

Analyses de sensibilité à la dose dans le cadre du programme MEREIA de l'AIEA sur les méthodes d'évaluation du risque radiologique pour le public : application du cas d'étude du stockage des déchets de faible et moyenne activité Andra

Lise GRIFFAULT¹, Elisabeth LECLERC¹, Joanne BROWN², Talal AL MAHAINI³, Emilie COHENNY⁴, Blanca GARCIA-PUERTA⁵, Anca MELINTESCU⁶, Christelle ROZEL⁷, Séverine LE DIZES MAUREL¹, Emilie AUBONNET¹

1. Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) Siège, 92298 Châtenay-Malabry cedex, France
2. IAEA, Vienna, Autriche
3. SCK-CEN, Belgian Nuclear Research Centre, Boeretang 200 - 2400 Mol – Belgique
4. CEA, Cadarache, 13108 Saint-Paul-lez-Durance, France
5. CIEMAT, Institut de recherche, Av. Complutense, 40, Moncloa - Aravaca, 28040 Madrid, Espagne
6. IFIN-HH, Horia Hulubei National Institute for R&D in Physics and Nuclear Engineering, Roumanie
7. EDF, EDF-DISC-DIPDE-DE-ENV-IS, Lyon, France

lise.griffault@andra.fr et elisabeth.leclerc@andra.fr

L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) a lancé en 2021, le programme MEREIA (Méthodes d'évaluation des risques radiologiques sur le public et l'environnement) qui se poursuivra jusqu'en octobre 2025. Il vise à aider les pays à appliquer les démarches, les modèles conceptuels, les modèles mathématiques et les données relatifs à l'évaluation du risque radiologique dans le contexte plus large de l'évaluation de l'impact environnemental. Le programme MEREIA prend la suite du programme MODARIA et vise à établir un consensus international sur les bonnes pratiques dans ce domaine. Le programme MEREIA fournit un espace interactif unique en son genre visant à favoriser l'évolution des jeunes professionnels grâce à une série d'ateliers et à des possibilités de rédiger des documents techniques et de présenter des résultats scientifiques aux réunions MEREIA.

L'AIEA n'a, en effet, pas souhaité reproduire le même schéma de travail que celui adopté pour les programmes précédents, et a ainsi proposé une approche novatrice plus intégrée et plus appliquée basée sur des études de cas. Le programme MEREIA intègre actuellement six cas d'étude :

1. une installation de stockage de déchets radioactifs de faible à moyenne activité à vie courte ;
2. une situation post-accidentelle de dépollution en zone urbaine suite à la brèche d'une source de Cs-137 ;
3. le déversement historique en mer de déchets radioactifs de faible et moyenne activité ;
4. une ancienne exploitation minière et de concentration d'uranium dans un climat tropical ;
5. un fjord recevant les rejets radioactifs et chimiques des hôpitaux et autres industries (y compris l'industrie NORM) ;
6. la conceptualisation du système de captages fluviaux dans la région de

Fukushima

MEREIA PROGRAMME

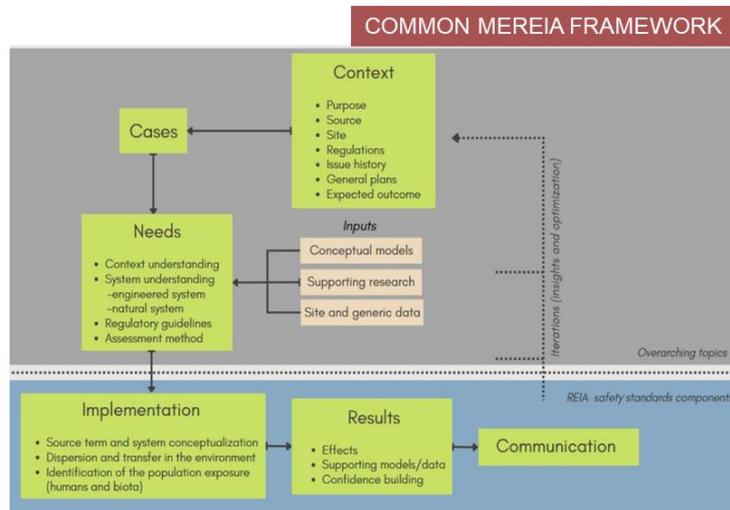
Methods for Radiological & Environmental Impact Assessment

IAEA

Case Study Scenarios for the 2024 MEREIA Workshop (EVT2303699)

WG1 – LLW Disposal	WG2 – Cs- 137 Breached Source	WG3 – Historical Marine Dumping	WG4 – Uranium Mining and Milling	WG5 – Multiple Stressors in a Fjord	WG6 – River Catchments in the Fukushima area
<p>Low-level radioactive waste disposal facility in operation. Temperate oceanic climate. Undulating landscape and drained through a watercourse. A safety assessment raised questions regarding identification of exposed human and non-human biota populations, potential climate change impacts, and the evolution of the watercourse characteristics. Further improvement of the assessment methodology is desirable.</p>	<p>Cleanup situation in an urban area following an accidental release from a source for medical/research purposes breach. Temperate climate. Major metropolitan area. Social and economic disruptions observed, raised the interest in a strategy for management of the radiological situation including with stakeholders' engagement and communication.</p>	<p>Historical dumping of low level and intermediate level radioactive waste under the framework of the Convention for the Prevention of Marine Pollution from Dumping of Wastes (1975 to 1993). No current a radiological concern. A methodology for a retrospective assessment for humans and marine flora and fauna is desirable. Two hypothetical scenarios, an offshore and a closer to shore dumping sites, with inventory characteristics defined from the existing detailed information.</p>	<p>Former open pit uranium mining and milling located in a volcanic caldera, planning the environmental remediation. Tropical climate. Multiple water outflow pathways. A REIA included assumptions regarding exposure pathways and source term uncertainties. Assumptions and assessment methodology needs to be revisited.</p>	<p>Fjord with low water circulation affected with radioactive and chemical discharges. Baltic semi-continental climate. Densely populated area. Interest in the environmental recovery of the fjord affected by multiple stressors. Action plan in place to reduce the effluent discharges. Data of source terms and environmental monitoring. Interest to make an integral evaluation of the environmental situation, develop an environmental mapping, assess the humans and flora and fauna exposure, inform environmental sampling campaigns, consider economic and social aspects of the situation.</p>	<p>River catchments and the terrestrial environment in the Fukushima area. Temperate climate. Forest covers large areas (about 70% of the land surface). Radiocaesium behaviour in Fukushima ecosystems and the larger catchments, including surface waters, needs to be understood to support safety assessments, starting with constructing conceptual models and transport scenarios using different approaches.</p>

Chaque groupe a établi un plan de travail définissant les activités à entreprendre autour des cas d'étude suivant un cadre commun pour la conduite des études d'impact radiologique sur l'environnement basées sur les normes de sûreté de l'IAEA.



L'Andra a proposé de piloter le cas du stockage de déchets radioactifs de faible et moyenne activité de l'Aube (GT1). Ce groupe est axé sur l'évaluation des effets radiologiques sur le public et l'environnement des relâchements liquides d'une installation de stockage de déchets radioactifs pendant les phases opérationnelle et de post-fermeture. L'installation de stockage des déchets radioactifs à faible et moyenne activité à courte durée de vie de l'Aube (CSA) est utilisée comme cas d'étude par le groupe de travail. Cette installation, exploitée par Andra, l'agence française de gestion des déchets nucléaires, est située dans l'Aube, au milieu d'une zone boisée et d'activités agricoles. Le climat actuel est continental tempéré. L'installation se situe au sommet d'une colline, au-dessus d'un aquifère proche de la surface dans les sables blanc de l'Aptien. Les éventuels relâchements de radionucléides atteignent une petite

rivière, les Noues d'Amance.

Le cas d'étude comprend une évaluation de l'exposition aux relâchements liquides pendant la phase opérationnelle (période prévue jusqu'à 60 ans) et pendant la phase postérieure à la surveillance (jusqu'à 10 000 ans). Le groupe de travail 1 a réparti ses tâches en 4 activités :

- Modélisation du transfert des émissions liquides du stockage vers la rivière ;
- La quantification du taux d'irrigation, principale voie de transfert de la chaîne agro-alimentaire ;
- La définition de la personne représentative et l'évaluation de la dose d'exposition avec un focus sur l'intérêt de prendre en compte les classes d'âge des enfants et leurs régimes alimentaires spécifiques et l'importance pour l'impact de certains radionucléides ;
- Le risque à l'environnement non humain.

En 2023, les tâches du GT1 ont porté sur l'évaluation de l'exposition humaine des rejets liquides pendant la phase opérationnelle.

En 2024, le groupe s'est concentré sur la phase de post-surveillance. Les calculs sont basés sur une série de radionucléides à vie longue présents dans les déchets. Des études de sensibilité ont été conduites :

- Sur les taux d'irrigation (incluant les méthodes de quantification) ;
- Sur le régime alimentaire en tenant compte de trois classes d'âge et de différents états climatiques.

L'objet de cette présentation porte spécifiquement sur les analyses de sensibilité réalisées sur l'exposition du public vis-à-vis du taux d'irrigation et des régimes alimentaires pour la phase de post-surveillance.

Analyse de sensibilité des méthodes de quantification des taux d'irrigation et leur effet sur la dose

Le taux d'irrigation est un paramètre important dans le cadre des transferts par l'eau. Il dépend de plusieurs facteurs environnementaux, notamment les conditions climatiques (précipitations et évapotranspiration), les propriétés hydrauliques du sol (capacité de rétention et drainage de l'eau), l'accès des plantes aux eaux souterraines et la phénologie des plantes. Plusieurs méthodologies ont été élaborées pour estimer les besoins en eau des cultures dans différentes conditions environnementales, de la plus simple à la plus complexe, l'utilisation de valeurs par défaut recommandées par des conseils en agriculture, l'approche utilisant le coefficient cultural (Kc), ou le modèle de simulation AquaCrop de la FAO¹.

Des études de sensibilité de la dose au taux d'irrigation ont été menées pour la biosphère tempérée et la biosphère chaude qui montrent l'importance du choix de la méthode et donc de la valeur de ce paramètre dans les évaluations d'impact.

Analyse de sensibilité des méthodes d'identification et définition de la personne représentative et leur effet sur la dose

Plusieurs approches pour la définition de la personne représentative ont été présentées à la réunion technique de Vienne 2023. Ces approches ont en commun la

¹ FAO: Food and Agriculture Organization, Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

nécessité d'identifier les voies de transfert depuis un milieu potentiellement contaminé vers une personne représentative. Elles visent donc à construire des modèles conceptuels avec toutes les voies de transfert identifiées vers la personne représentative en considérant l'exposition externe, l'exposition interne (inhalation et ingestion). Il existe un lien fort avec la chaîne alimentaire, les habitudes et les activités de la personne représentative compte tenu de la classe d'âge. Les données sur les habitudes considèrent le comportement de la personne représentative, ses activités en fonction de sa classe d'âge. Il y a à cet égard une exploration de différentes activités (agriculteurs, habitants, touristes...). Une enquête locale sur la consommation et les habitudes alimentaires est généralement utilisée. Elle n'est pas toujours disponible pour les enfants, ce qui conduit à développer des approches spécifiques : utilisation d'autres enquêtes au niveau national ou définition du ratio adulte/enfant à partir de l'enquête nationale et application de ces derniers à l'enquête locale.

Les approches de l'Andra, du CEA et de l'IFIN-HH et de EDF ont été appliquées au cas du CSA pour la phase opérationnelle et la phase post-surveillance. L'exercice pratique considère la définition de la personne représentative située au point CD24, point supposé d'utilisation d'eau au niveau de la rivière des Noues d'Amance. Trois classes d'âge : adulte, enfant (10 ans) et nourrisson (1 an) sont définies pour une biosphère tempérée et une biosphère chaude de type subtropical humide Cs.

Les résultats pour la phase de post-surveillance montrent l'influence du type de biosphère et de l'alimentation associée sur le calcul des doses : 1) la consommation de céréales influence la dose et 2) la consommation plus élevée de fruits, légumes fruits et légumes influence la dose pour une biosphère chaude. Les résultats montrent également l'influence de la classe d'âge : les doses les plus élevées sont généralement obtenues pour l'enfant et des liens entre les radionucléides et le régime alimentaire qui sont spécifiques aux radionucléides (par exemple, l'iode contribue majoritairement à la dose via l'eau de boisson, alors que le radium plus via les céréales).