



L'état de santé du poisson: miroir de l'état de santé des hydrosystèmes

Le cas des estuaires bretons

Jean LAROCHE

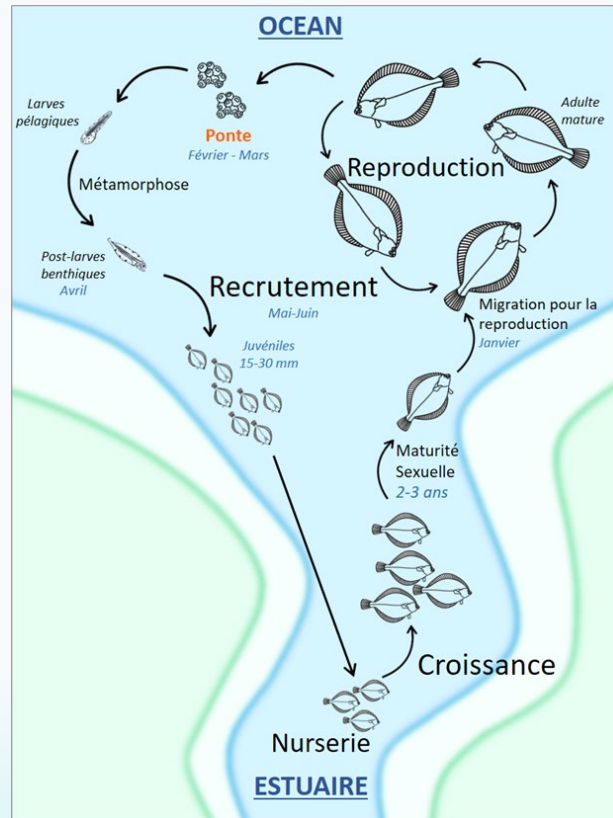
Professeur émérite

Université de Bretagne Occidentale, IUEM (Institut Européen de la Mer)

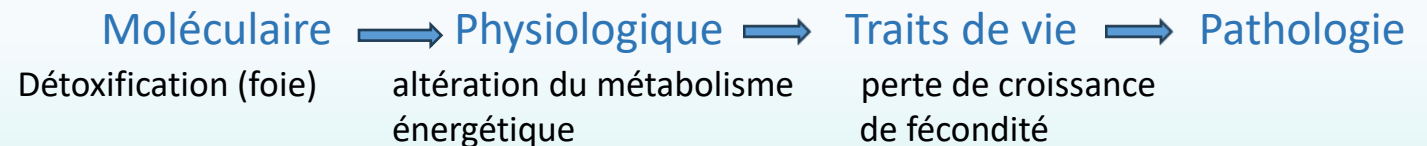
LEMAR UMR 6539 UBO/CNRS/IRD/Ifremer, Plouzané

Terminologie: stress, réponse au stress, chez un poisson modèle estuarien (le flet)

- **Flet (*Platichthys flesus*)** : espèce sentinelle d'intérêt majeur en Europe, pollu-résistante, très bon enregistreur de la qualité des masses d'eau estuariennes



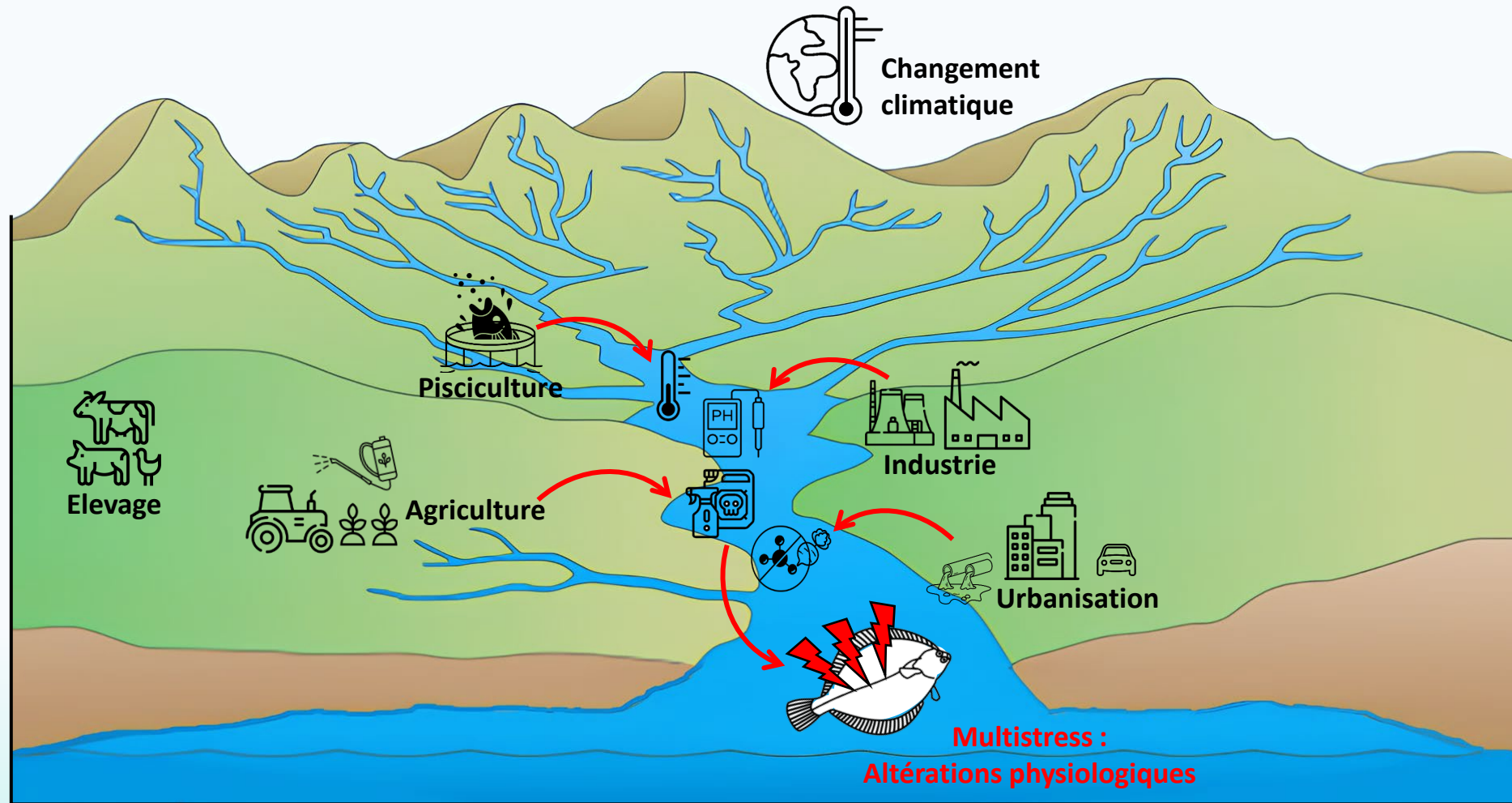
- **Stresseur**: facteur environnemental (polluant, stress thermique, hypoxie,..) conduisant à une altération de la physiologie du poisson, voire à une baisse de ses performances
- **Stress**: statut interne du poisson impacté par les stresseurs (augmentation du rythme cardiaque)
- **Réponse au stress**: cascades de modifications déclenchées chez le poisson par les stresseurs



Niveau de stress:



Des activités anthropiques sur le bassin versant, à la réponse du poisson dans l'estuaire



Objectifs du projet de biosurveillance : ECOEST (Agence de l'Eau Loire-Bretagne 2022-2025)

- Produire un diagnostic sur l'état de santé de 11 hydrosystèmes (fleuves côtiers bretons) par une approche multidisciplinaire



Géographie : Usages des sols et pressions anthropiques dans les bassins versants ?



Hydrobiologie : Dégradation de la qualité de l'eau ?



Chimie : Polluants organiques et métalliques dans eau – sédiments – poissons ?

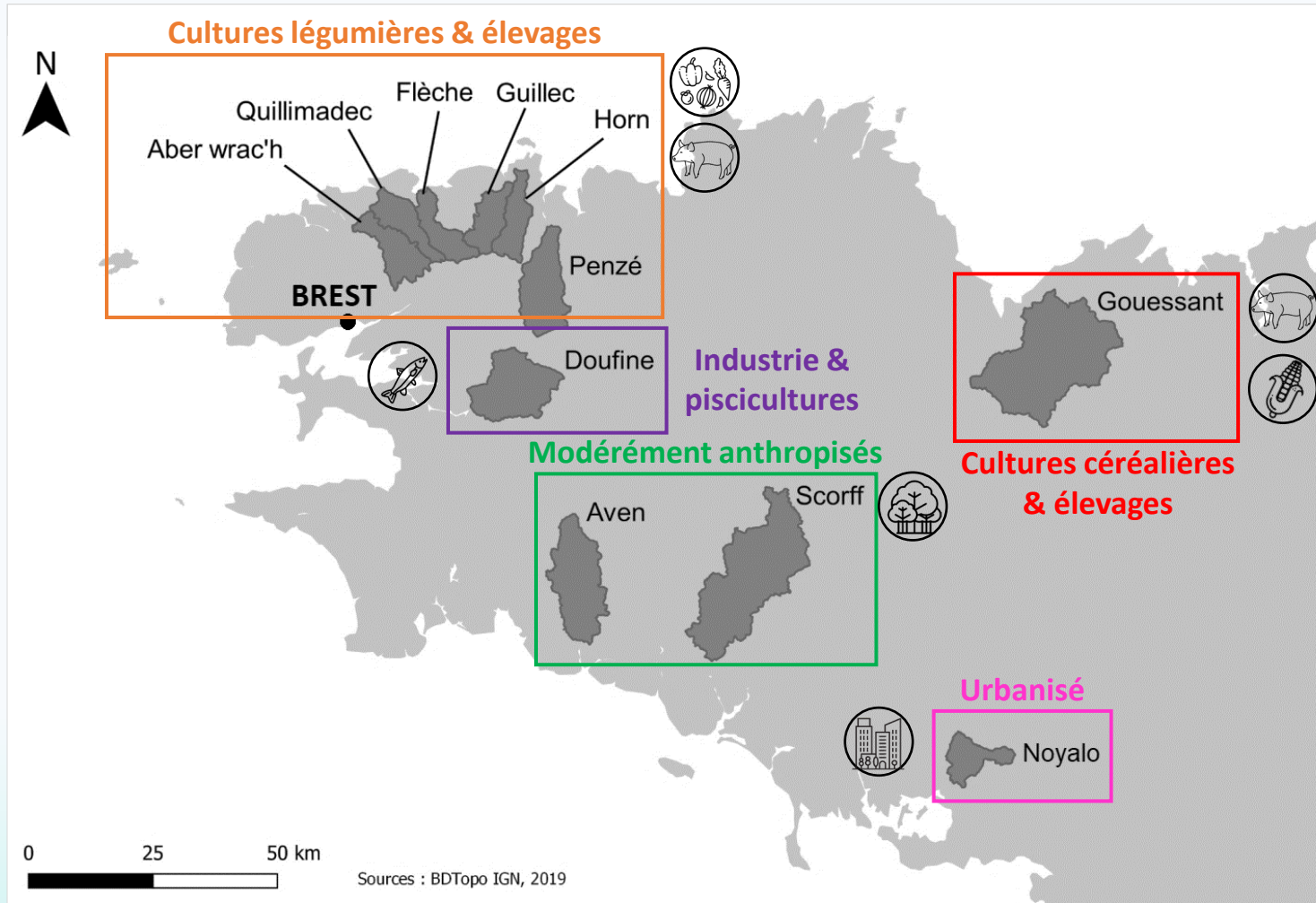


Biologie : Réponses du poisson à ces altérations de son environnement ?



Production de marqueurs diagnostics

Usages des sols et pressions anthropiques dans les bassins versants (analyses SIG)



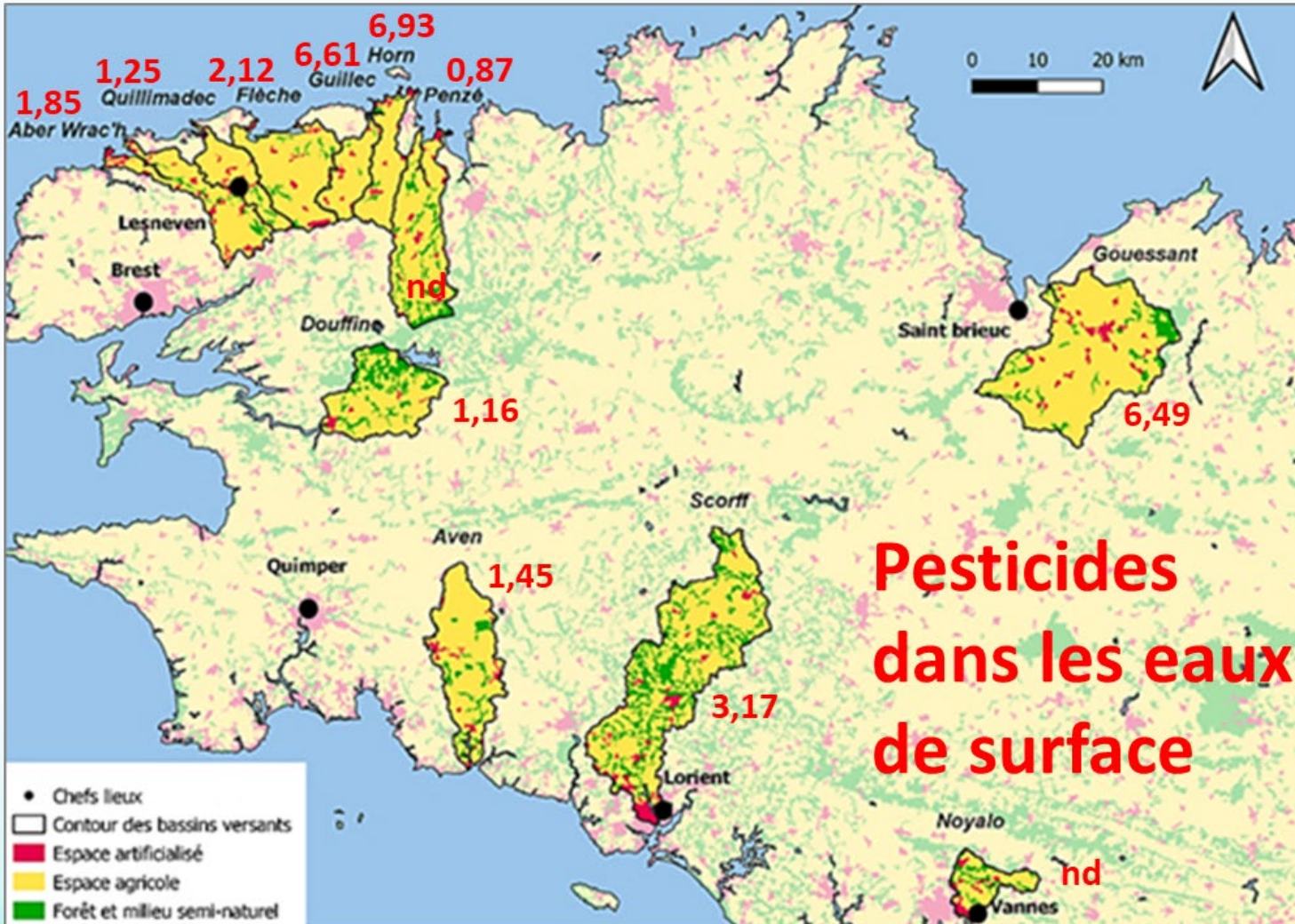
- 11 bassins versants de 70 à 400 km²
- Activités anthropiques contrastées



CHIMIE

Dosages de polluants dans l'eau, les sédiments et le poisson

Chimie des polluants: pesticides analysés dans les eaux de surface



- Moyennes annuelles des pesticides totaux en 2017-2019, en période de pluie (exception pour la Penzé: suivi calendaire)

$$0,87 \mu\text{g/L} < \text{Pesticides totaux} < 6,93 \mu\text{g/L}$$

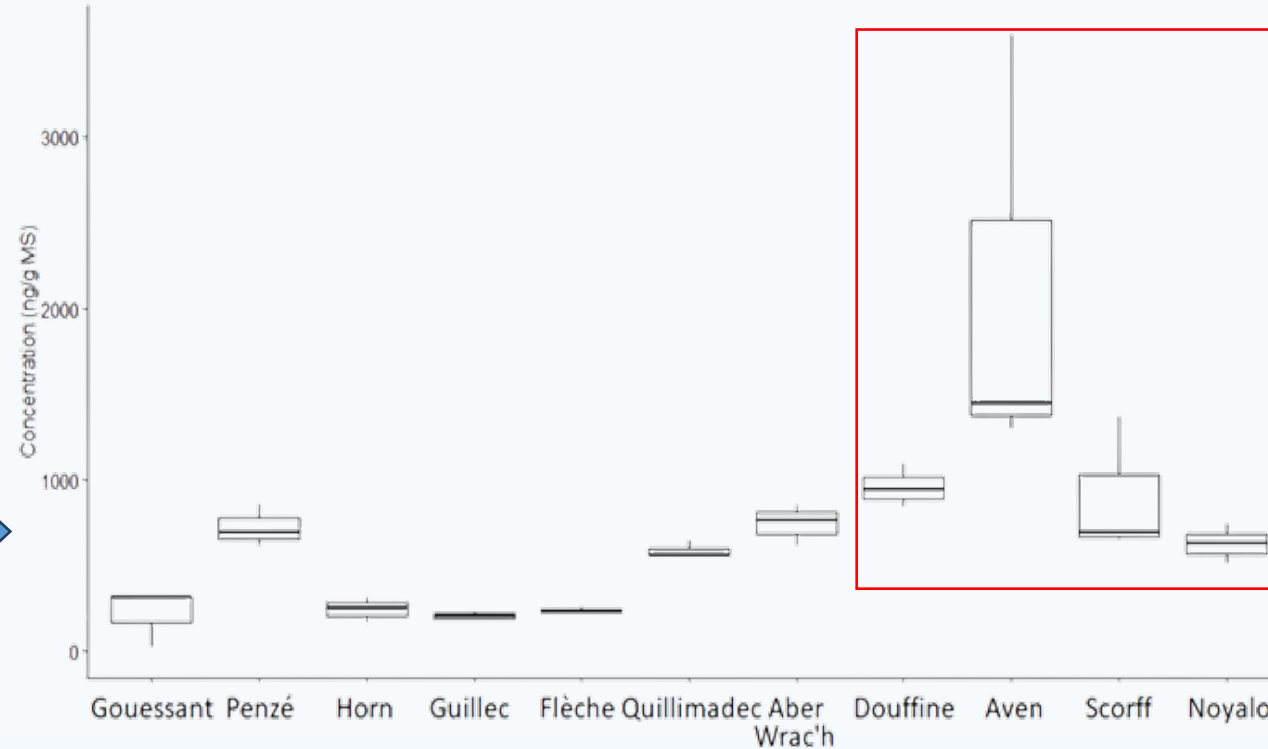
Herbicides dominants: Métazachlor
Métolachlor
Fongicides dominants: Tébuconazole
Boscalid

- Concentration médiane des pesticides totaux en France*: eaux de surface = 5 µg/L
eaux souterraines = 2,6 µg/L
- Indice des pressions toxiques cumulées dans les eaux, augmente dans le Nord & Ouest de la France de 2008-2010 à 2020-2022*

* Haut-Commissariat à la Stratégie et au Plan (2025)

Chimie des polluants

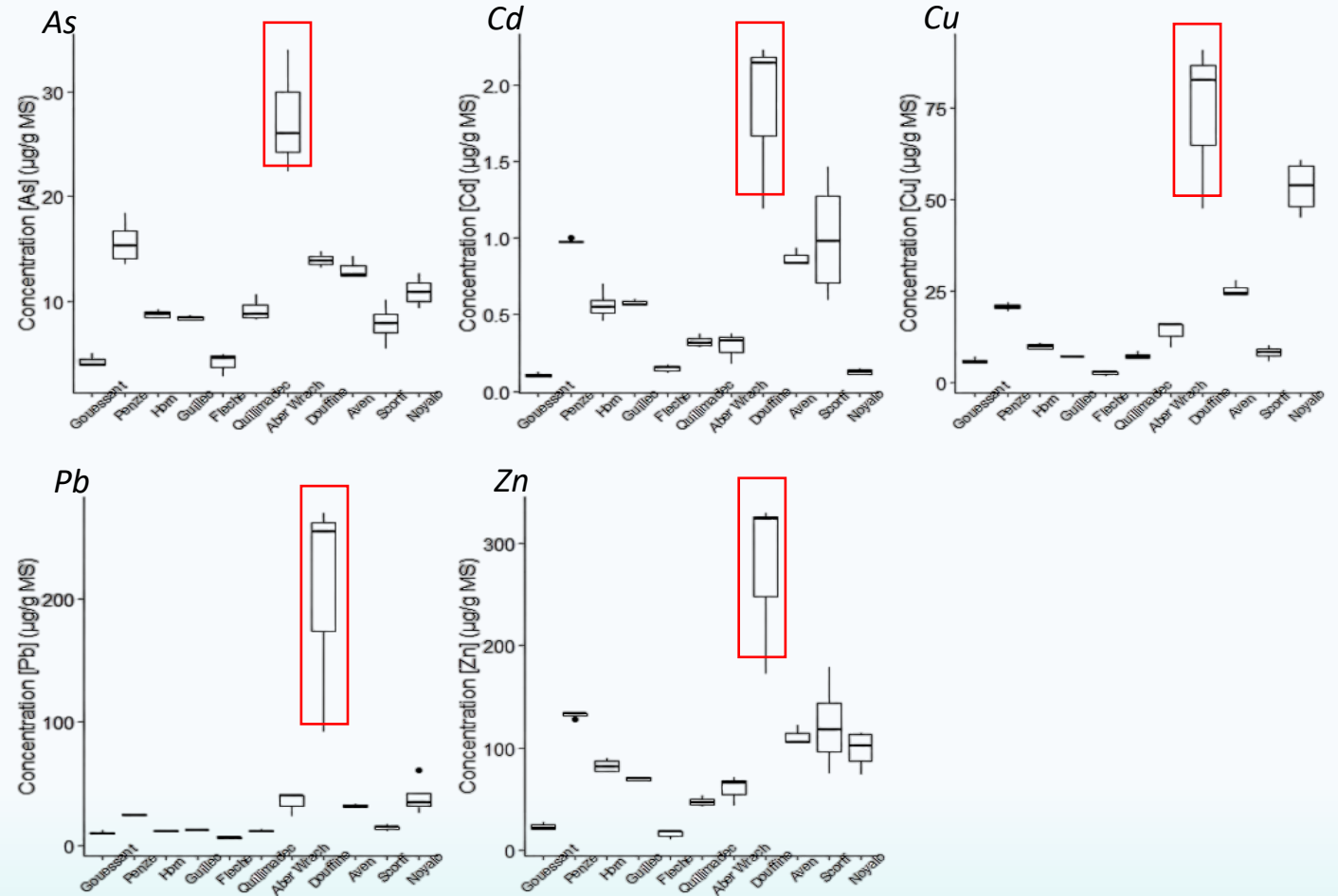
Hydrocarbures (HAPs) dans les sédiments estuariens



➔ **Trafic automobile (parkings très fréquentés en bordure d'estuaire, ponts sur voies express)**

Chimie des polluants

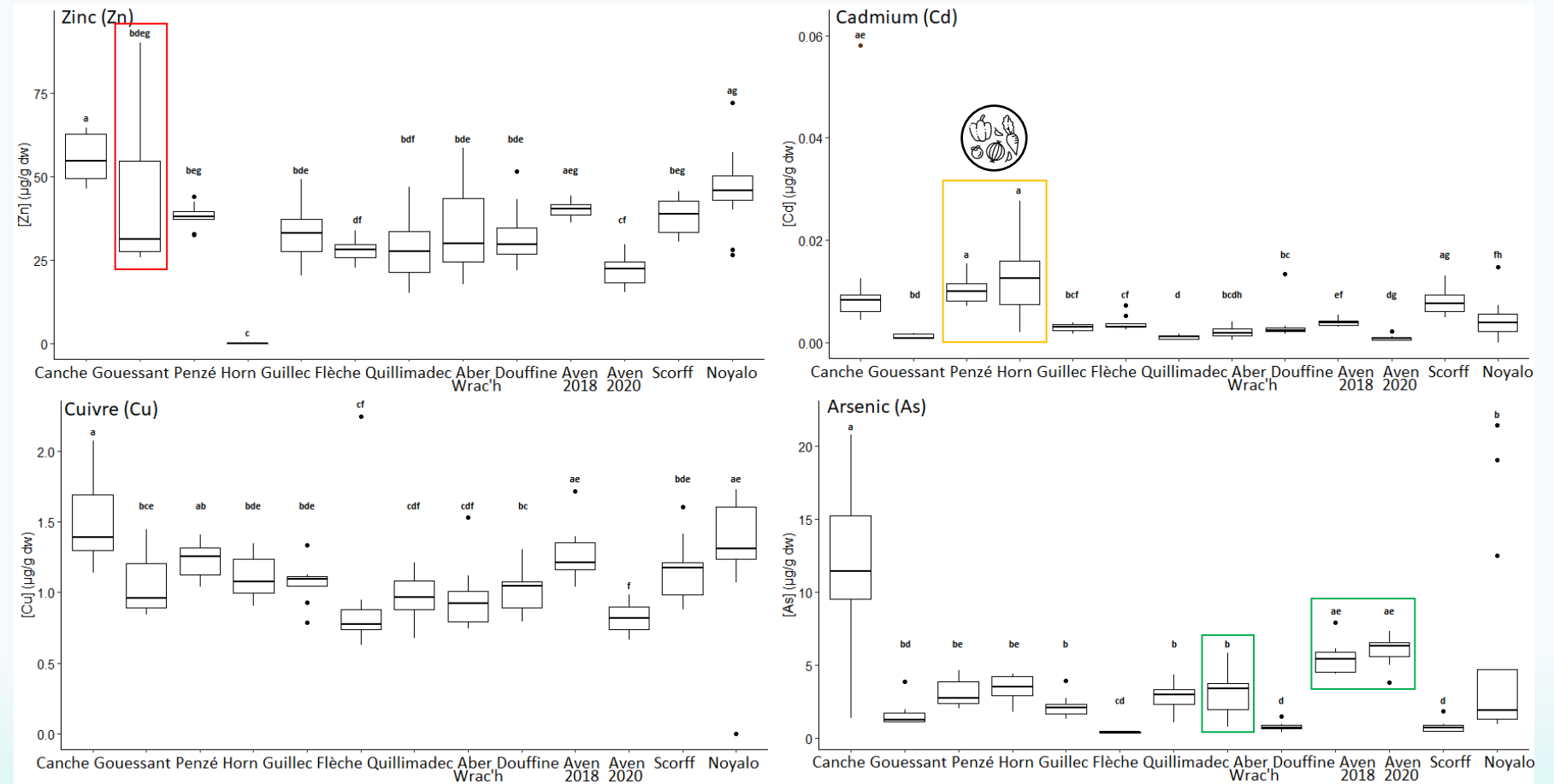
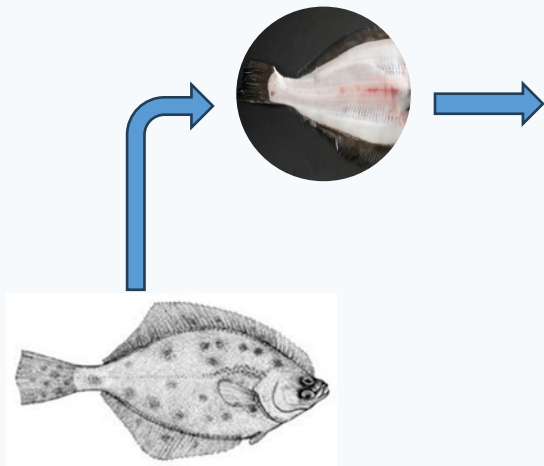
Métaux dans les sédiments estuariens



- Anciennes activités minières ou carrières
- Activités portuaires & industrielles

Chimie des polluants

Métaux dans le muscle de poisson



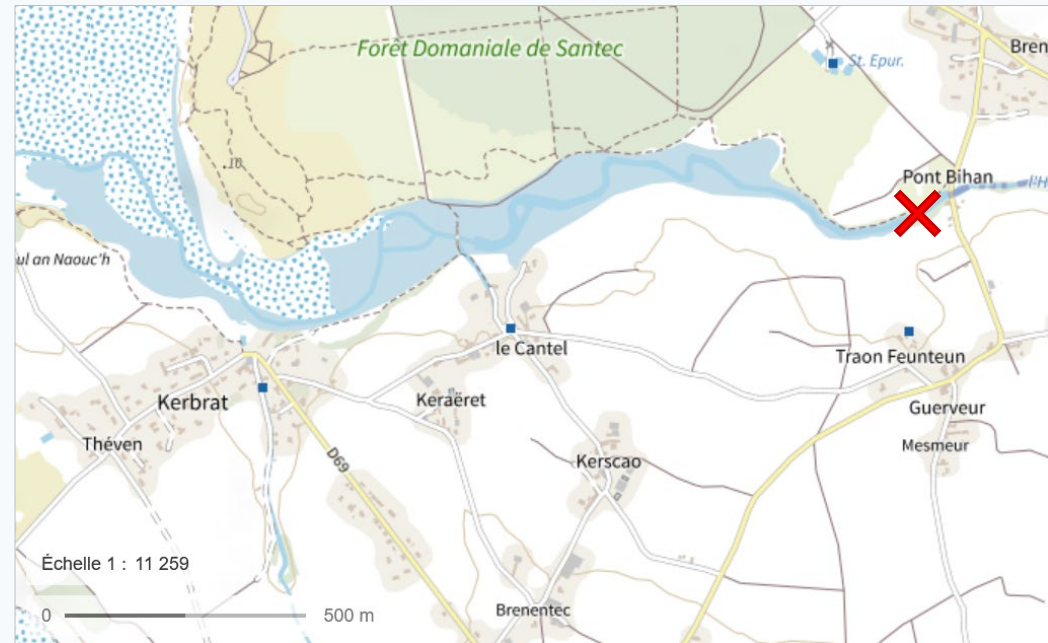
➔ Urbanisation, cultures légumières (engrais phosphatés), épandage de boues algales



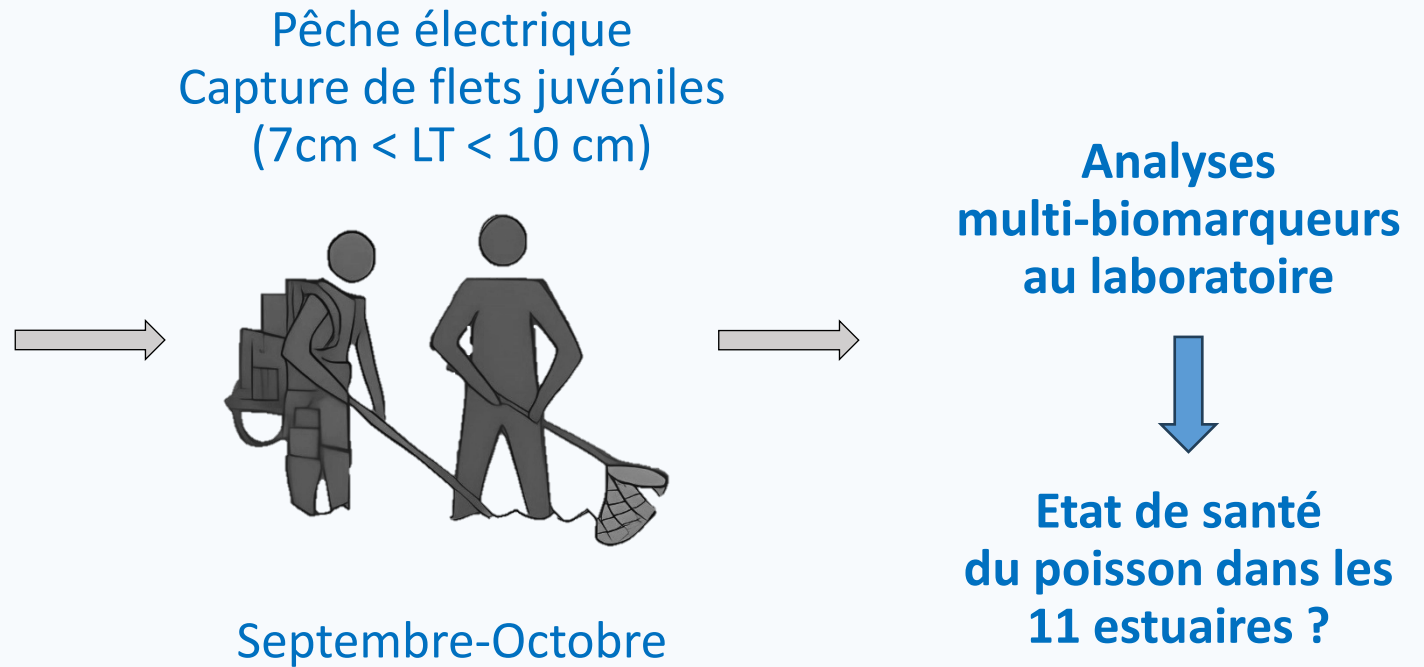
BIOLOGIE

Mesures des réponses biologiques du flet

Echantillonnage des poissons



Echantillonnage
dans la partie amont de l'estuaire
(cas de l'Horn)

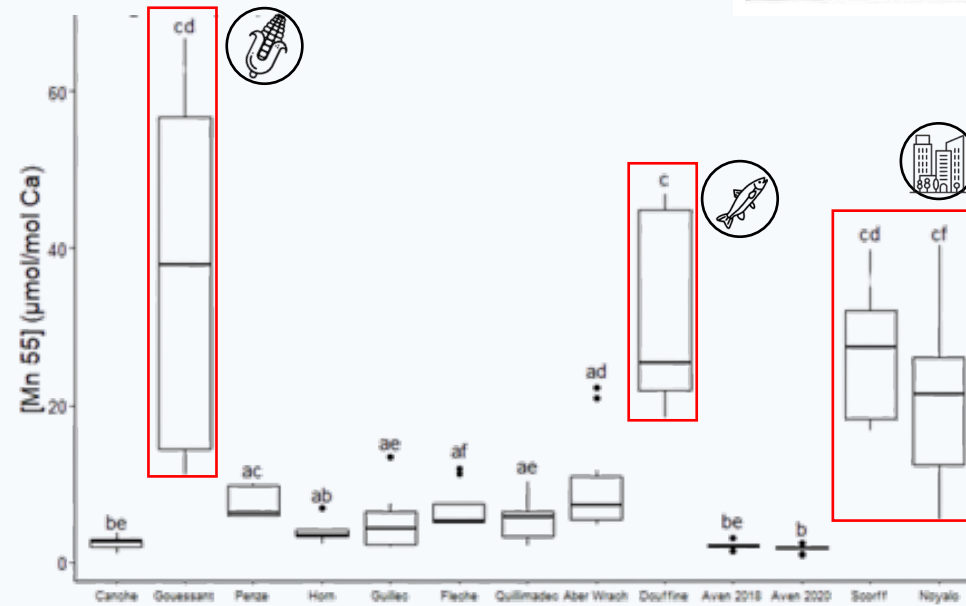
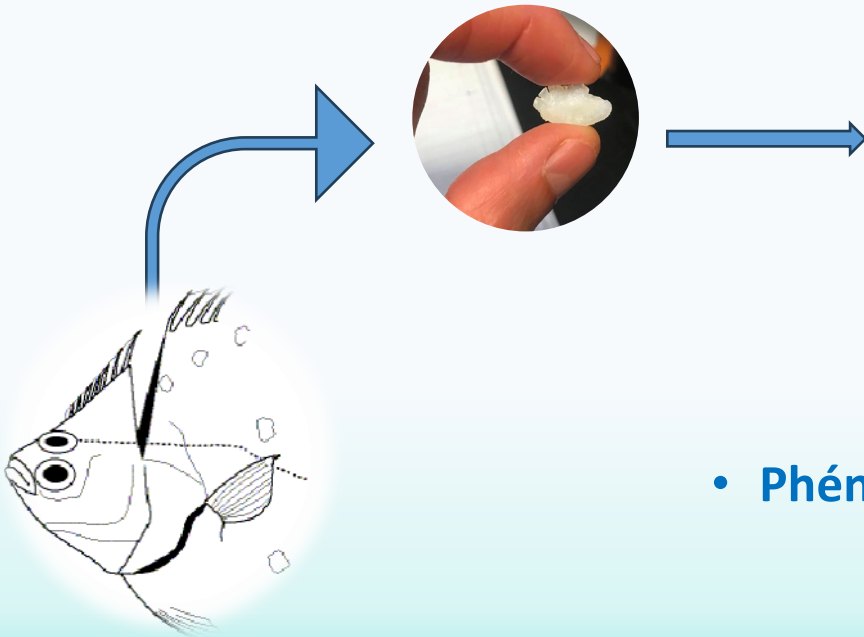


Biologie du Flet

Dosage d'un élément trace le managanèse, dans l'otolithe



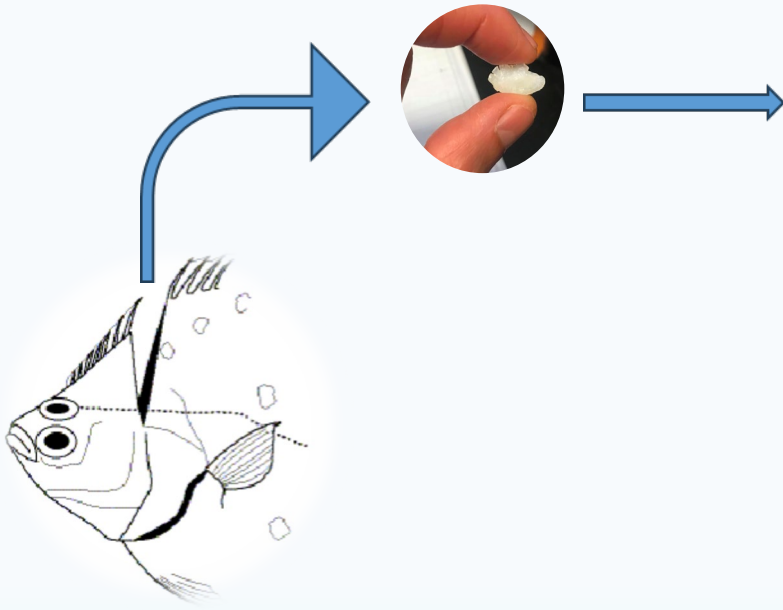
Otolithe de flet
Photographie en lumière réfléchie
(poisson âgé de plus de 4 hivers)



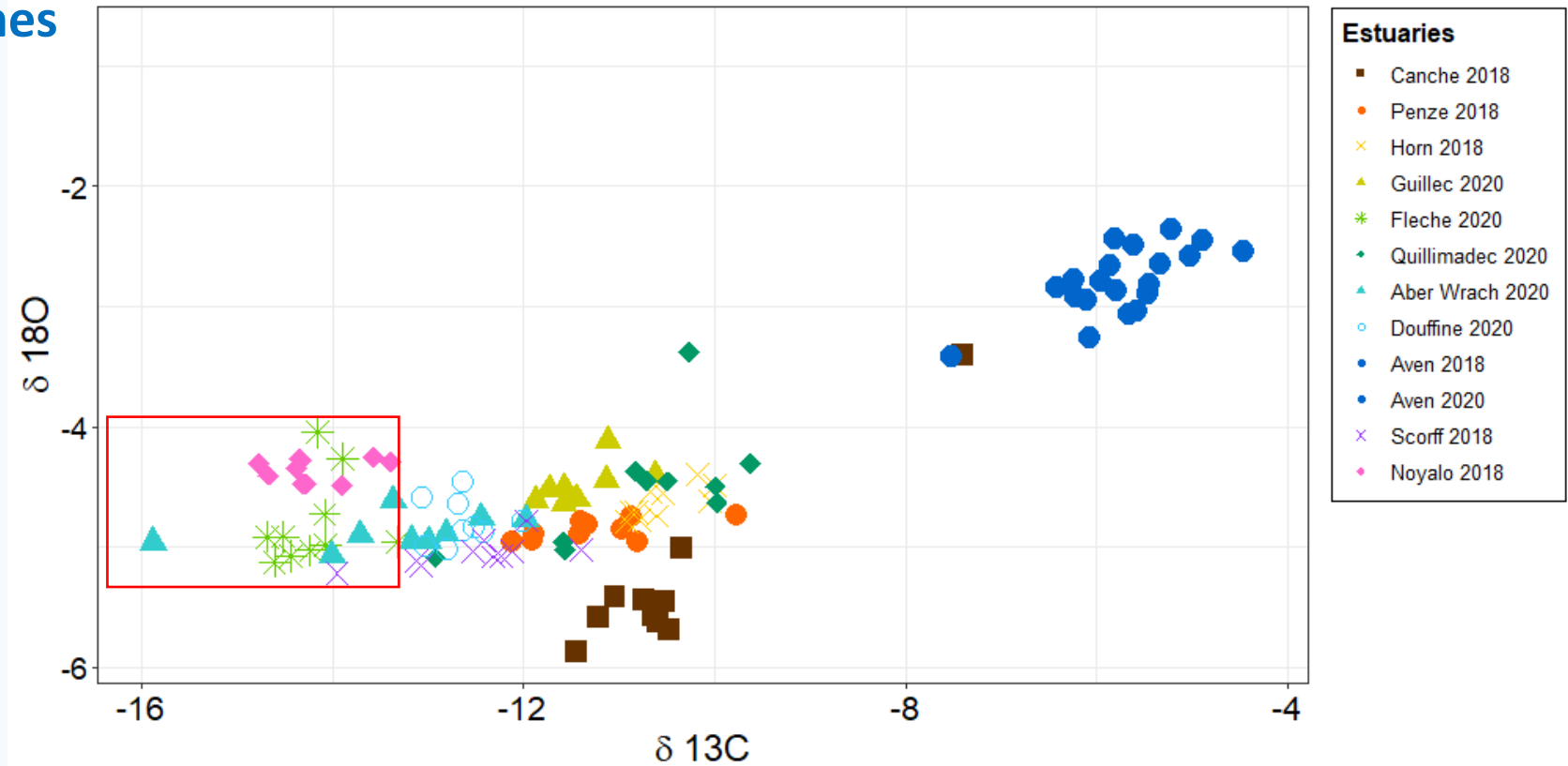
- Phénomènes hypoxiques marqués: Gouessant, Douffine, Scorff, Noyal

Biologie du Flet

Isotopes stables dans les otolithes



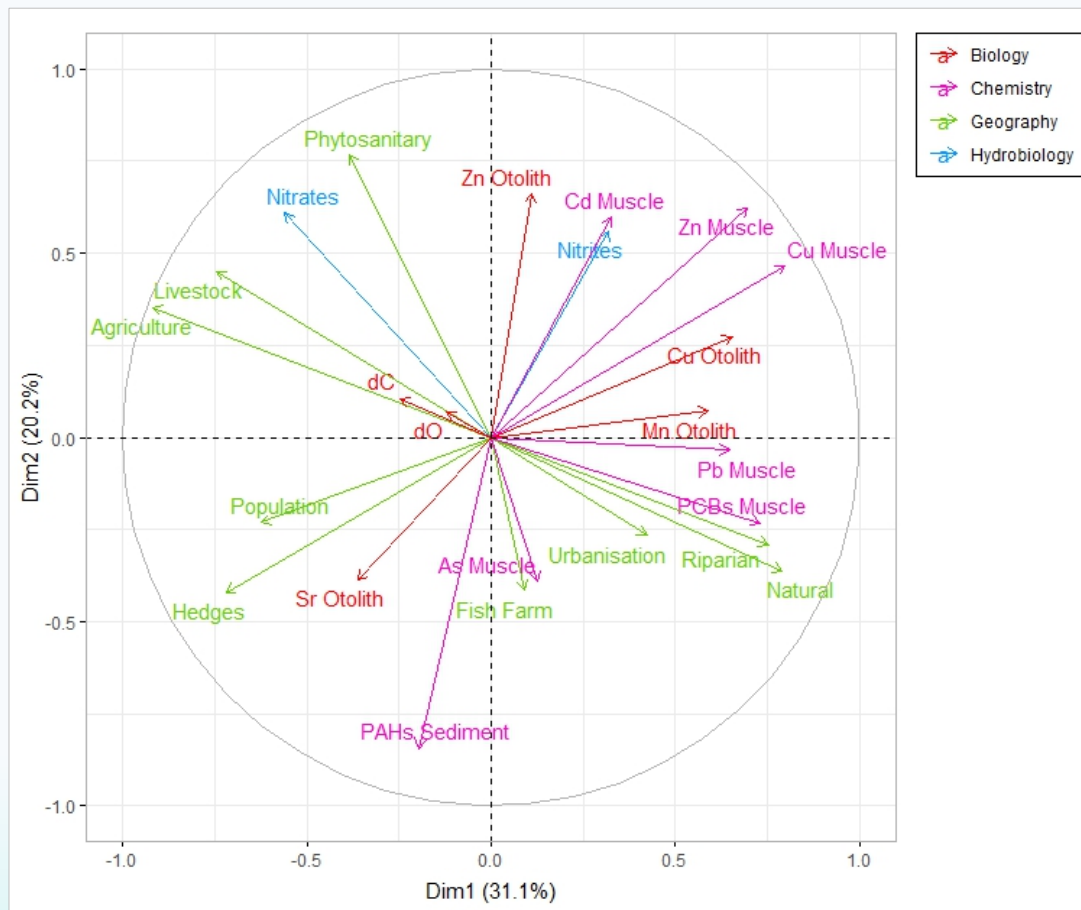
(a) Stable isotopes in otoliths



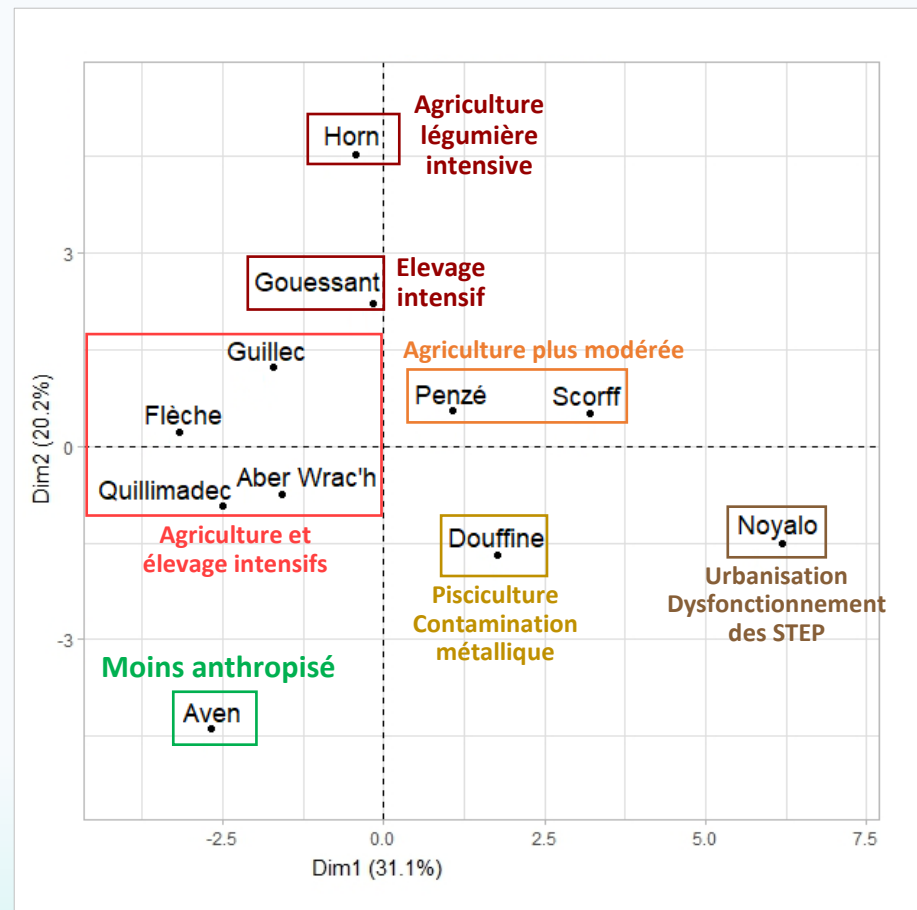
- $\delta^{13}\text{C}$ est un indicateur du métabolisme de routine du poisson (*Chung et al., 2019*)
- Valeurs très négatives du $\delta^{13}\text{C}$ = activité métabolique du poisson très forte pour répondre au multistress (coût énergétique très élevé) : Flèche et Noyal

Intégration des données

Géographie, hydrobiologie, chimie et biologie



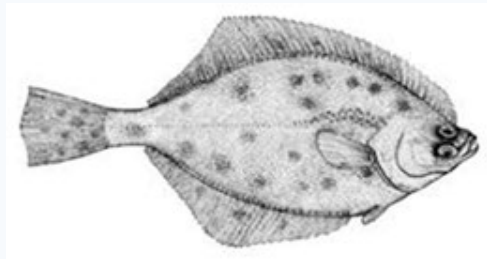
- Hiérarchiser les stresseurs



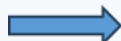
- Typologie précise des systèmes
- Système de référence = Aven

Biologie moléculaire sur le flet

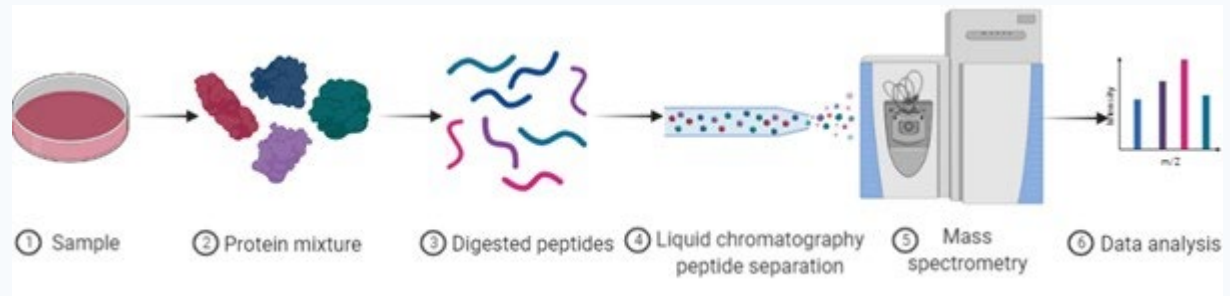
Protéomique haut débit sur le foie du poisson (5 poissons analysés par estuaire)



Prélèvement du foie



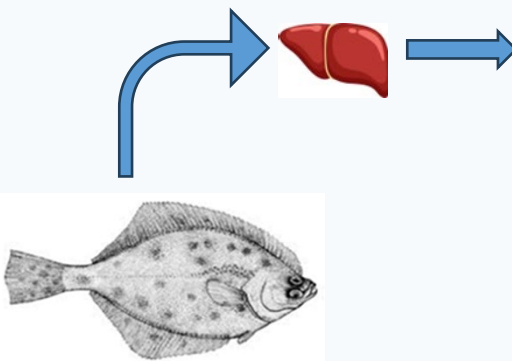
Extraction des protéines – protéolyse par la trypsine – analyse des peptides par spectrométrie de masse















- **Identification & quantification** de 800 protéines par poisson
- **Comparaison** de la quantité de chaque protéine estimée dans les 10 estuaires, relativement à l'Aven (estuaire de référence)
- **Protéines dérégulées** (+/-) dans chaque estuaire

Biologie moléculaire sur le flet

Protéomique sur le foie de Flet



Catégories	<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>									
	Gouessant	Penze	Horn	Guillec	Fleche	Quillimadec	Aber Wrac'h	Douffine	Scorff	Noyal
Détoxification	41	7	48	13	22	18	18	18	2	39
Système immunitaire	32	15	31	14	19	20	23	17	1	40
Réponses à l'hypoxie	7	6	8	3	6	6	3	4	7	10
Réponses au stress thermique	8	6	4	3	5	4	5	3	2	6
Cycle de l'urée	2	0	2	0	1	2	1	2	0	1
Métabolisme lipidique	13	1	6	5	6	10	12	10	0	9

- Protéines dérégulées
- Sur- ou sous-expression des protéines mesurée dans les 10 hydrosystèmes, relativement à l'Aven

→ Biotransformation des polluants organiques (hydrocarbures, pesticides, ...)

→ Réponses anticorps et mémoire immunologique

→ Estuaires fortement eutrophisés (baisse de l'oxygène dissous dans l'eau)

→ Estuaires en aval de barrages (augmentation de la température de l'eau)

→ Teneurs en NH_4^+ , NO_3^- et NO_2^- fortes dans des sédiments présentant un déficit en oxygène

→ Contamination chimique ou demande énergétique accrue



Focus sur les stressseurs majeurs et l'état de santé de certains hydrosystèmes bretons

Stresseurs majeurs et état de santé de certains hydrosystèmes bretons



Protéines
dérégulées

Protéines dérégulées	Gouessant	Horn	Guillec	Noyalo
Détoxification	41	48	13	39
Système immunitaire	32	31	14	40
Réponses à l'hypoxie	7	8	3	10
Réponses au stress thermique	8	4	3	6
Cycle de l'urée	2	2	0	1
Métabolisme lipidique	13	6	5	9

Stresseurs
Majeurs

&

Etat de santé
des estuaires

- * Prod. céréales et élevages très soutenus
- * Flux d'azote soutenus
- * Barrage : hypoxie-stress thermique-cyanotoxines
- * Algues vertes à l'embouchure: H₂S

Très mauvais état écologique

- Stresseurs communs:
- * Prod. Légumière et élevages soutenus
- * Flux d'azote très forts
- * Forte contamination aux pesticides

- * Rectification de l'aval
- * Rivière chenalisée
- * Autoépuration limitée

Mauvais état écologique

- * Aval non rectifié
- * Autoépuration très probable

Etat écologique moyen

- * Système très urbanisé
- * Rejets industriels
- * Eutrophisation-hypoxie chronique

Mauvais état
écologique

(1) Perspectives sur la biosurveillance dans les fleuves côtiers bretons

*** Biosurveillance des hydrosystèmes optimisée dans ECOEST par :**

- choix des sites: estuaires à l'exutoire des bassins versants
- modèle biologique : largement distribué en Europe, très bon enregistreur de son environnement
- biomarqueurs physiologiques et moléculaires performants pour le diagnostic de l'état de santé du poisson

*** Identification de métriques permettant le diagnostic écologique des hydrosystèmes (suivi des mesures de restauration sur les bassins versants, extension de ces travaux...).**

(2) Perspectives de recherche en cancérologie comparée : poissons vs mammifères

*** Recherches très actuelles sur les mécanismes de défense vis-à-vis du cancer d'organismes exposés à des cocktails polluants complexes dans la nature (l'homme partage 80% de ses gènes codants pour des protéines avec la souris, et 70 % avec le poisson)**

*** Flet : Lésions pré-tumorales communes au niveau du foie (foyers d'altération cellulaire sur les juvéniles : 27% des individus en Seine). Très peu de flets adultes développent des tumeurs bénignes ou malignes.... Capacités de résistance du flet vis-à-vis du cancer...**

Merci pour votre attention

Renouvellement de mes plus vifs remerciements à tous les acteurs du projet ECOEST

Laroche J., Laurent J., Pichereau V., Le Floch S., Le Berre I., Armengaud J., Waeles M., Devin S., Hiliou J., Baric M., Rivallin A., Le Guern F. (2025). Projet ECOEST : Diagnostic sur l'état écologique des estuaires bretons et production de marqueurs pour la gestion des hydrosystèmes. Rapport de recherche LEMAR-UBO & CEDRE, Agence de l'Eau Loire - Bretagne.

<https://www.creseb.fr/projet-ecoest-rapport-final/>