



**Evaluation de l'impact radiologique
sur la faune et la flore sauvages
des centres de stockage de déchets radioactifs
en phase de fonctionnement et de surveillance**

SFRP, Congrès national, 14-18 juin 2021
Thème 6 : Radioprotection et environnement

Elisabeth LECLERC

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.





Evaluation de l'impact radiologique sur la faune et la flore sauvages des centres de stockage de déchets radioactifs en phase de fonctionnement et de surveillance

1. Historique et contexte
2. Approche ERICA
3. Démarche Andra
4. Application au centre de stockage de la Manche

DISEF/DSE/SM2S/21-0015

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.





Evaluation de l'impact radiologique sur la faune et la flore sauvages des centres de stockage de déchets radioactifs en phase de fonctionnement et de surveillance

1. **Historique et contexte**
2. Approche ERICA
3. Démarche Andra
4. Application au centre de stockage de la Manche

DISEF/DSE/SM2S/21-0015

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.





Contexte

L'approche calculatoire de l'impact radiologique à la faune et flore sauvages est une préoccupation relativement récente

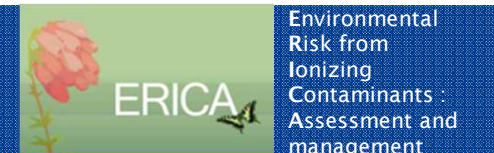
- Avant 1991

- Postulat de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR)
 - Homme protégé >>> Environnement protégé

- Dès les années 2000

- Réflexions au sein de l'Agence internationale de l'énergie atomique (IAEA)
- Travaux des experts de la CIPR
- Programmes de recherche européens
 - Notamment programme ERICA (2002-2006)
 - Outil informatique disponible gratuitement sur Internet

Contexte



Environmental
Risk from
Ionizing
Contaminants :
Assessment and
management

Côté Andra

- Demandes ASN lors des instructions des réexamens de sûreté
 - Centre de stockage de l'Aube en 2016 et Centre de stockage de la Manche en 2019
- Méthode Andra fondée sur **l'approche ERICA**
 - Outil opérationnel pour évaluer l'impact de rejets chroniques des installations nucléaires
 - en fonctionnement normal d'exploitation
 - Régulièrement mise à jour pour prendre en compte les résultats des travaux internationaux menés par la CIPR
 - Cohérent avec le projet de guide méthodologique GPP Faune Flore (2021)
 - pour évaluer l'impact radiologique d'une installation ou d'une activité nucléaire sur la faune et la flore sauvage, élaboré par le groupe national pluraliste et pluridisciplinaire (GPP) Faune-Flore



Evaluation de l'impact radiologique sur la faune et la flore sauvages des centres de stockage de déchets radioactifs en phase de fonctionnement et de surveillance

1. Historique et contexte
2. **Approche ERICA**
3. Démarche Andra
4. Application au centre de stockage de la Manche

DISEF/DSE/SM2S/21-0015

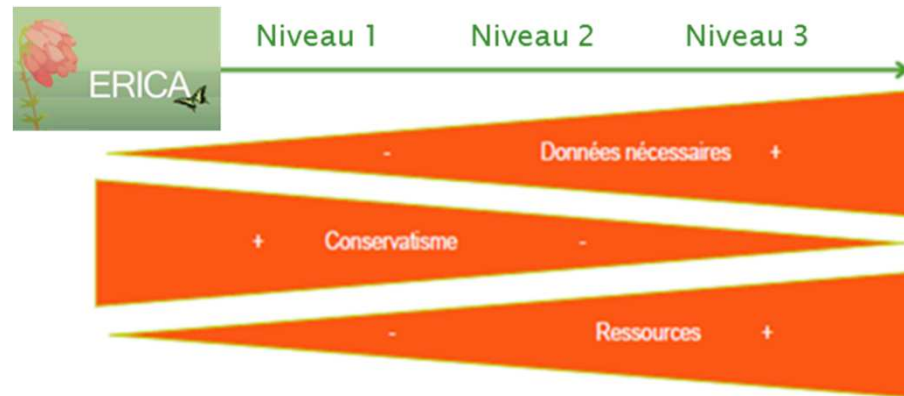
Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.



ERICA

Méthode ERICA - Approche graduée en 3 niveaux

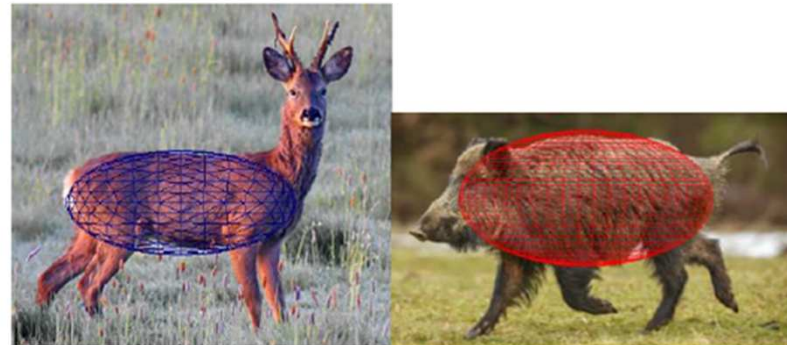
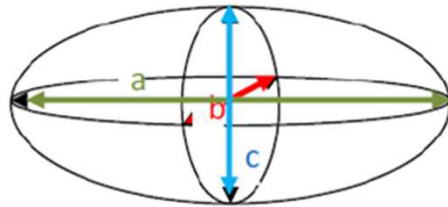
- Niveau 1: Évaluation enveloppe qui permet d'écarter avec certitude un risque
 - Compare des **concentrations maximales calculées dans les milieux** (terrestre, aquatique eau douce, mer) par radionucléide à des valeurs seuils sans effet
- Niveau 2: Évaluation qui permet de réduire le degré de conservatisme
 - **Calcul du débit de dose aux organismes** retenus (spécifiques au site) et comparaison à une valeur seuil de débit de dose sans effet
- Niveau 3: Évaluation spécifique et scientifique
 - **Évaluation probabiliste** du risque, basée sur des données spécifiques au site



ERICA

Evaluation sur des organismes de référence ERICA

- représentant au sein d'un écosystème (terrestre, eau douce, marin) des espèces appartenant à un même taxon (oiseau, poisson, etc.)
- simplifié en une forme géométrique basique (ellipsoïde) pour les besoins du calcul dosimétrique
 - A chaque organisme de référence correspond donc
 - Ellipsoïde de taille et masse déterminées
 - Taux d'occupation des milieux



DISEF/DSE/SM2S/21-0015

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

ERICA

Organismes de référence définis dans l'outil ERICA

- Identification des points communs avec les *Reference Animals and Plants* de la CIPR

Ecosystème terrestre 13	Ecosystème eaux douces 13	Ecosystème marin 14
Lichen/bryophyte	Phytoplancton	Phytoplancton
Herbacées (herbe CIPR)	Plante vasculaire	Algue (algue CIPR)
Buisson (herbe CIPR)	Zooplancton	Plante vasculaire
Arbre (pin CIPR)	Mollusque - gastéropode	Zooplancton
Annélide (ver de terre CIPR)	Mollusque - bivalve	Ver polychète
Arthropode - détritivore	Crustacé	Mollusque bivalve
Insecte volant (abeille CIPR)	Larve d'insecte	Crustacé
Mollusque - gastéropode	Poisson benthique	Larve d'insecte
Mammifère - petit - en terrier (rat CIPR)	Poisson pélagique (truite CIPR)	Poisson benthique (poisson plat CIPR)
Mammifère - grand (cerf CIPR)	Amphibien (grenouille CIPR)	Poisson pélagique
Oiseau (canard CIPR)	Oiseau (canard CIPR)	Oiseau (canard CIPR)
Reptile	Mammifère	Mammifère
Amphibien (grenouille CIPR)	Reptile	Reptile
		Anémone / corail

- Possibilité de créer de nouveaux organismes dans ERICA



Evaluation de l'impact radiologique sur la faune et la flore sauvages des centres de stockage de déchets radioactifs en phase de fonctionnement et de surveillance

1. Historique et contexte
2. Approche ERICA
3. **Démarche Andra**
4. Application au centre de stockage de la Manche

DISEF/DSE/SM2S/21-0015

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.



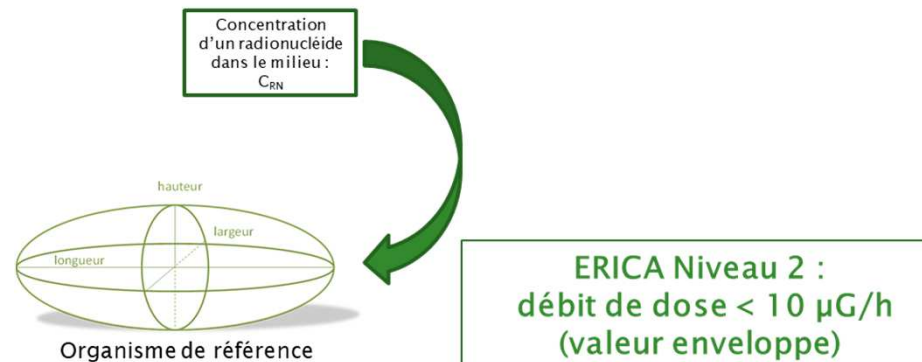
Démarche Andra

En accord avec le projet de guide méthodologique faune flore

- **Choix du niveau 2 ERICA** : calcul de débits de doses en $\mu\text{Gy/h}$

- existence d'enjeux écologiques
 - présence notamment de zones d'intérêt écologique proches des sites
- plus facilement compréhensible car plus spécifique au site et méthode similaire aux évaluations du risque sanitaire pour les populations humaines

ERICA Niveau 1 :
valeurs de référence C_{RN}



DISEF/DSE/SM2S/21-0015

Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.



Démarche Andra

Deux étapes dans les évaluations de risque

évaluation du terme source transféré à la biosphère

Rejet Bq/an

Concentrations dans les milieux
(eau : Bq/L, air Bq/m³, sol Bq/kg sol)

Démarche commune
Homme et FF
(fonctionnement normal -
Etude d'impact)

Dose en Sv/an
évaluation de l'impact
radiologique à l'homme

Valeurs de référence :
dose annuelle inférieure à
0,25 mSv

ERICA

Débit de dose absorbée
en µGy/h

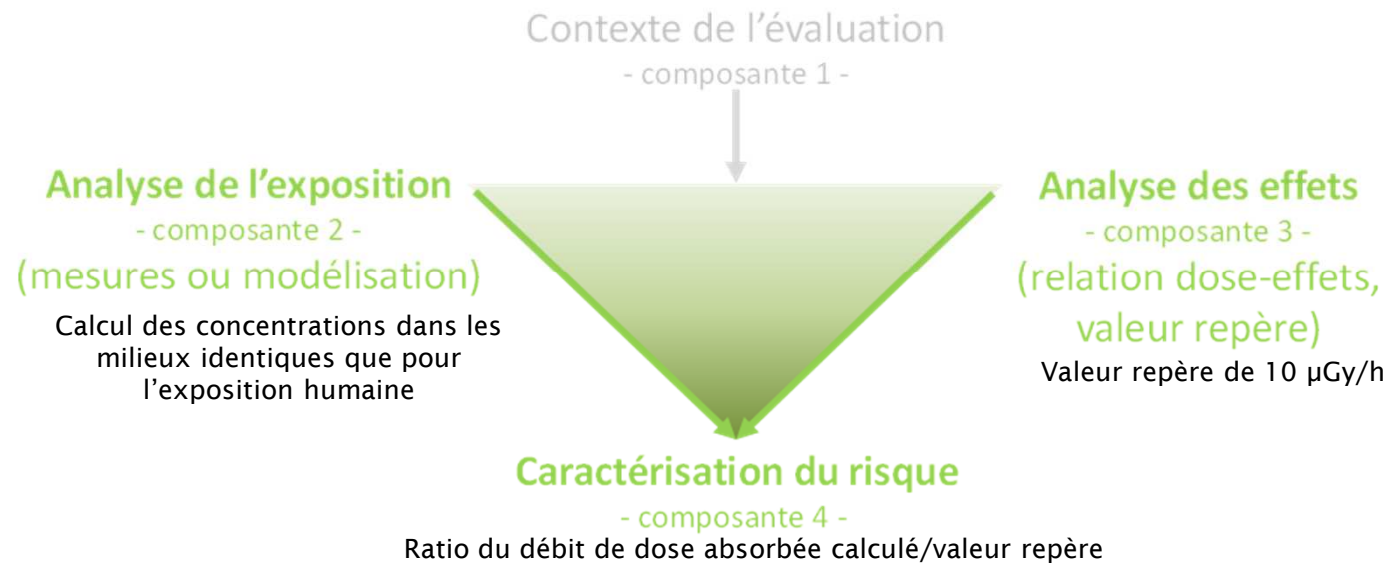
évaluation de l'impact
radiologique à la faune et
la flore

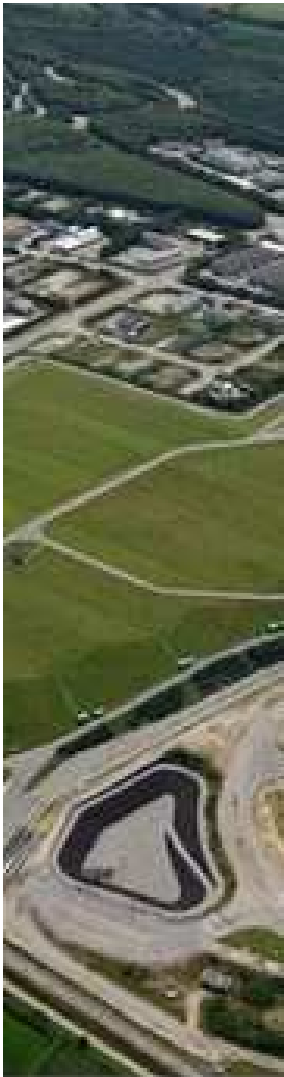
Valeurs de référence :
Débit de dose absorbée
inférieure à 10 µGy/h
(valeur garantissant
l'absence d'effet)

Démarche différenciée
Homme / Faune-Flore

Démarche Andra

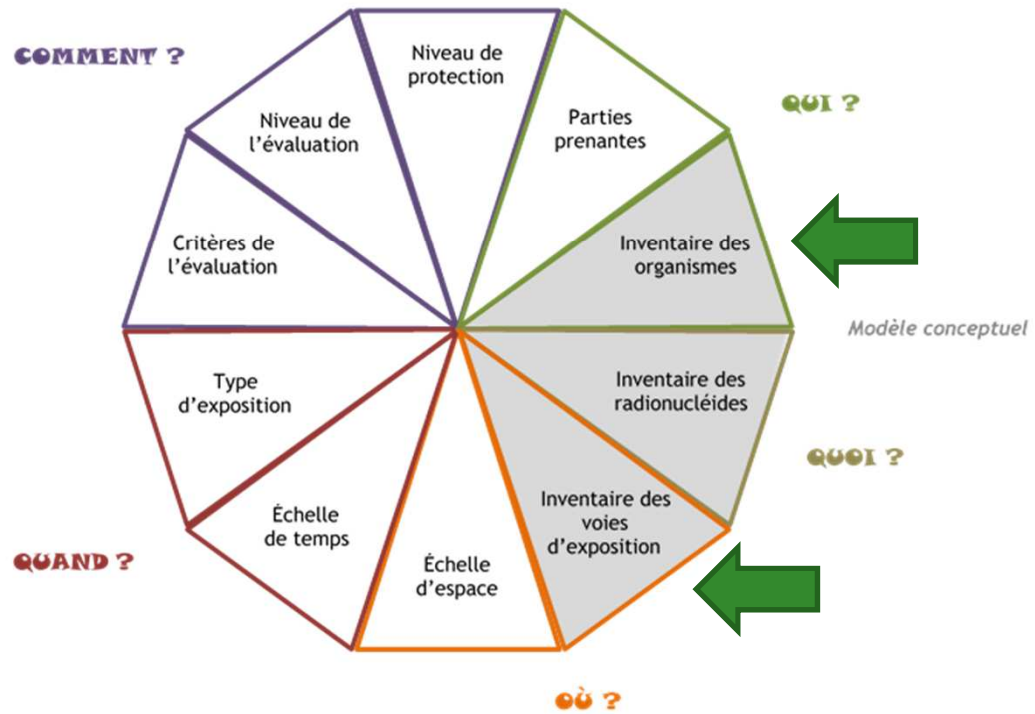
UNE EVALUATION EN QUATRE COMPOSANTES





Démarche Andra

Contexte de l'évaluation



DISEF/DSE/SM2S/21-0015

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.



Démarche Andra

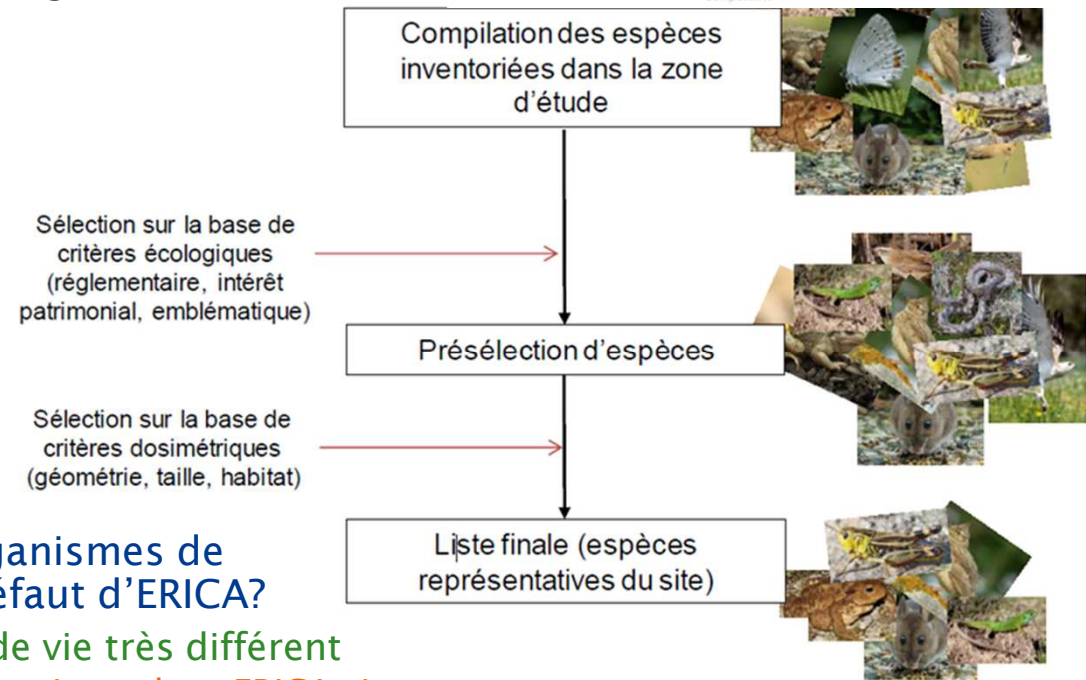
Inventaires et choix des organismes

- Filtre 1

- Filtre 2

- Représentés par les organismes de référence définis par défaut d'ERICA?

- Si taille/poids/mode de vie très différent
 - Création d'un organisme dans ERICA si nécessaire





Démarche Andra

Inventaires des radionucléides et voies d'exposition

- Différents niveaux d'exposition sont pris en compte

- **Exposition induite par les rejets atmosphériques**

- Exposition moyenne sur une aire d'étude sur carré d'environ 10 km de côté centré sur le point de rejet (cf. position AIEA*)
 - Domaine pris en compte pour la modélisation de la dispersion atmosphérique
- Zoom sur les Sites Natura 2000 ou ZNIEFF
- (Point d'activité maximale sur l'aire d'étude présenté en sensibilité)
 - Termes sources et paramètres environnementaux identiques à ceux retenus pour l'évaluation de l'impact à l'Homme

- **Exposition induite par les rejets liquides dans les eaux de surface**

- Exposition aux points de mesure du débit des exutoires

*:IAEA, 2018, *Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities*, IAEA Safety Standards Series No. GSG-10. International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna. 104 pp.

DISEF/DSE/SM2S/21-0015

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.





Evaluation de l'impact radiologique sur la faune et la flore sauvages des centres de stockage de déchets radioactifs en phase de fonctionnement et de surveillance

1. Historique et contexte
2. Approche ERICA
3. Démarche Andra
- 4. Application au centre de stockage de la Manche**

Application au CSM



Stockage des colis (1969 - 1994) :



Gestion des eaux



Recouvert d'une couverture depuis 1996



*Création
du CSM*

*Phase de fonctionnement
(1969 - 1994)*

*Phase de
démantèlement
-Fermeture
(1996 - 20XX)*

*Phase de
Surveillance
23XX*

*Phase de
post-
surveillance*

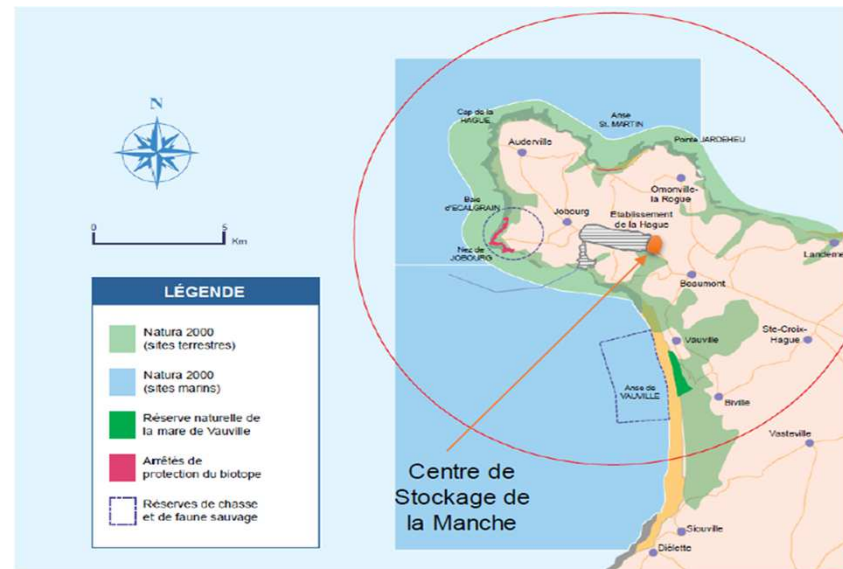
- ◆ CSM en phase de « démantèlement » appelée « démantèlement-fermeture »
Activités actuelles: surveillance, études couverture, mémoire

Application au CSM

Contexte écologique du site

- Enjeu écologique

- ZNIEFF, Natura 2000



DISEF/DSE/SM2S/21-0015

Ce document est la propriété de l'Andra. Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.



Application au CSM

Contexte de l'évaluation

○ Inventaire des organismes

- les espèces « patrimoniales »

- Espèces évaluées à un niveau d'intérêt selon les inventaires naturalistes réalisés sur et autour du site
- Espèces en danger de disparition identifiées dans la réglementation Natura 2000
- Espèces à statut réglementé dans la ZNIEFF de type II (250006482)

- les espèces d'intérêt économique pour la région

- Pêche et élevage

- les espèces emblématiques du site

- Espèces connues par le grand public (incluant les espèces chassées)

○ Toutes les espèces peuvent être représentées par l'organisme de référence ERICA de la même taille

- Exemple : les espèces d'oiseaux sont représentées par l'organisme de référence oiseau d'ERICA
- Sauf les chauve-souris difficilement assimilables à l'organisme de référence « petit mammifère » (petit rongeur semi-enterré dans le sol)



Roussin de la Hague

Application au CSM

Contexte de l'évaluation

- Origine des expositions : inventaire des radionucléides et des rejets associés

- Emissions diffuses atmosphériques

Scénario	Points Cibles	Tritium (Bq/m ³)
MOY	Activité moyenne sur la surface d'étude du projet 12km*12 km (144 km ²) selon les recommandations IAEA	5.10E-04
N2000	Natura2000	1.30E-02
MAX	Point présentant l'activité maximale	5.50E-01

- Rejets en eau douce

Point de rejet	Tritium (Bq/L)
Extrapolation correspondant aux rejets autorisés annuellement (limite actuelle de 30 Bq/L au point « CMG » diluée au point R6-10) Sainte-Hélène	0.82

- Rejets en mer

Points Cibles	Tritium (Bq/l)	Alpha (Bq/l)	Beta/gamma(Bq/l)
Limites des rejets autorisés diluées au raz Blanchard	9.50E-05	9.5E-08	1.90E-07

Application au CSM

Exemple de résultats pour les rejets diffus atmosphériques

Débit de dose ($\mu\text{Gy/h}$)	MOY	N2000	MAX
Amphibien - ERICA	4.43E-06	1.17E-04	4.56E-03
Arthropode - ERICA	2.00E-05	5.31E-04	2.05E-02
Annélide - ERICA	6.96E-06	1.84E-04	7.14E-03
Insecte volant - ERICA	1.34E-05	3.56E-04	1.38E-02
Petit mammifère - OR	2.74E-06	7.21E-05	2.83E-03
Grand mammifère - OR	1.37E-06	3.58E-05	1.44E-03
Pipistrelle commune	7.42E-06	1.96E-04	7.61E-03
Grand Murin	4.84E-06	1.28E-04	4.98E-03
Oiseau - OR	2.37E-06	6.22E-05	2.45E-03
Mollusque - Gastropode - OR	1.04E-05	2.74E-04	1.06E-02
Reptile - OR	2.36E-06	6.19E-05	2.44E-03
Plante et herbe - OR	4.52E-06	1.19E-04	4.65E-03
Arbuste - OR	4.52E-06	1.19E-04	4.65E-03
Lichen et bryophyte - OR	8.30E-05	2.20E-03	8.47E-02
Arbre - OR	7.90E-07	2.03E-05	8.43E-04

Ajout de 2 espèces aux 13 organismes de références présents par défaut dans ERICA

- Quel que soit le scénario considéré, le ratio entre les débits de dose absorbée calculés et la valeur seuil de $10 \mu\text{Gy/h}$ est très largement inférieur à la valeur de 1
 - Quels que soient le milieu et scénario, le risque peut être écarté

Application au CSM

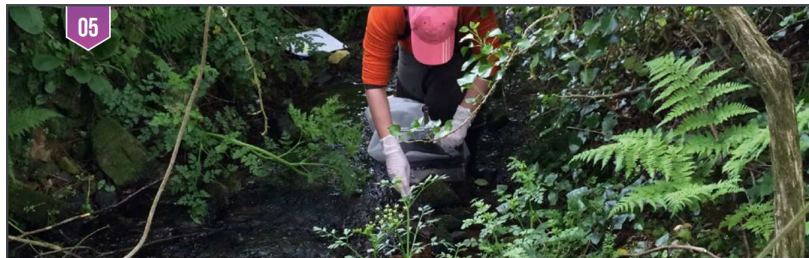
La surveillance de la biodiversité réalisée périodiquement et depuis de nombreuses années permet de valider les évaluations du modèle ERICA et de confirmer l'absence d'impact sur la faune et la flore

- Milieu aquatique

- Suivi hydro biologique (qualité biologique des cours d'eau)
 - Tous les 2 ans

- Milieu terrestre

- Suivi floristique et faunistique
 - Tous les 5 ans environ



SUIVI DE LA QUALITÉ DES EAUX DE LA SAINTE-HÉLÈNE



Merci de votre attention 😊



DISEF/DSE/SM2S/21-0015

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.





**Evaluation de l'impact radiologique
sur la faune et la flore sauvages
des centres de stockage de déchets radioactifs
en phase de fonctionnement et de surveillance**

Annexes

DISEF/DSE/SM2S/21-0015

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.





Contexte

IAEA

- Safety Fundamentals SF-1: Fundamental Safety Principles. IAEA Safety Standards for protecting people and the environment.
- TRS 479 (2014)
 - Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer to Wildlife
- Safety Standards Series N°GSG-10 (2018)
 - Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities
- MODARIA I et II (2016-2020) programme pluri-annuel
 - Program on development testing and harmonization of MOdels and Data for Radiological Impact Assessment
 - groupe de travail 3 « Assessment and control exposures to public and biota for planned releases to the environment »

ICRP

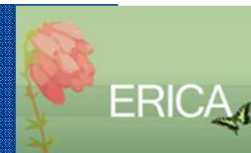
- CIPR 103 (2007)
 - Reference Animal and Plant (RAP), Pas de limites de dose mais approche pratique en termes de protection de l'environnement à développer
- CIPR 108 (2008)
 - Facteurs de conversion de doses permettant de calculer la dose reçue pour 75 radionucléides et niveaux de référence d'attention pour chaque type d'organisme (intervalles de débits de dose)
- CIPR 114 (2009)
 - Transfer Parameters for Reference Animals and Plants
- CIPR 136 (2017)
 - Dose Coefficients for Non-human Biota Environmentally Exposed to Radiation
 - BiotaDC (Outil associé à la publication 136 de la CIPR, <http://biotadc.icrp.org/>)

DISEF/DSE/SM2S/21-0015

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.



Contexte



Environmental Risk from Ionizing Contaminants : Assessment and management

La recherche européenne se met en ordre de marche depuis les années 2000

- Les Programmes-cadres pour la recherche et le développement technologique (PCRD) sont des programmes de financement créés par l'Union européenne en vue de soutenir et d'encourager la recherche européenne à des fins de soutien à la compétitivité de l'industrie

Projets		Dates	PCRD
FASSET	Framework for Assessment of Environmental Impact: BDD FREDERICA	1998-2002	5 ^{ème} PCRD
ERICA	Environmental Risk for Ionising Contaminants : Assessment and Management	2002-2006	6^{ème} PCRD
Futurae	future for radioecology in Europe (faisabilité de la mise en place d'un réseau d'excellence en radioécologie)		6 ^{ème} PCRD
PROTECT	Protection of the environment from ionising radiation in a regulatory context	2006-2008	7 ^{ème} PCRD 2007-2013
COMET	Coordination and implementation of a pan-Europe instrument for radioecology	2013-2017	8 ^{ème} PCRD
ALLIANCE	European Radioecology Alliance	> 2017	