

FLASH N°25 – Septembre 2011

[Au sommaire de ce numéro :](#)

NIVEAUX DU SEISME ET DU TSUNAMI DU 11 MARS 2011 AU JAPON ET SUR LA CENTRALE NUCLEAIRE DE FUKUSHIMA.....1

LE GAZ NATUREL : UNE ENERGIE DE TRANSITION OU UNE ENERGIE DURABLE ?3

NIVEAUX DU SEISME ET DU TSUNAMI DU 11 MARS 2011 AU JAPON ET SUR LA CENTRALE NUCLEAIRE DE FUKUSHIMA

Par Jacky Rousselle (ECL 81)

Réagissez à ces articles sur le forum de www.centrale-energie.fr.

Dates à retenir

par *Christiane DREVET (ECN 65)*

• **22/09/11:**

ASIEM, 19H

Batteries et vecteur hydrogène

• **18/10/11 :**

ASIEM, 19H

Agrocarburants et Agriculture

ASIEM :

6, rue Albert de Laparent, 75007 Paris, Métros : Ségur ou Sèvres-Lecourbe

L'inscription en ligne s'opère à partir du lien sur l'invitation, insérée au site www.centrale-energie.fr, six semaines environ avant chacune des conférences

Le flash n°26 paraîtra au mois de novembre 2011

[Comité de relecture et de mise en page :](#)

Aurélien Déragne
Christiane Drevet
Claude Poirson

Le Japon a subi le 11 mars 2011 le tremblement de terre le plus intense depuis 140 ans d'enregistrements sismiques dans l'archipel. Il a été suivi par un tsunami qui a dévasté la côte nord-est de l'île de Honshu et a entraîné l'accident nucléaire à la centrale de Fukushima Daiichi.

L'objet de cet article est de présenter d'après les données japonaises, globalement, puis sur la centrale de Fukushima Daiichi et Daini, le séisme et le tsunami du 11 mars, afin d'en tirer le retour d'expérience.

1. Séisme de Tohoku du 11 mars 2011 :

1.1 Caractéristiques du séisme

Le séisme a eu lieu le vendredi 11 mars 2011 à 14h 46mn 23s heure locale (5h 46mn 23s UTC). Son épicentre était situé à 130 km à l'est de Sendai, dans la région de Tohoku, au niveau de la fosse du Japon et à l'est de l'arc du Japon, zone de subduction entre la plaque Pacifique et la Plaque Eurasie. La faille active s'est rompue sur plus de 400 km et cette longueur est corrélée à la magnitude (1) de ce séisme estimée de 8,9 (source USGS-NEIC) à 9,1 (source Global CMT Pro-

ject). Les japonais attendaient dans la région la répétition de séismes de magnitude 7,8 maximum (pour 8 dans la conception initiale) et avec des zones de rupture sur 50 à 100 km.

Les répliques sismiques nombreuses (par dizaines) qui se sont succédées ne sont pas présentées car elles étaient de magnitude moindre que l'événement du 11 mars. Il est seulement mentionné les deux plus fortes de ces répliques. Une première réplique très puissante s'est produite juste après le séisme du 11 mars au large de la préfecture d'Ibaraki, au nord-est de Tokyo et de niveau entre 7,4 et 7,7. Une seconde réplique de magnitude 7,4 a eu lieu le 7 avril 2011 à 23h 32 heure locale avec un foyer (38,2° N, 142,0° E) éloigné d'environ 40 km de la côte de la préfecture de Miyagi et sans tsunami (avec levées des alertes).

1.2 Enregistrement du séisme au niveau de la centrale de Fukushima

Le 1^{er} avril 2011 l'exploitant TEPCO a communiqué via NHK News les accélérations mesurées par les sismomètres du site. Les valeurs sont les suivantes :

| | n°1 | n°2 | n°3 | n°4 | n°5 | N°6 |
|---|---|------|------|---|------|---|
| Valeur maximum mesurée accélération sismique horizontale de sol (en gals) | proche ou en dessous de la valeur de conception | 550 | 507 | proche ou en dessous de la valeur de conception | 548 | proche ou en dessous de la valeur de conception |
| Ratio valeur max/valeur conception | | 1,26 | 1,15 | | 1,21 | |

- Réacteurs du site de Fukushima Daiichi

Les valeurs communiquées pour l'ensemble des réacteurs du site de Fukushima sont résumées dans le tableau page précédente.

Le réacteur n°2 a subi la plus grande accélération horizontale de sol : 550 gals soit 5,50 m/s². Ce niveau est 26% plus élevé que la valeur de conception, soit 437 gals.

- Réacteurs du site de Fukushima Daini

Les enregistrements ont montré que les 4 réacteurs ont subi des niveaux d'accélération sismique horizontale de sol proches ou en dessous du niveau de conception

L'exploitant TEPCO a précisé que les réacteurs avaient fait l'objet d'une réévaluation sismique par le gouvernement japonais il y a 5 ans et qu'ils avaient entrepris des travaux pour renforcer la résistance des réacteurs à un niveau d'accélération horizontale de 600 gals (6 m/s²) mais à la date du 11 mars 2011 ces travaux n'étaient pas achevés. La conception initiale était basée sur un séisme de magnitude 8 (437 à 453 gals d'accélération horizontale de sol selon les valeurs du tableau (2)).

2- Tsunami suivant le séisme du 11 mars 2011 (au moins 20.000 morts et disparus)

2.1 Caractéristiques du tsunami .

Le séisme du 11 mars a engendré à son foyer une élévation brutale du fond marin d'environ 5 mètres (3) puis le long de la faille rompue. Ce qui a généré le plus puissant tsunami au Japon depuis celui de 1896 sur la même côte. Les vagues deviennent de plus en plus hautes au fur et à mesure qu'elles se rapprochent des côtes et rencontrent des profondeurs d'eau plus faibles. Ainsi, elles ont causé des vagues d'au moins 10 mètres de hauteur sur une grande étendue côtière. Une première estimation de la hauteur de vague la plus élevée de 37,9 m a été relevée à Miyako (préfecture d'Iwate) à 200 m à l'intérieur des terres (4) (5). Dans la même préfecture dans une autre ville côtière à Ofunato - région Ryouri, le tsunami de 1896 avait atteint la hauteur de 38,2 m suite au séisme de Meiji-Sanriku du 15 juin 1896 de magnitude estimée à 8,5. (6)

Une campagne d'investigation menée par le '2011 Tohoku Earthquake Tsunami Joint Study Group' composé de 150 chercheurs et ayant relevé 5000 sites a montré que le tsunami du 11 mars 2011 avait atteint dans le district Omoeneyoshi de Miyako environ la hauteur de 40,5 mètres au dessus du niveau de la mer. Une hauteur de vague de plus de 30 mètres a aussi été constatée dans les ports de la préfecture d'Iwate à Kamaishi, Ofunato, Kuji et Noda et aussi à Onagawa dans la préfecture de Miyagi. Le niveau dépassa aussi 10 mètres dans des zones des préfectures Aomori, Fukushima et Ibaraki.(7)

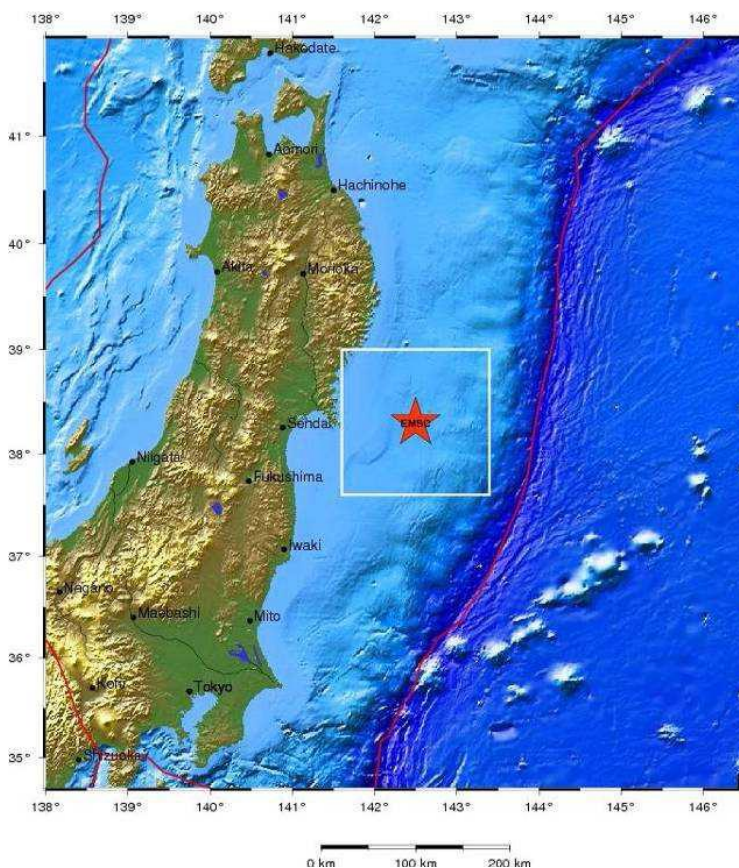
2.2 Enregistrement du tsunami au niveau de la centrale de Fukushima

Le 22 mars puis le 9 avril 2011 l'exploitant TEPCO a communiqué via NHK News l'enregistrement du

tsunami au niveau de la centrale de Fukushima. Après inspection des murs coté mer des bâtiments réacteur et salles de machine des centrales de Daiichi, il a été trouvé que le niveau de l'eau avait atteint 15 mètres au dessus du niveau de la mer. La hauteur de vague de tsunami de conception est de 5,7 m pour les réacteurs de Daiichi et de 5,2 m pour Daini.

Les bâtiments réacteur et turbine sont installés sur une plate-forme de 10 à 13 m au dessus du niveau de la mer. TEPCO a confirmé que les 6 réacteurs de Daiichi ont été inondés par plus de 5 mètres d'eau de mer et ces centrales ont perdu les pompes d'eau de mer, les alimentations électriques externes et les diesels de secours, ce qui a entraîné les pertes de refroidissements de cœurs de réacteur et leur fusion.

Il faut rajouter l'effet éventuel d'une subsidence de la côte suite au séisme (pas évalué à Fukushima à ce jour mais estimé à 1 mètre à la centrale d'Onagawa).



Localisation du séisme Mw8.9 du 11 Mars 2011 (source CSEM) par rapport à la centrale de Fukushima.

3- Conclusions

Concernant la prise en compte du séisme pour la conception de la centrale de Fukushima, les japonais ont initié en 2005 une réévaluation sismique à la suite du séisme de Kobe de 1995 et sans doute à la suite du séisme de Sumatra de 2004. La région avait déjà subi des séismes d'au moins de magnitude 8 et il n'y avait pas de marge à cet égard dans la conception initiale. Néanmoins, les installations ont bien

résisté aux sollicitations du séisme du 11 mars puisque malgré certains dépassements des niveaux de conception, les centrales en exploitation ont toutes été mises à l'arrêt avec les chutes de grappes.

Pour le dimensionnement au tsunami, il convient de ne pas utiliser les hauteurs maximales de tsunami historiques car il y a des effets amplificateurs dus à la géométrie locale (rias,...) mais il convient de prendre beaucoup de marges localement. Car il n'y a en fait pas forcément linéarité entre le niveau de magnitude et le niveau du tsunami. Les japonais justifiaient le dimensionnement de la centrale par l'application des règles de la méthodologie de 2002 de la JSCE (Japan Society of Civil Engineers) qui ont conduit à cette valeur de hauteur de 5,7 m du tsunami largement inférieure à la hauteur locale de 15 m du tsunami du 11 mars 2011.

- (1) C'est une magnitude de moment sismique (Mw)
Les sismologues évaluent non plus la magnitude de fort séisme selon la magnitude de Richter (calculée selon le logarithme de l'amplitude d'ondes sismiques) mais d'après la magnitude de moment sismique qui est corrélée à la longueur totale rompue de la faille et aussi à la durée du séisme. Elle est plus représentative de l'énergie globale sismique que la magnitude de Richter.
- (2) Ces valeurs n'ont pas été communiquées par les japonais mais elles ont été calculées par l'auteur de ce présent article d'après les valeurs du tableau.
- (3) Données collectées par un capteur de pression d'eau posé sur le fond marin à 5800 m de pro-

fondeur d'eau et localisé à 200 km au large de la côte de la préfecture de Miyagi près du foyer du séisme - équipe de recherche conduite par Ryota Hino, professeur associé du Centre de Recherche pour la Prévision des Séismes et Eruptions Volcaniques de l'Université de Tohoku. - source NHK News 1/4/2011.

- (4) Miyako au sein de la préfecture d'Iwate est à une distance de 270 km environ au Nord de Fukushima. La préfecture d'Iwate couvre la partie NNE de l'île Honshu, île principale du Japon. Miyako est situé presque à l'extrémité d'un long golfe très étroit de 2,5 km de largeur, à 5 km de la côte courante. Cette géomorphologie peut expliquer la hauteur locale du tsunami par des effets amplificateurs.
- (5) NHK News 3/4/2011 - Equipe Professeur Associé Yoshinobu Tsuji - Université Tokyo - Earthquake Research Institute - Division of Disaster Mitigation Science
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/eng/disasterindex.htm>
- (6) source:
<http://eost.u-strasbg.fr/Documents/seismeMw8.9-11mars2011-JV.pdf>
- (7) source: The Mainichi Daily News
<http://mdn.mainichi.jp/mdnnews/news/20110716p2a00m0na018000c.html>

Sources : NHK News, TEPCO Tokyo Electric Power Company, National Geographic hors-série numéro 10 - La Terre en colère, Pascal Bernard - sismologue Institut de Physique du Globe de Paris.

LE GAZ NATUREL : UNE ENERGIE DE TRANSITION OU UNE ENERGIE DURABLE

Par Cécile Adnot (ECM 06)

Le gaz naturel peut-il jouer durablement un rôle clé dans le mix énergétique mondial ? Telle est la question que pose le rapport de l'AIE (Agence Internationale de l'Energie) *Are we entering a Golden Age of Gas ?* paru le 6 juin 2011.

L'AIE publie annuellement un rapport de prévisions *World Energy Outlook*, basé sur des scénarios confrontant des futurs énergétiques. Le *World Energy Outlook* paru en 2010 proposait trois scénarios :

- **Le scénario « New Policies »** : scénario prenant en compte des politiques énergétiques et environnementales contraignantes.
- **Le scénario « Current »** : scénario sans modification des politiques et des mesures actuellement en vigueur.

- **Le scénario « 450 ppm »** : scénario volontariste aboutissant à la stabilisation de la concentration des émissions de Gaz à Effet de Serre dans l'atmosphère à 450 ppm d'ici 2100 selon la dernière compilation du GIEC, ce qui permettrait de stabiliser la hausse de la température moyenne mondiale à 2°C.

Dans l'édition de 2011, l'AIE a étudié un quatrième scénario plus favorable au gaz naturel, « *Golden Age of Gas Scenario* » (« *GAS Scenario* »), estimant que le gaz naturel pourrait jouer un rôle essentiel dans les politiques énergétiques mondiales, compte tenu des évolutions récentes du contexte mondial, notamment à la suite de l'accident de Fukushima.

Le rapport *Are we entering a Golden Age of Gas ?* présente ce « *GAS Scenario* » et anticipe la parution

du WEO 2011, prévue pour novembre 2011. Le « GAS Scenario » a été élaboré à partir du scénario de base *New Policies Scenario* du *World Energy Outlook 2010*, prenant en compte des hypothèses plus positives pour le gaz naturel :

- **L'accès à des ressources gazières plus importantes par le développement des gaz non conventionnels.** Les ressources totales de gaz naturel sont estimées par l'AIE à 75 années de la consommation avec les techniques actuelles. Les Etats-Unis, pionniers dans le domaine, continueraient à développer l'exploration de ces ressources, rejoints par la Chine et l'Australie.

- **Des prix du gaz supposés plus bas que dans le WEO 2010.** La plus grande disponibilité du gaz, en grande partie provenant des ressources non conventionnelles, maintiendrait les prix du gaz en-dessous des niveaux de ceux du WEO 2010.

- **Les besoins accrus en flexibilité dans le secteur de la production d'électricité.** Le gaz naturel serait utilisé en *back-up* des capacités de production d'électricité intermittentes (énergies renouvelables).

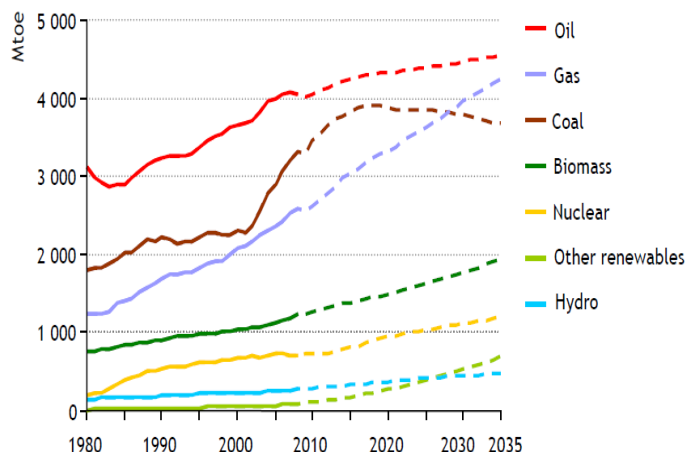
- **La mise en place en Chine d'une politique énergétique plus ambitieuse pour l'énergie gaz.** L'AIE s'est basée sur le plan quinquennal de la Chine *12th Five-Year Plan*, présenté en mars 2011. Ce plan prévoit de fortes implications sur le gaz naturel, visant une part de 8,3% du mix primaire chinois en 2015, en priorité dans le secteur résidentiel urbain et dans la production d'électricité.

- **Une croissance ralentie de la production d'électricité nucléaire.** L'AIE prévoit un ralentissement de la croissance du parc de capacité nucléaire, résultant d'un effet combiné des hypothèses suivantes : le démantèlement des centrales en fin de vie, une perte de compétitivité face aux prix supposés faibles du gaz et une révision des politiques énergétiques plus contraignante par rapport au secteur nucléaire.

- **Le déploiement croissant des véhicules fonctionnant au GNV.** Le « GAS Scenario » estime à 70 millions le nombre de voitures particulières qui rouleront au GNV en 2035, contre 30 millions dans le scénario *New Policies*.

- **Le poids croissant du secteur GNL.** L'offre GNL supplémentaire résulterait de la déconnexion croissante entre lieux de production et lieux de consommation, du développement de nouvelles technologies, aboutissant en particulier à l'émergence de l'Australie en tant que producteur important de GNL.

Bien que la demande de gaz s'étende à toutes les régions dans le « GAS Scenario », **les pays non-OCDE représenteraient environ 80% de l'augmentation entre 2010 et 2030, en particulier en Chine, en Inde et au Moyen-Orient.**



Demande mondiale d'énergie primaire par source d'énergie. Source : AIE, Are we entering a golden age of gas ?, Presentation to the press , 6 juin 2011

Dans le « GAS Scenario », la « bulle gazière » (1) identifiée dans le WEO 2010 disparaîtrait avant 2015.

Le « GAS Scenario » présenté par l'AIE ne remplirait pas l'objectif préconisé d'une limitation des températures à 2°C en 2100, mais il présenterait **des émissions plus faibles que le scénario « New Policies »**. Le « GAS Scenario » entraînerait toutefois une augmentation de la température de plus de 3,5°C à long terme. L'objectif de 2°C ne pourrait être atteint qu'avec un changement plus important encore vers les énergies faiblement carbonées, vers l'application des mesures fortes en termes d'efficacité énergétique et le déploiement large de nouvelles technologies incluant le **CSC** (Capture et Stockage de CO₂). Le « GAS Scenario » de l'AIE aurait également pu donner une plus grande place au **biogaz**, issu de la dégradation de matières organiques, en particulier du domaine agricole, qui pourrait être une solution pour l'utilisation durable des infrastructures gazières existantes, avec un faible impact sur les émissions de gaz à effet de serre.

(1) *Surplus des capacités de l'offre de gaz, suite à la crise économique en 2008 et en 2009, à l'augmentation de la production du gaz non conventionnel et à de nouvelles capacités de liquéfaction.*

Sources :

- AIE, *World Energy Outlook 2011, Are we entering a Golden Age of Gas ?*, 6 juin 2011
- AIE, *Are we entering a Golden Age of Gas ?*, Presentation to the press, 6 juin 2011

