IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Congrès SFRP – Angers

16 juin 2009

Bases du système de gestion du risque radiologique
Recommandations internationales

Jean-François Lecomte

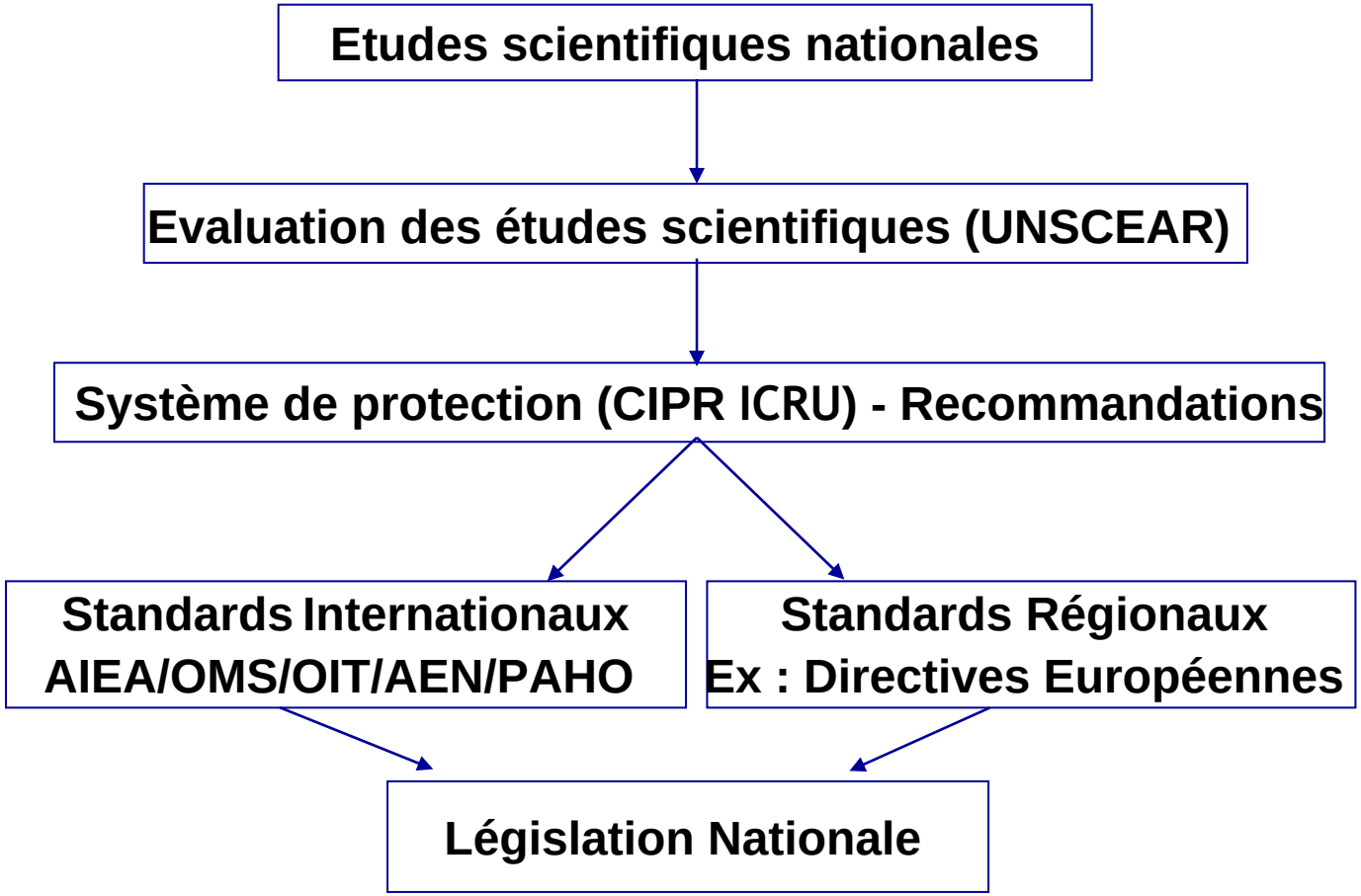
IRSN/DSDRE

Plan

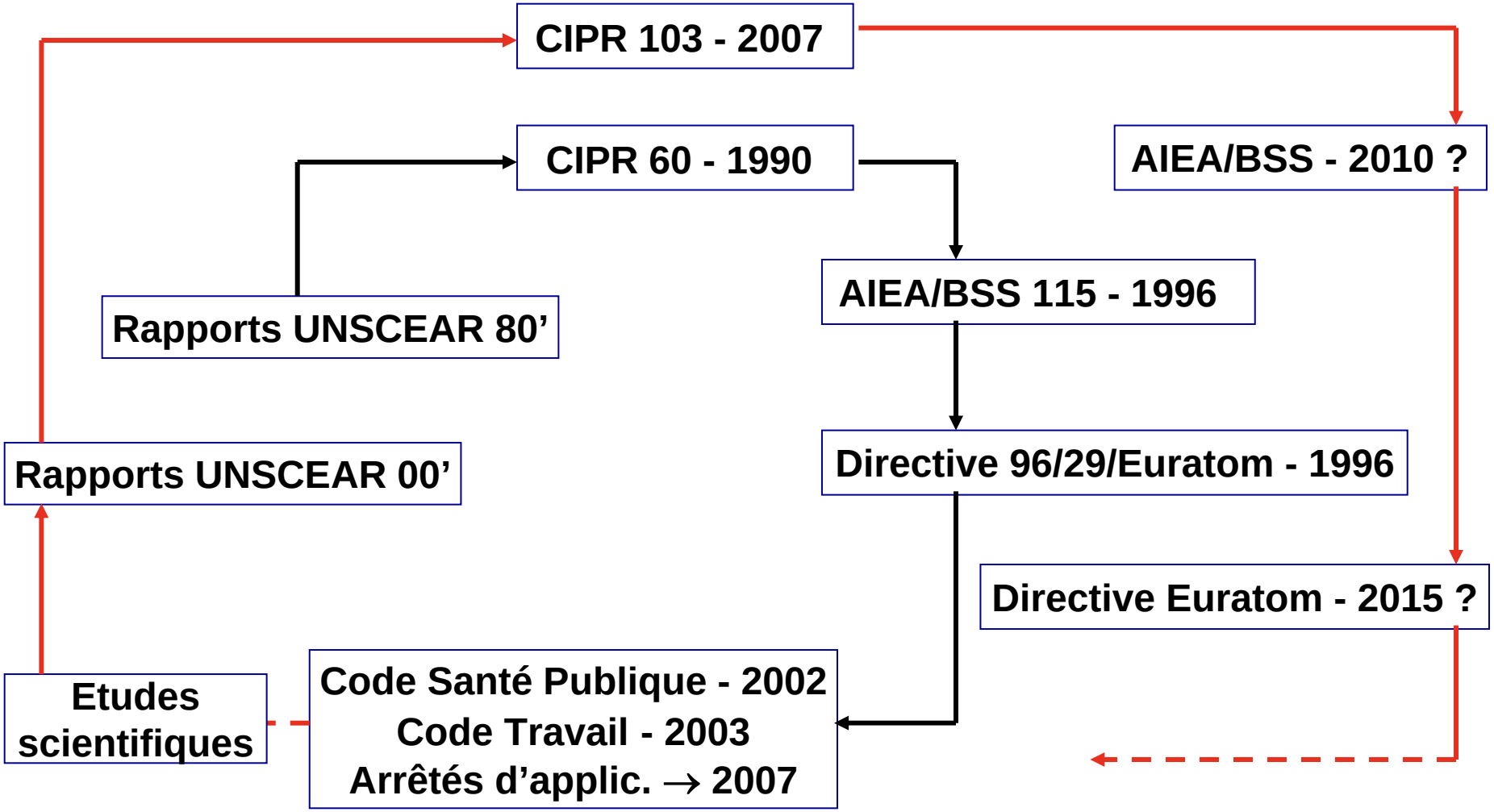
1. Rôle des organisations internationales dans l'élaboration du système de gestion du risque radiologique
2. Caractéristiques du risque radiologique
3. Le système actuel (issu de la CIPR 60 - 1991)
4. Evolutions en cours (CIPR 103 - 2007)

1 - Rôle des organisations internationales

Elaboration de la doctrine en radioprotection



Un processus cyclique



Le consensus international

- Grandeurs et unités
- Concepts de base (source, dose, effets…)
- Facteurs de pondération pour rayonnements et tissus
- Relation dose-effet ; coefficient de risque nominal
- Principes généraux (justification, optimisation, limitation)
- Catégories d'expositions (travailleurs, public, médical)
- Situations d'exposition (normales, anormales)

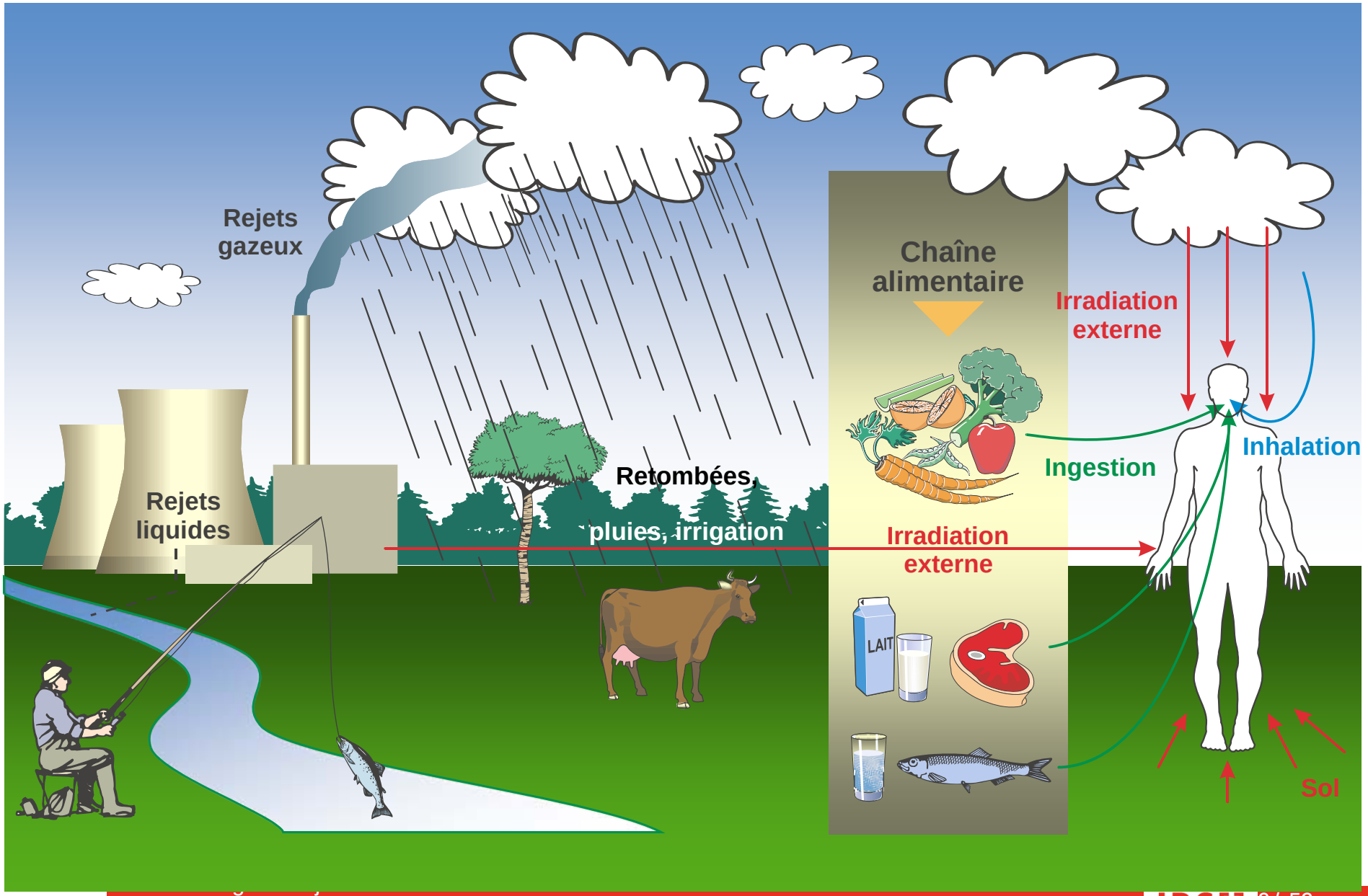
2 - Caractéristiques du risque radiologique

2 défis en radioprotection

- De la source à la dose (Bq → Sv)
- De la dose à l'effet (risque radiologique)

- ⇒ Beaucoup d'incertitudes (en RP : 1 = 2)
- ⇒ Jugement d'expert

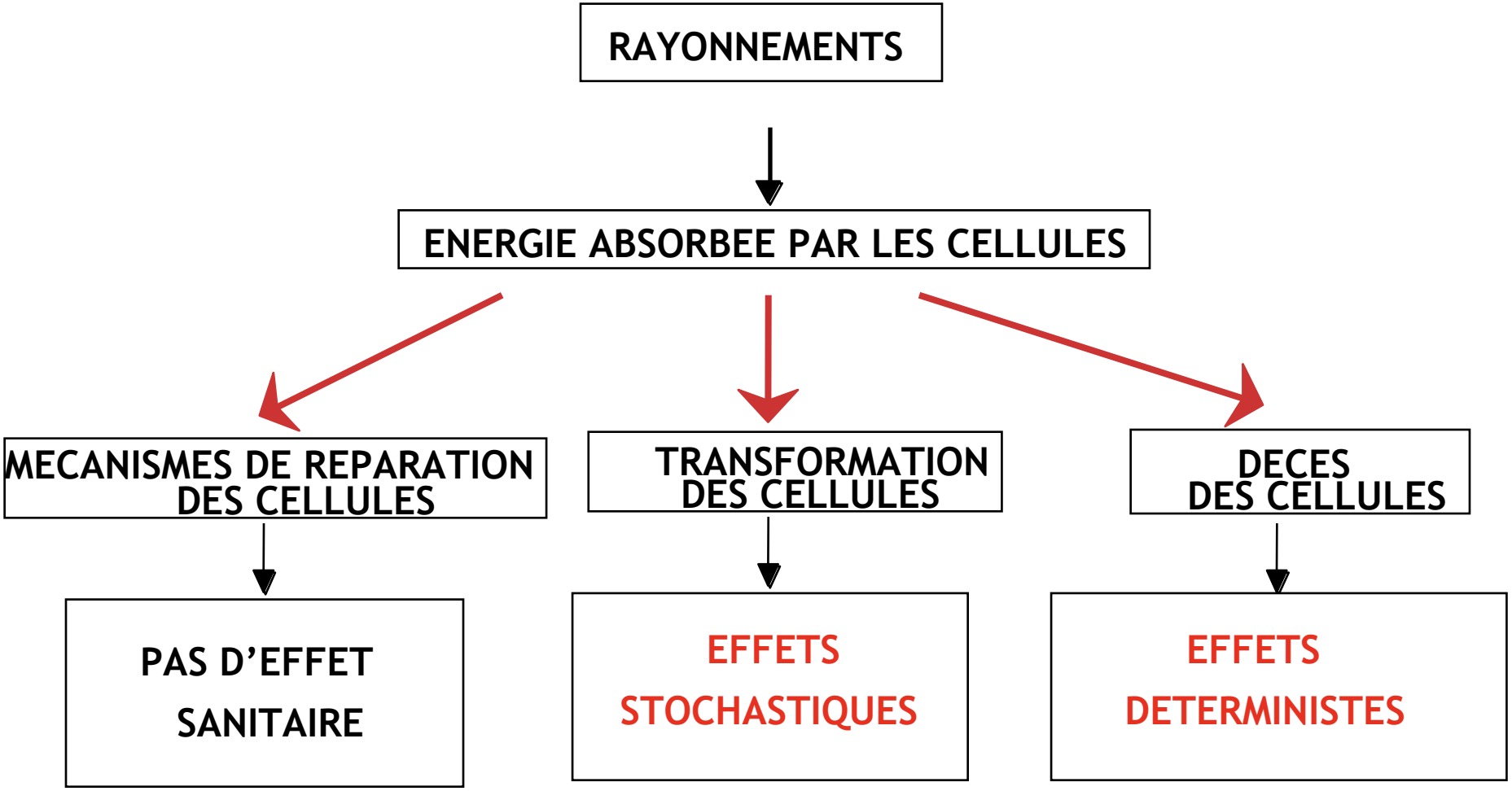
Du Bq au Sv (exposition du public)



Quantification du détriment

- **Modèles anatomiques et physiologiques de référence (personne de référence)**
  - Pour évaluer les doses
- **Etudes moléculaires et cellulaires**
  - Pour identifier les effets et les mécanismes
- **Expérimentation animale ; épidémiologie**
  - Pour quantifier le détriment

Les effets pathologiques des rayonnements



Les effets pathologiques des rayonnements

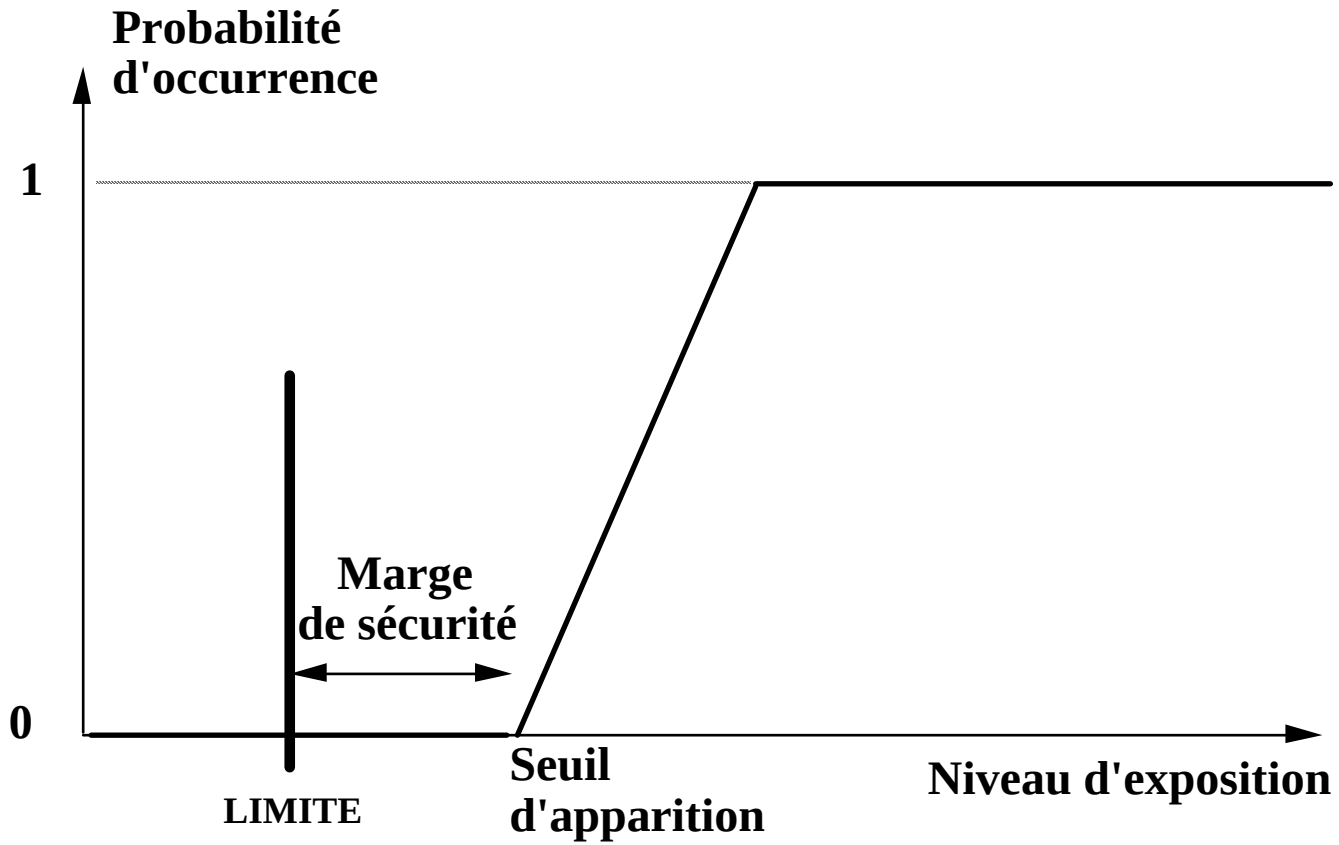
Effets déterministes

- nausées, cataracte, érythème, stérilité, décès…
- Précoces
- Doses élevées
- Gravité fonction de la dose
- Relation dose-effet à seuils

Effets stochastiques

- Cancers (+ effets héréditaires)
- Tardifs
- Doses faibles ou moyennes
- Gravité indépendante de la dose
- Probabilité d'apparition fonction de la dose
- Relation dose-effet difficile à établir

La gestion des effets déterministes : le modèle du seuil



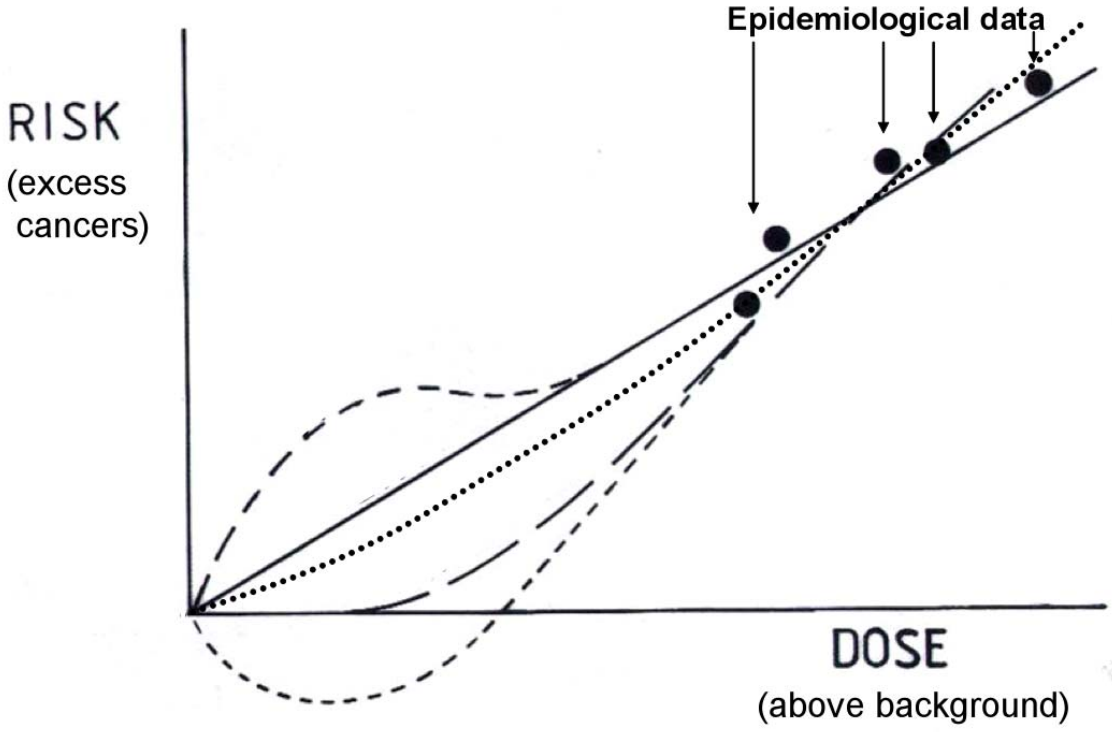
La gestion des effets déterministes

- Relations dose-effet bien établies
- Fixation de limites de dose individuelles
- Limites dérivées pour les organes sensibles
- La limite est une garantie individuelle que les effets déterministes n'apparaitront pas
- Limitation + Prévention

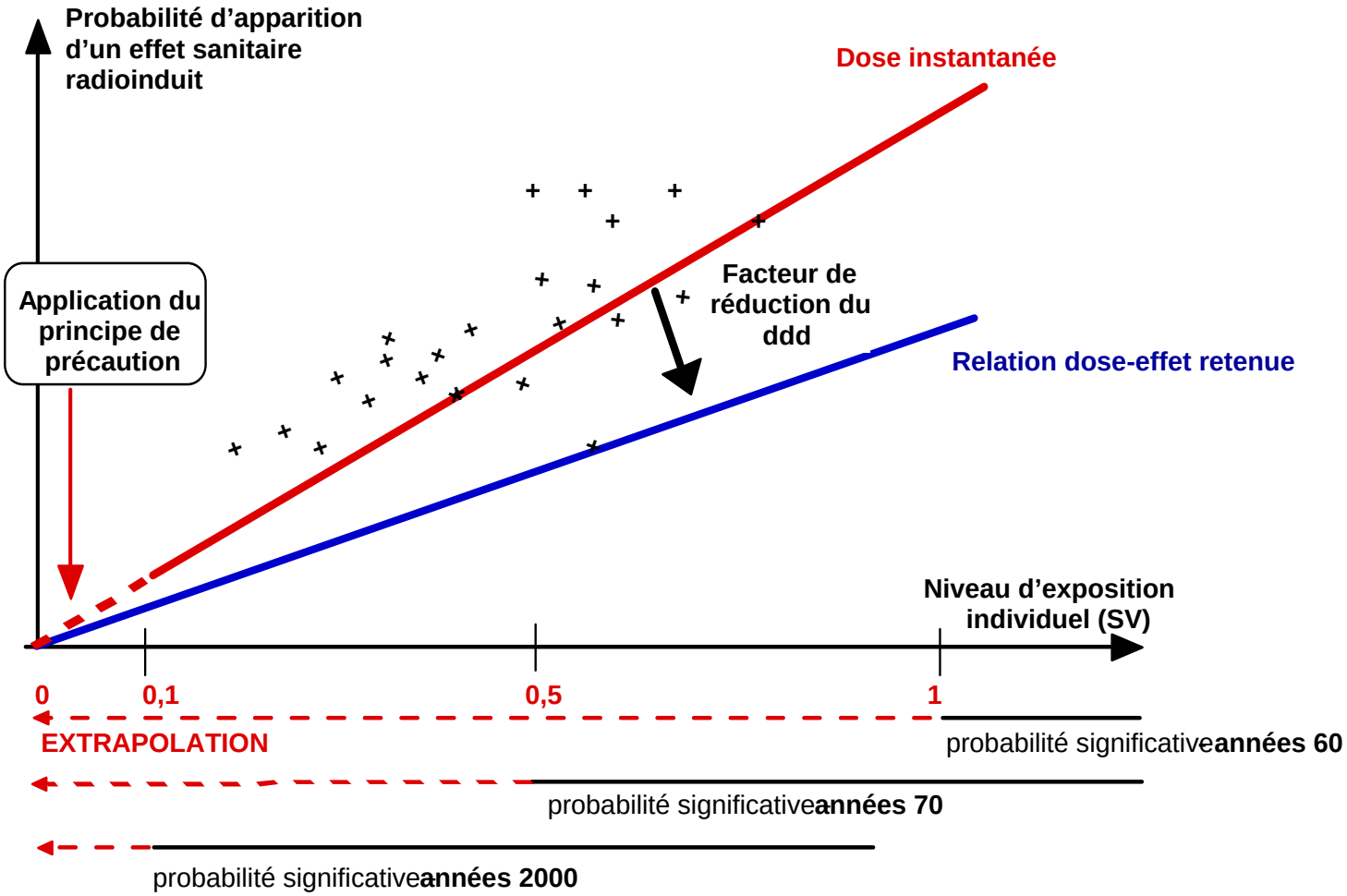
Les effets stochastiques ou probabilistes

- Augmentation du nombre de cancers observés sur une population exposée
- Impossibilité de prédire qui dans cette population développera un cancer radio-induit
- Impossibilité après coup de dissocier les cancers radio-induits des autres cancers

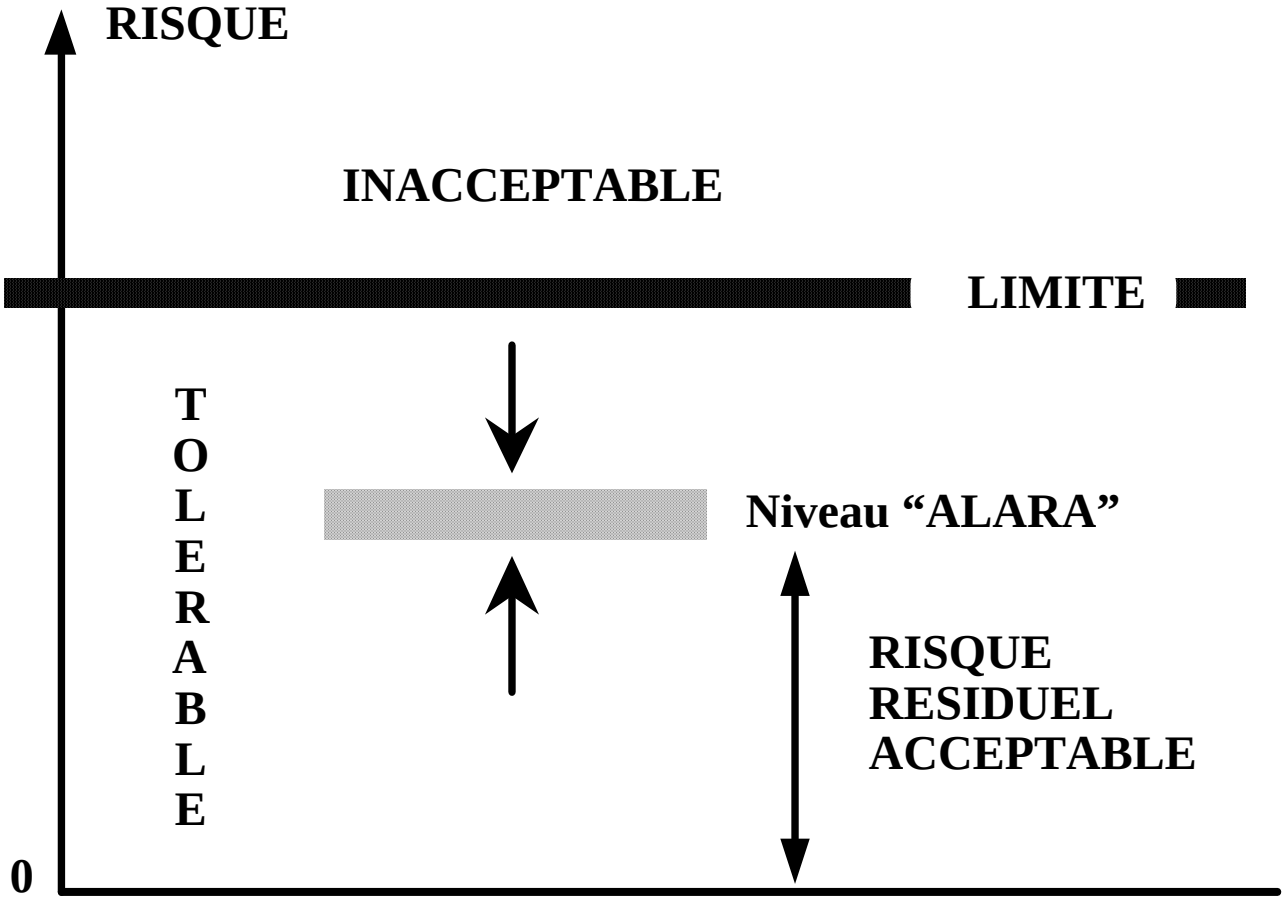
Extrapolation aux faibles doses



La relation dose-effet pour les effets stochastiques aux faibles doses



La gestion des effets stochastiques: le modèle de l'acceptabilité du risque



La gestion des effets stochastiques

- On en sait beaucoup mais pas assez
- Hypothèse d'une relation dose-effet linéaire sans seuil
- Précaution
- Optimisation

3 - Le système actuel issu de la CIPR 60

Références

- CIPR60 (1991)
- AIEA-BSS 115 (1996)
- Directive 96/29/Euratom (1996)

= un système cohérent

2 types de situations d'exposition

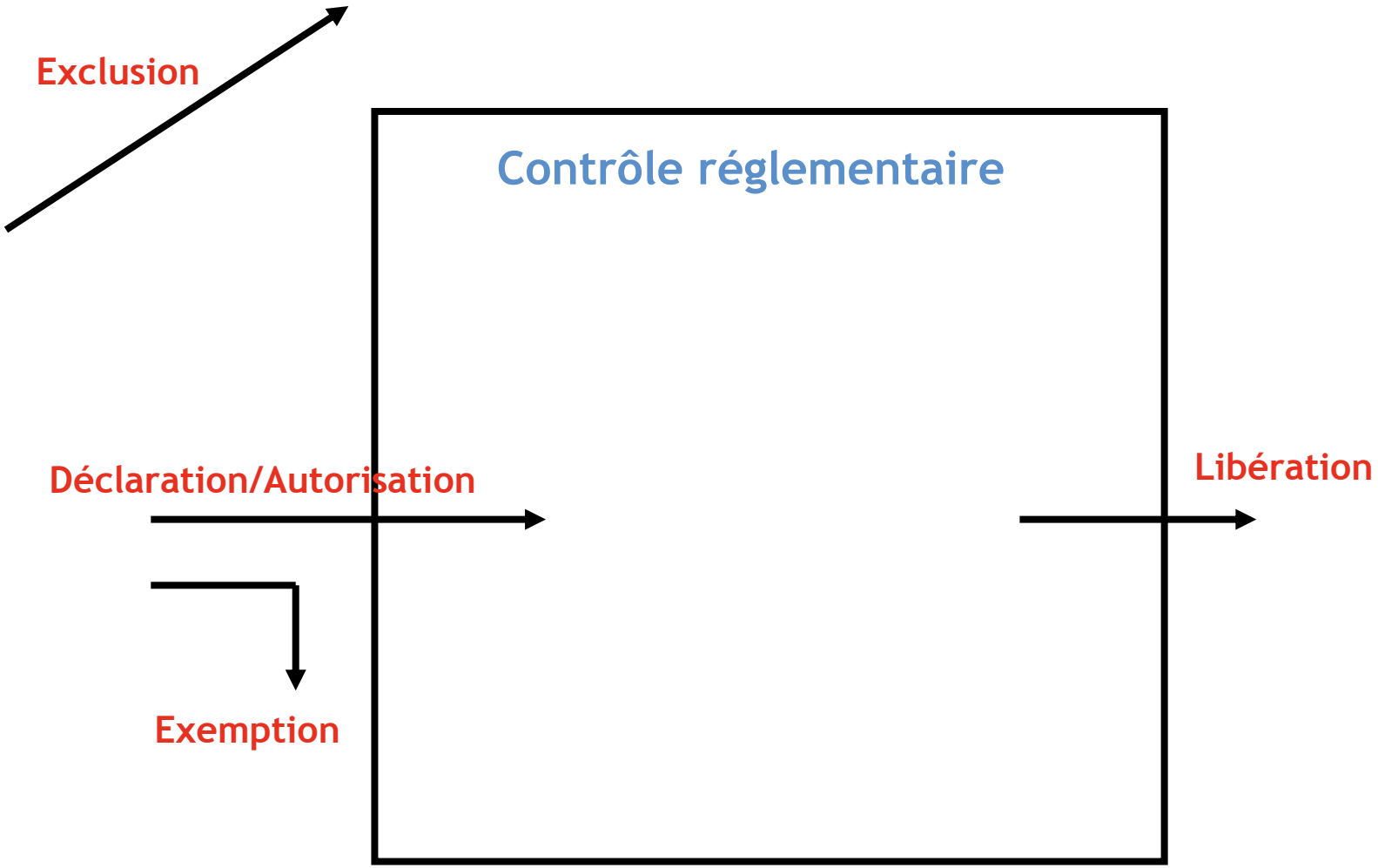
- **Pratiques (activités humaines augmentant les expositions individuelles)**
  - Expositions normales
  - Expositions potentielles
- **Interventions (actions réduisant les expositions individuelles)**
  - Sources et voies d'exposition déjà en place lorsque les décisions pour maîtriser la situation sont considérées
  - Situations d'urgence
  - Cas d'exposition chronique

Entrée/sortie du système pour les pratiques

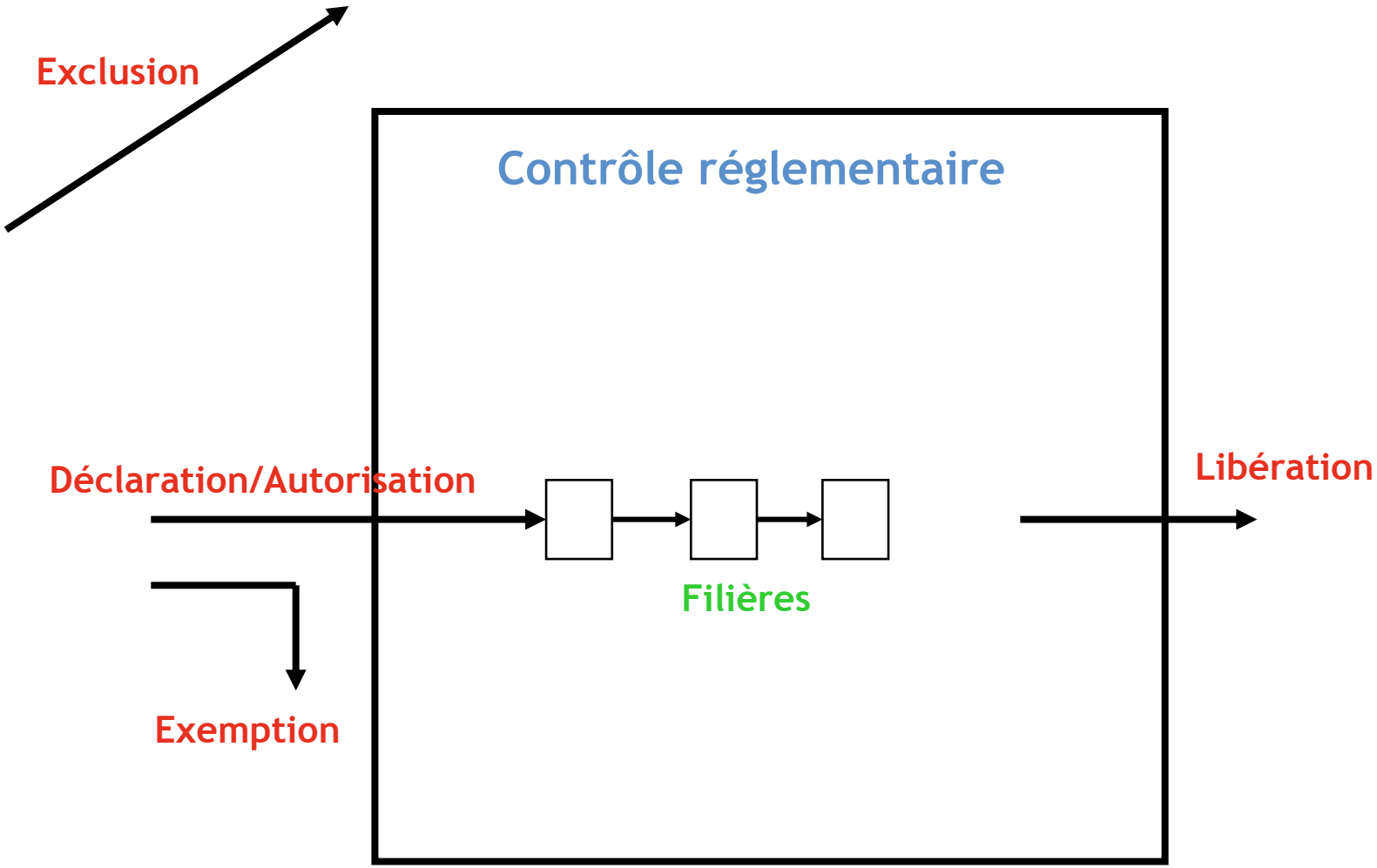
- **Entrée**
  - Autorisation
  - Déclaration

- **Exonération d'entrée + Sortie**
  - Exclusion
  - Exemption
  - Libération

Entrée/sortie du système pour les pratiques



Entrée/sortie du système pour les pratiques



3 catégories d'exposition

- **Au travail (travailleurs)**
  - Reçue au travail ; imputable à l'employeur/exploitant
  - Surveillance des travailleurs (dosim., médic., class.)
  - Surveillance des lieux de travail (zonage, contrôles)
- **Médicales (patients)**
  - Diagnostic, thérapie, dépistage
  - Maîtrise dans le cadre de la relation médecin-patient
- **Du public (autres individus)**
  - Pas de surveil. Indiv. (contrôle des rejets ; réseau env.)
  - Concept de groupe critique / une source
  - Évaluation dosimétrique (du Bq au Sv) : mesures, modes de vie, modélisation, jugement
  - Pas d'enregistrement

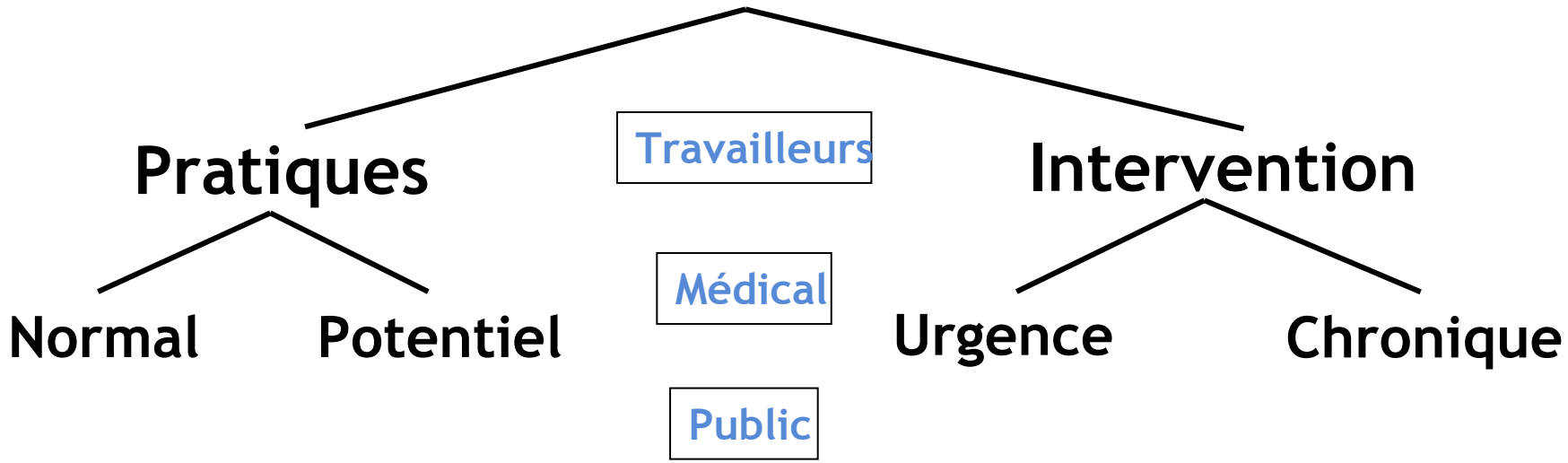
3 principes généraux

- **Justification (plus de bien que de mal)**
  - Pratiques (activités humaines)
  - Interventions (actions de protection)

- **Optimisation (aussi bas que raisonnablement possible : ALARA)**
  - Découle de l'hypothèse de **linéarité sans seuil** (doses < 100 mSv)
  - Pratiques (doses, nb personnes exposées, probabilité d'un évènement)(concept de contrainte de dose)
  - Interventions (méthode, forme, échelle, durée) (niveaux d'intervention ou d'action)

- **Limitation (acceptabilité du risque)**
  - Pratiques (limites de dose / ensemble des sources)
  - Médical : **non applicable**
  - Interventions : **non applicable**

Règles de protection de la CIPR 60



Justification des pratiques

Optimisation de la protection
Contraintes de dose

Limites de dose individuelles

Justification des actions

Optimisation de l'intervention
Niveaux d'action, d'intervention

+ Δ

- Δ

Un système à deux vitesses

Pratiques

Limite
(dose **plafond** pour l'ensemble des sources)

Contraintes
(dose **plafond** pour une source donnée)

↓

Optimisation

Interventions

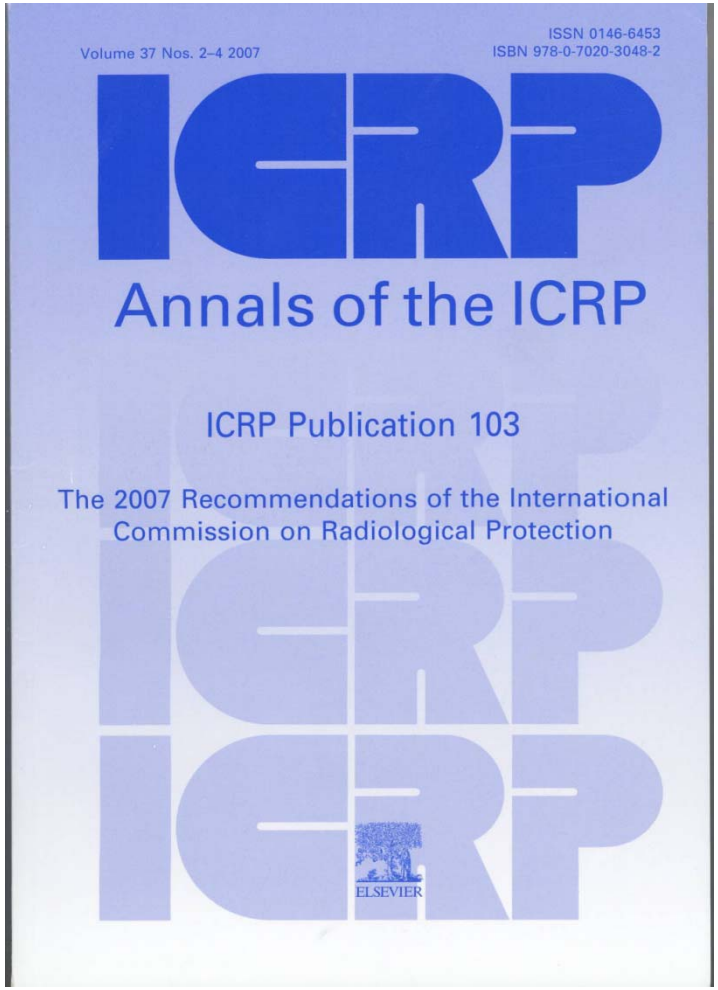
↓ **Optimisation**

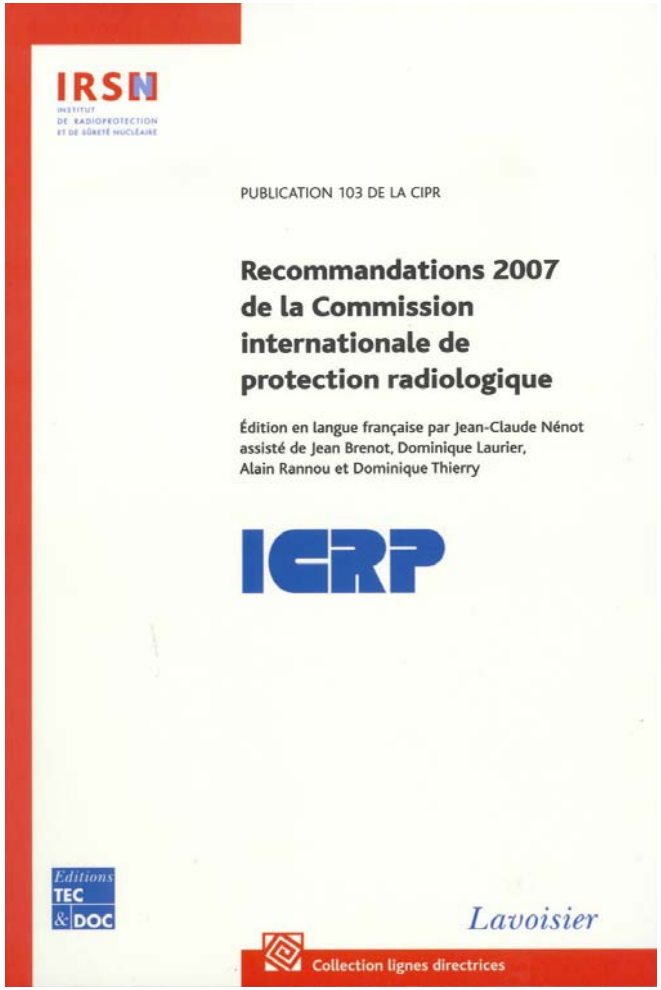
Niveau d'intervention
(dose **plancher**)

- que se passe-t-il au-dessous ?
- optimisation est-elle applicable ?

4 - Evolutions en cours (CIPR 103-2007)

CIPR 103


Volume 37 Nos. 2–4 2007
ISSN 0146-6453
ISBN 978-0-7020-3048-2
ICRP
Annals of the ICRP
ICRP Publication 103
The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection
ELSEVIER


IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE
PUBLICATION 103 DE LA CIPR
Recommandations 2007 de la Commission internationale de protection radiologique
Édition en langue française par Jean-Claude Nénot assisté de Jean Brenot, Dominique Laurier, Alain Rannou et Dominique Thierry
ICRP
Editions TEC & DOC
Lavoisier
Collection lignes directrices

Objectifs de la révision

1. Tenir compte des avancées scientifiques et du retour d'expérience de la CIPR 60
2. Améliorer la lisibilité des recommandations
3. Maintenir la stabilité autant que possible
4. Jeter les bases d'un système de protection de l'environnement

Genre et âge

- Le système suffisamment robuste pour la protection des 2 genres (femmes et hommes) aux différents âges :pas de critères spécifiques (prévenir toute discrimination

Risque individuel

- Evaluation rétrospective nécessite des informations spécifiques

Effets déterministes et stochastiques

- **Effets déterministes**
  - Nouvelles données sur **l'œil** à considérer

- **Effets stochastiques**
  - **LSS** scientifiquement plausible mais pas sans équivoque
  - **DDREF** : conservé à 2

Conclusions en biologie (1)

- **Instabilité génomique, effet de proximité, réponse adaptative, effets non cancéreux : incertitudes**
  - Seuils ?
  - Epidémiologie couvre l'ensemble du risque
  - Connaissances insuffisantes pour RP
- **Susceptibilité génétique : ≠ point majeur en RP**
  - Désordres connus trop rares pour changer l'estimation du risque
  - Impact sur les faibles déterminants génétiques ne peut être apprécié

Conclusions en biologie (2)

- **Risque de cancer in-utéro : idem jeunes enfants**
  - Risque vie entière légèrement > celui de la population

- **Coefficients de risque nominaux pour cancer : en tenant compte de l'incidence**

Effets héréditaires

- **Effets non démontrés sur l'homme ⇒ études animales primordiales (souris)**
- **Taux de mutation spontanée chez l'homme permet d'estimer la Double Dose**
- **Effets surestimés en 1990 (CIPR 60)**
- **Coefficients de risque nominaux : seulement 2 générations**
  - Basé sur UNSCEAR 2001, confirmé par BEIR VII
  - Contribution faible et incertaine après 2 générations
  - Pas de différence substantielle de 2ème à 10ème géné.
  - Donc pas de forte sous-estimation du risque

Coefficients de risque nominal pour les effets stochastiques (% Sv^{-1})

Population exposée	Cancers		Effets héréditaires		Total	
	CIPR60	CIPR103	CIPR60	CIPR103	CIPR60	CIPR103
Ensemble	6,0	5,5	1,3	0,2	7,3	5,7 ≈ 6
Adultes (travaileurs)	4,8	4,1	0,8	0,1	5,6	4,2 ≈ 4

L'ordre de grandeur reste le même : environ 5% Sv^{-1}

Facteurs de pondération pour les rayonnements (W_R)

Type et plage d'énergie	CIPR 60	CIPR 103
Photons, toutes énergies	1	1
Électrons et muons, toutes énergies	1	1
Protons	5	2
Particules alpha, fragments de fission, noyaux lourds	20	20
Neutrons	Fonction discontinue	Fonction continue

Facteurs de pondération tissulaires (W_T)

Tissus	W_T	ΣW_T
Moelle épinière, sein, colon, poumon, estomac, tissus restants (14)	**0,12**	**0,72**
Gonades	**0,08**	**0,08**
Vessie, oesophage, foie, thyroïde	**0,04**	**0,16**
Os, cerveau, glandes salivaires, peau	**0,01**	**0,04**

Fin du système à 2 vitesses

- **1 seule approche**
  - **Optimisation** sous une **restriction** de dose
  - Restriction :

  Contrainte de dose ou **niveau de référence**

  (même concept mais nuances sur rétrospectif)

  Choisie en fonction des caractéristiques de la situation

- **Pour toutes les situations d'exposition**
  - Planifiées
  - D'urgence
  - Existantes

3 types de situations d'exposition

- **Planifiées**
  - Situations impliquant l'introduction et l'exploitation **délibérées** de source ; expositions **normales** (anticipées) ou **potentielles** (non anticipées))
- **D'urgence**
  - Situations **fortuites** (accident, malveillance), nécessitant une **réaction urgente**
- **Existantes**
  - Situations qui **existent déjà** quand une décision de protection doit être prise, incluant le fond naturel de rayonnement et l'héritage du passé

3 principes généraux

- **Relatifs à une source**
  - **Justification** (décision / introduction ou réduction d'une exposition : avantages > inconvénients)
  - **Optimisation** (maximiser écart avantages/inconvénients + processus élargi : équité, dialogue, culture de sûreté)
- **Relatif à un individu**
  - **Limite de dose** (uniquement pour les situations planifiées sauf pour les patients ; valeurs inchangées)

Source versus Individu

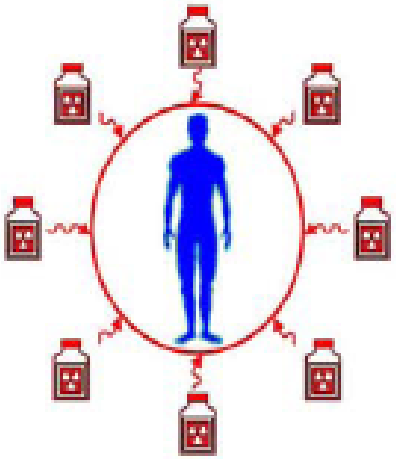
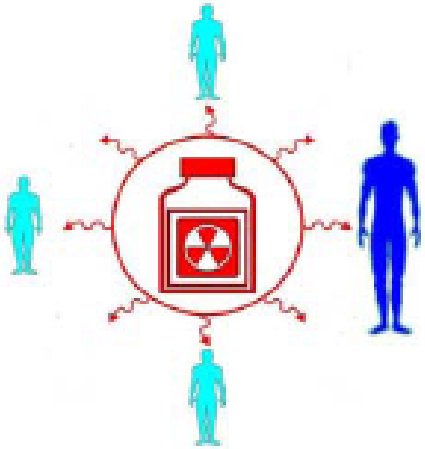
Dose Limits	Constraints and Reference Levels
Protect individual workers from occupational exposure and the Representative Person from public exposure	
	
From all regulated sources in planned exposure situations	From a source in all exposure situations

Fig. 3. Dose limits contrasted with dose constraints and reference levels to protect workers and members of the public.

3 catégories d'exposition

- **Au travail (travailleurs)**
  - Travailleur = personne informée (formée, surveillée)
- **Médicales (patients + accompagnateurs)**
  - Risque et bénéfice pour le patient ⇒ traitées séparément
- **Du public (autres individus)**
  - Sources naturelles et artificielles
  - Concept d'individu représentatif (ex groupe critique)

Restriction de dose / une source donnée

- **Situations d'exposition planifiées**
  - **Contrainte de dose** (niveau plafond)
  - Niveau de référence diagnostic (médical)
- **Situations d'exposition d'urgence**
  - **Niveau de référence** (valeur au-dessus de laquelle on prévoit de ne pas aller ou rester et au-dessous de laquelle on s'efforce de réduire toutes les expositions jusqu'à un niveau optimisé = plafond en prospectif, indicateur en rétrospectif)
- **Situations d'exposition existantes**
  - **Niveau de référence**

Cadre pour le choix des contraintes/niveaux de réf.

Dose (mSv/an)	Caractéristiques de la situation	Exigences à respecter
20 à 100	- Sources non maîtrisées, - Actions perturbantes, - Actions sur les voies d'expo. (pas la source)	- Réduction des doses, Information individuelle sur les risques et comment les réduire, - Évaluation dosimétrique individuelle
1 à 20	- Bénéfice individuel direct lié à la situation mais pas forcément à l'exposition, - Action sur la source ou sur les voies d'exposition	- Information générale ou individuelle pour réduire l'exposition, - Formation, surveillance individuelle (situations planifiées)
< 1	- Bénéfice indirect ou sociétal, - Action sur la source pouvant être planifiée	- Information générale sur niveau d'exposition, - Vérification périodique des voies et niveaux d'exposition

Optimisation et Restriction / 1 source

Situations d'exposition planifiées

Limite de dose

Contrainte de dose

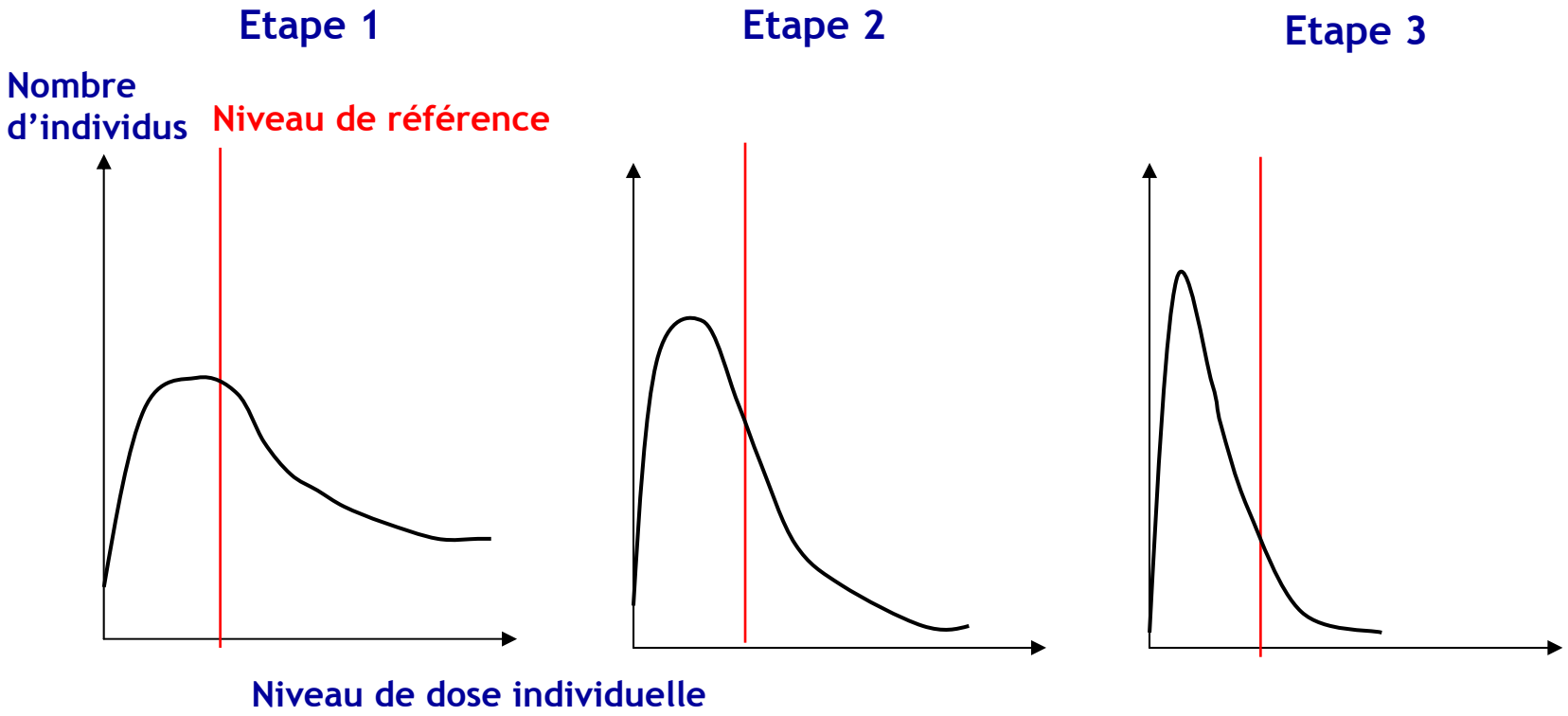
Optimisation

Situations d'exposition d'urgence ou existantes

Niveau de référence

Optimisation

Situations d'urgence et existantes:
Distribution des doses individuelles avec le temps



Protection de l'environnement
Pourquoi protéger les autres espèces ?

- **Effets des RI sur l'environnement ?**
  - **Ce n'est pas** la motivation de la réflexion de la CIPR
- **Remplir un vide conceptuel**
  - Prouver que l'environnement est bien protégé
  - Méthodes pour améliorer la protection si nécessaire
- **D'autres publications seront produites**

Résumé des évolutions

- **Un continuum de risque**
  - Le risque que chacun de nous est prêt à accepter dépend du contexte de l'exposition
- **Une approche unifiée et volontaire**
  - Valeur de référence plafond
  - Réduction des expositions jusqu'à un niveau optimisé
- **Protection de l'environnement**
  - En plus de celle des êtres humains
  - À définir (protection des espèces)

Merci de votre attention