

Modélisation d'un accident majeur dans cinq centrales nucléaires pour 365 situations météorologiques en Europe occidentale et analyse des impacts potentiels sur les populations, les sols et les pays touchés

IB, série études stratégiques
Institut Biosphère
Genève

Etude réalisée sur mandat

de l'association *Sortir du Nucléaire Suisse Romande*

Titre original de l'étude

Modeling of a Major Accident in Five Nuclear Power Plants From 365 Meteorological Situations in Western Europe and Analysis of the Potential Impacts on Populations, Soils and Affected Countries URL : https://www.institutbiosphere.ch/eunupri_2019.html

Auteurs

- Piguet Frédéric-Paul, Docteur en Géosciences et environnement, Institut Biosphère, Genève
- Eckert Pierre, Dr. en physique, météorologue, Grand-Saconnex
- Deriaz Bastien, MSc, Institut des sciences de l'environnement, Université de Genève
- Knüsli Claudio, Dr en médecine interne / oncologie, FMH, IPPNW (Suisse), Lucerne
- Giuliani Gregory, Institut des sciences de l'environnement, Université de Genève
- Ce rapport a reçu le soutien intellectuel de quatre experts anonymes et les critiques constructives de deux pairs évaluateurs.

Résumé de la méthodologie et des résultats d'ensemble

L'étude évalue la probabilité d'un accident nucléaire majeur, le dépôt de matières radioactives au sol, le nombre de personnes impactées et les effets sur la santé des rayonnements ionisants émis par les éléments radioactifs. Elle évalue en outre le nombre de personnes à évacuer préventivement et celles ayant besoin d'une réinstallation sur le long terme après l'accident. Elle quantifie finalement la superficie des terres agricoles perdues en raison de la radio-contamination.

Sur le plan méthodologique, l'étude modélise un accident nucléaire majeur dans 5 réacteurs nucléaires d'Europe occidentale, en tenant compte de 365 situations météorologiques réelles, une pour chaque jour de l'année 2017. Les fichiers météo de l'année 2017 ont été utilisés avec le modèle de dispersion *Hysplit* pour étudier le transport des radioéléments dans l'atmosphère (sur 100 m. depuis le sol).

Les réacteurs étudiés sont ceux des centrales nucléaires du Bugey en France, Beznau, Gösgen, Leibstadt et Mühleberg en Suisse. Les montants de radioactivité qu'ils rejetteraient se situent entre les montants des accidents de Fukushima et de Tchernobyl, en partant de la littérature sur les rejets. En tout, l'étude a simulé le rejet de 32 radionucléides, leur transport atmosphérique et leur dépôt sur les sols. Les données démographiques et celles sur les différents types de couverture du sol ont été traitées par le système d'information géographique *QG/S*, afin de quantifier différents impacts.

Les effets sur la santé ont été estimés à partir des doses efficaces collectives engagées (en Sievert). Trois types d'impact sanitaire ont été étudiés : 1° cancers, 2° maladies cardiovasculaires (infarctus du myocarde, maladies vasculaires cérébrales), 3° autres maladies non cancéreuses (génétiques, respiratoires et digestives, endocrinienne, mentales, immunitaires, stérilité,..).

L'étude a mis en évidence que – outre la négligence humaine, voire sa malveillance – l'aléa météorologique joue un rôle important dans la définition du dommage. Ainsi, du décile le plus bas au plus élevé, le nombre de victimes peut varier d'un facteur 4. Et un facteur 20 ou supérieur est caractéristique de l'écart entre les centiles situés entre les deux extrêmes.

Les chiffres donnés dans ce paragraphe sont les chiffres moyens pour la centrale la moins impactante d'une part, et la plus impactante d'autre part. En cas d'accident dans un des réacteurs étudiés, entre 16,4 et 24 millions d'habitants en moyenne, seraient affectés par une forte contamination radioactive. Entre 27'500 et près de 68'500 personnes souffriraient d'un cancer radio-induit ou de maladies cardiovasculaires radio-induites. Du côté de la protection d'urgence, le nombre de personnes susceptibles de recevoir une dose élevée (≥ 100 millisievert) est tel – 110'000 à 268'000 – que la protection civile serait incapable de réagir de manière préventive pour mettre à l'abri les personnes les plus exposées (en violation des différentes normes légales). Le nombre de personnes qui devraient être évacuées et réinstallées sur le long terme se situerait en moyenne entre 250'000 et 500'000. En outre, la superficie totale des pâturages et des terres cultivées qui ne seraient plus disponibles pour au moins une récolte, et probablement pour au moins quelques années, se situerait entre 16'000 et 37'000 km² en Europe, soit entre 2/5 et 9/10 de la superficie de la Suisse.

En considérant l'ensemble des impacts combinés, un accident nucléaire majeur aurait des conséquences sanitaires, migratoires, économiques, institutionnelles et politiques graves pour les pays les plus touchés (Suisse, Allemagne, France, Italie ou Autriche).

Si la France était singulièrement touchée par un accident majeur à la centrale nucléaire du Bugey, on peut se demander si elle pourrait porter seule un désastre qui s'apparenterait à une guerre régionale menaçant l'ensemble de ses habitants sur les plans que l'on vient de mentionner. Quant à la Suisse, si son petit territoire était fortement impacté, outre des problèmes similaires à la France, la question est de savoir si elle ne disparaîtrait pas – finalement – des scènes européenne et internationale en tant que pays uni et indépendant. Enfin, dans le cas où deux (ou trois) pays seraient fortement touchés par le même accident, se poserait immanquablement la question de l'imputation des responsabilités pour pollutions transfrontalières prévisibles, sur fond de crise sanitaire, et migratoire, et des solidarités, dans des proportions plus inquiétantes qu'aujourd'hui.

Comparaison aux rejets de Tchernobyl et Fukushima des rejets utilisés pour simuler un accident majeur dans 1 réacteur de la centrale nucléaire du Bugey

Comparaison, par rapport aux accidents de Tchernobyl et de Fukushima, des rejets radioactifs à la centrale nucléaire du Bugey (Bq/Bq et Sv/Sv) moyenne sur les 365 situations étudiées					
	Bugey/Tchernobyl			Bugey/Fukushima	
	rejets (Bq/Bq) selon AIEA 2006+2015	impacts sanitaires (Sv/Sv) selon AIEA 2006+2015	impacts sanitaires (Sv/Sv) selon OCDE 1995	rejets (Bq/Bq) selon AIEA 2015	impacts sanitaires (Sv/Sv) ¹ selon AIEA 2015
gaz rares	0,79	0,79	0,0757	0,57	0,57
aérosols	0,43	0,49	0,0007	3,93	4,33
métaux réfractaires	0,13	0,06	0,0007	600	116

Le ratio Sv/Sv ne prend pas en compte les densités de population. Il vise toutefois à comparer des rejets dont la proportion des éléments diffère, pour mieux comprendre leur potentiel théorique de dommage sanitaire.

La quantité des métaux réfractaires rejetée par le Bugey serait très importante en regard de Fukushima, mais faible en regard de Tchernobyl. Comme l'essentiel de l'impact sanitaire est dû aux aérosols, ces écarts comptent toutefois peu.

Résultats en cas d'accident nucléaire majeur à la centrale du Bugey (1 réacteur impliqué)

La population impactée en Europe serait en moyenne de 24 millions de personnes, 78% en France.

Concernant l'impact sanitaire, le modèle de calcul le plus pertinent (dit Modèle B) prend en compte les études réalisées de 2005 à 2017 pour une réactualisation des risques de cancers radio-induits², et il inclut le risque de maladies cardio-vasculaires. Ce modèle donne les résultats suivants (en moyenne) :

- Cancers radio-induits en Europe, 31'279, dont 15'640 décès.
- Maladies cardiovasculaires radio-induites en Europe, 11'730, dont 3'910 décès
- En France, 30'450 cas de maladies graves et 13'841 décès radio-induits (71%, de l'effectif européen).

Dans certaines situations météorologiques (décile le plus élevé selon l'impact sanitaire), le nombre total moyen de maladies radio-induites graves (cancer et cardiovasculaires) serait $\geq 70'366$ cas (en Europe, dont $\geq 51'464$ en France). Décile inférieur $\leq 18'126$ cas en Europe et $\leq 10'088$ en France.

Selon le modèle (dit Modèle C) qui évalue les autres pathologies, parmi lesquelles les malformations congénitales et modifications génétiques, le nombre de victimes est supérieur à celui des cancers estimés par le modèle B. Les cas de maladies non-cancéreuses radio-induites pourraient se compter en millions à la suite d'un accident nucléaire majeur au Bugey.

Par ailleurs, selon l'approche de l'alerte préventive, lors d'un accident au Bugey, 116'000 personnes (en moyenne) seraient menacées d'une dose ≥ 100 mSv. Quant aux déciles situés à chacun des extrêmes de la distribution, ils vont de 0 à $\geq 342'035$ personnes (pour un centile supérieur $\geq 1'282'260$ personnes). Ces chiffres sont à mettre en perspective, sachant que la norme maximale d'exposition du public est de 1 mSv/an en temps normal et celle des travailleurs du nucléaire de 20 mSv/an.



¹ Le rapport Sv/Sv est détaché de tout territoire concret et des gens qui s'y trouvent. C'est un potentiel déterritorialisé.

² Le modèle B reprend, sur la question du nombre de cancers radioinduits, les principes du modèle A de l'Organisation internationale de la santé. Il en diffère sur l'appréciation quantitative des cancers radioinduits.

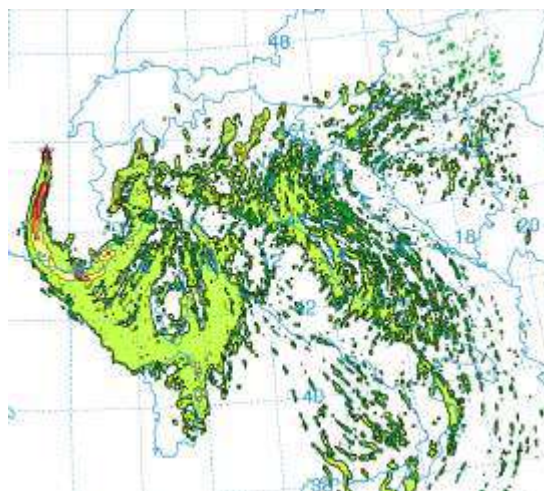
Pour la centrale nucléaire du Bugey, une dose ≥ 20 mSv au cours de l'année suivant l'accident équivaut à une zone contaminée $\geq 1'480$ kBq/m² de Césium 137. Il faudrait alors déplacer durablement 217'000 personnes hors de cette zone (en moyenne) pour les reloger ailleurs. *Et, chiffres non publiés dans l'article : décile inférieur $\leq 58'000$ et décile supérieur $\geq 473'000$ personnes à déplacer et reloger ailleurs ; quant aux centiles le plus bas et le plus élevé des personnes à déplacer et reloger ailleurs ils seraient $\leq 21'000$ et $\geq 1'379'000$ respectivement.*

Concernant la pollution des sols en km², les surfaces contaminées par plus de 37 kBq/m² de Césium 137 seraient, en moyenne, de 52'191 km² dont 19'202 km² de surfaces agricoles (Europe). Les surfaces contaminées à plus de 1'480 kBq/m² en Césium 137 seraient de 1'384 km², dont 671 km² de surfaces agricoles.

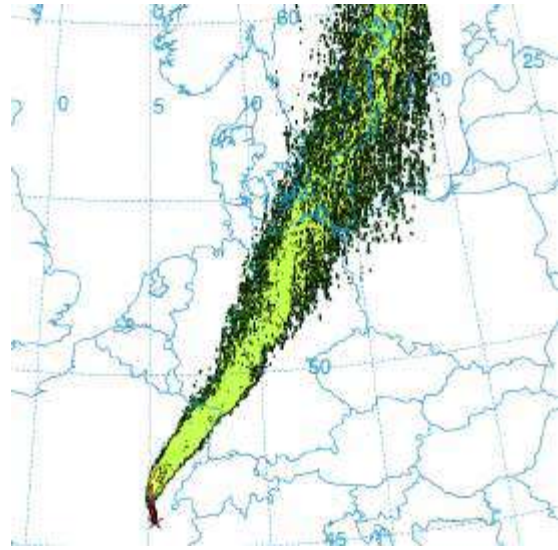
Quelques cartes sur les effets d'un accident nucléaire majeur au Bugey

Légende 1 : Inhalation et exposition externe du nuage de 17 aérosols	Légende 2 : Dépôts radioactifs des nuages d'aérosols
 <ul style="list-style-type: none"> ≥ 100 mSv ≥ 50 mSv ≥ 20 mSv ≥ 6 mSv ≥ 1 mSv ≥ 0.2 mSv 	 <ul style="list-style-type: none"> $\geq 1,480$ kBq/m² of ¹³⁷Cs ≥ 555 kBq/m² of ¹³⁷Cs ≥ 185 kBq/m² of ¹³⁷Cs ≥ 37 kBq/m² of ¹³⁷Cs ...
<p>Inhalation et exposition externe au nuage radioactif, simulation sur 72h (La date indiquée est celle du départ des simulations)</p>	<p>Dépôts des 17 aérosols selon le critère des dépôts de Césium 137 Dépôts après simulation de 72h</p>

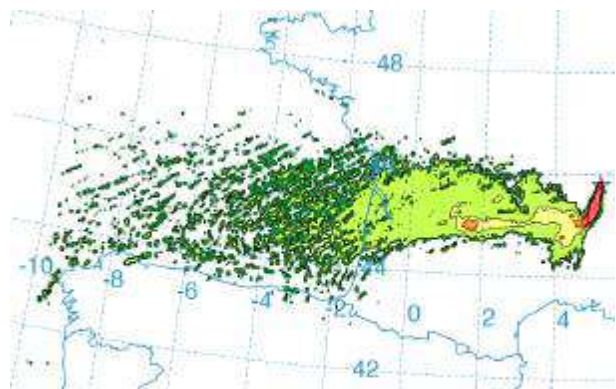
22 février 2017



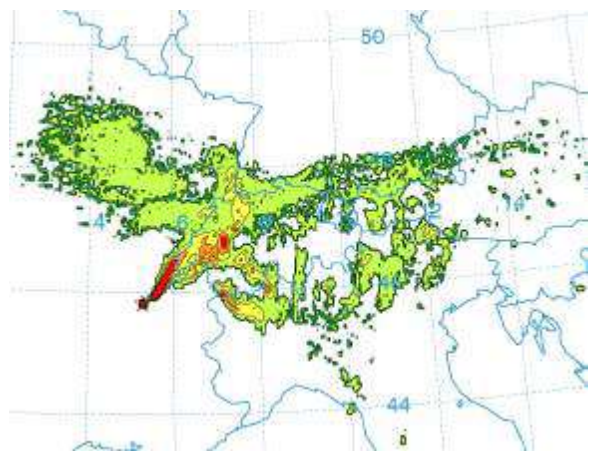
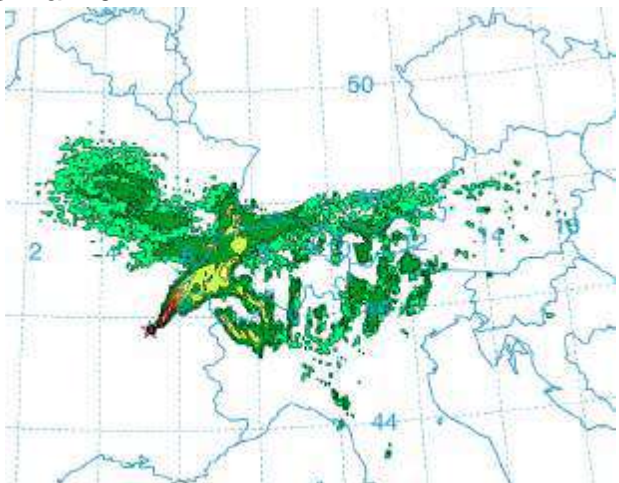
27 février 2017



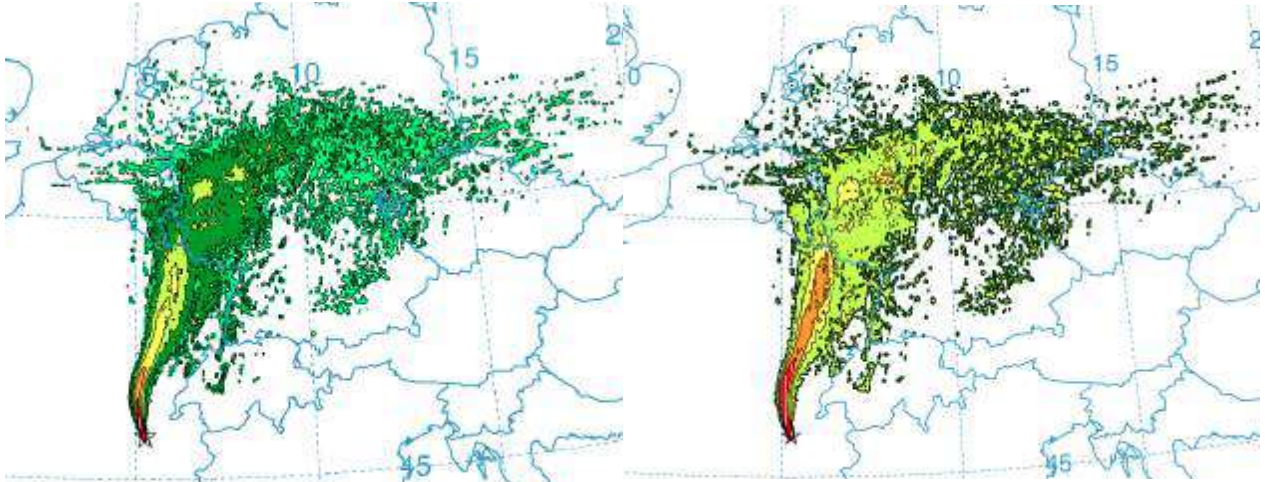
24 mars 2017



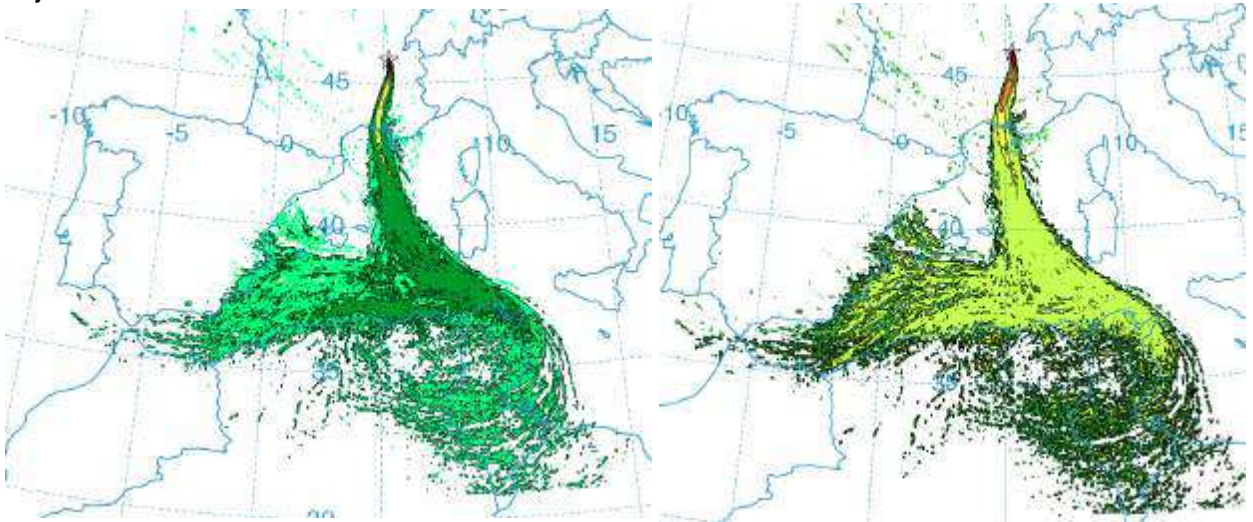
3 mai 2017



27 mai 2017



17 juin 2017



21 septembre 2017

