



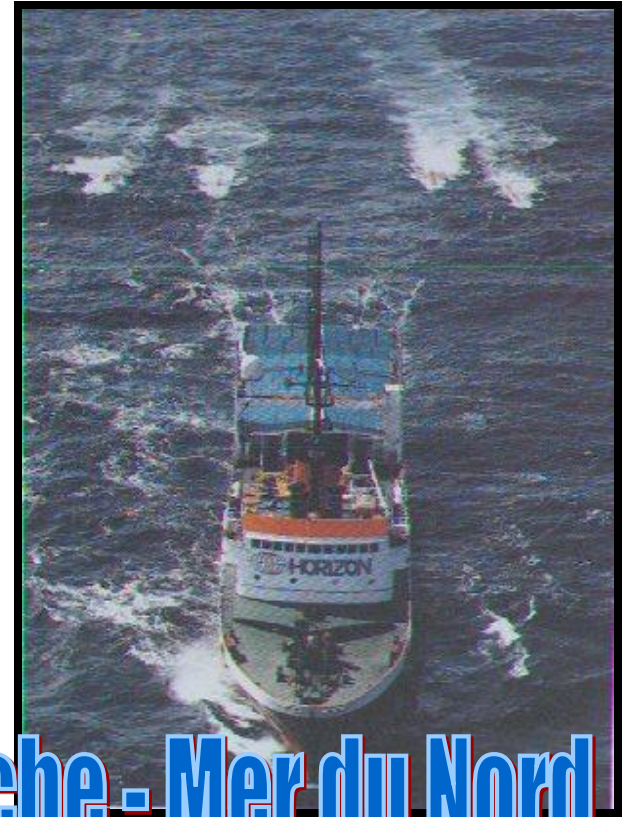
La zone côtière et les estuaires

Jean-Paul DUCROTOY



UNE SOURCE DE RICHESSES

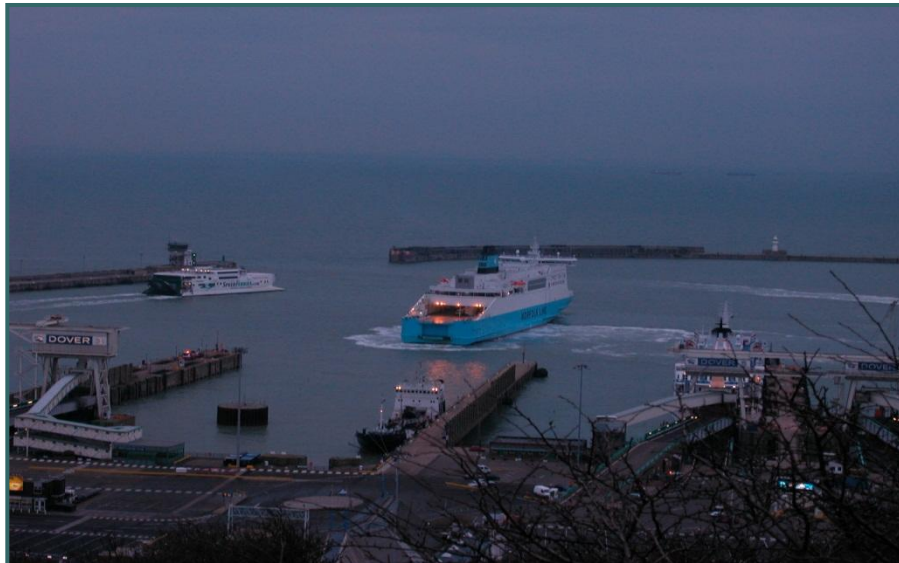
- 500 000 trajets par mer
- 3 000 000 tonnes de poisson
- 215 000 000 tonnes de pétrole
- 202 000 000 000 m³ de gaz naturel
 - 1/4 de la production offshore mondiale
 - 4 000 puits



Manche - Mer du Nord

Milieux estuariens et littoraux

- 350000 km de côtes dans le monde
 - 2/3 naturel
 - 5 à 10 km / j touchés par le développement
- 60% de la population mondiale
 - 3,8 milliards d'humains à moins de 150 km
 - X 2 en 2025




SYMPTOMES D'UN DESEQUILIBRE?

- Tumeurs chez le poisson
- Stocks épuisés
- Populations de sternes sur le déclin
- Algues vertes sur les plages



ZONE CÔTIÈRE ET ESTUAIRES

- 
- 1. **PRESENTATION DE LA ZONE CÔTIÈRE ET DES ESTUAIRES**
 - 1.1. Le continuum zone côtière / bassin versant
 - 1.2. Zone intertidale et estuaires
 - 2. **CIRCULATION ET REGIME TIDAUX**
 - 3. **SEDIMENTS**
 - 3.1. Paramètres sédimentaires
 - 3.2. Cycles bio-géo-chimiques
 - 4. **AUTRES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX**
 - 5. **PRODUCTION PRIMAIRE *IN SITU***
 - 5.1. Plantes
 - 5.2. Microphytobenthos et plancton
 - 5.3. Détritus
 - 6. **LA FAUNE**
 - 6.1. Taxonomie
 - 6.2. Modes de vie et adaptations
 - 7. **EFFETS ANTHROPIQUES**
 - 8. **CONCLUSIONS**

ZONE CÔTIÈRE ET ESTUAIRES

1. PRESENTATION DE LA ZONE CÔTIÈRE ET DES ESTUAIRES

1.1. Le continuum zone côtière / bassin versant

1.2. Zone intertidale et estuaires

2. CIRCULATION ET REGIME TIDAUX

3. SEDIMENTS

3.1. Paramètres sédimentaires

3.2. Cycles bio-géo-chimiques

4. AUTRES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

5. PRODUCTION PRIMAIRE *IN SITU*

5.1. Plantes

5.2. Microphytobenthos et plancton

5.3. Détritits

6. LA FAUNE

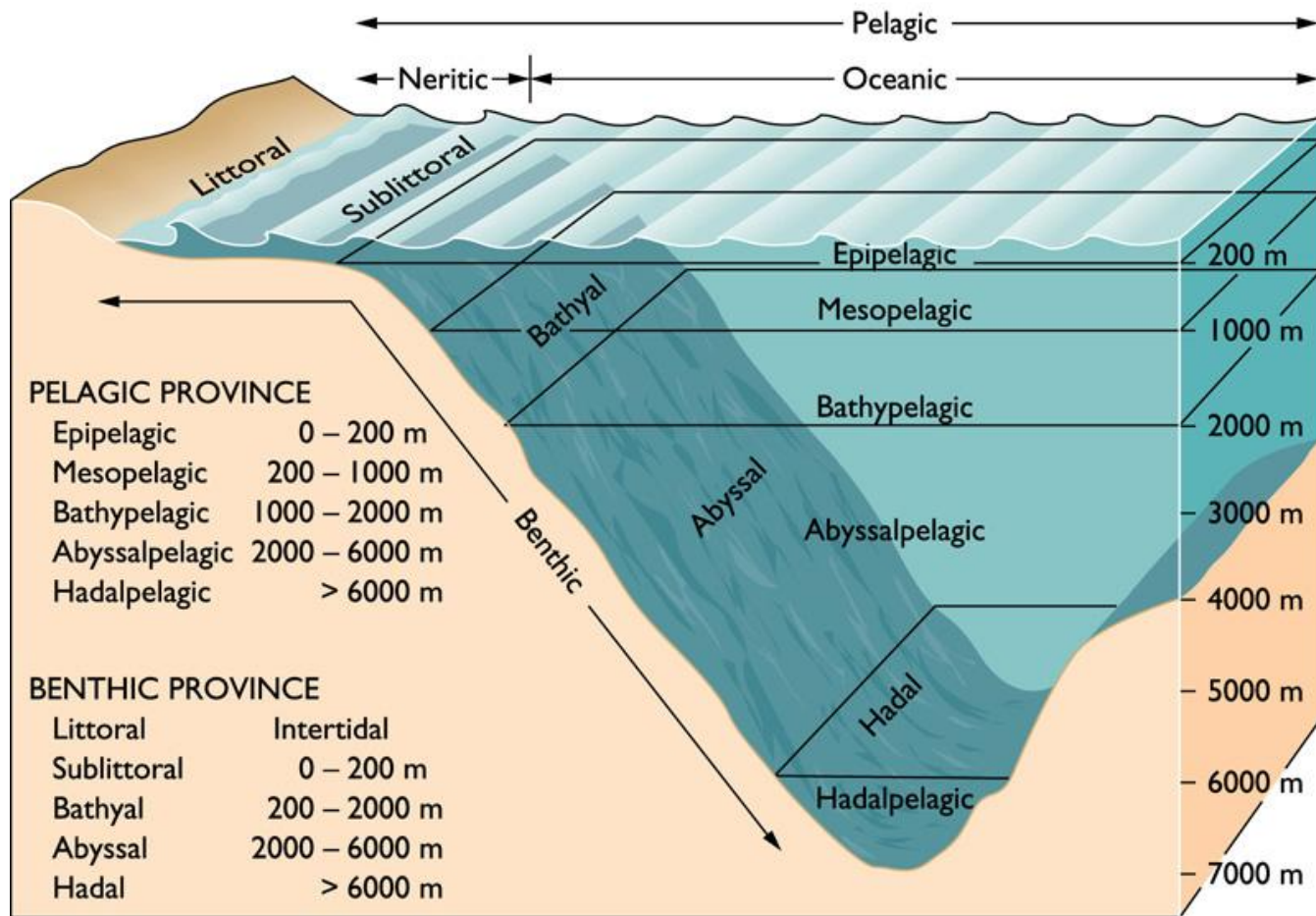
6.1. Taxonomie

6.2. Modes de vie et adaptations

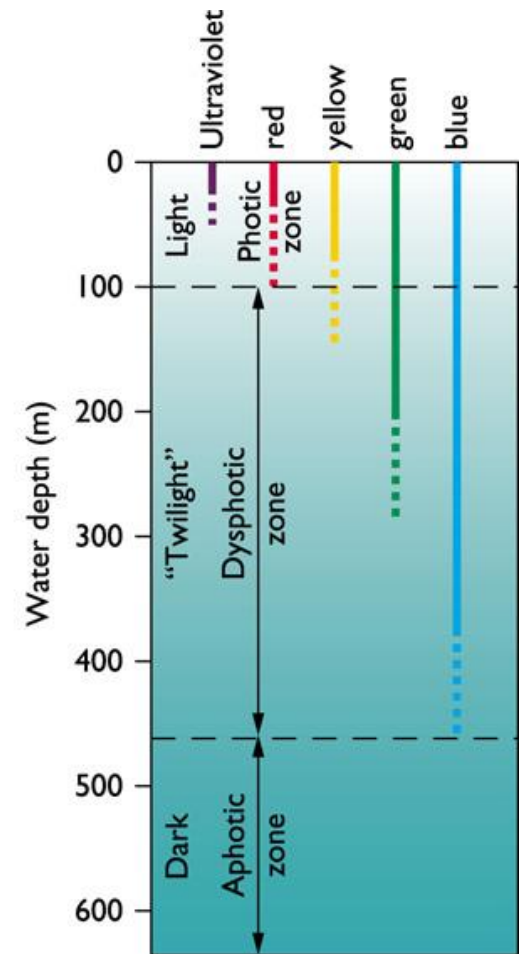
7. EFFETS ANTHROPIQUES

8. CONCLUSIONS

Divisions of the Marine Environment



(a) BIOZONES



(b) LIGHT ZONES

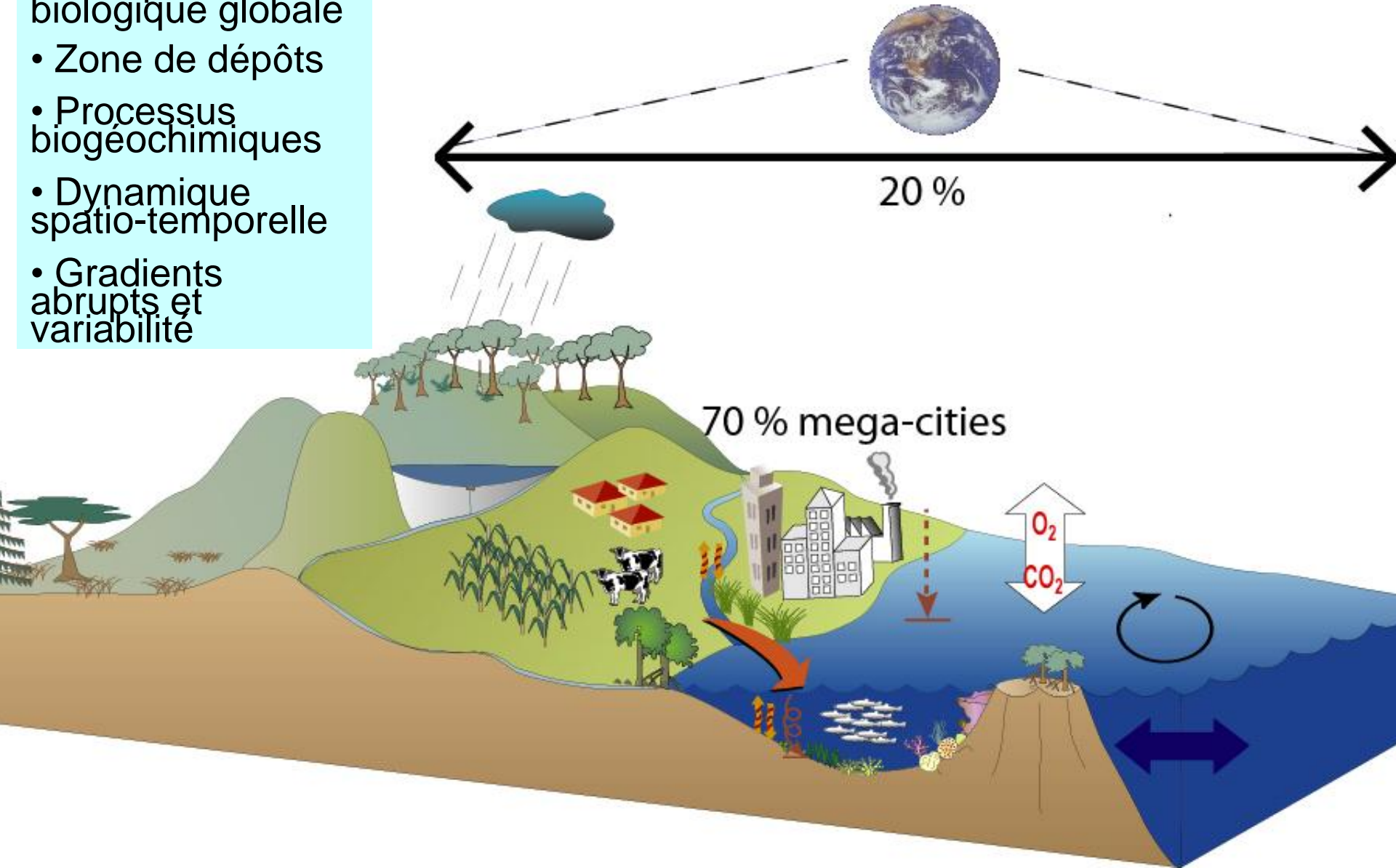


Travaux dirigés

- Donnez votre définition de la zone côtière
- Comparez les différentes propositions
- Faites-en une synthèse

- >50% population
- >90% pêcheries
- 25% productivité biologique globale
- Zone de dépôts
- Processus biogéochimiques
- Dynamique spatio-temporelle
- Gradients abrupts et variabilité

Zone côtière

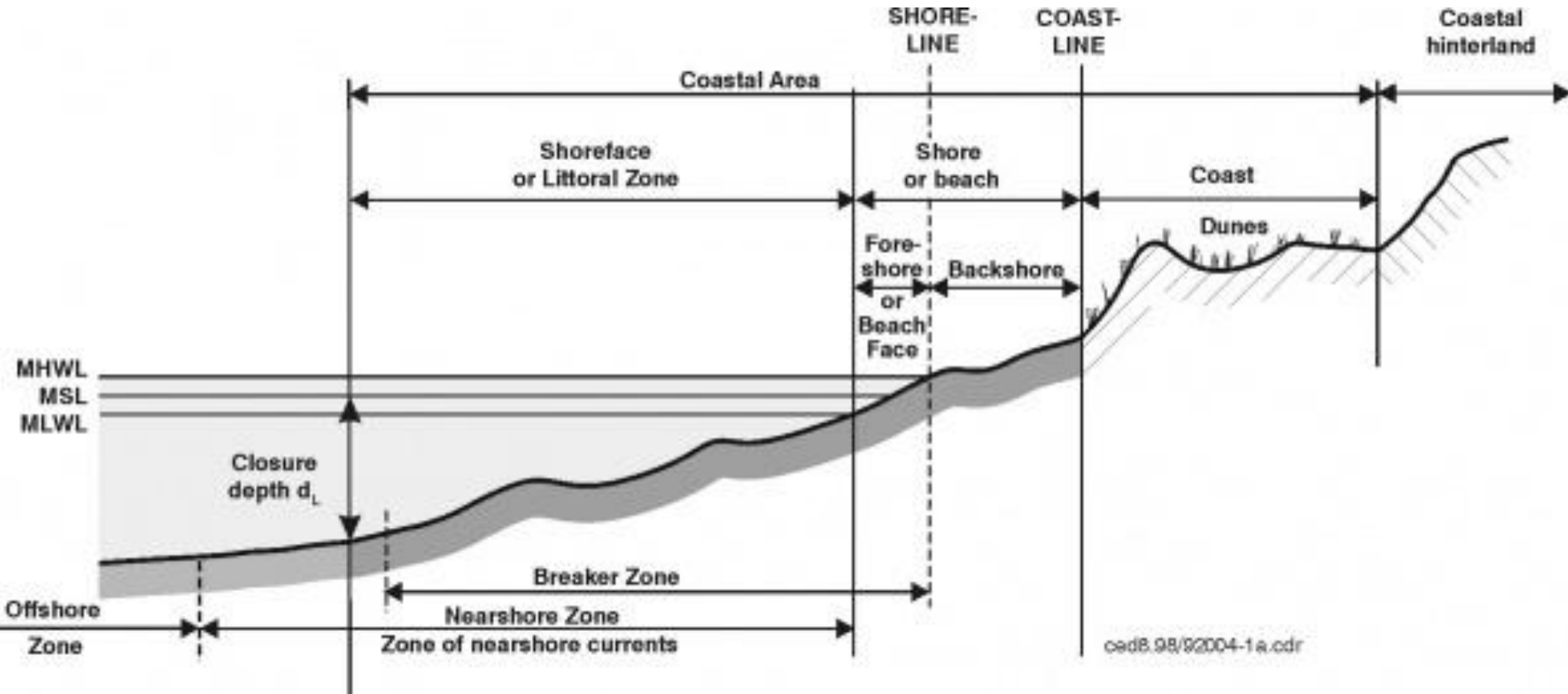




la zone côtière

espace **géomorphologique** de part et d'autre du rivage de la mer où se manifeste l'**interaction** entre la partie marine et la partie terrestre à travers des systèmes écologiques et systèmes de ressources complexes comprenant des composantes **biotiques et abiotiques** coexistant et interagissant avec les **communautés humaines** et les activités socio-économiques pertinentes

La zone côtière



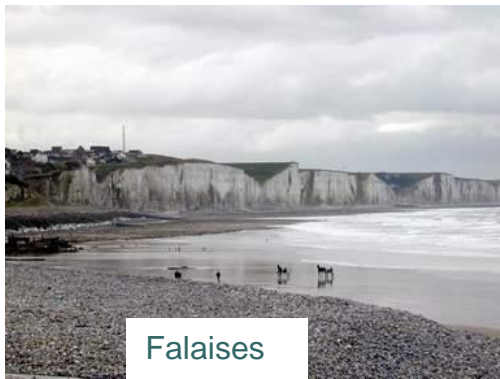
● ● ● | Encore des chiffres...

Les zones côtières figurent parmi les lieux les plus dynamiques de la planète.

Les 2/3 de la population mondiale y vivent. La densité y est 5 fois plus élevée que la densité moyenne des terres habitées.

En 2040, les ¾ de la population mondiale vivront dans des zones proches du littoral.

10 km de zones littorales naturelles sont touchés chaque jour par une empreinte écologique.



Autres définitions essentielles

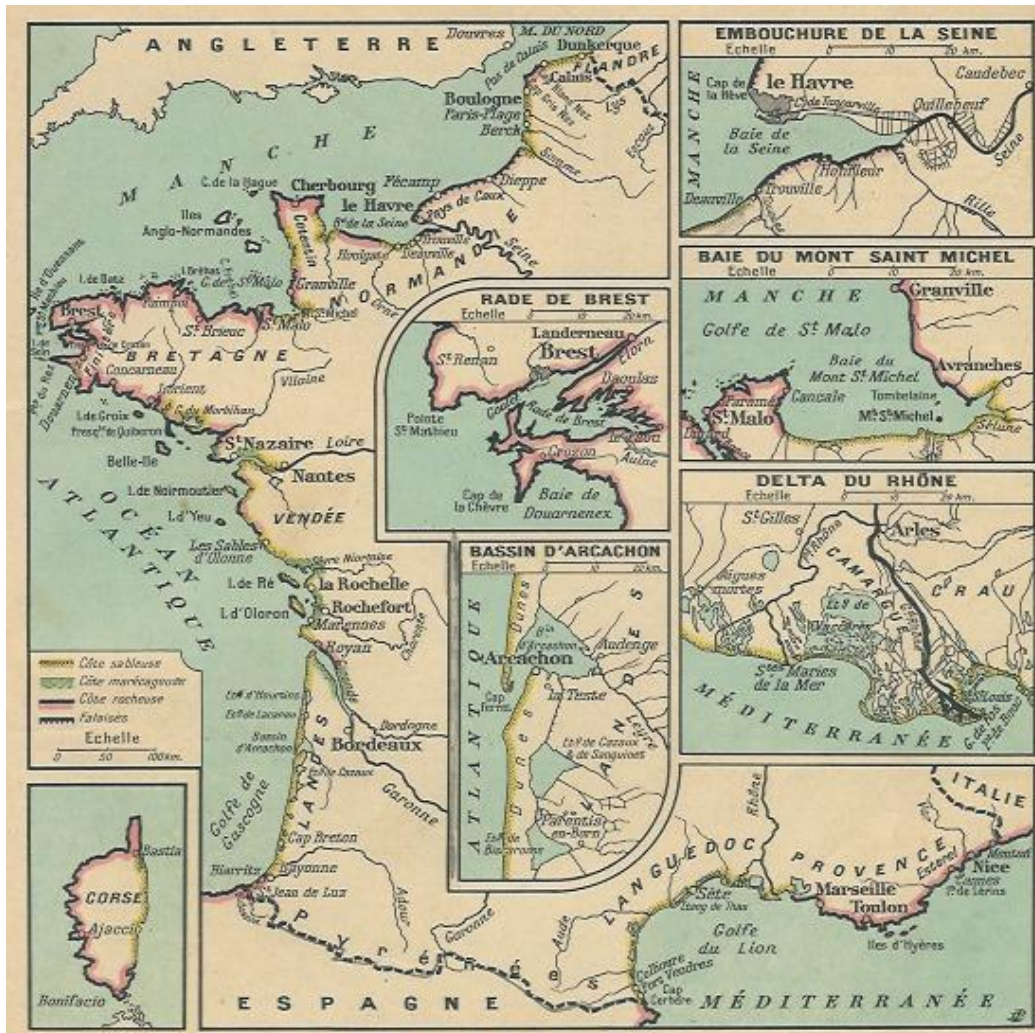
○ Côtier

- 1. Qui concerne le milieu marin à proximité des cotes.
- 2. Qui concerne la zone continentale qui est au contact ou au voisinage de la mer.

○ Littoral

- 1. Ceinture des terres émergées et des aires toujours submergées.
- 2. Trait de côte, à l'estran.
- 3. Toutes les terres qui sont influencées par la présence de la mer.
- 4. Limite entre les biotopes continentaux et marin.

Le littoral français



Longueur: 5530km,
11 régions, 26
départements,
895 communes

Population: 1/3 de la
population
nationale dans
les
départements
côtiers, densité:
272 ha/km²

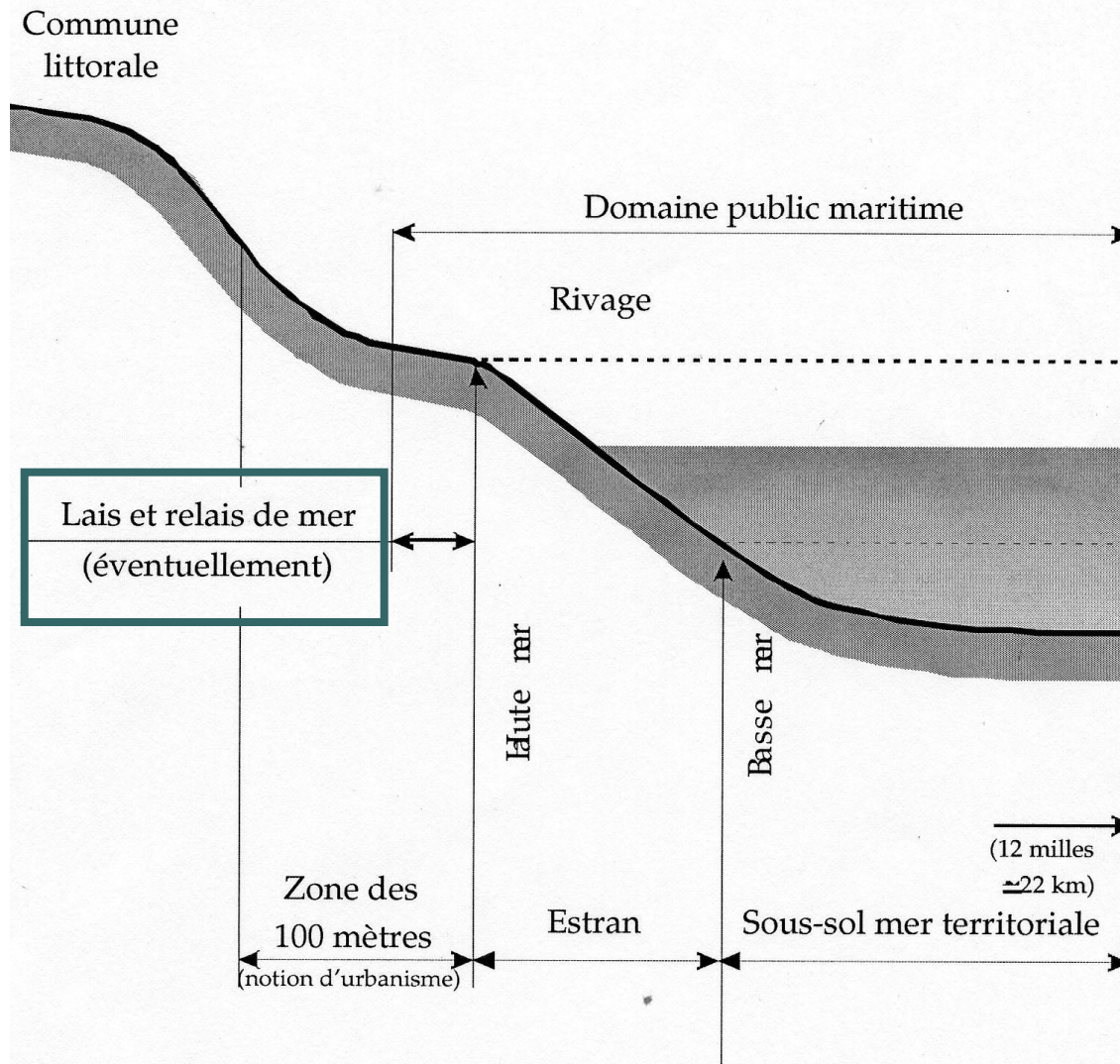


La côte

1. Interface entre le milieu océanique, le milieu continental et l'atmosphère. Elle comprend les écosystèmes côtiers tels que les eaux côtières adjacentes. Ses composants peuvent inclure les estuaires, les deltas, les plaines côtières, les marais, les plages et dunes, les récifs, et autres écosystèmes côtiers.
2. Frange de terre affectée par sa proximité avec la mer, et la part de la frange de mer affectée par sa proximité avec la terre dont l'étendue en tant que siège d'activités humaines a une influence notable sur la chimie de l'eau et l'écologie marine. Les activités humaines sont influencées par la qualité de toute la zone côtière, comme ces mêmes activités peuvent avoir de l'influence sur le milieu côtier. Elles peuvent s'étendre loin à l'intérieur des terres ou en dehors de la mer ce qui rend nécessaire le contrôle des activités qui ont un impact sur la côte.
3. Zone dynamique directement affectée par le processus géomorphologique au large ou proche du rivage tels que le retrait potentiel d'une falaise sur une période spécifique ou le transport de sédiment.

Domaine public maritime, rivage, lais et relais,...

LAIS:
Terme de jurisprudence. Atterrissement, alluvion, ce que la mer ou une rivière donne d'accroissement à un terrain. Le ministre des finances annonce de temps à autre qu'on doit procéder à l'aliénation de certains lais de mer. On dit fort souvent, au lieu de lais simplement, les lais et relais de la mer. LITTRE





La zone côtière

- Espace de rencontre entre la terre et la mer, se compose à la fois de territoires marins et terrestres qui partagent les mêmes enjeux même s'ils ont chacun leur singularité.
- Plus qu'un simple trait, c'est un espace à géométrie variable dont les limites se définissent en fonction de l'enjeu ou du problème posé et des réponses à apporter. Aussi, pour exploiter les atouts du littoral tout en veillant à le préserver, la gestion intégrée des zones côtières invite à prendre en compte un espace élargi que l'on nomme zone côtière. La zone côtière est donc composée de territoires terrestres et marins qui partagent certes les mêmes enjeux, mais sont uniques de par leurs richesses et leurs spécificités



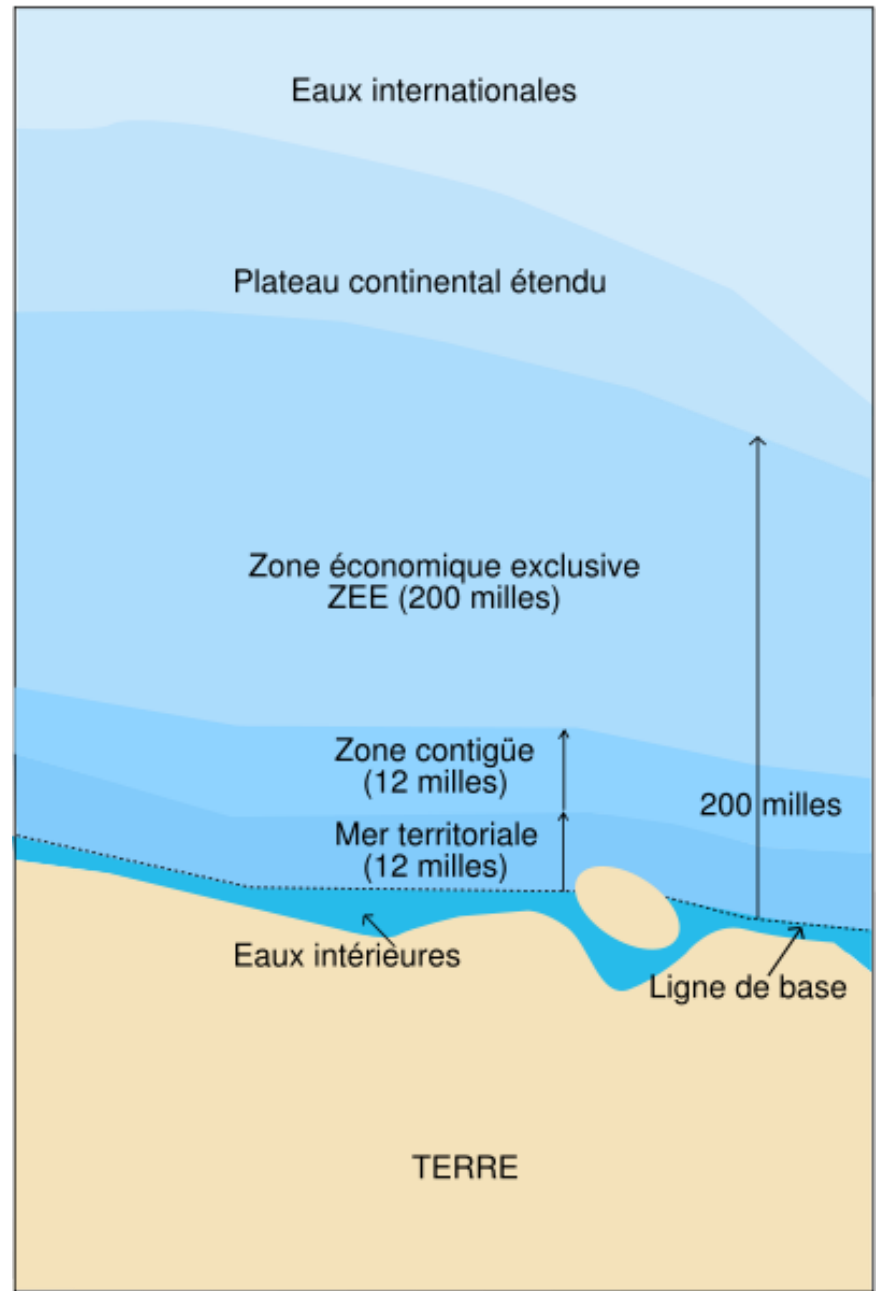
La définition de la DIACT

D'une ligne, le littoral À une zone, puis à des territoires ...

- Une **définition opérationnelle** de la zone côtière
 - Les limites sont fonction à la fois du problème ou de l'enjeu et de la réponse à ce problème
- Une **définition stratégique** de la zone côtière
 - C'est l'échelle à laquelle la gestion de la zone côtière doit être pensée et coordonnée: en mer, ce sont les eaux territoriales (12 milles) et, à terre, la Région



Typologie internationale des espaces maritimes

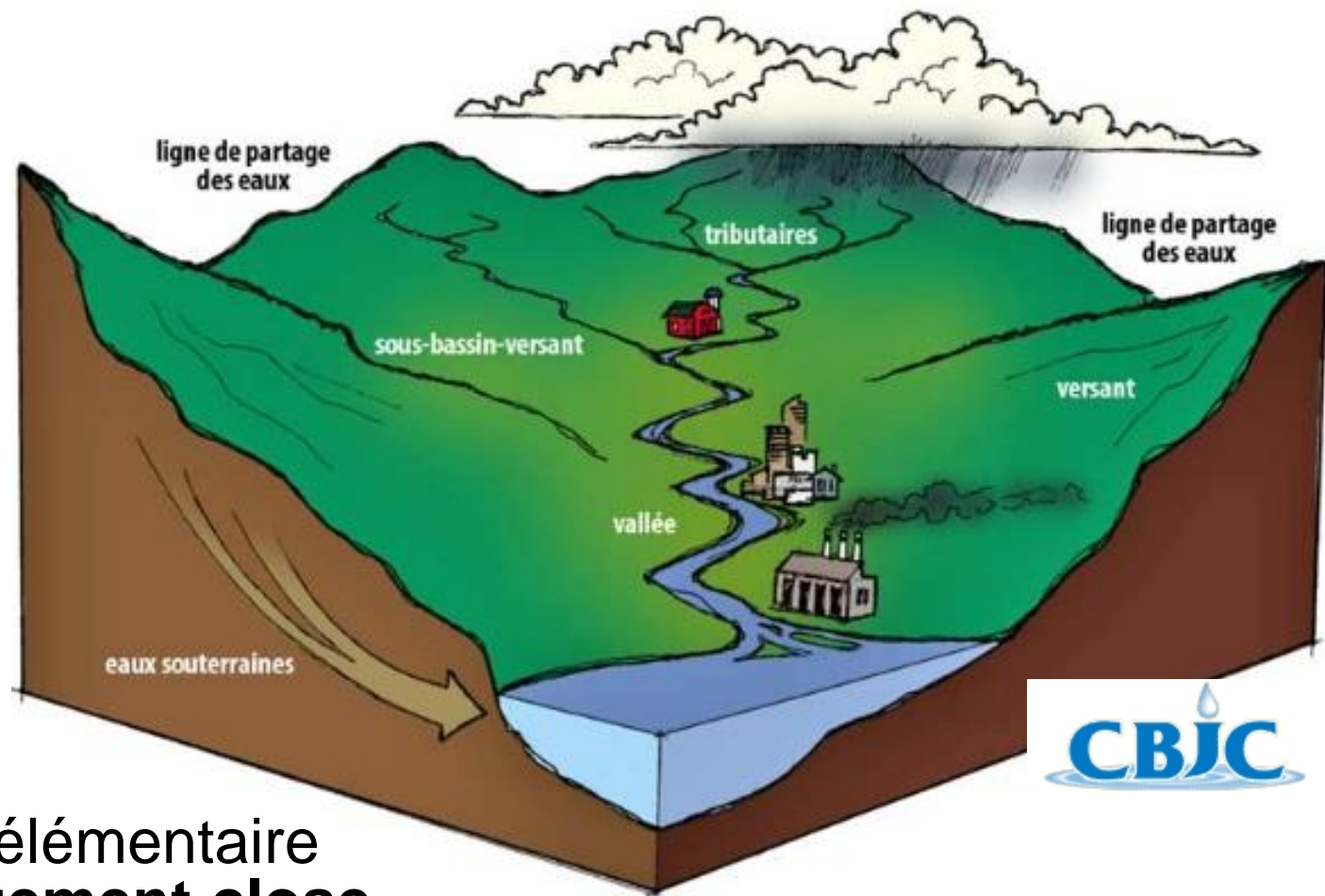




Travaux dirigés

- Donnez chacun cinq mots clés sur le zone côtière
- Faites en une liste...
- Puis un classement

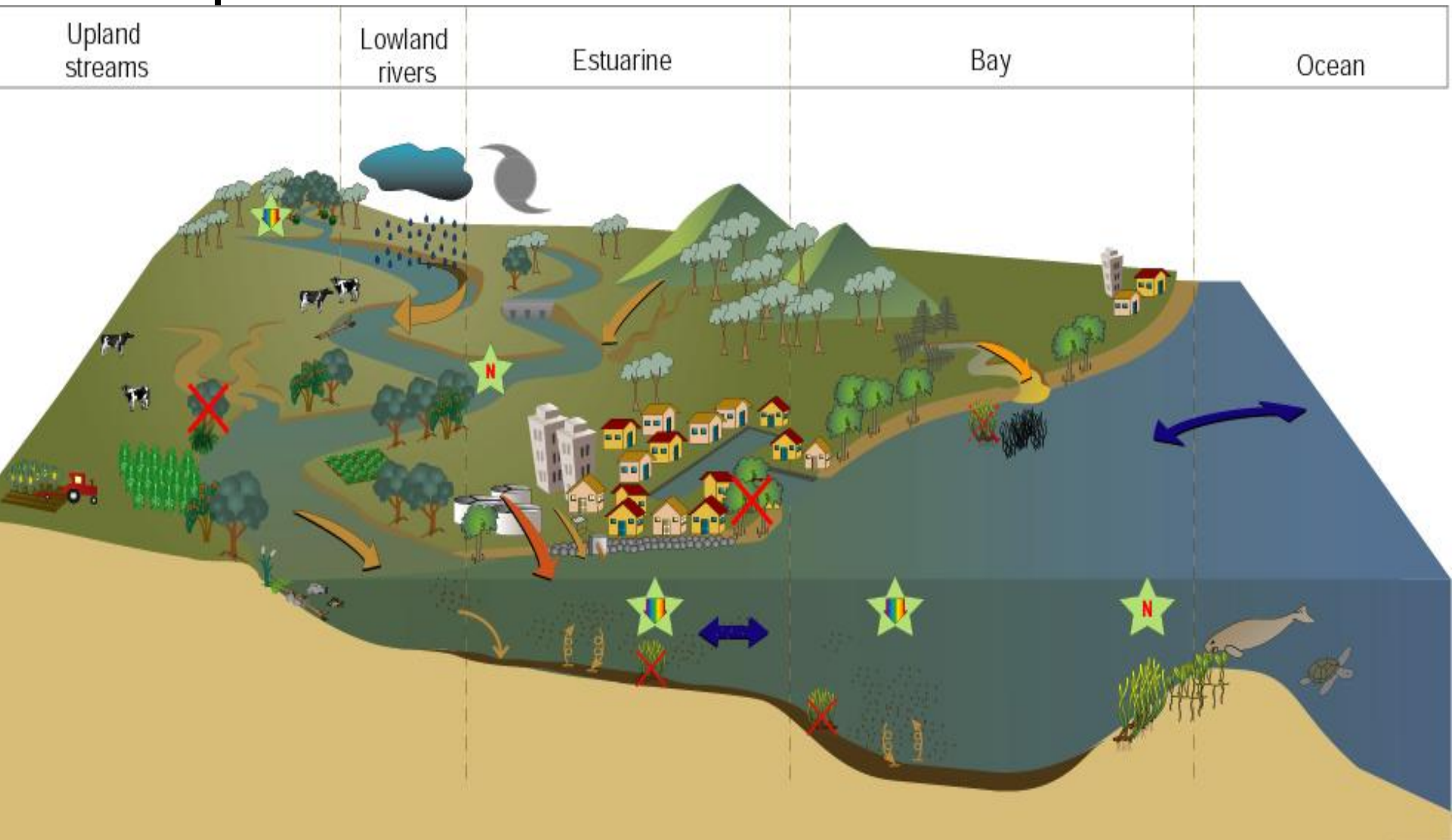
Bassin versant



- une surface élémentaire **hydrologiquement close**
 - aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur
 - tous les excédents de précipitations s'évaporent ou s'écoulent par un seul drain à l'exutoire

- la totalité de la **surface topographique** drainée par un cours d'eau et ses affluents à l'amont, jusqu'à la ligne de partage des eaux ou ligne de crête

Bassin versant / estuaire / côte: un continuum





Interactions Bassin Versant/zones côtières

- Impact des apports sur un certain nombre de flux, par le couplage de modèles Bassin Versant et écologiques
- Définir des scénarii et des outils d'aide à la décision en terme de contrôle et d'évolution

ZONE CÔTIÈRE ET ESTUAIRES

1. PRESENTATION DE LA ZONE CÔTIÈRE ET DES ESTUAIRES

1.1. Le continuum zone côtière / bassin versant

1.2. Zone intertidale et estuaires

2. CIRCULATION ET REGIME TIDAUX

3. SEDIMENTS

3.1. Paramètres sédimentaires

3.2. Cycles bio-géo-chimiques

4. AUTRES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

5. PRODUCTION PRIMAIRE *IN SITU*

5.1. Plantes

5.2. Microphytobenthos et plancton

5.3. Détritits

6. LA FAUNE

6.1. Taxonomie

6.2. Modes de vie et adaptations

7. EFFETS ANTHROPIQUES

8. CONCLUSIONS

La zone intertidale ou de balancement des marées

- Conditions très tranchées

« extrêmes »

- émergence - immersion
- désiccation
- accès à la nourriture
 - rythme biquotidien



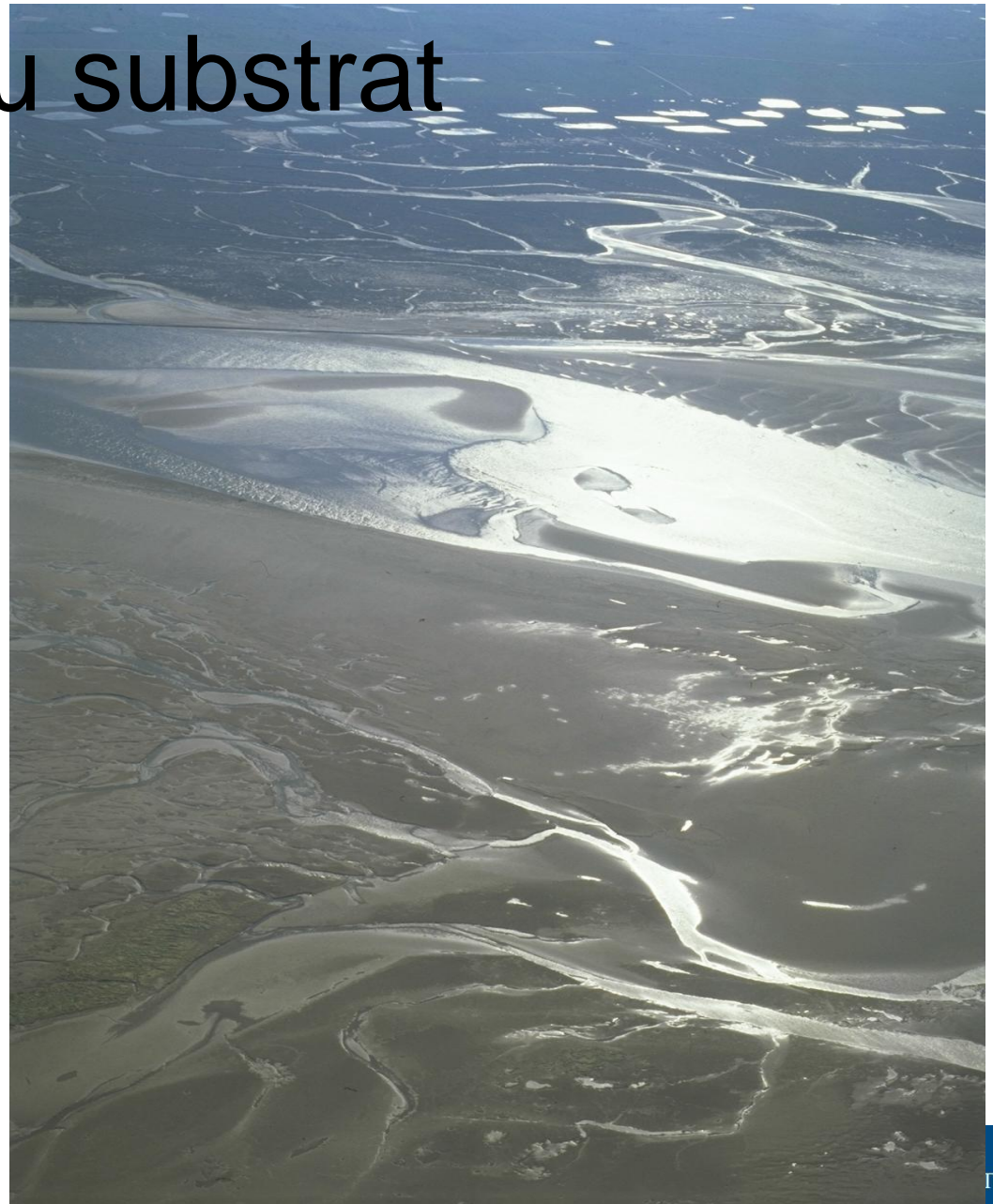
Influence des vagues et des courants

- Réponse bio-mécanique
 - Variabilité
 - Non prévisible
- Perturbations catastrophiques
 - Tempêtes
 - Gradients
 - Energie cinétique

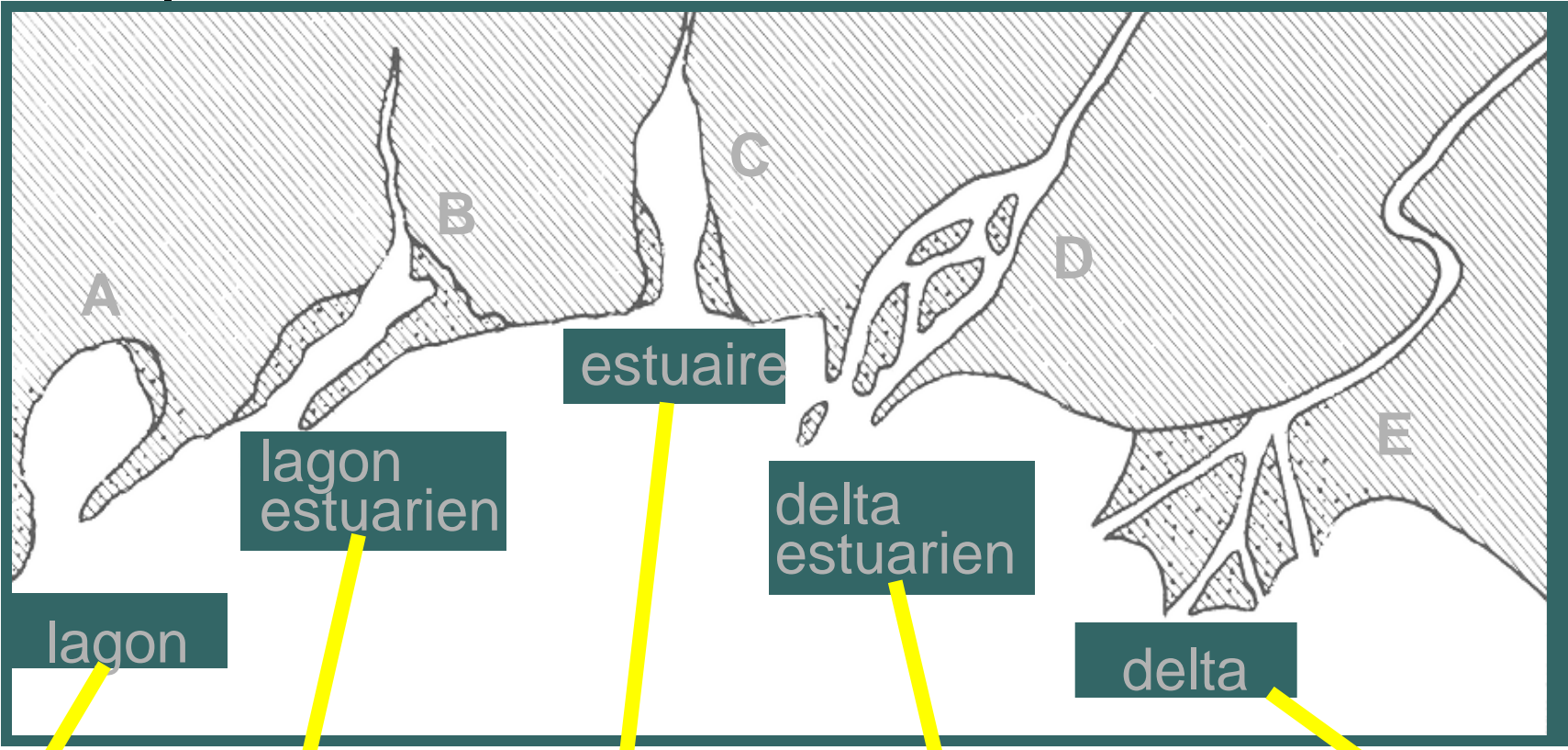


Nature du substrat

- Fixe
 - Accrochage
 - Protection par les rochers
- Mobile
 - Meiofaune & macrofaune
 - Drainage
 - Taille des particules



Où est l'estuaire ?



Texas

Southern France
Bassin d'Arcachon

Somme

Rhine
Scheldt

Mississippi
Rhône

Qu'est-ce qu'un estuaire?

Masse d'eau côtière (cf. DCE)

Semi-fermée



Ouverte sur la mer

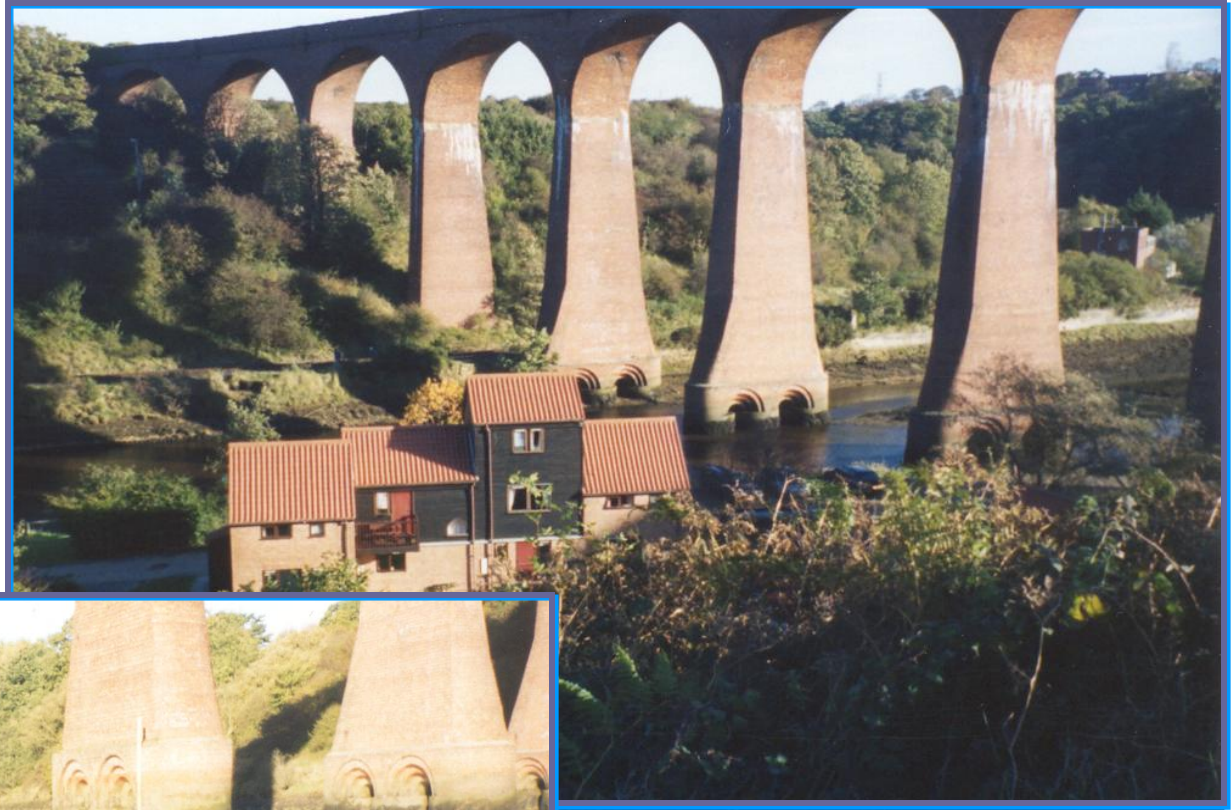
Système tidal



Dilution par l'eau douce



Apport continental
par une rivière

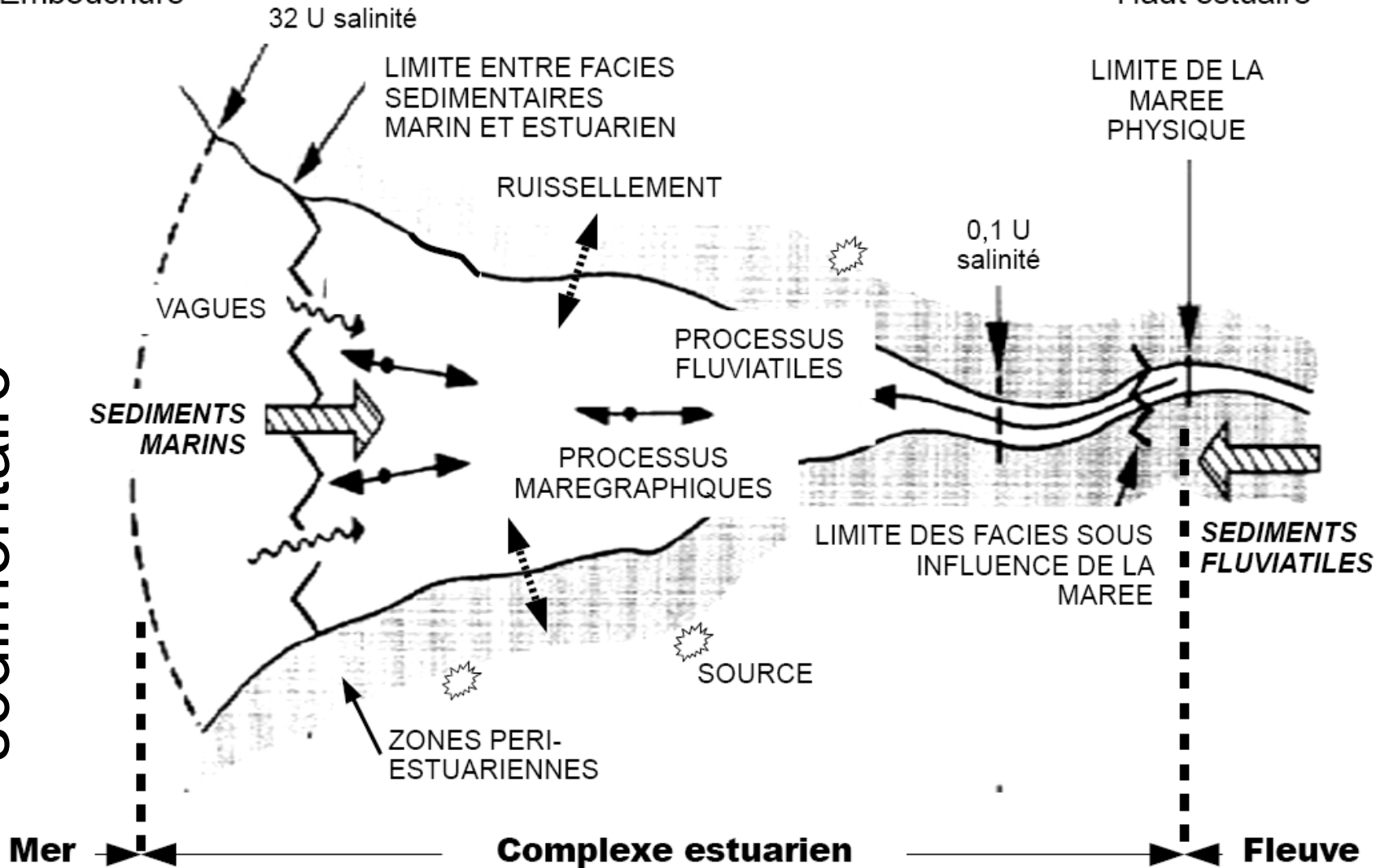


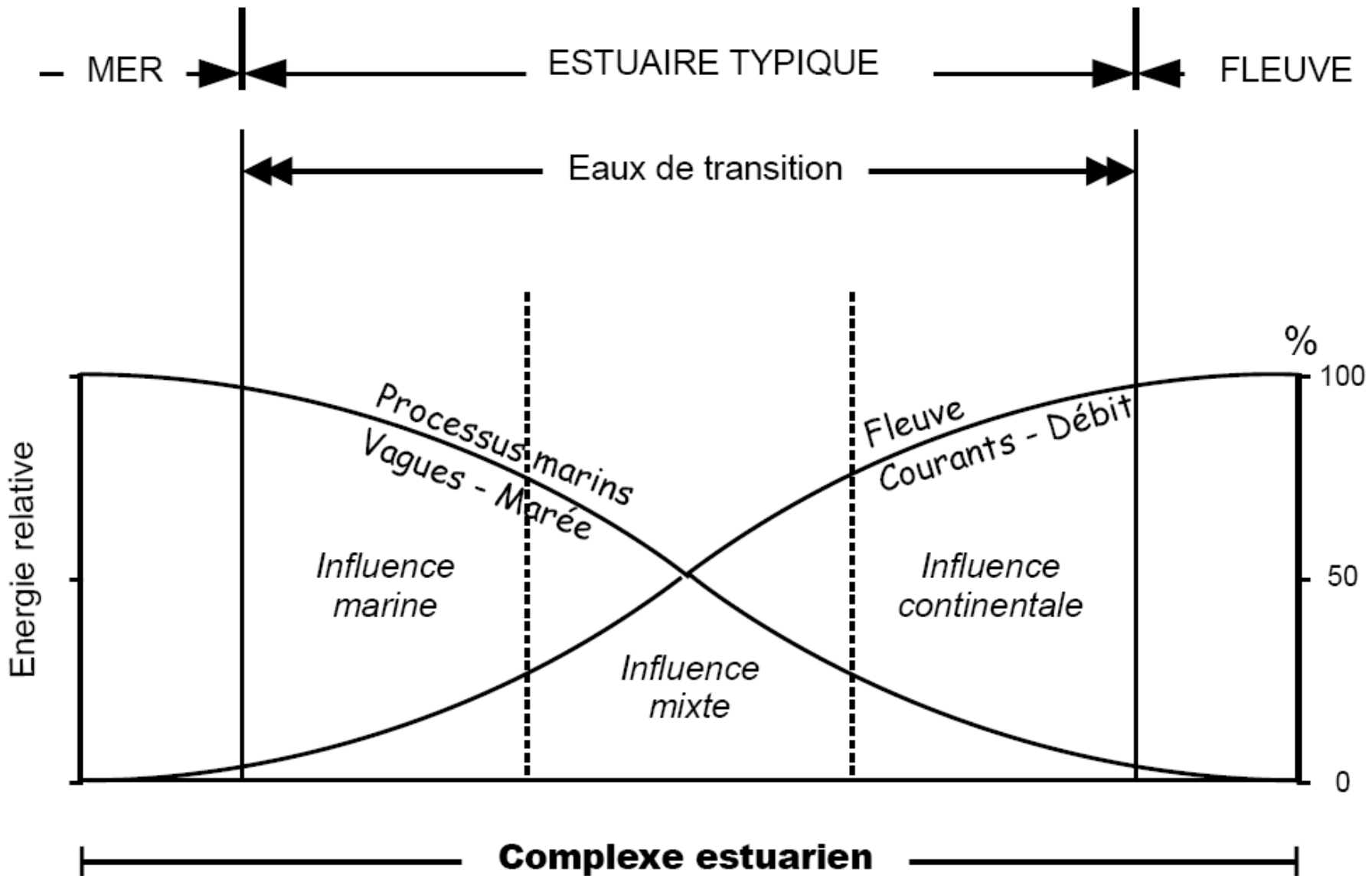
Drainage

Dynamique hydro-sédimentaire

Aval
Embouchure

Amont
Haut estuaire





Bilan énergétique en estuaire

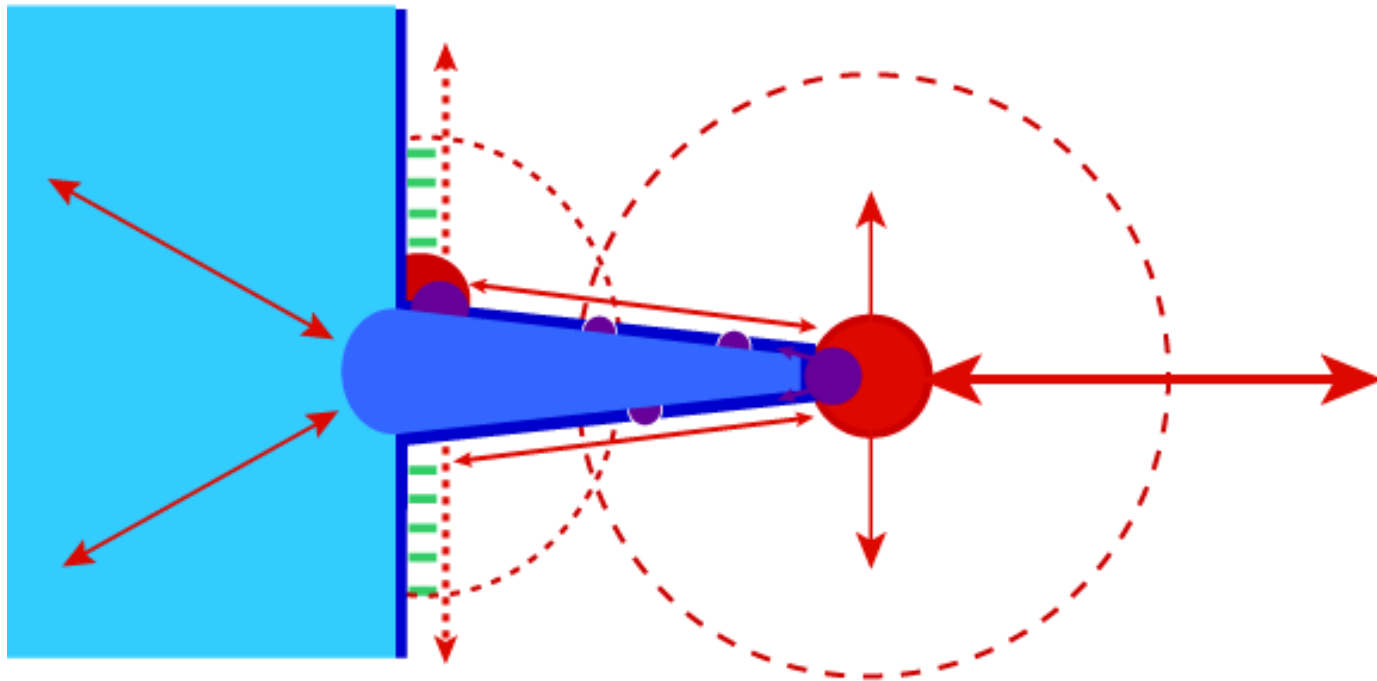


Estuary



Definition by PRITCHARD (1967)

a **semi-enclosed** coastal body of water, which has a free connection with the open sea, and within which sea water is **measurably diluted** with fresh water derived from land drainage




LE MODELE ESTUARIEN



L'estuaire comme ressource


-  Enjeux écologiques croissants
-  Mise en valeur touristique

L'estuaire comme lieu d'échanges

-  Villes et espaces industrialo-portuaires
-  Aires d'influence
-  Flux terrestres

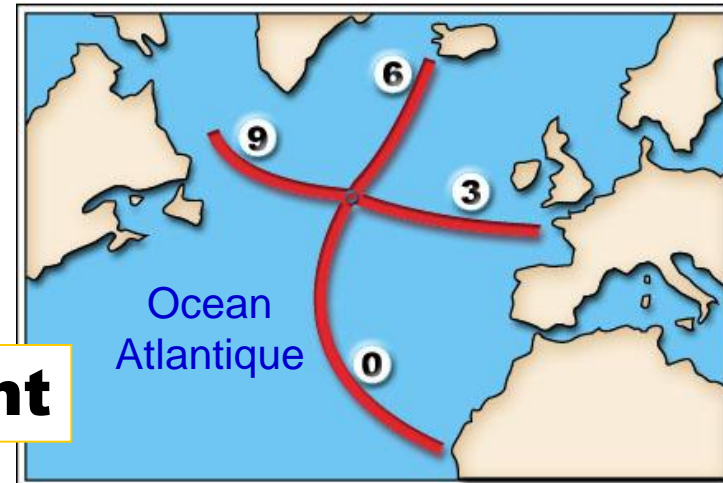
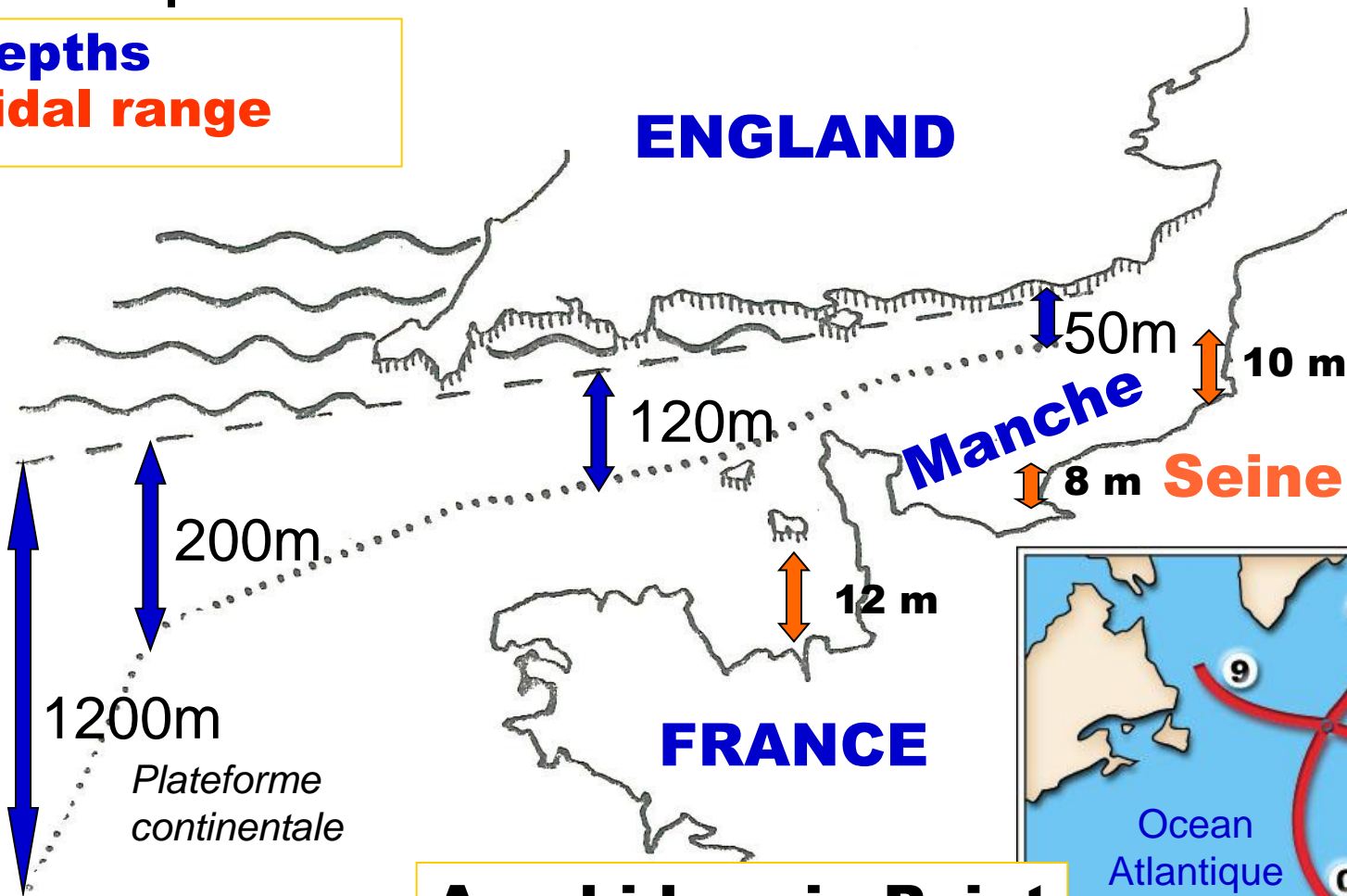
D'après A. Chauvet

ZONE CÔTIÈRE ET ESTUAIRES

- 
1. PRESENTATION DE LA ZONE CÔTIÈRE ET DES ESTUAIRES
 - 1.1. Le continuum zone côtière / bassin versant
 - 1.2. Qu'est-ce qu'un estuaire
 2. CIRCULATION ET REGIME TIDAUX
 3. SEDIMENTS
 - 3.1. Paramètres sédimentaires
 - 3.2. Cycles bio-géo-chimiques
 4. AUTRES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX
 5. PRODUCTION PRIMAIRE *IN SITU*
 - 5.1. Plantes
 - 5.2. Microphytobenthos et plancton
 - 5.3. Détritus
 6. LA FAUNE
 - 6.1. Taxonomie
 - 6.2. Modes de vie et adaptations
 7. EFFETS ANTHROPIQUES
 8. CONCLUSIONS

The Channel – la Manche: a megatidal environment

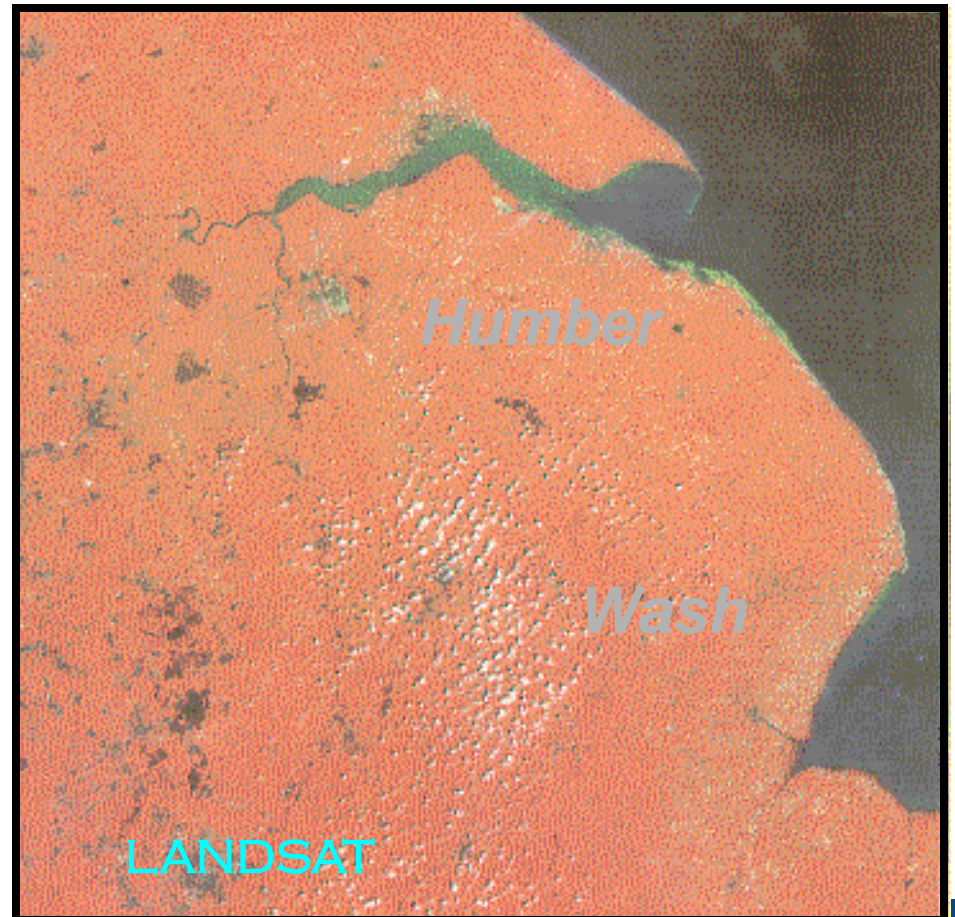
Depths
Tidal range



Amphidromic Point

Classification suivant le marnage (amplitude de la marée)

- micro-tidal = $< 2\text{m}$
- $2 < \text{meso} < 4\text{m}$
- $4 < \text{mega} < 8\text{m}$
- hyper $> 8\text{m}$



CIRCULATION ESTUARIEENNE ET REGIMES TIDAUX

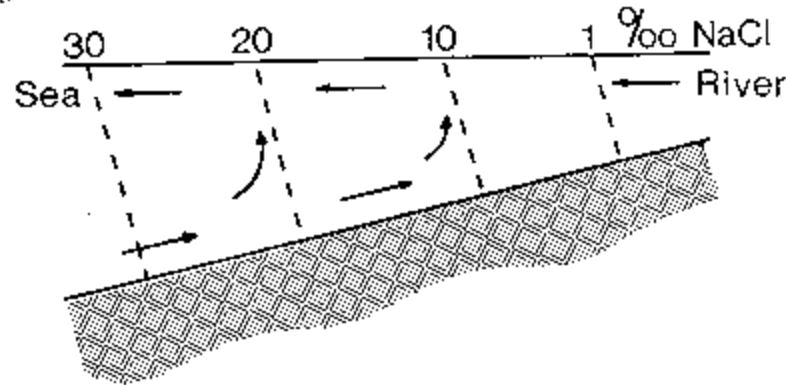
- marées + arrivées d'eau douce
= **35 ‰** → **0.5 ‰**



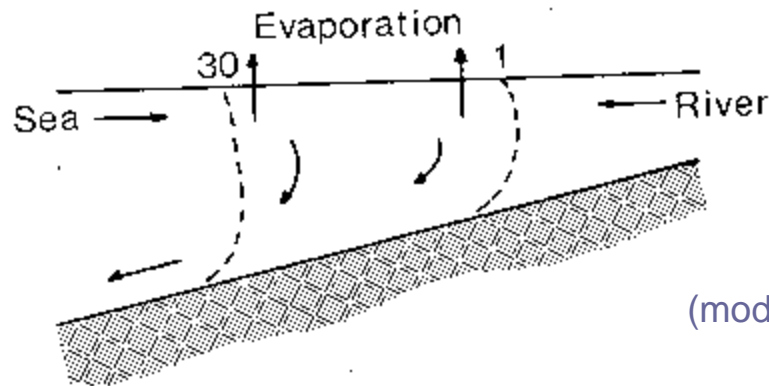
Venice system for the classification of brackish waters. From 'Venice System' (1959).

<i>Zone</i>	<i>Salinity (‰ NaCl)</i>
Hyperhaline	$> \pm 40$
Euhaline	$\pm 40 - \pm 30$
Mixohaline	$(\pm 40) \pm 30 - \pm 0.5$
Mixo-euhaline	$> \pm 30$ but $<$ adjacent sea
-polyhaline	$\pm 30 - \pm 18$
-mesohaline	$\pm 18 - \pm 5$
-oligohaline	$\pm 5 - \pm 0.5$
Limnetic (fresh water)	$< \pm 0.5$

SALINITY is a measure of the salt content in grams per kg of water: Sodium, Chloride, Potassium, Calcium, Magnesium...



POSITIVE ESTUARY freshwater runoff > evaporation



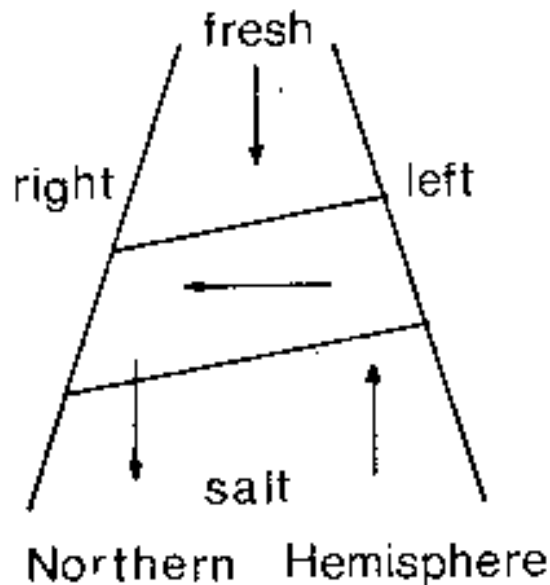
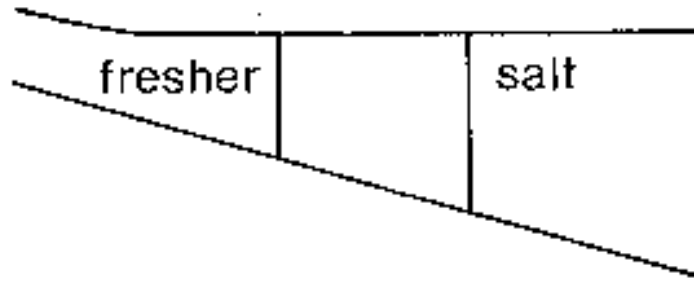
(modified from DYER, 1973)

NEGATIVE ESTUARY freshwater runoff < evaporation

arrows show pattern of circulation


Répartition de la salinité dans un estuaire de grande taille homogène dans l'hémisphère nord

(modified from DYER, 1973)



A cause de la force de Coriolis, un clivage horizontal se produit, et la circulation s'organise au travers de l'estuaire plutôt que verticalement

ZONE CÔTIÈRE ET ESTUAIRES

- 
1. PRESENTATION DE LA ZONE CÔTIÈRE ET DES ESTUAIRES
 - 1.1. Le continuum zone côtière / bassin versant
 - 1.2. Quest-ce qu'un estuaire
 2. CIRCULATION ET REGIME TIDAUX
 3. SEDIMENTS
 - 3.1. Paramètres sédimentaires
 - 3.2. Cycles bio-géo-chimiques
 4. AUTRES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX
 5. PRODUCTION PRIMAIRE *IN SITU*
 - 5.1. Plantes
 - 5.2. Microphytobenthos et plancton
 - 5.3. Détritus
 6. LA FAUNE
 - 6.1. Taxonomie
 - 6.2. Modes de vie et adaptations
 7. EFFETS ANTHROPIQUES
 8. CONCLUSIONS



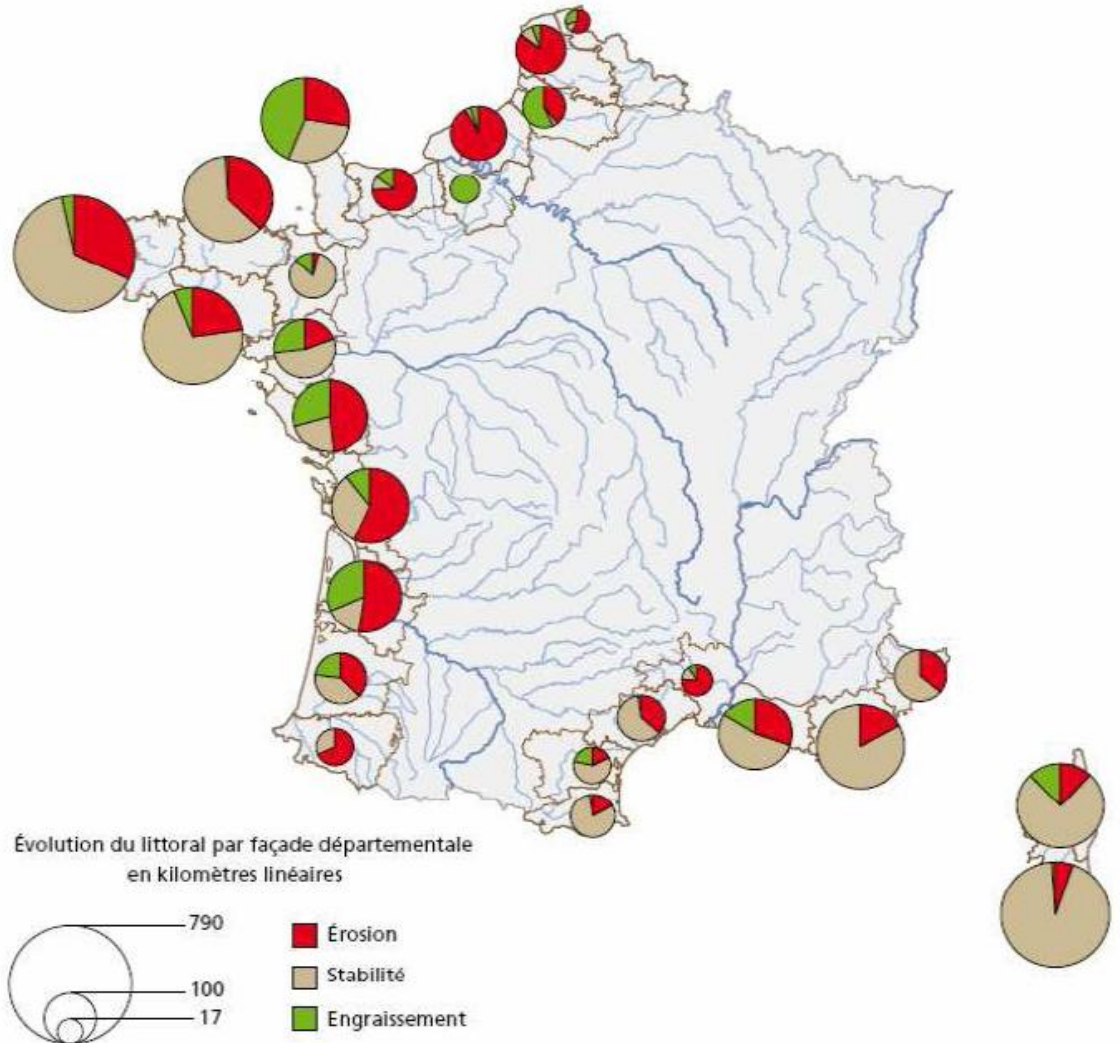
L'APPROCHE BIO- SEDIMENTOLOGIQUE

- Combine les caractéristiques du sédiment avec celles de la faune et de la flore benthique
 - Zoobenthos
 - Phytobenthos
- Une approche interdisciplinaire qui combine **biologie, écologie, géographie, géomorphologie...**
- Applications directes à l'aménagement

Mouvements sédimentaires, morpho dynamique et forçages physiques

Diversité de l'érosion côtière selon les départements en 2003

- Processus physiques dans le fonctionnement et la dynamique des biotopes :
 - turbidité,
 - structuration des habitats,
 - transferts dissous et particulaire
- Un quart du littoral recule du fait de l'érosion – IFEN, 2006

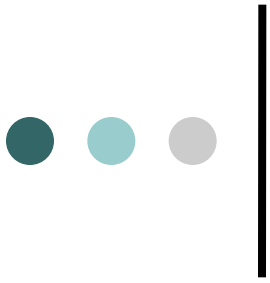


Paramètres sédimentaires

- intertidal
 - vent
 - humidite
- granulométrie
 - la fraction fine se sépare a 0.054 mm



- **sables : séchés et tamisés sur colonnes de tamis de taille décroissante suivant une échelle logarithmique**
- **particules fines : sédimentation**

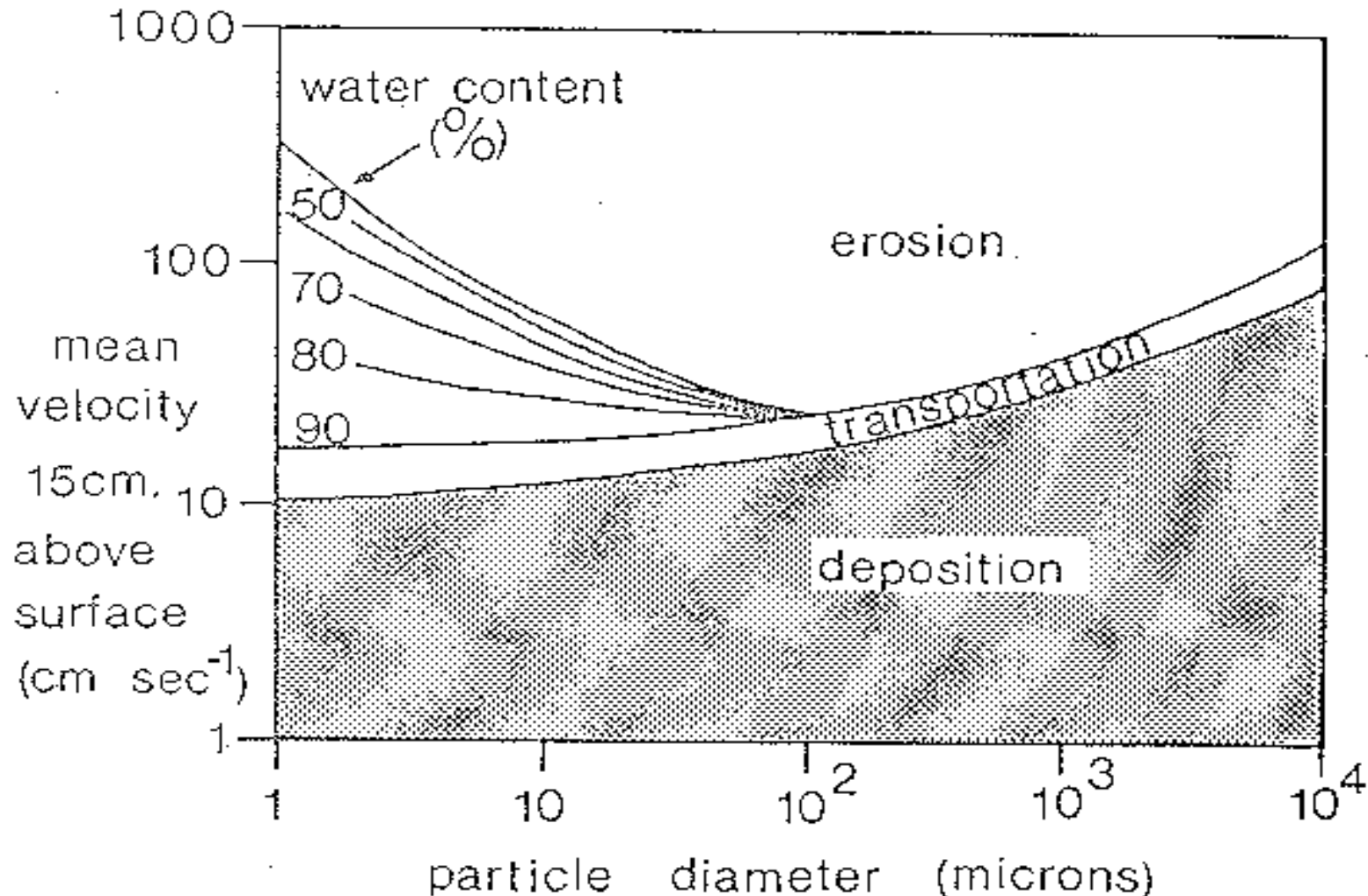


Une interface terre / mer

- Les sediments peuvent etre d'origine terrestre ou oceanique



Vitesses d'érosion, transport et dépôt selon différentes tailles de particules



Le degré de consolidation modifie à son tour les vitesses d'érosion



Teneur en matière organique

S'accroît avec les fines

Derive par sédimentation

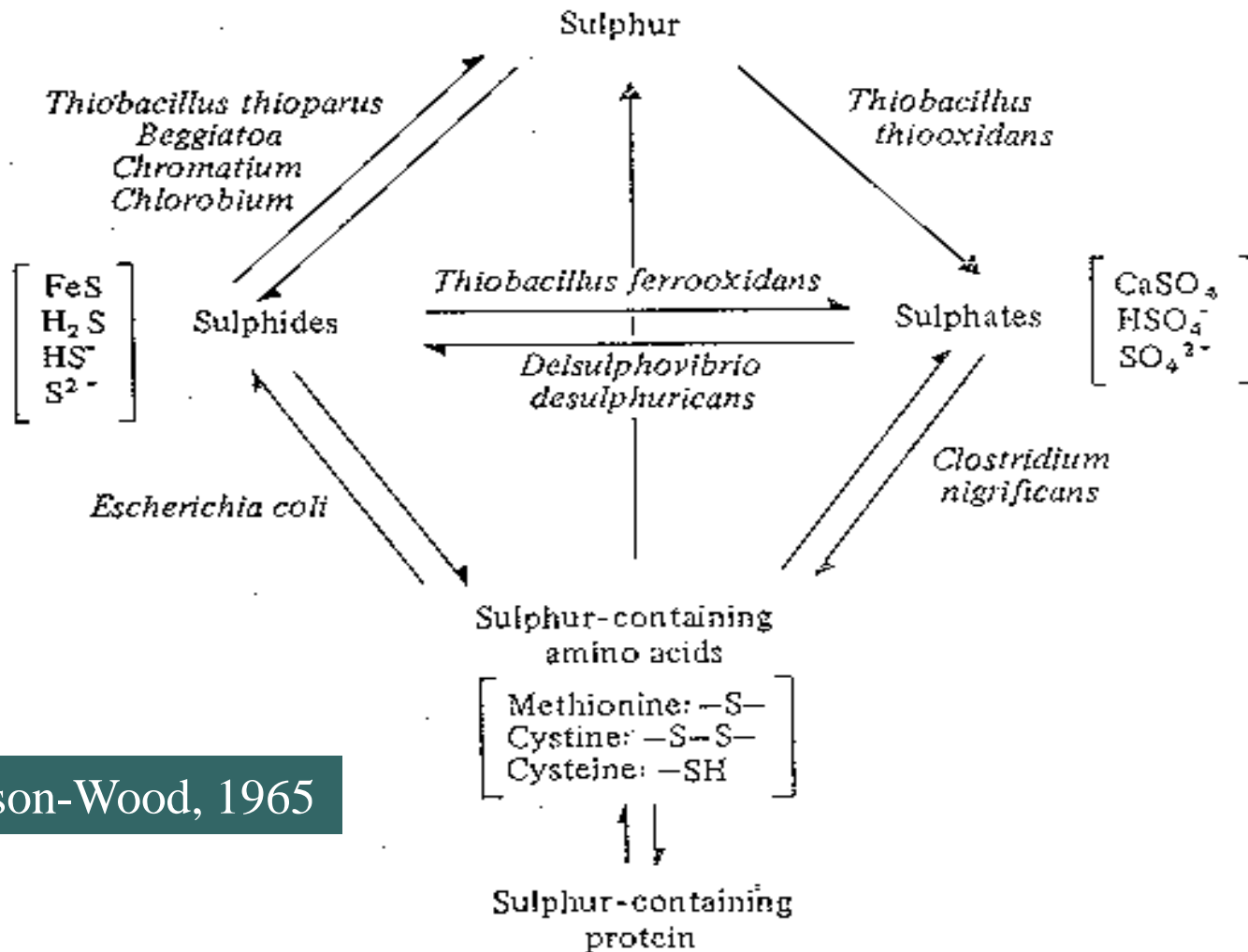
Mesure par:

- Teneur en carbone ou azote organiques

C/N ratio

- Extraction des protéines


Cycles bio-géo-chimiques



After Ferguson-Wood, 1965

Cycle des sulfures : réduction
sulphates-sulphides

ZONE CÔTIÈRE ET ESTUAIRES

- 
1. PRESENTATION DE LA ZONE CÔTIÈRE ET DES ESTUAIRES
 - 1.1. Le continuum zone côtière / bassin versant
 - 1.2. Quest-ce qu'un estuaire
 2. CIRCULATION ET REGIME TIDAUX
 3. SEDIMENTS
 - 3.1. Paramètres sédimentaires
 - 3.2. Cycles bio-géo-chimiques
 4. AUTRES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX
 5. PRODUCTION PRIMAIRE *IN SITU*
 - 5.1. Plantes
 - 5.2. Microphytobenthos et plancton
 - 5.3. Détritus
 6. LA FAUNE
 - 6.1. Taxonomie
 - 6.2. Modes de vie et adaptations
 7. EFFETS ANTHROPIQUES
 8. CONCLUSIONS

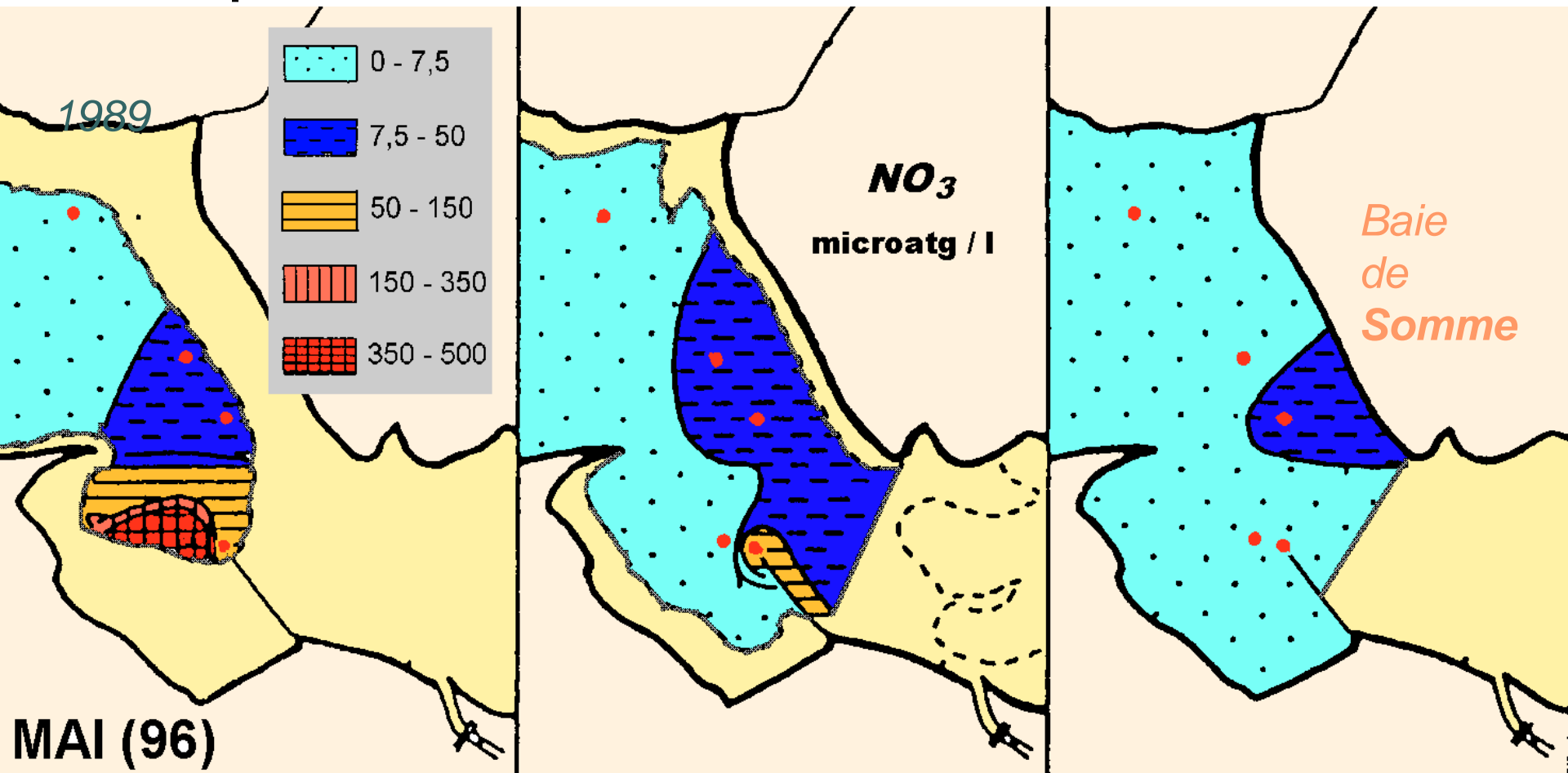


SALINITE

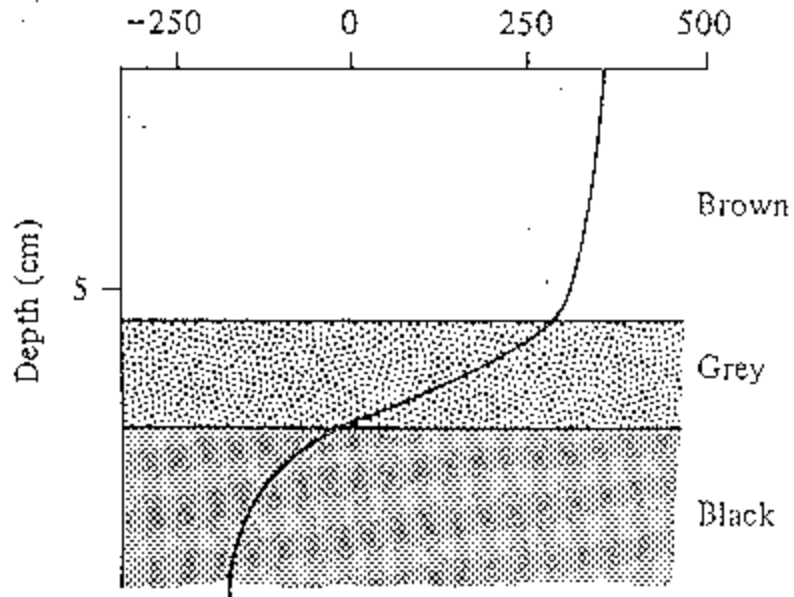
- une mesure de la teneur en sel en grammes par kg^{-1} d'eau.
 - Les ions les plus abondants :
 - sodium et chlorure + potassium, calcium, magnesium, sulphate.

TEMPERATURE - pH - OXYGENE

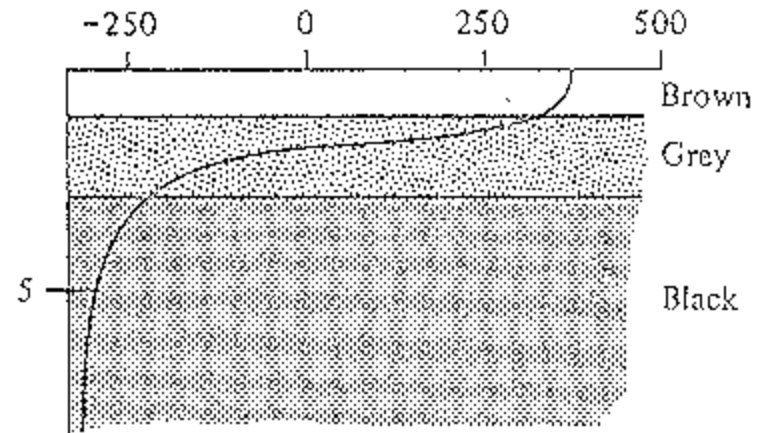
Water quality changes Baie de Somme (France)



Redox potential (mV)



MEDIUM SAND



FINE SAND

degree of oxygenation or reduction is measured by the redox potential (Eh)

Niveaux de la mer relatifs en Europe

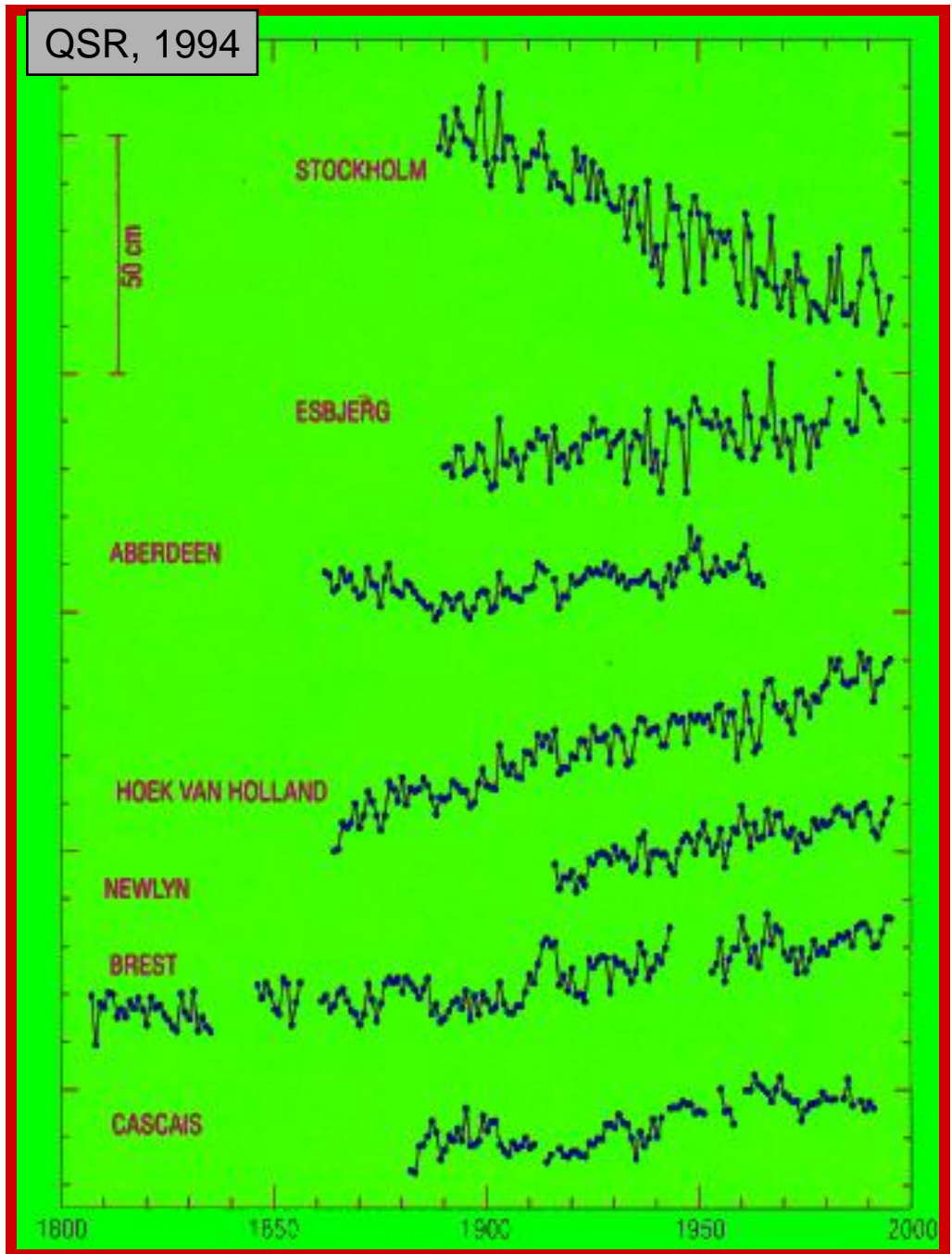
- Mouvement

Eustatique

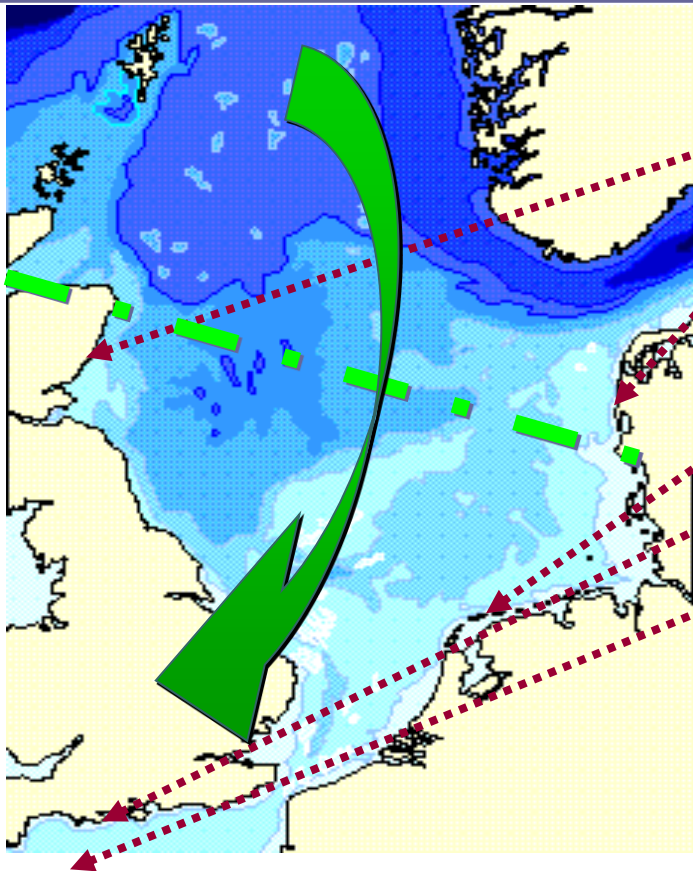
1-2 mm/yr

- Mouvement **isostatique** du a un rebondissement de la masse continentale

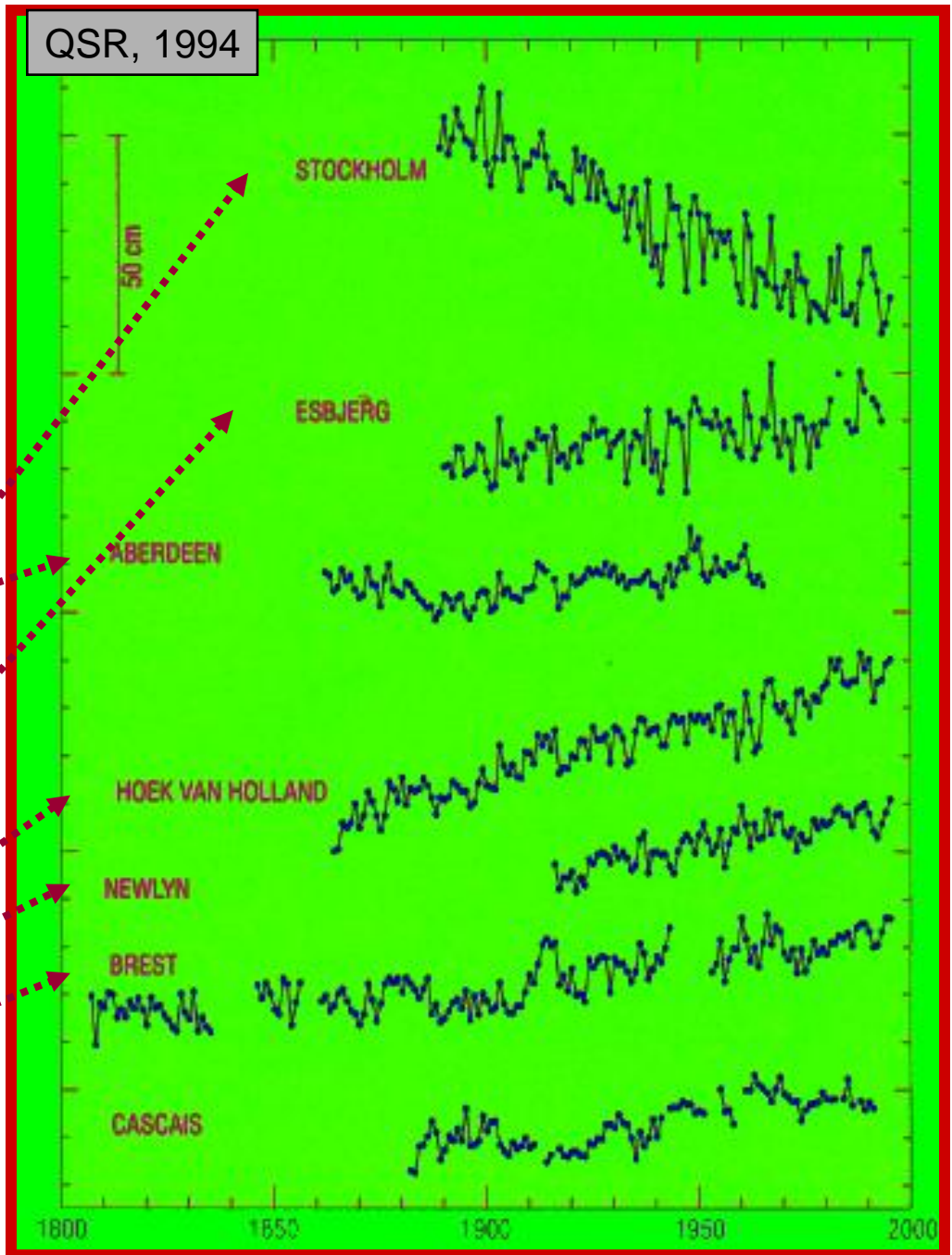
QSR, 1994



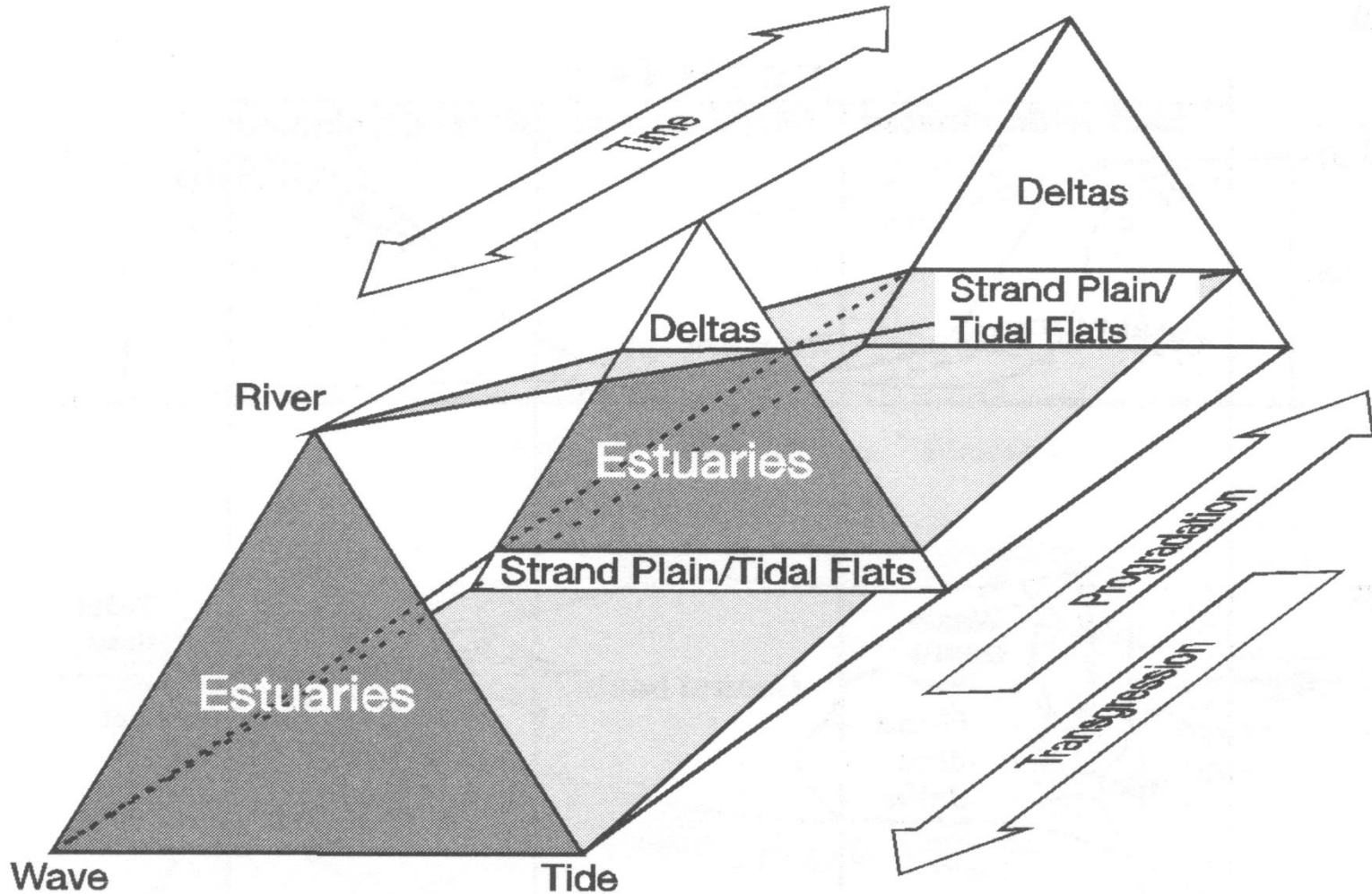
Niveaux de la mer relatifs en Europe



QSR, 1994




Evolutionary classification



Dalrymple et al. 1992

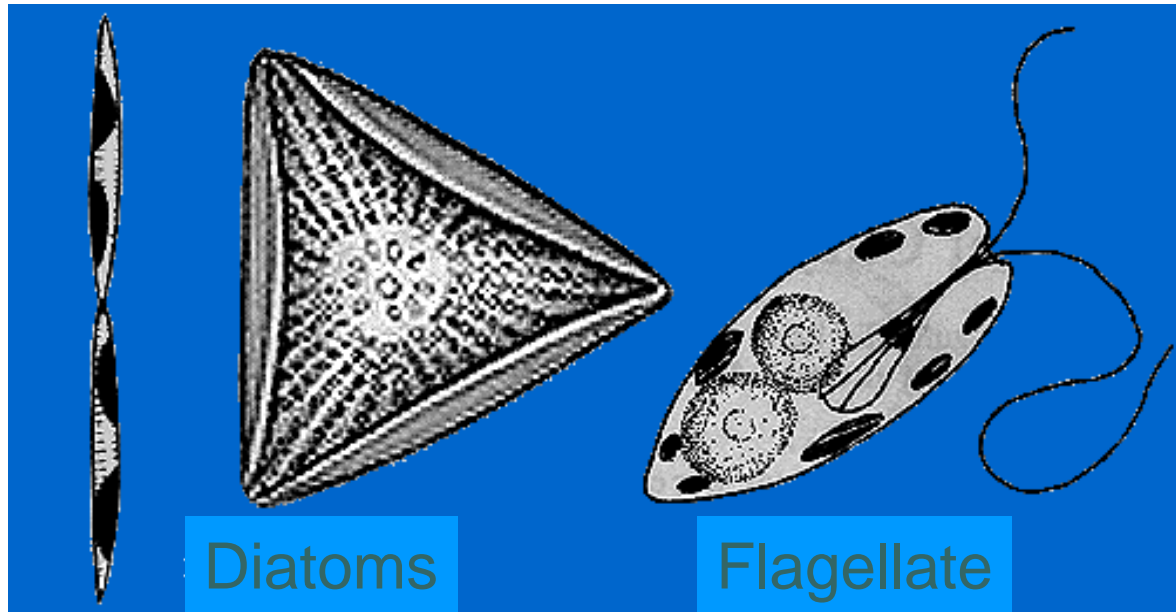
ZONE CÔTIÈRE ET ESTUAIRES

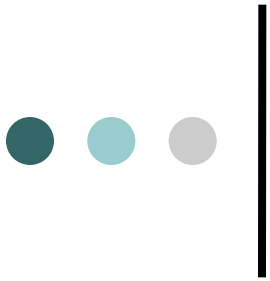
- 
1. PRESENTATION DE LA ZONE CÔTIÈRE ET DES ESTUAIRES
 - 1.1. Le continuum zone côtière / bassin versant
 - 1.2. Quest-ce qu'un estuaire
 2. CIRCULATION ET REGIME TIDAUX
 3. SEDIMENTS
 - 3.1. Paramètres sédimentaires
 - 3.2. Cycles bio-géo-chimiques
 4. AUTRES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX
 5. PRODUCTION PRIMAIRE *IN SITU*
 - 5.1. Plantes
 - 5.2. Microphytobenthos et plancton
 - 5.3. Détritus
 6. LA FAUNE DES SEDIMENTS
 - 6.1. Taxonomie
 - 6.2. Modes de vie et adaptations
 7. EFFETS ANTHROPIQUES
 8. CONCLUSIONS

Microphytobenthos and plankton

- Microphytobenthos ex: diatoms
- Plankton

ex: *Thalassiosira spp* in spring or
Phaeocystis poucheti





Estuarine plants

- Eel-grass *Zostera marina*



Sea weeds



Fucus sp



Ulva sp

Marais salés

Sea lavender family



Limonium

vulgare

Sea lavender

Spartina townsendii



Mangrove trees & shrubs

- Angiosperms
(flowering plants)

- 12 genera (60 species):

Rhizophora, Avicennia, Bruguiera

- salt-tolerant - intertidal
- aerial and shallow roots
- obtain oxygen from the atmosphere
- exclude salt from tissues
- some are viviparous = seeds germinate on tree

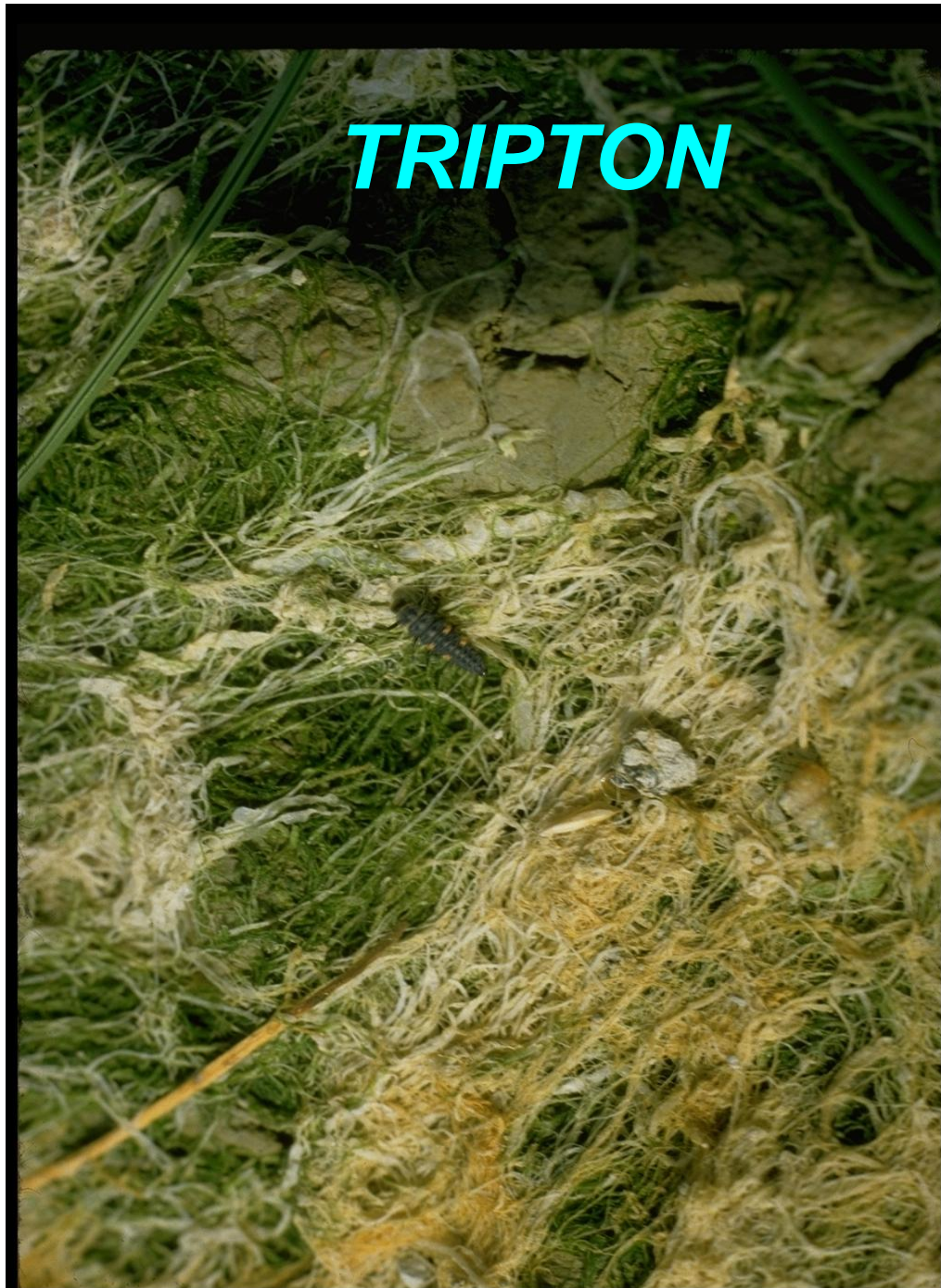


Photo
NOAA

● ● ● | Detritus

- Biogenic material at various stages of microbial decomposition

microbes included



ZONE CÔTIÈRE ET ESTUAIRES

1. PRESENTATION DE LA ZONE CÔTIÈRE ET DES ESTUAIRES

1.1. Le continuum zone côtière / bassin versant

1.2. Quest-ce qu'un estuaire

2. CIRCULATION ET REGIME TIDAUX

3. SEDIMENTS

3.1. Paramètres sédimentaires

3.2. Cycles bio-géo-chimiques

4. AUTRES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

5. PRODUCTION PRIMAIRE *IN SITU*

5.1. Plantes

5.2. Microphytobenthos et plancton

5.3. Détritux

6. LA FAUNE

6.1. Taxonomie

6.2. Modes de vie et adaptations

7. EFFETS ANTHROPIQUES

8. CONCLUSIONS



Travaux dirigés

- Définissez la diversité biologique
- Est-elle élevée dans les estuaires ?
- Pourquoi ?
- Cela en fait-il des milieux vulnérables ou robustes ?
- Quelles en sont les conséquences pour leur aménagement et la gestion de leurs ressources ?

Pourquoi se lancer dans l'étude de l'écologie du benthos intertidal?

- Estuaires et côtes présentent des conditions environnementales tranchées
- Productivité élevée
 - oiseaux & poissons
 - export net vers l'environnement marin
- Sites de sédentarisation des humains
 - pêche
 - ports
 - tourisme



Zonation



Spray zone

Highest high tide

Rock louse *Ligia*
Periwinkle *Littorina*

High tide zone

Lowest high tide

Barnacle *Chtalamus*
Periwinkle *Littorina*
Limpet *Patella*
Chiton *Lepido chitona*

Middle tide zone

Mussel *Mytilus*
Chiton *Lepido chitona*
Topshell *Gibbula*
Hermit crab *Eupagurus*
Barnacle *Semibalanus*

Highest low tide

Lower tide zone

Starfish *Asterias*
Beadlet anemone *Actinia*
Sea squirt *Clavelina*

The Rocky Shore

High Biodiversity

Spray Zone

periwinkle snails boundary between spray & intertidal

rock louses scavenge organic debris



Lichen *Calloplaca marina*



Ligia oceanica



Littorina littorea

High Tide Zone:

grazers / larvae are planktonic
limpets, chitons



Patella vulgata



Lepidochitona cinereus

Middle Tide Zone:

more variety, competition for space
mussel, sea stars



Mytilus edulis

Buccinum undatum



Gibbula cineraria



Low Tide Zone (Tide Pools):

dominated more by plants than by animals
echinoderms, sea anemones



Actinia equina



Clavelina lepadiformis

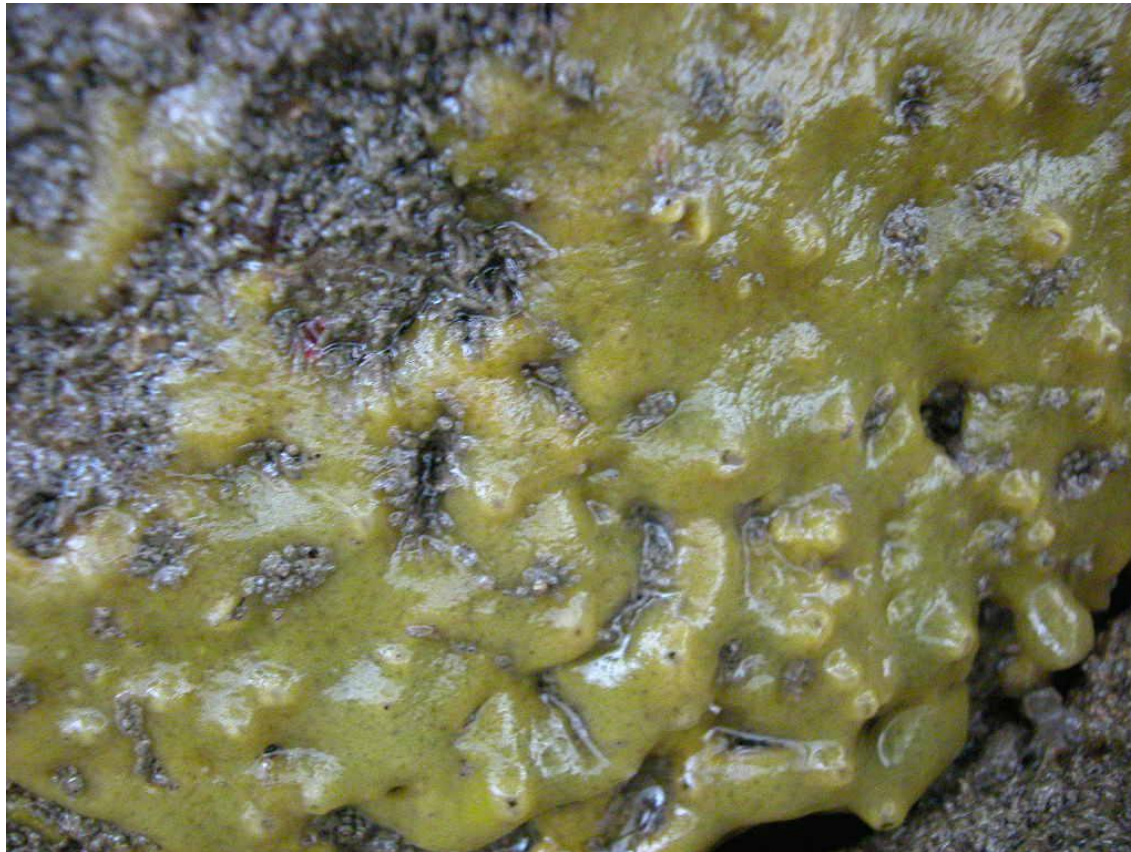


Ophiothrix fragilis

● ● ● | *Idotea granulosa*



Halichondria panicea





Rock pools



LA FAUNE DES SEDIMENTS

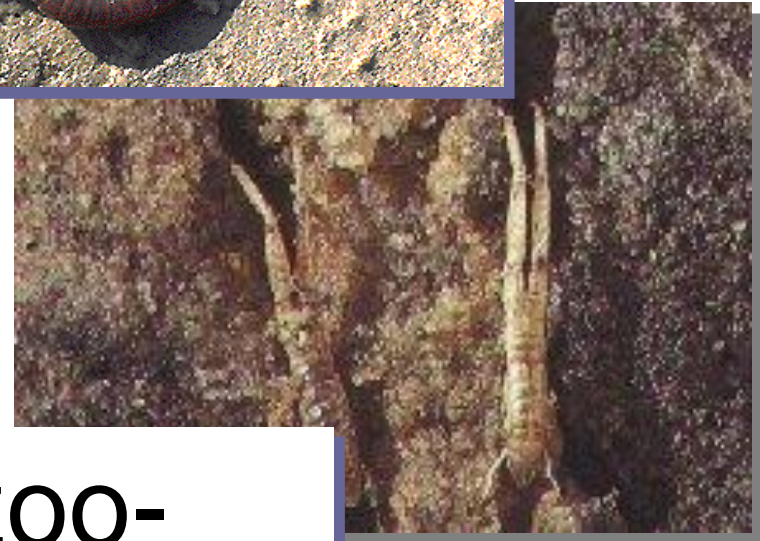
- Taxonomie = Invertébrés



Arenicola marina



Arenicola marina



Corophium sp



Mya arenaria

Macro-zoo-benthos



Macoma balthica



Scrobicularia plana

Phylum Mollusca

Class Bivalvia



Cerastoderma edule



Macoma balthica



Scrobicularia plana



Mya arenaria

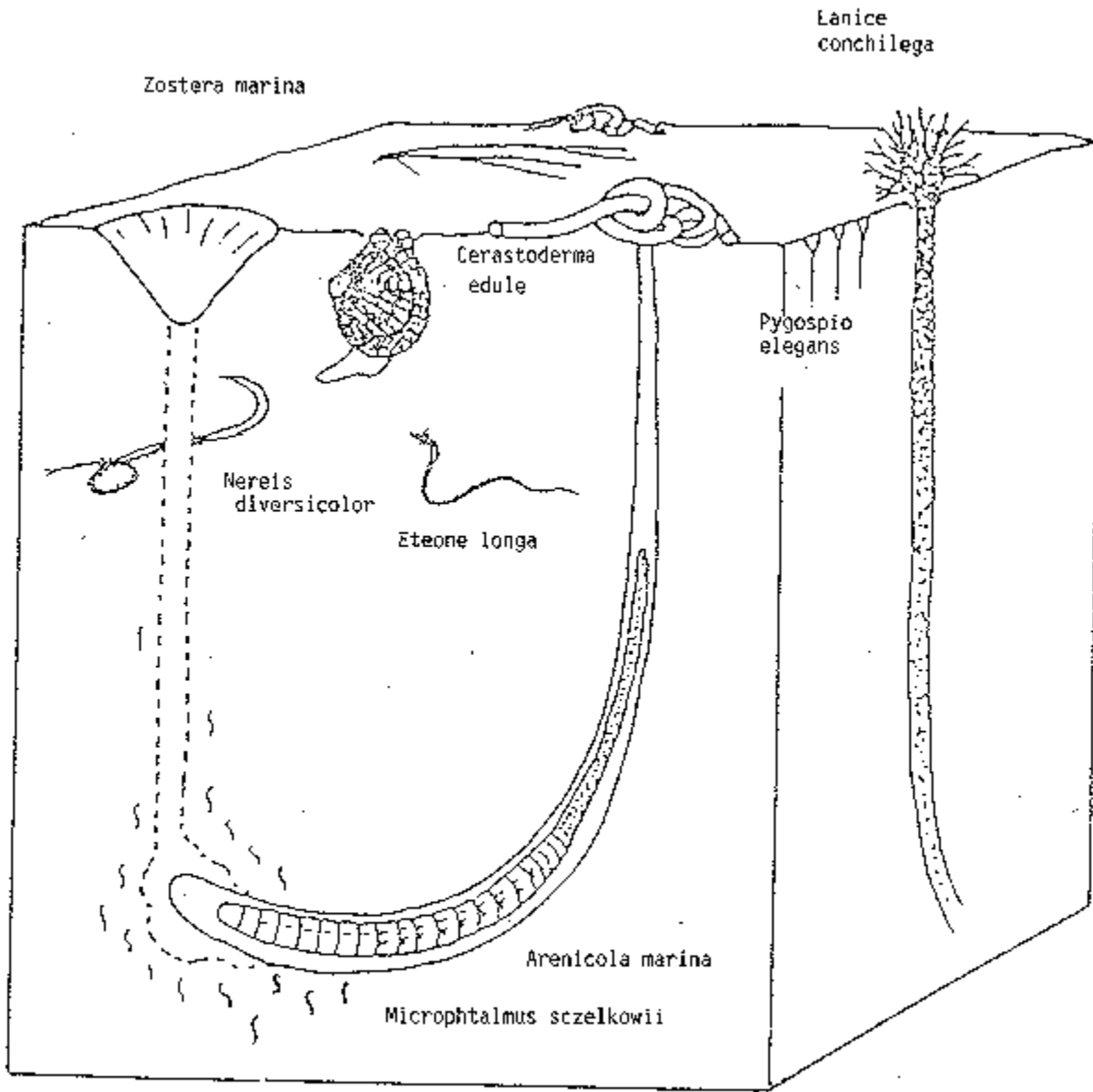
Class Gastropods
also represented





Ethological considerations

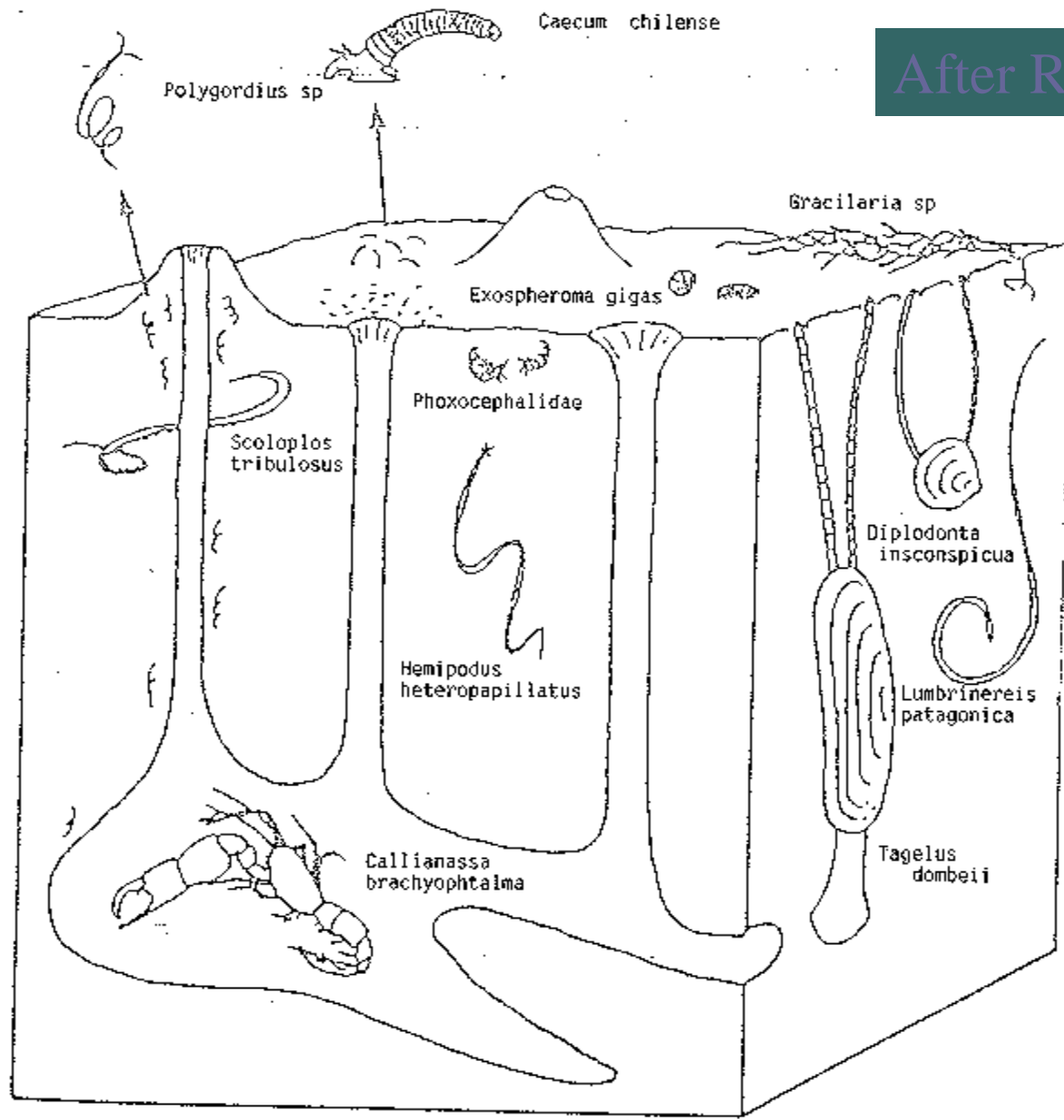
- a) particle selection
- b) gut complexity
- c) response to flow and other factors
- d) space



Königshafen, North Sea

After Reise, 1992

After Reise, 1992



Bahia Quillaipe, Chile



Alien species

- *Crepidula fornicata*
 - English Channel
 - Competition with *Pecten maximus*
- *Marenzelleria viridis*
 - Recent invader
 - Robust in anoxic sediments

Shifts in spatial distribution and alien species

- Breakdown in geographical barriers
 - Deliberate and inadvertent transport of species
 - Shifts in distribution area due to changes in climate
- Establishment of « emerging » biotopes
 - Unknown functional characteristics
 - Impossible to freeze or return backward
- ↪ To consider changes in species' ranges
 - Need to better understand shifts in ecological niches



Corbicula fluminea



Gammarus sp



Palaemon macrodactylus



Dreissena polymorpha

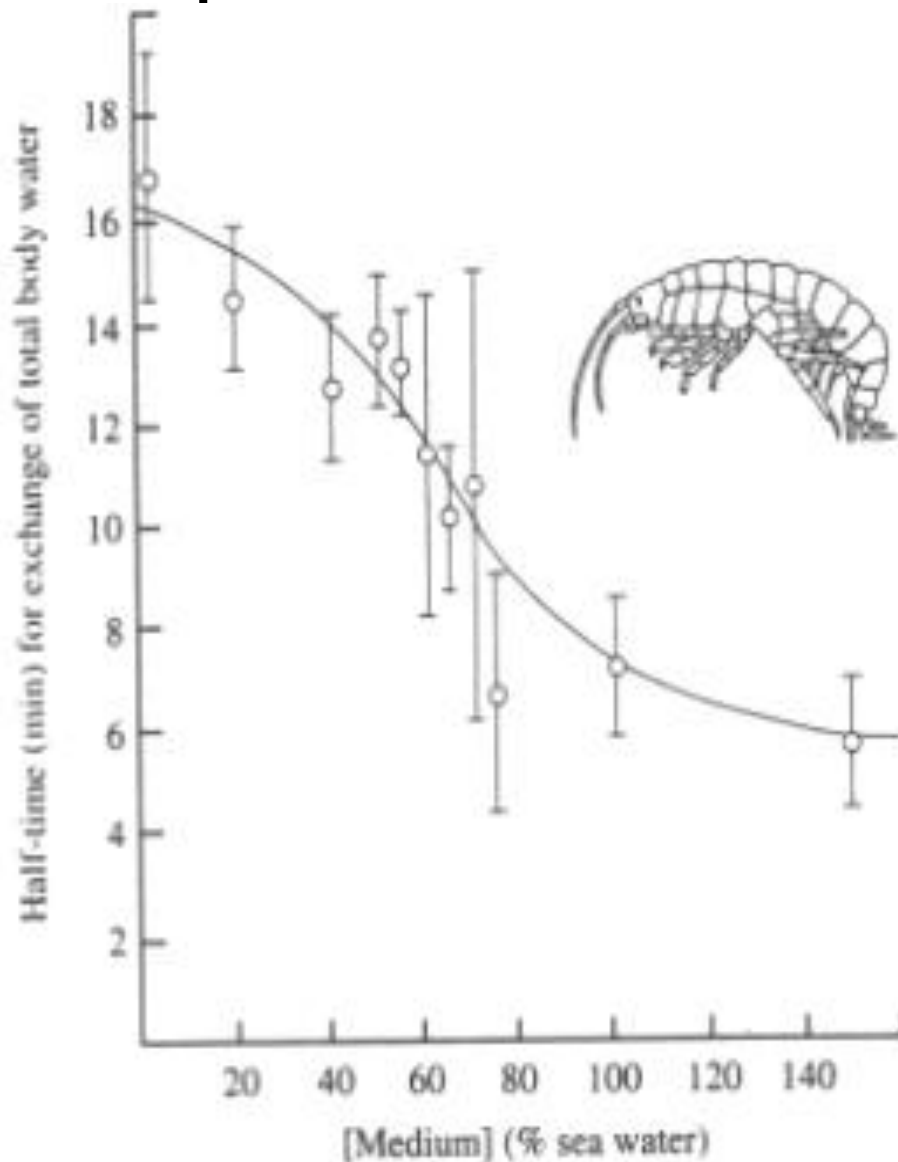
The physiology of osmoregulation

- The regulation of water and ion balance

- To indicate the variety of solutions to the problems of varying chemistry

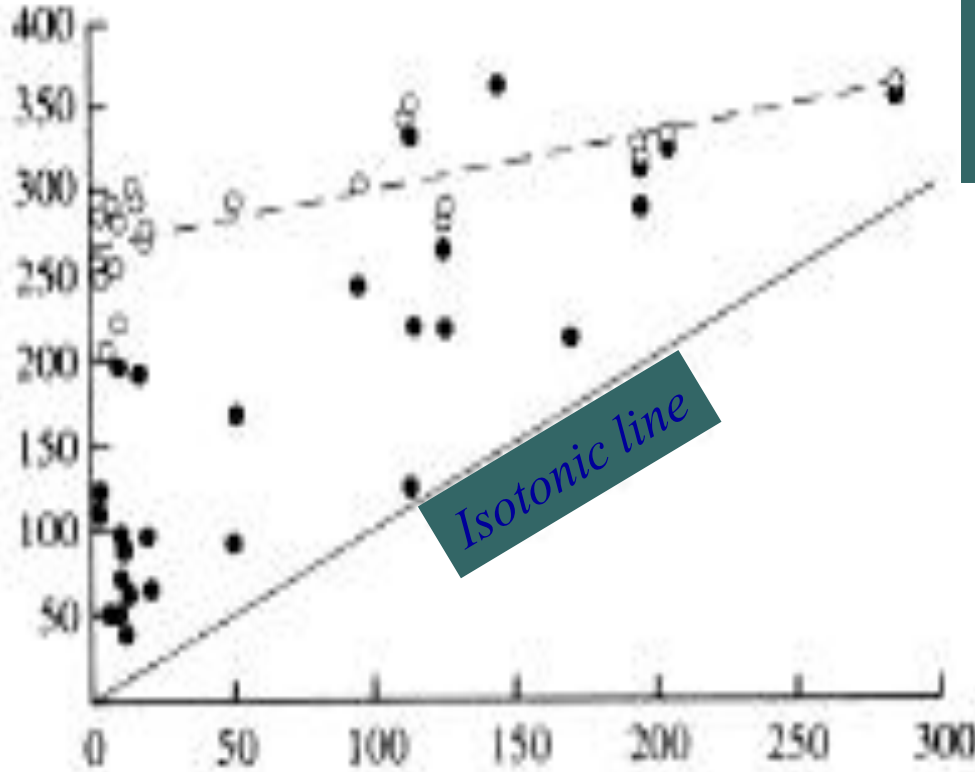


Osmoregulation in *Gammarus* *sp*



Variation in permeability to water with salinity in *Gammarus dubeni*
Time for half the body water to be exchanged, with the animal acclimated to different salinities (after Lockwood *et al.*, 1996)

Blood and urine concentrations
mM/l.NaCl



- blood samples
- urine samples

Hypotonic
urine in
Gammarus
sp

Production of urine hypotonic to the haemolymph at low salinities in *Gammarus dubeni* (after Lockwood *et al.*, 1996)

Hypotonic urine is produced when the haemolymph is more concentrated than the medium and helps to conserve ions

Animal / Sediment interactions



- To outline the importance of the geological and hydrodynamical regime of benthic animals

Behavioural aspects

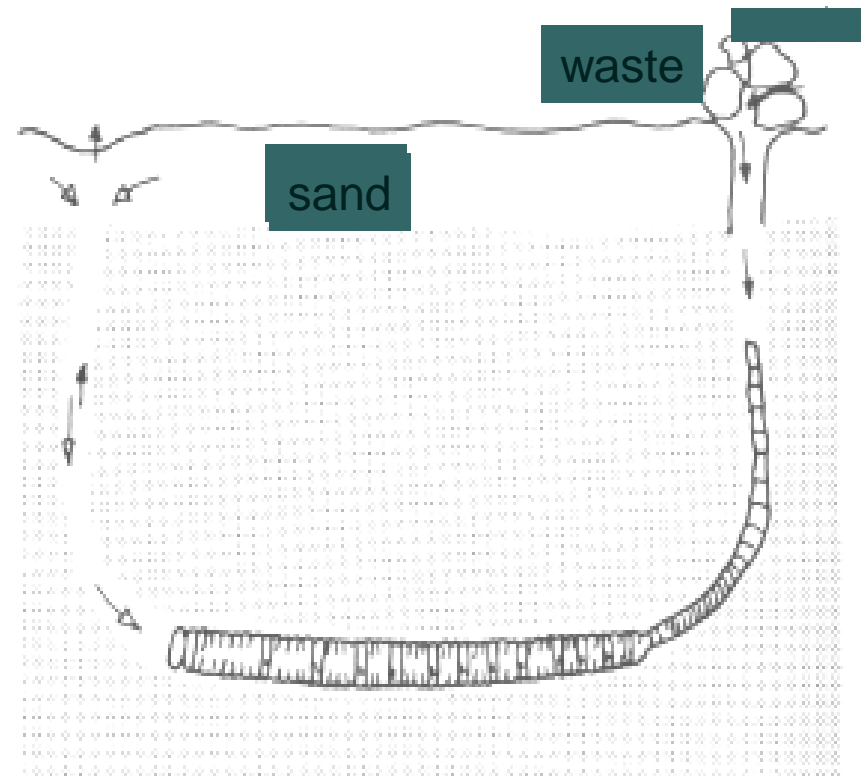
- Construction of burrows
- Flow of water and nutrients
 - Oxygen
 - Food



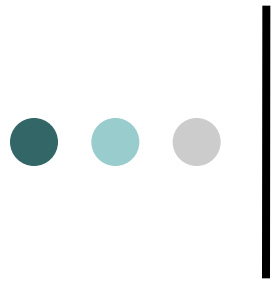
Corophium volutator
Baie de Somme

The lugworm *Arenicola marina* in its burrow

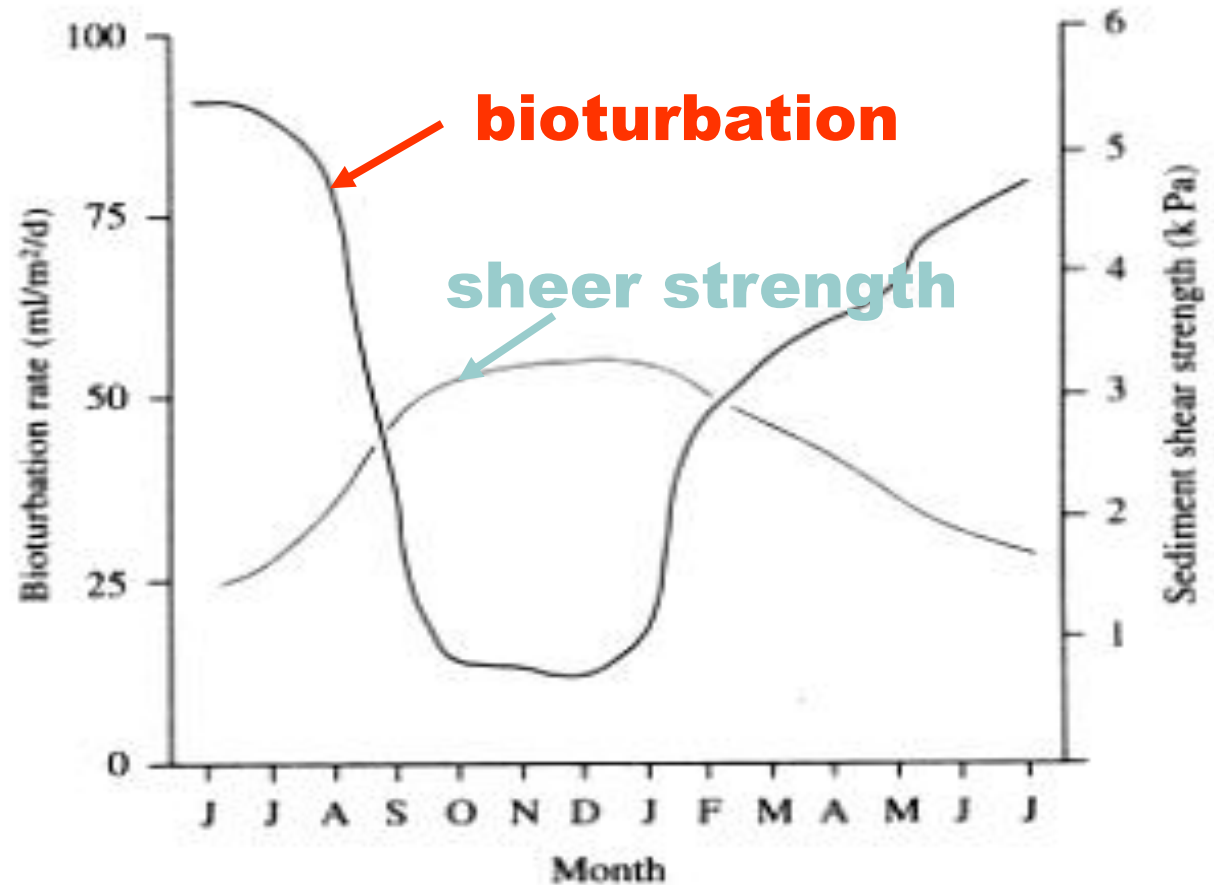
- ‘gardening strategy’
 - undigested sediment is populated by bacteria
 - bacteria increase N content by their activity



Water current
Ingestion of sand

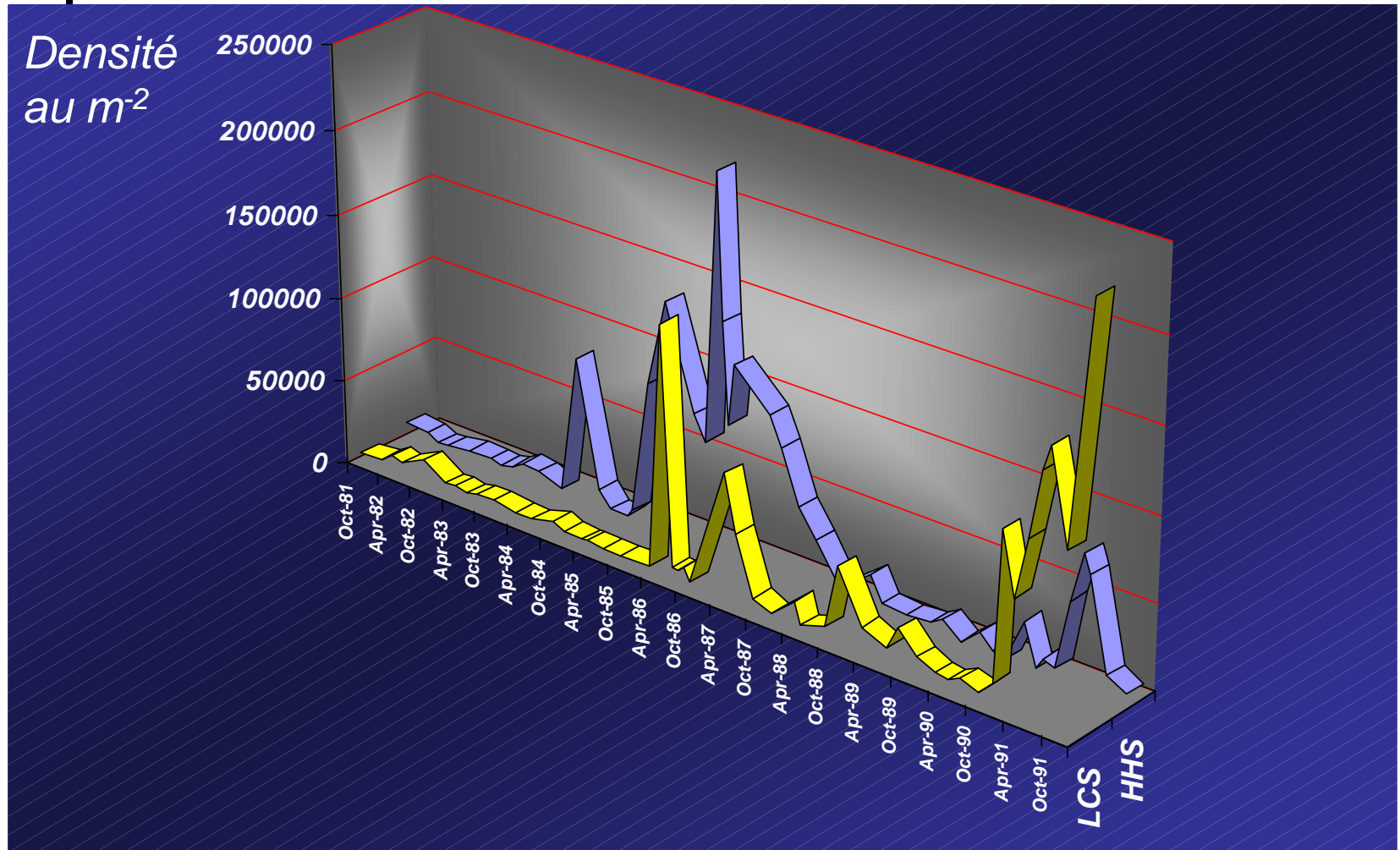


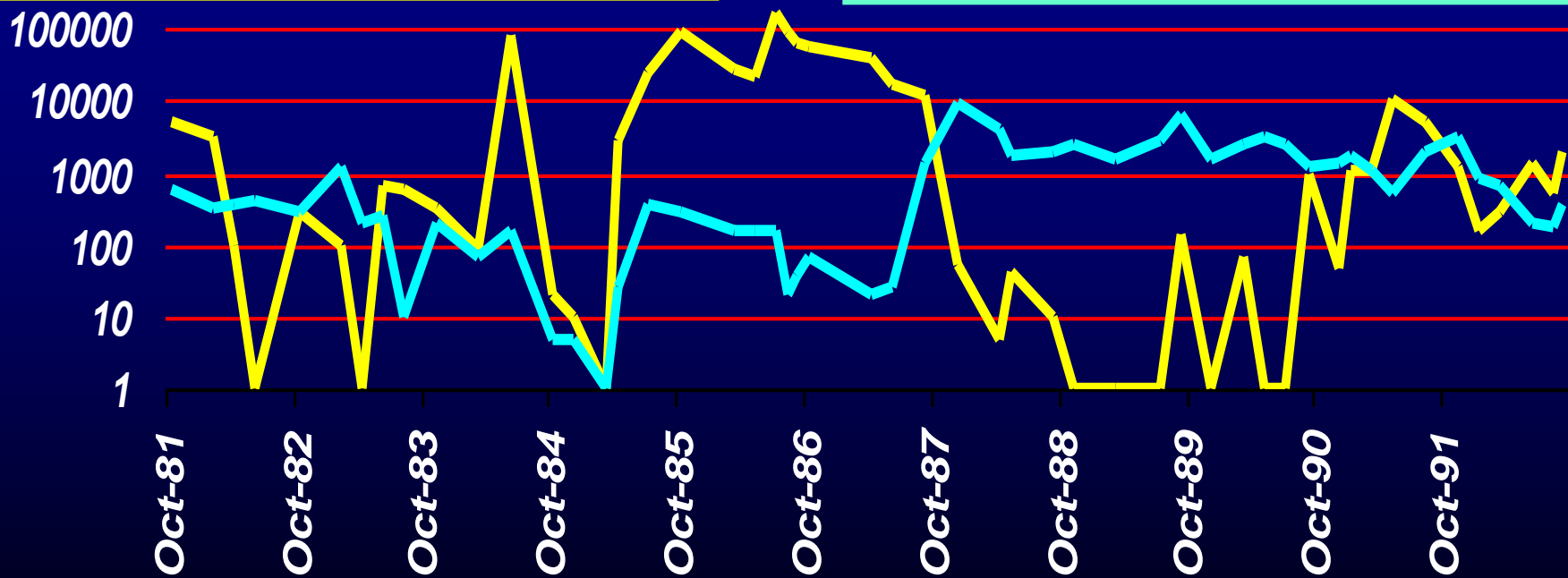
Arenicola marina and its action on the substrate



Seasonal pattern of bioturbation by the polychaete worm *Arenicola marina* in a UK coastal lagoon
Changes in shear strength of the top 5 cm of sediment (after Lockwood *et al.*, 1996)

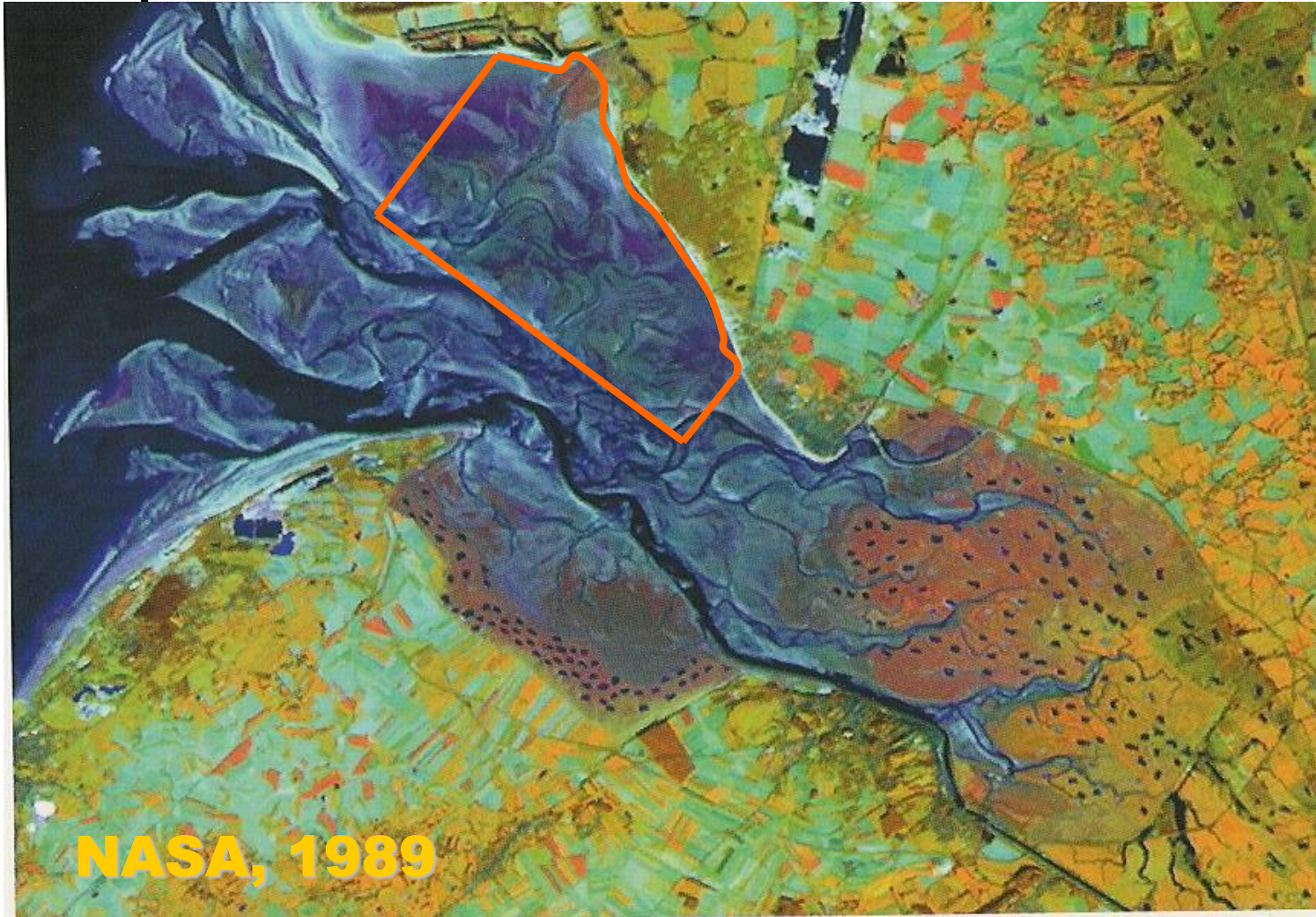
Station-pilotes - Somme





— *Pygospio elegans* — *Cerastoderma edule*

The Somme estuary



NASA, 1989

Baie de Somme

POINTE DE SAINT-QUENTIN

MAYE

- ← Extension du schorre
- ⊘ Réduction des zones estuariennes
- Intrusion marine

M

EM

E

LE CROTOY



ME

POINTE DU HOURDEL

⊘

⊘

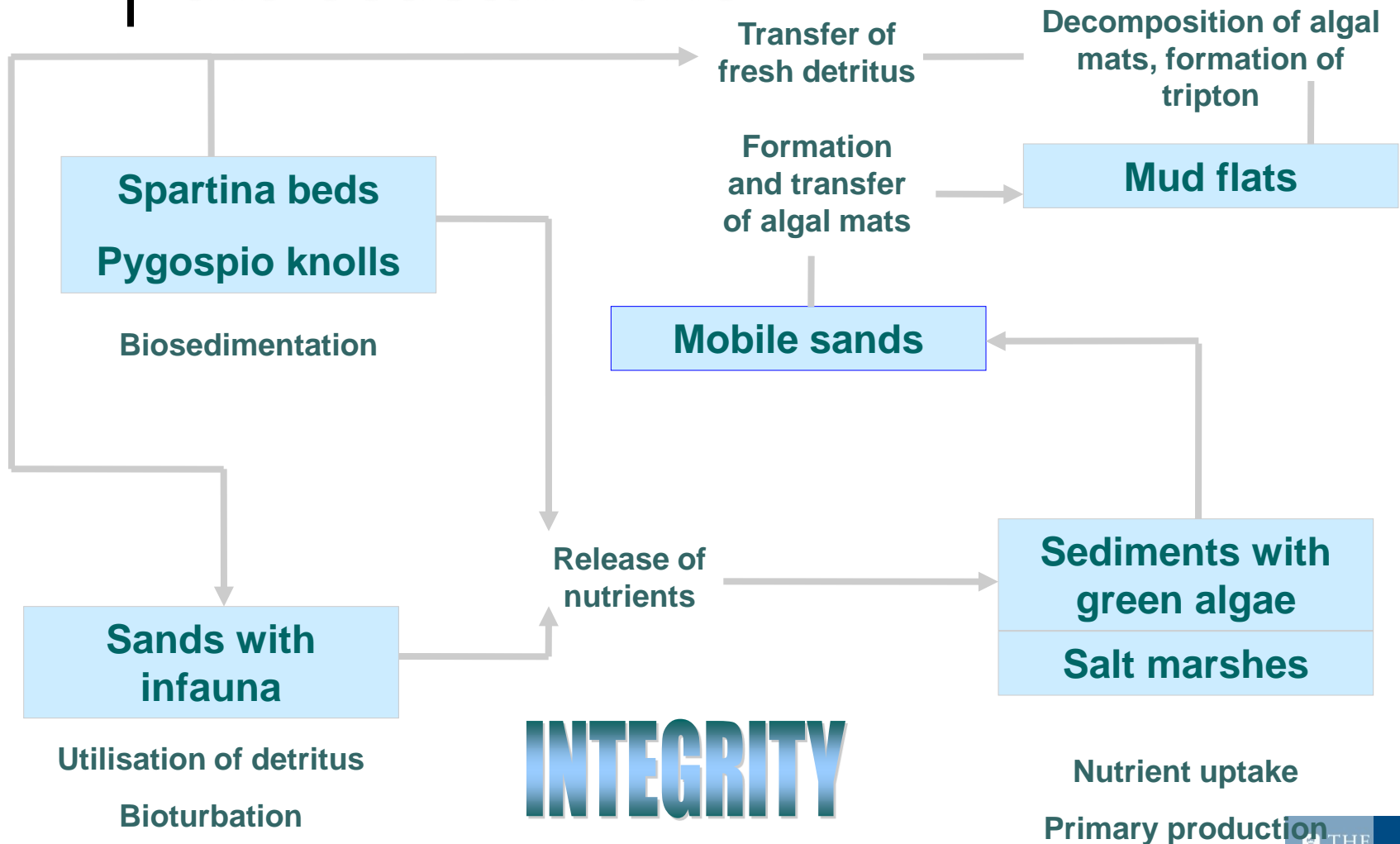
T

S

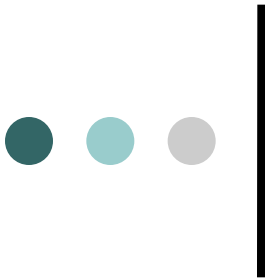
SAINT-VALERY SUR SOMME

- M : marin
- ME : marin + estuarien
- EM : estuarien mixte
- E : estuarien diversifié
- T : transition
- S : schorre

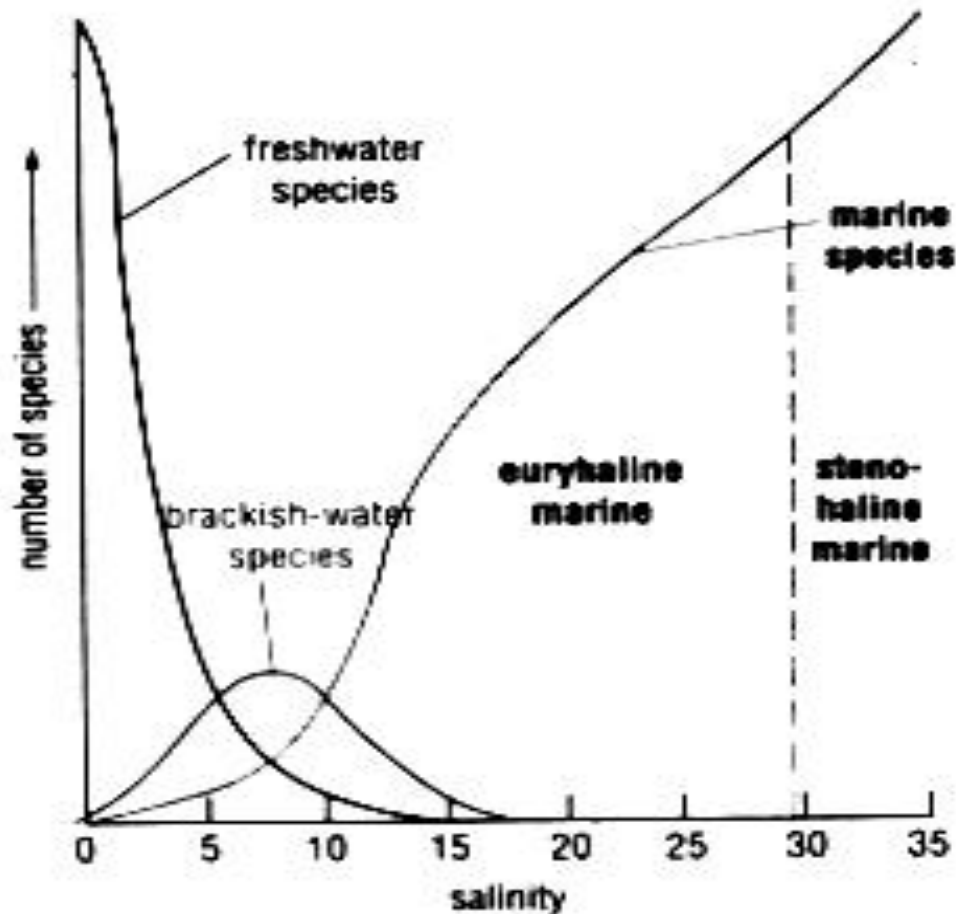
Functional interrelationships between the benthic biotopes in the coastal zone



INTEGRITY



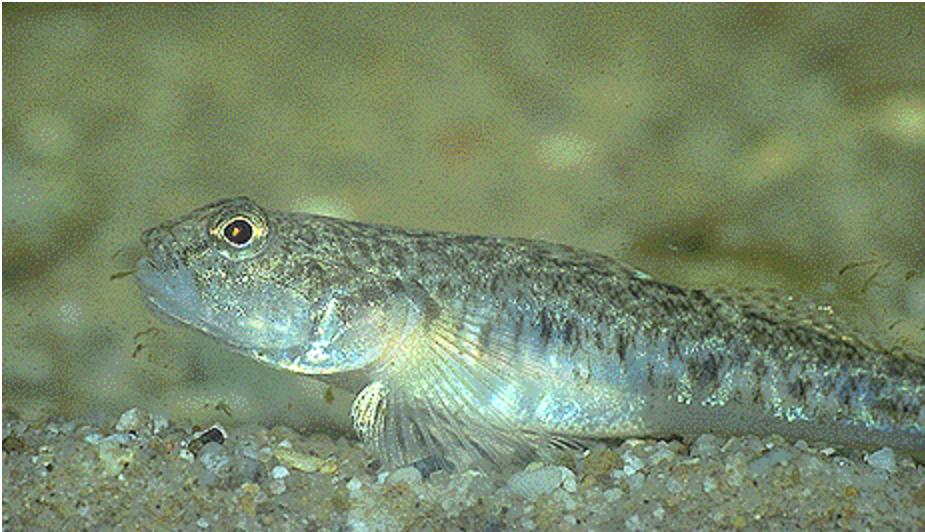
Influence of salinity on the distribution of freshwater, estuarine and marine benthic animals



Numbers of species given in relative units
(source: Lalli & Parsons, 1993)

Fish in estuaries

- Benthic adults → *spawning* → Pelagic larvae Larvae → *larval drift* → benthic juveniles
- From the subtidal to the intertidal
- Migrations of sub-adults



Gobies live in shallow water at the end of the summer and the autumn They migrate in the winter to deeper water where they spawn in the spring. Gobies eat small crustaceans and fish larvae, and are prey for many coastal birds and larger fish



Nurseries

Feeding strategies

- Tidal migrations
 - Plaice
 - Flounder
- Only subtidal
 - Dab
 - Sole



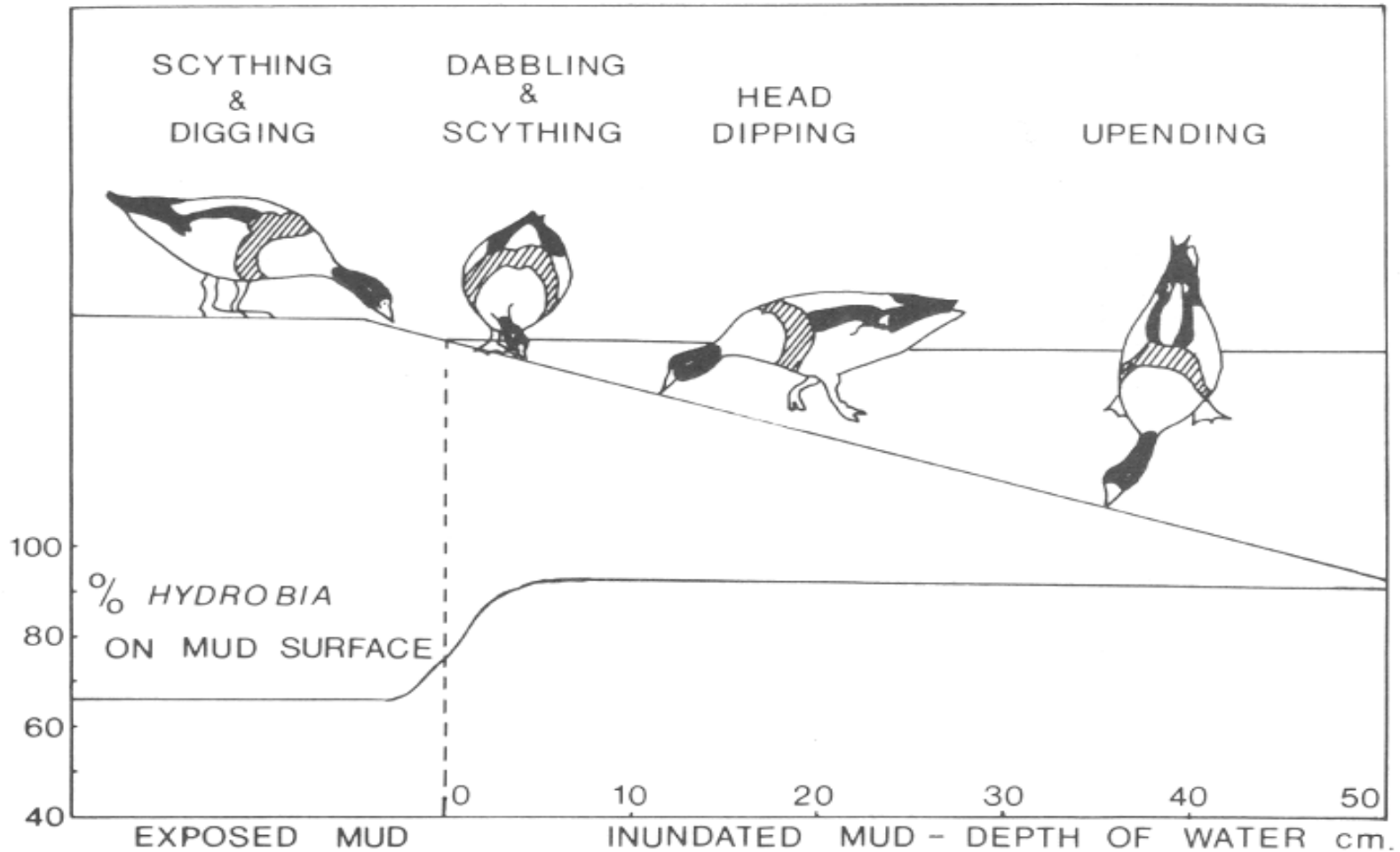


Mobility of birds

- Tidal rhythm
- Seasonal rhythm
- Migrations



Shelduck feeding methods



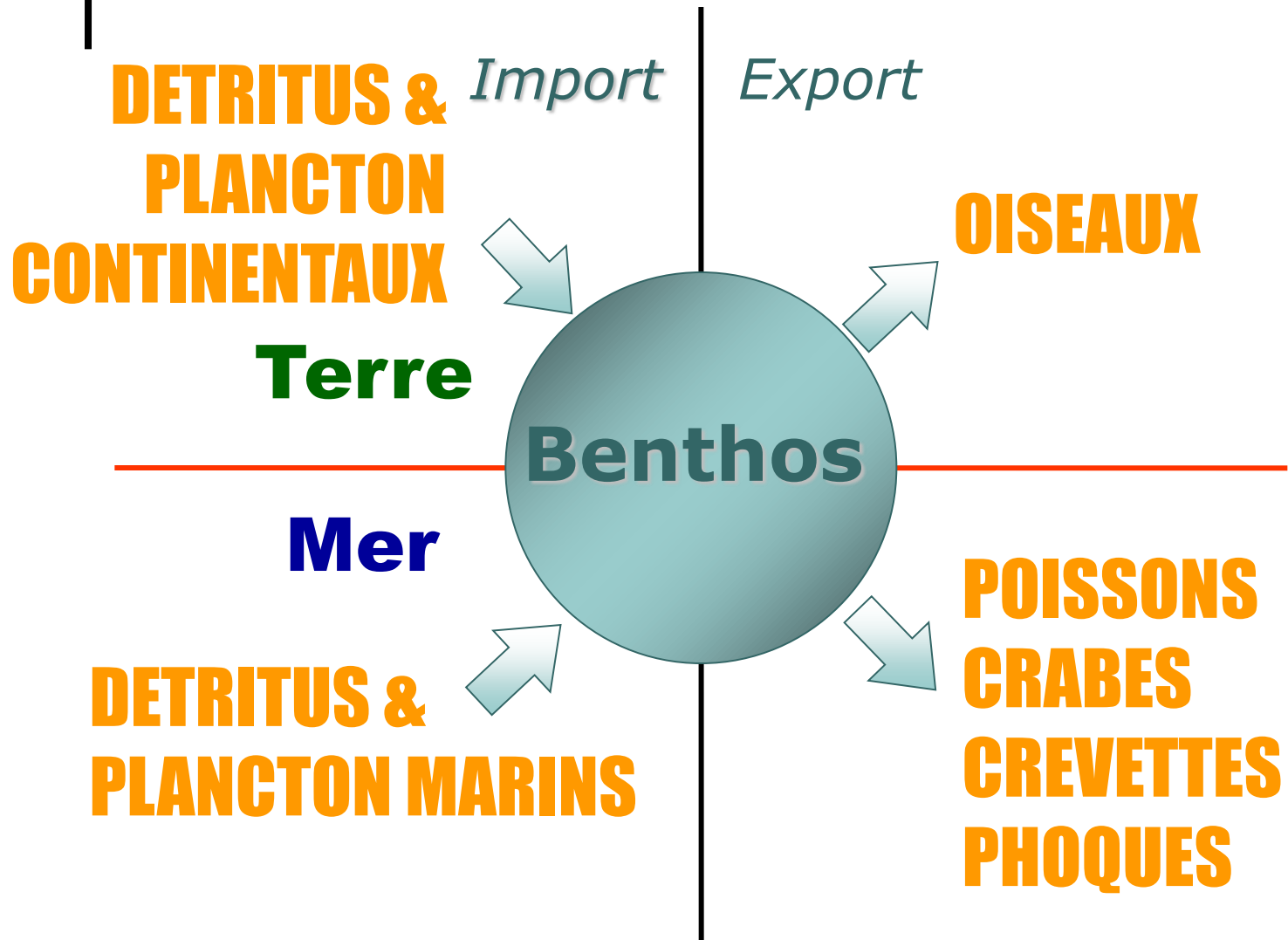
Bryant & Leng 1976

Wader feeding



	Oystercatcher	Culiv	Gullit	Redhak	Kot	Dorlin
<i>Macularia</i>						
<i>Gastrolia</i>						
<i>Melusalis</i>						
<i>Hydrobia</i>						
<i>Carpium</i>						
<i>Nais</i>						
<i>Nephes</i>						
<i>Oligochates</i>						

La plaque tournante estuarienne





En résumé


Les conditions hydrodynamiques et le colmatage agissent à une échelle

- géologique (transgression)
- océanique (exposition aux vagues...)
- climatique

La faune et la flore benthiques

- intègrent les facteurs de l'environnement
- sont hautement corrélés aux conditions qui règnent à l'interface du sédiment

ZONE CÔTIÈRE ET ESTUAIRES

- 
1. PRESENTATION DE LA ZONE CÔTIÈRE ET DES ESTUAIRES
 - 1.1. Le continuum zone côtière / bassin versant
 - 1.2. Quest-ce qu'un estuaire
 2. CIRCULATION ET REGIME TIDAUX
 3. SEDIMENTS
 - 3.1. Paramètres sédimentaires
 - 3.2. Cycles bio-géo-chimiques
 4. AUTRES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX
 5. PRODUCTION PRIMAIRE *IN SITU*
 - 5.1. Plantes
 - 5.2. Microphytobenthos et plancton
 - 5.3. Détritus
 6. LA FAUNE
 - 6.1. Taxonomie
 - 6.2. Modes de vie et adaptations
 7. EFFETS ANTHROPIQUES
 8. CONCLUSIONS

Marine ecosystem services



Defined as

‘the conditions and processes through which natural ecosystems, and the species that make them up, sustain and fulfil human life’ (Daily, 1997)

- Ecosystem services are a reductionist method - they capture State Changes and Impacts of a system

Une idée cruciale

Fournir des biens & services

ÉCOSYSTÈMES ET ÉCONOMIE



- Conservation
- Exploitation
- Polderisation
- Comblement
- Restauration
- etc

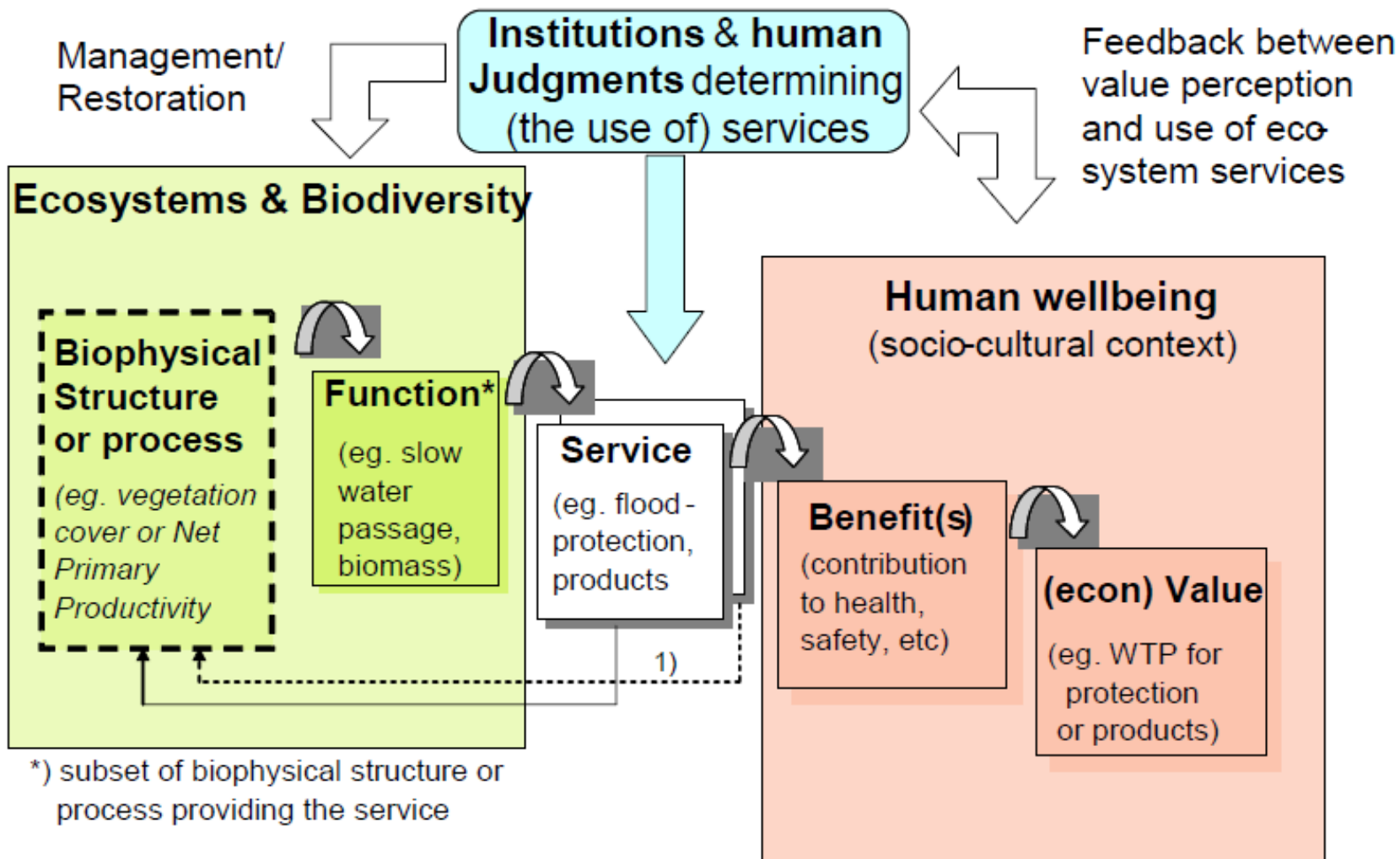
Biens (quantitatif)

- Pêche
- Exploitation forestière
- Aquaculture
- Zones de nurserie

Services (qualitatif)

- Assimilation de déchets
- Défenses contre la mer
- Écotourisme
- Valeur intrinsèque
- Valeur scientifique/éducation

(Gilbert & Janssen, 1998)



Adapted from Haines-Young & Potschin, 2010 and Maltby (ed.), 2009

The pathway from ecosystem structure and processes to human well-being

(De Groot et al. 2010)

The DPSIR framework adopted by the EEA



Different approaches can be used to structure environmental indicators

Examples

D Drivers

industries

P Pressures

effluent discharges

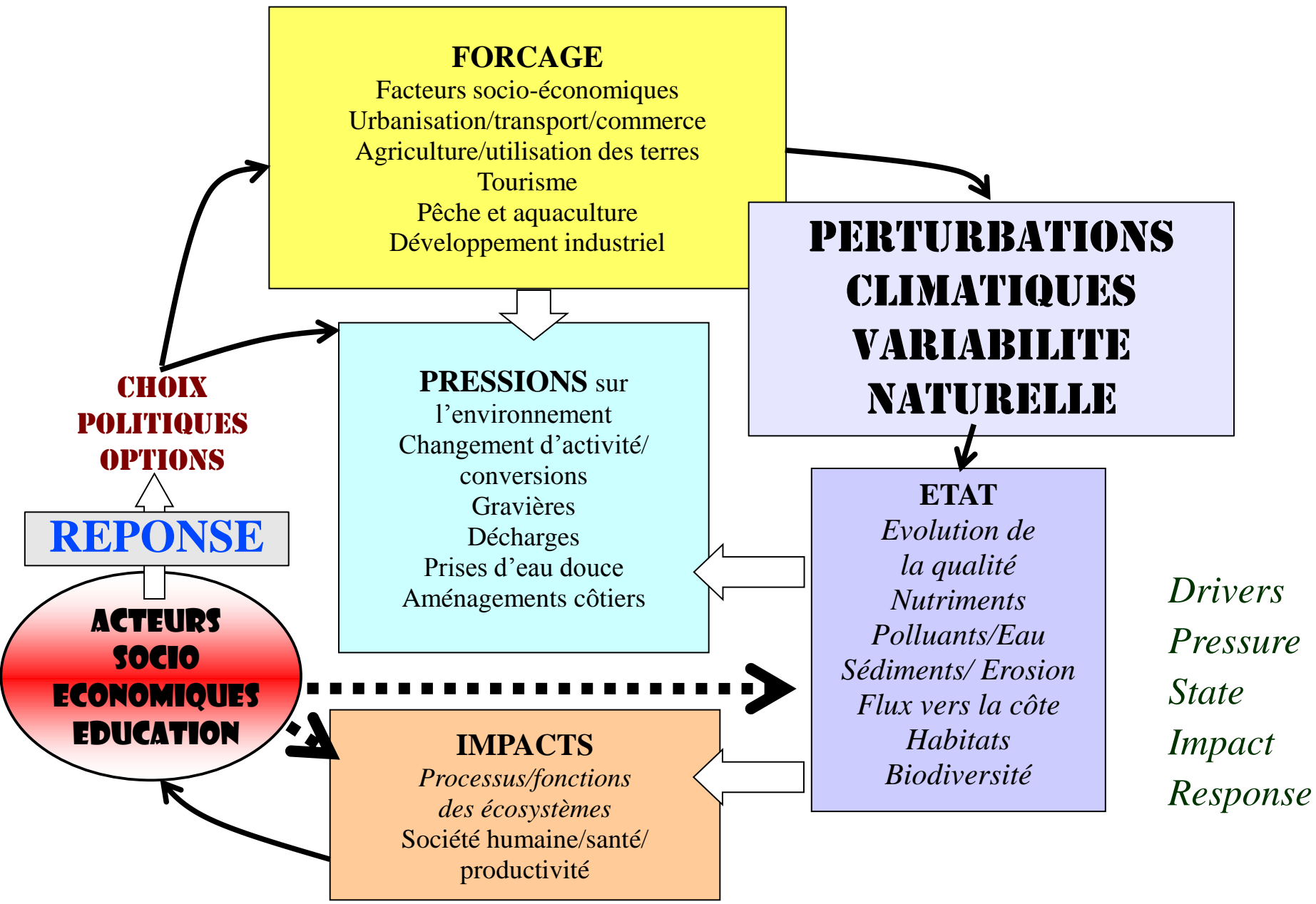
S State change

water pollution

I Impacts
productivity

reduced shellfish

R Human Responses legal controls

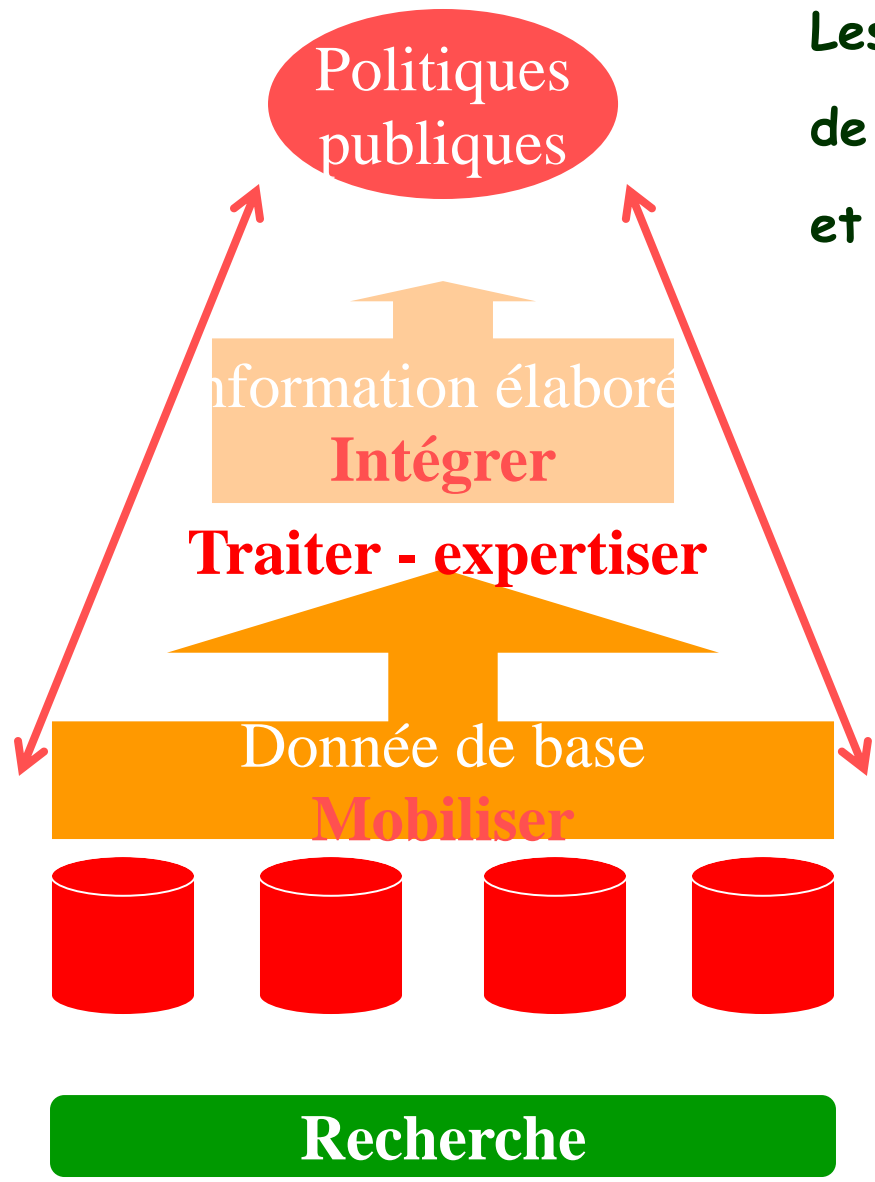


Objectif principal de la GIZC



Qualité écologique des milieux estuariens et littoraux, enjeux sociaux et impacts liés aux pratiques de l'aménagement du territoire

- mise au point d'une **méthode scientifique** fiable
- synthèse de données permettant la compréhension du **fonctionnement de l'estuaire** et les enjeux qui s'y rattachent
- articulation d'une **approche socio-anthropologique** avec une **approche écosystémique**
- proposition d'une **stratégie d'aménagement et donc de RESTAURATION**



Les processus
de transformation
et de transfert

Composante scientifique

Qualité écologique

- compréhension des mécanismes *qui génèrent et maintiennent la **biodiversité** dans la zone intertidale*

- élucidation des effets de la **fragmentation des écosystèmes littoraux** *de façon à mieux gérer et protéger les écosystèmes-clés*

- contribution à la **classification des biotopes en termes de types fonctionnels**, *afin d'aider à planifier et coordonner les actions en faveur de la conservation et de la restauration de biotopes dégradés*

Traitement de l'information scientifique en écologie littorale à des fins de gestion et d'aménagement des milieux naturels

Composante sociologique



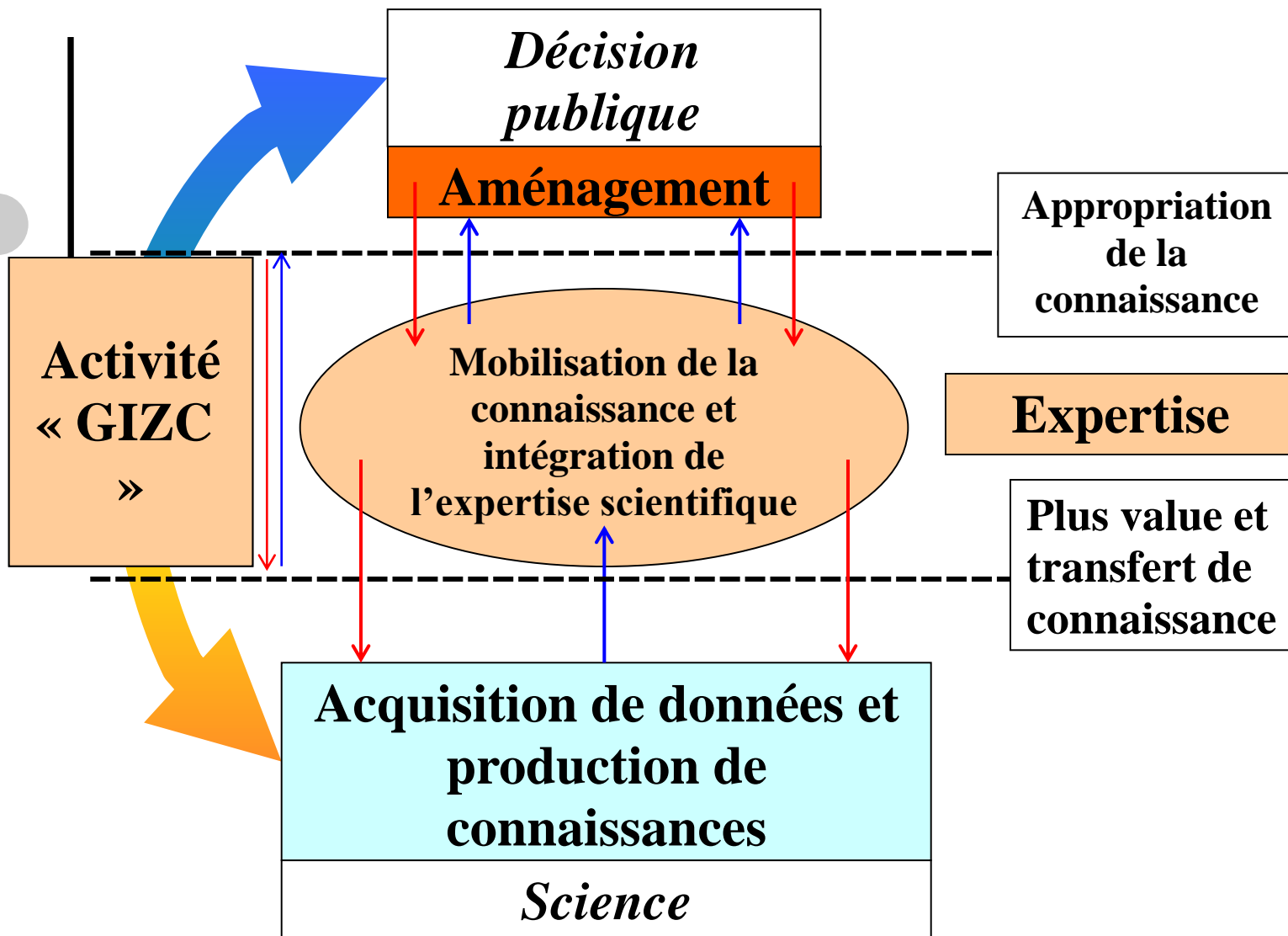
Caractérisation du problème

- Analyse du **contexte** politique, socio-économique et institutionnel
- Identification du **cadre** territorial, espace concerné et échelles d'analyse

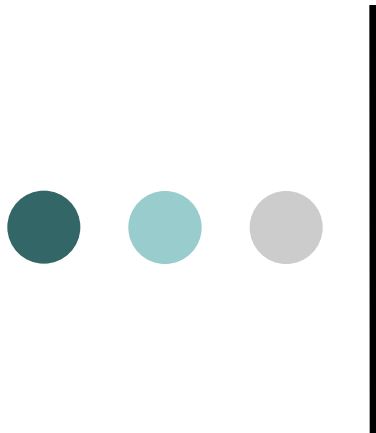
Bilan socio environnemental

- **Image** du territoire, représentations des acteurs, valeurs et intérêts socio professionnels en jeu
- **Identification** des modes de gestion et d'organisation
- **Connaissances et attitudes** à l'égard des problèmes d'environnement estuarien

GIZC : l'interface utile

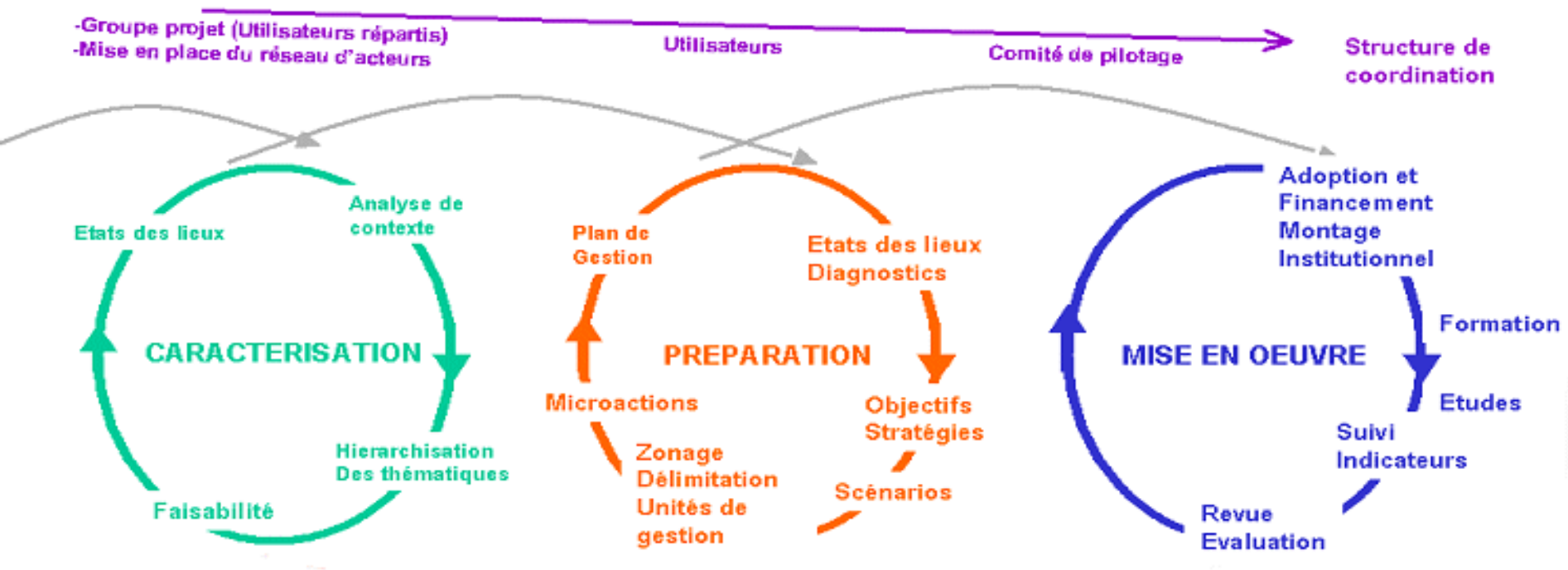


Les outils de gestion

- 
- ❑ réglementaires (normes de qualité, rejets, périmètres ...)
 - ❑ d'aménagement (PADD, SRAE, DTA, SDAGE, SAGE, ...)
 - ❑ de protection d'écosystèmes, espèces, espaces, habitats ... (NATURA 2000, Parcs, Réserves, sites classés, ...)
 - ❑ de planification (SMVM, SCOT, PLU, ...)
 - ❑ de gestion (Agenda 21)

Les outils utiles de la GIZC

L'appui de la science est présent à tous les stades des projets de gestion



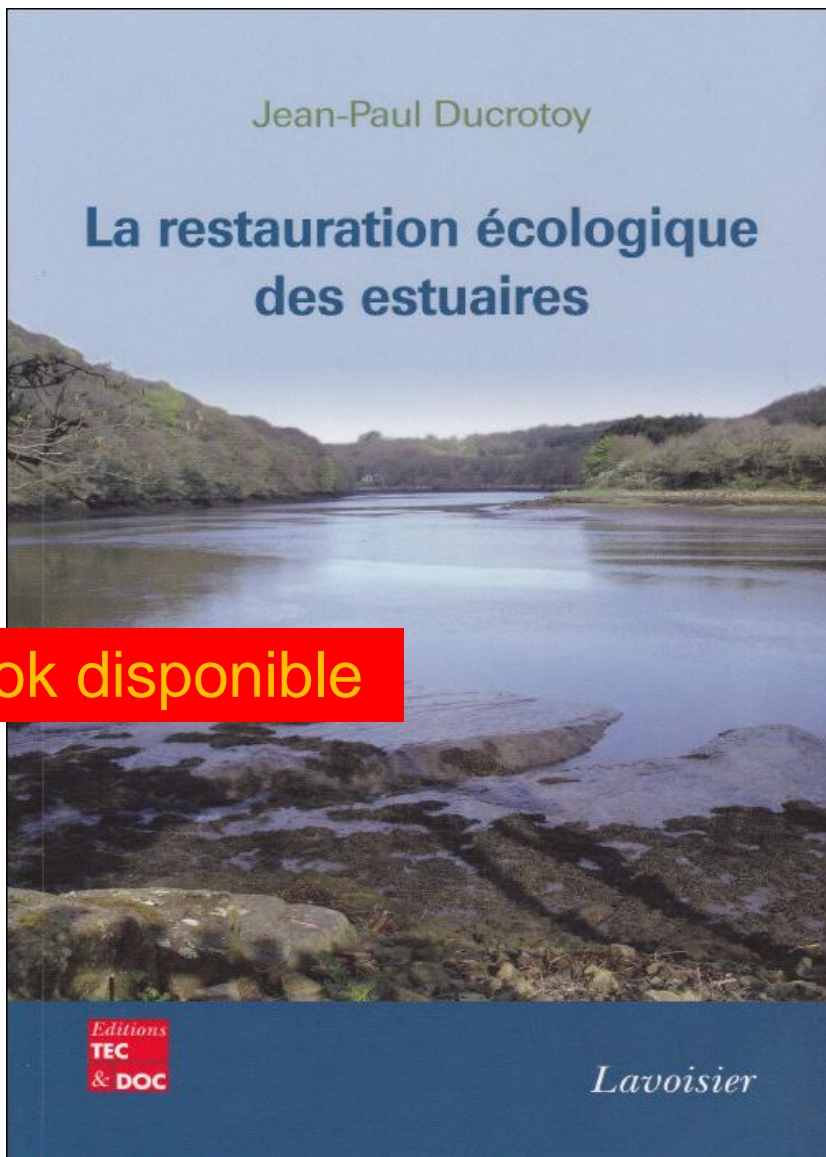
D'APRÈS HÉNOCQUE



Bibliographie

- Ducrotoy J-P, 2010. Le restauration écologique des estuaires. Lavoisier Tec & Doc
- Ducrotoy J-M, Mazik K, Elliott M, 2011. Bio-sedimentary indicators for estuaries. UOF, Paris
- Gray JS & Elliott M, 2009. Ecology of marine sediments. Oxford UP
- Lacaze J-C, 1993. La dégradation de l'environnement côtier. Masson
- Little C, 2007. The biology of soft shores and estuaries. Oxford UP
- McLusky & Elliott M, 2004. The estuarine ecosystem. Oxford UP
- Verger F, 2009. Zones humides du littoral français. Belin

Commander à l'Union des Océanographes de France, 195 rue Saint-Jacques, 75005 PARIS



E-book disponible

