



Prévenir les risques grâce aux indicateurs indirects, au développement de filières multi-barrières, à l'assurance qualité



Le risque microbiologique en eau potable

Une priorité pour les opérateurs

The potential health consequences of microbial contamination are such that its control must always be of paramount importance and must never be compromised.

The great majority of evident water-related health problems are the result of microbial contamination.



WHO (2011), Guidelines for drinking water quality

Quels microorganismes ?

> 1400 pathogènes listés par l'OMS, une trentaine transmissibles par l'eau

Pathogen	Number of outbreaks	Number of cases
Cryptosporidium sp.	20	> 451 100
Campylobacter sp.	14	> 20 600
Giardia sp.	13	> 57 700
Norovirus	12	> 12 200
Entero-pathogenic E .coli	7	> 12 920
Rotavirus	2	11 000
Shigella sp.	2	3 400
Hepatite A virus	1	7 900
Salmonella sp	1	650
Toxoplasma sp.	1	7 800
Non identified agent	5	24 000

Pathogènes impliqués dans des épidémies d'origine hydrique dans 15 pays développés, 1974-2002 (Hrudey & Hrudey, 2004)

(Legionella non incluse)

Contexte réglementaire

Une réglementation basée sur le concept d'indicateurs...

Paramètres microbiologiques	OMS (2011)	CE (1998)
<i>E. coli</i> (1)	< 1/100 ml	< 1/100 ml
Entérocoques (1)		< 1/100 ml
Bactéries coliformes (2)		< 1/100 ml
<i>Clostridium perfringens</i> (2)		< 1/100 ml
Colonies à 22°C (2)		Aucun changement anormal

(1) Paramètre de qualité

(2) Paramètre indicateur

... mais avec des indicateurs non représentatifs de l'ensemble des pathogènes !

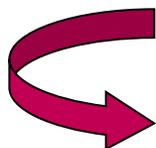
Quels objectifs de qualité ?

Concentration maximale en microorganisme pour un niveau de risque de 10^{-6} DALY/personne.an

- Cryptosporidium: $1,3 \cdot 10^{-5} / L \Leftrightarrow 1 / 79 m^3$
- Campylobacter: $1,05 \cdot 10^{-4} / L \Leftrightarrow 1 / 10 m^3$
- Rotavirus: $1,1 \cdot 10^{-5} / L \Leftrightarrow 1 / 90 m^3$

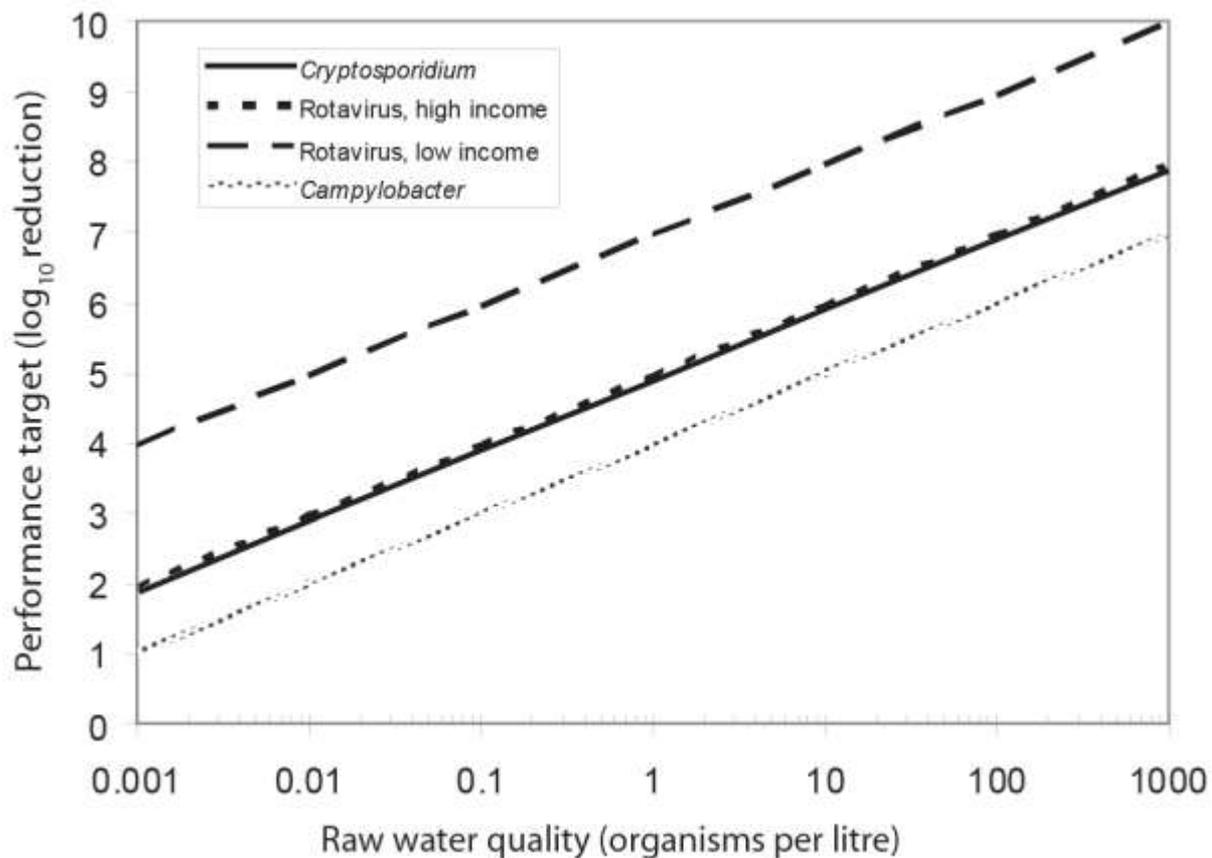


WHO (2011), Guidelines for drinking water quality, ch.7

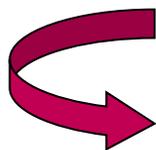


Les techniques analytiques disponibles ne permettent pas de vérifier l'atteinte de ces objectifs !

Quels objectifs de qualité ?



WHO (2011), Guidelines for drinking water quality, ch.7



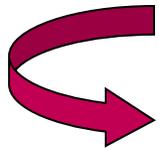
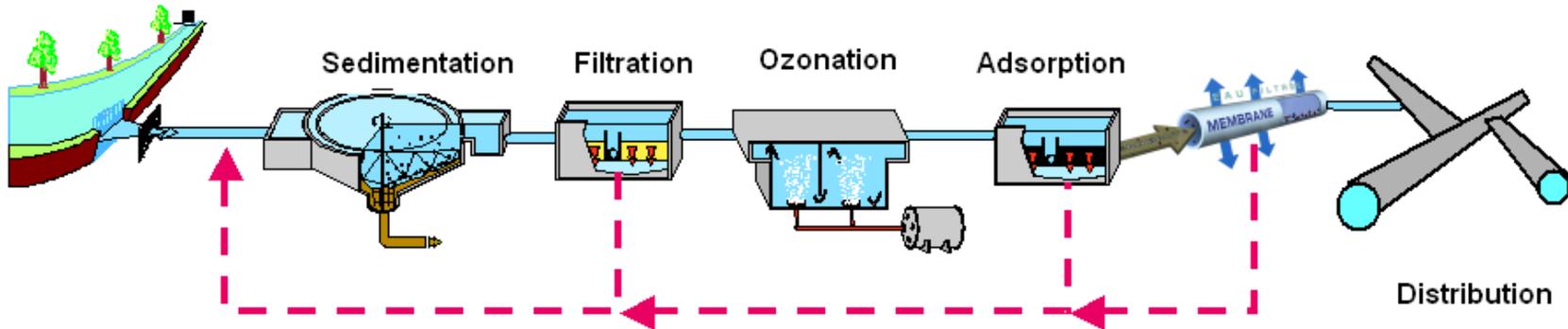
Un objectif de performance de traitement est plus pertinent



Quels objectifs de traitement ?

Ex.: Abattement de *Cryptosporidium* (\log_{10})

$$3,2 \log + 0,5 \log + 0,9 \log + 4 \log = 8,6 \log$$

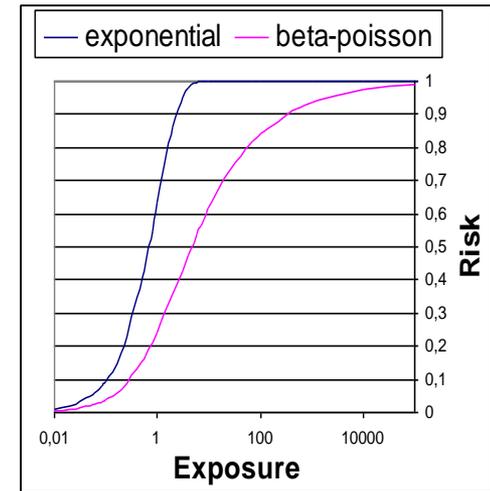


L'atteinte de l'objectif sanitaire peut nécessiter l'addition de plusieurs barrières

Comment déterminer un objectif de traitement ?

Application de l'évaluation quantitative du risque microbiologique à l'eau potable

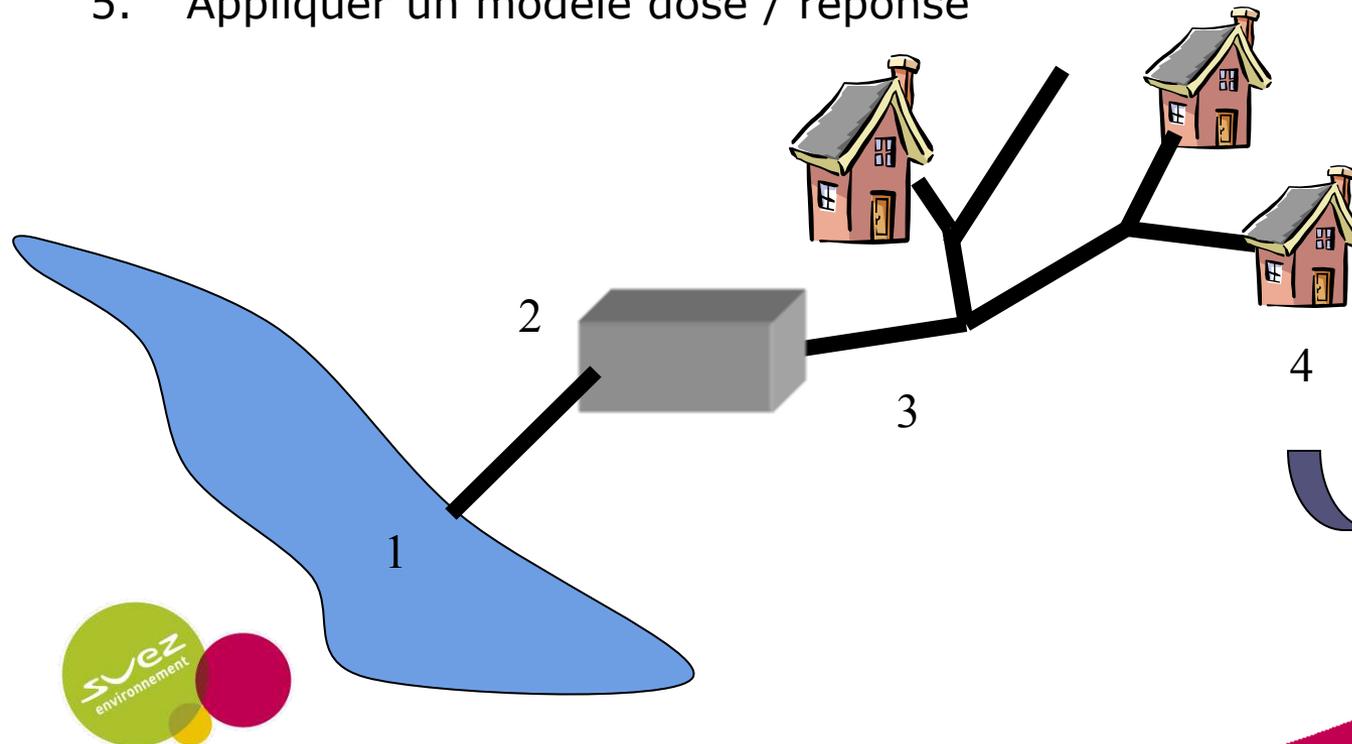
1. Evaluer la concentration en eau brute
2. Evaluer l'abattement par le traitement
3. Evaluer la concentration en eau traitée
4. Evaluer l'exposition au pathogène
5. Appliquer un modèle dose / réponse



Risque d'infection

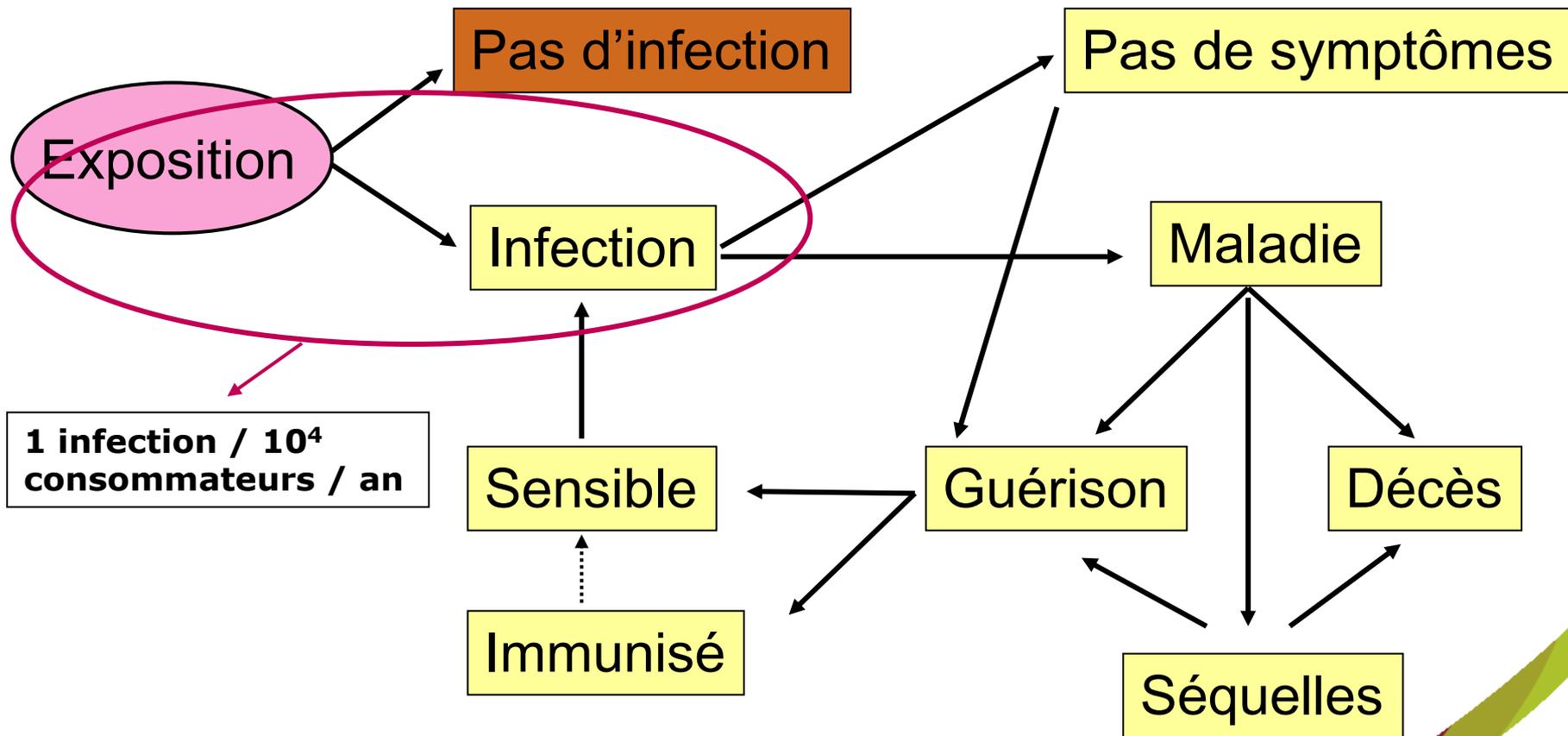
$$R = 1 - e^{-(D \cdot r)}$$

$$R = 1 - (1 + D/\beta)^{-\alpha}$$



Quel niveau de risque acceptable ?

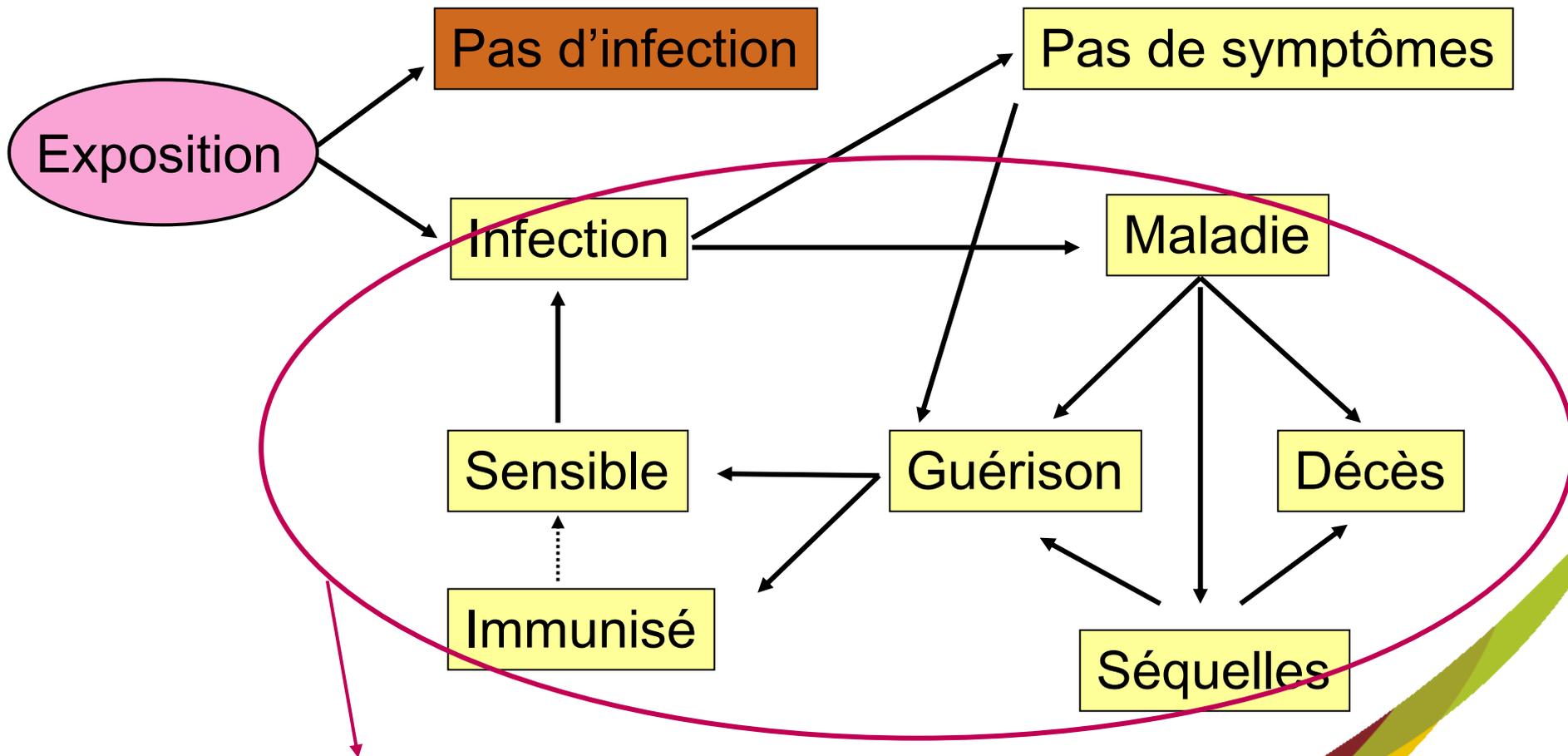
USEPA (1989)



1 infection / 10⁴
consommateurs / an

Quel niveau de risque acceptable ?

OMS (2004)



1 DALY / 10^6 consommateurs / an
(\sim 1 infection / 10^3 consommateurs / an)

Evaluation de l'abattement

Ex.: Modélisation de la désinfection (MicroRisk 2006)

➤ Modèle « Continuously Stirred Tank Reactor »

$$N/N_0 = 1 / (1 + k_e \cdot c \cdot t_h)^n$$

$$K_e = A \cdot e(-E_a/RT)$$



Paramètres opérationnels

- Concentration en désinfectant
- Temps de contact
- Température

L'EQRM permet de traduire un objectif sanitaire en limites opérationnelles

Application de l'EQRM à la production d'eau potable (traitement conventionnel)

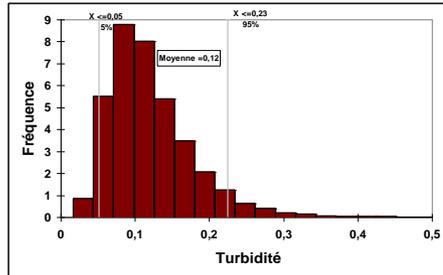


Morsang / Seine (Eau du Sud Parisien)
Traitement conventionnel, 225 000 m³/jour

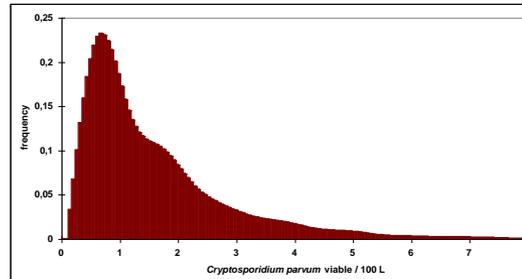


Validation de la filière de traitement

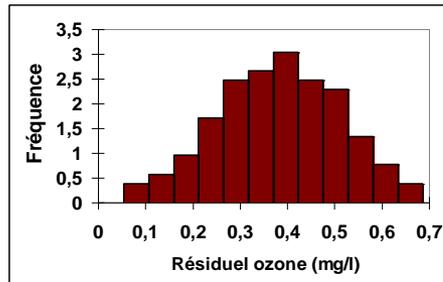
Turbidité sortie de filtre



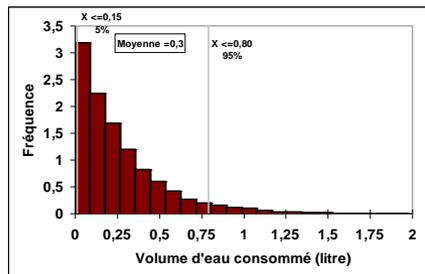
Pathogènes en eau brute



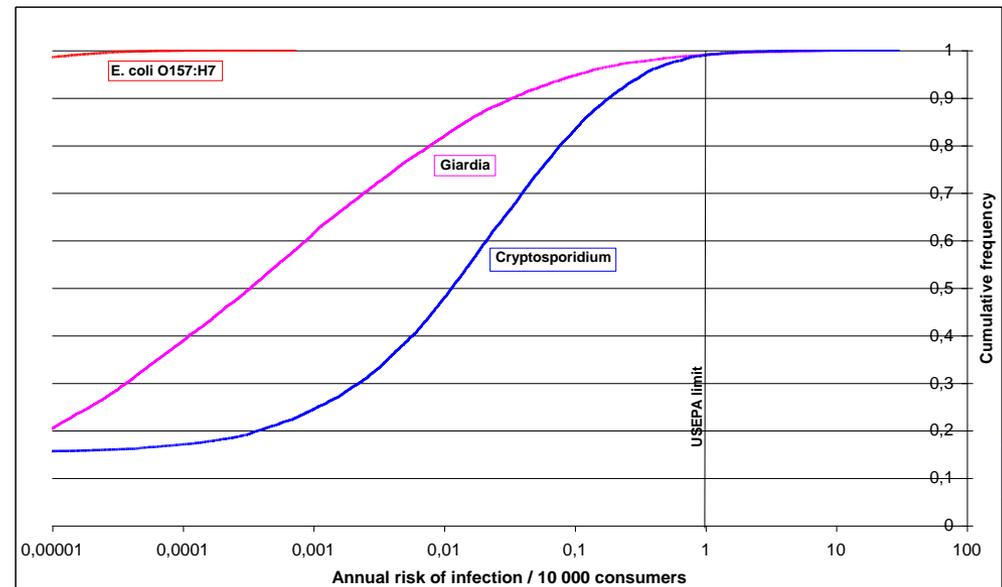
Résiduel d'ozone



Consommation d'eau potable



Simulation de Monte Carlo
(@risk Version 4.5)



Risque d'infection annuel

$< 10^{-4} = 99.0\%$

$< 10^{-3} > 99.9\%$

pour *Cryptosporidium*



Limites opérationnelles / critiques

Limites opérationnelles et critiques permettant de respecter l'objectif de 1 cas d'infection / 10 000 consommateurs / an (probabilité > 95%)

CCP	Operational limits	Critical limits	Conditions
Clarification	T < 0,2 NFU, 95% of time T < 0,5 NFU, 100% of time	T < 1 NFU (< 1 day)	ozone > 0,15 mg/L chlorine > 0,20 mg/L
Ozone	0,15 < ozone < 0,5 mg/L, 95% of time 0,05 < ozone < 1 mg/L, 100% of time	ozone < 0,05 mg/L (< 35 days)	turbidity < 0,2 NFU chlorine > 0,20 mg/L
Chlorine	0,2 < chlorine < 0,5 mg/L, 95% of time 0,05 < chlorine < 0,8 mg/L, 100% of time	chlorine < 0,05 mg/L (< 10 days)	



Seuils d'alarme en production basés sur ces limites

Application de l'EQRM à la production d'eau potable (traitement conventionnel + UF)



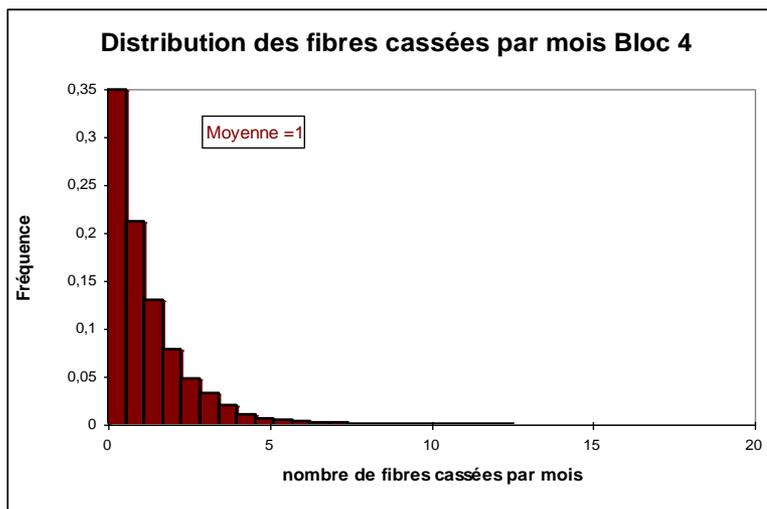
Vigneux / Seine (Eau du Sud Parisien)

Traitement conventionnel + UF, 55 000 m³/jour



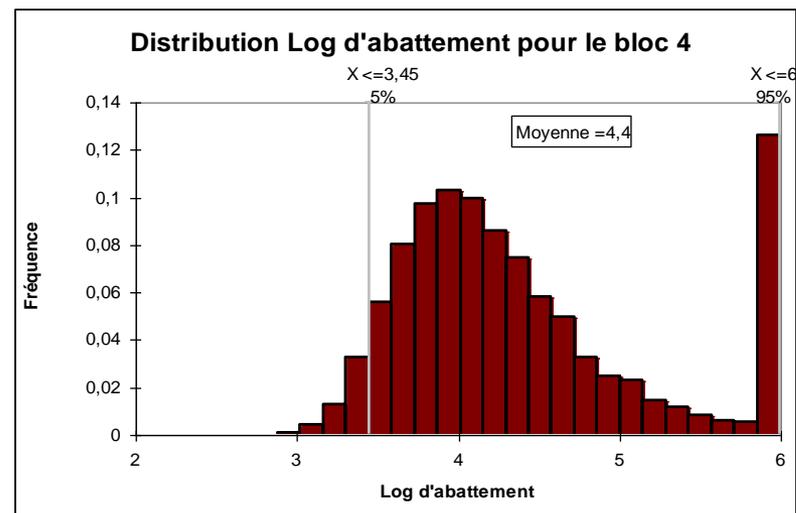
Limites opérationnelles / critiques

Historique de fibres cassées / mois



Distribution d'abattement des pathogènes par l'UF

(USEPA (2005) Membrane Filtration Guidance Manual. EPA 815-R-06-009)



**Fréquence minimale de contrôle d'intégrité
(nombre maximal acceptable de fibres cassées)**

Les outils de l'assurance qualité

Water Safety Plan



EQRM

1. Constitution de l'équipe
2. Description du système
3. Analyse des dangers
4. Identification des mesures de maîtrise
5. Identification des mesures de surveillance
6. Vérification de l'efficacité
7. Processus support
8. Procédures de gestion
9. Documentation et communication

1. Identification du danger
2. Caractérisation du danger
3. Evaluation de l'exposition
4. Caractérisation du risque

Les outils de l'assurance qualité

Ch.	ISO 9001 (Système de gestion de la <u>qualité</u>)	ISO 22000 (Système de gestion de la <u>sécurité alimentaire</u>)
1	Domaine d'application	Domaine d'application
2	Références normatives	Références normatives
3	Termes et définitions	Termes et définitions
4	Système de gestion de la <u>qualité</u>	Système de gestion de la <u>sécurité alimentaire</u>
5	Responsabilité de la Direction	Responsabilité de la Direction
6	Gestion des ressources	Gestion des ressources
7	Réalisation du produit	Réalisation de produits <u>sûrs</u>
8	Mesure, analyse, amélioration	Validation, vérification, amélioration



Water Safety Plan

Conclusions

- Le niveau de risque microbiologique acceptable en eau potable est très faible
(limites de concentrations en pathogènes \ll limites de détection analytiques)
- La qualité de l'eau potable doit s'apprécier de façon indirecte, à l'aide d'indicateurs
- Les indicateurs réglementaires actuels sont insuffisants
- Indicateurs les plus pertinents: indicateurs de performance de traitement
(permettent une gestion opérationnelle en temps réel)
- L'EQRM permet de traduire un objectif sanitaire en limites opérationnelles sur le traitement, spécifiques à chaque usine
- Les outils de l'assurance qualité (WSP, ISO 22000) offrent un cadre idéal pour gérer ces limites opérationnelles

Besoins / Recommandations

- Généraliser l'application des « Water Safety Plans »
 - Gestion préventive + contrôle qualité = sécurité sanitaire
- Former / éduquer le personnel des usines aux risques microbiologiques
- Générer les données nécessaires à l'évaluation des risques pour:
 - Les pathogènes émergents
 - Les microorganismes capables de recroissance en eau potable (légionelles, mycobactéries...)(Occurrence, abattement, modèles dose/réponse)
- Adapter la méthodologie EQRM à l'évolution des techniques analytiques
(Utilisation des données issues de techniques de biologie moléculaire)
- Revoir les modèles de calcul d'abattement à la lumière des nouvelles connaissances sur les microorganismes viables non cultivables
- Harmoniser les pratiques d'évaluation des risques
- Définir un risque microbiologique acceptable en Europe