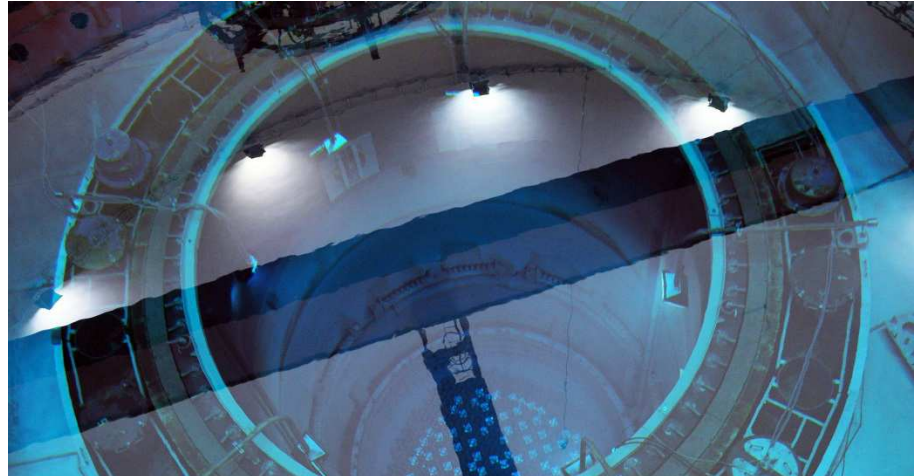


# Accident dans une centrale nucléaire suisse



## Définition

Tout état de l'installation s'écartant de l'exploitation normale dans une centrale nucléaire et réclamant l'intervention d'un système de sécurité est considéré comme une défaillance (ordonnance sur l'énergie nucléaire). Selon l'échelle internationale d'évaluation des incidents nucléaires (INES), on parle d'un accident nucléaire lorsque l'exposition supplémentaire de la population aux rayonnements est à peu près égale ou supérieure à l'exposition naturelle aux rayonnements. L'échelle d'évaluation compte 7 niveaux et est logarithmique : le passage au niveau suivant signifie un degré de gravité dix fois plus élevé. Les niveaux 1 à 3 décrivent des défaillances, les niveaux 4 à 7 des accidents avec libération de substances radioactives dans l'environnement.

Le déroulement d'un accident nucléaire peut être divisé en trois phases : la phase préliminaire qui va du début de l'incident à la fuite de la radioactivité, la phase nuage qui va de la fuite de la radioactivité au passage du nuage de particules et la phase sol pendant laquelle le sol contaminé continue à émettre un rayonnement radioactif.



## Exemples d'incidents

Mars 2011  
Fukushima (Japon)  
Accident après une  
catastrophe naturelle

Le 11 mars 2011, un séisme de magnitude 9,0 s'est produit au large des côtes du Japon et a déclenché un tsunami dévastateur qui a, entre autres, fortement endommagé la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi. Quatre des six réacteurs ont été détruits, avec une fusion du cœur dans les blocs 1 à 3.

De grandes quantités de matières radioactives ont été libérées et ont contaminé l'air, les sols, l'eau et les denrées alimentaires sur la terre et en mer. Environ 100 000 à 150 000 habitants ont dû quitter temporairement ou définitivement la zone autour de la centrale nucléaire. En raison de l'estimation de la radioactivité totale des substances libérées, l'autorité japonaise de régulation du secteur nucléaire a classé les incidents au niveau maximum 7 (« accident catastrophique ») de l'échelle internationale des incidents nucléaires.

Avril 1986  
Tchernobyl (Ukraine)  
Catastrophe nucléaire lors  
de tests

Suite à des déficiences fondamentales dans la construction du réacteur et à des erreurs de planification et de commande lors d'un test, une fusion du cœur et une explosion sont survenues dans le bloc 4 de la centrale nucléaire de Tchernobyl. L'accident de la centrale nucléaire a été classé au niveau 7 de l'échelle INES : de grandes quantités de diverses matières radioactives se sont échappées dans l'environnement en raison des explosions et de l'incendie subséquent dans le réacteur, les températures élevées de la combustion du graphite entraînant une dissémination à des altitudes élevées. En particulier des isotopes volatiles ont formé des aérosols dangereux, transportés à près de mille kilomètres dans un nuage ionisant, avant d'être lavés par la pluie dans l'atmosphère. Ce n'est que le 6 mai 1986 que la dissémination a en grande partie pu être interrompue. On estime que la catastrophe a provoqué la mort directe de 30 personnes et l'irradiation aigüe d'environ 200 personnes. Par ailleurs, des centaines de milliers de personnes ont été légèrement contaminées et d'autres centaines de milliers de personnes ont dû être évacuées.

Janvier 1969  
Lucens (Suisse)  
Fusion du cœur dans un  
réacteur expérimental

Le 21 janvier 1969, un accident d'intensité INES 5 est survenu dans la centrale nucléaire expérimentale de Lucens, inaugurée un an plus tôt. Lors de la remise en service après des travaux de révision, des problèmes du système de refroidissement ont entraîné une surchauffe des éléments combustibles et une fusion partielle du cœur. Malgré un arrêt d'urgence automatique, un tube de pression s'est rompu, entraînant entre autres un échappement de gaz radioactifs dans la caverne du réacteur (confinement). Le confinement n'a pu être qu'en partie scellé, des gaz ionisants sont parvenus dans l'environnement à travers des fuites. Le danger pour l'homme et l'environnement a pu être limité parce que le réacteur était construit dans une galerie souterraine. Les mesures effectuées par la suite n'ont montré aucune dose de rayonnement excessive dans le voisinage du réacteur. Les travaux de dépollution ont été achevés en mai 1973. Quelque 250 fûts de déchets radioactifs ont été sortis lors de la décontamination et du démantèlement subséquent du réacteur.

## Facteurs d'influence

Les facteurs suivants peuvent influencer sur l'apparition, le développement et les effets du danger.

Source de danger	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Quantité et nature des substances radioactives existantes et générées</li><li>▪ Type de réacteur / modèle, en particulier système de refroidissement</li><li>▪ Influences extérieures (dangers naturels, attentats terroristes)</li></ul>
Occurrence temporelle	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Heure de la journée, jour de la semaine (exposition des personnes, en particulier à l'air libre)</li><li>▪ Situation météo : direction et force du vent, précipitations pendant la dissémination</li></ul>
Lieu / Étendue	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Étendue spatiale de la phase nuage et de la phase sol</li><li>▪ Caractéristiques de la zone affectée (densité de la population, part de l'agriculture)</li></ul>
Déroulement de l'incident	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Temps de préalerte disponible</li><li>▪ Mode de dissémination :<ul style="list-style-type: none"><li>- filtrée</li><li>- non filtrée (différentes formes: fuite dans le confinement, explosion, chaleur des gaz d'échappement)</li></ul></li><li>▪ Comportement des forces d'intervention et des autorités responsables</li><li>▪ Réaction de la population et des politiques</li></ul>

## Interdépendances

Ci-après sont représentés les incidents et développements tirés de l'inventaire des dangers potentiels établi par l'Office fédéral de la protection de la population (OFPP) et pouvant être soit à l'origine soit la conséquence d'un accident de centrale nucléaire en Suisse.



## Scénario

### Intensité

Divers incidents d'intensité variable peuvent se produire en fonction des facteurs d'influence. Les scénarios suivants représentent une sélection parmi de nombreux incidents envisageables et ne constituent pas une prévision. Ces scénarios permettent d'anticiper les conséquences potentielles des incidents, afin de pouvoir s'y préparer.

#### 1 – important

- Défaillance avec un endommagement au cœur (fusion partielle du cœur)
- Défaillance du confinement et rejet non filtré de la radioactivité
- Moment de dissémination après le début de l'incident : 6 heures
- Termes-sources : iode : 1015 TBq, césium (classe Rb-Cs) : 1014 TBq, gaz rares : 3.1018 TBq
- Conditions météo : stables, sans pluie

#### 2 – majeure

- Défaillance majeure avec un grave endommagement au cœur
- Défaillance du confinement et rejet non filtré de la radioactivité
- Les termes-sources d'iode et de césium sont augmentés d'un facteur de 10 par rapport au scénario « important »
- Dissémination à 100% de gaz rares
- Moment de dissémination après le début de l'incident : 6 heures
- Conditions météo moyennes

#### 3 – extrême

- Défaillance majeure avec un grave endommagement au cœur
- Défaillance du confinement et rejet non filtré de la radioactivité
- Les termes-sources d'iode et de césium sont augmentés d'un facteur de 100 à 1000 par rapport au scénario « important ».
- Dissémination à 100% de gaz rares
- Moment de dissémination après le début de l'incident : 2 à 4 heures.
- Conditions météo : stables, sans pluie

### Choix du scénario

Pour cet exemple, un scénario d'intensité majeure a été sélectionné. Ce scénario est en principe possible en Suisse, bien que peu probable.

## Incident

### Situation initiale / Phase préliminaire

Aux environs de 4h00, une conduite de réfrigérant se rompt dans l'enceinte de sécurité d'une centrale nucléaire suisse. Un arrêt rapide du réacteur est alors immédiatement déclenché. Les autorités compétentes (IFSN, CENAL) sont immédiatement informées de l'incident. Après la défaillance du système de refroidissement d'urgence de la centrale, les éléments combustibles n'étant plus complètement immergés dans l'eau, la CENAL avertit les autorités cantonales. Pendant ce temps, la température dans le cœur du réacteur augmente à tel point qu'une partie du cœur fond.

### Phase de l'incident

Vers 6h30, une partie de la radioactivité s'échappe de la cuve de pression du réacteur en raison de la surchauffe et parvient dans l'enceinte de sécurité (confinement), où elle peut être retenue. Dans cette phase de l'incident, la CENAL impose des mesures de protection : la population est évacuée de la zone menacée. Si cela n'est pas possible, la population est invitée à se rendre dans les abris. Malgré l'alerte précoce, tout le monde ne peut pas être joint à temps et ne peut donc pas se mettre en sécurité suffisamment tôt.

Dans la suite de l'incident, une défaillance du confinement se produit, de telle sorte que, dès 10h00, la radioactivité s'échappe de manière incontrôlée et non filtrée pendant 2 heures. Les rares personnes qui se trouvent à l'air libre à proximité de l'installation sont exposées à une dose importante de rayonnement. Les valeurs limites de rayonnement sont dépassées jusqu'à une distance d'environ 100 km, avec une charge maximale à une distance de 10 km. Dans la zone de passage du nuage radioactif, le sol est contaminé à long terme.

Environ deux jours après le passage du nuage, les personnes qui se trouvent encore sur place sont évacuées de la zone la plus touchée. Beaucoup de personnes qui vivent plus loin quittent également la zone contaminée ainsi. Pour ce faire, tous les moyens de transport disponibles sont utilisés. Le trafic est chaotique et paralysé à différents endroits.

### Phase de régénération

La population des zones les plus touchées doit être déplacée de manière durable. Dans les régions moins gravement touchées, des consignes de comportement sont données à la population afin de réduire au minimum la contamination radioactive : en particulier, le séjour à l'air libre doit être limité au minimum et les produits agricoles doivent être soumis à un contrôle de contamination avant la vente. Un centre d'information est en outre mis en place pour les personnes touchées.

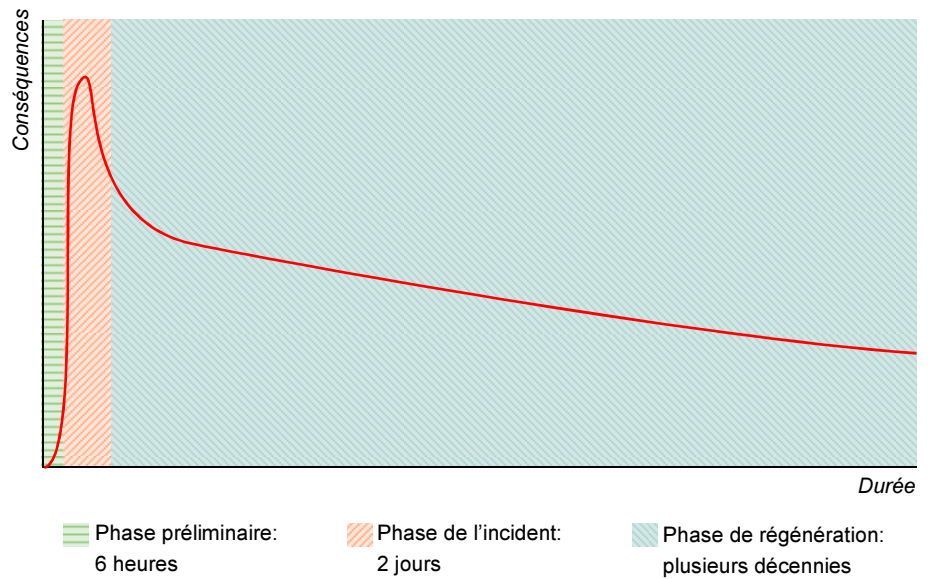
Là où c'est possible, la zone irradiée est décontaminée par le lavage des surfaces et l'enlèvement des sols contaminés. Ces travaux durent plusieurs années compte tenu de la grande étendue de la surface touchée. De grandes quantités de déchets radioactifs sont produites et doivent être convenablement entreposées pendant des décennies. Les zones qui ne peuvent pas être décontaminées sont interdites. Le trafic est fortement limité pendant un certain temps, jusqu'à ce que les axes principaux de circulation soient décontaminés et

de nouveau utilisables.

En comparaison avec les zones non touchées, les aires décontaminées continuent à présenter des niveaux de radiation élevés. En conséquence, l'économie y est fortement touchée.

Déroulement dans le temps

Après un délai de préalerte de quelques heures, la propagation du nuage radioactif dure environ 2 jours. Les mesures de décontamination dans les premières années peuvent permettre de réduire considérablement les effets. La régénération complète nécessite cependant des décennies.



Étendue spatiale

La zone la plus touchée est celle qui se trouve dans la direction du vent, jusqu'à distance d'environ 10 km. Aussi bien l'exposition radioactive à court terme qu'à long terme dépassent la valeur limite jusqu'à une distance de près de 100 km.

Conséquences

Personnes

En raison des accidents de travail durant les mesures d'urgence dans la centrale nucléaires concernée et des accidents de circulation causés par les personnes en fuite, il faut s'attendre à environ 20 cas de décès. Le nombre de personnes atteintes par le rayonnement reste toutefois faible, étant donné que la majeure partie de la population a pu se mettre en sécurité à temps grâce à l'alerte précoce. Seules quelques personnes qui se trouvaient encore en plein ont été affectées par le rayonnement. Les atteintes à la santé sont graves pour environ 60 personnes, modérées pour environ 250 personnes et légères pour environ 1400 personnes.

Près de 300 000 personnes fuient la zone affectée et sont en grande partie recueillies temporairement par des parents ou des connaissances. Toutefois, des milliers de personnes doivent être hébergées provisoirement et soignées dans des abris. De plus, des centaines de milliers de personnes doivent être

soumises à un contrôle de contamination radioactive au moment de quitter la zone affectée.

## Environnement

Une zone de plusieurs milliers de km<sup>2</sup> est radioactivement contaminée, mais la charge diminue fortement avec la distance. La contamination radioactive a été en partie étendue aux régions voisines par un nouveau tourbillonnement. Les eaux de surface, en particulier l'Aar, sont également affectées. L'eau nécessaire pour la décontamination pénètre partiellement dans les égouts, les usines de traitement des eaux usées et de là finalement dans les cours d'eau, entraînant ainsi un renouvellement continu de la radioactivité. La radioactivité baisse plus ou moins rapidement en fonction des substances libérées. De même, la contamination des sols diminue également fortement quelques jours après le passage du nuage. A titre de précaution, la CENAL a imposé une interdiction étendue de récolte et de pâturage dans les zones touchées.

## Économie

Dans la zone touchée, l'économie s'arrête temporairement. En particulier le tourisme, la production de denrées alimentaires et d'autres entreprises de production ont à moyen et long terme des difficultés à se remettre sur pied. Lorsque c'est possible, les sites de production sont transférés dans des zones non affectées. L'économie de la zone touchée est ainsi durablement perturbée.

Les terrains et les immeubles affectés perdent massivement de la valeur et la décontamination de la zone génère des coûts élevés. Dans le voisinage du lieu de l'incident, la décontamination n'est possible qu'en enlevant la couche supérieure du sol. Cela provoque une accumulation de grandes quantités de matières contaminées par la radioactivité, qui doivent être éliminées de façon appropriée.

Au total, les dommages économiques s'élèvent à des dizaines de milliards de francs.

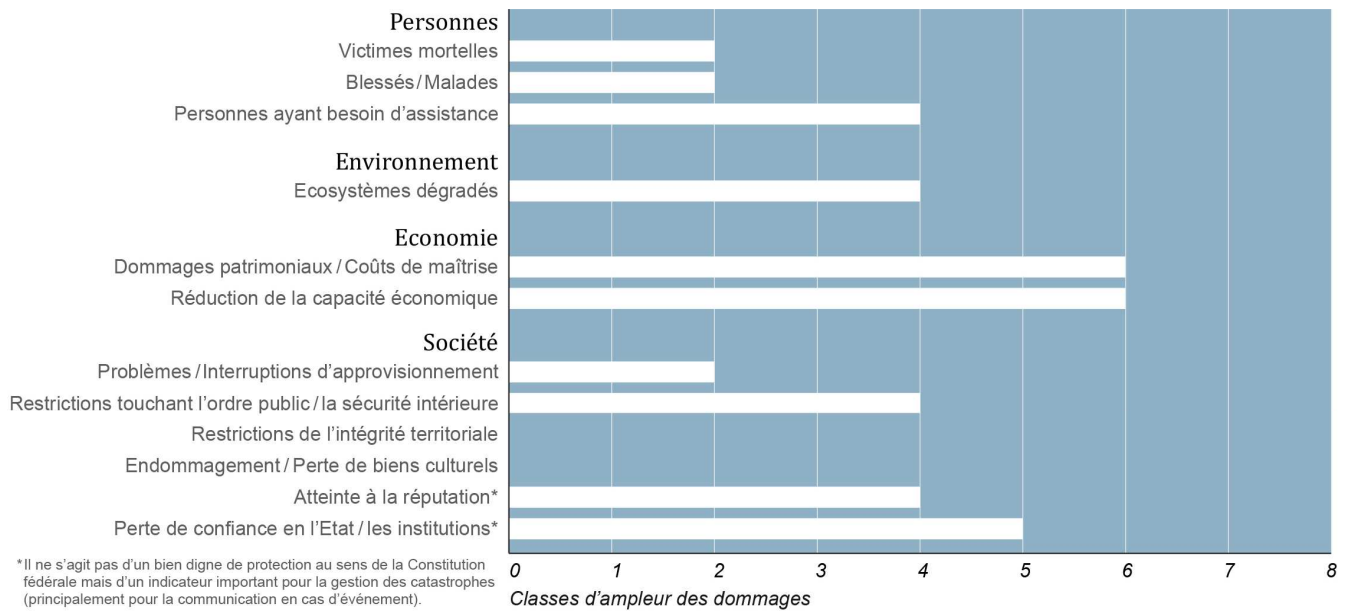
## Société

La zone la plus touchée est temporairement évacuée. En particulier au bord de la zone évacuée, là où il y a une faible exposition au rayonnement, il y a un risque de pillage. Ce risque doit être évité par des contrôles accrus des forces de sécurité.

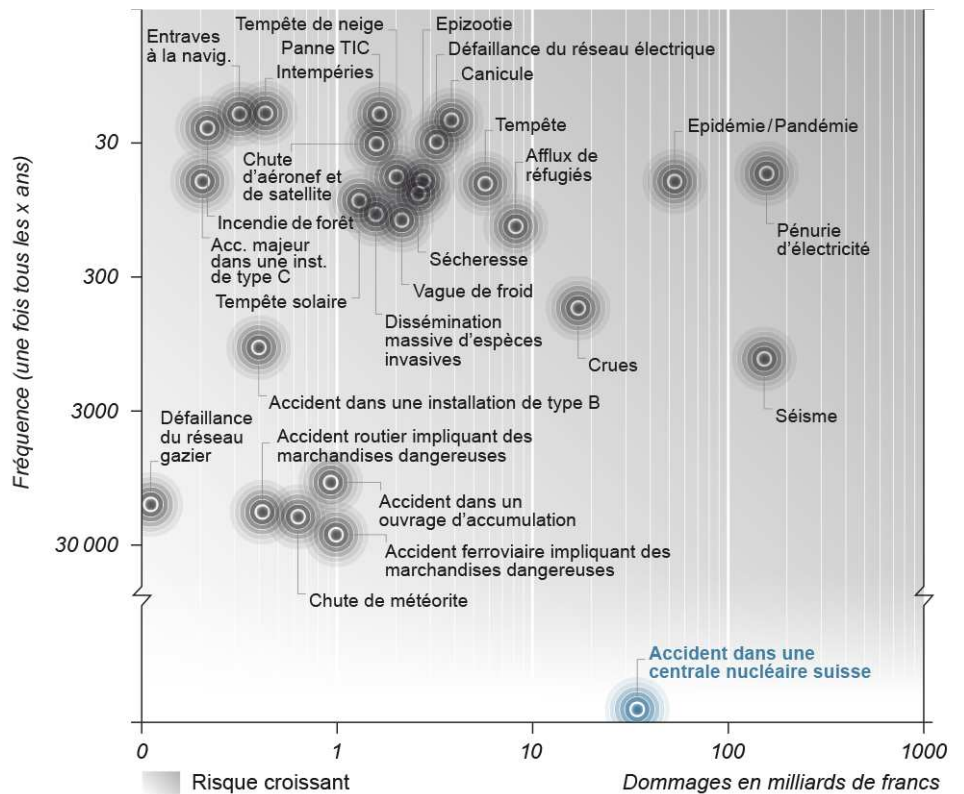
La population des régions les plus affectées est déplacée de manière durable. Même dans les zones moins touchées, beaucoup de personnes déménagent lorsqu'elles peuvent se le permettre.



**Diagramme des conséquences** Illustration de l'ampleur des dégâts attendus par indicateur de dommage dans le scénario décrit. Le dommage augmente du facteur 3 par classe d'ampleur.



**Diagramme des risques** Illustration du risque lié au scénario décrit, conjointement avec les autres scénarios de danger qui ont été analysés. Plus un scénario se situe en haut à droite, plus le risque qu'il représente est élevé. Les événements provoqués de manière délibérée sont assignés aux classes de plausibilité, les autres aux classes de fréquence. Les dommages sont agrégés et monétarisés.



## Bases et références

Constitution	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Article 90 (Énergie nucléaire)</li> <li>▪ Article 196, ch. 4 (Dispositions transitoires)</li> </ul>
Lois	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Loi du 22 mars 1991 sur la radioprotection (LraP) ; RS 814.50.</li> <li>▪ Loi du 21 mars 2003 sur l'énergie nucléaire (LEnu) ; RS 732.1.</li> <li>▪ Loi du 4 octobre 2002 sur la protection de la population et sur la protection civile (LPPCi) ; RS 520.1</li> </ul>
Ordonnances	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ordonnance du 20 octobre 2010 sur la protection d'urgence (OPU) ; RS 732.33</li> <li>▪ Ordonnance du 20 octobre 2010 sur les interventions ABCN ; RS 520.17</li> <li>▪ Ordonnance du 26 juin 1995 sur les substances étrangères et les composants (OSEC) ; RS 817.021.23</li> </ul>
Autres documents et sources	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Laboratoire de Spiez, 2009 : Concept technique de protection ABC. Scénarios de référence. Laboratoire de Spiez, Office fédéral de la protection de la population, Spiez</li> <li>▪ OFPP, 2003 : KATARISK Catastrophes et situations d'urgence en Suisse. Une appréciation des risques du point de vue de la protection de la population. Office fédéral de la protection de la population, Berne</li> <li>▪ OFSP, 2007 : Radioactivité et radioprotection. Office fédéral de la santé publique, Berne.</li> <li>▪ IFSN, 2011 : Conséquences de Fukushima 11032011. Conséquences radiologiques des accidents nucléaires de Fukushima du 11.03.2011. Inspection fédérale de la sécurité nucléaire, Brugg.</li> <li>▪ DSN, 2006 : Scénarios de référence pour la protection en cas d'urgence au voisinage des centrales nucléaires suisses. Division principale de la sécurité des installations nucléaires, Würenlingen.</li> <li>▪ ComABC, 2006 : Concept de protection en cas d'urgence au voisinage des installations nucléaires. ComABC 2006-03-D. Commission fédérale pour la protection ABC, Spiez.</li> <li>▪ ComABC, 2003 : Mise en œuvre CMD. "Massnahmen im Bereich Aufenthaltsbeschränkung, Transit und Kontaminationskontrolle im Falle eines KKW-Unfalls". Groupe de travail Évaluation et contre-mesures, Commission fédérale pour la protection ABC ComABC, Spiez.</li> </ul>
Source de la photo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ KKW Leibstadt</li> </ul>