le Sénégal, la Slovénie et l'Ukraine.

<sup>14</sup> Les membres actuels du MDEP sont l'Afrique du Sud, le Canada, la Chine, les États-Unis d'Amérique, la Fédération de Russie, la Finlande, la France, le Japon, la République de Corée et le Royaume-Uni.

l'Agence et d'autres entités, comme la Société américaine des ingénieurs en mécanique, le RCC-M (Règles de conception et de construction des matériels mécaniques des îlots nucléaires, France) et le KEPIC (code du secteur de l'électricité coréen). Les progrès déjà réalisés dans certains domaines montrent qu'un niveau de coopération et de convergence plus étendu est possible et souhaitable tout en permettant aux organismes de réglementation nationaux de prendre des décisions souveraines en matière d'autorisation et de réglementation.