

The logo for IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire) features the acronym 'IRSN' in a bold, sans-serif font. The letters 'I', 'R', and 'S' are red, while the 'N' is blue. The letters are closely spaced and partially overlap.

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

# La radioprotection de l'environnement

Contexte, problématique  
Orientations de l'IRSN

Jean-Christophe Gariel

GT-CIPR

2 novembre 2005


Direction de l'Environnement et de l'Intervention  
Service d'Étude du Comportement des Radionucléides dans les Écosystèmes

# La radioprotection de l'environnement

- **Prise en compte de la protection de l'environnement dans les pratiques en radioprotection (CIPR, AIEA, UNSCEAR,...) évolue rapidement depuis plusieurs années.**
- **Il est apparu nécessaire que l'IRSN exprime ses orientations dans ce domaine.**
  - **Document sur les orientations de l'IRSN publié en avril 2005**
  - **Document « support » : « Radioprotection de l'environnement - Synthèse et perspectives » sera publié d'ici la fin de l'année.**

# Plan de l'exposé

- 1) Evolution des pratiques en radioprotection et enjeux actuels
- 2) Etat des connaissances et contraintes associées
- 3) Stratégie générale proposée par l'IRSN pour le système de radioprotection de l'environnement
- 4) Les grands axes de la méthode pour l'évaluation du risque pour l'environnement
- 5) Les conséquences en termes de surveillance pour l'environnement
- 6) Les orientations des actions de l'IRSN à l'égard de ses partenaires.

- **Evolution de la position de la CIPR en ce qui concerne la prise en compte de l'environnement :**
    - Publications 14 (1977) et 60 (1991) postulent que si l'homme est protégé, les autres espèces ne sont pas en danger.
- 
- Publication 91 (2003) : « La CIPR estime qu'il est nécessaire de développer un cadre pour l'évaluation des effets des rayonnements sur les espèces... »

- Evolution de la position de la CIPR liée à des objections au postulat « *Qui protège l'homme, protège l'environnement* » :
  - Ne s'applique pas aux parties de l'environnement dont l'homme est absent et pourrait ne pas être valable à toutes les échelles.
  - Manque d'harmonisation difficilement justifiable entre les modes de gestion de la radioprotection de l'environnement et ceux préconisés au niveau international pour la protection de l'environnement au sens large.
  - Absence de méthodes éprouvées et de critères spécifiques pour la radioprotection de l'environnement à l'égard des radionucléides est difficilement justifiable par rapport à ce qui existe pour les substances chimiques.

### Contexte international :

- **UNSCEAR** : en charge de la synthèse des connaissances scientifiques sur les effets des rayonnements ionisants.
  - Préparation d'un rapport sur les effets des rayonnements ionisants sur les organismes non-humains (horizon 2007/2008)
- **CIPR** : en charge d'émettre des recommandations.
  - Task group 2000-2004 (Publication 91)
  - Création du Comité 5 dédié à la radioprotection de l'environnement. Travaux planifiés sur 5 ans.
- **AIEA** : en charge d'émettre et de réviser des guides et standards.
  - Plan of activities on the radiation protection of the environment -consultation->juin 05; accepté en sept 05,
  - Objectif : révisions des guides & standards liés à l'évaluation et gestion des RNs présents ou rejetés dans l'environnement pour y inclure les méthodes/modèles/outils/paramètres associés en ce qui concerne la RP de l'environnement

### Contexte européen :

- **EC - EURATOM** : sujet prioritaire dans le cadre des 5<sup>ème</sup> (2001-2003-FASSET) et 6<sup>ème</sup> (2004-2007-ERICA) : projets visant à établir un cadre pour l'évaluation du risque environnemental associé aux radionucléides.
- **EC - SUBSTANCES CHIMIQUES** : Divers documents officiels décrivent les méthodes pour l'évaluation du risque écologique associé aux substances chimiques (e.g. Technical Guidance Document- TGD, Directive Cadre sur l'Eau et valeur guides pour les substances prioritaires). Les RNs n'y sont pas mentionnés explicitement.

### Evolution de la radioécologie :

- Historiquement au service de la radioprotection de l'homme : étude des transferts des RN vers l'homme.
- A l'heure actuelle, la radioécologie s'attache davantage à évaluer les expositions et les effets des RN sur la faune et la flore et sur les écosystèmes qu'ils constituent.

Marquage de  
l'environnement  
Bq



Evaluation de l'effet  
sur l'environnement  
Notion de Risque

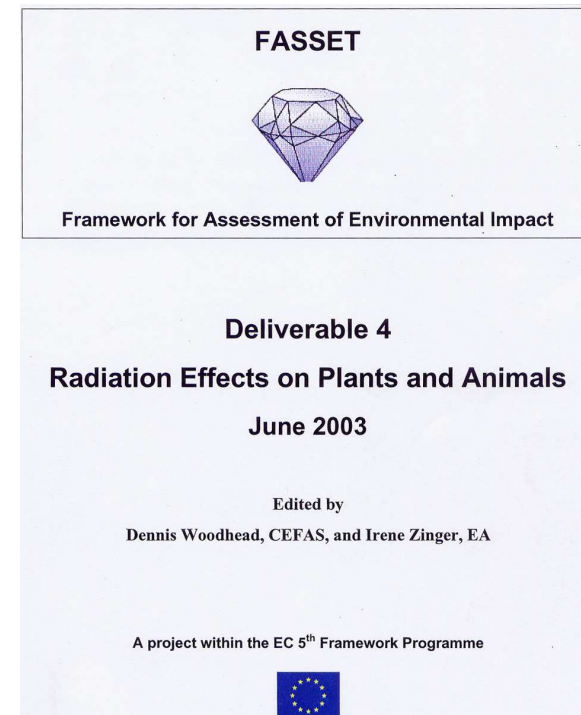


L'évolution actuelle vise plus à combler un vide conceptuel qu'à répondre à des préoccupations :

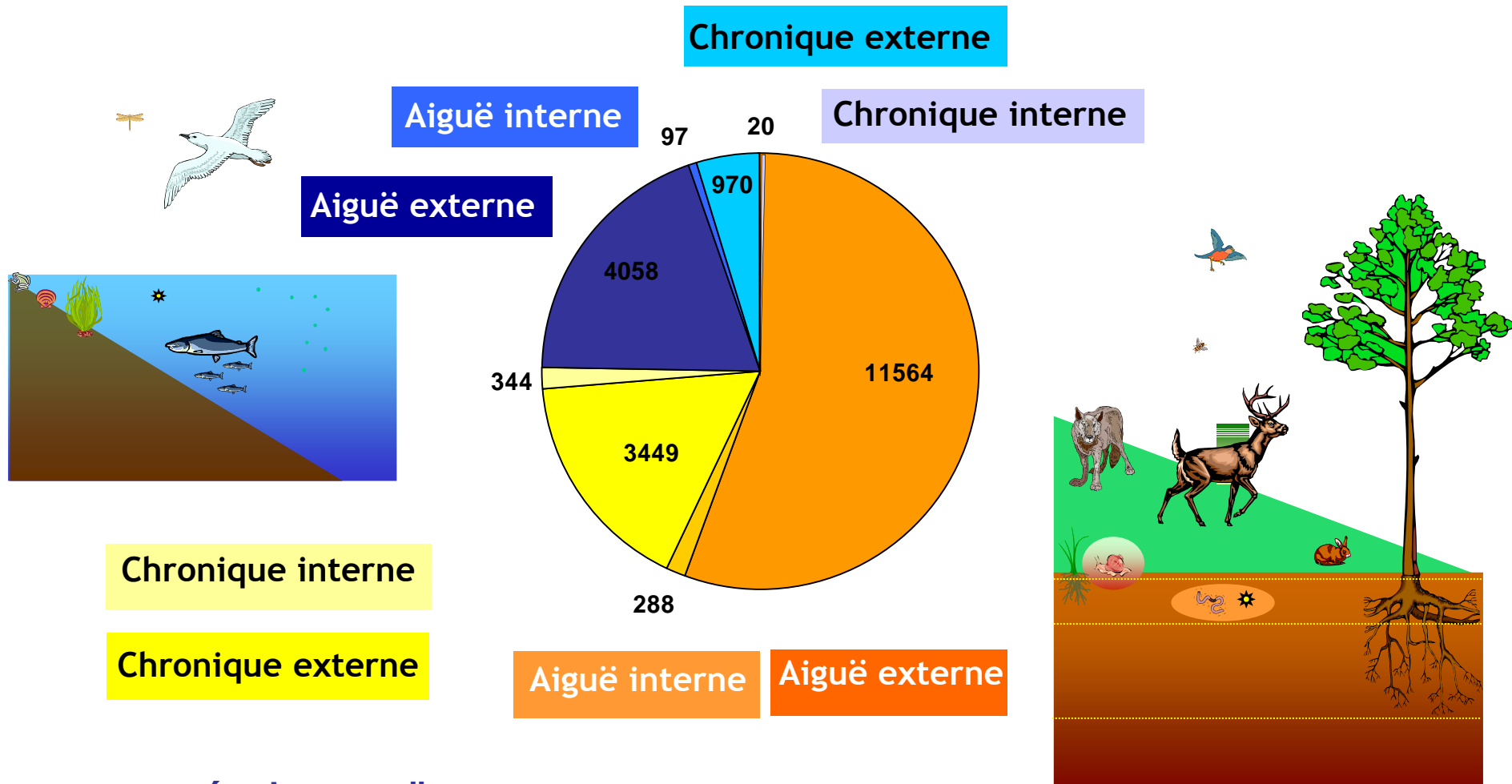
- Aucune preuve n'a été apportée quant un éventuel effet sur les écosystèmes de l'exposition aux radionucléides en situation de fonctionnement normal des installations mettant en jeu des substances radioactives.
- Cette situation peut être due :
  - au manque de recul;
  - aux pratiques de surveillances de l'environnement
  - à l'absence réelle d'effets.

# Etat des connaissances sur les effets (1/4)

- Le programme FASSET a produit la base de données FRED sur les effets des rayonnements ionisants sur les espèces non-humaines
- FRED contient *ca.* 25000 couples de points issus de la lecture de 1040 ref. En cours de fusion avec la base EPIC.  
(dose(ou débit de dose)), effet observé) + espèce, écosystème, régime d'exposition, type de rayonnements, RN émetteur, durée, dosimétrie associée...
- 16 groupes pseudo-taxonomiques (wildlife groups) alloués aux écosystèmes terrestres et/ou aquatiques
- 4 catégories d'effets: mortalité, morbidité, reproduction, mutation

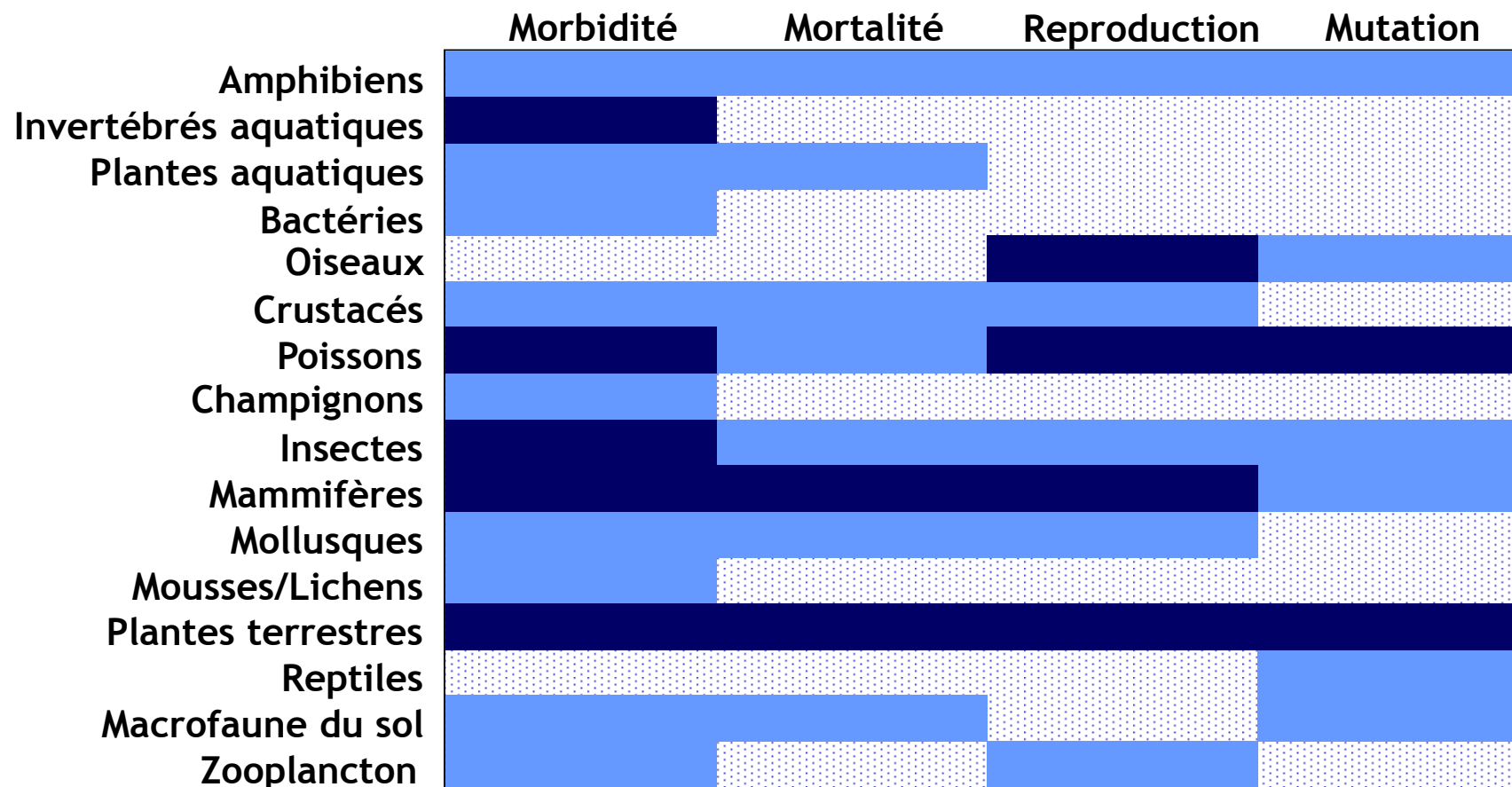


# Etat des connaissances sur les effets (2/4)



- Données d'effet dit aiguë par irradiation externe  $\gamma$
- Données d'effet dit chronique par irradiation externe  $\gamma$  (20%)
- Très peu de données relatives à la description d'effets par irradiation interne chronique

- 20% des données sont relatives à l'exposition chronique externe  $\gamma$



- (1) les données d'effets pour des débits de dose  $>1\text{mGy/h}$  sur les plantes, les poissons et les mammifères sont raisonnablement suffisantes
- (2) le seuil de significativité statistique de l'apparition d'un effet est de l'ordre de  $100\mu\text{Gy/h}$ . La réponse est claire à partir de  $1\text{mGy/h}$ .
- (3) des réponses plus subtiles peuvent être observées à des débits de dose  $<100\mu\text{Gy/h}$  -  
> signification pour l'individu ou la population?

## Quelles sont les lacunes :

- Effets induits par des expositions internes chroniques à faible niveau due à des émetteurs  $\alpha$  ou  $\beta$ ;
- Connaissances sur les processus d'accumulation de radionucléides au sein des compartiments abiotiques et biotiques et les effets qui peuvent en découler;
- La propagation des effets observés au niveau de l'individu à la population, aux communautés et aux écosystèmes.

Mettre en place un système de radioprotection de l'environnement nécessitera inévitablement des extrapolations :

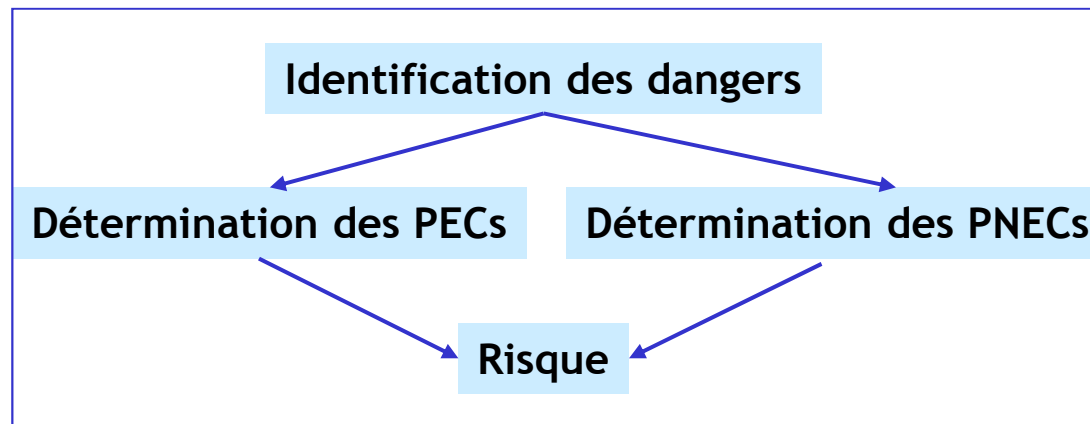
- de l'individu aux niveaux d'organisation supérieurs
- des fortes doses aux faibles doses
- de l'exposition externe à l'exposition interne

- Un système de radioprotection de l'environnement doit viser à préserver la structure et le fonctionnement des écosystèmes.
  - **Considération des compartiments biotiques et abiotiques**
- Il est nécessaire de pouvoir évaluer de manière scientifique le risque pour l'environnement. Nécessité de disposer de connaissances scientifiques solides afin d'éviter le recours excessif à des marges liées à l'ignorance.
- Une cohérence avec le système de radioprotection de l'homme est indispensable.
- Une cohérence avec le système d'évaluation du risque pour l'environnement associé aux substances chimiques est nécessaire.
  - difficultés à séparer chimiotoxicité et radiotoxicité
  - Difficulté de séparer *in situ* les effets.

## Grands axes pour une méthode d'évaluation du risque (1/2)

- Estimer l'incidence et la sévérité des effets susceptibles d'apparaître dans tout ou partie de l'écosystème suite à l'exposition réelle ou prévue à la substance

Selon le TGD (2003) s'intéressant aux substances chimiques, quatre phases séquentielles:



### (1) Formulation du problème

- Émissions, scénario

### (2) Analyse des Expositions (Predicted Environmental Concentration)

- Voies de transfert, flux entre compartiments

### (3) Analyse des effets (Predicted No Effect Concentration)

- Relation entre concentration d'exposition d'un stressor et occurrence et sévérité d'un effet
- Dérivation de critères de protection à partir de données d'écotoxicité

### (4) Caractérisation du risque

- Intégration exposition et effet

- Spécificités pour appliquer cette démarche aux substances radioactives :
  - Référence aux doses et débits de doses reçus;
  - Nécessité de considérer les voies d'exposition interne et externe;
    - o *Détermination de valeurs d'efficacité biologique relative*
  - Absence de tests normalisés pour évaluer l'écotoxicité des radionucléides.
    - o *Conception et développement de tests d'écotoxicité chronique à l'échelle d'une ou plusieurs générations.*
    - o *Nécessité d'utiliser des méthodes claires pour la dérivation de valeurs-limites ou valeurs guides correspondant à un risque négligeable.*



## Critères de protection/Valeurs-limites

- Diverses valeurs ont déjà été utilisées comme critère de protection. Elles reposent toutes sur un jugement d'expert à un moment donné, sans méthode de dérivation associée.

mGy/j

(NCRP, 1991)	Revue de littérature sur les effets des rayonnements ionisants chez les organismes aquatiques	Organismes aquatiques : 10	Population
(IAEA, 1992)	Proposition de débits de dose en deça desquels aucun effet n'est attendu pour les populations	Animaux aquatiques : 10 Plantes terrestres : 10 Animaux terrestres : 1	Population
(UNSCEAR, 1996)	Revue de littérature sur les effets des rayonnements ionisants chez les organismes non-humains	Animaux aquatiques : 10 Plantes terrestres : 10 Animaux terrestres : 1	Individu le plus exposé d'une population

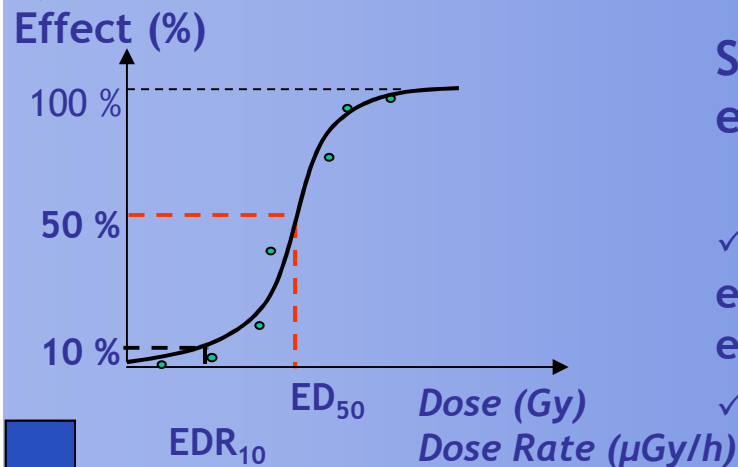
- Utilisation dans les méthodes d'évaluation du risque développées par l'USDOE (2002°, Environnement Canada (2002), Agence pour l'environnement UK (2002; 2003)

# Vers l'utilisation de méthodes pour dériver des valeurs-limites



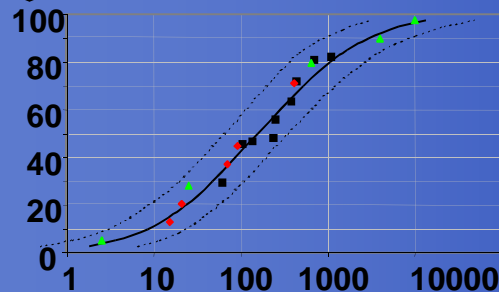
## STEP 1 - Extraction des données par "tests"

- ✓ Tri par écosystème, par type d'exposition .
- Appréciation de leur qualité.



## STEP 2 - Construction des modèles dose(rate)-effect

- ✓ Pour chaque "test" accepté, modélisation et estimation des valeurs de toxicité critiques: ED<sub>50</sub> (aigu) et EDR<sub>10</sub> (chronique)
- ✓ Qualité du fit.



## STEP 3 - Derivation des PNED(R) (Predicted No Effect Dose (Rate))

- ✓ SSD sur les sets de données de toxicité critiques acceptées.

- Suite à une évaluation du risque à l'environnement, il reste à vérifier *a posteriori* la pertinence de l'évaluation.
- Les stratégies de surveillance à mettre en œuvre ne seront pas différentes de celles utilisées pour d'autres stressors (physiques, chimiques,...).
- Il sera toujours très difficile d'établir une causalité entre la mise en évidence d'un effet et la présence d'un polluant spécifique.

- **CIPR** : participation au comité 5 et à des groupes de travail
- **AIEA** : participation au programme EMRAS (Biota Working Group). Participation prévue au Plan d'activité.
- **UNSCEAR** : IRSN associé à la rédaction du rapport sur l'effet des RI sur les organismes non-humains.
- **Niveau européen** : Participation aux programmes européens FASSET, ERICA et réponse au dernier appel d'offre sur la comparaison des méthodes (projet PROTECT).

## Développements en cours à l'IRSN

- Analyse des expositions : plate-forme de modélisation SYMBIOSE accueillant modèles conceptuels et bases de données de paramètres associés
- Evaluation des doses : EDEN (Elementary Dose Evaluation for Natural environment): outil logiciel d'évaluation des coefficients de doses élémentaires (ellipsoïde, homogénéité de distribution du RN, scènes écologiquement réalistes prédéfinies)
- Analyse des effets : Exploitation de la base de données FRED et méthodes de dérivation de valeurs critères de protection tracées
- En cours de développement, méthode d'évaluation du risque comparée quel que soit le stresser
- Travaux expérimentaux pour la conception de modèles d'extrapolations du domaine de validité des connaissances actuelles vers les domaines non suffisamment étayés en termes de connaissances
  - Analyse des expositions: paramètres de transfert RN/organisme/voie d'exposition
  - Analyse des effets: durée d'exposition, externe/interne, niveau d'organisation

# Extrapolation des connaissances manquantes en matière d'effets

Connaissances manquantes	Extrapolation	R&D
Données chronique à faible dose pour divers groupes taxonomiques	Aigu -> chronique	Analyse de la modification des SSD aiguë vers chronique
Effets lors d'irradiation interne par des émetteurs alpha ou bêta	Externe->interne	Analyse de la distribution statistique des RBE; expériences en milieu contrôlé et modélisation
Effets lors d'exposition chronique à un mélange radionucléides/toxiques chimiques	D'un stresser unique à multiple	Modélisation des effets de mélanges (labo)
Effets à l'échelle populationnelle	Individu->population	Modélisation (dynamique des populations) à partir d'effets sur les traits de vie à l'échelle de l'individu (labo)
Données chroniques pour divers groupes taxonomiques et effets à l'échelle de l'écosystème	Entre espèce Structure->fonctionnemnt	SSD pondérées par groupe trophique pour simuler l'assemblage des espèces au sein d'un écosystème Modélisation d'interactions entre espèces
échelles de temps longues	1 génération->n	Modélisation des réponses adaptatives de populations soumises à une exposition chronique (labo)

ERICA

ENVIRHOM

- Les connaissances actuelles peuvent être utilisées au sens de l'évaluation du risque environnemental mais il existe d'importantes lacunes.
  - conception de modèles d'extrapolations du domaine de validité des connaissances actuelles (aigu->chronique, externe->interne, individu->population, extrapolation d'une espèce à l'autre...)
  - Acquisition de connaissances pour combler des lacunes sur les mécanismes mis en jeu et/ou le devenir et les effets radionucléide- ou site-dépendant dans le domaine d'exposition chronique
- Des méthodes d'évaluation du risque associé aux RN sont en cours de développement (ERICA, IRSN,...).
- Cette phase de conception devra être suivie d'une phase d'application à des sites réels afin de s'assurer de son caractère opérationnel.

- Connaître la position de l'IRSN sur la radioprotection de l'environnement ([www.irsn.org](http://www.irsn.org))
- + d'infos sur ENVIRHOM, EDEN, SYMBIOSE ([www.irsn.org](http://www.irsn.org))
- + d'infos sur ERICA ([www.ericaproject.org](http://www.ericaproject.org))
- Remerciements pour le soutien financier d'EDF (GGP Environnement) et de l'ANDRA.