

# Fukushima, le cas d'école

Un tremblement de terre déclenche un tsunami qui provoque l'inondation du littoral japonais et celle d'une centrale nucléaire, puis son explosion. Réactions en chaîne... Aucun enseignant n'aurait imaginé meilleur scénario pour aborder la problématique des risques majeurs ! Mais aucun Japonais n'aurait imaginé pire ! En 2011, à Fukushima, aléas naturels et activités humaines conjugués ont provoqué l'impensable. Les populations touchées ont douloureusement vérifié l'adage « un malheur n'arrive jamais seul ».

Le cumul de trois niveaux de risques a mis le Japon à la une de l'actualité en mars 2011. Après trois secousses enregistrées le 9 mars, un tremblement de terre de magnitude 9 survenait le 11 mars au large des côtes nord-est de l'île de Honshu (la plus grande île du Japon). Estimé à plus de 10 m<sup>(1)</sup>, le glissement brutal d'une très grande faille de 400 à 500 km de long sur 30 km d'épaisseur a déclenché ce séisme sur la côte Pacifique du Tōhoku. Ce déplacement du fond océanique génère un tsunami qui touche la côte Pacifique du Japon en seulement dix minutes. Ses vagues ont atteint jusqu'à 30 m de hauteur et détruit plus de 100 lieux considérés comme des zones de refuge. Le champ de déformation était spectaculaire ! Des valeurs de 4 m de déplacement horizontal et 70 cm de mouvement vertical ont été enregistrées sur la côte Est par un réseau très dense de stations GPS. Moins d'une heure après, une vague de 15 mètres a atteint la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi. Les systèmes de sécurité ont fonctionné, mais les digues de protection, insuffisamment élevées, ont été submergées. L'inondation de la centrale a constitué un accident que l'INES (International Nuclear Event Scale) qualifie de « plus élevé, sur l'échelle internationale des événements nucléaires ».

Three levels of risk conspired in March 2011 to put Japan in the headlines. After three tremors recorded on 9 March, an earthquake of magnitude 9 hit two days later off the north-east coast of Honshu, the largest of Japan's islands. The

sudden slip, estimated at more than 10 metres<sup>1</sup>, of a fault 400 to 500 kilometres long and 30 kilometres deep set off the quake along the Pacific coast of the Tohoku region.

This seismic shift in the ocean floor triggered a tsunami that reached Japan's Pacific coast in just 10 minutes, generating 30-metre-high waves and destroying 100 designated tsunami

refuge areas. The spectacular displacement field exhibited lateral displacement values of 4 metres and vertical displacements of 70 centimetres recorded along the eastern seaboard by the very dense network of GPS stations.

Less than one hour later, a 15-metre wave hit the Fukushima Daiichi nuclear power plant. The safety systems functioned but the wave overwhelmed the plant's sea defences. The ensuing flood of the plant was given the highest accident rating on the International Nuclear Event Scale (INES).

(1) 10 m en vertical dans l'océan et 4 m en horizontal sur le Japon

(1) 10 metres vertically in the open ocean and 4 metres horizontally in Japan

## Fukushima A disaster case study

An earthquake triggers a tsunami, flooding the Japanese coastline and leading to an explosion at a nuclear power plant. No teacher could have imagined a better illustration of a major disaster. But for the Japanese, the chain of events was worse than anything they had imagined. In 2011, in Fukushima, natural and man-made hazards combined to bring about the unthinkable. For the affected populations, the old adage that "it never rains but it pours" had never been truer.

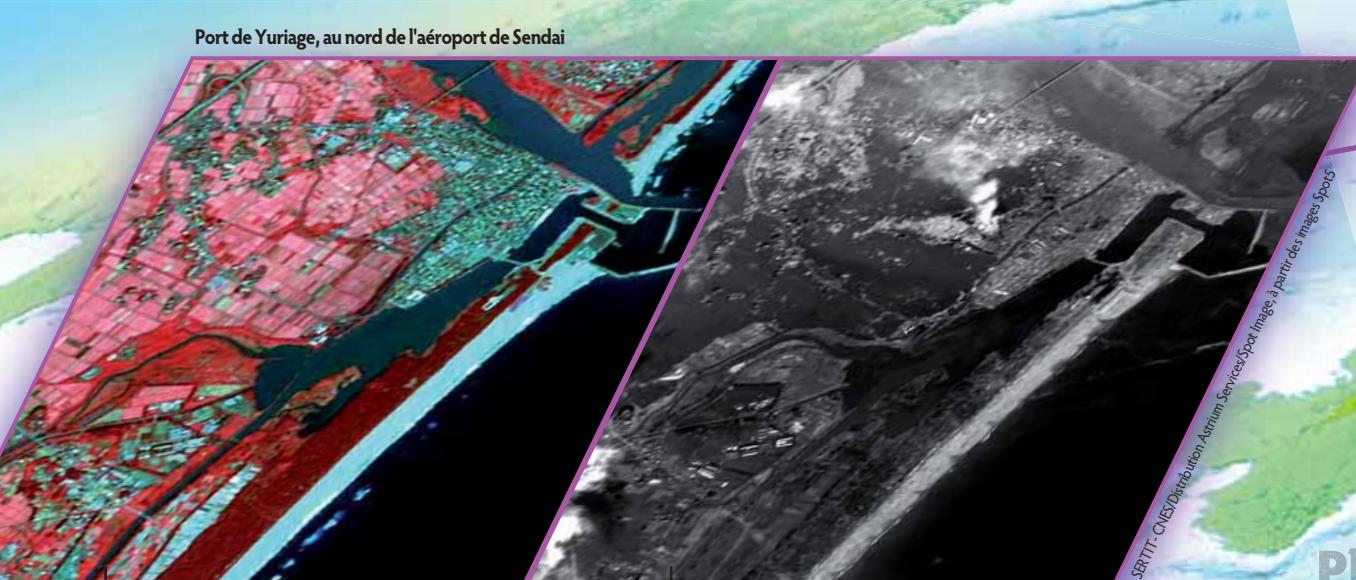


Image multispectrale avant la crise (20/09/2007) (résolution 10 m)  
Multispectral pre-disaster image (20/09/2007) (10-m resolution)

Image panchromatique après le tsunami (12-03-2011, J+1) (2,5 m)  
Black-and-white post-disaster image (12/03/2011, D+1) (2.5 m)

### L'effet tsunami vu par satellite

Ces images permettent de mener une analyse chrono-séquentielle et d'observer les dommages :

→ destruction des rizières : de couleur rose sur la première image (culture du riz majoritairement en levée), elles ont été submergées, le système de digues rompu ;

→ destruction des infrastructures routières, portuaires : cela pose le problème de l'acheminement des secours dans l'immédiat et de la reconstruction à terme ;

→ destruction de villes et de villages entiers malgré les digues, seuls les plus hauts bâtiments semblent avoir résisté ;

→ localement on distingue un amoncellement de décombres et les fumées d'un incendie ;

→ dans la partie nord-est de l'image, il semble que le trait de côte ait été modifié par le passage de la vague géante.

#### TSUNAMI EFFECTS SEEN BY SATELLITE

These images let us analyse the sequence of events and observe damage:

→ Destruction of rice fields: shown in pink in the first image, with the crop mostly sprouted, they were submerged when sea defences were breached.

→ Destruction of road and port infrastructures: this posed problems for relief teams in the short term and for reconstruction in the longer term.

→ Entire towns and villages have been swept away despite the sea defences. Only the tallest buildings appear to have withstood the tsunami.

→ Locally, we can see piles of debris and smoke from a fire.

→ In the north-east corner of the image, the shoreline seems to have shifted after the giant wave's passage.

### Plaque eurasienne Eurasian Plate

Higashidori

Fukushima Daiichi  
Fukushima Daiini

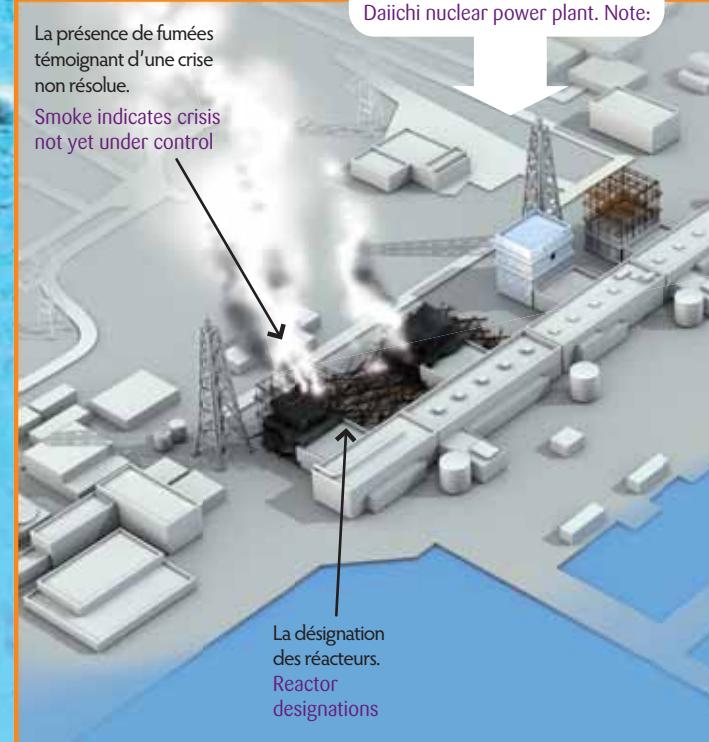
Tokai

Onagawa  
Sendai

### Plaque philippine Philippine Sea Plate

La très haute résolution permet l'étude très précise d'un site de crise, ici la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi. A noter :

Very-high-resolution imagery enables precise analysis of a disaster site, here the Fukushima Daiichi nuclear power plant. Note:



## Une mobilisation massive

La Jaxa (agence spatiale japonaise) a immédiatement déclenché la Charte internationale espace et catastrophes majeures. « Devant une telle catastrophe, tous les moyens spatiaux disponibles sont mobilisés, dit Catherine Proy, responsable de la Charte au CNES. La combinaison des technologies est essentielle. Les cartes fournies par les satellites très haute résolution, comme GeoEye et QuickBird, procurent des vues très détaillées utiles pour focaliser sur les centrales ou les bâtiments détruits. Mais ces données ne suffisent pas pour avoir une vision générale du désastre. La série d'images Spot 5 panchromatiques a couvert la côte sur une centaine de kilomètres autour de la ville de Sendai ; elle s'est révélée pertinente pour la planification des secours pendant les premiers jours. » Par chance, la côte Pacifique du Japon et l'orbite de Spot 5 ont des profils sensiblement parallèles, facilitant les acquisitions d'images. « En deux passages, le satellite a fourni des données exploitableables de la zone affectée », explique Bernard Allenbach, du Sertit, qui a ainsi pu assurer une cartographie rapide des dégâts. « Soixante-douze heures après la requête du CNES, nous avions interprété six scènes, et notre mission s'est terminée. »

### ACTION STATIONS

The Japanese space agency JAXA immediately activated the International Charter on Space and Major Disasters. "When a disaster of this magnitude strikes, all available space assets are called into action," says Catherine Proy, CNES's charter representative. "Combining technologies is vital. Maps derived from very-high-resolution imaging satellites like GeoEye or QuickBird show the power plants or damaged buildings in close detail. But they cannot provide the big picture of the disaster. A series of SPOT 5 black-and-white images was acquired along 100 kilometres of the coast around the city of Sendai. These proved valuable in planning relief efforts in the first days after the disaster." As luck would have it, Japan's Pacific coast and SPOT 5's orbit have closely parallel profiles, which made imaging easier. "The satellite delivered useable data of the disaster zone in two passes," explains Bernard Allenbach from the SERTIT regional image-processing and remote-sensing department, which was able to rapidly supply damage maps. "72 hours after receiving CNES's request for data, we had analysed six satellite scenes and our mission was accomplished."

## Une situation géographique critique

Si la magnitude du tremblement de terre et la hauteur des vagues ont surpris, la survenue d'accidents naturels au Japon est courante. La succession historique de séismes et raz de marée s'explique par la situation géographique du pays. Cet archipel se trouve sur la « ceinture de feu du Pacifique ». L'expression est imagée, la réalité moins poétique : cette ceinture est constituée d'un alignement de volcans éruptifs. Ensemble d'îles d'origine tectonique, le Japon est à la jonction de trois plaques tectoniques : pacifique, eurasienne et philippine. Montagneux, le Japon n'offre qu'un cinquième de superficie habitable, et les populations se concentrent sur les littoraux. Pour satisfaire ses besoins énergétiques, il recourt massivement à l'énergie électronucléaire. Or les centrales nucléaires ont besoin de grandes masses d'eau pour refroidir leurs réacteurs. Elles se concentrent donc aussi... sur les littoraux. La centrale de Fukushima n'a pas échappé à ce schéma ; cette littoralisation lui a été fatale. Son inondation a entraîné en chaîne l'arrêt des groupes électrogènes de secours<sup>(1)</sup>, la fusion des coeurs de réacteurs, l'explosion des bâtiments, l'incendie d'une piscine de refroidissement et l'inquiétante déclaration d'état d'urgence nucléaire. Outre les conséquences irrémédiables sur l'économie et l'environnement, le bilan fait état de près de 4 500 morts, 8 600 disparus, plus de 2 200 blessés et de 20 000 personnes déplacées.

### CRITICAL GEOGRAPHIC SITUATION

While the magnitude of the earthquake and wave heights took Japan by surprise, the country is no stranger to natural disasters. The historic succession of quakes and tsunamis is due to its geographic location, as the archipelago is right on the Pacific Ring of Fire. The description is poetic, the reality less so, as the ring is in fact a belt of active volcanoes. The Japanese islands are all of tectonic origin and straddle the Pacific, Eurasian and Philippine Sea plates. Because it is a mountainous country, only one-fifth of Japan is habitable and its populations are concentrated along its coasts. To meet its energy needs, it relies massively on nuclear power. Nuclear power plants require large quantities of water to cool their reactors, so they are also concentrated in coastal areas. Fukushima is no exception and its coastal location proved to be its undoing. The flooding of the plant set off a train of events that led to the loss of the emergency generators powering the reactor cooling systems, the meltdown of the reactor cores, the explosion of buildings, a fire in a cooling pool and the ensuing declaration of a nuclear state of emergency. Besides its devastating impacts on the economy and environment, the disaster left 4,500 dead, 8,600 missing, 2,200 injured and 20,000 without homes.

(1) Ces groupes assurent l'alimentation des systèmes de refroidissement des réacteurs

