

FUKUSHIMA

Chronique d'un accident sans fin

SCÉNARIO
BERTRAND GALIC

DESSIN ET COULEUR
ROGER VIDAL

ASSISTANTE COULEUR
CHRISTINA G.

AVEC LA PARTICIPATION DE
CHRISTIAN BLONDEL

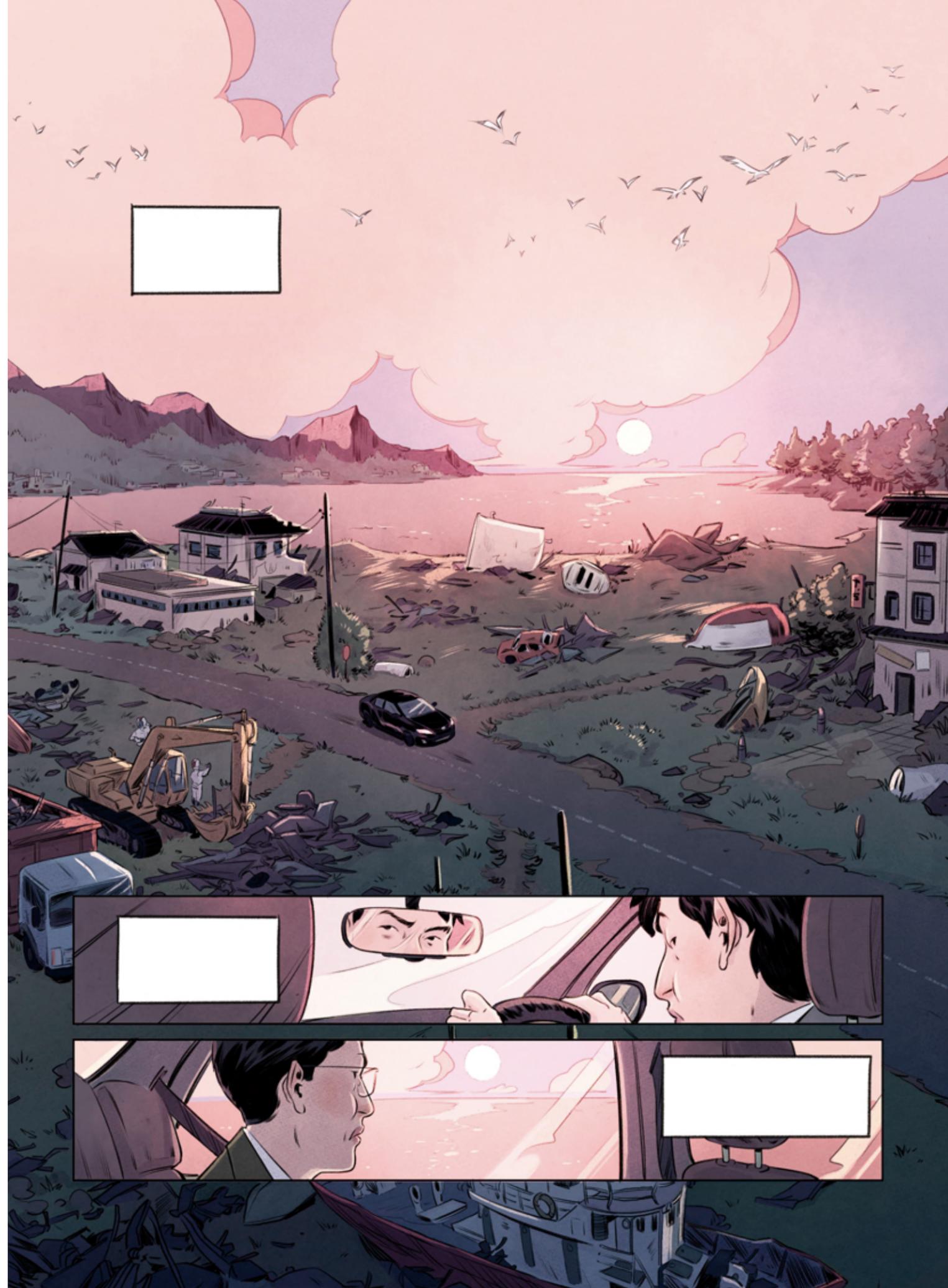
Glénat

À la mémoire de Masao Yoshida.
À toutes les victimes passées, présentes et à venir de Fukushima.

AVERTISSEMENT
Bien que cette histoire soit inspirée de faits réels, elle n'en demeure pas moins une fiction : les incidents authentiques, les suppositions et l'invention pure sont ici librement mélangés.
Les personnages historiques en côtoient d'autres entièrement imaginaires : les apparences, comportements et expressions sont le fait des auteurs.

Les auteurs remercient :
Annabelle, Christina, Pierre Fetet, Satoko Inaba,
Jean-Yves, Émilie et Yannick Simonet.

© 2021 éditions Glénat
Couvent Sainte-Cécile, 37 rue Servan, 38000 Grenoble.
Tous droits réservés pour tous pays.
Dépôt légal : ??????????????
ISBN : ??????????????
Achevé d'imprimer ??????????????,
sur papier provenant de forêts gérées de manière durable.





Un accident sans fin...

PAR PIERRE FETET

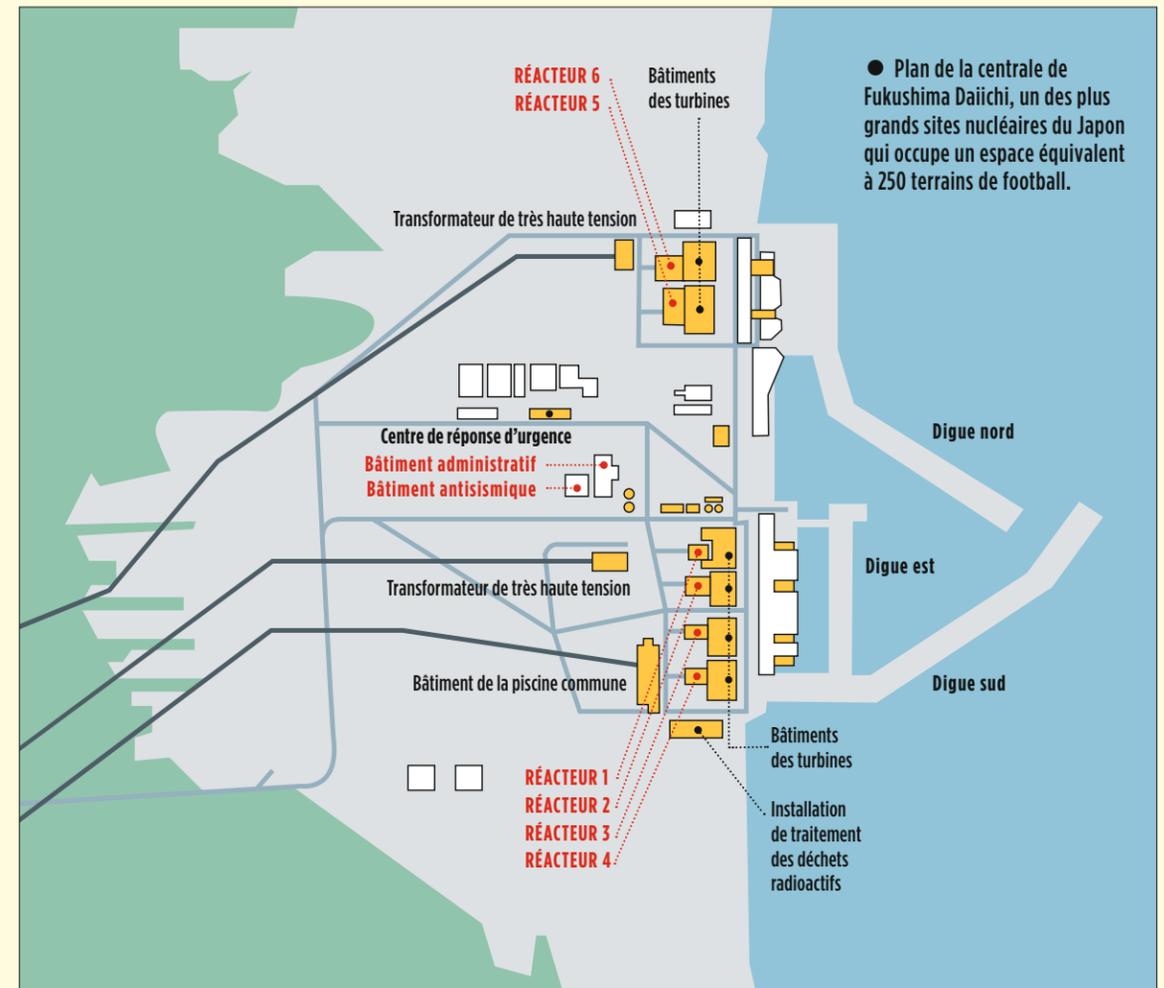
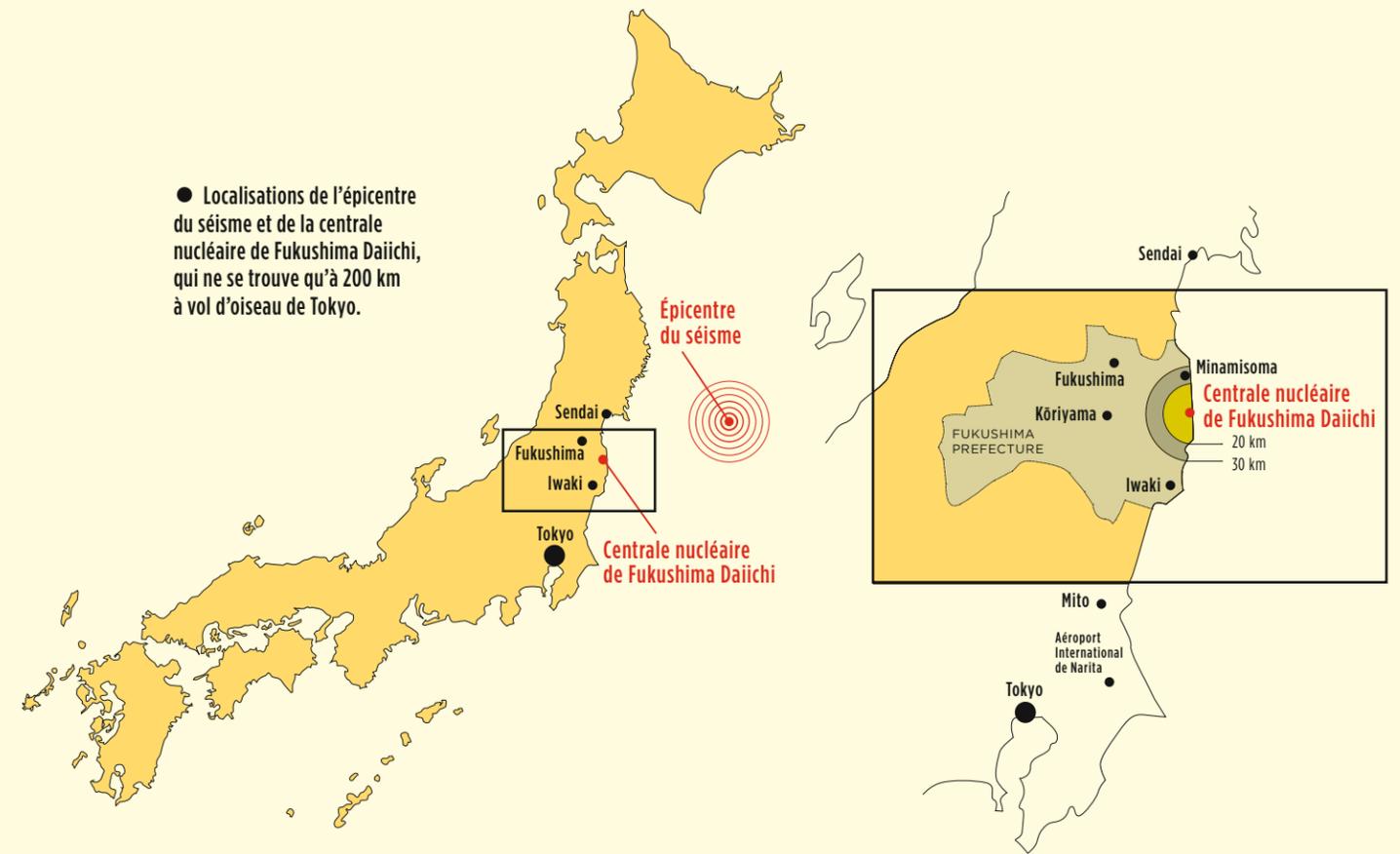
OBSERVATEUR DE LA CATASTROPHE DE FUKUSHIMA (FUKUSHIMA-BLOG.COM)

La catastrophe de Fukushima, dernière manifestation majeure du danger atomique dans la courte histoire du nucléaire, aura été l'accident le plus médiatisé depuis Tchernobyl. Un effroyable tremblement de terre, de magnitude 9, et un gigantesque tsunami en constituent le point de départ.

Durant les 5 premiers jours de l'accident, temps choisi par Bertrand Galic pour nous immerger dans cette crise incroyable, plus de 400 séismes d'une magnitude supérieure à 4,5 ont eu lieu sur la côte est du Japon : un vrai feu vibratoire continu, destructeur et anxiogène, qui a eu d'innombrables conséquences environnementales, humaines et économiques.

À ce déchainement de la nature se sont ajoutés simultanément trois scénarios du pire : fusion des cœurs perçant leur cuve, explosion de quatre réacteurs, possible diffusion d'un panache radioactif intense. Manquant de recul, les acteurs de ce drame n'avaient, sur le moment, pas tous les moyens de comprendre ce qu'il se passait.

Dix ans plus tard, le déroulement de l'accident n'est pas beaucoup plus clair. Ce dossier a donc pour objectif d'aider le lecteur à mieux saisir les enjeux de la tragédie toujours en cours, en proposant des informations utiles sur la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi, en approfondissant certains aspects de la catastrophe, en apportant différents éclairages sur l'histoire et ses principaux protagonistes.



Enquêtes et rapports sur la catastrophe

Suite à l'accident nucléaire de Fukushima Daiichi, plusieurs rapports sur son déroulement ont été réalisés par l'opérateur lui-même, Tepco, par divers organismes japonais comme le gouvernement, le parlement, le ministère de l'Industrie, le Japan Nuclear Technology Institute, la Japan Atomic Energy Agency ou la Japan Nuclear Energy Safety Organization, et par des structures internationales (AIEA, World Nuclear Association, etc.). De ces milliers de pages écrites sur cet évènement exceptionnel, un rapport sort du lot par ses conclusions radicales, c'est celui qui a été prescrit par le parlement japonais : *The official report of The Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission*.

La commission parlementaire, présidée par Kiyoshi Kurokawa, médecin et chercheur à l'Institut national des hautes études en sciences politiques, a réussi le pari d'enquêter de manière indépendante sur les causes de l'accident nucléaire durant 6 mois auprès de 1100 personnes. Ses conclusions sont implacables : l'accident nucléaire n'est pas dû au tsunami mais à des fautes humaines générées par une « multitude d'erreurs et de négligences délibérées » chez Tepco et au sein même des structures de sûreté nucléaire gérées par l'État. La commission a également relevé « de graves lacunes dans la gestion de l'accident par Tepco, les régulateurs et le gouvernement ».

L'enquête parlementaire, sans précédent au Japon, a été une grande réussite démocratique puisque la Diète nationale, représentant le peuple japonais, a conduit le gouvernement à refonder l'ensemble de ses organismes de régulation et à contraindre les opérateurs nucléaires nippons (Tepco, Kyūshū Electric Power Company, Chubu Electric Power Company, Tōhoku Electric Power Company...) à appliquer des règles de sûreté beaucoup plus strictes. Alors qu'en 2011, le Japon utilisait 54 réacteurs nucléaires, il n'y en a plus aujourd'hui que 9 en activité, 21 ayant été reconnus comme étant à démanteler et les autres étant encore en cours d'évaluation ou en attente de réouverture. Le travail de cette commission a donc permis de renforcer l'autorité du parlement et d'améliorer le contrôle dans le domaine de la production d'électricité nucléaire.

Une autre commission d'enquête, créée à l'initiative de Naoto Kan, a permis de son côté de rassembler des témoignages de première main, tel celui du directeur de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi, Masao Yoshida. Les membres de l'Investigation Committee on the Accident at the Fukushima Nuclear Power Stations of Tokyo Electric Power Company, présidé par Yotaro Hatamura, professeur émérite de l'université de Tokyo, ont rencontré 6 fois Yoshida de juillet à novembre 2011. C'est en grande partie à partir de ses déclarations, ainsi que du rapport final de la commission parlementaire publié en juillet 2012, que les faits présentés dans la présente BD ont été contextualisés. Les auditions se sont passées au J-Village, un complexe sportif situé à 20 kilomètres au sud de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi, réquisitionné pour l'accueil des liquidateurs.



Kiyoshi Kurokawa, président de la commission d'enquête indépendante sur l'accident nucléaire de Fukushima, conclut que l'accident nucléaire de Fukushima est d'origine humaine et préconise une refonte du système de gestion de crise du gouvernement (Tokyo, 2012).

© The Asahi Shimbun / Gettyimages



© The Asahi Shimbun / Gettyimages

MASAO YOSHIDA

Le 11 mars 2011, Masao Yoshida (1955-2013) était directeur de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi depuis près de 9 mois. Mais il connaissait bien la centrale pour y avoir travaillé plusieurs fois à différentes périodes de sa carrière : de 1986 à 1988 en tant que sous-chef des réacteurs 5 et 6, de 1993 à 1995 en tant que chef du service maintenance pour les réacteurs 1 et 2, et de 2005 à 2007 en tant que directeur d'unité pour l'exploitation et la maintenance des réacteurs 1 à 4. Entretemps, il avait travaillé au siège de Tepco ou sur le site de Fukushima Daini (la centrale jumelle de Daiichi située aussi sur la côte à quelques kilomètres).

Parfois colérique, le directeur de la centrale de Fukushima Daiichi était malgré tout un chef aimé et reconnu par ses employés. On peut dire de lui aussi que c'était un homme de Tepco. Arrivé dans l'entreprise en 1979 à l'âge de 24 ans, il y est resté fidèle jusqu'à sa démission en 2012, après avoir appris qu'il avait un cancer. Lors des entretiens avec les enquêteurs de la commission Kan, il a défendu les décisions de Tepco, dont il était en partie responsable, de maintenir une hauteur de digue de 5,70 m alors qu'il était connu que sept tsunamis de 12 à 28 m de hauteur avaient eu lieu sur la côte du Pacifique dans le siècle précédent.

Bien qu'il se soit senti anéanti par la crise nucléaire selon son propre témoignage, Yoshida a joué un rôle capital dans le déroulement de la catastrophe en décidant d'injecter de l'eau de mer dans les réacteurs en fusion sans en référer à sa hiérarchie. En dépit de son attitude reconnue comme héroïque durant l'accident – une catastrophe nucléaire pire que celle de Tchernobyl a tout de même été évitée –, 3 fusions de cœur ont malgré tout eu lieu à Fukushima Daiichi. Et 3 des 4 explosions ont fissuré les enceintes de confinement, ce qui a conduit au rejet de quantités gigantesques de radionucléides dans l'atmosphère, dans la nappe phréatique et dans l'océan.

Masao Yoshida est décédé d'un cancer de l'œsophage, le 9 juillet 2013.



© Kyodo News / Gettyimages

NAOTO KAN

Naoto Kan, Premier ministre du Japon au moment de la catastrophe, se méfiait de Tepco. Constatant que la Tokyo Electric Power Company ne communiquait pas assez avec les services du gouvernement, il mit en place un quartier général commun dès le 15 mars 2011. Il fut très affecté en apprenant qu'une aggravation de l'accident nucléaire pouvait conduire à évacuer la population dans un rayon de 170 à 250 km autour de la centrale, incluant la région de Tokyo. Cet épisode douloureux l'a fait devenir opposant à l'énergie nucléaire. Aussi, avant d'annoncer sa démission en août 2011, il prit soin d'instaurer les bases d'une nouvelle politique énergétique en faveur des énergies renouvelables, ce qui permettrait de sortir progressivement le Japon du nucléaire. C'est ainsi que la part de production d'électricité par les énergies vertes est passée de 9 % en 2011 à 16 % en 2020.

Cependant, l'image de Naoto Kan est à nuancer. On a l'impression, en écoutant son propre récit, qu'il est intervenu en héros et que, grâce à lui, la centrale de Fukushima Daiichi n'a pas été évacuée. C'est vrai que le Premier ministre s'est rendu à la centrale nucléaire en pleine crise – cela montre un certain courage – mais sa venue, 8 heures avant les explosions aux unités 2 et 4, a fortement dérangé la gestion de l'accident en cours. En outre, le directeur, Masao Yoshida, sommé d'expliquer ce qu'il était en train de faire, n'avait jamais songé à désertir la centrale et perdit effectivement un temps précieuse à le recevoir. Par ailleurs, Naoto Kan restera pour tous les habitants des zones évacuées celui qui a décidé – mais avait-il le pouvoir d'éviter cette décision ? – de faire passer le seuil d'habitabilité de 1 à 20 mSv/an.

Malgré tout, par la mise en place d'une commission d'enquête, il initia le processus qui conduisit à une profonde réforme des instances du nucléaire nippon : la NISA (Agence de la sûreté nucléaire et industrielle), rattachée au ministère de l'Industrie, fut finalement remplacée le 20 juin 2012 par un organisme indépendant, la NRA (Autorité de réglementation du nucléaire), rattachée au ministère de l'Environnement.

Aujourd'hui, Naoto Kan milite contre l'énergie nucléaire en donnant des conférences dans le monde entier.



© Kyodo News / Gettyimages

TEPCO

Avant la catastrophe de 2011, la Tokyo Electric Power Company (Tepco) était à la fois la plus grosse des dix compagnies qui se partageaient le marché électrique japonais et le plus grand producteur privé mondial d'électricité.

Toute-puissante, cela faisait plusieurs décennies que la multinationale japonaise jouait avec le feu en négligeant des règles de sûreté nucléaire. Le mensonge et la falsification ont toujours été liés à son histoire. Par exemple, il y avait déjà eu un accident nucléaire à Fukushima Daiichi en 1978 mais il n'a été révélé que 29 ans plus tard. En 2002, un scandale démontra que les organismes de contrôle, comme la NISA, étaient infiltrés par les compagnies d'électricité. Il fut montré à cette occasion que Tepco avait falsifié les rapports d'inspection sur treize réacteurs nucléaires. Ironie du sort, c'est Yoshida, futur directeur de la centrale de Fukushima Daiichi, qui fut chargé par Tepco de traiter ce dossier sensible. Cependant, malgré le conflit d'intérêts dévoilé entre l'électricien et les instances de contrôle, cela ne changea pas les mauvaises habitudes. L'opérateur savait qu'une panne d'électricité provoquée par un tsunami était envisageable et la NISA savait que Tepco ne faisait rien pour diminuer le risque d'accident. Le ver était dans le fruit, l'accident nucléaire était programmé comme une bombe à retardement.

Incapable d'assumer financièrement les conséquences de la catastrophe qu'elle avait engendrée, la compagnie Tepco fut nationalisée le 27 juin 2012. Depuis le début de la catastrophe, l'État japonais a ainsi versé à l'entreprise 80 milliards d'euros sous forme de prêts à taux zéro.

Alors qu'en 2017, Tepco avait été jugé responsable de l'accident nucléaire et condamné à une amende symbolique par un tribunal local, en 2019, trois anciens dirigeants de l'entreprise ont finalement été déclarés non coupables par le tribunal de Tokyo. En revanche, en septembre 2020, une haute cour japonaise a condamné Tepco et le gouvernement à payer 9,5 millions de dollars de dommages et intérêts à 3 550 résidents touchés par la catastrophe.

Zones d'ombre sur le déroulement de la catastrophe

Malgré le flot ininterrompu de documentation technique provenant de Tepco au sujet de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi, des événements clés, dix ans après les faits, restent inexpliqués.

L'explosion du bâtiment réacteur 3. Le gouvernement japonais, dès le 14 mars, a communiqué sur une explosion d'hydrogène. Or les choses ne sont pas si simples. Masao Yoshida, quelques secondes après l'explosion, s'est écrié : « QG! QG! C'est affreux ! L'unité 3 a explosé maintenant. Je pense que c'est probablement la vapeur ! » Le directeur n'évoque alors nullement la possibilité d'une explosion d'hydrogène... Par ailleurs, la vidéo diffusée par les télévisions du monde entier montre clairement une première déflagration avec une flamme de couleur orange faisant voler en éclats l'angle sud-est du bâtiment, suivie immédiatement d'une explosion détruisant la partie supérieure et les murs, en dégageant un panache noir. Les dégâts visibles sur le puits de cuve montrent également qu'une explosion a eu lieu dans l'enceinte de confinement. Bien que la version officielle d'une explosion unique d'hydrogène ait maintes fois été contestée, aucune analyse détaillée de ce qui s'est réellement passé au réacteur 3 n'a été communiquée par Tepco, ni par les organismes de sûreté nucléaire.

La chronologie du 15 mars. La chronologie des événements qui se sont déroulés le 15 mars 2011 entre 6h00 et 6h30 est aussi très confuse. Elle diffère selon les rapports. Même le directeur de la centrale n'est sûr de rien. Il faut dire que deux explosions semblent se produire dans un laps de temps très court. L'une au niveau de la piscine torique du réacteur 2 et l'autre au niveau du bâtiment réacteur 4. Selon les témoignages ou les comptes rendus, la chronologie varie. Quelquefois, c'est le réacteur 2 qui est cité en premier,

d'autres fois c'est le réacteur 4. Pour ne contredire personne, les synthèses emploient généralement l'expression « vers 6h » pour les deux événements. Dans la BD, la chronologie relatée (chute de pression au réacteur 2, bruit d'explosion, puis explosion du BR4) reflète donc une hypothèse et non une certitude. Conformément au choix du scénario, elle se réfère aux dires de Yoshida qui, rappelons-le, n'a pas été témoin direct des événements.

La piscine du réacteur 4. Le 15 mars 2011, le bâtiment réacteur 4 subissait un incendie. Selon le journal Asahi, l'armée américaine est intervenue pour l'éteindre. Toutefois, aucune information concernant la nature de la combustion et les conditions d'intervention n'a été divulguée. Le même jour, alors que vraisemblablement l'eau de la piscine du réacteur 4, à force de bouillir et de s'évaporer, venait à manquer, la vanne entre la piscine et le puits de cuve du réacteur se serait ouverte ou aurait perdu son étanchéité. Et l'eau du puits se serait alors transvasée dans la piscine, refroidissant rapidement le combustible. Pourtant, aucun élément d'explication n'a été communiqué par Tepco sur la manière dont la vanne a pu s'ouvrir. La seule explication, malheureusement non rationnelle, provient de Naoto Kan, Premier ministre à l'époque, qui a cru à une protection divine du Japon.

Le seul moyen d'approcher la vérité pour les historiens qui s'attaqueront à l'analyse détaillée de ces événements sera de pouvoir accéder aux archives de Tepco, si celles-ci sont un jour rendues publiques.

Une évacuation douloureuse

Il était sage d'évacuer la population pour la mettre à l'abri de la radioactivité des événements, puis des retombées dues aux pertes de confinement des réacteurs.

Malheureusement, les décisions en haut lieu ont eu du mal à être appliquées et la population était mal préparée : moins de 10 % des habitants avaient été informés de la possibilité d'un accident nucléaire avant le 11 mars 2011 et, même dans des endroits proches de l'usine, seulement 10 à 15 % d'entre eux ont déclaré avoir reçu une formation à l'évacuation.

La succession des ordres d'évacuation (11 mars : rayon de 2 km autour de la centrale, puis 3 km ; 12 mars : rayon de 10 km, puis 20 km ; 25 mars : recommandation d'une évacuation volontaire dans un rayon de 20 à 30 km) a rendu les opérations chaotiques. C'est ainsi qu'environ 70 % des résidents de Futaba, Okuma, Tomioka, Naraha et Namie ont dû évacuer quatre

fois ou plus. Ces personnes se sont plaintes également de n'avoir pas été assez informées de la nature de l'évacuation. Si elles avaient su qu'elles ne pourraient revenir avant des années, elles n'auraient pas laissé des objets de valeur.

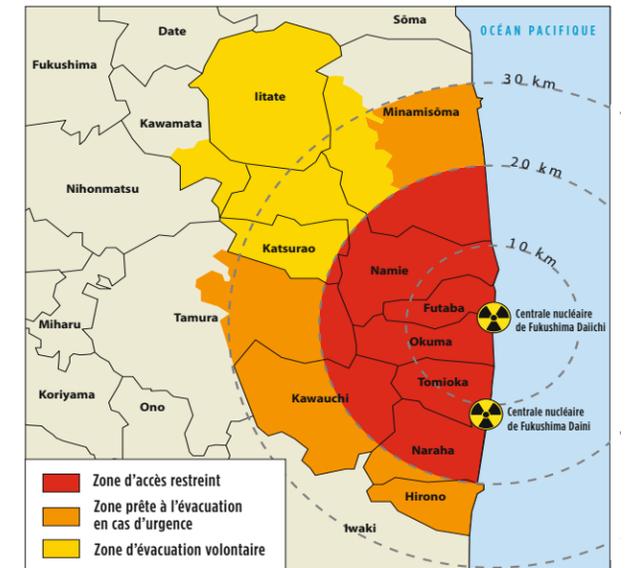
Par ailleurs, considérer que la pollution émise par la centrale s'écarte uniformément de manière circulaire dans toutes les directions, est une absurdité bureaucratique : les conditions météorologiques modifient obligatoirement la théorie. Et beaucoup de personnes ont malheureusement été évacuées vers des zones fortement contaminées, car les autorités n'ont pas pris en compte les mesures de surveillance radiologique de l'atmosphère.

Un autre problème a été celui des évacués volontaires, c'est-à-dire des gens qui ont estimé ne pas pouvoir continuer à vivre dans un territoire contaminé jusqu'à 20 mSv/an. Ceux-là ne

peuvent plus prétendre à aucune indemnisation depuis 2017, sauf en portant plainte contre Tepco.

Quant aux évacués qui ont été forcés de partir, ils perdent progressivement leurs droits à être indemnisés dès lors que le

gouvernement lève les ordres d'évacuation. Pour les familles de condition modeste, le choix est difficile, voire impossible, le retour dans un territoire contaminé restant souvent la seule issue.



● Carte des zones d'évacuation en juin 2011.

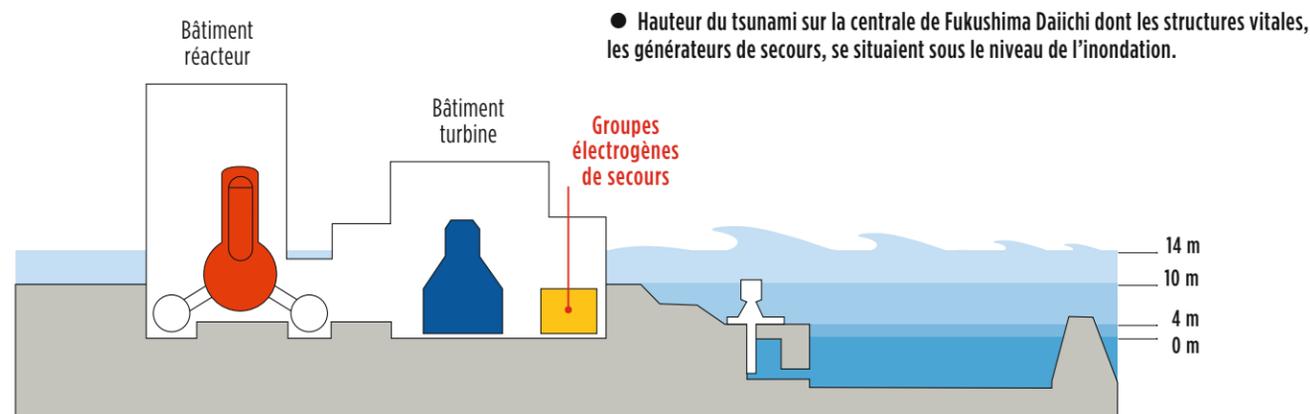
Des morts à la centrale nucléaire et dans la préfecture de Fukushima

La centrale nucléaire de Fukushima Daiichi a sans doute été l'une des usines les plus dangereuses au monde où travailler durant ces dix dernières années : pas moins de 18 décès déclarés en 8 ans. Parmi ceux-ci, trois ont été dus à des explosions, deux à des accidents du travail et un a été provoqué par un cancer que Tepco a reconnu comme provenant de la radioactivité. Pour le reste, six décès correspondent, selon Tepco, à des morts subites causées par leucémie foudroyante, arrêt cardiaque, infarctus ou stress ; pour les six derniers, les causes des décès sont restées inconnues.

En octobre 2011, le porte-parole parlementaire du Cabinet Office, Yasuhiro Sonoda – qui se rendra célèbre le mois suivant en buvant de l'eau décontaminée de Fukushima Daiichi pour prouver son innocence –, a laissé entendre que personne ne savait combien de travailleurs étaient morts après l'accident. En effet, ni le gouvernement ni Tepco n'avaient cru bon de comptabiliser les décès des liquidateurs survenus à l'extérieur de la

centrale. De fait, début août 2011, Tepco avait perdu la trace de près de 150 ouvriers. L'utilisation massive d'entreprises sous-traitantes et le laxisme de l'électricien ont favorisé cette absence de suivi sanitaire.

Par ailleurs, selon une enquête de 2012 menée par le Yomiuri Shimbun dans 13 municipalités dont les territoires sont contaminés, 573 personnes étaient décédées suite à la catastrophe survenue dans la centrale de Fukushima Daiichi. Trois ans plus tard, la chercheuse Reiko Hasegawa en comptabilisait 1979. Aujourd'hui, on en dénombre plus de 2300. Parmi ces victimes, de nombreuses personnes désespérées qui se sont suicidées, mais aussi des personnes âgées qui n'ont pas pu être évacuées : par exemple, après le départ forcé du 12 mars, sur les 90 patients ou résidents qui avaient été abandonnés sur place à l'hôpital et à l'hospice d'Okuma, seule la moitié avait survécu quand les autorités sont intervenues pour les rechercher deux jours plus tard.



Conséquences de la catastrophe de Fukushima

CONSÉQUENCES SUR LA PRODUCTION ÉLECTRONUCLÉAIRE

Suite à l'accident nucléaire, les électriciens du monde entier ont dû réaliser des tests sur leurs réacteurs et augmenter le niveau de sûreté. Au Japon, à partir de septembre 2013, la totalité des centrales nucléaires ont ainsi dû être arrêtés durant presque deux ans. Depuis, seuls 9 réacteurs sur les 54 en activité au moment de la catastrophe ont pu à nouveau être mis en service. Les normes de sûreté devenant plus sévères, le coût de l'énergie atomique a augmenté alors que dans le même temps le kilowattheure produit par les énergies renouvelables devenait moins cher. En Europe, la catastrophe nucléaire de 2011 a conduit l'Italie, l'Allemagne, la Belgique et la Suisse à décider de sortir définitivement du nucléaire à court ou à moyen terme. La France quant à elle a choisi de fermer la centrale nucléaire de Fessenheim, laissant encore 56 réacteurs en activité.

CONSÉQUENCES ENVIRONNEMENTALES

Au Japon, les retombées radioactives solides se sont retrouvées piégées à la surface du sol et sur la végétation. Pour décontaminer les endroits habités, les autorités ont décidé de racler le sol sur une épaisseur de 5 cm et de couper le couvert végétal quand cela était possible. 17 millions de mètres cubes de terre et de végétaux ainsi ramassés sont conservés dans de gros sacs entassés au bord des routes et progressivement acheminés dans un site de stockage créé près de la centrale de Fukushima Daiichi.

Dans de grandes zones forestières du plateau d'Abukuma, à l'ouest de la centrale, on ne peut rien décontaminer. Les radionucléides sont piégés dans la végétation et l'humus. On observe toutefois une descente progressive de la pollution vers les rivières et les plaines cultivées à cause des fortes pentes et du climat érosif du Japon. Ainsi la décontamination d'un sol n'est jamais acquise. Une grande partie du panache radioactif a été poussée vers l'océan Pacifique. Cela a provoqué la plus importante pollution radioactive marine de tous les temps. Les radionucléides ont été soit emportés et dispersés par le puissant courant du Kuroshio, soit piégés dans les sédiments côtiers. Dans les deux cas, ils peuvent migrer dans la chaîne alimentaire.

CONSÉQUENCES SUR LE VIVANT

La première preuve scientifique de dommages causés à un organisme vivant par la contamination radioactive due à la catastrophe de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi a été donnée par l'équipe de la chercheuse Chiyo Nohara (université d'Okinawa). L'étude a mis en évidence les dommages physiologiques et génétiques d'un papillon commun du Japon, le *Zizeeria maha*. Les descendances successives des papillons contaminés ont montré de sévères anomalies : éclosions avortées, infertilité, réduction de la taille, ralentissement de la croissance, mortalité élevée et anomalies morphologiques. Il faudra plus de temps pour connaître tous les effets de la radioactivité sur les mammifères. Mais déjà, les études menées sur des macaques vivant à proximité de la centrale nucléaire montrent une réduction de la taille et de la croissance des fœtus, ainsi que des défauts de formulation sanguine en corrélation

avec la présence de césium dans leurs muscles.

Concernant l'homme, une enquête est menée auprès de 300 000 enfants de la région de Fukushima de moins de 18 ans en 2011 pour savoir si l'iode 131 peut affecter leur santé sur le temps long. Les derniers résultats officiels montrent que 237 cas de cancers de la thyroïde sont suspectés chez ces jeunes, dont 191 ont été confirmés lors d'une intervention chirurgicale.

CONSÉQUENCES HUMAINES

La catastrophe nucléaire a conduit le gouvernement nippon à faire évacuer les territoires contaminés. Progressivement, les interdictions ont été levées sur la plupart des localités, en excluant la zone rouge où l'on mesure plus de 50 mSv/an. Sur les plus de 160 000 habitants qui ont été déplacés en 2011, environ 40 000 personnes seraient revenues. Ce sont surtout les personnes âgées qui acceptent de revenir vivre en territoire contaminé, les jeunes générations préférant éviter la radioactivité. La norme reste en effet élevée au Japon avec une limite de 20 mSv/an alors que partout ailleurs dans le monde, la norme est de 1 mSv/an.

Pour leur faire comprendre ou/et accepter la situation, des programmes gouvernementaux d'apprentissage sont proposés aux habitants : surveillance de la radioactivité et responsabilisation vis-à-vis de la contamination. Mais, malgré tous ces efforts, la majorité de la population ne souhaite pas revenir.

Le point sur la centrale 10 ans après l'accident

Depuis le 11 mars 2011, la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi est devenue à la fois un grand chantier de surveillance nucléaire, une usine de décontamination d'eau radioactive et un laboratoire de démantèlement mobilisant des milliers d'ouvriers.

UN CHANTIER GIGANTESQUE

Avant l'accident, la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi, dont le site s'étend sur plus de 2 km² était, avec ses 6 réacteurs, une des plus grosses centrales nucléaires au monde.

Les réacteurs, après un nettoyage coûteux en doses reçues par les ouvriers et en matériel robotisé, font l'objet d'investigations régulières et de travaux de démantèlement. Pour les réacteurs 3 et 4, dont les bâtiments avaient été fortement endommagés par des explosions, de nouvelles structures couvertes ont été construites, l'objectif étant de pouvoir sortir le combustible des piscines en toute sécurité, puis de le transférer dans la piscine commune. Cela a été réalisé en 2014 pour le réacteur 4 et est en cours d'achèvement en 2021 pour le réacteur 3. Pour le bâtiment réacteur 1, lui aussi détruit dans sa partie haute, la construction d'une nouvelle couverture a été programmée pour 2021.

Aujourd'hui, 4 piscines restent encore à vider de leurs assemblages, correspondant à environ 500 tonnes de combustible ; et surtout, près de 880 tonnes de corium sont encore à récupérer dans les sous-sols inondés des réacteurs 1 à 3, ce qui représente un défi technique majeur.

La feuille de route de Tepco prévoyait un démantèlement en 40 ans mais au bout de 10 ans, force est de constater qu'un retard conséquent a été pris et qu'il faudra sans doute bien plus de temps que prévu pour récupérer les coriums et remettre le site en état.



UNE POLLUTION CONSTANTE

La pollution atmosphérique générée par la fusion de 3 cœurs, à son paroxysme en mars et avril 2011 avec un rejet estimé à 60 pétabecquerels de césium, s'est poursuivie d'année en année en s'amenuisant considérablement. Ainsi, alors que l'intégrité des trois réacteurs est définitivement perdue, le port du masque n'est plus systématiquement obligatoire dans certains secteurs. Pour autant, la radioactivité de l'air est toujours surveillée, en particulier lors des travaux de nettoyage ou de démolition, car la poussière radioactive peut être emportée par le vent sur des kilomètres et retomber sur des zones habitées.

Le problème persistant est celui de la contamination des eaux souterraines. Suite, d'une part, à la formation des coriums qu'il faut refroidir en permanence en les arrosant et, d'autre part, à l'explosion dans le sous-sol du réacteur 2, la nappe phréatique a été fortement et irrémédiablement contaminée par des produits de fission, ce qui a produit, en 2011, une montée en flèche de la radioactivité de l'océan à proximité de la centrale, la nappe d'eau et le terrain ayant un pendage naturel vers le Pacifique.

Afin d'atténuer ce problème majeur, Tepco pompe systématiquement la nappe phréatique en amont de la centrale pour éviter qu'elle ne se contamine et prélève également l'eau polluée près des réacteurs. De 2014 à 2017, un mur de glace souterrain de 1,5 km de long et de 30 m de profondeur a été construit autour des 4 réacteurs accidentés afin de retenir cette eau contaminée passant dans les sous-sols de la centrale. Selon l'opérateur, après quelques années de fonctionnement, cette construction ne remplit pas totalement son rôle puisque 100 à 150 m³ s'infiltreraient encore dans la centrale (contre plus de 400 m³ au début de la catastrophe). L'eau contaminée est ensuite stockée sur le site en attendant d'être traitée. Il y a près de 1 250 000 tonnes d'eau polluée sur le site et Tepco tente régulièrement d'obtenir l'autorisation de rejeter cette eau, toujours radioactive après traitement, dans l'océan.

Le bâtiment réacteur n°4 en cours de démantèlement en juillet 2012.

© The Asahi Shimbun / Gettyimages

● GLOSSAIRE

BR : Abréviation pour « bâtiment réacteur », suivie du numéro de l'unité.

Corium : Magma radioactif résultant de la fusion des éléments du cœur d'un réacteur nucléaire. Il est constitué de combustible nucléaire et de divers éléments avec lesquels il entre en contact : gaines, barres, tuyauteries, supports métalliques et béton.

Enceinte de confinement : Enveloppe étanche en métal et en béton autour d'un réacteur nucléaire.

Éventage : Procédure d'urgence qui consiste à relâcher dans l'atmosphère les gaz radioactifs d'un réacteur afin d'en faire baisser la pression.

IC (= Isolation Condenser) : Échangeur de chaleur situé au-dessus de la cuve de confinement. En fonctionnement, la vapeur d'eau provenant de la cuve se condense puis retombe dans le réacteur.

J-Village (J comme Japon) : Complexe sportif situé à 20 kilomètres au sud de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi, réquisitionné par Tepco de 2011 à 2017 pour l'accueil des liquidateurs.

kPa : Le pascal (symbole : Pa) est l'unité de pression du Système international. Le kilopascal correspond à 1000 pascals.

NHK (= Nippon Hōsō Kyōkai) : Société nationale qui gère les stations publiques de radio et de télévision du Japon.

Préfecture : Nom de la division administrative japonaise correspondant au département français.

RCIC (= Reactor Core Isolation Cooling system) : Pompe d'alimentation en eau destinée à injecter en urgence de l'eau de refroidissement sous haute pression dans un réacteur.

SCRAM (= Safety Control Rod Axe Man) : Arrêt rapide d'un réacteur nucléaire dans lequel la fission est interrompue par l'insertion des barres de contrôle dans le cœur.

Une centrale nucléaire peut-elle exploser ?

La peur de l'atome provient de son origine, la bombe militaire, utilisée en 1945 par les États-Unis contre le Japon. Beaucoup de personnes craignent ainsi qu'une centrale nucléaire puisse exploser comme une bombe atomique. Or cela est peu vraisemblable car pour obtenir une explosion nucléaire, il faut des conditions très strictes : un combustible très pur (uranium 235 ou plutonium 239), une géométrie appropriée et un amorçage particulier. Toutefois, on observe que dans les accidents nucléaires, des explosions peuvent tout de même survenir. De quoi s'agit-il ?

EXPLOSION D'HYDROGÈNE

En cas de fusion de crayons de combustible, de l'hydrogène est produit en quantité par l'oxydation des gaines de zirconium au contact de l'eau. Si cet hydrogène se mélange à de l'air, il peut devenir explosif à partir de 4 % de concentration. C'est ce qui est arrivé dans la plupart des explosions de Fukushima Daiichi.

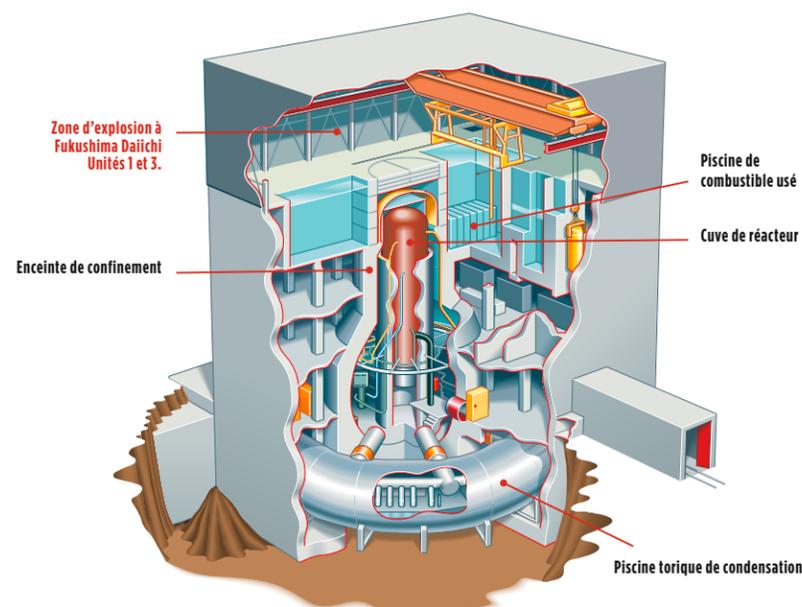
EXPLOSION DE VAPEUR

En cas de fusion du cœur, le corium, composé de combustible et de matières métalliques fondues, peut avoir une température de l'ordre de 2000 à 3000 °. Si cette lave perce la cuve, celle-ci va se transformer en vapeur instantanément, ce qui produira une explosion.

EXPLOSION DE CRITICITÉ

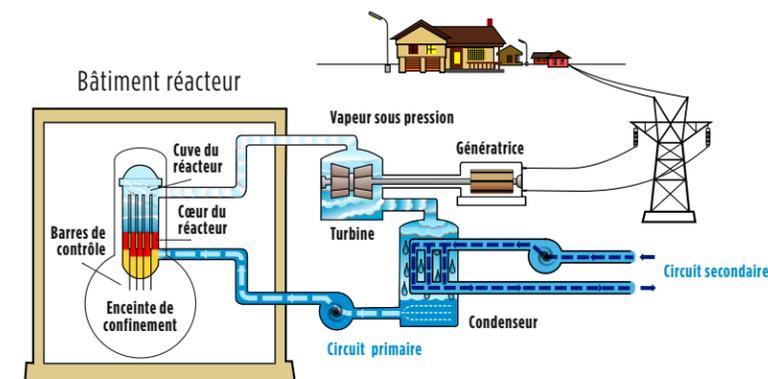
Un accident de criticité se produit quand des matières fissiles (uranium 235 ou plutonium 239) sont rassemblées en quantité suffisante pour qu'une réaction en chaîne puisse se développer. Dans certains cas, le dégagement immédiat d'énergie peut conduire à une explosion. Plusieurs observateurs considèrent que l'explosion du réacteur 3 de Fukushima Daiichi correspond à un accident de criticité dans la piscine de combustible.

Ainsi, sans qu'il y ait d'explosion atomique à proprement parler, l'explosion d'une centrale nucléaire est possible, pouvant avoir l'effet d'une bombe sale si elle entraîne avec elle dans l'atmosphère des produits de fission.



● Écorché d'un bâtiment réacteur de Fukushima Daiichi (type Mark 1).

● Dans un réacteur à eau bouillante, le circuit primaire radioactif s'étend jusqu'au bâtiment turbine où il génère directement l'électricité avant d'être refroidi par un circuit secondaire provenant d'une source externe.



La dépressurisation par éventage

Après la mise à l'arrêt de la fission grâce aux barres de contrôle, le problème principal lors d'un accident nucléaire est d'évacuer la chaleur résiduelle du cœur du réacteur. Si on ne le fait pas, celui-ci risque de fondre et de percer la cuve, voire l'enceinte de confinement. Il arrive, comme cela s'est produit à Fukushima, que les techniciens soient dans l'incapacité de refroidir le combustible. Dans ce cas, la pression augmente et, une fois dépassées les limites physiques du réacteur, celui-ci peut exploser. Pour contrer cette éventualité, il y a toujours la possibilité de

pratiquer un éventage, c'est-à-dire de rejeter à l'extérieur des gaz contenus dans la cuve ou dans l'enceinte de confinement. Cette mesure n'est prise qu'en dernier recours, normalement avec l'autorisation des autorités, car il faut au préalable évacuer la population dans un certain périmètre autour de la centrale ou bien demander aux habitants de se confiner en obstruant toutes les entrées d'air de leur domicile.

Il est très difficile de prendre cette décision car elle est contraire aux principes fondamentaux de sûreté de toute installation nucléaire :

en temps normal, tout est fait pour qu'aucune particule radioactive ne puisse s'échapper d'un réacteur, excepté les rejets autorisés. Trois barrières sont habituellement mises en avant pour montrer que le nucléaire ne comporte aucun risque : la gaine entourant les pastilles de combustible, la cuve du réacteur et l'enceinte de confinement. Or, en cas de fusion, les gaines sont détruites et les produits de fission se répandent dans la cuve. C'est ce qui s'est produit pour les réacteurs 1, 2 et 3 de Fukushima Daiichi. Il a donc été décidé, pour chacun de ces réacteurs, de

procéder à des dépressurisations par éventage. Cela n'a pas suffi malheureusement à empêcher les enceintes de confinement d'être endommagées par des explosions.

Par ailleurs, certains éventages n'ont pas été filtrés par l'eau des piscines toriques (qui était trop chaude pour remplir ce rôle) et ont provoqué des panaches radioactifs très importants. De plus, les explosions dans les réacteurs ont fait perdre leur étanchéité aux 3 enceintes de confinement et les gaz radioactifs ont pu s'échapper dans l'atmosphère sans que l'on puisse rien y faire.

Unités de mesure de la radioactivité et seuils limites

On peut mesurer la radioactivité de différentes manières et il est quelquefois difficile de s'y retrouver dans les unités. Pour aller au plus simple, il faut retenir que l'on mesure le plus souvent la cadence des désintégrations en becquerels et que l'on évalue ses effets biologiques en sieverts.

Le becquerel (Bq) est l'unité de mesure de base de la radioactivité. Il correspond à une désintégration d'atome par seconde, quel que soit le type de rayonnement émis (alpha, bêta, gamma, neutron). De ce fait, un même nombre de becquerels peut entraîner des irradiations très différentes selon la substance radioactive.

La radioactivité s'exprime souvent en multiples du becquerel, par exemple en kBq (kilobecquerel, 10^3), en TBq (téobecquerel, 10^{12}), ou même en PBq (pétabecquerel, 10^{15}) pour les grandes quantités comme les retombées de la centrale de Fukushima Daiichi ou les autorisations de rejet de l'usine de La Hague. Comme le nombre de becquerels dépend de la quantité de matière prise en compte, l'activité radioactive d'une substance doit être rapportée à un volume (Bq/L ou Bq/m³), une masse (Bq/kg) ou une surface (Bq/m²).

Le sievert (Sv), quant à lui, est utilisé pour estimer une dose de rayonnements ionisants et évaluer ses effets biologiques. Contrairement

au becquerel, le sievert est une unité très grande par rapport à ses utilisations usuelles, c'est pourquoi on utilise plus souvent ses sous-multiples, le mSv (millisievert, 10^{-3}) et le μ Sv (microsievert, 10^{-6}). Les ouvriers de la centrale de Fukushima Daiichi mesurent en permanence la dose radioactive qu'ils reçoivent à l'aide de dosimètres afin de ne pas dépasser 50 mSv/an et 100 mSv sur 5 ans.

Alors que la réglementation française fixe le seuil de dose maximale admissible pour une personne à 1 mSv/an au-delà de la radioactivité naturelle et en excluant les doses reçues en médecine, au Japon, ce seuil a été porté à 20 mSv/an après l'accident nucléaire. Cette mesure a été fortement critiquée par les organisations écologistes qui contestent l'innocuité des faibles doses, en particulier pour les enfants. Cette limite de dose correspond en fait à la limite annuelle fixée pour les travailleurs du nucléaire en France.

● DATES CLÉS DE L'INDUSTRIE NUCLÉAIRE

● **1945** – Explosion des bombes atomiques à Hiroshima et Nagasaki. Fin de la Seconde Guerre mondiale, début de la guerre froide.
● **1953** – Lancement du programme Atoms for Peace par le président des États-Unis Eisenhower pour une utilisation pacifiste de la technologie nucléaire.
● **1957** – Explosion d’un réservoir de déchets nucléaires liquides au complexe nucléaire Maïak (URSS). Incendie nucléaire à Windscale dont le nuage radioactif parcourt l’Angleterre et touche le continent sans que la population en soit avertie.
● **1961** – Début de la construction de la première centrale nucléaire du Japon à Tōkaimura.
● **1962** – Début de la construction de la première centrale nucléaire de France à Brennilis.
● **1967** – Début de la construction de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi.

● ÉPISODES CLÉS DU 11 AU 16 MARS À FUKUSHIMA DAIISHI

Le bâtiment du réacteur 1, le 11 mars 2011.

VENDREDI 11 MARS 2011

● **14 h 46** : tremblement de terre d’une magnitude 9,1 au large des côtes nord-est de l’île de Honshū, arrêt d’urgence des réacteurs 1, 2 et 3, perte d’alimentation électrique extérieure, mise en route automatique des groupes électrogènes de secours.
● **15 h 35** : arrivée d’une vague de 15 mètres générée par le tsunami, submersion des générateurs de secours entraînant une panne de refroidissement des réacteurs 1, 2 et 3.
● **16 h 46** : déclaration d’état d’urgence nucléaire à la centrale de Fukushima Daiichi.
● **17 h 16** : lumière coupée dans la salle de contrôle du réacteur n°2.
● **17 h 50** : brusque augmentation de radioactivité dans la salle de contrôle du réacteur 1 et son bâtiment turbine.
● **18 h 50** : le combustible du réacteur 1 commence à fondre.
● **20 h 50** : ordre d’évacuer la population dans un rayon de 2 km autour de la centrale.
● **21 h 51** : interdiction par Tepco d’entrer dans le réacteur 1 à cause du trop fort niveau de radioactivité (jusqu’à 290 mSv/h mesurés dans le bâtiment réacteur).
● **23 h 50** : pression de 6 bars mesurée dans l’enceinte de confinement du réacteur 1.

SAMEDI 12 MARS 2011

● **5 h 44** : décision du Premier ministre Naoto Kan d’évacuer dans un rayon de 10 km.
● **7 h 11** : arrivée du Premier ministre sur le site de la centrale.
● **13 h 25** : annonce d’une fusion de cœur qui « pourrait être » en cours par l’Agence japonaise de sûreté nucléaire.

● **1973** – Premier choc pétrolier.
● **1978** – Accident nucléaire de Three Mile Island (États-Unis).
● **1980** – Accident nucléaire de Saint-Laurent-des-Eaux (France) : fusion au cœur du réacteur et rejet de plutonium dans la Loire.
● **1986** – Accident nucléaire de Tchernobyl (URSS).
● **1995** – Accident au réacteur à neutrons rapides de Monju (Japon) durant lequel une fuite de sodium provoque un important incendie.
● **1999** – Accident de criticité à l’usine de Tōkaimura (Japon) provoquant l’irradiation de 119 personnes.
● **2007** – Incendie et fuites d’eau radioactive à la centrale nucléaire de Kashiwazaki-Kariwa (Japon) suite à un tremblement de terre de magnitude 6,8.
● **2011** – Tremblement de terre de magnitude 9,1 suivi d’un tsunami. Accident nucléaire à la centrale de Fukushima Daiichi. Démission du Premier ministre Naoto Kan.

Le bâtiment du réacteur 1, le 11 mars 2011.

Le bâtiment du réacteur 2, le 11 mars 2011.

Le bâtiment du réacteur 3, le 11 mars 2011.

● **14 h 30** : rejet atmosphérique volontaire au réacteur 1 suite à une augmentation de la pression à l’intérieur de l’enceinte de confinement qui atteint 8 bars.
● **15 h 29** : annonce par Tepco d’une « augmentation extraordinaire » de la radioactivité en limite de site.
● **15 h 36** : explosion d’hydrogène avec projection de débris et émission d’un panache blanc dans le bâtiment réacteur 1.
● **18 h 25** : ordre du Premier ministre d’évacuer la population dans un rayon de 20 km autour de la centrale.

DIMANCHE 13 MARS 2011

● **2 h 42** : défaillance du refroidissement du réacteur 3.
● **8 h 20** : 882 mSv/h mesurés au niveau de l’entrée principale du site de la centrale.
● **9 h 08** : dépressurisation de la cuve du réacteur 3.
● **10 h 40** : le combustible du réacteur 3 commence à fondre.
● **12 h 30** : ouverture de la valve d’évantage du réacteur 3 après remplacement du piston.
● **13 h 17** : 300 mSv/h mesurés dans le bâtiment réacteur 3.

LUNDI 14 MARS 2011

● **5 h 20** : évantage du réacteur 3.
● **7 h 15** : pression de l’enceinte de confinement à plus de 5 bars.
● **9 h 30** : ordre de retrait du personnel par le directeur à cause du risque d’explosion du réacteur 3.
● **11 h 01** : explosions au bâtiment réacteur 3, destruction des pompes incendie et des tuyauteries apprêtées pour refroidir le réacteur 2.
● **16 h 58** : confirmation par Tepco d’une fusion en cours dans les réacteurs 1, 2 et 3.

● **2012** – Élection du chef de la nouvelle majorité parlementaire, Shinzō Abe, au poste de Premier ministre du Japon.
● **2013** – Décès de Masao Yoshida, directeur de la centrale de Fukushima Daiichi en 2011.
● **2013** – Depuis septembre, arrêt de tous les réacteurs nucléaires du Japon jusqu’en juillet 2014.
● **2014** – Transfert du combustible de la piscine du réacteur n° 4 de Fukushima Daiichi.
● **2015** – Remise en route de la centrale nucléaire de Sendai (Japon).
● **2018** – Première reconnaissance des autorités japonaises d’un lien entre l’exposition aux radiations et le décès d’un ouvrier de Fukushima Daiichi.
● **2019** – Début du transfert du combustible de la piscine n° 3 de Fukushima Daiichi.
● **2020** – Report des jeux Olympiques de Tokyo à 2021. Arrêt des réacteurs de la centrale nucléaire de Fessenheim (France).

● ÉPISODES CLÉS DU 17 AU 20 MARS À FUKUSHIMA DAIISHI

Le bâtiment du réacteur 1, le 17 mars 2011.

MARDI 15 MARS 2011

● **6 h 10** : baisse brusque de la pression dans la piscine torique du réacteur 2, bruit interprété comme une explosion dans le sous-sol.
● **6 h 14** : annonce par Tepco de l’endommagement d’une partie du bâtiment du réacteur 4.
● **7 h 00** : évacuation du personnel hormis une cinquantaine d’ouvriers chargés de refroidir les réacteurs.
● **9 h 38** : incendie au réacteur 4 au niveau de la piscine d’entreposage du combustible.
● **10 h 22** : niveau de radiation de 100 mSv/h mesuré autour du réacteur 2.
● **11 h 35** : demande du secrétaire général du Cabinet, Edano, à la population de rester calfeutrée que ce soit « à la maison ou au bureau » dans un rayon de 30 km autour du site de la centrale.
● **19 h 22** : annonce par Edano de niveaux de radioactivité de 400 mSv/h près du réacteur 3 et de 100 mSv/h près du réacteur 4.

MERCREDI 16 MARS 2011

● **5 h 45** : reprise du feu dans le bâtiment réacteur 4.
● **9 h 40** : annonce par TEPCO de la fin de l’incendie au bâtiment réacteur 4.
● **10 h 45** : en raison de la possibilité d’un défaut de confinement primaire du réacteur 3, évacuation des opérateurs de la salle de contrôle centrale des unités 3 et 4.
● **19 h 35** : impossibilité pour l’hélicoptère mobilisé d’accomplir sa mission d’arrosage des piscines de stockage à cause de la radioactivité trop importante.

Le bâtiment du réacteur 1, le 17 mars 2011.

Le bâtiment du réacteur 2, le 17 mars 2011.

Le bâtiment du réacteur 3, le 17 mars 2011.