

Rejets radioactifs liquides en milieu aquatique : pourquoi et comment en estimer l'impact (faune et flore)

Journées SFRP « Eau et radioactivité »

Paris, 3-4 décembre 2014

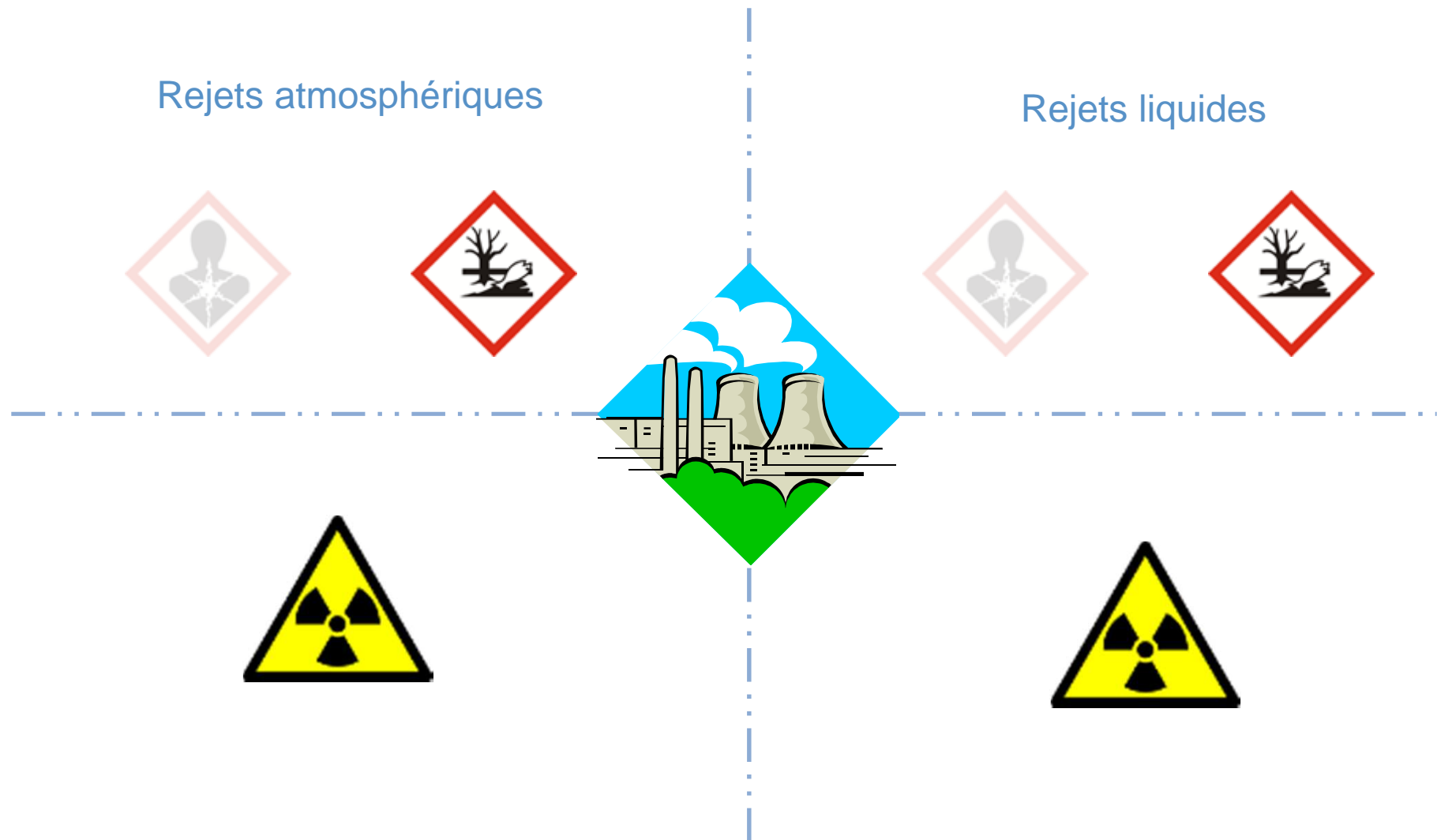
K. Beaugelin-Seiller
J. Garnier-Laplace



Crédit photos : K. Beaugelin-Seiller



Fonctionnement normal



Effluents liquides autorisés



Normes de **Q**ualité **E**nvironnementale

Valeurs **G**uides pour l'**E**nvironnement

...



Rejets radioactifs liquides en milieu aquatique : pourquoi en estimer l'impact (faune et flore) ?

Origines de l'émergence de la question

➤ Radioprotection de l'environnement

■ Réflexions internationales depuis les années 2000



Origines de l'émergence de la question

➤ Radioprotection de l'environnement

■ Réflexions internationales depuis les années 2000



■ => MAJ normes internationales de radioprotection (AIEA, 2014)

- Une vision nouvelle pour les aspects environnementaux
- Deux objectifs :
 - Garantir l'utilisation durable des ressources naturelles utiles
 - Agriculture
 - Exploitation des forêts
 - Pêche
 - Tourisme
 - Prévenir les effets des rayonnements ionisants sur faune et flore



Origines de l'émergence de la question

➤ Radioprotection de l'environnement

■ Réflexions internationales depuis les années 2000



■ => MAJ normes internationales de radioprotection (AIEA, 2014)



■ => Prise en compte « indirecte » dans une Directive Européenne (2013/59/Euratom)

Origines de l'émergence de la question

➤ Radioprotection de l'environnement



Directive 2013/59/Euratom

Point 27 => « protéger l'environnement contre les effets délétères des rayonnements ionisants par une réglementation adaptée, fondée sur des critères environnementaux issus de données scientifiques reconnues par la communauté internationale »

Article 2 => application à toute situation d'exposition planifiée, existante ou d'urgence présentant « un risque résultant de l'exposition à des rayonnements ionisants qui ne peut être négligé ... en ce qui concerne l'environnement en vue d'une protection de la santé humaine à long terme »

Chapitre VII, article 65, section 1 => à la discrétion de chaque état membre, il doit être démontré que les autorisations de rejet respectent « les critères environnementaux en matière de protection de la santé humaine à long terme »

➤ À transposer par les états membres (dt France) d'ici décembre 2017

Rejets radioactifs liquides en milieu aquatique : comment en estimer l'impact (faune et flore) ?

État des lieux

➤ Réglementation vs. pratique



■ Réglementation française : aucune exigence

État des lieux

➤ Réglementation vs. pratique



- Réglementation française : aucune exigence

- Prise en compte volontaire dans EIE par certains exploitants

État des lieux

➤ Réglementation vs. pratique



■ Réglementation française : aucune exigence

■ Prise en compte volontaire dans EIE par certains exploitants



■ <= Cohérence avec code de l'environnement

- Article 9 décret INB (2007-1557) : contenu de l'EIE
 - =f(importance du projet et incidences prévisibles sur l'environnement)
 - 1/ état initial \supset état radiologique
 - 2/ analyse des effets sur faune, flore et équilibres biologiques
 - caractéristiques des effluents chimiques **ET** radioactifs

État des lieux

➤ Réglementation vs. pratique



- Réglementation française : aucune exigence
- Prise en compte volontaire dans EIE par certains exploitants
- <= Cohérence avec code de l'environnement

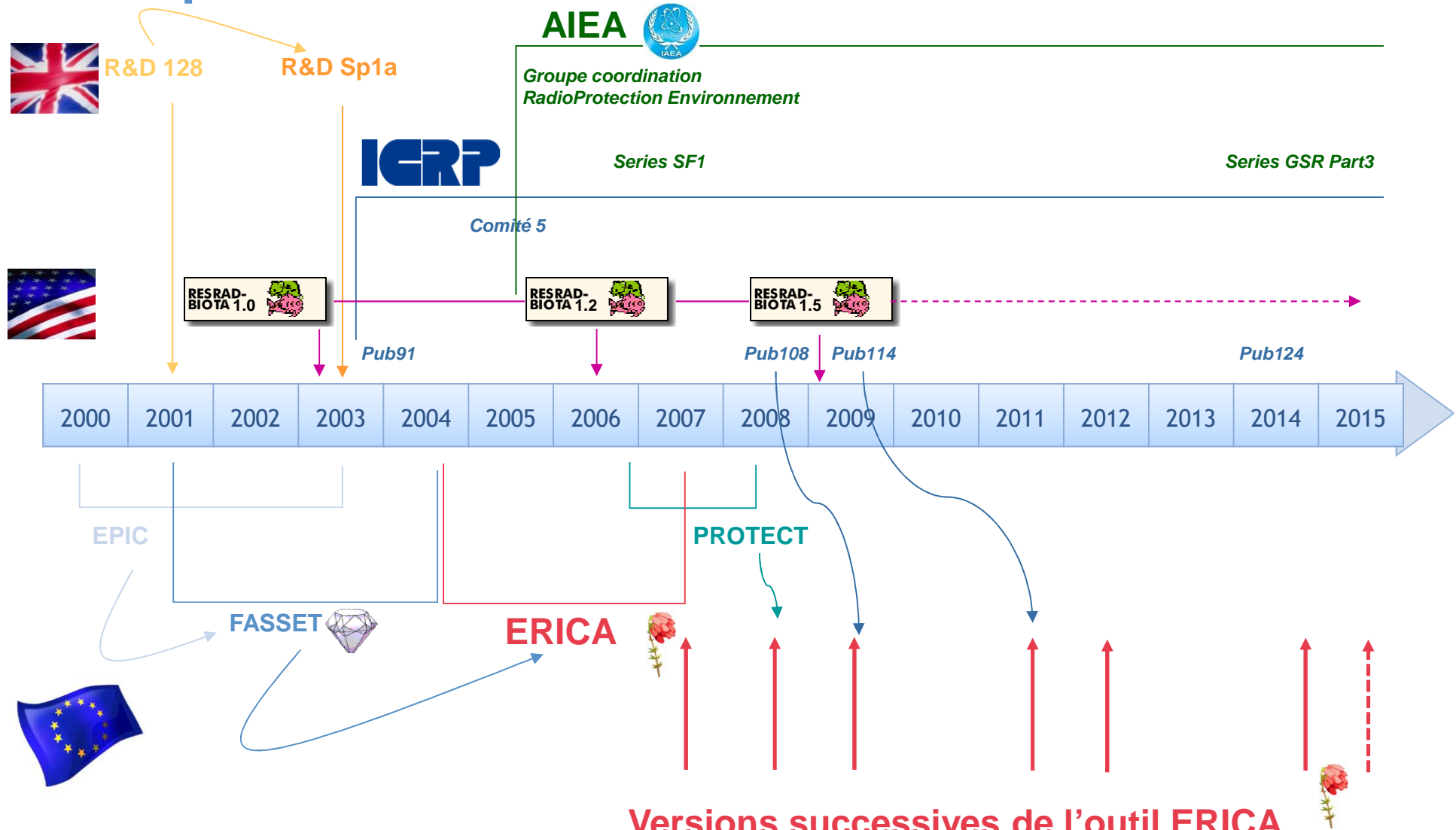


- Une méthode et des outils associés à partir de 2007



<http://www.eric-tool.com/>

Un peu d'histoire...



Versions successives de l'outil ERICA

Un socle conceptuel commun

Concept	ERICA	CIPR
Gradation	Explicite (tier 1 à 3)	Implicite (cf. objets)

Article 9 - décret INB (2007-1557) :

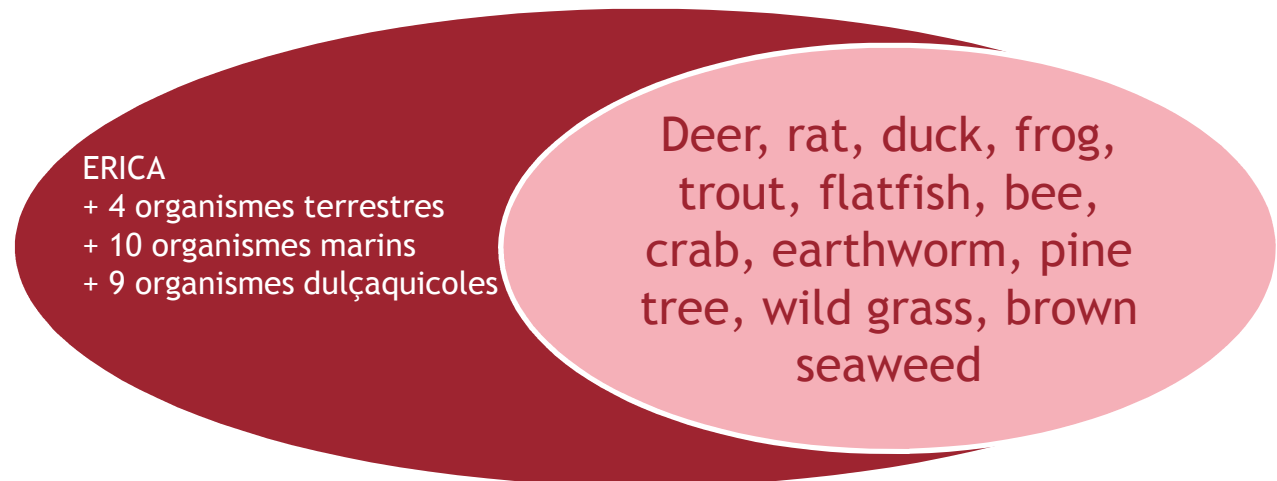
contenu de l'EIE = f(importance du projet, incidences prévisibles sur l'environnement)

Un socle conceptuel commun

Concept	ERICA	CIPR
Gradation	Explicite (tier 1 à 3)	Implicite (cf. objets)
Articulation	<p>Formulation du problème</p> <p>Analyse de l'exposition (transferts, dosimétrie) <i>Bq/L ou Bq/kg</i> <i>Gy.temps⁻¹</i></p> <p>Analyse des effets (relation dose-effets, valeur de référence) <i>Gy.temps⁻¹</i></p> <p>Risque</p>	

Un socle conceptuel commun

Concept	ERICA	CIPR
Gradation	Explicite (tier 1 à 3)	Implicite (cf. objets)
Articulation	4 phases	
Objets concernés	Organismes de référence	1/ RAPs 2/ Org. représentatifs



Un socle conceptuel commun

Concept	ERICA	CIPR
Gradation	Explicite (tier 1 à 3)	Implicite (cf. objets)
Articulation	4 phases	
Objets concernés	Organismes de référence	1/ RAPs 2/ Org. représentatifs
Point de Référence	PNEDR (écosystème) (tiers 1 & 2)	DCRLs (RAPs)

Incrément / BdF !	10 à 100 mGy.j ⁻¹	Algue brune Lombric Abeille Crabe
	1 à 10 mGy.j ⁻¹	Herbe Grenouille Poissons
	Écosystème (10 µGy.h ⁻¹ = 0,24 mGy.j ⁻¹)	0,1 à 1 mGy.j ⁻¹ Pin Mammifère Canard

Un socle conceptuel commun

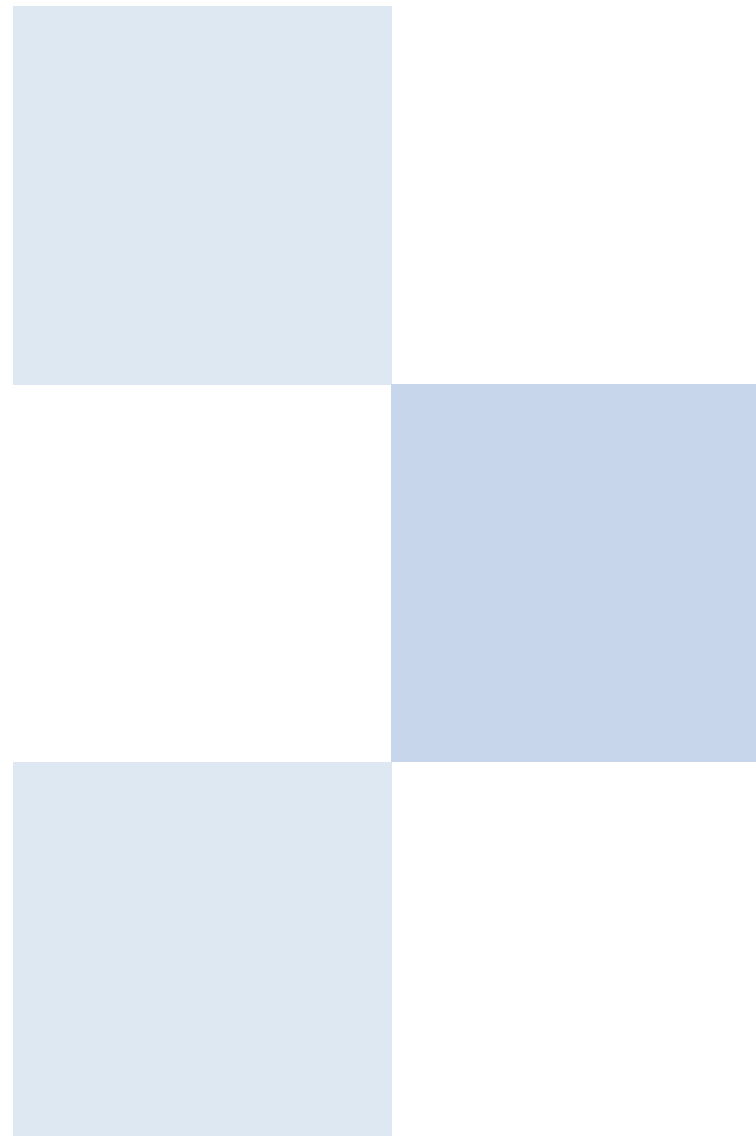
Concept	ERICA	CIPR
Gradation	Explicite (tier 1 à 3)	Implicite (cf. objets)
Articulation	4 phases	
Objets concernés	Organismes de référence	1/ RAPs 2/ Org. représentatifs
Point de Référence	PNEDR (écosystème) (tiers 1 & 2)	DCRLs (RAPs)
Preuves supplémentaires	Surveillance écologique	

Rejets radioactifs liquides en milieu aquatique : comment en estimer l'impact ?

Approche/méthode	RESRAD-Biota (US DOE)	ERICA Tool (CE)	CIPR
Date	2002-2009*	2007-2012*	2008-2014
Référence	US DOE, 2002	Beresford et al., 2007	CIPR, 2008, 2009, 2014
Nombre d'étapes	3	3	Implicite dans l'application
Nombre d'Organismes de référence	4 (fixes pour les coefficients de dose, modifiable pour les coefficients de transferts)	31 (modifiable pour les coefficients de dose et de transferts) Ajout possible de nouveaux organismes	12 (fixes pour les coefficients de dose et de transferts)
Radionucléides considérés	44	63 par défaut Ajout possible (CIPR 38, soit environ 700 isotopes)	75
Nombre de Valeurs de référence	4 (1 par taxon) modifiable par l'utilisateur	1 (modifiable par l'utilisateur) pour les étapes 1 et 2 ; à définir pour l'étape 3	12 (gamme min-max, 1 gamme -DCRL- par organisme de référence RAP)
Points forts	<ul style="list-style-type: none"> • Etape 3 probabiliste • Allométrie pour les transferts • Outil (RESRAD-Biota) maintenu et mis à jour 	<ul style="list-style-type: none"> • Etape 3 probabiliste • Possibilité d'ajouts (radionucléides et organismes) • Traçabilité • Opérationnalité • Souplesse d'utilisation • Consensus scientifique européen • Outil maintenu et mis à jour • Liaison avec base de données d'effets (FREDERICA) 	<ul style="list-style-type: none"> • Cohérence avec système de radioprotection de l'homme • Consensus international • Démonstration de l'approche intégrée « Homme-Environnement » et de l'applicabilité aux trois situations d'expositions en cours (mandat 2013-2017 du Comité 5)
Points faibles	<ul style="list-style-type: none"> • 4 groupes taxonomiques (3 animaux, 1 plante) • Nombre de radionucléides couverts 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de prise en compte des gaz rares • Certains radionucléides absents de la CIPR 38 • Besoin d'un expert pour l'étape 3 • Peu adapté aux situations accidentelles (pas d'approche dynamique des transferts) 	<ul style="list-style-type: none"> • Caractère opérationnel non éprouvé pour les situations autres que planifiées • Traçabilité des valeurs de référence (DCRL = jugement d'expert) • Représentativité limitée des RAPs • Nombre de radionucléides couverts car pas d'ajout possible

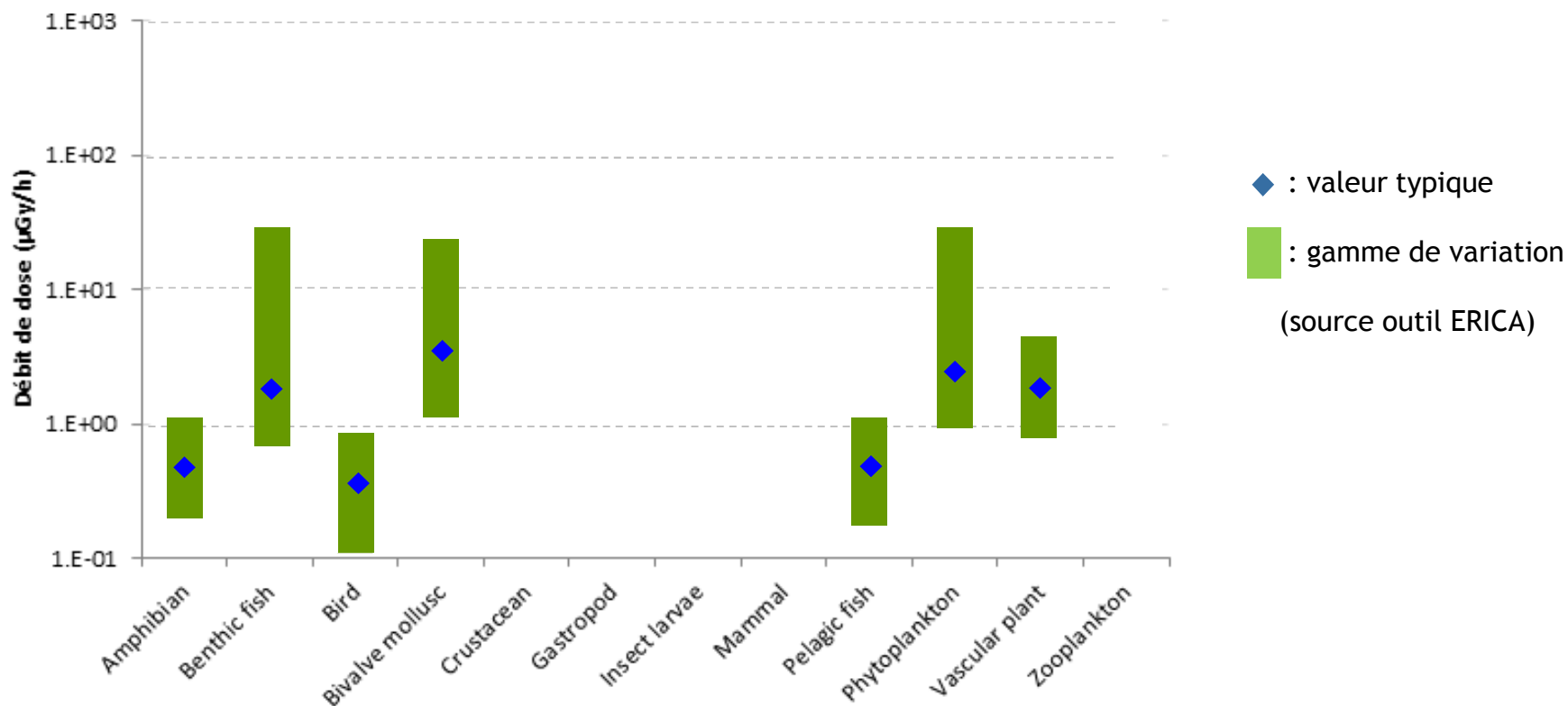


Rejets radioactifs liquides en milieu aquatique : retour d'expérience



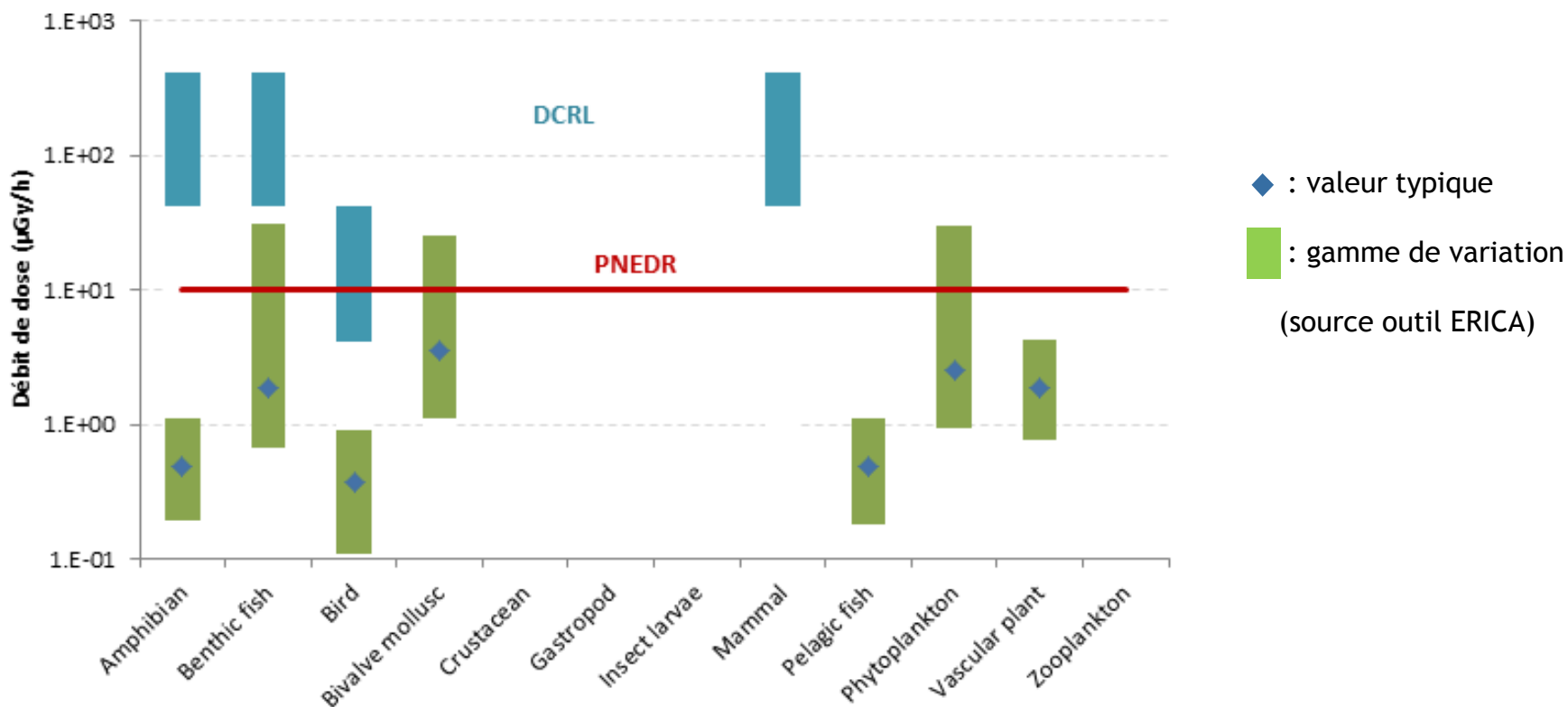
Exposition naturelle

➤ Débits de dose « BdF » vs. valeurs de référence effets



Exposition naturelle

➤ Débits de dose « BdF » vs. valeurs de référence effets



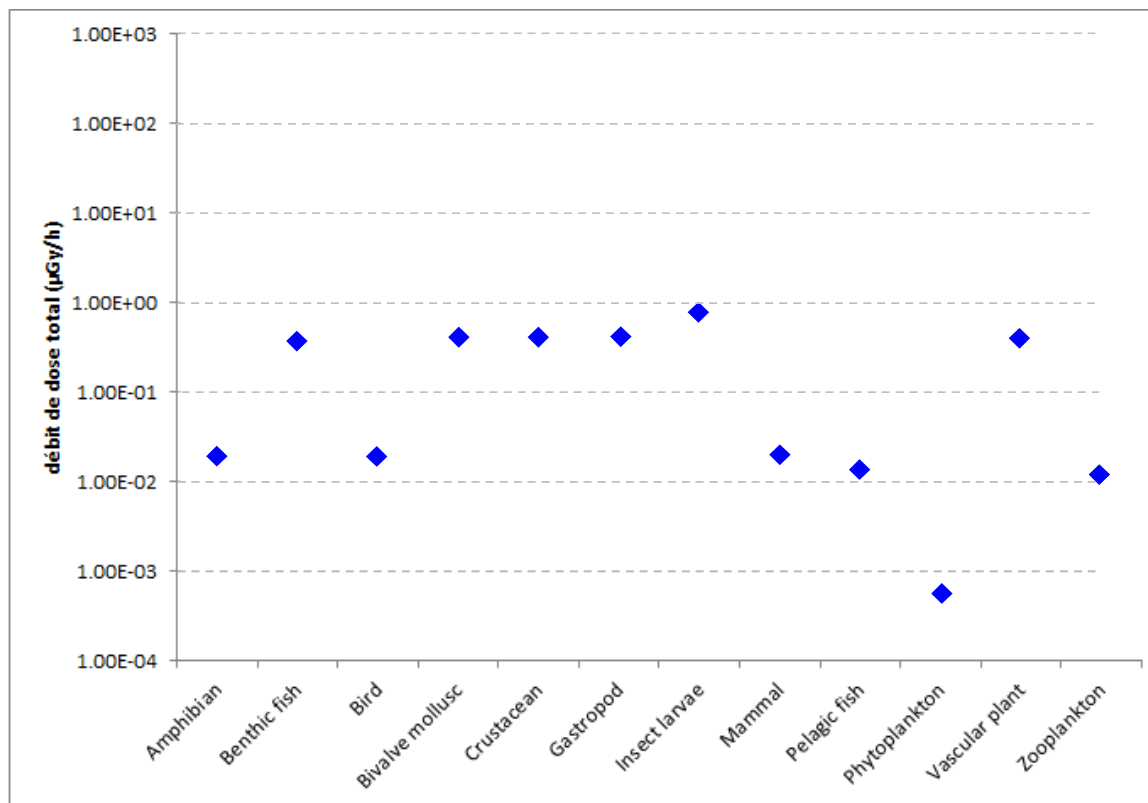
Exposition ajoutée

➤ Situation planifiée - fonctionnement normal

- Outil ERICA
- Tier 2 (radionucléides absents par défaut de l'outil)
- Configuration par défaut pour tout autre élément
 - Organismes de référence
 - Mode de vie et comportement des organismes
- Application des méthodes d'extrapolation pour transfert
- Données d'entrée : activités volumiques annuelles moyennes déterminées d'après autorisation de rejet, au module

Exposition ajoutée

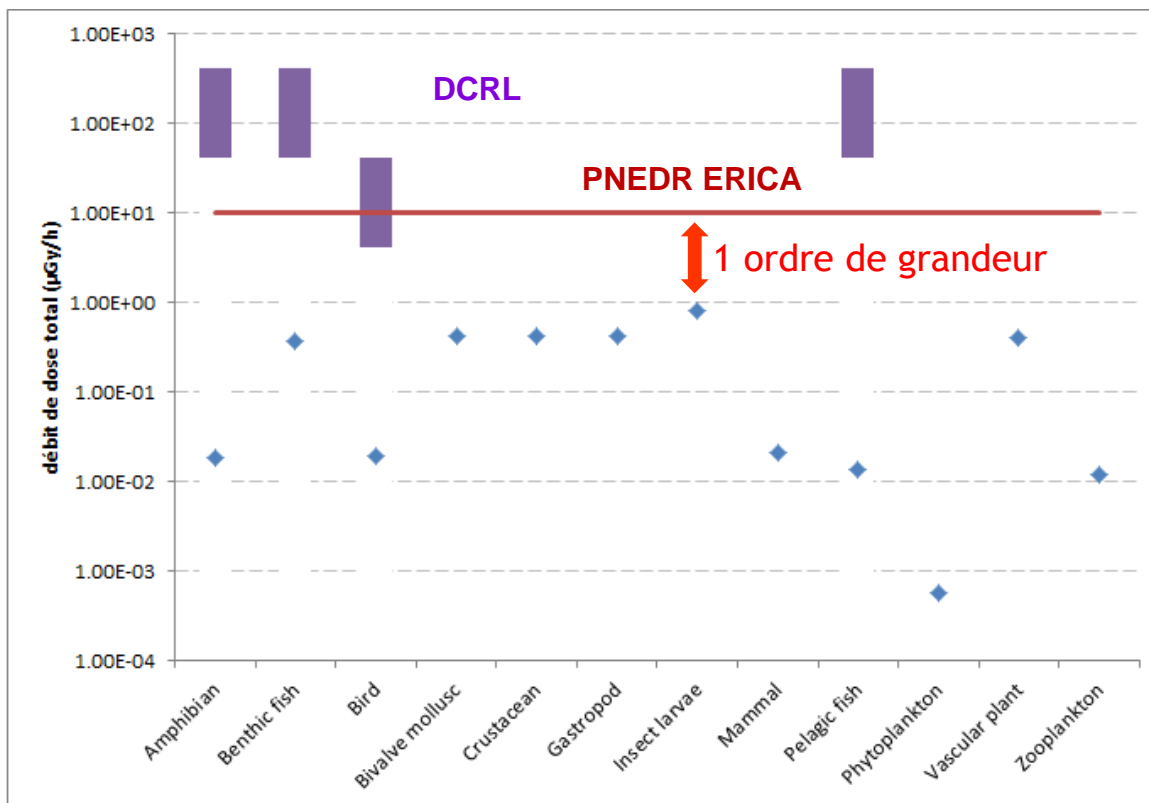
➤ Situation planifiée - fonctionnement normal



Autorisations de rejet - CNPE (exploitation + démantèlement)

Exposition ajoutée

➤ Situation planifiée - fonctionnement normal



Autorisations de rejet - CNPE (exploitation + démantèlement)

Exposition ajoutée

➤ Situation existante - après-mines

- GEP-mines
- Approche ERICA
- Application des méthodes d'extrapolation pour transfert
- Données d'entrée
 - Mesures d'activité (^{226}Ra , ^{210}Pb ...)/de masse (^{238}U) sur eau/sédiments

Exposition ajoutée

➔ Situation existante - après-mines

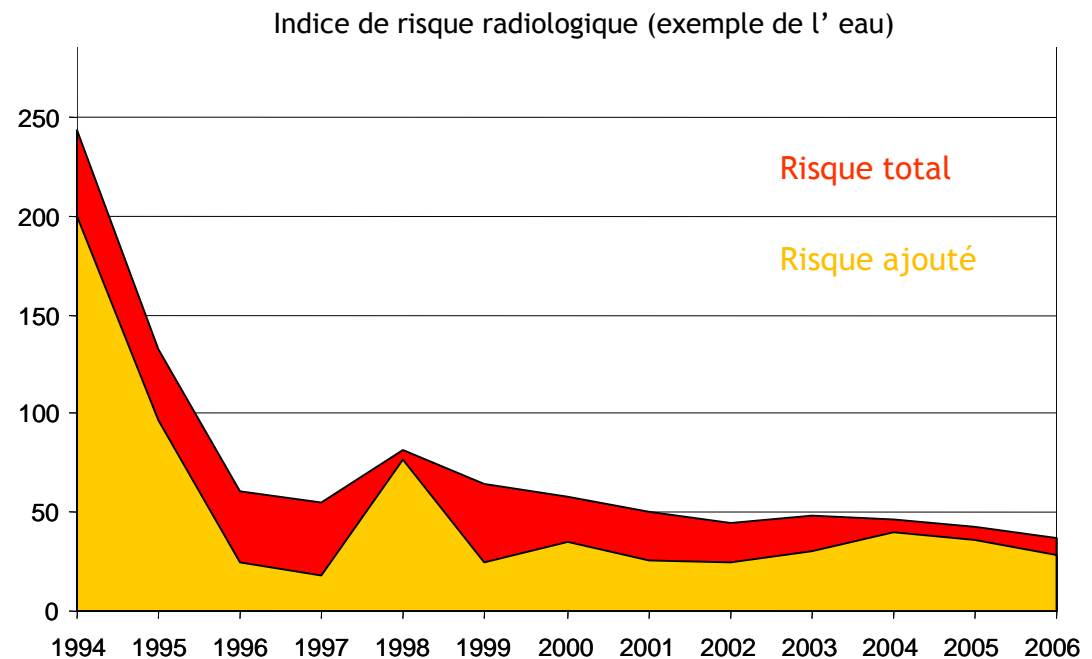
Radionucléide	Eau	Sédiment
^{238}U	Mesure	Mesure ou application du Kd
^{234}Th , $^{234\text{m}}\text{Pa}$, ^{234}U , ^{230}Th	Équilibre avec ^{238}U	Application du Kd
^{226}Ra	Mesure	Mesure ou application du 50 ^{ème} percentile du ratio $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ sur concentration en ^{238}U des sédiments
^{222}Rn		Application du Kd
^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po , ^{210}Bi , ^{210}Po		
^{210}Pb	Équilibre avec ^{226}Ra	Mesure ou application du 50 ^{ème} percentile du ratio $^{210}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ sur concentration en ^{238}U des sédiments
^{235}U , ^{231}Th , ^{231}Pa , ^{227}Ac , ^{227}Th , ^{223}Ra	Équilibre avec ^{238}U après application du rapport isotopique naturel $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$	Application du Kd
^{219}Rn		
^{215}Po , ^{211}Pb , ^{211}Bi , ^{207}Tl		

Exposition ajoutée

➤ Situation existante - après-mines

■ Dépistage (Tier 1 - screening)

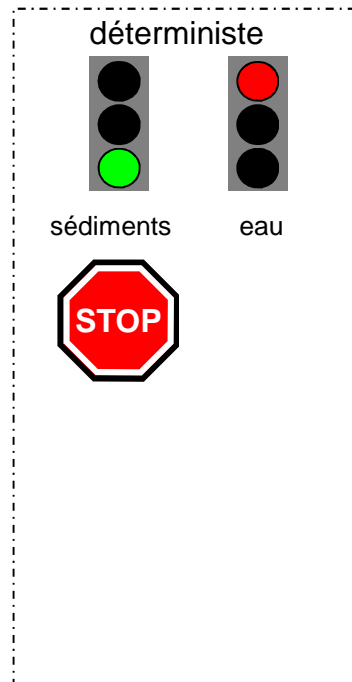
- Activité eau :
 - Max annuel
 - Élément total
- Sédiment : Kd
- Organismes : FC



Exposition ajoutée

➔ Situation existante - après-mines

Dépistage



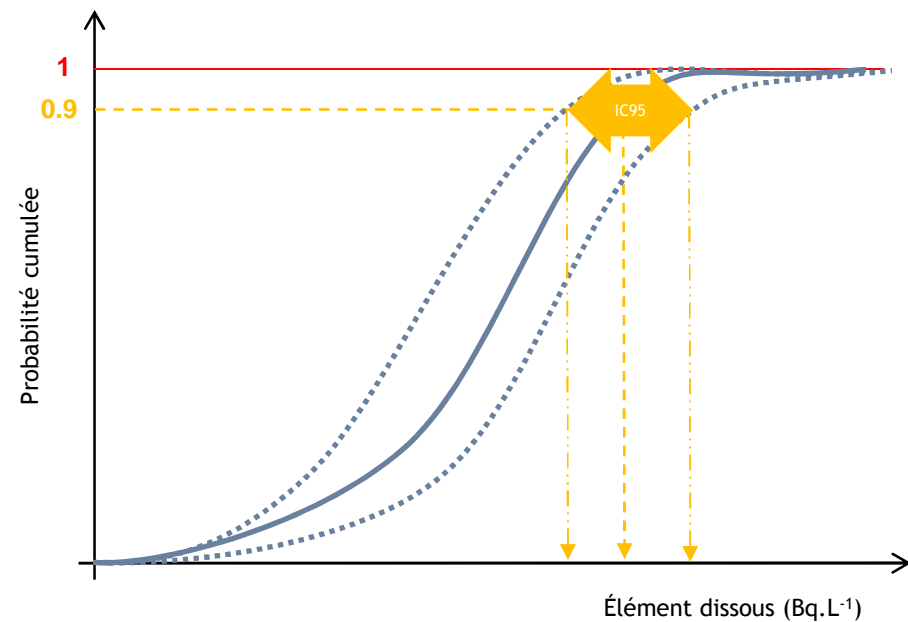
Exposition ajoutée

➔ Situation existante - après-mines

■ Dépistage (Tier 1 - screening) : $IR > 1$

■ Deuxième niveau (Tier 2-3)

- Activité eau :
 - 90^{ème} percentile 2006
 - Élément dissous



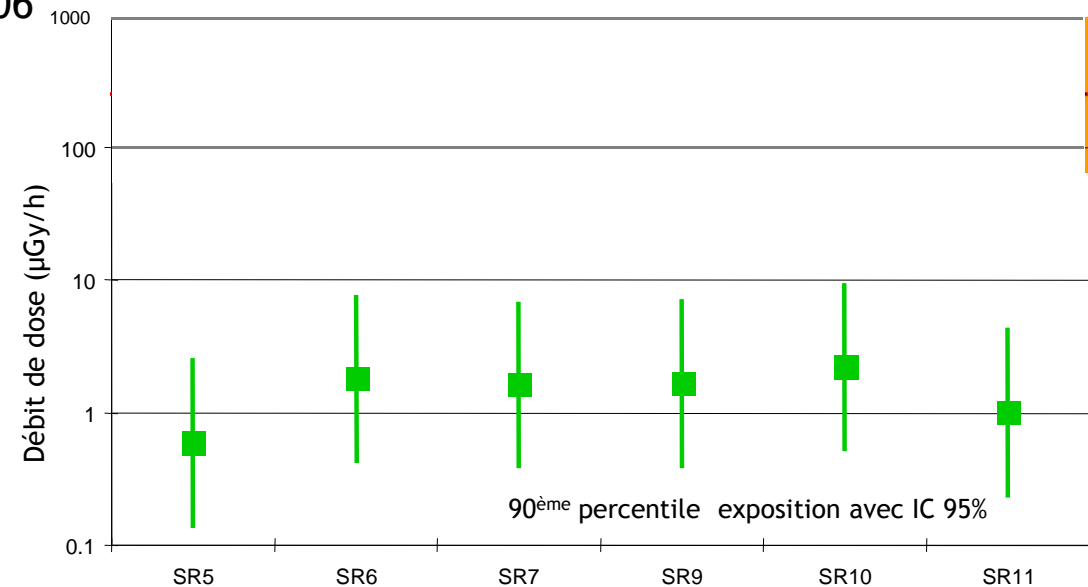
Exposition ajoutée

➤ Situation existante - après-mines

■ **Dépistage** (Tier 1 - screening) : $IR > 1$

■ **Deuxième niveau** (Tier 2-3)

- **Activité eau :**
 - 90^{ème} percentile 2006
 - Élément dissous



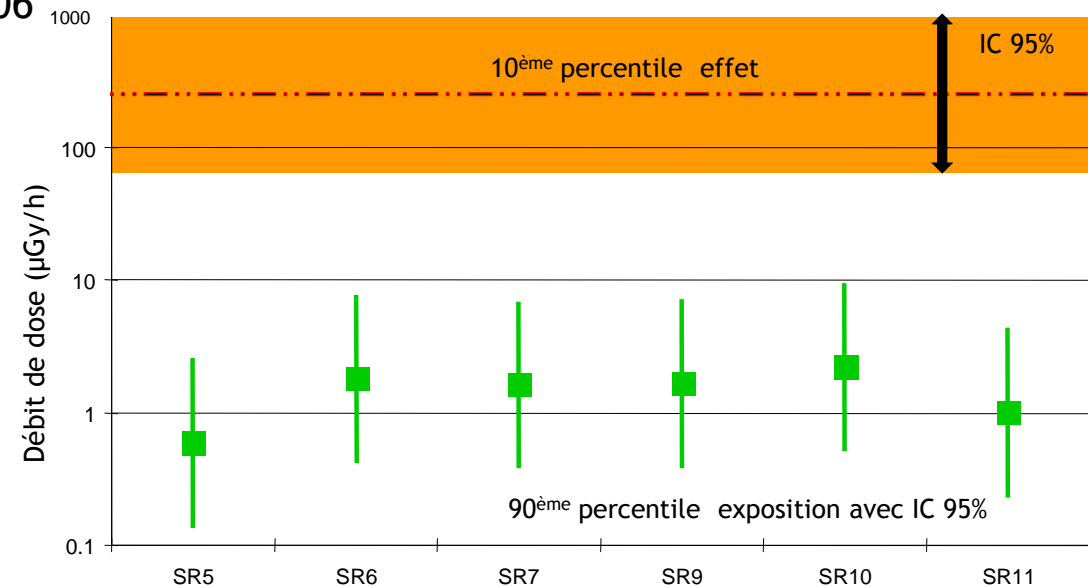
Exposition ajoutée

➔ Situation existante - après-mines

■ Dépistage (Tier 1 - screening) : $IR > 1$

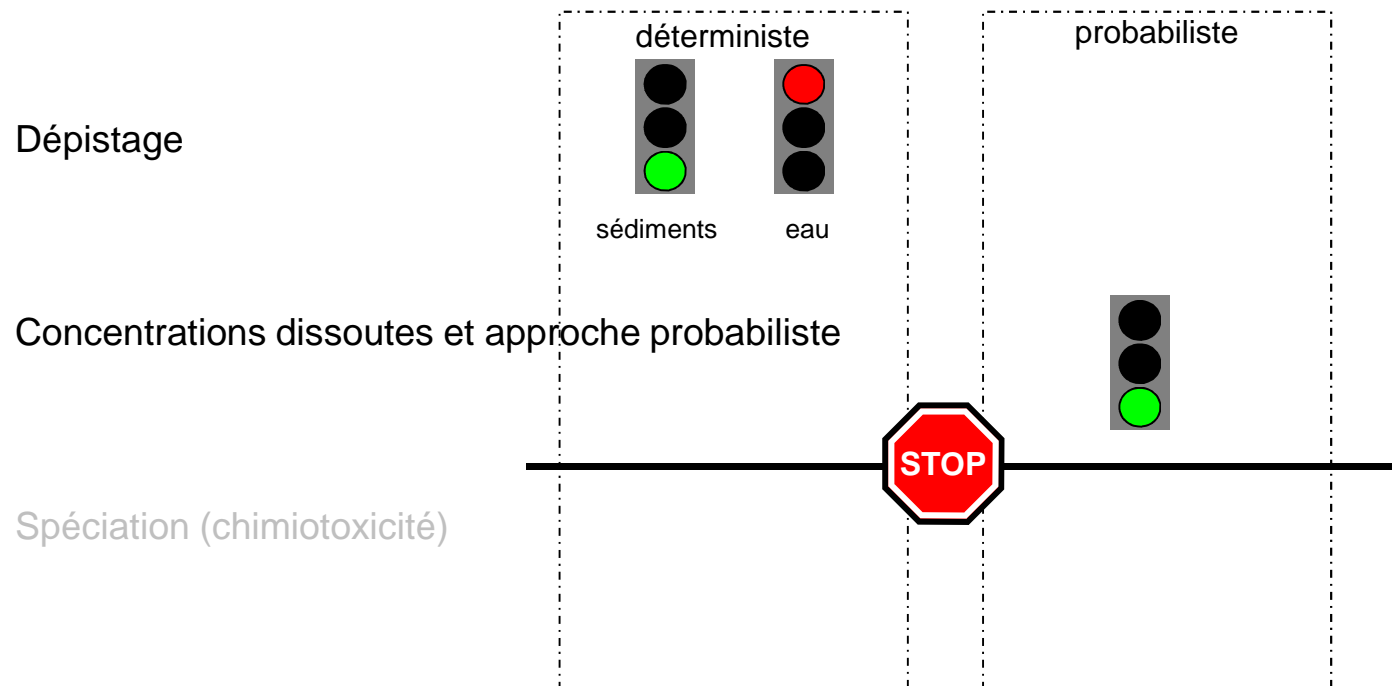
■ Deuxième niveau (Tier 2-3)

- Activité eau :
 - 90^{ème} percentile 2006
 - Élément dissous



Exposition ajoutée

➔ Situation existante - après-mines



Exposition ajoutée

➤ Situation d'urgence - rejets accidentels

■ Tchernobyl/Fukushima : environnement \neq premier enjeu



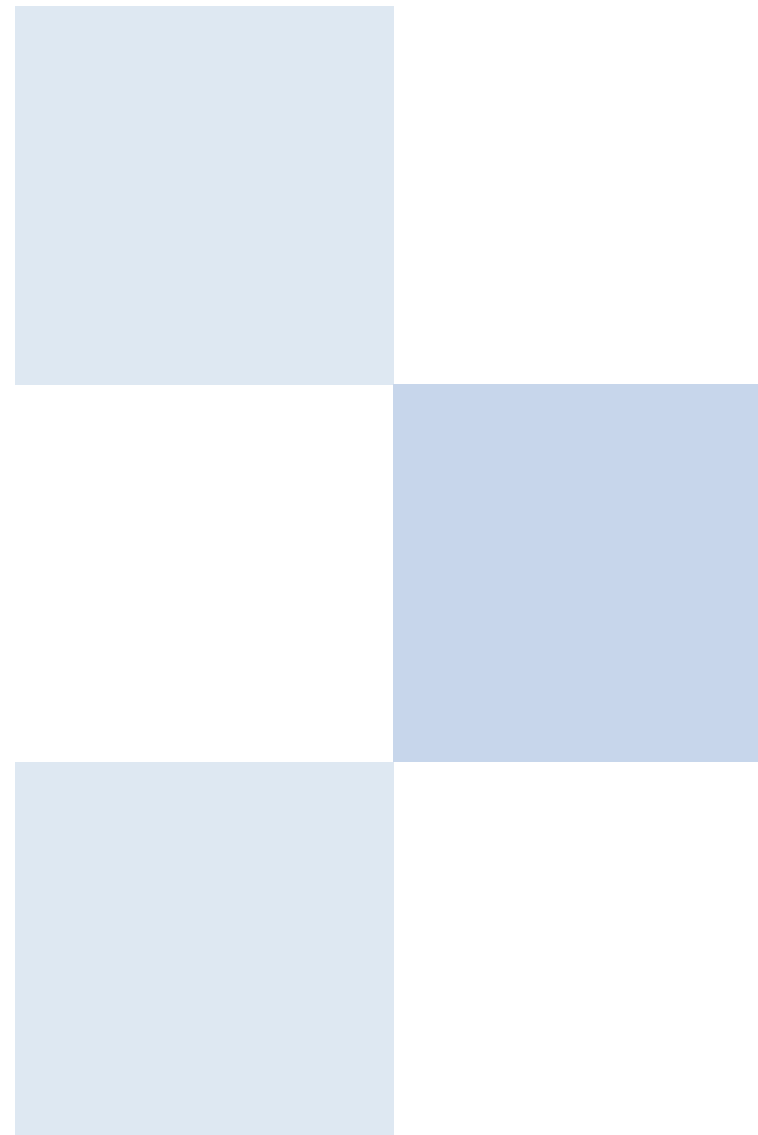
■ Enjeux environnementaux

- post-accident : 1 des facettes de l'optimisation de la gestion des territoires contaminés
- Accidents de moindre ampleur sur espaces naturels protégés inhabités

■ Besoins de développement méthodologique



Conclusions



Évaluation de l'impact écologique des rejets radioactifs liquides

➤ Convergence réglementation, connaissances et pratique

■ Aboutissement d'un processus réglementaire

- Réflexions internationales => BSS AIEA
- Intégration au plan européen => BSS EURATOM
- Déclinaison nationale à venir

Évaluation de l'impact écologique des rejets radioactifs liquides

➤ Convergence réglementation, connaissances et pratique

■ Aboutissement d'un processus réglementaire

■ Des méthodes et outils existants et utilisés

- Outil d'évaluation ERICA, consensus scientifique européen
- Développé et utilisé par l'IRSN
- Déjà mis en œuvre par certains exploitants

Évaluation de l'impact écologique des rejets radioactifs liquides

➤ Convergence réglementation, connaissances et pratique

- Aboutissement d'un processus réglementaire
- Des méthodes et outils existants et utilisés
- Une application possible
 - Aux situations d'exposition planifiée
 - Aux situations d'exposition existante

Évaluation de l'impact écologique des rejets radioactifs liquides

➤ Convergence réglementation, connaissances et pratique

- Aboutissement d'un processus réglementaire
- Des méthodes et outils existants et utilisés
- Une application possible
- Une réflexion à poursuivre pour accident/post-accidentel
 - Adapter les méthodes d'évaluation du risque radiologique pour les espèces non humaines vis-à-vis des rayonnements ionisants
 - Compléter les données nécessaires

Évaluation de l'impact écologique des rejets radioactifs liquides

➔ Convergence réglementation, connaissances et pratique

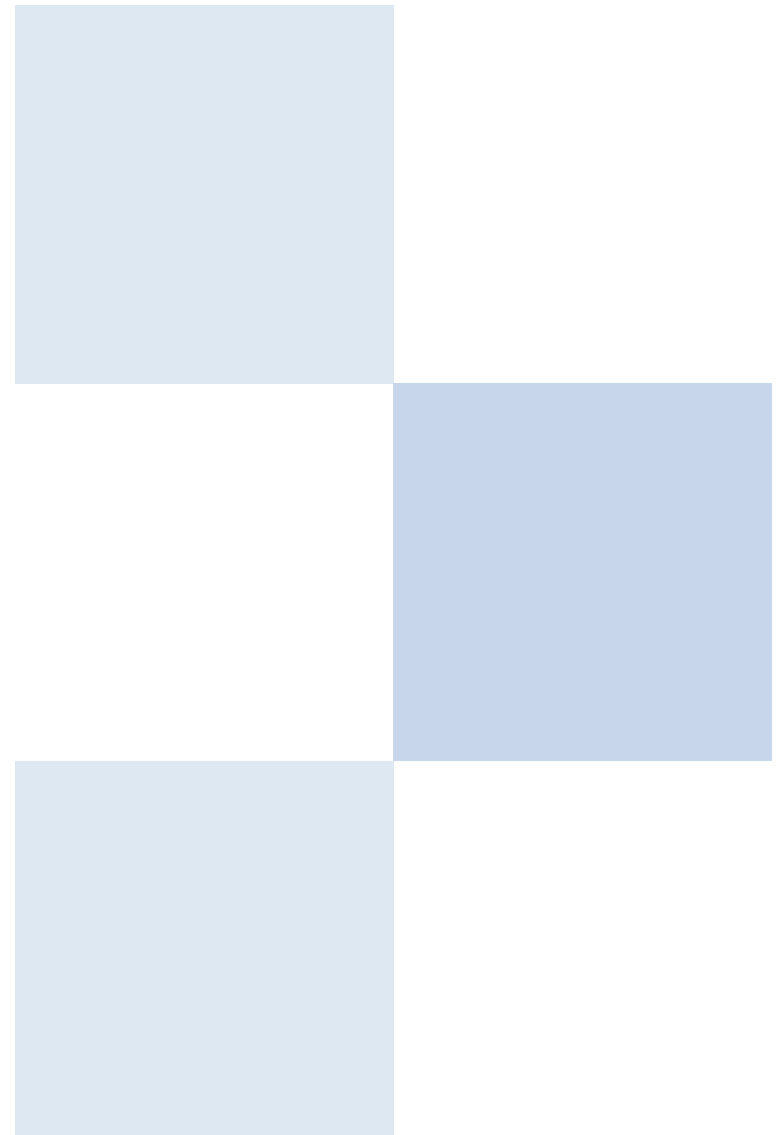
Tout est prêt pour donner de la cohérence aux évaluations d'impact :

- Entre homme et environnement
- Entre substances chimiques et radioactives

dans le respect des principes du code de l'environnement (proportionnalité !)

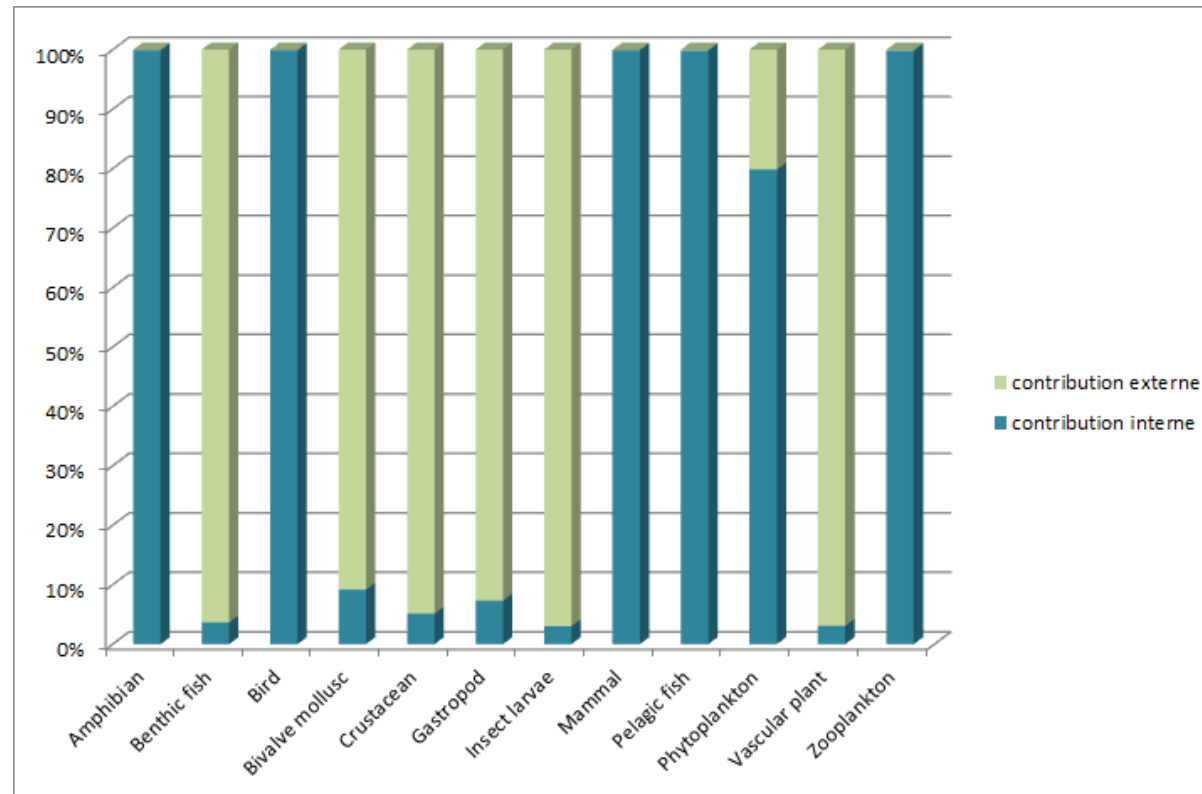


Annexes



Exposition ajoutée

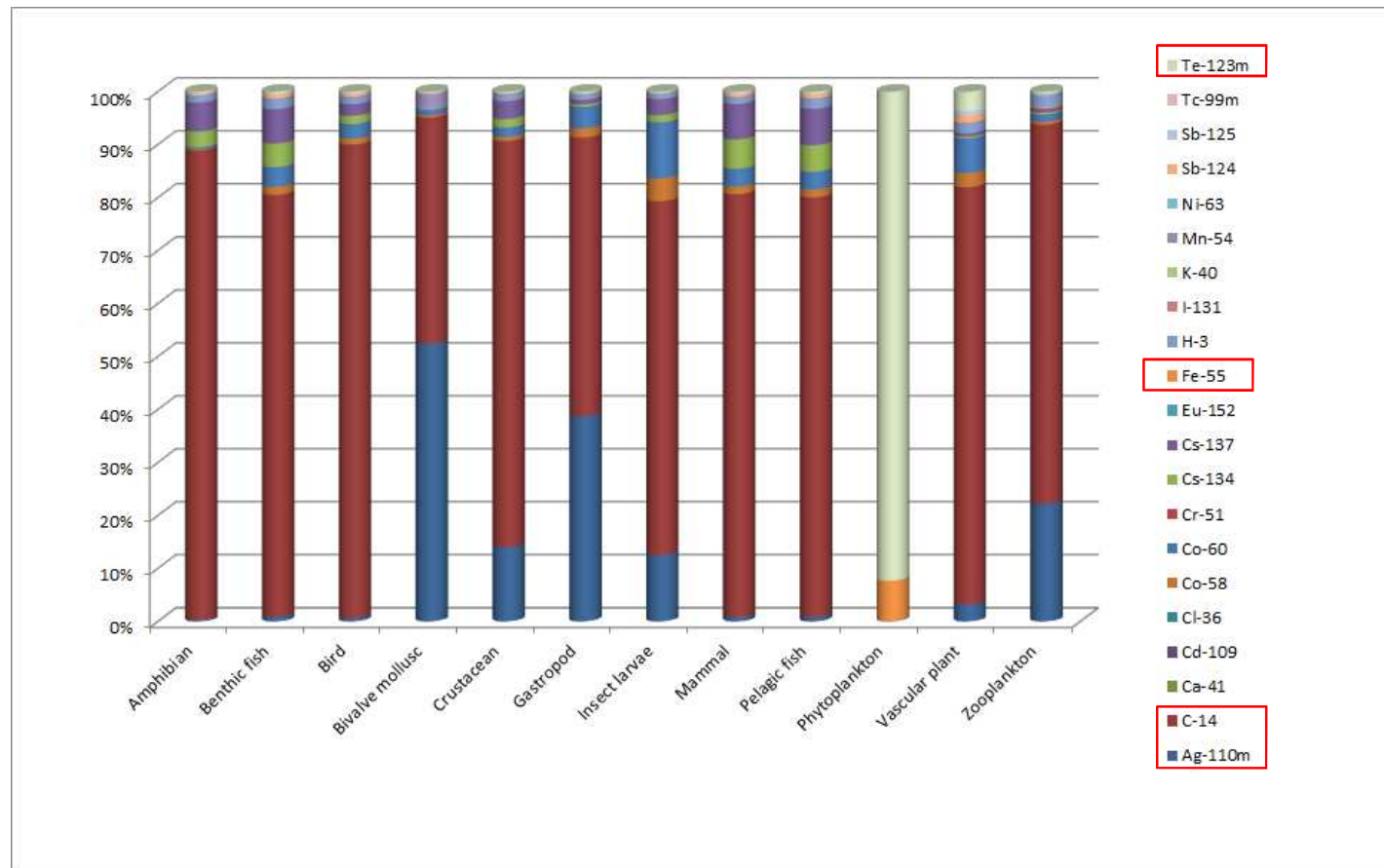
➤ Situation planifiée - fonctionnement normal



Contribution de l'exposition interne :
dominante si pas d'exposition au sédiment

Exposition ajoutée

➔ Situation planifiée - fonctionnement normal



Contribution des RNs (exposition interne)