

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

Congrès National de la SFRP
La Baule 17-19 Juin 2025

Lise.griffault@andra.fr
Elisabeth.leclerc@andra.fr

Le programme MEREIA : un nouveau concept

- « *MEREIA a pour objet de créer une instance internationale réunissant des personnes expérimentées et moins expérimentées provenant de pays de différentes régions* » a déclaré Joanne Brown, chef de l'Unité de l'évaluation et de la gestion des rejets dans l'environnement de l'AIEA.
- « *Le programme MEREIA fournira 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.* »



Pourquoi nouveau ?

- Etudes de cas réels
- Programme de mentorat et webinars

MEREIA 2021-2025

6 cas d'étude

CSA case: Groupe de travail 1 (WG1)

Case Study Scenarios for the 2024 MEREIA Workshop (EVT2303699)

WG1 – LLW Disposal

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.

WG2 – Cs-137 Breached Source

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.

WG3 – Historical Marine Dumping

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.

WG4 – Uranium Mining and Milling

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.

WG5 – Multiple Stressors in a Fjord

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.

WG6 – River Catchments in the Fukushima area

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.

L'Andra a proposé de piloter le cas du stockage de déchets radioactifs de faible et moyenne activité de l'Aube

Activités du WG1 catégorisées en 4 thématiques

Modèle de transfert
en milieu aquatique

Act. 1a



Taux d'irrigation

Act. 1b



Personne représentative

Act. 2



Environnement
(faune-flore)

Act. 3



Un focus 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

Un travail collaboratif

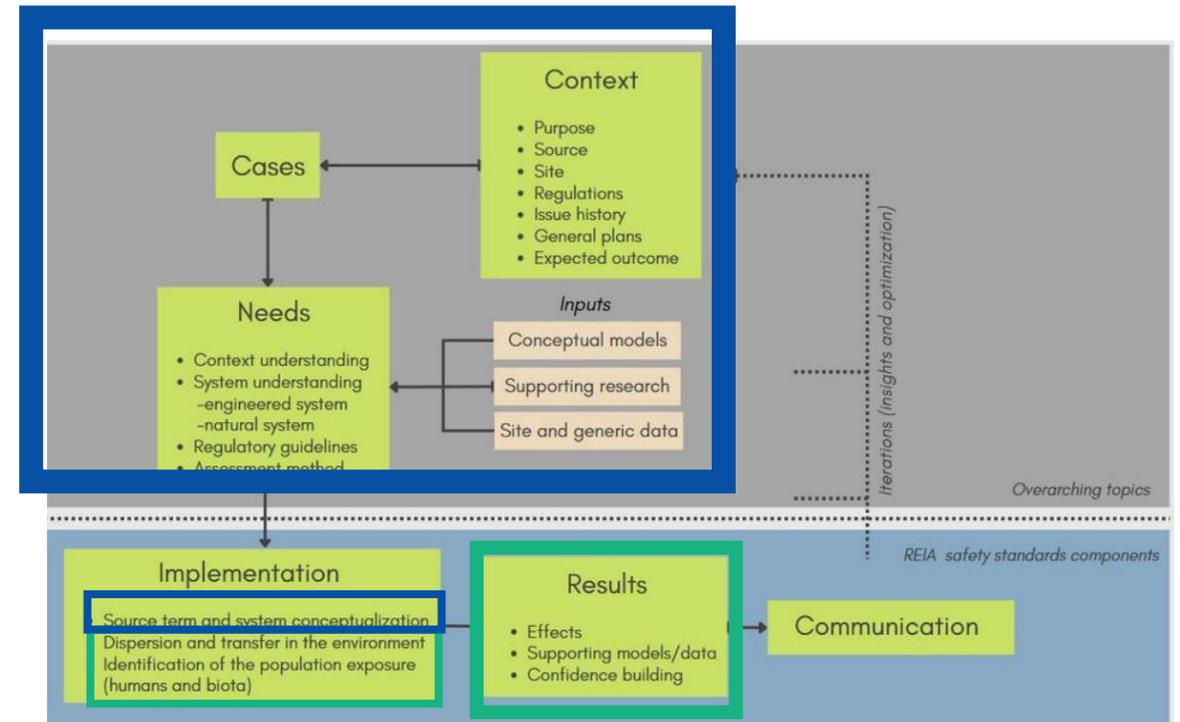
Lise GRIFFAULT (ANDRA), Elisabeth LECLERC (Andra), Talal AL MAHAINI (CEN-SCK), Emilie COHENNY (CEA), Blanca GARCIA-PUERTA (CIEMAT), Anca MELINTESCU (IFIN-HH), Christelle ROZEL (EDF), Séverine LE DIZES MAUREL (ANDRA), Emilie AUBONNET (ANDRA) with the collaboration of Joanne BROWN (AIEA)

MEREIA : un cadre de travail commun à tous les cas d'étude

MEREIA Framework Proposal

Un cadre de travail commun « basé » sur la logique de l'évaluation de sûreté de l'AIEA

- Andra fournit les données d'entrée
- Le groupe de travail se focalise sur
 - Modèles de transfert dans l'environnement
 - Définition des populations exposées
 - Réalisation des calculs d'exposition
 - Analyses et présentation des résultats de calculs



4. Apports de MEREIA pour la phase post surveillance



Le CSA est une installation de stockage en surface conçue pour les déchets radioactifs de faible et moyenne activité et à vie courte

- Exploité par l'Andra depuis 1992
- Situé dans l'Aube, dans le nord-est de la France
- Le CSA couvre 95 hectares, dont 30 sont dédiés au stockage
- Autorisé pour le stockage d'un million de mètres cubes de colis de déchets (taux de remplissage à fin 2023 : 37,9 %)
- Le site est un affleurement rocheux sédimentaire constitué d'une couche semi-perméable (sables blancs de l'Aptien) recouvrant une couche imperméable (argiles de l'Aptien).
- La topographie du site présente une pente douce orientée vers la petite rivière des « Noues d'Amance » drainant l'ensemble des écoulements souterrains de la zone.



IA | CSA



04.

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



Inter-comparaison des taux d'irrigation calculés

Méthodes de calcul du taux d'irrigation

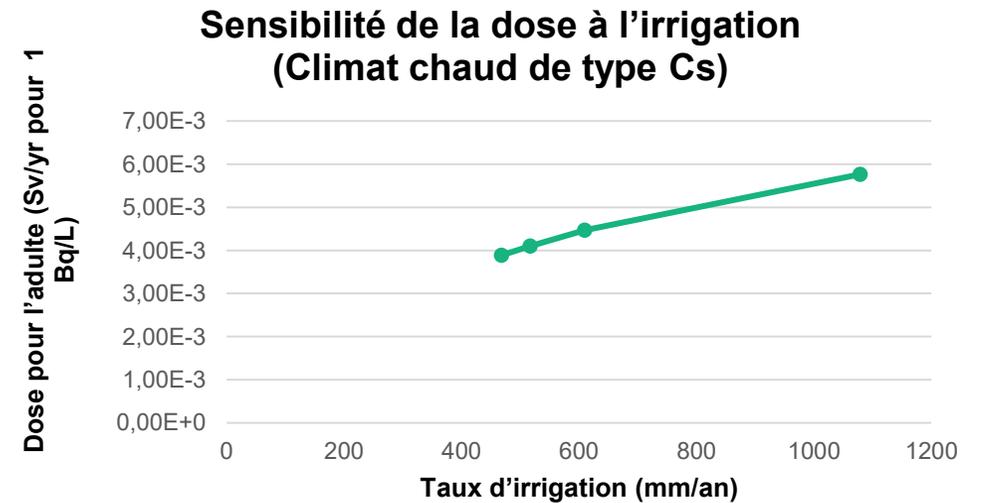
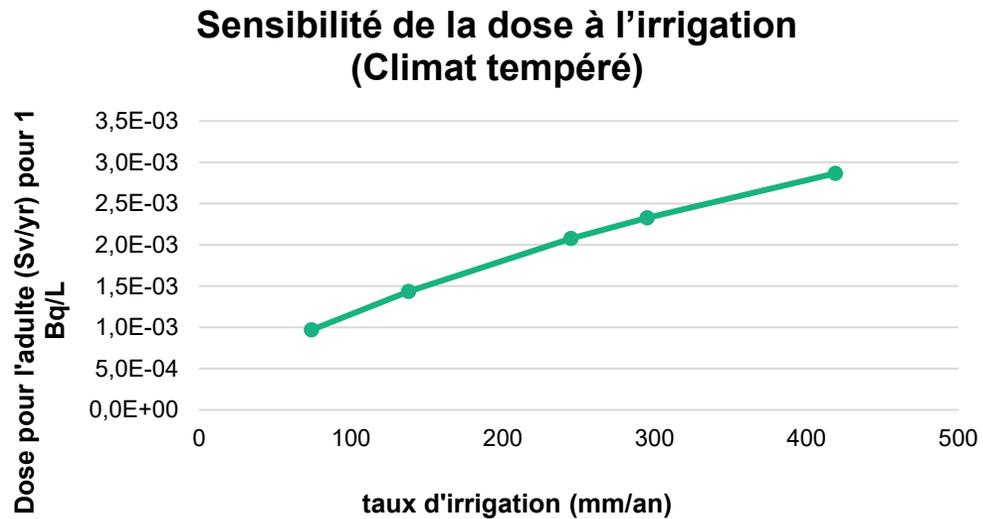
- De la plus simple à la plus complexe
 - Valeurs par défaut (EDF, CEA)
 - Coefficient cultural (Andra)
 - Pluie effective (CIEMAT)
 - Aquacrop (outil de calcul FAO) (SCK-CEN)

Publication scientifique en
cours de rédaction

Exemple d'inter-comparaison des taux d'irrigation calculés (biosphère chaude)

		Andra	Andra	CIEMAT	CEA	SCK-CEN
Irrigation rate (mm/y)	Method	Kc	Kc	ET0 -effective precipitation	ET0	Aquacrop
		BIOCLIM data for Meteo data Northeast climate evolution	Spain	AEMET's data for Cordoba (Spain)	Cadarache (South East France)data	Mediterranean
	Plant	Maize	Maize	Maize	Maize	
Warm-Mediterranean	Cs	610	1001	1079	468	517

Analyse de sensibilité de l'effet des taux d'irrigation sur la dose



04.

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

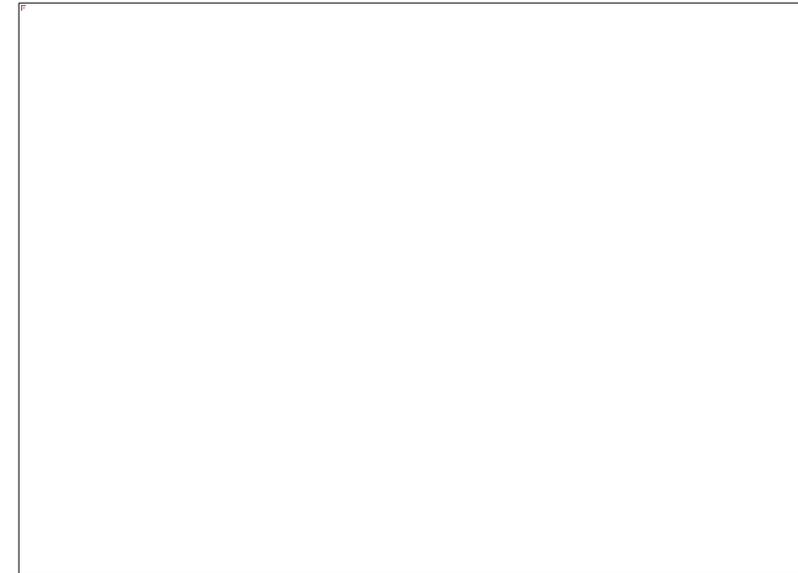


Activity 2 : la définition des personnes représentatives et influence du régime alimentaire sur la dose



Construction d'un modèle conceptuel pour évaluer la dose (Sv/an)

- Type d'activité (agriculture, Jardin potager, bassecour...)
- Considération de toutes les voies de transfert
 - **Ingestion** des produits végétaux et animaux issus de l'activité,
 - jardins potagers, des vergers et des cultures irrigués (maïs et blé) irrigués par l'eau de la rivière
 - Consommation de l'eau de la rivière comme eau de boisson, et eau d'abreuvement des animaux
 - **inhalation** de poussières et **exposition externe** en lien avec les sols cultivés
- La description de la personne représentative comprend :
 - **Le régime alimentaire**: s'appuyant sur des enquêtes alimentaires de la région concernée ou d'une biosphère analogue
 - Si l'enquête ne concerne pas les enfants, mise en œuvre d'une démarche spécifique (ratio enfant/adulte) en considérant un régime alimentaire varié
 - **Le taux de consommation des produits** : on retient une autarcie complète en AF
 - **Sélection des paramètres et modèles**
 - Temps d'exposition, rations alimentaires des animaux, les taux d'irrigation...



MEREIA WG1 Activité 2: Evaluations réalisées par l'Andra

Biosphère tempérée: définition du régime alimentaire en utilisant l'enquête alimentaire de l'OPE (enquête alimentaire effectuée dans la région du CSA et de Meuse/Haute-Marne)

- Cas de base:
 - Adulte, basé sur les valeurs moyennes de l'enquête OPE **sans consommation de céréales et de poisson**
 - Enfants, utilisation du ratio enfants/adulte INCA3
- Choix des produits ingérés: liste simple basée sur celle de l'Andra
- Etudes de sensibilité:
 - Consommation de céréales irriguées par les personnes représentatives
 - Consommation de poisson pêché dans la rivière et d'agneau (adulte)

Biosphère chaude de type Cs: définition du régime en utilisant l'enquête alimentaire de Cadarache 2018 (Sud de la France)

- En cas de base,
 - Adulte: valeurs moyennes de l'enquête alimentaire de Cadarache **sans consommation de céréales et de poisson**
 - Enfants, utilisation du ratio enfants/adulte INCA3
- Etudes de sensibilité:
 - Consommation de céréales irriguées par les personnes représentatives
 - Consommation de céréales irriguées par les personnes représentatives

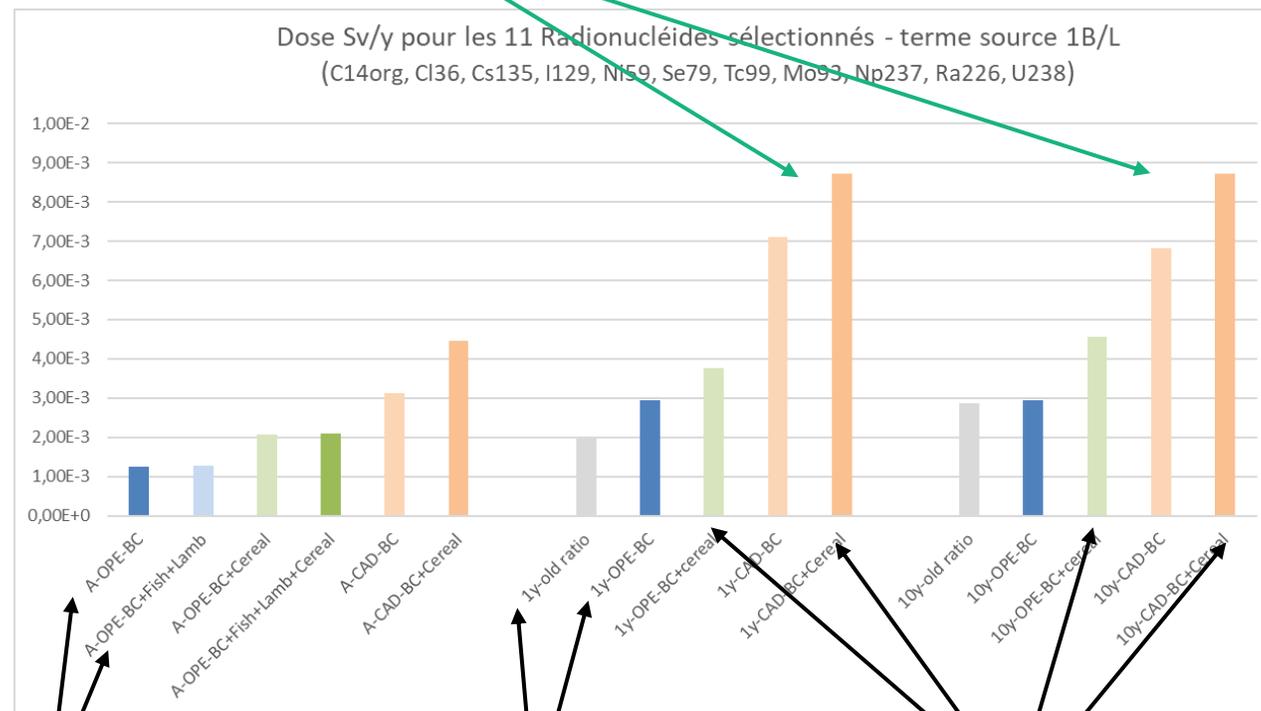
Résultats des études de sensibilité au régime alimentaire: dose totale (Sv/an) pour les 11 RN étudiés (biosphère tempérée et biosphère chaude de type Cs)

Plus fortes doses obtenues pour les enfants, biosphère chaude, régime alimentaire de Cadarache avec consommation de céréales

Études de sensibilité : des augmentations de dose inférieures à un facteur 2

Biosphère chaude/biosphère tempérée : augmentation de dose entre un facteur 2 et 2,5

	Dose Sv/an
A-OPE-BC	1,25E-3
A-OPE-BC+Fish+Lamb	1,28E-3
A-OPE-BC+Cereal	2,07E-3
A-OPE-BC+Fish+Lamb	2,11E-3
A-CAD-BC	3,12E-3
A-CAD-BC+Cereal	4,45E-3
1y-old ratio	1,99E-3
1y-OPE-BC	2,93E-3
1y-OPE-BC+cereal	3,77E-3
1y-CAD-BC	7,09E-3
1y-CAD-BC+Cereal	8,71E-3
10y-old ratio	2,86E-3
10y-OPE-BC	2,94E-3
10y-OPE-BC+cereal	4,55E-3
10y-CAD-BC	6,83E-3
10y-CAD-BC+Cereal	8,71E-3



Pas d'augmentation de dose par consommation de poisson et d'agneau (faible quantités)

Légère augmentation de dose pour l'enfant de 1an en utilisant le ratio enfant/adulte d'INCA3

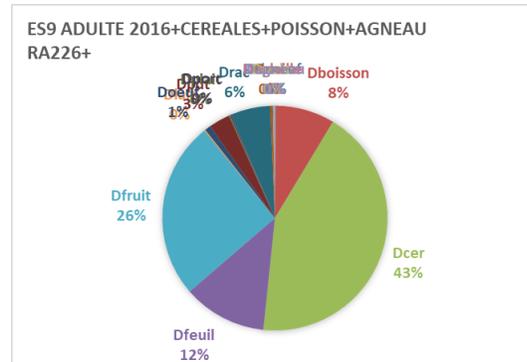
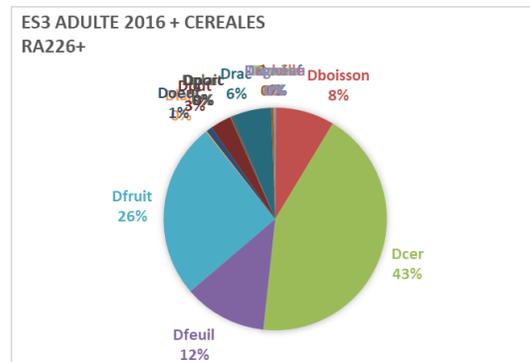
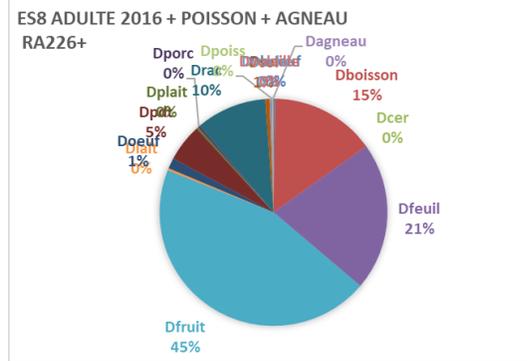
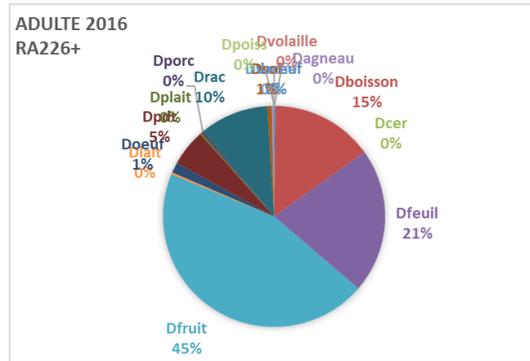
Augmentation de la dose par consommation de céréales (adulte et enfants, biosphère tempérée ou chaude)

Lien radionucléide régime alimentaire: répartition des radionucléides selon les catégories d'aliments (voie ingestion)

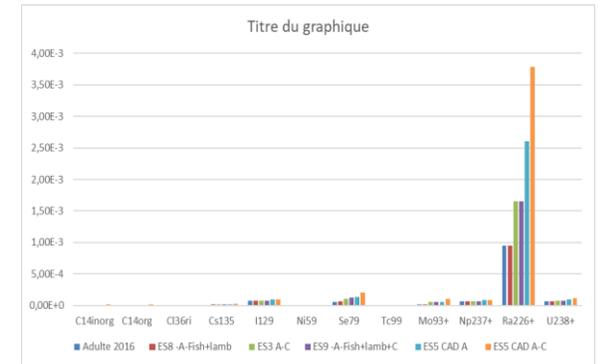
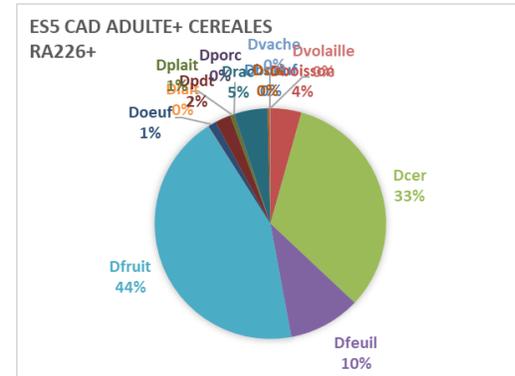
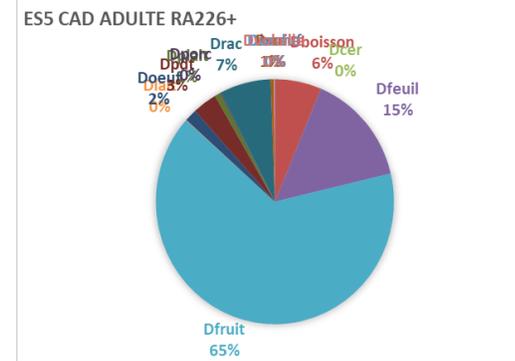
Le Radium 226

Illustration du lien entre les radionucléides et les produits consommés: consommation de céréales, fruits et fruits végétaux (ex: tomates) et dans une moindre mesure les végétaux pour le radium 226

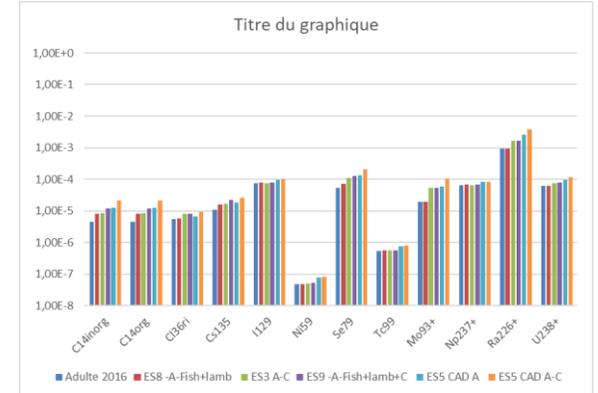
Biosphère tempérée



Biosphère chaude



Le radium 226: le principal contributeur à la dose pour tous les régimes alimentaires étudiés et toutes les classes d'âge



5.

Conclusions



Conclusions

Activity 1b : Analyse de sensibilité des méthodes de quantification des taux d'irrigation et leur effet sur la dose

- Différentes méthodes de la plus simple à la plus complexe
- Importance des données d'entrée (météo, plante, sol)
- Dépendance à la capacité hydrique du sol et de la prise en compte de la nappe
- Proportionnalité entre le taux d'irrigation et la dose



Activity 2 : Analyse de sensibilité des méthodes d'identification et définition de la personne représentative et leur effet sur la dose

- Influence du type de biosphère et du régime alimentaire associé
- La consommation plus élevée de fruits et de légumes influence la dose pour la biosphère chaude
- Influence de la classe d'âge : dose la plus élevée généralement obtenue pour l'enfant
- Les résultats mettent en évidence les liens entre le radionucléide et l'alimentation qui sont spécifiques au radionucléide
 - Importance du régime alimentaire (quantité et type de produits ingérés)
- Des résultats d'évaluation de dose cohérents entre participants





**Merci de votre attention
Remerciements à tous
les participants du
groupe de travail, à
l'AIEA et l'Andra**

MEREIA WG1

**En 2024: 60 personnes ont
assisté à la réunion (27
participants à Vienne, 32 en
ligne, représentant 41
organisations et 28 pays).**



Des questions?

