

# Projet de recherche :

- Contamination polymétallique des Lacs AQuitains et impacts Humains (CLAQH)

## **Régine Maury-Brachet**

Université de Bordeaux/UMR EPOC 5805

équipe d'Ecotoxicologie Aquatique

Station Marine d'Arcachon Plce dr Peyneau 33120 ARCACHON

[regine.maury-brachet@u-bordeaux.fr](mailto:regine.maury-brachet@u-bordeaux.fr)

Tél : 05 56 22 39 28

université  
de **BORDEAUX**

- **Historique et contexte**
- **Quelques clefs pour comprendre les mécanismes de contamination par le mercure**
- **Démarche scientifique du projet CLAQH**
- **Conclusion**

# Historique et contexte :

→ **décembre 2011** : association de Pêche de Hourtin, 25 kilos de poissons ont été prélevés dans le lac de Hourtin-Carcans pour analyse.

→ Résultats : 1,4 mg Hg total.kg<sup>-1</sup> p.f. pour le sandre, 1 mg Hg total.kg<sup>-1</sup> p.f. pour le brochet .

**Recommandation alimentaire de l'Europe (défini par l'ANSES):**

**< 0,5 sandre et 1 mg Hg total.kg<sup>-1</sup> p.f. brochet**

→ **juillet 2012** : le préfet de Gironde interdit la consommation des sandres dans le lac de Hourtin-Carcans.

# Avis de l'ANSES :

→ À la demande de l'ARS : L'ANSES lance une étude et rend son avis :

Lacs	prélèvements	Gardon (omnivore)	Sandre (carnassier)	Brochet (carnassier)
Hourtin Carcans	Juin	0,12	0,92	0,91
Lacanau	Sept./Oct.	0,08	0,5	0,32
Cazaux Sanguinet	Octobre	0,16	0,31	0,19
Parentis Biscarosse	Nov./Déc.	0,07	0,16	0,07
Aureilhan	Janvier	0,05	0,12	0,14

concentration en mercure dans la chair de poisson Hg mg/kg poids frais (N=5)

→ **juillet 2013** : Mesure de gestion sanitaire : les sandres des lacs de Hourtin/Carcans et Lacanau INTERDITS à la consommation.

- Pourquoi certaines espèces de poissons et certains lacs semblent plus contaminés que d'autres ?
- Comment se répartit ce mercure au sein de chaque écosystème ?
- Quelle est l'origine de la pollution par le mercure de ces poissons ?
- Quels impacts cette pollution peut avoir sur la population humaine ?
- Quelle est la perception du risque par les consommateurs ?

## Origine de la contamination par le mercure

➔ **sources naturelles** : volcans, roches, océan...

➔ **sources liées aux activités humaines** : industries du chlore, incinération, destruction des forêts, amalgames dentaires et l'extraction minière : l'orpaillage ...

# Quelques clefs pour comprendre les mécanismes de contamination par le mercure



$\text{Hg}^{\circ}$  : mercure élémentaire  
(métal liquide à la température  
ordinaire – forme volatile)

spéciation  
chimique du  
mercure

# Quelques clefs pour comprendre les mécanismes de contamination par le mercure



$\text{Hg}^{\circ}$  : mercure élémentaire  
(métal liquide à la température  
ordinaire – forme volatile)

*oxydation* ↓ ↑ *réduction*

$\text{Hg}(\text{II})$  : Hg inorganique

spéciation  
chimique du  
mercure

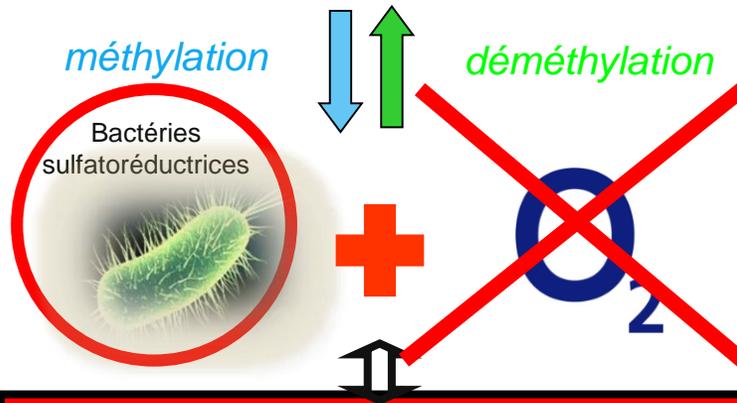
# Quelques clefs pour comprendre les mécanismes de contamination par le mercure



$\text{Hg}^{\circ}$  : mercure élémentaire  
(métal liquide à la température ordinaire – forme volatile)

oxydation ↓ ↑ réduction

$\text{Hg(II)}$  : Hg inorganique



Biofilm ou périphyton

MMHg : mercure organique  
monométhylmercure ( $\text{CH}_3\text{HgX}$ )

spéciation  
chimique du  
mercure

# Quelques clefs pour comprendre les mécanismes de contamination par le mercure

## Biofilm ou périphyton



Biofilm recouvre les plantes, sédiment, cailloux...

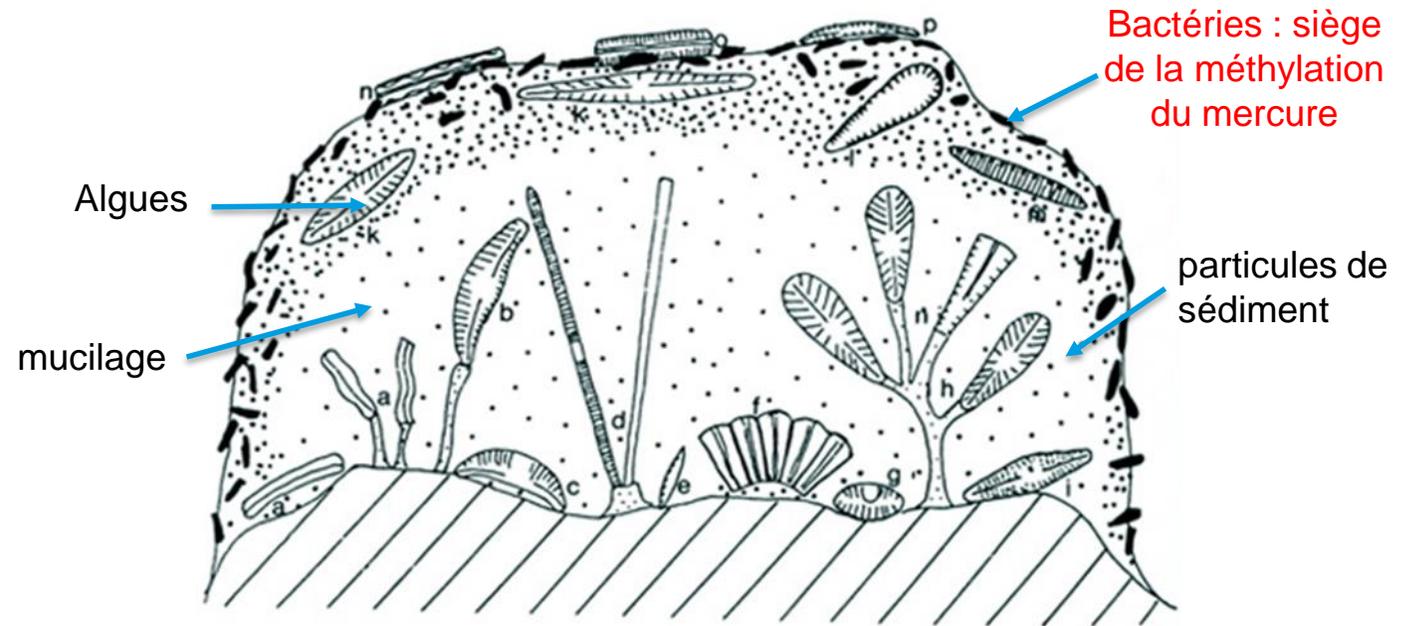
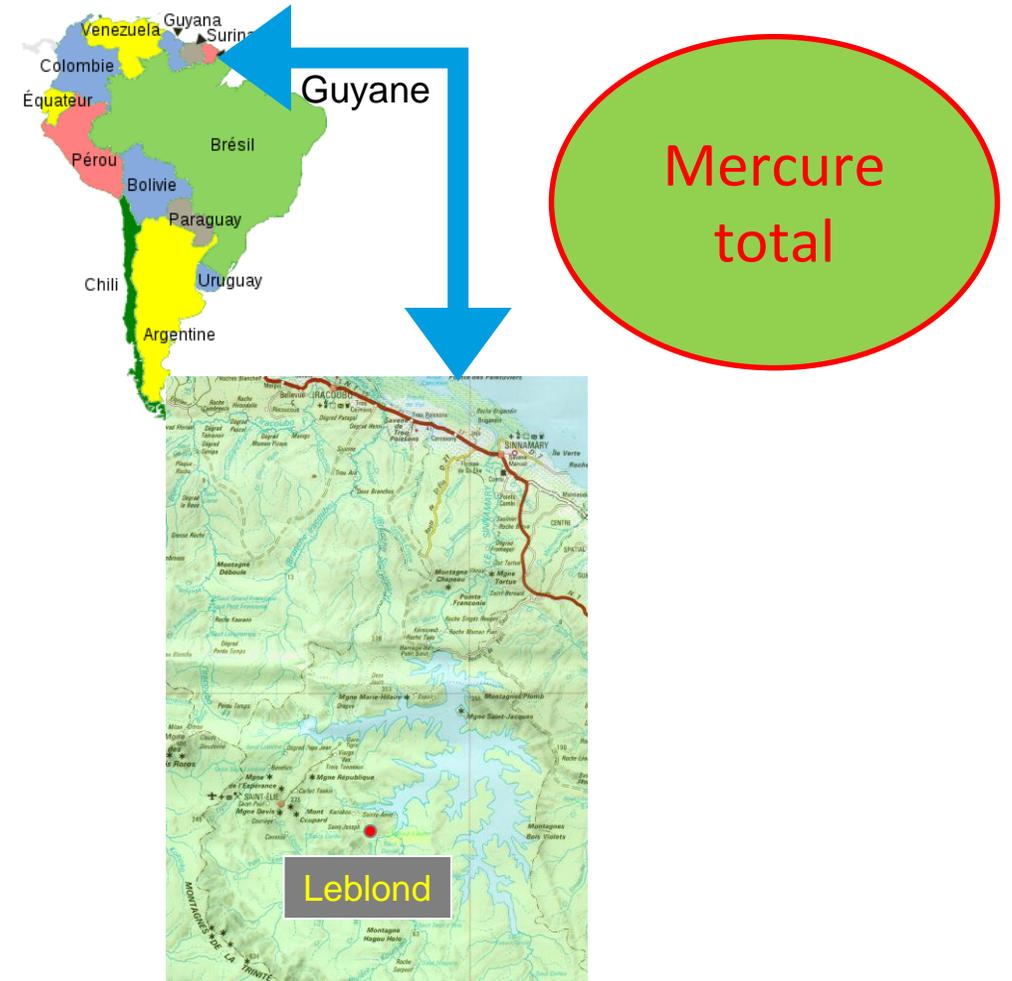


Schéma du biofilm (d'après Round, 1993)

# Bioaccumulation & bioamplification



eau  
Hg total dissous  
**0,000005 mg.L<sup>-1</sup>**  
(AIEA, Monaco)

# Bioaccumulation & bioamplification



Poisson herbivore  
[Hg]<sub>muscle</sub> : 0,05 mg.kg<sup>-1</sup>, pf  
**FBC X 1 000**

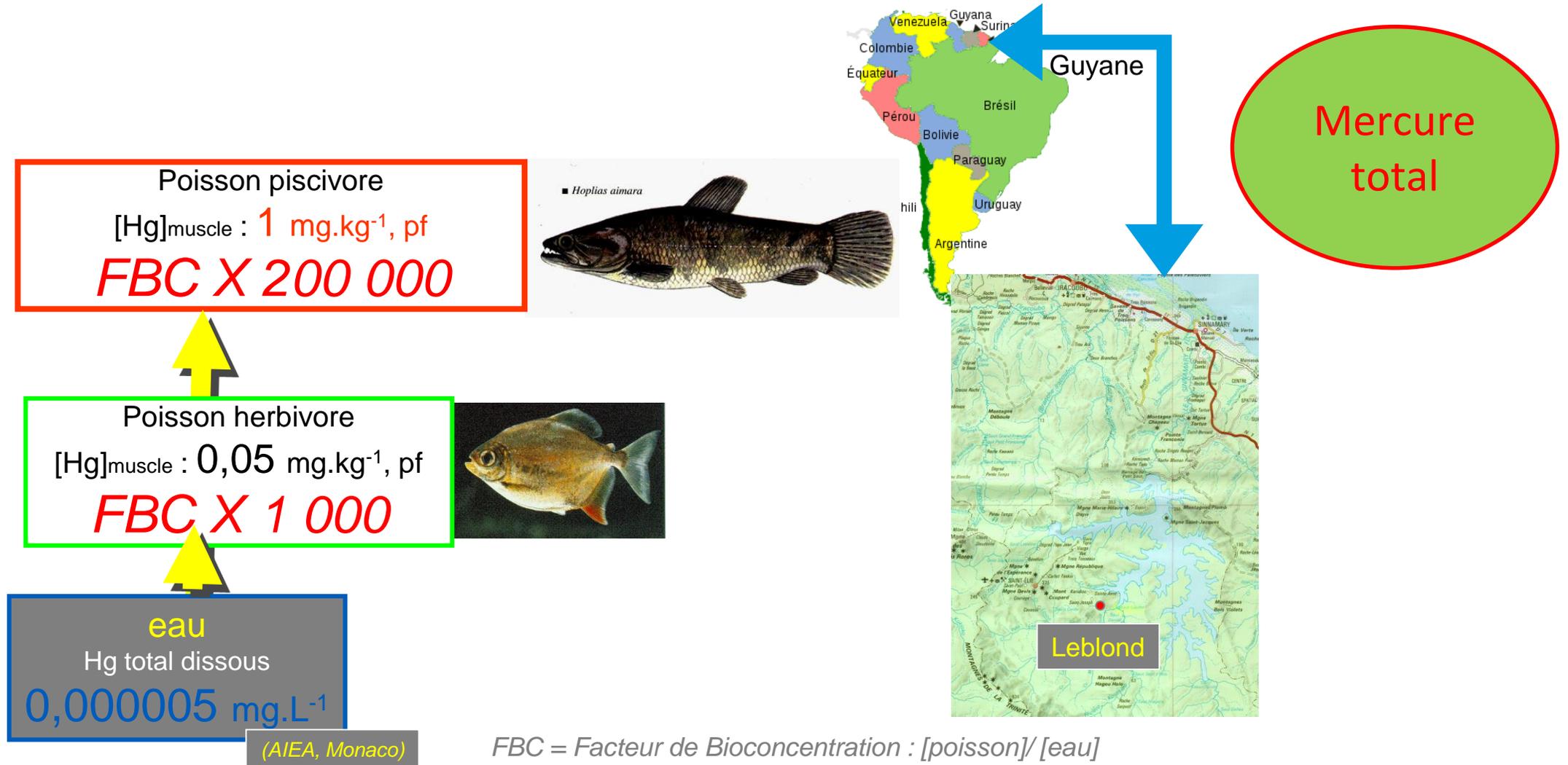


eau  
Hg total dissous  
0,000005 mg.L<sup>-1</sup>

(AIEA, Monaco)

FBC = Facteur de Bioconcentration : [poisson] / [eau]

# Bioaccumulation & bioamplification



# Bioaccumulation & bioamplification

Méthyl  
mercure

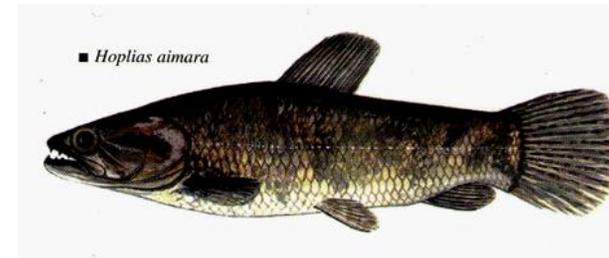
(AIEA, Monaco)

eau  
MMHg total dissous  
0,00000005 mg.L<sup>-1</sup>  
*1 % du Hg total*

*FBC = Facteur de Bioconcentration : [poisson]/ [eau]*

# Bioaccumulation & bioamplification

Méthyl  
mercure



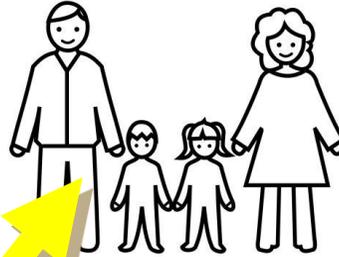
Poisson piscivore  
(*Hoplias aimara*)  
[MMHg]<sub>muscle</sub> : 1 mg.kg<sup>-1</sup>, pf  
**94 % du Hg total**  
**FBC X 20 millions**

(AIEA, Monaco)

eau  
MMHg total dissous  
0,00000005 mg.L<sup>-1</sup>  
**1 % du Hg total**

FBC = Facteur de Bioconcentration : [poisson]/ [eau]

# Bioaccumulation & bioamplification



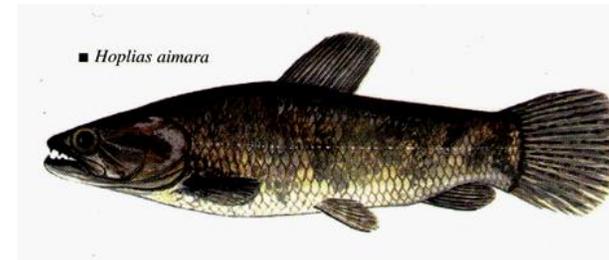
Transfert du Hg vers les populations humaines qui consomment du poisson

**Méthylmercure**

Poisson piscivore  
(*Hoplias aimara*)

[MMHg]<sub>muscle</sub> : 1 mg.kg<sup>-1</sup>, pf

**94 % du Hg total**  
**FBC X 20 millions**



(AIEA, Monaco)

eau

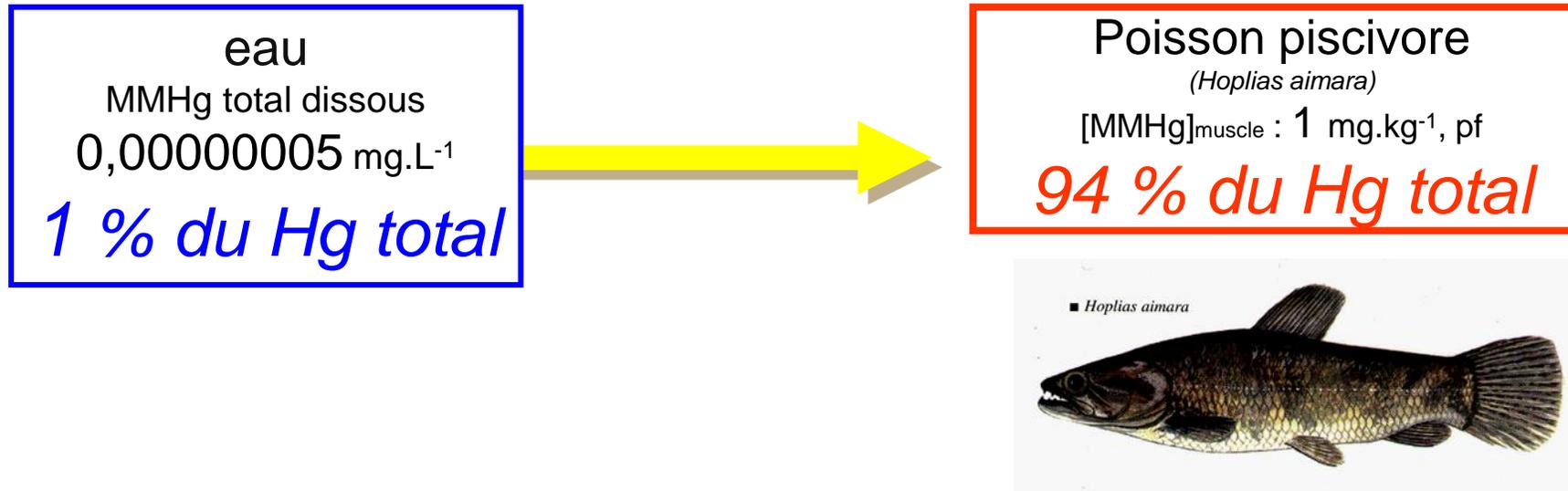
MMHg total dissous  
0,00000005 mg.L<sup>-1</sup>

**1 % du Hg total**

FBC = Facteur de Bioconcentration : [poisson]/[eau]

**MMHg**  
Fort pouvoir de pénétration  
Difficile à éliminer

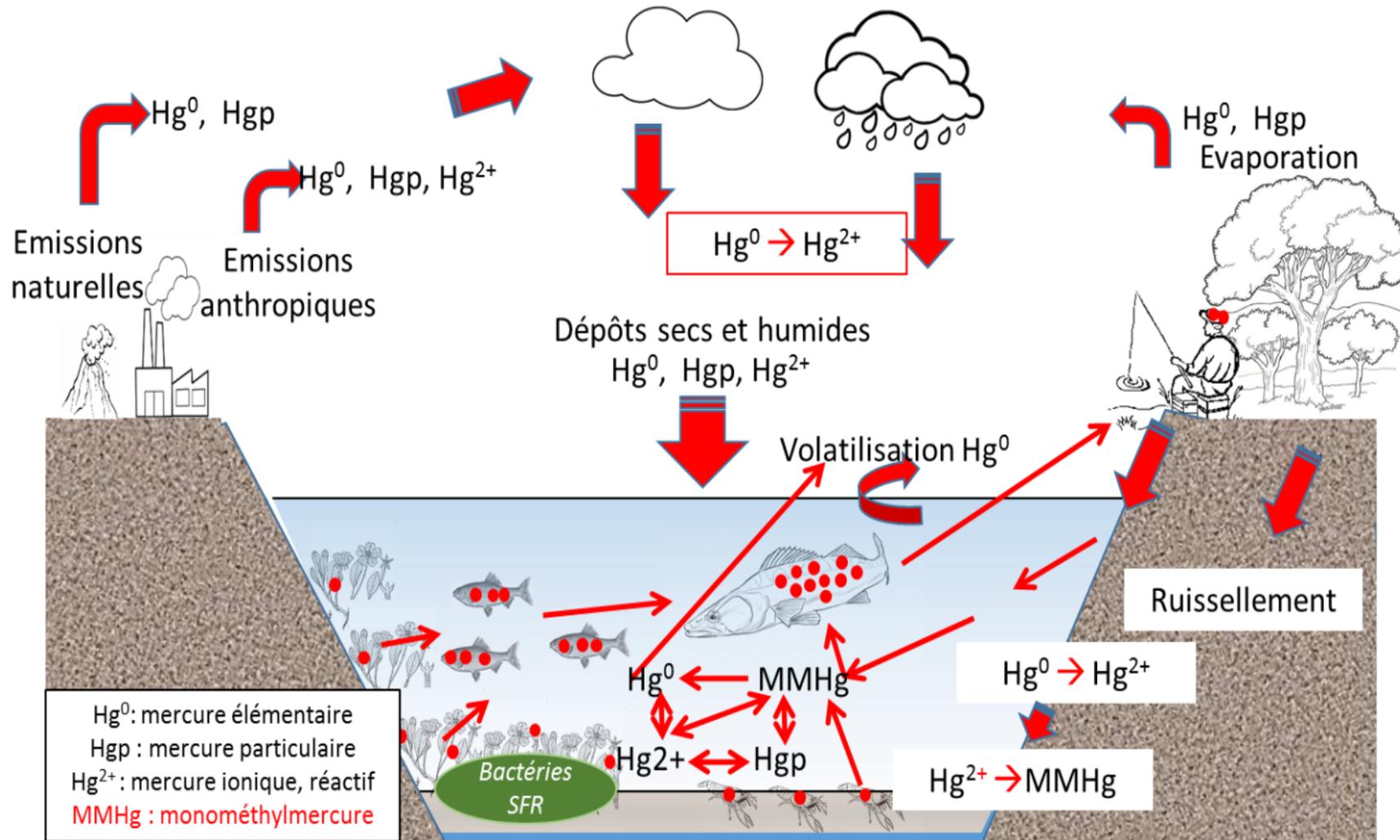
# Bioaccumulation & bioamplification



Il y a autant de MMHg dans 20 millions de litres d'eau que dans 1 aymara

On peut se baigner ou boire l'eau : Aucun risque de contamination par le mercure

# Cycle biogéochimique du mercure



# Liens entre la concentration de mercure dans les cheveux et les effets sur la santé (Mergler et Lebel, 2001).

Les cheveux sont de bons indicateurs pour évaluer l'imprégnation mercurielle chez l'homme

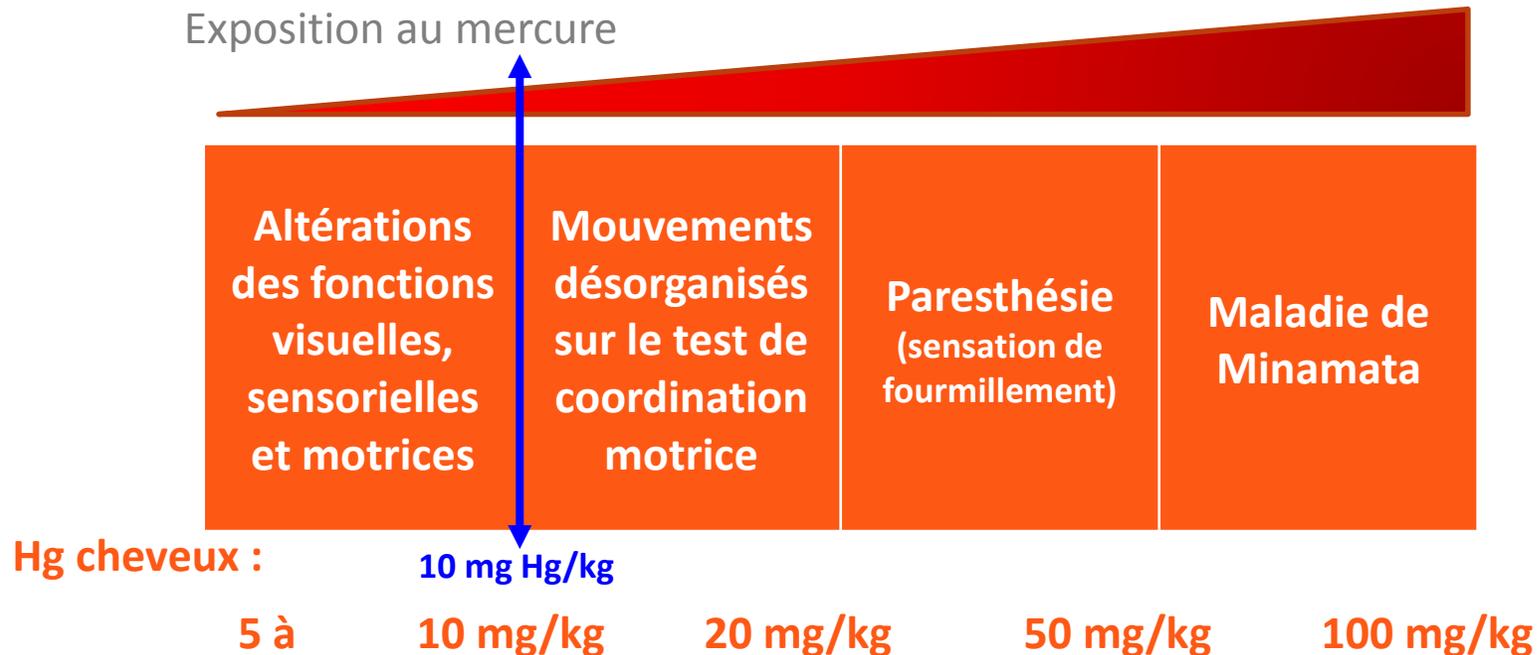
**Norme OMS dans les cheveux : 10 mg/kg poids sec, va passer à 5 mg/kg poids sec**  
**Moyenne en France : 0,6 mg/kg ps**

# Liens entre la concentration de mercure dans les cheveux et les effets sur la santé (Mergler et Lebel, 2001).

Les cheveux sont de bons indicateurs pour évaluer l'imprégnation mercurielle chez l'homme

**Norme OMS dans les cheveux : 10 mg/kg poids sec, va passer à 5 mg/kg poids sec**  
**Moyenne en France : 0,6 mg/kg ps**

## Signes cliniques et valeurs d'imprégnation capillaire



# Proposition pour le projet CLAQH : Niveau d'étude - principaux lacs Aquitains



# Proposition pour le projet CLAQH : Niveau d'étude - principaux lacs Aquitains

Nom du lac	Superficie (km <sup>2</sup> )	Profondeur maximale (m)	niveau d'enrichissement en matière organique du lac et mesure de la transparence
Hourtin-Carcans	62	11	eutrophe
Lacanau	20	8	méso-eutrophe
Cazaux-Sanguinet	58	23	oligo-mésotrophe
Parentis-Biscarrosse	35	20,5	méso-eutrophe

# Organisation du programme : plusieurs volets de recherche

## Volet 0 : pilotage et gouvernance

équipe EA - R. Maury-Brachet (coordinatrice) et le post doctorant

Hg

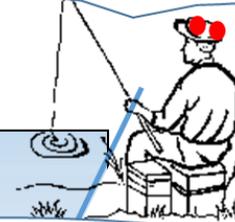


Volet 2 : où a lieu la méthylation du Hg : biofilm, interface eau-sédiment, poisson... ?  
Équipe EEM - R. Guyoneaud

Volet 3 : tracer l'origine du Hg des poissons selon les sources de nourriture  
équipe LCABIE - M. Monperrus



Volet 6 : risques pour la santé humaine  
équipe IMS - JM. André



Volet 4 : évaluer la couverture de la végétation aquatique pour quantifier la production de MeHg  
équipe CARMA – V. Bertrin

Volet 1 : quelle est la répartition des métaux dans le biote des lacs ?  
équipe EA - A. Legeay



Volet 5 : étudier le sédiment pour quantifier la production de MeHg  
équipe ECOBIOC - P. Anschutz

# Volet 0 : pilotage et gouvernance – durée 4 ans

## → **Coordination : R. Maury-Brachet**

- ❖ Interlocutrice privilégiée : partenaires scientifiques ; financeurs ; associations ; collectivités...
- ❖ Une réunion de lancement en présence des partenaires et des financeurs
- ❖ organisation et gestion des missions de prélèvements sur le terrain
- ❖ synthèse des données scientifiques
- ❖ rédaction des rapports annuels et finaux
- ❖ Points semestriels entre les différents partenaires et 12, 24 et 36 mois : rapport

→ **base de données commune** aux 6 partenaires mise à disposition des financeurs et des gestionnaires

→ **À la fin du projet** : présentation au grand public : réunions publiques, exposition itinérante (Cap Sciences)

# Avis de l'ANSES :

Lacs	prélèvements	Gardon (omnivore)	Sandre (carnassier)	Brochet (carnassier)
Hourtin Carcans	Juin	0,12	0,92	0,91
Lacanau	Sept./Oct.	0,08	0,5	0,32
Cazaux Sanguinet	Octobre	0,16	0,31	0,19
Parentis Biscarosse	Nov./Déc.	0,07	0,16	0,07
Aureilhan	Janvier	0,05	0,12	0,14



+

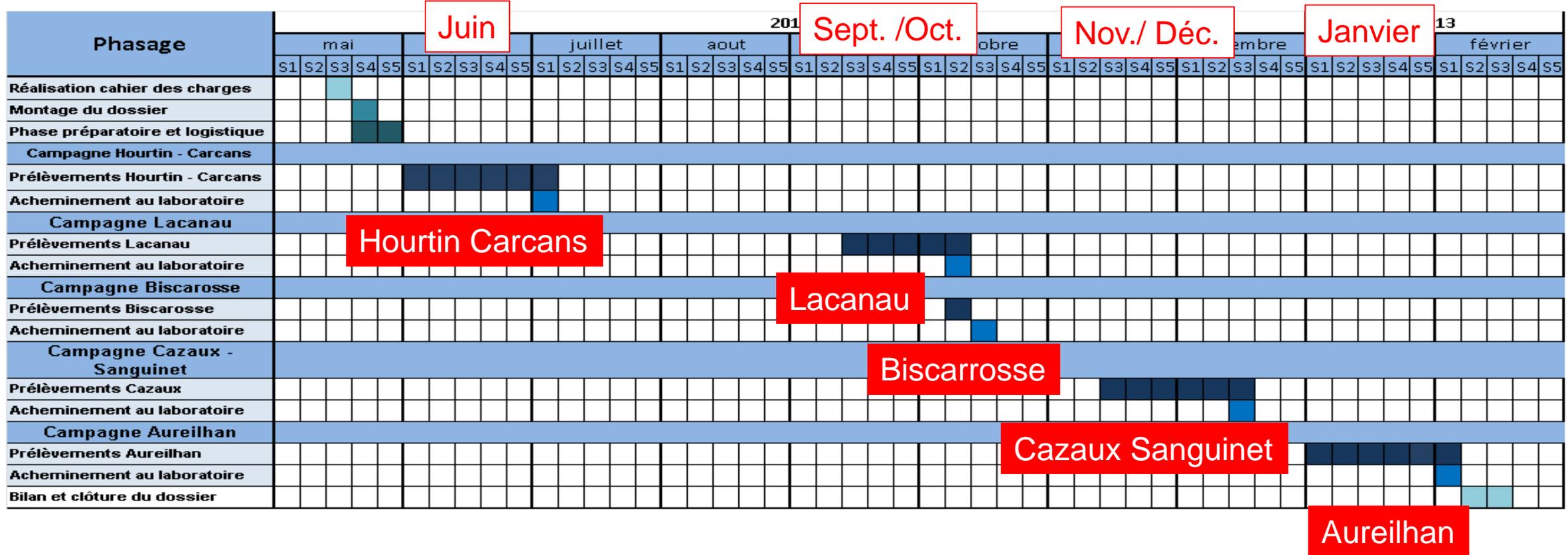
Gradient de contamination Nord Sud ???

-

concentration en mercure dans la chair de poisson Hg mg/kg poids frais (N=5)

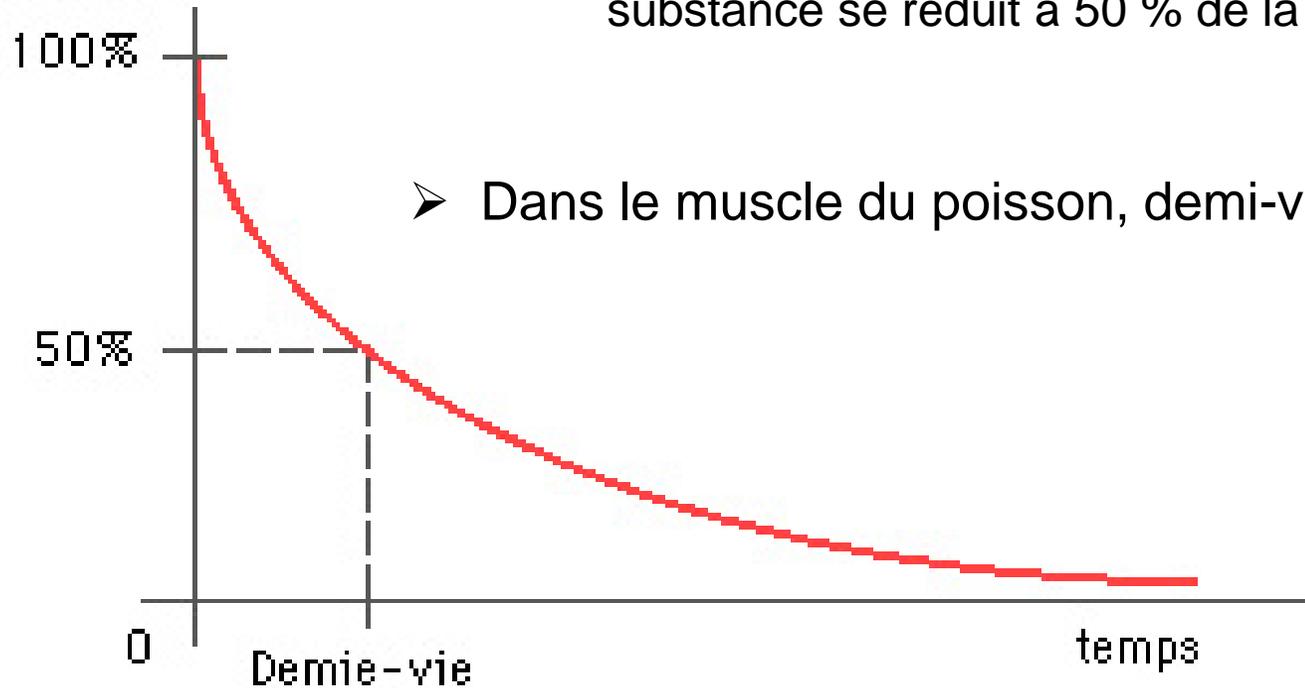
# Avis de l'ANSES :

## Etude de l'Anses :



# Avis de l'ANSES :

% de Parent



La demi-vie d'une molécule : temps au cours duquel la concentration d'une substance se réduit à 50 % de la concentration de départ

➤ Dans le muscle du poisson, demi-vie du **Méthylmercure** : de 30 à 90 jours

**1<sup>ère</sup> question : Gradient de contamination existe ou lié à la période de prélèvement ?**

## Saisine n°2012-SA-0066

Dans l'avis du 10 novembre 2008 (saisine 2008-SA-0190), L'avis distinguait ainsi :

- 1. Les espèces faiblement accumulatrices réglementées à 0,5 mg Hg / kg pf : truites, hotus, ablettes, gardons.
- 2. Les espèces fortement accumulatrices réglementées à 0,5 mg Hg / kg pf : Sandres, aspes, barbeaux, perches, brèmes, tanches, chevesnes, silures.
- 3. Les espèces fortement accumulatrices réglementées à 1 mg Hg / kg pf : anguilles et brochets.

→ 2ème question : **Correspond bien à une réalité écologique de leur niveau dans la chaîne alimentaire ?**

## → Pour répondre à ces 2 questions :

### Le projet CLAQH:

#### Réponse 1<sup>ère</sup> question :

**1<sup>ère</sup> année : Echantillonnage sur les 4 lacs regroupé sur 2 mois à l'automne pour éliminer l'effet « saison » sur les niveaux de contamination par le mercure des poissons**

- **Objectifs : collecter un nombre suffisant d'espèces de poisson**

**2<sup>ème</sup> année : Faire un suivi saisonnier : pour une espèce carnivore et 1 seul lac (4 pêches sur 1 année) :**

(variation de : température de l'eau, nourriture disponible, dépense énergétique...)

#### Réponse 2<sup>ème</sup> question :

**Le volet 1 : permettra d'apporter des réponses sur les différences ou pas de contamination des poissons en fonction de l'espèce et du régime alimentaire**

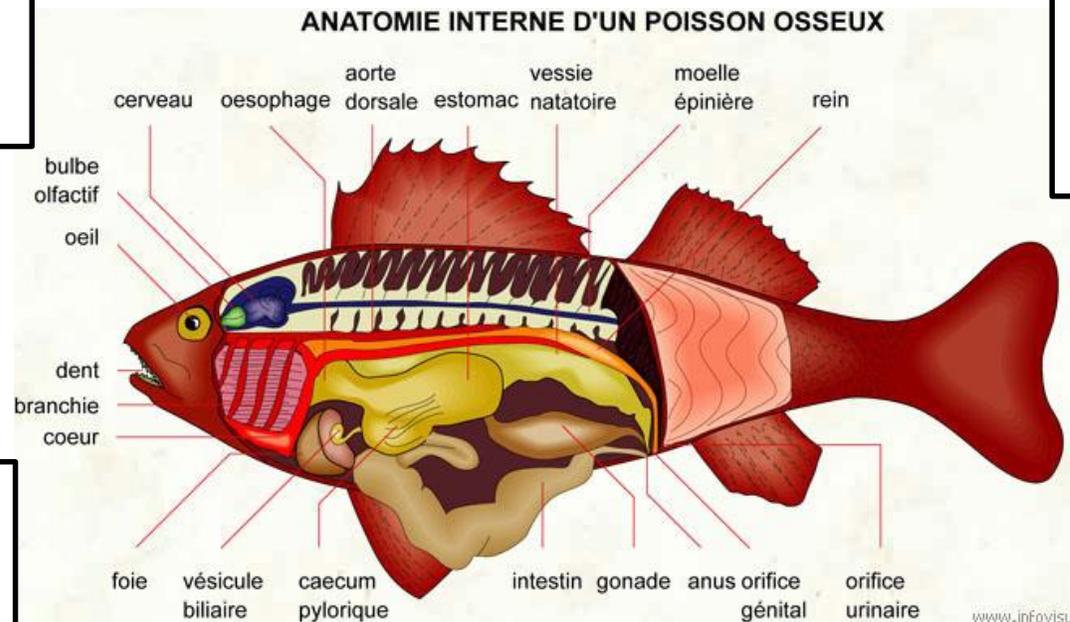
# Volet 1. Etudier la répartition du mercure dans les lacs

## Objectifs :

- 1- Pêcher **différents niveaux trophiques chez les poissons** : carnassiers, omnivores, détritivores....
- 2- Échantillonner **la nourriture des poissons** : écrevisses, mollusques, insectes, plantes, biofilm...

**Paramètres biométriques**  
longueur standard et totale,  
poids total et organes, indice  
de condition, sexe

## Sur chaque poisson :



**Dissection et conservation**  
**des principaux organes**  
en vue d'analyses  
complémentaires

**Analyse métaux**  
(Hg total, **MeHg**,  
9 autres métaux traces : (Cd,  
Cu, Zn, Pb, Ni, Cr, V, Al, Ag...))

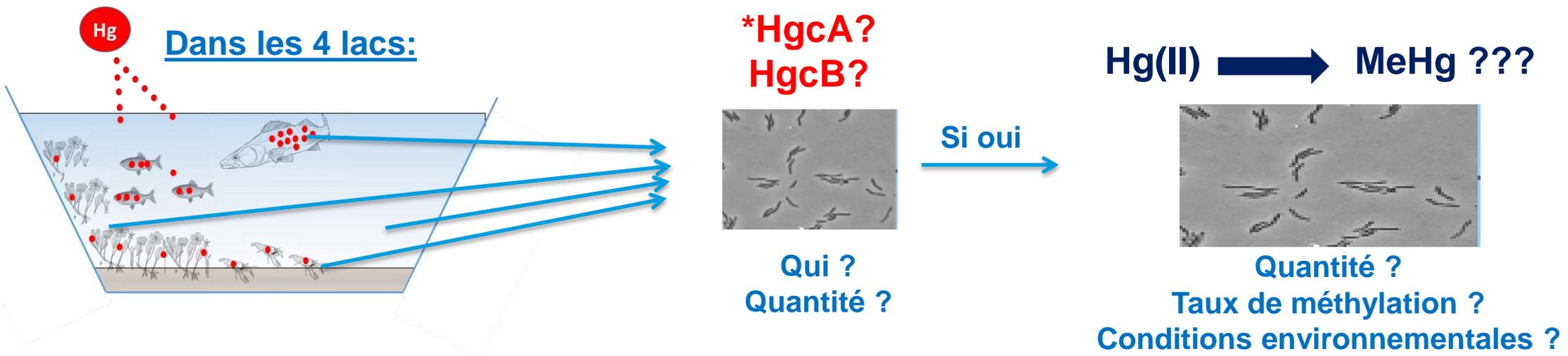
**Détermination de l'âge**  
Squelettométrie - écaille

**Analyse niveau trophique**  
isotopes du carbone ( $\delta^{13}\text{C}$ )  
et de l'azote ( $\delta^{15}\text{N}$ )

# Volet 2: Caractériser la méthylation du Hg par les microorganismes

Etude précédente: Sur lac de Cazaux Sanguinet, présence de sulfato-réducteurs capables de méthyler le Hg au niveau des racines des plantes (doctorat S. Gentès) mais tests en labo et besoin de + d'infos.

Cette étude : Utilisation d'une méthode INNOVANTE (+ d'infos, précise, rapide) ! **Depuis 2013**

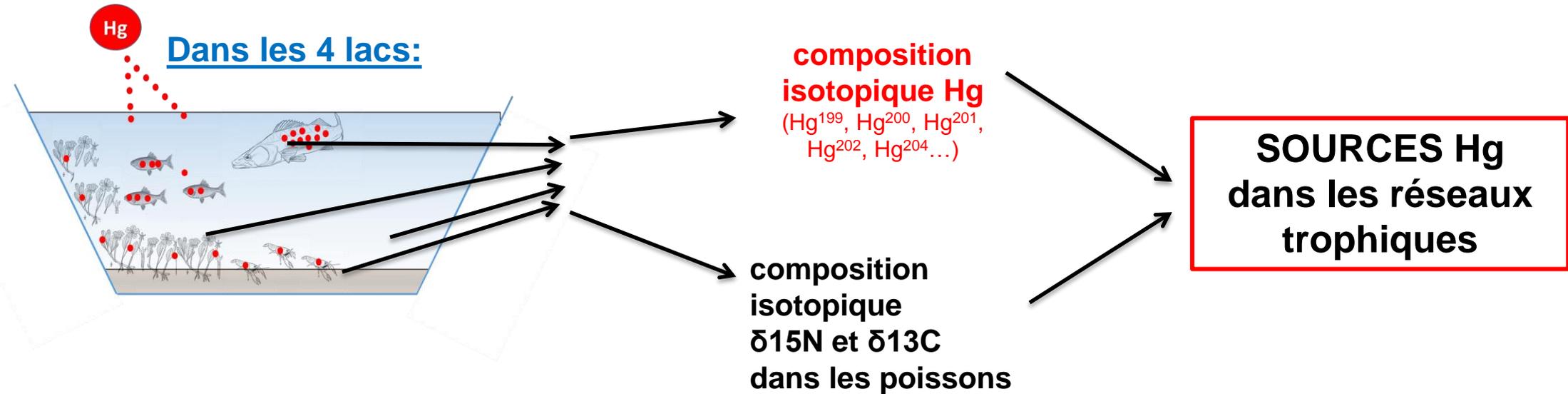


➔ **Corrélation des résultats avec le volet 4 (plantes)**

**\*hgcA et hgcB: 2 gènes nouveaux, marqueurs de la méthylation potentielle du Hg *in situ***

# Volet 3: Tracer l'origine du mercure dans les lacs aquitains

## Objectif 1 :



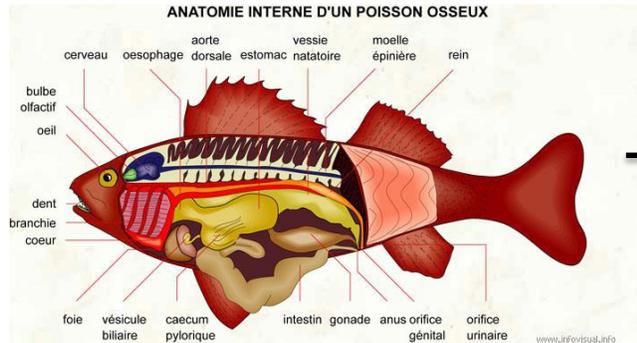
## Outils :

**Composition isotopique Hg : méthode récente (10 ans) et pointue** : couplage d'une chromatographie en phase gazeuse (GC) avec un multicollecteur ICP-MS (GC-MC-ICP-MS)

# Volet 3 : Tracer l'origine du mercure dans les lacs aquitains

## Objectif 2 :

Sur sélection d'organes et de l'espèce de poisson



composition isotopique Hg

processus de métabolisation du Hg et de bioamplification dans le réseau trophique

## Outils :

Composition isotopique Hg : même méthode

# Volet 4 : Distribution et écologie des macrophytes des lacs

## → Objectifs :

- Identifier les principales espèces végétales et leur répartition
- Cartographier le recouvrement des herbiers à l'échelle des 4 lacs
- Lien volet 2 : Caractériser la biomasse végétale et l'activité du biofilm issu des plantes aquatiques.

## → Moyens :

### 2 communautés de macrophytes étudiées :

- les hélrophytes (enracinées à la tige émergée)
- Les hydrophytes (enracinées totalement immergées)
- Algues ??



Lac de Cazaux- Sanguinet

# Volet 4 : Distribution et écologie des macrophytes des lacs



- **3 sites de prélèvements par lac :**

Prélèvements de plantes durant la période de végétation (juin à septembre) : évaluer la quantité de biofilm.

Mesures des recouvrements des plantes à l'échelle des lacs (échosondeur couplé à un GPS)  
chaque enregistrement : présence/absence des plantes, densité (abondance, hauteur, etc.), biomasse (poids secs) à différentes profondeurs.

Les recouvrements des héliophytes : photos aériennes et observations sur le terrain  
estimation de la surface

# Volet 5 : caractérisation biogéochimique du milieu et étude du sédiment pour quantifier la production de MeHg

## Contexte :

Une étude en cours (thèse D. Buquet) étudie de la biogéochimie des lacs d'Hourtin et de Lacanau

## Objectif :

- Faire une étude comparative au niveau des lacs landais pour mieux comprendre le fonctionnement biogéochimique de chaque lac
- Cartographie des sédiments et les caractériser
- établir des liens avec la contamination par le mercure des 4 lacs

## Analyses :

- T, conductivité, pH, sels nutritifs, O<sub>2</sub>, Fe, Mn et S..., analyse des métaux traces (HgT et MMHg) dans la fraction fine des sédiments

# Volet 6 : Appréhender la perception par l'homme des risques de contamination par le mercure :

## 3 Objectifs :

1. évaluer la perception par l'homme des risques de contamination par le mercure
2. analyser le Hg dans les cheveux pour révéler ou non un risque pour la santé humaine
3. informer et sensibiliser la population sur les risques réels liés à la présence de contaminants dans le milieu.



## → Démarche méthodologique :

- Préparation des enquêtes de terrain et des supports de communication / sensibilisation.
- Enquêtes sur le terrain par des questionnaires et des entretiens auprès de volontaires « pêcheurs, touristes, consommateurs de poissons »
- Prélèvements d'échantillons de cheveux sur ces mêmes volontaires pour dosage du mercure total
- Dépouillement et analyse des enquêtes.

# Conclusion - durée du projet : 4 ans

## → **Synthèse de l'ensemble des résultats pour répondre aux objectifs de départs :**

- . Pourquoi certaines espèces de poissons et certains lacs semblent plus contaminés que d'autres ?
- . Comment se répartit ce mercure au sein de chaque écosystème ?
- . Quelle est l'origine de la pollution par le mercure de ces poissons ?
- . Quels impacts cette pollution peut avoir sur la population humaine ?
- . Quelle est la perception du risque par les consommateurs ?

## → **Répondre aux besoins des acteurs socio-économique :** donner des outils, constituer une base de données

## → **1 fois par an :** avancement des recherches et restitution des résultats sous forme de réunion publique

## → **À la fin du projet :** des affiches explicatives sur les niveaux de contamination en mercure des poissons en concertation avec les instances publiques seront réalisées.



→ Merci pour votre attention

# • Plusieurs volets de recherche :

## → Volet 1. Etudier la répartition du mercure dans les lacs

Université de Bordeaux/UMR EPOC 5805 équipe d'Ecotoxicologie Aquatique : Régine Maury-Brachet, IR ; Agnès Feurtet-Mazel, MCU ; Alexia Legeay, MCU ; Magalie Baudrimont, Pr.



## → Volet 2. Caractériser la méthylation du mercure par les micro-organismes:

Université de Pau et des Pays de l'Adour - IPREM - UMR CNRS 5254: Rémy Guyoneaud, Pr.



## → Volet 3. Tracer l'origine du mercure

Université de Pau et des Pays de l'Adour - IPREM - UMR CNRS 5254: Mathilde Monperrus, MCU ; Zoyne Pedrero Zayas, CR CNRS.



## → Volet 4. Ecologie des macrophytes des lacs

Irstea, EABX, équipe CARMA : Vincent Bertrin, IE ; Cristina Ribaud, Post-Doctorante



## → Volet 5 : Étudier le sédiment pour quantifier la production de MeHg :

Uni. de Bordeaux/ UMR EPOC 5805 – équipe ECOBIOC : Pierre Anschutz PR ; Gwénaél Abril DR ; Dominique Poirier Tech ; Stéphane Bujan IE.



## → Volet 6. Appréhender les risques de contamination par les usagers

Ecole Nationale Supérieure de Cognitique (ENSC) et laboratoire IMS UMR 5218, équipe CIH : Jean Marc André, Pr, Véronique Lespinet-Najib, MCU-HDR.

