CONVENTION SFEN 2012

Le nucléaire un an après Fukushima

Présentation

■ Michel DEBES, *Président du Comité de Programme de la Convention*

La catastrophe survenue le 11 mars 2011 sur la côte est du Japon, due à un séisme majeur suivi d'un tsunami dévastateur, a été un traumatisme dramatique pour ce pays. Au-delà des nombreuses victimes et des conséquences directes de cet événement, l'impact sur les tranches nucléaires de Fukushima, dont l'ampleur a excédé les bases de dimensionnement des installations, a conduit à des rejets radioactifs nécessitant des mesures de protection importantes des populations et de l'environnement. La sûreté des réacteurs partout dans le monde a été soumise à questionnement, en particulier en France et en Europe.

De nombreuses informations ont déjà été fournies et des débats ont eu lieu dès les premières semaines de l'accident. Des vérifications et évaluations complémentaires de sûreté ont été engagées et des mesures ont été prises ou sont en cours pour prendre en compte ce retour d'expérience et renforcer, là où c'est nécessaire, la défense en profondeur et la sûreté des installations nucléaires ainsi que les organisations et moyens de crise vis-à-vis de situations extrêmes.

Le but de ces deux journées de la convention SFEN 2012 (8 et 9 mars), un an après cet accident, a été de rassembler les informations objectives et synthèses disponibles pour en présenter un bilan aussi complet que possible, en tenant compte des résultats des réflexions et études engagées. Après une introduction de Luc Oursel, Président de la SFEN, et une intervention du Premier ministre François Fillon sur l'importance de l'énergie nucléaire pour la France, la première journée a permis de présenter les grandes lignes d'action qui contribueront à accroître la sûreté des tranches nucléaires, en tenant compte des enseignements tirés de l'événement. La deuxième journée a cherché à porter un regard sur la situation du nucléaire mondial dont le développement ralenti dans certains pays se poursuit néanmoins au plan mondial, et à évoquer les aspects et conséquences économiques et sur les systèmes de production et réseaux d'électricité. Elle a aussi permis de couvrir les impacts possibles sur les bilans énergétiques et corrélativement les rejets de GES. La Jeune Génération a été sollicitée pour exprimer sa vision et les impacts sociologiques ont été évoqués. Cette journée s'est achevée par une table ronde concernant la question de l'acceptation publique et par une conclusion de Dominique Minière, Vice Président de la SFEN sur la ré-interrogation du nucléaire après Fukushima.

En introduction de cette convention 2012, le Président de la SFEN, Luc Oursel, a souligné le rôle et l'importance d'une société savante comme la SFEN (voir son discours d'ouverture dans le présent dossier).

La matinée a été marquée par une intervention du Premier ministre François Fillon qui a exprimé l'importance de l'énergie nucléaire en France et la priorité qui doit être donnée à la sûreté (discours publié dans le n° précédent de la RGN – RGN2/2012).

La première journée a été consacrée pour l'essentiel à la sûreté et au retour d'expérience de Fukushima, avec en premier lieu une présentation de l'état du site et des actions de remédiation engagées.

- "Status of Onsite/Offsite Remedial Actions, Key Lessons Learned"

Le Dr. Akira Omoto, Professeur à l'Université de Tokyo et membre de la Japan Atomic Energy Commission, a présenté l'état des tranches et du site accidenté, les conséquences hors site, les actions engagées pour maîtriser les impacts dans l'environnement (remédiation, contrôle de la nourriture), ainsi que les leçons tirées et les perspectives.

Etat des tranches et du site :

Après la phase de stabilisation, l'objectif est d'assurer un refroidissement en contrôlant l'inventaire en eau pour éviter des débordements (construction de murs pour isoler les tranches de l'environnement...). Des investigations sont menées (endoscopes, calculs...) pour évaluer l'état des réacteurs.

Conséquences hors site :

- **Les rejets à l'atmosphère** (0,3 à 0,6 10E18 Bq éq I-131) sont estimés à un ordre de grandeur inférieur à ceux de Tchernobyl. Les rejets dans la mer sont 2 ordres de grandeur inférieurs aux rejets atmosphériques. La contamination se situe principalement en direction NO sur 20 à 40 km et différentes zones sont définies selon leur degré de contamination :

- inférieur à 20 mSv/an : une levée d'évacuation est envisagée (décontamination et reconstruction) ;
- entre 20 et 50 mSv/an : à décontaminer avant retour ;

- supérieur à 50 mSv/an : retour difficilement envisageable dans les 5 ans.

- **Les doses reçues par la population** évacuée sont restées faibles (pour plus de la moitié moins de 1 mSv, à 99,7 % moins de 14 mSv, avec un maximum à 23 mSv). La dose reçue par ingestion serait de l'ordre de 0,1 mSv/an. On ne s'attend pas à de sérieuses conséquences sanitaires sur la population.

- **La stratégie de réappropriation du site** contaminé affichée par le gouvernement japonais a pour objectif volontariste de permettre à la population de se réinstaller sous deux ans sur plus de 90 % de la zone d'exclusion actuelle. Le seuil pour lever la restriction après décontamination est fixé à 1 mSv/an. Seule restera une bande de terre s'étendant vers le nord-ouest (d'environ 210 km² de superficie) pour laquelle il sera difficile de descendre avant 5 ans en-dessous de 20 mSv/an.

Principales leçons :

En matière de conception, il faut traiter les incertitudes autour des phénomènes naturels et les effets falaise évènements, la capacité à résister aux risques de station black out et de perte de la source froide, et tout faire pour éviter les contaminations de territoire, qui ont des impacts sociaux bien au-delà des effets radiologiques.

La protection contre le risque de tsunami a été évaluée selon les guides en vigueur (2002 - Japanese Society of Civil Engineers) en prenant en compte les tsunamis et séismes historiques, les failles actives au voisinage des côtes et les séismes lointains. Des modifications ont été apportées en 2002 sur la base de ces guides. Les examens faits par

TEPCO montrent que les installations n'ont pas souffert des effets du séisme mais toutes les sources externes ont été perdues (défauts de disjoncteurs, câbles, pylônes...).

Les leçons à tirer concernent les règles de sûreté en matière de conception : séisme, inondation, équipements mobiles, sources alternatives de refroidissement, possibilité de dépressurisation, protection du confinement (refroidissement, hydrogène, dépressurisation et filtration...), instrumentation en situation accidentelle, "accident management guideline". Elles portent aussi sur la culture de sûreté, la gestion du risque et l'organisation de crise, l'organisation et la compétence des organismes de sûreté.

Les perspectives :

Au-delà, les questions portent sur le devenir de l'énergie nucléaire au Japon, sur la stratégie du cycle du combustible et de gestion des combustibles usés, le système de régulation des risques, l'éducation à l'énergie nucléaire, la culture de prévention, et la mise en œuvre d'un système de prise de décision responsable et averti.

Après cet état des lieux, les industriels concernés, EDF et AREVA, ont présenté leur programme d'action engagé sur la base du cahier des charges de l'ASN, ainsi que l'analyse faite pour le réacteur EPR en construction à Flamanville :

- **"Les principales dispositions matérielles et organisationnelles prévues par EDF dans le cadre du retour d'expérience de l'accident de Fukushima"**, par Dominique Minière, Directeur de la Division Production Nucléaire, EDF et Jean-Marc Miraucourt, Directeur Ingénierie du parc en exploitation, EDF : voir article dans le présent dossier.

Announcement by the Nuclear Emergency Response Headquarters to change zoning (26December2011) after achieving Step II goal at Fukushima NPP

1. To prepare lifting "evacuation" order for areas <20mSv/a by March 2012: **Green** and **Blue** zone within 20km radius (decontamination and rebuilding infrastructure)
2. Continued off-limit for areas between above 20 but below 50 mSv/a: **Yellow** area, but shift to the above 1 after decontamination (decontamination)
2. Designate "areas difficult to return": above 50mSv/a, applicable for 5 years: **Brown** and **Red** (consultation for relocation etc)

Predicted annual dose (as of 2011Nov5)

[SOURCE] http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/111226_01a.pdf

Fig. 1 – New Zoning after April 2012

- **“ECS des installations du cycle”**, par Philippe Knoche, Directeur Général Délégué, Membre du Directoire d'AREVA : voir article dans le présent dossier.

- **“La Sûreté de l'EPR”**, par Bertrand de l'Épinois - Directeur Normes de Sûreté d'AREVA, et Jean-Luc Foret - Directeur adjoint du CNEN- Division Ingénierie nucléaire d'EDF : voir article dans le présent dossier.

- **“La responsabilité collective des exploitants : l'action de WANO”** face à ce type d'évènement a été présentée par Laurent Stricker, Président de WANO : voir article dans le présent dossier.

- Après les présentations des exploitants et WANO, l'Autorité de Sûreté Nucléaire et son appui technique l'IRSN, ont présenté les conclusions de l'ASN sur les ECS et les dispositions de sûreté à renforcer : voir article **“ECS, les conclusions de l'ASN : vers un renforcement des dispositions de sûreté”** dans le présent dossier, par Sophie Murlon - Directrice Générale Adjointe de l'ASN, Caroline Lavarenne - Adjointe au Chef du Service des Systèmes et des Risques, IRSN, Karine Herviou - Responsable de la Cellule Nouveaux Réacteurs, Chef de projet EPR, IRSN.

- Enfin, Bernard Bigot, Administrateur général du CEA, a présenté **les perspectives d'avenir pour l'énergie nucléaire** ainsi que sa vision des enseignements pour la recherche. Voir article **“Le nucléaire : une énergie d'avenir”** dans le présent dossier.

- **La table ronde clôturant cette première journée sur le thème de la sûreté nucléaire après Fukushima**, a été animée par Nicolas Ferrandon - Directeur Associé du Cabinet Arjuna, avec la participation de Philippe Jamet - Commissaire ASN, Laurent Stricker - Président de WANO, Christophe Béhar - Directeur de l'Energie Nucléaire du CEA, Jean-Marc Miraucourt - Directeur de l'Ingénierie pour le Parc en exploitation d'EDF, et Jean Van Vyve - Directeur Assets et Projets nucléaires Electrabel/GDF-Suez.

Elle a permis d'éclairer les fondements de la démarche de retour d'expérience et de progrès engagée après l'accident de Fukushima en France pour renforcer la sûreté des installations, au-delà même des hypothèses retenues jusqu'à présent, et les lignes de défense complémentaires mise en place.

• **Jean-Marc Miraucourt (EDF)** a souligné 4 idées fortes :

(1) le nucléaire ne doit pas conduire à des rejets massifs de radioactivité ;

(2) il faut tirer les bons enseignements de Fukushima : l'évènement qui s'est produit, de probabilité de 10^{-2} à 10^{-3} , a été sous-estimé et relevait du référentiel de sûreté à prendre en compte ;

(3) il faut porter l'effort sur les marges et sur les mesures de “résilience” en cas d'accident ;

(4) et renforcer la mitigation vis-à-vis des agressions externes (diesels, sources froides...).

En matière de sûreté, la base est bien d'avoir un référentiel de sûreté robuste et cohérent et des installations conformes à ce référentiel. A partir de là des progrès sont

possibles. Par exemple, à l'occasion de l'incident du Blayais, la crue millénaire majorée a été extrapolée à l'ensemble du parc. Il faut, à l'occasion des visites décennales, s'interroger sur la conception et la protection. Fukushima impose d'aller encore au-delà en examinant les marges (par exemple, une crue millénaire majorée de + 30 %, la résistance à 1,5 Séisme Majoré de Sécurité) ou l'examen des mesures à prendre sur l'ensemble des réacteurs sur un même site.

Le “noyau dur” est un ensemble réduit d'équipements pour apporter une assurance supplémentaire qu'il n'y aura pas de rejets importants même dans des situations plus extrêmes, au-delà de ce qui était considéré jusqu'à présent. De même la FARN apporte une “résilience” pour faire face à des situations extrêmes sur un site. Il s'agit d'une couche supplémentaire de sûreté, avec un objectif ciblé, qui constitue une marche supplémentaire de progrès en matière de sûreté.

En matière de gestion de crise, la dimension communication est très importante. Mais les responsabilités sont très nettes : l'exploitant doit assurer la sûreté de ses installations et fournir toutes les informations nécessaires aux pouvoirs publics. Il ne faut pas y déroger. On teste les articulations et la communication mais il faut absolument sanctuariser l'exploitant lors de la gestion de crise.

• **Jean Van Vyve (GDF-Suez)** a souligné aussi l'importance de l'amélioration continue de la sûreté des réacteurs avec les visites périodiques de sûreté décennales.

Fukushima oblige à un approfondissement et à se centrer sur l'essentiel : bien refroidir le combustible ; augmenter les capacités de refroidissement, reconsidérer des équipements de sauvegarde d'ultime repli. Il faut des systèmes d'ultime repli et aussi se prémunir aussi vis-à-vis des agressions externes (avions, nappes dérivantes, gaz toxiques...). Il faut donc se doter de marges importantes : à Tihange, l'effet d'une crue plus importante (ou crue millénaire majorée) a été analysé, car le régime hydraulique de la Meuse peut évoluer sur la durée de vie d'un réacteur, l'environnement ayant été modifié (moins de fermes...) ; de même à Doel les activités pétrochimiques ont modifié l'environnement. Sur l'approche générale de sûreté, il faut souligner l'importance de la diversité par rapport à la redondance. Il ne faut pas seulement multiplier les matériels mais faire appel à différentes technologies pour éviter les risques de mode commun. Sur l'organisation de la gestion de crise, il faut revoir nos organisations et nos moyens face à de telles situations extrêmes.

• **Philippe Jamet (ASN)** a souligné que la sûreté n'est pas seulement se conformer à un niveau fixé mais, s'agissant d'objets construits pour durer, elle doit aussi s'inscrire dans une démarche de progrès.

Le fait de construire un EPR ne signifie pas que le palier 900 est obsolète. La base est d'avoir un bon référentiel, en conformité avec les standards de l'AIEA et de Wenra, qui servent de lien pour la comparaison des référentiels entre les pays, mais les textes correspondants sont encore très généraux et pas assez opérationnels. L'harmonisation mondiale des normes de sûreté est un travail de longue haleine et il existe des différences entre les pays avec les mêmes standards. Il faut voir quelles sont les marges sur le référentiel et, quel que soit le référentiel, se situer dans une logique de progrès. Fukushima montre que les agressions

naturelles peuvent ne pas être bien prédites. L'exploitant et l'Autorité de sûreté n'ont pas été assez prudents vis-à-vis des accidents qui auraient dû être pris en compte dans le "référéntiel". Sans chercher à "imaginer l'inimaginable", une couche supplémentaire, du type "noyau dur", est à consolider pour des événements qui peuvent dépasser le référentiel retenu.

• **Laurent Stricker (WANO)** a noté que, outre Fukushima, il y a eu en 2011 d'autres incidents dans le monde dont le REX va également être pris en compte (inondation à Fort Calhoun, séisme supérieur au design à North Anna).

WANO a été fondée après Tchernobyl, avec un accent sur la composante facteur humain. Après Fukushima, il faut refonder WANO sur certains aspects du design, l'organisation de crise, les accidents graves. Le premier rôle de WANO est d'aider les exploitants, d'éviter leur isolement, de repérer les faiblesses, avec à la clé une pression incisive par les pairs.

• **Christophe Behar (CEA)** a souligné que les pistes pour la recherche dans le domaine de la sûreté sont connues.

Fukushima n'a pas révélé de phénomènes physiques nouveaux mais conduit à dégager des axes prioritaires : évaluation des marges de tenue au séisme (table vibrante) ; connaissance des quantités et des comportements de l'hydrogène dégagée ; radiolyse des eaux non pures ; études du comportement du corium, son interaction avec la cuve, le béton (homogénéité) et avec l'eau ; évaluation du transport des produits de fission en situation accidentelle. Il faut chercher à être plus prédictif là où l'expérimentation en vraie grandeur est difficile.

La deuxième journée a été consacrée aux perspectives pour le nucléaire après Fukushima : l'international, l'économie, les enjeux qui lient les politiques énergétiques et l'impact sur le climat, les perspectives pour la jeune génération, puis les aspects plus sociologiques qui entourent l'acceptation du nucléaire.

Panorama international

Un panorama international des principales stratégies et actions dans différents pays engagées suite à cet accident a été présenté : la situation en Allemagne, en Chine et aux Etats-Unis, avec une présentation de CENG (au nom de l'industrie américaine) concernant les améliorations apportées en matière de sûreté.

- **"The Nuclear Phase-out in Germany from the View of German Industry"**, par le Dr. Eberhard von Rottenburg - Senior Manager Energy of BDI

En 2000, il y avait 19 réacteurs en exploitation en Allemagne. Entre 2001 et 2010, deux réacteurs ont été arrêtés et en 2010, 17 réacteurs nucléaires (21 500 MW) étaient en exploitation, dans le cadre du moratoire de

sortie de l'énergie nucléaire à terme. En 2010, la production électrique en Allemagne (621 TWh) était assurée à 22,6 % par le nucléaire (base), 23,7 % lignites (base), 18,7 % charbon, 13,6 % gaz naturel, 16,5 % renouvelables (dont 3,2 % hydraulique base), pétrole 1,2 %, autres 3,7 %.

Au plan politique, la majorité constituée en 2009 a soutenu l'extension des réacteurs nucléaires, qui a été actée en 2010, pour une période limitée (8 à 14 ans).

Néanmoins dès le 14 mars 2011, suite à Fukushima, l'Allemagne a décidé d'arrêter la démarche d'extension de l'exploitation des réacteurs ("Exit From Exit") et d'arrêter 7 tranches pour 3 mois, tout en engageant des stress tests pour tous les réacteurs.

Cette décision a été actée par une modification de la loi atomique en août 2011, ce qui conduit à l'arrêt de 8 réacteurs (représentant une puissance de 8800 MW) parmi ses 17 réacteurs qui restaient en exploitation. Les 9 autres (12 700 MW) devront s'arrêter progressivement entre 2015 et 2022, conformément au moratoire antérieur.

L'industrie allemande consomme 220 TWh/an (environ 45 % de la production électrique), dont 1/3 pour des usages industriels électro-intensifs. La fédération des industries allemandes (BDI) représente 38 associations industrielles (construction de voitures, sucreries...) et 100 000 entreprises (8 millions d'emplois) et tous les industriels intéressés à l'énergie en font partie. Elle porte la parole auprès des instances internationales politiques en Allemagne et en Europe et milite pour une combinaison raisonnable des choix énergétiques, incluant la prolongation de l'énergie nucléaire.

Le prix du MWh électrique pour les industriels est beaucoup plus élevé en Allemagne (97,9 Euros/MWh) qu'en France (50,8 Euros/MWh) où il est le plus bas d'Europe. Le nouveau paradigme énergétique allemand (80 % de renouvelables à l'horizon 2050) est diversement perçu par l'industrie : d'un côté, cela signifie des risques (coûts, réseau, sécurité d'approvisionnement, gaz à effet de serre), de l'autre, il y a des opportunités (innovations, investissements, nouveaux marchés).

Fig. 2 – Gross Electricity Generation in Germany - 2010 (Source: BDI)

- **"Nuclear Energy after Fukushima - Prospects in China"**, par le Dr. Lu Wei - General Representative in Europe, CGNPC

La Chine est devenue en 2010 le plus grand consommateur mondial d'énergie (20 % de l'énergie consommée dans le monde). Le nucléaire, qui ne représente aujourd'hui que

No	Owner	Approved units	Being Built	Province	Unit capacity	Unit type	FCD	Total
1	CGN/CPI	Hongyanhe 1/2/3/4/5/6	Hongyanhe 1/2/3/4	Liaoning	1080	CPR1000	2007-08-18,2008-03-28, 2009-03-07,2009-08-15	15 units 17540MW
2	CGN	Ningde 1/2/3/4	Ningde 1/2/3/4	Fujian	1080	CPR1000	2008-02-18, 2008-11-12,2010-01-08	
3		Fangchenggang 1/2	Fangchenggang 1/2	Guangxi	1080	CPR1000	2010-7-30, 2010-12-23	
4		Yangjiang 1/2/3/4	Yangjiang 1/2/3	Guangdong	1080	CPR1000	2008-12-16,2009-06-04	
5		Taishan 1/2	Taishan 1/2	Guangdong	1750	EPR	2009-12-21,2010-04-15	
6	CNNC	Fuqing 1/2/3/4	Fuqing 1/2/3	Fujian	1080	M310+	2008-11-21,2009-06-17, 2010-12-31	9 units 9200MW
7		Fangjiashan 1/2	Fangjiashan 1/2	Zhejiang	1080	CPR1000	2008-12-26, 2009-07-17	
8		Changjiang 1/2	Changjiang 1/2	Hainan	650	CNP600	2010-4-25, 2010-11-22	
9		Sanmen 1/2	Sanmen 1/2	Zhejiang	1250	AP1000	2009-04-19,2009-12-15	
10	CPI	Haiyang 1/2	Haiyang 1/2	Shandong	1250	AP1000	2009-12-28,2010-06-20	2 units 2500MW
11	High Temperature Gas-cooled Reactor (HTGR)							
Total			26 units	29240MW				
Approved for FCD			6 units	6820MW + HTGR				

Tableau 1 – Nuclear Power Units Being Built in Mainland China

2 % de la production électrique, est un axe de développement fort qui a été accéléré car il est efficace, il permet des tarifs plus bas que le charbon et permettra à la Chine de réduire ses émissions de gaz à effet de serre. La Chine dispose aujourd'hui de 15 réacteurs en opération (mainland) et c'est le pays qui construit le plus de réacteurs au monde (26 dont 15 CPR1000, 4 AP1000, 3 M310+, 2 EPR, 2 CNP600). Le nucléaire est considéré comme une énergie irremplaçable, et la sûreté en est la condition première.

Fukushima a néanmoins marqué les esprits et les enseignements doivent être tirés pour que l'industrie puisse avancer. Le conseil d'État (State Council) a convoqué une conférence pour traiter de la sûreté : audit de toutes les installations nucléaires, mesures de contrôles, arrêt temporaire des nouveaux projets, ajustement du plan de développement du nucléaire à moyen et long terme.

L'autorité de sûreté (NNSA) a demandé une revue complète de sûreté et a mis en place un groupe d'inspection des installations en exploitation et en construction. Les organismes de contrôle (NNSA, Nuclear Energy Agency) ont été renforcés : bureau de surveillance, centre de crise. Un plan d'action R&D a été engagé pour renforcer la prévention et la mitigation (batteries haute capacité, accidents graves, tenue au séisme, hydrogène, systèmes de refroidissement passifs, fusion des combustibles usés, surveillance de l'environnement...) avec pour objectif de faire décroître la fréquence de fusion de cœur et de rejets extérieurs.

Au niveau de la China Guangdong Nuclear, un ensemble d'actions a été mené : revue interne, comité des enseignements de Fukushima, partage d'informations avec Wano et autres associations internationales, études sur l'accident de Fukushima. Une vingtaine d'améliorations techniques ont été introduites sur les tranches en exploitation, ainsi que sur les tranches en construction (CPR 1000 et CEPR), avec une concertation nationale.

- “Industry Current Status and its Prospects in the United States”, par James Spina - Vice-President Corporate Site Operations of CENG

Les 104 réacteurs en exploitation aux USA, sur 65 sites de production, constituent une flotte diversifiée : 69 PWR (Westinghouse, B&W, CE) et 35 BWR (GE, Mark I or II containment), avec 10 grands exploitants mais aussi des exploitants de tranche unique. Les principaux acteurs industriels sont les Owner's Groups (PWROG, BWROG) qui apportent une plateforme commune pour la résolution des problèmes techniques, le NEI, qui porte la voix de l'industrie sur les questions réglementaires et politiques, l'INPO qui s'assure de l'excellence d'exploitation et l'EPRI pour la recherche.

Les centrales américaines ont déjà vécu des agressions externes (séismes : Perry en 1986, North Anna en 2011 ; tempêtes et tornades ; inondations : Fort Calhoun et Cooper en 2011...) et des programmes d'action ont été ou sont engagés : Individual Plant Examination for External Events (IPEEE, 1988) ; Station Black Out Analysis (10CFR50.63, 1988), réévaluation du risque sismique (NRC Generic Issue 199, 2006) ; exigences réglementaires de la NRC post 9/11 pour accroître le niveau de protection (10CFR50.55, B.5.b).

Actions réglementaires :

La NRC, après un rapport en juillet 2011, a défini les actions prioritaires à engager (octobre 2011) :

- Actions à engager sans délai (Tier1. “no undue delay”) : réévaluation des risques sismiques et d'inondations, réexamen de la Station Black Out Rule, mitigation des accidents hors dimensionnement, fiabilité des système d'éventage (BWR Mark I et Mark II), instrumentation des piscines de combustibles, procédures d'urgence et gestion des accidents graves.

Fig. 3 – NRC Regulatory Considerations

- Actions à mener dès que possible (Tier2. selon ressources critiques) : possibilité d'appoint de secours en piscine combustible, compléments réglementaires aux procédures d'urgence ;

- Sujets en cours d'examen par la NRC (Tier3.) : risques sismiques et inondation, maîtrise des incendies ou inondations déclenchés par un séisme, fiabilité des systèmes d'éventage pour les autres types de confinements (BWR), contrôle et mitigation du risque H2 à l'intérieur du confinement ou autres locaux, organisation d'urgence pour les situations de "prolonged station black out" et des événements affectant plusieurs tranches.

Des questions complémentaires sont encore en cours d'évaluation par la NRC : filtration associée aux systèmes d'éventage (pour juillet 2012), perte de la source froide ultime, étendue de la zone d'urgence, distribution de pastilles d'iode au delà de 10 miles, transfert du combustible utilisé en stockage sec, instrumentation sismique.

Organisation de l'industrie :

A partir des enseignements tirés de Fukushima (INPO, EPRI, vendeurs...), des actions à court terme ont été engagées dès mars et mai 2011 (INPO IER 11-1 et 11-2).

La réponse de l'industrie est pilotée de façon spécifique par un "Fukushima Response Steering Committee" (animé par CENG), focalisée sur les bénéfices à tirer pour la sûreté rapidement et de manière cohérente pour l'ensemble de la flotte nucléaire, en interaction avec la NRC.

Elle couvre d'une part des actions de vérification à court terme (gestion des accidents internes et externes, refroidissement des combustibles usés et mitigation, formation des opérateurs, marges en cas de perte de toutes les sources de puissance AC) et des programmes d'action ciblés moyen et plus long terme (2016) :

- programme FLEX : approvisionnement de moyens mobiles pour préserver les fonctions de sûreté critiques (pompes, générateurs diesels, compresseurs, câbles et raccordements, logistique, batteries...) sur site et sur des bases régionales (achats mars 2012) ;

- confinement : fiabilité des systèmes d'éventage BWR (Mark I-II), conditions d'accès et opérabilité en situation accidentelle (perte de source...), stratégie d'éventage précoce, filtration (NRC policy juillet 2012) ;

- gestion des accidents graves/emergency preparedness (EP) : utilisation des équipements mobiles, stratégies de confinement, guides d'accidents graves (SAMG) ; extension à des scénarios multi-tranches, difficultés d'accès, perte de sources prolongées.

Actions menées par CENG (Constellation Energy Nuclear Group) :

CENG exploite les centrales de Nine Mile Point 1/2 (2 BWR : GE 2/MarkI 610 MWe et GE 5/MarkII 1140 MWe), R.E. Ginna (1 PWR Wes-2 loop 585 MW) et Calvert Cliff 1/2 (2 PWR CE-2loop 850 MW). En complément des actions passées faites ou en cours (agressions externes, Station black out, éventage Mark I...), CENG a initié des vérifications (marges par rapport aux agressions externes, perte prolongées des sources de puissance...) et a engagé un projet en cohérence avec la réponse de l'industrie pour répondre aux exigences fixées par la NRC : déploiement du programme FLEX pour fin 2012, mise en œuvre de modifications : batteries, renforcement du système d'éventage Mark I (tenue au séisme), filtration, tenue à haute température des joints des pompes primaires, inondations, scénarios multi-tranches...

En conclusion, la réponse de l'industrie nucléaire a été coordonnée en vue d'aboutir à des améliorations de sûreté significatives fondées sur les enseignements de Fukushima. Une stratégie de prévention et de mitigation a été définie, avec priorité aux actions destinées à prévenir les dommages au combustible et à maintenir l'intégrité du confinement et pouvant apporter un maximum de bénéfice pour la sûreté à court terme (2012) et plus long terme (2016), en cohérence avec les actions engagées au plan international. CENG a pris des initiatives proactives et cohérentes avec la réponse de l'industrie américaine et des exigences réglementaires.

Impacts et enjeux économiques

Puis les impacts et enjeux économiques ont été abordés, avec une présentation de l'étude "Energies 2050" concernant les scénarios de politique énergétique et les propositions qui en découlent. Elle était suivie d'une présentation par le producteur EDF des points clés qui conditionnent l'efficacité et l'économie du système de production et sa stratégie industrielle, puis d'une présentation par RTE des impacts des évolutions du système de production électrique sur les systèmes de transport.

Présentation et synthèse des différents scénarios de politique énergétique

- **"Rapport Energies 2050"**, par Jacques Percebois - Directeur du CREDEN

Quelques rappels et données :

1- Structure de la consommation d'énergie finale en France en 2010 :

- Poids des énergies fossiles : 53 % de l'énergie primaire et 73 % de l'énergie finale en France (80 % de l'énergie primaire dans le monde). La France dépend à 99 % des importations de pétrole et à 98 % des importations de gaz naturel. L'énergie représente 8,4 % des dépenses des ménages.

- Structure par type d'énergie (énergie finale) : Produits pétroliers : 49 % ; Electricité : 22 % ; Gaz naturel : 21 % ; ENR et déchets (bois) : 7 % ; Charbon : 4 %.

2- Coûts de production de l'électricité (sortie centrale - Eu 2010/MWh - Cour des Comptes janvier 2012) et leur part dans le mix électrique de la France en 2010 :

Hydroélectricité : 30 à 40 (12,4 %) ; Nucléaire : 33 à 50 (74,1 %) ; Charbon : 70 (CO₂ à 20 Eu/t) à 100 (CO₂ à 50 Eu/t) (5 %) ; Gaz naturel : 80 (CO₂ à 20 Eu/t) à 90 (CO₂ à 50 Eu/t) (5 %) ; Eolien terrestre : 80 (1,7 %) ; Eolien off shore : 150 à 200 (0 %) ; Photovoltaïque : 240 à 400 (1 %).

3- Coûts de la filière électronucléaire (rapport Cour des Comptes janvier 2012 - Md Eu 2010)

- Dépenses d'investissement passées bien identifiées (EDF, AREVA, CEA, recherche) : 188 Md Eu

- Dépenses de jouvence et sûreté à prévoir sur 2011-2025 pour une prolongation du parc actuel au-delà de 40 ans : 55 Md Eu

- Charges futures encore incertaines (démantèlement, combustibles usés, déchets ultimes ; EDF, AREVA, CEA, ANDRA) : brutes 79 Md Eu, provisions 38 Md Eu

- Charges d'exploitation annuelles bien identifiées : 9 Md Eu (pour 410 TWh).

Objectif de l'étude Energies 2050 :

Analyser les différents scénarii de politique énergétique à l'horizon 2050 (toutes énergies, offre et demande) et concernant l'électricité, faire un focus sur 4 options d'offre :

- Accélération du passage à Gen-3 : à 40 ans on remplace les réacteurs actuels par des EPR ;

- Prolongation de durée d'exploitation du parc nucléaire existant (60 ans) ;

- Réduction progressive du nucléaire : à 40 ans remplacement d'un réacteur sur deux par des EPR et d'un réacteur sur deux par du renouvelables ou thermique classique ;

- Sortie complète du nucléaire (à 40 ans remplacement de tous les réacteurs par un mix ENR/fossiles).

Enjeux et incertitudes du devenir du mix énergétique français :

- La sécurité énergétique de la France s'est considérablement améliorée depuis 1973 mais la facture reste très lourde : plus de 60 Md Eu en 2011 à comparer avec un déficit de la balance commerciale de 70 Md Eu ;

- Le parc nucléaire présente 4 avantages : électricité décarbonée ; électricité bon marché par rapport aux autres sources ; contribution positive aux exportations de plus de 2 Md Euros/an ; réduction des imports de gaz naturel de l'ordre de 20 Md Euros/an ;

- Le devenir du mix énergétique est soumis à de nombreuses incertitudes, dont : évolutions des négociations climatiques internationales et du marché ETS ; prix des hydrocarbures ; nécessaire révision du marché intérieur européen de l'électricité, qui ne permet pas de garantir aujourd'hui la construction de lignes transfrontalières d'électricité ni de "back-up" des ENR (le problème de l'intermittence reste entier d'où nécessité de "back-up") ; avenir de l'industrie du raffinage qui se déplace de plus en plus de l'Europe vers l'Asie.

Les principales conclusions :

1- la prolongation de la durée de vie des réacteurs actuels est une solution de "moindre regret". A la perte de valeur économique due au non prolongement des 58 réacteurs potentiellement capables de produire pendant 20 ans de plus, se rajouterait un second effet puisque les réacteurs arrêtés seraient remplacés par des équipements plus coûteux (ENR et/ou fossiles). Perte totale de valeur économique : supérieure à 100 milliards d'euros en monnaie actualisée (2 milliards par réacteur en valeur actualisée en 2020 ; 200 à 500 milliards au total en valeur brute selon Areva sur la période 2010-2050) ;

2- cette prolongation permet d'attendre l'émergence de technologies matures (ENR, stockage de l'électricité) ;

3- une baisse de 20 % de la part du nucléaire à l'horizon 2025 pourrait se traduire, *ceteris paribus*, par une augmentation de 20 à 30 % du prix de l'électricité.

Les propositions :

- Faire de la sobriété et de l'efficacité énergétiques une grande cause nationale - Lancer des appels à proposition afin de mobiliser la R&D et l'innovation dans ce domaine en privilégiant les secteurs du bâtiment et des transports ;

- S'interdire toute fermeture administrative d'une centrale nucléaire qui n'aurait pas été décidée par l'exploitant à la suite des injonctions de l'ASN ;

- Ne pas se fixer aujourd'hui d'objectif de part du nucléaire à quelque horizon que ce soit, mais s'abstenir de compromettre l'avenir et pour cela maintenir une perspective de long terme pour cette industrie en poursuivant le développement de Gen4. La prolongation de la durée de vie du parc actuel paraît donc la meilleure solution (sous la condition absolue que cela soit autorisé par l'ASN) ;

- Envisager une initiative dans le domaine de l'harmonisation internationale des règles et des pratiques de sûreté nucléaire afin de les faire converger vers le niveau le plus élevé ;

- Pour chaque décision de politique énergétique, évaluer le coût et l'effet sur les finances publiques, sur la balance

Principaux enseignements de l'analyse et Synthèse des 4 options

Options / critères		Coût complet de la production d'électricité 2030	Émissions de CO ₂ en 2030	Emplois en 2030	Sécurité énergétique
1. Accélération du passage à la troisième génération		de 60 à 73 €/MWh	~ 25 MtCO ₂ /an	Non mesuré	Stable
2. Prolongation de l'exploitation du parc actuel		52 à 59 €/MWh	~ 25 MtCO ₂ /an	Stable	Stable
3. Réduction progressive du nucléaire		de 69 à 79 €/MWh	Entre 30 et 50 MtCO ₂ /an	Ordre de grandeur : baisse de 100 000 à 150 000	Diversification des sources mais augmentation des importations de combustibles fossiles
4. Sortie complète du nucléaire	Substitution par les énergies renouvelables	de 92 à 102 €/MWh	~ 45 MtCO ₂ /an selon le backup	En ordre de grandeur : supérieur à 200 000	Possibles problèmes de sécurité sur le système électrique
	Substitution par les énergies fossiles	80 à 89 €/MWh	~ 120 MtCO ₂ /an selon le backup		Augmentation des importations de combustibles fossiles

Tableau 2 – Principaux enseignements de l'analyse et synthèse des 4 options (Source : rapport "Energies 2050")

commerciale, sur les émissions de CO₂ et sur l'emploi (postes et qualifications), par comparaison avec une décision différente, afin de dégager des priorités ;

- Maintenir, voire accroître l'effort de recherche publique dans le domaine de l'énergie, à travers des coopérations internationales et en accordant une priorité absolue aux programmes mis en œuvre conjointement par des laboratoires publics et des entreprises innovantes, grandes ou petites, capables de s'attaquer au marché mondial - Les ENR et le stockage de l'énergie devront recevoir une attention toute particulière ;

- Mettre en œuvre une politique de vérité des prix de l'énergie et des émissions de CO₂, en traitant de façon spécifique et différente le cas de la précarité et celui des IGCE (industries grandes consommatrices d'énergie) ;

- Prendre l'initiative de proposer à nos principaux partenaires européens un réexamen en profondeur des règles du marché intérieur de l'énergie : celui-ci doit permettre le financement des investissements nécessaires, en particulier ceux destinés à répondre à la demande d'électricité à la pointe, et doit assurer la cohérence des décisions des acteurs.

- "Efficacité du système de production et Economie"
par Yves Giraud - Directeur Economie de la Production et Stratégie Industrielle d'EDF

Le nucléaire aujourd'hui dans les systèmes électriques :

L'électricité dans le monde est majoritairement produite à partir de charbon, plus récemment de gaz :

- Production mondiale 2010 : ~ 20 000 TWh ; 33 % dé-carboné (nucléaire 14 %, hydro 16 %, autres ENR 3 %) et 66 % fossiles (charbon 41 %, gaz 21 %, pétrole 5 %) ;

- Allemagne 2010 : ~ 590 TWh ; 38 % dé-carboné (nucléaire 23 %, ENR 15 %) et 62 % fossile ;

N.B. : La capacité Eolien + Photovoltaïque en Allemagne est de 44 GW (soit l'équivalent de 44 de nos réacteurs nucléaires)... pour seulement 10 % de l'électricité produite ;

- France 2010 : ~ 520 TWh ; 90 % dé-carboné (nucléaire 75 %, ENR 14 %) et fossile 11 %.

Le nucléaire permet une production en base et semi-base en France, avec une possibilité de modulation face notamment à l'intermittence des ENR. La disponibilité du nucléaire a progressé (78,5 % en 2010, 80,7 % en 2011).

Quelle place pour le nucléaire demain ? Le mix électrique ?

Une production de base est nécessaire pour le système de production (charbon, gaz, nucléaire, hydraulique fil de l'eau...). Les ENR (hors hydraulique et biomasse) permettent des économies de ressources naturelles, mais avec une industrie à construire, des coûts encore élevés et une production intermittente. La part des ENR intermittentes restera donc limitée tant que des solutions de stockage n'auront pas été développées.

L'humanité a besoin d'électricité (7 Mds d'habitants, urbanisation croissante, 20 % sans accès à l'électricité) : un doublement possible de la consommation d'électricité est possible dès 2035, avec corrélativement un doublement des émissions de CO₂ en 2050 (AIE 2011). **D'où un besoin majeur de pouvoir disposer d'une électricité accessible, sécurisée et faiblement carbonée.**

En France, l'électricité est accessible grâce au nucléaire (l'électricité est en France 35 % moins chère que dans les autres pays d'Europe, 2 fois moins chère qu'en Allemagne) ; elle est dé-carbonée grâce au nucléaire et à l'hydraulique (les émissions de CO₂/kWh en France sont parmi les plus faibles de l'Europe, et de l'ordre de 5 fois moindres qu'en Allemagne) et elle est génératrice d'emplois. En France, l'industrie nucléaire procure 410 000 emplois en incluant les emplois directs, indirects et

* : Evaluation Cour des Comptes janvier 2012 : 49,5 pour l'existant en 2010, de 70 à 90 pour l'EPR de Flamanville 3 (qui ne reflète pas les coûts d'une génération 3 industrialisée "de série").

EDF a par ailleurs demandé pour l'Arenh 46 euros 2009 en 2015, en intégrant une durée de fonctionnement de 50 ans, et avant dispositions post-Fukushima (environ 50 euros 2010 après Fukushima).

** : Réseaux, stockage ou "back-up" production.

Fig. 4 – Même avec des coûts de rénovation et Fukushima, le nucléaire existant reste le plus compétitif

induits ; plus encore grâce au faible prix de l'électricité. **Le nucléaire représente le 3^e secteur industriel**, comparable à l'aéronautique (Source PWC : le nucléaire représente 410 000 emplois directs, indirects et induits). Avec plus de 12 Md€ de valeur ajoutée directe, l'électronucléaire contribue à 0,71 % du PIB ; la valeur ajoutée directe, indirecte et induite de l'électronucléaire représente 33,5 Md€ soit 2 % du PIB 2009. (Source : PWC, année 2009).

Au Royaume-Uni, le nucléaire fait l'objet d'un engagement fort pour assurer la sécurité d'approvisionnement (40 % de la puissance installée déclassée d'ici 15 ans ; importations de gaz en augmentation), et garantir une économie bas carbone (objectif de réduction des émissions de 80 % des GES par rapport à 1990 d'ici 2050), au moindre coût pour le client face à une forte volatilité des prix du gaz au niveau international et tout en bénéficiant à l'économie locale. D'où l'objectif de prolonger la durée d'exploitation des centrales en exploitation et d'investir dans le nouveau nucléaire (en lien avec la réforme du marché).

Dans le monde, le développement nucléaire se poursuit et son industrie se mondialise : France, Royaume-Uni, Etats-Unis, Chine, Corée, Russie, Brésil, Tchéquie, Emirats Arabes Unis, Inde, Slovaquie, Finlande, Pologne, Afrique du Sud, Arabie Saoudite, Vietnam, Bulgarie, Turquie...

Le nucléaire : bon marché ou trop cher ?

Même avec des coûts de rénovation et Fukushima, le nucléaire existant reste le plus compétitif :

- Nucléaire (Cour des Comptes janvier 2012) : 49,5 €/MWh pour le nucléaire existant en 2010, de 70 à 90 €/MWh pour FLA3 (qui ne reflète pas les coûts d'une génération 3 industrialisée "de série") ;
- Gaz ou charbon supercritique : 70 à 100 €/MWh selon prix des énergies et CO₂ ;
- Eolien : 80 €/MWh (terrestre) à 130 €/MWh (maritime, hors prime d'appel d'offres) (tarif d'achat, hors surcoût système) ;
- Photovoltaïque : jusqu'à 400 €/MWh (tarif d'achat, hors surcoût système).

Le coût de sortie du nucléaire en France a été chiffré par la Commission "Energies 2050" : des investissements de plus de 100 Md€ sur 2010-2030 ; la perte de 100 à 200 000 emplois malgré les emplois créés par d'autres filières ; un déficit extérieur supplémentaire de 20 à 30 Md€/an avec le recours massif aux énergies fossiles.

La stratégie d'EDF pour la production en France et dans le monde vise à :

- tirer parti du parc existant en poursuivant sa rénovation et l'amélioration continue de la sûreté (France, UK) ;
- contribuer au développement de l'énergie électrique dans le monde (200 GW brut à horizon 2020¹, 50 %

¹ contre 160GW aujourd'hui

nucléaire, 25 % gaz ou charbon, 25 % d'hydraulique et autres renouvelables) en maîtrisant les évolutions technologiques (GEN3...);

- développer les énergies renouvelables (économie, industrialisation, nouvelles technologies, stockage de l'électricité) notamment l'hydroélectricité; et
- poursuivre les économies et transferts d'énergie.

La rénovation du parc nucléaire existant est déjà engagée : un "grand carénage" est nécessaire à 30 ans (remplacement de gros composants, modernisation, surveillance des équipements non remplaçables cuve et enceinte) et, une fois réalisé, permet d'exploiter les tranches jusqu'à 60 ans (sans préjuger des autorisations de l'ASN, données tous les 10 ans). Il s'accompagne d'une amélioration continue de la sûreté. C'est une opportunité pour notre industrie, avec des emplois hautement qualifiés, dans la métallurgie, la mécanique, l'électronique...

Flamanville 3 représente le redémarrage d'un processus industriel sur le New Build (début 2012 : avancement génie civil 89 %, montages électromécaniques 24 %) avec le développement d'un retour d'expérience (OL3 en partenariat avec Areva; Taishan 1/2) utilisable sur les futurs projets : Hinkley Point, Sizewell, Penly3, au sein de l' "EPR Family" (qui couvrira aussi la phase d'exploitation dans la durée), et progressivement un REX de conception pour de nouveaux modèles.

En conclusion, l'énergie nucléaire, comme les ENR, est une composante essentielle du mix énergétique pour contribuer à une énergie abondante, accessible et dé-carbonée.

- "Systèmes de production électrique et réseaux de transport", par Hervé Mignon - Directeur de l'économie, de la prospective et de la transparence de RTE

Le contexte :

- La consommation française d'électricité a baissé de 6,8 % en 2011 : 478 TWh en 2011 pour 513 en 2010. La crise économique se traduit par une inflexion à la baisse des consommations à mi-année.

- Le développement du parc de production se poursuit, notamment dans le domaine des énergies renouvelables : la puissance du parc éolien a augmenté de 15 % (la production éolienne a couvert 2,5 % de la consommation en moyenne sur l'année), le parc photovoltaïque a dépassé les 2000 MW installés.

- La disponibilité du nucléaire a permis de compenser le déficit hydraulique.

- Le solde exportateur français (55,7 TWh) a quasiment doublé par rapport à 2009 et 2010.

- Avec l'Allemagne, la Belgique et l'Espagne, le solde des échanges est passé d'importateur à exportateur.

- Les échanges avec l'Allemagne ont été fortement influencés par l'arrêt de 7 tranches nucléaires.

L'avenir : modération de la croissance en énergie; croissance de la pointe (+ 30 % en dix ans); une évolution de la courbe de charge (nouveaux usages, activités tertiaires, tassement de la consommation industrielle...) et une plus forte respiration européenne.

RTE a étudié une variante "Nucléaire bas" en 2030 :

Etude de l'impact sur l'équilibre offre-demande (hors évaluation des coûts) d'une réduction de la capacité du parc nucléaire français (40 GW en 2030); avec pour conséquences :

- Un effort plus important de MDE à réaliser : - 5 % sur la consommation;
- Un développement important des ENR à réaliser : 40 GW d'éolien et 25 GW de photovoltaïque;
- Des capacités d'interconnexion à porter à 27 GW;
- Un besoin de 10 GW de puissance complémentaire (Effacements ou production).

Trois défis pour RTE :

- Défi géographique car les zones d'installation des nouveaux moyens de production sont parfois loin des zones de production actuelle et de consommation;
- Défi opérationnel car l'insertion d'énergie intermittente et fluctuante va conduire à modifier les modalités de gestion de la sûreté du système et notamment des réserves;
- Défi temporel car certaines capacités renouvelables peuvent se créer en trois quatre ans alors que l'autorisation de nouvelles lignes en nécessite presque dix.

Fig. 5 – Avec l'Allemagne, la Belgique et l'Espagne, le solde des échanges de la France est passé d'importateur à exportateur (Source : RTE)

Energie et Climat

Les enjeux autour de l'énergie et du climat ont été illustrés avec une présentation des perspectives du nucléaire aux Royaume-Uni, en particulier l'importance de pouvoir

concilier efficacité énergétique, climatique et économique, et une présentation de l'Agence Internationale de l'Energie (IEA) concernant le changement climatique et la politique énergétique.

- **"UK Energy Policy"**, par le Dr. Tim Stone - Expert Chair of DECC/OND, Senior Adviser to the Secretary of State

Le nucléaire est un axe essentiel de la politique énergétique en Grande-Bretagne. Le gouvernement veut faciliter l'implantation de nouveaux projets réacteurs mais demande que les investissements s'inscrivent dans une logique de marché, sans subvention publique. Il est prévu d'installer 16 GW de capacité nouvelle sur 5 sites.

Trois objectifs majeurs sont mis en avant : assurer la sécurité d'approvisionnement (diversification, coûts), faire face au changement climatique (objectif - 50 % GES en 2030 par rapport à 1990), maintenir l'acceptabilité économique (minimiser les coûts pour le contribuable et le prix pour le consommateur).

- retour d'expérience de Fukushima : il n'est pas nécessaire de limiter l'exploitation des réacteurs en UK mais des leçons doivent être tirées.

L'examen du mix énergétique pour 2050 montre qu'il serait nécessaire de démarrer en moyenne plus d'une tranche nucléaire par an au-delà.

La réforme du marché de l'électricité est une des plus importantes engagées en Grande-Bretagne : elle vise à concilier (1) le développement des technologies de production d'électricité bas carbone (objectif < 450 g CO₂/kWh) et (2) la compétitivité, tout en restant (3) dans le cadre des mécanismes du marché. La Grande-Bretagne importe une proportion croissante de son énergie et le futur reste incertain : quel sera l'importance du gaz ? Comment les technologies bas carbone vont-elles se développer ? Quelle sera la part du gaz en base ou en back up des énergies intermittentes ?

Un **"Office for Nuclear Development"** a été mis en place pour faciliter l'investissement dans le nouveau nucléaire en Grande-Bretagne par les opérateurs, sans aide publique ("No Public Subsidy"), et maximiser les possibilités de développement pour les firmes anglaises. La plus grande part de l'investissement proviendra de l'extérieur, avec une perspective d'attractivité et de développement durable. Cette stratégie de développement du nucléaire en Grande-Bretagne a rencontré un soutien politique massif.

Fig. 6 – Three Electricity Sources Are Key to Our Future: Renewables, Nuclear and Clean Fossil Fuels (i.e. CCS) (Source: Department of Energy and Climate Change)

La demande d'électricité va augmenter, malgré les efforts d'efficacité énergétique, et pourrait doubler d'ici 2050. Trois sources d'électricité sont essentielles pour le futur en Grande-Bretagne : les renouvelables (objectif 15 % en 2020), le nucléaire, et les combustibles fossiles "propres" (i.e. ; avec séquestration et stockage du carbone CCS). Des investissements majeurs sont nécessaires : environ 60-80 GWe de nouvelles capacités de production électrique sont à construire d'ici à 2030 et plus de 120 GWe d'ici à 2050.

Il y a un besoin de nouveau nucléaire rapidement et à grande échelle. La possibilité de mise en service d'une première centrale en 2019 sans subvention publique dépendra d'un ensemble de facteurs :

- contexte réglementaire et "licensing", "Generic Design Assessment", planification, dispositions financières pour le démantèlement et les déchets, responsabilité conventions RCN Paris/Bruxelles ;
- permettre les décisions finales d'investissement par les opérateurs ;

Trois développeurs sont présents : EDF Energy, Horizon (RWE/EON JV – N.B. : qui a depuis annoncé son retrait), et Nugeneration (GDF Suez/Iberdrola JV), pour un total de 16 GWe nucléaire et cinq sites sont déjà prévus (Hinkley, Sizewell, Wylfa, Oldbury, Moorside Cumbria).

En conclusion, le nouveau nucléaire devrait pouvoir être la source de production d'électricité de base bas carbone la plus compétitive en Grande-Bretagne et c'est à l'industrie de prouver que cela pourra être vrai.

- **"Changement climatique et politique énergétique"**, par Laura Cozzi - Deputy Head & Principal Analyst, Office of the Chief Economist IEA

Le contexte :

D'après les perspectives de l'AIE, la **demande mondiale d'énergie** va croître d'un tiers entre 2010 et 2035 (pour la moitié Chine et Inde). La production restera assurée principalement par le pétrole, le charbon et le gaz, mais les

renouvelables et le gaz naturel fourniront les 2/3 de la croissance des besoins. La sécurité d'approvisionnement en pétrole sera marquée par le niveau des importations en Europe qui dépassera le niveau des USA vers 2015, et en Chine qui deviendra le plus grand importateur de pétrole vers 2020. Les pays du Moyen Orient devraient fournir l'essentiel de la croissance des besoins en pétrole d'ici à 2035, moyennant des investissements importants (100 Md\$/an) et des risques en cas de défaut. La production de gaz naturel augmente fortement sur cette période (principaux pays producteurs en 2035 : Russie, USA, Chine, Iran, Qatar...), à 40 % par du gaz non conventionnel.

En Europe, la part de la production d'électricité bas carbone s'établit à 2/3 en 2035 (nucléaire environ 900 TWh, hydro environ 400 TWh, éolien environ 700 TWh, biomasse environ 300 TWh, solaire PV environ 150 TWh, CCS, autres...) avec une forte augmentation de la contribution de l'éolien.

Une réduction de 50 % de la part du nucléaire aurait des conséquences majeures : augmentation des renouvelables, mais aussi accroissement des importations de gaz (Russie...) et charbon (Australie...), réduction de la diversité d'approvisionnement, accroissement des rejets de Gaz à Effet de Serre.

L'énergie est au centre des enjeux climatiques : d'ici à 2035 les émissions cumulées de CO₂ (notamment en Chine) auront atteints les 3/4 du total émis depuis 1900. Sans autre action, en 2017 toutes les émissions correspondant au scénario 450 ppm seront "verrouillées" par les infrastructures existantes (centrales électriques, usines, immeubles...). En Europe, les mesures d'efficacité énergétique, avec une politique volontariste, peuvent contribuer à plus de 50 % à la réduction des émissions de CO₂.

En conclusion, les efforts vont dans le bon sens, mais la porte pour un réchauffement limité à 2°C (scénario 450 ppm) est déjà en train de se fermer.

Fig. 7 – Natural Gas and Renewables Become Increasingly Important
(Source : "World Energy Outlook" 2011)

Après un témoignage de la Jeune Génération, sont abordées les questions de l'opinion face aux risques, avant une table ronde consacrée au thème "Nucléaire et Société : la question de l'acceptation publique".

- **"La Jeune Génération du nucléaire"**, par Boris Supiot - Président Groupe Jeune Génération SFEN

Les jeunes recrutés dans le nucléaire sont conscients des enjeux énergétiques mondiaux. Pour eux, Fukushima a représenté un coup dur car c'est le premier accident nucléaire vécu. Mais malgré leurs interrogations, ils savent que le nucléaire offre des atouts intrinsèques incomparables. C'est une énergie qui fonctionne en base, qui est propre (sans émissions de gaz à effet de serre) et qui peut être durable (avec la 4^e génération ou la fusion).

Ils expriment leur engagement pour continuer à progresser dans le développement du nucléaire en France et dans le monde, en tirant les enseignements de cet événement pour renforcer la sûreté là où c'est nécessaire et en s'appuyant sur le savoir faire et le travail déjà accompli.

- **"L'opinion face aux risques"**, par François Ewald - Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers - Président du Comité scientifique et éthique du Groupe AREVA

Le thème de l'opinion publique face aux risques peut être abordé sous 3 angles : anthropologique, sociologique et pratique.

Anthropologique :

L'homme pense par anticipation ("La fonction la plus profonde de l'être humain est de faire de la physique" Paul Valéry). Si on est dans la confiance, la promesse ou l'espérance, on ne prend pas les accidents comme des catastrophes. Par contre, si on est dans l'erreur ou la défiance, l'attitude face au risque change. La conscience occidentale est ainsi partagée entre deux attitudes contradictoires. La première est celle de la crainte environnementale (nous sommes engagés dans une gigantesque erreur ; le risque est trop élevé et il faut appliquer le principe de précaution). La seconde est celle du soutien au

progrès technologique (grâce au progrès, on va pouvoir réduire les risques). Le nucléaire fait partie de cette dernière. Il n'y a pas une mais des opinions face au risque.

Sociologique :

Il existe un divorce entre certaines situations. Les OGM, qui sont rejetés à 80 % par l'opinion, présentent un coût excessif par rapport au gain espéré. A *contrario*, le nucléaire, rejeté à 50 %, montre un bénéfice connu et quantifié (énergie de base, économie) qui justifie la prise de risque. Le risque économique prend le pas sur le risque environnemental, y compris celui du réchauffement climatique. On constate un échange de rôles entre le peuple et les élites. Quels que soient les risques, on ne fait plus confiance. Même les élites ne font plus confiance dans les

instruments d'évaluation des risques. Il y a un vrai problème quand on entend dire que "nous devons accepter que l'impossible puisse se produire" (phrase citée par l'ASN). Cela n'a aucun sens et va à l'encontre de l'analyse physique. On ne peut pas prévoir l'imprévisible.

Pratique :

Le principe de transparence de l'information transforme le subjectif à l'objectif. Lorsque l'on est dans l'incertain par rapport à la connaissance, on a un vrai problème avec le risque. Il est de la responsabilité des exploitants nucléaire comme TEPCO de mesurer les conséquences que peuvent avoir leurs actes sur la pensée dans le monde. Les négligences d'un opérateur peuvent avoir des répercussions directes sur la manière de voir le monde de la science. C'est de notre responsabilité de dire la vérité car ceux qui veulent parler le plus dans les médias sont ceux qui ne sont pas responsables et qui ne veulent pas l'être.

- Table ronde – “Nucléaire et Société : la question de l'acceptation publique”

Brice Teinturier - Directeur Général Délégué IPSOS France ; Philippe Girault - Associé PricewaterhouseCoopers Advisory ; Michel Chevalet - Journaliste scientifique ; Claudia Gross - Consultant Resosens ; Michel Laurent - Président de la CLI Flamanville ; Animateur : Yves de Saint Jacob - Journaliste, agence Newsteam.

• B. Teinturier

Contrairement à Tchernobyl, on ne voit pas d'inflexion marquée de l'opinion publique après Fukushima : en 1999, 59 % des sondés considéraient qu'un accident nucléaire majeur pouvait avoir lieu en France ; en 2012, ils sont 56 % à le penser. L'image de la filière nucléaire est majoritairement positive. Sur les emplois, les gens pensent que les filières renouvelables pourront compenser les pertes d'emplois en cas de sortie du nucléaire. Au général, 43 % trouvent que le nucléaire présente plus d'avantages que d'inconvénients et 23 % pensent le contraire. Mais très peu de personnes savent qu'il n'émet pas de gaz à effet de serre. Pour le futur, il n'y a pas de souhait majoritaire d'abandon du nucléaire (38 %) mais plutôt un souhait de rééquilibrage dans le mix énergétique (48 %). La majorité des sondés ne sait pas que le prix de l'électricité est moins cher grâce au nucléaire.

• M. Chevalet

Beaucoup de choses ont évolué depuis Tchernobyl, notamment sur la transparence. A l'époque, c'était la culture du secret qui primait. En 1979, l'information sur l'accident de TMI a été “verrouillée” par les Américains. L'accident n'a été connu que plus tard par les journalistes. Tchernobyl a été un véritable coup de semonce. Les journalistes ne comprenaient pas la rétention de l'information. Le monde a retenu une seule chose : le nucléaire n'est pas sûr. Fukushima a été plus nuancé : le Japon est loin et la profusion des informations et la multiplication des supports (infos en continu) a brouillé les messages. Les sources d'information des journalistes ont été principalement l'ASN et l'IRSN, EDF et AREVA étant plutôt en retrait. Il ne faut pas fermer l'information. Le journaliste doit pouvoir disposer d'un réseau d'une dizaine de correspondants techniques dans les institutions couvrant l'ensemble des compétences. La SFEN pourrait par exemple servir de relais pour un tel carnet d'adresses. Le rôle des médias pour l'alerte et la pédagogie est primordial (une émission comme “C dans l'air” serait tout à fait pertinente). Nous ne faisons jamais suffisamment de vulgarisation scientifique et ne donnons jamais assez d'informations.

• M. Laurent

La loi de 2006 sur la transparence nucléaire a beaucoup fait évoluer les choses. Dans le groupe de travail inter-CLI constitué après Fukushima, nous avons intégré Greenpeace et audité les exploitants. Un livre blanc contenant les réponses aux 120 questions a été édité. Dans le nucléaire, la responsabilité de l'Etat doit être totale. En particulier, les maires se posent des questions sur l'indemnisation des victimes en cas d'accident. A titre d'exemple, la polémique soulevée par le Pr. Viel sur l'excès de leucémies infantiles dans le Nord Cotentin proche de La Hague a conduit à la mise en place d'un registre des cancers dans le département de la Manche dont l'analyse conduit aujourd'hui à affirmer qu'il n'y a guère plus de problèmes de santé publique à La Hague qu'ailleurs en France. Un autre exemple est le centre de stockage de la Manche géré par l'ANDRA : nous avons passé une convention avec une association indépendante, l'ACRO, pour effectuer les mesures de tritium dans la nappe phréatique. Les élus locaux ont un rôle déterminant. Leur prise de position (pour ou contre) peut faire basculer le choix. Si on entame avec eux un dialogue profond et sérieux, on peut réussir.

• Ph. Girault

Une étude faite pour Areva en 2009 (étude PWC) montre l'importance de la filière électronucléaire en France pour l'emploi et l'activité économique : le nucléaire représente 125 000 emplois directs (soit environ 4 % de l'emploi industriel en France), auxquels se rajoutent 114 000 emplois indirects et 171 000 emplois induits, soit au total 410 000 emplois directs, indirects et induits (ou environ 2 % des emplois en France). Avec plus de 12 Md Eu de valeur ajoutée directe l'électronucléaire contribue à 0,71 % du PIB ; au total la valeur ajoutée directe, indirecte et induite de l'électronucléaire représente 33,5 Md Eu, soit 2 % du PIB (en 2009).

En plus, on peut évoquer les emplois liés à l'impact du prix de l'électricité, relativement plus faible en France par rapport aux autres pays européens, qui a été chiffré par EDF à environ 500 000 emplois.

• C. Gross

J'ai travaillé dans le nucléaire (COGEMA), sur les déchets (non nucléaires) et j'ai constaté que le problème de la confiance et la perception du risque est souvent identique quel que soit le secteur. Idem pour la téléphonie portable (les antennes), avec les mêmes ingrédients du doute : faibles doses mais risque considéré comme élevé, arrogance du “sachant”, défiance des acteurs institutionnels... Le débat sur les faibles doses devient inaudible et inaccessible par le public. Le nucléaire à Tchernobyl et maintenant Fukushima. Sur les déchets, nous avons eu en 2002 Gilly-sur-Isère et la dioxine. La légitimité scientifique ne suffit plus et il y a une méfiance quasi systématique à l'égard des institutionnels. Du coup, l'expertise même est contestée par des associations dites “indépendantes” (CRIIRAD pour le nucléaire, CNIID pour les déchets et CRIREM pour les ondes électromagnétiques). Il faut une démarche d'entreprise pour repérer les signaux faibles qui pourraient annoncer un blocage.

Enfin, une conclusion de ces deux journées est apportée par Dominique Minière, Vice Président de la SFEN : voir article **“Le nucléaire : sûreté et perspectives”** dans le présent dossier.