



Accident dans une centrale nucléaire



Le présent dossier fait partie de l'analyse nationale des risques « Catastrophes et situations d'urgence en 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 au sens de l'ordonnance sur l'énergie nucléaire.

L'échelle internationale d'évaluation des incidents nucléaires (International Nuclear Event Scale, INES) 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 en quantité croissante 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.

novembre 2020





Exemples d'événements

Les exemples concrets aident à mieux comprendre la nature d'un type d'événement. Ils illustrent la manière dont il survient, son déroulement et ses conséquences.

<p>Mars 2011 Fukushima (Japon)</p> <p>Accident après une catastrophe naturelle</p>	<p>Le 11 mars 2011, un séisme de magnitude 9,0 se produit au large des côtes du Japon et déclenche un tsunami dévastateur qui endommage fortement la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi. Quatre des six réacteurs sont détruits, avec une fusion du cœur dans les blocs 1 à 3. De grandes quantités de matières radioactives sont libérées et contaminent l'environnement. Quelque 150 000 riverains doivent 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 classe les incidents au niveau maximum 7 (« accident catastrophique ») de l'échelle INES. Selon les autorités japonaises, personne n'est gravement irradié. Dans le cadre de l'évacuation, on dénombre immédiatement 60 décès. Le nombre de décès à long terme lié à l'évacuation est estimé à environ 2000 jusqu'en 2017. À cette date, le cout des travaux de décontamination s'élève à quelque 26 milliards de francs. Le retour de la population déplacée s'annonce difficile, même après les mesures d'assainissement.</p>
<p>Avril 1986 Tchernobyl (Ukraine)</p> <p>Catastrophe nucléaire lors de tests</p>	<p>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 surviennent le 26 avril 1986 dans le bloc 4 de la centrale nucléaire de Tchernobyl. L'accident est classé au niveau 7 de l'échelle INES. De grandes quantités de diverses matières radioactives s'échappent 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 haute altitude. En particulier des isotopes volatiles forment 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 est en grande partie interrompue. On estime que la catastrophe provoque la mort directe de 30 personnes et l'irradiation aiguë d'environ 200 personnes. Par ailleurs, des centaines de milliers de personnes sont légèrement contaminées et d'autres centaines de milliers sont évacuées.</p>
<p>Janvier 1969 Lucens (Suisse)</p> <p>Fusion du cœur dans un réacteur expérimental</p>	<p>Le 21 janvier 1969, un accident d'intensité INES 5 survient 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 entraînent une surchauffe des éléments combustibles et une fusion partielle du cœur. Malgré un arrêt d'urgence automatique, un tube de pression se rompt, causant entre autres un échappement de gaz radioactifs dans la caverne du réacteur (confinement). Le confinement ne peut être qu'en partie scellé, des gaz ionisants parviennent dans l'environnement à travers des fuites. Le danger pour l'homme et l'environnement est limité, le réacteur étant construit dans une galerie souterraine. Les mesures effectuées par la suite ne montrent aucune dose de rayonnement excessive dans le voisinage du réacteur. Les travaux de dépollution sont achevés en mai 1973. Quelque 250 fûts de déchets radioactifs sont sortis lors de la décontamination et du démantèlement subséquent du réacteur.</p>



Facteurs d'influence

Les facteurs suivants peuvent influencer sur la survenance, l'évolution et les conséquences d'un événement.

Source de danger	<ul style="list-style-type: none">– Quantité et nature des substances radioactives existantes et générées– Type de réacteur / modèle– Influences extérieures (dangers naturels, attentats terroristes)
------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Moment	<ul style="list-style-type: none">– Heure de la journée, jour de la semaine, saison (exposition des personnes, en particulier à l'air libre)– Situation météo : direction et force du vent, précipitations pendant la dissémination
--------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Localisation / étendue	<ul style="list-style-type: none">– Étendue de la phase nuage et de la phase sol– Caractéristiques de la zone affectée (densité de population, part de l'agriculture)
------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Déroulement	<ul style="list-style-type: none">– Temps de préalerte disponible– Mode de dissémination :<ul style="list-style-type: none">– filtrée– non filtrée (p. ex. fuite dans le confinement après une explosion)– Comportement des forces d'intervention et des autorités responsables– Réaction de la population et des politiques
-------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Intensité des scénarios

Selon les facteurs d'influence, différents événements peuvent se dérouler avec des intensités différentes. Les scénarios ci-après représentent un choix parmi de nombreuses possibilités et ne constituent pas une prévision. Ils permettent d'anticiper les conséquences potentielles d'un événement afin de pouvoir s'y préparer.

- 1 – Considérable
- Défaillance avec un endommagement au cœur (fusion partielle du cœur)
 - Défaillance du confinement et rejet non filtré de la radioactivité
 - Moment de la dissémination après le début de l'incident : 12 heures
 - Termes-sources : iode : 10^{15} Bq, césium (classe Rb-Cs) : 10^{14} Bq, gaz rares : 3.10^{18} Bq
 - 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 « considérable »
 - Dissémination à 100% de gaz rares
 - Moment de la dissémination après le début de l'incident : 9 heures
 - Conditions météo moyennes
-

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



Scénario

Le scénario suivant est fondé sur le degré d'intensité majeur.

Situation initiale / phase préliminaire	<p>Aux environs de 4 h 00, 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 par l'exploitant. L'IFSN tient la CENAL informée en permanence de l'évolution de la situation. La CENAL convoque une conférence téléphonique à laquelle participent l'exploitant, l'IFSN et l'état-major de conduite du canton. Après la conférence, elle informe les autorités de tous les cantons.</p> <p>Après la défaillance du système de refroidissement d'urgence de la centrale, les éléments combustibles ne sont plus suffisamment refroidis. Pendant ce temps, la température dans le cœur du réacteur augmente à tel point qu'une partie du cœur fond. Vers 6 h 30, 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 confinement où elle peut être retenue. Dans cette phase de l'incident, la CENAL impose des mesures de protection conformément au plan de mesures à prendre en fonction des doses (ordonnance sur l'État-major Protection de la population). Sur la base des prévisions de l'IFSN concernant l'évolution de la situation et en raison du risque de dissémination de substances radioactives dans l'atmosphère, la population est évacuée de la zone menacée. Malgré l'alerte précoce par message ICARO (Information Catastrophe Alarme Radio Organisation) à la radio et via l'application Alertswiss, tout le monde ne peut pas être joint à temps et ne peut donc pas se mettre en sécurité suffisamment tôt.</p>
Phase de l'événement (phase nuage)	<p>Dans la suite de l'incident, une défaillance du confinement se produit, de telle sorte que, dès 13 h 00, la radioactivité s'échappe de manière incontrôlée et non filtrée pendant deux heures. Les rares personnes qui se trouvent à l'air libre à proximité de l'installation sont exposées à une dose importante de rayonnement. Jusqu'à une distance de 20 km environ, les personnes sans protection subissent une dose relativement élevée. Elle peut dépasser 10 mSv pour les personnes se trouvant à l'intérieur dans la zone 2, jusqu'à 50 km environ dans la direction du vent. Dans la zone de passage du nuage radioactif, le sol est contaminé à long terme.</p>
Phase de rétablissement	<p>Après le passage du nuage, les personnes qui se trouvent encore sur place sont évacuées de la zone la plus touchée dans les heures ou les jours qui suivent. Pour ce faire, tous les moyens de transport disponibles sont utilisés. La circulation est difficile à différents endroits. Beaucoup de personnes qui vivent plus loin quittent également la zone contaminée par leurs propres moyens et de leur propre initiative.</p> <p>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 afin de réduire le plus possible 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.</p> <p>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. D'importantes quantités de déchets radioactifs sont</p>



produites et doivent être convenablement entreposées pendant des décennies. Les zones qu'il est impossible de décontaminer sont interdites. Le trafic est fortement limité pendant un certain temps, jusqu'à ce que les principaux axes de circulation soient décontaminés et de nouveau utilisables.

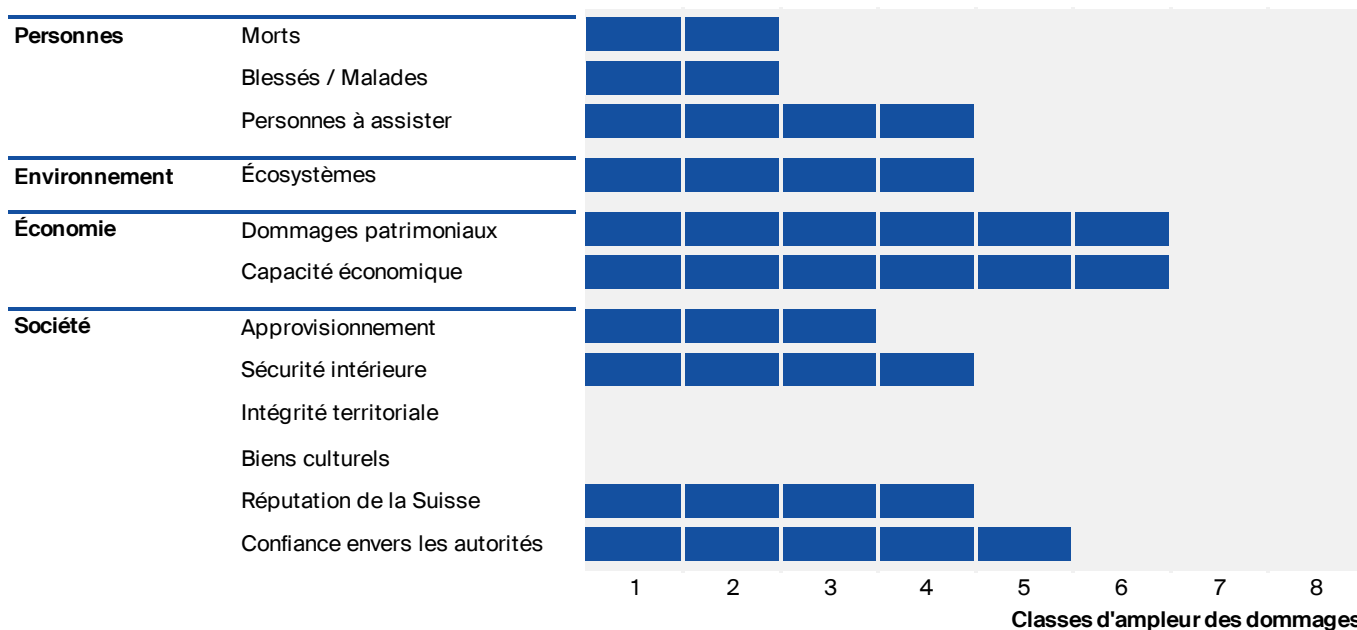
Déroulement dans le temps	Après un délai de préalerte de quelques heures, la propagation du nuage radioactif dure environ deux jours. Les mesures de décontamination dans les premières années peuvent permettre de réduire considérablement les effets. Le rétablissement complet nécessite cependant des décennies.
---------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Extension dans l'espace	La zone la plus touchée est celle qui se trouve dans la direction du vent, à proximité immédiate de la centrale nucléaire. Une contamination radioactive à long terme de périmètres importants est envisageable. L'étendue de la zone touchée dépend en grande partie de la situation météorologique.
-------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Conséquences

Pour évaluer les conséquences d'un scénario, on l'examine à l'aune de douze indicateurs répartis dans quatre domaines. L'ampleur attendue du scénario décrit est représentée dans le diagramme et commentée dans le texte ci-après. Chaque classe d'ampleur supérieure correspond à une augmentation des dommages de facteur trois.



Personnes

Le nombre de personnes atteintes par le rayonnement reste faible, la majeure partie de la population ayant pu se mettre en sécurité à temps grâce à l'alerte précoce. Seules quelques personnes qui se trouvaient encore en plein air sont affectées par le rayonnement. Quelques autres ont été exposées aux radiations dans la centrale.

Près de 300 000 personnes fuient la zone affectée et sont en grande partie recueillies temporairement par des parents ou des connaissances. Il faut s'attendre à des accidents de la circulation faisant une vingtaine de morts, plusieurs dizaines de blessés graves et plusieurs centaines de blessés moyens ou légers.

La majorité des personnes évacuées ou fuyant de leur propre initiative sont hébergées provisoirement par des parents ou des connaissances. Toutefois, des milliers de personnes doivent être hébergées provisoirement et soignées dans des logements de fortune. De plus, des centaines de milliers de personnes doivent être soumises à un contrôle de contamination radioactive au moment de quitter la zone affectée.

L'événement et ses conséquences ont un effet traumatisant, notamment pour des personnes âgées (insécurité, peur, déracinement, perte de sens). Il en découle des atteintes à la santé.



environnement Une zone de plusieurs milliers de km² subit une contamination radioactive, mais la charge diminue fortement avec la distance. La contamination est 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. A titre de précaution, la CENAL impose 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 impactée.

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.

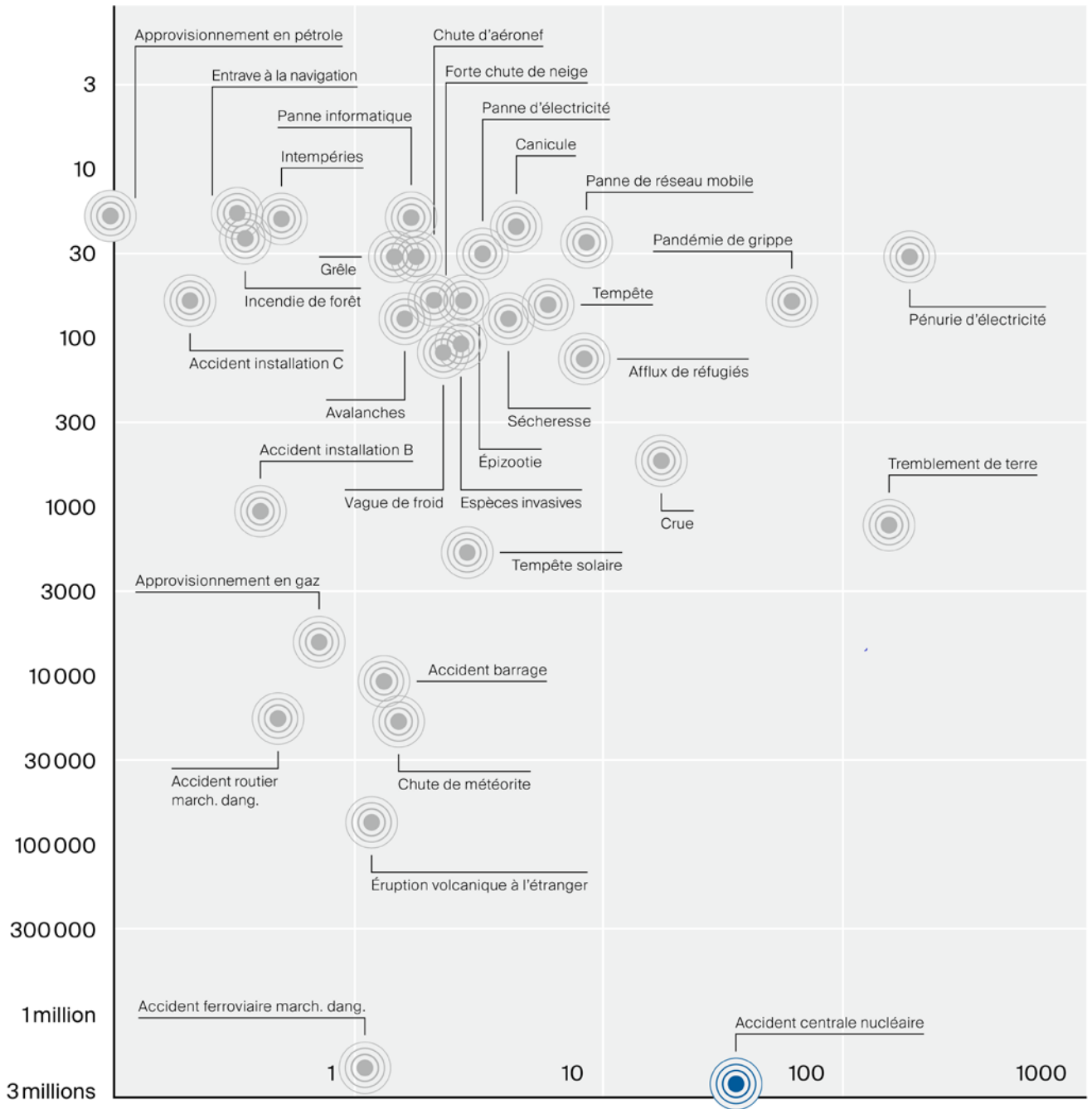


Risque

Le risque lié au scénario décrit est comparé aux risques des autres scénarios analysés dans une matrice des risques (voir ci-dessous). La probabilité d'occurrence y est saisie comme une fréquence (une fois tous les x ans) sur l'axe des y (échelle logarithmique) et l'ampleur des dommages est agrégée et monétarisée en CHF sur l'axe des x (échelle logarithmique également). Le produit de la probabilité d'occurrence et de l'ampleur des dommages représente le risque lié à un scénario. Plus un scénario se situe en haut à droite de la matrice, plus le risque est élevé.

Fréquence

Une fois tous les x ans



Ampleur agrégée monétarisée en milliards de francs



Bases juridiques

- Constitution
- Articles 90 (Énergie nucléaire) et 196 (Dispositions transitoires) de la Constitution fédérale de la Confédération suisse du 18 avril 1999 ; RS 101.
-
- Lois
- Loi du 20 décembre 2019 sur la protection de la population et sur la protection civile (LPPCi) ; RS 520.1
 - Loi du 21 mars 2003 sur l'énergie nucléaire (LENu) ; RS 732.1.
 - Loi du 22 mars 1991 sur la radioprotection (LraP) ; RS 814.50.
-
- Ordonnances
- Ordonnance du 2 mars 2018 sur l'État-major fédéral Protection de la population (OEMFP) ; RS 520.17.
 - Ordonnance du 14 novembre 2018 sur la protection d'urgence (OPU) ; RS 732.33.
 - Ordonnance du 26 avril 2017 sur la radioprotection (ORaP) ; RS 814.501
 - Ordonnance du DFI du 16 décembre 2016 sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche accessibles au public (OPBD) ; RS 817.022.11.
 - Ordonnance du 16 décembre 2016 sur contaminants (OCont) ; RS 817.022.15.



Informations complémentaires

Au sujet du danger d'accident dans une centrale nucléaire

- Blättler / Cartier / Schmid (2003): Umsetzung DMK. Massnahmen im Bereich Aufenthaltsbeschränkung, Transit und Kontaminationskontrolle im Falle eines KKW-Unfalls. Eidgenössische Kommission für ABC-Schutz (KomABC), Spiez.
 - Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) (2016) : Rapport final plan d'action Fukushima. IFSN, Brugg.
 - Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) (2014): ENSI-AN-8293. Examen des scénarios de référence pour la planification d'urgence au voisinage des centrales nucléaires. IFSN, Brugg.
 - Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) (2011): Conséquences de Fukushima 11032011. Conséquences radiologiques des accidents nucléaires de Fukushima du 11.03.2011. IFSN, Brugg.
 - Office fédéral de la protection de la population (OFPP) (2015) : Concept de protection d'urgence en cas d'accident dans une centrale nucléaire en Suisse. OFPP, Berne.
 - Office fédéral de la protection de la population (OFPP) (2015) : Guide pour la protection des infrastructures critiques. OFPP; Berne.
 - Office fédéral de la protection de la population (OFPP) / Office fédéral de l'environnement (OFEV) (2015) : Scénarios de référence ABCN. OFPP et OFEV, Spiez.
 - Office fédéral de la santé publique (OFSP) (2007) : Radioactivité et radioprotection. OFSP, Berne.
-

Au sujet de l'analyse nationale des risques

- Office fédéral de la protection de la population (OFPP) (2020) : À quels risques la Suisse est-elle exposée ? Catastrophes et situations d'urgence en Suisse 2020. OFPP, Berne.
- Office fédéral de la protection de la population (OFPP) (2020) : Méthode d'analyse nationale des risques. Catastrophes et situations d'urgence en Suisse 2020. Version 2.0. OFPP, Berne.
- Office fédéral de la protection de la population (OFPP) (2020) : Rapport sur l'analyse nationale des risques. Catastrophes et situations d'urgence en Suisse 2020. OFPP, Berne.
- Office fédéral de la protection de la population (OFPP) (2019) : Liste des dangers. Catastrophes et situations d'urgence en Suisse. 2e édition. OFPP, Berne.