

LES ENJEUX DE L'EAU DE BOISSON

Pr. Ph. HARTEMANN

-

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

-

**DÉPARTEMENT ENVIRONNEMENT ET SANTÉ PUBLIQUE
FACULTÉ DE MÉDECINE**

**Agence de l'Eau – Rhône – Méditerranée – Corse
Journée « Eau et Santé » du 23 Janvier 2012**

CONTEXTE

- ❖ **EAU ET SYMBOLIQUE DE PURETÉ**
 - ❖ **MYTHE DE L'ÉPURATION NATURELLE**
 - ❖ **RÉALITÉ PLUS PROSAÏQUE :**
 - **POPULATION URBAINE CROISSANTE**
 - **ASSAINISSEMENT ET POLLUTION**
 - ❖ **CHANGEMENT CLIMATIQUE : RÉGIME DES PLUIES, INONDATIONS**
 - ❖ **DÉVELOPPEMENT DURABLE**
- ÉVOLUTIONS TECHNIQUES ET RÉGLEMENTAIRES À PRÉVOIR**

DÉFINITIONS

- ❖ **DANGER**
- ❖ **RISQUE**
- ❖ **ÉVALUATION DU RISQUE**
- ❖ **PRINCIPE DE PRÉVENTION**
- ❖ **PRINCIPE DE PRÉCAUTION**

CONSÉQUENCES POUR LA SANTÉ

DISTINGUER :

- ❖ **Pays développés à haut niveau de contrôle sanitaire**
- ❖ **Pays en développement où l'accès à l'eau est aussi important que sa qualité**

EAU EN PAYS DÉVELOPPÉS

- ❖ **Dangers chimiques de plus en plus nombreux (pollution de la ressource), mais risque assez bien maîtrisé**
- ❖ **Dangers microbiologiques de mieux en mieux connus :**
 - **Risque lié aux bactéries des grandes épidémies bien maîtrisé**
 - **Risque lié aux virus et protozoaires échappant à la désinfection ?**

DANGERS CHIMIQUES ET EAU

- ❖ **MINERAUX** : Sodium, Phosphates, Fluor, Nitrates, Nitrites...
- ❖ **METAUX** : Aluminium, Plomb, Cadmium, Mercure...
- ❖ **PHYTOSANITAIRES** : Herbicides, Acaricides,...
- ❖ **SOLVANTS et HYDROCARBURES** : Trichloréthylène, Essence, Fuel,...
- ❖ **DETERGENTS et DESINFECTANTS** : EDTA, Phénols, Chloramines,...
- ❖ **PLASTIFIANTS** : Chlorure de Vinyle, Bisphénol,...
- ❖ **AUTRES ORGANIQUES** : PCB, HAP, Dioxines,...
- ❖ **SOUS-PRODUITS DE DESINFECTION** : Haloformes, Ozonides,...
- ❖ **POLLUANTS EMERGENTS** : Perturbateurs endocriniens, Résidus de médicaments,...
- ❖ **Etc...**

EAU ET MICROORGANISMES

QUELS DANGERS

	Forme clinique	Agent
Bactéries	Fièvre typhoïdes /paratyphoïde	Salmonella typhi/paratyphi
	Choléra	Vibrio cholerae
	Gastro-entérites	Escherichia coli pathogènes Shigella sp. Salmonella sp. Campylobacter jejuni Yersinia enterocolitica
	Pathologies opportunistes :	Aeromonas hydrophilia Pseudomonas aeruginosa
Virus	Hépatite	V. Hépatite A – E ...
	Gastro-entérites	Rotavirus Echovirus Coxsackievirus Agent de Norwalk
Parasites	Gastro-entérites	Cryptosporidium parvum Giardia lamblia
	Pathologies opportunistes	Idem + Microsporidium sp.

CRYPTOSPORIDIUM

EPIDEMIE DE MILWAUKEE (USA) AVRIL 1993

- ① Environ 400 000 malades sur une population desservie de 800 000 personnes
(Usine de 380 000 m³/j) - Eau lac Michigan)
- ② 4400 hospitalisations et 40 décès
- ③ Traitement : coagulation - décantation - filtration - désinfection
Pollution de l'eau brute par une forte contamination fécale.
changement de coagulant => fuite de turbidité

Turbidité NTU	eau brute	3 - 4	15 - 44
	eau refoulée	0,2	1,75

EVALUATION DU RISQUE

- ❖ **Etude du danger**
 - ❖ **Connaissance des fonctions**
 - Dose-Effet**
 - Dose-Réponse**
 - ❖ **Etude des expositions**
 - ❖ **Analyse du risque**
- Scénarios pour préparer la gestion**

VALEURS GUIDES POUR LES SUBSTANCES CHIMIQUES

EFFETS TOXIQUES DETERMINISTES A SEUIL

❖ effet en soi non pathologique dont l'importance croit avec la dose et entraîne à un moment un état pathologique dont la gravité sera fonction de la dose reçue

EFFETS TOXIQUES PROBABILISTES SANS SEUIL

- ❖ effets génotoxiques, mutagène et/ou cancérigènes
- ❖ probabilité de survenue quelque soit l'intensité de l'exposition
- ❖ gravité indépendante de la dose

EFFETS TOXIQUES À SEUIL

Elaboration de la valeur toxicologique de référence

Relation dose-effet

Relation dose-réponse

VTR-DJT, dérivées de la dose maximale ingérée sans effet nocif observé (DMSENO ou NAEL) avec facteurs d'incertitude

La VTR ne représente pas un seuil de toxicité mais un niveau d'exposition jugé admissible sans effet indésirable.

EFFETS TOXIQUES À SEUIL

FIXATION DE LA VALEUR GUIDE DE L'OMS

Pour les substances avec effets toxiques à seuil, la valeur guide pour l'eau est alors calculée en tenant compte du poids corporel et de la consommation en eau de la population cible

$$VG = \frac{DJT \times p.c. \times P}{C}$$

où

- ❖ « p.c. » est le poids corporel (60 kg pour un adulte, 10 kg pour un enfant, 5 kg pour un nourrisson),
- ❖ « C » est la consommation journalière d'eau de boisson. (2 litres pour un adulte, 1 litre pour un enfant, 0,75 litre pour un nourrisson),
- ❖ « P » est la proportion de la DJT attribuée à l'eau de boisson,
- ❖ Cette approche donne l'assurance que le total de toutes les sources ne dépasse pas la DJT.

DONC OBJECTIF = RISQUE ZERO

EFFETS TOXIQUES SANS SEUIL

ELABORATION DE LA VALEUR TOXICOLOGIQUE DE REFERENCE

- ❖ Détermination d'un équivalent de dose pour l'homme
- ❖ Modélisation des données expérimentales
- ❖ Extrapolation aux faibles doses des effets observés à doses élevées chez l'animal

La VTR représente un excès de risque

Ex. Excès de Risque Unitaire (OMS) en $(\text{mg.kgpc/j})^{-1}$

EFFETS TOXIQUES SANS SEUIL FIXATION DE LA VALEUR GUIDE DE L'OMS

Modélisation mathématiques extrapolant les résultats épidémiologiques ou expérimentaux vers les faibles doses.

Risque additionnel de cancer de 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} pour la vie entière (70 ans – 2 litres par jour) (ne tient pas compte des autres apports).

EXEMPLE DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES

❖ **OMS : Applications des principes de toxicologie**

⇒ **19 composés individuels ou groupes d'isomères de 0.01 à 175µg/l**

❖ **UNION EUROPEENNE : Protection de la ressource**

⇒ **0.1 µg/l quelque soit la molécule et son mode d'action (herbicide ou acaricide par exemple)**

TOTAL = 0.5 µg/l : comment faire ?

EXEMPLE DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES

- ❖ **U.S.A : M.C.L. pour 18 composés ou groupes d'isomères de 0.05 à 400 µg/l**
- ❖ **CANADA : MAC pour 37 composés ou groupes d'isomères de 0.7 à 900 µg/l**
- ❖ **+ TOTAL PESTICIDES = 100 µg/l**
- ❖ **AUSTRALIE : 101 composés de 0.4 à 3000 µg/l**
- ❖ **FRANCE : Décret 2001-1220**
- ❖ **Abrogation du décret 89.3 et des circulaires du 12 avril et du 9 juillet 1990**
 - **0.1 µg/l par substance individualisée**
 - **sauf 0.03 µg/l pour aldrine et dieldrine, heptochlore et heptochlorépoxyde**
 - **0.5 µg/l pour total pesticides**

RISQUE MICROBIOLOGIQUE

Evolution Historique

⇒ **Risque lié aux "miasmes"**

rôle de l'air

⇒ **Risque lié à la contamination fécale (Snow)**

mesures de prévention

⇒ **Découverte des bactéries pathogènes, définition de la notion d'indicateurs de contamination fécale (Koch-Pasteur),**

rôle de l'air négligeable

Extension abusive à la notion de "germes tests"

⇒ **Qualité PVD : Système ICF opérationnel**

PD : retour à la situation antérieure : recherche de pathogènes

SCHWARZ et al. – Epidemiology, 1997, 8, 615-620
Turbidité de l'eau et hospitalisation pour gastro-entérites infantiles à Philadelphie

Enquête rétrospective 5 ans (89-93) – Eau toujours en accord avec norme de potabilité
Contrôle des facteurs : saison, température et période

Consultations pour troubles gastro-intestinaux

- Enfants \geq 3 ans ↗ 9,9 % (IC95 : 2,9 – 17,3) délai = 4 jours
- Enfants \leq 2 ans ↗ 5,9 % (IC95 : 0,2 – 12) délai = 10 jours

Hospitalisations

- Enfants $>$ 2 ans ↗ 31,1 % (IC95 : 10,8 – 55) délai = 5-6 jours
- Enfants $<$ 2 ans ↗ 13,1 % (IC95 : 3 – 24,3) délai = 13 jours

PRINCIPE DE PREVENTION MICROBIOLOGIQUE

- ❖ **OMS : Indicateurs de contamination fécale mais parfois moins résistants que les pathogènes.**
- ❖ **Evaluation du risque, démarche à mettre en œuvre.**

CONCLUSION MICROBIOLOGIE

- ❖ **Quel est le niveau de risque acceptable ?**
- ❖ **Sensibilité des populations**
- ❖ **Eau stérile n'est pas bonne pour l'avenir de notre capital immunologique (ex. Hypothèse "hygiéniste" de l'augmentation de l'incidence de l'allergie)**

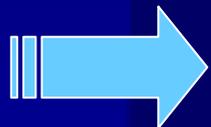
PRINCIPE DE PREVENTION CHIMIE DE L'EAU

❖ **Mol. Effet déterministe**



Risque zéro

❖ **Mol. Effet probabiliste**



- **OMS : Risque 10^{-4} à 10^{-6} v.e**
- **UE : Risque 10^{-6} v.e**

APPLICATION DU PRINCIPE DE PRECAUTION ??

- ❖ **Molécules à effet perturbateur endocrinien**
- ❖ **Effet des mélanges complexes**
- ❖ **Traitements d'Oxydation**
(⇒ TRANSFORMATIONS ?)

MICROPOLLUANTS À EFFETS MODULATEURS (PERTURBATEURS) ENDOCRINIENS



UNE LISTE IMPRESSIONNANTE !

Alkylphénols (penta à nonyl)

Bisphénol A

2,4 dichlorophénol

Diethylhexyladipate

2,3,7,8 TCDD

2,3,7,8 Tetrachlorodibenzofuranne

Polychlorobiphényls

Octachlorostyrène

Hexachlorobenzène

Pentachlorophénol

Pesticides

2,4,5 T, 2,4 D, Alachlor, Aldicarb,
Amitrole, Atrazine, Benomyl, β HCH,
Carbaryl, Chlordane, Cypermethrine,
DDT et métabolites, Dicofol,
Dieldrine, Endosulfan, Ethylparathion,
Lindane, Heptachlore,

Heptachlore epoxyde, Kelthane,
Kepone, Malathion, Mancozebe,
Maneb, Methomyl, Mirex, Parathion,
Permethrine, Pyrethroides de synthèse,
Toxaphène, Zineb, Ziram.

Esters de phtalates

DEHP, BBP, DBP, DPP, DHP, DPrP,
DCHP, DEP

Autres

Styrène (dimères et trimères)
Benzo(a) pyrène

Métaux lourds

Cadmium, Plomb, Mercure

IL FAUT UNE RÉPONSE AUX NOUVEAUX RISQUES

Analyses physico-chimiques

Tests biologiques globaux *in vivo* ou *in vitro*

Epidémiologie

Analyse écologique complète

Analyse du risque

Réglementation

Progrès analytiques

Nouvelles technologies

QUELLES EAUX CONSEILLER ?



LES DIFFÉRENTES EAUX CONDITIONNÉES EN FRANCE

3 catégories d'eaux destinées à la consommation humaine :

- ❖ **eaux de distribution**
- ❖ **eaux de source préemballées**
- ❖ **eaux minérales naturelles préemballées**

autres eaux, hors législation appelées « eaux de boisson » :

- ❖ **eaux aromatisées & supplémentées**
- ❖ **eaux purifiées reconstituées**

