

## Protection de l'environnement:

### Le concept et l'utilisation des animaux et plantes de référence

F. Bréchnac  
Séminaire GT-CIPR  
17 Décembre 2008, Paris

Direction Scientifique

## Missions du Comité 5

- Le Comité 5 traite de la protection radiologique de l'environnement
- Il vise à assurer le développement et l'application d'approches de la protection de l'environnement qui soient:
  - Compatibles avec la protection radiologique de l'homme, (concept d'animaux et plantes de référence, RAPs)
  - Compatibles avec la protection de l'environnement contre les autres stressseurs potentiels

## Rappels historiques

- 2000: établissement d'un 1er GT (rattaché à la Commission Principale)
- 2003: Rapport du 1er GT adopté » (Publication CIPR n° 91, traduction disponible en français)
  - 2ème GT établi
  - Puis, décision d'établir un nouveau Comité 5
- 2005: Draft du Rapport du 2ème GT, pour consultation
- 2005: Nouveau Comité 5 établi
- 2006:
  - GT sur la Dosimétrie (leader: G. Proehl)
  - WP sur la situation de l'approche RAPs dans le contexte général de la protection de l'environnement (leader: F. Bréchnac)
- fin 2007: Draft du Rapport « The concept and use of reference animals and plants » publié sur le site web pour consultation, deadline: 25 Mars 2008. Approuvé par la MC en Octobre 2008.

## Sommaire du Rapport

- Préface
- Introduction
- Animaux et plantes de référence (RAPs)
- Voies d'exposition
- Calcul des facteurs de conversion pour estimer la dose aux RAPs
- Effets des radiations et leur application aux RAPs
- Structuration des effets en termes de niveaux dérivés d'appréciation
- Applications et extrapolations
- Conclusions
- Références
- Appendices

## Composition actuelle

Jan Pentreath (UK), *Chair*  
Carl-Magnus Larsson (Sweden), *Vice-chair*  
Kathryn Higley (USA), *Secretary*  
Masahiro Doi (Japan, jusqu'en 2006)  
Almudena Real (Spain)  
Arthur Johnston (Australia, jusqu'en 2007)  
Gerhardt Pröhl (Germany)  
Per Strand (Norway)  
Kazuo Sakai (Japan, à partir de 2007)  
François Bréchnac (IRSN)

*Membre du TG Dosimétrie: Karine Beaugelin (IRSN)*

## Introduction

- Nouvelles recommandations :
  - Situations prévues, existantes ou accidentelles
  - Tout l'environnement, y compris les zones où l'homme est absent
- Objectifs de la protection radiologique de l'environnement (cf. CIPR 91) :
  - « Eviter ou réduire la fréquence d'effets délétères des radiations jusqu'à un niveau d'impact négligeable sur :
    - le maintien de la diversité biologique,
    - la conservation des espèces,
    - l'état de santé des habitats naturels et de leurs communautés vivantes »

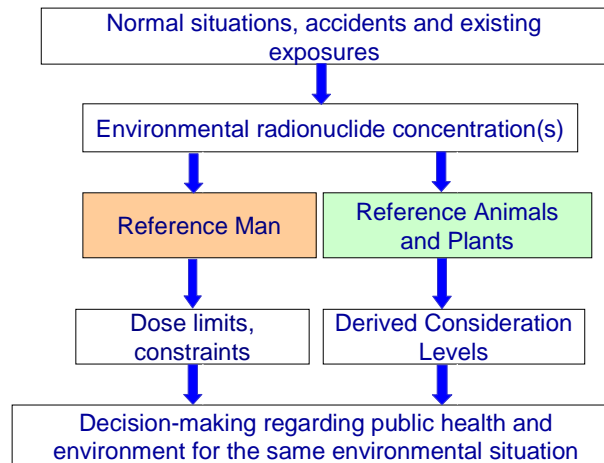
## Objectifs de la CIPR en matière de protection de l'environnement

- Apporter des conseils, de nature générale, pour aider à la démonstration du respect des normes nationales et internationales (existantes ou en cours de développement)
- Les radiations ionisantes ne sont qu'un stressor parmi d'autres
- Le concept doit être compatible avec les autres approches de la protection de l'environnement
- La première approche est fondée sur le concept d'animaux et de plantes de référence (RAPs)
- Les effets des radiations sont regroupés selon quatre catégories de cibles: mortalité précoce, morbidité, succès de la reproduction, mutations
- Ceci constitue un cadre pour des approches chiffrées appliquées et spécifiques

## Le concept d'animaux et plantes de références

- Tiré du concept « d'homme de référence » qui s'est avéré d'une grande utilité en radioprotection humaine
- Groupe restreint d'animaux et de plantes typiques pour lesquels relier l'exposition à la dose, et la dose à l'effet
  - emploi de « niveaux dérivés d'attention »
  - conséquences aux individus (pouvant affecter les populations)
- Points de référence pour établir des comparaisons avec des jeux de données concernant d'autres organismes animaux et végétaux
- RAPs ne sont pas nécessairement les objets directs de la protection
  - organismes secondaires peuvent être définis sur la base d'informations spécifiques du site en question

## Une approche commune : homme, animaux et plantes



## Les critères du choix des RAPs

- Typiques des principaux biomes (terrestre, aquatique d'eau douce, marin)
- Accessibles aux autres formes du management environnemental (pêche, agriculture, exploitation forestière)
- Couvrant une gamme de cycles et durées de vie
- Couvrant une gamme de tailles (vis à vis des modèles dosimétriques)
- Relations dose-effet facilement mesurables
- Dotés d'un certain degré d'informations disponibles
- Accessibles à de nouvelles recherches

## Définition proposée pour les RAPs

« Un animal ou une plante de référence est une **entité fictive**, dotée des caractéristiques biologiques supposées d'un type particulier d'animal ou de plante - *décrit au niveau taxonomique de la famille quant aux propriétés anatomiques, physiologiques et aux conditions de vie* - entité qui peut être utilisée pour **relier l'exposition à la dose**, et **la dose aux effets**, pour ce type d'organisme. »

## Animaux et plantes de référence

- Deer
- Rat
- Bee
- Earthworm



- Duck
- Frog
- Trout



- Marine Flatfish
- Crab



- Pine Tree
- Grass
- Seaweed



## Animaux et plantes de référence

	Legislation relating to wildlife protection	Use in toxicity testing	Human resource	Data on radionuclide accumulation	Data on radiation effects	Amenable to further study
Deer	+		++	+	+	+
Rat	+	+++		++	+++	+++
Duck	+++		+	+	+	+++
Frog	++		+	+	+	++
Trout	++	+++	+++	+	+++	+++
Flatfish		+	+++	+++	++	++
Bee	+	+	++	++	+	+++
Crab		+	+++	+++	+	++
Earthworm		+++		++	+	+++
Pine tree	+		+++	++	+++	+++
Grass		+	+++	++	+++	+++
Seaweed			+	+++	+	++

## Animaux et plantes de référence

- Faune et flore sauvage, plutôt que domestique
- Le concept RAPs **n'est pas destiné** à représenter les objets de protection:
  - Organismes « sentinelles » (si on les protège, les autres le sont)
  - Organismes que la CIPR considèrerait importants à protéger
  - Organismes clé dans les chaînes trophiques
  - Organismes clé en lien avec le fonctionnement des écosystèmes

## Description des RAPs, échelle individu

- Le rapport donne une brève description de chaque RAP, avec:
  - Famille (cerf = Cervidés)
  - Combien d'espèces dans la famille
  - Habitat
  - Utilisation comme ressource pour l'homme
  - Législation
  - Durée de vie moyenne, et informations sur la reproduction (nombre de larves, nouveaux-nés, etc...)
  
- Informations générales additionnelles sur la biologie et l'écologie des RAPs données en Annexe A, avec une [discussion particulière sur les populations](#)

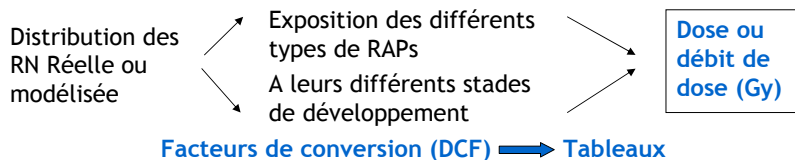
## Description des RAPs, échelle population

- Pertinence de l'exposition des individus dans certains cas, des populations dans d'autres cas
- Population:
  - un groupe d'individus de la même espèce vivant dans le même lieu en même temps
  - surface d'occupation suffisante pour soutenir ses besoins (alimentaires,...)
  - groupe d'individus semblables au plan génétique, caractérisés par un taux de natalité, de mortalité, une structure d'âges, etc...
- La prise en compte des effets des radiations à l'échelle population requiert des informations sur:
  - les caractéristiques de la population
  - la fraction de population exposée (connue ou supposée)
  - les stades du cycle de vie recevant les doses

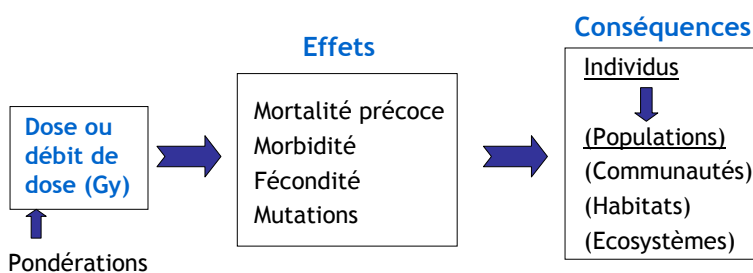


## Démarche générale

### Exposition: combien ?



### Effets et conséquences : quels dommages la dose produit ?



Séminaire GT-CIPR  
Paris - 17 Décembre 2008

17 / 39

IRSN

DS

## Voies d'exposition

- Considérer les sources et les types d'expositions:  
(Existante, Prévues, Accidentelle)
- Mesures directes de l'exposition existent parfois
- Sinon, recours à la modélisation (situations prévues et accidentelles)
  - TFs ou CFs à l'équilibre, ou dynamiques
  - Données concernent souvent éléments à vocation alimentaire
  - Généralement pas de données pour les différents stades de vie
- Construire une base de données de référence (TG Transfers, 2007) structurée selon:
  - Exposition externe à partir de sol, sédiment ou eau contaminée
  - Contamination des pelages, des plumages et de la peau
  - Inhalation de particules/gaz radio-contaminés
  - Ingestion de radionucléides
  - Absorption directe à partir de l'eau (org. aquatiques)

Séminaire GT-CIPR  
Paris - 17 Décembre 2008

18 / 39

IRSN

DS

## Concept dosimétrique

- L'unité de base est la **dose absorbée, en Gray**

les différents types de radiations sont connus pour produire différentes sévérités d'effet pour la même dose absorbée dans un même tissu biologique, ... facteurs de pondération des radiations sont à l'étude

- Quantité clé:

la **fraction absorbée** (FA) dans la cible de l'énergie émise par une source de radiations

- Pour un milieu homogène dans lequel baigne l'organisme:

$$\text{Dose}_{\text{int}} = E * \text{FA}(E)$$

$$\text{Dose}_{\text{ext}} = E * [1 - \text{FA}(E)]$$

## Estimation des facteurs de conversion de dose

- Estimer des « Facteurs de Conversion de Dose » (DCF):

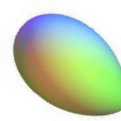
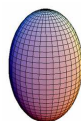
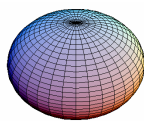
- Dans les organismes (exposition interne) ou dans le milieu environnant (exposition externe)

- Simplification : géométries simples (sphères, ellipsoïdes, cylindres)

- Modèles uniformes isotropiques (ou Monte Carlo si importantes anisotropies de densité). Approche de modélisation choisie tirée d'exercices d'inter-comparaisons de modèles antérieurs (Annexe B)

- Aspects cinétiques, doses aux organes non pris en compte explicitement

- Débit de dose moyen pour le corps entier par unité d'activité  
 $\mu\text{Gy}\cdot\text{day}^{-1}$  per  $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$



## Configurations source-cible simplifiées

- Exposition externe pour les RAPs aquatiques
  - Dans l'eau
  - Sur l'eau
  
- Exposition externe pour les RAPs terrestres (estimée via des calculs Monte Carlo pour différentes géométries)
  - Sur le sol
    - source planaire sur le sol de 3 mm d'épaisseur,
    - source volumique avec une épaisseur de 10 cm
  - Dans le sol
    - milieu d'une source volumique avec une épaisseur de 50 cm)

(Références: Taranenko and Pröhl, 2004; Ulanovsky and Pröhl, 2006)

## Hypothèses concernant les situations d'exposition

RAP	Aquatic	Planar source	Volume source (10cm)	In soil
Deer adult		X	X	
Rat adult		X	X	X
Duck egg		X	X	
Duck	X	X	X	
Frog egg	X			
Frog egg mass	X			
Frog tadpole	X			
Frog adult	X	X	X	
Trout egg	X			
Trout	X			
Flatfish egg	X			
Flatfish	X			
Crab egg mass	X			
Crab larvae	X			
Crab	X			
Bee		X	X	
Bee colony		X	X	
Earthworm egg				X
Earthworm				X
Pine tree trunk		X	X	
Pine tree layer		X	X	
Grass meristem		X	X	
Grass spike		X	X	
Brown seaweed	X			

## Hypothèses quantifiées concernant les RAPs (géométrie, masse, habitat, ...)

Organism	Major axis (cm)	1 <sup>st</sup> minor axis (cm)	2 <sup>nd</sup> minor axis (cm)	Body mass (kg)	Habitat	Time-span or life-span
Adult Deer	130	60	60	245.0	terrestrial	15 y
Rat	20	6	5	0.314	terrestrial	2y
Duck egg	6	4	4	0.0503	terrestrial	30d
Duck	30	10	8	1.26	aquatic/ terrestrial	11y
Frog egg	1	1	1	$5.24 \times 10^{-4}$	aquatic	10 d
Frog mass of spawn	20	6	5	0.314	aquatic	10d
Tadpole	1.5	0.75	0.75	$4.42 \times 10^{-4}$	aquatic	100d
Frog	8	3	2.5	0.0314	aquatic/ terrestrial	10 y
Trout egg/ Crab larvae	0.4	0.4	0.4	$3.35 \times 10^{-5}$	aquatic	100 d
Trout	50	8	6	1.26	aquatic	6 y
Flatfish egg	0.2	0.2	0.2	$4.19 \times 10^{-6}$	aquatic	15 d
Flatfish	40	25	2.5	1.31	aquatic	10 y
Bee	2	0.75	0.75	$5.89 \times 10^{-4}$	terrestrial	100 d
Bee colony (natural)	60	30	30	28.3	terrestrial	3 y
Crab egg mass	6.0	4.0	1.0	0.0126	aquatic	0.5 y
Crab	20	12	6	0.754	aquatic	15 y
Earthworm egg	0.5	0.5	0.5	$6.54 \times 10^{-5}$	terrestrial	50 d
Earthworm (elongated)	10	1	1	$5.24 \times 10^{-3}$	terrestrial	5 y
Pine tree trunk	1000	30	30	471	terrestrial	200 y
Grass (Meristem)	<i>Modelled only as a homogeneous layer</i>				terrestrial	1 y
Grass spike	5	1	1	$2.62 \times 10^{-3}$	terrestrial	50 d
Brown Seaweed	50	50	0.5		aquatic	5 y

Séminaire GT-CIPR  
Paris - 17 Décembre 2008

237/39

IRSN

DS

## Effets des radiations sur les RAPs

- Connaissance des effets sur l'homme largement acquises via des expérimentations sur animaux (mammifères)
- Plantes et animaux: revues régulières de l'UNSCEAR (1996, 2008)
- Etudes sur individus, très grande variabilité concernant:
  - les espèces étudiées
  - les modes d'exposition
  - les débits de dose
  - les cibles d'effet biologique
- FREDERICA: base de données restructurée d'une façon plus systématique, notamment selon 4 catégories de cibles d'effet (mortalité précoce, morbidité, succès de la reproduction, dommages chromosomiques)
- Exploitation de ces données pour les 12 RAPs (pp. 48-87 du rapport)

Séminaire GT-CIPR  
Paris - 17 Décembre 2008




24/ 39

IRSN

DS

## En exposition aigue

Reference Organism	Morbidity	Mortality	Reproductive Capacity	Mutation
Deer	?	✓	?	?
Rat	✓	✓	✓	?
Duck	?	?	?	✗
Frog	✗	✓	?	✗
Trout	✓	✓	✓	✓
Marine Flatfish	?	✓	?	?
Bee	✗	?	?	?
Crab	?	✓	?	✗
Earthworm	✓	✓	✓	?
Pine Tree	✓	✓	✓	✓
Grass	✓	✓	✓	✓
Seaweed	✓	✓	✓	✓

 =data available 
  = related data maybe available 
  = no data available

## En exposition chronique

Reference Organism	Morbidity	Mortality	Reproductive Capacity	Mutation	
Deer	?	✓	?	✓	😊
Rat	✓	✓	✓	✓	😊
Duck	✓	?	?	✗	
Frog	?	✗	✓	✓	
Trout	✓	?	✓	?	😊
Marine Flatfish	?	?	✓	✓	😊
Bee	✗	?	?	?	
Crab	✓	✓	?	✗	
Earthworm	✗	✓	✓	?	😊
Pine Tree	✓	✓	✓	✓	😊
Grass	✓	✓	✓	✓	😊
Seaweed	✗	✗	✗	✗	

 =data available 
  = related data maybe available 
  = no data available

## Commentaires sur les données

- Données disponibles très éparses
- Beaucoup de données, mais peu d'indications sur leur robustesse, leur cohérence, leur interprétabilité, leur utilité
- La plupart concerne l'exposition aiguë, qui n'a qu'une pertinence réduite pour les situations environnementales
- Souvent difficilement exploitables, car les débits de dose sont moyennés sur des périodes de temps arbitraires
- Souvent groupées selon la voie d'exposition, et non selon la phylogénie ou la biologie
- Omission des données acquises via des expérimentations sur animaux (mammifères) pour améliorer les connaissances sur les effets stochastiques chez l'homme

## Commentaires sur les effets

- Données concernent principalement les individus
- Pas d'interprétation de ces effets à l'échelle de la population (les effets à la population passent d'abord par des effets aux individus...)
- Serait utile d'apprécier comment les effets aux individus sont susceptibles de se traduire dans les populations
- Des facteurs de pondération devront être développés pour prendre en compte le RBE (TG RBE, 2007):
  - les effets biologiques différents de radiations différentes, à énergie absorbée constante, existent aussi chez les animaux
  - les plantes et animaux contiennent des émetteurs  $\alpha$  naturels
  - de nombreuses situations environnementales concernent des problèmes liés à la présence d'émetteurs  $\alpha$

## Que tire-t-on des données sur les effets ?

- Vertébrés supérieurs
  - Différences peu marquées de réponse chez les mammifères pour de larges gammes de débit de dose
  - Situation paraît similaire pour les oiseaux (données insuffisantes)
- Vertébrés inférieurs
  - Des différences, mais généralisations difficiles (métabolisme plus lent non pris en compte via des périodes plus longues d'exposition)
  - Les différences pourraient s'avérer plus réduites si différence de métabolisme prises en compte
- Invertébrés plus radio-résistants que les vertébrés
  - Pas d'explication mécaniste
  - Œufs et larves généralement plus radio-sensibles que les adultes

## Que tire-t-on des données sur les effets ?

- Arbres et plantes
  - Longues échelles de temps sont nécessaires
  - Peu d'expériences en dose contrôlée, et incertitudes sur la nature des tissus irradiés
  - Peu d'indications sur les éventuelles différences d'effet entre les cellules animales et végétales
- Comment utiliser de façon pratique ces informations pour soutenir les évaluations et pour faciliter la prise de décision en matière de gestion environnementale ?
- «Derived Consideration Levels» ou Niveaux dérivés d'attention

## « Niveaux dérivés d'attention »

- Construire une échelle de risque permettant de se situer dans un corpus général de connaissances (comparaisons)
- Base de comparaison utile = bruit de fond naturel
  - Les gammes de débit de dose sont construites à partir du bruit de fond (« derived » consideration levels)
  - Des fractions du bruit de fond ne sont pas préoccupantes, mais des doses additionnelles peuvent l'être
  - Les gammes de débit de dose permettent d'assembler ce qui est connu au sujet des effets sur les RAPs
  - Sont utilisées en conjonction avec d'autres données, issues du site contaminé par exemple
- Nécessité de documenter le bruit de fond naturel, en termes de débit de dose (à partir de la littérature)

## Valeurs DCL préliminaires (en jaune)

- Données simplifiées à l'extrême
- Point de départ pour des développements
- Doses > 1 Gy.d<sup>-1</sup> ne sont pas pertinentes en matière de gestion environnementale, mais indiquées par souci d'exhaustivité

Dose rate (mGy d <sup>-1</sup> )	Reference Deer	Reference Rat	Reference Duck
>1000	Mortality from haemopoietic syndrome [1 to 8 Gy LD <sub>50,30</sub> ]	Mortality from haemopoietic syndrome in adults [6 to 10 Gy LD <sub>50,30</sub> ] and [1 Gy LD <sub>50</sub> ] for embryos	Mortality in adults [9 Gy LD <sub>50,60</sub> ], and [9 to 13 Gy LD <sub>50</sub> ] for eggs.
100 - 1000	Reduction in lifespan due to various causes.	Reduction in lifespan due to various causes.	Potential lethal effects on hatchlings.
10 - 100	Increased morbidity. Possible reduced lifespan. Reduced reproductive success.	Increased morbidity. Possible reduced lifespan. Reduced reproductive success.	Increased morbidity.
1 - 10	Potential for reduced reproductive success due to sterility of some adult males.	Potential for reduced reproductive success due to reduced fertility in males and females.	Potential for reduced reproductive success due to reduced hatchling viability.
0.1 - 1	Very low probability of effects	Very low probability of effects	No information
0.01 - 0.1	No observed effects.	No observed effects.	No information
< 0.01	Natural background	Natural background	Natural background



## Valeurs DCL préliminaires (en jaune)

Dose rate (mGy d <sup>-1</sup> )	Reference Frog	Reference Trout	Reference Flatfish
>1000	Mortality in adults [0.8 to 7 Gy LD <sub>50/200</sub> ; 18 to 22 Gy LD <sub>50</sub> ]; mortality in tadpoles [2.7 to 32 Gy LD <sub>50</sub> ]	Mortality in embryos [0.3 to 19 Gy LD <sub>50</sub> ]	Mortality for hatchlings [1.5 Gy LD <sub>50</sub> ]; larvae [0.9 Gy LD <sub>50</sub> ]; adults [10 to 55 Gy LD <sub>50/30</sub> ; 10 to 22 LD <sub>50/50</sub> ]
100-1000	Mortality in eggs [0.6 Gy LD <sub>50-40</sub> ]	Potential increased morbidity.	Some mortality expected in larvae and hatchlings.
10-100	Reduced reproductive success.	Some deleterious effects expected on young fish, e.g., reduction in resistance to infections. Reduced reproductive success.	Reduced reproductive success.
1-10	Reduced reproductive success due to damage to female reproductive system.	Possible reduced reproductive success due to deformities in some larvae and young fish and retardation of gonad development.	Possible reduced reproductive success due to reduced fertility in males.
0.1-1	No observed effects	No information	No information
0.01 - 0.1	No information.	No information	No information
< 0.01	Natural background	Natural background	Natural background

## Remarques sur les DCL

- Le concept de DCLs ne représente pas des limites de dose
  - Valeurs > DCL pas nécessairement à considérer comme dangereuses pour l'environnement
  - Valeurs < DCL pas nécessairement à considérer comme sûres
  - DCLs constituent des points de départ pour préciser le risque en fonction de la situation locale (y compris législative)
- Pour la gestion, utilisation nécessaire d'autres informations pour justifier l'action:
  - La situation d'exposition (prévue, existante, accidentelle)
  - La zone contaminée (présentant des débits de dose)
  - La durée d'exposition, etc...
- Lien individus -> population **encore très incertain**
- Utilisation de facteurs de sécurité possible

## Applications

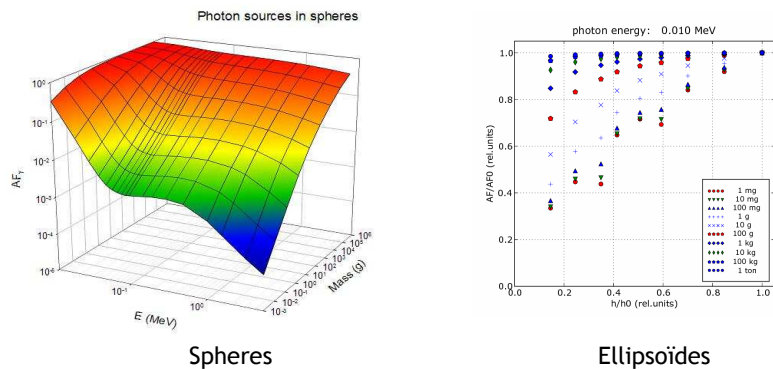
- Besoins de la gestion environnementale: Vérifier/démontrer le respect des normes (contrôle de la pollution, conservation de la nature, évaluation d'impact environnemental)
- Processus d'évaluation est clé dans tous les cas
  - Exposition: adaptation des modèles de radioprotection humaine
  - Conséquences: plus problématique, car les cibles sont moins bien définies
- Besoin majeur d'effectuer les évaluation au niveau de **la population ou de l'écosystème**, mais centrage actuel sur les individus pour développer un cadre:
  - Cohérent avec les méthodes utilisées pour les autres toxiques
  - Effets interviennent d'abord au niveau des individus
- Des jeux secondaires de RAPs pourraient être développés

## Besoins d'extrapolations - Biologie

- Variétés des Biologies
  - CIPR consciente du fait que les objets de protection peuvent être différents des RAPs (ex. Palmier/Pin)
  - Ces différences de biologie peuvent se traduire par de grosses différences dans l'estimation de l'exposition pour certains radionucléides via différentes voies
  - Annexe A: « Biological background to reference animals and plants » est destinée à aider l'utilisateur dans la nécessaire adaptation à son cas particulier

## Besoins d'extrapolations - Dosimétrie

- Dosimétrie: différences de géométries (TG Dosimétrie 2, 2007)
  - Interpolations de la fraction absorbée selon la forme, la masse, l'énergie, pour représenter différentes variations autour des RAPs



Séminaire GT-CIPR  
Paris - 17 Décembre 2008

37 / 39

IRSN

DS

## Besoins d'extrapolations - Effets

- Différences d'effets
    - Fortes doses aiguës ➔ faibles doses et débit de dose (Faible LET,  $\gamma$  et X)
      - Très peu de données à des débits de dose environnementalement représentatifs sur la durée totale du cycle de vie
    - Fortes doses aiguës ➔ faibles doses et débit de dose
      - Variations de sensibilité intra- et inter-taxonomique, et en fonction du stade de développement
    - Individus ➔ populations ➔ écosystèmes
      - Aussi, du laboratoire vers *in situ*
- ➔ **Genèse d'incertitudes**

Séminaire GT-CIPR  
Paris - 17 Décembre 2008

38 / 39

IRSN

DS

## Conclusions

- Protection de l'environnement : sujet complexe et en plein essor
- La CIPR propose ici une première approche destinée à fournir des conseils d'ordre généraux et un guide pour aider les opérateurs et les régulateurs à démontrer le respect des normes en vigueur
- Le cadre conceptuel est fondé sur les RAPs (similitude avec la radioprotection humaine)
- La CIPR est consciente des avantages comme des limites de cette première approche.
- Elle reconnaît l'importance d'assurer une cohérence d'ensemble de la démarche avec ce qui existe ou se développe en dehors du monde nucléaire
- Elle examine comment cette approche se situe par rapport au contexte général de la protection de l'environnement et réfléchit aux évolutions futures auxquelles cette réflexion pourrait conduire

(Working Party)

Séminaire GT-CIPR  
Paris - 17 Décembre 2008

39 / 39

IRSN

DS