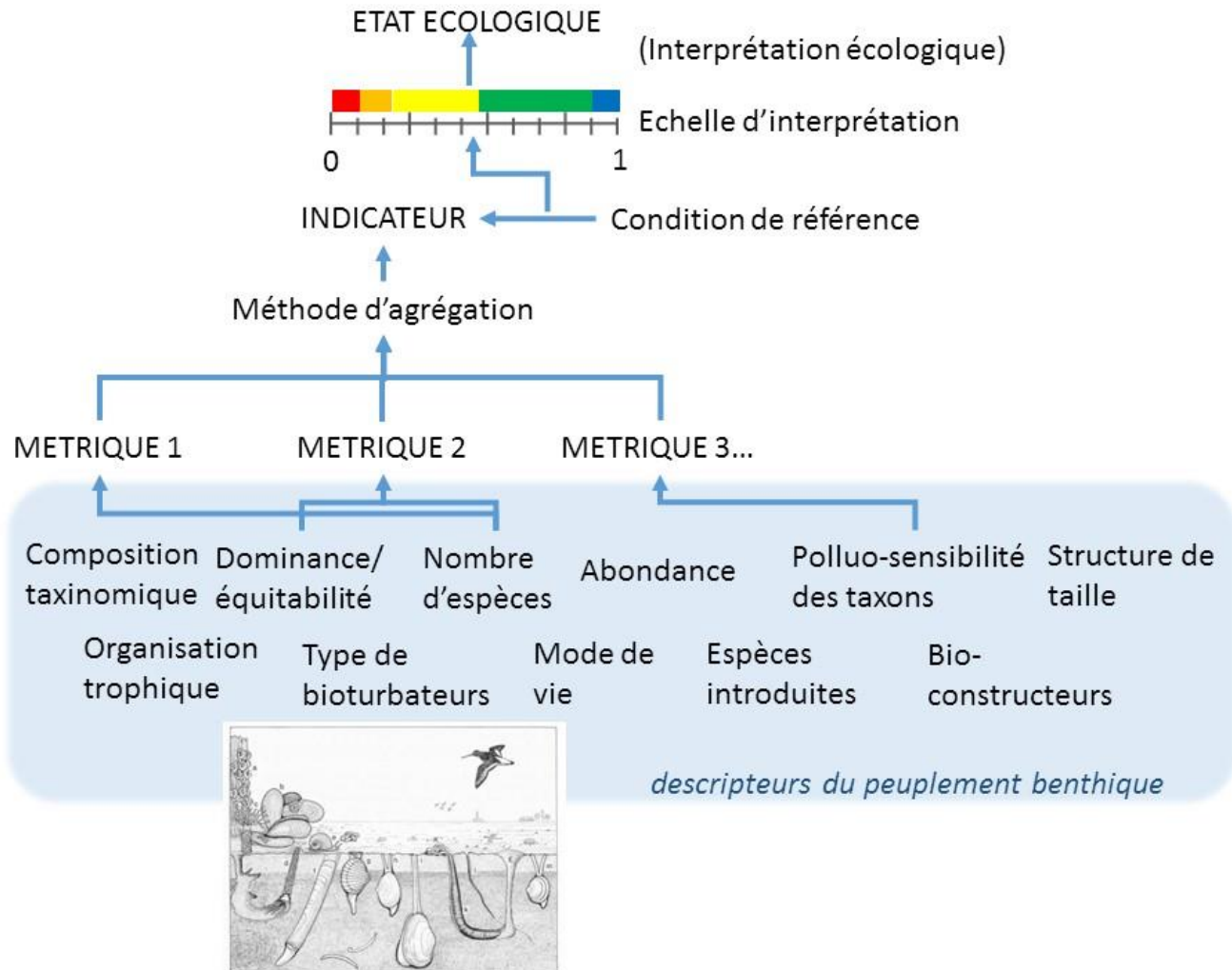


Marie FOUET
Hugues BLANCHET
Mario LEPAGE
8 octobre 2018

Paradoxe estuarien : peut-on évaluer la qualité des estuaires par les invertébrés benthiques ?



I) Evaluer la qualité du milieu (cadre DCE – composante macrofaune benthique)



- Composition taxinomique
- Dominance / équitabilité
- Nombre d'espèce
- Abondance
- Polluo-sensibilité des taxons
- ~~Structure de taille~~
- ~~Organisation trophique~~
- ~~Type de bioturbateurs~~
- ~~Mode de vie~~
- ~~Espèces introduites~~
- ~~Bio-constructeurs~~

Modèle SAB (Pearson et Rosenberg, 1978)

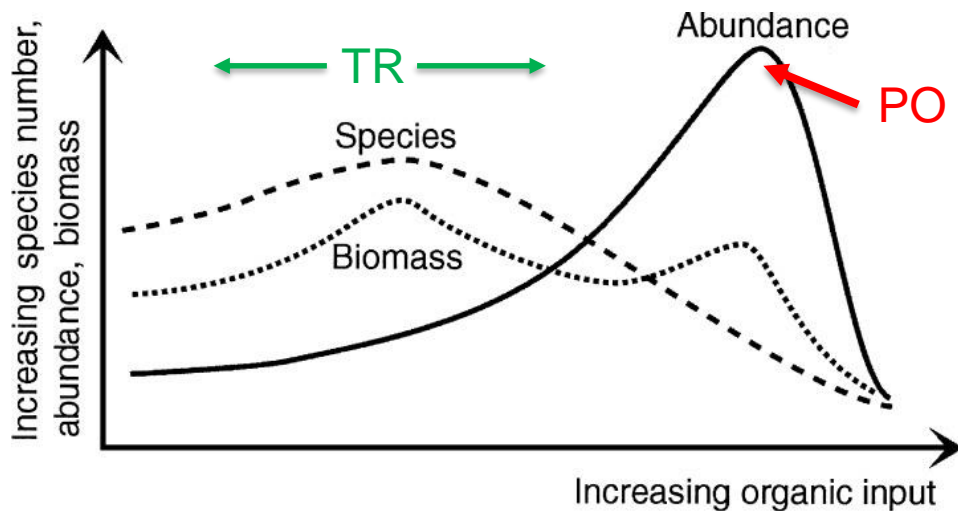
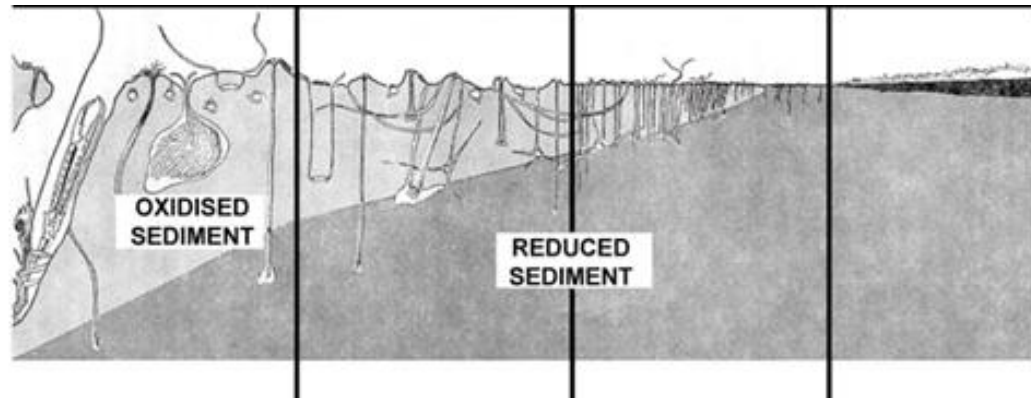
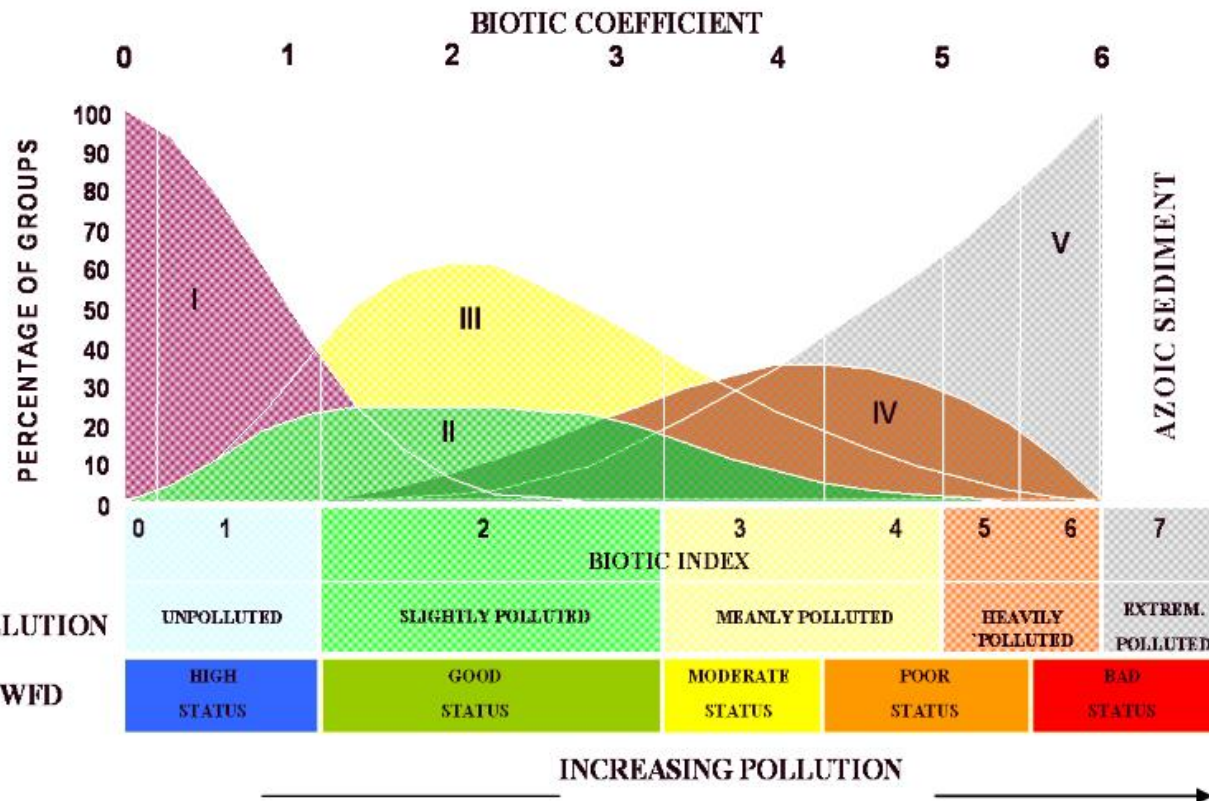


Fig : Generalized SAB diagram, based on previous figure, of changes along a gradient of organic enrichment. PO: peak of opportunists, TR : transition zone.

- Modèle SAB = influence de la matière organique sur la composition des communautés benthiques.
- 4 états le long d'un gradient de pollution (spatial ou temporel).
- Au point de rejet → sédiments dépourvus de toute faune.
- En s'éloignant → espèces rares, prolifèrent jusqu'à atteindre un pic d'opportunistes (= petit nombre d'espèces mais effectifs extrêmement élevés).
- La pollution se réduit → abondance et biomasse diminuent, et richesse spécifique augmente.
- Zone « de transition » → peuplement stable, espèces peu abondantes, mais ayant des tailles plus importantes.

Succession des espèces selon leur polluo-sensibilité (Hily et Glémarec, 1990)



→ Travaux de Glémarec et Hily (1981).

→ Considère les proportions de 5 groupes écologiques :

- › GI : espèces sensibles ;
- › GII : espèces indifférentes ;
- › GIII : espèces tolérantes ;
- › GIV : espèces opportunistes de second ordre ;
- › GV : espèces opportunistes de premier ordre.

→ Plusieurs indicateurs découlent de ces travaux : AMBI, BO2A...

II) Difficultés liées au milieu estuarien.

1) Estuaires = variété d'écosystèmes différents.

1. estuaires de plaine



2. Rias ou aber



3. Estuaires semi fermés



4. Estuaires complexes



5. Deltas



6. Lagunes



7. Fjord



→ Elliott & Whitfield, 2011 : « Masse d'eau côtière semi-fermée connectée à la mer de manière permanente ou périodique, dont la salinité est différente de celle de la mer adjacente en raison des apports d'eau douce et qui présente une biocénose caractéristique ».

→ Estuaires de plaines maritimes.

- › Ex : Somme, Seine, Loire, Gironde, mais aussi Severn et Tamise (UK), Elbe (Ge) ou Chesapeake Bay (USA).

→ Rias ou abers.

- › Ex : les estuaires bretons (Trieux) ou ria du pays basque (Bidassoa).

→ Estuaires semi fermés ou fermés.

- › Sédimentation récente qui bloque partiellement ou temporairement l'embouchure par une barre sableuse. Ex : Ythan en Ecosse, Albufeira au Portugal

→ Estuaires complexes.

- › Résultent de l'érosion glaciaire, élévation du niveau de la mer... Ex : Bay de San Francisco, firths Ecosse, Solway (UK).

→ Lagunes ?

→ Delta ?

→ Fjord ?

2) Les limites de la zone estuarienne

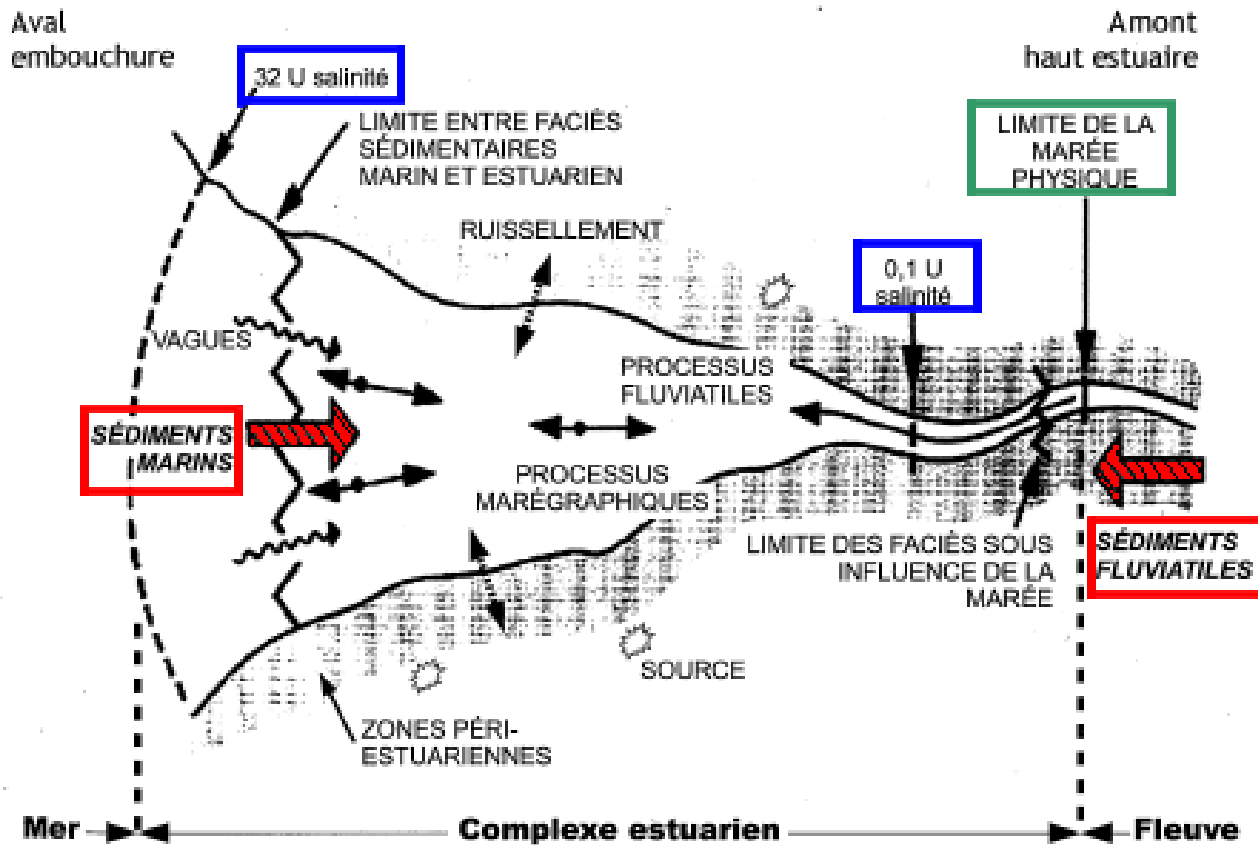


Figure 3. Dynamique hydro-sédimentaire dans un estuaire à marée (modifié, d'après Cloern and Nichols, 1985).

Estuaire ça commence où ? Ca s'arrête où ?

- Fairbridge propose un découpage de l'estuaire en 3 secteurs :
 - un estuaire marin,
 - un estuaire moyen, mélange entre eaux douces et eaux salées,
 - un haut estuaire ou estuaire fluvial, caractérisé par de l'eau douce mais sujet aux actions de la marée.

MAIS les limites entre ces secteurs sont variables et sujettes aux variations du débit fluvial. »

→ Limite amont :

- › Limite maximale d'intrusion saline. Quelle saison ?
- › Limite marée dynamique ? Cas des estuaires avec peu ou pas de marée ?

→ Limite aval :

- › Caractéristiques géomorphologiques (cas des estuaires à barres sableuses),
- › Gradient de salinité.

→ Limites dépend des compartiments (benthos/ poisson/ phyto).

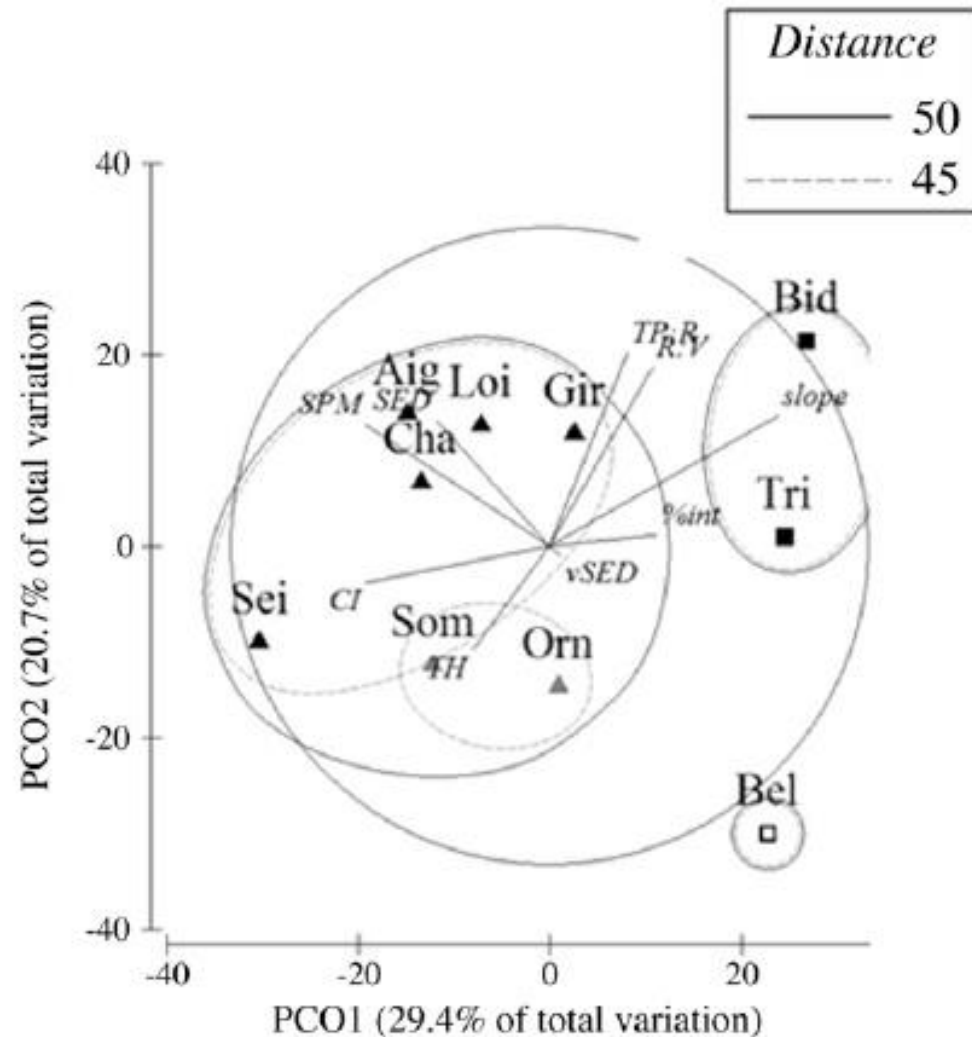
3) Adaptation de la faune benthique en estuaire.

- La macrofaune benthique est particulièrement pauvre en termes de richesse, abondance et biomasse spécifique.
- Deux paramètres principaux influencent les communautés benthiques :
 - › Salinité
 - › Granulométrie du sédiment.
- Ce sont principalement des espèces à stratégie r, beaucoup sont considérées comme des espèces opportunistes.



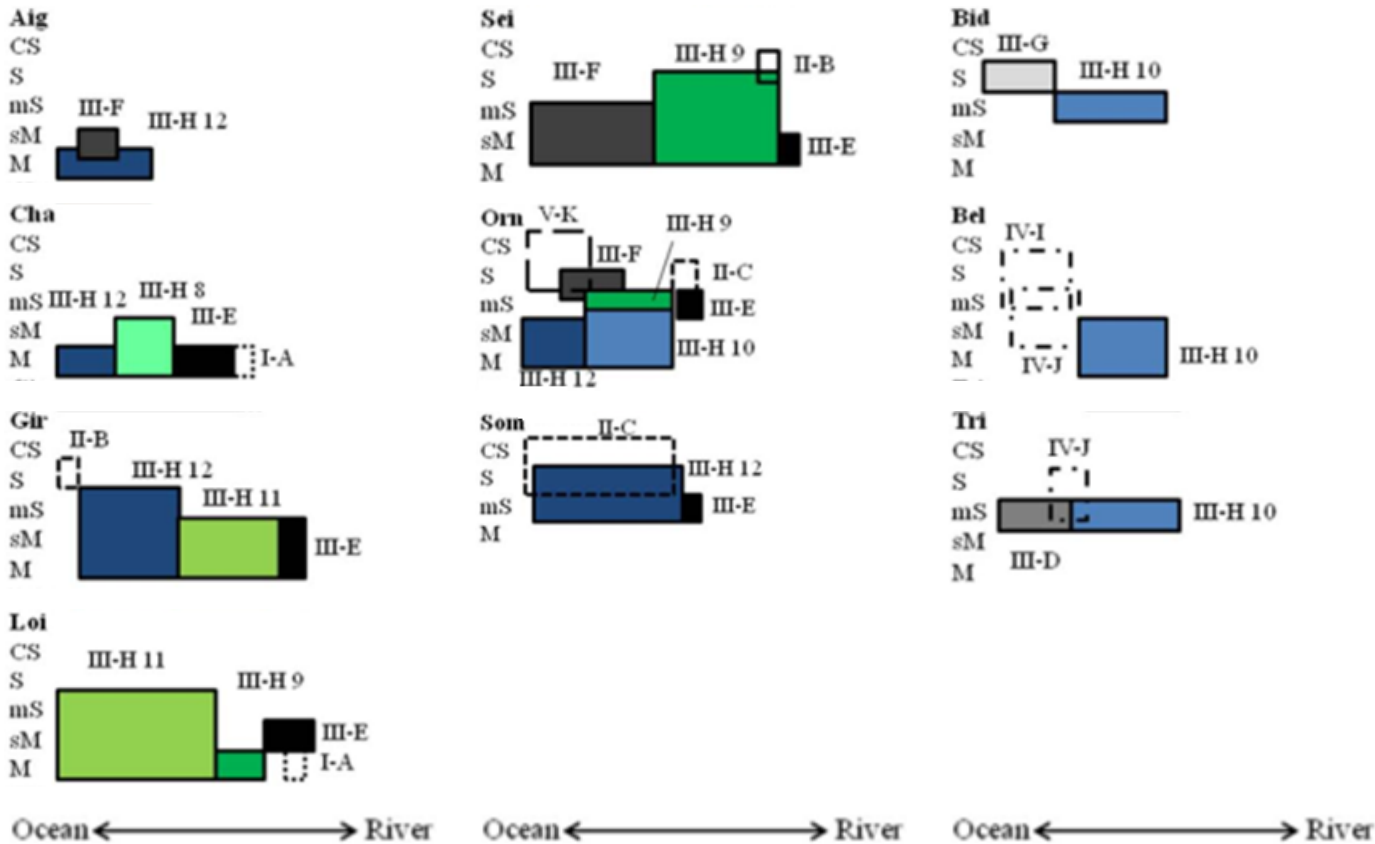
III) Particularités de l'évaluation de la qualité des milieux estuariens.

1) Hétérogénéité de la faune benthique en estuaire.



- Les communautés benthiques diffèrent beaucoup d'un estuaire à l'autre.
- Objectif : trouver des solutions pour adapter les méthodes d'évaluation actuelles aux particularités des milieux estuariens.

2) Mais au sein des habitats on trouve plusieurs communautés,

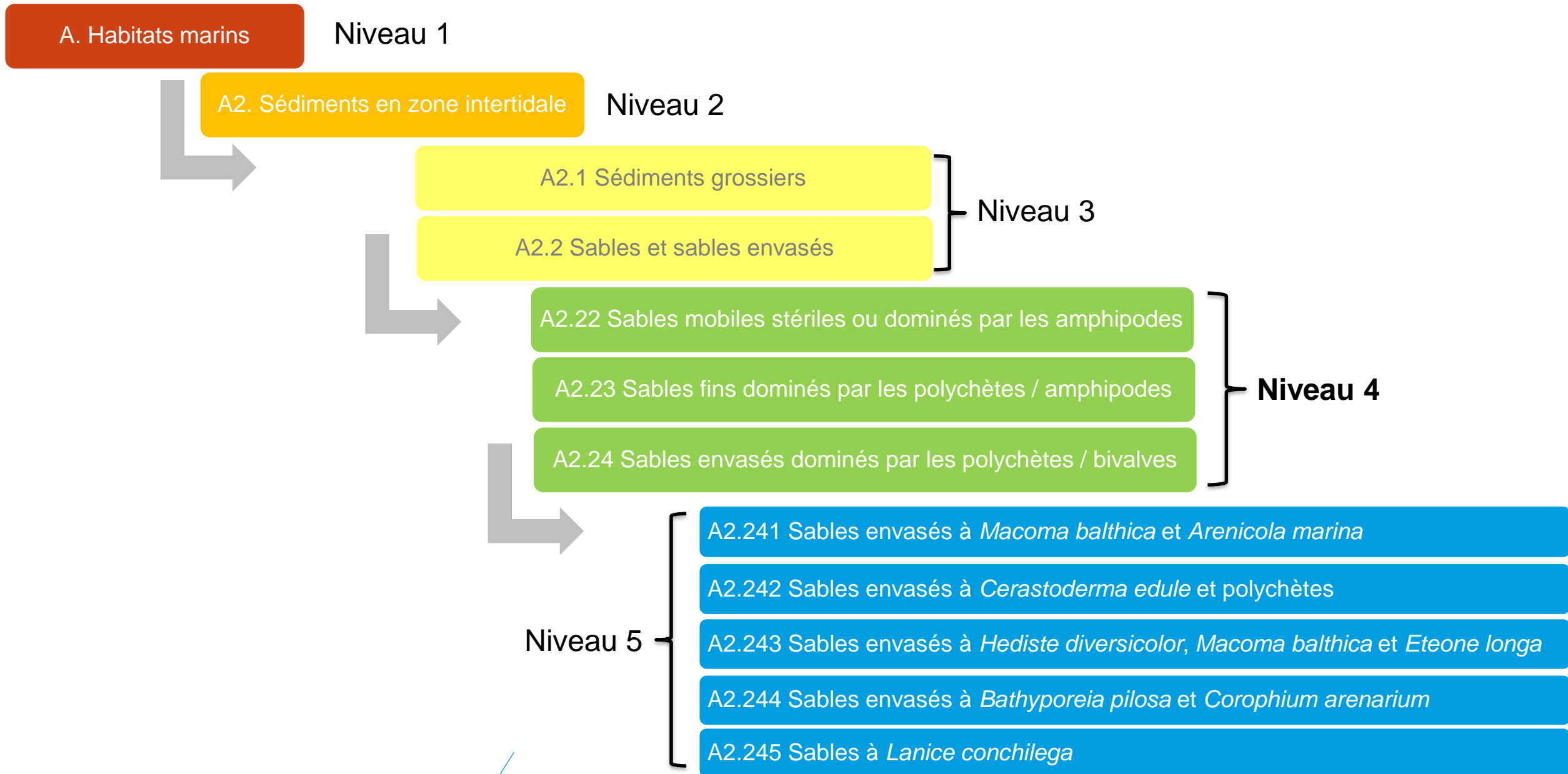


→ Mais si on s'intéresse aux différentes communautés au sein d'un même estuaire il est possible de trouver des ressemblance d'un estuaire à l'autre.

Figure 5: Représentation schématique des similarités entre assemblages benthiques entre les estuaires étudiés. Les codes indiquent les différents assemblages identifiés par analyse multivariée. Les différents assemblages sont ordonnés selon leur position dans le gradient de salinité estuarien entre le pôle « Océan » et le pôle « Rivière ». NB : Cs : sédiments grossiers, S : sables, mS : sables vaseux, sM : vase sableuse, M : vase, Aig : Aiguillon, Bid : Bidassoa, Bel : Belon, Cha : Charente, Gir : Gironde, Loi : Loire, Sei : Seine, Orn : Orne, Som : Somme, Tri : Trieux.

Source : Blanchet et al., 2014

3) Quelle typologie ? Existante ou une nouvelle ? La typologie EUNIS



4) Les habitats EUNIS choisis.

→ Habitats intertidaux

- Estrans vaseux en amont de l'estuaire. Zone dessalée. (UEst).
- Estrans vaseux de la partie moyenne de l'estuaire. Zone dessalée. (MEst).
- Sables vaseux intertidaux. Zone euhaline. (MuSa).
- Sables fins intertidaux. Zone euhaline (FiSa).

→ Habitats subtidaux

- Vases sublittorales (SMuVS).
- Sables vaseux de la zone subtidale (IMuSa).
- Sables sublittoraux (SSaVS).

- ▶ Salinité = facteur de répartition important.



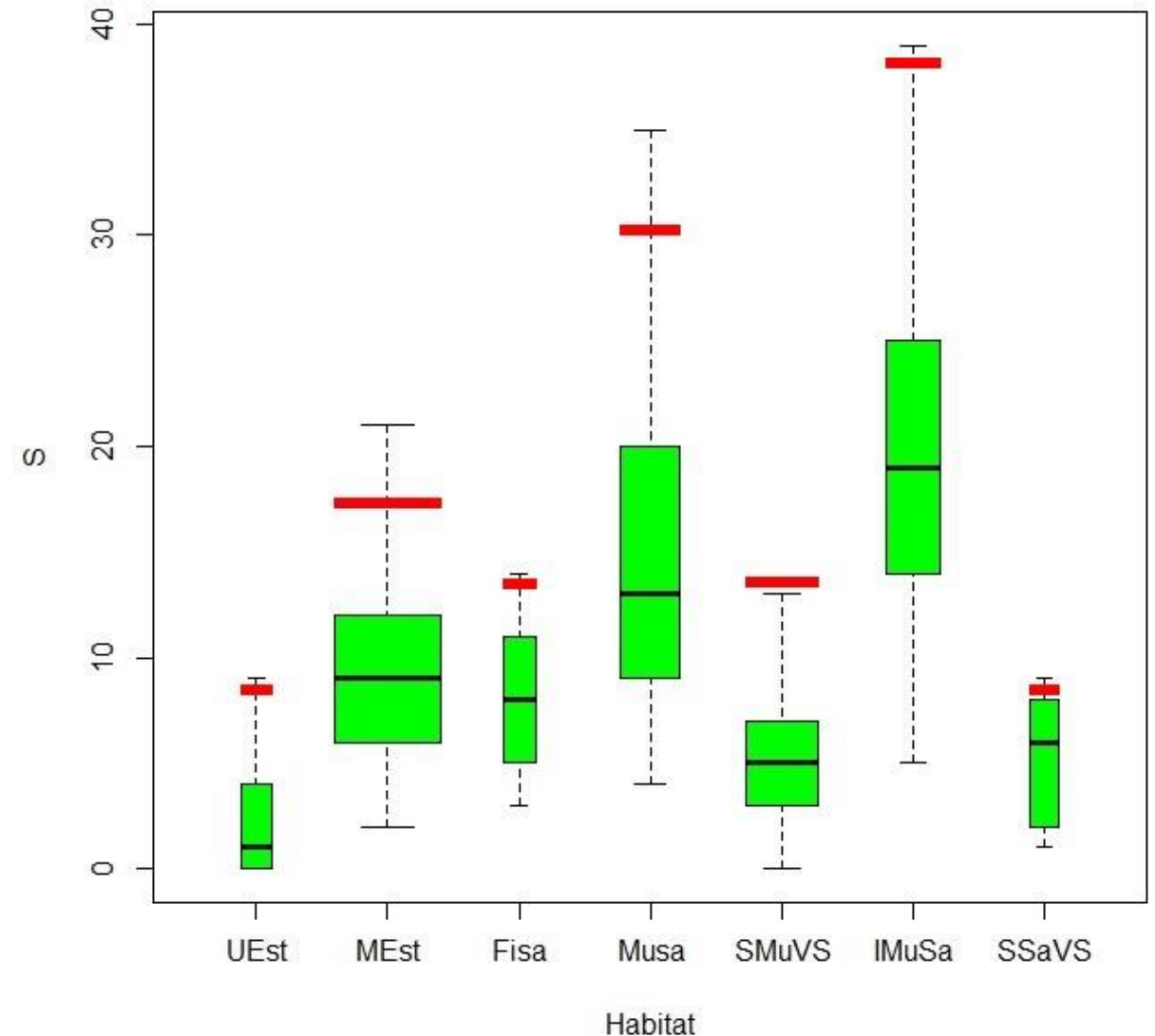
5) Les conditions de références (d'après Borja *et al.*, 2009)

Définition des conditions de référence (CR) :

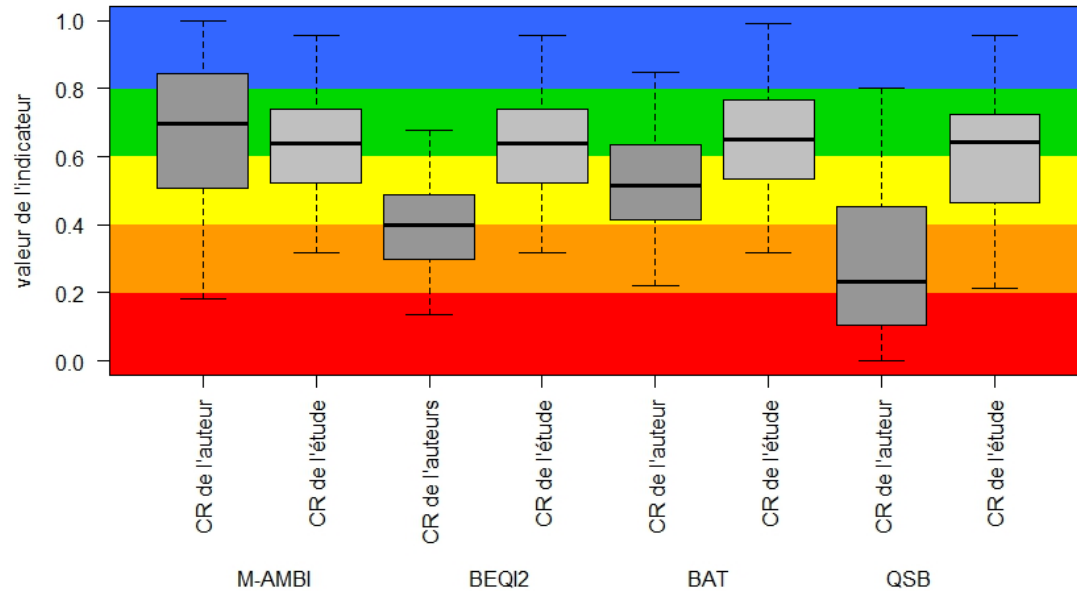
La notion de condition de référence est la valeur de l'indice dans le cas où les pressions anthropiques s'exerçant sur le milieu seraient absentes ou négligeables.

- Faire un sélection préalable des données en supprimant les stations quand:
 - > elles sont à – de 2km d'une source potentielle de pollution.
 - > $S < 3$
 - > $N < 10$
- Calculer le 95^e percentile.

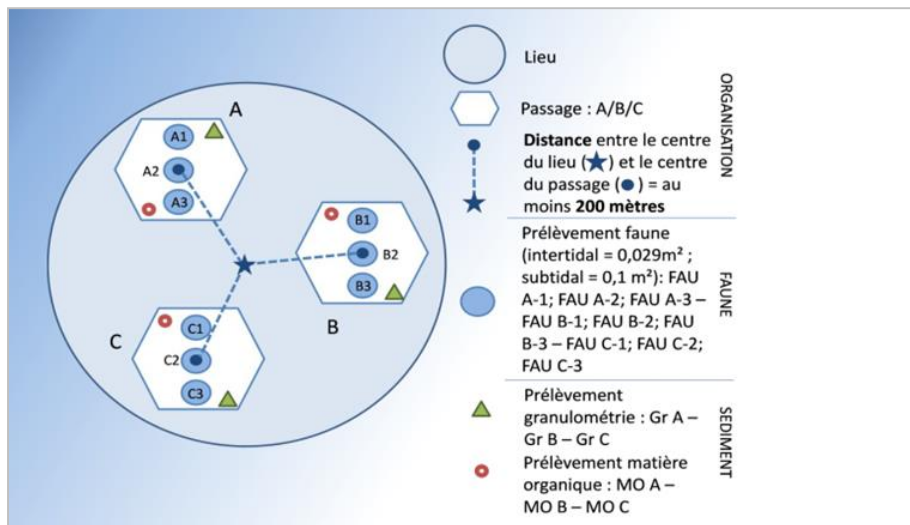
Distribution des valeurs de la richesse spécifique en fonction des habitats



6) Importance des CR et chaque CR est assignée à une surface d'échantillonnage.



- Etape fondamentale pour l'élaboration des indicateurs.
- Le moindre changement dans ces CR affecte le résultat final.
- Les valeurs de nombreuses métriques utilisées par les indicateurs dépendent du nombre d'espèces S.
- S est dépendant de la surface d'échantillonnage.
- Nécessité de préciser la surface d'échantillonnage correspondant aux CR.
- Le protocole AQUAREF propose 3 niveaux :
 - › l'échelle du prélèvement (0,029m² en intertidal et 0,1m² en subtidal),
 - › le passage (3 prélèvements)
 - › le lieu (3 passages).
- Les références proposées dans cette étude correspondent à l'échelle du « passage » soit 0,087m² en intertidal (3 carottiers) et 0,3m² en subtidal (3 bennes).



7) Notre étude en bref : Sélection d'un indicateur DCE « faune benthique invertébrée » adapté aux estuaires.

OBJECTIFS:

I. SELECTIONNER 1 indicateur parmi 6 indicateurs

II. INTERCALIBRER cet indicateur

Principaux challenges = LES ETAPES DU PROJET

a. Comment adapter les différents indicateurs aux estuaires français ?



Déterminer les habitats benthiques types.



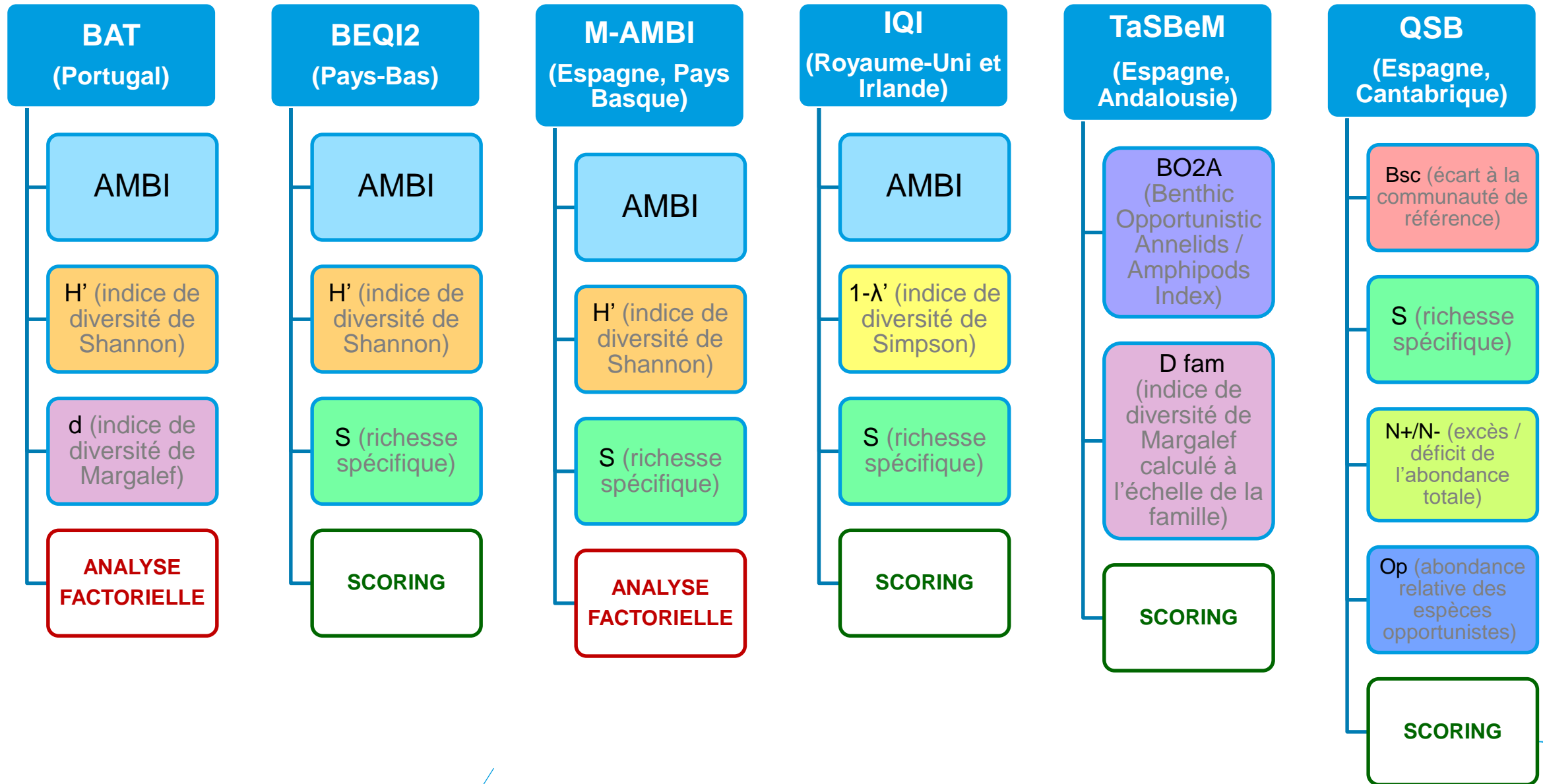
Calculer des conditions de référence par Habitat benthique

b. Sur quels critères sélectionner l'indicateur ?



Etude des relations entre indicateurs et pressions.

7.a) Présentation des indicateurs

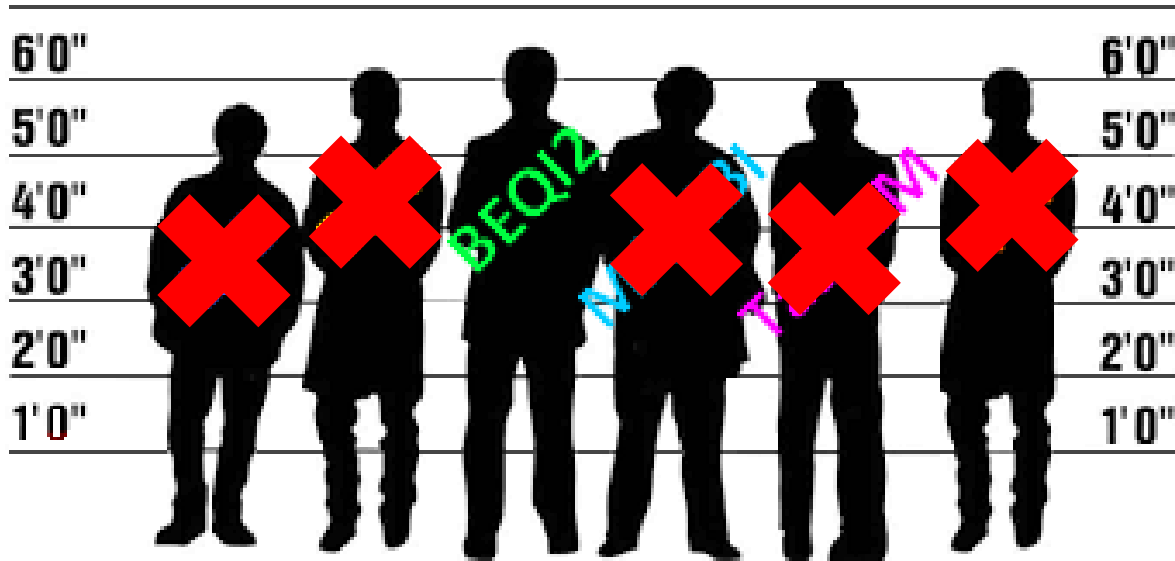


7.b) Les tests effectués.



Pression testée	Métriques	Réponse des indicateurs	Résultats
Indice global de pression développé par l'IRSTEA. 7 pressions	Perte d'habitats intertidaux.	Non	Pas de corrélation significative entre les résultats des indicateurs et l'indice de pression global. Seule la corrélation entre la pression perte en oxygène et l'indice BEQI2 est significative. Il est peu probable que la macrofaune réponde à toutes les pressions au sein d'un estuaire.
	Interférences avec le régime hydrographique	Non	
	Côte affectée par les activités anthropiques	Non	
	Qualité chimique de l'eau	Non	
	Effets biologiques de la qualité de l'eau	Non	
	DO* (saturation dans le temps)	BEQI2	
	DO* (extension dans l'espace) (*oxygène dissous)	BEQI2	
Base de donnée HOCER	Micropolluants	Non	Les organismes composant la macrofaune benthique intègrent les conditions de leur milieu mais, étant sédentaires , ils sont particulièrement sensibles aux conditions locales qui prévalent à l'échelle de la station. Il est donc peu surprenant (à moins d'un niveau de pollution extrêmement élevé et spatialement très étendu) qu'une médiane de valeur ponctuelle traduise franchement l'état du milieu.
	Apports diffus	TaSBeM	
	Navigation	Non	
	Apports fluviaux	BEQI2, BAT, TaSBeM et QSB	
	Rejets industriels	Non	
	Aquaculture	Non	
	Dragage	Non	
	Station d'Épuration Urbaine	Non	
	Pêche	Non	
Relation benthos-micropolluants	Al, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, PCB, HAP.	Meilleures réponses pour le BAT, M-AMBI et BEQI2	Les indicateurs testés semblent mieux reliés aux concentrations en Hg, Cd et PCB qu'aux autres contaminants.
Hypoxie (données SURVAL)	Sélection des données estivales (mai à octobre). Calcul de : - minimum, - moyenne, - médiane, - % d'évènement hypoxiques (en dessous de 5mg/L),	Meilleures réponses pour le BAT et M-AMBI	Pression prometteuse
Hypoxie (données SYVEL Loire)	Comparaison des valeurs des indicateurs avant et après la période estivale.	Meilleures réponses pour le BAT et BEQI2	Pas d'effet statistiquement mais pression prometteuse.
Rejets d'hydrocarbures	Accident, déversement d'hydrocarbure en mars 2008. Comparaison des résultats de données 2 mois, 4 mois, 7 mois, 2 ans et 7 ans après l'incident.	Tous répondent (faiblement) sauf le QSB	Effet peu visible, multitude d'autres paramètres (saisonnalité).

7.c) Choix de l'indicateur.



- QSB ne tiens pas compte des variations biogéographiques (Ex: *Macoma balthica*).
- TaSBeM (BO2A), $N > 20$.
- IQI n'a pas donné d'assez bons résultats.
- M-AMBI et BAT utilisent une AF.
- BEQI2 se prête très bien à l'intercalibration.

Take Home Message



- Estuaires = environnement très variables (T° , salinité, O_2 , granulométrie, turbidité). → **Variations stressantes pour le biote.**
- La macrofaune benthique estuarienne est particulièrement **pauvre en termes de richesse**, abondance et biomasse spécifique.
- Principalement des **espèces à stratégie r**, considérées comme des espèces opportunistes.
- Choix d'utiliser la **typologie EUNIS**.
- Caractériser chaque habitat par des **conditions de références** (obtenues par « modélisation »).
- **Etape fondamentale** pour l'élaboration des indicateurs. Le moindre changement dans ces CR affecte le résultat final.
- Nécessité de **préciser la surface d'échantillonnage** correspondant aux CR.
- Parmi les 6 indicateurs proposés, le **BEQI2** a été retenu. Il permet :
 - › Un calcul sans biais méthodologique
 - › Une intercalibration Européenne facilitée.
- Parmi les pressions étudiées, l'hypoxie altère la structure et le fonctionnement des communautés benthiques.
 - › Persévérer dans la **relation hypoxie-faune benthique**.

Merci pour votre
attention.