

Les enjeux liés à la contamination de l'eau et des milieux aquatiques par les micropolluants

Olivier PERCEVAL (Direction de l'Action Scientifique et Technique)
olivier.perceval@onema.fr

Journées techniques de la SFRP « Eau, Radioactivité et Environnement »
3-4 décembre 2014, UICF (Paris)

3-4 décembre 2014, UICF (Paris)

Présence de nombreux micropolluants dans l'eau et les milieux aquatiques



The Challenge of Micropollutants in Aquatic Systems

René P. Schwarzenbach, *et al.*
Science **313**, 1072 (2006);
 DOI: 10.1126/science.1127291

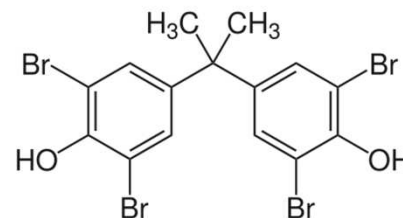


Origine/usage	Classe	Exemple de substances	Problèmes associés
Substances chimiques industrielles	Solvants Intermédiaires de synthèse Produits pétrochimiques	Tétrachlorométhane Méthyl- <i>t</i> -buthyléther BTEX (benzène, toluène, xylène)	Contamination de l'eau de boisson
Produits industriels	Additifs Lubrifiants Retardateurs de flamme	Phtalates PCB Polybromodiphényléther	Bioamplification, transport sur de longues distances
Produits de consommation courante	Détergents Produits pharmaceutiques Hormones Produits d'hygiène corporelle	Nonylphénol-éthoxylates Antibiotiques Ethynil-estradiol Filtres UV	Perturbateur endocrinien (PE) Résistance bactérienne Féminisation des poissons Effets multiples (et partiellement connus)
Biocides	Pesticides Biocides à usage non agricole	DDT Atrazine Tributhylétain Triclosan	Effets toxiques et métabolites persistants Effets sur les producteurs primaires PE Effets sur des espèces non cibles, produits de dégradation persistants
Substances d'origines géogénique et naturelle	Métaux traces Substances inorganiques Goût et odeur Cyanotoxines Hormones d'origine humaine	Pb, Cd, Hg As, Se, U, fluorure Méthyl isobornéol, géosmine Microcystine Œstradiol	Risques pour la santé humaine Problèmes de qualité de l'eau de boisson Féminisation des poissons
Désinfection/oxydation	Sous-produits de la désinfection	Trihalométhanes, acides haloacétiques, bromates	Problèmes de qualité de l'eau de boisson, problèmes de santé humaine
Produits de transformation	Métabolites	Métabolites des composés perfluorés Métabolites des herbicides chloroacétanilides	Bioaccumulation malgré une faible hydrophobicité Problèmes de qualité de l'eau de boisson

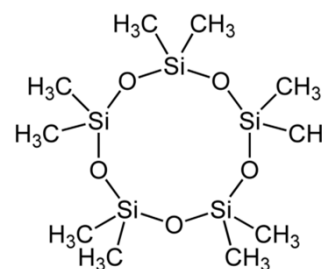
...dont certains polluants « émergents »

- ▶ Des substances chimiques nouvellement synthétisées en tant que produits de substitution de substances interdites
- ▶ Des substances chimiques présentes dans l'environnement depuis des décennies mais que l'on arrivait pas à analyser
- ▶ Ambiguïté sur le terme « émergent », fait référence à
 - leur identification dans l'environnement
 - les préoccupations environnementales et sanitaires
 - les défis qu'ils posent (en matière de gestion)
 - ou tout simplement à un intérêt émergent

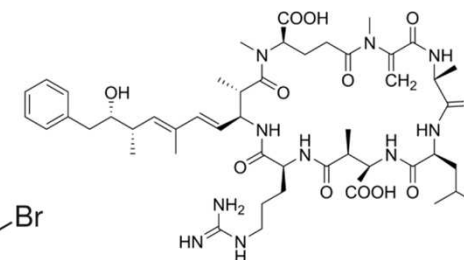
 **norman**
Network of reference
laboratories for monitoring of emerging
environmental pollutants



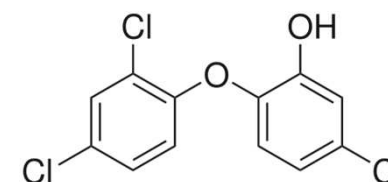
TBBPA



Décaméthylcyclopentasiloxane



Microcystine-LR



Triclosan

Des polluants dont on ne connaît pas toujours les effets

Environmental Research 128 (2014) 98–100



Contents lists available at ScienceDirect

Environmental Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envres



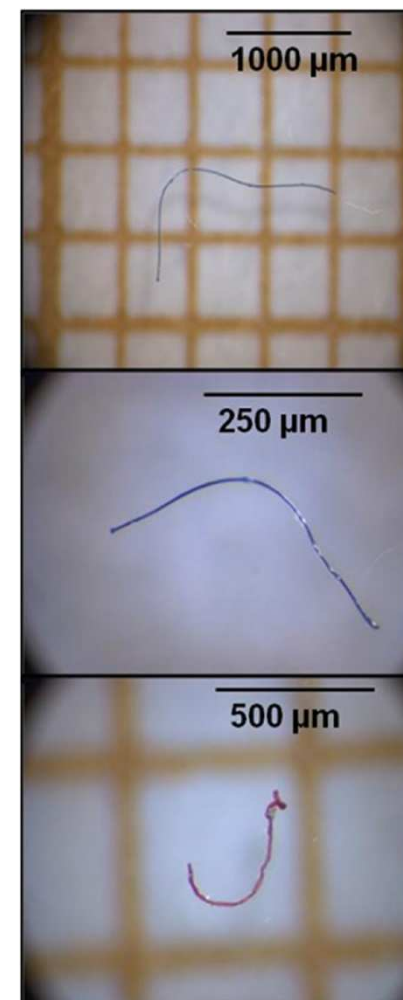
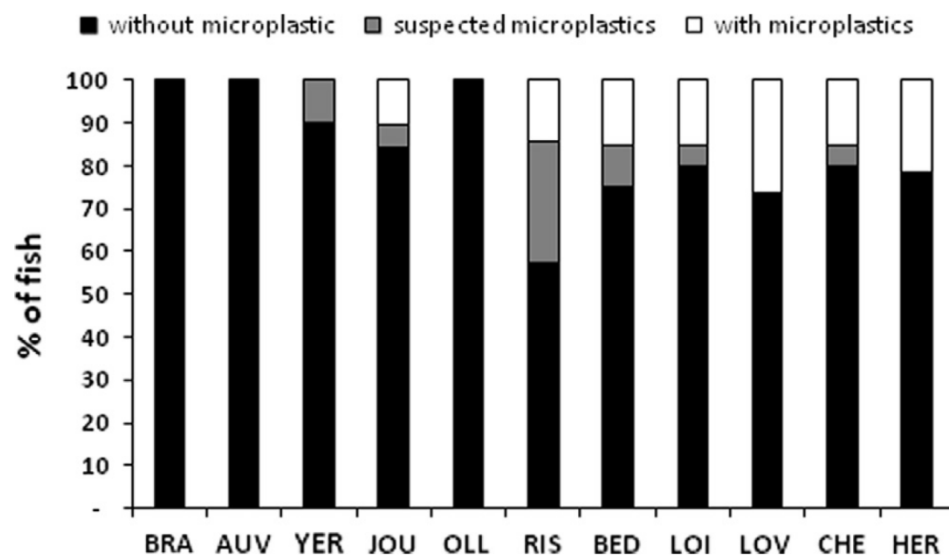
Reports from the Field

Wild gudgeons (*Gobio gobio*) from French rivers are contaminated by microplastics: Preliminary study and first evidence

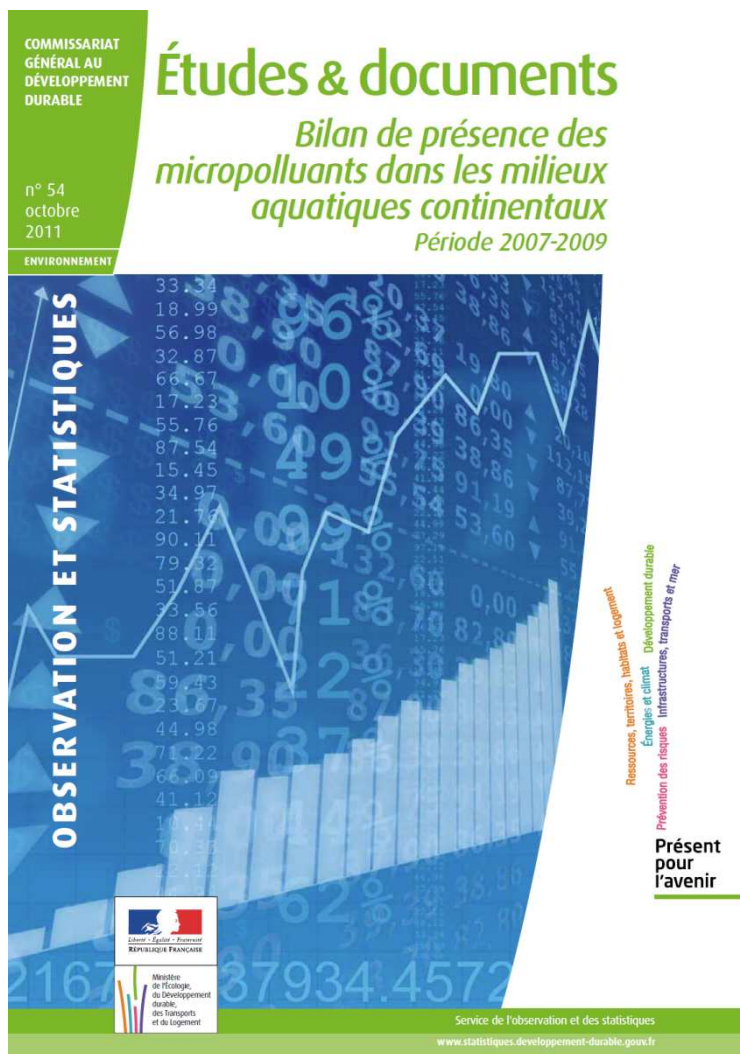


Wilfried Sanchez*, Coline Bender, Jean-Marc Porcher

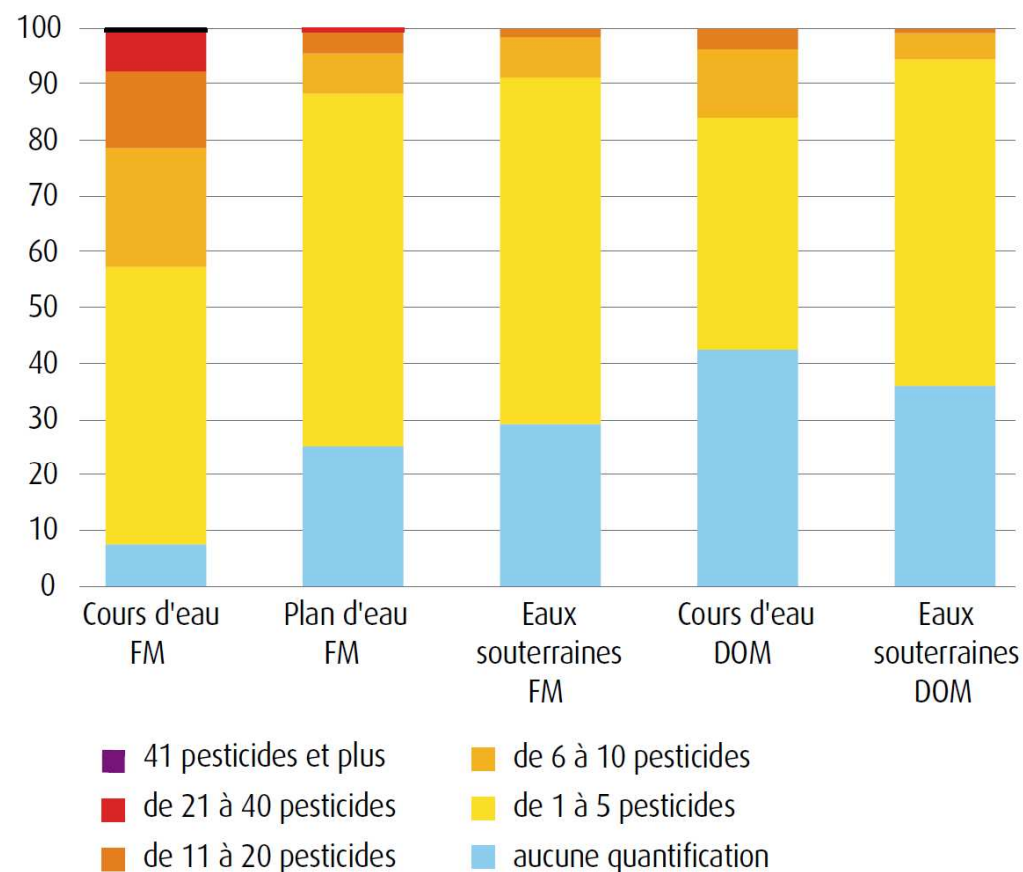
Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), Unité d'Ecotoxicologie in vitro et in vivo, BP2, 60550 Verneuil-en-Halatte, France



Des micropolluants présents à l'état de mélanges

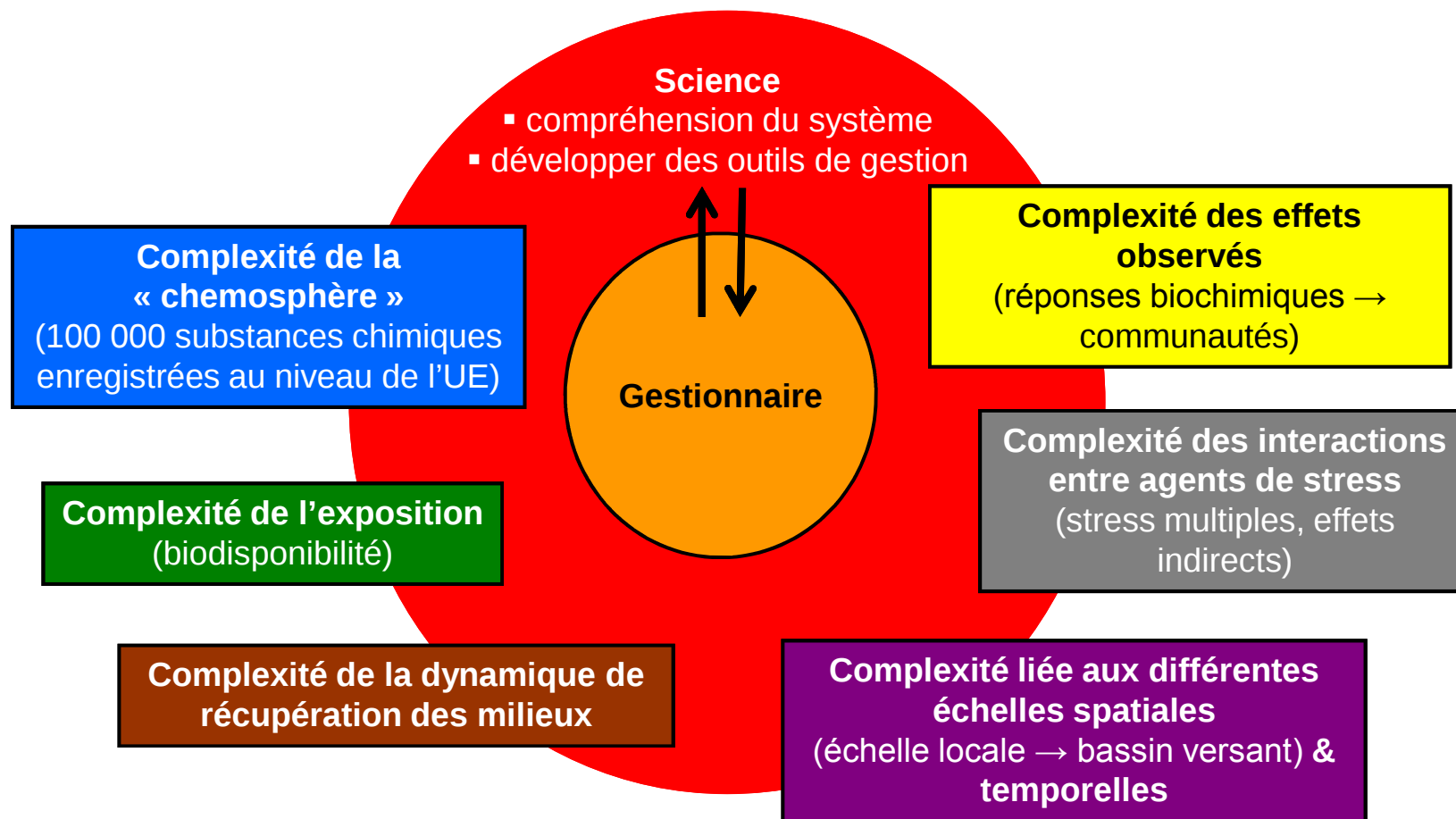


% de points d'eau



Source : Agences de l'eau, Offices de l'Eau, Ministère chargé de la santé, BRGM, ADES 2010 -
Traitements : SOeS, 2011

Problématique complexe!



D'après W. Brack (MODELKEY Workshop, Leipzig Nov. 2009)

► De nombreux textes européens et français réglementent la présence de substances dangereuses dans les milieux aquatiques:

- Réglementation des mises sur le marché des substances
- Réglementation des rejets de substances
- Réglementation relative à la qualité des eaux

- Protéger le milieu
- Garantir les usages

Réglementations « Substances »

- Règlement REACH (CE)1097/2006
- Directive 91/414/CE « produits phytosanitaires »
- Directive « biocides » 98/8/CE
- Directives 2001/82/CE et 2001/83/CE « médicaments à usages vétérinaires et humains »
- Règlement (CE) 1272/2008 « CLP »

Réglementations « Rejets »

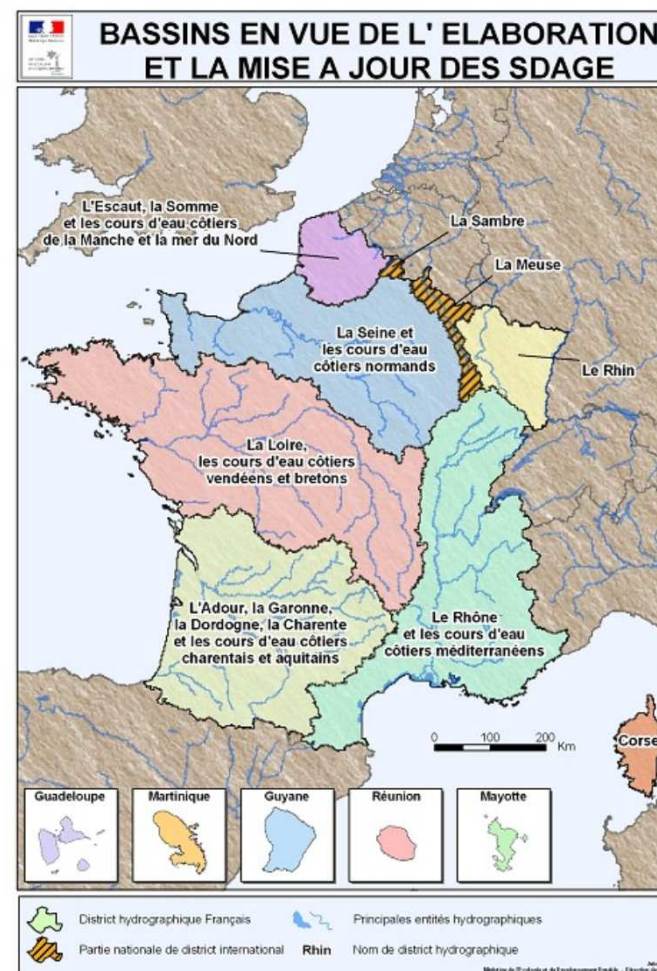
- Directive 2010/75/UE « IED »
- Directive 91/676/CEE « nitrates »
- Directive 91/271/CEE « eaux résiduaires urbaines »

Réglementations « Qualité du milieu »

- Directive 2006/11 CE (abrogée par la DCE en 2013)
- Directive cadre sur l'eau 2000/60/CE et directives filles (2008/105/CE et 2013/39/CE)
- Directive 2008/56/CE (DCSMM)
- Directive 2006/118/CE (ESO)
- Directive 98/83/CE « eau potable »
- Directive 76/160/CE « eaux de baignade »

Principes de la directive cadre sur l'eau

- ▶ Gestion par bassins hydrographiques
- ▶ Objectifs de résultats
 - Le bon état en 2015 (sauf dérogations justifiées)
 - La non-dégradation
 - La réduction des SP / suppression des SDP
- ▶ Objectifs fixés à la masse d'eau (cours d'eau, lac, eaux de transition, côtière, souterraine)
- ▶ Cycles de gestion de 6 ans avec 2 documents:
 - Le plan de gestion (SDAGE en France)
 - Le programme de mesures
- ▶ 1^{er} cycle: 2010-2015



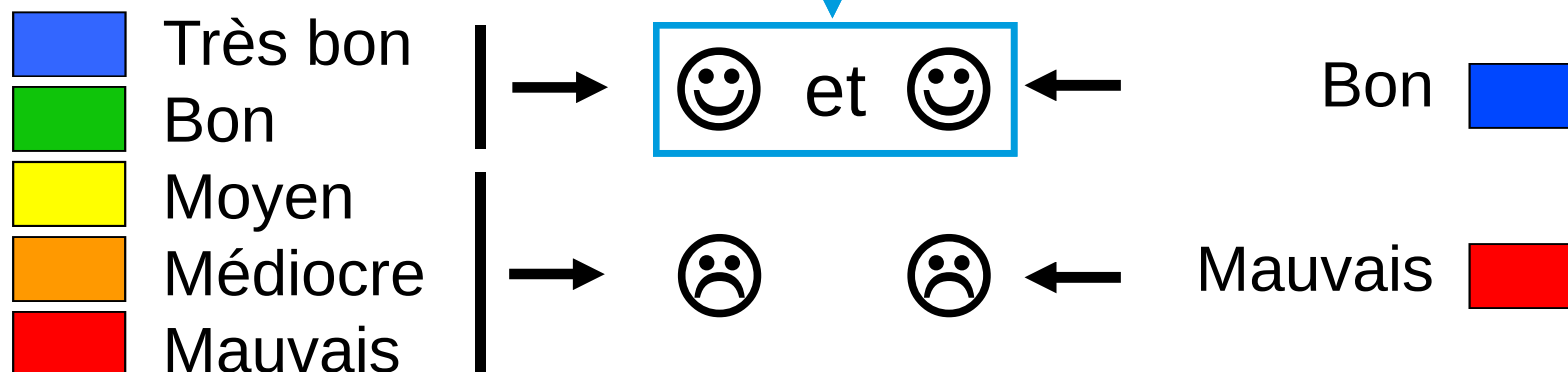
Comment définit-on le bon état des eaux de surface?

État écologique

- biologie, physico-chimie, hydro-morphologie
- polluants spécifiques identifiés au niveau national
- NQE fixées dans l'arrêté du 25 janvier 2010
- 5 phytosanitaires, 4 métaux, 1 substance DOM
- liste en cours de révision

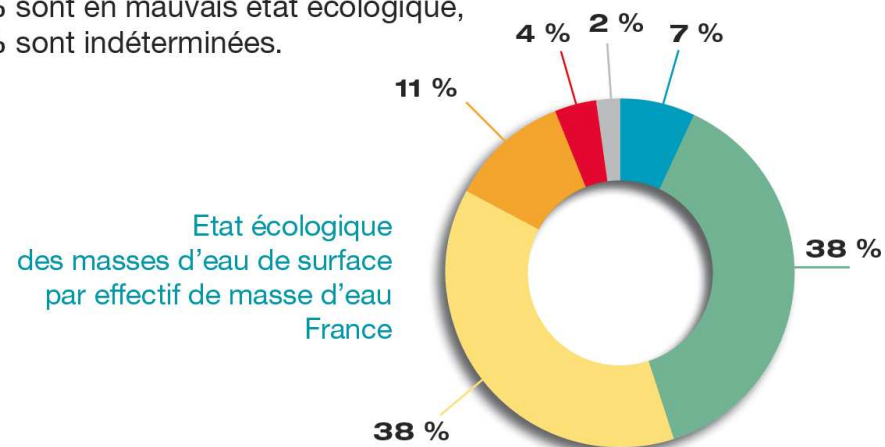
État chimique

- substances prioritaires, substances prioritaires dangereuses (PBT) définies au niveau européen
- NQE fixées dans la directive 2008/105/CE (amendée par la dir. 2013/39/CE)
- 41 substances existantes + 12 nouvelles substances
- liste révisée tous les 4 ans
- règle du « *one out, all out* »

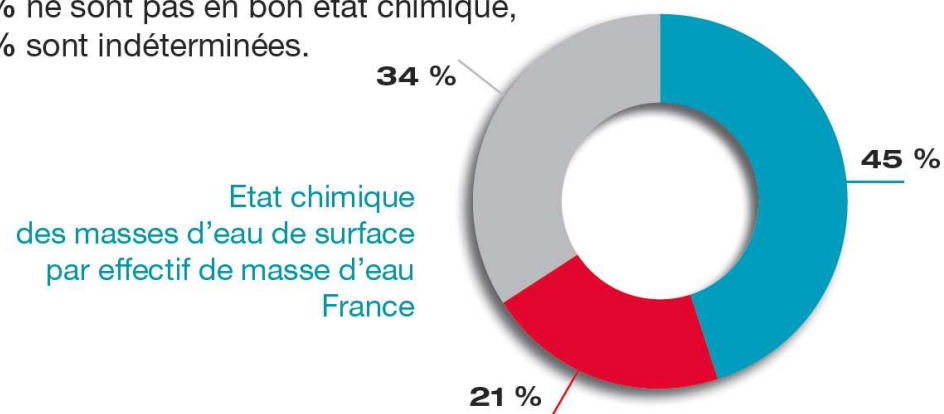


Etat des masses d'eau de surface en 2009

- ▶ 7% sont en très bon état écologique,
- ▶ 38 % sont en bon état écologique,
- ▶ 38% sont en état écologique moyen,
- ▶ 11% sont en état écologique médiocre,
- ▶ 4% sont en mauvais état écologique,
- ▶ 2% sont indéterminées.



- ▶ 45% sont en bon état chimique,
- ▶ 21% ne sont pas en bon état chimique,
- ▶ 34% sont indéterminées.



Principales critiques du mode d'évaluation actuel

- ▶ Rythme de révision de la liste des SP *versus*:
 - adaptation de l'industrie, élaboration de produits de substitution
 - évolution des méthodes de prélèvement et des capacités d'analyse des laboratoires 
- ▶ « Réalisme environnemental » de l'évaluation de l'état chimique:
 - liste finie de substances chimiques
 - quid des substances avec des modes d'action toxique atypiques (médicaments, perturbateurs endocriniens)?
 - prise en compte des interactions entre substances (effets de la combinaison des produits chimiques au sein de mélanges)



© Onema

Besoin de mieux prendre en compte les effets des mélanges

- ▶ Constat: peu de réglementations sur les substances chimiques prennent en compte les effets de mélange (cocktail)
- ▶ Nombreuses études montrant l'impact des substances en mélange à des concentrations individuelles très faibles (ex. des perturbateurs endocriniens) 
- ▶ Modèles disponibles pour évaluer les risques des mélanges (additivité des concentrations, indépendance d'effets)
- ▶ Surveillance basée sur la détection et la quantification d'effets biologiques



CONSEIL DE
L'UNION EUROPÉENNE

Bruxelles, le 23 décembre 2009 (05.01)
(OR. en)

17820/09

ENV 921
CHIMIE 103
COMPET 530
SAN 376

NOTE D'INFORMATION

du:	Secrétariat général
aux:	délégations
Objet:	Effets de la combinaison de produits chimiques - Conclusions du Conseil

Les délégations trouveront en annexe à la présente note les conclusions visées en objet, qui ont été adoptées par le Conseil (Environnement) le 22 décembre 2009.

17820/09 DG I are/cdh 1
FR

Stimulation de la R&D pour répondre aux enjeux DCE



The European Water Framework Directive at the age of 10: A critical review of the achievements with recommendations for the future

Daniel Hering^{a,b}, Angel Borja^b, Jacob Carstensen^c, Laurence Carvalho^d, Mike Elliott^e, Christian K. Feld^a, Anna-Stiina Heiskanen^f, Richard K. Johnson^g, Jannicke Moe^h, Didier Pontⁱ, Anne Lyche Solheim^j, Wouter van de Bund^j

290

Integrated Environmental Assessment and Management — Volume 3, Number 2 — pp. 290-296
© 2007 SETAC

Environmental Quality Standards for Water Framework Directive Priority Substances: Challenges and Opportunities

Mark Crane[†] and Marc Babut^{*‡}

[†]Watts & Crane Associates, 23 London Street, Faringdon, Oxfordshire SN7 7AG, United Kingdom
[‡]Cemagref, 3 bis Quai Chauveau, CP 220, 69336 Lyon Cedex 9, France

(Received 8 August 2006; Accepted 28 August 2006)



Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

Toxicology Letters 142 (2003) 195–206

**Toxicology
Letters**

www.elsevier.com/locate/toxlet

Short communication

Proposed development of Sediment Quality Guidelines under the European Water Framework Directive: a critique

Mark Crane^{*}

^{*}Crane Consultants, Chancel Cottage, 23 London Street, Faringdon, Oxfordshire SN7 7AG, UK

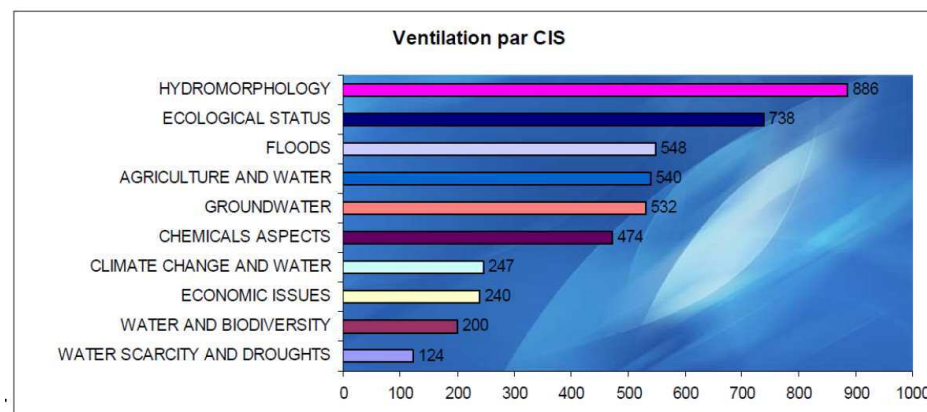
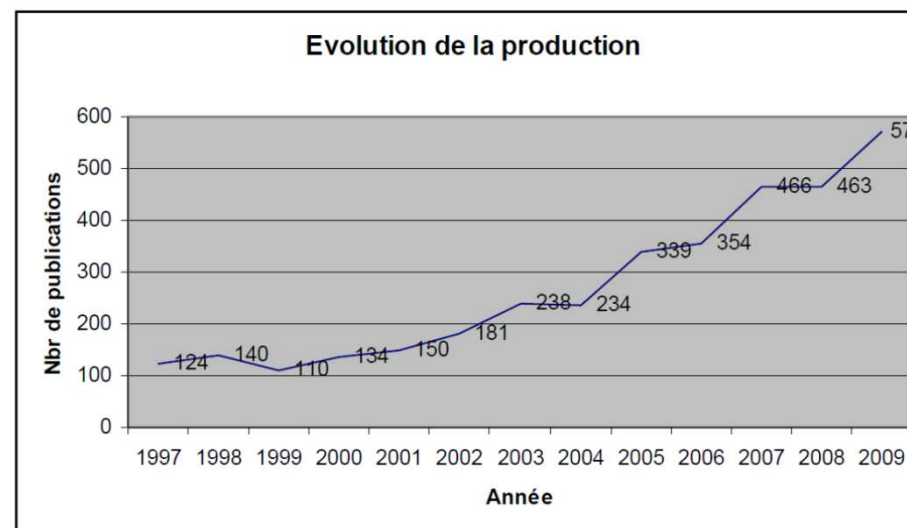
Received 14 October 2002; received in revised form 8 November 2002; accepted 10 November 2002

50

Integrated Environmental Assessment and Management — Volume 5, Number 1 — pp. 50-61
© 2009 SETAC

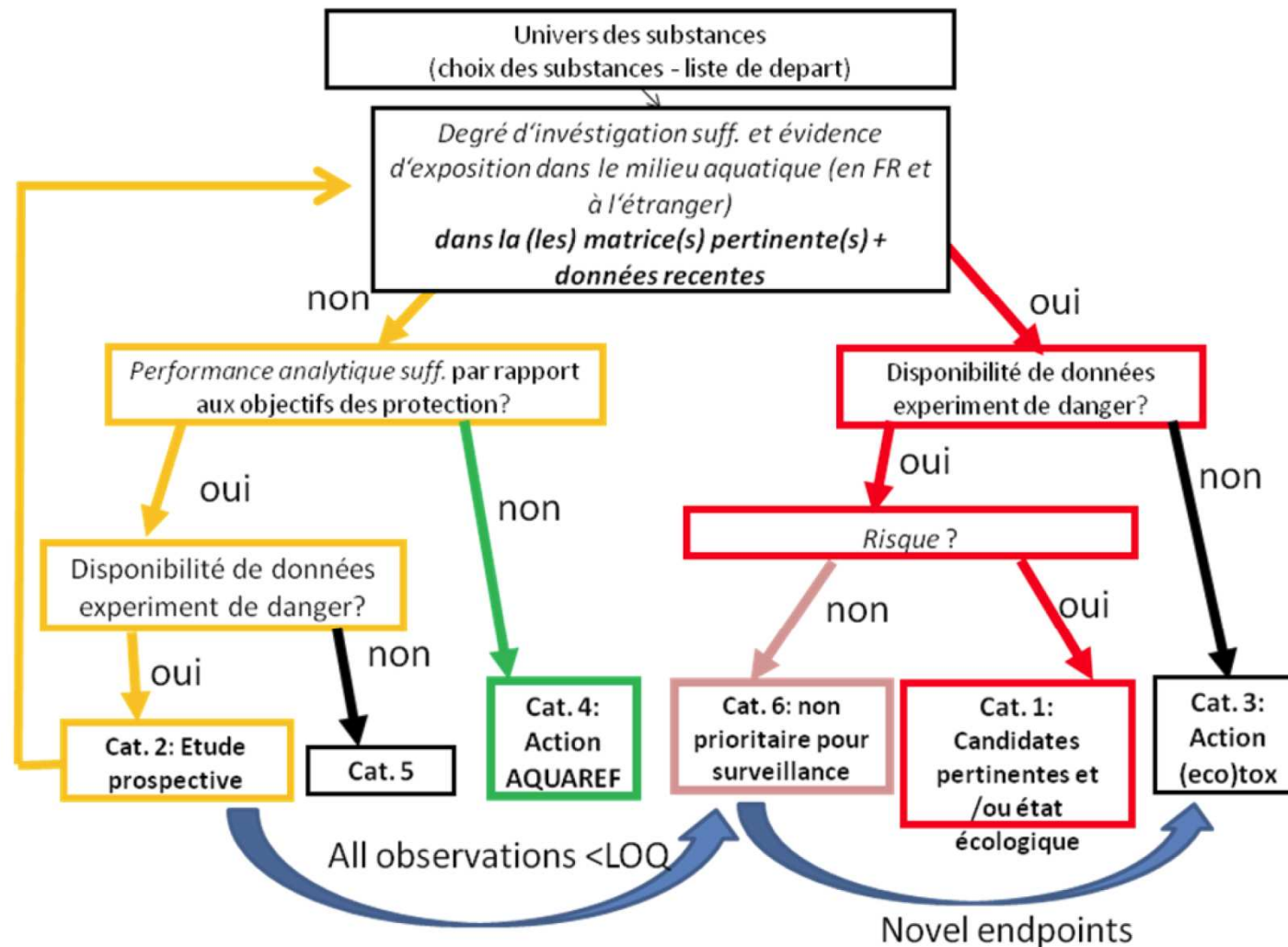
Toward an Integrated Assessment of the Ecological and Chemical Status of European River Basins

Peter C von der Ohe,^{*†} Eric De Deckere,[‡] Andrea Průš,^{†§} Isabel Muñoz,^{//} Georg Wolfram,^{##} Marta Villagrana,[#] Antonio Ginebreda,^{††} Michaela Hein,[†] and Werner Brack[†]



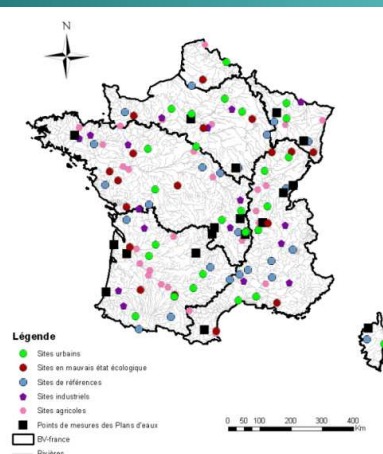
Source: F. Giovannini, 2011

Schéma de priorisation pour l'acquisition de données sur les « nouvelles » substances



Campagne exploratoire de recherche de micropolluants dans les eaux de surface

Source: Botta et Dulio, 2014.
Résultats de l'étude prospective 2012
sur les contaminants émergents dans
les eaux de surface de métropole et
des DOM / Rapport INERIS.



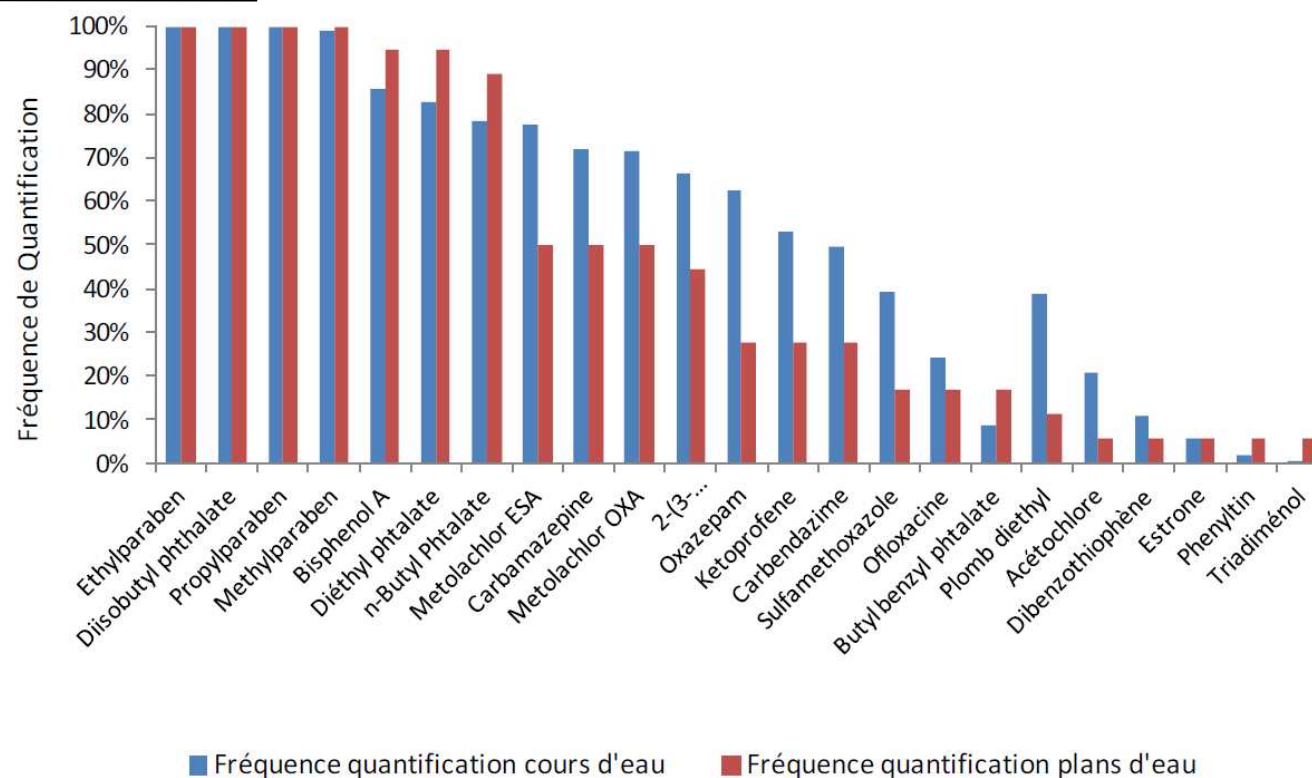
- ▶ 115 sites en rivière, 18 sites lacustres avec des pressions contrastées (intensité et typologie - référence, agricole, urbain, industriel)

- 350 échantillons d'eau prélevés à trois occasions printemps, été, automne)
- 130 échantillons de sédiments (oxques) prélevés à l'automne
- échantillons d'eau filtrés (0,7 µm)
- 100 substances systématiquement recherchées dans tous les échantillons d'eau, 134 pour les sédiments

Catégorie d'usage/Famille chimique	Descriptif / exemples	Eau	Sédiment
Organoétains	Dibutyl étain, triphenyl étain	2	4
Retardateurs de flamme	Polybromo diphenyl éthers (PBDE)	0	11
Additifs d'essence	Organo plombs	3	3
Produits industriels	1,2,3,4,6,7-Hexachloronaphtalene 3,4-dichloroaniline Decahydronaphtalene (Dekalin)	6	6
HAP & produits de dégradation	HAP	1	20
Produits de soins corporels	Parabènes et UV screening	4	3
Pesticides (produits phytosanitaires / biocides)	Insecticides, Herbicides, Fongicides	47 (31 métropole)	40
Pesticides (métabolites)	Herbicides et Insecticides	2	4
Médicaments	Une dizaine de familles thérapeutiques différentes (antibiotiques, anti convulsant, hormones, etc....)	22	29
Plastifiants	Phthalates et bisphénol A	5	5
Alkyl perfluorés	Substances perfluorés	6	6
Surfactants	Octyl- et Nonylphénols	2 (uniquement DOM)	4
Total général		100	134

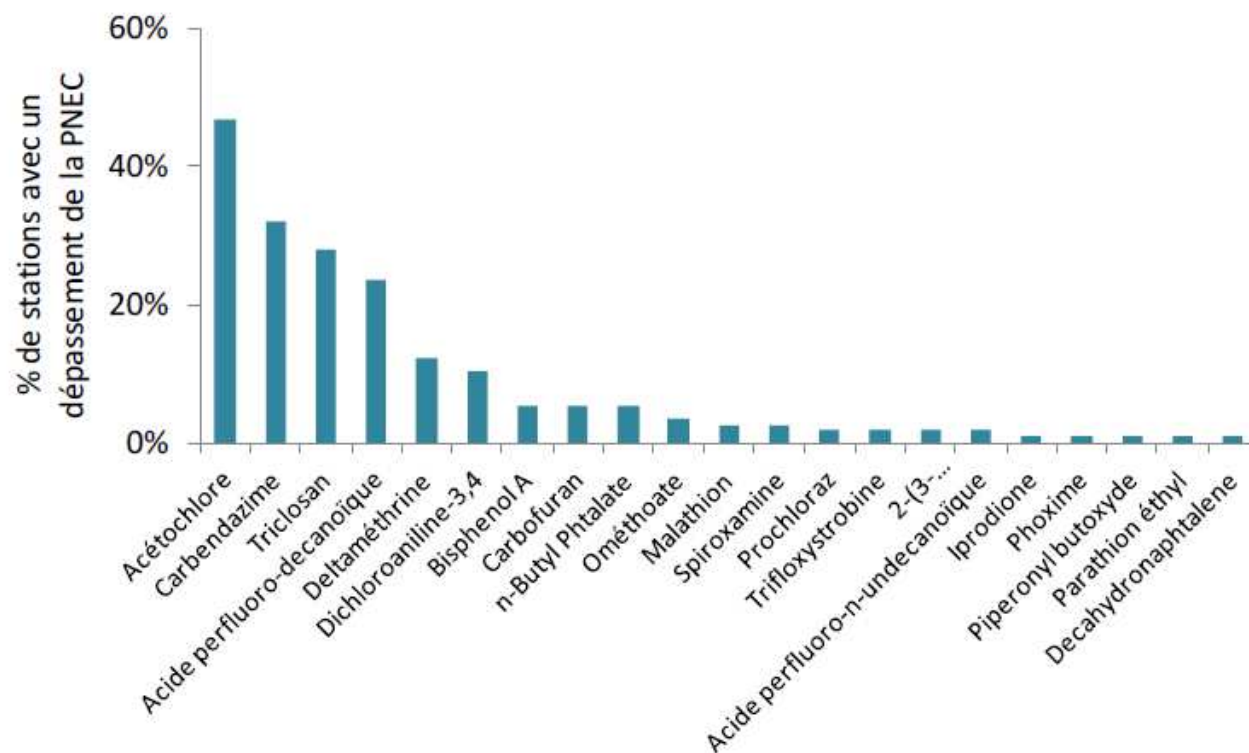
Quelques résultats...

Source: Botta et Dulio, 2014.
Résultats de l'étude prospective 2012
sur les contaminants émergents dans
les eaux de surface de métropole et
des DOM / Rapport INERIS.



Quelques résultats...

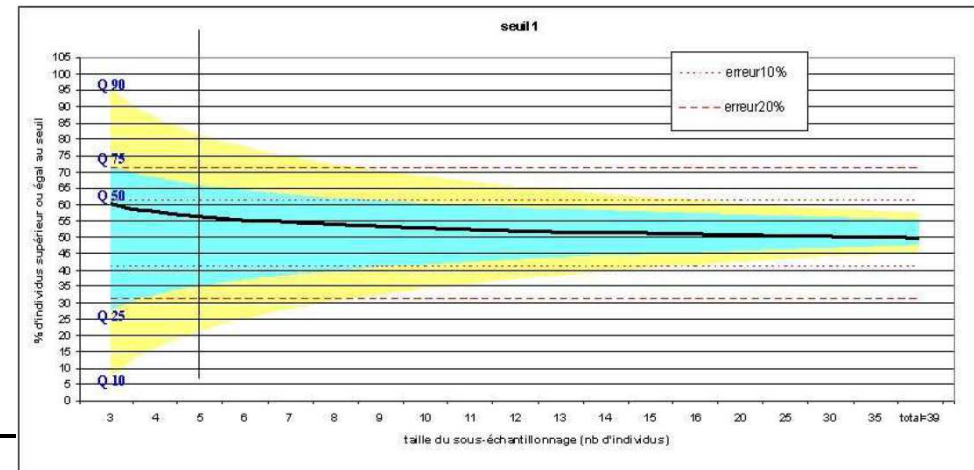
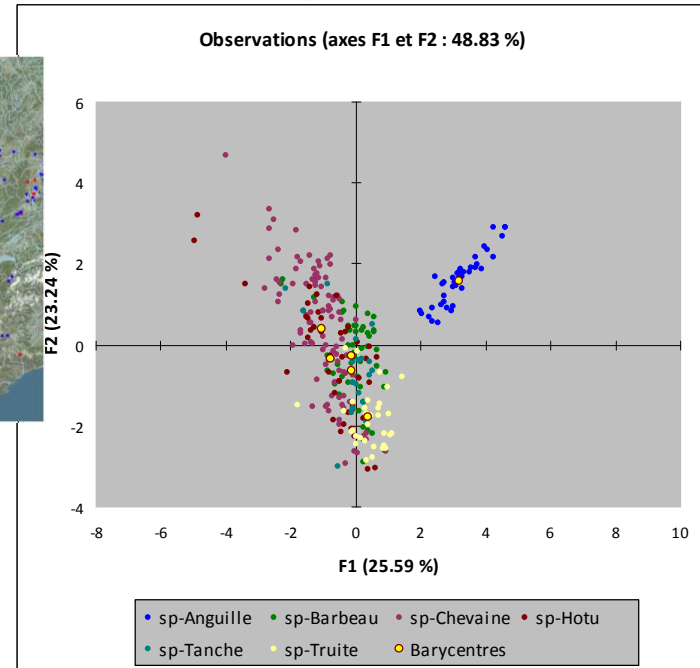
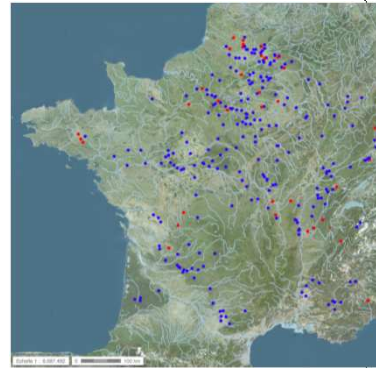
Source: Botta et Dulio, 2014.
Résultats de l'étude prospective 2012
sur les contaminants émergents dans
les eaux de surface de métropole et
des DOM / Rapport INERIS.



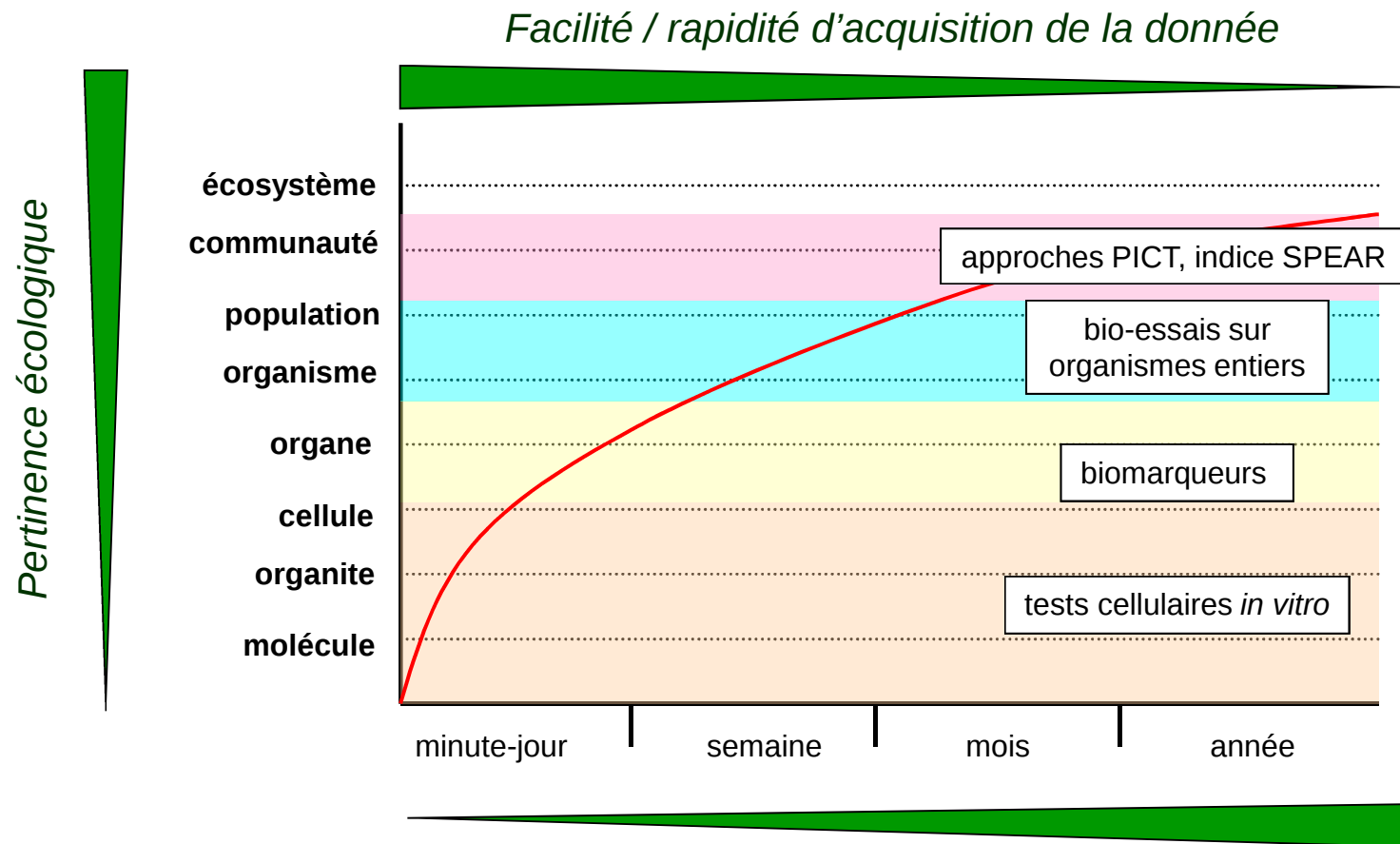
Améliorer et optimiser les stratégies de surveillance

- ▶ Directive 2013/39/CE: publication de NQE applicables dans le biote
- ▶ Elaboration d'une stratégie de surveillance des SP dans le poisson compatible avec les objectifs DCE
 - choix des espèces sentinelles
 - analyses individuelles vs. échantillons composites
 - taille optimale de l'échantillon
 - période d'échantillonnage
 - fréquence d'échantillonnage (suivi des tendances)
 - effets des variables confondantes (taille, taux de lipides, niveau trophique)

Babut *et al.* (2013). Surveillance des substances prioritaires dans le biote: retour d'expérience sur l'utilisation du poisson et recommandations. Rapport d'étude Onema-Irstea, convention de partenariat 2012.



Utilisation d'outils biologiques intégrateurs pour la surveillance et le diagnostic de pollution



Adapté de Braunbeck 1993, et Kase et al. 2009

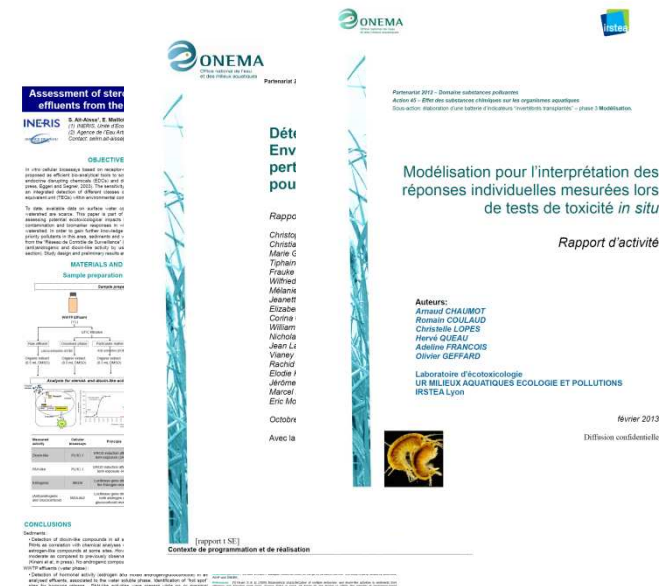
Utilisation d'outils biologiques intégrateurs pour la surveillance et le diagnostic de pollution

► Principaux avantages

- prennent en compte les fractions bio-disponibles et actives des contaminants
- utilisés en batterie, ils permettent de prendre en compte une large gamme de contaminants (et de leurs produits de dégradation) présents dans le milieu
- indicateurs sensibles, précoces et spécifiques
- renseignent sur le lien exposition – effets

► Différents contextes d'utilisation

- études R&D pour le développement et la validation de biomarqueurs et bio essais
- toxicité des rejets
- suivi en tendances (spatiale et temporelle) des effets des contaminants → utilisation dans les réseaux de surveillance (OSPAR, MEDPOL, DCSMM)
- investigation environnementale dans le cadre de litiges/contentieux

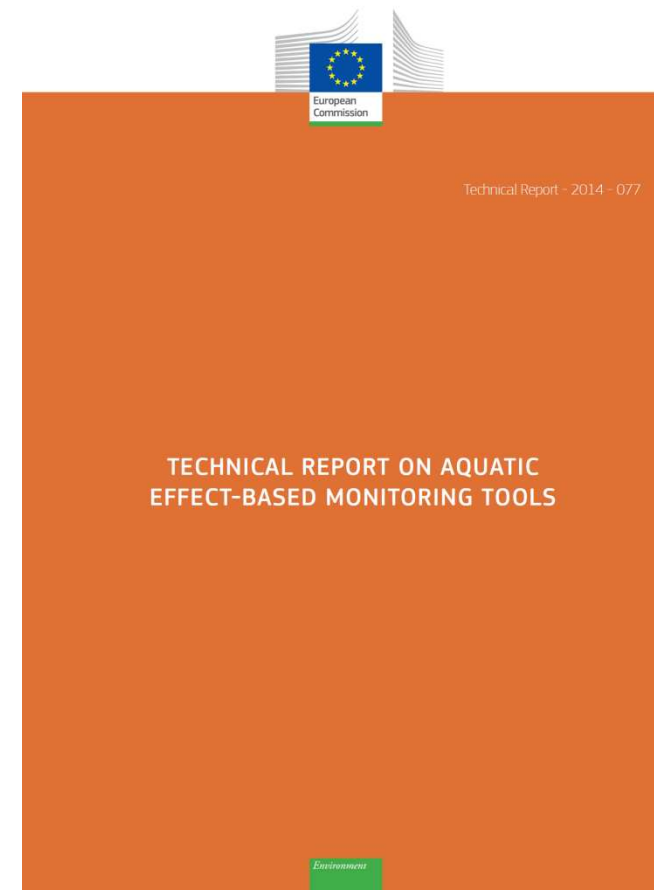


Evaluation du risque
site-spécifique

Surveillance à large
échelle

Utilisation d'outils biologiques intégrateurs pour la surveillance et le diagnostic de pollution

- ▶ Des pistes pour une utilisation de ces outils dans le contexte de la DCE
 - outils de screening (criblage) pour l'aide à la priorisation des sites
 - identification de substances responsables des effets observés dans le milieu
 - signaux d'alarme précoces
 - prise en compte des effets de mélanges, substances chimiques non ciblées en première intention (recherche des causes de la dégradation de l'état écologique)
 - support à l'évaluation de l'état / qualité des eaux et sédiments

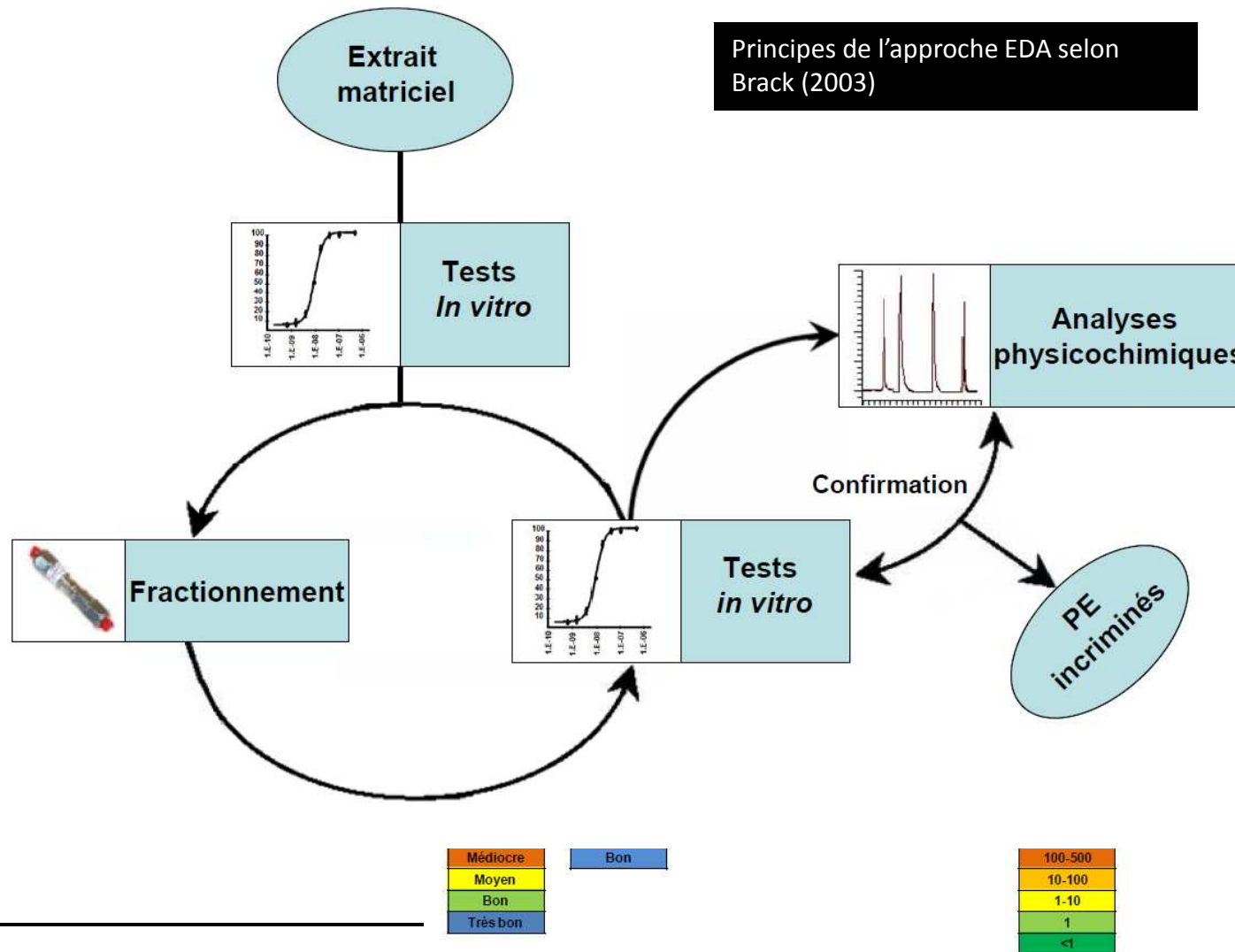


« Profil toxicologique » des sédiments de l'étude prospective pour une priorisation des sites

Sites d'étude

Principes de l'approche EDA selon
Brack (2003)

Eau
Bior



Approche multi-biomarqueurs poisson



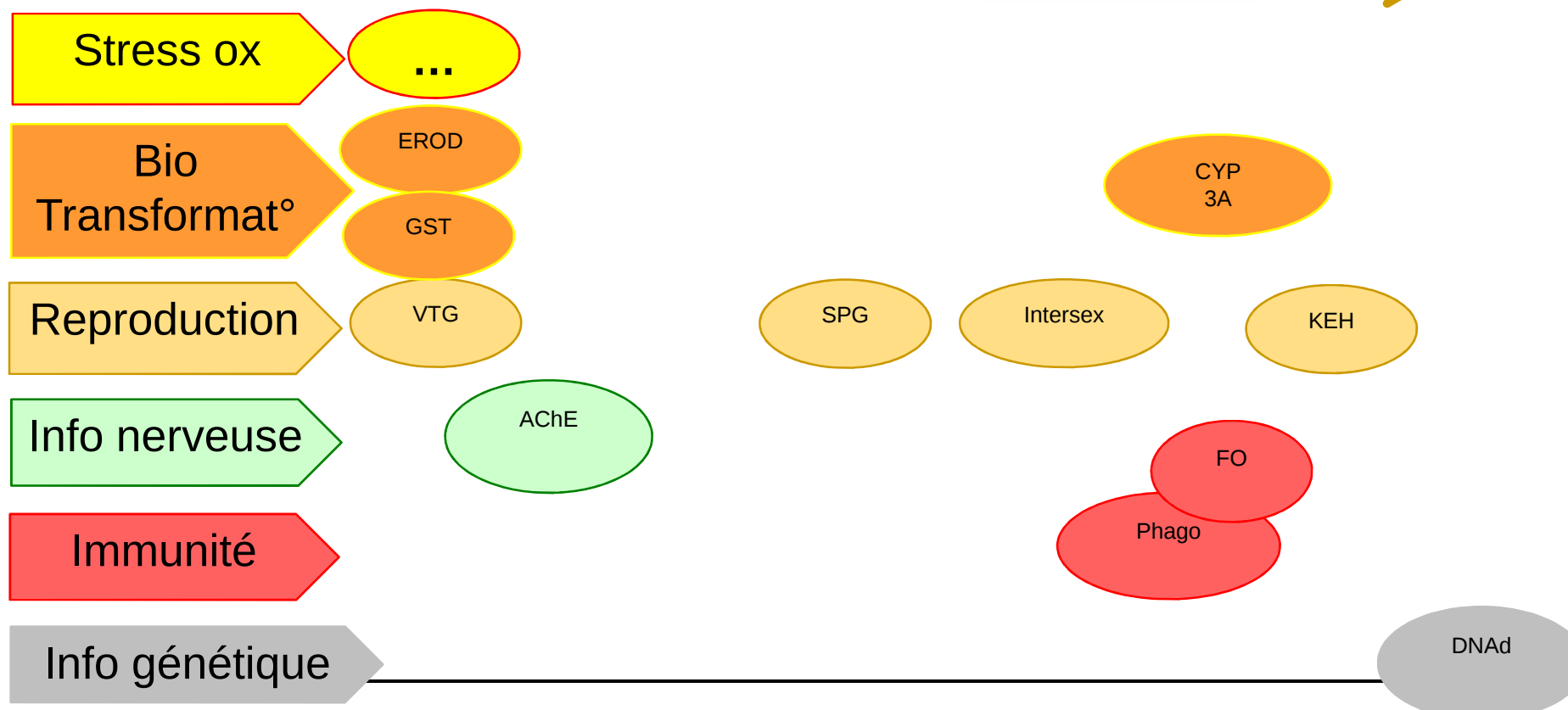
maîtriser le risque
pour un développement durable



2002

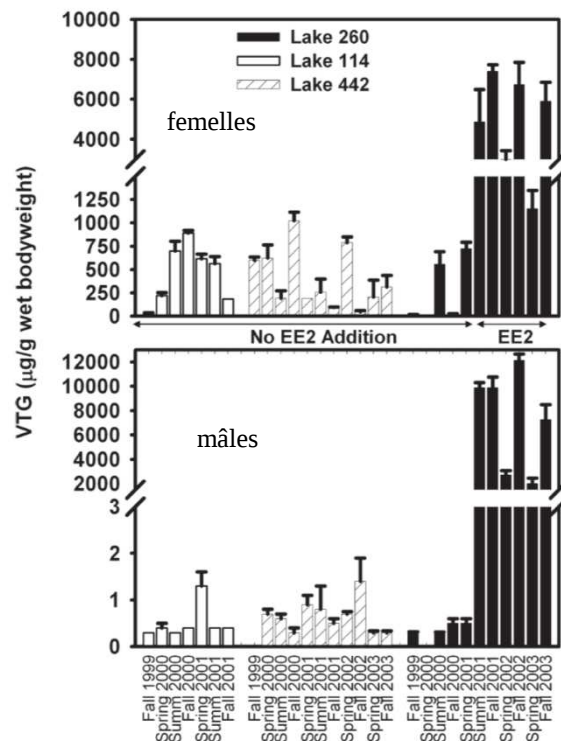


2013



Intersexualité: biomarqueur prédictif d'effets à des niveaux élevés de l'organisation biologique

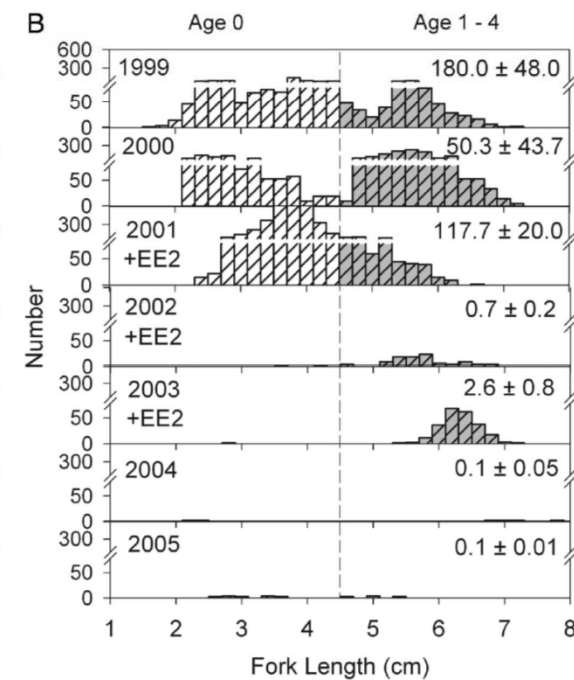
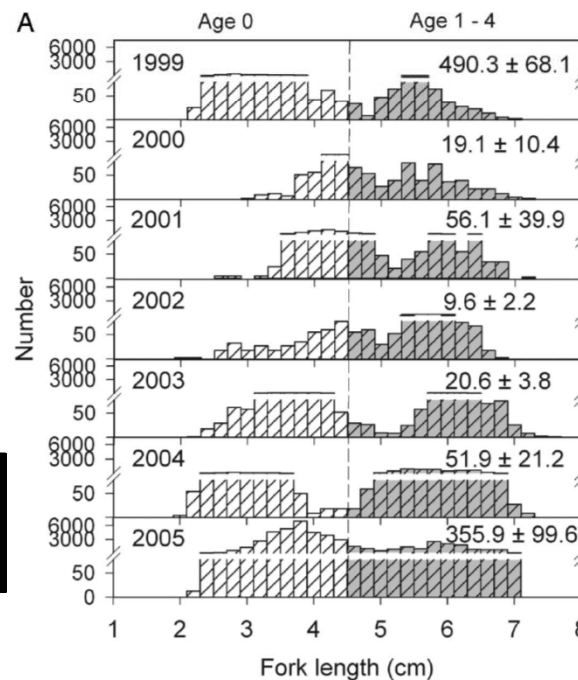
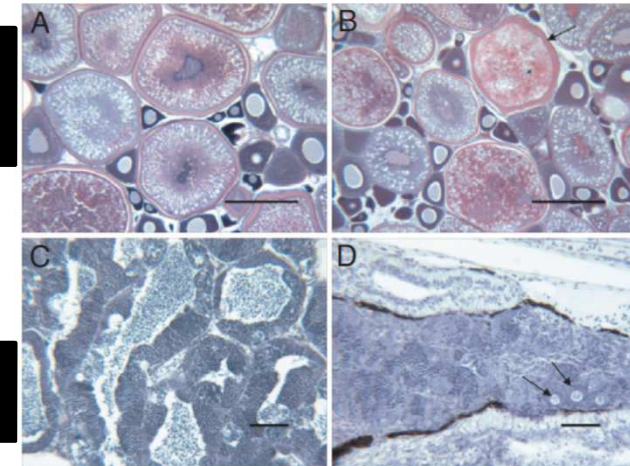
Source: Kidd et al. , *PNAS* (2007)



1. Synthèse de vitellogénine chez les mâles appartenant à l'espèce *Pimephales promelas*

2. Histopathologie: apparition d'ovocytes dans les testicules de certains mâles

3. Modifications de la structure en taille des populations



Déploiement du protocole intersexualité au niveau national

prélèvement de cyprinidés
15 à 30 spécimens, 1 espèce/site



dissection des gonades

occurrence, fréquence et
sévérité de
l'intersexualité

Quelques résultats préliminaires

Quelques résultats – INTERREG DIESE

- Intersexualité sur de nombreux sites
- Proportions variables (4 à 38 %)

Reste à lever certains verrous limitant encore l'utilisation des biomarqueurs et bio essais...

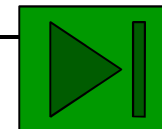
- ▶ Améliorer l'interprétation des résultats
 - choix d'une valeur de base, connaissance des sources de variabilité
 - construction de grilles de qualité, indices synthétiques
- ▶ Travail de validation et de normalisation des méthodes de mesure et d'interprétation des résultats
 - détermination de critères de qualité associés aux mesures (par ex. BEQUALM)
 - mise en œuvre d'essais circulaires d'inter-comparaison (sensibilité, sélectivité)
- ▶ Transfert des outils les mieux caractérisés vers l'opérationnel

Apport des approches « OMICs »

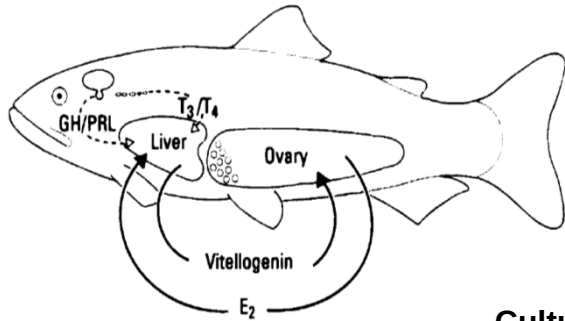
- ▶ Métabolomique = caractérisation du profil des métabolites de faible poids moléculaire (acides aminés, peptides, glycosides, lipides) impliqués dans les réactions biologiques nécessaires à la croissance et au maintien des fonctions physiologiques des organismes
 - identification par HRMS, RMN
 - caractérisation des voies de toxicité (MoA)
 - utilisation pour un screening réglementaire de la toxicité des substances chimiques
 - utilisation pour la caractérisation du potentiel écotoxiques des rejets

Seule une partie limitée des substances présentes dans l'environnement font l'objet d'une surveillance en routine

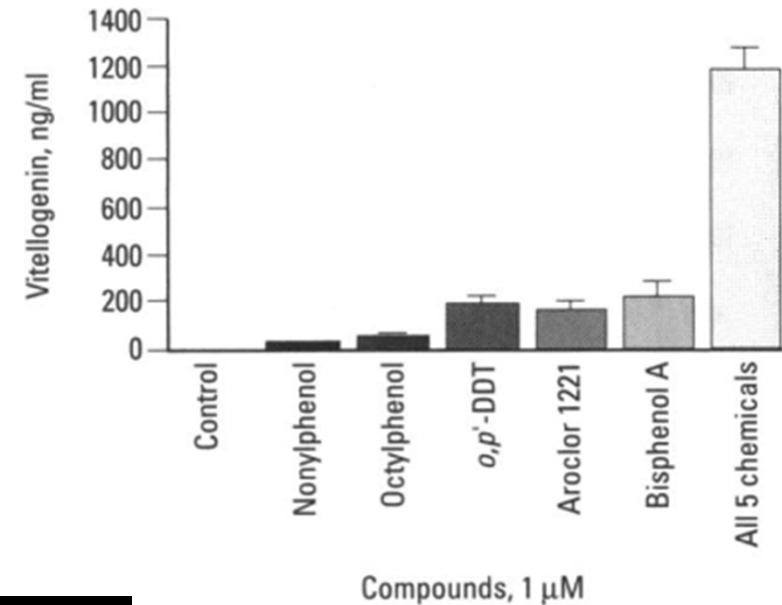
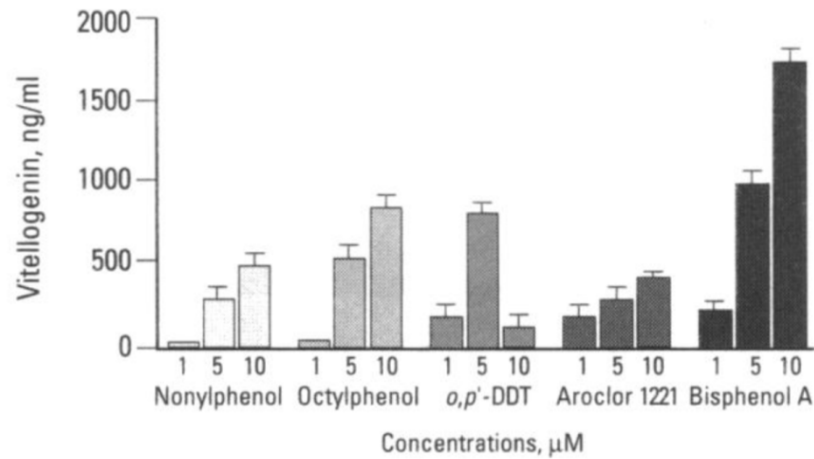
⁽⁶⁾ Roose P., Albaigés J., Bebianno M.J., Camphuysen C., Cronin M., de Leeuw J., Gabrielsen G., Hutchinson T., Hylland K., Jansson B., Jenssen B.M., Schulz-Bull D., Szefer P., Webster L., Bakke T., Janssen C. (2011). Chemical Pollution in Europe's Seas: Programmes, Practices and Priorities for Research, Marine Board Position Paper 16. Calewaert, J.B. and McDonough N. (Eds.). Marine Board-ESF, Ostend, Belgium.



Manifestation de la perturbation endocrinienne chez le poisson



Cultures d'hépatocytes de mâles de truite arc-en-ciel



Sumpter and Jobling, (1995) *Environ. Health Perspect.* 103(suppl. 7) 173-178

