

Justification d'une approche systémique de la protection radiologique de l'environnement

Éléments de prospective à la conférence de Bergen

François BRECHIGNAC

IRSN, Direction Scientifique



Séminaire GT-CIPR, Paris, 17 Décembre 2008

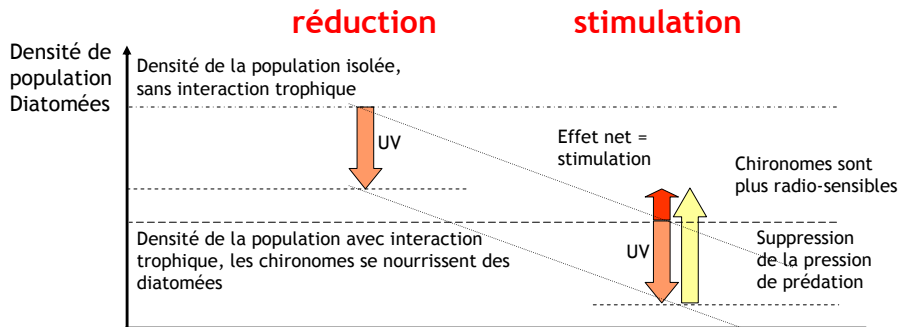
Effets indirects, au niveau écosystème ?

- **Changement climatique global induit par le CO₂**
CO₂ n'est pas directement toxique pour le vivant (homme, animaux, plantes) mais il est responsable d'un détriment indirect, l'augmentation de température, via la perturbation d'équilibres écologiques
- **Utilisation contre-productive à long terme de pesticides pour contrôler les invasions décimant la forêt**
Altération de l'équilibre des interactions trophiques (effets en cascade)
- **Irradiation UV promue par la destruction de la couche d'ozone par les CFC**
CFC ne sont pas directement toxiques pour le vivant (homme, animaux, plantes) mais ils sont responsables d'un détriment indirect, via l'altération de processus chimiques dans la biosphère

Et pour les radiations?... Exemple UV

Irradiation UV de populations isolées de diatomées

Irradiation UV d'un système écologique diatomées-chironomes en interaction trophique

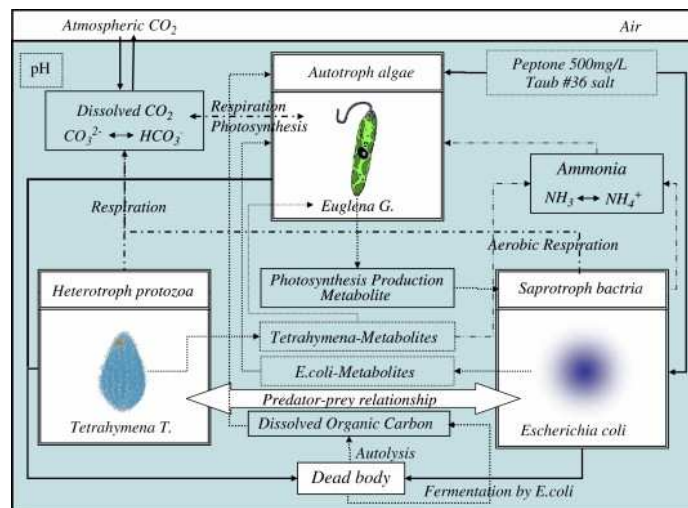


M.L. Bothwell, et al. (1994) Ecosystem response to solar ultraviolet-B radiation: Influence of trophic level interaction. *Science* 265: 97-100

F. Bréchignac - Séminaire GT-CIPR Paris 17 Décembre 2008

IRSN

Effets indirects d'une irradiation γ



M. Doi, I. Kawaguchi (2007) Ecological impacts of umbrella effects of radiation on the individual members. *Journal of Environmental Radioactivity* 96: 32-38.

F. Bréchignac - Séminaire GT-CIPR Paris 17 Décembre 2008

IRSN

Effets indirect d'une irradiation γ

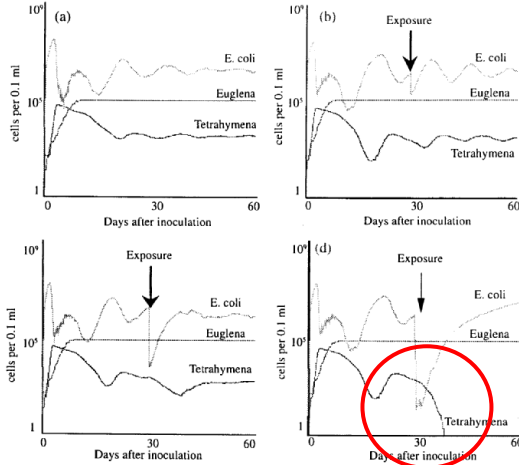


Figure 8 Population changes in the SIM-COSM after irradiation with X-rays :
(a) control, (b) 25% lethal doses, (c) 46% lethal doses, (d) 98% lethal doses against *E. coli*.

M. Doi et al. (2000) *Ecological impacts of environmental toxicants and radiation on the microbiological ecosystem: a model simulation of computational microbiology*. IRPA 2000, T-1-4, P-2a-115

Escherichia coli plus radio-sensible que *Tetrahymena*

Population de *Tetrahymena* peut s'éteindre, **indirectement** ...

... non pas à cause des radiations en soi, mais faute de nourriture (plus d'*Escherichia coli* à manger)

Approche actuelle = toxicologie Exposition -> dose -> effet

Distribution des RN (réelle ou calculée)



Dose débit de dose (Gy/Gy.j⁻¹)



Mortalité précoce
Morbidité
Succès reproduction
Altérations chromosom.



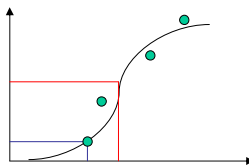
▪ Individus

Extrapolation

▪ Populations

▪ Communauté
▪ Habitats
▪ Ecosystèmes

Intensité de l'effet



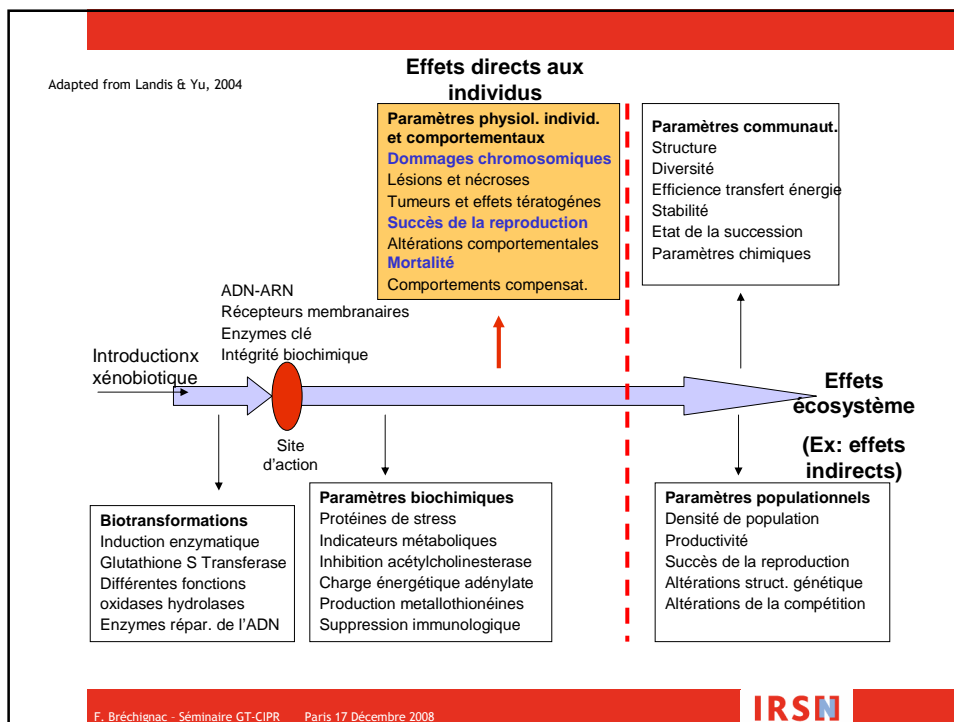
Dose/d. de dose

Caractéristiques principales de l'approche actuelle (CIPR)

- Dérivée de la radio(chimio)-**toxicologie** des mammifères (raisons historiques)
- Etablie sur les **individus**, ou les niveaux inférieurs (ADN, cellules, tissus)
- Etablie sur des **cibles d'effet ad hoc pour les individus** : mortalité, morbidité, succès de la reproduction, mutations
- Etablie sur des **organismes de référence ou RAPs**, un jeu réduit pour surmonter la variabilité induite par la biodiversité
- Etablie sur des relations dose(conc.)-effet **isolées**
- Repose sur des extrapolations variées

F. Bréchignac - Séminaire GT-CIPR Paris 17 Décembre 2008

IRSN



F. Bréchignac - Séminaire GT-CIPR Paris 17 Décembre 2008

IRSN

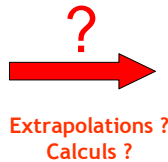
Objectifs de la protection de l'environnement

- Conservation de la diversité biologique
- Protection des espèces, (y compris esp. menacées)
- Conservation des ressources (biologiques, géol.,...)
- Gestion selon le principe de précaution

Protection des populations

Protection de la structure et du fonctionnement des écosystèmes

Méthodes établies sur des données aux individus (« org. de référence »)...



... pour atteindre des objectifs de protection au niveau population-écosystème

Incertitudes et limites intrinsèques de l'approche actuelle

- Impossibilité d'acquérir des données couvrant un champ significatif de la diversité des espèces
- Nécessité d'introduire de nombreuses simplifications et extrapolations → incertitudes
- Compartiments abiotiques non pris en compte explicitement
- Impacts trans-générationnels à long terme difficiles à intégrer
- Effets potentiels à l'échelle écosystème non intégrés
- Effets indirects non pris en compte

Renforcer une approche systémique centrée sur le concept d'écosystème



F. Bréchnignac - Séminaire GT-CIPR Paris 17 Décembre 2008

IRSN

Pourquoi une approche écosystème...

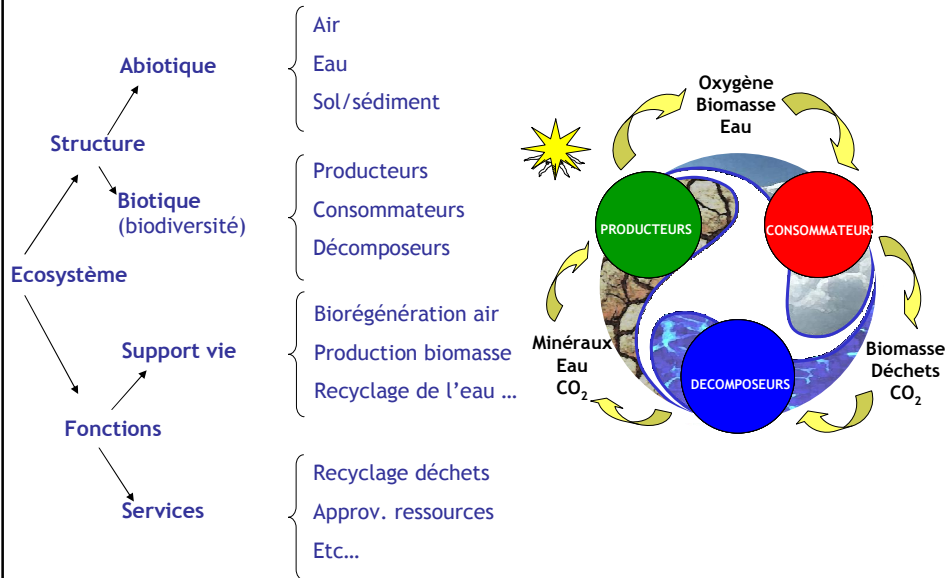
- **recommandée par les utilisateurs et les gestionnaires du risque environnemental**
(conservation des ressources, éval. d'impact anthropogénique)
 - Ex: Halieutique (FAO, 2003); Côtes marines (English Nat., 2004)
- **recommandée dans des accords et conventions internationales**
 - Ex: Convention sur la Diversité Biologique (UNEP-CBD, 2004)
« ... to apply, as appropriate, an ecosystem approach... »
 - Ex: Directive Cadre Eau (EC)
« ... to reach good **ecological** and chemical status... », defined as the quality of the structure and functioning of aquatic ecosystems, to be reached by 2015

... Parce qu'elle répond mieux à l'objectif général qui vise à protéger la structure et le fonctionnement de l'écosystème

F. Bréchnignac - Séminaire GT-CIPR Paris 17 Décembre 2008

IRSN

Structure et fonctions de l'écosystème



F. Bréchnignac - Séminaire GT-CIPR Paris 17 Décembre 2008

IRSN

Ecosystème: support vie et services

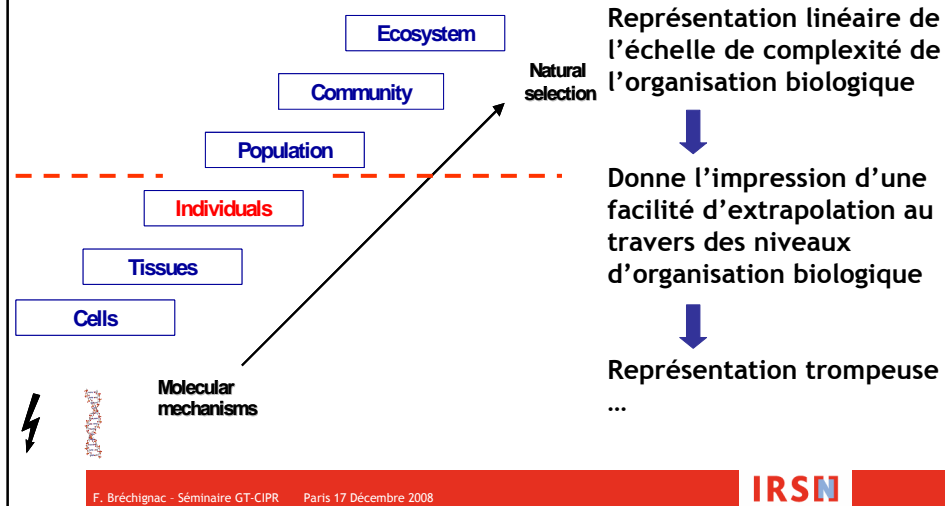
Goods & services	Ecosystem functions	Examples
Genetic resources	Sources of unique and ever-evolving genetic information	Genes for pathogen resistance, technology for breeding
Other raw materials	That portion of gross primary production extractable as raw materials	The production of timber, fuel, and fodder
Climate regulation	Regulation of global temperature and precipitation at global or local levels	Greenhouse gas regulation, DMS production affecting cloud formation
Gas regulation	Regulation of atmospheric chemical composition	The carbon dioxide-oxygen balance and ozone levels for UVB protection
Water regulation	Regulation of hydrological flows	Provisioning of water for industrial processes or transportation
Pollination	Movement of floral gametes	Provisioning of pollinators for the reproduction of plant populations
Biological control	Trophic-dynamic regulations of populations	Predator control of prey species
Regulation of human diseases	Ecosystems can change the abundance of human pathogens	Cholera and abundance of mosquitoes can be altered
Waste treatment	Recovery of mobile nutrients and removal or breakdown of excess nutrients and compounds	Waste treatment, pollution control, detoxification
Recreation	Providing opportunities for recreational activities	Eco-tourism, hunting and other recreational activities
Heritage	Providing opportunities for non-commercial uses	Historical, aesthetic and educational values

Adapted from Constanza *et al.*, 1997; Curtis, 2004

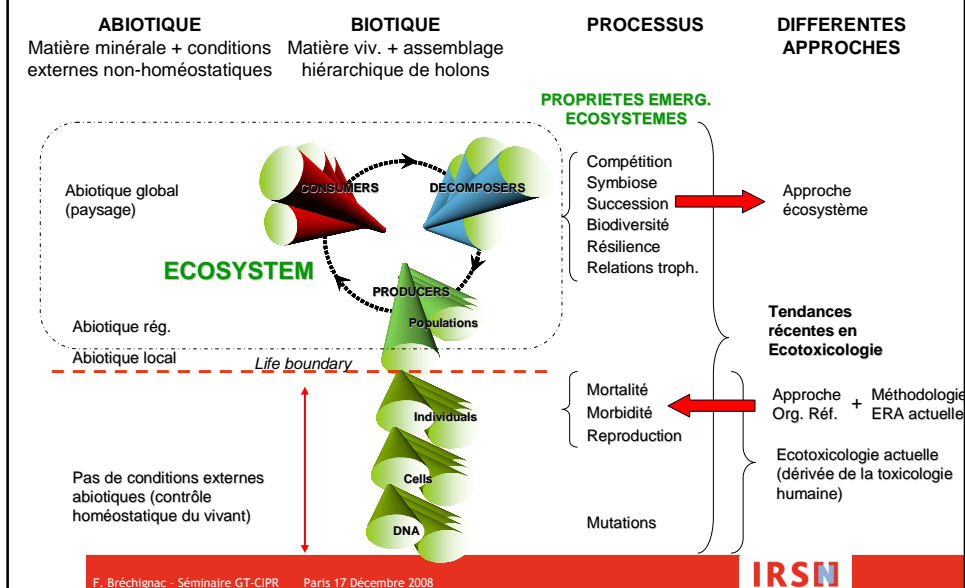
F. Bréchnignac - Séminaire GT-CIPR Paris 17 Décembre 2008

IRSN

Organismes individus/échelle écosystème: un grand saut conceptuel



Structure holarchique des écosystèmes



Méthodologie fondée sur une approche écosystème: comment ?

- Nouvelles théories écologiques apportent une meilleure compréhension du comportement des systèmes écologiques (Cambel, 1993; Müller, 1997; Kay, 2000)
- Conscience croissante chez les décideurs politiques et les scientifiques que l'évaluation environnementale devrait adopter une approche systémique (USEPA, 1992; HCN, 1997)
- Concept de « santé/intégrité des écosystèmes » se répand
 - « The system's ability to maintain its structure (organisation) and function (vigor) over time in the face of external stress (resilience) » (Costanza, 1992)
- Efforts actuels pour construire des **index écologiques mesurables** pour servir des évaluations du risque environnemental par le haut (intégrité biotique, biodiversité, index de réseaux trophiques, du recyclage des nutriments et de l'énergie, etc...)

F. Bréchignac - Séminaire GT-CIPR Paris 17 Décembre 2008

IRSN

Index d'effet écologique (microcosme) proposé par le NIRS (Japon)

$$EIM \left(\frac{\%}{\%} \right) = \frac{100}{T} \int_0^T \sqrt{\sum_{i=1}^n W_i \left[\frac{Ni, cont(t) - Ni, assay(t)}{Ni, cont(t)} \right]^2} dt$$

T = Durée de l'expérience

n = nombre d'espèces concernées

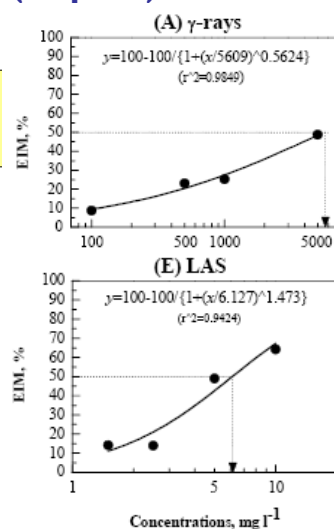
W_i = facteur de pondération écologique

N_{i, cont(t)} = log-transformée de la population de l'espèce i, au temps t

N_{i, assay(t)} = log-transformée de la population de l'espèce i, au temps t

(LAS: Linear alkylbenzenesulfonate, surfactant)

(Fuma et al., J. Envir. Rad., in press)



F. Bréchignac - Séminaire GT-CIPR Paris 17 Décembre 2008

IRSN

Le centrage sur le concept d'écosystème permet ...

- de réconcilier le débat anthropo-bio-écocentrique :
➔ assure la pérennité du vivant en général
- d'inclure de façon explicite les compartiments abiotiques et biotiques de l'environnement
- d'inclure les effets indirects et à l'échelle écosystème
- d'inclure la prise en compte des impacts trans-générationnels à long terme
- de relier l'évaluation à des valeurs socio-économiques (biens et services)
- de mieux atteindre l'objectif de protéger à l'échelle des populations et au-delà

F. Bréchnignac - Séminaire GT-CIPR Paris 17 Décembre 2008

IRSN

Une approche plurielle renforce l'efficacité de la protection de l'environnement

- Prises isolément, ni l'approche par organisme de référence ni l'approche écosystème, n'est capable de résoudre tous les aspects de la protection de l'environnement
- Elles sont complémentaires, chacune répondant aux limites de l'autre
- Aujourd'hui, l'approche par organisme de référence est quasi exclusivement privilégiée en radioprotection; il en résulte des omissions qui pourraient être couvertes par une approche écosystème
- Rééquilibrer la stratégie de protection radiologique de l'environnement en renforçant la notion d'écosystème

F. Bréchnignac - Séminaire GT-CIPR Paris 17 Décembre 2008

IRSN