



QUAND LE RISQUE NATUREL RENCONTRE  
LE RISQUE TECHNOLOGIQUE

**PANORAMA DES ACCIDENTS INDUSTRIELS  
SURVENUS LORS DU GRAND SÉISME  
ET TSUNAMI DU TOHOKU**



**JAPON, 11 MARS 2011**



*Lorsque je me suis rendu à Minami-Sôma, j'ai rencontré des connaissances de l'époque où j'y habitais. La première personne que j'ai vue était l'un de mes anciens collègues.*

*« Qu'es-tu venu faire là aujourd'hui ? » m'a-t-il demandé*

*« Je suis venu voir. »*

*Le genre de réponse qui pouvait fort bien mettre en colère les habitants de ce lieu sinistré. Il m'a pourtant dit :*

*« Tu as raison. Il faut que tu regardes. »*

Ryôchi Wago - Poète japonais auteur de plusieurs séries de poèmes écrits après la catastrophe du 11 mars 2011



# SOMMAIRE

LA MISSION DE RETOUR D'EXPÉRIENCE DE LA DGPR AU JAPON	p. 4
REMERCIEMENTS	p. 5
CARTE DE LOCALISATION DES ACCIDENTS INDUSTRIELS	p. 6
1. LES PHÉNOMÈNES NATURELS DU 11 MARS 2011	p. 7
1.1 Un méga séisme	p. 8
1.2 Un tsunami millénaire	p. 9
2. LE RISQUE NATECH	p. 11
3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL	p. 15
3.1 Centrales thermiques	p. 16
3.2 Industrie du bois	p. 20
3.3 Chimie et pétrochimie	p. 25
3.4 Industrie pétrolière	p. 32
3.5 Industrie métallurgique et sidérurgique	p. 44
3.6 Industrie minérale	p. 48
3.7 Industrie agroalimentaire	p. 52
3.8 Industrie automobile	p. 58
3.9 Industrie électronique	p. 62
3.10 Logistique	p. 68
3.11 Traitement de l'eau	p. 72
3.12 Ouvrages hydrauliques	p. 76
4. POLLUTIONS ET GESTION DES DÉCHETS	p. 81
4.1 Pollutions	p. 82
4.2 Gestion des déchets du tsunami	p. 86
5. ENSEIGNEMENTS	p. 93
ANNEXES :	p. 105
Les échelles sismiques	p. 106
La réglementation japonaise et le risque NaTech	p. 107
Glossaire	p. 109
Pour aller plus loin	p. 109

## LA MISSION DE RETOUR D'EXPÉRIENCE DE LA DGPR AU JAPON

A la suite de la catastrophe exceptionnelle subie par le Japon le 11 mars 2011, la Direction générale de la Prévention des risques (ministère du Développement durable) a effectué en novembre 2011 une mission de retour d'expérience « NaTech » à Tokyo et dans la région du Tohoku. Cette mission était menée par un groupe d'ingénieurs spécialisés dans la prévention des risques technologiques et avait pour objectifs d'examiner sur le terrain quelques-uns des sites industriels japonais les plus touchés par les événements du 11 mars 2011, de rencontrer les exploitants de ces sites ainsi que des représentants des autorités afin de mieux comprendre comment cette catastrophe avait été gérée et les difficultés rencontrées.

La description des accidents présentés dans ce document est en partie basée sur les informations recueillies lors de cette mission. L'autre partie des informations et illustrations présentées est extraite des communiqués de presse, de rapports relatifs aux conséquences du séisme et du tsunami mis en ligne par les entreprises japonaises ou encore de blogs de particuliers accessibles sur Internet. La source de chaque illustration est citée dans sa légende. **Il est rappelé au lecteur que les droits sur les photos et vidéos de ce document appartiennent exclusivement aux sociétés et personnes citées.**

Les montants des dommages donnés sont extraits des rapports financiers publiés entre juin 2011 et mars 2012 (fin de l'année fiscale 2011 au Japon) sous les rubriques « *loss on natural event* » ou « *extraordinary loss, earthquake and tsunami* ». Ces données incluent les dommages directs subis par les installations industrielles, et parfois la destruction des stocks (matières premières et produits finis) et les pertes de production (produits non vendus, charges fixes...). Pour certaines sociétés, ces coûts concernent l'ensemble des sites de production sans qu'il soit possible de distinguer les dommages subis par tel ou tel site. Ils sont mentionnés en Yen (¥) et en Euros (€) au taux moyen de change € / ¥ pour l'année 2011 (1 € = 100 ¥).

## REMERCIEMENTS

Les participants de la mission NaTech - DGPR souhaitent remercier les personnes suivantes pour avoir accepté de les recevoir et de partager avec eux leur expérience du 11 mars 2011, malgré le souvenir parfois traumatisant de ces moments :

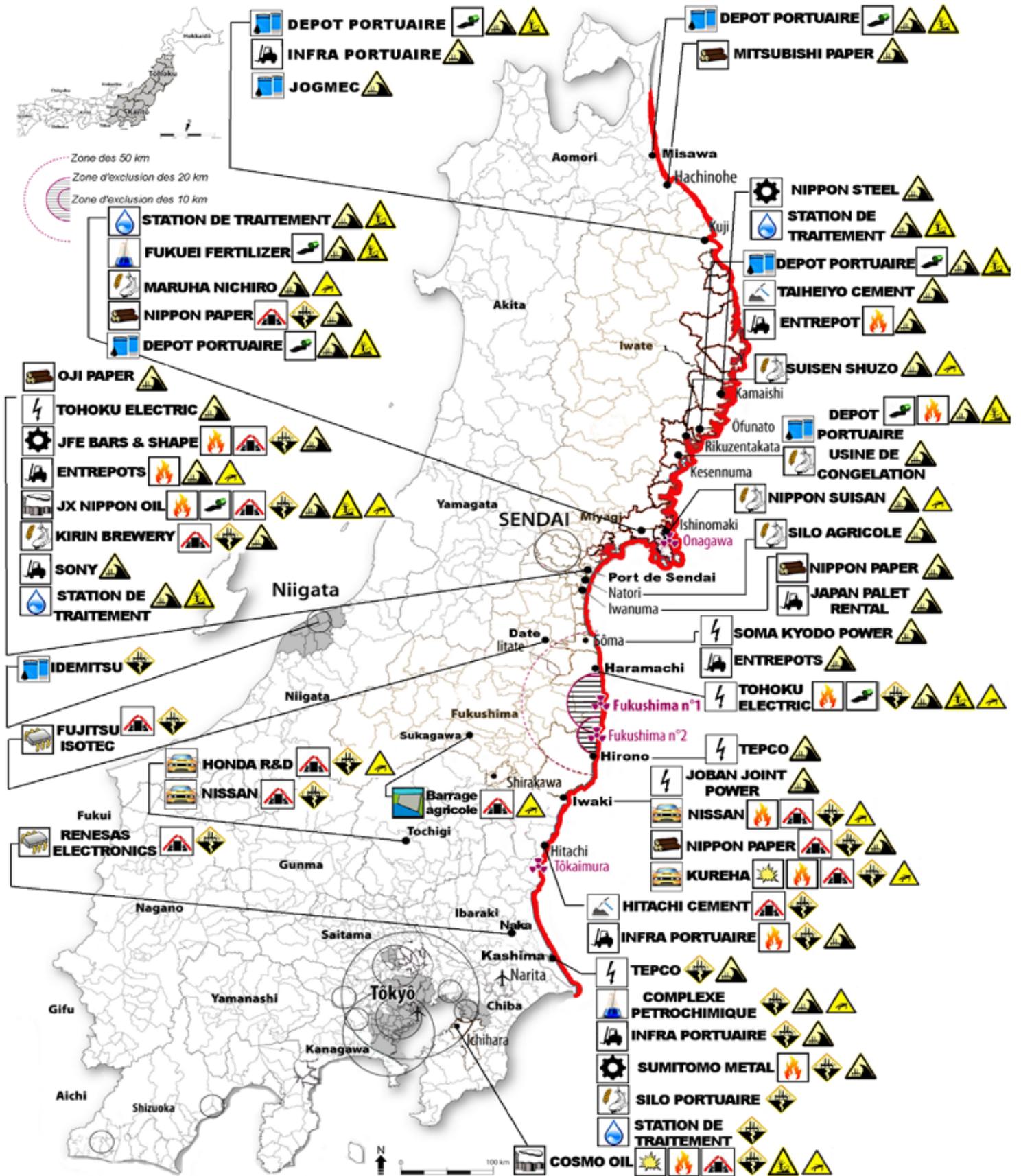
- Mr. Kazukuni FUKUHARA, Division de la sécurité industrielle, METI
- Mr. Hiroshi YAMAUCHI, Division de l'assistance et de la prévention des catastrophes, MLIT
- Mr. Takeshi KOIZUMI, Division de l'observation des séismes et des tsunamis, JMA
- Dr. Haruka NISHI, Directeur de l'Institut national de recherche sur les incendies et catastrophes, FDMA
- Mr. Etsuro KITAMURA, adjoint au maire de la commune d'Ishinomaki (préfecture de Miyagi)
- Mr. Makoto YAMAGUCHI, Directeur de la raffinerie de Sendai, société JX NIPPON OIL
- Mr. Kazumori FUKUSHIMA, Directeur adjoint des papeteries d'Ishinomaki et d'Iwanuma, société NIPPON PAPER INDUSTRIES
- Mr. Teruyuki TAKISHIMA, Directeur Ingénierie et Maintenance et Mr. Yasuaki IWATA, Directeur Sécurité et Environnement, société COSMO OIL
- Mr. Ryoichi YAMAGUCHI, Directeur de l'usine d'Ishinomaki, société MARUHA NICHIRO FOODS
- Les représentants au Japon des sociétés SAINT-GOBAIN, VEOLIA et AIR LIQUIDE

Les participants de la mission NaTech - DGPR souhaitent également remercier Monsieur Benoît RULLEAU, chef de secteur du Pôle Infrastructures, Transports, Énergie et Environnement au Service Économique de l'Ambassade de France, et son équipe M. PIERREFITTE et Mme YODA, ainsi que les traductrices de l'Ambassade Mmes HASEGAWA et HAYASHI pour la préparation, l'organisation et le suivi sur le terrain de cette mission.



*Les membres de la mission NaTech de la DGPR en novembre 2011 lors de leur rencontre avec la direction de la raffinerie JX NIPPON OIL à Sendai  
(Source : DGPR)*

# CARTE DE LOCALISATION DES ACCIDENTS INDUSTRIELS DU 11/03/2011



## LEGENDE:

Centrales thermiques	Dépôt pétrolier	Industrie agroalimentaire	Traitement de l'eau	Incendie ou départ de feu	Chute d'équipement effondrement de structure
Industrie papetière	Raffinerie	Industrie automobile	Ouvrage hydraulique	Explosion	Dommages liés au séisme
Industrie chimique et pétrochimique	Industrie métallurgique	Industrie électronique	<b>Seuls les accidents illustrant ce panorama sont représentés</b>	Perte de matières dangereuses	Dommages liés au Tsunami
	Industrie minière	Secteur de la logistique			Pollution
					Victime(s)



## CHAPITRE 1

# LES PHÉNOMÈNES NATURELS DU 11 MARS 2011

# 1. LES PHÉNOMÈNES NATURELS DU 11 MARS 2011

## 1.1 Un méga séisme



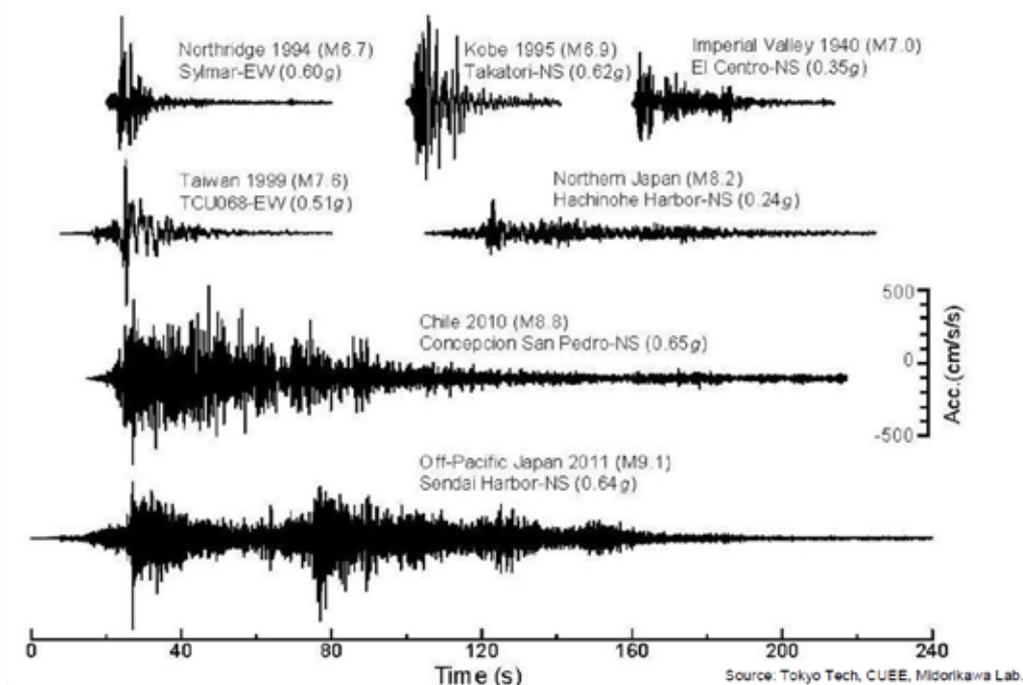
(Source : AFPS, 2011)

A la frontière de 4 grandes plaques tectoniques, le Japon subit chaque jour plusieurs dizaines de séismes (5 000 par an en moyenne [AFPS, 2011]).

La secousse principale du séisme du 11 mars 2011, d'une magnitude exceptionnelle de 9 ( $M_w = 9,0$ ) s'est produite à 14 h 46 min 23 s locales à 32 kilomètres de profondeur au large de la côte nord-est de l'île principale du Japon et a duré entre deux et trois minutes. Elle a été précédée de 4 secousses de magnitude 6 à 7,3 dès le 9 mars et suivie le même jour de plusieurs répliques. De nombreuses répliques ont suivi les 4 semaines suivantes (999, dont 56 de magnitude supérieure à 6 et 438 de magnitude supérieure à 5). La réplique la plus violente, de magnitude 7,1, s'est produite le 7 avril et a provoqué la mort de 5 personnes et de nombreux dommages matériels.

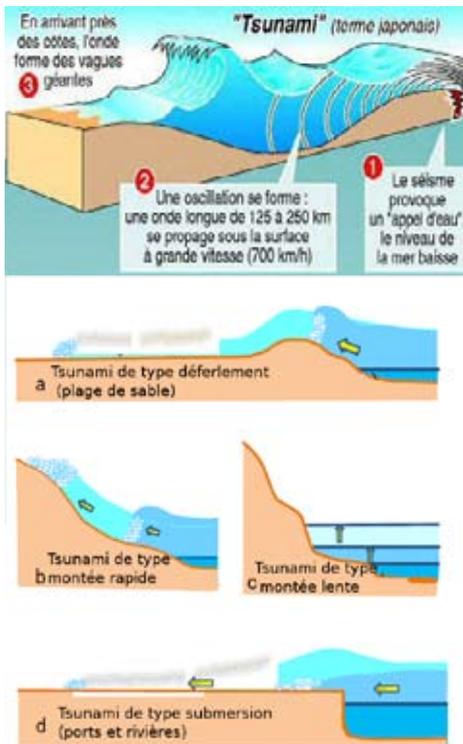
L'épicentre du séisme est situé à 130 km à l'est de Sendai, chef-lieu de la préfecture de Miyagi, dans la région du Tohoku, à environ 300 km au nord-est de Tokyo. Le séisme du 11 mars 2011 s'est produit sur une faille de chevauchement dans une zone de subduction entre la plaque Pacifique et la plaque Eurasie et résulte d'un phénomène rare de rupture multi-segments de ces 2 plaques.

Ce séisme est le plus important jamais enregistré au Japon et fait partie des 5 séismes les plus puissants depuis 1900 avec celui du Kamtchatka ( $M_w = 9$ ) en 1952, de Valdivia ( $M_w = 9,5$ ) en 1960, de l'Alaska ( $M_w = 9,2$ ) en 1964 et de Sumatra ( $M_w = 9,1$ ) en 2004. Les sismologues estiment la fréquence des méga séismes (de magnitude supérieure à 9) à 4 par siècle. Jusqu'au 11 mars 2011, les modélisations sismiques japonaises ne prévoyaient - avec une probabilité supérieure à 80 % dans les 30 ans - qu'une magnitude maximale de 7,5 dans la région du Tohoku et de 8,5 pour le Japon.



Comparaison du spectre d'accélération du séisme du 11 mars 2011 avec ceux des séismes majeurs récents. Outre sa magnitude, la durée des secousses le rend exceptionnel (Source : JMA, 2011)

## 1.2 Un tsunami millénaire

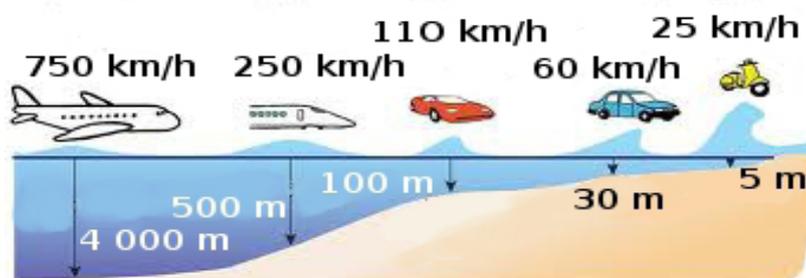


Le tsunami (littéralement *vague de port* en japonais) est un train de vagues océaniques créé par un mouvement brusque des masses d'eau marines de grande période (de plusieurs minutes à 1 heure). Ce train de vagues, qui se déplace à une vitesse élevée (de 500 à 1 000 km/h), se caractérise par une grande longueur d'onde (centaines de km) et une faible amplitude (moins d'1 m) en pleine mer, mais il ralentit fortement et gagne en amplitude par compression à l'approche des côtes. L'arrivée d'un tsunami en zone côtière se traduit généralement par un retrait de la mer quelques minutes avant. Le tsunami peut se propager sur plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres, en particulier le long des estuaires, et son déferlement peut varier en fonction du relief et des obstacles rencontrés par le train de vagues à son arrivée sur la côte.

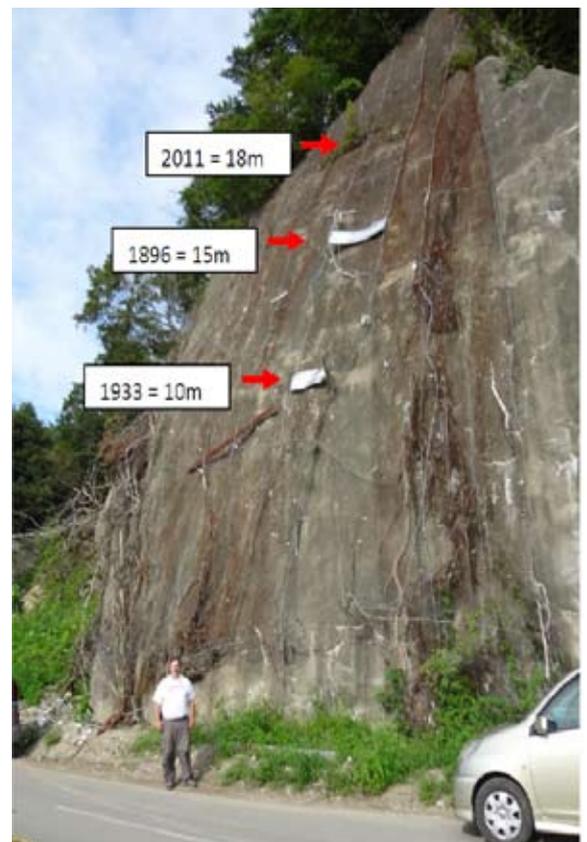
Les tsunamis sont le plus souvent générés par des séismes « tsunamigènes » (foyer à faible profondeur, dislocation de faille sur plusieurs centaines de mètres). Environ 75 % des tsunamis se produisent dans l'océan Pacifique et la plupart des autres sont observés dans l'océan Indien, en raison de la forte activité tectonique sur le pourtour de ces deux océans. Entre 1900 et 2004, sur 796 tsunamis observés dans l'océan Pacifique, 17 % d'entre eux ont eu lieu près du Japon [AFPS, 2011].

A son arrivée sur la côte, le tsunami généré par le séisme du 11 mars 2011 a atteint des hauteurs supérieures à 10 m sur une large partie des côtes du Tohoku, avec des pics atteignant 40 m (29,6 m à Ofunato, 18,4 m à Onagawa, 12 m à Natori, voir figure page suivante). Il est considéré par les experts japonais comme étant de fréquence millénaire, le dernier tsunami géant connu au Japon remontant à l'an 869.

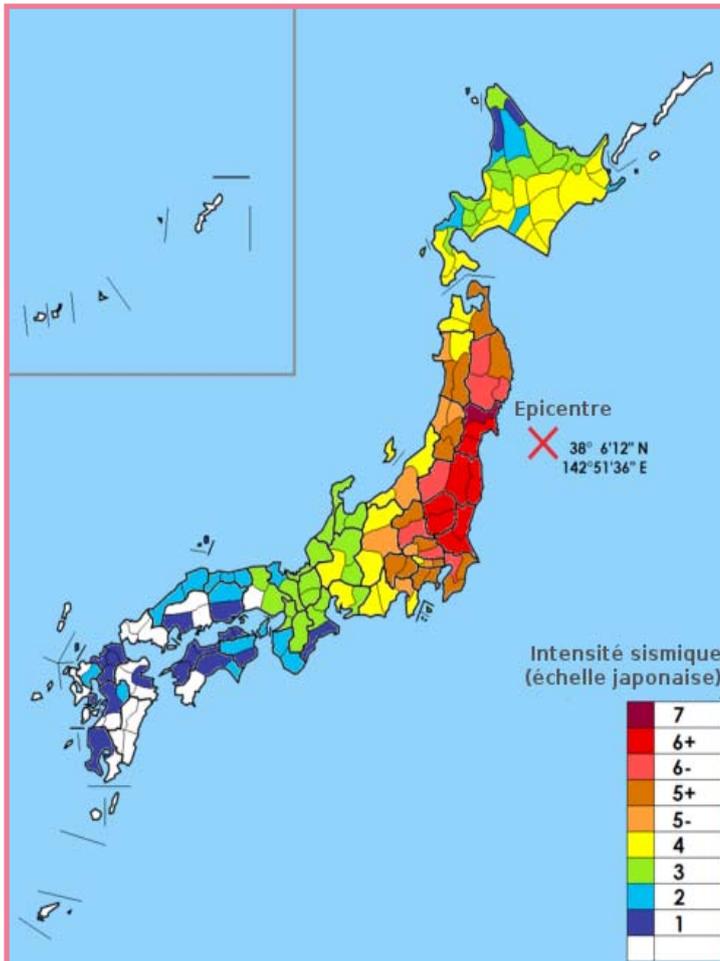
Hauteur atteinte par le tsunami dans le village de Taro, un des plus touchés malgré les murs de protection, comparée à celles des tsunamis précédents (Source : Rick Wilson, 2011)



Vitesse moyenne d'un tsunami en fonction de la profondeur océanique (Source : JMA)

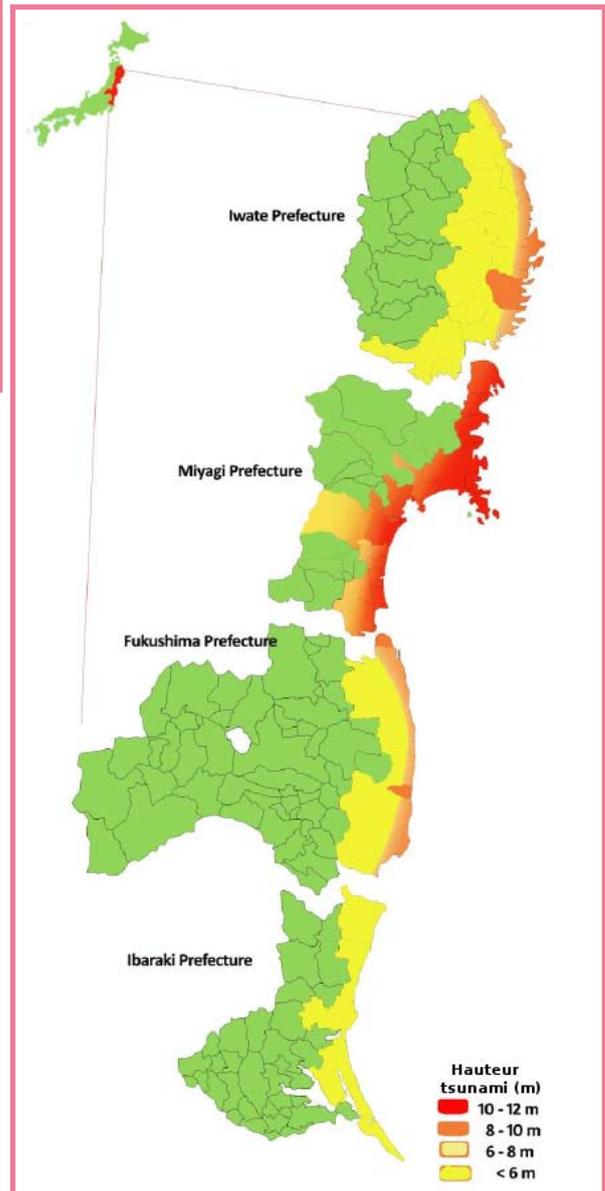


# 1. LES PHÉNOMÈNES NATURELS DU 11 MARS 2011



Carte d'intensité sismique (intensité des secousses) selon l'échelle japonaise Shindo (Source : JMA, 2011)

Hauteur du tsunami à son arrivée sur les côtes du Tohoku (Source : JMA, 2011)





## **CHAPITRE 2**

# **LE RISQUE NATECH**

## 2. LE RISQUE NATECH

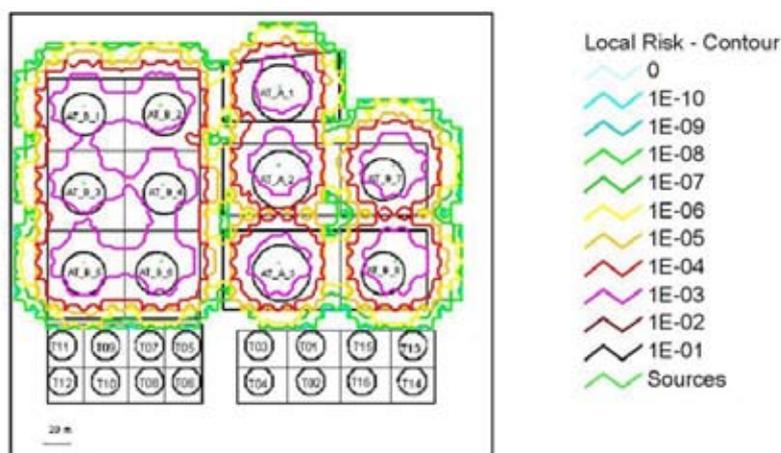


Un aléa naturel, tel qu'une inondation, un séisme, un feu de forêt, un mouvement de terrain, une avalanche, un cyclone, des températures extrêmes, etc., peut avoir un impact sur une installation industrielle et être ainsi à l'origine d'une séquence accidentelle avec des effets majeurs à l'extérieur du site sur les personnes, les biens ou l'environnement. On parle alors d'accident « NaTech », contraction des mots naturel et technologique.

*Inondation d'une usine pharmaceutique classée Seveso en Haute-Loire, novembre 2008 - ARIA 35426  
(Source : Exploitant)*

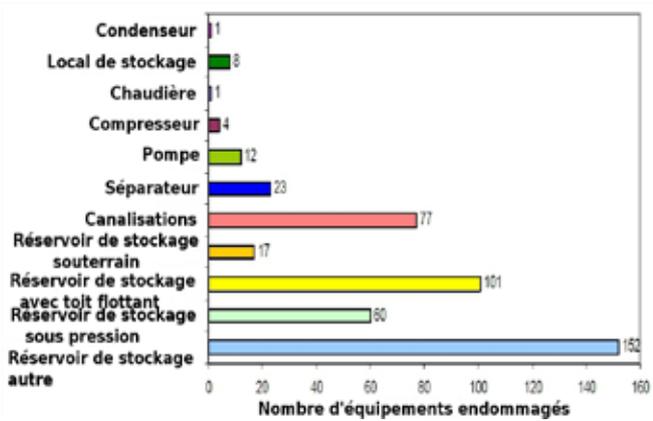
Lorsqu'on mène une étude sur les risques Natech, cette étude vise à mieux connaître les conséquences de ces phénomènes sur les installations industrielles afin d'être en mesure de les anticiper à une époque où les capacités de prévision (pluies, crues, tempêtes, orages...) permettent de préparer, avec un préavis minimal, ces installations aux agressions naturelles qui vont les toucher. La particularité de ces scénarios réside dans le fait que ce type d'agression est susceptible de toucher simultanément plusieurs installations dangereuses sur un même site et le placer rapidement en situation de crise majeure, une partie des barrières de prévention et de protection mises en place pouvant par ailleurs être endommagées ou rendues inefficaces.

Les études menées depuis la fin des années 90 ont déjà permis d'acquérir une bonne connaissance des produits, procédés, et équipements technologiques exposés au risque NaTech (voir les exemples présentés sur les figures page 13). Les recherches se tournent maintenant vers le développement de méthodologies et de modélisations pour gérer ce risque à la fois au niveau macro (territoire accueillant des installations industrielles) et micro (gestion de la vulnérabilité spécifique des différents équipements de stockage et de production d'un site industriel). La prévention du risque NaTech par les sites industriels européens classés Seveso est d'ailleurs inscrite dans la nouvelle directive Seveso III qui prévoit explicitement l'analyse et la protection de ces sites contre les agressions externes pouvant être à l'origine d'un accident majeur.

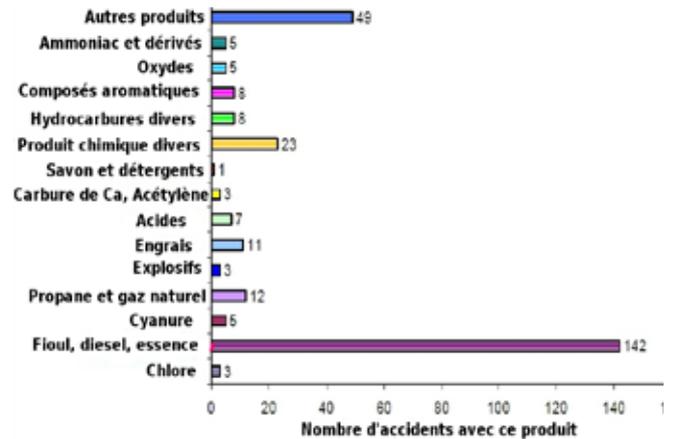


*Modélisation des courbes de probabilité de perte de produits pour chaque bac d'un dépôt pétrolier en cas de séisme  
(Source : E. Krausmann et al. , 2011 / JRC)*

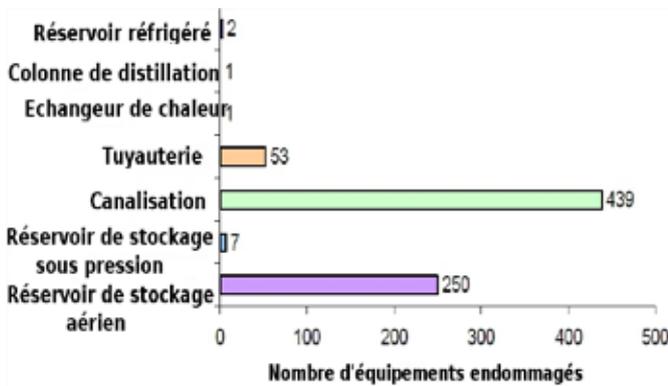
## 2. LE RISQUE NATECH



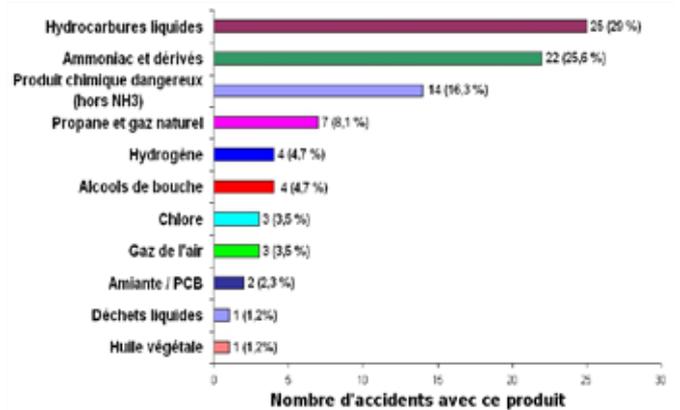
Équipements impliqués dans 272 accidents industriels consécutifs à une inondation (Source : M. Campedel / JRC)



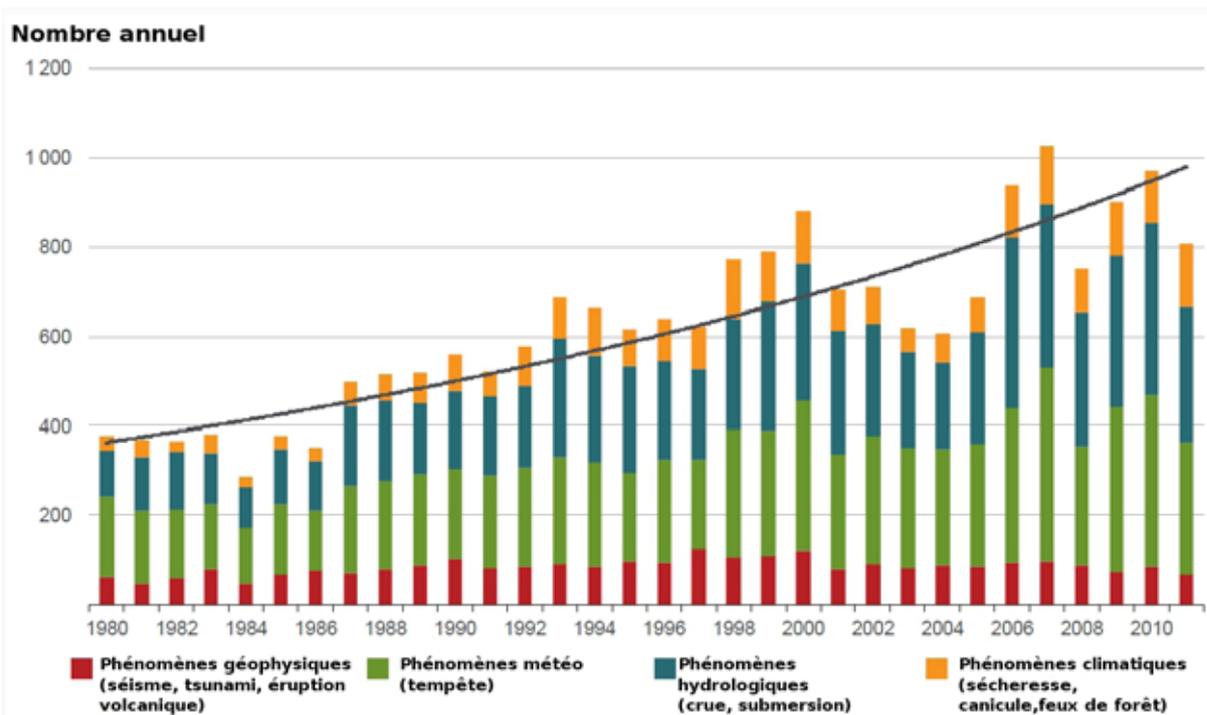
Produits impliqués dans 272 accidents industriels consécutifs à une inondation (Source : M. Campedel / JRC)



Équipements impliqués dans 78 accidents industriels consécutifs à un séisme (Source : M. Campedel / JRC)



Produits impliqués dans 86 accidents industriels consécutifs à un séisme entre 1952 et 2010 (Source : DGPR)



Répartitions des catastrophes naturelles dans le monde entre 1980 et 2011 (Source : NatCatService / MUNICH RE)

## 2. LE RISQUE NATECH



*Photo prise lors de l'épisode prolongé de grand froid survenu en France en février 2012 (Source : Arkema)  
Les températures extrêmes peuvent être à l'origine d'accidents industriels : voir ARIA 41856 par exemple*



## **CHAPITRE 3**

# **LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL**

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

#### 3.1 Centrales thermiques

La production d'électricité du Japon est assurée majoritairement par des centrales thermiques (63 % contre 29 % pour le nucléaire en 2010). La bande côtière de la région du Tohoku a été choisie pour l'installation de plusieurs centrales thermiques et nucléaires en raison de sa faible densité de population et des possibilités de déchargement portuaire des combustibles ; le Japon importe en effet 100 % de son charbon, 99,5 % de son pétrole et 96 % de son gaz naturel. Deux grandes sociétés, et plusieurs petites, se partagent la production d'électricité d'origine thermique dans la région. Le délai de redémarrage assez réduit (2 à 4 mois) des centrales les moins endommagées par le tsunami s'explique par leur conception, car les turbines à vapeur de chaque unité sont installées au 1<sup>er</sup> étage à plus de 12 m au-dessus du sol (lui-même de 3 à 6 m au-dessus du niveau de la mer). Les dommages liés aux secousses sismiques proviennent principalement de la liquéfaction des sols sous les équipements extérieurs, les bâtiments ayant une conception sismique renforcée. Plus de 4 millions de personnes ont été privées d'électricité le 11 et 12 mars, et 10 millions de foyers dans le Kanto (région englobant la ville de Tokyo) ont subi des coupures fréquentes les mois suivants.

Société	Centrales thermiques endommagées et capacités	Principaux dommages liés au séisme	Principaux dommages liés au tsunami	Date de redémarrage	Montant des dommages (2011)
Tokyo Electric Power Co. (TEPCO)	centrale fioul / brut / charbon de Hirono (3,8 GW)	mineurs	poste transformateur et terminal charbon, RdC du bâtiment turbine et station de traitement des eaux <b>(voir p. 18)</b>	1 tranche à charbon 0,6 GW en juin 2011, les tranches fioul en juillet 2011	50 G¥ (500 M€) de dommages aux centrales thermiques
	centrale charbon de Hitachinaka (1 GW)	convoyeur charbon	terminal charbon	1 tranche 1 GW en mai 2011	
	centrale fioul / brut à Kashima (4,4 GW)	unités et bacs extérieurs	voiries et jetées extérieures	5 unités en avril 2011 et 1 en mai	
	centrale gaz naturel Higashi-Ogishima (1 GW)	fuite de gaz	néant (construite en hauteur)	1 tranche en mars 2011	
Tohoku Electric Power Co.	centrale charbon à Haramachi (2 GW)	convoyeur à charbon	1 mort pendant l'évacuation, départ de feu sur fuite d'huile turbine au 4 <sup>ème</sup> étage, bateau + terminal charbon + stockages et installations extérieurs	été 2013	72 G¥ (720 M€) de dommages et 87 G¥ (870 M€) de pertes de production
	centrale gaz naturel à Sendai (0,44 GW)	mineurs	submersion partielle	décembre 2011, 1 tranche arrêtée	
	centrale fioul Port de Sendai (0,95 GW)	mineurs	évacuation suite à l'incendie de la raffinerie JX et submersion RdC bâtiment turbine	décembre 2011	
Soma Kyodo Power Co.	centrale charbon de Sinchi-Soma (2 GW)	mineurs	terminal de déchargement de charbon, équipements électriques (submersion partielle)	à 50 % en décembre 2011 100 % été 2012	intégré dans les dommages de TEPCO et Tohoku Electric
Joban Joint Power Co.	centrale charbon/fioul d'Iwaki-Nakoso (1,5 GW)	mineurs	terminal de déchargement et stock de charbon emporté par le tsunami	2 tranches redémarrées en juillet 2011 100 % été 2012	

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL



Liquéfaction des sols à l'extérieur de la centrale de Kashima  
(Source : TEPCO)



RdC du bâtiment turbine après le tsunami, centrale de Sendai  
(Source : Tohoku Electric Co.)



Grue du terminal à charbon de la centrale de Sinchi-Soma après le tsunami  
(Source : MLIT)



Convoyeur portuaire de charbon endommagé par le tsunami dans la centrale de Sinchi-Soma  
(Source : SPA Risk)



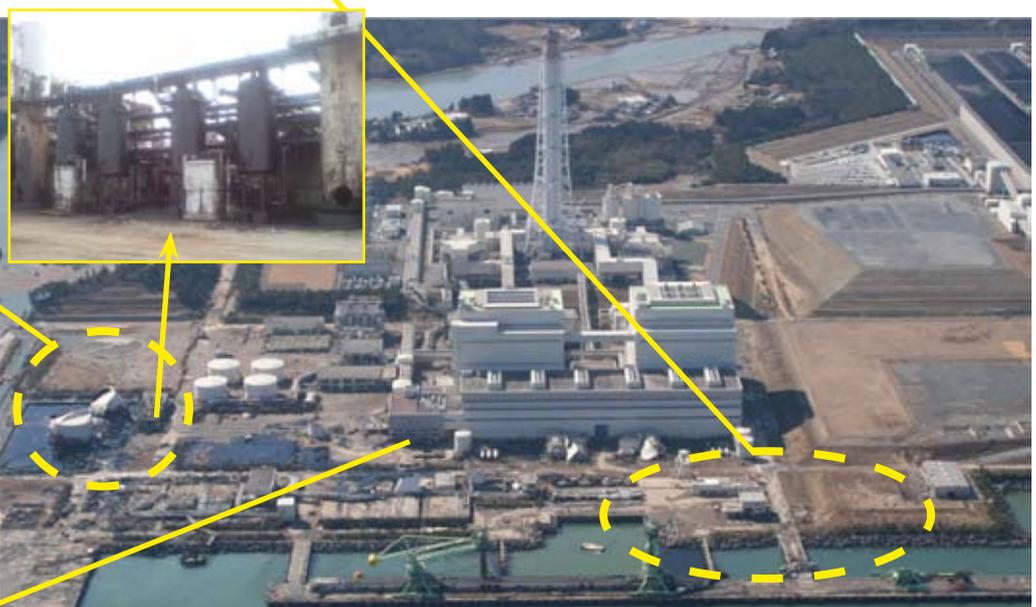
*Just after tsunami -- debris and mud everywhere*  
RdC du bâtiment turbine en avril 2011 dans la centrale d'Iwaki - Nakoso (Source : Clean Coal Power R&D)



Dommages aux installations portuaires, centrale de Haramachi (Source : Tohoku Electric Co.)



Bac de fioul déplacé de ses fondations par le tsunami (photo amateur)



Vue aérienne de la centrale de Haramachi le 12 mars 2011 (Source : Aero Asahi corp.)

**ZOOM SUR :**

## CENTRALE THERMIQUE FIOUL/CHARBON TEPCO - HIRONO



Présentation du site	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Centrale thermique mixte fioul / pétrole brut / charbon</li> <li>• Début d'opération en 1980 - 1989 (tranches fioul / brut) et 2001 (tranche charbon)</li> <li>• Puissance 3,8 GW (1 tranche à charbon et 4 tranches au fioul, 1 tranche à charbon en cours de construction)</li> <li>• 1 400 opérateurs et ouvriers sur site le 11 mars</li> </ul>
Données séisme	Magnitude 9 (Shindo 6+), répliques de magnitude max. 7,2
Données tsunami	Hauteur sur la côte : 8 à 9 m, hauteur d'inondation : 5 à 6 m
Protection / risque sismique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bâtiments sur pieux et amortisseurs, gros bacs de brut ancrés</li> <li>• Cheminée équipée d'un système anti-sismique</li> <li>• 2 points d'évacuation en hauteur (1 replat derrière la centrale et 1 au 3<sup>ème</sup> étage du bâtiment turbine abritant la salle de conduite), exercices d'évacuation réguliers</li> </ul>
Chronologie de l'accident	<p><b>14h46</b> : premières secousses</p> <p><b>14h51</b> : réception de l'alerte tsunami, mise en sécurité des installations et évacuation des 1 400 personnes présentes sur site à pied</p> <p><b>15h30</b> : alerte nationale au tsunami majeur (&gt; 10 m)</p> <p><b>15h48</b> : arrivées des premières vagues (les plus hautes)</p>
Victimes	Aucune victime, tous les ouvriers ont rejoint à pied les points d'évacuation tsunami, même ceux dans les échafaudages de la nouvelle unité située à plus de 1 km du replat
Dommmages liés au séisme	Coupure des 2 tranches en fonctionnement (les 3 autres étaient en travaux et 1 tranche en construction)
Dommmages liés au tsunami	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Divers équipements et plus de 100 voitures balayés, certaines encastrées dans le bâtiment turbine, petits bacs de brut détruits, tuyauteries tordues</li> <li>• Destruction des voiries extérieures par lessivage des sols</li> <li>• Inondation de la station de traitement des eaux usées et du RdC du bâtiment administratif par des sédiments et des débris</li> </ul>
Dommmages €	Plusieurs centaines de millions d'Euros
Chronologie du rétablissement	<p><b>15/06</b> : fin du nettoyage du site</p> <p><b>31/08</b> : redémarrage de toutes les tranches existantes</p>
Liens	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résumé en ligne ARIA 40261 et vidéo : arrivée du tsunami dans la centrale thermique de Sinchi-Soma et vues de la centrale de Haramachi après le passage du tsunami</li> </ul>

Arrivée des premières vagues du tsunami sur la centrale le 11 mars 2011 (photo amateur)



### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

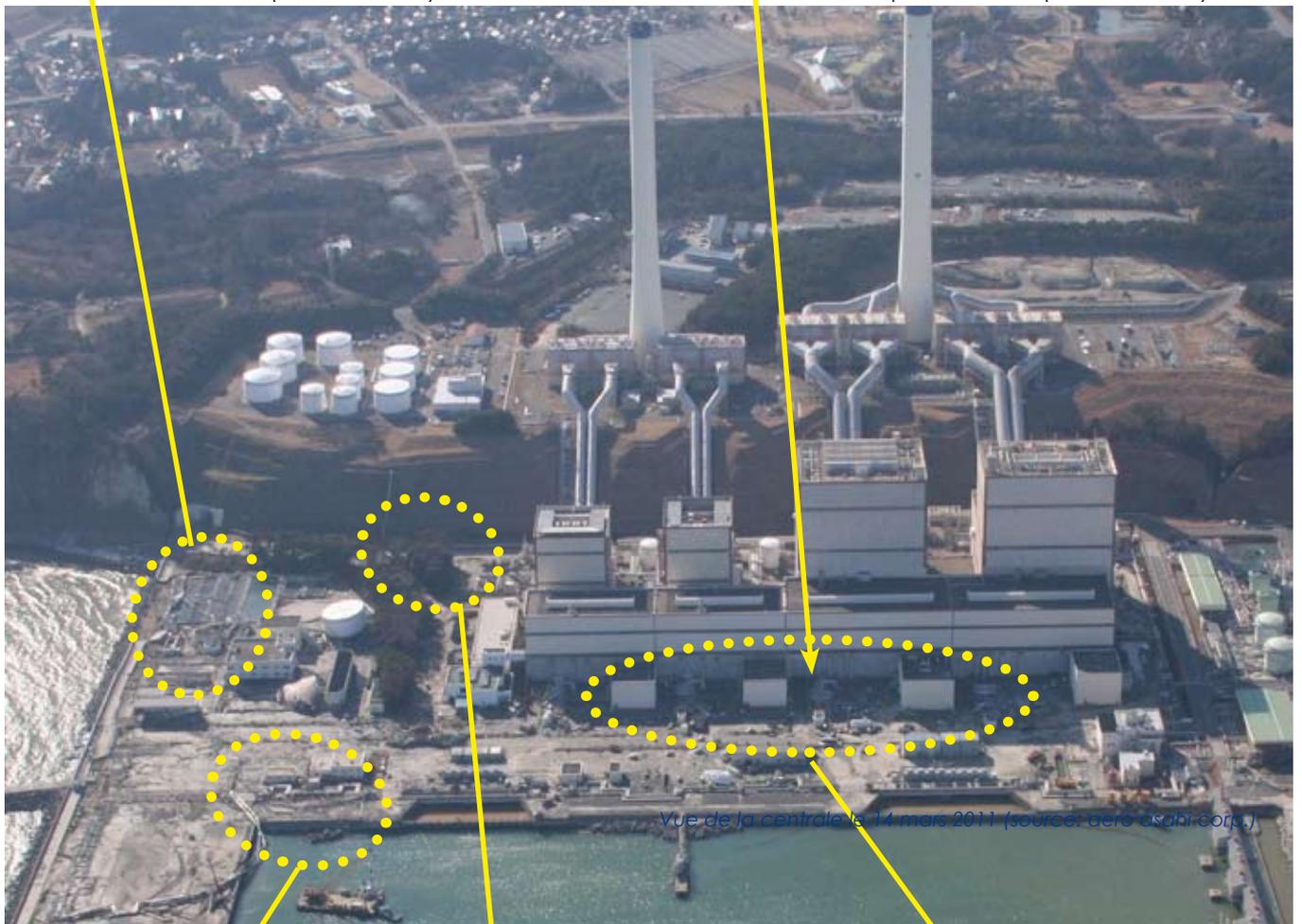
## CENTRALE THERMIQUE D'HIRONO



Station de traitement des eaux après le tsunami (Source : TEPCO)



Etat du RdC du bâtiment turbine après le tsunami (Source : TEPCO)



Vue de la centrale le 14 mars 2011 (source: aéro asahi corp.)

Vue de la centrale le 12 mars 2011 (Source : Aero Asahi corp.)



### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

#### 3.2 Industrie du bois

L'industrie du bois est largement représentée dans le Tohoku en raison de l'abondance de la matière première (forêts) et de la présence de grands ports logistiques permettant d'expédier les produits finis vers les marchés internationaux et de recevoir de la matière première brute d'autres pays producteurs (Australie, Nouvelle-Zélande, Asie, Amérique du sud). Cette forte présence s'explique aussi par la volonté des groupes papetiers japonais de travailler sur de la matière première brute, plutôt que sur de la pulpe importée dont les cours sont plus volatils. A titre d'exemple, il y a 23 usines de fabrication de carton ondulé implantées dans le Tohoku et la capacité de production de pulpe de cette région représente 20 % de la capacité nationale (55 % pour le papier kraft). Ce secteur a largement été impacté par la catastrophe : coupure des utilités (électricité, eau et carburant pour les chaudières), difficultés logistiques (routes et ports logistiques endommagés), ainsi que craintes des clients concernant la contamination radioactive des produits finis. Il participe à sa façon aux efforts de reconstruction en brûlant les déchets en bois ramassés sur la côte du Tohoku, lorsque la chaudière à biomasse de l'usine le permet.

Société	Nombre et localisation des sites atteints	Principaux dommages liés au séisme	Principaux dommages liés au tsunami	Date de redémarrage	Montant des dommages (2011)
NIPPON PAPER GROUP	1 papeterie à Ishinomaki	<b>(voir p. 22)</b> dommages au bâtiment et presses à papier (répliques d'avril)	submersion totale	16 septembre 2011 (100 % en septembre 2012)	42 G¥ (420 M€) de dommages matériels
	1 papeterie à Iwanuma-Soma		destruction de 20 % des stocks, dommages à la station de traitement des effluents	entre le 12 avril et fin mai 2011	et
	1 papeterie à Iwaki-Nakoso	1 chaudière à biomasse le 11 mars et des bâtiments endommagés (répliques d'avril)	perte de 50 % des stocks (entrepôts inondés)	mi-mai 2011	12 G¥ (120 M€) de pertes de stocks
MITSUBISHI PAPER	1 papeterie à Hachinohe	mineurs	vagues de 8,4 m 6 blessés, submersion des RdC des bâtiments, équipements électriques gravement endommagés	partiel le 24 mai 2011 100 % le 15 novembre 2011	30 G¥ (300 M€)
RENGO	1 usine de fabrication de carton dans le port de Sendai	mineurs	submersion des équipements, bâtiments gravement endommagés stocks emportés	démolition et reconstruction de l'usine plus à l'intérieur des terres	10 G¥ (100 M€) et perte de 3% des capacités de production du groupe
	1 usine à Minamisoma (Marusan Paper)	dommages aux bâtiments et équipements		20 juin 2011	
OJI PAPER	1 usine de fabrication de carton dans le port de Sendai	mineurs	submersion vague de 4 m, bâtiment, canalisations et machines d'impression endommagées	automne 2011	1,5 G¥ (15 M€)
TOKAI CARBON	1 usine de noir de charbon à Ishinomaki	mineurs	submersion du site	décembre 2011	2,1 G¥ (21 M€)
HOKUETSU KISHU PAPER	1 usine de carton à Katsuta-Hitachinaka	mineurs	perte de 30 % du stock	31 mars 2011	1,5 G¥ (15 M€)

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL



Papeterie d'Iwanuma à Soma : dommages sismiques subis par le bâtiment abritant les presses à papier  
(Source : Nippon paper)



Papeterie de Nakoso : dommages sismiques dans l'un des bâtiments de revêtement du papier  
(Source : Nippon paper)



Etat de l'usine OJI PAPER d'emballages en carton dans le port de Sendai après le tsunami  
(Source : Oji paper)



Etat de l'usine OJI PAPER d'emballages en carton dans le port de Sendai après le tsunami (Source : Oji paper)

**ZOOM SUR :**

## COMPLEXE PAPETIER NIPPON PAPER - PORT D'ISHINOMAKI



Présentation du site	<ul style="list-style-type: none"> <li>Complexe papetier intégré : production de pulpe (643 000 t / an), de pulpe recyclée (370 000 t / an) et de papiers spéciaux (1,1 Mt / an) - 3 lignes de production</li> <li>Construction : 1940 avec modernisation entre 1955 et 1980, puis en 2008</li> <li>822 employés et sous-traitants sur site le 11 mars (2 500 employés au total)</li> </ul>
Données séisme	Magnitude 9 (Shindo 6+), répliques de magnitude max. 7,2
Données tsunami	Hauteur dans le port : 4 à 8,5 m, hauteur d'inondation 1 à 5 m (le site se trouve à 3 m au-dessus du niveau de la mer)
Protection / risque sismique	Bâtiments les plus récents (construits entre 1955 et 1980) aux normes parasismiques, procédure d'arrêt des chaudières en cas de séisme (accélération mesurée sur sismographe > 0,15 m/s <sup>2</sup> )
Chronologie de l'accident	<p><b>14h46</b> : premières secousses, mise en sécurité des installations et stockages</p> <p><b>15h04 - 15h25</b> : évacuation des employés vers la colline surplombant le site</p> <p><b>15h26</b> : arrivée des premières vagues chargées de débris (conteneurs grumes, épaves de camion et de voitures) - 7 vagues au total</p> <p><b>16h10</b> : retrait de la dernière vague, début de l'épisode neigeux</p> <p><b>17h34</b> : début d'incendie de débris en bois à proximité du site qui durera 24 h</p>
Victimes	Aucune parmi les employés et sous-traitants travaillant sur le site le 11 mars, 41 corps de voisins trouvés dans l'usine lors du nettoyage, 5 employés décédés à leur domicile
Dommages liés au séisme	Pas de dommages sur les bâtiments de production et équipements les plus récents (cheminée de 100 m de haut), pas de dommages aux stockages de matières dangereuses (bacs de fioul et produits chimiques), les bâtiments en brique de 1940 sont gravement endommagés
Dommages liés au tsunami	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dommages importants dus aux débris internes et externes chariés par le tsunami (18 maisons en bois, 210 véhicules, plusieurs conteneurs sont retrouvés dans l'usine)</li> <li>Endommagement par l'eau de mer des équipements électriques en RdC (moteurs, compresseurs, transformateurs)</li> <li>Destruction des stocks de matières premières et produits finis, destruction des rames ferroviaires balayées par le tsunami</li> </ul>
Dommages €	Entre 300 et 400 millions d'Euros (dommages matériels et pertes de stocks)
Chronologie du rétablissement	<p><b>12/03</b> : ouverture du centre de crise sur la colline</p> <p><b>14/03</b> : arrivée des secours envoyés par le groupe (vivres, couvertures, matériel)</p> <p><b>06/04</b> : arrivée des renforts et d'engins pour le nettoyage du site</p> <p><b>17/04</b> : rétablissement complet des utilités (eau, gaz, électricité)</p> <p><b>17/05</b> : lancement du programme de réhabilitation du site</p> <p><b>08/08</b> : fin du nettoyage, redémarrage de la chaudière fioul</p> <p><b>16/09</b> : redémarrage de la première ligne de production</p> <p><b>10/10</b> : redémarrage de la chaudière biomasse pour fournir de l'électricité à la ville (40 MW) en brûlant les déchets bois collectés puis broyés (120 000 t/an)</p> <p><b>08/11</b> : redémarrage de la chaudière charbon (chaudière principale du site)</p> <p><b>15/11</b> : redémarrage de la deuxième ligne de production</p> <p><b>09/12</b> : récupération à 100 % des capacités de production initiales</p>
Retour d'expérience matériel	Mettre le maximum d'équipements en R+1 quand c'est possible et économiquement raisonnable (les équipements mécaniques et l'instrumentation en R+1 sont intacts)
Retour d'expérience organisationnel	Augmenter les stocks d'eau, de vêtements chauds et de nourriture dans le bâtiment refuge situé sur la colline (3 jours d'autonomie)
Liens	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résumé en ligne ARIA 40266 et vidéo : le complexe papetier après le tsunami</li> </ul>

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

## COMPLEXE PAPETIER NIPPON PAPER



Entrée nord du site



Etat du bâtiment pompiers du site



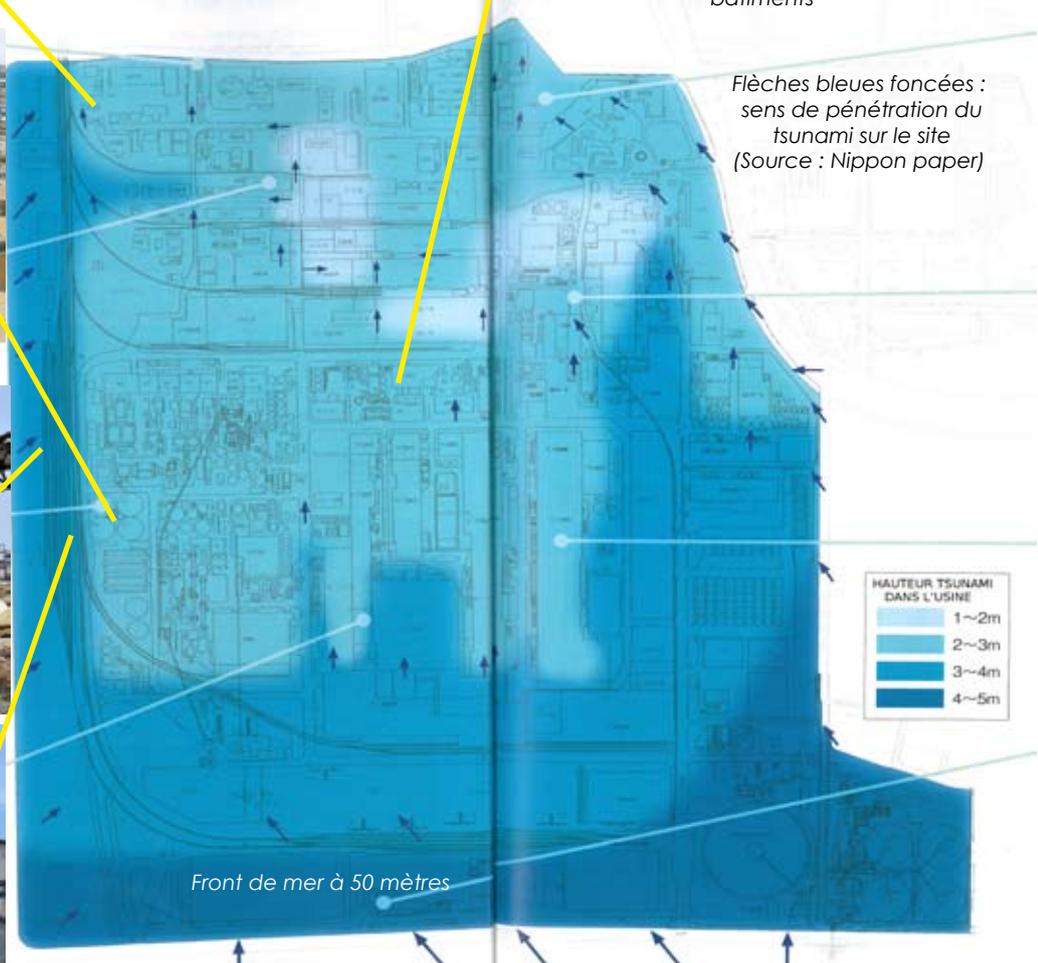
Déblaiement à l'extérieur des bâtiments



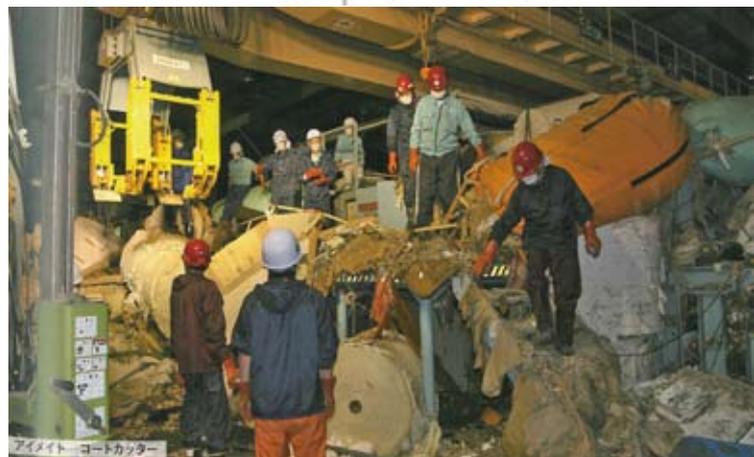
Etat du bassin de décantation ouest



Convoi ferroviaire balayé par le tsunami

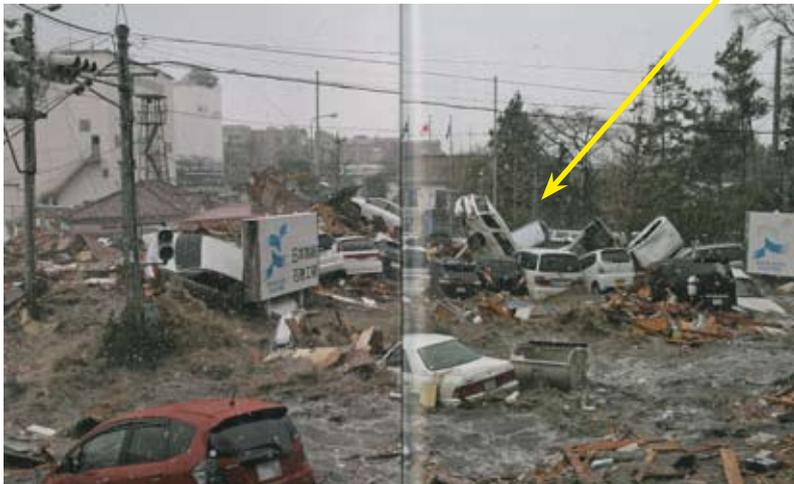


Les employés du site et les renforts envoyés par le groupe se relaient jour et nuit pendant 2 mois pour nettoyer l'usine

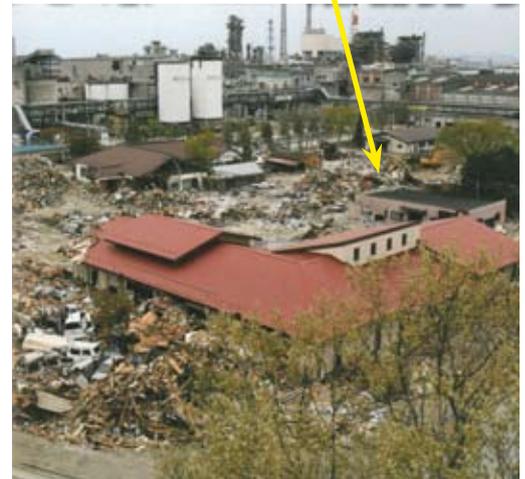


### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

## COMPLEXE PAPETIER NIPPON PAPER



Arrivée du tsunami à l'entrée du site le 11 mars 2011 à 15h48  
(Source : Nippon Paper)



État du site 2 semaines après  
(Source : Nippon Paper)



Rouleaux de papier emportés dans l'usine par le tsunami



Grumes emportées dans l'usine par le tsunami



État des stockages des copeaux



RdC bâtiment de production



Presses à papier



RdC bâtiment logistique

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

#### 3.3 Chimie et pétrochimie

Estimer l'impact du séisme et du tsunami sur l'industrie chimique japonaise reste délicat, car 70 % des sites chimiques ont moins de 50 employés et ont peu ou pas communiqué sur les dommages et pertes économiques subis. Il est a contrario plus facile d'avoir des chiffres pour les grands groupes chimiques et pétrochimiques. Si la plupart des sites n'ont pas ou peu été touchés par le tsunami, les secousses sismiques ont endommagé les équipements. Le redémarrage a été compliqué jusqu'en juillet 2011 en raison des rationnements d'électricité imposés par TEPCO incompatibles avec un fonctionnement continu des procédés. Les problèmes d'acheminement des intrants et produits finis ont aussi beaucoup retardé le redémarrage. La catastrophe a mis en évidence la grande dépendance des industries de haute technologie japonaise aux produits chimiques de base et la vulnérabilité des chaînes logistiques en cas de séisme majeur.

Société	Nombre et localisation des sites atteints	Principaux dommages liés au séisme	Principaux dommages liés au tsunami	Date de redémarrage	Montant des dommages (2011)
JX NIPPON OIL	unité benzène et propylène à Sendai	Craqueur catalytique (voir p. 37)	(voir p. 37)	mars 2012	50 G¥ (500 M€)
	unité benzène à Kashima	affaissement des sols et voiries	tuyauteries, infrastructures portuaires, perte des utilités (eau, électricité)	juin 2011	20 G¥ (200 M€)
ADEKA group	usine de Soma	mineurs	équipements électriques	1 <sup>er</sup> juillet 2011	2 G¥ (20 M€)
	usine de Kashima	affaissement des sols et voiries	tuyauteries, infrastructures portuaires, perte des utilités (eau, électricité)	fin avril 2011	y/c pertes de production
MITSUBISHI CHEMICAL	2 unités éthylène, 1 unité peroxyde d'hydrogène, 1 unité benzène, 1 unité cumène, 1 unité phénol/acétone port de Kashima	affaissement des sols et voiries généra-teurs de secours endommagés	tuyauteries, infrastructures portuaires, perte des utilités (eau, électricité)	entre le 20 mai et le 31 août 2011	Perte de 11,4 % de la production nationale d'éthylène
	Nippon Kasei à Onamaha	perte des utilités, dommages aux installations annexes	/	juillet 2011	(51 % de celle du groupe)
	API corp. à Iwaki	dommages aux installations (1 mort et plusieurs blessés)	/	fin mai 2011	
JFE chemical	unité benzène à Chiba	mineurs	/	mai 2011	12 G¥ (120M€)
KASHIMA CHEMICAL	2 unités ECH et 1 unité propylène à Kashima	affaissement des sols et voiries	tuyauteries, infrastructures portuaires, perte des utilités (eau, électricité)	juin 2011	ND
MITSUI CHEMICAL	1 unité TDI et 1 unité phénol / acétone à Kashima	affaissement des sols et voiries	tuyauteries, infrastructures portuaires, perte des utilités	juin 2011	1,4 G¥ (14 M€)

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

Société	Nombre et localisation des sites atteints	Principaux dommages liés au séisme	Principaux dommages liés au tsunami	Date de redémarrage	Montant des dommages (2011)
MARUZEN petrochemical	unité éthylène, MEK et di-siobutylène à Chiba	Incendie du craqueur : effet domino de la raffinerie Cosmo Oil	/	juin 2011	perte de 6,6 % de la production nationale d'éthylène
TAIYO NIPPON SANSO	unités de production de gaz de l'air à Sendai 1 unité PVC à Kashima	stocks de bouteilles renversés mineurs	canalisations de transport tuyauteries, infrastructures portuaires, perte des utilités	mai 2011	1,6 G¥ (16 M€) dont les stocks
Production de chlore et dérivés	7 sites fermés et 3 endommagés dans le Tohoku et le Kanto	bacs de stockage	/		perte de 30 % de la capacité nationale
Production de peroxyde	7 sites fermés dans le Tohoku et le Kanto dont 1 à Kashima	/	tuyauteries, infrastructures portuaires, perte des utilités (eau, électricité)	mai 2011	perte de 75 % de la production nationale
SHIN ETSU chemical	unité PVC à Kashima	affaissement des sols et voiries	tuyauteries, infrastructures portuaires, perte des utilités (eau, électricité)	31 mai 2011	2,1 G¥ (21 M€) y/c usine de Shirakawa
JSR	unité caoutchouc à Kashima	affaissement des sols et voiries	tuyauteries, infrastructures portuaires, perte des utilités (eau, électricité)	20 mai 2011	444 M¥ (4,5 M€)
ASAHI GLASS	unités de soude caustique, PO et MPG à Kashima unité de soude caustique à Chiba	affaissement des sols et voiries affaissement des sols et voiries	entrepôt, tuyauteries, infrastructures portuaires, perte des utilités (eau, électricité) /	21 avril 2011 15 mars 2011	9,2 G¥ (92 M€)
SAKAI CHEMICAL	1 unité TiO <sub>2</sub> et sels de Ba à Iwaki	bâtiments et équipements de fabrication endommagés perte utilités, chute de sacs dans le stock	/	début mai 2011	1,3 G¥ (13 M€) y/c stock et perte de production
SEIKAGAKU Sanrikukakou Corp.	1 usine de sulfate de chondroïtine à Kesennuma	mineurs	dommages majeurs suite à submersion totale	site abandonné	932 M¥ (9,3 M€)
AIR WATER EKISAN	1 site de liquéfaction des gaz de l'air (oxygène et azote) à Iwaki	boulons des fondations de colonne de rectification arrachés sur 20 mm, outils et équipements, bâtiments	/	mi-avril 2011	2 G¥ (20 M€)
FUKUI Fertilizer Co.	1 usine d'engrais organiques à Ishinomaki (8 000 t / an)	mineurs	équipements électriques et d'ensachage, tuyauteries, stock	juin 2011	200 M¥ (2 M€)

**ZOOM SUR :**

## COMPLEXE PÉTROCHIMIQUE INTÉGRÉ PORT DE KASHIMA



Présentation du site	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20 sociétés pétrochimiques</li> <li>• Début d'opération : 1971 (1<sup>ère</sup> unité éthylène) et 1992 (2<sup>ème</sup> unité éthylène), 274 ha</li> <li>• Quais de chargement / déchargement pour navires de moyen et gros tonnage (classe D/W), canalisations de transfert, zones de stockage GPL &amp; hydrocarbures &amp; produits finis, 2 pipelines interconnectés d'éthylène et de propylène, 1 station de traitement des effluents, 1 station de pompage de l'eau de mer, 1 centrale thermique</li> <li>• 850 employés (2 000 avec les sous-traitants)</li> </ul>
Données séisme	Magnitude 9 (Shindo 5 <sup>+</sup> ), répliques (Shindo 6 <sup>-</sup> ), accélération sur site de 2,6 à 2,8 m/s <sup>2</sup>
Données tsunami	Hauteur sur la côte : 7 m, hauteur d'inondation : 4,7 à 8,4 m (amplification dans le chenal)
Protection / risque sismique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bâtiments et stockages de matières dangereuses (GPL, bacs) aux normes antisismiques</li> <li>• Coupure automatique des unités selon l'intensité mesurée par les sismographes : coupures des unités polyéthylène HP à 0,5 m/s<sup>2</sup>, coupure des unités oxyde d'éthylène à 1 m/s<sup>2</sup>, coupure de toutes les unités de fabrication à 1,5 m/s<sup>2</sup> (compresseurs, pompes de transfert des fluides, vapocraqueurs, chaudières, fours...), coupure de toutes les unités de fabrication et de la centrale thermique à 2 m/s<sup>2</sup></li> <li>• Exercices réguliers de mise en sécurité des installations et du personnel</li> </ul>
Protection tsunami	Digues de 6 m côté mer
Chronologie de l'accident	<p><b>14h46</b> : premières secousses (shindo 5<sup>+</sup>), mise en sécurité automatique des unités, appel et évacuation des employés et sous-traitants non indispensables à la mise en sécurité</p> <p><b>15h15</b> : répliques plus intenses (shindo 6<sup>-</sup>)</p> <p><b>15h32</b> : arrivée des premières vagues du tsunami (les plus hautes, période de 15 min)</p> <p><b>16h40</b> : arrivée d'un 2<sup>ème</sup> train de vagues</p> <p><b>11/03 en fin d'après-midi</b> : vérification de la mise en sécurité des unités (paramètres des équipements, état des détecteurs de gaz, inspection visuelle des équipements et stockages, contrôle du torchage des produits en cours de fabrication), mise en place des moyens télécom de secours (satellite)</p>
Victimes	Quelques blessés légers lors des secousses sismiques
Dommages liés au séisme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Affaissement des voiries et fondations de certaines installations, subsidence : 8 à 70 cm</li> <li>• Tuyauteries déformées et leurs supports déplacés, fuites, calorifugeage détruit</li> <li>• Phénomène de « sloshing » sur certains gros bacs de stockage</li> <li>• Pertes des lignes de communication, perte de l'alimentation électrique sur les sites sans générateur ou dont le générateur est endommagé (la centrale thermique est arrêtée)</li> </ul>
Dommages liés au tsunami	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quais de chargement, canalisations déplacées, tordues ou inondées</li> <li>• Bâtiments techniques ou de stockage et installations de quai détruites</li> <li>• Station de pompage de l'eau de mer inondée (6 moteurs hors service)</li> <li>• Chenaux de navigation impraticables (+ de 1 m de dépôts de sable et de sédiments)</li> <li>• 1 navire chimiquier emporté par le tsunami dans le chenal sud, il détruit plusieurs quais et canalisations de chargement des sociétés MITSUBISHI et MITSUI CHEMICAL</li> </ul>
Dommages €	Variables selon les entreprises ( <b>voir tableau p. 25 - 26</b> )
Chronologie du rétablissement	<p><b>11/03 soirée</b> : les principaux groupes chimiques mettent en place des cellules de crise</p> <p><b>12/03</b> : bilan des employés victimes hors site, 1<sup>ère</sup> évaluation des dommages</p> <p><b>18/03 au 29/07</b> : réouverture progressive du port (dragage des sédiments)</p> <p><b>Mai 2011</b> : restauration de l'alimentation en eau de mer</p> <p><b>Avril à septembre 2011</b> : redémarrage progressif des unités de fabrication</p> <p><b>Juin 2011</b> : le gouvernement lance le « projet K » pour relancer l'activité de Kashima</p>
Lien	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résumé en ligne ARIA 42424</li> </ul>

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

## COMPLEXE PÉTROCHIMIQUE



Un navire chimiquier arrache ses amarres à l'arrivée du tsunami dans le chenal intérieur sud du complexe, provoquant des dommages aux installations et quais de chargement



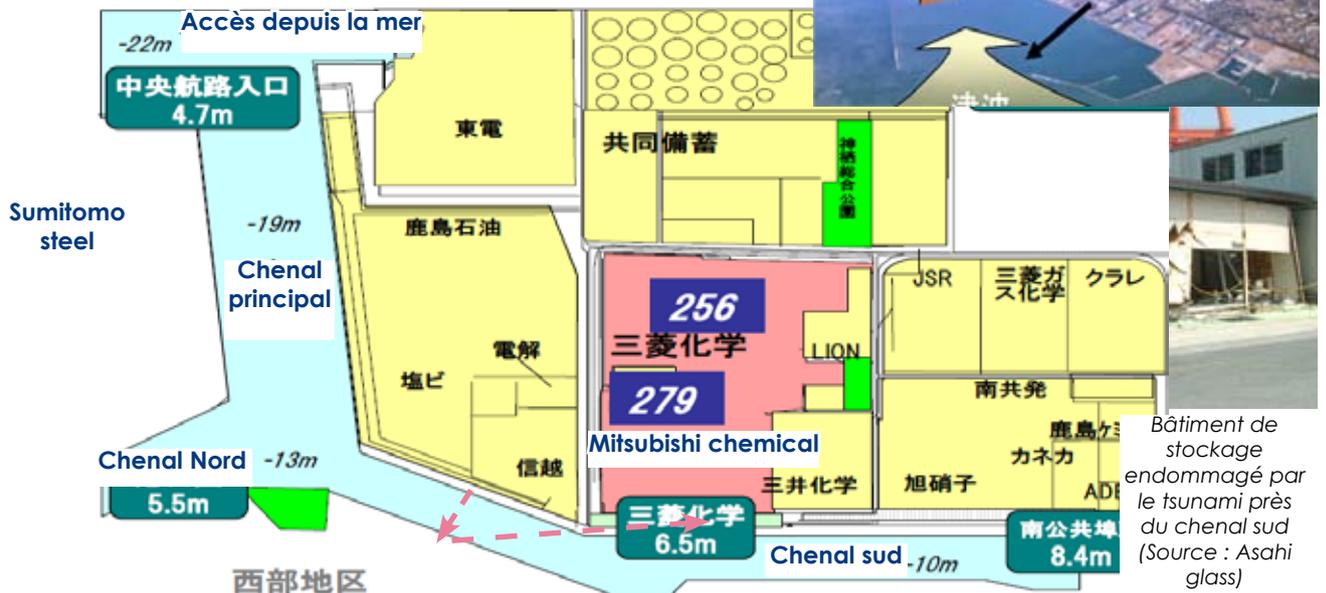
Tuyauteries et installations portuaires endommagées par le tanker (à g., Source : NRFID) et le tsunami (à dr. et ci-dessous, Source : METI)



à g. : 1 des 6 moteurs de la station de pompage endommagés par le tsunami, à dr. canalisation d'eau de mer recouverte de sédiments (Source : METI)



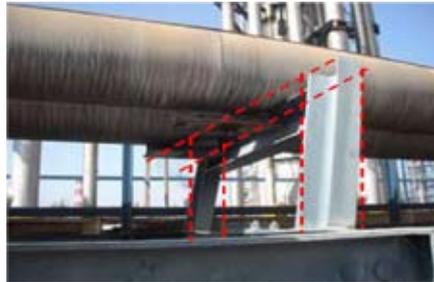
Le complexe se trouve dans le port artificiel de Kashima qui est particulièrement vulnérable au tsunami car il a été construit en excavant des champs agricoles, le 11 mars le tsunami a été canalisé par les digues existantes dans le chenal principal et s'est amplifié dans les chenaux secondaires moins profonds. Le terrain sablonneux explique aussi l'importance des dommages sismiques par liquéfaction (Source : METI)



Hauteur atteinte par le tsunami (cadre vert) à l'intérieur du complexe pétrochimique et trajectoire du navire chimiquier emporté dans le chenal sud (flèches rouges) (Source : METI)

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

## PORT DE KASHIMA



Dommages sismiques subis par les tuyauteries : à g. calorifugeage et à dr. leurs supports (Source : METI)



à g. : Phénomènes de liquéfaction des sols rencontrés dans et à proximité du complexe pétrochimique (voiries et réseau des eaux usées) (Source : METI / photos amateurs)



à dr. : Phénomène de « sloshing » sur un bac de brut avec pertes de produit, photo prise le 14 mars 2011 (Source : Google Maps)



Liquéfaction des voiries entre 2 unités de fabrication (Source : Asahi glass)



**ZOOM SUR:**

## NAVIRE GAZIER « FLANDERS TENACITY » COMPLEXE PÉTROCHIMIQUE DE KASHIMA ...ou l'accident majeur évité

(d'après un post du journal « Maritime Professional » du 23 mai 2011)



Présentation du navire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pavillon : HONG KONG, lancé en 1996, 230 m de long et 36 m de large, double coque</li> <li>• Propriétaire : T.A.C.K SHIPPING. S.A, Armateur: Exmar Shipmanagement n.v</li> <li>• Tonnage : 54 155 t (en charge), tirant d'eau : 11,8 m</li> <li>• Cargaison à bord le 11 mars 2011 : 23 500 tonnes de propane</li> <li>• 25 hommes d'équipage</li> </ul>
Données séisme	Magnitude 9 (Shindo 5+)
Données tsunami	Hauteur sur la côte : 7 m, hauteur d'inondation : 4,7 à 8,4 m (amplification dans le chenal)
Chronologie de l'accident	<p><b>14h46</b> : le navire vient de s'amarrer sur un quai du chenal principal et se prépare à décharger sa cargaison de propane dans les sphères du complexe quand son commandant perçoit de grosses vibrations en passerelle</p> <p><b>14h50</b> : croyant à un démarrage accidentel des moteurs, il sort dehors et constate que c'est un séisme, information confirmée par la VHF du port. Il décide d'appareiller immédiatement</p> <p><b>15h00-15h30</b> : tentatives de contact VHF et GSM avec la capitainerie pour se faire remorquer hors du port, en vain (la capitainerie et les remorqueurs ont été évacués)</p> <p><b>15h30-15h45</b> : arrivée des premières vagues du tsunami, les amarres du navire lâchent et celui-ci est emporté dans le chenal. Les moteurs sont démarrés et les 2 ancres levées</p> <p><b>15h45-16h30</b> : le pétrolier « Rookosan » à la dérive est en trajectoire de collision avec le Flanders, le commandant manoeuvre et l'évite de justesse. Le navire « Chinese steel integrity », arraché à son amarrage du site sidérurgique en face, arrive ensuite en route de collision sur l'avant, le commandant fait jeter les ancres et baisse la vitesse, le « Flanders » tourne légèrement et le « Chinese steel » passe sur son flanc sans le toucher. Le « Flanders » déchire ensuite sa coque en heurtant un quai et plusieurs petits bâtiments à la dérive</p> <p><b>16h40</b> : le 2<sup>ème</sup> train de vagues touche le navire de plein fouet, celui-ci tangue dangereusement, menaçant de chavirer, et heurte à plusieurs reprises le fond (lors du reflux). Le commandant décide de sortir du chenal secondaire, une ancre bloquée doit être coupée par l'équipage de manoeuvre</p> <p><b>vers 17h30</b> : le commandant décide de sortir du chenal principal mais de rester en eau peu profonde, il veut éviter le noyage des compresseurs qui entraînerait une montée en pression du propane et l'explosion (BLEVE) d'une ou plusieurs cuves de stockage. Il décide de lâcher du ballast, l'eau redescend sous la déchirure de la coque et la voie d'eau s'arrête. Le navire rejoint la mer au large du complexe malgré le gouvernail avarié et jette l'ancre</p>
Victimes	Aucune (un ou plusieurs BLEVE dans le port auraient eu des conséquences dramatiques)
Dommages liés au tsunami	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Une voie d'eau dans la coque au niveau de la salle des machines qui menace les compresseurs assurant la liquéfaction du propane stocké à bord</li> <li>• Système de gouverne endommagé</li> <li>• Plusieurs impacts sur la coque (une collision avec un gros navire à la dérive aurait pu déchirer la coque et provoquer une grosse fuite de propane)</li> </ul>
Rétablissement	Le navire restera 2 semaines ancré devant le port à faible profondeur avant de pouvoir décharger son stock de propane. Pendant ces 2 semaines, la nourriture à bord doit être rationnée et l'équipage s'inquiète des risques de radiation. Le navire rejoint ensuite un chantier naval dans la baie de Tokyo pour être réparé

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

## NAVIRE GAZIER FLANDERS TENACITY



Le FLANDERS TENACITY à la dérive dans le port de Kashima après avoir été arraché de ses amarres le 11 mars 2011 après-midi par le tsunami  
(Source : METI )



L'armateur du FLANDERS TENACITY reçoit le prix de la sécurité maritime décerné par le syndicats des armateurs de Hong Kong en juillet 2011 pour avoir évité un accident maritime majeur dans le port pétrochimique de Kashima le 11 mars 2011  
(Source : Gouvernement de Hong Kong)

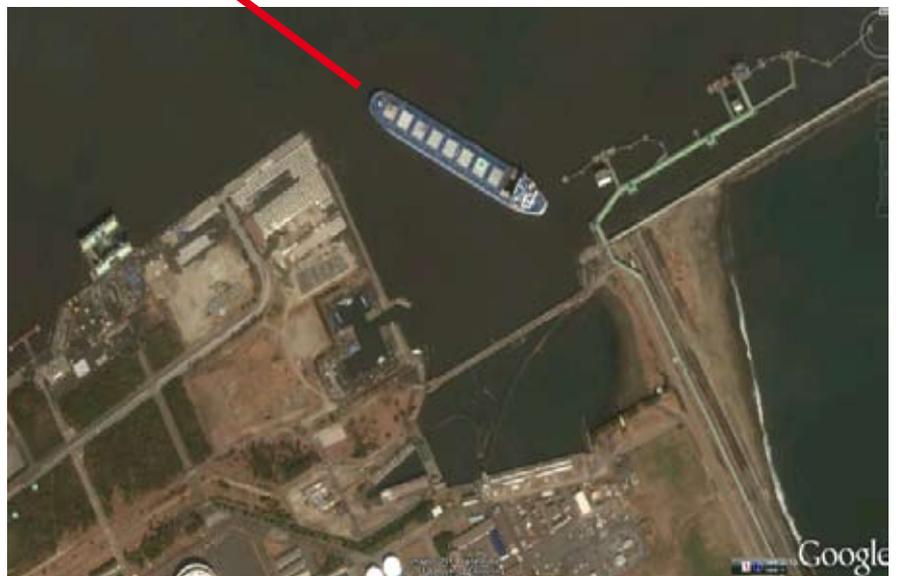


Le CHINA STEEL INTERGRITY est en train de charger des produits sidérurgiques sur le site de SUMITOMO dans le port de Kashima quand il est emporté par le tsunami. Après avoir failli entrer en collision avec le FLANDERS TENACITY, il s'échouera à l'entrée du chenal principal du port de Kashima (photo amateur)



Manoeuvre de dégagement du CHINA STEEL INTREGRITY échoué (photo amateur)

Vue satellite du CHINA STEEL INTREGRITY échoué au nord du complexe pétrochimique  
(Source : Google Maps)



### 3.4 Industrie pétrolière

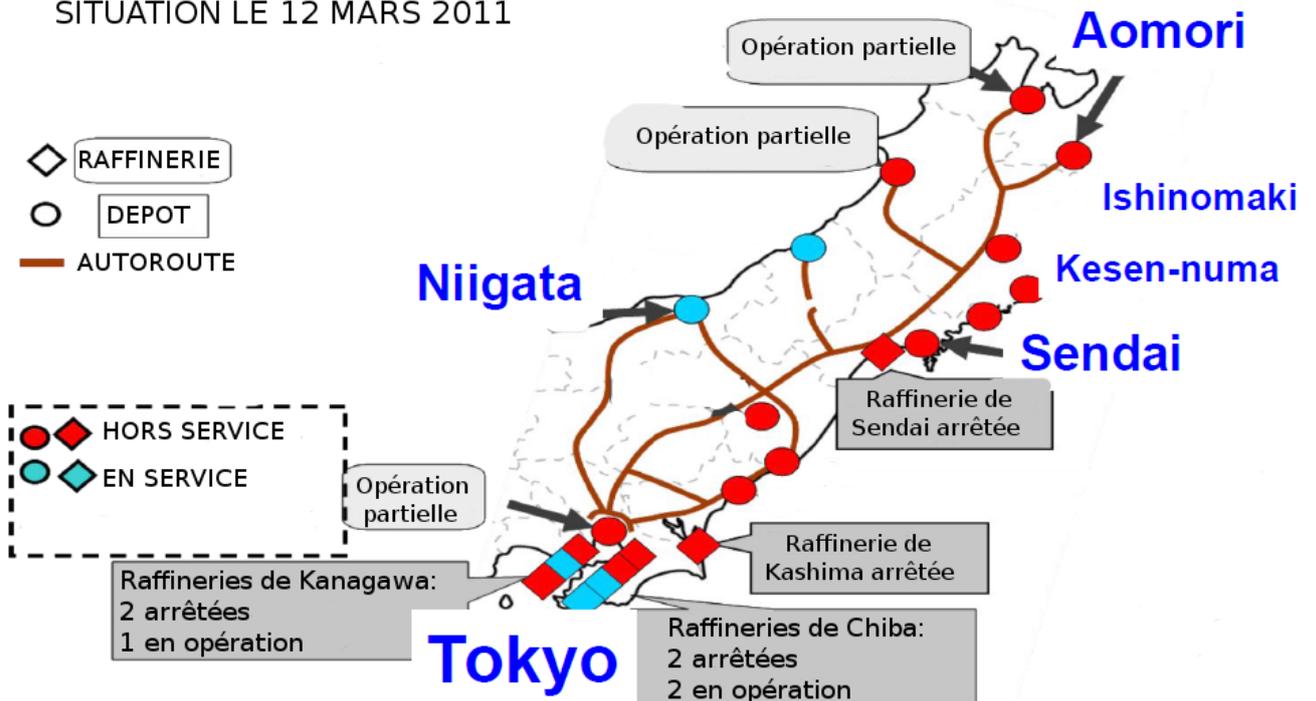
Le Japon, qui possède peu de ressources énergétiques, est le troisième importateur et consommateur mondial de pétrole juste derrière les États-Unis et la Chine et le premier importateur de gaz naturel liquéfié et de charbon au monde. Avant le 11 mars 2011, le Japon présentait des surcapacités de raffinage avec près de 4,7 millions de barils/j (5,1 % de la production mondiale) produits dans 28 raffineries. Le séisme du 11 mars 2011 a provoqué une perte brutale de production équivalent à 1,2 millions de barils par jour, soit 26 % de la capacité totale du pays. Cette perte est liée aux arrêts et aux dommages subis par plusieurs raffineries, dont 6 ont été particulièrement atteintes. Pour compenser les pertes de production des raffineries endommagées ou arrêtées, les autres raffineries japonaises ont augmenté leur capacité de production au-delà du seuil optimal fixé à 90 % par les compagnies pétrolières japonaises, atteignant même un pic à 96 % le 30 mars 2011.

#### 3.4.1 Les raffineries

Société	Localisation de la raffinerie atteinte et capacité de production (barils/j)	Principaux dommages liés au séisme	Principaux dommages liés au tsunami	Date de redémarrage	Montant des dommages (2011)
JX NIPPON OIL	Sendai (145 000)	<b>(voir p. 37)</b>	submersion du site <b>(voir p. 37)</b>	partie stockage dès le 21 mars 2011	92 G¥ (920 M€) dont 50 G¥ de dommages
	Kashima (189 000)	effondrement des sols, liquéfaction des voiries, tuyauteries déformées	équipements portuaires (installations de déchargement, voiries, tuyauteries)	partie raffinage à 100 % le 9 mars 2012  4 juin 2011	20 G¥ (200 M€) dont 1 G¥ de pertes de production
	Negishi (270 000)	dommages légers aux équipements	/	13 mars 2011	/
COSMO OIL	Chiba (220 000)	effondrements de sphères GPL  incendie prolongé et BLEVE en série <b>(voir p. 34)</b>	/	partie stockage dès le 18 mars 2011  partie raffinage le 30 mars 2012	10 G¥ (100 M€)
KYOKUTO Petroleum Industrie	Chiba (175 000)	arrêt d'urgence, pas de dommages significatifs	/	22 mars 2011	ND
TONEN GENERAL	Kawasaki (335 000)	arrêt d'urgence, pas de dommages significatifs	/	18 mars 2011	ND

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

SITUATION LE 12 MARS 2011



Bilan des dommages sur le secteur pétrolier japonais (Source : PAJ)



Ravitaillement en kéronène avec une pompe à main en mars 2011 (Source : PAJ)

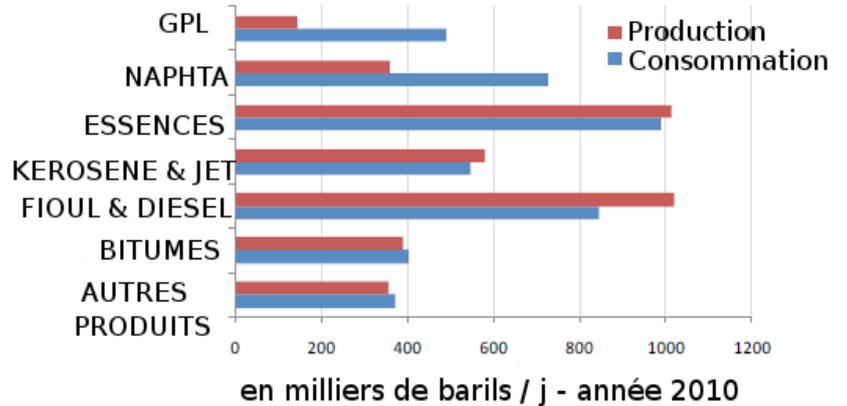


Le 13 mars 2011, des rescapés récupèrent l'essence d'une épave pour se chauffer à Minamisanriku (photo amateur)



Des sinistrés récupèrent des fûts de kérosène fournis par les forces d'autodéfense pour se chauffer (photo amateur)

#### STRUCTURE DE LA PRODUCTION ET DE LA DEMANDE JAPONAISE EN HYDROCARBURES



Profil de la production / consommation d'hydrocarbures au Japon (Source : IEA)



Ravitaillement en essence depuis un fût en avril 2011 (photo amateur)

**ZOOM SUR :**

## RAFFINERIE COSMO OIL - PORT DE CHIBA



Présentation du site	<ul style="list-style-type: none"> <li>Raffinerie au sein d'un complexe pétrochimique intégré, surface de 1,17 km<sup>2</sup></li> <li>Construction : 1963, capacité de 220 000 barils / j</li> <li>382 employés (2 500 pour le complexe pétrochimique)</li> </ul>
Données séisme	Magnitude 9 (Shindo 5-), réplique de magnitude max. 7,2
Protection / risque sismique	Equipements et stockages aux normes parasismiques (fondations renforcées contre le risque de liquéfaction), arrêt automatique des installations (accélération > 0,2 m/s <sup>2</sup> )
Chronologie de l'accident	<p><b>14h46</b> : premières secousses sismiques (accélération 0,11 m/s<sup>2</sup>)</p> <p><b>14h52</b> : répliques au large de Tokyo (0,4 m/s<sup>2</sup>), arrêt automatique des installations, les pieds de la sphère n° 364 de propane remplie d'eau non vidangée (suite à l'épreuve hydraulique terminée 12 jours avant) se fissurent sans se rompre, lancement de la cellule de crise</p> <p><b>15h15</b> : nouvelle réplique (0,99 m/s<sup>2</sup>), entraînant une rupture des croisillons des pieds de la sphère n° 364 et son effondrement 1 min après, écrasant les tuyauteries à proximité</p> <p><b>15h45</b> : fuite de GPL sur des tuyauteries de transfert vers le parc de stockage, la vanne automatique de sécurité est inactive (shuntée en position ouverte à la suite d'un dysfonctionnement du réseau pneumatique quelques jours avant). Alerte des pompiers</p> <p><b>15h48</b> : inflammation du nuage de GPL sur un point chaud (vapocraqueur voisin ?), incendie du parc de sphères GPL malgré l'activation des couronnes de refroidissement</p> <p><b>17h04</b> : 1<sup>er</sup> BLEVE de sphère, perte des utilités sur la zone (électricité, air)</p> <p><b>17h54</b> : 2<sup>nd</sup> BLEVE, absence d'utilités pour couper automatiquement les réseaux de tuyauteries sur le parc et les flux thermiques considérables rendent impossible la coupure manuelle : décision de laisser brûler le parc tout en protégeant les installations adjacentes, 3 autres BLEVEs se succèdent dans la nuit (2 000 m<sup>3</sup> et 5 sphères de GPL ont explosé). 1 000 riverains évacués pendant 8 h. L'incendie est maîtrisé à 10h10 le 21 mars 2011</p>
Victimes	6 employés blessés dont 1 gravement brûlé (3 employés de COSMO, 3 des sites voisins)
Dommages liés au séisme	<ul style="list-style-type: none"> <li>17 sphères détruites dont 5 ont explosé (BLEVE dont une boule de feu de 600 m) ainsi que les canalisations et bâtiments adjacents : 5 227 t de GPL brûlés</li> <li>Plusieurs bacs de bitume ont perdu leur étanchéité suite aux effets thermiques</li> <li>Des voies routières et bâtiments sur site endommagés par la liquéfaction des sols</li> <li>Les ondes de choc et les débris des explosions ont déclenché des incendies sur les installations pétrochimiques (vapocraqueur) des sociétés MARUZEN et JMC</li> <li>Destruction de véhicules et de bateaux, résidences endommagées (vitres, toits)</li> <li>Des débris d'incendies ont souillé des véhicules et résidences environnantes</li> </ul>
Dommages €	100 millions d'Euros
Chronologie du rétablissement	<p><b>18-31 mars 2011</b> : expédition des stocks existants de gasoil, kérosène et essence</p> <p><b>début mai 2011</b> : récupération du bitume autour du bac endommagé, réception de produits raffinés par tanker, expédition par camions-citernes de gasoil, kérosène et essence</p> <p><b>17 décembre 2011</b> : autorisation de redémarrer les installations de GPL sous pression &gt; 10 bars, après inspection de conformité (suspension administrative depuis juin 2011)</p> <p><b>12 janvier 2012</b> : redémarrage partiel des installations de raffinage</p> <p><b>30 mars-20 avril 2012</b> : redémarrage des 2 unités de distillation de brut du site</p> <p><b>Printemps 2013 (prévision)</b> : fin de réparation du parc GPL, fonctionnement à 100 %</p>
Retour d'expérience matériel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conception du parc GPL modifiée (socle renforcé, espacement inter-sphères plus grand, débit de refroidissement doublé), amélioration de la flexibilité des tuyauteries et modification du réseau de tuyauteries pour limiter les effets dominos</li> <li>Renforcement du système automatique de coupure des réseaux par zone</li> </ul>
Retour d'expérience organisationnel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Révision de la procédure d'épreuve hydraulique des sphères (vidange rapide), amélioration de la communication bureau d'études / exploitation</li> <li>Sensibilisation du personnel aux procédures sécurité, renforcement des contrôles</li> </ul>
Liens	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résumé en ligne ARIA 40256 et vidéo : BLEVE des sphères de GPL</li> </ul>

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

#### RAFFINERIE COSMO OIL



Evolution du sinistre le 11 mars après-midi et dans la nuit du 11 au 12 mars (Source : Cosmo oil)



Vue d'un BLEVE depuis l'autre rive de la baie de TOKYO (diamètre estimé à 600 m pour le plus gros BLEVE), ci-dessous : morceau d'une sphère (Source : NRFID)

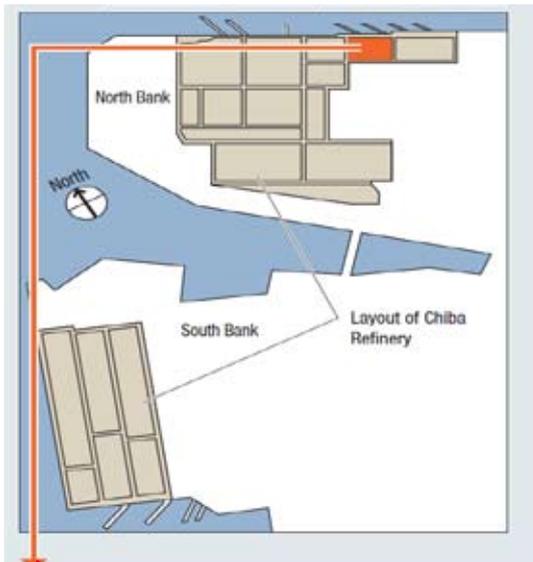


Vues du parc de sphère et des alentours après l'extinction (Source : Google Maps / NRFID)  
Les couronnes d'arrosage des sphères, d'un débit de 5 l/m<sup>2</sup>/mn, ont permis de limiter le nombre de BLEVE (Source : NRFID)

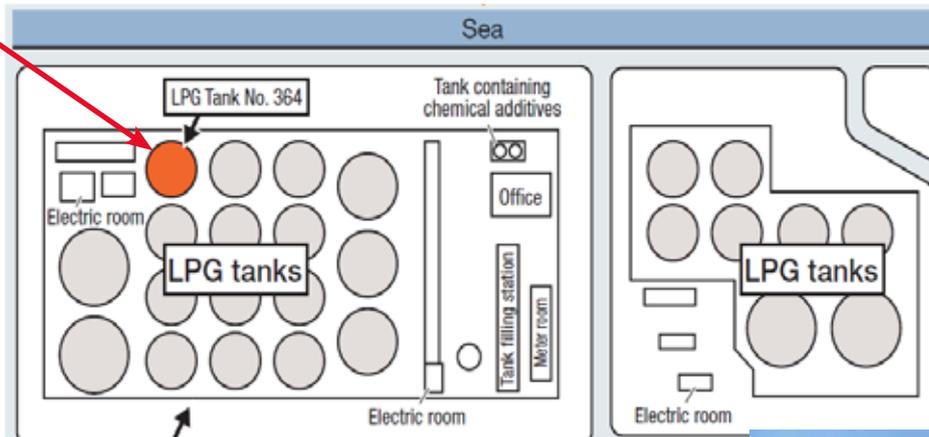


### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

## RAFFINERIE COSMO OIL



Vue aérienne et plan de la raffinerie et localisation du parc de stockage GPL (Source : Cosmo oil)

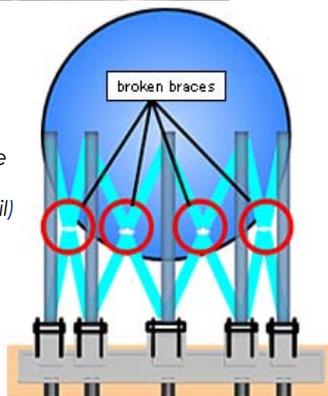


Extinction du parc GPL depuis la mer : le vent soufflant de la mer rendait l'extinction depuis la terre peu efficace (photo amateur)



Etat des bacs de bitume adjacents (Source : NRFID)

Travaux de reconstruction du parc GPL aux nouvelles normes en septembre 2011 (Source : Cosmo oil)



Localisation des points de rupture des pieds de la sphère (Source : Cosmo oil)

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

ZOOM SUR :

## RAFFINERIE JX NIPPON OIL - PORT DE SENDAI



Présentation du site	<ul style="list-style-type: none"> <li>Raffinerie et complexe pétrochimique portuaire, surface de 1,5 km<sup>2</sup></li> <li>Construction : 1971, capacité de 145 000 barils/j, modernisée en 2007 avec des unités d'hydro-désulfuration, d'alkylation et de craquage catalytique, alimentation d'une centrale thermique fioul gaz (100 MW)</li> <li>250 employés et sous-traitants sur le site le 11 mars (325 employés au total)</li> </ul>
Données séisme	Magnitude 9 (Shindo 6+), répliques de magnitude max. 7,2 (Shindo 6-) le 7 avril 2011
Données tsunami	Hauteur dans le port : 7 à 8 m, hauteur d'inondation sur site : 2,5 à 3,5 m
Protection sismique	Equipements et stockages aux normes parasismiques (fondations renforcées contre le risque de liquéfaction), arrêt automatique des installations en cas de séisme sur accélération > 2 m/s <sup>2</sup> pour 2 des 3 sismographes - Procédure d'évacuation
Protection tsunami	Digue de protection de 3 m (hauteur prévue des vagues entre 2 et 3 m dans le port)
Chronologie de l'accident	<p><b>14h46</b> : séisme au large de Sendai (4 m/s<sup>2</sup>), arrêt d'urgence des installations, perte de l'alimentation électrique et mise à la torche des stocks de GPL non refroidis</p> <p><b>14h50</b> : réception alerte au tsunami, mise en sécurité des employés sur le toit des bâtiments administratifs et salle de contrôle, début des rondes d'inspection</p> <p><b>15h50-16h50</b> : arrivée du tsunami en plusieurs vagues, fuites de brut et de fioul dans le port depuis des tuyauteries endommagées et des petits bacs emportés par le tsunami</p> <p><b>21h25</b> : début d'incendie au poste de chargement route/fer, évacuation générale</p> <p><b>Nuit du 11 mars</b> : propagation de l'incendie aux bacs de bitume adjacents</p> <p><b>15 mars 2011</b> : l'incendie est maîtrisé à 14 h 30</p>
Victimes	4 employés ronds emportés par le tsunami (pas le temps de se mettre en hauteur)
Dommages liés au séisme	<ul style="list-style-type: none"> <li>Effondrement du réacteur de craquage catalytique lors des répliques du 7 avril (pieds et racks préalablement endommagés par les débris du tsunami le 11 mars)</li> <li>Dommages aux supports et fondations des échangeurs et de 3 cheminées</li> <li>Sol affaissé de 40 cm, destruction des renforts parasismiques des bâtiments anciens</li> </ul>
Dommages liés au tsunami	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erosion des terrains en bord de mer (fondations des digues, voiries, fondations des bacs), petits bacs non pleins emportés ou écrasés (diamètre de 20 à 40 m)</li> <li>Destruction complète du poste de chargement routier par l'incendie + 65 wagons</li> <li>Submersion de la salle de contrôle et du RdC des bâtiments administratifs</li> <li>Endommagement de racks de tuyauteries par les débris (voitures, conteneurs...)</li> <li>Destruction de 94 % des moteurs électriques (soit 1 672 moteurs), de 100 % des postes et armoires électriques, de 1 286 instruments de contrôles et de tous les systèmes de contrôles ayant été submergés</li> </ul>
Dommages €	920 millions d'Euros
Chronologie du rétablissement	<p><b>18 mars 2011</b> : expédition des stocks existants de gasoil, kérosène et essence par fûts</p> <p><b>21 mars</b> : expédition par camions-citernes (poste de chargement provisoire)</p> <p><b>8 mai 2011</b> : réception de produits raffinés par tanker</p> <p><b>novembre 2011</b> : démarrage du nouveau poste de chargement</p> <p><b>janvier 2012</b> : redémarrage partiel des unités de raffinage</p> <p><b>9 mars 2012</b> : fin des opérations de nettoyage et réparation</p> <p><b>Automne 2012</b> : achèvement du nouveau bâtiment administratif de 3 étages</p>
Retour d'expérience matériel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construction d'un poste de chargement surélevé de 80 cm par rapport au précédent et protégé par les gros bacs de stockage ; renforcements parasismiques des bâtiments anciens, mise en hauteur de l'instrumentation (&gt; 4 m), système et salle de contrôle (&gt; 8 m), du local des archives techniques, du matériel de secours, des serveurs</li> <li>Élévation des fenêtres, portes étanches pour la station électrique (armoire, TGBT)</li> </ul>
Retour d'expérience organisationnel	Rédaction d'une procédure d'alerte tsunami spécifique, avec suppression de la ronde de contrôle de la mise en sécurité des unités après séisme
Liens	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résumé en ligne ARIA 40258 et vidéo : submersion et incendie de la raffinerie</li> </ul>

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

## RAFFINERIE JX NIPPON OIL



Cheminées endommagées par le séisme (Source : JX)



Ci-dessous : véhicules dans les racks de l'unité de craquage catalytique de propylène (FCC, Source : JX)



Vue de la zone d'expédition routière et ferroviaire pendant l'incendie (photos amateur), la source probable du nuage d'hydrocarbure qui s'est enflammé est une fuite sur une tuyauterie d'essence



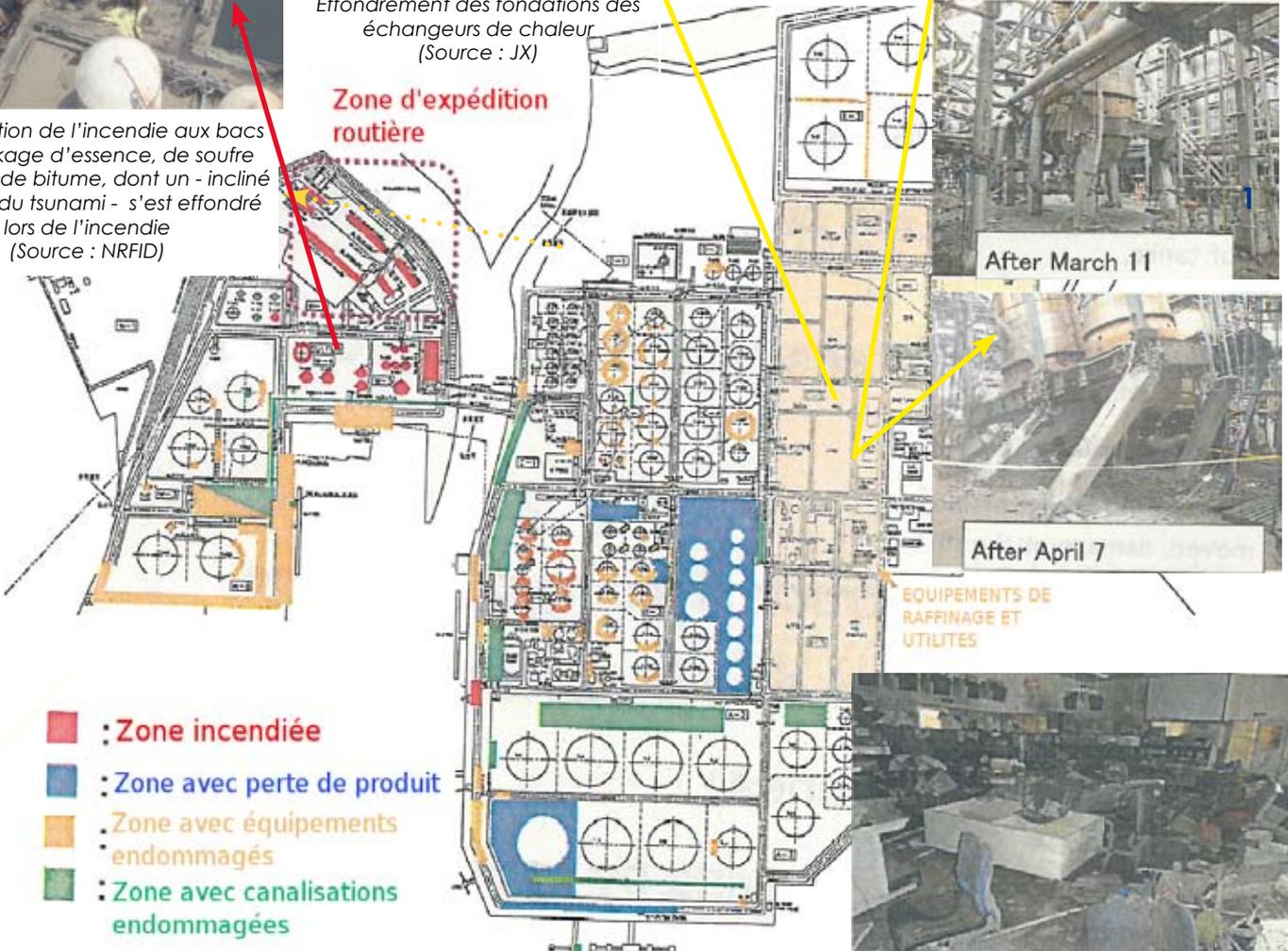
Effondrement des fondations des échangeurs de chaleur (Source : JX)



Ci-dessous : effondrement en 2 étapes des fondations du réacteur FCC : cause 1-> débris du tsunami, cause 2 -> répliques du 7 avril 2011 (Source : JX)



Propagation de l'incendie aux bacs de stockage d'essence, de soufre liquide et de bitume, dont un - incliné à cause du tsunami - s'est effondré lors de l'incendie (Source : NRFID)



- : Zone incendiée
- : Zone avec perte de produit
- : Zone avec équipements endommagés
- : Zone avec canalisations endommagées

Etat de la salle de contrôle après le passage du tsunami (Source : JX)



### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

## RAFFINERIE JX NIPPON OIL

Vue de la raffinerie le 12 mars 2011 (Source : Aero Asahi corp.)



Les gros bacs de brut (2 millions de m<sup>3</sup>), même vides, n'ont pas bougé lors du passage du tsunami atteignant 3,5 m mais les tuyauteries autour ont cédé après avoir été soulevées par le tsunami (Source : NRFID)



Petit bac vide (3 000 m<sup>3</sup>) arraché de ses fondations par le tsunami (Source : NRFID)



Erosion du sol par le tsunami sous les gros bacs de stockage, atteignant 3 m par endroit (Source : JX)

Personnel de la raffinerie réfugié sur le toit du bâtiment administratif pendant le passage du tsunami (photo amateur)



Vue des unités de raffinage pendant le passage du tsunami depuis la centrale thermique voisine (photo amateur)

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

#### 3.4.2 Les dépôts pétroliers

La plupart des dépôts pétroliers de la région du Tohoku, implantés dans les ports, ont particulièrement souffert du tsunami. La catastrophe du 11 mars 2011 a gravement perturbé l'approvisionnement en carburants de la région, car en plus des 29 dépôts arrêtés ou endommagés sur les 190 en service au Japon, 680 stations service et 150 camions-citernes ont été détruits. Pendant plus d'un mois après la catastrophe, un intense trafic routier et maritime a été mis en place pour ravitailler en carburant la région sinistrée par plus de 700 camions-citernes ou par des fûts transportés par bateau ou train vers les bases des forces d'autodéfense, afin d'y acheminer l'équivalent de 70 000 m<sup>3</sup>/j de carburants divers (essence, kérosène, gazole...). Les stocks de la réserve nationale d'hydrocarbures ont été largement mis à contribution (diminution des stocks de 70 à 45 jours de consommation) et les gros dépôts rapidement remis en service dans le Tohoku ont été partagés par plusieurs opérateurs, comme celui de la baie de Shiogama. Grâce à une réglementation drastique née de l'expérience du séisme de Kobé en 1995, quasiment aucune installation importante de transport ou de stockage de gaz naturel sous pression n'a été touchée par la catastrophe ; seul le terminal gazier de Shinminato dans le port de Sendai est resté fermé plusieurs semaines.

Société	Nombre et localisation des sites atteints	Principaux dommages liés au séisme	Principaux dommages liés au tsunami	Date de redémarrage	Montant des dommages (2011)
IDEMITSU GROUP	dépôt portuaire de Shiogama (25 000 m <sup>3</sup> )	mineurs	tuyauteries endommagées avec perte de produits	expédition par route le 17 mars, infra portuaire le 21 mars	5,3 G¥ (53 M€)
	dépôt portuaire de Niigata (côté mer du Japon)	liquéfaction des sols, déformation des bacs, sloshing de 1,8 m avec toits flottants coulés sur les bacs aux anciennes normes	/	dès le 12 mars pour les bacs intacts	
	233 stations-service dans le Tohoku	mineurs	bâtiments et pompes noyés et endommagés	186 des 233 stations opérationnelles dès le 11 avril 2011	
PORT DE KUJI	stock stratégique (JOGMEC)	mineurs	2 bacs de fuel, 1 bac d'eau, station de traitement et le bâtiment administratif	partiel dès le 13 mars 2011	ND
	dépôt portuaire (diesel, essence, kérosène)		5 bacs arrachés ou emportés	ND	
JX NIPPON OIL	dépôt de Sakata (côté mer du Japon)	rupture du toit flottant en aluminium d'un bac	/	/	ND
PORT DE Kesenuma (voir p. 42)	dépôt portuaire (diesel, essence, kérosène)	mineurs	22 bacs sur 23 emportés, perte de 12 800 m <sup>3</sup>	si le site n'est pas abandonné, prévu en 2016	ND
IOT corporation	dépôt portuaire de Kamaishi (diesel, essence, kérosène)	mineurs	1 des 8 bacs endommagés, tuyauteries et infrastructures portuaires	expédition d'essence fin 2011, terminal portuaire en janvier 2012	ND
PORT d'Ofunato	dépôt portuaire d'Ofunato (diesel)	affaissement de la jetée de 60 cm (submergée par forte marée)	petits bacs emportés par le tsunami, tuyauteries déformées	mars 2012	ND
PORT de Misawa	dépôt portuaire (diesel)	mineurs	2 bacs emportés, perte de 110 m <sup>3</sup>	27 mars 2011	ND

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL



Vue des installations extérieures de la réserve nationale de Kuji le 11 mars après le tsunami  
(Source : JOGMEC)



(Haut) Bacs extérieurs de fuel et d'eau emportés par le tsunami et (gauche) état des installations de surface de la réserve nationale stratégique de Kuji, les bacs de carburants stockés en caveau sont intacts mais l'eau de mer à l'intérieur a dû être pompée  
(photos amateurs)



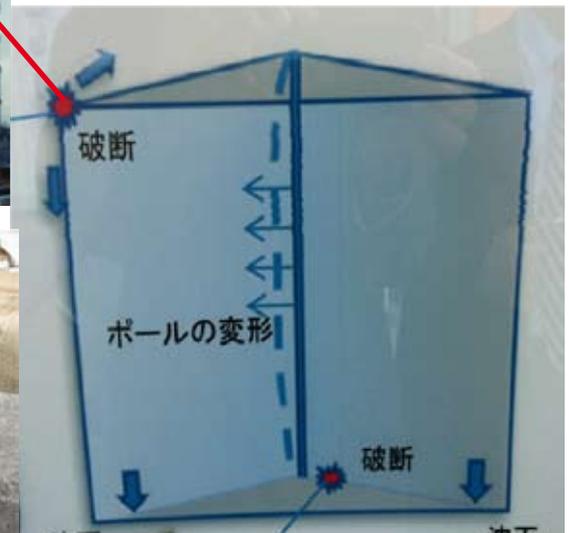
Déformation d'un bac de 5 000 m<sup>3</sup> à la base et au sommet de la robe dans le dépôt pétrolier de Niigata le 11 mars



Bacs déplacés par une submersion de 4,3 m dans le dépôt portuaire de Kuji  
(photo amateur)



Rupture robe/ fondation suite à liquéfaction dans le dépôt pétrolier de Niigata (Source : NRFID)



Bac du dépôt portuaire de Misawa emporté dans les terres  
(photo amateur)



Déformation des murs d'une cuvette de rétention suite à liquéfaction dans le dépôt pétrolier de Kashima  
(Source : NRFID)



**ZOOM SUR :**

## DÉPÔT PÉTROLIER AUTORITE PORTUAIRE DE KESENUMA



Présentation du site	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dépôt pétrolier portuaire alimentant les bateaux de pêche commerciale au thon</li> <li>23 bacs contenant du fuel, de l'essence et du kérosène</li> </ul>
Données séisme	Magnitude 9 (Shindo 6-)
Données tsunami	Hauteur dans le port : 7 à 8 m, hauteur d'inondation sur site : idem, 6 à 7 vagues
Chronologie de l'accident	<p><b>14h46</b> : séisme au large de Sendai</p> <p><b>14h49</b> : alerte tsunami par réseau de haut-parleurs, les riverains évacuent vers des abris en hauteur (colline, bâtiments en béton tels que immeubles et parkings)</p> <p><b>15h26</b> : arrivée des premières vagues du tsunami, emportant 22 des 23 bacs du dépôt</p> <p><b>17h50</b> : les hydrocarbures surnageant s'enflamment sur un point chaud (épaves de bateaux de pêches, court-circuit ?) au milieu de la baie, 1 des bacs arrachés s'enflamme aussi</p> <p><b> NUIT DU 11 mars</b> : l'incendie se propage au port de pêche de l'autre côté de la baie et à la zone industrielle derrière le dépôt, de nombreux bateaux brûlent, la direction du vent vers la mer ce jour-là évite la propagation de l'incendie au reste du village au fond de l'estuaire</p> <p><b>12 mars 2011</b> : l'incendie s'éteint vers 5 h et la mer commence à se retirer vers 8 h, arrivée d'un hélicoptère des pompiers vers 9h30 et des unités de secours en fin de soirée</p>
Victimes	Pas de victime sur le dépôt (le tsunami fait 837 morts et 1 196 disparus dans le village)
Dommmages liés au tsunami et au séisme	<ul style="list-style-type: none"> <li>22 bacs non-ancrés sont arrachés de leurs fondations et emportés dans la baie (les fondations sont intactes), 12 800 m<sup>3</sup> d'hydrocarbures se répandent dans la baie</li> <li>Le port s'est enfoncé de 80 cm par subsidence, ce qui le rend vulnérable à marée haute</li> <li>Les zones inondées sont recouvertes d'une couche de 5 cm de sédiments mélangés à des hydrocarbures</li> </ul>
Dommmages économiques	Le port a perdu les 3/4 de sa production de pêche et seulement 20 % des sites de transformation de poisson ont repris leur activité
Chronologie du rétablissement	En mars 2012, le dépôt n'est toujours pas reconstruit faute d'autorisation administrative. Les bateaux de pêche ne peuvent plus se ravitailler localement et doivent naviguer jusqu'au port de Sendai, la création d'un dépôt avec des bacs souterrains est envisagée d'ici 2016
Liens	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résumé en ligne ARIA 40260, vidéo : passage des bacs emportés par le tsunami</li> </ul>



Enlèvement des bacs en mai 2011  
(photo amateur)

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

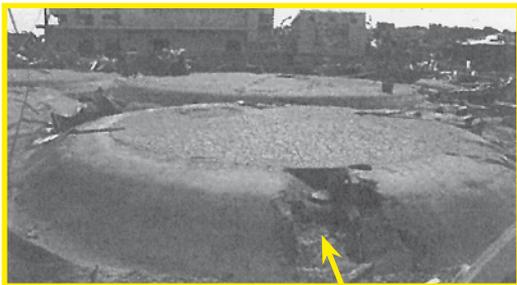
## DÉPÔT PÉTROLIER DU PORT DE KESENNUMA



Bac emporté lors du passage du tsunami dans l'estuaire (photo amateur)



Développement de l'incendie au cours de la nuit dans la baie et le village, il n'a pas atteint la zone du dépôt (photo amateur)



Les fondations des bacs sont restées intactes (Source : NRFID)



Vue aérienne du dépôt le 12 mars 2011 et avant le 11 mars (Source : Google Maps)



A gauche : Extinction des décombres une semaine après (photo amateur)

Ci-dessus : Vue des bacs emportés dans la baie (photos amateurs)

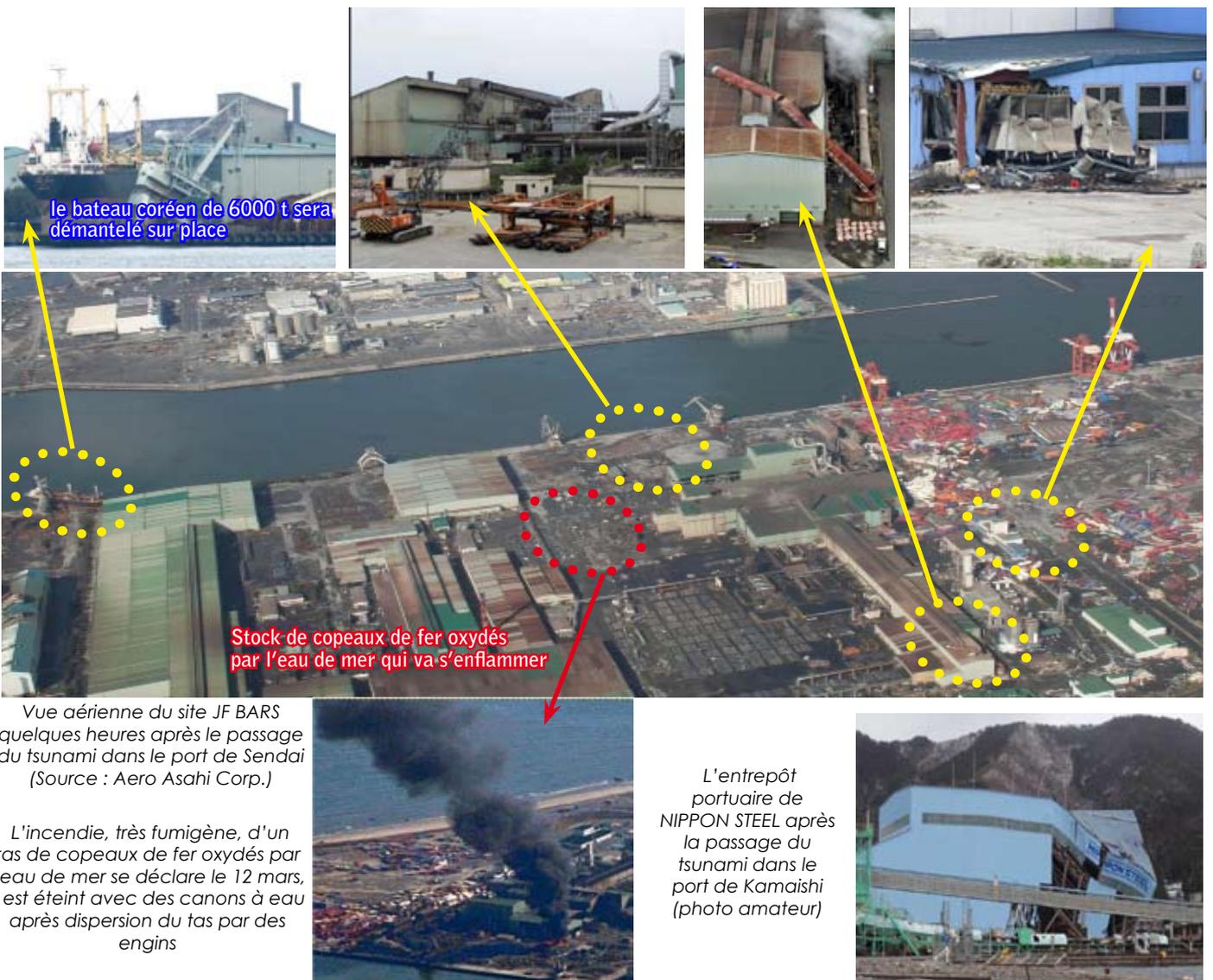
#### 3.5 Industrie métallurgique et sidérurgique

Deuxième producteur d'acier au monde, le Japon n'a vu sa capacité chuter que de 20 % au lendemain du séisme, car la majorité des sites se trouvaient au sud de la zone touchée. De plus, aucun haut-fourneau n'a dû être fermé, contrairement au séisme de Kobé en 1995. Cette perte de production a néanmoins eu des conséquences importantes pour les industries clientes proches comme les usines automobiles, mais aussi pour des pays asiatiques tels que la Corée du Sud, la Chine ou Taiwan qui importent plus de 45 % de leur acier du Japon. Même si les sites sidérurgiques peu endommagés ont pu repartir rapidement, les procédés électro-intensifs ont été perturbés par les restrictions de fourniture d'électricité. Dans un contexte mondial de concurrence accrue avec les pays émergents, les dommages et les pertes de production subis par les complexes sidérurgiques de Kashima et Kamaishi ont accéléré la fusion des deux champions japonais de l'acier : SUMITOMO et NIPPON STEEL.

Société	Nombre et localisation des sites atteints	Principaux dommages liés au séisme	Principaux dommages liés au tsunami	Date de redémarrage	Montant des dommages (2011)
<b>FERREUX</b>					
NIPPON STEEL	1 aciérie à Kamaishi	dommages au four de recuit (résistances électriques) et aux laminoirs	submersion partielle du site, dommages sur les infrastructures portuaires (quais, grues, convoyeur de charbon), centrale à charbon	juillet 2011 100 % en mars 2012	7 G¥ (70 M€)
SUMITOMO METAL (voir p. 46)	1 aciérie à Kashima	gazomètre, fours à coke, tuyauteries, convoyeurs	équipements portuaires, canalisations de gaz, eau et vapeur	mai 2011	60 G¥ (600 M€)
JFE STEEL	1 four électrique à Sendai (JFE BARS)	chute cheminée	submersion partielle du site dommages aux équipements électriques, destruction des stocks de produits finis, installations portuaires, départ de feu de copeaux	mi-juillet 2011 100 % en octobre 2011	2,5 G¥ (25 M€)
	1 four électrique à Shiogama (Tohoku steel)	mineurs	équipements en RdC recouverts de sédiments, installations électriques	fermeture définitive du site (reconstruction trop coûteuse)	
TOKYO TEKKO STEEL	1 four électrique à Hachinohe et 1 à Tochigi	mineurs	submersion partielle du site	ND	ND
		importants	/	avril 2011	
ITOH IRON & STEEL	1 four électrique à Ishinomaki	mineurs	submersion partielle du site	ND	ND
<b>NON FERREUX</b>					
MITSUI MINING & SMELTING	fonderie de zinc à Hachinohe	mineurs	submersion partielle (1 m) du site, équipements électriques	19 juin 2011	3,2 G¥ (32 M€)
MITSUBISHI MATERIAL	fonderie et raffinerie de cuivre à Onahama	solidification du cuivre dans les fours arrêtés	installations électriques, quais de chargement, traitement de l'eau	juillet 2011 100 % en septembre 2011	3 G¥ (30 M€)

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

Société	Nombre et localisation des sites atteints	Principaux dommages liés au séisme	Principaux dommages liés au tsunami	Date de redémarrage	Montant des dommages (2011)
SUMITOMO METAL MINING	fonderie de cuivre à Toyo	four endommagé	submersion partielle (1 m) du site	juin 2011	442 M¥ (4,4 M€)
PACIFIC METALS	fonderie de fer-nickel à Hachinohe	mineurs	submersion partielle stocks de produits finis, installations portuaires	mi-juin 2011	20 G¥ (200 M€) dont pertes de production
TOYO ZINC	fonderie zinc et cuivre à Onahama	solidification du cuivre dans les fours arrêtés	rien sur le site, dommages sur les infrastructures portuaires	partiel 10 juin 2011	ND
JX NIPPON mining & metal	fonderie à Isohara fonderie à Hitachi	bâtiments, équipements de production (chute ou déplacement)	/	partiel mi-avril 2011 100 % été 2011	8 G¥ (80 M€) dont 1 G¥ de pertes de production



ZOOM SUR :

## COMPLEXE SIDÉRURGIQUE PORTUAIRE SUMITOMO METAL INDUSTRIES - PORT DE KASHIMA



Présentation du site	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produit 6,8 % de l'acier japonais pour l'industrie automobile et navale</li> <li>• Installation en 1971, modernisé en 2004 et 2005</li> <li>• 2 hauts-fourneaux d'une capacité de 5 400 m<sup>3</sup> de fonte, production de 6 Mt / an</li> <li>• 1 centrale thermique à charbon de 507 MW</li> <li>• 120 unités, 3 000 employés et sous-traitants, superficie: 1 000 ha</li> </ul>
Données séisme	Magnitude 9 (Shindo 6), répliques de magnitude max. 7,2
Données tsunami	Hauteur sur la côte : 6 m , hauteur d'inondation sur site : 5 à 6 m
Protection / risque sismique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bâtiments et stockages de matières dangereuses aux normes anti-sismiques</li> <li>• Protection sismique des cheminées et matériels sensibles (ordinateurs, serveurs)</li> <li>• Exercice d'évacuation régulier dont 1 exercice tsunami/typhon par an, cellule de gestion des désastres</li> <li>• Stock d'eau et de nourriture pour 3 jours pour tous les employés / sous-traitants</li> </ul>
Chronologie de l'accident	<p><b>14h46</b> : premières secousses, arrêt automatique de la production  <b>15h00</b> : début d'incendie sur le gazomètre  <b>15h30</b> : réception de l'alerte au tsunami majeur, évacuation des employés en hauteur  <b>15h48</b> : arrivées des premières vagues  <b>16h20</b> : mise en place de la cellule de crise et évaluation des dommages  <b>17h30</b> : fin de reconnaissance des victimes  <b>12 mars vers 5 h</b> : arrivée des premiers ravitaillements envoyés par le groupe</p>
Victimes	Aucune parmi les employés, sous-traitants et visiteurs présents sur site le 11 mars
Dommages liés au séisme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incendie du gazomètre, dommages sur le convoyeur du haut fourneau et sur la base du four à coke, sur les tuyauteries de gaz, vapeurs et eaux, sur les laminoirs</li> <li>• Liquéfaction des voiries</li> </ul>
Dommages liés au tsunami	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infrastructures portuaires : grues défoncées par les bateaux, tuyauteries arrachées, quais de déchargement endommagés</li> <li>• Stockage de combustible (charbon et biomasse) balayé</li> </ul>
Dommages €	600 millions d'Euros
Chronologie du rétablissement	<p><b>12/03 à 8 h</b> : vidéoconférence de bilan entre le siège et tous les sites du groupe  <b>12/03 à 12 h</b> : extinction complète de l'incendie du gazomètre, planning de redémarrage  <b>12/03 à 21 h</b> : arrivée des renforts extérieurs (300 employés et 2 500 sous-traitants)  <b>15 au 19/03</b> : reprise de la production des laminoirs de produits légers (tuyaux, feuilles)  <b>20/03</b> : redémarrage du haut-fourneau n° 3  <b>20/03</b> : redémarrage de la chaudière principale  <b>26/03</b> : redémarrage du haut-fourneau n° 1 et de la centrale thermique  <b>29/03</b> : redémarrage du haut-fourneau n° 2  <b>mai 2011</b> : redémarrage complet du site</p>
Liens	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résumé en ligne ARIA 42425 et vidéo : incendie du gazomètre</li> </ul>



Evacuation des employés sur la colline derrière le site le 11 mars 2011  
(Source : Sumitomo)

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

## COMPLEXE SIDÉRURGIQUE PORTUAIRE SUMITOMO METAL



Domages subis par une tuyauterie de gaz de coke (Source : Sumitomo)



Domages subis par la base du four à coke (Source : Sumitomo)



Incendie du Gazomètre le 11 mars 2011 (photo amateur)



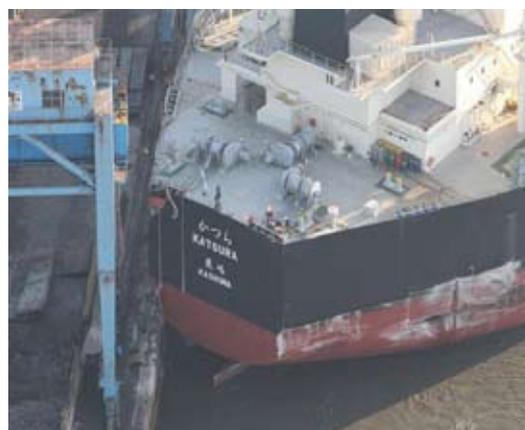
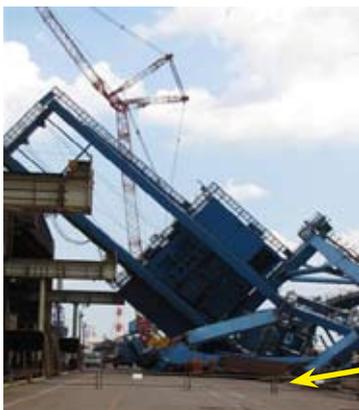
Etat du Gazomètre (sommet et base) après l'incendie et sa réparation en avril 2011 (Source : Sumitomo)



Vue du site avant le 11 mars 2011 (photo amateur)



Domages subis par le convoyeur d'aggloméré (Source : Sumitomo)



Grues portuaires endommagées par un tanker à la dérive (photo amateur)

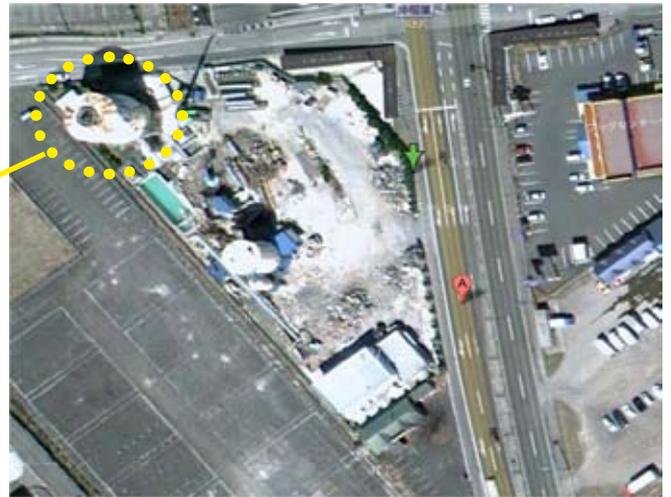


#### 3.6 Industrie minérale

La région du Tohoku abrite 9 cimenteries qui représentent environ le tiers des capacités de production japonaises. Leur redémarrage a été fortement handicapé par les problèmes d'alimentation électrique (gros consommateurs) et d'infrastructures portuaires (réception des matières premières et envoi du ciment par bateaux). La catastrophe a par contre engendré d'énormes besoins en matériaux de construction (ciment, laine de verre...) qui vont entraîner une activité accrue du secteur dans les années suivantes. Celui-ci est aussi très impliqué localement dans les plans d'élimination des déchets mis en place après la catastrophe par le biais de ses capacités d'incinération.

Société	Nombre et localisation des sites atteints	Principaux dommages liés au séisme	Principaux dommages liés au tsunami	Date de redémarrage	Montant des dommages (2011)
	1 cimenterie à Ofunato		<b>(voir p. 50)</b>	décembre 2011	
TAIHEIYO CEMENT	8 usines à béton portuaires : à Hachinohe, Shiogama, Sendai, Soma, Onahama	mineurs	silos et installations extérieures	20 avril 2011 pour Shiogama août 2011 pour les usines les plus endommagées	9,2 G¥ (92 M€)
MITSUBISHI MATERIALS (branche ciment)	1 cimenterie à Ichinoseki	mineurs	/	30 mars 2011	/
SAINT GOBAIN ISOVER	1 usine de laine de verre à AKENO (Nagoya)	1 blessé (chute d'objet), écroulement de la partie supérieure du four de fusion, brèches sur les parois du four, 1 cuve d'eau renversée	/	fin mars 2011	ND
HITACHI CEMENT	1 cimenterie à Hitachi	écroulement d'un bac de stockage d'eau, voiries	/	ND	ND
ASAHI GLASS	1 four à verre plat à Kashima	affaissement des voiries, four, tuyauteries	installations de transfert portuaires entrepôts	27 avril 2011	9,2 G¥ (92 M€)  y/c les unités chimiques du site

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL



*Domages sismiques sur une usine à béton à Ube (Source : Google Maps / photo amateur)*



*Cimenterie à Hitachi, bac de stockage d'eau endommagé par le séisme (photo amateur)*



*Cimenterie à Hitachi, mur endommagé par le séisme (photo amateur)*



*Affaissement des quais près de l'usine à béton du port de Soma (Source : DGPR)*



*Usine à béton après le passage du tsunami dans le port de Sendai en mars 2011 (photo amateur)*

**ZOOM SUR :**

## CIMENTERIE TAIHEIYO CEMENT CORP. - PORT D'OFUNATO



Présentation du site	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fournit en ciment 40 % du béton fabriqué dans le Tohoku (1,8 Mt / an) et 10 % de la capacité du groupe</li> <li>Construction en 1936, relié par une voie ferrée à une mine de calcaire</li> <li>2 lignes de production de ciment (fours rotatifs cylindriques de 102 m de long et 6 m de diamètre)</li> <li>156 employés et sous traitants, superficie : 70 ha</li> </ul>
Données séisme	Magnitude 9 (Shindo 6 <sup>-</sup> ), répliques de magnitude max. 7,2
Données tsunami	Hauteur sur la côte: 9,5 m, hauteur d'inondation : 5 à 6 m
Protection / risque sismique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bâtiments et stockages de matières dangereuses aux normes parasismiques</li> <li>Protection sismique des cheminées et équipements sensibles</li> <li>Exercices d'évacuation réguliers</li> </ul>
Chronologie de l'accident	<p><b>14h46</b> : premières secousses, arrêt automatique de la production</p> <p><b>14h50</b> : évacuation des employés en hauteur</p> <p><b>14h54</b> : arrivée des premières vagues</p> <p><b>15h16</b> : réception des premiers bulletins d'alerte au tsunami majeur</p>
Victimes	Aucune parmi les employés présents sur site le 11 mars
Dommages liés au séisme	Mineurs
Dommages liés au tsunami	<p>La majeure partie du site est submergée :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Infrastructures portuaires : grues, quais de déchargement endommagés, installations de stockage des matières premières (silos et entrepôts), tuyauteries d'alimentation en fioul endommagées avec pollution du milieu, stock de déchets dégradé par l'eau de mer</li> <li>1 four rotatif est gravement endommagé (celui le plus proche du bord de mer)</li> <li>Station TGBT et lignes électriques alimentant le site</li> <li>Ligne ferroviaire reliant l'usine à la mine</li> </ul>
Dommages €	92 millions d'Euros
Chronologie du rétablissement	<p><b>11 mars 2011 dans la nuit</b> : ouverture du PC de crise par le PDG du groupe</p> <p><b>17 mars 2011</b> : arrivée du convoi affrété par le groupe et amenant des vivres et matériels de secours à Ofunato (convoi de 26 poids-lourds)</p> <p><b>18 mars 2011</b> : fin de l'estimation des dommages</p> <p><b>21 avril 2011</b> : lancement du projet de réparation de l'usine</p> <p><b>9 mai 2011</b> : rétablissement de l'alimentation électrique de forte puissance</p> <p><b>17-22 mai</b> : essais d'incinération avec le four rotatif intact</p> <p><b>22 juin 2011</b> : lancement de l'incinération des déchets du tsunami (10 t / jour) avec le four rotatif intact, grâce à une installation de désalinisation des débris en bois</p> <p><b>6 novembre 2011</b> : redémarrage de la production de ciment avec le four rotatif intact</p> <p><b>Décembre 2011</b> : démarrage du 2<sup>ème</sup> four, l'usine brûle de 300 à 500 t de déchets par jour, les cendres sont incorporées dans le ciment fabriqué</p>
Liens	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résumé en ligne ARIA 42426, vidéo : le complexe pendant et après le tsunami</li> </ul>

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

## CIMENTERIE TAIHEIYO - PORT D'OFUNATO



Effondrement d'un silo de stockage lors du passage du tsunami le 11 mars (photo amateur)

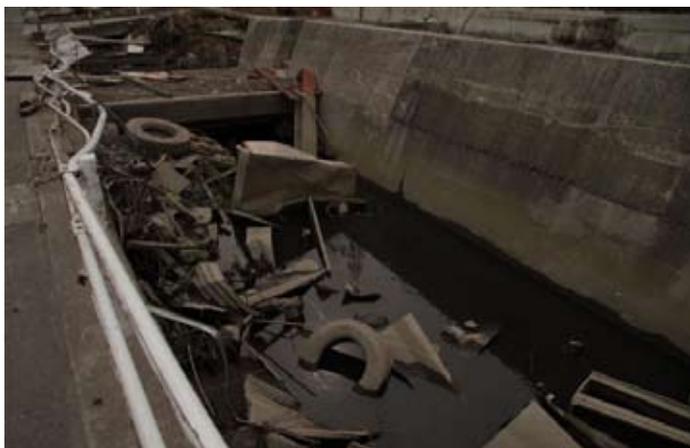


Redémarrage du four rotatif en hauteur épargné par le tsunami (Source : Taiheiyo cement)

Vue aérienne du site après le tsunami (Source : Asia Air survey)



Zone de la cimenterie submergée par le tsunami, dont les installations portuaires, ferroviaires et silos de stockage (à gauche : photos amateurs)  
Stockages de fioul (bacs alimentant les fours rotatifs) et de matières premières en vrac (argile, silice...) balayés par le tsunami



Environ 1 000 m<sup>3</sup> de fioul alimentant les fours ont été perdus dans le port d'Ofunato suite à l'endommagement des tuyauteries (photo amateur)



Terminal portuaire de chargement du ciment, peu endommagé le 11 mars (photo amateur)

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

#### 3.7 Industrie agroalimentaire

Faiblement urbanisée, la région du Tohoku est traditionnellement considérée comme le garde-manger du Japon (20 % de la production nationale de riz et de bétail, céréales). L'industrie agroalimentaire est un secteur d'activité important qui représentait en 2007 11 % de la production nationale contre 7,8 % pour la production manufacturière. Son littoral côtier permet une activité de pêche à grande échelle dont le dynamisme est lié à la place importante des produits de la mer dans la cuisine japonaise. Outre les dommages liés au séismes et ses répliques, les sites agroalimentaires en zone côtière ont surtout été endommagés par le tsunami, particulièrement ceux liés à la transformation et au conditionnement des produits de la mer (41 % de la production nationale). En sus des dommages directs (infrastructures, équipements, stocks), les entreprises agroalimentaires ont été confrontées à des problèmes logistiques, de perte de marchés et des risques de contamination radioactive des matières premières. Enfin, jusqu'en août, le redémarrage a été problématique à cause des coupures de courant récurrentes et du manque de matières premières pour les emballages.

Société et activité	Nombre et localisation des sites atteints	Principaux dommages liés au séisme	Principaux dommages liés au tsunami	Date de redémarrage	Montant dommages (2011)
NICHIREI transformation et conditionnement produits de la mer & volailles	1 site à Kesennuma	/	submersion totale des 2 sites côtiers /	fermeture définitive	3,2 G¥ (32 M€) dont 0,5 G¥ de stock
	1 à Onahama	/		60 % fin 2011	
	1 à Yamagata	dommages aux réservoirs d'eau et canalisations		80 % fin 2011	
MARUHA NICHIRO transformation de poisson	1 site à Ishinomaki	chute et dommages aux équipements	(voir p. 54)	35 % fin 2011	2,5 G¥ (25 M€)
	1 site à Hachinohe	chute de murs et de plafonds	submersion partielle	fermeture définitive	
NIPPON SUISAN KAISHA	2 usines de transformation de poisson à Onagawa	/	5 employés décédés, destruction des 2 sites	fermeture définitive	2,6 G¥ (26 M€)
KIRIN Brewery	1 brasserie à Sendai	4 silos détruits	(voir p. 56)	60 % fin 2011	5,1 G¥ (51 M€)
	1 à Toride	silos et bâtiments endommagés	submersion des équipements, stocks emportés	100 % fin 2011	
SAPPORO Brewery	1 brasserie à Sendai	légers (stocks et équipements)	/	100 % fin 2011	1,5 G¥ (15 M€)
	1 brasserie à Chiba	effondrement de murs porteurs de l'entrepôt	inondation RdC		
ASAHI Brewery	1 brasserie à Fukushima	murs de l'unité de brassage endommagés	/	100 % en novembre 2011	1,8 G¥ (18 M€)
AIR WATER Nihonkaisui	1 usine à Iwaki (production de sel à partir de la mer)	affaissement des sols	/	abandon du site (contamination radioactive de l'eau de mer)	543 M¥ (5,4 M€) et 236 M¥ de stock
REIZO congélation de poisson	1 à Ishinomaki	affaissement des sols	installations de réfrigération, 700 t de stock	à l'arrêt, délocalisation envisagée	2 G¥ (20 M€)
Industrie régionale du Saké	15 des 270 brasseries régionales gravement endommagées	chute de toits, murs ou cheminées, cuves renversées, stocks de bouteilles détruits	total de 9 morts cuves et stocks emportés	entre avril et septembre 2011	ND
SOJITZ FOOD transformation de poisson	1 usine à Otsuchi	/	submersion de l'usine et de l'entrepôt	délocalisation du site, reprise en mars 2012	1,3 G¥ (13 M€)

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL



Extérieur et intérieur d'un silo de céréales endommagé par le tsunami et ses débris près de Natori (Source : DGPR), à dr. : liquéfaction du quai du silo à grain du port de Kashima



Usine de congélation de poisson atteinte par le tsunami dans le port de Kesenuma (photo amateur)



La brasserie de saké SUISEN SHUZO à Rikuzentakata a été rasée par le tsunami et 7 de ses 57 employés ont péri le 11 mars (Source : Sake World)



Ramassage des poissons en décomposition à la pelleuse dans le port de Kesenuma : plus de 200 000 t de poissons avariés ont du être collectés dans les ports du Tohoku, 50 000 t ont été jetés en mer (photo amateur)



Usine de transformation de poisson NIPPON SUISAN écrasée par le tsunami dans le port d'Onagawa (photo amateur)

Ci-dessous : entrepôt de stockage de poisson détruit par le tsunami dans le port de Kesenuma (photo amateur)

Etat intérieur d'un entrepôt frigorifique dans le port d'Ishinomaki (photo amateur)



**ZOOM SUR :**

## TRANSFORMATION DE PRODUITS DE LA MER MARUHA NICHIRO FOODS - PORT D'ISHINOMAKI



Présentation du site	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usine de transformation (découpe, friture) et congélation de poissons et de coquillages</li> <li>• 7 lignes de production sur 10 000 m<sup>2</sup> répartis sur 2 sites, 1,8 M de caisses / an</li> <li>• Construction : 1941 avec modernisation au cours des années 80</li> <li>• 394 employés travaillant en 3x8 (200 en poste le 11 mars)</li> <li>• Produits dangereux : huile de friture, propane (pas de NH<sub>3</sub> comme frigorigène)</li> </ul>
Données séisme	Magnitude 9 (Shindo 6+) répliques de magnitude max. 7,2
Données tsunami	Hauteur sur la côte : 4 à 8,5 m, hauteur d'inondation : 2 à 7 m
Protection / risque sismique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Renforcement sélectif du bâti suite à la réglementation obligatoire de 1981 et non rétroactive de 2000 (bâtiment contenant le plus de personnel et celui contenant les lignes de friture à 180 °C)</li> <li>• Réseau d'alerte sonore (haut parleurs) - signalisation et procédure d'évacuation</li> <li>• 10 exercices d'évacuation / an dont 2 évacuations générales après mise en sécurité des installations en 10 min maximum</li> </ul>
Chronologie de l'accident	<p><b>14h46</b> : premières secousses</p> <p><b>14h51</b> : réception de l'alerte tsunami, mise en sécurité des installations et évacuation de 140 employés à pied ou en voiture (usine annexe) vers la colline derrière le site, le reste sur le toit du bâtiment de 2 étages</p> <p><b>15h26</b> : arrivée des premières vagues (les plus hautes)</p> <p><b>16h10</b> : derniers reflux</p> <p><b>17h34</b> : début d'incendie du quartier, il menace les employés sur le toit pendant la nuit</p> <p><b>Le lendemain matin</b> : les employés sur le toit réussissent à gagner la colline, une équipe part récupérer de la nourriture dans les bâtiments</p> <p><b>3 jours après</b> : arrivée des secours extérieurs (aliments, eau potable, chauffage)</p>
Victimes	4 morts au cours de l'évacuation tsunami, il s'agit des employés de l'usine annexe piégés dans leur voiture prise dans l'embouteillage à l'arrivée des premières vagues
Dommages liés au séisme	Affaissement de 80 cm du sol rendant le site plus vulnérable aux submersions : la relocalisation du site est envisagée par la commune
Dommages liés au tsunami	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 86 % des bâtiments endommagés, surtout à l'intérieur (structure préservée)</li> <li>• Nombreux dommages liés aux débris extérieurs (1 bateau de pêche, voitures, 1 camion, débris de maison)</li> <li>• Stock de surgelés balayé par le tsunami - pas de pollution des sols constatée sur site</li> </ul>
Dommages €	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 65 % des salariés licenciés, perte de 70 % des capacités productives au 30/11/2011</li> <li>• 25 millions d'Euros de dommages et de pertes d'exploitation</li> </ul>
Chronologie du rétablissement	<p><b>14 mars</b> : recherche des employés disparus</p> <p><b>1<sup>er</sup> avril</b> : début des opérations de nettoyage, de démolition des bâtiments endommagés et de reconstruction des lignes de conditionnement</p> <p><b>06 juillet</b> : démarrage de la première ligne de transformation de poisson</p> <p><b>08 août</b> : démarrage de la première ligne de friture et de congélation</p>
Retour d'expérience matériel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alimentation électrique de secours pour le réseau d'alerte sonore (H.S. le 11 mars faute d'alimentation électrique du réseau) et éclairage des issues de secours</li> <li>• Stock de vivres, couvertures, outillage d'urgence et moyens de communication prédisposés dans le bâtiment d'hébergement sur la colline</li> </ul>
Liens	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résumé en ligne ARIA 40263 et vidéo : arrivée du tsunami dans Ishinomaki</li> </ul>

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

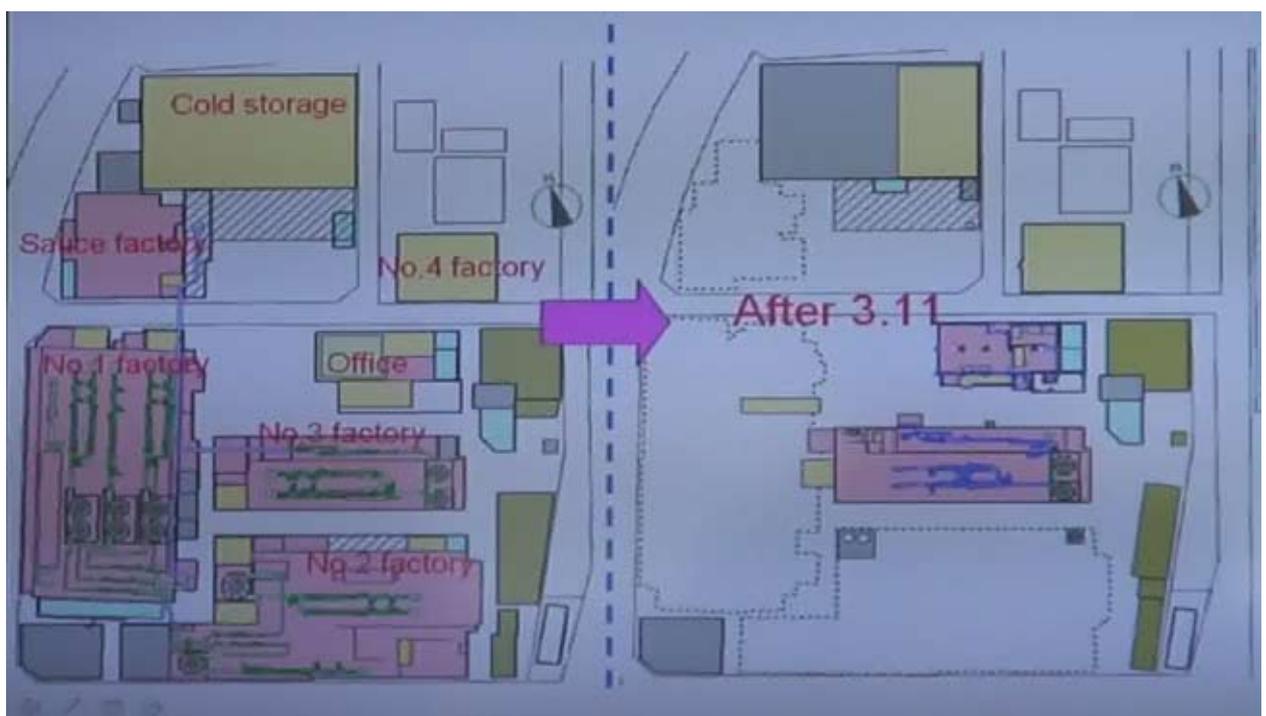
## USINE MARUHA NICHIRO FOODS - PORT D'ISHINOMAKI



En haut à droite : vue de l'usine juste après le passage du tsunami et ramassage des stocks détruits début avril 2011 (Source : Maruha Nichiro)



Etat des bâtiments ayant reçu de plein fouet le tsunami sur une hauteur de 7 m (à gauche, photo amateur)  
Débris apportés par le tsunami dans et autour du site (à droite, Source : Maruha Nichiro)



Plan du site avant (à gauche) et après (à droite) le tsunami (Source : Maruha Nichiro)

**ZOOM SUR :**

## FABRICATION ET CONDITIONNEMENT DE BIÈRES KIRIN BREWERY - PORT DE SENDAI



Présentation du site	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brasserie, conditionnement de bières et jus de fruit, produit 190 000 m<sup>3</sup> / an de bière, soit 8 % des capacités du groupe</li> <li>• 5 lignes de production et d'embouteillage</li> <li>• Construction : 1923</li> <li>• 129 employés sur site le 11 mars (235 au total)</li> </ul>
Données séisme	Magnitude 9 (Shindo 6 <sup>+</sup> ), réplique de magnitude max. 7,2
Données tsunami	Hauteur dans le port : 7 à 8 m , hauteur d'inondation sur site : 1 à 5 m
Protection / risque sismique	Les bâtiments et silos de stockage sont aux normes parasismiques établies par la réglementation de 1981
Chronologie de l'accident	<p><b>14h47</b> : première secousse</p> <p><b>14h51</b> : réception de l'alerte tsunami, mise en sécurité des installations et évacuation des 380 employés, sous-traitants et visiteurs du centre de dégustation sur le toit du bâtiment administratif, rejoints par une centaine d'employés des sites logistiques autour du site</p> <p><b>15h27</b> : arrivées des premières vagues (les plus hautes), l'eau monte à 5 m en face avant et de 1 m en face arrière du site (près de l'entrée)</p> <p><b> NUIT DU 11 MARS</b> : les 480 personnes, qui passent la nuit sur le toit, seront évacuées le lendemain matin vers des abris par les forces de sécurité</p>
Victimes	Aucune
Dommages liés au séisme	Chute de 4 des 15 silos de stockage de bière, capacité de 400 m <sup>3</sup> chacun
Dommages liés au tsunami	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Submersion de l'entrepôt de produits finis, de l'unité de conditionnement, de la station de traitement des effluents. Les équipements non endommagés tel que les cuves de fermentation doivent être nettoyés et révisés. Les équipements endommagés (unité de conditionnement) sont nettoyés de la rouille et les pièces défectueuses remplacées. Les automates et leurs réseaux doivent être remplacés</li> <li>• Les stocks de canettes et bouteilles de bière et jus de fruits, en caisses ou en fûts, sont balayés de l'entrepôt et dispersés dans toutes la zone industrielle portuaire de Sendai. Les stocks de malte et de houblons en big-bags sont aussi emportés</li> </ul>
Dommages €	51 millions d'Euros
Chronologie du rétablissement	<p><b>Avril-mai 2011</b> : nettoyage du site, les employés ramassent les restes de bouteilles en verre à la main à l'intérieur des bâtiments</p> <p><b>26 septembre 2011</b> : relance de 2 lignes de production et des lignes de conditionnement des canettes et des fûts</p> <p><b>Juin 2012</b> : 100 % des capacités de production et de la ligne d'embouteillage</p>
Retour d'expérience matériel	Renforcement parasismique des bâtiments et des stockages
Retour d'expérience organisationnel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'évacuation du personnel sur les toits des bâtiments a bien fonctionné</li> <li>• Hauteur suffisante pour échapper à un tsunami majeur (délocalisation pas nécessaire)</li> <li>• Constitution d'un stock de vivres en cas d'urgence</li> </ul>
Liens	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résumé en ligne ARIA 42930, vidéo : arrivée du tsunami dans la brasserie</li> </ul>

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

## BRASSERIE KIRIN - PORT DE SENDAI



Dommages subis par un des silos (Source : Kirin)



Les stocks sont éparpillés à plusieurs kilomètres autour du site par le tsunami (photo amateur)



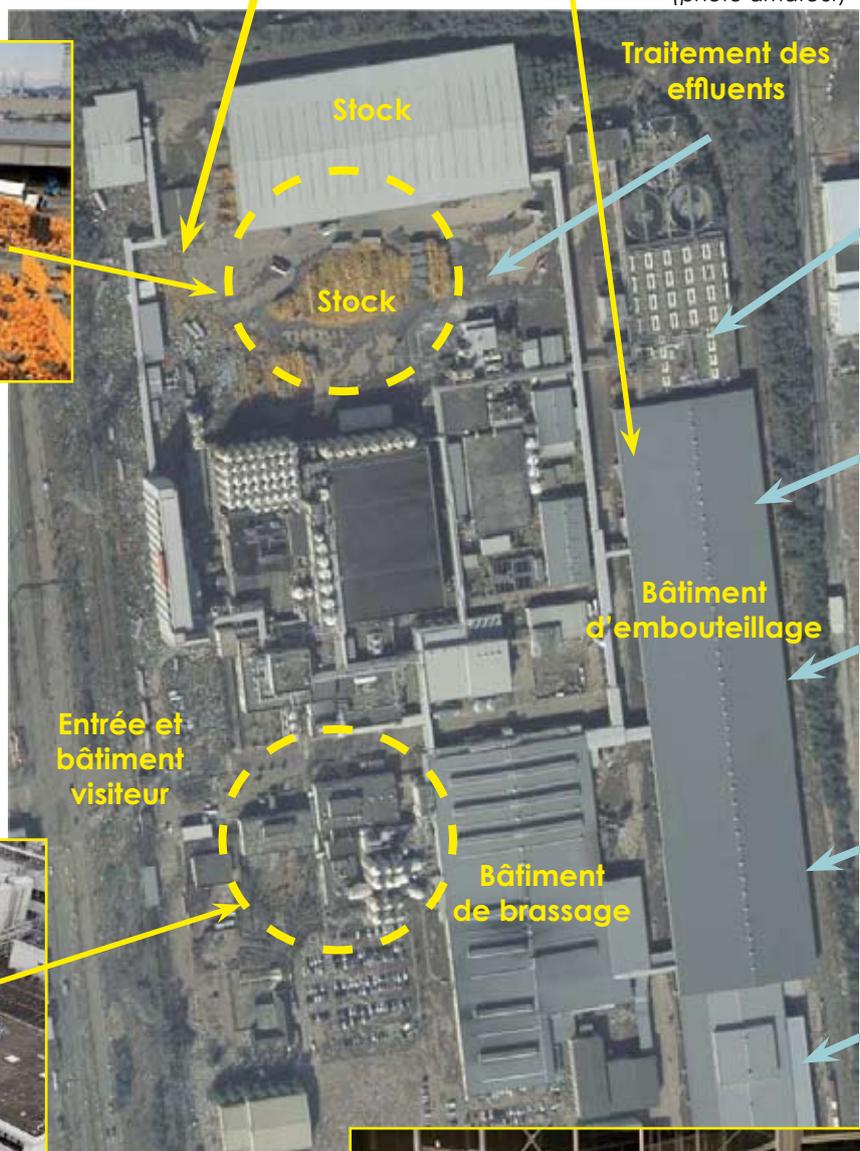
Intérieur du bâtiment d'embouteillage (photo amateur)



Vue du site après le tsunami (photo amateur)

**Flèches bleues claires : axe de pénétration du tsunami sur le site**

Vue aérienne du site quelques heures après le tsunami, les employés du site et des sites voisins se sont réfugiés sur le toit des bâtiments administratifs (Source : Kyodo News)



Ramassage des cannettes par les employés (photo amateur)



#### 3.8 Industrie automobile

Les dommages subis par l'industrie automobile japonaise ont été assez faibles, comme en témoigne sa production qui a retrouvé son niveau d'avant séisme dès le mois de juillet 2011. Pour la plupart, les usines sont installées dans le sud de l'île principale. Les éléments les plus pénalisants ont été la nécessité de vérifier & recalibrer les équipements de production, le rationnement électrique et les ruptures d'approvisionnement de pièces par les fournisseurs touchés par le séisme (un véhicule est assemblé à partir de 15 à 30 000 pièces différentes), même si les usines les plus proches de l'épicentre ont dû réparer des dommages structurels plus importants. La majorité des usines situées dans le Tohoku ont redémarré entre 2 et 6 jours après le 11 mars. La production automobile étant globalisée et fonctionnant en flux tendu, les ruptures d'approvisionnement de certains équipementiers japonais et de leurs fournisseurs de matières premières (en particulier les semi-conducteurs, les produits chimiques et ceux à base de caoutchouc, soit 150 pièces critiques identifiées) ont eu des conséquences non seulement sur les usines au Japon, mais aussi sur les autres usines des groupes japonais dans le monde et même sur certains de leurs concurrents : la production mondiale de véhicules a ainsi chuté de 13 % en avril 2011 et affichait encore un déficit de 3 % en août 2011.

Société	Nombre et localisation des sites atteints	Principaux dommages liés au séisme	Date de redémarrage	Montant dommages (2011)
HONDA Motor	centre de R&D à Tochigi	1 employé écrasé par l'effondrement d'un mur de la cafétéria, 17 blessés par chute de murs ou de structures légères aux plafonds (faux plafonds, conduites d'aération, éclairage), dommages aux structures lourdes (murs des bâtiments) et au matériel (moyens informatiques et de communication)	août 2011	45,7 G¥ (457 M€)  dont les pertes de production et de R&D
NISSAN Motor	usine de moteur d'Iwaki	(voir p. 60)	17 mai 2011	
	usine de Tochigi	2 blessés légers, départ de feu sur un équipement de coulage d'aluminium, équipements endommagés, chute de structures légères	18 avril 2011	2,1 G¥ (21 M€)
	usine d'Oppama	équipements endommagés, chute de structures légères	30 mars 2011	
TOYOTA Motor	usine de Ohiramura (Central motors)	dommages structurels légers (murs et canalisations), déplacements des équipements non boulonnés	18 avril 2011	ND
JATCO (Kanto auto works)	usine de transmissions à Fujinomiya	dommages dus aux répliques du 15 mars 2011 : équipements endommagés, chute de structures (toits, faux plafonds, tuyauteries), sols fissurés	mai 2011	ND
KUREHA	usine à Iwaki (batteries polymères, systèmes audio et GPS)	2 blessés légers, fuite sur une tuyauterie d'un réservoir d'hydrogène avec explosion et incendie (voisinage endommagé) bâtiments, machines, équipements	entre avril et septembre 2011	3,4 G¥ (34 M€) avec les autres sites

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL



*Voiture basculée hors de son berceau à la suite des secousses sismiques subies par l'usine de Tochigi (Source : Nissan)*



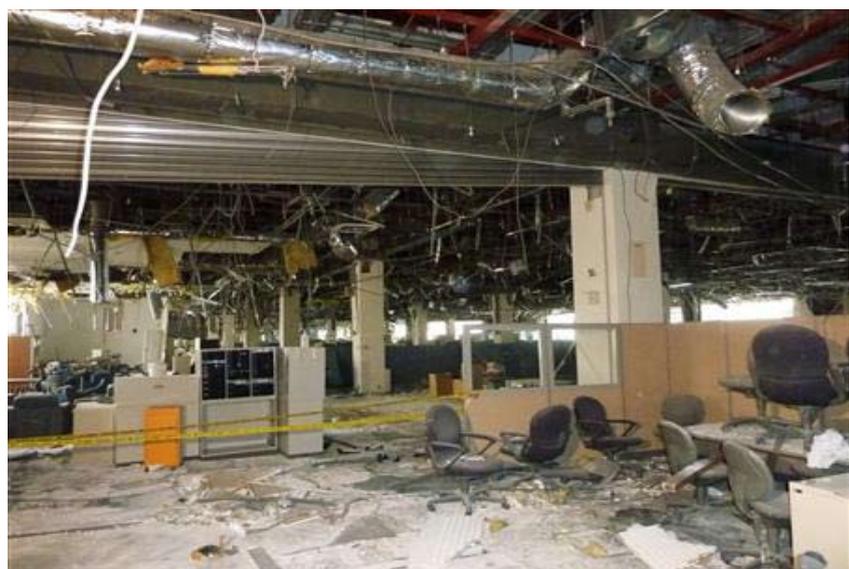
*Effet de l'explosion d'hydrogène sur le site de KUREHA à Iwaki (photo amateur)*



*Aperçu des dommages dus au séisme dans le centre de R&D de HONDA à Tochigi (Source : Honda)*



*Effet de l'explosion d'hydrogène sur un bâtiment tiers proche de l'usine KUREHA à Iwaki (photo amateur)*



*Aperçu des dommages dus au séisme dans le centre de R&D de HONDA à Tochigi (Source : Honda)*

**ZOOM SUR :**

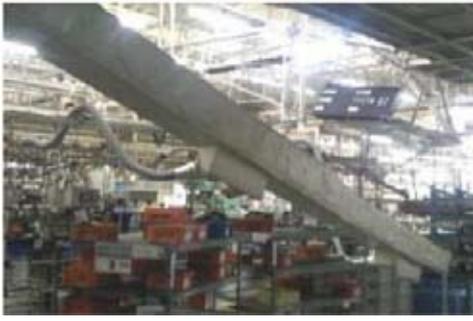
## USINE DE FABRICATION ET MONTAGE DE MOTEURS NISSAN - IWAKI



Présentation du site	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fabrication et assemblage de moteurs de voitures</li> <li>Superficie : 201 500 m<sup>2</sup> dont 80 000 m<sup>2</sup> de bâtiments</li> <li>1 ligne de moulage des blocs moteurs en aluminium, 2 lignes de montage des moteurs et 1 ligne de test, l'usine fournit 25 % des blocs moteurs de la marque</li> <li>Construction : 1994</li> <li>730 employés sur site le 11 mars</li> </ul>
Données séisme	Magnitude 9 (Shindo 6)
Données tsunami	Hauteur dans le port : 3 m, pas d'inondation (le site se trouve à 10,5 m au-dessus du niveau de la mer)
Protection / risque sismique	Bâtiments aux normes antisismiques (fondations des murs porteurs sur piliers ancrés dans la couche géologique solide)
Chronologie de l'accident	<b>11 mars à 14 h 46</b> : séisme de magnitude 9 <b>11 et 12 avril</b> : répliques de magnitude 7
Victimes	2 blessés
Dommages liés au séisme	<ul style="list-style-type: none"> <li>Départ de feu sur la ligne de moulage suite au déversement d'aluminium fondu, équipements renversés, chute de moteurs, fissures du sol et affaissement de 13 à 15 cm dans certaines zones, chute de convoyeurs de pièces et de structures légères (conduites d'air, faux plafonds...), murs extérieurs et station de traitement des effluents endommagés</li> <li>Les répliques du 11 avril (M = 7,1) endommagent à nouveau une partie des structures et équipements déjà réparés. Coupure du réseau d'eau pendant 40 jours</li> </ul>
Dommages liés au tsunami	Le site, situé à 2 km du bord de mer et à 10,5 m d'altitude, n'est pas touché par le tsunami
Dommages €	Supérieurs à 10 millions d'Euros
Chronologie du rétablissement	<b>Mi-avril 2011</b> : réparation des structures lourdes (sols, murs) et infrastructures <b>Mi-mai 2011</b> : réparation et recalibrage des équipements de fabrication
Retour d'expérience matériel	<p>Equipements :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Amélioration de la fixation des équipements au sol</li> <li>Augmentation de la tenue aux vibrations des convoyeurs au plafond</li> <li>Alimentation de secours (550 kW) des fours de fusion en cas de coupure électrique</li> </ul> <p>Infrastructures :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Amélioration de la résistance et de la tenue des conduites au plafond (supports anti-vibration) et des tuyauteries (calage, portions flexibles)</li> <li>Modification des installations d'éclairage (dans des plafonds en fibres de verre)</li> </ul> <p>Bâtiments :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Amélioration de la tenue au séisme des bâtiments et renforcement des sols et zones soumises à liquéfaction au niveau des équipements (piliers en acier)</li> <li>Réduction des risques de bris de fenêtres (film anti-bris, amortisseur de battants)</li> <li>Balisage lumineux des routes d'évacuation (scotch fluorescent)</li> <li>Mise en place d'un éclairage de secours avec alimentation autonome</li> </ul>
Retour d'expérience organisationnel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disposer de 3 jours d'autonomie en utilités (eau, gaz) et pièces essentielles</li> <li>Mise en place d'un système d'entraide logistique inter-usines</li> </ul>
Liens	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résumé en ligne ARIA 42427 et vidéo : dommages sismiques dans l'usine</li> </ul>

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

## USINE DE MOTEURS NISSAN- IWAKI



Chute de conduites alimentant les machines  
(Source : Nissan)

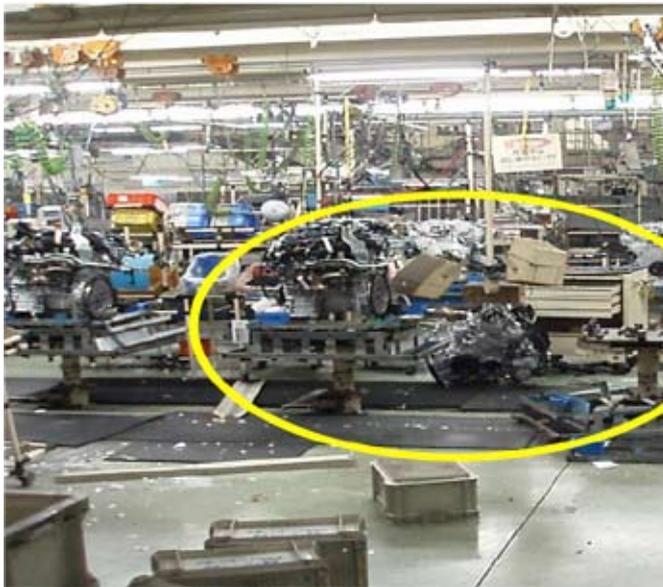


Chute des haut-parleurs (Source : Nissan)



Chute de nacelle de convoyage  
(Source : Nissan)

Domages sur la ligne des fours de fusion  
d'aluminium (Source : Nissan)

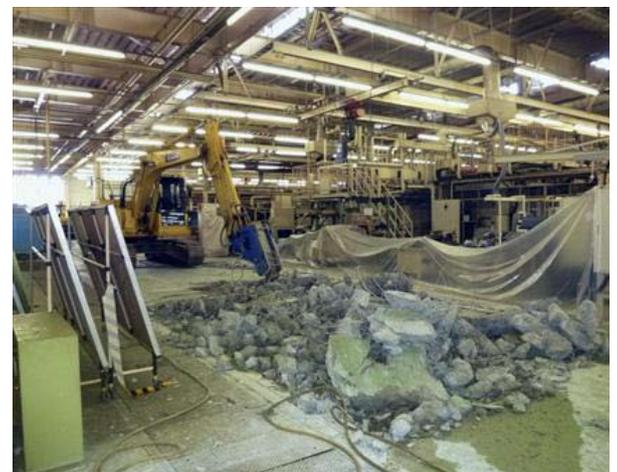
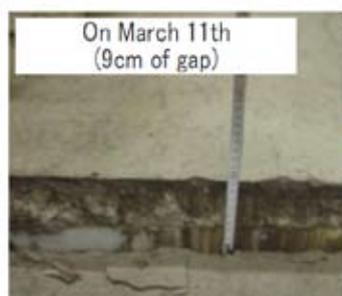


Chute de moteurs en cours d'assemblage et de composants  
(Source : Nissan)



Vue de l'usine de moteurs d'Iwaki,  
avec le port en arrière-plan  
(Source : Nissan)

Aggravation des fissures au sol entre le 11 mars et les répliques du 11 avril 2011  
(Source : Nissan)



Excavation des sols avant réparation (Source : Nissan)

#### 3.9 Industrie électronique

La région du Tohoku a attiré depuis une décennie de nombreuses entreprises du secteur de l'électronique et des technologies de l'information et de la communication (TIC), assurant plus de 12 % des exportations japonaises d'électronique et 14 % de celle des TIC. La vulnérabilité du secteur aux séismes est liée à la grande sensibilité des machines de production aux secousses sismiques (calibrage, ultra-propreté). Les nombreuses répliques ont donc paralysé la plupart des sites plusieurs semaines, même ceux peu endommagés, car le redémarrage est lié aux vérifications électriques et recalibrages des équipements de production. Le marché mondial ne s'y est pas trompé, car le mois de mars 2011 a vu un volume d'achat de composants inégalé par les assembleurs qui avaient peur de se trouver à cours de stock. Une pénurie s'est d'ailleurs installée pour les composants fabriqués presque exclusivement au Japon, comme certaines cartes mémoires ou gyroscopes entrant dans la fabrication de smartphones (36 % des composants de l'iPhone sont fabriqués au Japon). Ce fut aussi le cas dans l'industrie automobile où les consolidations ont fini par concentrer la fabrication de certains composants électroniques sur 1 ou 2 usines au Japon, entraînant un blocage de la production de véhicules chez la plupart des constructeurs mondiaux. Le rôle clef de ce secteur dans l'économie japonaise est enfin illustré par le fait qu'il a été le seul à ne pas être soumis à des restrictions d'usage de l'électricité pendant l'été 2011.

Société	Nombre et localisation des sites atteints	Principaux dommages liés au séisme	Date de redémarrage	Montant dommages (2011)
FREE SCALE Semi conductor	1 usine à Izumi-ku près de Sendai (microcontrôleurs, capteurs)	équipements de fabrication, tuyauteries et vitres cassées, fuite de gaz industriels et de produits chimiques	fermeture définitive en mars 2011 (déjà prévue avant le 11 mars)	1,2 G¥ 12 M€ (dommages directs)
FUJITSU limited	1 usine à Isawa-gun	chute de conduites au plafond, fissures de murs, chute d'équipements	18 avril 2011	11,6 G¥ (116 M€) dont pertes de production
	1 usine à Aizu-wakamatsu (mémoires, microcomposants)	/	20 avril 2011	
	1 usine à Date (PC et serveurs)	(voir p. 66)	28 mars 2011 100 % le 20 avril	
SHIN-ETSU	1 usine à Shirakawa (wafers) 20 % de la production mondiale	3 blessés légers, équipements de production	20 avril 2011 100 % le 1 juillet 2011	21 G¥ (210 M€) dont 16 G¥ de dommages
RENESAS Electronics	1 usine à Naka (wafers, microcontrôleurs véhicules)	(voir p. 64)	1 ligne redémarre en juin 2011, 100 % en octobre 2011	49 G¥ (490 M€)
SUMCO	1 usine à Yonezawa (wafers)	bâtiments et équipements de production	10 avril 2011 100 % en mai 2011	1,5 G¥ (15 M€)
MURATA	1 usine à Sanuma (puces)	légers sur les bâtiments et équipements de production	entre le 29 mars et le 18 avril 2011	800 M¥ (8 M€) avec 2 autres sites
TEXAS instrument	1 usine à Miho (wafers)	dommages aux tuyauteries d'eau, de gaz et de matières premières, système de purification de l'air, machines	mi-juillet 2011 100 % septembre 2011	5,5 G¥ (55 M€)
	1 usine à Aizu		mi-avril 2011	
FURUKAWA electric	1 usine à Chiba (fibres optiques, semi-conducteurs laser)	bâtiments, tuyauteries, équipements de production (liquéfaction)	partiel en avril 2011	2,6 G¥ (26 M€)

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

Société	Nombre et localisation des sites atteints	Principaux dommages liés au séisme	Principaux dommages liés au tsunami	Date de redémarrage	Montant dommages (2011)
SONY	1 usine à Shiroishi (semiconducteurs laser)	légers sur bâtiments et équipements	/	fin mars 2011	3,8 G¥ (38,8 M€)
	1 usine de batteries Li-ion à Motomiya	légers sur bâtiments et équipements	/	début mai 2011	dont
	1 usine à Tagajo (Sendai) blue-ray, R&D...	/	RdC inondé, stocks emportés, machines noyées	l'usine est abandonnée	700 M¥ de dommages directs
CANON	1 usine à Utsunomiya (fabrication d'optiques et R&D)	15 blessés	/	mi-juillet 2011 100 % en octobre 2011	2,48 G¥ (24,8 M€)
TOSHIBA	1 usine à Kitakami (microcontrôleurs, capteurs)	murs, faux plafonds, et système de climatisation, machines de production déplacées	/	18 avril 2011 (partiel)	70 G¥ (700 M€) de perte de marché
	1 usine à Fukaya (écrans LCD)	machines de production déplacées		partiel le 28 mars 100 % le 27 avril 2011	coût des dommages faibles
KYOCERA	1 usine à Koriyama	structures et équipements de production	/	22 mars 2011	ND
	1 usine à Higashine (composant quartz-crystal)	structures et équipements de production			
NIKON	1 usine d'appareils photos à Sendai	1 mort, 3 disparus	/	31 mars 2011	2,3 G¥ (23 M€) dont
	1 usine d'optiques pour scanners lithographie	machines de production déplacées			776 M¥ de dommages et 616 M¥ de stocks
HITACHI automotive	1 usine à Sawa (60 % du marché des capteurs de débit d'air automobile)	bâtiments, machines de production endommagées ou déplacées, perte des utilités	/	28 mars 2011	10,9 G¥ (109 M€) dont pertes de production
EPSON	1 usine à Hachinohe (quartz artificiels et composants en métaux)	/	submersion partielle (0,8 à 1,2 m) bâtiments et équipements de production	partiel le 4 avril 2011 100 % en mai 2011	4,7 G¥ (47 M€) dont pertes de production
	1 usine à Minamisoma (cristaux de quartz)	1 mort, bâtiments et équipements de production	/	fermeture définitive (zone d'exclusion radioactive)	
TDK micro device	1 usine à Kitaibaraki (panneaux OLED)	équipements de production	/	100 % le 9 mai 2011	1,8 G¥ (18 M€)

**ZOOM SUR :**

## USINE DE COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES RENESAS ELECTRONICS - NAKA-HITACHINAKA



Présentation du site	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fabrication de composants électroniques, dont des microcontrôleurs pour le secteur automobile (25 % de la production mondiale) et la fabrication de photocopieurs</li> <li>2 lignes de production de wafers silicone (200 et 300 mm)</li> <li>Construction : 2000 (1<sup>ère</sup> usine au monde de wafers 300 mm, fleuron du groupe)</li> <li>150 employés sur site le 11 mars</li> </ul>
Données séisme	Magnitude 9 (shindo 6 <sup>-</sup> ), répliques magnitudes 7,1 en avril, accélération maximale mesurée sur site de 0,96 m/s <sup>2</sup>
Protection / risque sismique	Bâtiments aux dernières normes parasismiques, l'usine est prévue pour résister à des accélérations maximales de 4 m/s <sup>2</sup> , exercices réguliers d'évacuation en cas de séisme
Chronologie de l'accident	<p><b>11 mars à 14 h 46</b> : séisme de magnitude 9, évacuation des employés</p> <p><b>11 mars à 15 h 15</b> : répliques de magnitude 7,7</p> <p><b>11 et 12 avril</b> : répliques de magnitude 7,1</p>
Victimes	Aucune
Dommages liés au séisme	<ul style="list-style-type: none"> <li>Murs fissurés, chute des faux plafonds, chute des racks de câbles sous plafond, déplacement ou chute de machines de haute précision (malgré leurs ancrages au sol)</li> <li>Salle blanche de fabrication endommagée et brèches dans le toit provoquant l'entrée d'air non stérile, sous-station électrique gravement endommagée</li> </ul>
Dommages liés au tsunami	Le site, situé loin du bord de mer, n'est pas touché par le tsunami
Dommages €	<p>Dommages directs : 431 millions d'Euros</p> <p>Pertes de production et coûts de restructuration : 64 millions d'Euros</p>
Chronologie du rétablissement	<p><b>12-16 mars</b> : couverture du toit de la salle blanche avec des sacs de sable et bâches</p> <p><b>22-24 mars</b> : restauration de l'alimentation électrique de faible puissance</p> <p><b>28 mars</b> : fin de l'évaluation des dommages</p> <p><b>6 avril</b> : début des travaux de réparation, réalignement des machines de production (précision au milliardième de mètre), jusqu'à 2 500 personnes réparent les installations et les machines jour et nuit malgré le manque d'électricité et le froid hivernal, la moitié d'entre eux sont des volontaires envoyés par des clients, fournisseurs ou concurrents de l'usine</p> <p><b>10 avril</b> : remise en service des salles blanches</p> <p><b>20 avril</b> : transfert d'une ligne de production vers l'usine située au sud du Japon</p> <p><b>23 avril</b> : test de production sur 1 ligne</p> <p><b>14 juin</b> : reprise de 10 % de la production initiale</p> <p><b>Septembre 2011</b>: reprise à 100 % de la production initiale</p>
Liens	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résumé en ligne ARIA 42428 et vidéo : dommages sismiques dans l'usine</li> </ul>



Réparation et calibration des machines de production (Source : Renesas)

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

## USINE RENESAS ELECTRONICS - HITACHINAKA



Effondrement des racks de câbles électriques sous plafond  
(Source : Renesas)



Etat de la salle blanche après le séisme  
(Source : Renesas)



Réparation d'urgence de la toiture de la salle blanche avec des sacs de sables et des bâches pour limiter la contamination par l'air extérieur  
(Source : Renesas)



Réparation des façades et toitures (Source : Renesas)



Etat de la salle blanche avant et après réparation  
(Source : Renesas)

**ZOOM SUR :**

## USINE D'ASSEMBLAGE INFORMATIQUE FUJITSU ISOTEC - DATE



Présentation du site	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usine de montage d'ordinateurs, d'imprimantes et de serveurs informatiques</li> <li>• 8 lignes d'assemblage, 1 ligne de test, 1 magasin de stockage</li> <li>• Construction : années 90 (capacité de 6 000 PC de bureau /jour)</li> <li>• 1 000 employés sur site le 11 mars</li> </ul>
Données séisme	Magnitude 8,8 (Shindo 6-), répliques de magnitude 7,1 en avril
Protection / risque sismique	Bâtiments aux dernières normes parasismiques, les fondations de la ligne d'assemblage ont été spécialement renforcées
Chronologie de l'accident	<p><b>14h46</b> : violentes secousses pendant 3 à 4 min qui s'intensifient, les employés en poste sont obligés de s'asseoir, certains commencent à paniquer lors de la chute des équipements, des ordinateurs en cours de fabrication et bris des vitres et ampoules</p> <p><b>14h50</b> : ordre d'évacuation de l'usine par les sorties de secours, les employés sont dehors en tenue légère de travail, certains se protègent du froid et du vent (tempête de neige) avec des films plastiques utilisés pour l'emballage des produits finis</p> <p><b>15h30</b> : fin du comptage des employés, ils sont autorisés à se rendre aux vestiaires par petits groupes en portant des casques, pour récupérer leurs vêtements chauds et leurs clefs de voiture</p> <p><b>16h30</b> : les employés sont autorisés à rentrer chez eux</p>
Victimes	Aucune (ce qui relève d'un miracle, selon une interview du directeur de l'usine)
Dommages liés au séisme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rupture des tuyauteries d'eau, chute de câbles, de faux-plafonds, d'un climatiseur et de conduites d'air conditionné, bris d'ampoules et de vitres</li> <li>• Destruction de 500 PC en cours d'assemblage ou de test au 2<sup>ème</sup> étage, dommages aux équipements de test, à 4 ascenseurs et 1 convoyeur, destruction de quelques murs</li> <li>• Les répliques d'avril 2011 aggravent les dommages structuraux initiaux (chute de murs déjà fissurés, de faux plafonds)</li> </ul>
Dommages €	Plus de 50 millions d'Euros
Chronologie du rétablissement	<p><b>12 mars</b> : une trentaine de cadres vient sur site pour lancer la cellule de crise</p> <p><b>13 mars</b> : début de l'évaluation des dommages à l'intérieur après vérification de l'état des bâtiments et enlèvement des débris, décision de délocaliser provisoirement l'assemblage de PC de bureau vers l'usine de Shimane plus au sud spécialisée dans l'assemblage de PC portables (procédure de maintien de l'activité définie par le groupe en cas de dommages importants sur l'usine suite à un séisme ou à un incendie)</p> <p><b>14 mars</b> : fin du recensement de l'état de santé des employés de l'usine en repos le 11 mars (tâche compliquée par les coupures et la saturation des réseaux de communication)</p> <p><b>18 mars</b> : début des réparations des dommages structurels et des fuites, de 50 à 60 prestataires commencent à travailler jour et nuit, week-end inclus</p> <p><b>22 mars</b> : début de réparation des lignes d'assemblage par 130 employés et plus de 300 prestataires, l'alimentation en eau de l'usine est rétablie</p> <p><b>23 mars</b> : après transfert des équipements spécifiques aux PC « tours » (bancs de test et logiciels), l'usine de Shimane commence à assembler des PC de bureau</p> <p><b>24 mars</b> : test de la ligne d'assemblage de PC de bureau : les employés travaillent en tenue de grand froid (absence de chauffage) et avec des casques (risque de répliques)</p> <p><b>28 mars</b> : relance de la ligne d'assemblage des PC de bureau</p> <p><b>début avril</b> : l'usine fonctionne à 80 % de ses capacités, malgré les répliques qui retardent la production et les réparations</p> <p><b>20 avril</b> : l'usine retrouve 100 % de ses capacités, poursuite des réparations des bâtiments</p>
Liens	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résumé en ligne ARIA 42429 et vidéo : chaîne d'assemblage de PC pendant le séisme</li> </ul>

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

## USINE D'INFORMATIQUE FUJITSU ISOTEC - DATE



Dommmages subis par les faux plafonds au 2<sup>ème</sup> étage du bâtiment principal (Source : Fujitsu)



Chute d'une conduite d'air conditionné et fuites d'eau en zone de stockage (Source : Fujitsu)



Rupture de conduites alimentant les équipements de test de vieillissement des serveurs (Source : Fujitsu)



Un film plastique remplace la vitre brisée donnant sur la salle d'assemblage des PC (Source : Fujitsu)



Vue aérienne de l'usine (Source : Fujitsu)



Chute d'un climatiseur sur les racks de stockage des pièces détachées au 2<sup>ème</sup> étage (Source : Fujitsu)



Chute d'ordinateurs dans la salle de test des PC de bureau (Source : Fujitsu)

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

#### 3.10 Logistique

La région du Tohoku, largement ouverte sur la façade Pacifique, dispose d'un secteur logistique important à travers ses 15 ports qui assurent 7 % des exportations japonaises, mais aussi des importations stratégiques de matières premières (métaux, gaz, hydrocarbures). Les infrastructures portuaires ont plutôt subi des dommages dus aux secousses sismiques dans le sud du Tohoku (affaissements de grue, de quai, de jetée, affaissements des sols de bâtiments et des voiries), alors que celles situées dans le nord ont été soumises à des secousses de moindre ampleur mais ont été submergées par le tsunami. Le montant de la destruction des stocks de matières premières ou produits finis (tous secteurs d'activité confondus) a été estimé entre 160 et 250 milliards d'Euros dans les préfectures touchées par le séisme et/ou le tsunami, soit entre 3 et 5 % du PIB du Japon pour l'année 2011 (source : Banque de France, 2011).

Société	Structure et équipements endommagés	Principaux dommages liés au séisme	Principaux dommages liés au tsunami	Date de redémarrage	Montant dommages (2011)
PORT d'HACHINOHE	stock	/	3,5 km de digues et de caissons, 700 conteneurs emportés	23 mars 2011	ND
PORT d'OFUNATO	stock, entrepôts portuaires, quais	affaissement des quais et voiries	conteneurs balayés, digue (h : 6 m x l : 550 m), incendie d'un entrepôt de solvant	port : juin-sept. 2011	ND
PORT DE KAMAISHI	silo	affaissement des sols	quais, voirie, silos, mur anti-tsunami géant	18 mars 2011	ND
PORT d'HISHINOMAKI	train, entrepôts, bacs, stock, quais	affaissement des sols (sur 10 à 70 cm)	entrepôts de stockage et frigorifiques, érosion des sols, bacs emportés	port : juin-sept. 2011	ND
PORTS DE SENDAI & SHIOGAMA	détruits : 272 entrepôts 299 chariots élévateurs 2 grues géantes 5 575 camions	affaissement des sols et voiries, chute des produits stockés  2 grues géantes endommagées dans le terminal des conteneurs	entrepôts : parois défoncées par le mur d'eau et les débris, stocks endommagés et éparpillés, engins détruits, incendies provoqués par l'essence ou les batteries oxydées des véhicules et chariots élévateur, 1000 conteneurs balayés	Shiogama : 18 mars 2011  Sendai : 9 juin 2011	33 G¥ (330 M€)
PORT DE SOMA	quais, grues portuaires	affaissement des quais et voiries, chute de grues	digues et caissons, quais grues défoncés	23 mars 2011	ND
PORT d'ONAHAMA	quais, grues portuaires	affaissement des voiries (60 cm)	grues	23 mars 2011	ND
PORT d'HITACHI	quais, stocks	affaissement des voiries et quais (sur 20 cm à 1 m)	1 500 véhicules d'exportation Nissan submergés, 300 brûlés, écroulement de quais	18 mars 2011	50 G¥ (500 M€)
PORT d'HITACHINAKA	quais, grue portuaire	affaissement des voiries et quais (0,3 à 1,7 m), chute d'1 grue	submersion sur 1,2 m	23 mars 2011	ND
PORT DE KUJI	dock flottant	affaissement des quais et voiries	digue et caisson, voiries, dock flottant	23 mars 2011	ND
PORT DE KASHIMA	stock, quais, grues portuaires, entrepôts	affaissement des sols et quais, chute de grues	digues, chenaux de navigation ensablés, conteneurs balayés, entrepôts portuaires, grues défoncées	dès le 18 mars 2011, 6 mois de travaux	ND

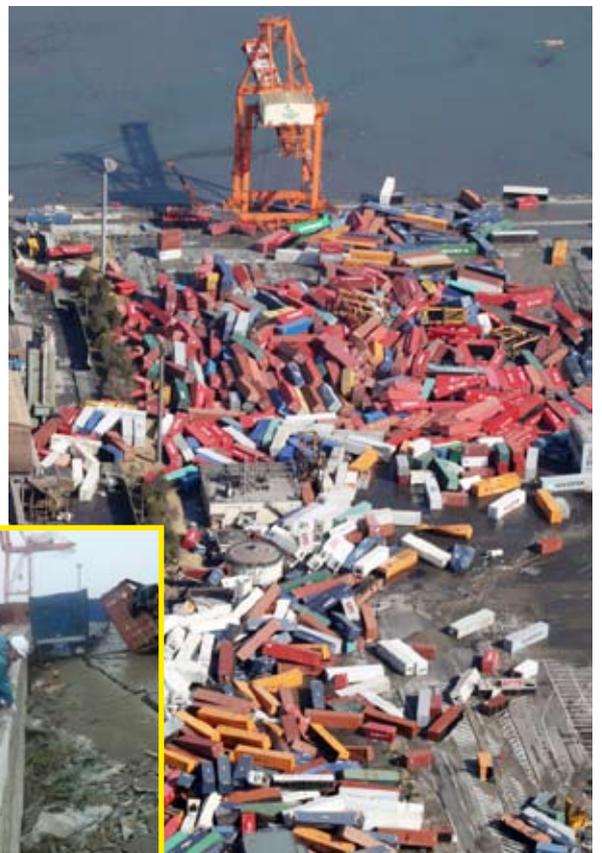
### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL



Entrepôts endommagés par le tsunami et par de de gros débris dans le port de Sendai (photos amateur)



Entrepôts incendiés dans le port de Sendai par des carcasses de voitures (photo amateur)



Véhicules d'exportation balayés par le tsunami puis incendiés dans le port d'Hitachi : une batterie au contact de l'eau de mer serait à l'origine de l'incendie (photo amateur)



Dommages sismiques sur les quais du terminal logistique (photo amateur)

Vue du terminal conteneur du port de Sendai : les 2 grues géantes non équipées de dispositifs parasismiques, sur les 4 du terminal, ont été endommagées (photo amateur)



Arrivée du tsunami dans le port de Kuji le 11 mars, dock flottant coulé (photos amateur)



**ZOOM SUR :**

## ENTREPÔT DE PALETTES JAPAN PALET RENTAL - AÉROPORT DE SENDAI



Présentation du site	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stockage de palettes en bois et en plastique pour le secteur logistique</li> <li>• Stock de 100 000 palettes type T.11 (1 100 x 1 100 x 144mm)</li> <li>• 8 employés sur site le 11 mars</li> </ul>
Données séisme	Magnitude 8,8 (Shindo 6 <sup>-</sup> ), répliques de magnitude 7,1 en avril
Données tsunami	Hauteur sur la côte : 12,2 m, hauteur d'inondation : 5,7 m
Chronologie de l'accident	<p><b>14h46</b> : premières secousses, 4 des 8 employés évacuent le site en voiture</p> <p><b>15h05</b> : réception de l'alerte tsunami par la radio d'une voiture de l'un des employés, les 4 employés restés sur site fuient en voiture en laissant les fenêtres du véhicule ouvertes pour pouvoir s'échapper si la vague les submerge</p> <p><b>15h30</b> : les premières vagues du tsunami déferlent sur l'aéroport de Sendai</p>
Victimes	Aucune
Dommages liés au séisme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liquéfaction du sol de l'entrepôt et des voiries (fissures de plusieurs dizaines de cm)</li> <li>• Effondrement des stocks de palettes</li> </ul>
Dommages liés au tsunami	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 000 palettes balayées par le tsunami et éparpillées sur une surface de 20 km<sup>2</sup> dans la zone logistique aéroportuaire et dans le lotissement voisin</li> <li>• 5 chariots élévateurs sont détruits, l'entrepôt et ses alentours sont entourés d'une « mer de palettes », des carcasses de voitures sont encastrées dans l'entrepôt, les murs de l'entrepôt sont endommagés</li> </ul>
Dommages €	Dommages directs : 5,1 millions d'Euros (entrepôt, stock perdu et frais de remise en état)
Chronologie du rétablissement	<p><b>12 mars</b> : lancement de la cellule de crise par le groupe JPR</p> <p><b>13-20 mars</b> : reconnaissance des dommages, les secours inspectent les carcasses de véhicules sur le site à la recherche de victimes, dégagement des accès</p> <p><b>21 mars</b> : début des opérations de redémarrage, 75 employés du site ou amenés en renfort sont répartis en 3 équipes : 1 équipe « relation client », 1 équipe de 50 personnes pour la « récupération des palettes » et 1 équipe « nettoyage et réparation de l'entrepôt »</p> <p><b>21-28 mars</b> : Utilisation de 4 tractopelles car le ramassage manuel des palettes remplies de sédiments est lent et difficile. Les particuliers sont invités à ramener les palettes qu'ils trouvent. Les palettes en bon état sont lavées au jet à haute pression, les autres envoyées en incinération. Des tentes de stockage provisoire sont installées</p> <p><b>28 mars</b> : fin de la collecte des palettes</p> <p><b>31 mars</b> : redémarrage de l'activité</p>
Liens	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résumé en ligne ARIA 42430 et vidéo : passage du tsunami dans la zone logistique du port de Sendai</li> </ul>



Déblaiement des débris et sédiments (Source : JPR)



Nettoyage et reconditionnement des palettes récupérées (Source : JPR)





### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

#### 3.11 Traitement de l'eau

La conception des réseaux d'eaux usées au Japon, par écoulement gravitaire, fait que la plupart des stations de traitement se trouvent en zone côtière : 19 stations de la région du Tohoku ont été particulièrement endommagées par le tsunami. Plus au sud, ce sont les phénomènes de liquéfaction qui ont le plus endommagé les réseaux et stations de traitement (comme à Kashima, Wanigawa ou à Urayasa près de Chiba). Plus de 2,23 millions de foyers ont été privés d'eau potable les 1<sup>ers</sup> jours et le rétablissement de tout le réseau a duré 2 mois. Les stations de purification de l'eau, situées près des sources en zone montagneuse, ont été peu endommagées et la plupart ont redémarré 1 semaine après, dès le rétablissement de l'électricité. Cependant, la contamination des nappes phréatiques par de l'eau de mer a compliqué la potabilisation de l'eau dans certaines zones. Enfin, le rétablissement rapide de l'alimentation en eau a posé problème car le réseau d'égouts et les capacités de traitement n'étaient pas encore réparés, ce qui a conduit à des débordements d'égouts importants à certains endroits (comme à Tagajo) et à des risques sanitaires. Enfin, le redémarrage des stations de traitement des eaux usées en mode dégradé dans les premiers mois suivant le séisme (traitement minimal : décantation primaire et désinfection uniquement) a conduit, selon la presse, à des rejets dans le milieu aquatique dépassant les valeurs limites japonaises d'émissions des principaux polluants organiques (DBO, coliformes, azote etc.). Les stations de relevage ont été aussi endommagées, et leur redémarrage retardé par le manque de carburant pour les pompes de secours.

Préfecture, km de réseaux endommagés	Nombre et localisations des stations atteintes	Principaux dommages liés au séisme	Principaux dommages liés au tsunami	Etat de fonctionnement début juillet 2011	Montant dommages (2011)
<b>CANALISATIONS D'EAUX USÉES : 922 km endommagés sur les 6 578 km des 11 préfectures sinistrées</b>					
<b>STATIONS DE RELEVAGE : 79 hors service et 32 endommagées dans le Tohoku</b>					
IWATE 18 km de canalisations hors service (1 % du réseau)	Noda		submersion partielle / totale :	traitement minimal	plusieurs G¥
	Ootsuchi		équipements mécaniques et électriques,	traitement minimal	
	Oohira (STEP)		érosion des sols	traitement minimal	
	Oohunato			traitement minimal	
	Rikuzentakada			hors service	
MIYAGI 192 km de canalisations hors service (2 % du réseau)	Kesenuma	/		traitement minimal (100 % en octobre 2011)	plusieurs G¥
	Tsuyamachi				
	Okachi		submersion partielle / totale :	traitement minimal	
	Hebita/Abuta (STEP)	liquéfaction, subsidence	équipements mécaniques et électriques	hors service	
	Ishinomaki est		érosion des sols	traitement minimal	
	Sennen	/		traitement minimal	80 G¥
	Minamigamo (voir p. 74)			traitement minimal	
	Kennan			traitement minimal	
	Yamamoto			traitement minimal	
FUKUSHIMA 104 km de canalisations hors service (2,1 % du réseau)	Okachi		submersion partielle / totale :	hors service	plusieurs G¥
	Hirono	liquéfaction, subsidence	matériel électrique et mécanique	traitement minimal	
	Kashima			traitement minimal jusqu'au 27 avril 2011	
CHIBA	Wanigawa (STEP)	liquéfaction, subsidence	/	traitement minimal	ND
	Urayasu	canalisations		traitement minimal	

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL



Traitement d'urgence dans la station d'épuration d'Ishinomaki en mai 2011 (photo amateur)



Débris dans un bassin de la station de traitement du port d'Ishinomaki (Source : GWIA)



Canalisation d'un bassin de décantation (photo amateur)

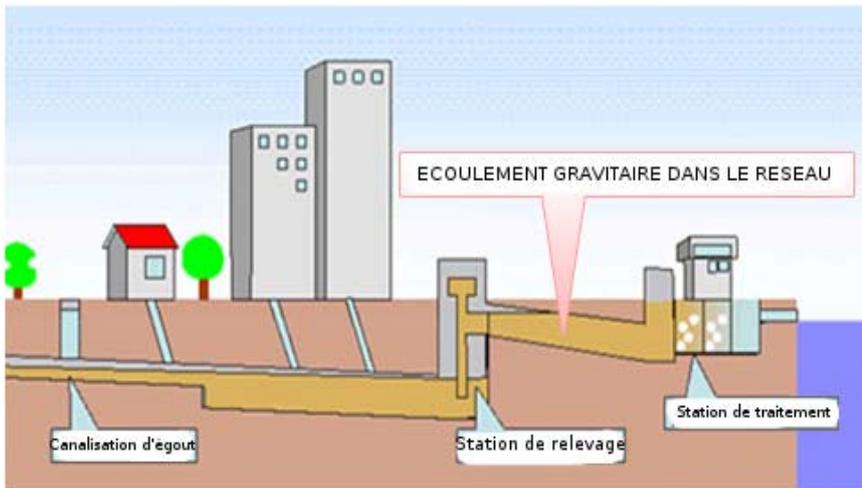


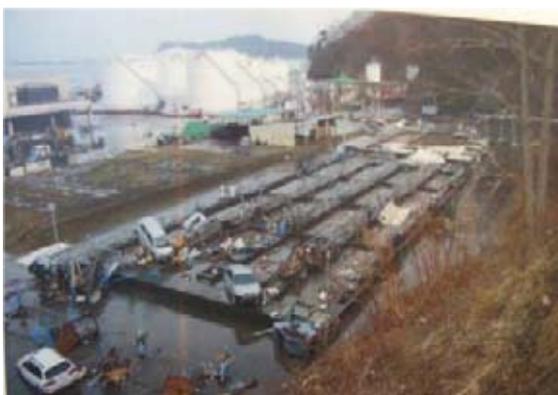
Schéma de fonctionnement du réseau des eaux usées au Japon (Source : T.YAMAUCHI-TOKYO UNIVERSITY)



Érosion des sols due au tsunami dans une STEP (Source : Préfecture de Miyagi)



Liquéfaction dans la station de traitement des eaux usées de Wanigawa à Kashima (photo amateur)



Bassins de décantation de la station du port de Kamaishi envahis par des véhicules (Source : MLIT)



Rupture d'une canalisation d'eau potable de diamètre 2400 mm (96'') malgré la présence d'une bride déformable sur 500 mm (Source : Préfecture de Miyagi)

**ZOOM SUR :**

## STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES (STEP) MINAMIGAMO-SENDAI



(d'après un article du journal « Water 21 » de juin 2011 et un rapport du MLIT)

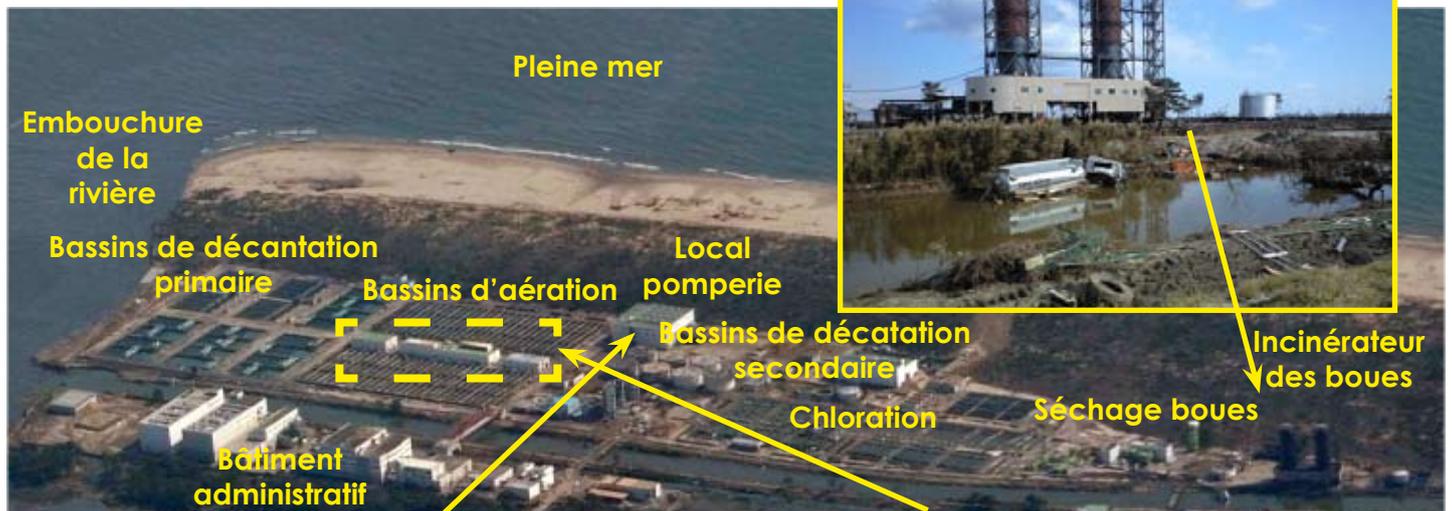
Présentation du site	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacité de traitement de 700 000 équivalents-habitants (EH), c'est la plus importante de la région du Tohoku, elle traite 70 % des eaux usées de la ville de Sendai - Superficie : 2,5 km<sup>2</sup> - Traitements primaire, aération contrôlée et secondaire, séchage et incinération des boues</li> <li>101 employés et sous-traitants sur le site le 11 mars</li> </ul>
Données séisme	Magnitude 9 (Shindo 6 <sup>+</sup> ), répliques de magnitude max. 7,2 (Shindo 6 <sup>-</sup> ) le 7 avril 2011
Données tsunami	Hauteur sur la côte : 10 m, hauteur d'inondation sur site : 5 m puis 10 m
Protection sismique	Bâtiment administratif construit en 2009 selon les dernières normes parasismiques en vigueur - Procédure d'évacuation avec exercices réguliers
Protection tsunami	Digue de protection, un bâtiment structure béton de grande hauteur
Chronologie de l'accident	<p><b>14h46</b> : séisme à 130 km au large de Sendai</p> <p><b>14h48</b> : début de l'évacuation en bon ordre des employés et sous-traitants dans le bâtiment administratif, les générateurs rétablissent l'alimentation électrique sur le site</p> <p><b>14h50</b> : réception de l'alerte au tsunami</p> <p><b>15h50</b> : arrivée du tsunami : la 1<sup>ère</sup> vague haute de 5 m ne fait pas de dommages mais la 2<sup>e</sup>, haute de 10 m, brise la digue à l'arrière de la station et envahit la station depuis la rivière, le personnel monte sur le toit du bâtiment administratif</p> <p><b>16h50</b> : la station est complètement inondée et il n'y a plus de courant</p> <p><b>Nuit du 11 mars</b> : les employés passent la nuit réfugiés sur le toit sous une tempête de neige, en se partageant les maigres réserves d'eau et de nourritures disponibles</p> <p><b>12 mars au matin</b> : un hélicoptère des Forces d'autodéfense évacue les employés vers une base de secours à l'intérieur des terres</p>
Victimes	Aucune
Dommages sismiques	Liquéfaction des sols
Dommages liés au tsunami	<ul style="list-style-type: none"> <li>Destruction des équipements mécaniques et électriques (salle de contrôle, transformateurs électriques, pompes, turbines d'aération), digue de protection détruite</li> <li>Bassins de traitement encombrés de débris et de sédiment, érosion des terrains au pied des ouvrages, fuite au niveau d'un joint d'expansion d'un bassin</li> <li>Destruction des voiries, bâtiments en béton parallèle à la mer endommagés</li> <li>Canalisations déplacées ou endommagées, fuites d'air</li> </ul>
Dommages €	800 millions d'Euros (estimation de l'exploitant)
Chronologie du rétablissement	<p><b>14 mars 2011</b> : fonctionnement d'urgence : décantation primaire, l'écoulement gravitaire (pas d'électricité) permet le rejet en mer (pompes de rejet H.S)</p> <p><b>18 mars 2011</b> : traitement minimal (post-chloration par tablette uniquement)</p> <p><b>mi-avril 2011</b> : rétablissement du système de chloration en ligne</p> <p><b>18 avril 2011</b> : séchage des boues du décanteur primaire avec un système mobile</p> <p><b>1<sup>er</sup> semestre 2015</b> : date prévue pour la fin des travaux de remise en état</p>
Retour d'expérience matériel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Positionner les portes et fenêtres des bâtiments parallèlement à la direction d'arrivée probable du tsunami pour limiter les dommages</li> <li>Mettre le maximum d'équipements électroniques en R+1 ou R+2</li> <li>Améliorer la résistance à l'eau des équipements électriques sensibles en RdC</li> <li>Recouvrir de béton les bassins de traitement et les canaux</li> </ul>
Liens	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résumé en ligne ARIA 42431 et vidéo : arrivée du tsunami dans la station</li> </ul>

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

## STEP DE MINAMIGAMO - SENDAI



Arrivée de la 2<sup>e</sup> vague du tsunami dans la station le 11 mars 2011  
(Source : Préfecture de Miyagi)



Intérieur du bâtiment abritant les pompes (Source : JWSA)



Domages subis par les voiries et bâtiments (Source : JWSA)



Domages extérieurs : bassins d'aération - tuyauteries - équipements de traitement (Source : Préfecture de Miyagi - JWSA)

## 3.12 Ouvrages hydrauliques

Lors du séisme du 11 mars 2011, les barrages de tous types (barrages poids, voûtes ou en remblais) du nord de l'île d'Honshu ont été soumis à une secousse relativement intense (accélérations de 0,5 m/s<sup>2</sup> mesurées en pied de fondation) et exceptionnellement longue (150 à 300 s) : au total, 391 ouvrages hydrauliques ont été inspectés en urgence du 11 au 31 mars. A l'exception notable d'une rupture, l'ensemble a bien résisté, mais 48 ouvrages présentent quand même des dommages mineurs. Les ouvrages en remblais ont été plus affectés que ceux en béton. Les principaux dommages observés sont les suivants :

Type d'ouvrage	Nom et localisation	Dimensions Hauteur / Volume du réservoir	Dommages constatés
<b>Barrage poids en béton</b>	Takou	77 m / 0,33 Mm <sup>3</sup>	fissuration au niveau de la chambre des vannes
<b>Barrages en enrochement</b>	Minamikawa (barrage de col)	0,24 Mm <sup>3</sup>	fissuration du masque d'étanchéité amont
	Numappara	38 m / 1,26 Mm <sup>3</sup>	fissuration du masque d'étanchéité amont
	Shitoki	83,5 m / 2,51 Mm <sup>3</sup>	faibles tassements et fissuration
	Akasaka	30,4 m / 1,46 Mm <sup>3</sup>	fissuration en crête
	Yanome	29 m / 1,10 Mm <sup>3</sup>	fissuration en crête
<b>Barrages en terre</b>	Nishigo	32,5 m / 3,30 Mm <sup>3</sup>	20 cm de tassement en crête, fissures transversales avec déplacement de 45 cm vers l'amont
	Koromagawa n° 1	35,5 m / 2,97 Mm <sup>3</sup>	fissuration en crête
	Fujinuma	18,5 m / 1,50 Mm <sup>3</sup>	<b>rupture (voir p. 78)</b>

Plusieurs centaines de kilomètres de digues bordent les rivières des régions de Tohoku et du Kanto, car une grande partie des terres habitables sont en zone inondable (plaines côtières). En raison du niveau bas des rivières lors du séisme, ces digues n'étaient généralement pas saturées en eau et ont globalement bien résisté. Cependant, des tassements de 30 cm sur des longueurs comprises entre 100 et 300 m dus aux phénomènes de liquéfaction générés par le séisme ont été observés, ainsi que l'érosion des fondations et des glissement de pente quand le tsunami a submergé certaines portions d'ouvrages (la face interne de la digue est en béton mais sa face externe et ses fondations sont le plus souvent en terre).

Rivière	Rupture de digues	Affaissements	Glissements de pente	Fissures	Dommages au revêtement en béton	Dommages aux portes	Autres types de dommages	Total
<b>Mabuchi</b>	0	1	1	1	5	1	5	14
<b>Kikatami</b>	13	62	47	278	121	67	58	646
<b>Naruse</b>	9	27	25	183	56	26	37	363
<b>Natori</b>	1	2	1	26	2	2	1	35
<b>Abukama</b>	2	26	16	73	2	10	3	132
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>118</b>	<b>90</b>	<b>561</b>	<b>186</b>	<b>106</b>	<b>104</b>	<b>1190</b>

Tableau de décompte des différents types de dommages découverts sur les digues des principales rivières de la région du Tohoku (Source : MLIT)

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL



Fissures sur une digue de la rivière Naruse  
(Source : EERI)



Plus de 2 m d'affaissement causés par la liquéfaction verticale mesurés sur ce tronçon de digue (Source : MLIT)



Tronçon de digue emporté par le tsunami à l'embouchure de la rivière Naruse (Source : GEER)



Liquéfaction en rive droite de la rivière Hinuma (Source : GEER)



Reconstruction de la digue de la rivière Kitakami en avril 2011 suite aux dommages provoqués par le tsunami. Sur cette rivière, le tsunami a submergé les digues sur 5,5 km de distance depuis son embouchure et a remonté son lit sur plus de 49 km à l'intérieur des terres (Source : GEER)



Cette portion de digue, à 4 km de l'embouchure de la rivière Kitakami, a été fortement érodée après sa submersion par le tsunami sur plus de 1,7 m de haut (Source : GEER)

**ZOOM SUR :**

## BARRAGE AGRICOLE DE FUJINUMA Coastal Reclamation Hanakawa Kou District Village de Sukagawa



(d'après les rapports du « Geotechnical Extreme Events Reconnaissance » et du MLIT)

Présentation du site	<ul style="list-style-type: none"> <li>Barrage d'irrigation construit entre 1939 et 1949, 1 barrage principal et 1 auxiliaire</li> <li>Barrage trapézoïdal de 99 000 m<sup>3</sup>, h = 18,5 m x L = 133 m x l = 6 m (en crête)</li> <li>Retenue de 20 ha et 1,5 Mm<sup>3</sup> alimentée par la rivière Abukama</li> </ul>
Données séisme	Magnitude 9 (Shindo 6 <sup>-</sup> ), site à 240 km de l'épicentre, accélération au sol supérieure à 0,5 m/s <sup>2</sup> pendant 100 s et pic à 4,4 m/s <sup>2</sup>
Protection sismique	Le barrage a été construit avant l'entrée en vigueur des normes parasismiques en 1957, des études a posteriori ont montré qu'il pouvait résister à des accélérations de 1,5 m/s <sup>2</sup>
Chronologie de l'accident	<p><b>14h46</b> : séisme au large de Sendai. Dans les minutes suivantes, la secousse atteint le barrage de Fujinuma dont la retenue est pleine</p> <p><b>15h06</b> : début de rupture du barrage, des témoins rapportent avoir entendu un grand bruit. Rupture du barrage principal et libération de la totalité de l'eau. Endommagement du barrage de col (auxiliaire)</p>
Victimes	7 décès et 1 disparition dans le village en aval du barrage
Dommages sismiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ouvrage détruit, ponts routiers et digues de rivière en aval endommagés</li> <li>Destruction par l'onde de 9 maisons du village en contrebas du barrage</li> </ul>
Causes de la rupture selon les experts de la préfecture de Fukushima	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résistance insuffisante des matériaux de la partie médiane et supérieure du remblai : les moyens et techniques disponibles lors de la mise en œuvre après guerre n'ont pas permis d'atteindre un compactage suffisant pour résister à une sollicitation non-drainée (comme en cas de séisme)</li> <li>Hétérogénéité du matériau : la construction en plusieurs étapes (avant et après la 2<sup>nd</sup>e guerre mondiale) a conduit à des variations de propriétés mécaniques dans le corps du barrage, générant un régime d'infiltration et d'écoulement mal connu</li> <li>Défaut d'exécution de la fondation : présence d'une couche de matériau à forte teneur organique (incluant des souches) semblant indiquer un défaut de décapage au moment de la construction</li> </ul>
Mécanisme probable	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Barrage principal</b> : glissement dans le corps du barrage en direction de la retenue, entraînant son affaiblissement et sa rupture</li> <li><b>Barrage de col</b> : glissement vers la retenue dû à une perte de résistance ou à la vidange rapide</li> </ul>
Retour d'expérience matériel	Les matériaux de certains ouvrages anciens présentent une résistance mécanique beaucoup plus faible que celle des barrages modernes. Ils peuvent sembler faussement sûrs, malgré une construction sans encombre et conforme aux standards de l'époque.
Liens	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résumé en ligne ARIA 40122 et vidéo : explication géotechnique du processus de rupture du barrage</li> </ul>

### 3. LES PRINCIPAUX ACCIDENTS PAR SECTEUR INDUSTRIEL

## BARRAGE AGRICOLE DE FUJINUMA - SUKAGAWA



Vue du barrage principal avant le 11 mars (Source : GEER)



Vue de la rupture du barrage principal le 11 mars 2011 à 15 h11 (Source : M. YOSHIZAWA)



Brèche dans le barrage principal (Source : GEER / L.F HARDER)



Vue du barrage de col après le glissement, probablement provoqué par la vidange rapide du réservoir (Source : GEER / L.F HARDER)



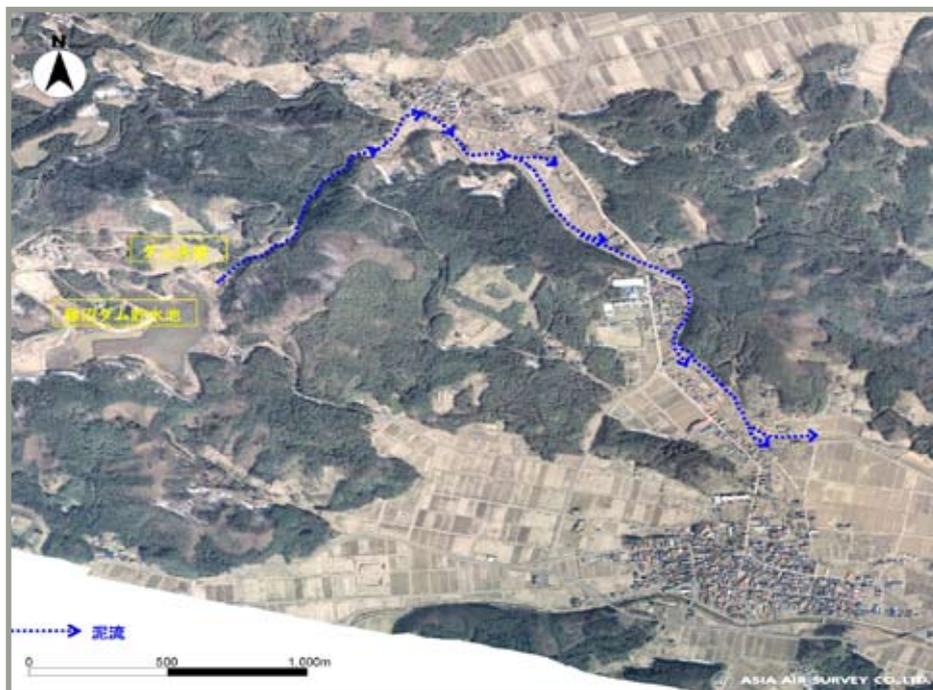
Couche noire organique de de limon et d'argile au niveau des fondations

Vue de la fondation du barrage principal après rupture (Source : JCOLD)

## BARRAGE AGRICOLE DE FUJINUMA - SUKAGAWA



Vue aérienne de la trajectoire de l'onde de submersion après rupture  
(Source : MLIT / GEER)



Vue satellite de la trajectoire de l'onde de submersion après rupture  
(Source : Asian Air Survey)



## **CHAPITRE 4**

# **POLLUTIONS ET GESTION DES DÉCHETS**

## 4. POLLUTIONS ET GESTION DES DÉCHETS

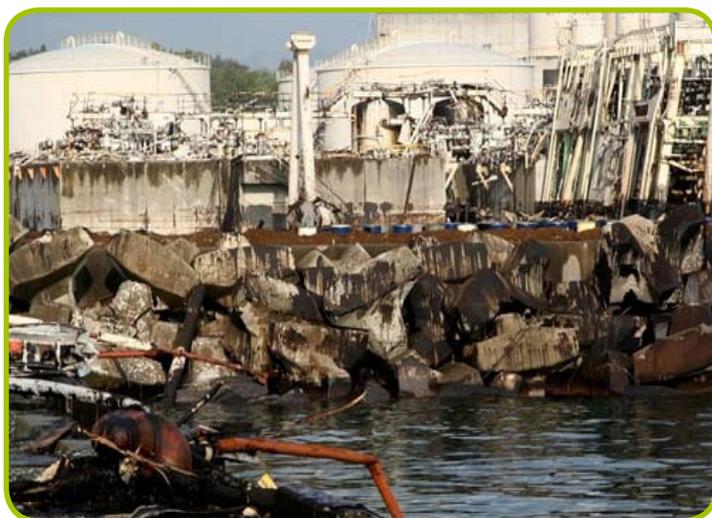
Les jours et semaines ayant suivi le 11 mars 2011 ont été naturellement consacrés aux mesures d'urgence : sauvetages des rescapés, rétablissement des réseaux, acheminement de vivres et matériels de première nécessité. Mais il est très vite apparu que les conséquences post-accidentelles de la catastrophe que les autorités japonaises et les exploitants des sites industriels atteints auront à gérer sont de très grande ampleur. La gestion des risques dits « chroniques » a ainsi constitué une priorité d'action dès les premiers mois suivant le 11 mars 2011. S'ils restent moins spectaculaires que des incendies ou des explosions, ces risques chroniques n'en présentent pas moins des enjeux importants pour la population et l'environnement japonais à court, moyen et long terme. Ce chapitre s'attache à présenter les diverses pollutions constatées dans le Tohoku, mais aussi le défi que représente la gestion globale des déchets générés par le tsunami. L'exemple du complexe papetier de Nippon Paper, envahi par une montagne de débris en provenance des quartiers environnants (voir p. 22), montre clairement que ce défi concerne aussi bien les sites industriels que les collectivités locales, y compris dans les solutions d'élimination à mettre en œuvre, qui incluent autant que possible le recours aux équipements industriels d'incinération.

### 4.1 Pollutions

Parmi les pollutions générées par la catastrophe du 11 mars, il convient de distinguer :

- **les pollutions directement liées à l'activité industrielle** : ces pollutions ont généralement été provoquées par des ruptures de stockages et de tuyauteries de matières dangereuses ou polluantes sous l'effet des secousses sismiques ou du tsunami. Selon les éléments non exhaustifs présentés dans les tableaux ci-après, il s'agirait principalement de pollutions localisées et d'ampleur limitée, à l'exception de quelques pollutions aux hydrocarbures ou aux résidus miniers pour lesquelles les surfaces touchées peuvent atteindre plusieurs dizaines de km<sup>2</sup>. Enfin, de nombreuses micro-pollutions sont dues aux stocks de produits industriels emportés par le tsunami et dont les emballages ont été endommagés : bouteilles de produits chimiques (port de Sendai), poissons et sacs d'engrais (port d'Ishinomaki)...
- **les pollutions indirectement liées à l'activité industrielle ancienne** : des campagnes de mesure sur plusieurs années seront nécessaires pour déterminer si les dépôts de sédiments marins côtiers sont susceptibles d'avoir relargué sur les terrains touchés par le tsunami des polluants issus de plusieurs décennies d'activité industrielle et jusque-là piégés dans ces sédiments (métaux lourds, polluants organiques persistants). Une première étude de l'université du Tohoku publiée en juillet 2011 suggère par exemple un enrichissement en arsenic dans plusieurs zones des préfectures d'Iwate et de Miyagi, probablement lié à l'activité minière de ces zones.
- **les pollutions liées au tsunami et aux débris charriés par le tsunami** : de grandes surfaces de terres agricoles côtières ont été salinisées par le tsunami et devront être traitées avant réutilisation. Des nappes phréatiques, contaminées par infiltration de l'eau de mer, sont devenues impropres à la consommation sans traitement de désalinisation préalable. Au niveau des débris, les épaves de véhicules et de bateaux sont à l'origine de nombreuses micro-pollutions par des hydrocarbures. La destruction des transformateurs et des condensateurs électriques anciens constitue une autre source de pollution localisée du fait de la perte de leurs huiles diélectriques contenant des PCB.
- **les pollutions liées à l'élimination des déchets** : en raison des contraintes d'espace, l'incinération constitue historiquement le principal moyen de destruction des déchets au Japon. Mais l'incinération des débris imprégnés d'eau de mer sans traitement préalable présente des risques sanitaires liés à l'émission de dioxine dans les fumées, et des risques de corrosion des installations par la formation d'acide chlorhydrique. Le stockage et la manipulation des déchets dangereux (amiante, PCB, emballages de produits chimiques) posent aussi le problème de la contamination des sols et des nappes souterraines par lixiviation dans et autour des sites de stockage. Le stockage provisoire des déchets entraîne enfin les nuisances habituelles liées aux envols et aux odeurs.

## 4. POLLUTIONS ET GESTION DES DÉCHETS



Vue des abords de la centrale thermique de Haramachi en avril 2011 (photo amateur)



Les alentours de la raffinerie JX à Sendai en avril 2011 (photo amateur)

Activité industrielle	Localisation	Produit et volume perdu	Milieu touché extension de la pollution	Délais et moyens de dépollution mis en oeuvre
Raffinerie COSMO OIL	baie de Tokyo préfecture de Chiba	bitume	mer sur 42 km	2 mois 1 000 embarcations 4 000 personnes
Centrale thermique TEPCO	Haramachi préfecture de Fukushima	fioul 9 800 m <sup>3</sup>	mer, plages	/
Raffinerie JX	port de Sendai préfecture de Miyagi	pétrole brut 8 300 m <sup>3</sup>	mer, sol, plages	1,5 mois 90 embarcations 1 000 personnes
Stocks stratégiques de Kuji (JOGMEC)	port de Kuji préfecture d'Aomori	pétrole brut 42 m <sup>3</sup>	mer, plages	/
Dépôt pétrolier portuaire	port de Kesenuma préfecture d'Iwate	essence, kérosène, fioul 12 800 m <sup>3</sup>	plusieurs dizaines de km <sup>2</sup> mer, sol	/
Dépôt pétrolier portuaire	port de Misawa préfecture d'Aomori	fioul, gazole 220 m <sup>3</sup>	mer, sol	/
Dépôt pétrolier portuaire	port d'Ishinomaki préfecture de Miyagi	fioul, gazole 1 000 m <sup>3</sup>	mer, sol	/
Cimenterie	port d'Ofunato préfecture d'Iwate	fioul 1 000 m <sup>3</sup>	mer, sol sur 3 km <sup>2</sup>	3 mois
Ferme horticole	village de Isahara préfecture de Kanagawa	fioul 400 litres	canaux d'irrigation	72 h
Ferme agricole	Tsukuba préfecture d'Ibaraki	fioul 1 500 litres	sol	/

Sites industriels à l'origine de déversements d'hydrocarbures dans le milieu le 11 mars 2011  
(Source : Ministère japonais de l'Environnement)

## 4. POLLUTIONS ET GESTION DES DÉCHETS

Activité industrielle	Localisation	Produit Volume perdu	Milieu touché extension de la pollution	Délais et moyens de dépollution mis en oeuvre
Usine chimique	Toda / Saitama préfecture d'Ibaraki	HCl	sol, rivière	< 24 h
Station de traitement des effluents d'une usine	préfecture de Fukushima	NaOH 3 500 litres	/	/
Mine d'or et d'argent inactive sauf traitement des effluents et bassin de stockage des boues	Mine d'Oya à Kesenuma	boues chargées en As 50 000 m <sup>3</sup>	5 ha de sol (jusqu'à 200 ppm) rivière, nappe (jusqu'à 0,24 mg/l)	3 mois de nettoyage  2 ans de remédiation
Usine chimique	Port de Soma préfecture de Fukushima	NH <sub>3</sub> 120 <sup>3</sup> t	air, mer	1 mois
Fabrication de glace	port d'Hachinohe préfecture d'Aomori	NH <sub>3</sub> 10 t	air, mer	/
Usine automobile système de climatisation	préfecture de Tochigi	Fluide frigorigène R 404 A 400 kg	air	/
Usine automobile système de climatisation	préfecture de Tochigi	Fluide frigorigène C 22 3 000 kg	air	/

Sites industriels à l'origine de déversements de substances chimiques dans le milieu le 11 mars 2011  
(Source : Ministère japonais de l'Environnement)



Travaux de dépollution de la baie de Shiogama  
au-dessus de Sendai, derrière la raffinerie JX NIPPON OIL  
(photo amateur)



Des volontaires nettoient les hydrocarbures de la  
baie de Kesenuma en juin 2011  
(photo amateur)

## 4. POLLUTIONS ET GESTION DES DÉCHETS



Flèches bleues : trajectoire du tsunami dans l'usine  
(Source : Fukuei fertilizer / Google maps)



8 000 t de sacs d'engrais ont été balayés par le tsunami dans l'usine Fukuei et se sont répandus dans le port d'Ishinomaki (photo amateur)



Dispersion de produits désinfectants  
(photo amateur)

Activité industrielle	Localisation	Produit et Volume perdu	Milieu touché extension de la pollution	Délais de dépollution
Centrale thermique à charbon	préfecture de Yamagata	effluents sulfurés	eaux de surface	ND
Stations communales de traitement des eaux	Hachinohe, Sendai, Monigami, Kennan, Ishinomaki	polluants organiques	eaux de surface	de 2 semaines à 2 mois
Groupe Furukawa	préfecture de Gunma usine mécanique préfecture de Chiba usine métallurgique	effluents industriels	faible eaux de surface mer	ND
Usine agroalimentaire	Yokohama	sauce soja et purée de soja	faible eaux de surface	ND

Sites industriels à l'origine de déversements d'effluents dans le milieu aquatique le 11 mars 2011  
(Source : Ministère japonais de l'Environnement)

### 4.2 Gestion des déchets du tsunami

La gestion des déchets générés par la catastrophe du 11 mars 2011 a été coordonnée par trois échelons complémentaires :

- **le gouvernement central**, chargé de la mise en place des directives générales de gestion des déchets, de l'établissement d'un bilan général, de l'envoi d'experts auprès des préfectures sinistrées et de la mise en place de mesures fiscales auprès des communes et des entreprises,
- **les préfectures**, chargées d'établir les plans régionaux de gestion des déchets (traduction pratique des directives gouvernementales), de surveiller l'avancement du traitement des déchets et les conditions de mise en œuvre au niveau de la sécurité des personnes et de l'environnement. En outre, les préfectures se substituent, si nécessaire, aux municipalités sinistrées n'ayant pas les moyens d'appliquer le plan régional,
- **les communes**, chargées de la mise en œuvre sur le terrain du plan régional (appels d'offres, coordination des travaux de collecte, de transport, de tri et d'élimination des déchets).

Le principe de gestion des déchets est décrit dans le schéma suivant (p. 90 et 91). Les principaux problèmes rencontrés par les autorités japonaises lors sa mise en place ont été :

- **l'imprégnation des déchets combustibles par de l'eau de mer** en zone côtière, qui peut provoquer une augmentation importante de la teneur en dioxines et furanes des fumées d'incinération (les incinérateurs existants n'étant pas dimensionnés pour traiter de telles teneurs). Les cendres d'incinération deviennent aussi corrosives pour les fours des incinérateurs et des cimenteries. Des processus de désalinisation de ces déchets ont été mis en place, principalement par désorption naturelle des déchets à l'air libre pendant la saison des pluies (des études ont montré que 80 mm de pluie permettent de retirer de 95 à 98 % du sel imprégné dans les déchets en bois),
- **la présence de matières dangereuses dans les déchets** : aérosols, bouteilles de gaz, petits contenants de produits chimiques et hydrocarbures, huiles aux PCB dans les condensateurs et transformateurs électriques, amiante dans les débris de bâtiment, déchets d'activités de soins à risques infectieux...
- **les réactions dangereuses et matières polluantes** qui peuvent se former au sein des tas de déchets : auto-échauffement engendrant des incendies de longue durée, inflammation de biogaz, formation de lixiviats chargés en matières organiques et polluants persistants qui s'infiltrent dans les sols et nappes phréatiques,
- **les nuisances pour le voisinage** provoquées par le stockage et le traitement des déchets : odeurs, poussières, bruit des machines, dépôts illégaux, prolifération d'insectes nuisibles et de bactéries.

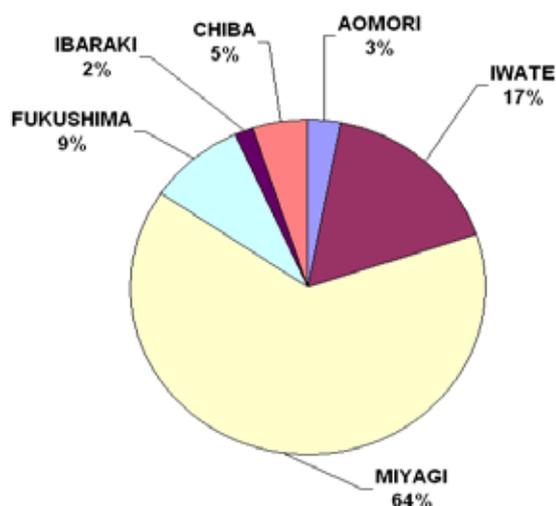
Les directives gouvernementales ont pris en compte ces risques et ont permis d'éviter la multiplication des brûlages à l'air libre constatés dans certaines communes sinistrées les premières semaines après la catastrophe.

## 4. POLLUTIONS ET GESTION DES DÉCHETS

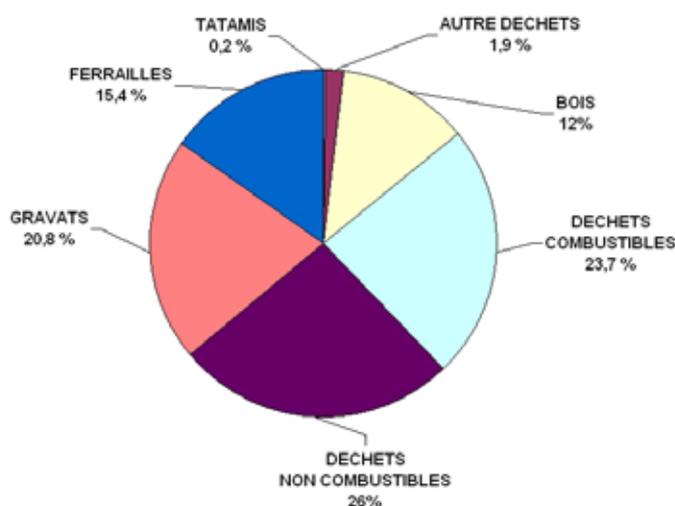
Le volume de déchets à traiter est officiellement évalué à 25 millions de tonnes et dépasse largement les capacités annuelles de traitement des préfectures touchées par la catastrophe (voir tableau p. 88). Le transfert des déchets triés vers les capacités d'incinération d'autres préfectures est rendu délicat car les populations des préfectures d'accueil refusent souvent de voir incinérer près de chez eux des déchets potentiellement radioactifs : une pétition en ce sens a ainsi été signée par des milliers d'habitants de Kyoto à l'été 2011. De plus, les volumes à déplacer sont importants et l'infrastructure routière de certaines préfectures n'est pas adaptée aux transports massifs par camions (routes côtières étroites et escarpées), ce qui oblige à transférer les déchets par bateaux. Les experts de l'université de Tokyo estiment que le traitement et l'élimination de tous les déchets prendra au moins 5 ans et évaluent le coût de cette élimination à 6 800 milliards de Yen (68 milliards d'Euros).

Ces déchets sont constitués en grande partie de matières combustibles (bois, plastiques...). Outre les incinérateurs existants et ceux construits pour l'occasion (parfois en moins de 3 mois), le secteur industriel est largement mis à contribution pour assurer l'élimination de ce type de déchets après leur désalinisation : fours de cimenteries, chaudières à biomasse de sites chimiques, papetiers ou agroalimentaires (voir chapitre 3). L'abondance de déchets en bois et de forêts dans le Tohoku a donné naissance à des projets de centrales à biomasse, afin d'alléger la dépendance du secteur énergétique japonais aux matières premières importées (fioul, GPL...).

Enfin, les sédiments déposés par le tsunami dans les ports et sur la côte du Tohoku, dont le volume est estimé à plus de 10 millions de m<sup>3</sup> et dont une partie est susceptible d'être contaminée, sont également une problématique majeure de la gestion des déchets post-catastrophe.



Répartition du volume de déchets par préfecture sinistrée (Source : Ministère japonais de l'Environnement)



Répartition des déchets de la catastrophe collectés dans la préfecture d'Iwate selon leur nature (Source : Préfecture d'Iwate)

## 4. POLLUTIONS ET GESTION DES DÉCHETS

Préfecture	Capacité de traitement annuelle (milliers de t)	Nombre d'incinérateurs en service avant le 11/03/11	Quantité de déchets produite par la catastrophe (milliers de t)	Durée de traitement (années) sans aide
IWATE	451	21	4 350	9,6
MIYAGI	793	19	16 700	21
FUKUSHIMA	809	25	2 280	2,8

Comparaison des capacités d'élimination des déchets des 3 préfectures les plus touchées avec le volume des déchets générés par la catastrophe (Source : Shotaro Naganishi / Université de Tokyo)



Chaîne de tri manuel des déchets du tsunami dans une zone provisoire de collecte et de tri de la préfecture de Miyagi (Source : UNEP)



**Vidéo : la gestion des déchets du tsunami**



Regroupement des déchets combustibles par catégorie, les tatamis sont laissés plusieurs mois à l'air libre pour permettre l'élimination naturelle du sel par la pluie avant incinération (photo amateur)

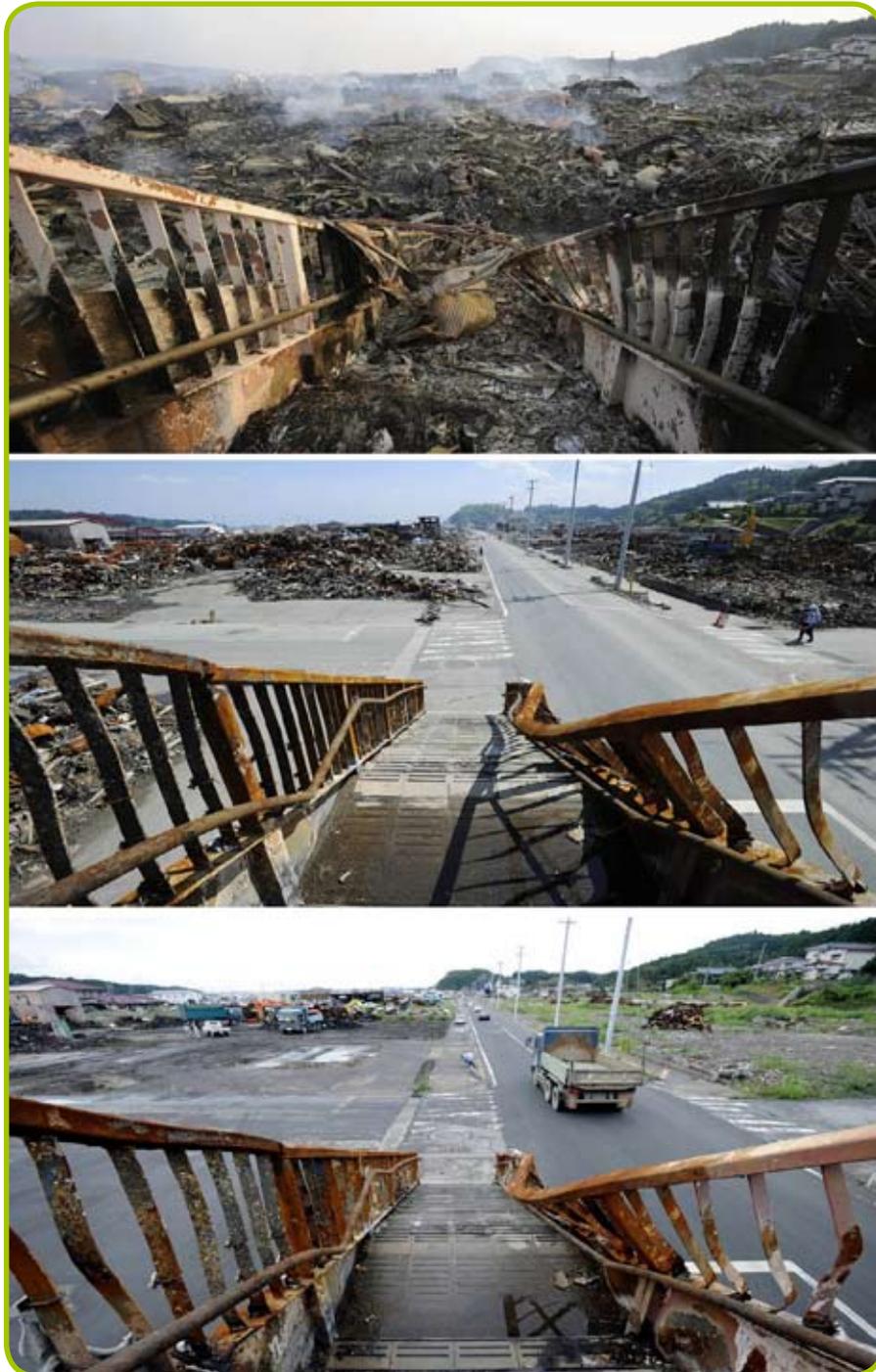


Feu sur un stockage provisoire de déchets le 16 mai 2011 à Natori (Source : Yomuri online/ Yusuhiro Takami)



Le plus gros incinérateur de déchets du Japon en cours de construction à Ishinomaki en mai 2012, il est en service depuis août 2012 avec une capacité de 1500 t/j (Source : UNEP)

## 4. POLLUTIONS ET GESTION DES DÉCHETS



*Progression du ramassage des déchets dans le port de Kesenuma entre mars et octobre 2011  
(Source : Reuters / Kyodo News)*

## SÉPARATION SUR PLACE

DÉCHETS NON DANGEREUX

- Bois  
(arbres, meubles, habitations...)
- Combustibles  
(plastique, tatamis, papiers, cartons...)
- Incombustibles  
(y/c combustibles souillés par le sel)
- Ferrailles
- Gravats  
(béton, plâtre, verre, céramique...)
- Non séparables



ENGINS & DEEE

- 4 roues et + motorisés
- 2 roues motorisés
- Embarcations à moteur
- Electroménager
- Matériel électrique
- Matériel électronique



DANGEREUX

- Chimiques
- Hydrocarbures
- Gaz sous pression
- DASRI
- Avec PCB / POP
- Avec amiante

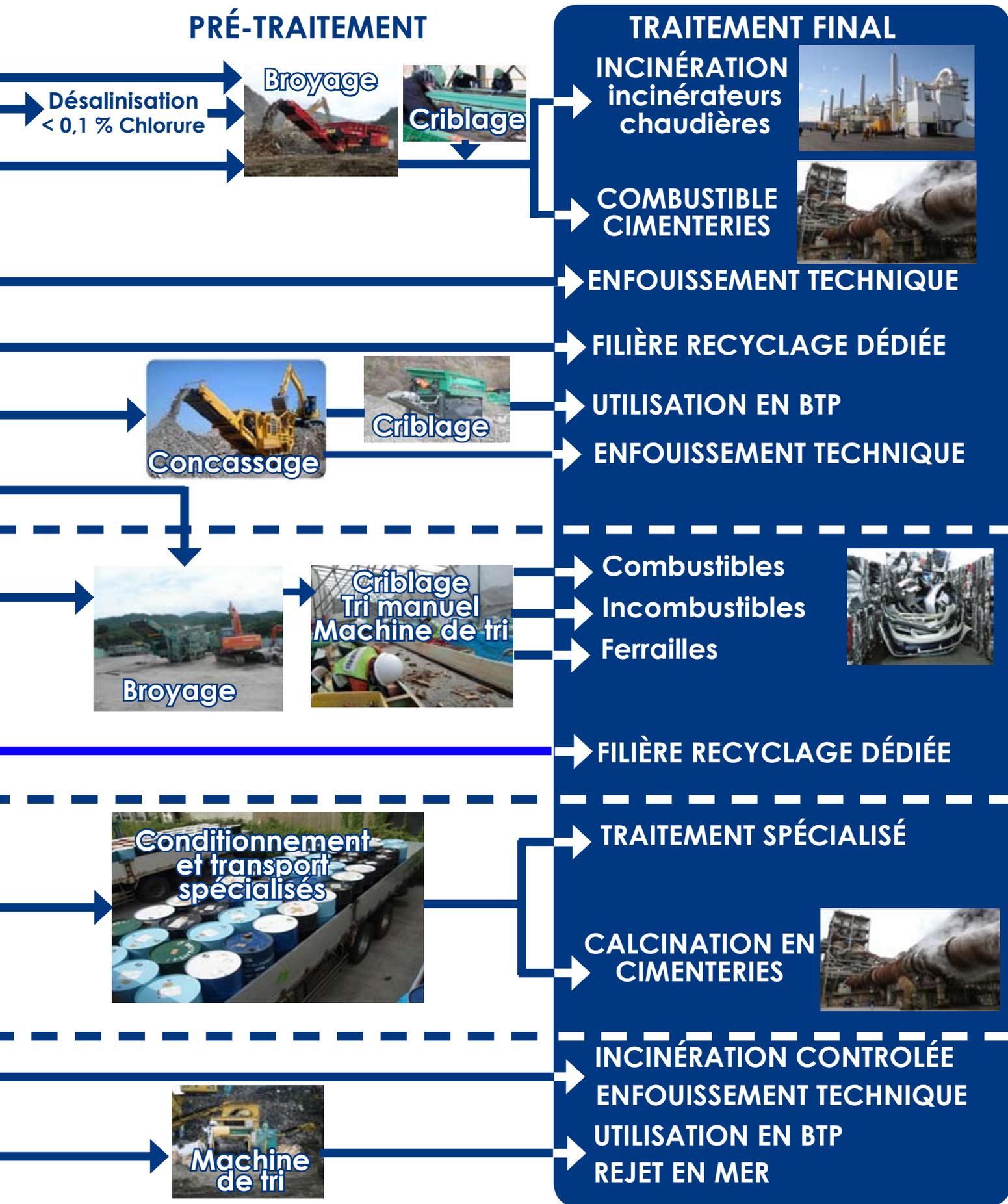


SÉDIMENTS



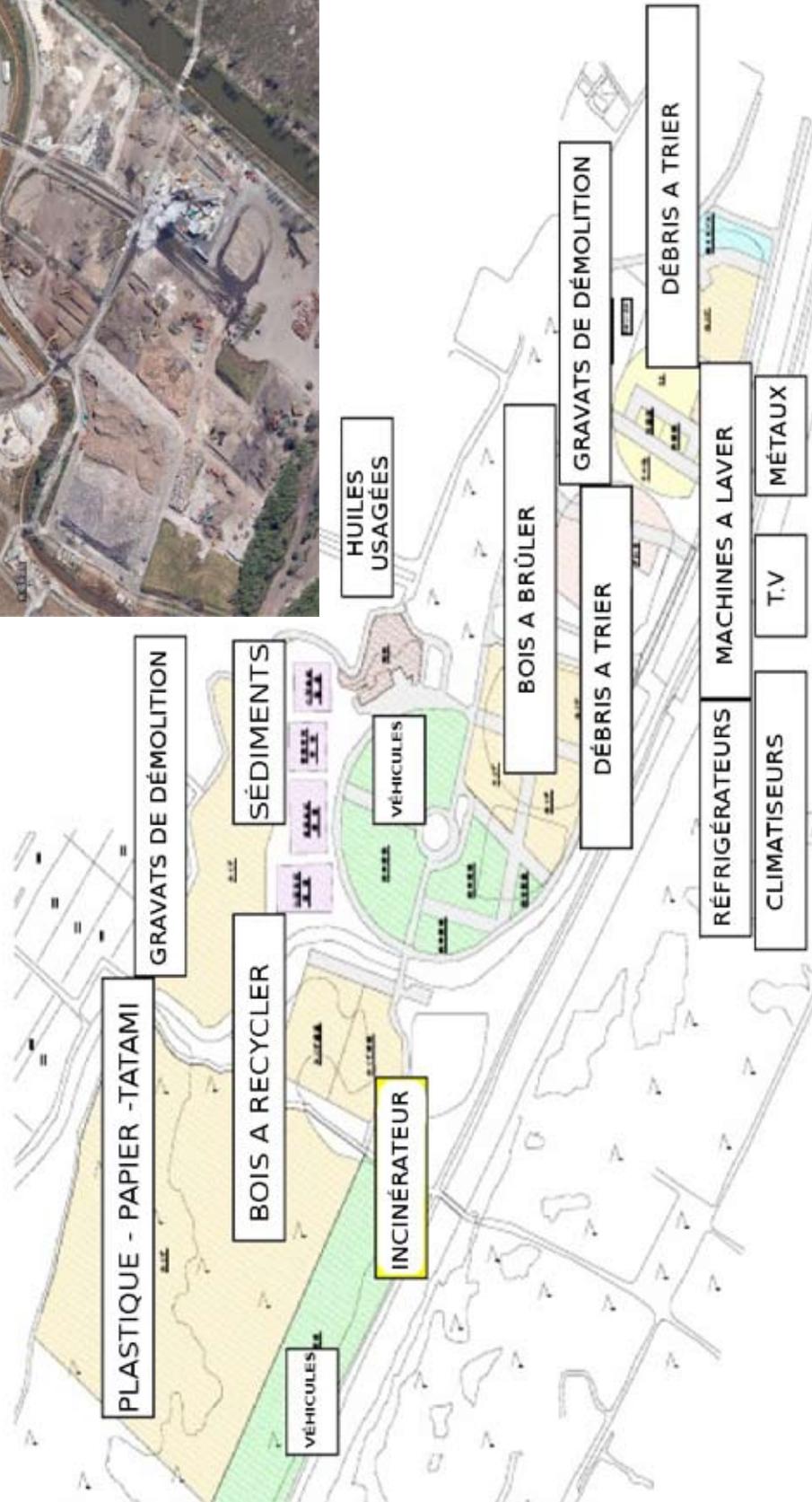
## TRI STOCKAGE TEMPORAIRE





## 4. POLLUTIONS ET GESTION DES DÉCHETS

Vue aérienne du site en cours de construction pendant l'été 2011  
(Source : Google maps)



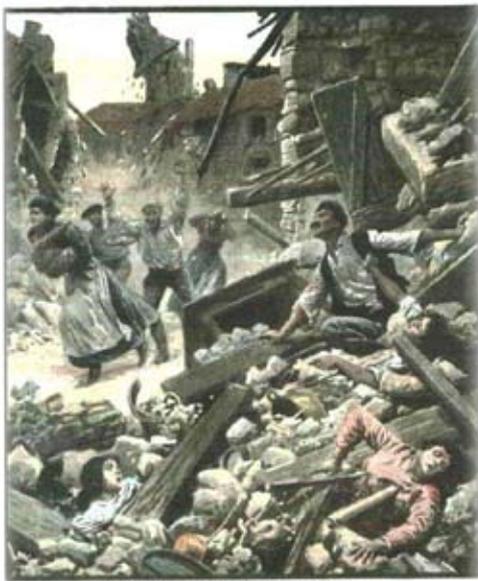
Organisation du site de collecte et de tri des déchets du tsunami de Gamo au sud du port de Sendai, préfecture de Miyagi (Source : UNEP)



## **CHAPITRE 5**

# **ENSEIGNEMENTS**

### Le Petit Journal



Le séisme de magnitude 6,2 survenu à 9h19 le 11 juin 1909 a rasé le village de Lambesc (13). Il est à ce jour le dernier séisme majeur survenu en France métropolitaine. Son bilan est de 46 victimes, 250 blessés graves et des milliers de constructions démolies ou inhabitables pour des dommages évalués entre 800 et 1 200 M€ (cours 2009) (Source : Le Petit Journal / ENS Lyon)

De la même façon, si le risque tsunami reste marginal en Europe continentale, il présente des analogies avec le risque de submersion rapide que notre territoire a connu en zone côtière lors de la tempête de décembre 1999 et lors de la tempête *Xynthia* en février 2010. A l'intérieur des terres, des phénomènes de crues rapides de nos fleuves et rivières peuvent également se produire : plus de 100 accidents liés à l'inondation de sites industriels sont ainsi repertoriés dans la base ARIA.

Il faut enfin souligner que si le Japon est un des pays les plus exposés aux risques naturels dans le monde, et un des plus industrialisés sur un territoire très dense, c'est aussi un des mieux préparés à affronter et à gérer ce type de catastrophe. L'analyse des accidents du 11 mars 2011 ne peut donc qu'être fructueuse pour améliorer la préparation des territoires français ou européens face aux risques NaTech.

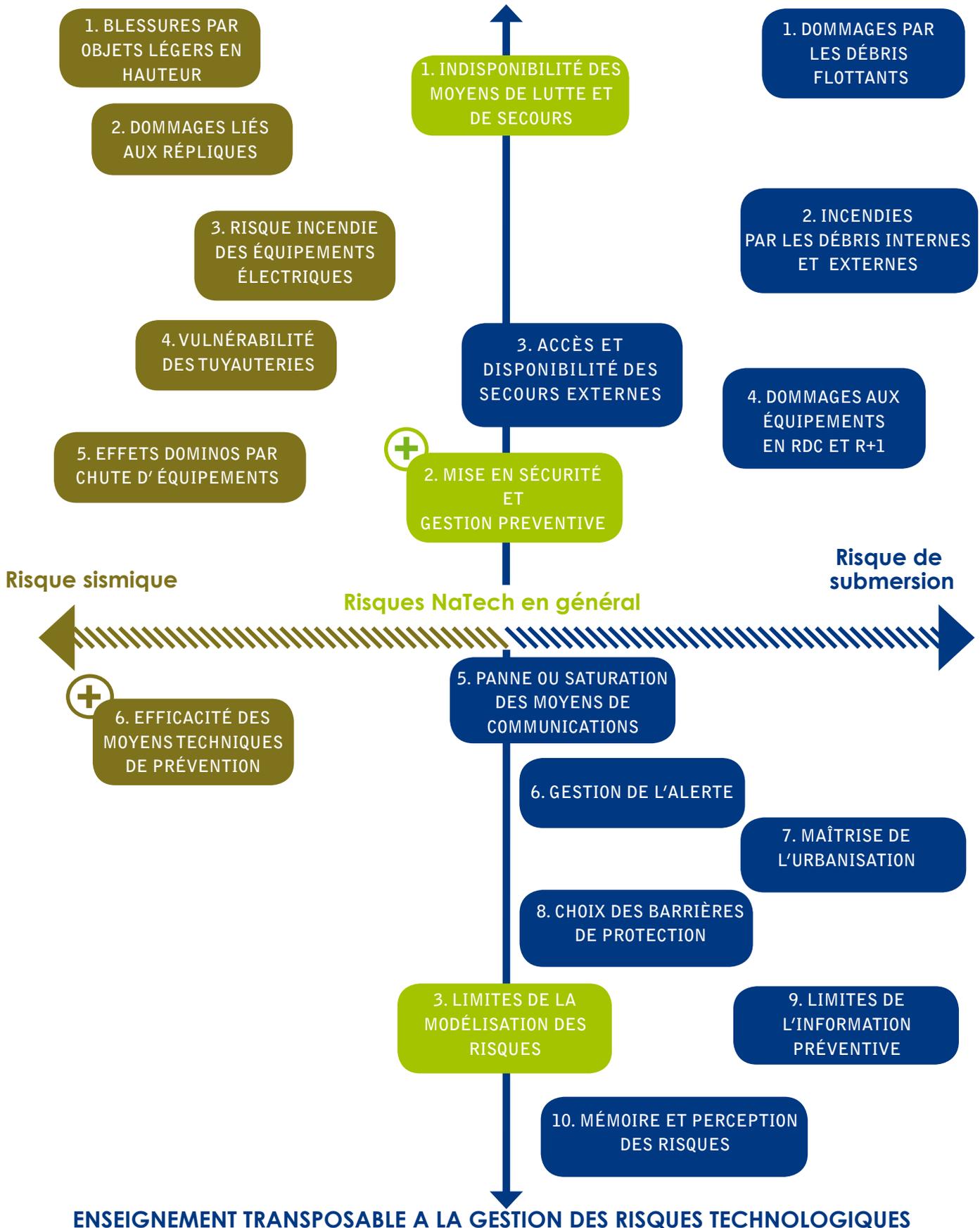
Sur la figure présentée p. 95, il est proposé une grille de lecture de quelques enseignements généraux tirés de l'analyse de cette catastrophe. Ces enseignements visent à faire avancer les réflexions sur la gestion des risques naturels et technologiques en mettant en évidence les défaillances constatées et pistes d'amélioration, mais également les démarches de prévention ayant permis de limiter les conséquences des accidents (retour d'expérience positif : ⊕).

Pour faciliter la lecture, les enseignements proposés sont classés en 3 catégories :

- **la couleur marron regroupe les enseignements relatifs à la gestion du risque sismique ;**
- **la couleur bleue regroupe les enseignements relatifs à la gestion du risque de submersion ;**
- **la couleur verte regroupe les enseignements applicables à la gestion des risques NaTech en général.**

Chaque enseignement de la figure est présenté en détail dans les pages qui suivent. L'enseignement proposé peut directement servir à améliorer la prévention et la protection des sites industriels contre les risques Natech (partie haute de la figure p. 95 : « *directement applicable* »), mais peut aussi donner indirectement des axes de réflexion pour améliorer la gestion globale des risques technologiques (partie basse de la figure : « *transposable à la gestion des risques technologiques* »).

ENSEIGNEMENT DIRECTEMENT APPLICABLE



### ENSEIGNEMENTS RELATIFS AU RISQUE SISMIQUE

#### 1. BLESSURES PAR OBJETS LÉGERS EN HAUTEUR

Faits constatés : de nombreuses blessures d'employés ont été provoquées par la chute d'objets ou d'équipements légers placés en hauteur ou de leurs éclats : ampoules, vitres, faux plafonds, luminaires, conduites d'aération...

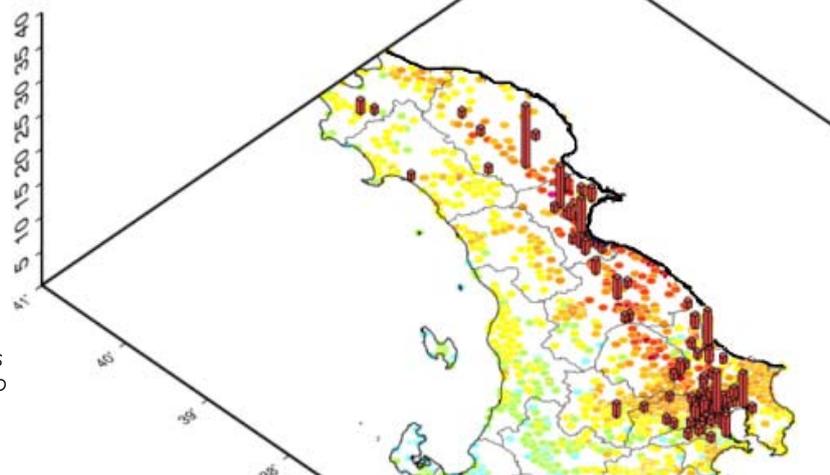
**Enseignement** : repérer les objets susceptibles de tomber ou de se briser dans des zones occupées, préférer la fixation au sol quand c'est possible ou renforcer celle au plafond, profiter d'un changement pour mettre un place un équipement moins vulnérable (filmage des vitres, amortisseurs de battant, etc.).

#### 2. DOMMAGES LIÉS AUX RÉPLIQUES

Faits constatés : chute d'équipements ou de structure lors des répliques survenues dans les semaines après le 11 mars, les fortes secousses initiales ayant affaibli la résistance mécanique des supports et fondations qui cèdent lors des répliques suivantes.

**Enseignement** : inspecter les équipements après les premières secousses, neutraliser ceux dont le support a été potentiellement affaibli et les contrôler de façon approfondie avant remise en service.

Nombre d'incendies par commune  
le 11 mars 2012



Répartition des 345 incendies survenus  
dans les régions du Tohoku et du Kanto  
le 11 mars 2011  
(Source : NRFID)

#### 3. RISQUE INCENDIE DES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES

Faits constatés : plusieurs incendies ou départs de feu à partir de matériel électrique ont été enregistrés sur des sites industriels tels que des chutes d'ampoules sur le plancher, des courts-circuits d'alimentation, des feux de transformateurs...

**Enseignement** : mener une étude pour minimiser ce risque en zone sensible (potentiel inflammable) car les sources potentielles sont nombreuses, envisager un changement de technologie quand c'est possible, disposer d'un système d'extinction à proximité de ces sources.

### 4. VULNÉRABILITÉ DES TUYAUTERIES

**Faits constatés** : malgré les dispositifs parasismiques en place, de nombreuses tuyauteries industrielles endommagées ont été à l'origine de pollutions ou d'accidents (incendie, explosion).

**Enseignement** : identifier les tuyauteries critiques, mettre en place des dispositifs parasismiques dimensionnés sur le séisme le plus important prévisible localement, repositionner les équipements susceptibles de chuter sur les tuyauteries.

### 5. EFFETS DOMINOS PAR CHUTE D'ÉQUIPEMENTS

**Faits constatés** : la chute d'équipements mal fixés ou dont la fixation n'a pas résisté à l'intensité des secousses a endommagé d'autres équipements de production ou de transport localisés à proximité.

**Enseignement** : prendre en compte ce risque lors de l'implantation des équipements au moyen de fixations renforcées, d'espacement plus grand entre les équipements...



Les 3 principaux types de dommages constructifs, conséquences des secousses sismiques, qui ont été constatés après le 11 mars 2011 au Japon



### 6. EFFICACITÉ DES MOYENS TECHNIQUES DE PRÉVENTION

**Faits constatés** : la majorité des sites industriels n'ont pas subi de dommages structuraux lourds (bâtiments, stockages) malgré un séisme centenaire et des durées d'accélération plus longues que celles prévues par la réglementation en vigueur. Seuls les bâtiments et les infrastructures antérieurs aux normes parasismiques de 1981 ont été sérieusement endommagés.

**Enseignement** : bien qu'initialement coûteuse, mais justifiée par la gravité / probabilité de ce risque au Japon, la mise aux normes parasismiques progressive pendant 30 ans a sauvé de nombreux employés (moins de 10 employés tués par les secousses sismiques). Dans la majorité des cas, elle a permis de limiter les dommages, ainsi que les effets dominos potentiels et de redémarrer rapidement l'activité (moins de 2 semaines en moyenne).

### ENSEIGNEMENTS RELATIFS AUX RISQUES NATECH EN GÉNÉRAL

#### 1. INDISPONIBILITÉ DES MOYENS DE LUTTE ET DE SECOURS

**Faits constatés** : du fait de la perte des utilités (réseaux d'eau, électrique et pneumatique) et des dommages aux équipements, de nombreux moyens de lutte et de secours ont été rendus inutilisables : alimentation pneumatique des vannes de sécurité, réseau incendie fuyard, éclairage de secours et automate de sécurité non alimentés, cuvette de rétention fissurée, matériel incendie détruit ou emporté (extincteurs, lances, poteaux incendies, fourgons...)

**Enseignement** : la robustesse des moyens de protection et de lutte essentiels doit être assurée : stocks de matériel mis en hauteur ou dans des structures parasismiques, résistance sismique des réseaux d'utilités, alimentation électrique autonome pour les équipements critiques, stock minimal de matériel de réparation rapide ou de rechange, choix d'équipements à sécurité positive...



*Un homme cherche le corps de son fils, pompier volontaire, dans l'épave d'un fourgon incendie dans le village de Rikuzentakata le 16 mars 2011  
(Source : EPA/ Dai Kurokawa)*

*Les pompiers volontaires des petits villages côtiers du Tohoku ont payé un lourd tribut en allant donner l'alerte, évacuer les personnes handicapées ou fermer les portes des murs anti-tsunami avant l'arrivée des premières vagues.*



#### 2. MISE EN SÉCURITÉ ET GESTION PRÉVENTIVE

**Faits constatés** : les exercices d'évacuation générale se pratiquent 2 à 3 fois par an sur les sites industriels japonais, dont 1 au minimum concerne le risque tsunami avec évacuation sur des lieux en hauteur préalablement identifiés pour les sites côtiers. Tous les sites disposent d'un système de haut-parleurs. Les employés doivent évacuer avec leur matériel de sécurité (lampe, casque, rations, etc.). Avant d'évacuer, les opérateurs de chaque unité doivent généralement mettre en sécurité les installations sous leur contrôle pour éviter le « sur-accident ». De plus, des rondes de vérification de la mise en sécurité des unités sont prévues, mais le 11 mars 2011 certains rondiers ont été surpris par le tsunami ou n'ont pas eu le temps de rejoindre un abri avant son arrivée.

**Enseignement** : bien que lourde à mettre en œuvre, la gestion préventive a porté ses fruits car moins de 30 employés sont morts sur leur lieu de travail à cause du tsunami ou des secousses sismiques le 11 mars 2011, contre plusieurs centaines chez ceux en repos à leur domicile. Toutefois, une agression naturelle peut se répéter dans un intervalle court et/ou provoquer des effets dominos retardés (effondrement de structure, nouvelle réplique). La gravité de cette menace doit être évaluée par rapport aux enjeux de sécurité et de production avant d'envoyer des employés dans les unités (mise en sécurité, inspection des équipements, reprise du travail).

### 3. LIMITES DE LA MODÉLISATION DES RISQUES

**Faits constatés :** le scénario de rupture multi-segments au large du Tohoku n'était pas prévu dans les modèles sismiques japonais (basés sur une modélisation de source ponctuelle), qui se sont révélés inadaptés pour des magnitudes  $> 8$ . Basée sur la connaissance historique du phénomène, la magnitude maximale prévue était de 7,4 pour la Préfecture de Fukushima avec une probabilité inférieure à 10 % pour les 50 prochaines années et une magnitude maximale de 7,7 pour la région du Tohoku.

**Enseignement :** du fait des incertitudes importantes sur la modélisation des phénomènes extrêmes, il est nécessaire de mener une réflexion sur la mitigation des conséquences de phénomènes dangereux qui dépasseraient en intensité les phénomènes majorants prévus par les modèles et retenus pour le dimensionnement des structures et équipements.



Panneau signalant la zone de submersion par un tsunami arraché dans le village de Arahama près de Sendai : la zone submergée le 11 mars 2011 était presque le double de celle prévue par les autorités sur ce panneau  
( Source : Rick Wilson / California geological survey )

### ENSEIGNEMENTS RELATIFS AU RISQUE DE SUBMERSION

#### 1. DOMMAGES PAR LES DÉBRIS FLOTTANTS

**Faits constatés :** de nombreux dommages ont été infligés aux installations industrielles côtières par des débris d'un poids ou volume important qui ont été emportés dans les usines par le flux et le reflux du tsunami : voitures, camions, conteneurs, bateaux de pêche, cargos, stocks de grumes... 60 cm d'eau suffisent pour faire flotter une voiture ou un camion !

**Enseignement :** identifier les équipements et bâtiments vulnérables à ce type de risque (canalisations, stockages...), placer les parkings de véhicules et les stocks de matières premières et produits finis en dehors des trajectoires probables de l'inondation.

#### 2. INCENDIES PAR LES DÉBRIS INTERNES ET EXTERNES

**Faits constatés :** plusieurs incendies ont été déclenchés par des épaves de véhicules emportées par le tsunami contre des bâtiments industriels (fuite d'hydrocarbures du réservoir enflammée par un court-circuit électrique), des engins logistiques (oxydation de batterie par l'eau de mer avec matières inflammables à proximité), des débris d'habitation (réchaud à gaz ou à kérosène enflammant des débris en bois), des déchets (auto-inflammation de copeaux métalliques oxydés par l'eau de mer), des débris enflammés provenant d'autres sites...

**Enseignement :** minimiser la possibilité de débris pouvant provoquer des incendies sur les installations sensibles du site (éloignement des parkings, des bouteilles de gaz), disposer d'un minimum de moyens d'extinction opérationnels post-submersion.

#### 3. ACCÈS ET DISPONIBILITÉ DES SECOURS EXTERNES

**Faits constatés :** la plupart des sites industriels touchés par le tsunami sont restés inaccessibles aux secours publics pendant plus de 24 h à cause des dommages subis par les voiries, et de par la masse de débris bloquant ces axes routiers. D'autre part, les services de secours étaient débordés par l'ampleur de la catastrophe et n'ont pas toujours pu apporter d'assistance aux sites industriels sinistrés qui ont dû souvent se débrouiller seuls les premiers jours suivant le 11 mars.

**Enseignement :** en cas de catastrophe régionale de grande ampleur, disposer d'une autonomie minimale en moyens de secours (vivres, médicaments, abris...) et moyens de mitigation des conséquences (feu, pollution, fuite...).



Dégagement des routes au bulldozer par les Forces d'autodéfense japonaises le 19 mars 2011  
(photo amateur)

#### 4. DOMMAGES AUX EQUIPEMENTS EN RDC ET R+1

**Faits constatés** : les équipements électriques et électroniques qui n'étaient pas en hauteur (R+2) ont été gravement endommagés par la submersion et ne sont généralement pas récupérables. Des documents techniques importants et des équipements d'alimentation en énergie ou de contrôle ont été noyés ou emportés par le tsunami.

**Enseignement** : quand cela est techniquement et économiquement possible, mettre un maximum d'équipements de ce type en hauteur. Si ce n'est pas possible, minimiser le risque de submersion en renforçant la résistance du local qui les abrite (pas de fenêtre, portes et murs renforcés), en les délocalisant hors zone de danger (terrain non-inondable en fond d'usine, backup des serveurs informatiques sur un autre site hors région...) ou disposer d'équipements de rechange en lieu sûr et facilement accessible. Le choix d'équipements étanches (norme IPX) est aussi une alternative.



Réparation des lignes téléphoniques à Ishinomaki  
(Source : NTT)

385 centraux téléphoniques, 4 900 relais GSM, 6 300 km de câbles aériens et 65 000 poteaux téléphoniques ont été endommagés par le tsunami sur la côte du Tohoku

#### 5. PANNE OU SATURATION DES MOYENS DE COMMUNICATION

**Faits constatés** : les secousses sismiques ont endommagé des réseaux fixes et mobiles qui ont été rapidement saturés par les appels des personnes cherchant à contacter leurs proches. Après le passage du tsunami, 4 900 relais GSM et 385 centraux téléphoniques ont été détruits, et ceux intacts ont été privés d'électricité. De nombreux sites industriels se sont retrouvés sans moyens de communication pendant plusieurs jours.

**Enseignement** : disposer de moyens de communication autonomes (radio HF, téléphone satellite) ; le seul moyen efficace de communication de masse dans les jours suivant le 11 mars a été le réseau Internet (moins de dommages physiques, meilleure résistance à la saturation) via des emails depuis des ordinateurs ou des smartphones en Wi-Fi.

#### 6. GESTION DE L'ALERTE

**Faits constatés** : l'estimation de l'intensité sismique par l'agence météorologique a augmenté au cours des 45 premières minutes. La 1<sup>ère</sup> alerte diffusée au public au bout de 3 minutes ne prévoyait qu'un tsunami de hauteur modérée (3 à 6 m), incitant les populations côtières du Tohoku à penser que le tsunami serait aussi faible que celui de janvier 2010 (séisme au Chili). Certains n'ont plus prêté attention aux alertes diffusées 28 minutes plus tard (hauteur de 3 à 10 m et plus) et 44 minutes après (hauteur de 8 à 10 m et plus) tandis que des communes ou des particuliers ont cessé de recevoir ces informations quand les réseaux ou moyens de communication ont été coupés ou saturés.

**Enseignement** : étant donné les limites de la modélisation, le message d'alerte diffusé à la population doit être rapide et centré sur l'intensité et la portée maximale prévisible du risque.



Vue du mur anti-tsunami du village de Taro après le 11 mars 2011  
(photo amateur)

### 7. MAÎTRISE DE L'URBANISATION

**Faits constatés** : beaucoup de sites vulnérables à un tsunami majeur sont situés en bord de mer : écoles, hôpitaux, habitations individuelles, usines utilisant des matières dangereuses... L'évacuation de certains de ces bâtiments peut être compliquée (ex. : ERP). Le littoral du Tohoku va être réaménagé dans les prochaines années pour réduire la vulnérabilité des habitations individuelles et des ERP de faible hauteur au tsunami millénaire.

**Enseignement** : les barrières de prévention ou de protection n'étant pas infaillibles (cas du risque très grave mais très peu probable comme le tsunami millénaire), la maîtrise de l'urbanisation peut être un outil complémentaire important de réduction du risque quand les contraintes économiques, d'espace et de production permettent sa mise en œuvre.

### 8. CHOIX DES BARRIÈRES DE PROTECTION

**Faits constatés** : la protection des populations côtières contre les tsunamis était principalement basée depuis 1933 sur la construction massive de brise-lames et de murs anti-tsunami de 5 à 15 m de haut selon la localisation. Ce choix s'explique par l'efficacité de ces barrières pour les tsunamis les plus fréquents, la référence étant la hauteur atteinte localement par le tsunami de fréquence centennale survenu en 1896. La confiance des populations dans ce type de barrière aurait même incité à la construction d'habitations juste derrière les murs, accroissant de ce fait la vulnérabilité en cas de défaillance de celles-ci. Enfin, plus de 100 abris contre les tsunamis ont été renversés ou submergés par le tsunami du 11 mars 2011 (hauteur insuffisante).

**Enseignement** : centrer l'essentiel de la protection contre un risque sur un seul type de barrière montre ses limites quand la barrière se révèle dépassée par l'intensité ou la cinétique du phénomène : le panachage de barrières apparaît comme plus efficace.

### 9. LIMITES DE L'INFORMATION PRÉVENTIVE

**Faits constatés** : malgré les consignes apprises et répétées depuis la petite enfance et la réalisation d'exercices d'évacuation réguliers dans les communes côtières, une partie des populations n'a pas évacué en hauteur ou a pris son véhicule pour évacuer. Certains sont même partis en zone inondable pour récupérer des proches ou des affaires personnelles de valeur, et quelques individus sont montés intentionnellement sur les murs anti-tsunami pour observer son arrivée. Une étude menée suite au tsunami de janvier 2010 montrait déjà que sur les 1,68 millions de japonais concernés par l'alerte, seuls 62 000 d'entre eux avaient rejoint les abris en hauteur. Un sondage fait auprès de 9 316 rescapés fin 2011 révèle que ceux-ci ont attendu des informations supplémentaires pendant plus de 16 min en moyenne avant d'évacuer, alors que le tsunami peut arriver sur la côte en moins de 15 min selon la localisation de l'épicentre du séisme (le tsunami du 11 mars est arrivé en 20 min en moyenne, mais en 8 min dans le port d'Ofunato).

**Enseignement** : l'éducation aux risques et la diffusion de l'information préventive ne sont pas suffisantes pour empêcher des comportements dangereux, si la perception de ces risques par la population concernée est faussée.

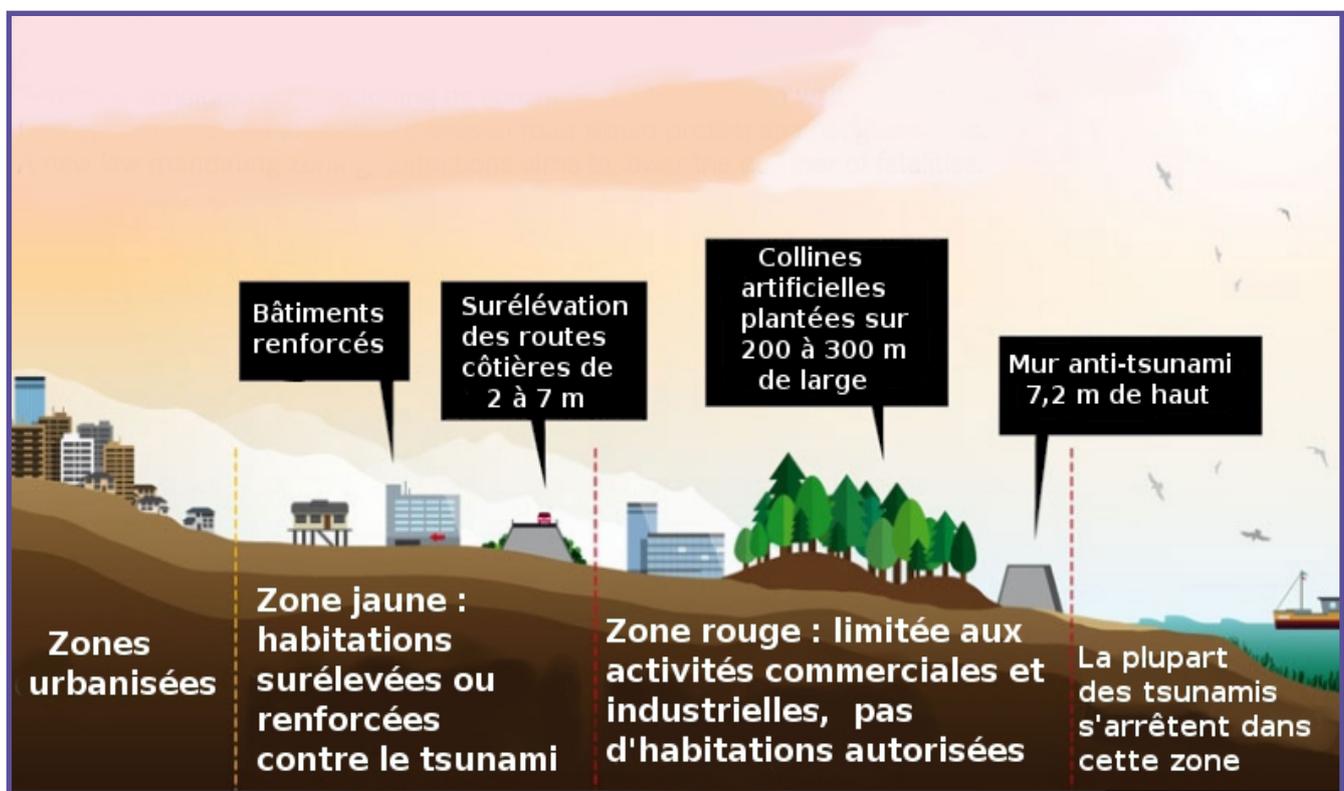


*« Ne construisez pas vos maisons en-dessous de cette pierre ! », comme cette pierre située à proximité du village d'Aneyoshi, des centaines de pierres gravées portant des avertissements semblables ont été recensées sur la côte pacifique des préfectures de Miyagi, Iwate et Aomori (photo amateur)*

### 10. MÉMOIRE ET PERCEPTION DES RISQUES

**Faits constatés :** de multiples signaux d'alerte quant à la possibilité de l'occurrence d'un tsunami millénaire sur les côtes du Tohoku existaient avant le 11 mars : recherches sur les paléo-tsunamis depuis les années 90 mettant en évidence des tsunamis géants dans la région en - 150 et + 869, plus de 25 pierres gravées avertissant de ne pas construire en-dessous de cette limite, tradition orale de mise en garde, tsunami de 1896 atteignant déjà 38 m à Ofunato et tuant 22 000 personnes, tsunami de 1960 faisant 284 victimes dans la même région. Pourtant, la perception du risque par la population côtière était faussée : sous-estimation de l'intensité maximale du risque du fait de l'expérience de tsunamis de moindre ampleur, sensation de sécurité apportée par les murs et brise-lames géants...

**Enseignement :** une connaissance minimale et régulièrement entretenue des risques naturels et technologiques est nécessaire pour entretenir au sein de la population une perception juste de ces risques et des moyens de s'en protéger. Pour cela, les champs d'expérience et de mémoire individuels sont trop limités et toutes les opportunités de rappel de la réalité de ces risques et des limites de leur prévention doivent être exploitées. Cela implique aussi de ne pas exagérer l'efficacité des barrières de prévention et de protection en place et de montrer que la prévention des risques reste une démarche permanente d'apprentissage et d'amélioration.



Nouveau projet de maîtrise de l'urbanisation autour de la ville de Sendai, prenant en compte les enseignements tirés du tsunami du 11 mars 2011 par les autorités locales. Au Japon, il s'agit d'une démarche nouvelle - et controversée - visant à réduire les conséquences humaines des tsunamis millénaires, qui s'ajoute aux traditionnels murs côtiers bien adaptés aux tsunamis de moindre amplitude qui restent les plus fréquents. Pour appliquer ce zonage, plus de 1214 hectares et 2000 habitations ont été déclarés inhabitables par le département de reconstruction de la ville de Sendai (Source : revue Nature, mars 2012)



## ANNEXES

**Les échelles sismiques**

**La réglementation japonaise et le risque NaTech**

**Glossaire**

**Pour aller plus loin**

## Les échelles sismiques

### L'échelle japonaise de Shindo



Au Japon, une échelle sismique spécifique a été mise en point en 1894 par le célèbre sismologue Fusakichi Omori. L'échelle Shindo est une échelle subjective qui mesure les effets concrets d'un séisme en évaluant l'intensité des secousses sismiques en un endroit donné sur une plage d'intensité allant de 0 (*micro : imperceptible aux personnes*) à 7 (*exceptionnel : les tuiles et les vitres de la plupart des bâtiments se brisent et tombent. Dans certains cas, les murs renforcés s'effondrent*). Ainsi, 2 points soumis à un séisme de même magnitude seront soumis à des secousses d'intensités différentes selon leur distance par rapport à l'épicentre, leur topographie, le type de constructions et la nature géologique de leur sol. Cette échelle sismique est aussi utilisée à Taiwan.

Illustrations des différents degrés de l'échelle de Shindo (Source : JMA)

### L'échelle de Richter

Inventée par Charles Richter en 1934 pour les séismes californiens et généralisée en 1997 par Hiroo Kanamori, c'est une échelle objective qui mesure la magnitude de moment ( $M_w$ ) d'un séisme, soit l'énergie libérée à sa source (épicentre) sur une échelle logarithmique en base 10. Ceci signifie que chaque élévation de 1 degré sur l'échelle correspond à une multiplication par 10 de l'intensité du séisme (un séisme de magnitude 6 est 10 fois plus puissant qu'un séisme de magnitude 5). Cette échelle est moins pratique pour rendre compte des effets des secousses en un point donné, mais se révèle plus pratique pour modéliser les tsunamis dont les caractéristiques dépendent de l'énergie libérée à la source. Contrairement à l'échelle de Shindo, l'échelle de Richter ne connaît théoriquement pas de limite supérieure, mais aucune magnitude supérieure à 9,5 n'a été observée pour l'instant. Elle se mesure à partir des données fournies par les sismomètres proches et lointains dont l'exploitation peut prendre un certain délai ; le 11 mars 2011, plusieurs heures se sont ainsi écoulées avant que la magnitude définitive ne soit calculée.

### L'échelle de Mercalli modifiée (MMI)

Inventée par le volcanologue italien Giuseppe Mercalli entre 1884 et 1906, puis modifiée par Charles Richter, c'est aussi une échelle subjective qui mesure l'intensité du séisme comme l'échelle de Shindo. Elle est divisée en 12 niveaux progressifs indiquant le degré de destruction (de I : *Aucun mouvement n'est perçu. Le séisme n'est détecté que par des instruments sensibles et quelques personnes dans des conditions particulières* à XII : *Presque tout est détruit. Le sol bouge en ondulant. De grands pans de roches peuvent se déplacer*).

## La réglementation japonaise et le risque NaTech

Le Japon, pays des risques naturels, a subi plus de 22 % des séismes de magnitude supérieure à 6 survenus entre 1995 et 2004 et 17 % des tsunamis survenus dans le Pacifique entre 1900 et 2004. Il abrite plus de 10 % des volcans actifs dans le monde et plus de 50 % de sa population habite en zone inondable. Au vu d'une telle exposition aux risques naturels, on se demande évidemment si le Japon disposait d'une réglementation NaTech spécifique avant le 11 mars 2011. La réponse est mitigée car, s'il n'existait pas de réglementation intégrée recouvrant l'ensemble des phénomènes naturels susceptibles de toucher un site industriel, les agressions externes les plus fréquentes avaient été partiellement prises en compte depuis des dizaines d'années à travers plusieurs réglementations :

- **le contrôle des installations de gaz sous haute pression (> 10 bars)**, entré en vigueur en 1981 et revu en 1997, est réalisé par les préfectures sous directives du METI. Outre la résistance sismique des installations concernées, elle prévoit la mise en place de sismographes déclenchant la coupure automatique des installations sur dépassement d'un seuil d'accélération spécifique à chaque site (en général accélération de 1,5 m/s<sup>2</sup>). C'est l'une des rares réglementations imposant aussi une maîtrise de l'urbanisation des ERP autour du site ;
- **l'hygiène et la sécurité des travailleurs** ;
- **la prévention des catastrophes dans les complexes pétroliers**, entrée en vigueur en 1975 et dont le contrôle est effectué par les préfectures sur la base de directives du METI. Elle prévoit en particulier des dispositions constructives pour limiter les effets d'un accident en dehors du site et faciliter l'intervention des secours ;
- **la prévention du risque incendie**, dont l'application est vérifiée localement par les services de secours de la commune, prévoit des exercices annuels obligatoires avec présence d'un observateur des pompiers ;
- **le code de la construction sismique**, obligatoire depuis 1981 et mis à jour en 1997 et 2000 en tirant les leçons de chaque séisme majeur subi par le Japon, est établi par le ministère de la construction.



Exemples de dispositifs parasismiques installés dans les bâtiments au Japon  
(Source : NILIM)



La catastrophe du dépôt pétrolier de Showa oil à Niigata en 1964 (144 bacs et 236 maisons brûlés) a été à l'origine des premières réglementations NAtech spécifiques aux sites industriels : le 11 mars 2011, ce dépôt n'a subi que des dommages limités sur les bacs les plus anciens qui n'étaient pas aux normes (Source : MLIT)

Dans l'application de ces réglementations, une grande latitude est laissée aux exploitants en définissant des objectifs généraux de prévention et de mitigation (ex. : préserver les riverains, disposer de moyens d'extinction suffisants pour empêcher un BLEVE) plutôt que des obligations de moyens techniques. A l'exception de la prévention du risque incendie, ces réglementations ne sont jamais rétroactives et ne s'appliquent qu'aux installations neuves ou modifiées. Ce principe laisse les exploitants décider eux-mêmes des priorités de mise en conformité en fonction de leurs moyens financiers et de la vulnérabilité de leurs installations. Ceci n'empêche pas le gouvernement et les préfectures régionales, chargées de l'inspection, de fournir des suggestions techniques ou organisationnelles pour les remplir (guide d'application ou de dimensionnement), ni les exploitants d'appliquer des référentiels de sécurité propres à leur activité (standards internationaux API sur les sites pétroliers par exemple).

*Incendie d'un bac de naphta léger 48 h après le séisme de Tokashi-oki (Mw = 8) survenu en mai 2003 qui avait coulé son toit flottant et ceux de dizaines d'autres bacs dans la raffinerie de Tomakomai sur l'île d'Hokkaido. Faute de stocks de mousse suffisants sur place, l'incendie a duré 44 h, le temps d'importer depuis 8 pays différents des stocks supplémentaires. La réglementation des complexes pétroliers japonais a ensuite été renforcée pour permettre une meilleure mutualisation des moyens de lutte des exploitants de ce secteur (Source : NRFID)*

Si la catastrophe du 11 mars 2011 a confirmé la pertinence de la réglementation parasismique pour les bâtiments, les tuyauteries et les stockages industriels, elle va profondément modifier la prise en compte du risque de tsunami sur les sites industriels côtiers qui jusqu'alors n'étaient soumis à aucune réglementation spécifique en dehors des mesures de protection générales prises à l'échelle des territoires (murs et digues anti-tsunami, abris publics en hauteur, balisage des chemins d'évacuation et points de regroupement, réseau d'alerte sonore, etc.).

La culture japonaise, largement basée sur le consensus (*nemawashi*) et l'intérêt commun, fait que l'application de ces réglementations repose pour beaucoup sur la coopération volontaire des exploitants de sites industriels et que les échanges avec l'administration sont en grande partie basés sur la confiance réciproque.

Ceci explique également que ces réglementations industrielles soient souvent très spécifiques en ne visant que des secteurs d'activité, des produits ou des équipements particulièrement sensibles : industrie pétrolière, canalisations de transport, gaz sous haute pression, etc.



## Glossaire

**BLEVE** : *Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*, vaporisation violente à caractère explosif consécutive à la rupture d'un réservoir contenant un liquide à une température significativement supérieure à sa température d'ébullition à la pression atmosphérique.

**DASRI** : *Déchet d'Activités de Soins à Risques Infectieux*

**DGPR** : *Direction générale de la Prévention des risques*, du ministère du Développement durable

**ERP** : *Établissement Recevant du Public*

**FDMA** : *Fire and Disaster Management Agency*, agence gouvernementale japonaise de gestion des incendies et catastrophes.

**GPL** : *Gaz de Pétrole Liquéfié*

**JMA** : *Japan Meteorological Agency*, agence gouvernementale japonaise de prévisions météorologiques.

**METI** : *Ministry of Economy, Trade and Industry*, ministère japonais de l'économie, du commerce et de l'industrie.

**MLIT** : *Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism*, ministère japonais de l'aménagement du territoire, des infrastructures, du transport et du tourisme.

**PCB** : *Polychlorobiphényles*, composés autrefois utilisés pour leurs propriétés d'isolant électrique, de bon conducteur thermique tout en étant pratiquement ininflammables. Ces composés sont peu solubles dans l'eau, peu dégradables et toxiques pour la santé humaine.

**POP** : *Polluants Organiques Persistants*, molécules toxiques pour la santé et l'environnement, résistantes aux dégradations biologiques naturelles et qui s'accumulent dans les tissus vivants.

## Pour aller plus loin

Le lecteur intéressé par le risque NaTech trouvera sur le site Internet ARIA de nombreux documents librement accessibles :

- plus de 1 000 résumés d'accidents industriels provoqués ou aggravés par des phénomènes naturels ;
- des synthèses thématiques de l'accidentologie : précipitations atmosphériques et inondations, foudre...
- des flashes d'information : grands froids, canicule et forte chaleur ;
- des fiches détaillées d'accidents : inondations (ARIA 19078 et 35426), foudre (ARIA18325), fortes pluies (ARIA 33849), séisme (ARIA 42563 - 42566).

## ACCIDENTS TECHNOLOGIQUES EN LIGNE

Sécurité et transparence sont deux exigences légitimes de notre société. Aussi, depuis juin 2001, le site [www.aria.developpement-durable.gouv.fr](http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr) du ministère du Développement durable propose-t-il aux professionnels et au public des enseignements tirés de l'analyse d'accidents technologiques. Les principales rubriques du site sont présentées en français et en anglais. Sous les rubriques générales, l'internaute peut, par exemple, s'informer sur l'action de l'Etat, disposer de larges extraits de la base de données ARIA, découvrir la présentation de l'échelle européenne des accidents, prendre connaissance de l'indice relatif aux matières dangereuses relâchées pour compléter la « communication à chaud » en cas d'accident ou d'incident.

La description des accidents, matière première de toute démarche de retour d'expérience, constitue une part importante des ressources du site : déroulement de l'événement, conséquences, origines, circonstances, causes avérées ou présumées, suites données et enseignements tirés.

Plus de 250 fiches techniques détaillées et illustrées présentent des accidents sélectionnés pour l'intérêt particulier de leurs enseignements. De nombreuses analyses par thème ou par secteur industriel sont également disponibles. La rubrique consacrée aux recommandations techniques développe différents thèmes : chimie fine, pyrotechnie, traitement de surface, silos, dépôts de pneumatiques, permis de feu, traitement des déchets, automatismes industriels...

Une recherche multicritères permet d'accéder à l'information sur des accidents survenus en France ou à l'étranger.

Le site [www.aria.developpement-durable.gouv.fr](http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr) s'enrichit continuellement. Actuellement, plus de 40 000 accidents sont en ligne et de nouvelles analyses thématiques verront régulièrement le jour.

Que se passe-t-il quand un pays doté de la troisième économie mondiale est frappé simultanément par un séisme centenaire et un tsunami millénaire ? Loin de la couverture médiatique reçue par l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Dai-ichi, ce panorama donne un aperçu des principaux accidents survenus sur les sites industriels de plusieurs grands secteurs d'activité japonais frappés par le séisme et / ou le tsunami du 11 mars 2011.

Ce document apporte aussi un éclairage sur les conséquences environnementales de ces accidents industriels et sur la problématique de la gestion des déchets engendrés par le tsunami. Enfin, une série d'enseignements tirés de la catastrophe japonaise est proposée à l'attention des acteurs et des organisations ayant à gérer des risques naturels et technologiques.

**Date d'édition : mars 2013**



**Attention : ce document ne traite pas des accidents survenus dans les centrales nucléaires japonaises, ni de leurs conséquences sur les personnes et sur l'environnement. En effet, l'analyse de ce type d'accidents ne rentre pas dans les prérogatives du BARPI.**

Les résumés des événements présentés sont disponibles sur le site :

[www.aria.developpement-durable.gouv.fr](http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr)

Bureau d'analyse des risques et pollutions industriels

5 place Jules Ferry

69006 Lyon

Téléphone : 04 26 28 62 00

Service des risques technologiques

Direction générale de la Prévention des risques

Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

