Un document de synthèse de la Société Française d'Energie Nucléaire diffusé aux médias début mars 2013

Les suites de l'accident de Fukushima : où en est-on en mars 2013 ?

Le 11 mars 2011, un gigantesque séisme secouait Honshu, la grande île du Japon, déclenchant un tsunami violent qui a dévasté sa côte nord-est sur plusieurs centaines de kilomètres. Sur ce cataclysme naturel, qui a fait 20 000 victimes, s'est greffé un accident nucléaire majeur qui a détruit 4 des six réacteurs de la centrale nucléaire de Fukushima-Daiichi. Le monde entier a pu voir en direct les explosions d'hydrogène qui ont volatilisé le haut de trois des bâtiments réacteurs, et entraîné des relâchements de radioactivité ayant contaminé une grande langue de terre au nord-ouest du site, provocant l'évacuation, forcée ou volontaire, de près de 150 000 habitants.

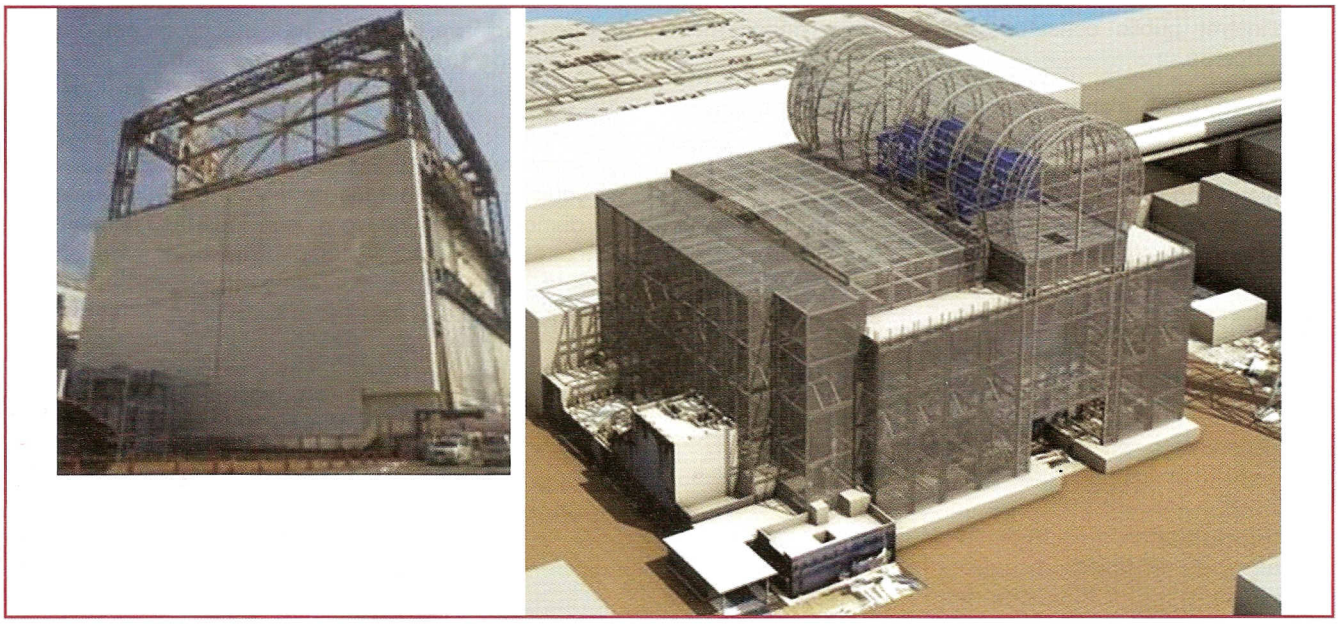
Où en est-on deux ans plus tard ? La SFEN fait le point de la situation alors que le pays s'est engagé dans un gigantesque effort de reconstruction suite aux dégâts causés par le tremblement de terre et le tsunami.

Nous remercions vivement nos experts (dans les domaines des réacteurs, de la radioprotection, de la médecine nucléaire) Bertrand Barré, Jacques Blanc, Valérie Faudon, Yvon Grall, Jean-Pierre Pervès pour la contribution apportée à l'élaboration de ce document.
Pour tout contact ou précision : Francis Sorin : fsorin@sfen.fr

1. Etat du site : les travaux de protection et d'assainissement se poursuivent à un rythme soutenu

*** Les cœurs de trois des réacteurs** ont fondu plus ou moins complètement dans les trois jours qui ont suivi le séisme. Dans les premières semaines, malgré le désastre provoqué par le tsunami dans la province, l'alimentation électrique a pu être rétablie, le site a été déblayé des plus gros débris qui empêchaient les accès et les fuites d'eau radioactive vers le Pacifique ont été pratiquement arrêtées. Après des mois d'efforts pour les refroidir avec des moyens de fortune, en décembre 2011, ces réacteurs ont été stabilisés, mis en état d'arrêt froid, c'est-à-dire cœurs re-solidifiés à l'intérieur des confinements, sans risque de nouvelle fusion. Depuis cette date, les relâchements atmosphériques résiduels de radioactivité en limite de site sont négligeables.

*** Un nouveau bâtiment a recouvert le réacteur numéro 1** et un deuxième est prêt à être construit autour du réacteur 3 (figure 1). Le bâtiment du réacteur 2 est intact, son confinement a été seulement endommagé. Les digues de protection ont été rehaussées et les travaux préalables à la construction d'un mur semi-enterré, destiné à empêcher toute nouvelle fuite d'eau contaminée vers l'océan (Figure 2), sont engagés. Le stockage d'effluents contaminés va être porté de 270 000 à 700 000 m³ d'ici 2016.



Tepco

Fig. 1 - Couvertures du réacteur 1 (opérationnelle) et du réacteur 3 (2015)

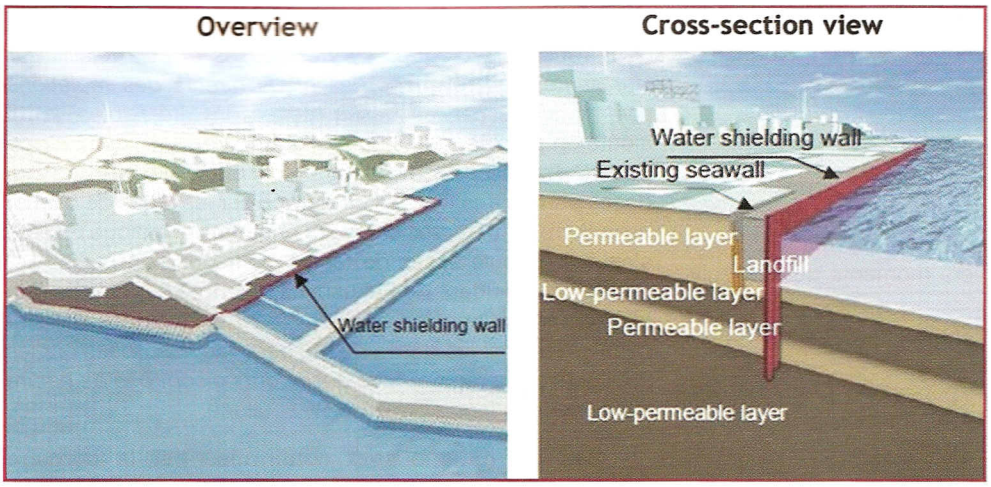


Fig. 2 - Mur semi-enterré de protection

par le METI et comprenant notamment des dirigeants de Toshiba, Hitachi, Tepco. Il est vraisemblable que des firmes françaises apporteront leur concours aux opérations de démantèlement de la centrale accidentée.

2. De l'avis des experts japonais et internationaux, les dommages sur la santé des populations riveraines devraient être très limités

*** Rappelons d'abord que l'accident de Fukushima n'a pas fait de morts.** Les six décès survenus sur le site chez les personnels d'intervention entre mars 2011 et janvier 2012 n'ont pas eu pour cause directe l'accident lui-même mais sont dus au tsunami ou à des problèmes de santé particuliers à chacune des personnes décédées. Ces précisions sont nécessaires car beaucoup de gens sont persuadés que l'accident de Fukushima a fait de nombreux morts, mettant sur son compte une partie des 20 000 victimes recensées par les autorités japonaises au titre du séisme et du tsunami.

*** Les relâchements de radioactivité provoqués par l'accident de Fukushima** classent ce dernier comme ***accident majeur,*** au niveau 7, le plus élevé de l'échelle INES (International Nuclear Event Scale). Pour autant, les effets sanitaires liés à la radioactivité devraient être très limités, grâce notamment aux mesures d'évacuation ordonnées précocement par les autorités. C'est la conclusion de la dernière étude publiée en 2012 par l'OMS *(Preliminary dose estimation from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami)* et de l'étude que l'organisation vient de publier fin février 2013 (voir plus loin). Les autres études japonaises et internationales publiées en 2011 et 2012 en arrivent sensiblement aux mêmes conclusions :

*** Le réacteur 4** était à l'arrêt au moment de l'accident, cœur entièrement déchargé mais piscine remplie d'assemblages combustibles usés. De l'hydrogène provenant du réacteur voisin y a néanmoins explosé, faisant croire à tort pendant deux mois qu'une partie du combustible avait fondu. Le support de la piscine a été solidement renforcé pour qu'elle résiste à une forte réplique sismique éventuelle. Le haut du bâtiment réacteur a été débarrassé, et une superstructure est en cours de construction (figure 3) pour permettre l'extraction des combustibles usés en toute sécurité.

Les combustibles entreposés dans les piscines de stockage devront être évacués du site en deux ans, puis commenceront les opérations délicates de récupération, conditionnement et évacuation des débris des cœurs des réacteurs 1, 2 et 3. Ceci pourrait nécessiter une dizaine d'années.

*** Quant au démantèlement complet du site,** il pourrait s'étaler sur 30 à 40 ans. Les Japonais s'y préparent et nouent des contacts, dans cette perspective, avec les industries nucléaires d'autres pays, notamment la France. C'est ainsi qu'un séminaire sur ce thème devait se tenir à la mi-mars 2013 à Paris, accueillant une délégation japonaise conduite

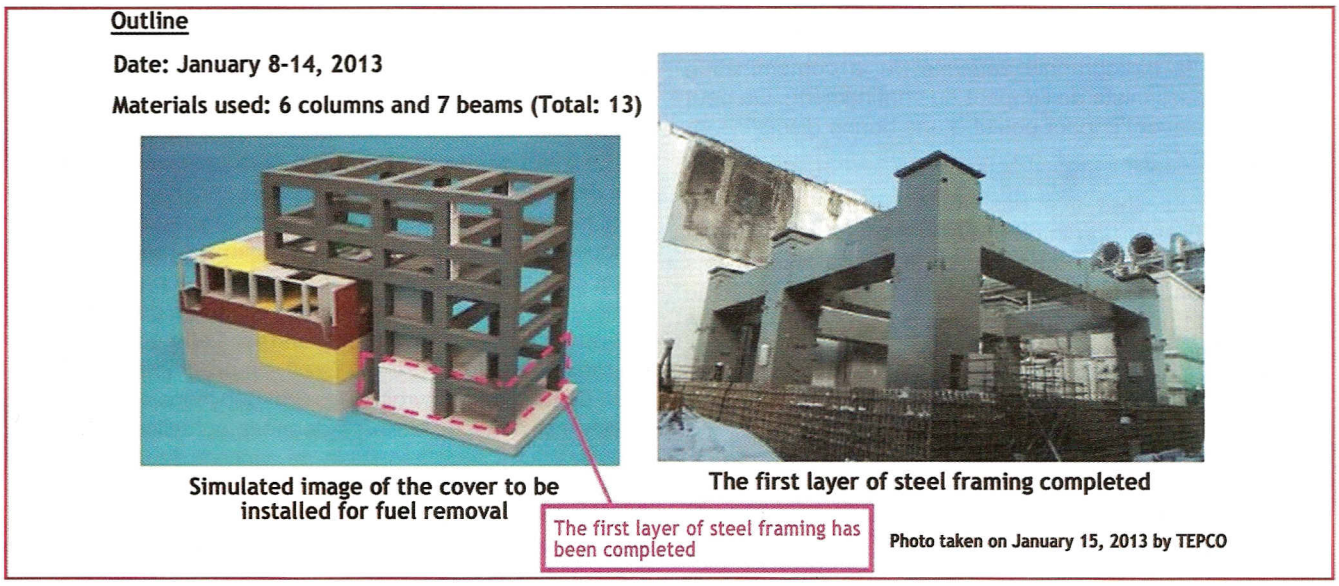


Fig. 3 - "Hotte" de déchargement de la piscine 4 : mise en place de la structure

mentionnons notamment les études du National Institute for Radiological Sciences (NIRS, Japon) et de l'UNSCEAR, comité scientifique de l'ONU.

2.1 Exposition des travailleurs sur le site

Au 27 décembre 2012, le bilan de l'exposition des travailleurs a été réactualisé par Tepco. Plus de 25 000 travailleurs sont intervenus sur le site de mars 2011 à novembre 2012 ; dans les premiers moments qui ont suivi l'accident :

- 6 travailleurs ont reçu des doses (interne + externe) supérieures à 250 mSv ;
- 167 travailleurs (dont les six personnes précitées) ont reçu des doses (interne + externe) supérieures à 100 mSv.

Rappelons que la dose annuelle autorisée pour un travailleur du nucléaire en circonstances normales est de 20 mSv/an. Cependant, un dépassement des limites d'expositions de 100 à 250 mSv, a été autorisé de mars 2011 à août 2011 pour circonstances d'urgence. Il faut savoir qu'en dessous d'une exposition instantanée de 100 mSv, on n'a jamais observé quelque effet sanitaire que ce soit.

Les doses (externes + internes) des intervenants ont été en diminution constante et, au dernier semestre 2012, sur environ 5500 individus (dont 83 % de sous-traitants de Tepco), les doses mensuelles mesurées, ont été toutes inférieures à 20 mSv/mois (0,26 % entre 10 et 20 - 2,6 % entre 5 et 10 – 25 % entre 1 et 5 – 72 % inférieures à 1).

Les doses limites pour les intervenants sont depuis décembre 2011 les doses légales japonaises, soit 50 mSv/an et 100 mSv sur 5 ans.

2.2 Exposition des populations voisines

Une première estimation de l'exposition externe des populations, portant sur 14 000 habitants résidant dans la préfecture même de Fukushima, a été publiée en juin 2012. Elle indique qu'au cours de quatre premiers mois suivant l'accident :

- 0,7 % des résidents auraient été exposés à des doses supérieures à 10 mSv par exposition externe ;
- 42,3 % auraient été exposés à des doses comprises entre 1 et 10 mSv.

Les doses sont globalement inférieures d'un facteur 5 à 10 à celles qui avaient été estimées initialement par calcul en fonction de la cartographie aérienne de la contamination (estimation pessimiste de l'impact du confinement). On peut également relever l'impact positif d'une bonne discipline de la population.

Ces résultats sont très bas, mais ils ne tiennent pas compte de l'exposition interne aux radionucléides, qui est encore inconnue mais probablement faible car les aliments contaminés ont été retirés efficacement du marché. Du 26 au 30 mars 2011, environ 1100 mesures de la thyroïde ont été effectués chez des nourrissons et des enfants jusqu'à 15 ans, avant que l'iode ne disparaisse par décroissance radioactive : aucun n'avait reçu de dose à la thyroïde supérieure à 100 mSv (dose à partir de laquelle la prise d'iode est recommandée).

*** Les tout derniers commentaires du NIRS japonais (15/2/2013)** confirment la perspective d'un impact sanitaire faible auprès des populations riveraines. Un chercheur de l'Institut, le professeur Sakai, l'a souligné le 15 février lors d'une rencontre avec la presse étrangère : *"...les effets de l'accident sont importants : des personnes sont mortes lors de l'évacuation, d'autres sont anxieuses et cela rejaillit sur leur santé... en revanche, les effets directs des radiations sont invisibles car les doses reçues ont été faibles"* a-t-il ajouté en précisant qu'il ne parlait que des habitants et non pas des travailleurs de la centrale qui ont été exposés à des doses parfois très élevées. Interrogé sur les 3 cas de cancer de la thyroïde détectés chez des enfants, il a indiqué qu'il ne s'est pas écoulé assez de temps pour que l'on puisse lier ces cas à l'accident de Fukushima. Il a noté par ailleurs que les mesures effectuées évaluent à 20 et quelques millisieverts, ou moins, les doses de radioactivité absorbées par les habitants de la région, *"des doses qui ne sont pas de nature à susciter des inquiétudes"* a-t-il souligné.

*** Ces estimations sont confirmées par la dernière enquête de l'OMS publiée le 28 février 2013.** Cette enquête établit qu'en dehors des zones les plus touchées par la radioactivité, et y compris même en certains endroits de la préfecture de Fukushima, *"les risques prévus sont faibles"* et l'on ne s'attend à aucune *"augmentation observable"* des cancers. Pour l'ensemble de la préfecture l'OMS juge les niveaux de dose *"trop faibles"* pour qu'il y ait des conséquences sur les naissances. Cela ne devrait entraîner d'augmentation *"ni des fausses couches, ni de la mortalité périnatale, ni des anomalies congénitales"*. Globalement, l'OMS estime que l'accident ne devrait entraîner *"aucune augmentation perceptible des risques à l'intérieur et à l'extérieur du Japon"*. Dans les zones les plus touchées, l'OMS établit, pour les cancers et leucémies, une faible augmentation des risques par rapport aux taux d'incidence spontanée de ces maladies. Pour parvenir à ces résultats, les options méthodologiques utilisées ont été choisies pour éviter toute sous–estimation des risques. Le gouvernement japonais a fermement contesté cette démarche en soulignant que *"les calculs de l'OMS ont été basés sur l'hypothèse que les gens ont continué de vivre dans cette zone et de manger la nourriture interdite...ce qui n'est pas le cas"*. En fait, les autorités japonaises estiment que l'augmentation des risques évaluée par l'OMS, même si elle est limitée, reste trop élevée et proclament qu'*"il est erroné de croire que les résidents proches de la centrale vont développer des cancers dans ces proportions"*. Concernant les travailleurs qui sont intervenus en urgence sur le site, l'OMS estime qu'environ les deux tiers présenteraient *"des risques semblables à ceux de la population générale et un tiers d'entre eux un risque majoré"*. L'OMS souligne enfin qu'il faudra surveiller à long terme l'état des personnes exposées.

*** Le bilan sanitaire effectif ne sera précisément connu que dans plusieurs années,** mais il le sera car le gouvernement japonais a décrété le lancement d'une étude épidémiologique parmi les plus ambitieuses jamais menées sur les effets des radiations à faibles doses. La population ciblée comprend tous les résidents de la préfecture de Fukushima, soit **plus de 2 millions de personnes**. Cette étude va durer (au moins) trente ans. De surcroît, un programme systématique de suivi de la thyroïde des 380 000 jeunes de moins de 18 ans est engagé. Mais les données actuelles permettent de prévoir un risque très faible de cancers de la thyroïde en raison d'une mise en place efficace des mesures de confinement d'une population ne souffrant pas d'une carence d'iode, de la décroissance radioactive des iodes à vie courte avant les relâchements massifs de radioactivité (contrairement à Tchernobyl où le réacteur ayant explosé était en fonctionnement). Les temps de latence sont tels que ce type de cancer ne

devrait pas être constaté avant environ 6 ans.

3. Vers les zones évacuées, premiers retours imminents

Entre le soir du 11 mars et le 14, les zones de 2, 3, 10, puis 20 km autour de la centrale accidentée ont été évacuées par les autorités. Ces évacuations successives auraient pu être à l'origine d'une mort prématurée de plusieurs dizaines de personnes âgées et hospitalisées.

Le 15 mars, il a été conseillé aux personnes habitant entre 20 et 30 km de se confiner dans les bâtiments. Le 25 mars, l'évacuation leur a été conseillée, mais pas imposée. On sait que les vents ont tourné le 15 mars, ce qui a entraîné la contamination du "couloir d'Itate" sur une cinquantaine de kilomètres de profondeur, mais l'évacuation dans cette zone, au-delà des 30 km, n'a été réalisée que fin avril.

Les populations évacuées ont été logées temporairement dans des villages de préfabriqués. Les indemnisations des 170 000 personnes concernées sont évaluées à 6 milliards d'euros.

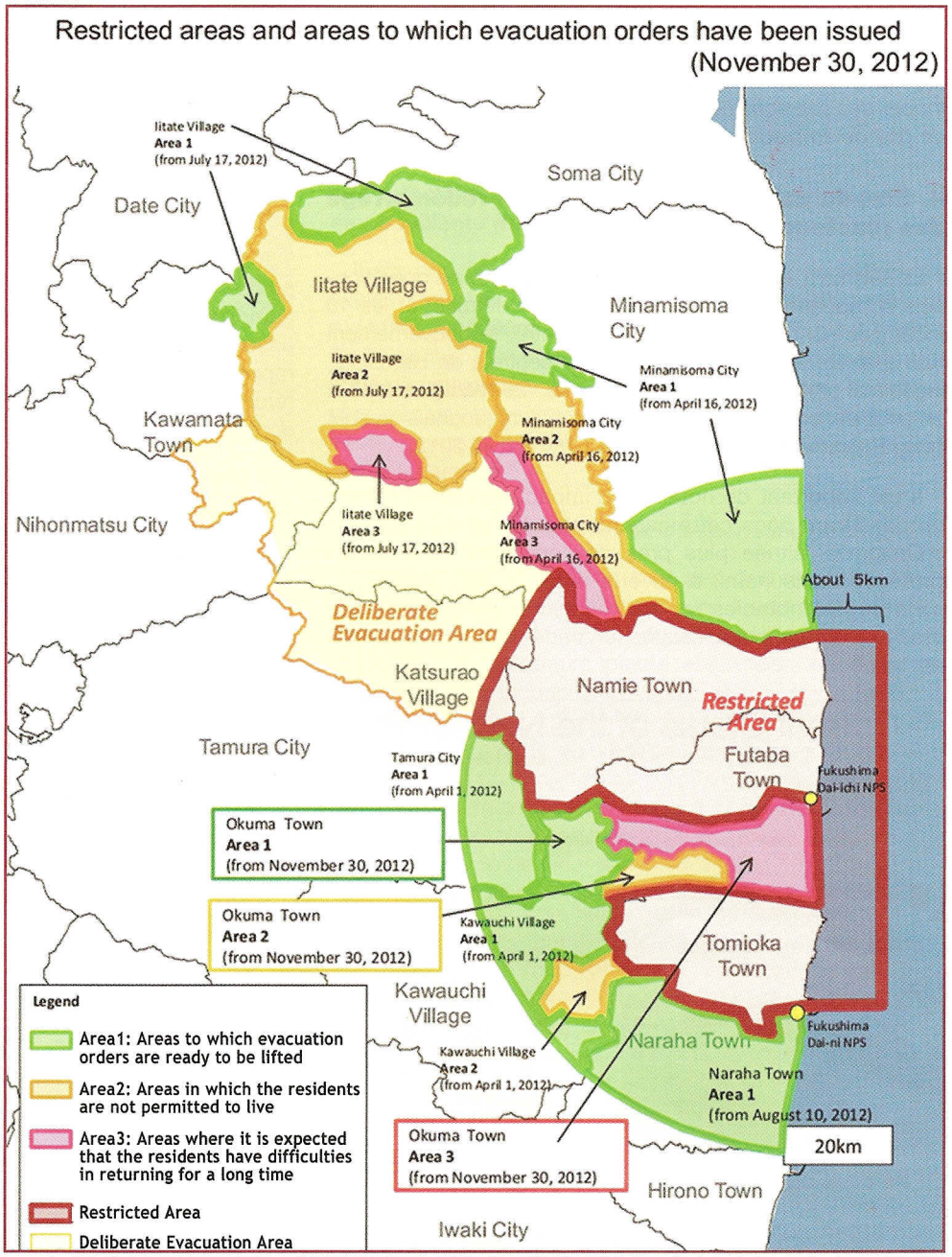


Fig. 4 - Différentes zones en fonction de leur contamination

* **Depuis le 1er avril 2012, le zonage défini par le gouvernement japonais** est le suivant (Figure 4) :

- Zones où la levée de l'évacuation est en cours de préparation (area 1, en vert) : la dose externe susceptible d'être reçue est inférieure à 20 mSv/an. Les personnes sont donc autorisées, dans un premier temps, à rester temporairement sur place (séjour d'une journée) et à reprendre certaines activités industrielles et agricoles;

- Zones où le retour des populations est envisagé à plus long terme (area 2, en jaune) : la dose externe susceptible d'être reçue est supérieure à 20 mSv/an. Seuls des retours ponctuels des populations sont autorisés en attendant la levée définitive de ces restrictions ;

- Zone où le retour des populations n'est pas encore envisagé, même à long terme (area 3, en rouge) : la dose externe susceptible d'être reçue est supérieure à 50 mSv/an.

Dans les zones vertes, l'autorisation de retour des populations pourrait être imminente, mais le délai de reconstruction des infrastructures détruites par le tsunami pourrait retarder les opérations de retour.

Sur les 515 km² de terres où la contamination occasionnerait une dose supérieure à 20 mSv/an, seulement 10 km² étaient habités, 88 km² sont des terres agricoles et 408 km² sont occupés par des forêts, difficiles à décontaminer mais où on ne séjourne pas 7 jours sur 7 ni 24 heures sur 24.

* **Il est important de souligner l'effort considérable de décontamination** qui a commencé dès novembre 2011 avec l'objectif de redescendre à terme partout en dessous de 1 mSv/an. Les déchets résultants sont entreposés temporairement après nettoyage des sols (figure 6). Des points d'étape à plus court terme ont été définis par le gouvernement :

- Pour les zones comprises entre 20 et 50 mSv/an, descendre en dessous de 20 avant mars 2014 ;
- Pour les zones inférieures à 20 mSv/an, diviser la dose par 2 en août 2013 et atteindre 1 mSv/an en septembre 2016.

Notons que le CEA et AREVA collaborent pour proposer auprès des administrations et industriels japonais des techniques issues de leurs propres expériences ou pour développer des solutions nouvelles adaptées à une contamination de grande ampleur.

4. Etat du parc nucléaire japonais : redémarrage des réacteurs à cinq conditions

Le séisme a affecté 14 des 54 réacteurs japonais opérationnels à l'époque. 4 de ces réacteurs sont détruits, et les 10 indemnes sont arrêtés *sine die*. En outre, le gouvernement Kan a arrêté les trois réacteurs de la centrale de Hamaoka, jugés mal protégés contre les tsunamis. 20 réacteurs étaient en arrêt périodique. Les 17 autres réacteurs japonais se sont progressivement arrêtés entre mai 2011 et avril 2012.

Il est important de noter que l'impact du tsunami à été prépondérant dans cette catastrophe. En effet la centrale d'Onagawa, située plus près de l'épicentre mais mieux protégée du tsunami, a pu être mise en état d'arrêt sûr, sans dégâts notables sur les réacteurs, alors que le site était très affecté par le séisme (enfoncement général du sol de 1 m !).

Le redémarrage de ces 37 réacteurs a été lié à 5 conditions :
- réaliser les "stress tests" et en soumettre les résultats à l'autorité de sûreté ;
- réaliser les travaux qui seront ordonnés selon les délais imposés ;
- obtenir le feu vert de cette autorité ;
- obtenir l'autorisation du gouverneur de la préfecture ;
- obtenir enfin l'autorisation du gouvernement central.

A cette date, seuls les réacteurs Ohi 3 et 4, réacteurs à eau pressurisée (REP) appartenant à la société Kansai ont été autorisés à redémarrer (Figure 5). ***28 autres réacteurs*** ont engagé les améliorations requises et ont soumis leurs rapports de stress tests aux autorités de sûreté, mais la réforme de ces dernières ne leur a pas encore permis de donner leur feu vert.

A titre d'exemple de la rapidité d'action sur le terrain : le site de Hamaoka vient d'être protégé par un mur de 1,6 km de long et de 22 m de hauteur (figure 7).

5. Opinion publique

Bien évidemment, la population japonaise a été fortement traumatisée par l'accident, et l'acceptation du nucléaire a connu un effondrement durable. Le Japon est l'un des trois pays - sur 24 sondés par IPSOS - où le soutien au nucléaire a continué à décliner après le choc initial. Dans le détail, cette acceptation varie beaucoup d'une préfecture à l'autre.

Force est néanmoins de constater une évolution à l'occasion des élections générales de décembre 2012 : celles-ci ont porté au pouvoir M. Shinzo Abe qui, à la différence de ses prédécesseurs, avait annoncé son intention d'autoriser le redémarrage du parc nucléaire à certaines conditions (voir ci-dessus). M. Abe et sa formation politique, le Parti Libéral-Démocrate, estiment que le nucléaire reste indispensable à l'économie japonaise. Ils sont suivis, sur ce point, par une bonne partie de l'opinion.

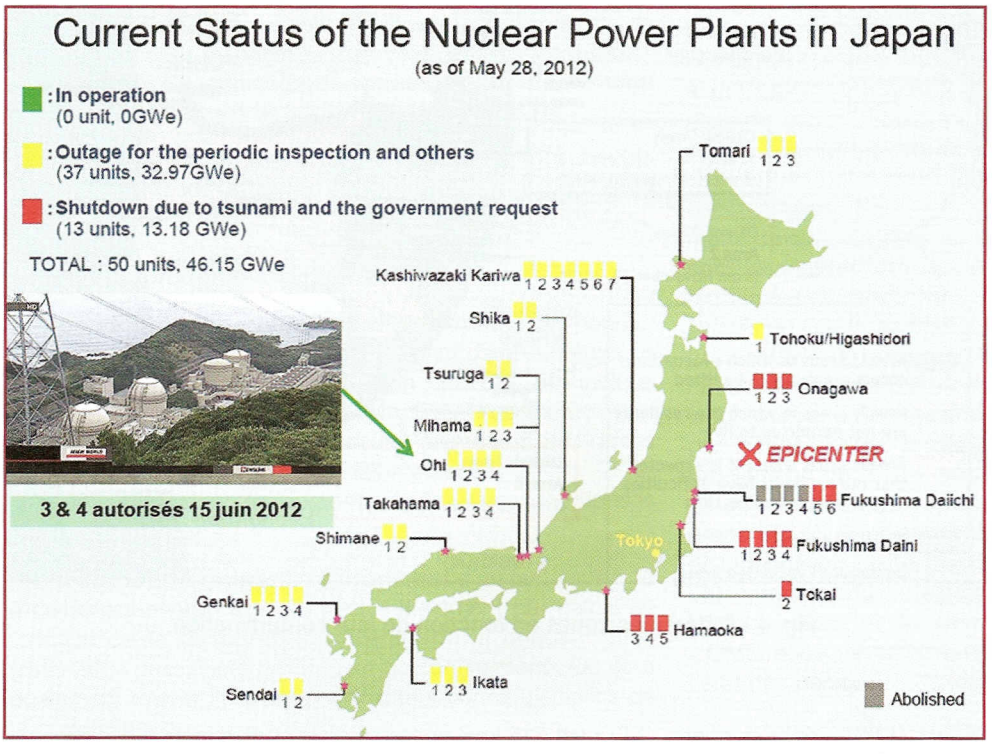
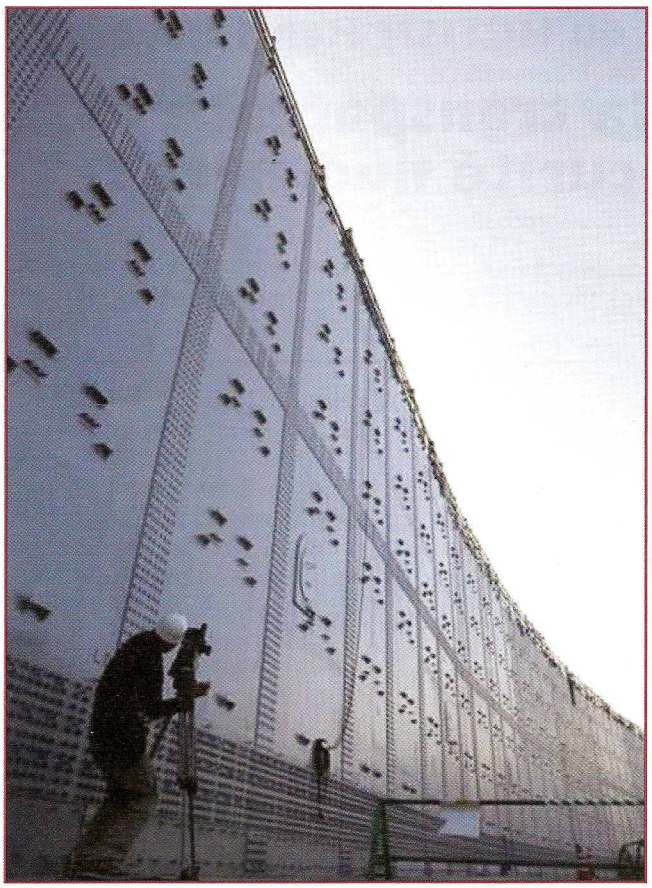


Fig. 5 - Etat du parc nucléaire japonais depuis juillet 2012

Fig. 6 - Décontamination des sols : mise en « Big bags » puis entreposage temporaire étanche



Chubu

Fig. 7 - Mur de protection anti-tsunami de la centrale de Hamaoka

Cela s'explique d'autant mieux que les conséquences pratiques et économiques de la mise hors service – provisoire – du parc nucléaire du pays sont pénalisantes. Ce parc assurait environ 30 % de la fourniture en électricité du Japon. Les particuliers ont été contraints de réduire leur consommation d'électricité, de même que les entreprises, ce qui a rejailli sur leur niveau d'activité et leurs résultats.

Pour **compenser** la mise hors service des centrales nucléaires, les compagnies d'électricité ont dû redémarrer des centrales thermiques, avec pour conséquence une hausse des importations de matières premières, principalement gaz et pétrole Ainsi, en 2011, la balance commerciale japonaise a été en déficit pour la première fois depuis 30 ans. Les achats de **pétrole** ont bondi de 21,3 %, ceux de charbon de 15,8 % et ceux de gaz naturel liquéfié de 37,5 %. En 2012 un déficit commercial de l'ordre de 59 milliards d'euros a été de nouveau enregistré, dont une large part est due aux importations de combustibles fossiles devant alimenter les centrales thermiques.

Annexes

1. Protection anti-tsunami défaillante des réacteurs à eau bouillante (REB) de Fukushima

Il est bon de souligner que les réacteurs de Fukushima avaient remarquablement résisté à un séisme d'une magnitude très supérieure à celle qui était envisagée à cet endroit. En revanche, leur protection anti-tsunami s'est révélée très sous-dimensionnée. Les réacteurs d'Onagawa, beaucoup plus près de l'épicentre mais sur une plateforme suffisamment haute, agressés par une vague de hauteur équivalente, sont restés indemnes.

2. Situation française et retour d'expérience de l'accident

Les réacteurs français ne sont pas des réacteurs à eau bouillante (REB), mais des réacteurs à eau sous pression (REP). En matière de sûreté, ils diffèrent des réacteurs de Fukushima sur plusieurs points essentiels : enceintes de confinement beaucoup plus vastes et robustes ; recombineurs d'hydrogène pour éviter les explosions de ce gaz ; possibilité, en cas de surpression dans l'enceinte, de l'évacuer à travers un filtre à sable piégeant la radioactivité. Ces dispositifs auraient, dans des circonstances identiques, limité considérablement l'impact sur l'environnement d'un accident du type de celui survenu à Fukushima.

Un évènement semblable (séisme violent et tsunami destructeur sur une grande surface) est bien sûr non envisageable en France mais, suite aux réévaluations de sûreté réalisées depuis, l'Autorité de Sûreté Nucléaire a édicté de nouvelles règles. Elles imposent désormais la prise en compte d'une dégradation massive d'un site dans son ensemble (avec perte simultanée des refroidissements, des alimentations électriques externes et affaiblissement des moyens humains et techniques d'intervention). Les réacteurs et sites français devront, dans des délais courts, mettre en place "un noyau dur" d'équipements pouvant résister en toutes circonstances (électricité, réfrigération des cœurs, poste de repli, instrumentation) et une équipe nationale d'intervention d'urgence. L'objectif est d'éviter toute contamination à long terme d'un territoire pouvant conduire à une décision d'évacuation des populations riveraines. Par ailleurs l'Autorité de Sûreté Nucléaire et les pouvoirs publics vont renforcer les plans de mise à l'abri des populations et de gestion des actions post-accidentelles.

❖❖❖