

Panorama des méthodes de mesure de la qualité des eaux

Olivier Thomas

LERES

● ● ● ANALYSES - RECHERCHE



irset

Institut de recherche sur la santé
l'environnement et le travail

Paramètres

- **Physique**

- Température, couleur, odeur, goût, turbidité, matières en suspension, transparence ...
(+ hydrométéorologiques)

- **Chimique**

- Anions, cations, pH, oxygène dissous, composés azotés, phosphorés, carbone organique, éléments métalliques, micropolluants organiques, ...

- **(Micro)biologique**

- Incluant différents microorganismes tels que bactéries (E. Coli, Vibrio, Salmonella, ...), virus (rotavirus, poliovirus, ...), parasites (giardia, cryptosporidium, ...) qui peuvent être pathogènes

Le gros bon sens (1)



Le gros bon sens (2)



Exemple de bioindicateurs (IBGN)



Document à consulter

<http://educatif.eau-et-rivieres.asso.fr/pdf/livret-bioindicateurs.pdf>

Les méthodes (physico)-chimiques d'analyse

Principe	Mise en oeuvre	Paramètres
Colorimétrie	-Automate titration ou colorimétrie	Cations, anions, phénols, détergents, ...
Électrochimie	-Électrodes, instruments (polarographie, voltammétrie, ...) électrodes spécifiques,	pH, O ₂ , conductivité, AOX, (cations métalliques), ...
Chromatographie	-En phase gazeuse (GC) -En phase liquide (LC) -Ionique (IC) -Avec détecteurs appropriés	Micropolluants organiques
Spectroscopie	-Absorption /émission atomique (ICP) -Absorption/émission moléculaire (spectrophotométrie UV-vis-IR/fluorimétrie) -Détecteur de masse (MS)	-Micropolluants inorganiques -Paramètres organiques, inorganiques, physiques -Détecteur « universel »

Paramètres inorganiques (ex)

	Field methods		Laboratory methods				
	Col	Absor	IC	FAAS	EAAS	ICP	ICP-MS
Naturally occurring chemicals							
Arsenic	+++	#		++(H)	+	++(H)	+++
Barium				++	+++	+++	+++
Boron		++				+++	+++
Chromium		#			++	++	+++
Fluoride	#	+	+++				
Selenium		#		++(H)	++	++(H)	+++
Uranium							+++
Chemicals from industrial sources and human dwellings							
Cadmium		#			++	++	+++
Mercury				+++			
Chemicals from agricultural activities							
Nitrate/nitrite	+++	+++	+++				
Chemicals used in water treatment or materials in contact with drinking-water							
Antimony				+++ (H)		++ (H)	+++
Copper	#	+++		+++	+++	+++	+++
Lead		#			+	+	+++
Nickel		+		+	++	++	+++

Source: Guidelines for Drinking water quality (4th ed 2011) – édité par OMS
http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151_eng.pdf

Paramètres organiques (ex)

	Col	GC	(PT-) GC-PD	(PT-) GC-ECD	GC-FID	GC-FPD	GC-TID	GC-MS	PT-GC-MS	HPLC	HPLC-FD	HPLC-UVPAD	EAAS	IC-FD
Benzene			+++						+++					
Carbon tetrachloride				+++					+++					
1,2-Dichlorobenzene			+++	+++				+++	+++					
1,4-Dichlorobenzene			+++	+++				+++	+++					
1,2-Dichloroethane				+++					+++					
1,2-Dichloroethene			+++	+++					+++					
Dichloromethane				+++					+++					
Di(2-ethylhexyl)phthalate								++						
1,4-Dioxane								+++						
Edetic acid								+++						
Ethylbenzene			+++						+++					
Hexachlorobutadiene			++	++					++					
Nitrilotriacetic acid		+++						+++						
Pentachlorophenol				+++				+			+			
Styrene			+++						+++					
Tetrachloroethene			+++	+++				+++	+++					
Toluene			+++						+++					
Trichloroethene			+++	+++				+++	+++					
Xylenes			+++						+++					

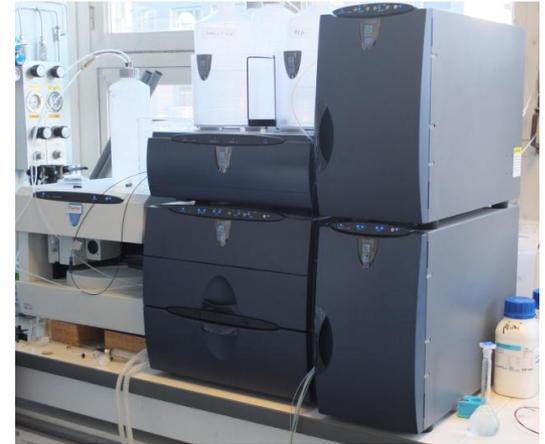
Source: Guidelines for Drinking water quality (4th ed 2011) – édité par OMS

http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151_eng.pdf

Analyse de micropolluants (exemples)

Famille paramètre	Méthode suggérée	Remarques
Pesticides	GC/MS LC/MS/MS	
Hydrocarbures	GC/FID, IR GC/MS GC/ECD	Aliphatiques Aromatiques Halogénés
Sous produits de désinfection	GC/MS IC2D	THM HAA
Pharmaceutiques	LC/MS/MS	

Systèmes pour paramètres de base et micropolluants inorganiques



Systèmes pour micropolluants organiques



Les paramètres microbiologiques

Recherche d'espèces susceptibles d'être pathogènes, ou indicatrices de contamination fécales.

Microorganismes recherchés	Méthode de référence	Principe
E coli et coliformes totaux	NF EN ISO 9308-1; 3	Culture, dénombrement
Entérocoques intestinaux	NF EN ISO 7899-2; 1	Culture, dénombrement
Pseudomonas aeruginosa	NF EN ISO	Culture, dénombrement
Staphylocoques pathogènes	NF XP T 90-412	Filtration et culture
Legionella et Legionella pneumophila	NF T 90-431 XP T90-471	Culture, dénombrement PCR
Cryptosporidium et Giardia	NF T 90-455	Culture, dénombrement
Entérovirus	XP T 90-451	Filtration et culture

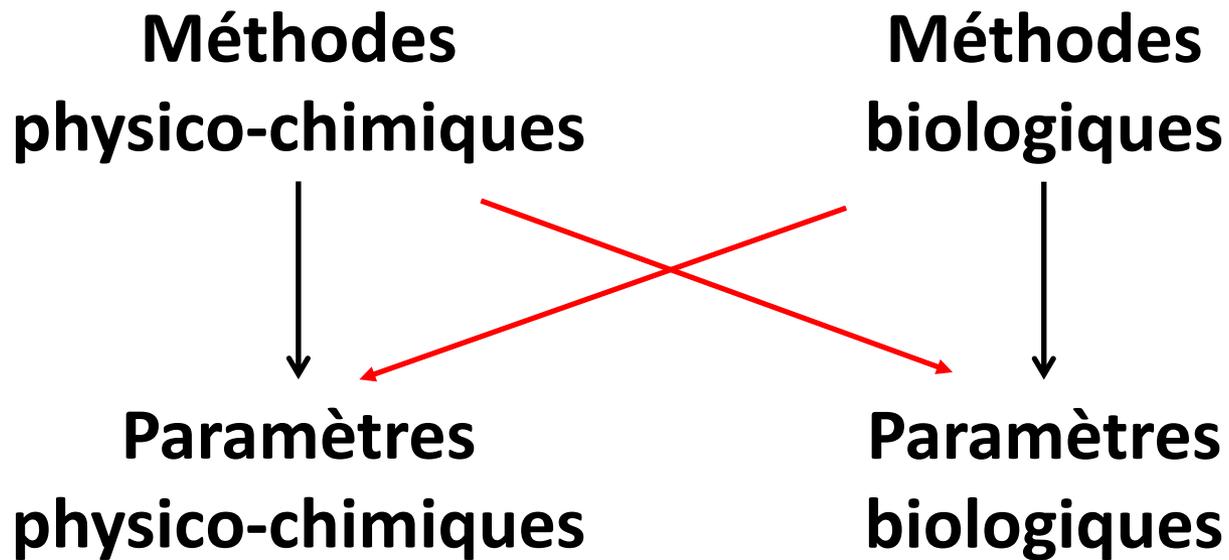
Synthèse méthodes usuelles (avantages)

- Méthodes reconnues
- Normalisées (standardisées)
- Généralement sensibles
- Majoritairement en laboratoire avec matériel adapté et personnel qualifié

Synthèse méthodes usuelles (limites)

- Nécessite prélèvement, transport, => délais
- Longues et coûteuses
- Peu adaptées aux variations (ex pluies, pollution accidentelle)
- Quelques mesures sur site et en continu
- Pas de mesure des effets sur les organismes

Approches alternatives (complémentaires)



Méthodes biologiques

Mesure du paramètre ou de l'effet du paramètre

Type	Principes	Avantages	Inconvénients
Immunoessais	Réaction immunoenzymatique, Détection optique	Spécifique, Sensible, Selectif, Quantitatif	Nécessite matériel, Calibration Interférence (réactivité croisée), Semi-quantitatif
Bioindicateurs	Comportement d'un organisme vivant (algues, poissons, ...)	In situ possible Pas d'échantillon Mesure d'effet	Généralement pas spécifique, Sensibilité, Déploiement, Temps de réponse
Bioessais	Réactivité d'un microorganisme	Terrain Mesure d'effet/tox Temps de réponse	Spécificité, Conditions de mise en œuvre Interférences
Biocapteurs	Interaction moléculaire, enzymatique, génétique	Rapide, Sensible, Spécifique, Terrain	Conception

Bioessais : quelques exemples

Nom	Principe	Paramètre	Temps de réponse
Biotox (Aboatox)	Augmentation <i>E.coli</i> luminescente (GM)	Métaux lourds disponibles	180-240min incluant incubation à 37°C
Green Screen (Gentronix)	Réduction de prolifération de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> fluorescent	Genotox, cytotox	4h + 12-20h de génération de cellules
Microtox	Inhibition luminescence <i>Vibrio fischeri</i>	Toxicité aigue et chronique	15-30min (+ 5 pour la régénération des cellules)
ToxScreen (Checklight)	Inhibition de luminescence de <i>Photobacterium leiognathi</i>	Toxicité aigue et chronique	30 - 60min (+ 5 pour la régénération des cellules)
Vitotox (Thermo)	Augmentation <i>Salmonella thyphimurium</i> luminescent (GM)	Genotox, cytotox	4h + 18h de génération de cellules

Comparaison des méthodes biologiques

Niveaux d'organisation	Outils d'investigation	Représentativité	Standardisation
Moléculaire	Biomarqueurs	Faible	Élevée
Cellulaire	Biomarqueurs	Faible	Élevée
Tissus	Biomarqueurs	Faible	Élevée
Organes	Biomarqueurs	Faible	Élevée
Individus	Essais de toxicité	Moyen	Élevée
Populations	Essais de toxicité Microcosmes Mésocosmes	Élevé	Élevée – moyen
Communautés	Microcosmes Mésocosmes	Très élevée	Faible
Écosystèmes	Microcosmes Mésocosmes	Très élevée	Faible



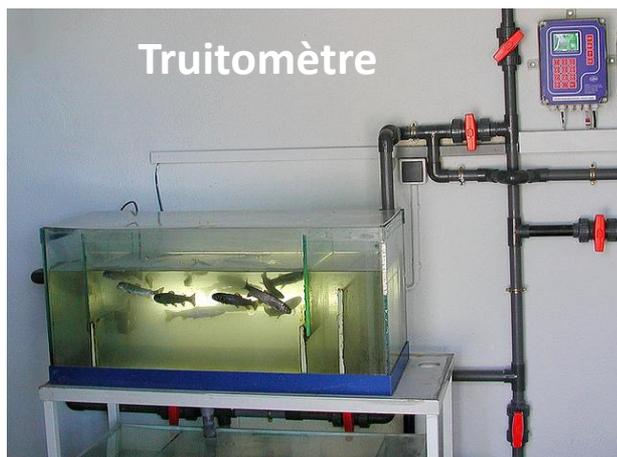
« Moulomètre »



Daphnie



Larve « Watchfrog »



Truitomètre

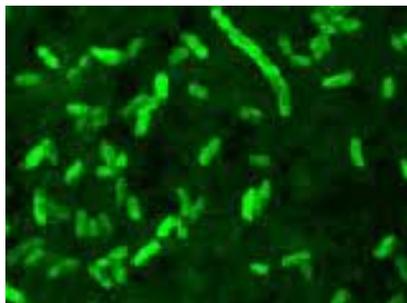


Zebrafish



Chlamydomonas

Microtox



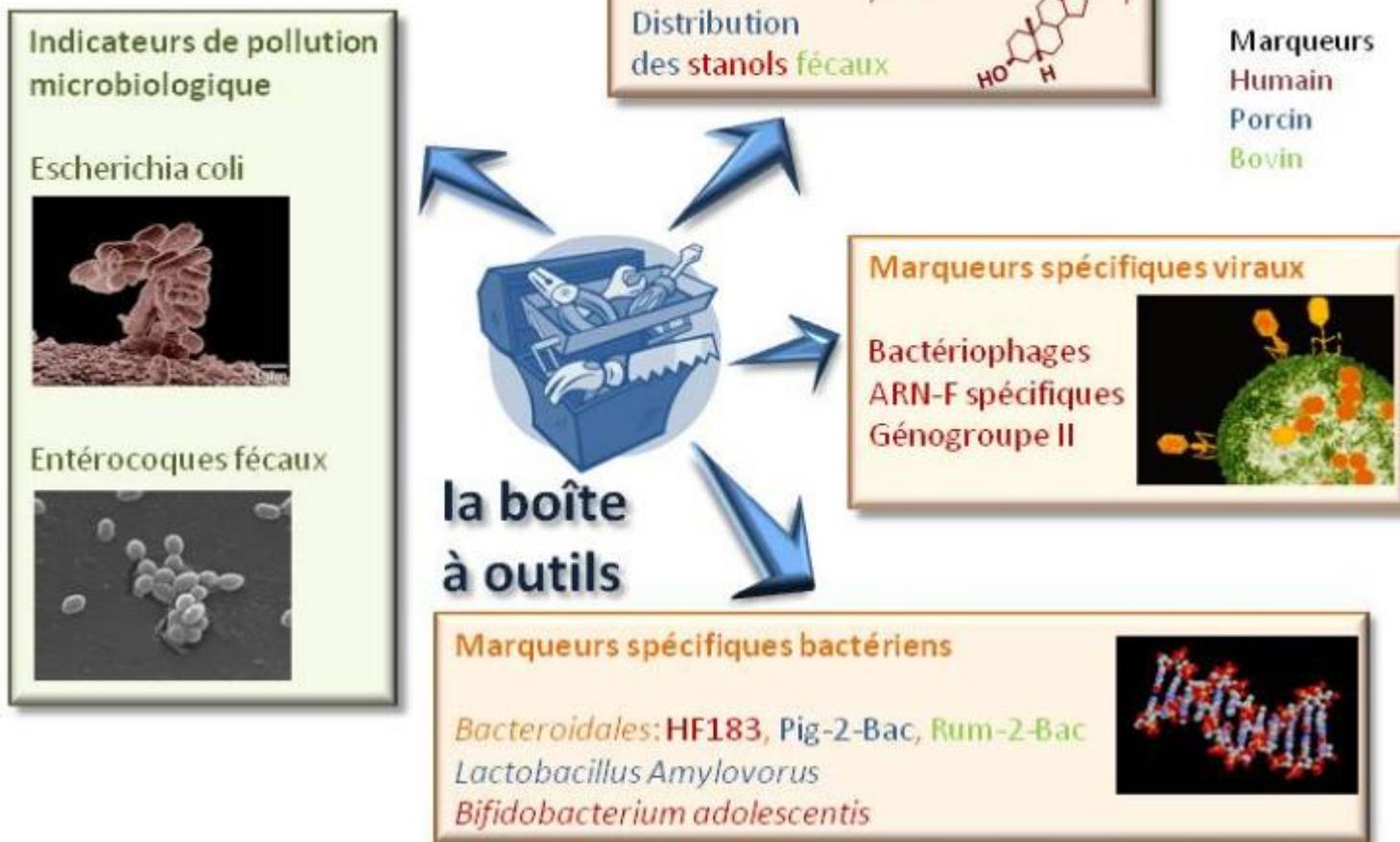
Vibrio Fisheri

Luminotox



Chlorelles

Traceurs de contamination microbiologique



S::can



Systemes UV



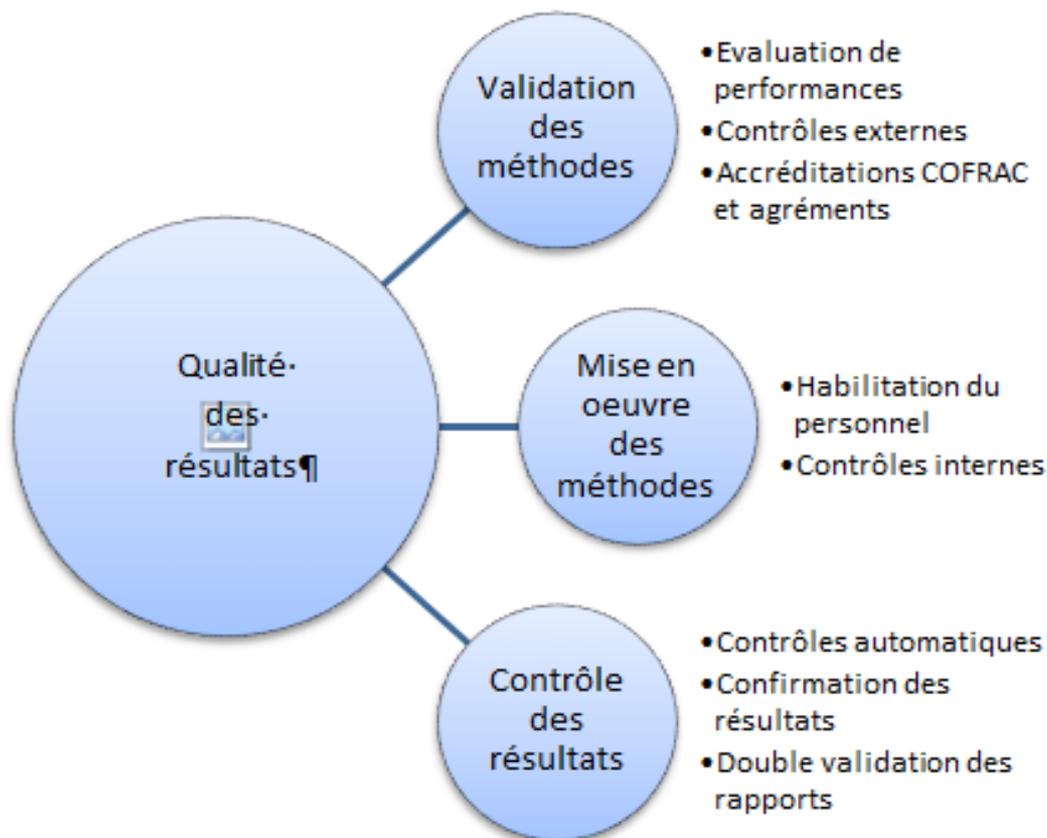
Hocer



Secomam



Moyens de maîtrise des performances analytiques et des résultats d'analyses



Conclusions

- De nombreuses méthodes
- Des passerelles entre chimie et biologie
- Des besoins de développement
 - Amélioration sensibilité (jusqu'où ?)
 - Mesures rapides
 - Méthodes microbiologiques (nouveaux indicateurs ?)
 - Mesures d'effet

Remerciements

- Fleur CHAUMET
- Pierre LE CANN
- Benoît ROIG

Contact

olivier.thomas@ehesp.fr

MERCI POUR VOTRE ATTENTION