L'ACCIDENT NUCLÉAIRE

Vue aérienne de la centrale de Fukushima, le 14 mars 2011. (AFP/Imagefuture)

© ASN et IRSN — sous la direction de : **Geneviève Baumont, Emmanuel Bouchot, Olivier Jaray**
Conception : **Âme en science, La-fabrique-créative, Phélizon consultant** — Illustrations 3D : **B2 infographie** — Dessin de la mascotte : **Thomas Cabellic**
Reproduction interdite sans l'accord de l'ASN/IRSN

asn AUTORITÉ DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

IRSN INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE
Faire avancer la sûreté nucléaire

3 | 1

DE L'INCIDENT À L'ACCIDENT, UN ENCHAÎNEMENT REDOUTÉ

L'ACCIDENT LE PLUS GRAVE qui puisse survenir dans une centrale est LA FUSION DU COMBUSTIBLE et le REJET DE PARTICULES RADIOACTIVES DANS L'ENVIRONNEMENT.

Quelle cascade d'événements faut-il pour déclencher une catastrophe comme celle de Fukushima ?

La sûreté nucléaire, c'est aussi connaître cet enchaînement et chercher à l'enrayer.

Une panne dans le circuit de refroidissement se produit.

Au moindre problème, le réacteur est chaîne en sein du réacteur est arrêté par des barres de contrôle.

Malgré tout, le combustible continue à chauffer et il faut impérativement le refroidir.

Les circuits de refroidissement de secours entrent en action (réservoir extérieur).

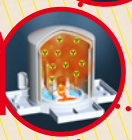
Les systèmes de refroidissement de secours ne fonctionnent plus parce qu'il n'y a plus d'eau ou plus d'électricité.

360 °C

La température du combustible monte. Les gaines en zircaloy se corrodent et dégagent de l'hydrogène. De la vapeur d'eau envahit le bâtiment du réacteur, qui monte en pression.

2 000 °C

Les pastilles de combustible chauffent, fondent, et forment peu à peu un magma à plus de 2 000 °C, appelé le corium, qui peut percer la cuve et s'écouler dans le bâtiment du réacteur.



Pendant la montée en température, l'hydrogène combiné à être dégagé et les produits de fission s'échappent dans le bâtiment du réacteur. La pression monte. Il y a un risque de perte d'étanchéité.

La pression dans le bâtiment risquant de la faire exploser, on la dépressurise volontairement et des produits radioactifs sont alors dispersés, de façon contrôlée, dans l'atmosphère.

Le magma peut percer la dalle du bâtiment du réacteur. Il peut alors atteindre le terrain sous la centrale, voire se répandre dans la nappe phréatique.

En cas de perte d'étanchéité non anticipée et de dégradation du bâtiment, les produits radioactifs se dispersent dans l'atmosphère formant un panache invisible, emporté par le vent ou déposé sur le sol par la pluie.

Un accident grave, c'est quand des particules radioactives s'échappent en grande quantité dans la nature. Cela peut se produire en cas de surchauffe du combustible d'un réacteur nucléaire.

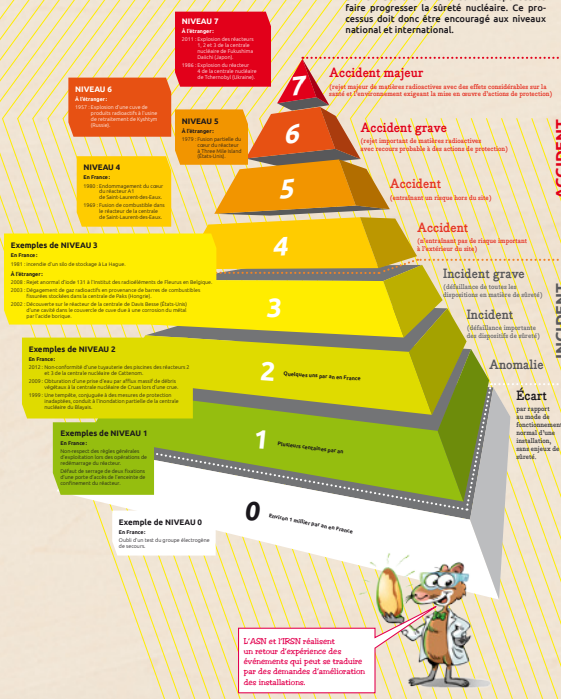
Crédit photo : Alain Bujard

LE CLASSEMENT DES ÉVÉNEMENTS NUCLÉAIRES

À la façon de l'échelle de Richter pour les tremblements de terre, on mesure la gravité des événements nucléaires sur une échelle appelée INES (International Nuclear Event Scale)

Il n'y a pas de relation de cause à effet entre le nombre d'événements sans gravité détectés et déclarés et la probabilité que survienne un accident grave dans une installation.

En revanche, l'analyse approfondie de chaque événement est une source fondamentale d'enseignements. La détection, puis la déclaration à l'ASN des événements sont indispensables faire progresser la sûreté nucléaire. Ce processus doit donc être encouragé aux niveaux national et international.



ALERTE ACCIDENT NUCLÉAIRE

Malgré les précautions prises, un accident nucléaire grave reste possible en France. Ses conséquences peuvent néanmoins être limitées par la mise en œuvre d'actions de protection adaptées.

Les citoyens et les pouvoirs publics ont leur rôle à jouer; LA CULTURE DU RISQUE EST L'AFFAIRE DE TOUS.

©Sdis

©Gendarmerie

Les pouvoirs publics sous l'ordre du préfet, en lien avec le gouvernement

Le préfet déclenche le plan Orsec (Organisation de la Réponse de la Sécurité Civile) et le plan particulier d'intervention (PPI). Ces plans prévoient l'organisation de l'ensemble des moyens de secours et d'intervention disponibles.

D'autre part, des cellules de crise locales et nationales conjuguent leurs efforts pour limiter les effets sanitaires de l'accident.

L'ASN

L'ASN a 4 missions essentielles, elle :

Contrôle le bien-fondé des actions prises par l'exploitant

Conseille les autorités quant aux actions de protection des populations

Informe la population et les médias

Adresse et reçoit les notifications et demandes d'assistance internationale.

©ASN

L'IRSN

L'IRSN *analyse la situation* à partir des données du réacteur. Il *modélise la situation et propose des actions* préventives. Avec les données météorologiques, il calcule les rejets possibles, anticipe le trajet du panache et évalue les doses sur le territoire. Il *contribue à l'information du public.*

©IRSN

©IRSN

L'exploitant nucléaire

(Ex.France, Areva, le CEA et EDF)

Le plan d'urgence interne (PUI) est établi et mis en œuvre par l'exploitant, c'est-à-dire l'industriel responsable de l'installation nucléaire. En cas d'accident, *l'exploitant doit intervenir pour éviter ou limiter les fuites radioactives* tout en protégeant le personnel travaillant sur le site nucléaire. Il doit informer les pouvoirs publics de l'évolution de la situation.

©Sdis/Areva

Lors de la crise

Le préfet organise la mise à l'abri de la population, la distribution et la prise de comprimés d'iode stable et l'évacuation des populations.

Les services de la sécurité civile se préparent à aider les personnes des territoires qui pourraient être concernés.

Chaque année, une dizaine d'exercices est organisée pour entraîner les différents acteurs de la crise.

Après la crise

Pendant les semaines qui suivent l'accident, des cartes vont être faites donnant précisément le niveau de contamination des territoires touchés. Selon l'importance de la radioactivité, des actions vont être mises en œuvre pour protéger la population et mettre en place des *restrictions de consommation et de vente des produits cultivés et manufacturés* dans le territoire affecté.

+ 3 4

EN CAS D'ALERTE NUCLÉAIRE, JE SAIS QUOI FAIRE !

L'alerte est déclenchée quand un événement dans une installation nucléaire est susceptible d'entraîner des rejets radioactifs et d'avoir des conséquences sur l'homme et l'environnement.

Je me mets rapidement à l'abri dans un bâtiment

Je rejoins sans délai mais calmement un bâtiment en dur.

Si je suis déjà dans un bâtiment, je m'isole de l'extérieur : je ferme les portes et fenêtres et je coupe la ventilation.

Je me tiens informé(e)

J'écoute les consignes de protection des pouvoirs publics **diffusées par la radio (France Bleu, France Info, etc.), la télévision (France Télévisions etc.) et le site internet de ma préfecture.**

J'utilise une radio à pile et j'ai prévu des piles de rechange.

Je limite mes communications téléphoniques

Je ne sature pas les réseaux de communication.

Ils sont nécessaires à l'organisation des secours et à la transmission d'informations.

Je ne vais pas chercher mes enfants à l'école

Je reste à l'abri. À l'école, mes enfants sont pris en charge par les enseignants. **J'ai déjà discuté de cela avec les enseignants.**

Dans mon établissement scolaire, notre Plan particulier de mise en sûreté nous aide à être prêts si un accident grave survient.

LE PLAN PARTICULIER DE MISE EN SÛRETÉ (PPMS)
http://www.risquesmajeurs.fr/exercice-ppms-préparer-les-élèves-aux-risques-technologiques

Je prends de l'iode dès que j'en reçois l'instruction

La dose d'iode stable doit être prise au bon moment, *j'attends les consignes* **du préfet.**

LE PLAN FAMILIAL DE MISE EN SÛRETÉ (PFMS)
http://www.risquesmajeurs.fr/le-plan-familial-de-mise-en-surete-pfms

Avez-vous votre plan familial de mise en sûreté ?

En cas d'accident, qu'emporterez-vous, où irez-vous et comment ?

Je me prépare à une éventuelle évacuation

J'ai déjà prévu mon kit d'urgence : **il comprend en particulier mes papiers personnels, mes éventuels traitements médicaux, des vêtements, de la nourriture et de la boisson.**

Lors de l'évacuation, je respecte les consignes de circulation et j'aide mes proches.

+ 3 5.1

POURQUOI DES COMPRIMÉS D'IODE ?

Un accident sur un réacteur nucléaire peut engendrer un rejet contenant notamment de l'iode radioactif. Respiré ou avalé, l'iode radioactif se fixe sur la glande thyroïde et peut ainsi augmenter le risque de cancer de cet organe, surtout chez les jeunes. Le comprimé d'iode PROTÈGE LA THYROÏDE.

Vent d'ouest
Nancy
Metz
Strasbourg
Mulhouse
Rouen
Caen
Le Havre
Amiens
Lille
Reims
Orléans
Tours
Nantes
Rennes
Caen
Le Mans
Angers
Caen
Le Mans
Angers
Caen
Le Mans
Angers

ACCIDENTS PASSÉS

Dans le monde, plusieurs accidents nucléaires se sont produits depuis les années 50. Les plus graves, de niveau 7 sur l'échelle INES, ont été TCHERNOBYL EN 1986 et FUKUSHIMA EN 2011. Ces accidents font l'objet d'un retour d'expérience international.

TCHERNOBYL
26 avril 1986

Une augmentation brutale et incontrôlée de la réaction nucléaire (multipliée par 100 en une fraction de seconde) a entraîné l'explosion du cœur d'un réacteur et la destruction du bâtiment.

Le combustible a été dispersé autour de l'installation.

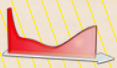
FUKUSHIMA
12, 14, 15 mars 2011

La perte des alimentations électriques et du refroidissement a entraîné la fusion du cœur de 3 réacteurs, libérant des produits radioactifs dans l'environnement.

Le combustible fondu est resté à l'intérieur des enceintes.

Rejets

Les rejets ont été continus pendant 10 jours évoluant selon l'importance du feu dans le réacteur et les apports de sable et de plomb par hélicoptère.



Une quinzaine d'épisodes de rejets discontinus durant 2 semaines à la suite des explosions successives des réacteurs.

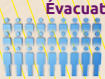
Dépôt des rejets

L'ensemble de l'Europe a été contaminé à des degrés divers. Une contamination en césium 137 supérieure à 600 000 Bq/m² a été dispersée sur plus de 13 000 km². Elle a diminué de moitié depuis.

Une contamination en césium 137 supérieure à 600 000 Bq/m² a été dispersée sur plus de 600 km² autour de la centrale et jusqu'à 250 km de distance.

Évacuation des populations

270 000 personnes évacuées par l'État.



Plus de 150 000 personnes évacuées des zones d'exclusions par l'État. 50 000 personnes ont décidé de quitter les zones contaminées de leur propre chef.

Contamination des denrées

Tout d'abord pas de restriction immédiate de consommation des denrées locales, puis interdiction des activités agricoles.

Contrôle de la contamination des denrées et restrictions de commercialisation (progressivement en 2011).

Devenir des installations

Construction d'un sarcophage, dans l'attente d'une solution à long terme à définir. Le magma s'est étalé sur toute la surface de la dalle: il continue encore aujourd'hui de refroidir à l'air.

Le magma forme une masse qu'il faut continuer à refroidir. Des centaines de milliers de tonnes d'eau vont être utilisées puis stockées sur le site en attente de traitement.

Les réacteurs seront démantelés d'ici 40 ans.

Gestion des déchets

Le stockage se fait sur place: tranchées creusées dans la zone d'exclusion.

La stratégie n'est pas encore définie: entreposages provisoires.

Les conséquences de ces accidents majeurs: des territoires durablement contaminés, des conséquences sanitaires et le bouleversement de la vie de nombreuses personnes.

La gravité des accidents nucléaires est mesurée sur une échelle de 0 à 7. Deux accidents de niveau 7 ont eu lieu, Tchernobyl et Fukushima.

3 | 6+

TCHERNOBYL ET SES CONSÉQUENCES

En 1986 le réacteur de la centrale de Tchernobyl, en Ukraine, explose, libérant poussières et particules radioactives.

Les conséquences locales

Le bilan humain de l'accident de Tchernobyl fait l'objet de controverses *(voir débat)*. Le rapport de l'OMS* publié en 2006 fait état de 47 morts dans les semaines qui ont suivi l'accident. Il prévoit également des milliers de morts par cancer (entre 9 000 et 16 000) dans les 50 ans suivant la catastrophe.

Parmi les personnes qui peuvent développer ces maladies, se trouve les **liquidateurs**, des centaines de milliers de personnes, qui ont sécurisé le site, construit le sarcophage et assaini les alentours.

Les enfants qui ont respiré de l'iode radioactif et qui ont ingéré des aliments contaminés ont pu développer des **cancers de la thyroïde**.

En **Biélorussie, Russie et Ukraine** de 1991 à 2005, 6 848 cancers de la thyroïde ont été constatés parmi les enfants agés de moins de 18 ans en 1986 ; la majorité avait moins de 14 ans *(Rapport unscear 2008)*.

Ces maladies sont liées au passage du panache radioactif, à la contamination de l'environnement **et de l'alimentation**.

* *Organisation mondiale de la Santé*

© Europa-Stock

Le réacteur, ne comportait pas de systèmes de sécurité robustes ni d'enceinte de confinement. Le cœur du réacteur a fondu et s'est répandu dans les parties basses du bâtiment réacteur. Les 50 000 habitants de Pripiat, à trois kilomètres de la centrale, ne seront évacués que le lendemain.

© Europa-Stock

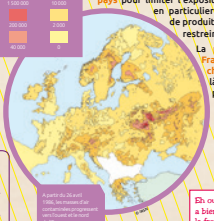
Le sarcophage réalisé d'avril à novembre 1986 dans des conditions extrêmement difficiles s'est dégradé, la pluie peut y pénétrer. Il sera bientôt recouvert par un autre sarcophage, en cours de construction.

Les retombées en Europe

La masse d'air contaminée a survolé une grande partie de l'Europe, des zones ont été contaminées significativement en Norvège, en Suède, au Royaume-Uni.

Des mesures ont été **prises dans différents pays** pour limiter l'exposition des habitants, en particulier la consommation de produits contaminés a été restreinte.

La **partie est de la France** a été **touchée**, en particulier là où il a plu lors du passage du nuage.



En débat

Combien de victimes ?

> *De nombreux rapports contradictoires d'agences, d'associations ou de chercheurs ont été publiés sur la catastrophe de Tchernobyl. Des chiffres de dizaines ou même de centaines de milliers de victimes de la catastrophe sont avancés et sont très éloignés des chiffres officiels. Il reste bien difficile d'établir un bilan fiable, compte tenu des incertitudes scientifiques et des risques d'instrumentalisation des chiffres.*

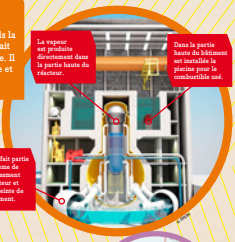
< *De façon certaine, 47 morts sont directement attribuables à la catastrophe parmi les liquidateurs, les pompiers et les opérateurs de la centrale à la suite d'irradiations massives. On a pu également recenser 7 000 cas de cancers de la thyroïde chez les enfants les plus exposés en Biélorussie, Russie et Ukraine. 15 décès sont signalés parmi ces malades.*

FUKUSHIMA LES RÉACTEURS ACCIDENTÉS

Les réacteurs de Fukushima ont été accidentés à la suite du SÉISME et du TSUNAMI du 11 mars 2011.

Les réacteurs de Fukushima

Ce sont des réacteurs à eau bouillante (REB) dans lesquels la vapeur produite par le cœur fait directement tourner la turbine. Il n'y a pas de circuit secondaire et de générateur de vapeur.



Deux catastrophes naturelles qui s'enchaînent

Le séisme de force 9 détruit les alimentations électriques du réacteur.

Quarante minutes après, une vague de 14 mètres noie les groupes électrogènes de secours et des systèmes de sûreté. Les salles de commande sont dans le noir, la plupart des capteurs indiquant le fonctionnement des systèmes sont hors service.

Les cœurs des réacteurs 1, 2 et 3 ont fondu

Ils ont formé des magmas qui ont percé les cuves et les parois de l'enceinte des réacteurs. On ne connaît ni leur quantité ni leur localisation exacte. Les produits de fission qu'ils contiennent continuent à les chauffer. Si on ne les refroidit pas ils pourraient de nouveau rejeter des produits radioactifs dans l'air. C'est pour cela que l'exploitant injecte 850 m³ d'eau par jour. Elle se charge en produit de fission en traversant les magmas.

600 000 m³ d'eau contaminée stockée sur le site (mars 2014)

L'eau de refroidissement injectée dans les réacteurs s'écoule dans les sous-sols des bâtiments où elle se mélange aux infiltrations d'eaux souterraines. L'exploitant (Tepco) traite partiellement ces eaux et doit entreposer des volumes sans cesse croissants. Les conteneurs peuvent fuir et l'eau contaminée aller vers la mer.

Le péril de la piscine du réacteur 4

Il n'y avait pas de combustible dans le cœur du réacteur 4, qui était déchargé. Mais le combustible usé de trois cœurs était stocké dans sa piscine, exigeant un refroidissement continu.

Faute de refroidissement, les trois cœurs ont chauffé, l'eau de la piscine a commencé à bouillir et à s'évaporer. Ils auraient pu fondre aussi en dégageant des produits de fission si les pompiers n'avaient pas apporté des moyens exceptionnels pour injecter de l'eau. Au total, six coeurs (et non 3) auraient pu fondre.

BILAN DE LA SITUATION À FUKUSHIMA EN 2012
www.asn.fr/fukushima2012

FUKUSHIMA LA RÉPONSE DE LA SOCIÉTÉ

Dans les territoires où la dose annuelle était supérieure à 20 mSv/an, la population a été évacuée. Dans ceux où la dose était inférieure, en complément des actions de l'état, les habitants se sont ORGANISÉS POUR LIMITER LES DOSES reçues.

La zone > 20 mSv/an a été évacuée

Ici, les habitants ont été évacués. L'État finance la décontamination de cet espace pour qu'ils puissent revenir. Mais un retour des populations ne sera pas possible partout.

© Le Monde/Philippe Ricaud

Dans la zone < 20 mSv/an la société s'est organisée

Cette dose est mesurée à l'extérieur à un mètre du sol. C'est la dose que recevrait une personne si elle restait dehors pendant un an. Les municipalités et les habitants ont entrepris différentes actions pour diminuer les doses ambiantes.

BILAN DE LA SITUATION À FUKUSHIMA EN 2015
www.irsn.fr/fr/bilan2015

L'efficacité de la réaction citoyenne

Les actions menées par les habitants, les mairies et l'État ont permis de diminuer fortement les doses reçues par rapport aux mesures initiales.

FUKUSHIMA LES ENJEUX

Évacuation, décontamination, retour des populations déplacées, suivi de la santé des habitants, mesure des denrées alimentaires : des ACTIONS ESSENTIELLES DE L'ÉTAT dans la situation post-accidentelle.

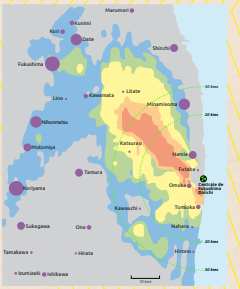
Les choix des évacués

Plus de 120 000 personnes ont été déplacées à cause de la contamination de leurs lieux de vie supérieure à 20 mSv/an. D'abord mis dans 2 200 abris, ils ont été relogés dans des logements temporaires. Plus de 40 000 ont volontairement évacué leur territoire, inquiets de la contamination. Certaines communes ont été décontaminées, la population est invitée à revenir.

Que vont-ils faire ?

La contamination en 2011

L'essentiel de la contamination s'est déposée en quelques heures dans le sens du vent. Il a plu et il a neigé : certaines communes ont été plus touchées du fait de l'intensité des précipitations.



Dépôts en césium 134 et césium 137 (Bq/m²)

- 6 000 000 à 30 000 000
- 3 000 000 à 6 000 000
- 1 000 000 à 3 000 000
- 600 000 à 1 000 000
- 300 000 à 600 000

Nombre d'habitants :

- 200 000 à 350 000
- 50 000 à 100 000
- 20 000 à 50 000
- 10 000 à 20 000
- 0 à 10 000

Le devenir des communes évacuées

Selon l'importance de la contamination et de la possibilité de décontaminer, un plan gouvernemental a prévu un devenir différent pour les communes.

Zones d'évacuation et de retour :

- Retour difficile avant une longue durée. Dose externe > 50 millisiverts/an
- Restriction interdite à l'habitation. Dose externe entre 20 et 50 millisiverts/an
- Préparation au retour en 2015. Dose externe < 20 millisiverts/an

La reconquête des territoires

La décontamination peut permettre de réduire sensiblement l'exposition des personnes. L'État a planifié ces travaux et les a engagés.

Zones de décontamination :

- Achevée
- Inachevée
- Décidée
- Non décidée
- Difficile pour longtemps

En débat

Les décès

Personne n'est officiellement décédé du fait de la radioactivité à Fukushima. Les évacuations ont été menées pour limiter les doses et éviter des cancers à long terme. Combien de cancers ont été évités du fait de l'évacuation ? C'est une discussion dans la communauté scientifique actuellement.

La préfecture de Fukushima a comptabilisé plus de 1 600 morts du fait des évacuations : morts de personnes âgées faute de soin, décès dans les transports, suicides. Une catastrophe nucléaire s'entend au-delà du risque direct lié à la radioactivité.

Santé

Un vaste programme a été mis en place par les autorités japonaises pour suivre la santé des habitants de la préfecture de Fukushima et en tirer des enseignements. Il repose sur quatre études épidémiologiques d'une durée de 30 ans, dont la première porte sur les 2,1 millions de personnes qui se trouvaient dans la préfecture de Fukushima au moment de l'accident. Trois populations à risque font l'objet d'un suivi plus poussé : les enfants, les évacués et les femmes enceintes.

Les femmes enceintes

Principaux enseignements tirés d'une enquête auprès de plus de 20 000 femmes enceintes :

- pas d'évolution significative du taux de fausses couches. Après une augmentation du taux de naissances prématurées entre 2011 et 2012 ce taux est à la baisse en 2013.
- s'agissant des malformations à la naissance, le taux est de 2,85 % pour les naissances entre août 2010 et juillet 2011. Ces chiffres sont comparables à la moyenne nationale japonaise qui est comprise entre 3 et 5 %.

360 000 vérifications de thyroïde

Tous les enfants âgés de moins de 18 ans en 2011 de la préfecture de Fukushima ont bénéficié d'un bilan thyroïdien. Ces examens vont se poursuivre dans les prochaines années. En 2015, plus d'une centaine de cancers ont été diagnostiqués, combien sont dus à l'accident de Fukushima ?

© AFP

APRÈS L'ACCIDENT…

Les CONSÉQUENCES d'un accident nucléaire se prolongent BIEN APRÈS la fin des rejets.

Gérer les conséquences pour la population

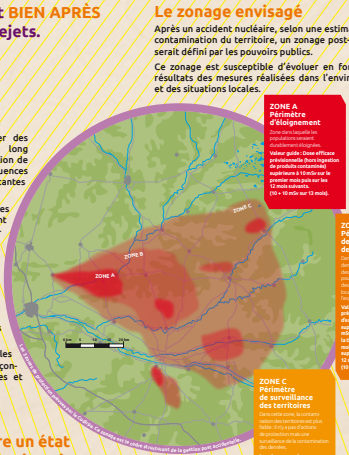
Les dépôts peuvent engendrer des conséquences sanitaires à long terme qu'il faut limiter. La gestion de l'accident peut avoir des conséquences économiques et sociales importantes dont il faut tenir compte :

- des personnes sont susceptibles d'être éloignées si les doses sont trop importantes, avec les conséquences sociales et psychologiques que cela peut entraîner ;
- des denrées issues des territoires contaminés qui seraient interdites à la consommation ;
- l'aide aux secteurs industriels, agricoles et touristiques qui seraient affectés par des pertes d'activité ;
- l'appui aux agriculteurs dont les denrées pourraient être soupçonnées à tort d'être contaminées et subir un boycott.

Le zonage envisagé

Après un accident nucléaire, selon une estimation de la contamination du territoire, un zonage post-accidentel serait défini par les pouvoirs publics.

Ce zonage est susceptible d'évoluer en fonction des résultats des mesures réalisées dans l'environnement et des situations locales.



Faire un état de la situation

L'importance des rejets et les conditions météorologiques du moment (direction et force du vent, pluie) détermineront l'étendue et les niveaux de contamination. En cas d'accident, des évaluations vont donner rapidement des indications pour gérer la situation. Les pouvoirs publics devront :

- cartographier précisément le niveau de contamination des territoires ;
- mesurer la radioactivité des biens et denrées.

Protéger et accompagner les populations

En France, le Comité directeur pour la gestion de la phase post accidentelle (Codirpa) a proposé des recommandations pour :

- accueillir et prendre en charge les populations (aspects sanitaires, médicaux et psychologiques) ;
- mesurer la contamination interne et externe des populations ;
- restreindre la consommation et la commercialisation des produits alimentaires et manufacturés ;
- indemniser les victimes ;
- soutenir et redéployer l'activité économique ;
- définir la stratégie de décontamination et de gestion des déchets radioactifs ;

Ces préconisations doivent être adaptées aux situations démographiques, industrielles et agricoles locales.

Elles se préparent avec les acteurs du territoire.

Ces actions ne seront efficaces que si elles peuvent être comprises et partagées par la société civile.

Même si un accident nucléaire est peu probable il faut bien se préparer en réfléchissant ensemble à toutes les conséquences qu'il pourrait avoir, afin de prendre les bonnes décisions.