



Fixer les seuils pour les toxiques

Quelles substances ?

Liste indicative des principaux polluants (Annexe VIII de la Directive Cadre Eau)

1. Organohalogénés
2. Organophosphorés.
3. Organostanniques.
4. Cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction et perturbateurs endocriniens
5. Hydrocarbures persistants et substances organiques toxiques persistantes et bio-accumulables.
6. Cyanures.
7. Métaux et leurs composés.
8. Arsenic et ses composés.
9. Produits biocides et phytopharmaceutiques.
10. Matières en suspension.
11. Substances contribuant à l'eutrophisation (en particulier, nitrates et phosphates).
12. Substances ayant une influence négative sur le bilan d'oxygène

Risque potentiel ou avéré à l'échelle communautaire

Annexe X : Substances prioritaires

= substances régulées à l'échelle communautaire (selon art. 16)

ETAT CHIMIQUE

Les substances prioritaires : régulation à l'échelle communautaire

- Substances « stratégiques » : art. 16 de la Directive Cadre Eau
- 33 substances sélectionnées en 2001 (Décision N° 2455/2001/CE)
- Révision de la liste tous les 4 ans.
- Projet de directive fille fixant des NQE pour ces substances prioritaires
http://ec.europa.eu/environment/water/water-dangersub/surface_water.htm

Substances prioritaires : les rejets, émissions et pertes de ces substances doivent être progressivement réduites.

Substances dangereuses prioritaires : substances PBT, CMR, POP, perturbateurs endocriniens...

Les rejets, émissions et pertes de ces substances doivent cesser d'ici 20 ans

Quelles substances ?

Liste indicative des principaux polluants (Annexe VIII de la Directive Cadre Eau)

1. Organohalogénés
2. Organophosphorés.
3. Organostanniques.
4. Cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction et perturbateurs endocriniens
5. Hydrocarbures persistants et substances organiques toxiques persistantes et bio-accumulables.
6. Cyanures.
7. Métaux et leurs composés.
8. Arsenic et ses composés.
9. Produits biocides et phytopharmaceutiques.
10. Matières en suspension.
11. Substances contribuant à l'eutrophisation (en particulier, nitrates et phosphates).
12. Substances ayant une influence négative sur le bilan d'oxygène

Substances nationales pertinentes

Substances régulées à
l'échelle nationale

Les autres substances polluantes : régulation à l'échelle nationale

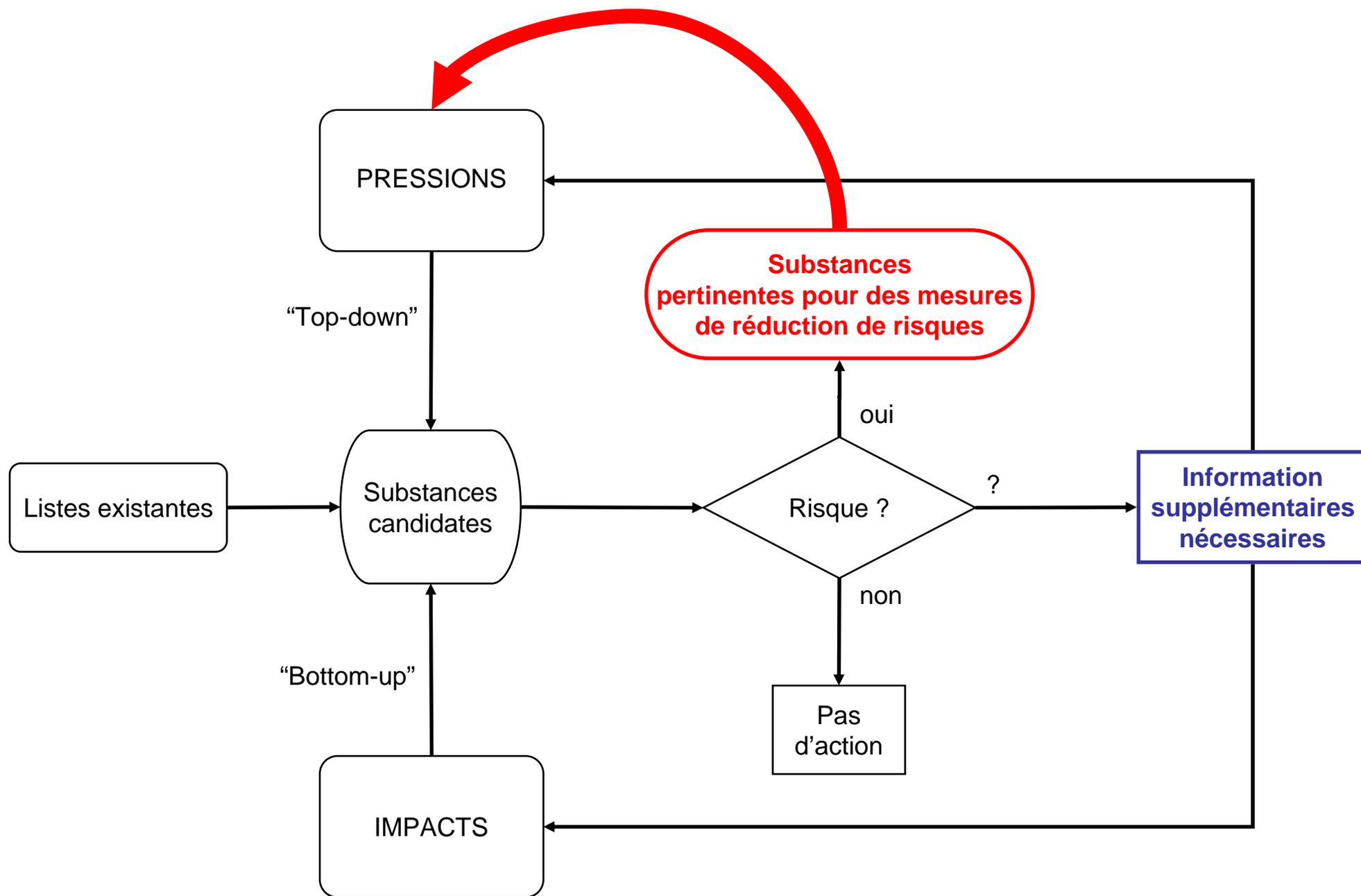
Autres polluants : potentiellement des milliers de substances...

Sélectionner les substances pertinentes au niveau national

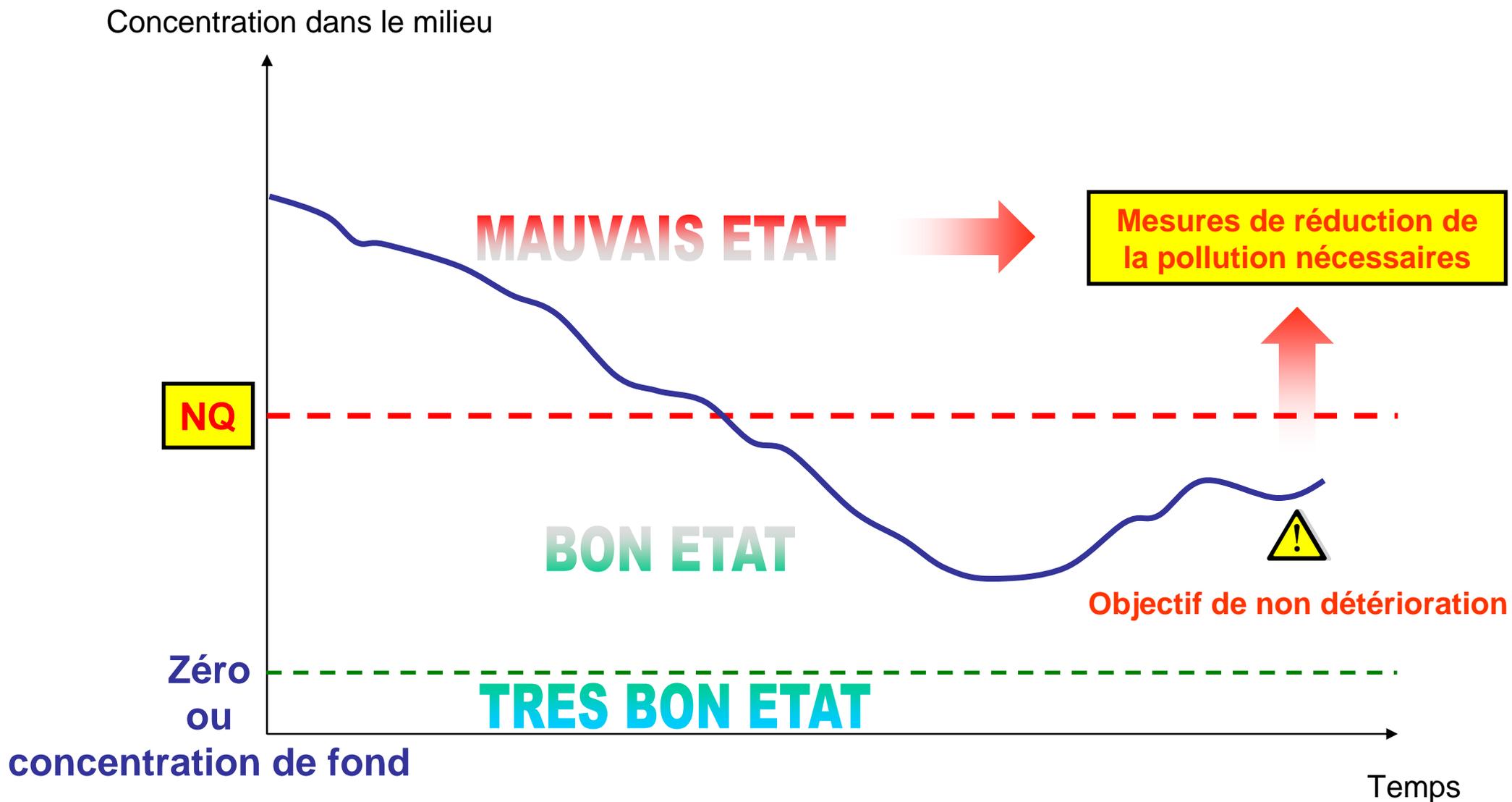
Les 139 substances de la liste II de la Directive 76/464/CEE constituent une base de départ :

- substances PBT
- substances avec des effets délétères pour l'environnement aquatique
- métaux
- autres substances pertinentes identifiées par les Etats Membres

De nombreuses substances : identification des substances pertinentes



Objectifs pour la qualité de l'eau



Détermination d'une norme de qualité (NQ) = *Quality Standard*

- Selon le bruit de fond dans le milieu
- Par rapport à la limite de quantification analytique

- Selon des critères de toxicité / écotoxicité

Seuls critères retenus pour la Dir. 76/464/CEE et la Directive Cadre sur l'Eau

Les critères socio-économiques ne sont normalement pas pris en compte pour la fixation d'une NQ. Mais l'art. 4 (§ 4 to 8) de la DCE donne la liste des exemptions pouvant justifier un dépassement des NQ.

Normes de Qualité pour l'eau (NQ)

≠

Normes de Qualité Environnementale (NQE) (=EQS, *Environmental Quality Standard*)

NQE = critère le plus sensible

NQeau (\approx NQE_{provisoire})

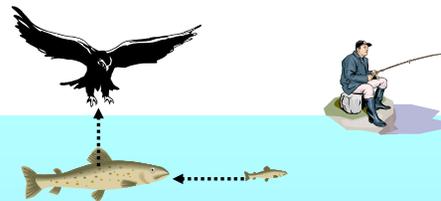
Ecotoxicité pour les
organismes
aquatiques



Ecotoxicité pour les
organismes benthiques
(sédiments)



Bioaccumulation et données de
toxicité orale (empoisonnement
secondaire des prédateurs)



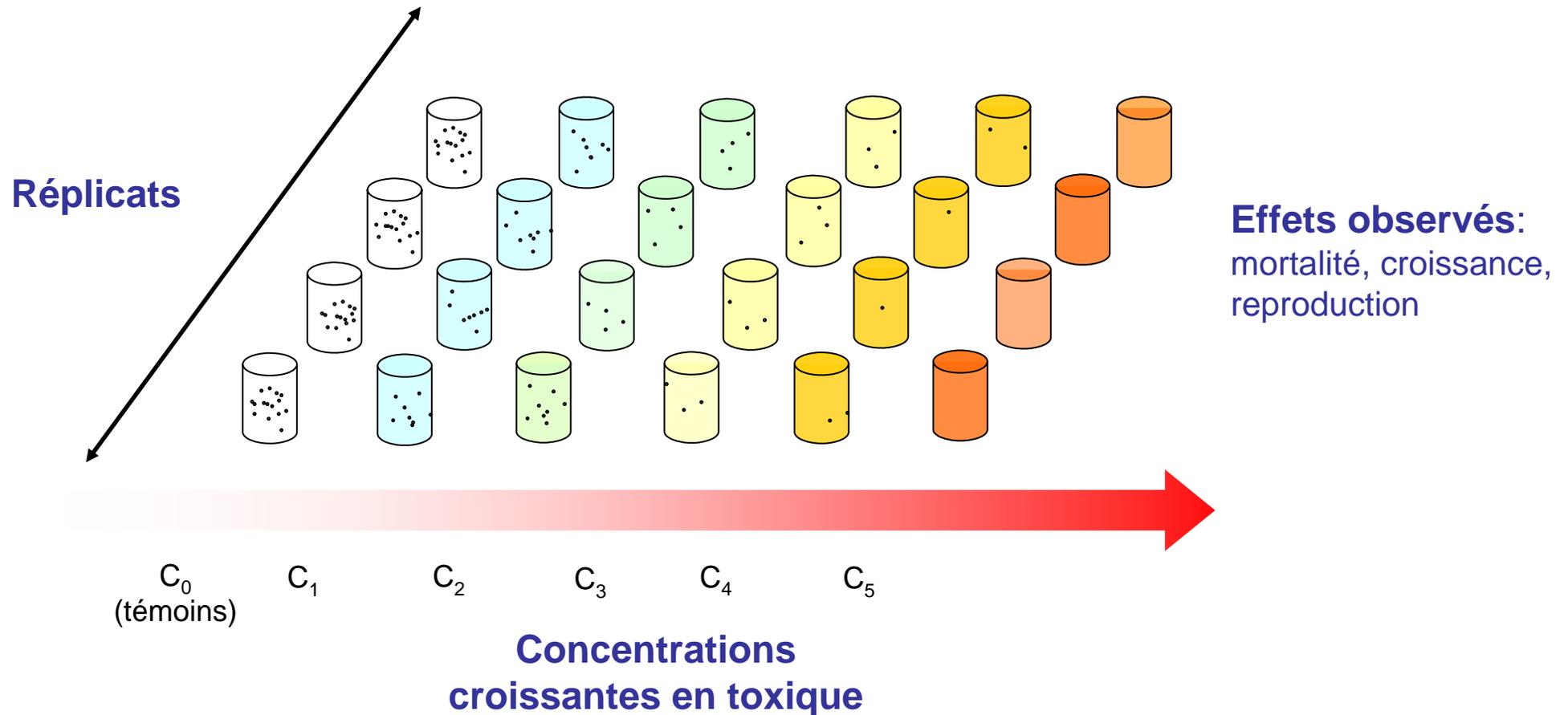
Normes pour la
potabilisation de l'eau
(Dir. 98/83/CE)



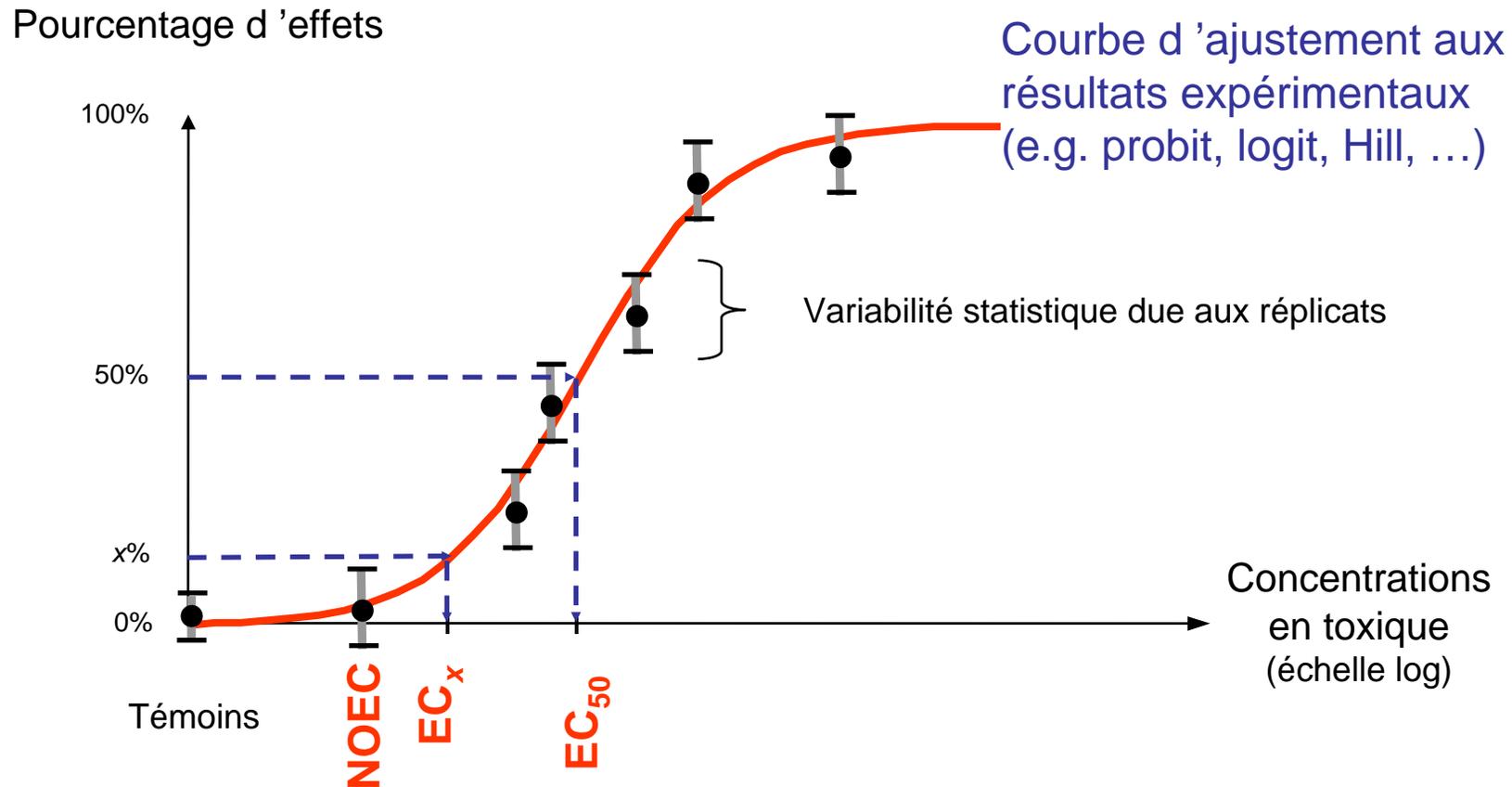
Valeurs limites dans les
poissons, mollusques,
crustacés, destinés à la
consommation humaine

Principe d'un test d'écotoxicité

Après une durée d , on compte le nombre d'individus affectés dans chaque récipient



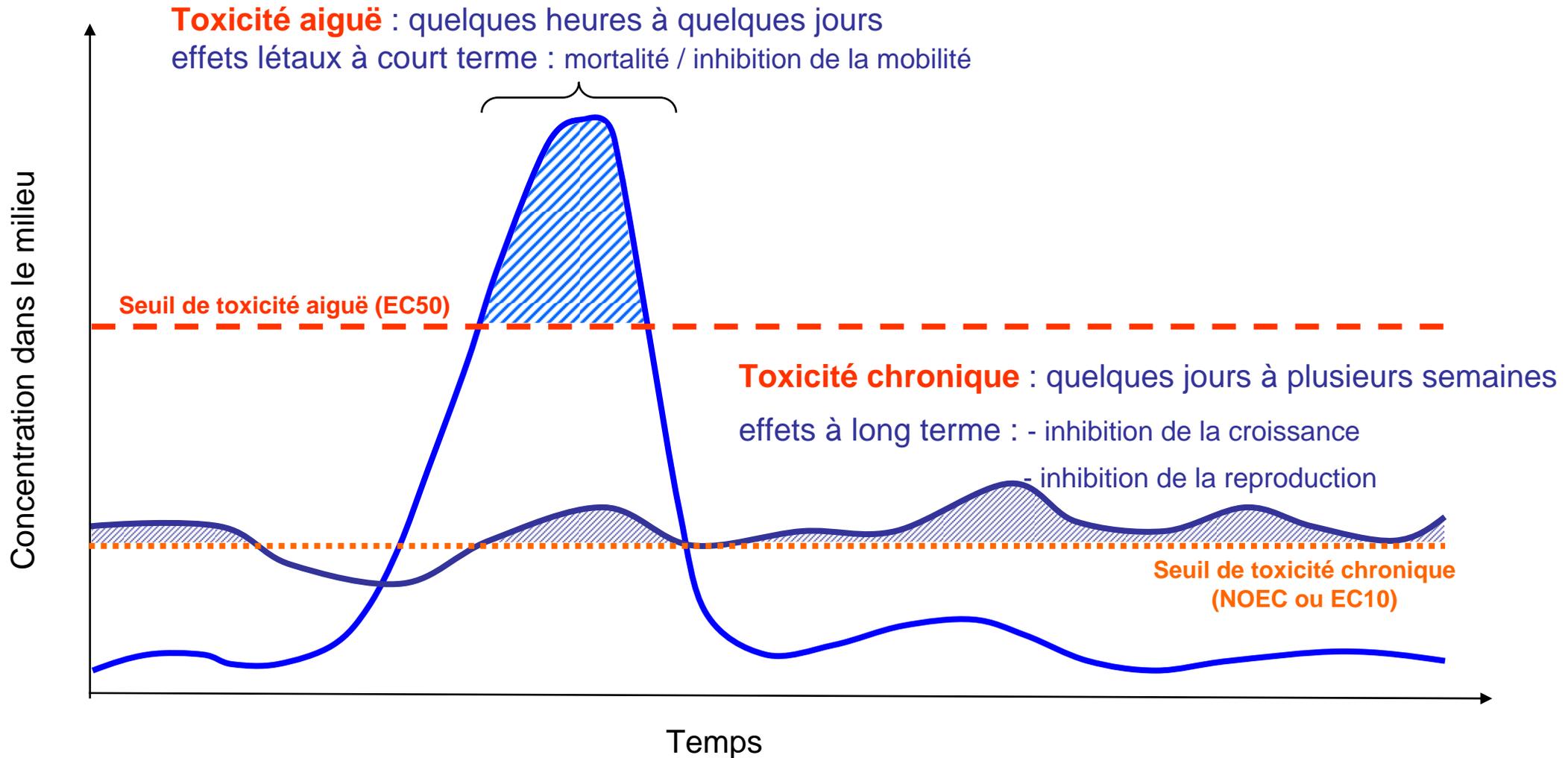
Relation dose-réponse et détermination des critères d'écotoxicité



NOEC: Plus forte concentration testée pour laquelle les effets observés ne sont pas significativement différents de 0

EC50: concentration modélisée pour laquelle on s'attend à observer des effets sur 50% d'une population d'une espèce

Toxicité chronique / toxicité aiguë



Extrapolation d'une NQ à partir des critères d'écotoxicité (1)

Une méthodologie européenne

Principes fondamentaux dans l'Annexe V § 1.2.6 de la Directive Cadre sur l'Eau

Principes détaillés dans Lepper (2005)

http://circa.europa.eu/Public/irc/env/wfd/library?l=/framework_directive/i-priority_substances/supporting_background/manual_methodology/EN_1.0_&a=d



D'après le guide technique en support à la directive 93/67/CEE concernant l'évaluation des risques de substances nouvelles et au règlement (CE) No 1488/94 concernant l'évaluation des risques pour les substances existantes (= TGD)

http://ecb.jrc.it/DOCUMENTS/TECHNICAL_GUIDANCE_DOCUMENT/



⇒ La NQ est basée sur une PNEC (= *Predicted No-Effect-Concentration*)

Extrapolation d'une NQ à partir des critères d'écotoxicité (2)

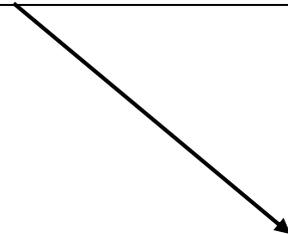
Hypothèses et principes

EC50 :

- effet médian
- court terme
- pour quelques espèces
- en laboratoire



effet médian	→ pas d'effet
court terme	→ long terme
quelques espèces	→ ensemble des espèces
laboratoire	→ milieu naturel

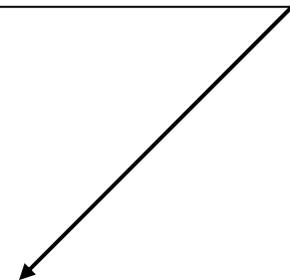


NOEC :

- faible effet
- chronique
- pour quelques espèces
- en laboratoire



quelques espèces	→ ensemble des espèces
laboratoire	→ milieu naturel



NQ = PNEC :

pas d'effets prédits pour l'écosystème

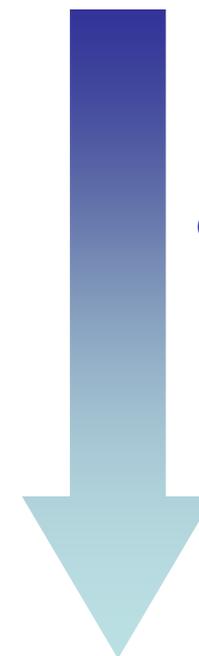
Facteurs d'extrapolation (= Assessment Factors, AF)

= Facteurs de sécurité. Prendre en compte les incertitudes et la variabilité des données

$$\text{PNEC} = \frac{\text{Min (données)}}{\text{AF}}$$

Facteurs préconisés en Europe pour l'eau douce :

Données disponibles	AF
3 données de toxicité aiguë (EC50) (poissons, daphnies et algues)	1000
3 données de toxicité aiguë + 1 donnée de toxicité chronique (NOEC) (poissons ou daphnies)	100
3 données de toxicité aiguë + 2 données de toxicité chronique (NOEC) (poissons et/ou daphnies et/ou algues)	50
3 données de toxicité aiguë + 3 données de toxicité chronique (NOEC) (poissons et daphnies et algues)	10
Données de terrains ou mésocosmes	Au cas par cas



**Meilleure
connaissance sur la
toxicité de la
substance = baisse
de l'incertitude**

Les sensibilités des espèces sont conditionnées par leur taxonomie ?

Particularités pour le milieu marin

Il est admis que le milieu marin accueille un nombre importants de taxons (plus grande biodiversité). Le réseaux trophique est plus grand et plus complexe. De plus, certaines espèces sont spécifiques au milieu marin.

↳ D'où l'emploi de facteurs d'extrapolation plus importants.

Les données d'écotoxicité disponibles pour les eaux douces et les eaux marines peuvent être utilisés conjointement (les premières devant toutefois être jugées pertinentes pour le milieu marin).

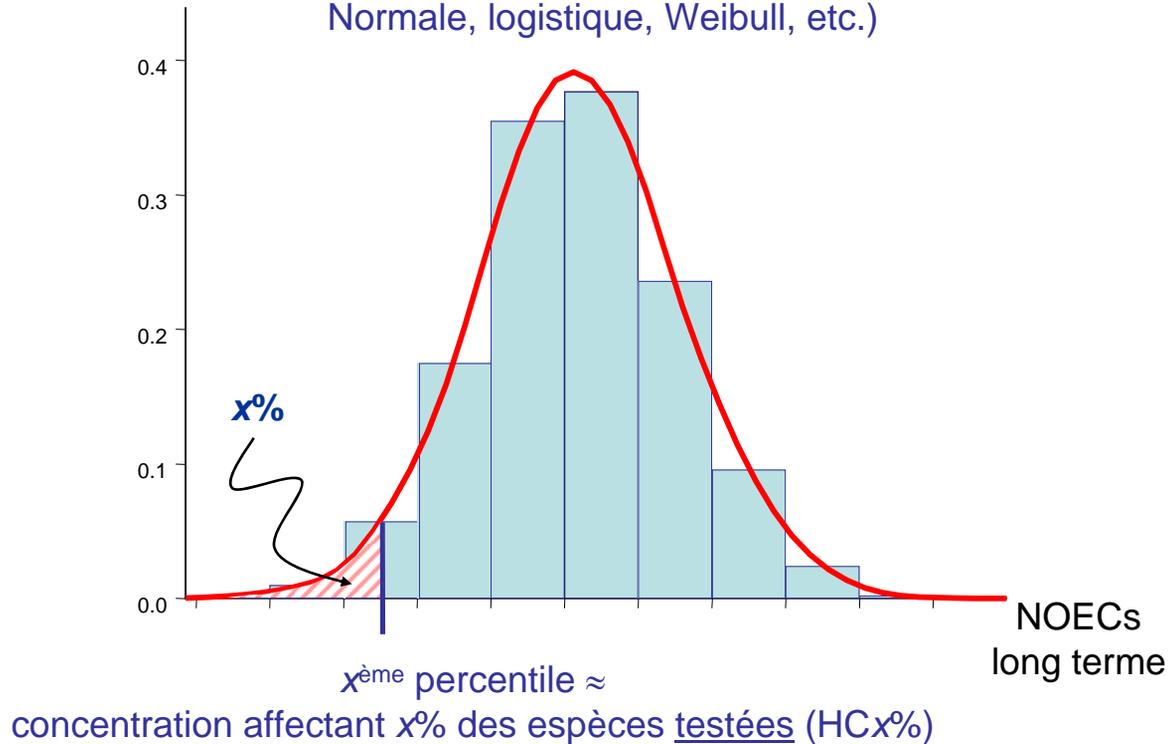
Species Sensitivity Distribution (SSD)

Plus de 10 (préférentiellement 15) NOECs long terme pour des espèces différentes couvrant au moins 8 groupes taxonomiques

d.d.p

Distribution statistique:

empirique ou modélisée (e.g. loi Normale, logistique, Weibull, etc.)



$$\text{PNEC} = \frac{\text{HC5\% (données)}}{\text{AF}}$$

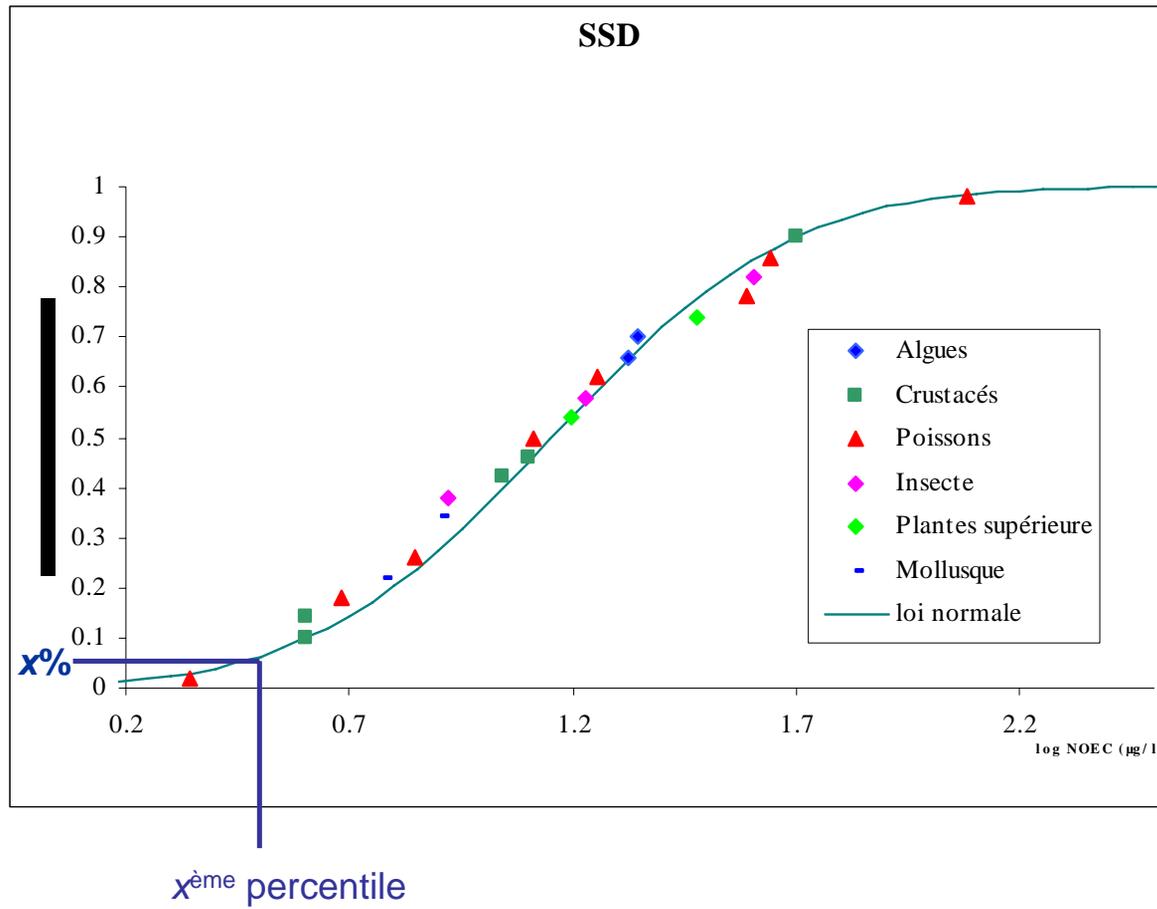
avec AF pouvant aller de 5 à 1
(nombre d'espèces et représentativité,
qualité de l'ajustement, intervalle de
confiance, etc.)

Parce qu'il existe toujours des incertitudes !

Les sensibilités des espèces sont indépendantes de leur taxonomie ?

Species Sensitivity Distribution (SSD)

Fonction de répartition : i.e. probabilités cumulées



Normes de Qualité pour l'eau (NQ)

≠

Normes de Qualité Environnementale (NQE) (=EQS, *Environmental Quality Standard*)

NQE = critère le plus sensible

NQeau (\approx NQE_{provisoire})

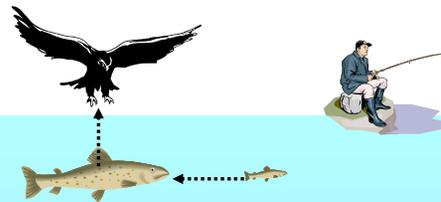
Ecotoxicité pour les
organismes
aquatiques



Ecotoxicité pour les
organismes benthiques
(sédiments)



Bioaccumulation et données de
toxicité orale (empoisonnement
secondaire des prédateurs)



Normes pour la
potabilisation de l'eau
(Dir. 98/83/CE)



Valeurs limites dans les
poissons, mollusques,
crustacés, destinés à la
consommation humaine

Essais écotox pour les organismes benthiques



Chironomus (larves)

Des bioessais normalisés sur sédiments ont été développés pour quelques organismes benthiques



Tubifex

Le sédiment (prélevé dans le milieu ou reconstitué) est contaminé en laboratoire par des concentrations croissantes de la substance
⇒ relation dose-réponse

Plusieurs facteurs à contrôler : type de sédiments, procédure de contamination, période d'équilibration, facteurs physico-chimiques et autres facteurs expérimentaux.

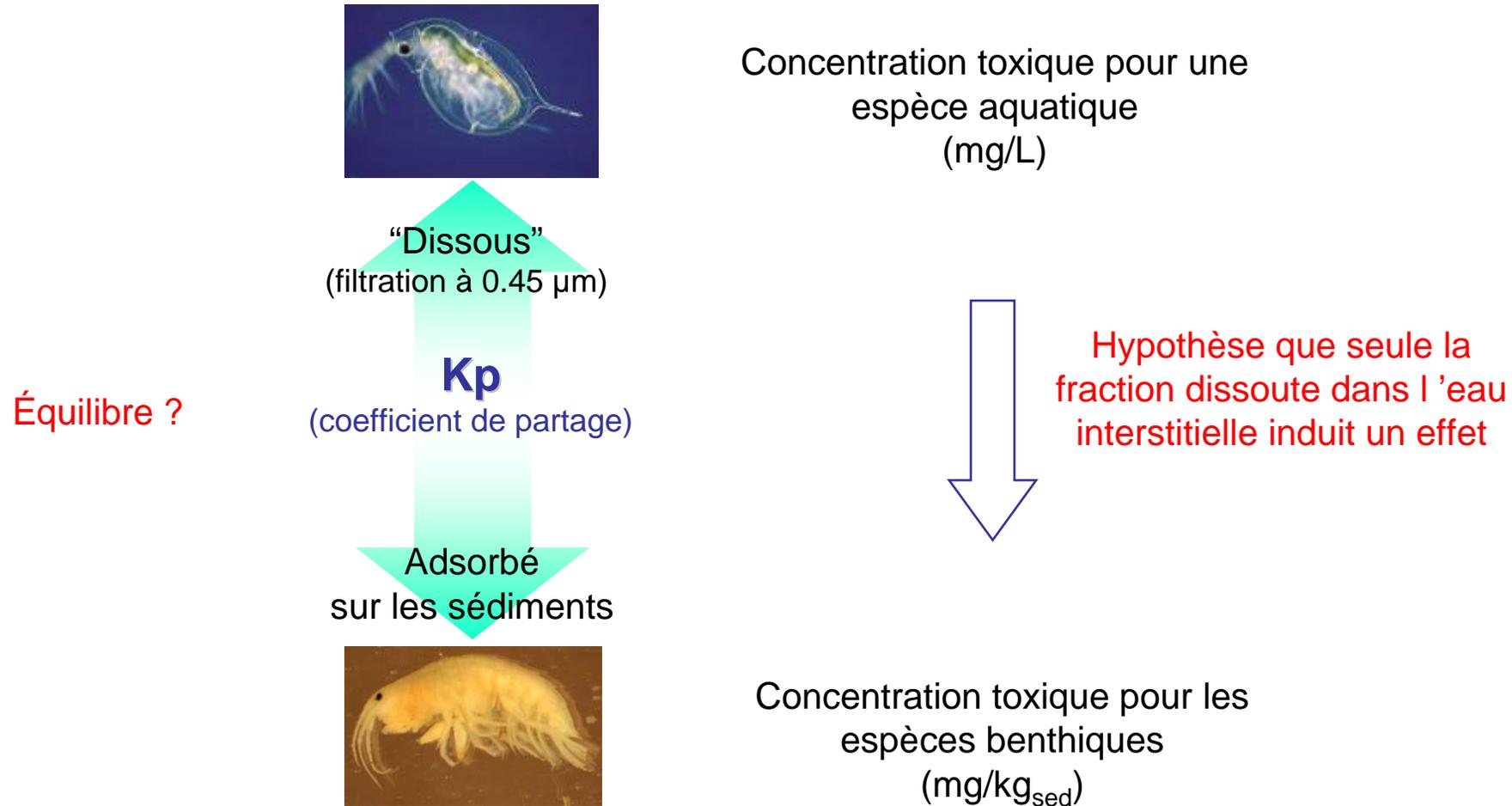


Hyalella

Standardisation ≠ représentativité

Tests coûteux ⇒ Rares

L'approche de l'équilibre de partage



- Caractéristiques du sédiment
- Ingestion de particules
- Spécificité biologiques des espèces benthiques

} sont ignorées !

$$\underbrace{\left[\frac{\mu\text{g}}{\text{kg}_{\text{sed}}} \right] \left[\frac{\text{kg}_{\text{sed}}}{\text{m}^3} \right]}_{\text{concentration dans les sédiments } [\mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{sed}}]} \cdot \rho_{\text{sed}} = \underbrace{\left[\frac{\text{m}^3_{\text{eau}}}{\text{m}^3_{\text{sed}}} \right] \left[\frac{\mu\text{g}}{\text{L}} \right] \left[\frac{\text{L}}{\text{m}^3_{\text{eau}}} \right]}_{\text{concentration dans l'eau } [\mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{sed}}]} \cdot F_{\text{eau}_{\text{sed}}} \cdot C_{\text{eau}} \cdot 1000 + \underbrace{\left[\frac{\text{m}^3_{\text{solide}}}{\text{m}^3_{\text{sed}}} \right] \left[\frac{\mu\text{g}}{\text{kg}_{\text{solide}}} \right] \left[\frac{\text{kg}_{\text{solide}}}{\text{m}^3_{\text{solide}}} \right]}_{\text{concentration adsorbée } [\mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{sed}}]} \cdot F_{\text{solide}_{\text{sed}}} \cdot C_{\text{solide}} \cdot \rho_{\text{solide}}$$

par défaut **1150 kg/m³** par défaut **0.9** par défaut **0.1** par défaut **2500 kg/m³**
 ($F_{\text{solide}_{\text{sed}}} = 1 - F_{\text{eau}_{\text{sed}}}$)

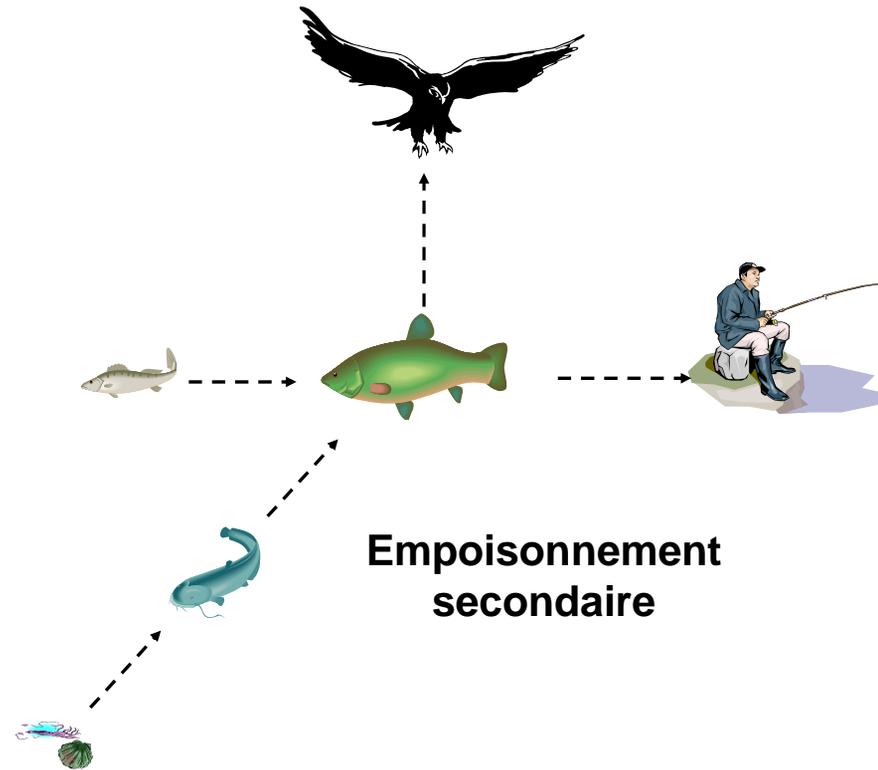
or $Kp_{\text{sed}} = \frac{\left[\frac{\text{L}}{\text{kg}_{\text{solide}}} \right] C_{\text{solide}}}{C_{\text{eau}}}$ et $Kp_{\text{sed}} = F_{\text{oc}_{\text{sed}}} \cdot K_{\text{oc}}$

par défaut **0.1** Peut s'estimer à partir du **K_{ow}**

$$C_{\text{eau}} = \frac{C_{\text{sed}} \cdot \rho_{\text{sed}}}{(F_{\text{eau}_{\text{sed}}} \cdot 1000) + (F_{\text{solide}_{\text{sed}}} \cdot Kp_{\text{sed}} \cdot \rho_{\text{solide}})}$$

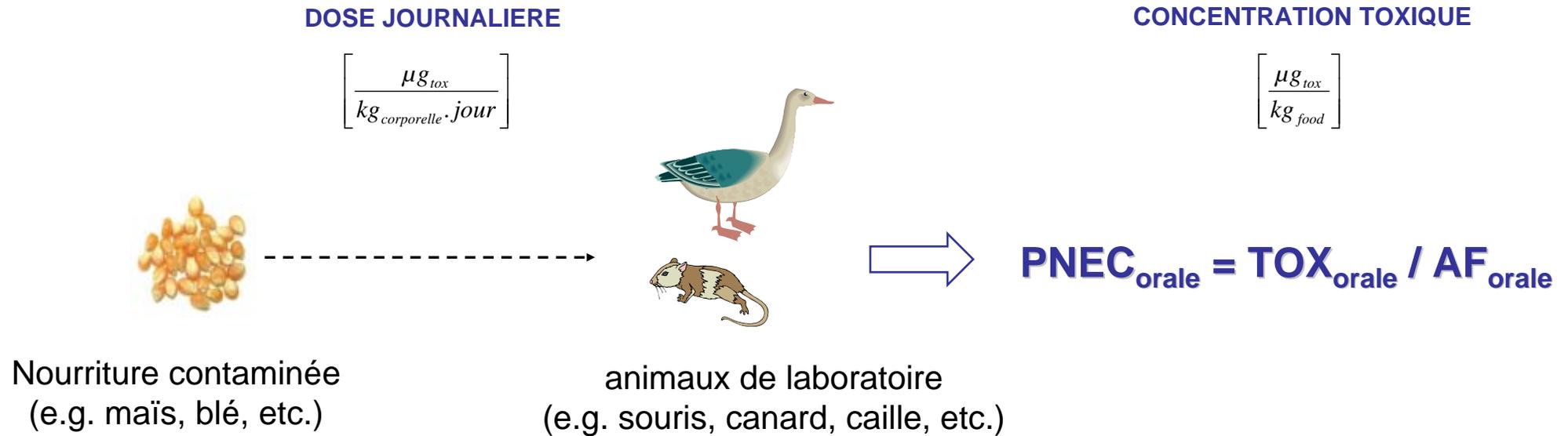
Soit, avec les paramètres par défaut : $C_{\text{eau}} = C_{\text{sed}} \cdot \frac{1150}{900 + 25 \cdot K_{\text{oc}}}$

NQ dans le biota: tenir compte de l'empoisonnement secondaire



Biota : indicateur intégratif de la contamination du milieu

Toxicité pour les prédateurs



Représentativité pour les écosystèmes aquatiques ?

Facteurs de conversion DOSE JOURNALIERE → CONCENTRATION

$$\left[\frac{kg_{corporelle} \cdot jour}{kg_{food}} \right]$$

Species	Conversion factor (bw/dfi)
<i>Canis domesticus</i>	40
<i>Macaca sp.</i>	20
<i>Microtus spp.</i>	8.3
<i>Mus musculus</i>	8.3
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	33.3
<i>Rattus norvegicus</i> (> 6 weeks)	20
<i>Rattus norvegicus</i> (≤ 6 weeks)	10
<i>Gallus domesticus</i>	8

* bw = body weight (g); dfi: daily food intake (g/day)

Facteurs d'extrapolation

TOX _{oral}	Duration of test	AForal
LC50 _{bird}	5 days	3,000
NOEC _{bird}	chronic	30
NOEC _{mammal, food, chr}	28 days	300
	90 days	90
	chronic	30

Très grande variabilité entre les NQ des différents Etats Membres

Facteur de différence pouvant aller jusqu'à 1,000,000 !!!

Les données et la méthodologie utilisées par les Etats Membres ne sont pas nécessairement transparentes

- NQ basées sur les critères d'(eco)toxicité ?
- Exhaustivité et validité des données sources ?
- Méthodologie utilisée ? (facteurs d'extrapolation, nombre de niveaux trophiques couverts, etc.)

Il est nécessaire d 'harmoniser les valeurs de NQE

Mettre en commun les ressources et les connaissances, limiter la redondance des travaux

Eviter les distorsions de concurrences entre les Etats Membres

- La notion de qualité de l 'eau doit être cohérente pour les bassins transfrontaliers**

1.2.6. Procédure à suivre par les États membres pour l'établissement des normes de qualité chimique

En déterminant les normes de qualité environnementale pour les polluants énumérés aux points 1 à 9 de l'annexe VIII en vue de la protection des biotes aquatiques, les États membres agissent conformément aux dispositions figurant ci-après. Les normes peuvent être fixées pour l'eau, les sédiments ou le biote.

Dans la mesure du possible, il convient d'obtenir des données tant aiguës que chroniques pour les taxa indiqués ci-dessous qui sont pertinents pour le type de masse d'eau concerné ainsi que pour tout autre taxon pour lequel il existe des données. Ce «dossier de base» comprend:

- les algues et/ou macrophytes,
- les daphnies ou organismes représentatifs des eaux salines,
- les poissons.

Établissement de la norme de qualité environnementale

La procédure suivante s'applique à l'établissement d'une concentration moyenne annuelle maximale:

- i) les États membres fixent, dans chaque cas, des facteurs appropriés selon la nature et la qualité des données disponibles et selon les orientations données au point 3.3.1 de la partie II du document d'orientation technique pour la directive 93/67/CEE de la Commission concernant l'évaluation des risques présentés par les nouvelles substances notifiées et le règlement (CE) n° 1488/94 de la Commission concernant l'évaluation des risques présentés par les substances existantes, ainsi que les facteurs de sécurité indiqués dans le tableau suivant:

	Facteur de sécurité
Au moins une concentration effective 50 aiguë pour chacun des trois niveaux trophiques du dossier de base	1 000
Une CSEO chronique (poissons ou daphnies ou un organisme représentatif des eaux salines)	100
Deux CSEO chroniques pour les espèces représentant deux niveaux trophiques (poissons et/ou daphnies ou un organisme représentatif des eaux salines et/ou algues)	50
CSEO chroniques pour au moins trois espèces (normalement poissons, daphnies ou un organisme représentatif des eaux salines et algues) représentant trois niveaux trophiques	10
Autres cas, y compris les données obtenues sur le terrain ou écosystèmes modérés, qui permettent de calculer et d'appliquer des facteurs de sécurité plus précis	Évaluation cas par cas

- ii) lorsque l'on dispose de données sur la persistance et la bioaccumulation, il convient de les prendre en compte dans la détermination de la valeur définitive de la norme de qualité environnementale;
- iii) la norme ainsi obtenue doit être comparée avec les éléments provenant des études sur le terrain. Lorsque l'on constate des anomalies, il convient de revoir le calcul afin de permettre le calcul d'un facteur de sécurité plus précis;
- iv) la norme obtenue doit être soumise à un examen critique de confrères et à une consultation publique afin de permettre le calcul d'un facteur de sécurité plus précis.

Annexe V § 1.2.6 (page 52 de la DCE) : Procédure à suivre par les Etats membres pour l'établissement de **normes de qualité chimique**

Dispositions pour définir les **normes de qualité environnementales** pour les polluants de l'annexe VIII (i.e. pour les polluants du bon état écologique)

Peuvent être fixées pour l'eau, les sédiments **ou** le biote

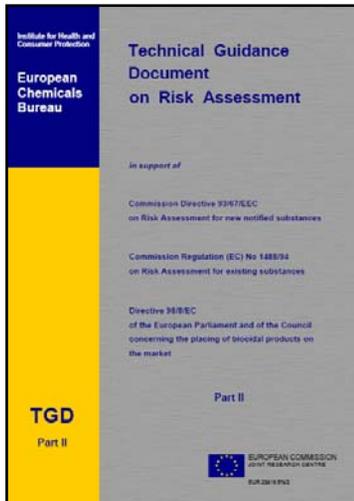
« Dossier de base » ≈ Méthodologie TGD pour la définition de PNEC_{aqua}

« Lorsque l'on dispose de données sur la **persistance** et la **bioaccumulation**, il convient de les prendre en compte »

« La norme obtenue **doit être comparée avec les éléments provenant des études de terrain**. Lorsque l'on constate des anomalies, il convient de revoir le calcul afin de permettre le calcul d'un facteur de sécurité précis »

« La norme obtenue doit être soumise à un **examen critique de confrères** et à une consultation publique afin de permettre le calcul d'un facteur de sécurité plus précis »

Documents clef



Technical guidance document for risk assessment: i.e. “TGD” (EC, 2003)
http://ecb.jrc.it/DOCUMENTS/TECHNICAL_GUIDANCE_DOCUMENT/

+ REACH implementation guidances

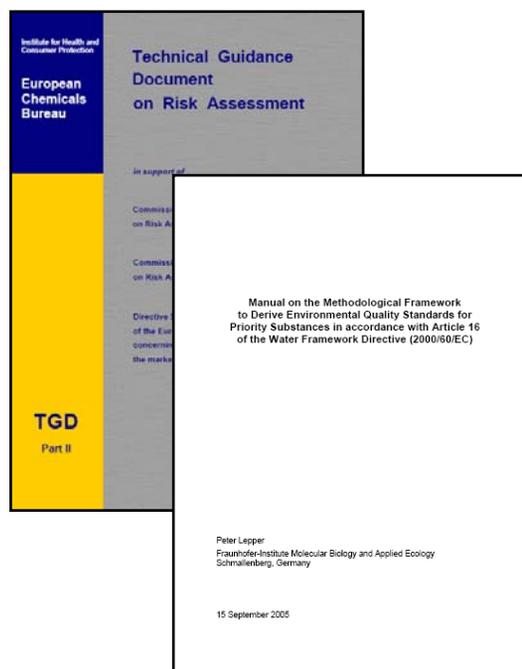
Evaluation du risque \neq gestion du risque

La gestion du risque doit faire la balance entre ce qui est désirable pour la qualité de l’environnement et ce qui est raisonnablement acceptable d’un point de vue technique et économique.

Analyse coûts / bénéfiques.

Référence possible à l’art. 4 (§ 4 to 8) de la DCE.

Documents clef



Méthodologie utilisée pour les 33 premières substances prioritaires (FHI, 2005)

http://circa.europa.eu/Public/irc/env/wfd/library?l=/framework_directive/i-priority_substances/supporting_background/manual_methodology/EN_1.0_&a=d

Approche intégrée cherchant à couvrir l'ensemble des risques pour ou via l'environnement aquatique

Mais des questions méthodologiques restent en suspens

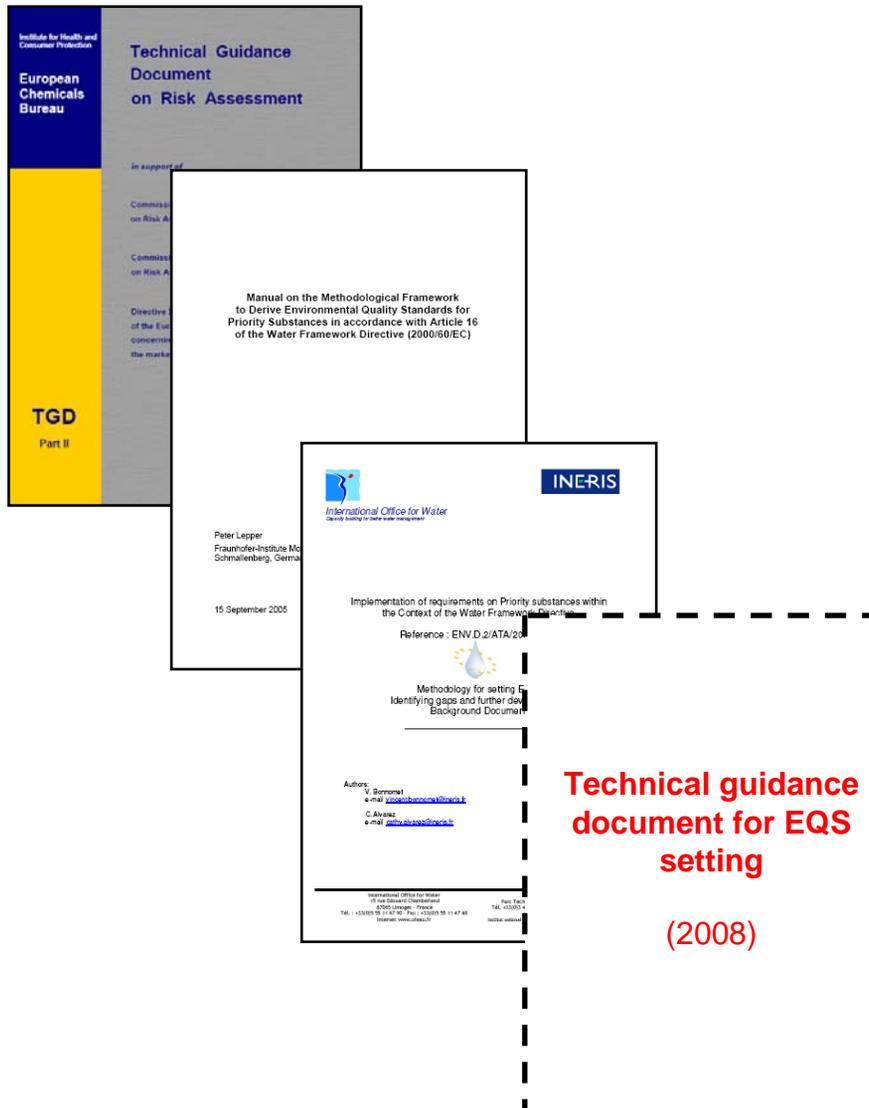
Documents clef



Etat des lieux sur les problèmes méthodologiques en suspens (INERIS/OIEau, 2006)

Revue générale, pas un guide technique

Documents clef



Guide technique pour la méthodologie de fixation des NQE.

Doit être disponible pour 2008-2009

Méthodologie pouvant être utilisée aussi pour les NQE nationales

Problèmes en suspens

Problèmes méthodologiques

(NQE pour les sédiments, pour les biotes, biodisponibilité et NQE pour les métaux, NQE pour les HAPs, etc.)

Comparaison avec les données de monitoring : que faire si $NQE < LQ$?

Que faire en cas de données insuffisantes ?

Attendre les données issues de REACH ?, utilisation de (Q)SARs ?, financement pour générer des données supplémentaires ?

Que faire en cas de grosses incertitudes ?

Facteurs d'extrapolation importants (principe de précaution). Mais des NQE très strictes peuvent poser des difficultés socio-économiques.

Paradigme “substance-par-substance” ?

⇒ concept “*one-out all-out*”

Cocktails de toxiques ?

Arbitrage politique et implémentation des NQE

Invoquer les exemptions de l'art. 4 § 4 à 8 ?

Implémentation étalée dans le temps ?

Les analyses coûts-bénéfice nécessitent des données et des ressources supplémentaires

Négociations avec les lobbys et les ONGs

Valeurs provisoires ?

Approche par paliers ?

Coûts pour la dérivation des NQE



Normes distinctes en fonction des usages de l'eau ?

Au moins le même niveau de protection que les valeurs réglementaires existantes (art. 4(9))

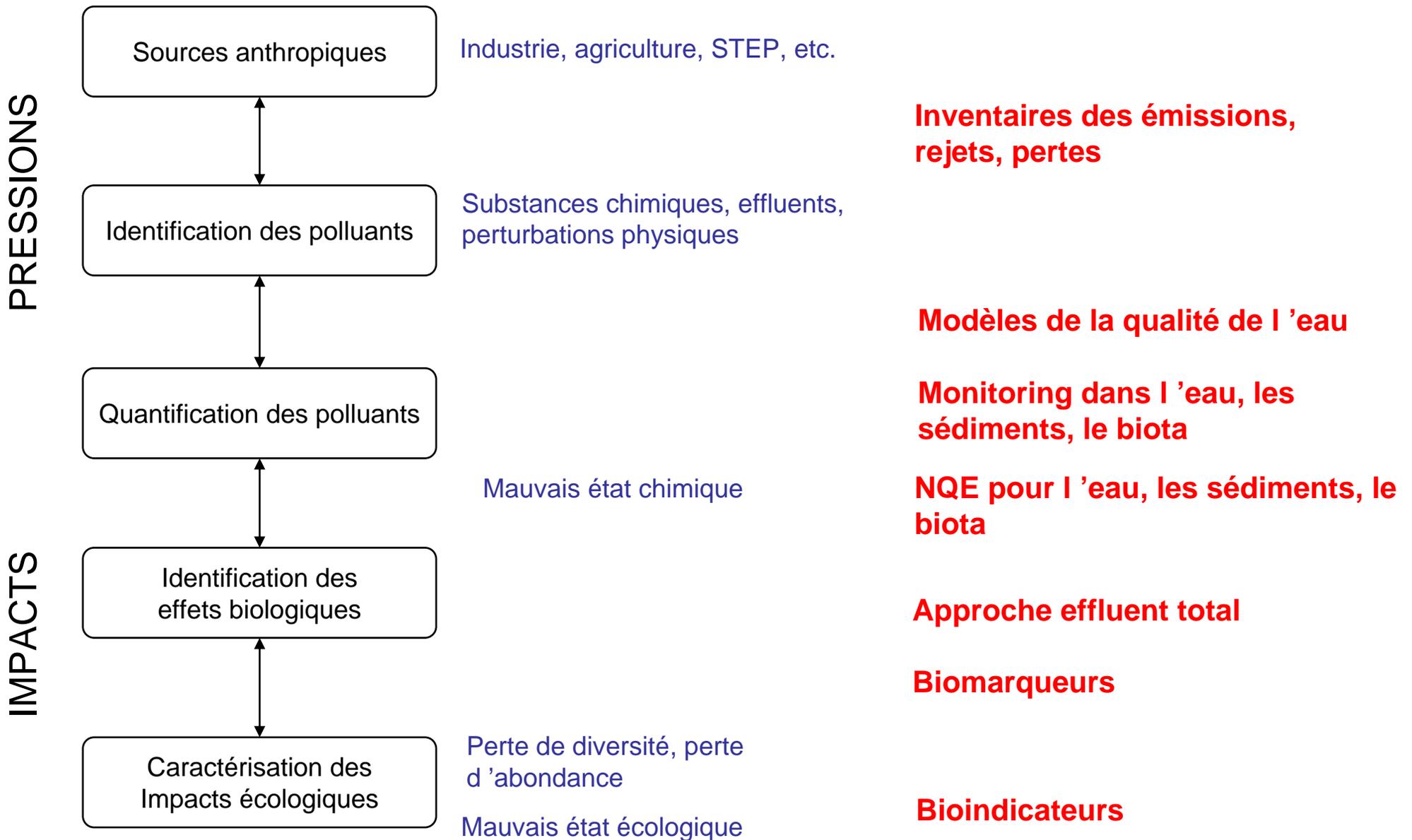
Valeurs guides non-réglementaires ?

Les NQE ne peuvent pas être renouvelées trop souvent

Les objectifs imprécis ou trop sophistiqués doivent être évités

Réduction progressive de la pollution \Rightarrow l'objectif de non-détérioration peut-il être suffisant ?

Relations entre pression chimique et impacts biologiques : d'autres pistes



Contact :

vincent.bonnomet@ineris.fr

Exemple de « problème en suspens » : les métaux

(cf. aussi présentation de Coquery et al.)

Approche « risque total »

NQ= PNEC

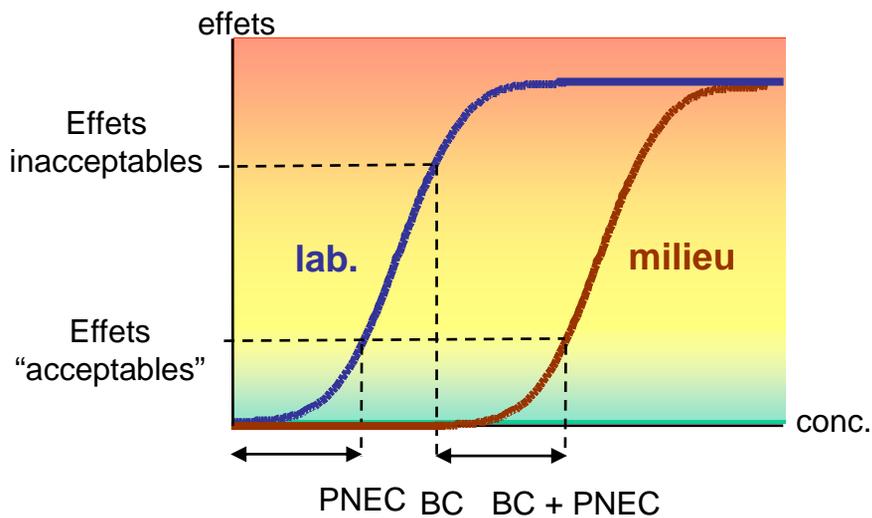
Mais parfois, les effets évalués à partir de tests en laboratoire sont prédits comme inacceptables à des concentrations proches du bruit de fond géochimique...

Approche du « risque ajouté »

(Crommentuijn et al. 2000)

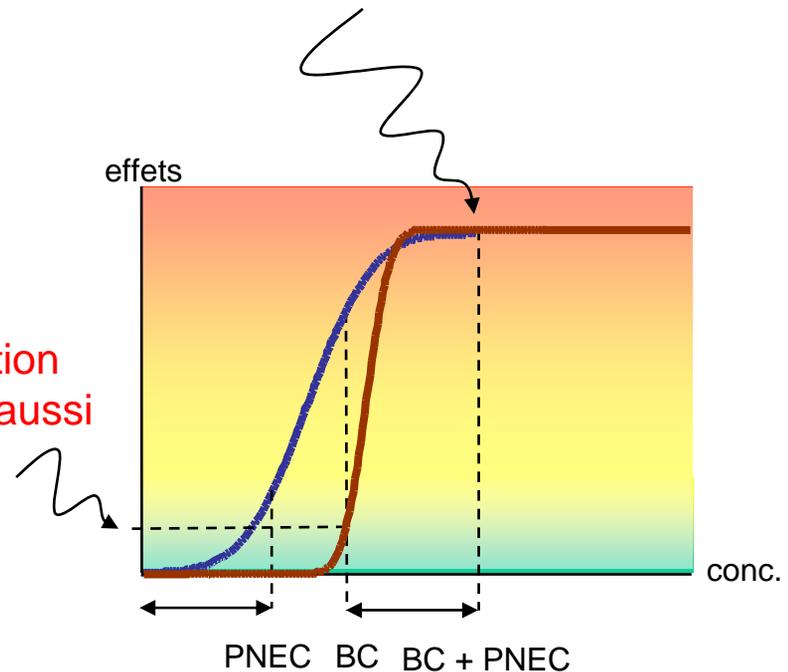
Parfois, les effets évalués à partir de tests en laboratoire sont prédits comme inacceptables à des concentrations proches du bruit de fond géochimique

⇒ risque ajouté: $NQ = BC + PNEC$



Mais la diversité des sensibilités peut être réduite à cause de la pression induite par de fortes concentrations en métal

La concentration de fond peut aussi affecter les organismes sauvages



Hyp.1: les organismes sauvages sont adaptés à la concentration de fond naturelle (BC). A cette concentration BC, on ne s'attend pas à observer des effets pour les organismes sauvages

Hyp.2: la même concentration de métal ajouté (PNEC) causera le même effet pour les organismes de laboratoire et les organismes sauvages

— SSD pour les organismes de laboratoire non adaptés
— SSD pour les organismes sauvages adaptés

Prise en compte de la biodisponibilité

$$NQ = (1-\varphi) BC + \gamma PNEC$$

(Struijs et al. 1997)

Faible biodisponibilité des concentrations naturelles : $\varphi \rightarrow 0$

Forte biodisponibilité dans les conditions de laboratoire : $\gamma \rightarrow 1$



→ risque ajouté

Forte biodisponibilité des concentrations naturelles : $\varphi \rightarrow 1$

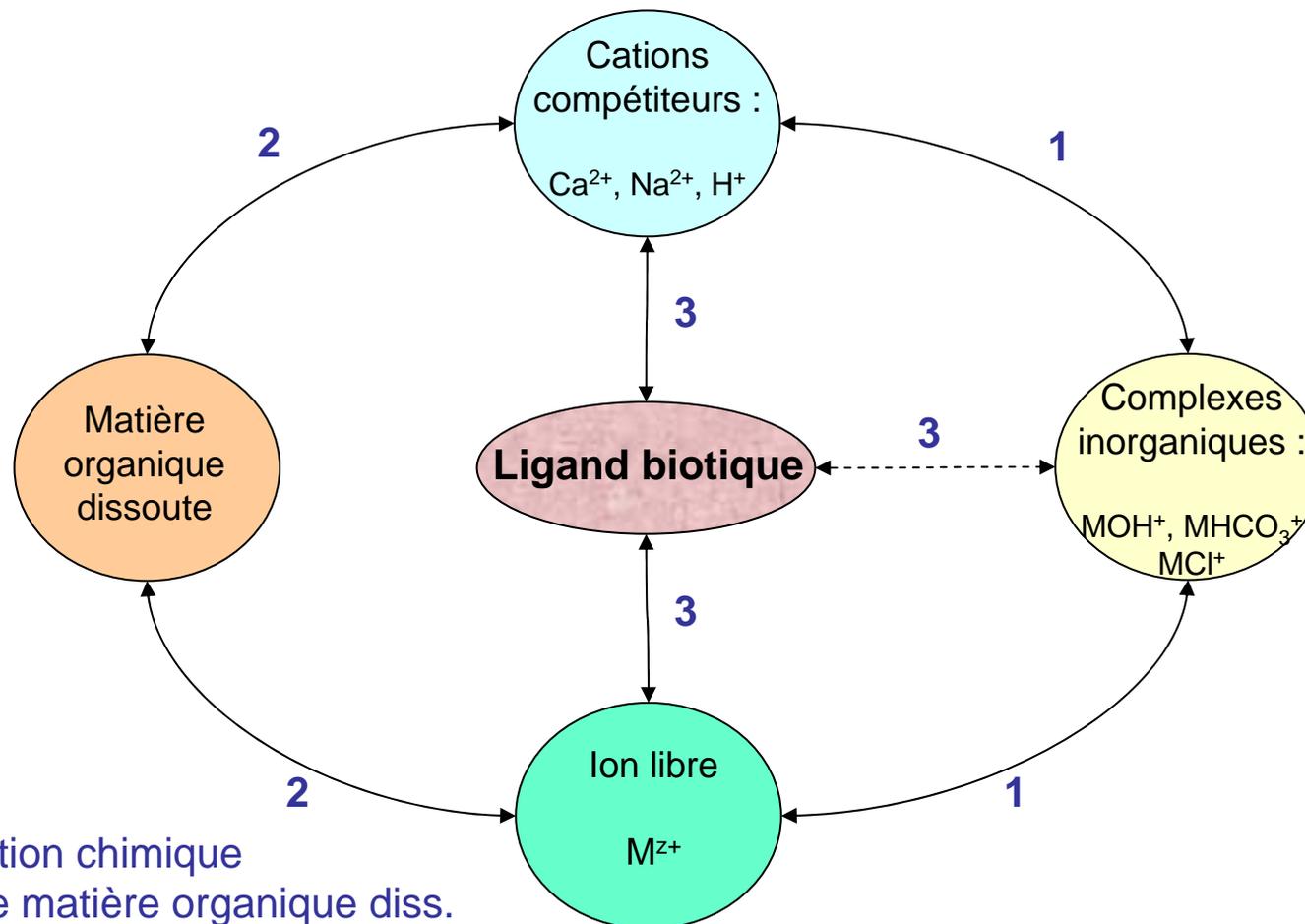
Forte biodisponibilité dans les conditions de laboratoire : $\gamma \rightarrow 1$



→ risque total

Exemple de modèle de biodisponibilité dans l'eau: le BLM (*Biotic Ligand Model*)

Toxicité induite par le métal sous forme d'ions libres et sous forme de certains complexes inorganiques



1: Modèles de spéciation chimique

2: Interactions avec le matière organique diss.

3: Interactions avec le ligand biotique