

Ressources géologiques – usage et conséquences

Transferts de matières et de polluants dans le système girondin

Actuellement, ~70% de la population globale vivent à proximité des zones côtières, tendance croissante...

2011: 16 des 26 méga-cités sur la côte (UN-DESA 2012)

Les zones côtières représentent les interfaces entre le continent et l'océan.

Elles lient des environnements continentaux et côtiers contrastés et assurent de nombreuses fonctions **écosystémiques** et **socio-économiques**:

- **Biotopes spécifiques** (habitats, migration de poissons, frayères, nourriceries...)
- **Transfert de matière du continent à l'océan** (cycle de l'eau, produits d'érosion et d'altération chimique, nutriments, **polluants**...)

Transferts de matières et de polluants dans le système girondin

services socio-économiques = exploitation :

- Production de nourriture (pêche, aquaculture, ramassage)
- Navigation, transport de matériaux et de déchets (autrefois?)
- Refroidissement d'usines (e.g. centrales nucléaires)
- Extractions de granulats
- Production d'énergie (vent, houle, marée....)
- Tourisme/ loisirs
- Habitations

Changement Global: beaucoup de scénarios..

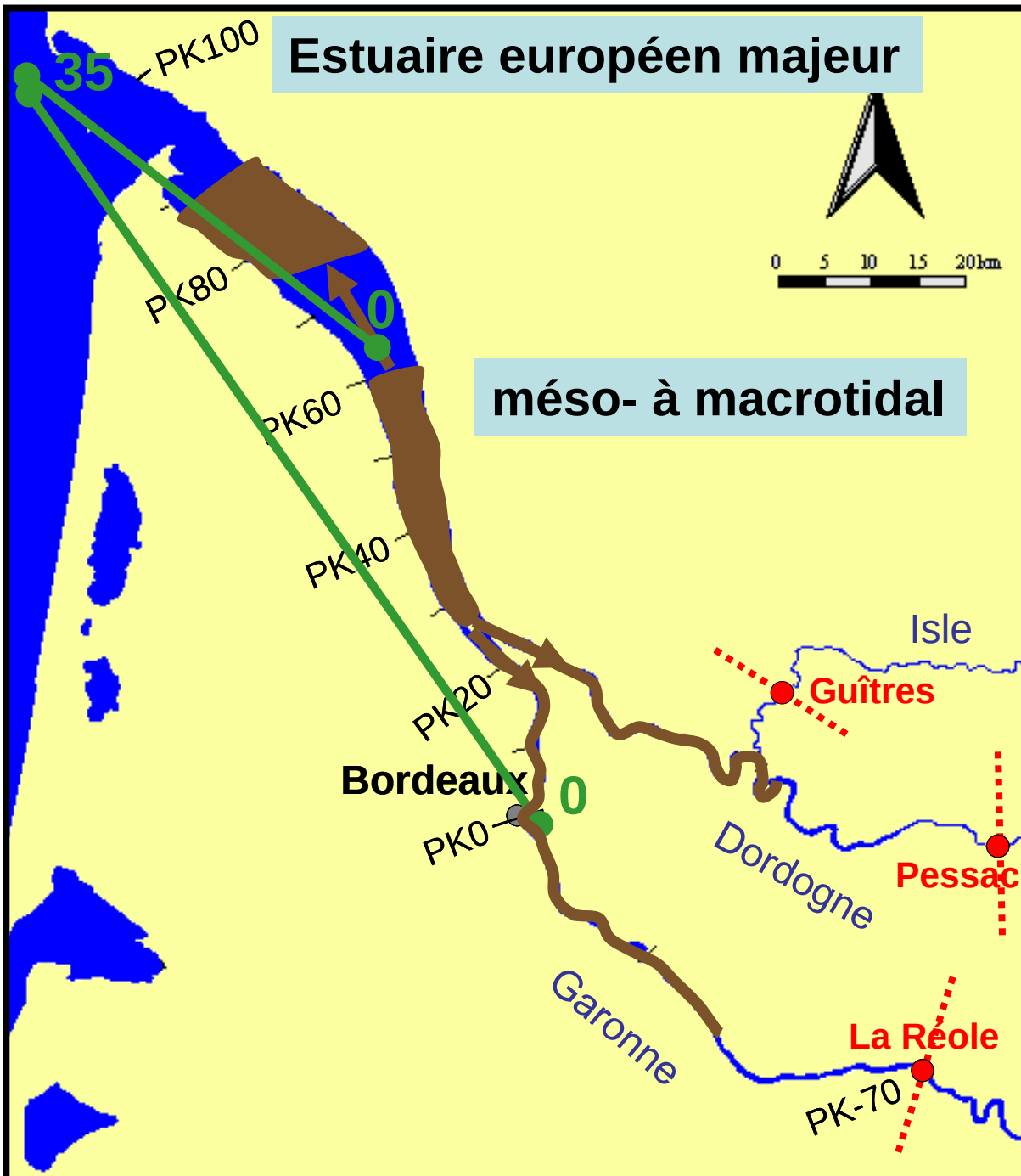
Les environnements côtiers sont des zones particulièrement vulnérables !

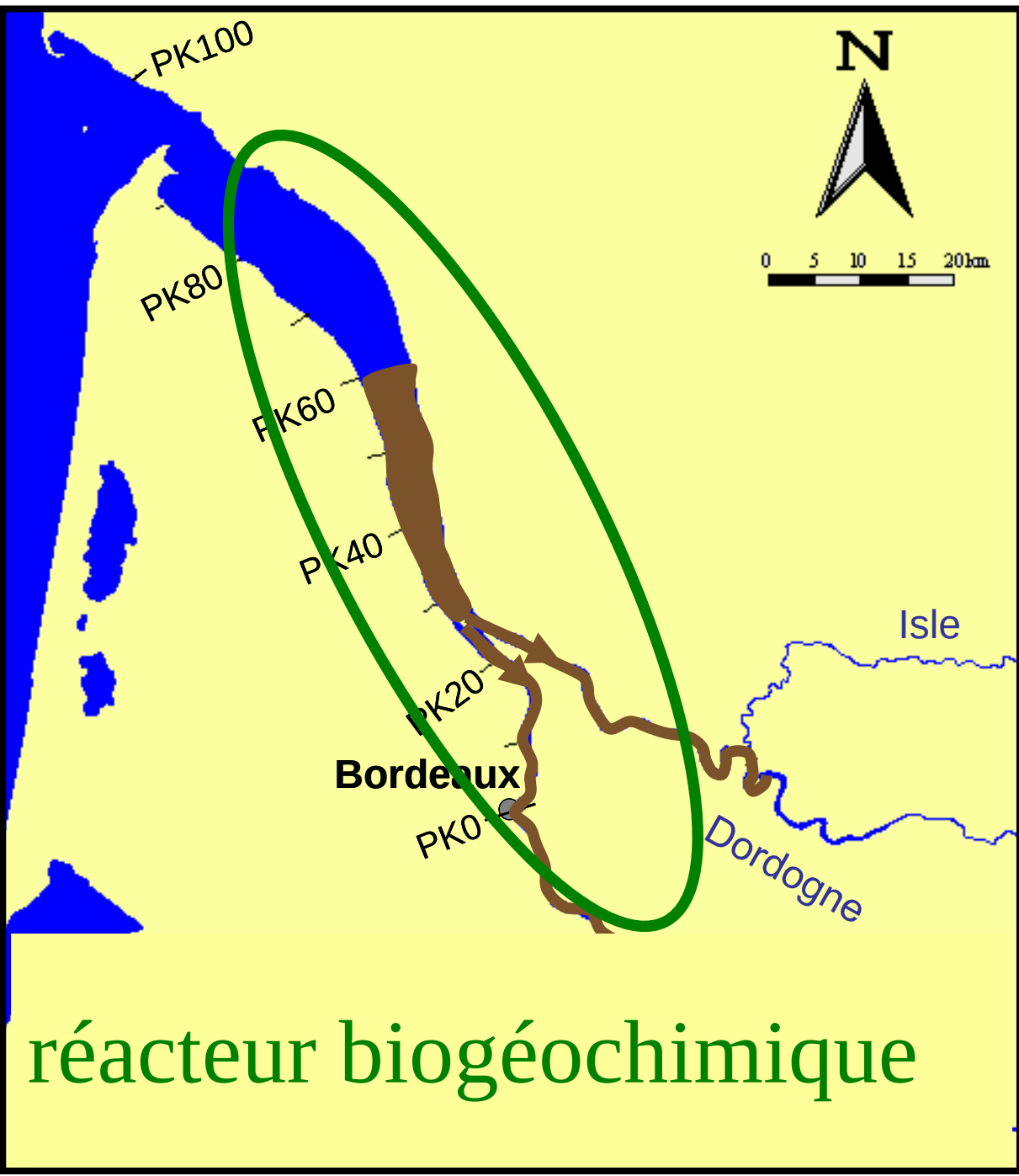
L'estuaire de la GIRONDE

Gradient de salinité

**Zone de Turbidité
Maximale**
« Bouchon vaseux »
4-5 Mt MES
(> 1 g.L⁻¹ en surface)

Temps de résidence
Eaux: 15 - 80 jours
Particules 1-2 ans





Changement Global (**tendances probables**)

- débits rivières ↓
- crues exceptionnelles ↑
- niveau marin ↑
- intrusion saline ↑
- turbidité ↑
- temps de résidence ↑
- hypoxie ↑
- urbanisation ↑
- polluants ↓ ou ↑



La Gironde est le système estuarien le plus vaste de la façade atlantique européenne. Ce système méso- à macro-tidal a un fonctionnement proche d'un état de référence naturel, comme en témoigne la présence d'un ensemble de poissons migrateurs unique en Europe. (2000! Depuis dégradation rapide)



Pêche: Alose, Flet, Mulet, Anguille, Crevettes...

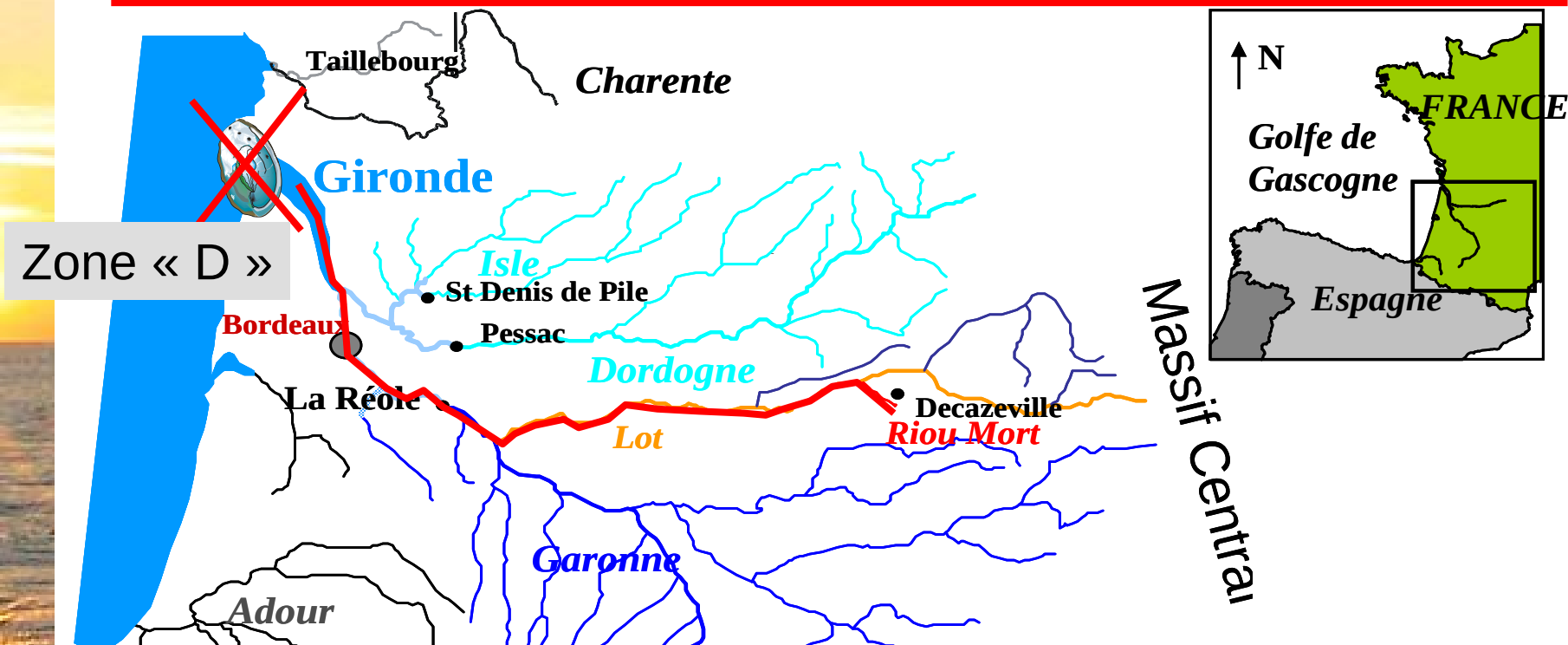
Aquaculture (Nord-Médoc): Gambas



Huitres? Moules? Coques?

La production (ramassage, grossissement, etc...) de coquillages pour la consommation humaine est interdite dans l'estuaire de la Gironde

Pollution du système fluvio-estuarien par le cadmium (Cd)



Concentrations en mg de cadmium par kg de corps mou (poids sec):

1979: $> 100 \text{ mg kg}^{-1}$ (contrairement à $1-2 \text{ mg kg}^{-1}$ dans les huîtres d'Arcachon)

2004: $40-60 \text{ mg kg}^{-1}$ 2015: $20-30 \text{ mg kg}^{-1}$

RNO: Réseau National d'Observation, IFREMER

Réseau de Biosurveillance sur ~100 sites de la côte française

Pollution du système fluvio-estuarien par le cadmium (Cd)

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Métaux de transition										Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac															
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

Cadmium est un métal très toxique pour l'homme.

Il fait partie des 8 métaux considérés comme polluants prioritaires par la Communauté Européenne:

Cd	cadmium
Zn	zinc
Pb	plomb
Cu	cuivre
Hg	mercure
As	arsenic
Ni	nickel
Cr	chrome

Il existe des recommandations de consommation maximale (7 µg de Cd par kg masse corporelle par semaine) de la part de l'OMS (Organisation Mondiale de Santé)

Intoxications accidentelles et chroniques.

Pollution polymétallique du système fluvio-estuarien

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac															
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

Pollution polymétallique du système fluvio-estuarien

Cd cadmium

Zn zinc

Pb plomb

Cu cuivre

Hg mercure

As arsenic

Ni nickel

Cr chrome

										He
										B C N O F Ne
										Al Si P S Cl Ar
Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se Br Kr
Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te I Xe
W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po At Rn

Le système fluvio-estuarien de la Gironde

montre des anomalies géochimiques (signes de contamination?)

pour **6 des 8 métaux prioritaires**.

La classification des éléments par V. M. Goldschmidt

= classification géochimique des éléments (années 1920)

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn

Lithophiles – silicates, aluminates

Sidérophiles - fer

Chalcophiles - soufre

Atmosphères

Pollution polymétallique du système fluvio-estuarien

Cd cadmium

Zn **zinc**

Pb **plomb**

Cu **cuivre**

Hg **mercure**

As arsenic

Ni **nickel**

Cr chrome

Éléments chalcophiles

= qui « aiment le soufre »

He

B C N O F Ne

Al Si P **S** Cl Ar

Cr Mn Fe Co Ni ~~Cu~~ Zn Ga Ge As Se ~~Br~~ Kr

Mo Tc Ru Rh Pd Ag **Cd** In Sn Sb Te I Xe

W Re Os Ir Pt Au Hg Tl Pb Bi Po At Rn

Pourquoi l'extraction de zinc a-t-elle été à l'origine d'une pollution par cadmium, mercure, cuivre, plomb, arsenic, etc.?

Pollution polymétallique du système fluvio-estuarien

Cd cadmium

Zn zinc

Pb plomb

Cu cuivre

Hg mercure

As arsenic

Ni nickel

Cr chrome

Éléments chalcophiles

= qui « aiment le soufre »

Minéraux: sulfures des métaux

Spalérite ZnS

Galène PbS

Cinabre HgS

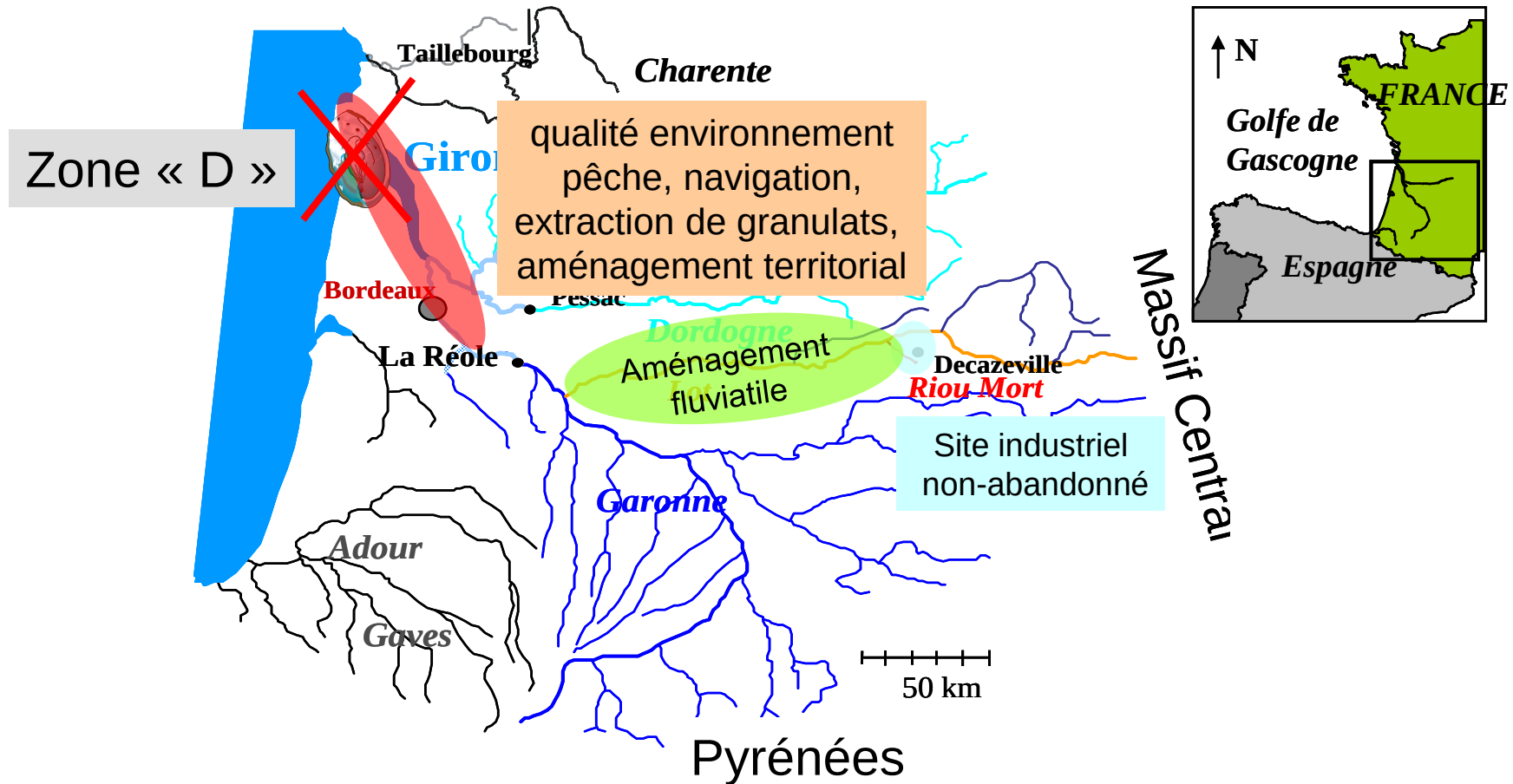
Arsénopyrite FeAsS

Cadmium, mercure, cuivre, plomb, arsenic, etc.

sont des éléments accessoires des minerais sulfurés de zinc

Pollution polymétallique du système fluvio-estuarien

Contexte socio-économique



Pollution polymétallique du système fluvio-estuarien

Contexte socio-économique

Marennes-Oléron

EU (février 2002):
Cd < 5 mg.kg⁻¹

Zone « D »

qualité environnement
pêche, navigation,
extraction de granulats,
aménagement territorial

Charente

Taillebourg

Bordeaux

La Réole

Dordogne Aménagement fluvial

Site industriel
non-abandonné

Decazeville
Riou Mort

Garonne

Massif Central

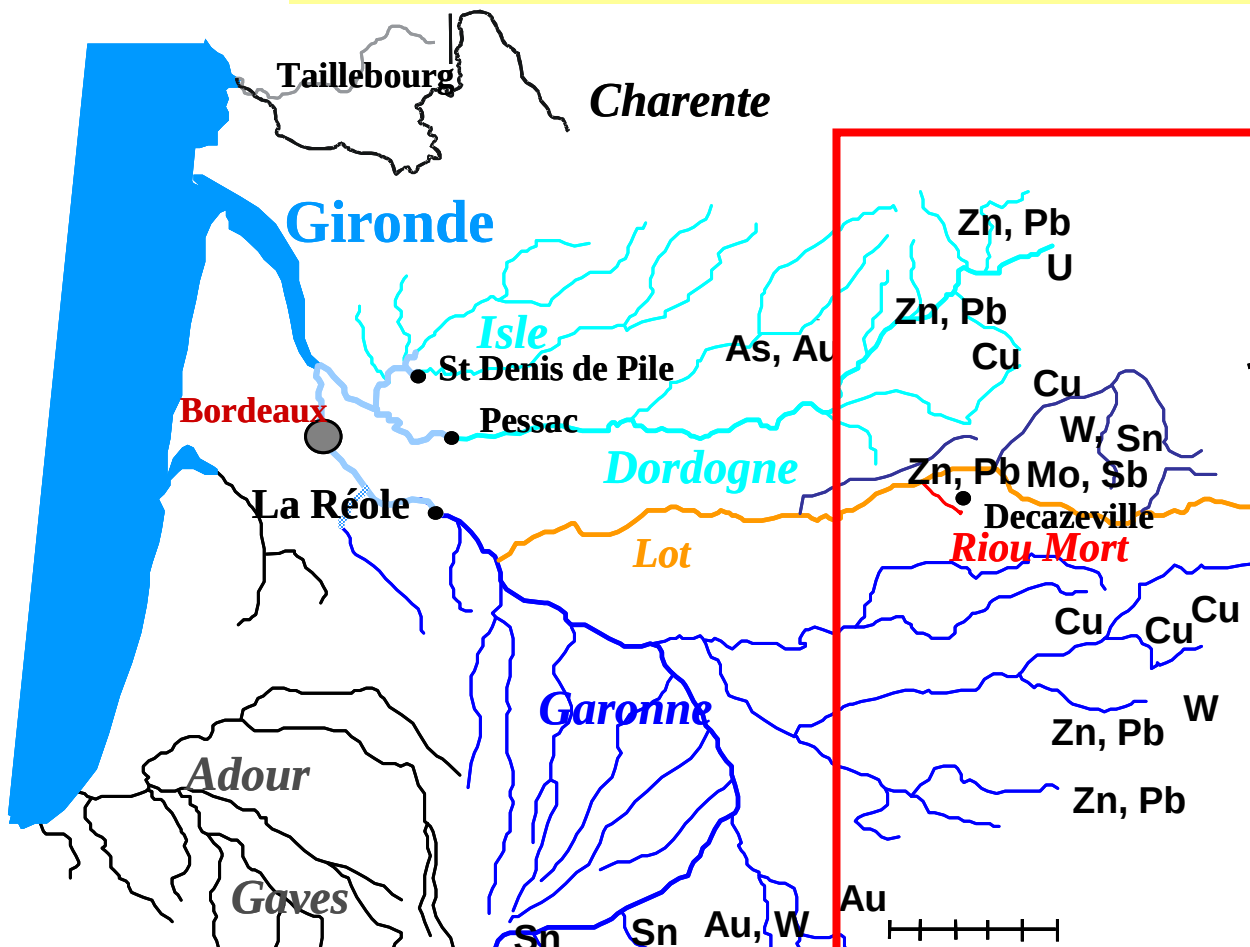


Malgré l'arrêt de l'extraction de Zn suite à une pollution accidentelle en 1986, le problème persiste dû aux stocks de déchets miniers sur le site industriel et les accumulations des métaux dans les sédiments de rivière (barrages).

Ainsi, la pollution polymétallique du continuum fluvio-estuarien de la Gironde est une menace potentielle pour l'ostréiculture de la Baie de Marennes-Oléron, probablement la plus importante d'Europe.

Métaux = substances utiles, gisements

Exploration - exploitation - extraction



Éléments chalcophiles = « qui aiment le soufre »

**Souvent associés dans leurs gisements: minerais sulfurés
(comportement géochimiques plus ou moins similaires)**



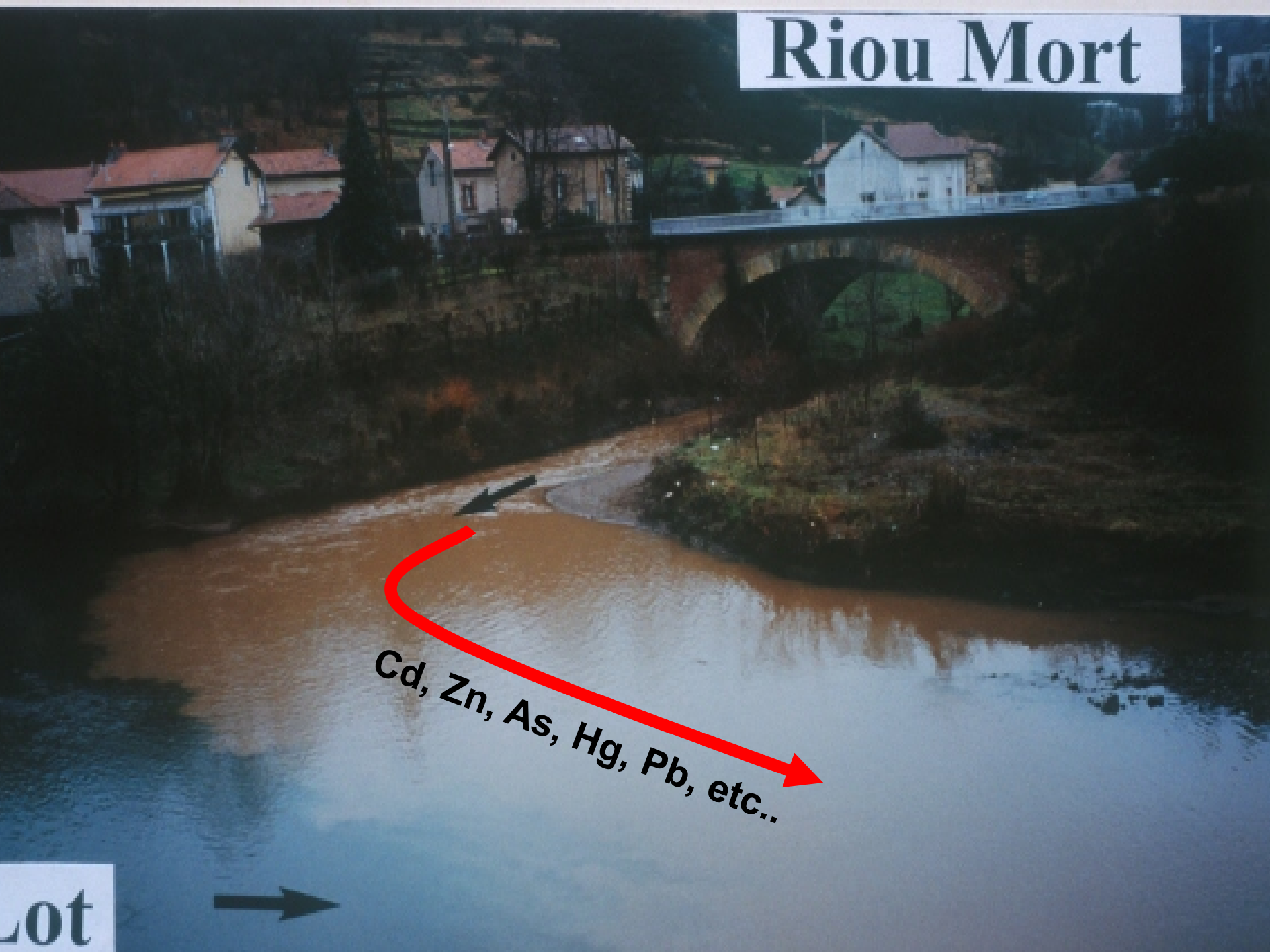






Cd, Zn, As, Hg, Pb, etc.

Riou Mort



Cd, Zn, As, Hg, Pb, etc..

Lot



« Le comportement des éléments-trace dans l'environnement ? »

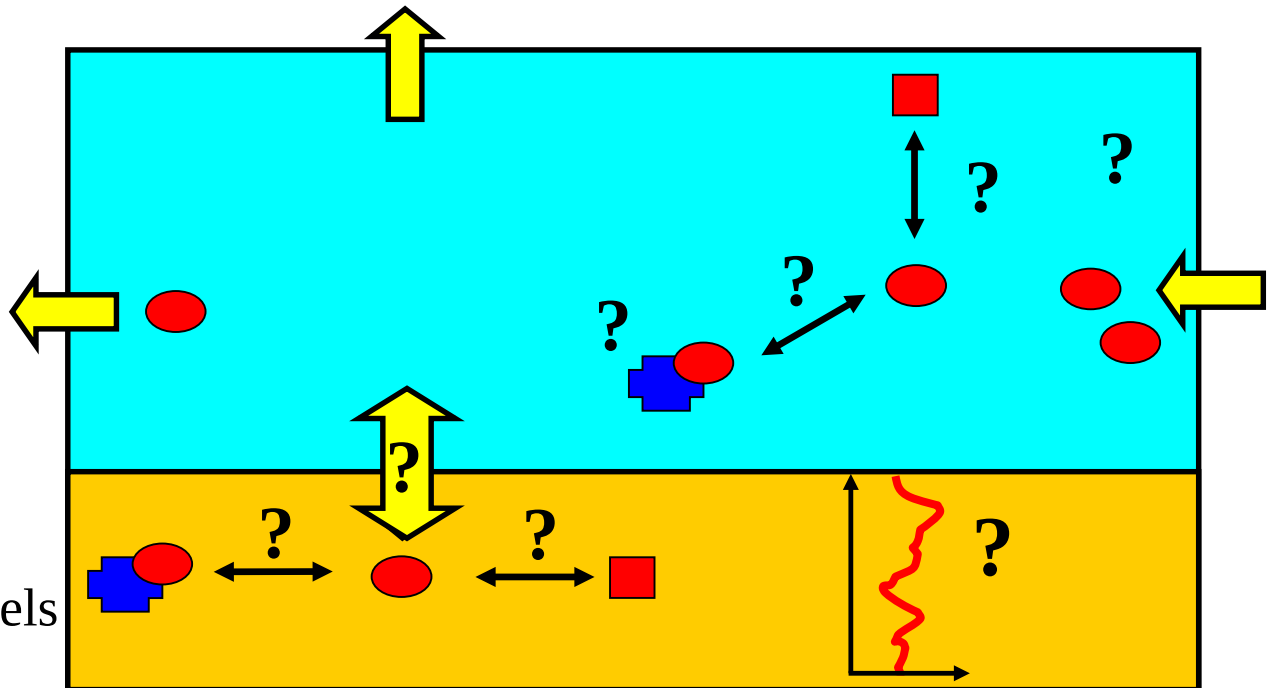
Cu, Co, Zn, Cd, Cr, Ni, As, Sb, Se = essentiels à très faibles doses et nocifs à fortes concentrations.

Hg, Pb, U, Tl: plutôt nocifs (connaissances actuelles)

contaminants ↔ **traceurs géochimiques**

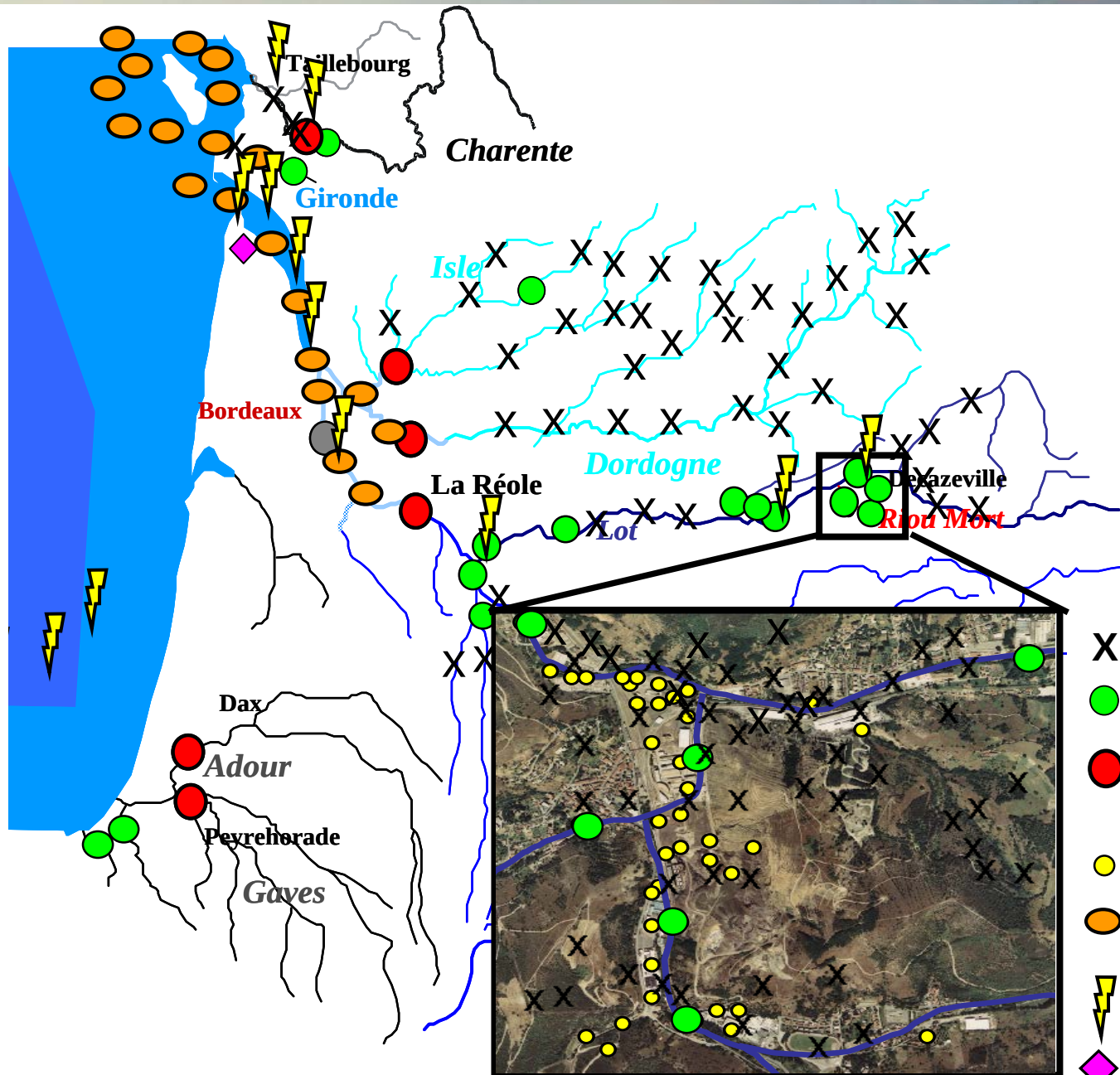
Compartiments de **transfert** et d'**accumulation**

- concentrations et flux
- spéciation et mobilité
- phases porteuses
- voies de distribution
- sources et puits
- aspects spatio-temporels



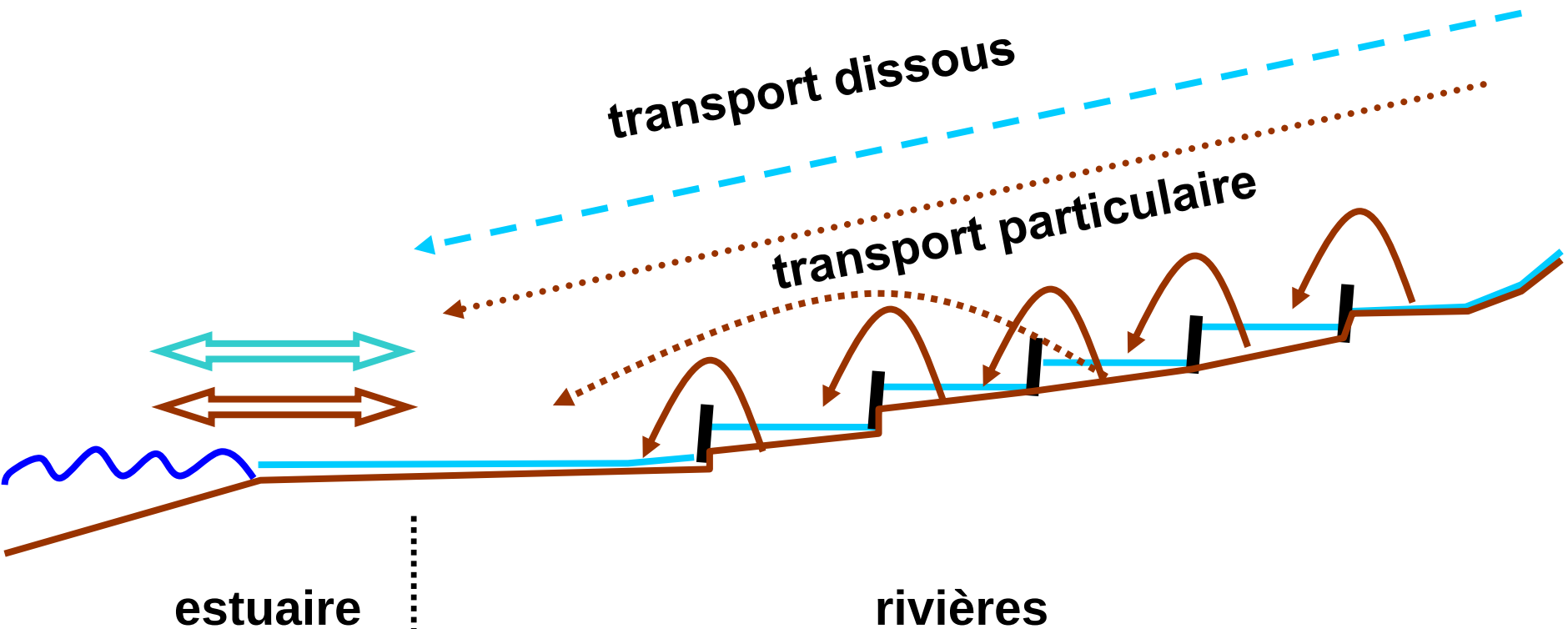
Réseau d'observation

Cd
Zn
Cu
As
Sb
Pb
Hg
V
Cr
Ni
Co
Ag
U
Th
Fe
Mn
Al



- X prél. occasionel
- prél. journalier
- limite marée/
prél. journalier
- piézomètres
- plusieurs prél./an
- ⚡ carottages
- ◆ laboratoire de terrain

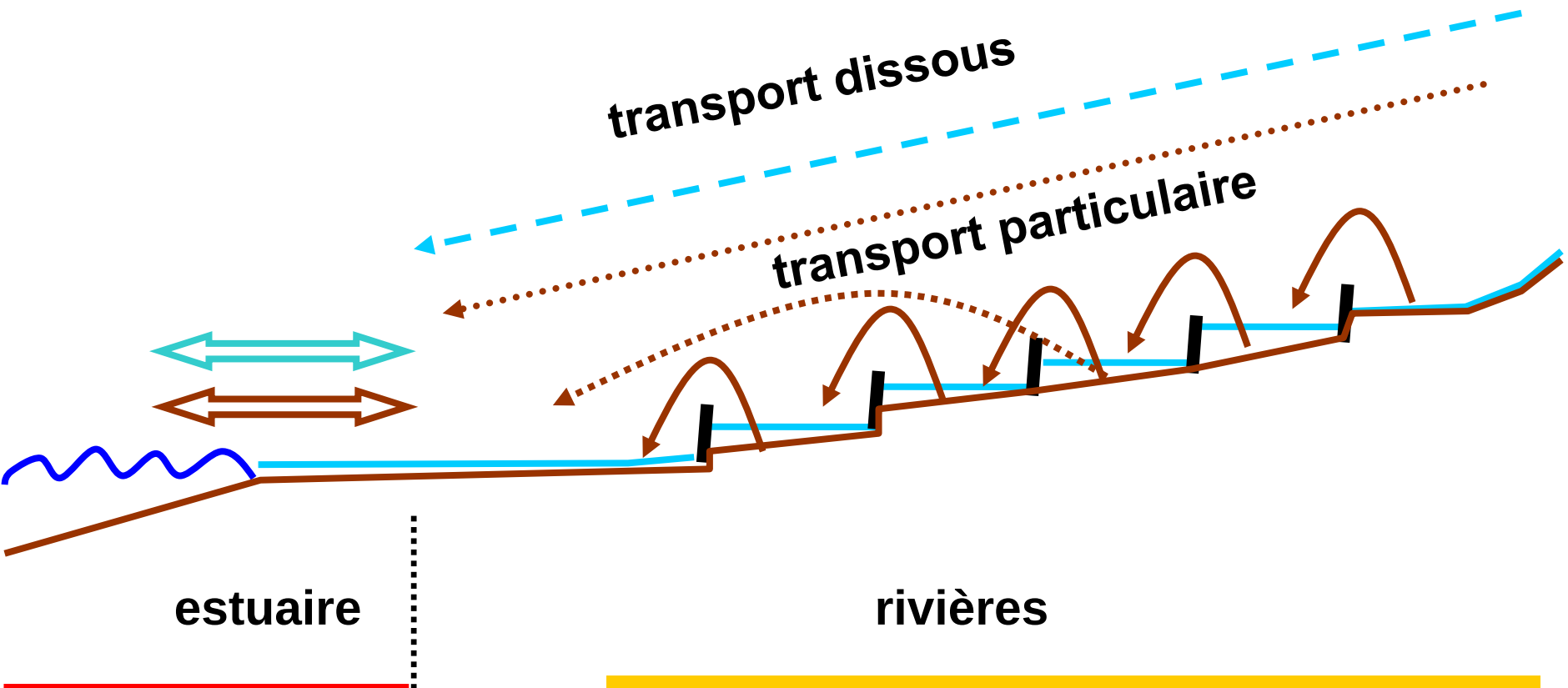
Transport de matières dissoutes et particulaires du continent vers l'océan



Les flux de matière (et de polluants) sont maximales pendant les crues (érosion, lessivage des sols et remise en suspension de sédiments).

sédiments = puits temporaires et sources secondaires potentielles

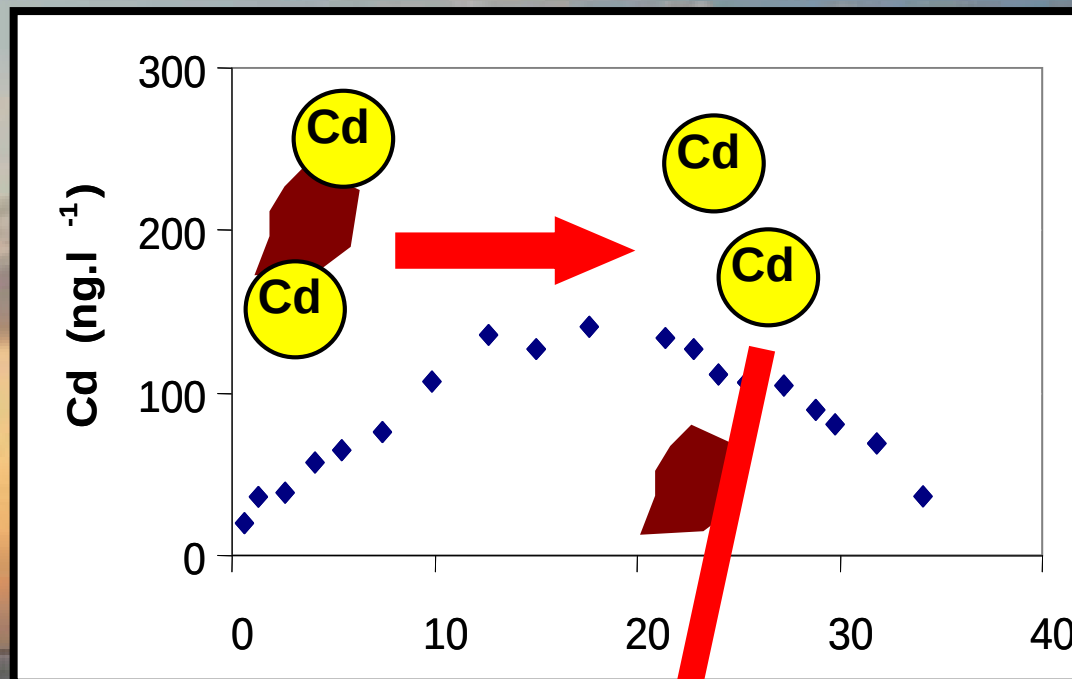
Transport de matières dissoutes et particulaires du continent vers l'océan



**Transformation
chimique**

Pour la plupart des polluants métalliques
le transport en phase particulaire domine
dans les rivières:
Cadmium, mercure, plomb, chrome etc.

**Transformation
chimique**



**Risque ou impact
environnemental ?**



Impact environnemental et socio-économique !

A serene sunset scene over a vast body of water. The sun is partially visible on the left horizon, casting a warm, golden glow across the sky and reflecting on the water's surface. The sky is filled with soft, wispy clouds in shades of orange, yellow, and light blue. In the distance, a dark silhouette of a city skyline is visible along the horizon. The water in the foreground shows gentle ripples and small waves.

Merci de votre attention