

L'après Fukushima dans le Nord Cotentin

Ce texte est issu d'un questionnaire posé par les associations ACRO, CRILAN, CREPAN Greenpeace et GSIEN dans un groupe de travail rassemblant des membres de Commissions Locales d'Information (CLI) du Nord-Cotentin, ce groupe de travail a été constitué après l'assemblée inter-CLI du 18 avril 2011.

Co rédacteurs du texte des associations :

Paulette Anger (CRILAN), Didier Anger (CRILAN), Jean-Claude Autret (ACRO), Pierre Barbey (ACRO), David Boilley (ACRO), André Guillemette (ACRO), Yannick Rousselet (Greenpeace), Monique Sené (GSIEN), Jean-Claude Zerbib (expert auprès du GRNC et du GEP mines)

Les nouvelles interrogations sur la sûreté et la sécurité des installations nucléaires du Nord-Cotentin consécutives à l'accident de Fukushima.

Thèmes généraux, communs aux usines de retraitement AREVA NC La Hague et au centre nucléaire de production d'électricité d'EDF de Flamanville

• Quelle serait l'autorité de décision lors d'un accident nucléaire ?

À Fukushima, TEPCO était le seul décideur, il a hésité entre le 11 mars 5 h 46 et le 12 mars 20 h, **soit plus de 38 heures** avant d'utiliser l'eau de mer en refroidissement des installations. Pendant cette période, l'exploitant gardait certainement l'espoir de sauvegarder une partie de ses réacteurs sans passer par une solution immédiate de réfrigération qui signifiait la ruine des réacteurs.

Dès sa survenue, la gestion de l'accident y compris à l'intérieur d'une installation nucléaire ne doit pas être laissée au seul opérateur.

• Quels sont les questions posées par l'emploi de sous-traitants ?

À Fukushima les intervenants sont à 90% des sous-traitants de l'électricien TEPCO. Les premières interventions se sont déroulées sans équipements individuels d'alerte de dépassement dosimétrique et les conditions de vie ont été déplorables durant trois semaines (hébergement, ravitaillement). Le suivi médical des intervenants a été défaillant, ce n'est que 2 mois après l'évènement que les services médicaux ont constaté une importante contamination à l'iode 131 de 2 travailleurs. Deux mois après l'accident, 10% seulement des intervenants sur le site de Fukushima Dai-ichi avaient fait l'objet d'un contrôle de contamination interne.

• Concernant la radioprotection et le suivi médical des intervenants en cas de crise nucléaire majeure, quels sont l'organisation et les moyens dédiés mis en place ?

Après des débuts catastrophiques de gestion des déchets nucléaires par une société privée déléguée par le CEA (Infratome, années 1970), l'état et la représentation nationale ont décidé de confier la gestion des

déchets nucléaires à l'ANDRA, société d'état financée par une redevance perçue auprès des exploitants nucléaires, afin d'assumer la gestion des déchets ultimes dans les meilleures conditions et dans la durée. En revanche, l'entretien et la maintenance des installations nucléaires sont en grande partie délégués à des sociétés sous-traitantes des exploitants, avec des sous-traitances en cascade. Les travaux les plus pénalisants au niveau des conditions de travail et des dommages dosimétriques étant assurés à plus de 80 % par les sociétés sous-traitantes. Dès 1990, le rapport Tanguy¹ signalait des dysfonctionnements graves du système d'assurance qualité dans les opérations d'entretien des matériels importants pour la sûreté, les probabilités d'accident venant principalement sous l'angle « facteur humain ».

Afin d'assumer la pleine responsabilité et les meilleures conditions de maintenance des installations nucléaires, pourquoi ne pas garantir aux hommes de la maintenance ce que l'on a retenu pour les déchets nucléaires : une société d'état dédiée à la maintenance des installations ?

• **Quelles seront les limites de dose et comment les calculs seront-ils effectués pour la population ? Comment informer les populations et organiser leur évacuation quand il n'y a plus ni électricité ni liaisons téléphoniques ?**

A Fukushima, les zones d'évacuation ne correspondent pas aux retombées effectives : des contaminations au-dessus du seuil de décision sont situées à plus de 80 km de la centrale. De nombreuses personnes ont refusé de partir à cause de leurs animaux. A Iwaki, près de la zone d'exclusion, il manquait 30% du personnel médical.

Pour tout le Japon, seule une centaine de détecteurs au germanium est disponible pour contrôler l'alimentation. En cas d'accident nucléaire avec rejets d'effluents radioactifs survenant dans les installations nucléaires du Nord-Cotentin, combien de détecteurs au germanium (capables de mesurer un rayonnement γ artificiel) sont-ils disponibles en Basse-Normandie, région où les activités de production agricoles et de pêche artisanale sont prépondérantes, pour détecter une radioactivité anormale à la source de la récolte ou de l'élaboration du produit fini ?

Les doses-guides, conduisant à l'évacuation des populations, sont basées sur l'irradiation due au dépôt de radionucléides émetteurs γ à demi-vie moyenne, principalement les césiums. **La base étant une dose efficace de 20 mSv/an pour Fukushima, 10 mSv/an étant préconisé récemment pour une situation analogue en France par l'IRSN.**

Ces calculs de dose efficace ne tiennent aucun compte de la contamination par ingestion de produits agricoles ou d'élevage provenant des zones contaminées, ainsi que de consommation de produits marins locaux, situation inhérente au mode de vie des populations hors zone d'évacuation administrative. Ces populations sont obligées de consommer des produits locaux pour des raisons économiques, comme le montre le retour d'expérience autour de Tchernobyl en Biélorussie et en Ukraine.

5000 travailleurs résidant dans la province de Fukushima ont été contaminés sans nécessairement être intervenus sur le site accidenté.

Les problèmes de la contamination par les strontiums²

Les travaux du GRNC ont montré que la prise en compte des contaminations par le strontium 90 (⁹⁰Sr) lors d'un accident nucléaire impliquant ce radionucléide multipliait par un facteur 10 l'impact dosimétrique d'un rejet d'effluents³ en milieu marin lorsque ce radionucléide était omis dans le spectre des effluents. Or, ce radionucléide, quoique détecté lors de quelques analyses terrestres post Fukushima, ne fait l'objet que de très peu d'analyses en milieu marin et en milieu terrestre

1 EDF – Sûreté nucléaire 1989. Rapport de Synthèse sur la sûreté nucléaire à EDF en 1989.

2 Strontium 89 (⁸⁹Sr) : période radioactive = 50,6 jours et Strontium 90 (⁹⁰Sr) : période radioactive = 28,15 ans

3 GRNC, Rapport concernant le percement de la conduite de rejet en mer de l'usine de La Hague (1979-80) pour le Groupe Radioécologie nord-Cotentin. juin 2000.



Dans le combustible irradié, le niveau initial de l'activité du ^{90}Sr représente 70 % de l'activité du césium 137 (^{137}Cs)⁴. Lors d'un accident nucléaire, une partie des radionucléides est rejetée dans l'atmosphère, et chaque radionucléide en fonction de ses propriétés physico-chimiques fait partie du panache : à Tchernobyl, par rapport au terme source, 13 % des césiums (facilement volatils) ont été rejetés dans l'atmosphère contre 3 à 6 % des strontiums (éléments peu volatils)⁵.

Les exemples de diffusion du ^{90}Sr dans divers incidents/accidents permettent d'en estimer la diffusion :

Accident avec diffusion atmosphérique : Il faut un accident avec dégagement de chaleur pour diffuser le strontium dans l'atmosphère : Kychtym 1957, incendie du silo de La Hague en 1981, incident « atmosphérique » de La Hague en 1974, Tchernobyl 1986. Le strontium est nettement moins volatil que le césium, les taches de léopard de Tchernobyl confirment cette diffusion atmosphérique différente, les taches de dépôts terrestres de ^{90}Sr (significatives) sont plus restreintes que celles de ^{137}Cs .

Accident avec diffusion liquide : Par contre, le strontium se diffuse très bien sous forme d'infusion, exemple de la zone nord-ouest de la Hague dont la nappe phréatique a été polluée au début des années 1980 et témoigne encore aujourd'hui d'une teneur moyenne en ^{90}Sr de 10 Bq/l, approvisionnant en permanence le ru des Landes à 1 Bq/l.

L'accident de la rupture de la canalisation en 1979 a montré que la diffusion du strontium en milieu marin était localement assez rapide : 400 Bq/kg frais dans les coquilles St Jacques analysées pour la CFDT et 60 Bq/kg frais dans les patelles analysées par Cogéma au moment de l'accident, 3 Bq/kg frais dans les patelles analysées par Cogéma 8 mois après l'accident.

Il faudrait surveiller plus particulièrement le ^{90}Sr dans les nappes phréatiques proches du site accidenté. Quant au milieu marin, la pollution initiale ^{89}Sr et ^{90}Sr a dû être très forte : 70 % de celle du ^{137}Cs comme dans le terme source, mais contrairement au ^{137}Cs qui va être observé durablement dans les sédiments, les strontiums devraient être dilués très rapidement.

Qu'en est-il des populations, quelle est leur dose d'exposition réelle avant évacuation, en tenant compte de l'effet panache (incluant les gaz rares et les iodes à période courte) et de l'alimentation ?

Quelles mesures seraient prises en France pour éviter aux populations résidant hors zone d'évacuation administrative d'être exposées à des doses efficaces artificielles supérieures à 10 mSv/an ? Doses dues au cumul de l'irradiation par le dépôt et à la contamination par l'alimentation.

● La publicité des décisions des acteurs des plans d'urgence (PUI - PPI - Plan Orsec Rad)

La loi américaine (Sushine Act – 1976) fait obligation aux organismes gouvernementaux d'enregistrer leurs délibérations importantes et d'en rendre la transcription publique. C'est dans ce cadre qu'au lendemain de l'accident de Three Miles Island, toutes les actions décidées dans les réunions de la NRC ont été rendues publiques⁶. Cela a servi au REX (retour d'expérience) et à la démocratie.

Est-ce qu'il est prévu la même démarche chez nous dans le cadre du déclenchement de plan d'urgence ?

En 1990, M. Bertrand Landrieu, Préfet de la Manche, admettait que la zone de d'application des mesures d'un PPI (Plan Particulier d'Intervention) limitée à 10 km autour d'une installation nucléaire en phase accidentelle pouvait être étendue

4 EDF, Méthodologie de détermination des radio-isotopes à prendre en compte pour les évaluations des conséquences radiologiques d'un accident grave. Réf ENTEA090191 du 4/09/2009.

5 Jérôme Strazula et Jean-Claude Zerbib, Tchernobyl. La documentation Française, 1991.

6 The Japan Times, août 2011, <http://search.japantimes.co.jp/print/fl20110821x2.html>.

hors de cette zone si la situation l'exigeait⁷. Depuis 2006 tous les maires du département de la Manche ont l'instruction de s'apprêter à réagir à un accident nucléaire sur demande du Préfet de la Manche⁸. Comme le soulignent les courriers précédents, les PPI dans leurs scénarios et leurs simulations ne correspondent pas au retour d'expérience (REX) de Tchernobyl et de Fukushima. L'état actuel des réflexions en matière de post-accidentel est illustré par un récent article paru en juin 2011 dans un périodique mensuel publié par le Ministère de l'agriculture⁹. Les scénarios de crise sont dits de gravité moyenne, les rejets atmosphériques de substances radioactives sont limités et maîtrisés en moins de 24 h. Les mesures envisagées, à la suite d'un évènement sur le CNPE de Nogent-sur-Seine, illustrent la distorsion entre le post-accidentel théorique envisagé jusqu'à présent par les autorités françaises (CODIRPA) et le post-accidentel réel Fukushima (après Tchernobyl 1986 et Kychtym 1956).



Source : Ministère de l'agriculture, juin 2011

Schéma général de prévention du risque alimentaire lors d'un accident nucléaire : *Exemple du CNPE de Nogent-sur Seine*

7 Lettre du Préfet de la manche à Didier Anger, Représentant à l'Assemblée des Communautés Européennes ; juillet 1990.

8 Lettre du Préfet de la Manche à Mesdames, Messieurs les Maires. Gestion des comprimés d'iode stable. juin 2006.

9 Ministère de l'agriculture, mensuel du Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux. Accident nucléaire, gérer la phase post-accidentelle. N° 57, juin 2011.

	PUI - CODIRPA	Fukushima	Tchernobyl
ZE	Rayon = 2,5 km	Rayon = 20 km	Rayon = 30 km
ZPP	0 à 10 km	0 à 80 km	0 à plus de 250km
ZST	0 à 33 km	à plus de 200 km	0 à plus de 1000km

Une révision globale de la notion des zones de confinement, d'évacuation, d'interdiction de consommer les denrées régionales et de surveillance de la commercialisation des denrées doit être effectuée et discutée à l'examen des conséquences de Fukushima.

Les rejets atmosphériques orientés principalement vers l'océan et les rejets liquides de Fukushima ont entraîné une grave pollution marine radioactive qui se disperse au gré des courants marins dominants ouest – est dans l'immensité de l'océan Pacifique.

Dans le cas d'un accident sur l'établissement de retraitement de la Hague ou sur le CNPE de Flamanville avec rejets d'effluents liquides et gazeux comme à Fukushima, La pollution marine sera piégée entre les côtes anglaises et françaises : la mer de la Manche se termine par l'entonnoir du détroit du Pas-de Calais avec un courant résiduel faisant remonter les radionucléides de l'Atlantique vers ce détroit, les radionucléides seraient majoritairement piégés en mer de la Manche pour quelques centaines d'années.

Comme le souligne l'IRSN dans sa note de synthèse sur l'impact en milieu marin d'octobre 2011¹⁰, la circulation des masses d'eau de l'Océan Pacifique a entraîné une dilution particulièrement rapide du ¹³⁷Cs entre avril et juillet 2011 dans la zone littorale proche de Fukushima Dai-ichi : période de décroissance 1/2 de l'ordre de 6,9 jours. Il n'en serait pas de même dans une mer fermée (à l'ouest du Japon par exemple) ou dans une baie.

« A titre de comparaison, la demi-vie des eaux du golfe normand-breton où est localisée la centrale de Flamanville en Manche est d'environ trois mois, c'est-à-dire douze fois plus longue que celle

observée dans la région de Fukushima, bien que les courants de marée y soient particulièrement intenses. »

- **Les contrôles et les restrictions de consommation de produits marins sont, eux aussi, à envisager dans l'«English Channel» sur une longue période.**

NB : Il est remarquable que les professions de la pêche, fortement impliquées dans la qualité des produits marins sur une côte bien pourvue en installations nucléaires, ne soient pas représentées dans les structures d'information (CLI et groupes de travail spécifiques).



¹⁰ IRSN, Synthèse actualisée des connaissances relatives à l'impact sur le milieu marin des rejets radioactifs du site nucléaire accidenté de Fukushima Dai-ichi. 26 octobre 2011.

• **Pour les eaux domestiques et industrielles dont le volume est maîtrisable, est-il envisagé une filière de récupération et de conditionnement des boues contaminées en sortie de station d'épuration pour éviter la remise en circuit naturel de la contamination piégée dans ces boues ?**

En France, les règles de construction imposent que les eaux de pluie et les eaux usées soient collectées séparément, et que seules les eaux usées passent par les stations d'épuration. Les sites industriels suivent le droit commun.

Dans le cas d'une contamination globale de l'environnement comme au Japon, ces deux circuits, eaux domestiques et industrielles (vers station d'épuration puis milieu naturel) et eaux de pluie (vers milieu naturel, rivière ou mer) seraient contaminés et il faudrait dans l'absolu les traiter pour les décontaminer sur leur parcours avant rejet dans le milieu naturel. En juillet 2011, à l'issue du contrôle de la contamination radioactive des boues provenant du traitement des eaux usées depuis le 11 mars 2011, les boues provenant des eaux usées de 5 préfectures japonaises, Fukushima et 4 préfectures entourant Fukushima, ont une contamination supérieure à 8000 Bq/kg¹¹ : Miyagi, Niigata, Gunma et Tochigi. Les boues de la station d'épuration de Koriyama (préfecture de Fukushima) atteignant une moyenne de 89700 Bq/kg. Fin novembre 2011, 14 provinces sont touchées par le problème des boues et des cendres d'incinération. Il y a 64 000 tonnes accumulées, dont 17 000 à Fukushima.

• **Comment est envisagée en France la gestion des énormes quantités de terres et de déchets contaminées par un accident nucléaire ?**

Les niveaux de contamination observés, dans des zones éloignées de la centrale de Fukushima, font l'objet de nombreux articles dans la presse japonaise :

- à 180 km de la centrale il est trouvé des contaminations comprises entre 100 et 300 kBq/m²;
- à 250 km, il existe des zones où la contamination excède les 30 kBq/m².

Le ministère de l'environnement japonais envisage de procéder à des décontaminations de zones, partout où le débit de dose annuel sera égal ou supérieur à 1 mSv/an. Cela concernera plus de 110 000 habitations individuelles, écoles, lieux publics, etc. Environ 13000 km² sont concernés par la contamination. La province de Fukushima est couverte à 70 % de forêts. Plus de 29 millions de m³ de terres et de débris contaminés seront produits. Cela nécessitera des investissements financiers importants. Il y a des zones où la contamination est telle qu'il n'est pas prévu de décontaminer dans l'immédiat.

• **Maîtrise des apports d'eau de la nappe phréatique dans la décontamination d'un site nucléaire accidenté**

La décontamination de l'eau résiduelle d'une installation nucléaire accidentée peut être rendue très difficile par la remontée de l'eau des nappes phréatiques : 200 à 500 t d'eau supplémentaire par jour sur le site de Fukushima¹². Sur le site de La Hague le pompage dans la nappe phréatique pour assurer la mise hors d'eau des parties basses des bâtiments nucléaires est de l'ordre de 1000 t/jour¹³.

Comment serait assurée la mise hors d'eau des INB accidentées en cas de défaillance sur le système de pompage ?

• **Distribution d'iode stable**

En septembre 2011, le Wall Street Journal a publié une enquête sur la distribution, ou plutôt la non-distribution de « comprimés d'iode » stable dans la zone affectée par les rejets atmosphériques de Fukushima. Comme dans la majorité des communes situées à proximité d'une installation nucléaire, il y avait de vastes stocks de comprimés d'iodure de potassium (KI). Mais les autorités locales devaient attendre les ordres des autorités centrales avant de les distribuer. Et l'ordre n'est arrivé que 5 jours après le début de

11 Quotidien japonais Mainichi Shimbun, 29 juillet 2011.

12 The Japan Times, 15 novembre 2011.

13 AREVA NC La Hague, rapports de surveillance de l'environnement, années 2003 – 09.

la catastrophe, bien que les spécialistes aient demandé la distribution immédiate. La majorité des 100 000 habitants évacués étaient déjà partis et les premiers rejets massifs avaient déjà eu lieu.

Or, ces comprimés doivent être pris avant l'exposition, ou au maximum deux heures plus tard. Après, ils ne sont plus très utiles.

Un des responsables de la commune de Kawauchi explique que les résidents ne savaient même pas qu'il y avait des comprimés stockés qui n'attendaient qu'à être utilisés. Ils sont toujours là, même s'il n'y a plus personne... Certaines municipalités (Futaba, Tomioka, Iwaki et Miharu) ont pris la décision de distribuer les comprimés sans attendre les ordres du gouvernement. A Iwaki, il a été demandé aux habitants d'attendre les ordres. A Miharu, les gens les ont pris et se sont fait réprimander par les autorités régionales. A Namié, où la contamination des sols s'est révélée être très élevée, personne n'a pris d'iode.

Pour l'autorité de sûreté nucléaire japonaise, ce problème est à mettre sur le compte du chaos qui régnait à la cellule de crise au début de l'accident. La NISA a finalement donné l'ordre de prendre les comprimés dans un rayon de 20 km le 16 mars, **quatre jours après l'ordre d'évacuation de la zone...**

Et les populations ont été contaminées par les retombées de la catastrophe ! Le Wall Street Journal en veut pour preuve la décision prise de relever le seuil de décontamination. Avant la catastrophe, qui-conque avait une contamination supérieure à 13 000 cpm (coups par minute) devait prendre un comprimé d'iode de potassium, changer d'habits et être décontaminé. Cette limite s'est révélée irréaliste et a été remontée à 100 000 cpm le 14 mars par les autorités régionales de Fukushima. Entre 13 000 et 100 000 cpm, les personnes se voyaient remettre des serviettes humides pour essuyer leurs habits et pas de comprimés. Durant le mois de mars un millier d'habitants avaient une contamination comprise en 13 000 et 100 000 cpm, et 102 au-dessus de 100 000 cpm.

La NSC (Conseil de sécurité nationale aux États-Unis) a, le 14 mars, recommandé de garder la limite de 13000 cpm car cela correspond à un niveau d'exposition de la thyroïde pour lequel l'AIEA recommande la prise de comprimé d'iodure de potassium. Et l'OMS recommande l'administration de ces comprimés à un dixième de cette limite pour les enfants. La NSC a cédé le 20 mars. Dans un communiqué, la Commission a noté que la limite de 100 000 cpm est autorisée par l'AIEA dans la phase initiale d'une urgence nucléaire.

Comment serait organisée la prise d'iode stable et quelle est la limite de contamination retenue en cas d'accident en France ?

*Lorsque l'on risque d'être exposé à une dose à la thyroïde (pas au corps entier) de plus de 50 mSv (millisievert) d'iode radioactif, il est nécessaire de prendre des comprimés d'iode stable. L'idée est de saturer la glande thyroïde par cet iode stable pour éviter que l'iode radioactif ne s'y fixe. Mais attention, il ne faut prendre des comprimés d'iode que sur ordre des autorités. **Il est dangereux d'en prendre «par précaution»**, car l'efficacité de ce comprimé est limitée dans le temps. Il faut le prendre de 5 h à une demi-heure avant le passage du nuage radioactif. Et de plus son effet diminue fortement au delà de 48 h. Il faut noter que l'iode inhalé ou ingéré passe dans les 10 mn à 1 h qui suivent dans le sang circulant. Dès les premières heures, environ le tiers de cet iode incorporé est fixé dans la thyroïde¹⁴. Et en sera éliminé selon une période biologique de 80 jours (pour l'adulte).*

14 Henri Métivier, Sciences et Avenir, 4 avril 2011.12 The Japan Times, 15 novembre 2011.

● **Intrusion et piratage informatique :**

Les exploitants d'installations nucléaires du Nord-Cotentin, dans leurs exposés lors de l'assemblée des CLI de la Manche du 18 avril 2011, n'ont pas pris en compte l'éventualité d'opérations de malveillance sur les systèmes de commande informatisés, malgré les exemples récents des « pannes » sur les centrifugeuses d'enrichissement du programme nucléaire iranien¹⁵ et de « l'effondrement » du réseau informatique estonien en automne 2007,

● **Éléments météorologiques extrêmes :**

Les exploitants d'installations nucléaires du Nord-Contreiment aux déclarations de l'exploitant des usines de retraitement de la Hague (CLI du 18 avril 2011), **l'hypothèse d'un isolement total du Nord-Cotentin durant une semaine n'est pas un cas invraisemblable**. Cet isolement s'est déjà produit en février 1970 durant cinq jours sur le Nord-Cotentin.

Les températures extrêmes envisagées dans le rapport préliminaire de sûreté de l'EPR sont de moins 25°C sur une journée et de moins de 35°C durant 6 heures. Durant le mois de février 1956, moins 36°C ont été atteints (chutes de neige de 0,6 à 1,2 mètres sur la Normandie). La perturbation avait duré tout le mois de février 1956.

Y a t'il prise en compte des effets d'une tornade ? Sans avoir la probabilité de survenue comme dans le centre des USA, une tornade s'est abattue sur le Nord-Cotentin en 2007 : Equeurdeville-Hainneville le 11 février 2007, 200 arbres décapités, 340 habitations sinistrées.

● **Prise en compte des séismes historiques**

Les séismes maximaux historiquement vraisemblables (SMHV) pris en compte pour dimensionner les installations nucléaires du Nord Cotentin sont les séismes enregistrés au large de Jersey le 1er avril 1853 et le 30 juillet 1926, soit des évènements répertoriés **depuis moins de 200 ans**. La règle fondamentale de sûreté sur la détermination du risque sismique pour la sûreté des installations nucléaires de base de surface préconise de prendre en compte les séismes susceptibles de se produire **sur une période historique de 1000 ans**¹⁶.

Dans son intervention le 27 octobre 2011 devant l'Office parlementaire¹⁷, Monsieur David Cope, Directeur de l'Office parlementaire pour la science et la technologie du parlement britannique indique qu'il y a 8000 ans la côte orientale de la grande Bretagne a été frappée par un tsunami similaire à celui qui a touché la côte nord-ouest du Japon. Il signale un autre incident en 1607 sur la côte occidentale de la Grande-Bretagne.

Au regard de ce qui vient de se produire au Japon, où le séisme de magnitude 9,0 n'était pas envisagé sur le site de Dai-ichi¹⁸ et alors qu'un tsunami de même intensité s'était produit sur la côte est du Japon il y a 3 000 ans, ne faudrait-il pas dimensionner les installations nucléaires aux séismes maximaux répertoriés à l'échelle de plusieurs millénaires plutôt qu'à partir d'évènements datant de moins de deux siècles ?

15 Virus « Stuxnext », Le Monde du 16 novembre 2011.

16 Règle fondamentale de sûreté n° 2001-01 relative aux installations nucléaires de base.

17 OPECST, Audition du 27 octobre 2011, page 19/25.

18 Séisme envisagé à 8,5 sur l'échelle de Richter, Pr Katsuhito Ishibashi, Businessweek du 24 novembre 2011.

Thèmes particuliers aux usines de retraitement de AREVA NC La Hague

● Stockage des produits de fission

La perte des fonctions de réfrigération, de brassage et de dégazage sur les cuves de stockage des produits de fission avait déjà été évoquée en CSPI en 1992 dans un courrier adressé à Monsieur le Préfet de la Manche et dans un courrier adressé en 2005 à l'Autorité de Sûreté Nucléaire : Ces courriers rappelaient que le Nord-Cotentin avait été totalement isolé du reste du département en 1970 du 13 février 22 h au 18 février dans la matinée. Durant cette période, les routes étaient verglacées et impraticables, les câbles électriques et téléphoniques étaient à terre, les poteaux supports s'étant effondrés sous le poids des fourreaux de neige glacée.

Plus récemment en 1999, à quelques kilomètres de là, une tempête de vent a paralysé le sud du Calvados pendant plus d'une semaine. Pendant deux heures environ, des arbres étaient déracinés ou déchiquetés et volaient en compagnie d'autres objets hétéroclites. Les circuits électriques furent neutralisés, les voies de communication obstruées ... Peu après, une réplique plus au sud fit craindre un grave accident à la centrale nucléaire du Blayais et ravageait la Vendée.

Les deux courriers rappelaient **le problème de la réfrigération, du balayage et de la ventilation des solutions de produits de fission dans leurs cuves tampon, l'absence de ces fonctions entraînant l'ébullition des solutions entre trois et huit heures après arrêt de ces fonctions de sécurité.**

Dans sa réponse l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) donnait l'état détaillé du volume des stockages de produits de fission, 739 m³ au 31 décembre 2004.

Les 739 m³ de 2004 ont-ils été résorbés par la « vitrification en ligne¹⁹ » en 2011 ? La réponse sur ce sujet de l'exploitant lors de la CLI du 18 avril 2011 est pour le moins sibylline : « *Le remplissage des cuves est loin des conditions nominales de fonctionnement, et la vitrification des solutions de produits de fission s'effectue en ligne¹⁹* ». Sans doute une interprétation de la loi TSN de 2006 sur l'information des CLI, réponse dont on peut apprécier la pertinence par rapport au courrier ASN de 2005. A noter que l'ASN n'a pas d'avis sur le sujet en 2011 (CLI du 18 avril 2011). Notre recherche en 2004 montrait que depuis la mise en service en 1989 de la vitrification, le reliquat des produits de fission stockés sous forme liquide oscillait entre 700 et 1000 m³, et n'avait jamais été résorbé.

- 740 m³ fin 2003 et 842,46 m³ fin 2007, quels sont les volumes de produits de fission stockés sous forme liquide en 2011 ?

- Pourquoi ce stock n'est pas résorbé ?

- Les scénarios d'accident retenus jusqu'à présent font l'hypothèse d'une reprise des fonctions de sécurité dans un délai de 24 heures et ne concernent que 2 cuves de produits de fission.

Quelle est l'évolution des solutions de produits de fission quand les fonctions de sécurité sont arrêtées plus de 24 heures sur l'ensemble du stockage actuel ?

- Quels sont les moyens passifs pouvant être mis en œuvre permettant de rétablir les fonctions réfrigération – brassage – dégazage sur les cuves de stockage des produits de fission en l'absence d'alimentation électrique de ces fonctions ?

¹⁹ cf l'inventaire national des matières radioactives 2009 publié par l'ANDRA.

• Les piscines d'entreposage des combustibles irradiés

Concernant la possibilité de siphonage de l'eau des piscines, impossible selon l'exploitant lors de la réunion inter-CLI du 18 avril, nous observons (schéma ci-dessous) que les aéro-réfrigérants externes et leurs tuyauteries sont positionnées 7 mètres en contrebas du niveau supérieur de l'eau des piscines et chaque piscine contiendrait de nombreux échangeurs thermiques (8 à 16, selon les piscines) susceptibles d'augmenter le siphonage.

Quel serait le temps de dégradation et le temps de fusion des combustibles en cas de dénoyage ? Quels sont les moyens de sauvegarde prévus ? Pour quelles conséquences environnementales ?

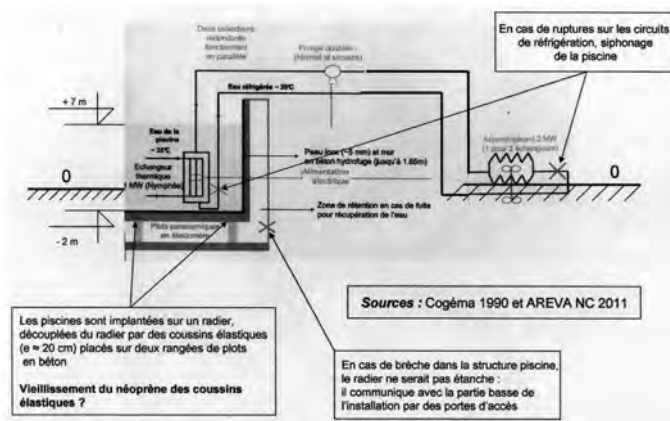


Schéma des principaux risques sur les piscines :

- Sismique, durcissement des coussins de supportage
- vidange par siphonage et par communication du radier en partie basse des installations

Lors de la CLI du 18 avril 2011, une question a été posée sur la résistance du toit des piscines à une charge extérieure (charge maximale au m²), la neige s'accumulant sur un toit relativement plat n'est pas une hypothèse improbable, l'exploitant a répondu seulement sur la tenue face à un séisme de force 8 sur l'échelle de Richter.

Que penser, en outre, de la résistance du toit des piscines au risque de chute d'aéronefs !

Pourtant, le toit des auxiliaires de conditionnement des réacteurs de Flamanville s'est effondré sous le poids de la neige le 4 décembre 2010 (communiqué de presse ASN du 4/12/2010).

Stockage entreposage de l'oxyde de plutonium et des rebuts de MOX frais.

Mêmes problématiques concernant la résistance du bâtiment, en particulier au risque de chute d'aéronef. Quel serait le temps de dégradation en cas de perte de ventilation ? Il y aurait un risque de criticité en cas de perte de confinement des « boîtes », avec en corollaire des conséquences environnementales importantes. **Quels sont les moyens de sauvegarde prévus ?**

Thèmes particuliers au centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) d'EDF de Flamanville

En distinguant le cas des réacteurs 1 et 2 de celui de l'EPR en construction

• **Emplacement et protection de la salle de commande**

Avec un endommagement des combustibles, l'eau devient très radioactive et en cas de fuite, cela rend le réacteur inaccessible. **Où irait l'eau contaminée en cas de fuite sur un réacteur français ?**

• **Situation et protection du poste de contrôle des commandes de secours et des groupes électriques de secours, structure des circuits de contrôle-commande en situation accidentelle**

En situation accidentelle, il est très difficile, voire impossible, d'approcher des installations sinistrées et des salles de contrôle, les débits de dose gamma et neutrons étant trop importants. Cela implique un poste de contrôle des commandes de secours distant des INB et le dédoublement en zone éloignée de source d'alimentation électrique de grand secours. Il n'y a pas que les diésels-alternateurs à déplacer dans une zone sécurisée hors d'eau.

A Fukushima Dai-ichi, un seul groupe de secours diésels-alternateur a pu redémarrer rapidement sur le réacteur n° 6²⁰, contrairement aux autres groupes de secours, son refroidissement est à circulation d'air et non à circulation d'eau.

Pourquoi ne pas privilégier cette technologie sur les groupes de secours ?

A Fukushima, comme à Three Miles Island et Tchernobyl, il faudra attendre 7 à 10 ans pour accéder au cœur fondu et en évaluer l'état. Lors de la crise, les senseurs conventionnels alimentés en électricité se révèlent inopérants dans des conditions extrêmes : température supérieure à 1000 °C, vapeur et forte irradiation. Comme l'a exposé un intervenant du CEA sur les propriétés des fibres optiques lors de l'audition du 24 mai 2011 de l'OPECST, pourquoi ne pas développer et ne pas imposer dès maintenant cette technologie sur les réacteurs en service et sur l'EPR ?

« Les apports des mesures par fibre optique pour la sûreté nucléaire sont divers : en situation normale, ces capteurs assurent la surveillance thermomécanique de l'enceinte de confinement, la surveillance thermique des piscines ou des conduites de vapeur ; en situation accidentelle ou post-accidentelle, ils permettent la détection du percement de la cuve du réacteur, le suivi de l'avancée du corium, la surveillance thermomécanique de l'enceinte de confinement, la surveillance thermique des piscines, des conduites de vapeur et autres circuits primaires, la détection d'incendie dans le bâtiment ou la surveillance radiologique de l'enceinte par dosimétrie.

La fibre optique présente, pour les capteurs, de multiples avantages : de petit diamètre, son intrusivité est faible ; elle est également dotée d'une immunité électromagnétique ; elle autorise un déport de plusieurs kilomètres du système de mesure ; elle offre une bonne tenue en milieu hostile ; enfin, compte tenu du volume de production pour le marché des télécommunications, son coût est faible. »²¹

20 M. Philippe Jammet, commissaire de l'ASN, « Fukushima a montré que l'improbable est possible ». La Recherche n° 453, juin 2011.

21 OPECST, Rapport de la mission parlementaire sur la sécurité nucléaire, la place de la filière et son avenir. Audition de M. Pierre Ferdinand, Directeur de recherches au CEA, 24 mai 2011, pages 398-402.

A Fukushima il y a eu 11 jours sans électricité sur le site. Les appareils électriques vitaux essentiels du type : vannes, vérins, ... devraient être manoeuvrables même en cas de défaillance électrique totale, ce qui peut être réalisable par des moyens oléopneumatiques : à partir d'une source dormante d'air comprimé.

• Le problème crucial d'un cœur de réacteur nucléaire en arrêt chaud

est sa réfrigération par une circulation d'eau de secours au moyen d'électropompes. En l'absence de disponibilité électrique, [ne peut-on envisager un approvisionnement instantané en eau de secours par gravité : réserves d'eau sur les falaises ou sur les collines pour les réacteurs voisins de tels sites naturels, ou sur des châteaux d'eau artificiels pour les autres ?](#) Westinghouse a retenu le principe d'un réservoir d'eau de secours sur le toit de son réacteur AP1000 (voir figure ci-dessous).

Comme l'a souligné M. Bernard Bigot Administrateur Général du CEA lors de l'audition OPECST du 16 mars 2011²², les réacteurs accidentés de Fukushima dont la capacité électrique était comprise entre 450 et 780 MW et la puissance thermique entre 1200 et 2400 MW, avaient une puissance thermique à T0 de l'arrêt de l'ordre de 10 MW thermiques et avaient un besoin de refroidissement immédiat de l'ordre de 10 m³/h.

EDF dans son intervention devant le HTCSIN le 16 juin 2011²³ évalue le besoin en eau dans les circuits de secours, en arrêt d'urgence, de l'ordre de 10 % des besoins nominaux (0,5 à 1 m³/s) soit un besoin minimal de 0,03 à 0,1 m³/s, ou 108 à 360 m³/h.

Sur les réacteurs accidentés de Fukushima, TEPCO indique des besoins de l'ordre de 3 à 9 m³/h. Selon notre correspondant au Japon, entre le 13 et le 20 mars, TEPCO a injecté 300 t d'eau par jour dans le réacteur n° 3 de Dai-ichi, soit de l'ordre de **13 m³/h**.

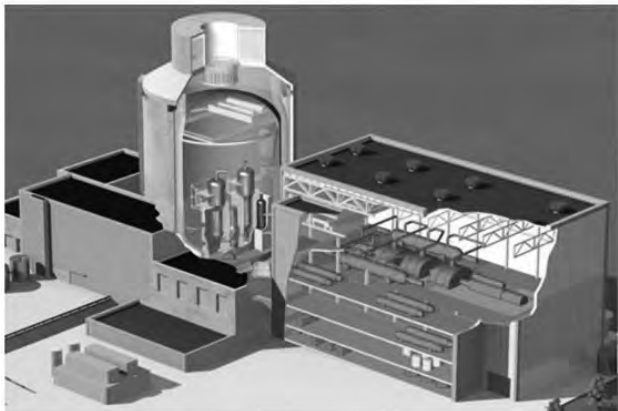


Schéma virtuel d'une tranche AP1000, avec support de réservoir d'eau de refroidissement de secours aménagé sur le toit du réacteur. (Source : Westinghouse)

22 OPECST, Rapport de la mission parlementaire sur la sécurité nucléaire, la place de la filière et son avenir. Audition du 16 mars 2011, page 228.

23 HTCSIN, 16 juin 2011. Audition de M. Alain Viaud, EDF. Sécheresse / canicule. Dispositifs mis en œuvre pour les centrales nucléaires. Impact sur la sûreté et l'environnement.

En cas d'accident avec fusion du cœur du réacteur, l'eau de refroidissement doit assurer une inondation passive du confinement de manière à prévenir une fusion de la cuve du réacteur.

• Les ruptures de tubes des générateurs de vapeur (RTGV) sont un problème générique sur les réacteurs à eau pressurisée.

Les premières ruptures complètes ont eu lieu aux Etats Unis en 1987, la dernière en 1991²⁴. Les nombreuses anomalies d'étanchéité des tubes sur les réacteurs français ont conduit à des campagnes de remplacement intégral des tubes sur les générateurs de vapeur (découpe du corps de GV au-dessus de la plaque tubulaire, remplacement de tous les tubes, ressoudage des corps de GV).

En cas de sollicitation exceptionnelle des réacteurs lors d'un séisme, d'un incendie, les REP, réacteurs à eau pressurisée, (trois circuits distincts) ne se retrouveraient-ils pas dans la situation des REB, réacteurs à eau bouillante, de Fukushima (deux circuits distincts) avec la fuite du circuit primaire dans les bâtiments auxiliaires turbines ?

Tous les réacteurs sont loin d'avoir bénéficié à ce jour des opérations de remplacement prévues.

Qu'en est-il des opérations lourdes de remplacement de l'ensemble des générateurs de vapeur associés à un réacteur ? Depuis le rapport TANGUY (1989), alors responsable de la sûreté à EDF, seulement dix-huit remplacements ont été effectués, au rythme d'environ un par an.

Qu'en est-il pour les deux réacteurs 1300 MW de Flamanville ? L'appel d'offre pour le remplacement des 44 générateurs de vapeur des centrales de 1300 Mwe d'EDF vient à peine d'être lancé²⁵. Faut-il rappeler que le professeur Tanguy évaluait à quelques % les risques d'accidents graves dans les centrales françaises. Il craignait déjà qu'il puisse *"y avoir compétition entre gains de productivité et amélioration de la sûreté."*

• Gestion de la formation d'hydrogène en cas de rupture d'approvisionnement en eau de refroidissement du réacteur

A Fukushima l'évacuation des gaz afin d'évacuer l'hydrogène et/ou pour éviter la montée en pression et la ruine de l'enceinte réacteur, n'a pu être maîtrisée alors que le circuit d'évacuation dédié était pourvu de filtres à sable (défaillance du circuit et du contrôle commande). **Qu'en est-il sur les réacteurs en service et sur l'EPR ? Ce dispositif peut-il fonctionner de façon passive ?**

• Tenue des joints d'étanchéité sur circuit primaire à des températures supérieures à 300 °C

A Fukushima les joints de divers appareils sur cuve et sur circuit primaire ont perdu leur étanchéité à partir de la montée en température supérieure à 300 °C.

En cas de rupture du refroidissement du joint tournant des pompes primaires, quelles en seraient les conséquences, quel serait le taux de fuite -conduisant au découvrtement des combustibles- ?

Qu'en est-il sur les réacteurs en service et sur l'EPR ? Comment évolue le seuil de tenue en température des joints avec le vieillissement ?

24 Site IRSN, rubriques « Le fonctionnement des générateurs de vapeur » et « Risques de rupture et prévention ».
25 Aréva et EDF mettent en scène leur réconciliation, Le Monde 27 juillet 2011.

• **Quelle résistance les réacteurs pourraient-ils opposer face à la chute d'un aéronef ou d'actes de malveillance ?**

• **Quelle résistance auraient des piscines d'entreposage des combustibles irradiés face à la chute d'aéronefs ou d'actes de malveillance ?**

• **Les risques de sismicité ont-ils été suffisamment pris en compte en ce qui concerne les 2 premiers réacteurs de Flamanville et l'EPR?**

Dans sa lettre d'inspection du 10 août 2011 au directeur de la centrale de Flamanville, l'ASN note qu'elle garde une «*impression mitigée*» concernant la conformité au risque sismique du site. Elle demande notamment que la tenue au séisme du "bloc de sécurité" (BDS) et des "locaux techniques de crise" (LTC) qui n'avait pas été historiquement prise en compte, le soit dans un nouveau bâtiment commun aux réacteurs 1 et 2 et à l'EPR. Ce dernier est dimensionné pour un séisme de 5,7 sur l'échelle de Richter en référence au plus grave séisme survenu dans la région de mémoire d'homme Jersey en 1926, avec 5,2.

Or, dans son ouvrage "*Chronique de la sismicité de la Normandie*", le géologue et préhistorien, M. GRAINDOR (1914-1993), docteur es sciences, chargé de recherches au CNRS répertorie les séismes qui ont affecté la Normandie parmi lesquels celui du 17 février 1927, d'intensité 6 à 6,5, largement ressenti sur la côte ouest du Cotentin.

M. Graindor conclut en estimant qu'il est peu probable que nous soyons prochainement témoins de bouleversements considérables de la face de la Terre, en Normandie, mais qu'il serait fort téméraire d'affirmer que les conditions actuelles ne changeront pas ou ne se modifieront que lentement.

La prudence n'exige-t-elle pas de reconsidérer l'aptitude sismique des réacteurs de Flamanville au regard du séisme du 17 février 1927 ?

Le cas de l'EPR

• **Point sur la fiabilité des grappes de contrôle**

« Les accidents de réactivité peuvent se produire lors de l'éjection d'une barre de contrôle, éjection qui multiplie, en quelques dizaines de millisecondes, le nombre de neutrons. La température du combustible augmente alors très fortement, et des produits de fission sont produits en grande quantité à l'intérieur de la gaine. Ces produits auront tendance à pousser les pastilles de combustible vers la gaine, produisant une interaction mécanique très forte. Nous travaillons à ce problème au sein de l'installation CABRI en cours de construction à Cadarache, afin de définir les critères de tenue du combustible lors d'un tel événement. Lorsque le programme international CABRI sera opérationnel, il nous faudra étudier le comportement du combustible après ballonnement et rupture, et pourquoi pas envisager de nouveaux matériaux pour les gaines et les combustibles. »²⁶

M. Béhar, directeur de l'énergie nucléaire, (CEA)

Les grappes ou barres de contrôle sont conçues en métaux absorbants de neutrons, elles permettent de piloter la puissance du réacteur au fur et à mesure de la consommation de l'uranium fissile, de réduire la puissance du réacteur et de l'arrêter. En cas d'incident leur chute arrête instantanément la réaction nucléaire. Elles tombent par gravité parmi les crayons de combustible. Leur éjection (EDG) est un phénomène qui risque d'entraîner l'excursion critique et la fuite du circuit primaire dans l'enceinte réacteur.

26 OPECST, Rapport de la mission parlementaire sur la sécurité nucléaire, la place de la filière et son avenir. Audition du 24 mai 2011, page 392.

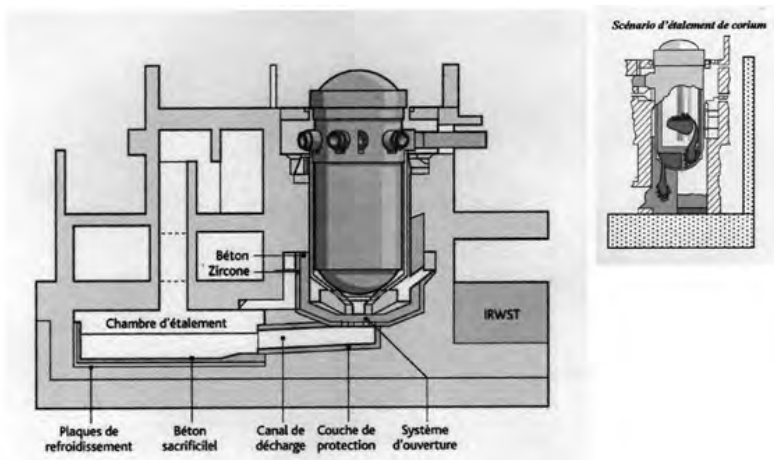
Alors que les recherches pour fiabiliser les matériels existants vont être entreprises, on peut s'interroger sur les options prises sur les grappes de contrôle de Flamanville 3 (EDG FA3) :

- 4 soudures au lieu d'une seule sur l'enceinte du mécanisme de commande des grappes,
- fragilité de l'acier inoxydable utilisé pour réaliser les enveloppes des mécanismes de commande,
- absence de dispositif de blocage de l'éjection des grappes.

• Efficacité du récepteur de corium et le risque d'explosion lié à ce système de sauvegarde.

La chambre devant assurer la réception et l'expansion du cœur fondu est présentée comme l'innovation technologique majeure dans la sûreté passive de l'EPR. Dans la phase accidentelle de coulée du corium vers sa chambre d'expansion, **comment garantir que l'eau utilisée par ailleurs pour refroidir le réacteur ne se répandra pas vers ce bassin de rétention, conduisant ainsi à de violentes explosions et à une contamination de tout le réacteur?**

Réacteur EPR – Schéma du récupérateur de corium (Source : IRSN)



• Naufrage d'un pétrolier et marée noire

Lors de l'assemblée des CLI du 18 avril 2011, le représentant EDF a affirmé que l'échouage d'un pétrolier et l'éventualité d'une marée noire entraînant la suppression de la circulation d'eau de mer dans la source froide des réacteurs était intégrée dans les rapports de sûreté (Incidence sur l'alimentation de la source froide des réacteurs situés en bord de mer, Flamanville, Paluel, Penly et Gravelines.)

Les marées noires récentes (Golfe du Mexique en 2010 par exemple) montrent que les hydrocarbures

ne sont pas répandus uniquement en surface, mais qu'il y a mixtion dans l'eau de mer²⁷. Dans le cas du fioul lourd de l'Erika, les dépôts par nappes sur les fonds ont persisté plusieurs années.

La consultation du Rapport préliminaire de sûreté de l'EPR de Flamanville, communiqué aux membres de la CLI de Flamanville en juillet 2007, permet de constater que ce document ne mentionne pas cette prise en compte d'un naufrage de pétrolier sur un réacteur présenté comme le plus sûr dans la série des réacteurs à eau pressurisée.

En matière d'agression liée à l'environnement industriel et aux voies de communication, seul est pris en compte l'échouage d'un chimiquier ou d'un transporteur de gaz liquéfié.

L'occurrence d'un naufrage²⁸ lors d'une tempête est pourtant une catastrophe relativement courante sur les côtes françaises : Torrey Canon 1967, Amoco Cadiz 1978, Erika 1999, Prestige 2002. Plus d'un naufrage de pétrolier tous les dix ans sur nos côtes.

L'approche du chenal d'alimentation en eau de mer du site de Flamanville semble ne pas trop poser de problème aux navires de fort tonnage : dans la nuit du 1er janvier 1987, Le Kini Kersten porte conteneur allemand s'échoue sur la plage du Rozel, à 5 km de l'entrée du chenal de Flamanville. Après un slalom entre les îles anglo-normandes pour quitter le rail des Casquets. La position échouée sur le sable étant plus confortable que le Raz Blanchard pour poursuivre les libations de fin d'année 1986.

« Un exemple : la centrale de Gravelines, dans le Nord, se trouve au bord du fameux « rail de la Manche ». Que se passe-t'il si un pétrolier s'échoue et prend feu à proximité des réacteurs ? Voilà le genre de questions qu'il ne faut pas éluder. »

Jacques Repussard, directeur de l'IRSN, *Le Figaro* 17 juin 2011.

27 L'article du Monde du 20 avril 2011 (page 4) sur le bilan de la catastrophe du Golfe du Mexique donne l'ordre de grandeur du pétrole brut dissous dans l'eau de mer lors d'une marée noire : 30 % (en millions de barils déversés, 1,225 dissous pour 4,1 déversés).

28 Signalons dans le genre événement « hautement improbable » la collision en plongée de 2 sous-marins nucléaires lanceurs d'engins, HMS Vanguard et SNLE Le Triomphant, « début février 2009 ». *Le Monde*, 16 février 2009.

Glossaire

- **PUI** : Plan d'Urgence Interne ; plan établi par l'exploitant d'une INB (Installation Nucléaire de Base) en prévision de la gestion d'une crise.
 - **Plan OrsecRad** : Annexe du plan ORSEC (organisation de Secours) indiquant les dispositions à prendre en cas d'accident à caractère radiologique. Il définit la répartition des responsabilités et la structure du commandement et fournit un répertoire des moyens disponibles. Pour chaque centrale nucléaire, il existe un plan spécifique appelé PPI (Plan Particulier d'Intervention)
 - **CODIRPA** : Comité directeur pour la gestion de la phase post-accidentelle d'un accident nucléaire mis en place en 2005 par l'ASN. Le CODIRPA a pour objectif de préparer les dispositions d'une gestion post-accidentelle, en particulier celles portant sur la gestion sanitaire des populations, les conséquences économiques ou la réhabilitation des conditions de vie dans les zones contaminées.
 - **OPECST** : l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques a été créé par la loi du 8 juillet 1983. Cet Office a pour mission, aux termes de la loi, d'informer le Parlement des conséquences des choix de caractère scientifique et technologique afin, notamment, d'éclairer ses décisions. A cet effet, l'Office recueille des informations, met en œuvre des programmes d'études et procède à des évaluations.
 - **CEA** : Commissariat à l'Energie Atomique.
 - **l'IRSN** : L'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire est l'expert public en matière de recherche et d'expertise sur les risques nucléaires et radiologique
 - **ASN** : L'Autorité de Sécurité Nucléaire a été créée par la loi TSN. Elle est chargée de contrôler les activités nucléaires civiles en France. L'ASN assure, au nom de l'État, le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France pour protéger les travailleurs, les patients, le public et l'environnement des risques liés aux activités nucléaires. Elle a également pour mission de contribuer à l'information des citoyens.
 - **Loi TSN** : loi du 13 juin 2006 relative à la Transparence et à la sécurité en matière Nucléaire
 - **HCTISN** : Haut Comité à la Transparence et à l'Information sur la Sûreté Nucléaire (créé par la loi TSN).
 - **CLI** : Commissions Locales d'Information
- Ces commissions ont une mission générale de suivi, d'information et de concertation en matière de sûreté nucléaire, de radioprotection et d'impact des activités nucléaires sur les personnes et l'environnement. La loi TSN prévoit l'existence de CLI auprès de chaque Installation Nucléaire de Base (INB).
- **MOX** : Combustible nucléaire mixte à base d'oxyde d'uranium appauvri et d'oxyde de plutonium issu du retraitement. 28 réacteurs d'EDF sont autorisés à utiliser ce combustible.
 - **EPR** : réacteur à eau pressurisée ; nouveau type de réacteur nucléaire développé par AREVA-NP comprenant des innovations en matière de sûreté, d'utilisation des combustibles et de gestion.
 - **REB** : Réacteur à Eau Bouillante
 - **REP** : Réacteur à eau pressurisée
 - **Corium** : Amas de combustibles et d'éléments de structure du cœur d'un réacteur nucléaire fondus et mélangés, pouvant se former en cas d'accident grave.

Unités

- **Activité** : le **becquerel** (Bq) est l'unité légale de mesure internationale utilisée en radioactivité. Le Bq mesure l'activité d'une source radioactive par seconde, cette transformation s'accompagnant de l'émission d'un rayonnement. Par exemple, un corps dont l'activité est de 100 becquerels signifie que 100 atomes s'y désintègrent à chaque seconde.
 - **Dose absorbée** : Quantité d'énergie absorbée par la matière vivante ou inerte et par unité de masse. L'unité de dose absorbée est le **gray**. C'est la dose absorbée dans une masse de matière de 1 kilogramme à laquelle les rayonnements ionisants communiquent en moyenne, de façon uniforme, une énergie de 1 joule.
 - **Dose efficace** : Pour les besoins de la radioprotection on définit une grandeur appelée dose efficace qui essaie de tenir compte, chez l'homme, des dommages radiologiques occasionnés. Une même dose de rayonnement ne provoque pas les mêmes dommages suivant le type de rayonnement (alpha, bêta ou gamma) et suivant le type de tissus touchés.
- La limite réglementaire pour l'exposition de la population aux rayonnements dus à la radioactivité artificielle en France est de 1 milli Sievert par an (mSv/an). Le **Sievert** est l'unité de dose qui rend compte des dommages radiologiques occasionnés.
- **Débit de dose (efficace)**
C'est le débit de quantité de dose efficace exprimée en unité de temps : **Sievert par seconde** (Sv/s).
 - **Rayonnement ionisant**
Processus de transmission d'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques (photons gamma) ou de particules (alpha, bêta, neutrons) capable de produire directement ou indirectement des ions en traversant la matière. Les rayonnements ionisants sont produits par des sources radioactives. En traversant les tissus vivants, les ions provoquent des phénomènes biologiques pouvant entraîner des lésions dans les cellules de l'organisme.