



Rejets chimiques des installations nucléaires : Evaluation des risques pour les écosystèmes

Eric THYBAUD

INERIS - Unité d'évaluation des risques écotoxicologiques

INERIS



Principe de l'évaluation des risques

L'évaluation des risques chimiques pour les écosystèmes est basée sur la relation entre les effets indésirables des substances chimiques et leurs niveaux de présence connus ou prédits dans l'environnement.



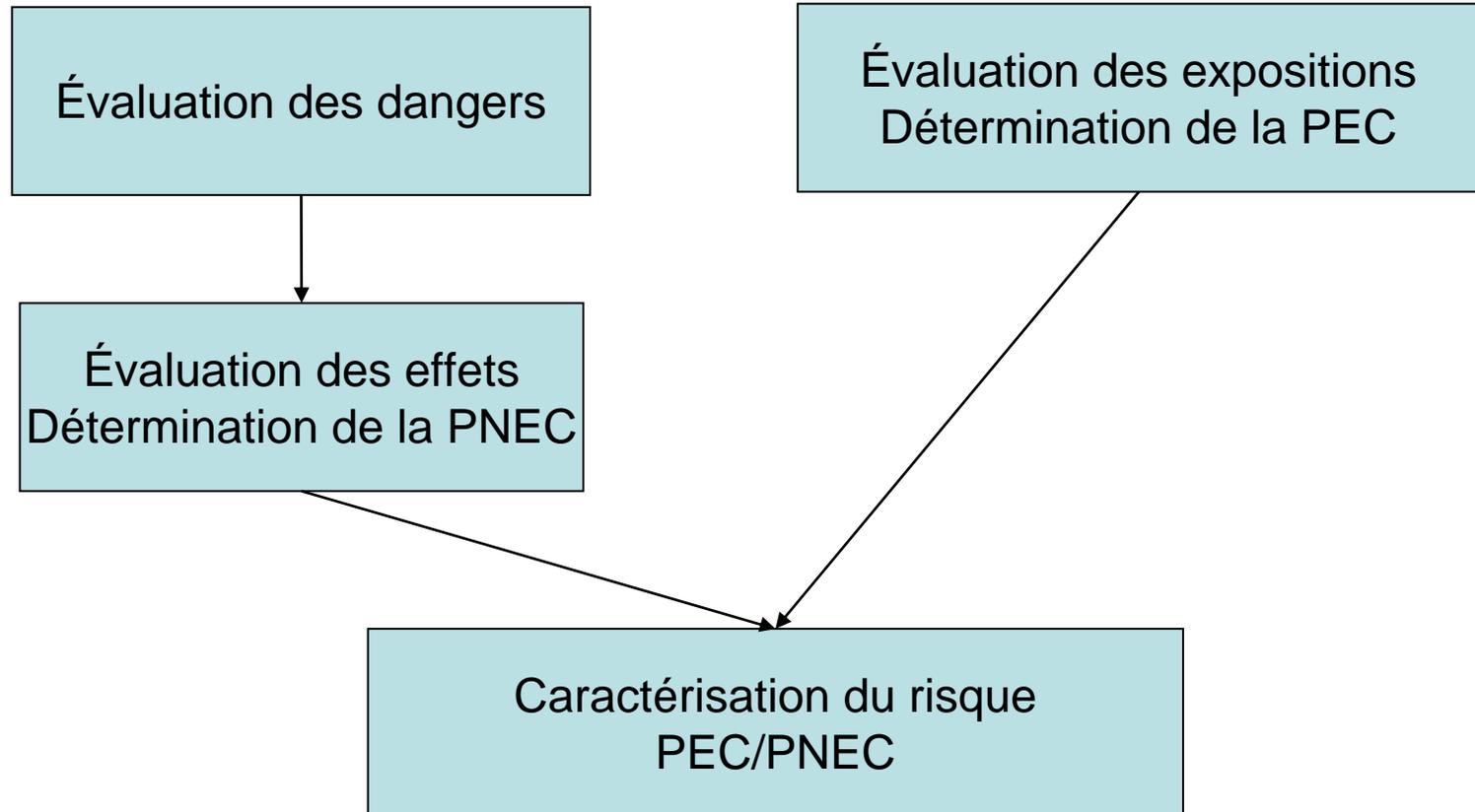
Les objectifs de l'évaluation des risques pour les écosystèmes

Protéger la structure et le fonctionnement des écosystèmes lors du rejet de substances chimiques dans l'environnement

Spécificité

Multiplicité des espèces et des habitats engendrant la multiplicité des modes d'action et une complexification des relations espèces-contaminants

Les différentes étapes





Une procédure au service d'une législation

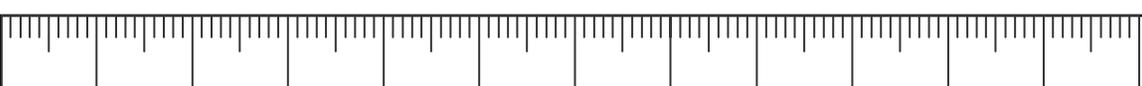
- Directive de mise sur le marché des substances chimiques (Dir 93/67/CEE)
- Directive Phytosanitaires (Dir 91/414/CEE)
- Directive Biocides (Dir 98/8/CE)

- Un document guide en soutien: le TGD



Adaptation à l'évaluation des risques liés aux rejets d'une installation : le terme source

- Identification des voies de rejets
- Identification de l'ensemble des substances par voie de rejet
- Caractérisation du devenir dans l'environnement de chaque substance rejetées
- *In fine* détermination de la concentration de chacune des substances dans les différents compartiments de l'environnement (PEC)



Les pré requis pour la détermination de la PEC

Bonne connaissance

- Des procédés industriels
- Des quantités rejetées
- Du devenir dans l'environnement des substances
- Du ou des milieux récepteurs



Les approches possibles

- La mesure des différentes substances dans les différents compartiments de l'environnement
- L'estimation de la concentration environnementale à partir de la modélisation du devenir des substances dans l'environnement et de leur concentration dans le rejet



L'évaluation des dangers et la détermination de la PNEC

- L'approche par substance
- L'approche par matrice
- L'approche *in situ*



Détermination de la PNEC : Approche par substance

- **Détermination d'une PNEC par substance et par type d'écosystème,**
 - Repose sur une méthodologie éprouvée (TGD),
 - Deux cas possibles :
 - Peu de données : La PNEC est déterminée à partir des données d'écotoxicité disponible affectées de facteurs d'incertitude dont la valeur dépend du nombre et de la nature des données disponibles,
 - Nombreuses données : La PNEC est déterminée à partir de la distribution des données d'écotoxicité (NOEC) suivant une loi log normale.

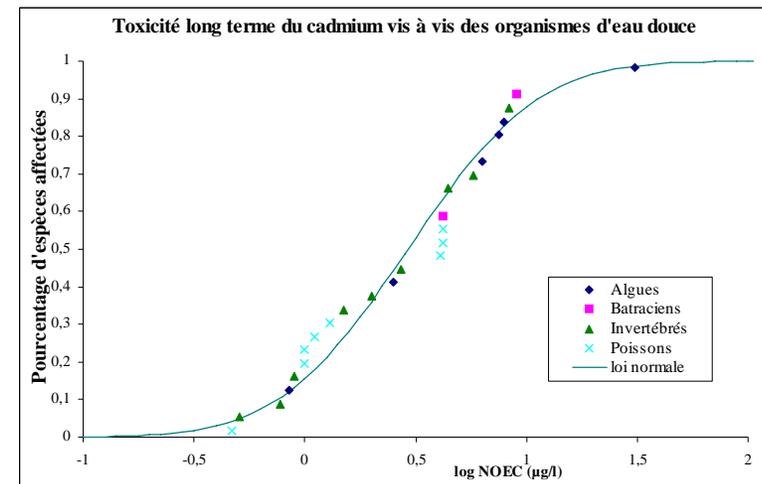
Détermination de la PNEC

Approche par facteurs d'extrapolation

Au moins un résultat de toxicité aiguë CL(E)50 pour chacun des trois niveaux trophiques (poisson, daphnie et algue)	1000
Un résultat de toxicité à long-terme (NOEC poisson ou daphnie)	100
Deux NOECs à long-terme représentant deux niveaux trophiques (poisson et/ou daphnie et/ou algue)	50
Trois NOECs à long-terme représentant trois niveaux trophiques (poisson, daphnie et algue)	10
Résultats d'essais de terrain ou de mesocosme	cas par cas

La protection de l'espèce la plus sensible préserve la structure et le fonctionnement de l'écosystème dans son entier

Approche statistique



La protection de 95 % des espèces préserve la structure et le fonctionnement de l'écosystème dans son entier



Détermination de la PNEC : Approche par substance

- Intérêt
 - PNEC déterminées par substance et par type d'écosystème
 - Permet l'identification de la (ou des) substance(s) préoccupante(s)
- Limites
 - Non prise en compte de la biodisponibilité des polluants dans les compartiments cibles,
 - Non prise en compte des interactions entre substances,
 - Nécessité de disposer de données d'écotoxicité pour chaque substances et pour différents types d'organismes



Détermination de la PNEC :

L'approche par matrice

- Détermination d'une PNEC pour le rejet à partir de données d'écotoxicité obtenues sur le rejet lui-même.

Intérêt

- Prise en compte des interactions substances – substances,
- Prise en compte de la biodisponibilité
- Exhaustivité

Limites

- Nécessité de réalisation de tests d'écotoxicité
- Variabilité temporelle du rejet
- Objectif de dépollution éventuel en terme d'abattement de toxicité



Caractérisation des effets :

L'approche *in situ*

- Évaluation directe dans le milieu récepteur des effets induits,
- Repose sur la notion d'indicateurs écologiques
(Espèce ou ensemble d'espèces dont les fluctuations d'effectif sont indicatrices d'une modification des caractéristiques de l'environnement)



Caractérisation des effets :

L'approche *in situ*

Intérêts

- Approche intégratrice
 - prise en compte des interactions substances-substances et substances-milieu ainsi des relations entre espèces,
 - prise en compte des fluctuations temporelles du rejet.
- Réduction des incertitudes associées aux extrapolations inter espèces.

Limites

- Difficulté d'établir des relations causales,
- Nombreuses interférences dues à la variabilité naturelle nécessitant un effort important de prospection et de relevé,
- Objectif de dépollution éventuel en terme de restauration des biocénoses.



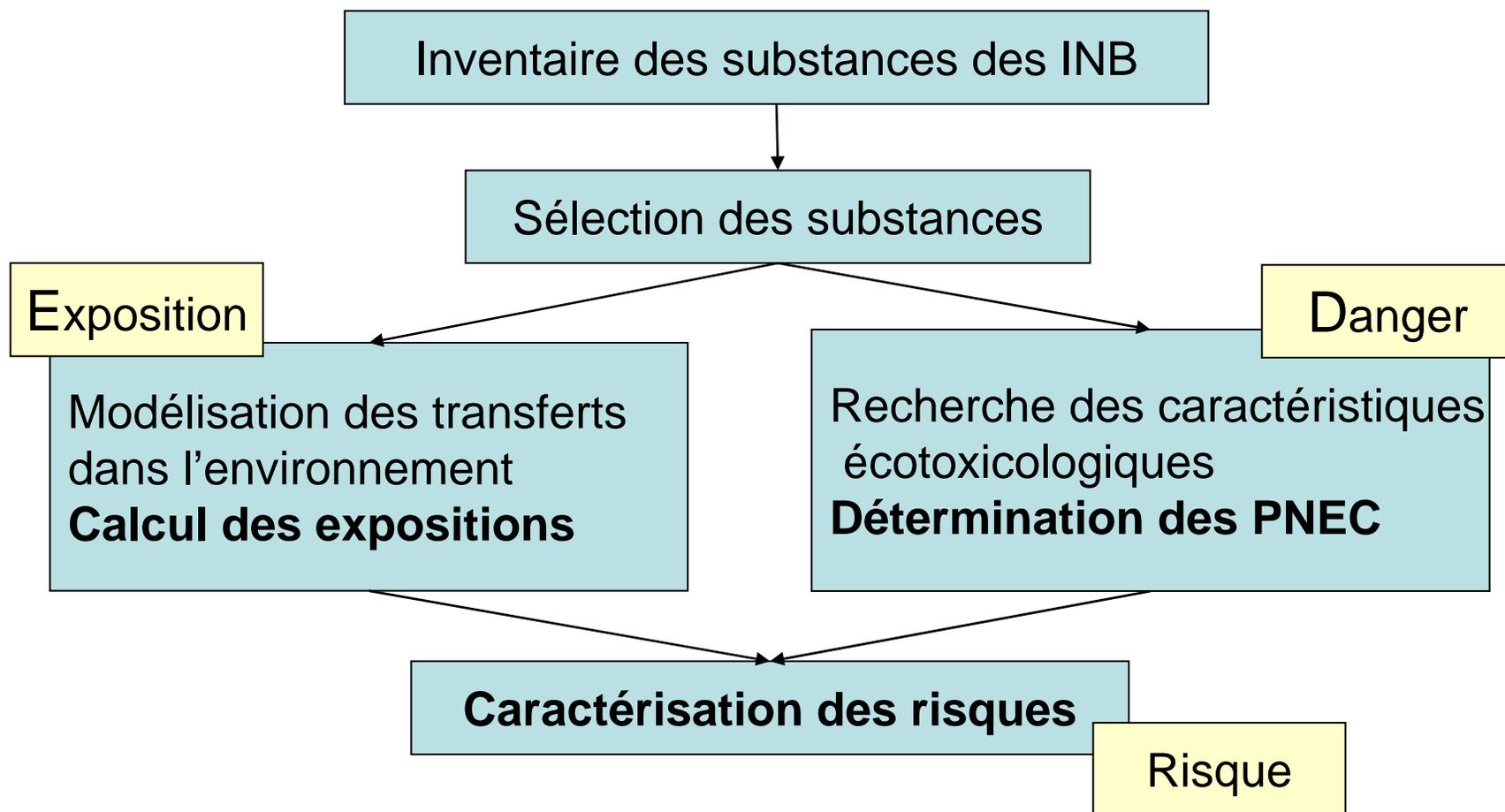
Exemple de l'évaluation des risques pour les écosystèmes liés aux rejets chimiques des installations nucléaires du Nord Cotentin

Champ de l'étude :

Expositions chroniques associées aux rejets chimiques des installations nucléaires

- Centre de traitement des combustibles usés COGEMA La Hague,
- Centre nucléaire de production d'électricité d'EDF de Flamanville,
- Centre de stockage des déchets radioactifs de l'ANDRA,
- Installation de la Marine Nationale de Cherbourg.

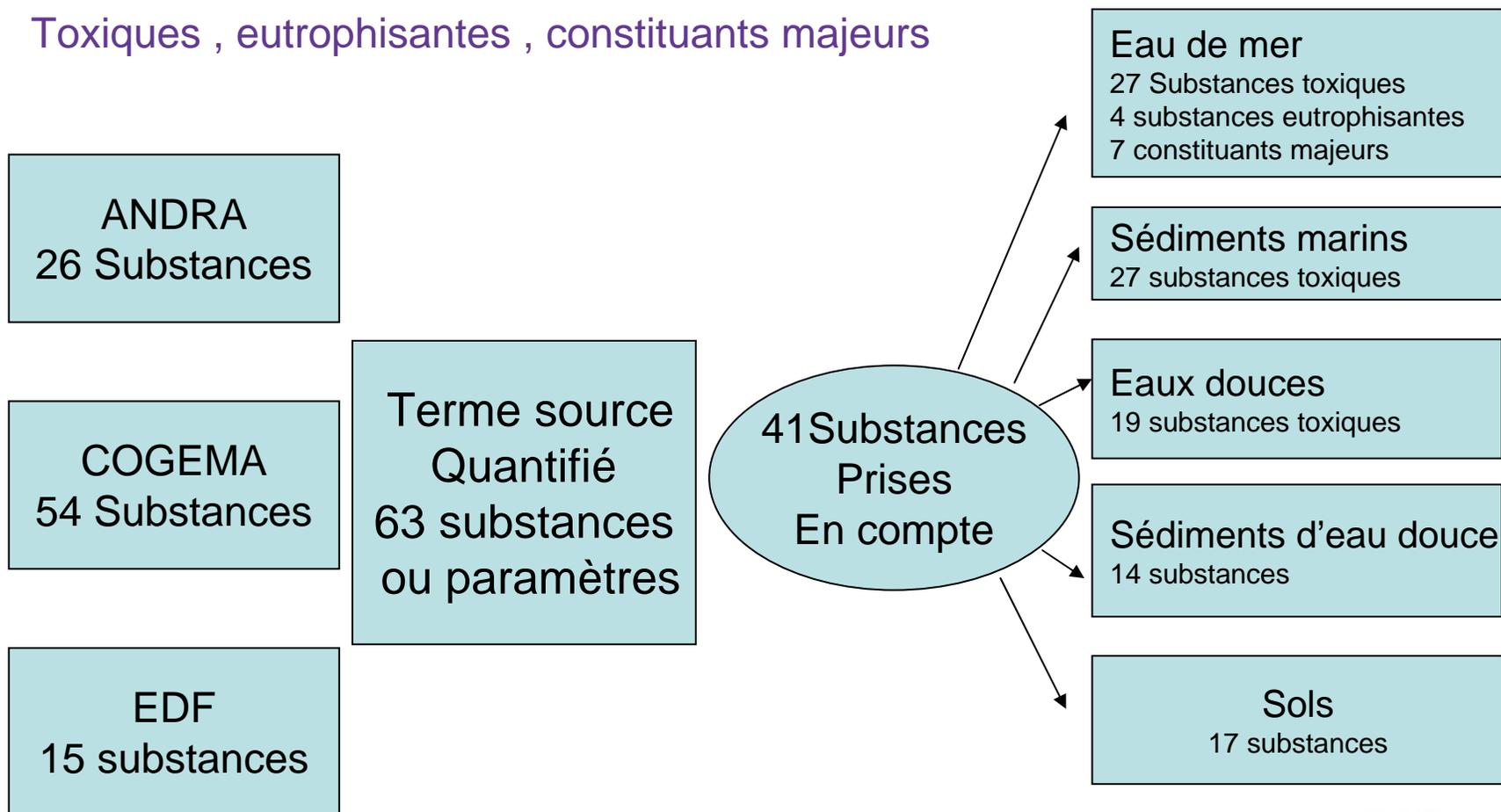
La méthodologie générale



Sélection des substances

3 catégories de substances :

Toxiques , eutrophisantes , constituants majeurs



Les zones d'études

Milieu marin

- Goury
- Les Huquets
- Zone Cap de Flamanville
- Champ proche EDF

Eaux douces

- Ruisseau de la Sainte Hélène

Milieu terrestre

- « Pire cas »





Concentrations d'exposition (PEC)

Milieu marin

- Eau : Dilution du rejet (FD mission 1)
- Sédiments : Équilibre de partage solide/liquide
- Organismes : BCF

Milieu terrestre

- Sol : Modélisation de la dispersion atmosphérique et des dépôts surfaciques

Eaux douces

- Eau : Valeurs mesurées (moyenne et max)
- Sédiments : Valeurs mesurée (moyenne et max)



Évaluation des dangers

- Utilisation de l'approche par substance
- Les principales limites
 - Connaissance fragmentaire
 - Principalement des données de toxicité aiguë
 - Extrapolation à la toxicité chronique
 - Principalement des données d'écotoxicité pour les organismes d'eau douce
 - Extrapolation au milieu marin
 - Absence de connaissance
 - Quasi absence de connaissance en ce qui concerne l'écotoxicité vis-à-vis des organismes benthiques, des organismes terrestres et des prédateurs

Caractérisation des risques

- Substance individuelle

$$\text{Risque} = \frac{\text{Concentration d'exposition}}{\text{Concentration prévisible sans effet}}$$

Ratio $\leq 1 \Rightarrow$ Pas de risque pour l'environnement

Ratio $> 1 \Rightarrow$ Risque inacceptable, nécessité d'affiner l'évaluation

- Mélange de substances

$$\text{Risque} = \sum \left[\frac{\text{Concentration d'exposition}}{\text{Concentration prévisible sans effet}} \right] \text{ substances}$$

Ratio $\leq 1 \Rightarrow$ Pas de risque pour l'environnement

Ratio $> 1 \Rightarrow$ Risque inacceptable, nécessité d'affiner l'évaluation

Résultats

- **Substances à effets toxiques potentiels**

- **Milieu marin (27 substances)**

- Colonne d'eau :
 - Risque total majoritairement <1
 - Qq substances pour lesquelles risque >1 (Bore, Nitrite, ions ammonium, Hydrazine)
- Compartiment sédimentaire :
 - 7 non adsorbables, 11 manque de connaissance, 8 évaluées: mercure et plomb risque >1
- Prédateurs marins:
 - 9 substances manque de connaissance, 9 substances non bioaccumulables, 7 risque <1

- **Compartiment terrestre (17 substances)**

- 17 substances, risque total <1

- **Eaux douces (Sainte Hélène)**

- Colonne d'eau
 - 19 substances, sur la base des concentrations mesurées, 8 substances avec risque >1 (essentiellement des métaux)
- Compartiment sédimentaire
 - 14 substances, sur la base des concentrations mesurées, 7 substances avec risque >1 (essentiellement des métaux)



Résultats (suite)

- **Risque lié à l'eutrophisation (4 substances)**
 - Aucun signe d'eutrophisation dans la zone
(suivi hydrobiologique aux abords de la centrale de Flamanville et suivi phytoplanctonique dans l'Anse des Moulinets)
- **Constituants majeurs des eaux (7 substances)**
 - Apports négligeables / concentrations naturelles
($<1/1000$ voir $1/100\ 000$)



Limites générales

- **Sources d'incertitudes principales**
 - Absence de connaissance sur l'écotoxicité de nombreuses substances
- **Seconde source d'incertitude**
 - Évaluation des expositions à partir de la modélisation
(absence de mesure n'a pas permis de caler certains modèles)