



UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE

Master EEE, GEMAREC UE708

ufr sciences fondamentales  
et appliquées

**UE708 – Eaux de surface, eaux souterraines en milieu  
continental**

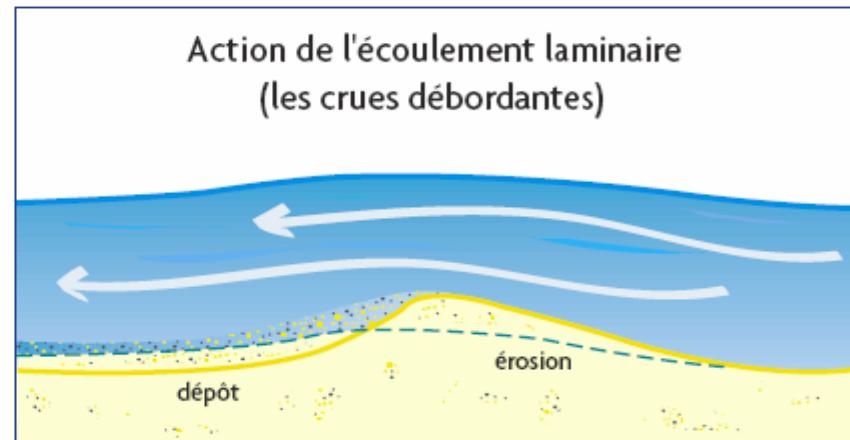
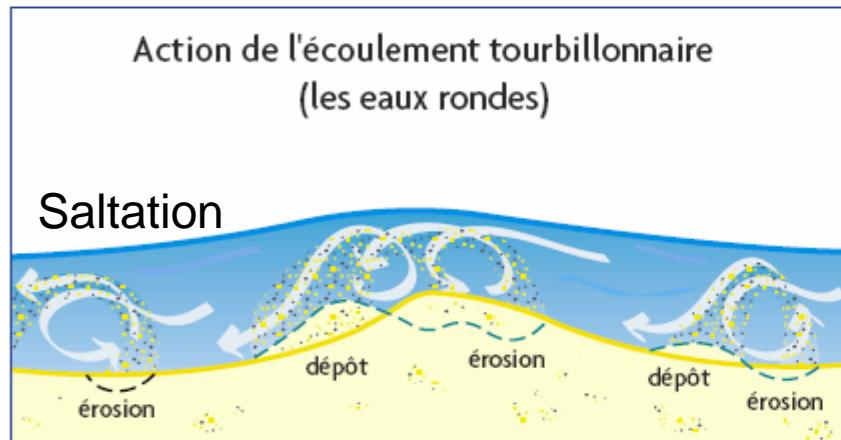
**TD Transferts de MES en milieu  
continental et dans les masses  
d'eau de transition (Eau  
douce/salée)**

Gérard MASSON

# **TD Transferts de MES en milieu continental et dans les masses d'eau de transition (Eau douce/salée)**

- **1/ Transferts lors de la vidange de plans d'eau (réservoirs et étangs de barrage)**
- **11/ Cas d'un réservoir :**
  - Le piégeage : Décantation, accumulation
  - La vidange massive : érosion et mobilisation,
  - L'épisode terminal : effondrement des banquettes et transfert, défaut de dilution
  - La qualité d'eau
- **12/ Cas de l'étang piscicole en barrage de cours d'eau**
  - Modèle théorique
  - Observations in situ : indicateurs et chronologie
- **2/ Transferts de matières en estuaire**
- **21/ Transferts de matières selon l'axe longitudinal**
  - Contexte fluvial en amont : débit
  - Equilibre instantané : le point nodal ;
  - Formations turbides et contextes de l'environnement
  - Expulsion du bouchon turbide et crue
- **22/ Causalité des transferts verticaux**
  - Floculation et vitesse de chute
- **23/ Etudes de cas :**
- **231 Estuaire de la Loire**
  - Aménagements et changements de la géométrie
  - Conséquences pour la qualité des masses d'eau
  - Conséquences biologiques et halieutiques
- **232 l'estuaire du Konkouré**
  - Localisation
  - Caractéristiques physiques (morphologie, bathymétrie)
  - Hydrologie (salinité, MES)
  - Flux de matières
  - Les mangroves

# Sédimentation et mobilisation



Les transferts de matériaux grossiers en périodes :  
de hautes eaux (plein bord) et de crue

**Figure : Transferts de matériaux dissous et particulaires**

# Efficacité des passes à poissons

## Les problèmes d'entretien des passes

Julien  
Boucault

### L'engravement

- ↳ 2 passes sur 10
- ↳ Limite la diversification des écoulements



### La dégradation de la structure de la passe

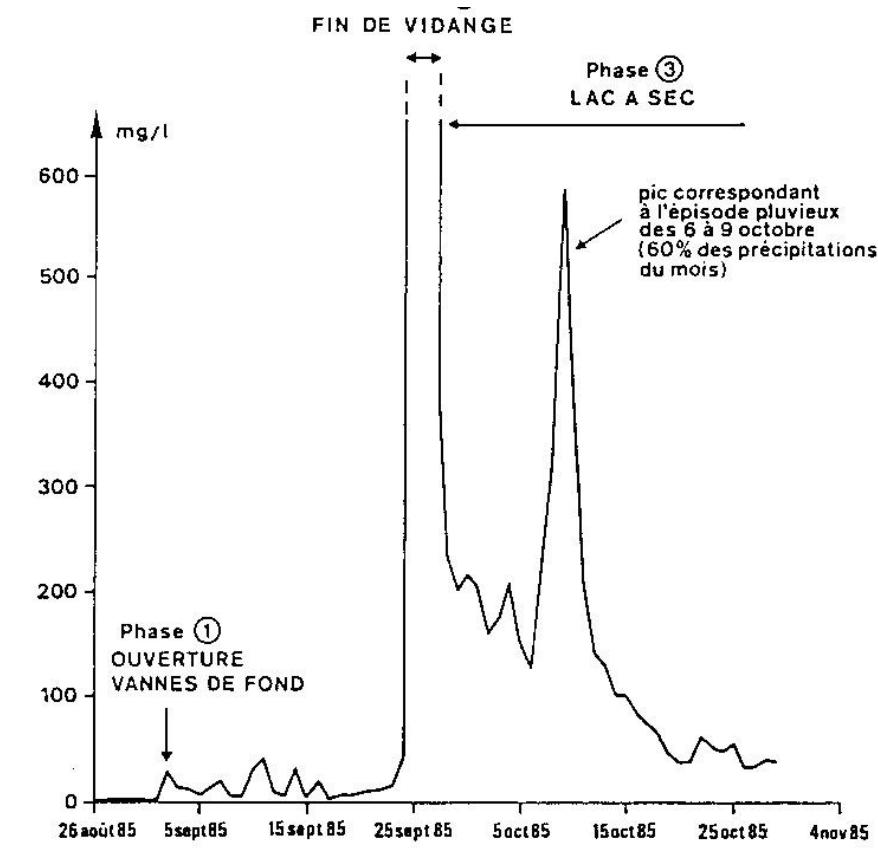
- ↳ Généralement après de violentes crues
- ↳ Crédit :  
Création d'écoulements infranchissables



# **TD Transferts de MES en milieu continental et dans les masses d'eau de transition (Eau douce/salée)**

- **1/ Transferts lors de la vidange de plans d'eau (réservoirs et étangs de barrage)**
- **11/ Cas d'un réservoir :**
  - Le piégeage : Décantation, accumulation
  - La vidange massive : érosion et mobilisation,
  - L'épisode terminal : effondrement des banquettes et transfert, défaut de dilution
  - La qualité d'eau
- **12/ Cas de l'étang piscicole en barrage de cours d'eau**
  - Modèle théorique
  - Observations in situ : indicateurs et chronologie
- **2/ Transferts de matières en estuaire**
- **21/ Transferts de matières selon l'axe longitudinal**
  - Contexte fluvial en amont : débit
  - Equilibre instantané : le point nodal ;
  - Formations turbides et contextes de l'environnement
  - Expulsion du bouchon turbide et crue
- **22/ Causalité des transferts verticaux**
  - Floculation et vitesse de chute
- **23/ Etudes de cas :**
- **231 Estuaire de la Loire**
  - Aménagements et changements de la géométrie
  - Conséquences pour la qualité des masses d'eau
  - Conséquences biologiques et halieutiques
- **232 l'estuaire du Konkouré**
  - Localisation
  - Caractéristiques physiques (morphologie, bathymétrie)
  - Hydrologie (salinité, MES)
  - Flux de matières
  - Les mangroves





# **TD Transferts de MES en milieu continental et dans les masses d'eau de transition (Eau douce/salée)**

- **1/ Transferts lors de la vidange de plans d'eau (réservoirs et étangs de barrage)**
- **11/ Cas d'un réservoir :**
  - Le piégeage : Décantation, accumulation
  - La vidange massive : érosion et mobilisation,
  - L'épisode terminal : effondrement des banquettes et transfert, défaut de dilution
  - La qualité d'eau
- **12/ Cas de l'étang piscicole en barrage de cours d'eau**
  - Modèle théorique
  - Observations in situ : indicateurs et chronologie
- **2/ Transferts de matières en estuaire**
- **21/ Transferts de matières selon l'axe longitudinal**
  - Contexte fluvial en amont : débit
  - Equilibre instantané : le point nodal ;
  - Formations turbides et contextes de l'environnement
  - Expulsion du bouchon turbide et crue
- **22/ Causalité des transferts verticaux**
  - Floculation et vitesse de chute
- **23/ Etudes de cas :**
- **231 Estuaire de la Loire**
  - Aménagements et changements de la géométrie
  - Conséquences pour la qualité des masses d'eau
  - Conséquences biologiques et halieutiques
- **232 l'estuaire du Konkouré**
  - Localisation
  - Caractéristiques physiques (morphologie, bathymétrie)
  - Hydrologie (salinité, MES)
  - Flux de matières
  - Les mangroves

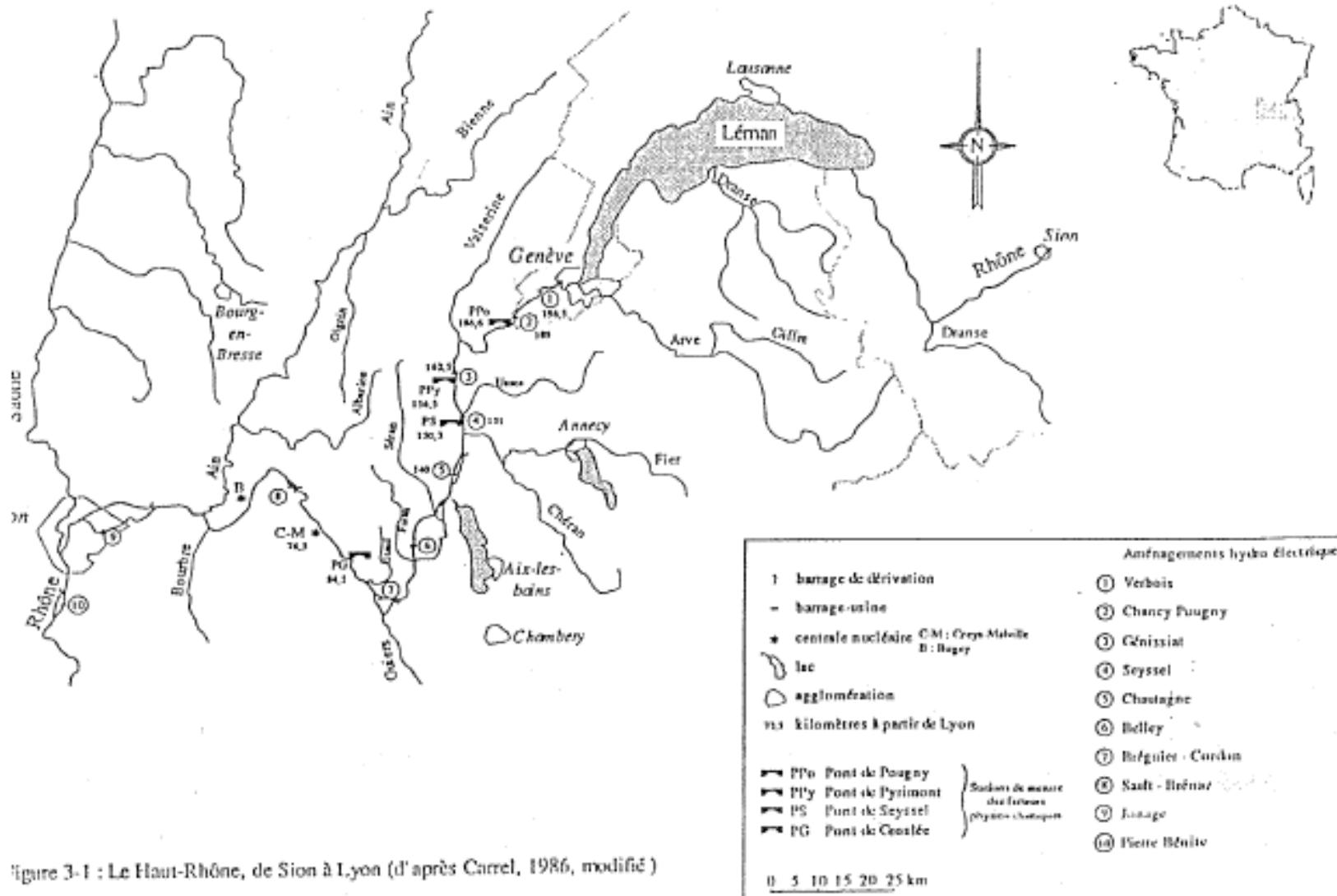


Figure 3-1 : Le Haut-Rhône, de Sion à Lyon (d'après Currel, 1986, modifié)

## Caractéristiques mésologiques pendant un lacher de barrage

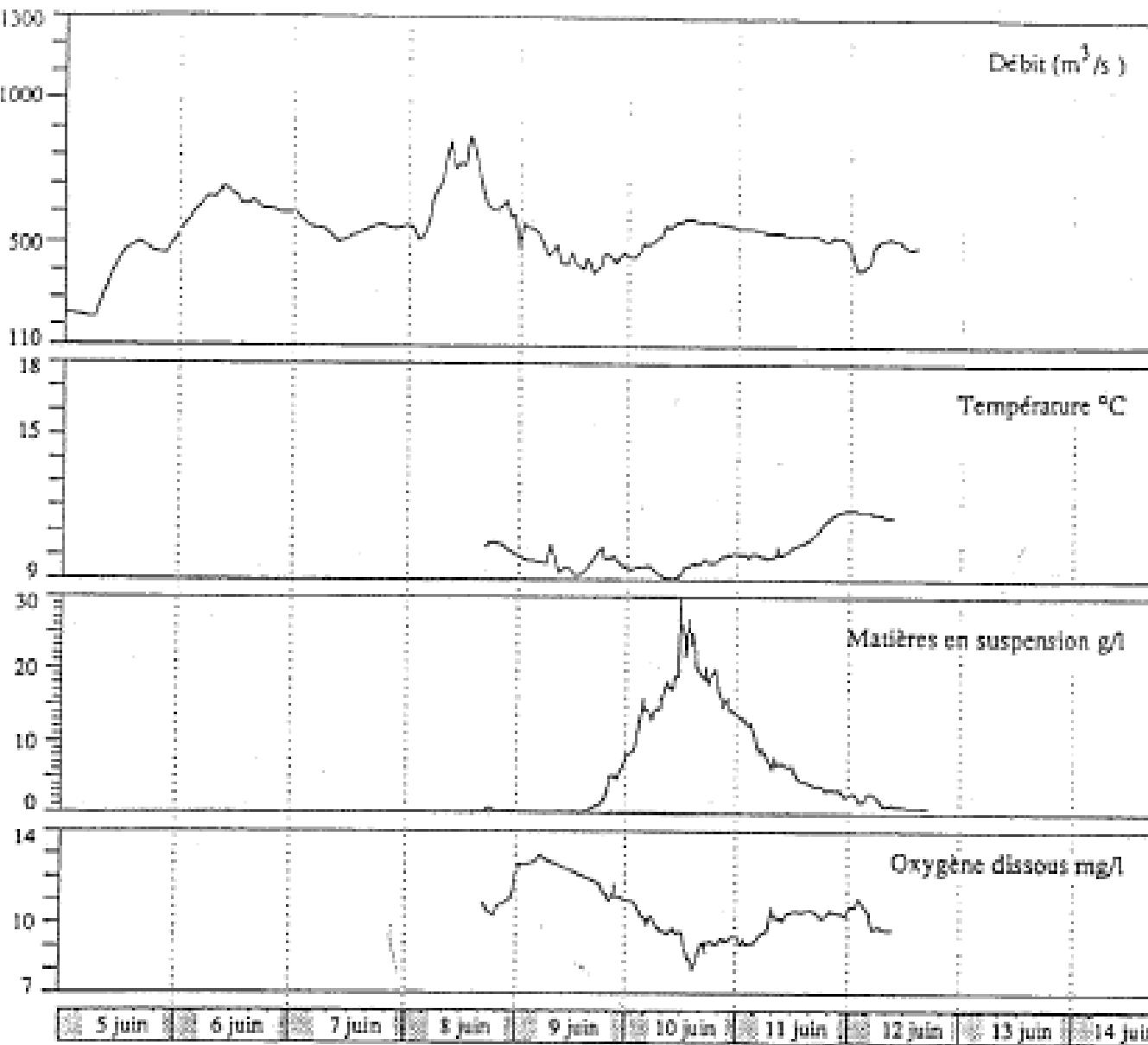
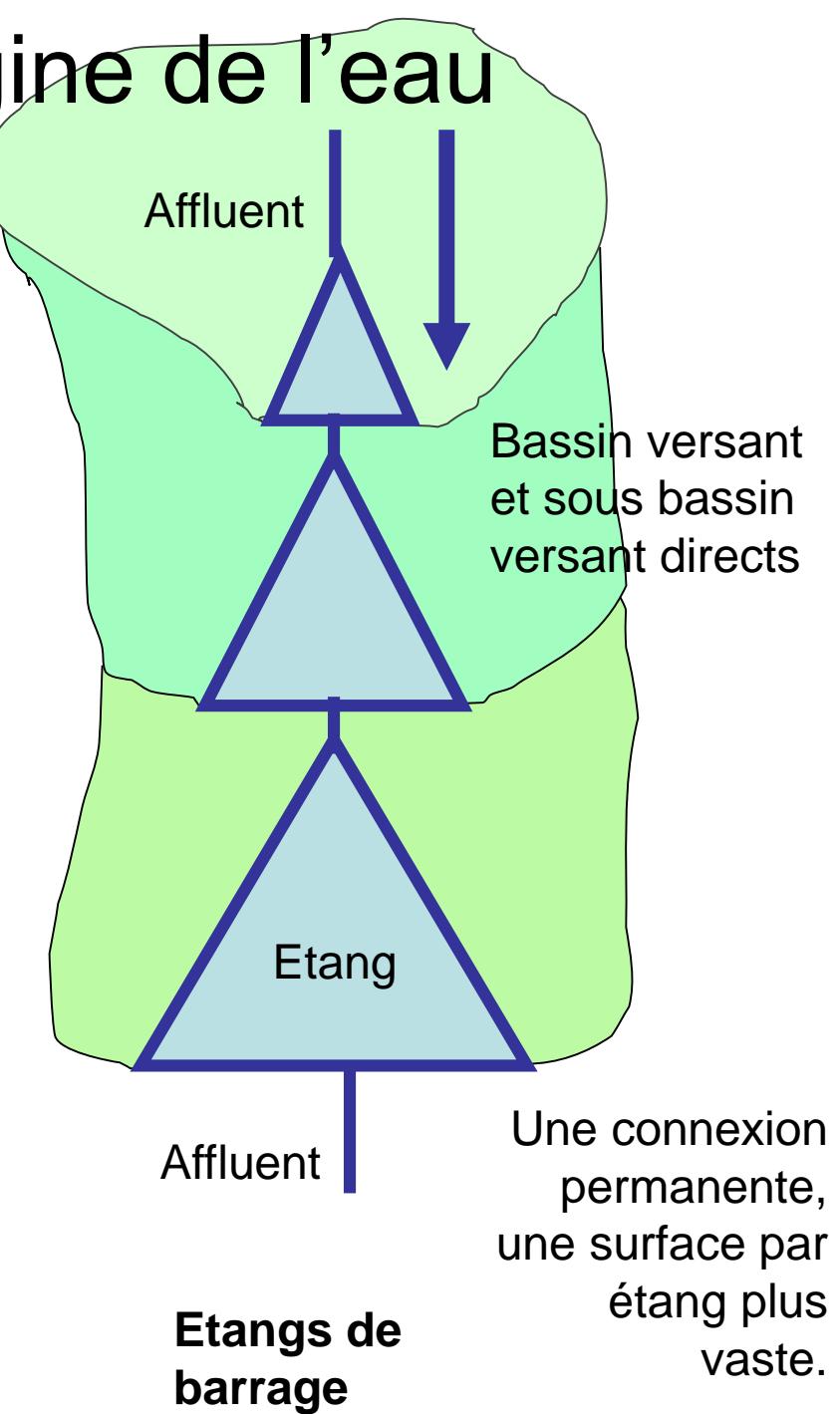
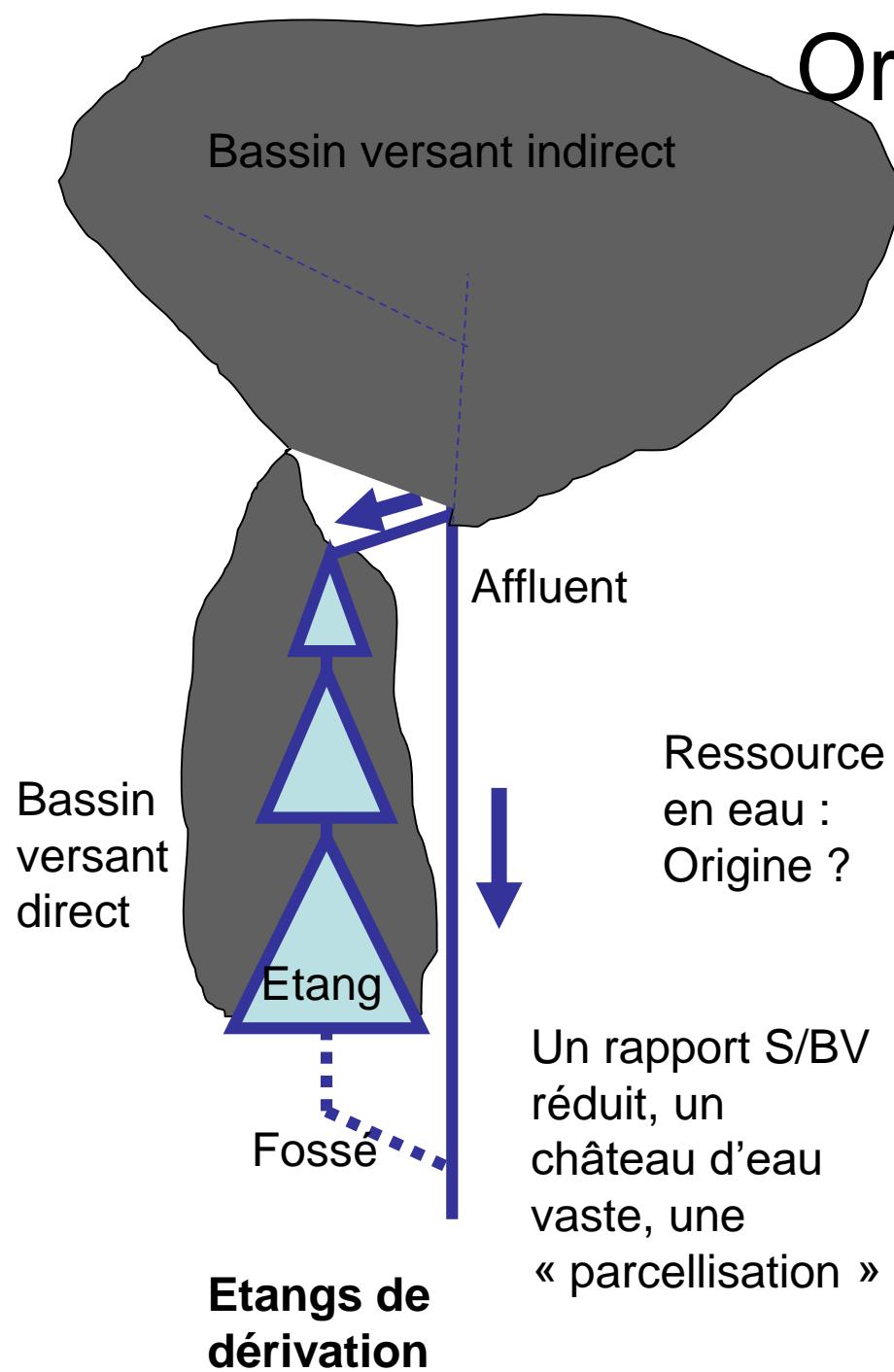


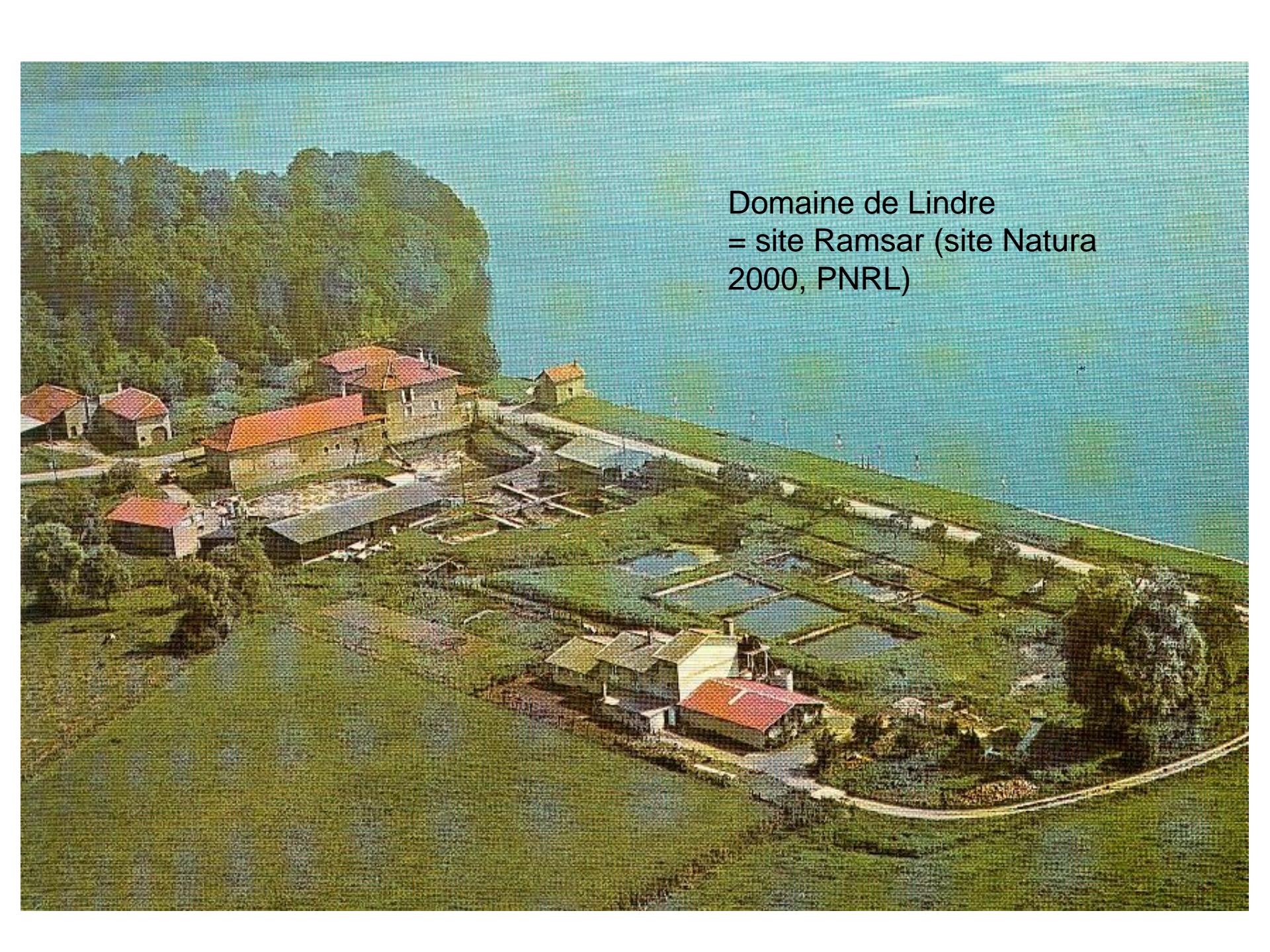
Figure 3-4 : Evolution de 4 paramètres physico-chimiques au cours des chasses de Verbois et Chancy-Pougny de juin 1990 : station de Pougny (données fournies par la Compagnie Nationale du Rhône).

# **TD Transferts de MES en milieu continental et dans les masses d'eau de transition (Eau douce/salée)**

- **1/ Transferts lors de la vidange de plans d'eau (réservoirs et étangs de barrage)**
- **11/ Cas d'un réservoir :**
  - Le piégeage : Décantation, accumulation
  - La vidange massive : érosion et mobilisation,
  - L'épisode terminal : effondrement des banquettes et transfert, défaut de dilution
  - La qualité d'eau
- **12/ Cas de l'étang piscicole en barrage de cours d'eau**
  - Modèle théorique
  - Observations in situ : indicateurs et chronologie
- **2/ Transferts de matières en estuaire**
- **21/ Transferts de matières selon l'axe longitudinal**
  - Contexte fluvial en amont : débit
  - Equilibre instantané : le point nodal ;
  - Formations turbides et contextes de l'environnement
  - Expulsion du bouchon turbide et crue
- **22/ Causalité des transferts verticaux**
  - Floculation et vitesse de chute
- **23/ Etudes de cas :**
- **231 Estuaire de la Loire**
  - Aménagements et changements de la géométrie
  - Conséquences pour la qualité des masses d'eau
  - Conséquences biologiques et halieutiques
- **232 l'estuaire du Konkouré**
  - Localisation
  - Caractéristiques physiques (morphologie, bathymétrie)
  - Hydrologie (salinité, MES)
  - Flux de matières
  - Les mangroves

# Origine de l'eau





Domaine de Lindre  
= site Ramsar (site Natura  
2000, PNRL)

METZ



## Réseau hydrographique du bassin versant de la Seille

**Lors de la vidange en l'absence de précipitations, les eaux de Lindre constituent la principale alimentation de la Seille**

Soutien du débit d'étiage

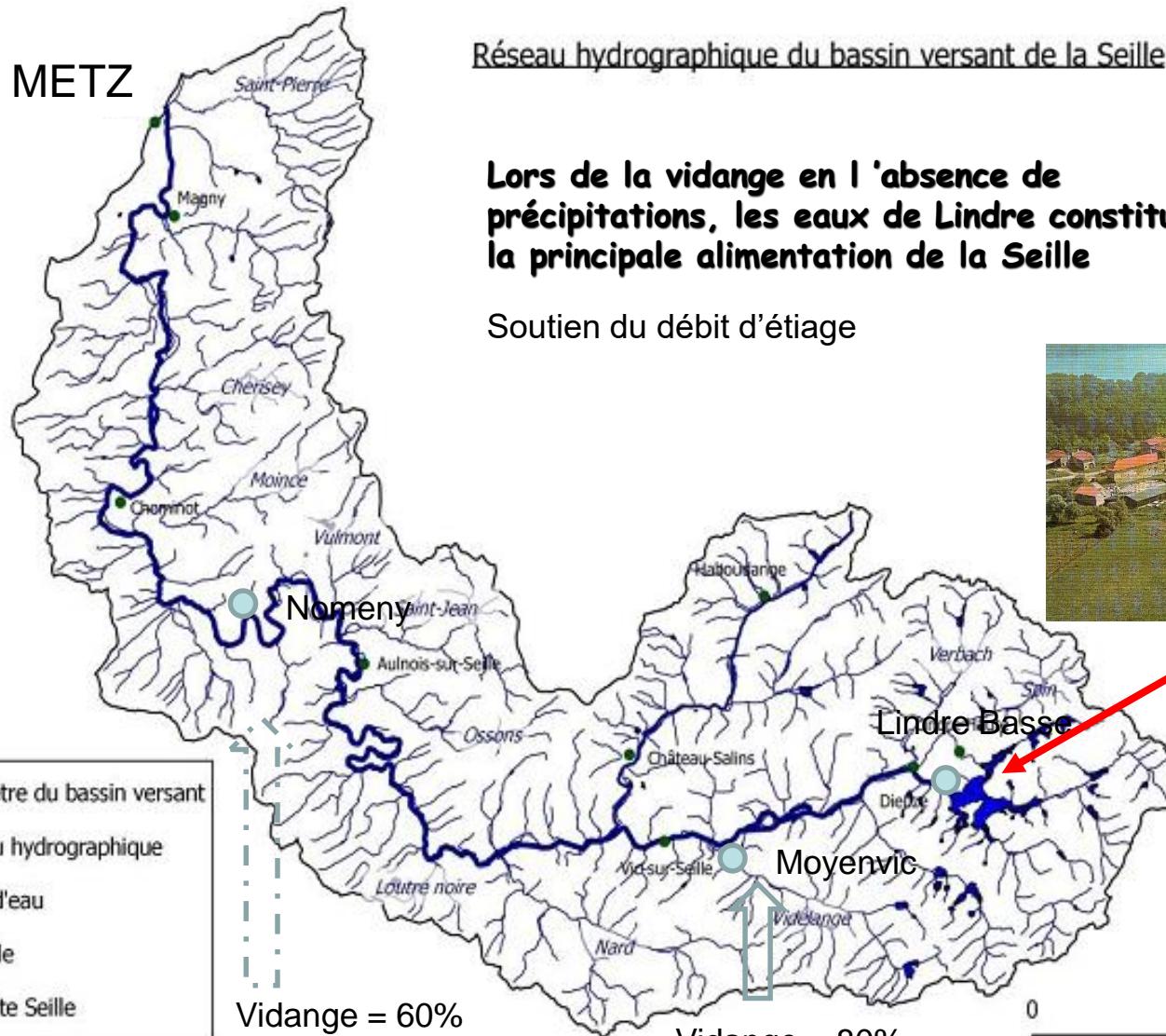


- Périmètre du bassin versant
- Réseau hydrographique
- Plans d'eau
- La Seille
- La Petite Seille

Vidange = 60%  
du débit

Vidange = 80%  
du débit

0 10 km

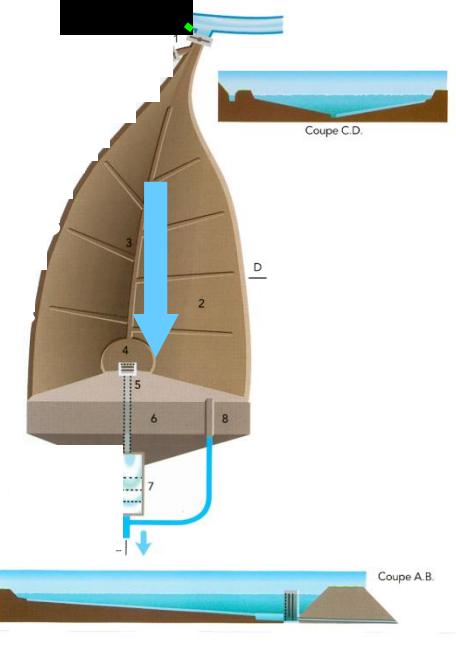


L'eau de l' étang alimente les infrastructures placées en aval de la digue : ex : le déversoir



Dissipateur d'énergie,  
Recalibrage : prévention des  
risques d'érosion et  
d'inondation

L'évacuation des eaux :  
le déversoir



### L'étang de barrage

- 1 - prise d'eau avec système de vannage
- 2 - assiette (fond) de l'étang
- 3 - réseau de fossés en forme d'arêtes de poisson
- 4 - poèle
- 5 - moine
- 6 - digue
- 7 - pécherie
- 8 - surverse
- 9 - canal de dérivation
- 10 - bassin de stockage

# L'exportation d'eaux turbides pendant la vidange



- 1 - prise d'eau avec système de vannage*
- 2 - assiette (fond) de l'étang*
- 3 - réseau de fossés en forme d'arêtes de poisson*
- 4 - poèle*
- 5 - moine*
- 6 - digue*
- 7 - pécherie*
- 8 - surverse*
- 9 - canal de dérivation*
- 10 - bassin de stockage*

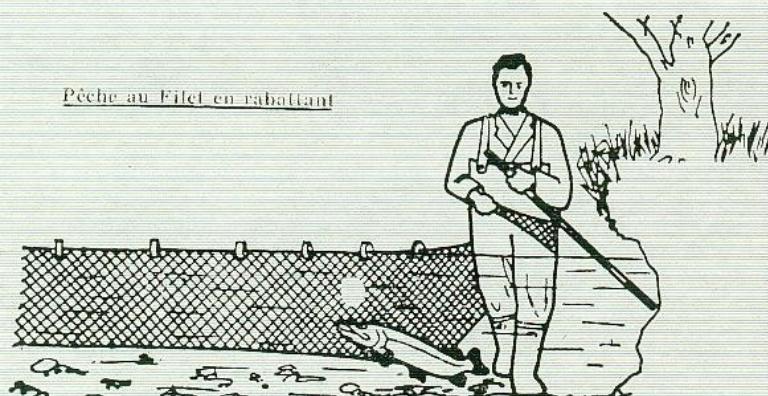
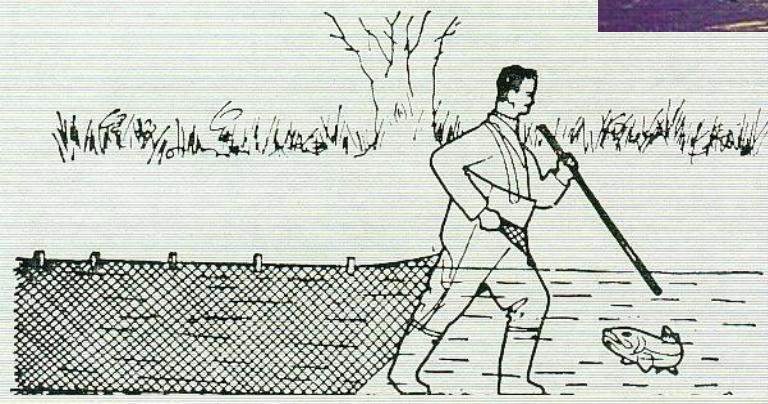
Les phases du cycle  
d'exploitation ;

Ex. Etang de Rorbach (étang  
construit en barrage de cours  
d'eau, bassin versant de  
Lindre



Phase de production





Pêche au Filet en rabattant

Senne de plage et remise en suspension  
(pêcheurs, engin, poissons)

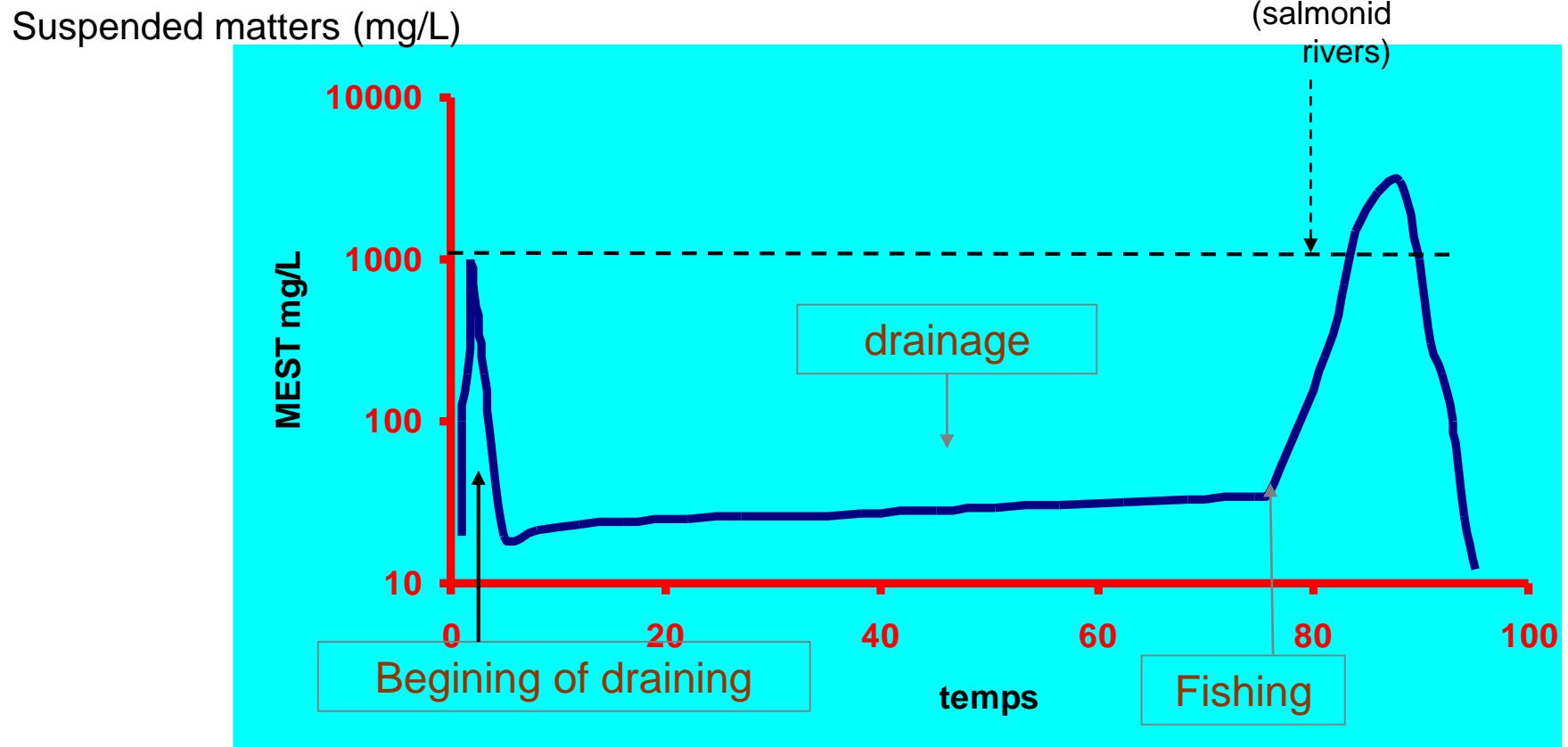


# **TD Transferts de MES en milieu continental et dans les masses d'eau de transition (Eau douce/salée)**

- **1/ Transferts lors de la vidange de plans d'eau (réservoirs et étangs de barrage)**
- **11/ Cas d'un réservoir :**
  - Le piégeage : Décantation, accumulation
  - La vidange massive : érosion et mobilisation,
  - L'épisode terminal : effondrement des banquettes et transfert, défaut de dilution
  - La qualité d'eau
- **12/ Cas de l'étang piscicole en barrage de cours d'eau**
  - Modèle théorique
  - Observations in situ : indicateurs et chronologie
- **2/ Transferts de matières en estuaire**
- **21/ Transferts de matières selon l'axe longitudinal**
  - Contexte fluvial en amont : débit
  - Equilibre instantané : le point nodal ;
  - Formations turbides et contextes de l'environnement
  - Expulsion du bouchon turbide et crue
- **22/ Causalité des transferts verticaux**
  - Floculation et vitesse de chute
- **23/ Etudes de cas :**
- **231 Estuaire de la Loire**
  - Aménagements et changements de la géométrie
  - Conséquences pour la qualité des masses d'eau
  - Conséquences biologiques et halieutiques
- **232 l'estuaire du Konkouré**
  - Localisation
  - Caractéristiques physiques (morphologie, bathymétrie)
  - Hydrologie (salinité, MES)
  - Flux de matières
  - Les mangroves

# Exportation de matière en phase de vidange : modèle théorique

Export of suspended matters during  
draining: theoretical model

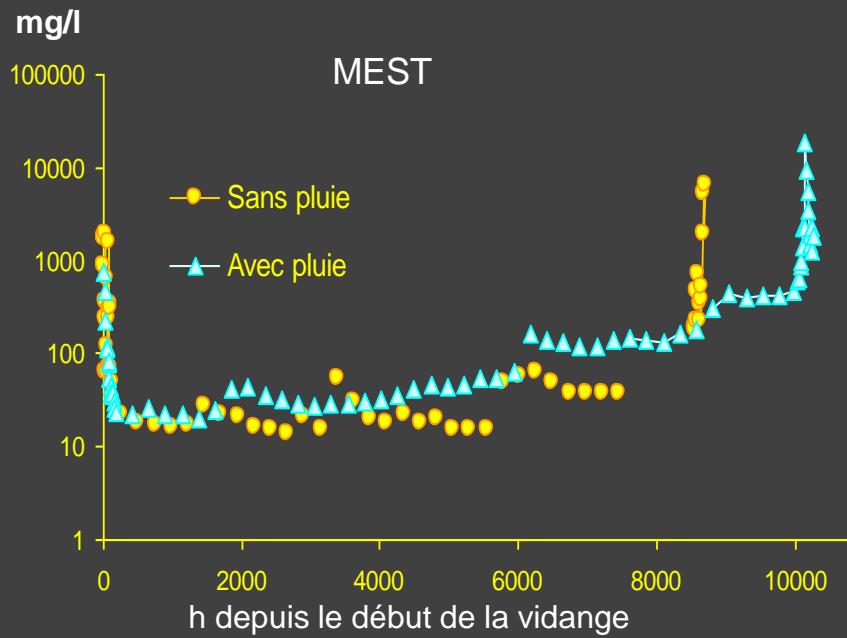


# **TD Transferts de MES en milieu continental et dans les masses d'eau de transition (Eau douce/salée)**

- **1/ Transferts lors de la vidange de plans d'eau (réservoirs et étangs de barrage)**
- **11/ Cas d'un réservoir :**
  - Le piégeage : Décantation, accumulation
  - La vidange massive : érosion et mobilisation,
  - L'épisode terminal : effondrement des banquettes et transfert, défaut de dilution
  - La qualité d'eau
- **12/ Cas de l'étang piscicole en barrage de cours d'eau**
  - Modèle théorique
  - Observations in situ : indicateurs et chronologie
- **2/ Transferts de matières en estuaire**
- **21/ Transferts de matières selon l'axe longitudinal**
  - Contexte fluvial en amont : débit
  - Equilibre instantané : le point nodal ;
  - Formations turbides et contextes de l'environnement
  - Expulsion du bouchon turbide et crue
- **22/ Causalité des transferts verticaux**
  - Floculation et vitesse de chute
- **23/ Etudes de cas :**
- **231 Estuaire de la Loire**
  - Aménagements et changements de la géométrie
  - Conséquences pour la qualité des masses d'eau
  - Conséquences biologiques et halieutiques
- **232 l'estuaire du Konkouré**
  - Localisation
  - Caractéristiques physiques (morphologie, bathymétrie)
  - Hydrologie (salinité, MES)
  - Flux de matières
  - Les mangroves

## Study of draining outputs :

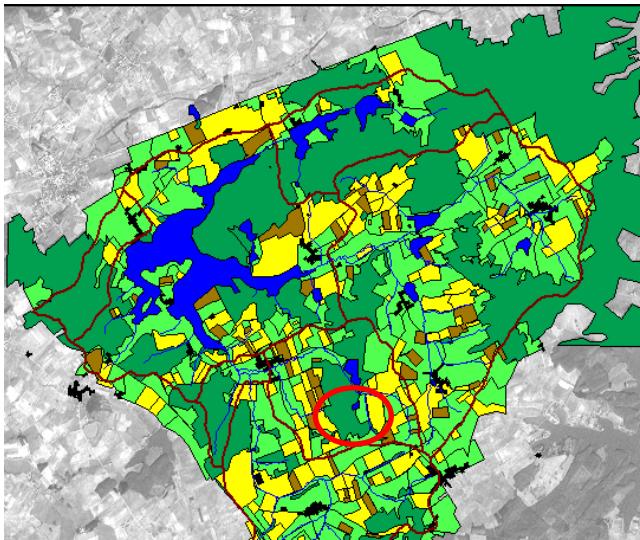
Exemple : étang de Petit-Villers



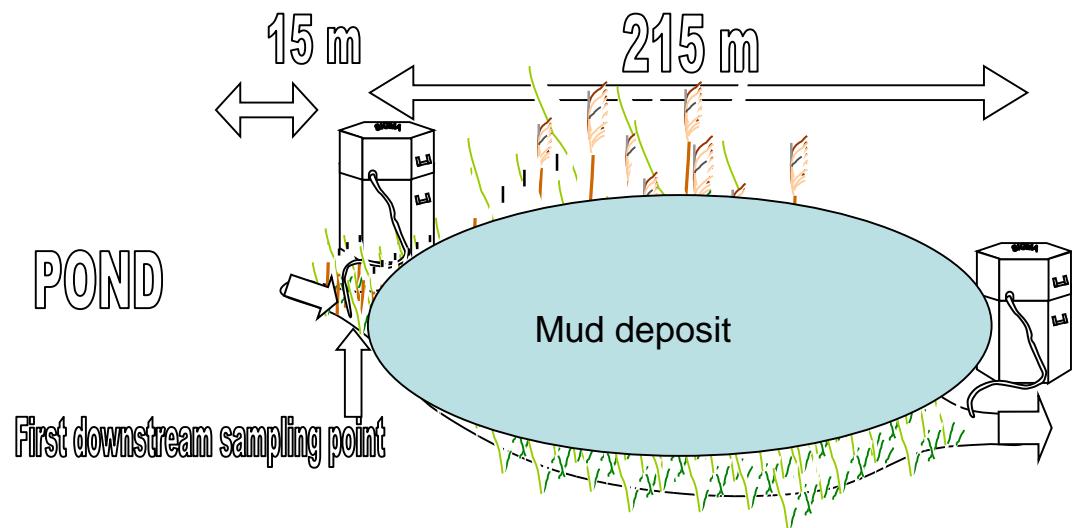
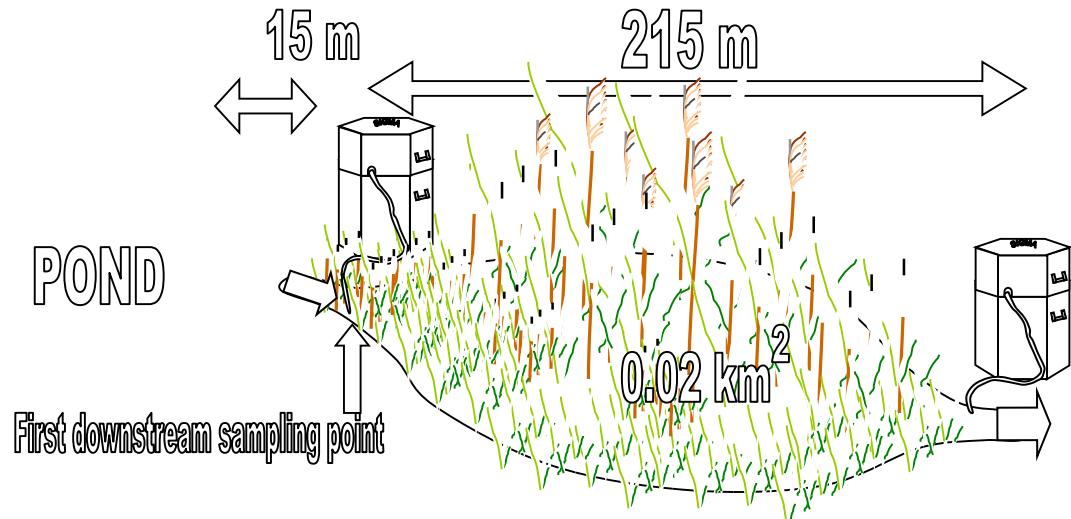
Export of 1400 kg  
of suspended  
matters  
(without rain)

Export of 14500  
kg of suspended  
matters  
(during rainy  
spring)  
(2500 kg issued from  
the watershed)

# Draining : output of matters + sedimentation ; flowing and erosion



Bassin versant de  
l'étang de Lindre, étang  
de Petit-Villers



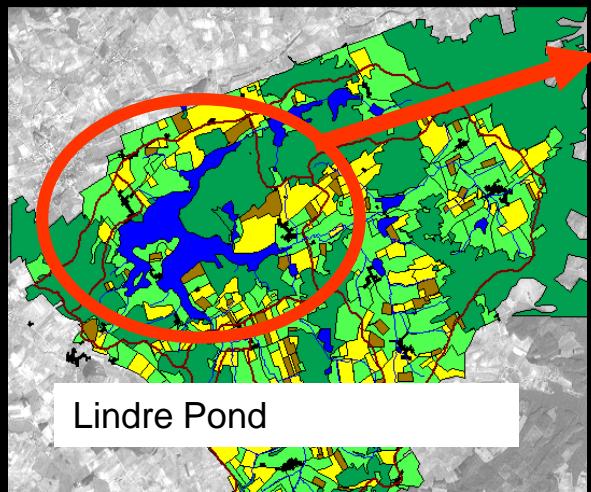
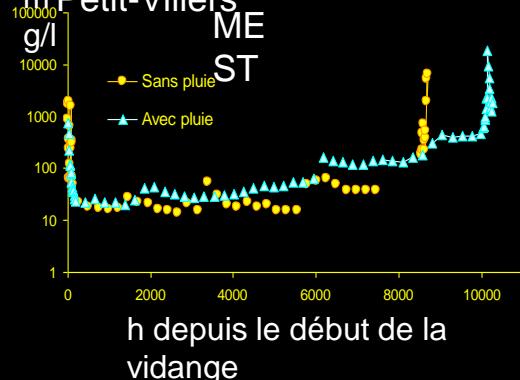
## Study of draining outputs

:

Exemple : étang de

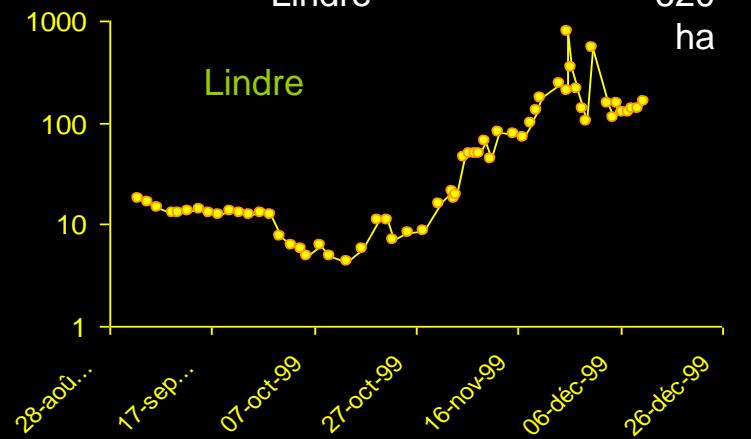
m Petit-Villers

ME  
ST



### Étangs de :

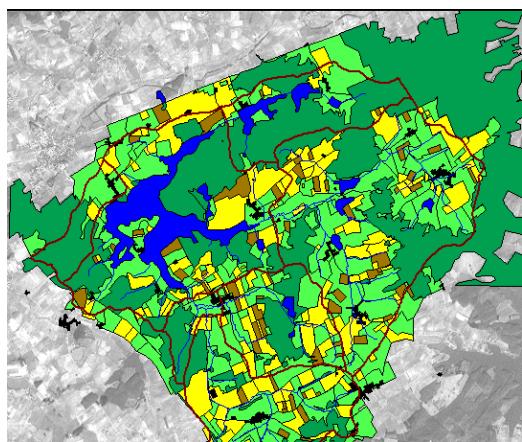
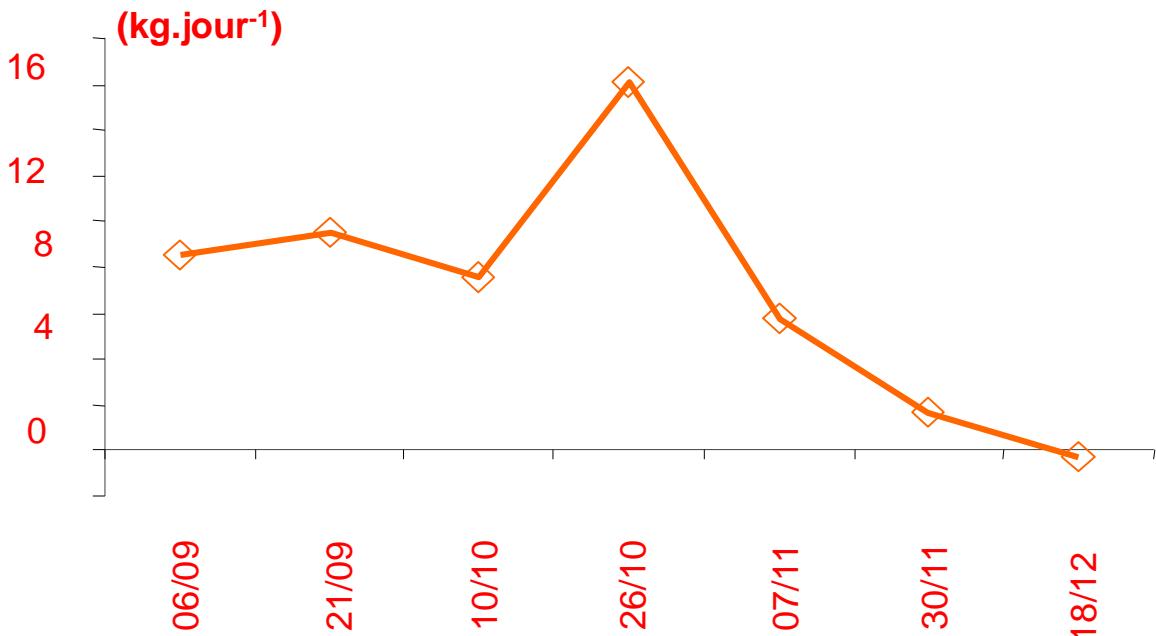
Petit-Villers	2 ha
Armessous	7 ha
Rorbach	9 ha
Grand-Villers	14 ha
Lansquenet	37 ha
Zommange	66 ha
Lindre	620 ha



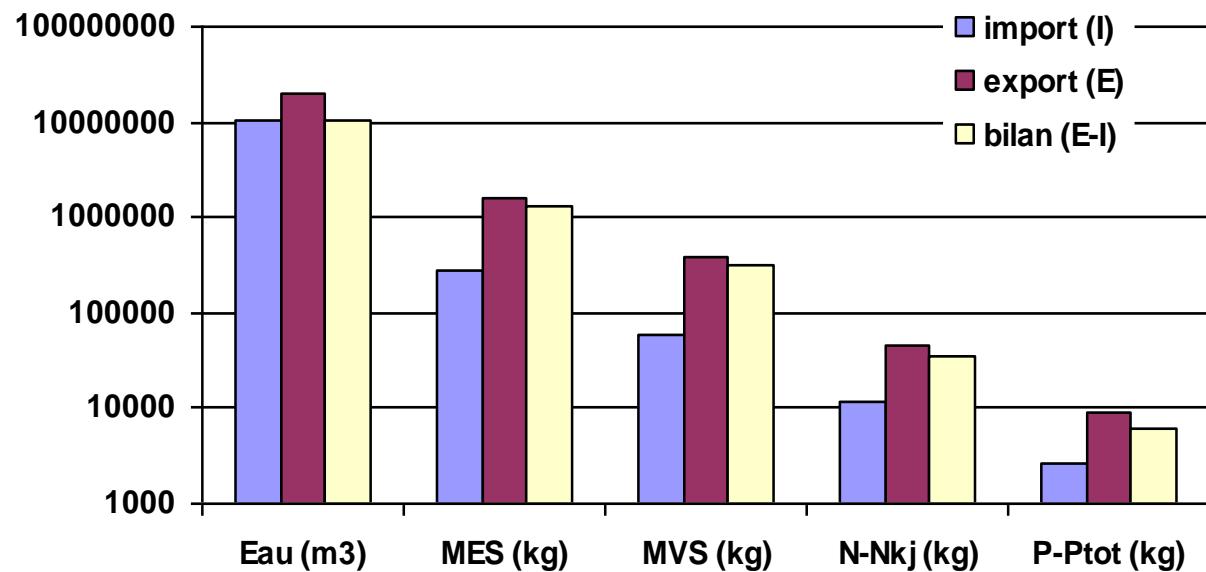
Export of organic matter (bottom deposit)

Export of mineral matters (bottom deposits and inputs from the watershed)

## Chlorophylle a

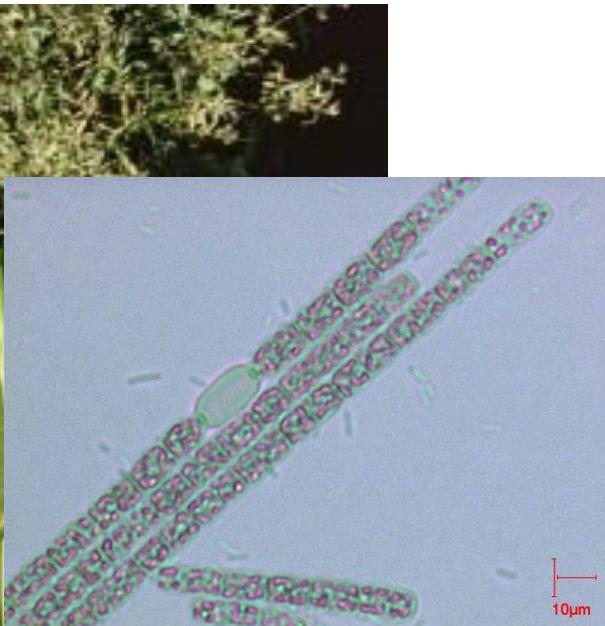


Bilan entrée/sortie à  
l'occasion de la  
vidange de Lindre  
(année 2000)





Avec la vidange : transfert direct dans le système récepteur (Seille) dans le cas de l'étang de barrage.



### Les Cyanobactéries exportées par surverse ou par vidange : conséquences du fonctionnement écologique et/ou de la gestion hydraulique.

Initialement (jusqu'aux années 1960) vidange triennale, brusque début octobre : conditions moins favorables au développement du phytoplancton dans l'étang.

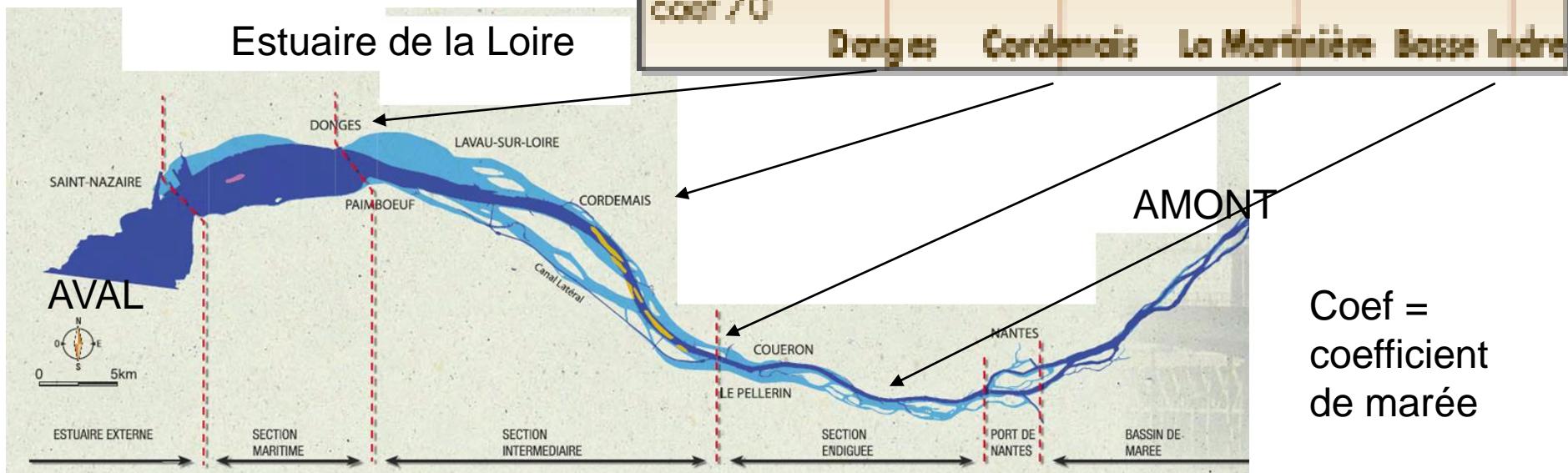
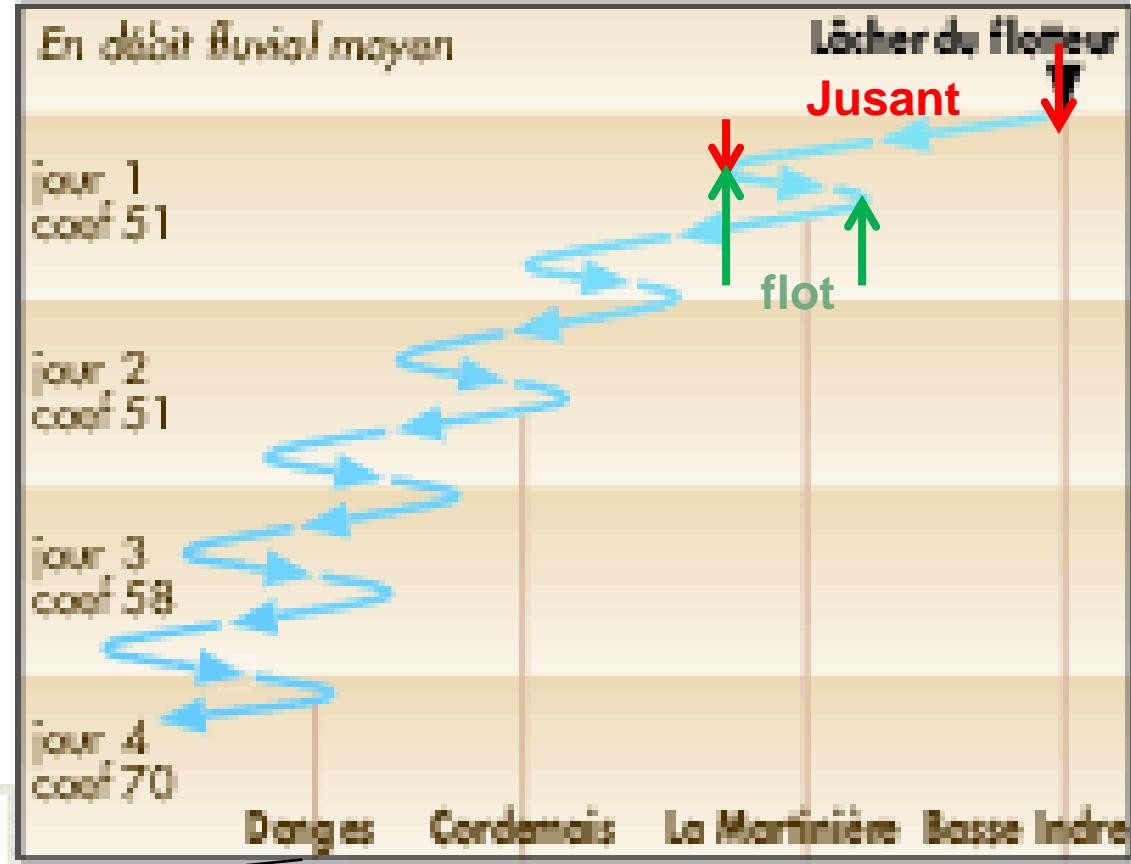
Lors des années 1990 : vidange annuelle, débit limité à 5m<sup>3</sup>/s.  
Démarrage précoce : fin 08, début 09 = conditions saisonnières encore favorables au phytoplancton.



# **TD Transferts de MES en milieu continental et dans les masses d'eau de transition (Eau douce/salée)**

- **1/ Transferts lors de la vidange de plans d'eau (réservoirs et étangs de barrage)**
- **11/ Cas d'un réservoir :**
  - Le piégeage : Décantation, accumulation
  - La vidange massive : érosion et mobilisation,
  - L'épisode terminal : effondrement des banquettes et transfert, défaut de dilution
  - La qualité d'eau
- **12/ Cas de l'étang piscicole en barrage de cours d'eau**
  - Modèle théorique
  - Observations in situ : indicateurs et chronologie
- **2/ Transferts de matières en estuaire**
- **21/ Transferts de matières selon l'axe longitudinal**
  - Contexte fluvial en amont : débit
  - Equilibre instantané : le point nodal ;
  - Formations turbides et contextes de l'environnement
  - Expulsion du bouchon turbide et crue
- **22/ Causalité des transferts verticaux**
  - Floculation et vitesse de chute
- **23/ Etudes de cas :**
- **231 Estuaire de la Loire**
  - Aménagements et changements de la géométrie
  - Conséquences pour la qualité des masses d'eau
  - Conséquences biologiques et halieutiques
- **232 l'estuaire du Konkouré**
  - Localisation
  - Caractéristiques physiques (morphologie, bathymétrie)
  - Hydrologie (salinité, MES)
  - Flux de matières
  - Les mangroves

Opposition  
marée débit :  
un écoulement  
ralenti,  
temps de  
séjour



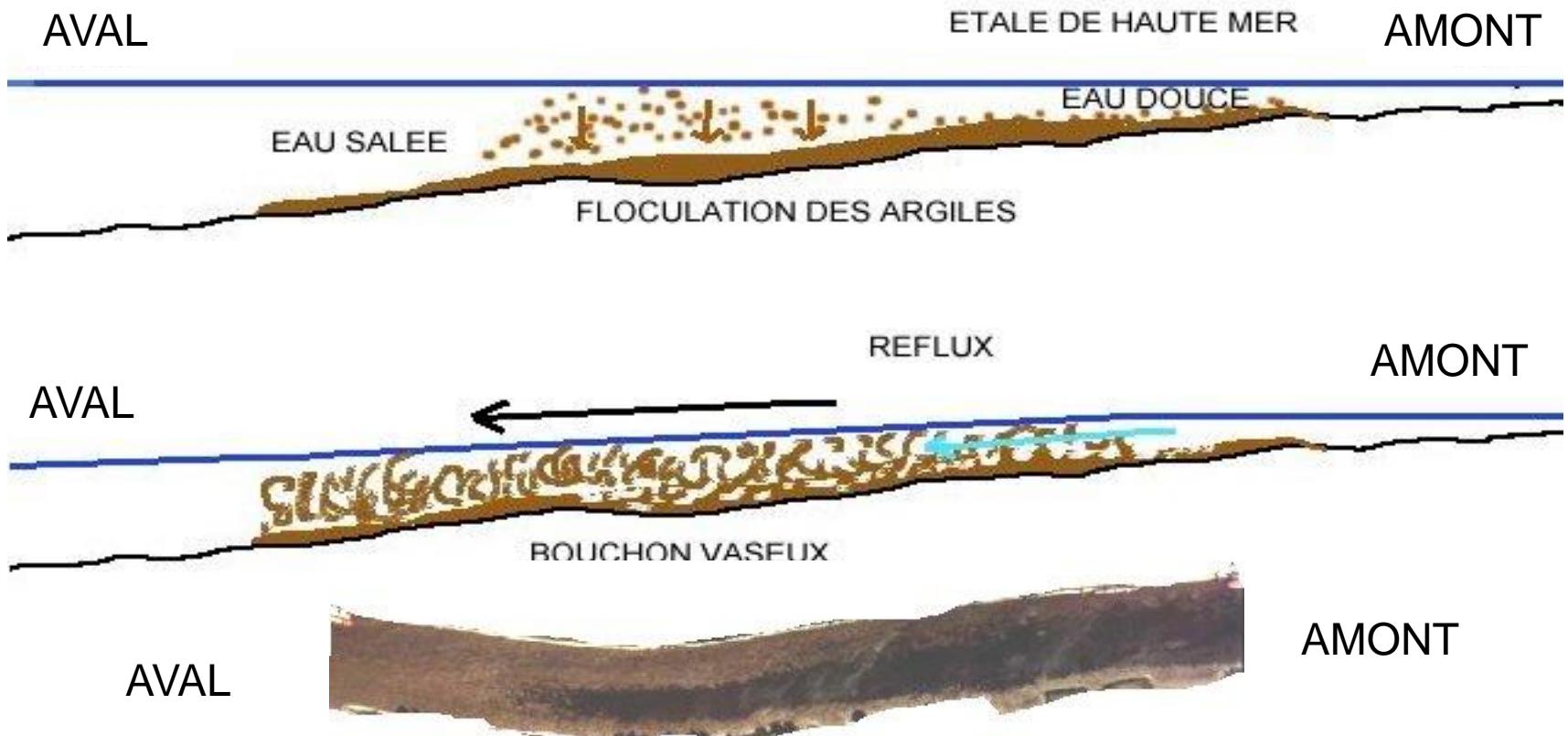


Fig. Formation du bouchon vaseux en estuaire, à l'interface eau douce – eau salée

**Tableau : Quelques caractéristiques des grands fleuves français**

	Seine	Loire	Gironde	Rhône
Estuaire	x	x	x	
Delta				x
Superficie (zone de transition, km <sup>2</sup> )	50	60	635	1750 (plaine deltaïque)
Bouchon vaseux* (10 <sup>6</sup> t)				
min.	0,2	0,8	4	
max.	0,4	1	5	
charge alluviale/an (10 <sup>6</sup> t)				
XIX°				40
1960				12
maintenant	*	*	2	4 à 5

\* Le bouchon vaseux peut représenter 1 à 3 ans d'apports fluviaux

# **TD Transferts de MES en milieu continental et dans les masses d'eau de transition (Eau douce/salée)**

- **1/ Transferts lors de la vidange de plans d'eau (réservoirs et étangs de barrage)**
- **11/ Cas d'un réservoir :**
  - Le piégeage : Décantation, accumulation
  - La vidange massive : érosion et mobilisation,
  - L'épisode terminal : effondrement des banquettes et transfert, défaut de dilution
  - La qualité d'eau
- **12/ Cas de l'étang piscicole en barrage de cours d'eau**
  - Modèle théorique
  - Observations in situ : indicateurs et chronologie
- **2/ Transferts de matières en estuaire**
- **21/ Transferts de matières selon l'axe longitudinal**
  - Contexte fluvial en amont : débit
  - Equilibre instantané : le point nodal ;
  - Formations turbides et contextes de l'environnement
  - Expulsion du bouchon turbide et crue
- **22/ Causalité des transferts verticaux**
  - Floculation et vitesse de chute
- **23/ Etudes de cas :**
- **231 Estuaire de la Loire**
  - Aménagements et changements de la géométrie
  - Conséquences pour la qualité des masses d'eau
  - Conséquences biologiques et halieutiques
- **232 l'estuaire du Konkouré**
  - Localisation
  - Caractéristiques physiques (morphologie, bathymétrie)
  - Hydrologie (salinité, MES)
  - Flux de matières
  - Les mangroves

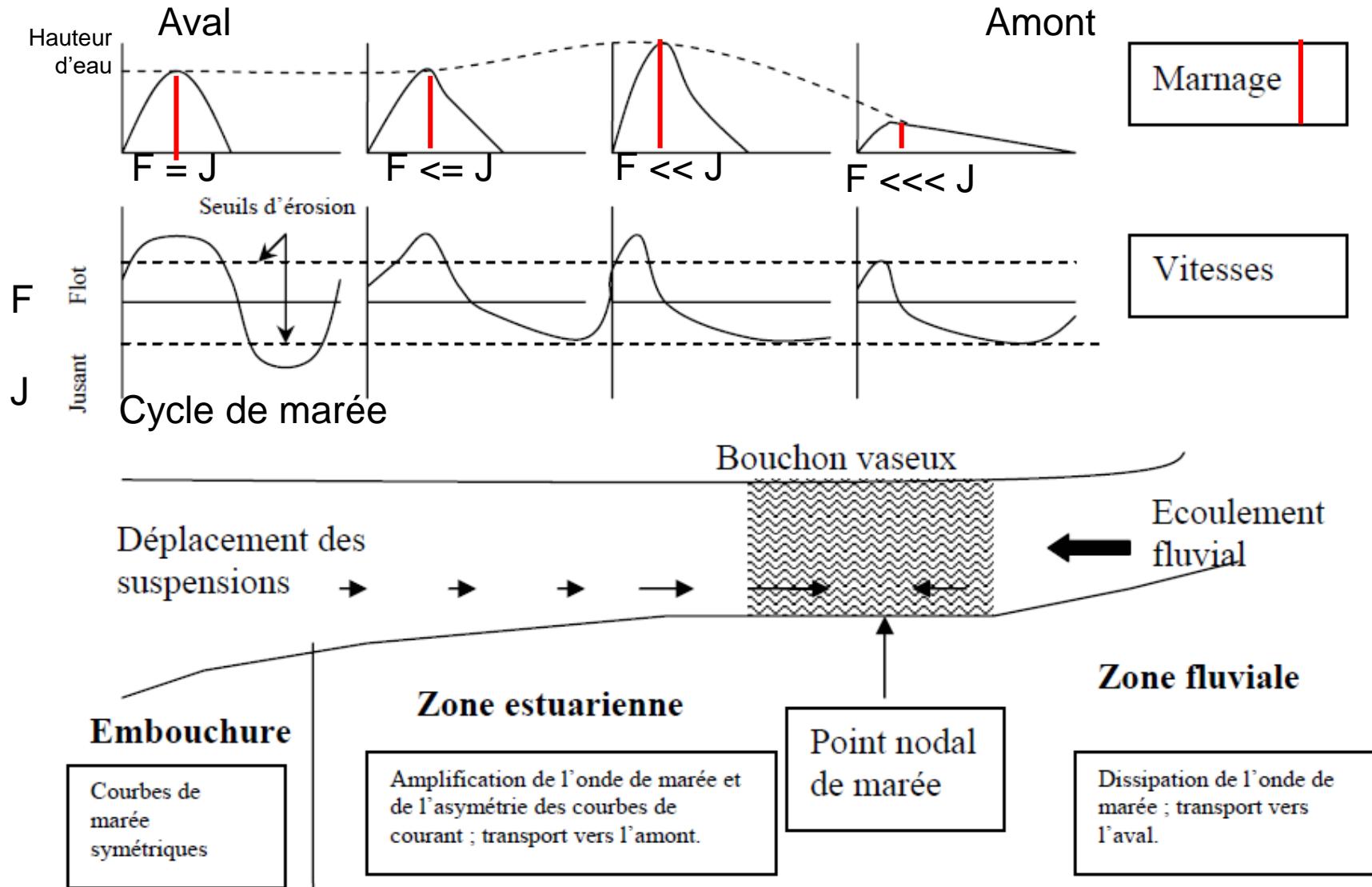


Figure I.6 : Schéma du transport tidal net et piégeage des sédiments dans un estuaire macrotidal avec une faible circulation de densité (D'après Allen et al, 1980).

# L'équilibre instantané : le point nodal ;

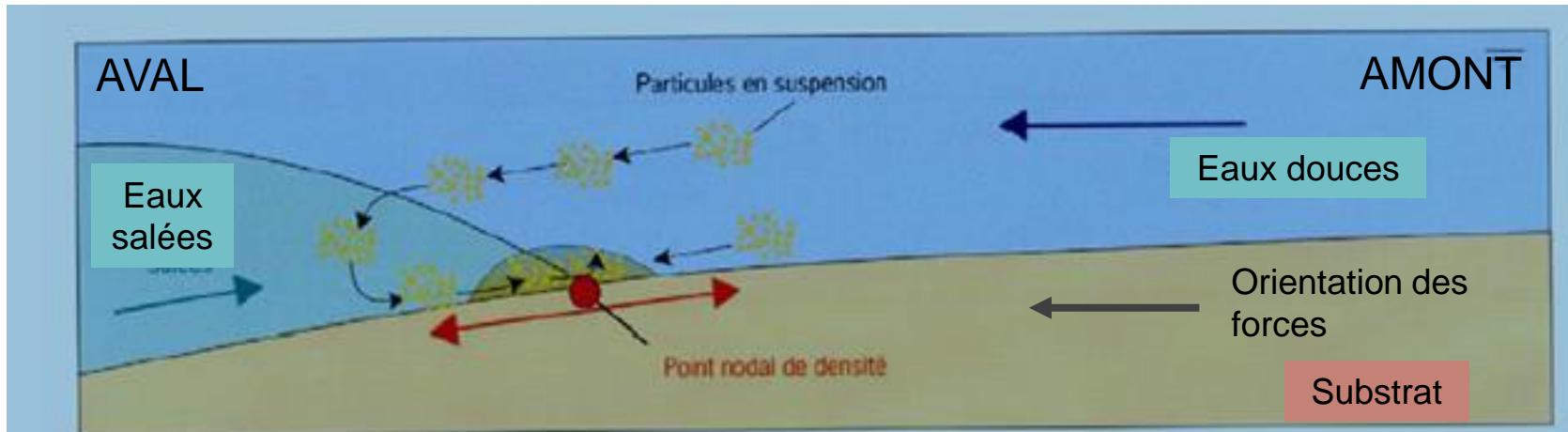
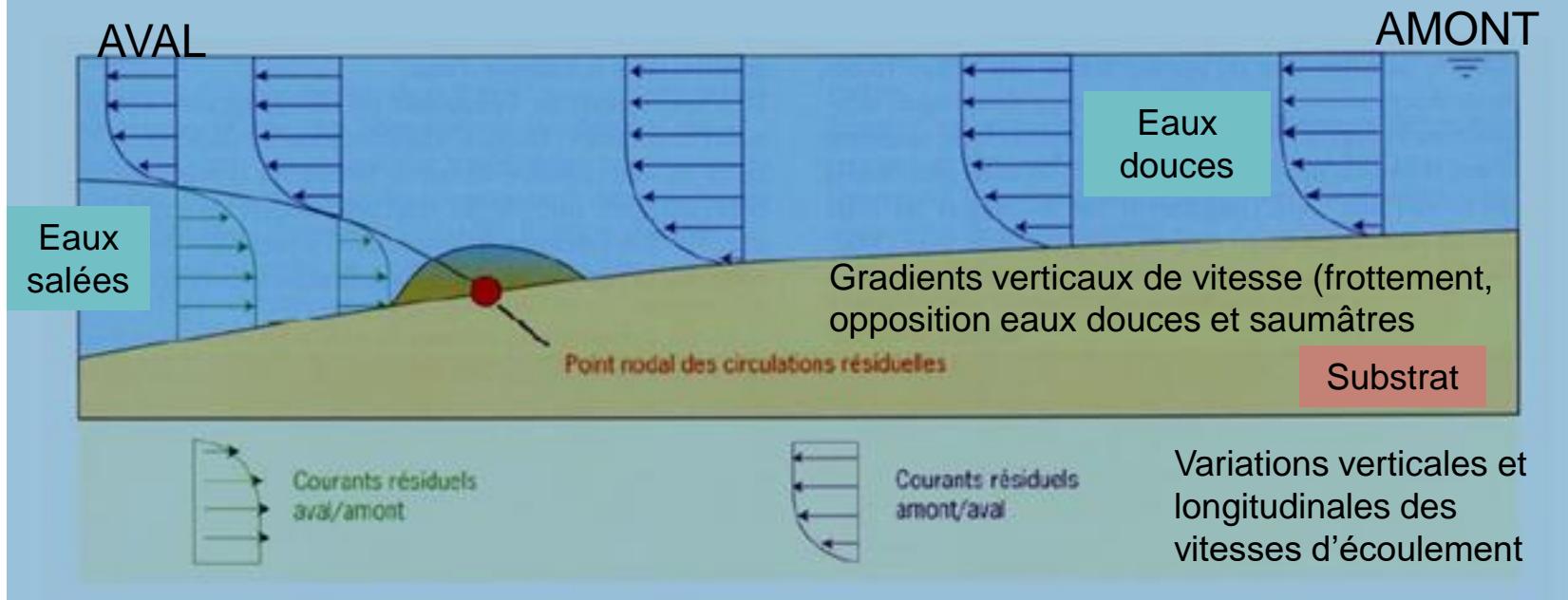


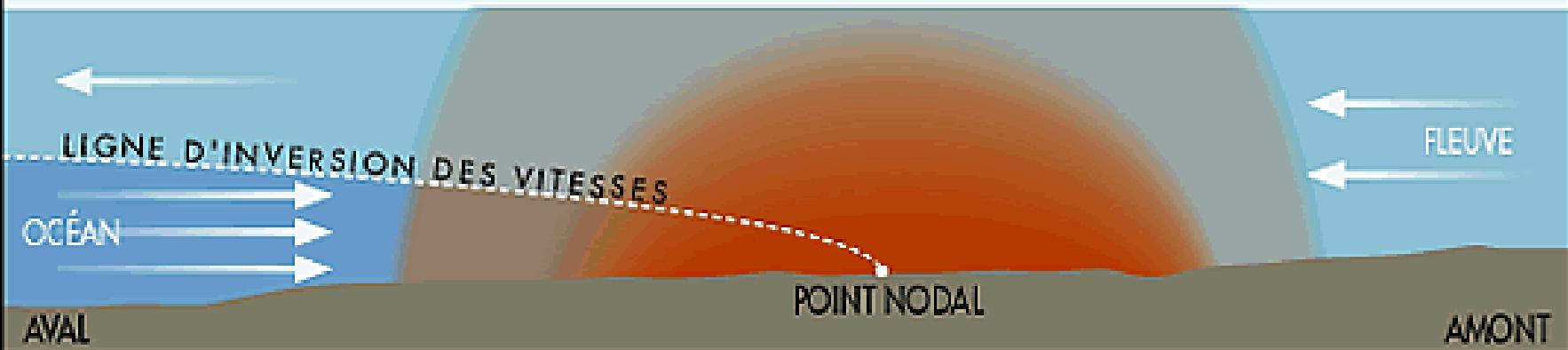
Fig 1.3 : formation du bouchon vaseux de densité (11).



# L'équilibre instantané : le point nodal ;

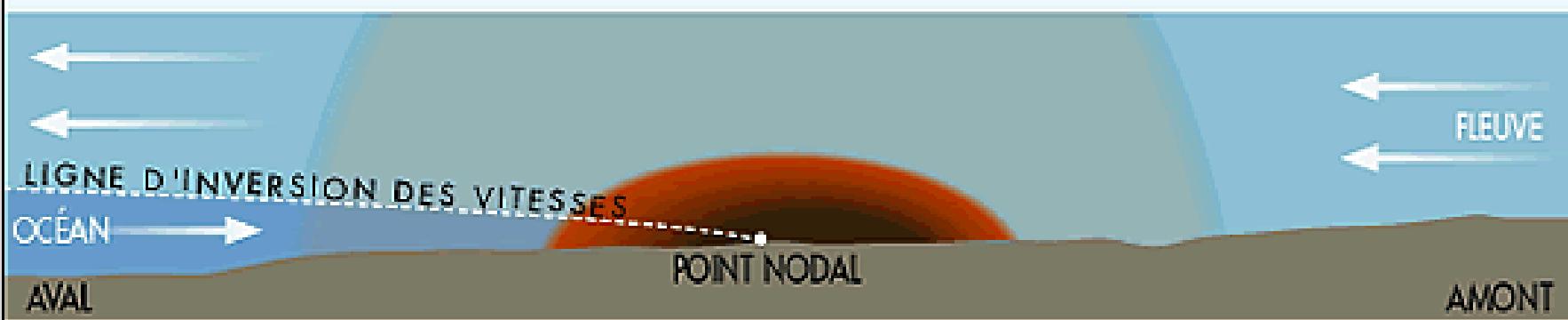
Vitesse de courant, équilibre et décantation

VIVE EAU : BOUCHON VASEUX



Gradients de concentration des MES

MORTE EAU : CRÈME DE VASE



Concentration

300g/l

100g/l

20g/l

Concentration des matières en suspension

10g/l

5g/l

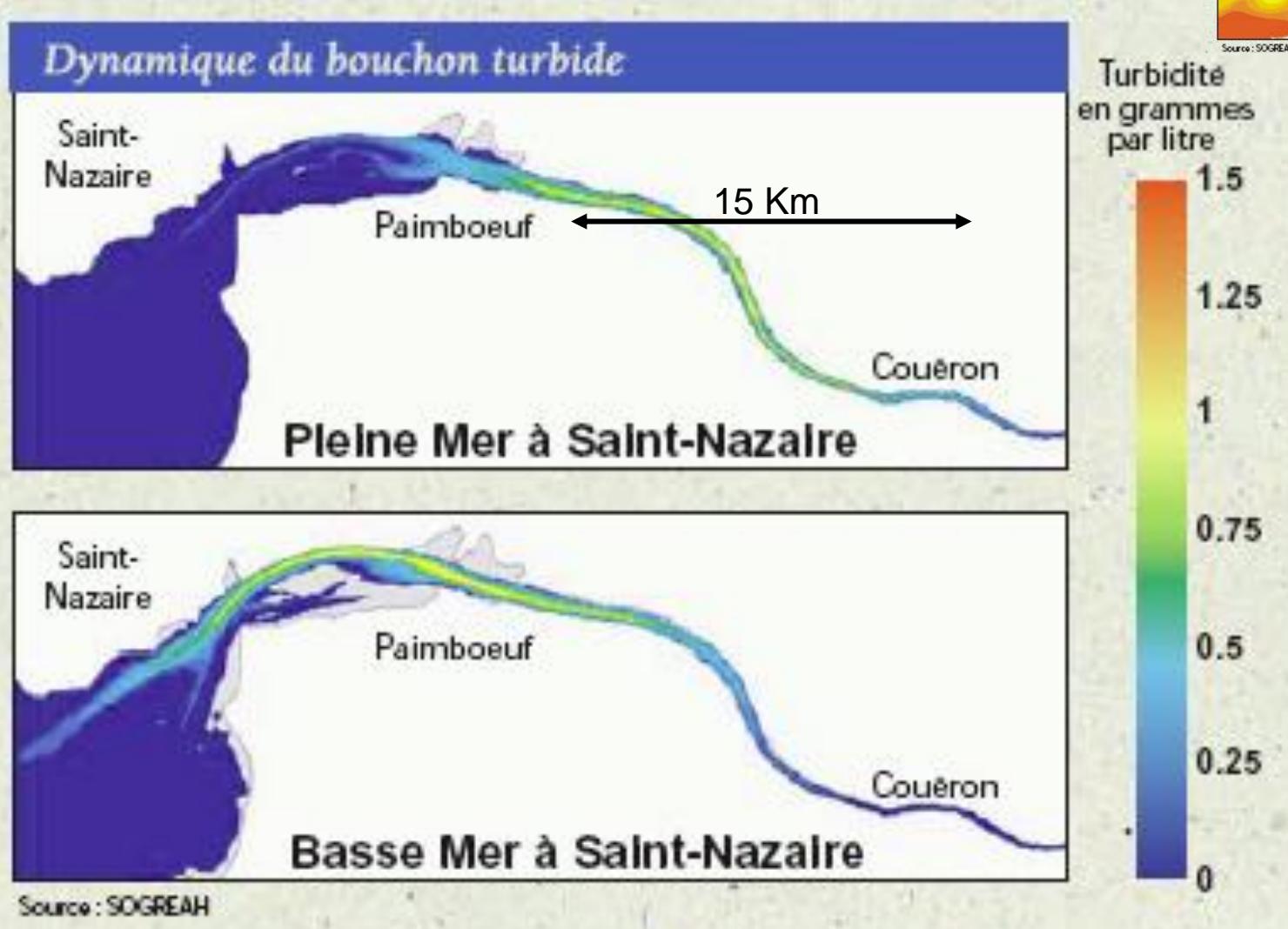
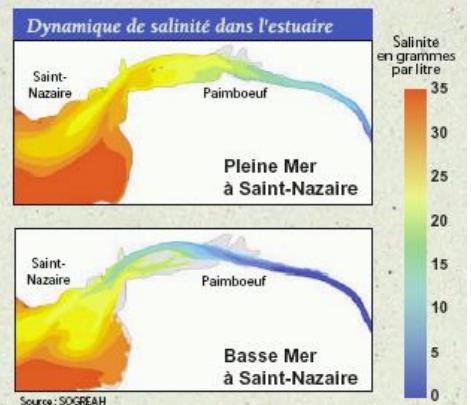
2g/l

1g/l

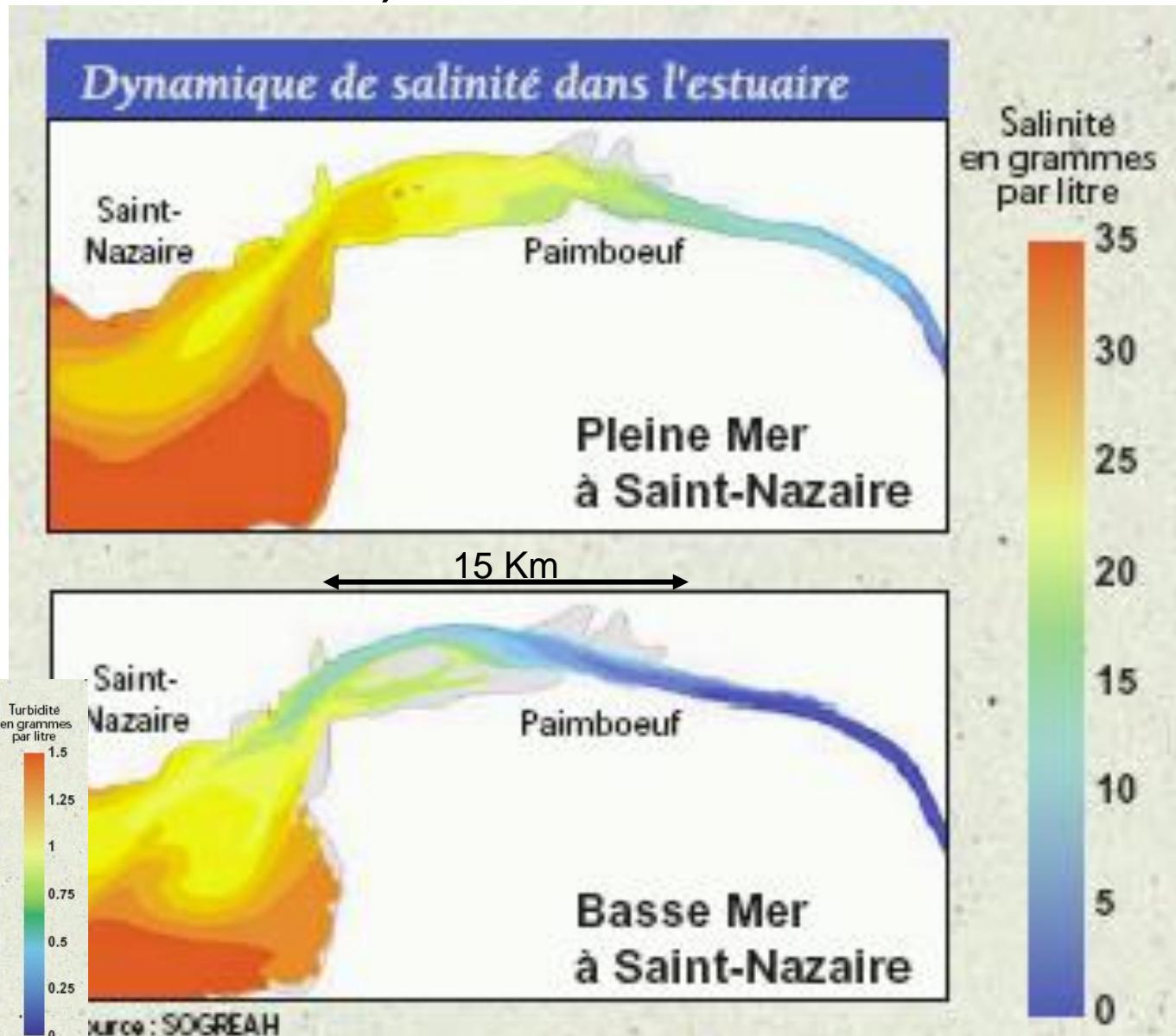
# **TD Transferts de MES en milieu continental et dans les masses d'eau de transition (Eau douce/salée)**

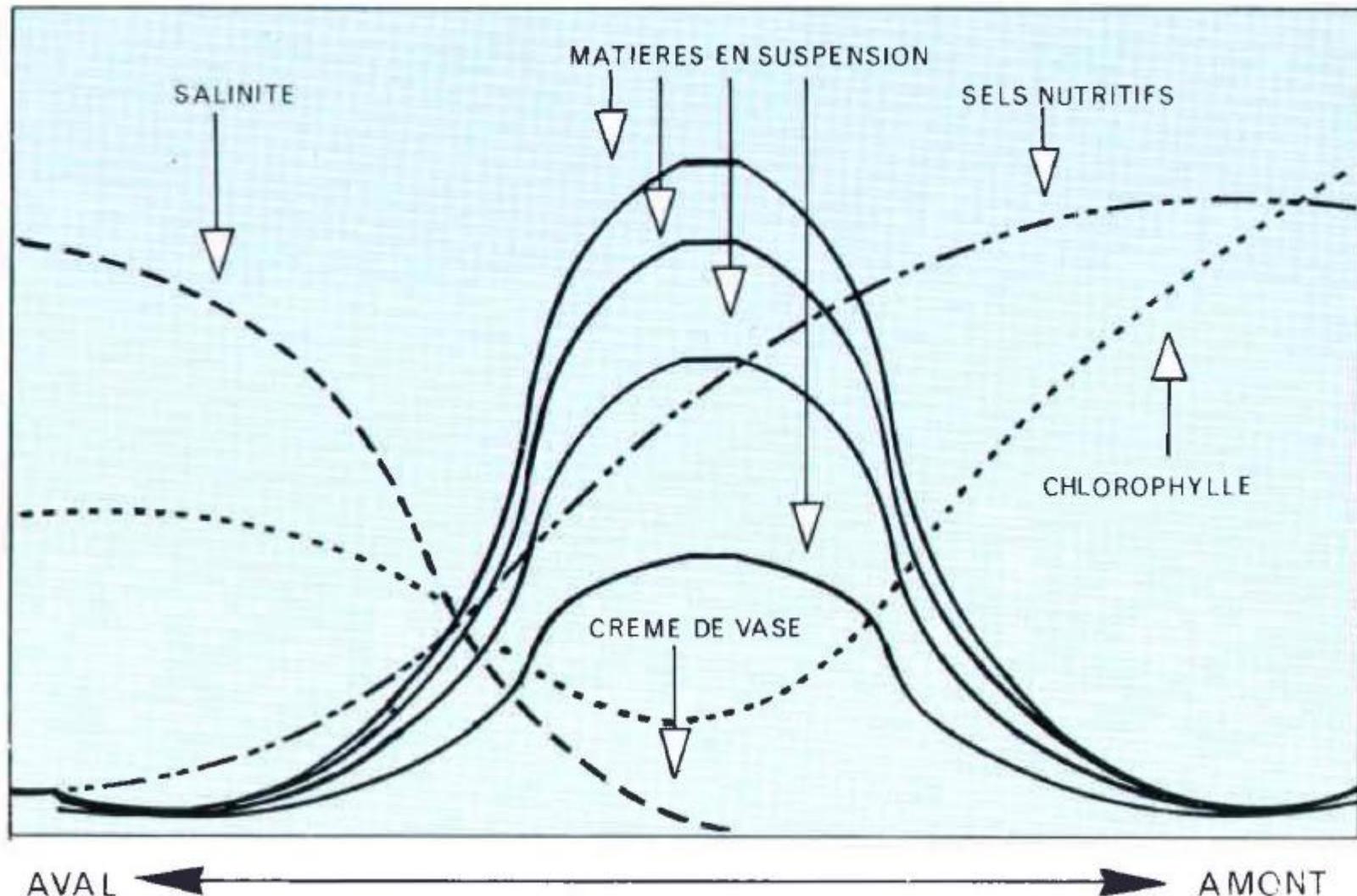
- **1/ Transferts lors de la vidange de plans d'eau (réservoirs et étangs de barrage)**
- **11/ Cas d'un réservoir :**
  - Le piégeage : Décantation, accumulation
  - La vidange massive : érosion et mobilisation,
  - L'épisode terminal : effondrement des banquettes et transfert, défaut de dilution
  - La qualité d'eau
- **12/ Cas de l'étang piscicole en barrage de cours d'eau**
  - Modèle théorique
  - Observations in situ : indicateurs et chronologie
- **2/ Transferts de matières en estuaire**
- **21/ Transferts de matières selon l'axe longitudinal**
  - Contexte fluvial en amont : débit
  - Equilibre instantané : le point nodal ;
  - Formations turbides et contextes de l'environnement
  - Expulsion du bouchon turbide et crue
- **22/ Causalité des transferts verticaux**
  - Floculation et vitesse de chute
- **23/ Etudes de cas :**
- **231 Estuaire de la Loire**
  - Aménagements et changements de la géométrie
  - Conséquences pour la qualité des masses d'eau
  - Conséquences biologiques et halieutiques
- **232 l'estuaire du Konkouré**
  - Localisation
  - Caractéristiques physiques (morphologie, bathymétrie)
  - Hydrologie (salinité, MES)
  - Flux de matières
  - Les mangroves

# Les variations tidales (échelle de la marée)



# Les variations tidales (échelle de la marée)



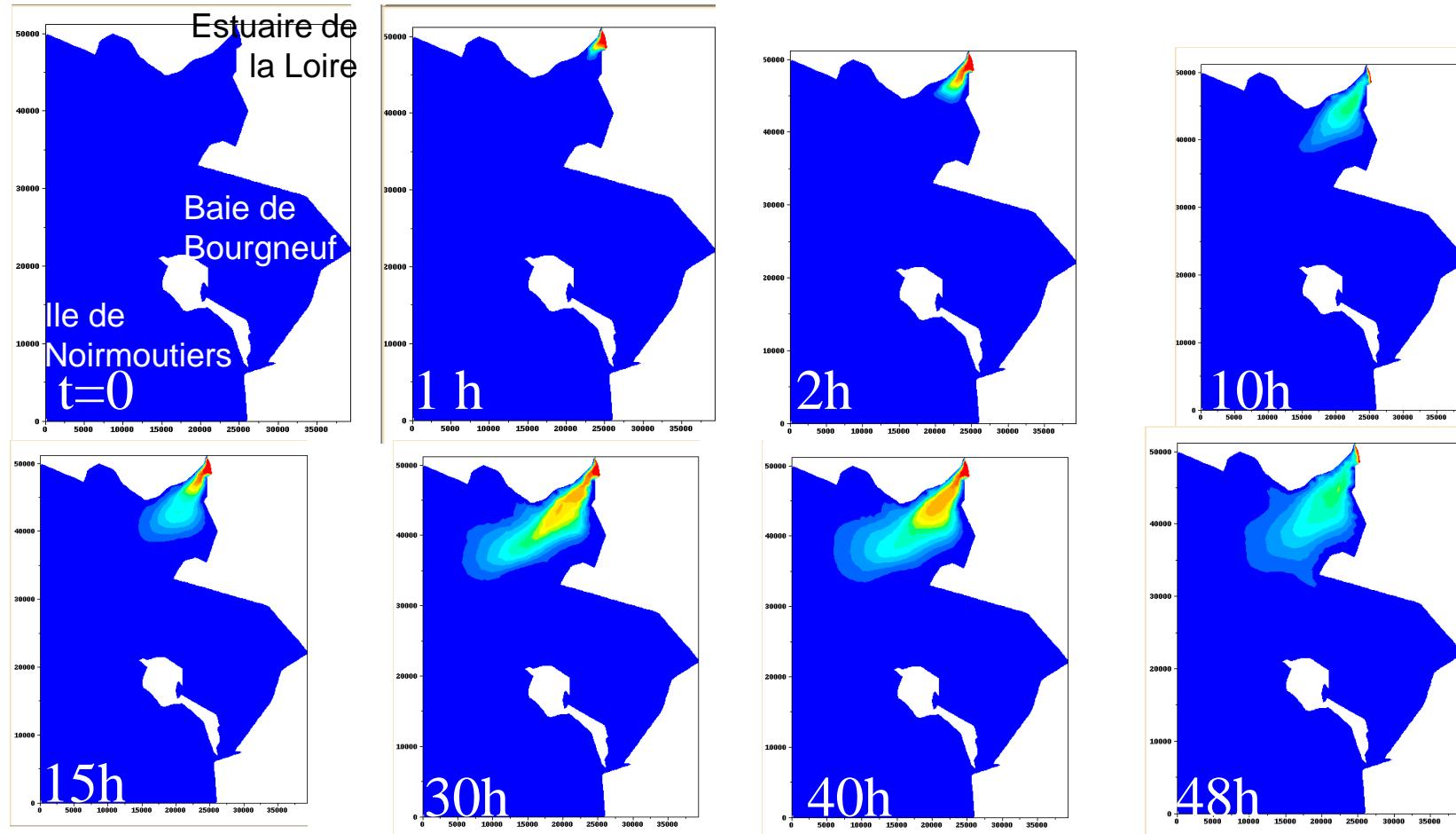


**Figure :** Schématisation de l'évolution longitudinale de paramètres physico-chimiques, hydro-sédimentaires et trophiques dans les estuaires.

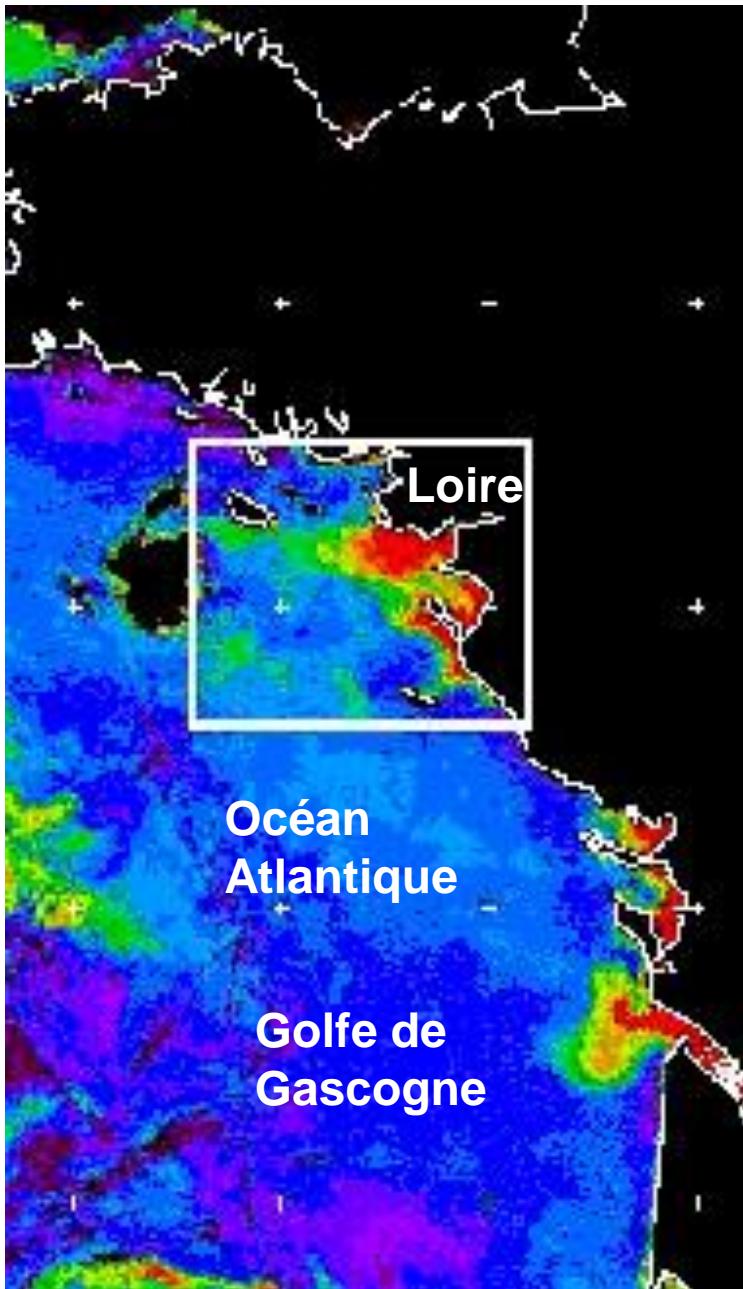
# **TD Transferts de MES en milieu continental et dans les masses d'eau de transition (Eau douce/salée)**

- **1/ Transferts lors de la vidange de plans d'eau (réservoirs et étangs de barrage)**
- **11/ Cas d'un réservoir :**
  - Le piégeage : Décantation, accumulation
  - La vidange massive : érosion et mobilisation,
  - L'épisode terminal : effondrement des banquettes et transfert, défaut de dilution
  - La qualité d'eau
- **12/ Cas de l'étang piscicole en barrage de cours d'eau**
  - Modèle théorique
  - Observations in situ : indicateurs et chronologie
- **2/ Transferts de matières en estuaire**
- **21/ Transferts de matières selon l'axe longitudinal**
  - Contexte fluvial en amont : débit
  - Equilibre instantané : le point nodal ;
  - Formations turbides et contextes de l'environnement
  - Expulsion du bouchon turbide et crue
- **22/ Causalité des transferts verticaux**
  - Floculation et vitesse de chute
- **23/ Etudes de cas :**
- **231 Estuaire de la Loire**
  - Aménagements et changements de la géométrie
  - Conséquences pour la qualité des masses d'eau
  - Conséquences biologiques et halieutiques
- **232 l'estuaire du Konkouré**
  - Localisation
  - Caractéristiques physiques (morphologie, bathymétrie)
  - Hydrologie (salinité, MES)
  - Flux de matières
  - Les mangroves

# Expulsion du bouchon turbide et crue



Evolution du panache de diffusion  
(matières turbides issues de l'estuaire)



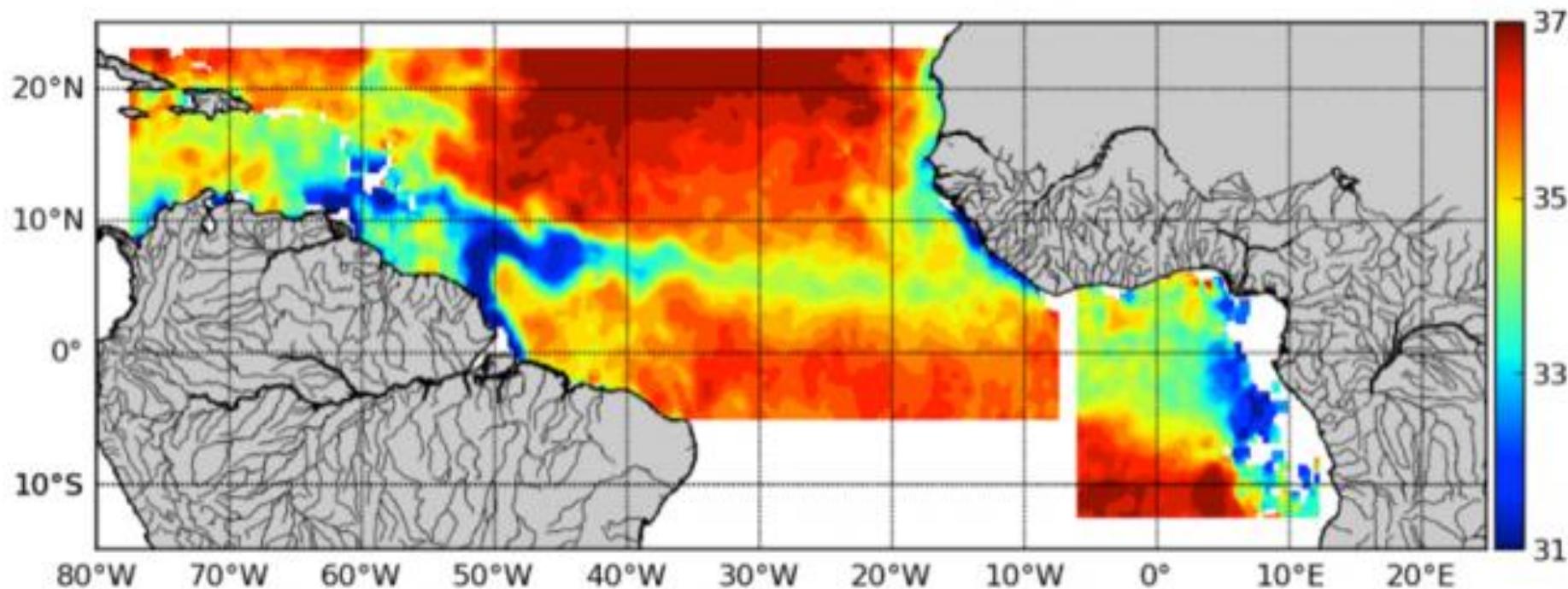
# Expulsion du bouchon turbide et crue

*Zone d'étude (image SeaWiFS du 3 mai 2000)*  
Le panache turbide de la Loire peut s'étendre très loin des côtes. L'utilisation d'images satellites permet de cerner les limites d'expansion océaniques de ce panache.

Gironde

# Cas de l'Amazone

Débit de 200 000 m<sup>3</sup> par seconde<sup>1</sup> ;  
50 % des apports fluviaux en Atlantique ;  
panache s'étendant jusqu'à 3 000 km de l'embouchure.



# **TD Transferts de MES en milieu continental et dans les masses d'eau de transition (Eau douce/salée)**

- **1/ Transferts lors de la vidange de plans d'eau (réservoirs et étangs de barrage)**
- **11/ Cas d'un réservoir :**
  - Le piégeage : Décantation, accumulation
  - La vidange massive : érosion et mobilisation,
  - L'épisode terminal : effondrement des banquettes et transfert, défaut de dilution
  - La qualité d'eau
- **12/ Cas de l'étang piscicole en barrage de cours d'eau**
  - Modèle théorique
  - Observations in situ : indicateurs et chronologie
- **2/ Transferts de matières en estuaire**
- **21/ Transferts de matières selon l'axe longitudinal**
  - Contexte fluvial en amont : débit
  - Equilibre instantané : le point nodal ;
  - Formations turbides et contextes de l'environnement
  - Expulsion du bouchon turbide et crue
- **22/ Causalité des transferts verticaux**
  - Floculation et vitesse de chute
- **23/ Etudes de cas :**
- **231 Estuaire de la Loire**
  - Aménagements et changements de la géométrie
  - Conséquences pour la qualité des masses d'eau
  - Conséquences biologiques et halieutiques
- **232 l'estuaire du Konkouré**
  - Localisation
  - Caractéristiques physiques (morphologie, bathymétrie)
  - Hydrologie (salinité, MES)
  - Flux de matières
  - Les mangroves

# Flocculation et vitesse de chute

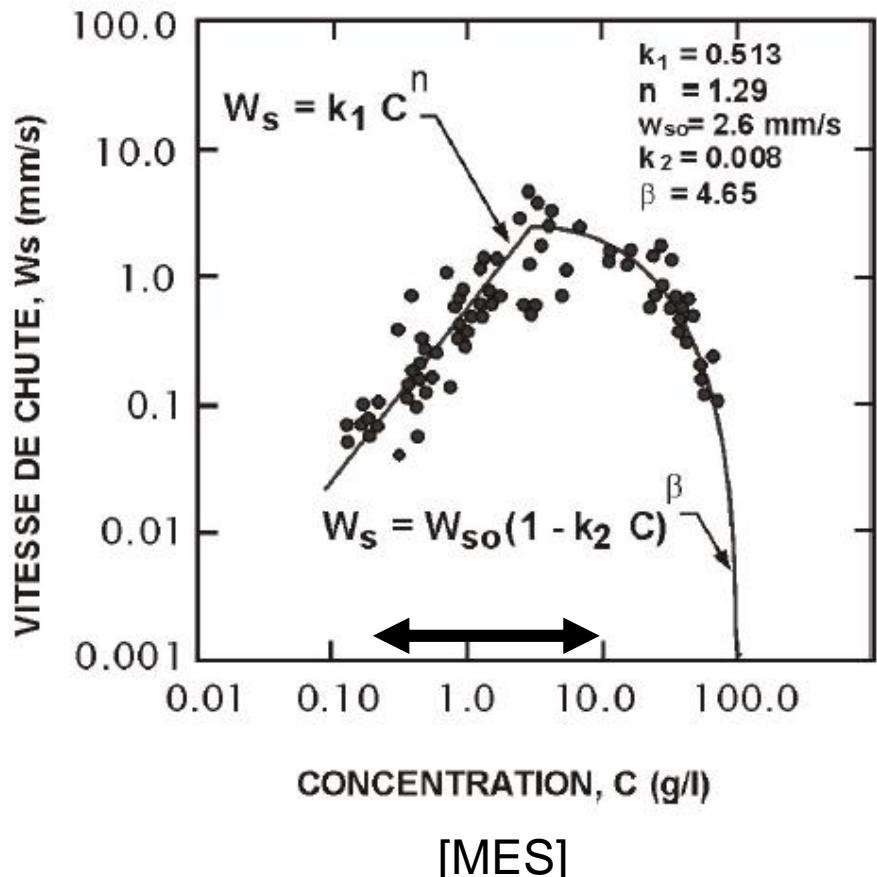
- Vitesse de chute : caractéristique principale des particules en suspension dans l'eau.
- Vitesse de chute = fonction
  - (état de la particule (densité, taille, nature)),
  - de la concentration dans la colonne d'eau,
  - de l'écoulement (turbulence et cisaillement)
  - de la salinité.
- Séiments fins soumis
  - à des forces de répulsion (forces électrochimiques de surface prépondérantes, car ils sont de petite taille)
    - charge globale des particules <0
  - à des forces moléculaires attractives : les forces de Van der Waals.
    - ions Na<sup>+</sup> et K<sup>+</sup> présents en solution sont adsorbés par le sédiment,
    - Cela neutralise la charge négative des particules
    - Les forces attractives dominent
- Assemblage
  - des particules dans des flocs (dimension > éléments les constituant).
  - augmente avec la proportion de fines dans le substrat
- Diminution exponentielle de la charge négative de la particule avec l'augmentation de la salinité
- Augmentation très rapide de la flocculation avec l'accroissement de salinité (pour une [MES] suffisamment forte).
- Flocculation amplifiée par la présence de matières organiques (liens entre les particules plus difficiles à détruire)
- = phénomène de l'agrégation ou pelletisation biologique

## Flocculation et vitesse de chute (fin)

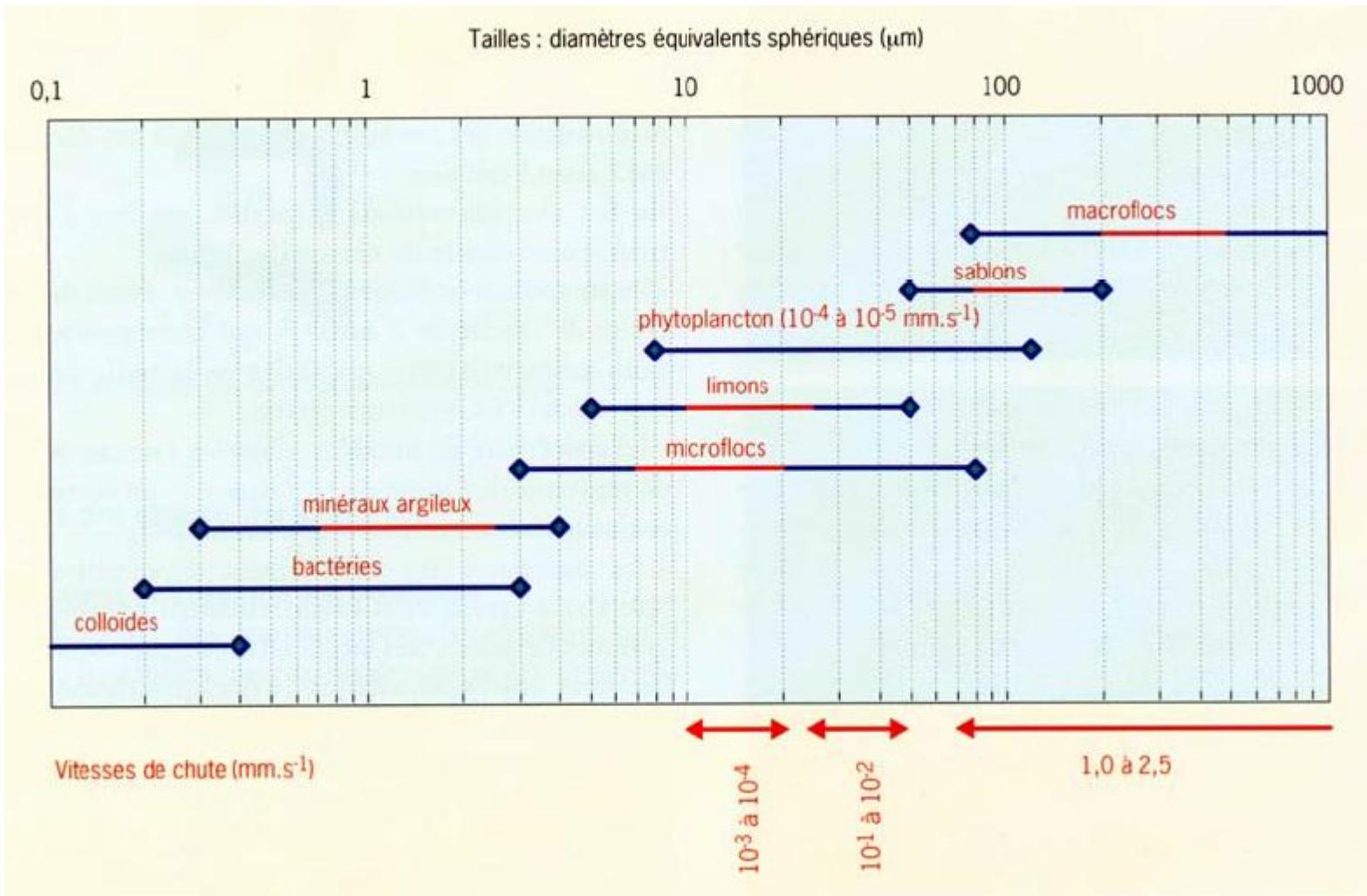
- Diminution rapide des forces de Van der Waals avec la distance entre les particules
- Pour des particules déstabilisées, agglomération des particules en suspension par collision.
- Flocculation si collision.
- Trois mécanismes favorables aux collisions interparticulaires (Van Leussen, 1994) :
  - **1/ Mouvement brownien**, mouvement aléatoire des particules dans le fluide généré par l'énergie thermique des molécules d'eau.
  - efficace seulement en eaux calmes, pour des tailles inférieures à  $1\mu\text{m}$  et de fortes concentrations (supérieures à 10 g/l).
- **2/ Gradients de vitesse dans le fluide**. Pour des vitesses d'écoulement faibles
  - La vitesse de chute du sédiment =  $f(\text{taille des particules})$ .
  - Chute d'un agrégat dense = collision avec un agrégat moins dense, plus petit ou plus léger
- **3/ Chute différentielle des particules en suspension**.
  - gradients locaux de vitesse = limitation de l'accroissement de la taille des agrégats

# Vitesse de chute et concentration des particules

- $[MES] < 0.3\text{g/l}$
- Les particules sédimentent sans interférence
- $0.3\text{g/l} < [MES] < 10 \text{ g/l}$
- flocculation efficace, et la vitesse de chute moyenne augmente avec la concentration
- $[MES] > 10\text{g/l}$
- les flocs se gênent dans leur chute, chute entravée



# Calibre des particules dans les formations turbides



# **TD Transferts de MES en milieu continental et dans les masses d'eau de transition (Eau douce/salée)**

- **1/ Transferts lors de la vidange de plans d'eau (réservoirs et étangs de barrage)**
- **11/ Cas d'un réservoir :**
  - Le piégeage : Décantation, accumulation
  - La vidange massive : érosion et mobilisation,
  - L'épisode terminal : effondrement des banquettes et transfert, défaut de dilution
  - La qualité d'eau
- **12/ Cas de l'étang piscicole en barrage de cours d'eau**
  - Modèle théorique
  - Observations in situ : indicateurs et chronologie
- **2/ Transferts de matières en estuaire**
- **21/ Transferts de matières selon l'axe longitudinal**
  - Contexte fluvial en amont : débit
  - Equilibre instantané : le point nodal ;
  - Formations turbides et contextes de l'environnement
  - Expulsion du bouchon turbide et crue
- **22/ Causalité des transferts verticaux**
  - Floculation et vitesse de chute
- **23/ Etudes de cas :**
- **231 Estuaire de la Loire**
  - Aménagements et changements de la géométrie
  - Conséquences pour la qualité des masses d'eau
  - Conséquences biologiques et halieutiques
- **232 l'estuaire du Konkouré**
  - Localisation
  - Caractéristiques physiques (morphologie, bathymétrie)
  - Hydrologie (salinité, MES)
  - Flux de matières
  - Les mangroves

### 33/ Typologie

#### Estuaires hypersynchrones :

→ *friction < amplification par convergence*

*Augmentation amplitude de marée d'aval en amont*

#### Estuaires synchrones :

*dissipation (frottement) = convergence*

*amplitude de marée + courants associés = d'amont en aval*

#### Estuaires hyposynchrones :

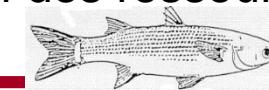
→ *friction > amplification par convergence*

*Diminution amplitude de la marée d'aval en amont*

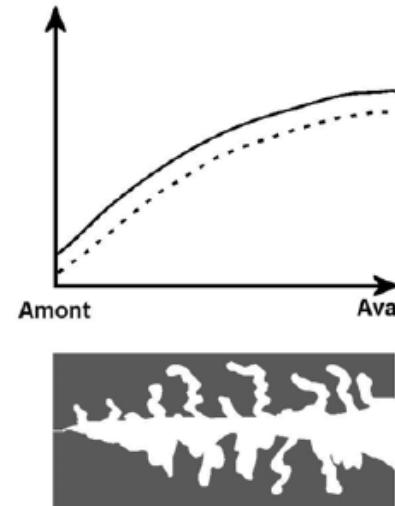
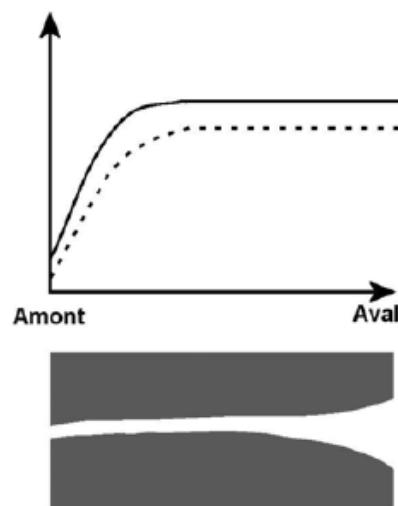
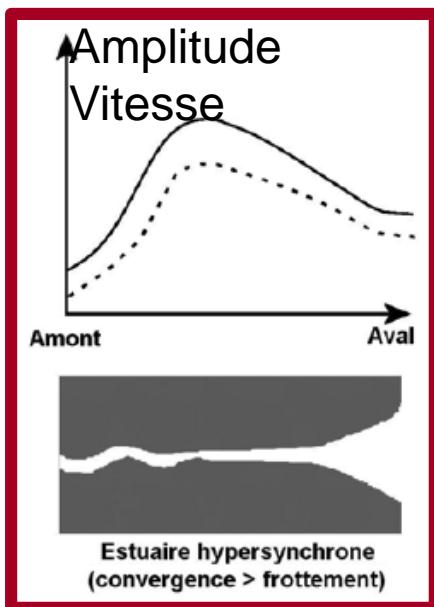
« Chenalisation » : berges linéaires, raccordement des îles, approndissement du chenal, création d'un bassin à marée (lieu de stockage à marée haute)



Marnage, salinité, MES, oxygène dissous, ressources halieutiques, exploitation des ressources ???



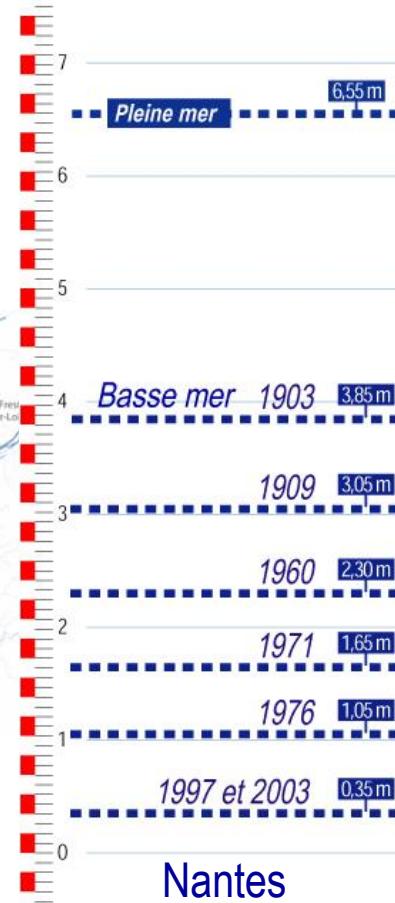
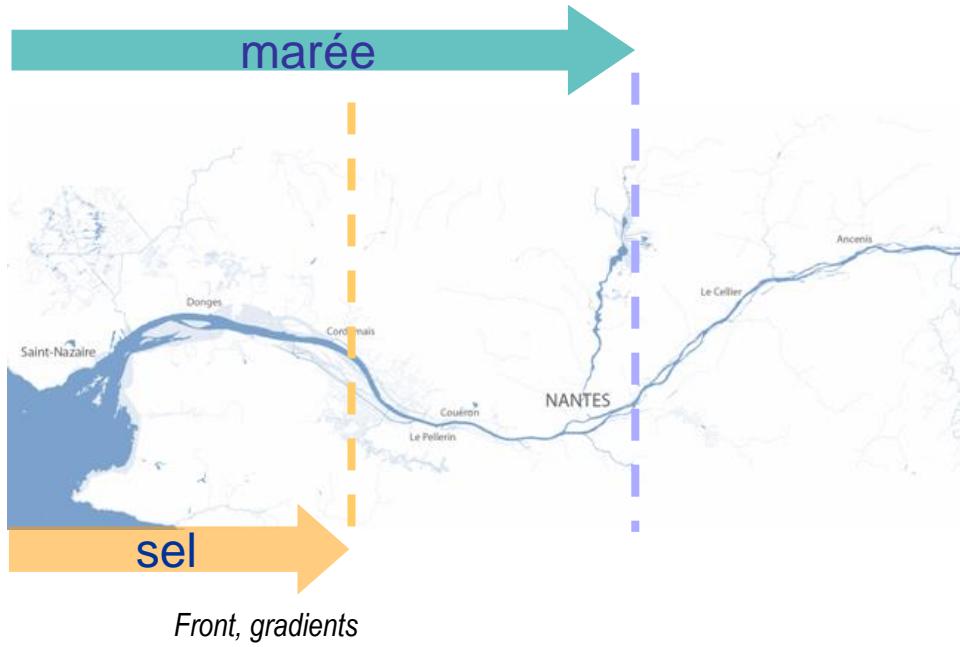
classification  
de Le floch



— Amplitude de marée    ···· Vitesses de courants

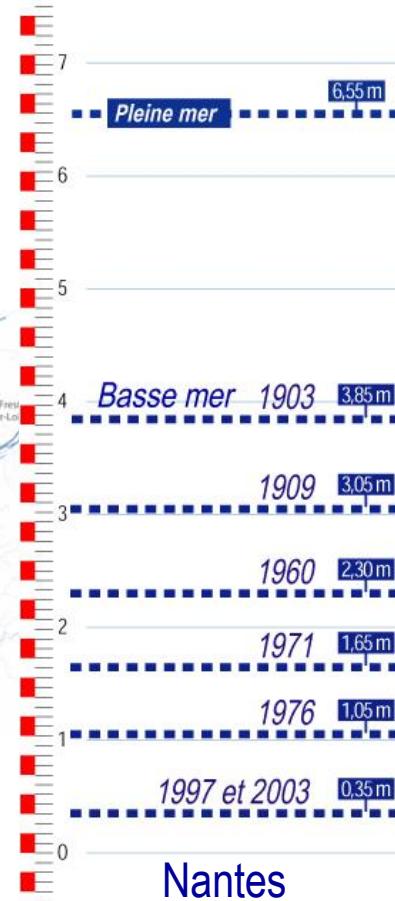
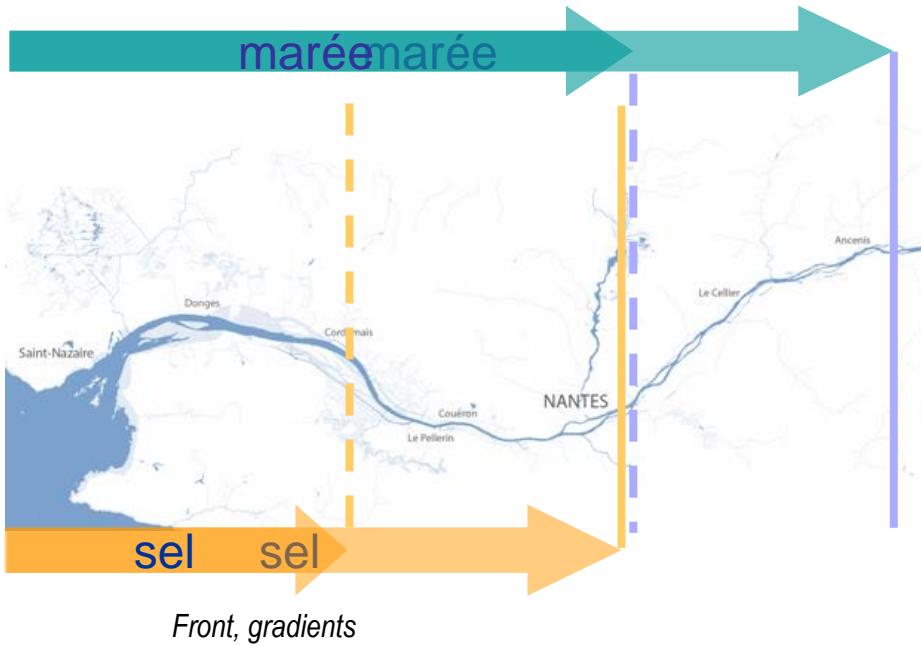
## *Les constats des déséquilibres*

Onde et limite, Volume oscillant, Courants



## *Les constats des déséquilibres*

Onde et limite, Volume oscillant, Courants



# MORPHOLOGIE, HYDROLOGIE & FORMATIONS TURBIDES

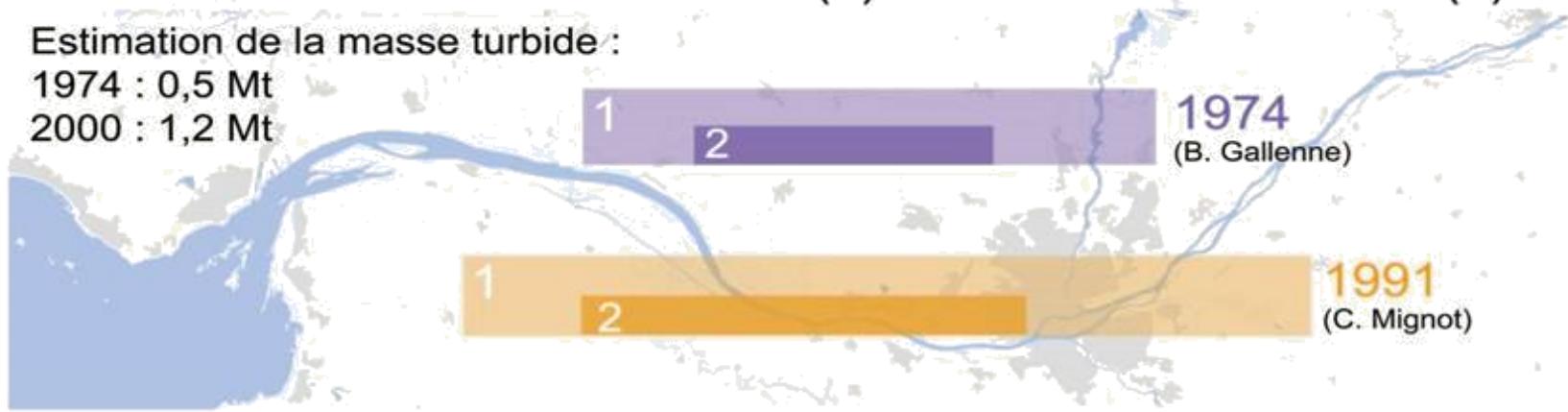
## *Les constats des déséquilibres*

### Oscillation du bouchon vaseux (1) et de la crème de vase (2)

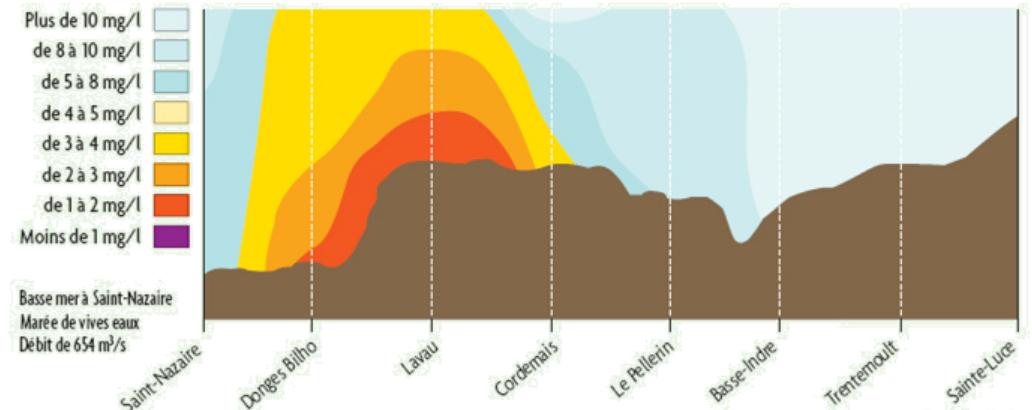
Estimation de la masse turbide:

1974 : 0,5 Mt

2000 : 1,2 Mt



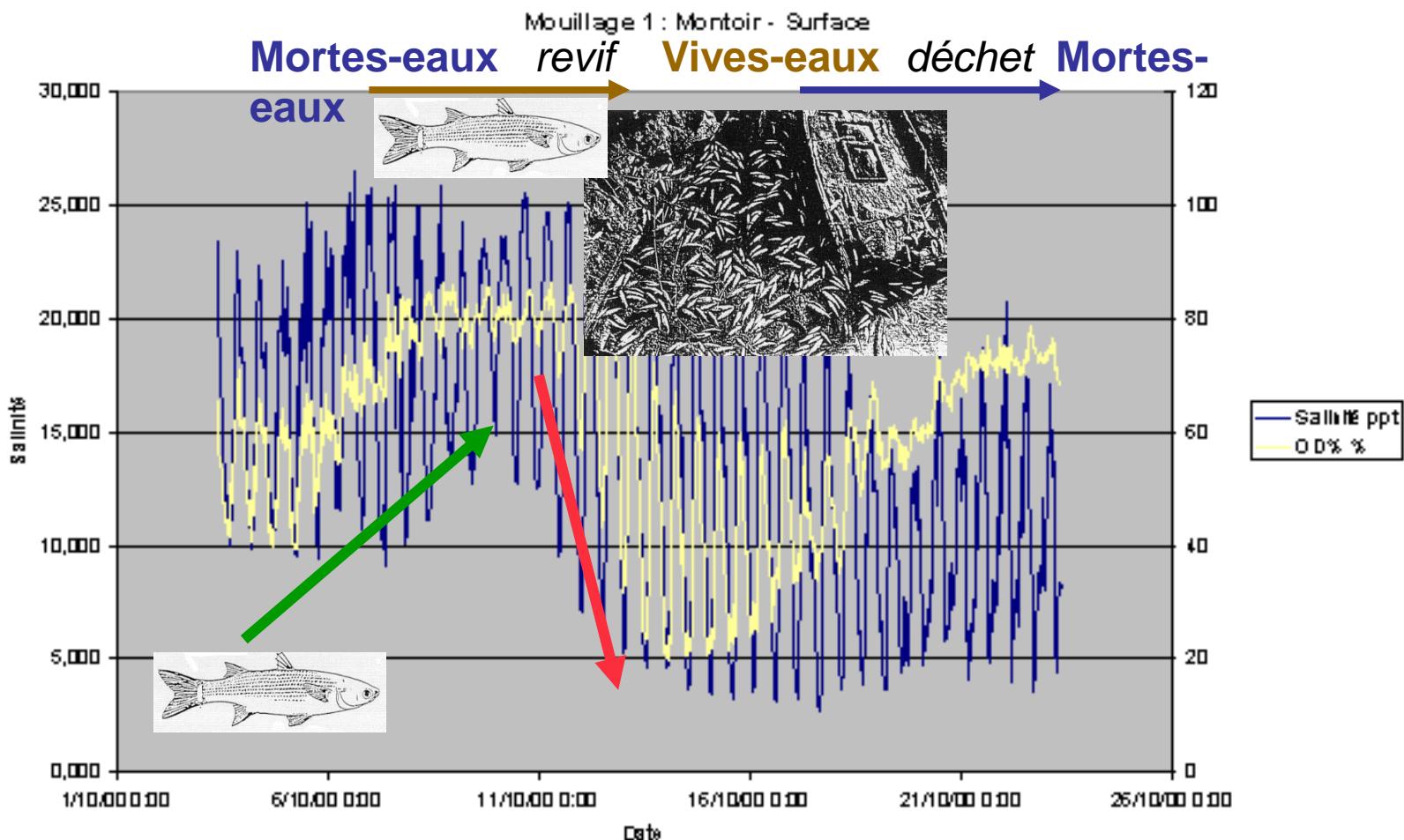
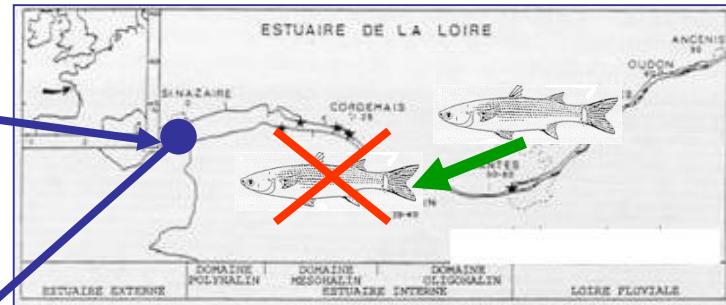
Répartition instantanée de l'oxygène le 13 octobre 2000



Mesures en continu de salinité et **oxygène dissous** réalisées pendant 15 jours en surface à Montoir.

En abscisse le temps (en jours), en ordonnées à gauche, la salinité, et à droite, l'oxygène dissous.

Grandeurs très reliées à la marée : tant dans son cycle flot-jusant, que dans son cycle revif-déchêt.



VARIABILITE INTRA-ANNUELLE

Pendant l'étiage estival-automnal, la chronologie des mortalités de mullets *Liza ramada* dépend de la conjonction "spatio-temporelle" entre le cycle lunaire d'oxygénation estuarien et le mouvement d'avalaison fluvial.

Primitivement, il y a indépendance complète entre ces deux phénomènes puis passage à un état de "boucle de rétroaction" entre-eux (Fig. 38) :

- En grande vive eau d'étiage, les conditions d'oxygénation anoxiques des eaux du bouchon vaseux constituent une barrière hydrologique infranchissable. Le mouvement d'avalaison de *Liza ramada* est bloqué. Il y a en quelque sorte rétention des mullets dans l'amont du bief fluvio-maritime ligérien voire même repli dans le domaine fluvial amont d'une certaine proportion de la population de mullets (chapitre 5).

- Pendant la période de déchet, les conditions d'oxygénation du bouchon vaseux s'améliorent. Il y a d'une part disparition progressive des conditions anoxiques des eaux de surface (le seuil létal de *Liza ramada* n'est pas atteint) et, d'autre part, diminution de l'étendue géographique de ces conditions anoxiques. Au fur et à mesure de cette amélioration, les incursions des mullets dans la partie amont du bouchon vaseux sont de plus en plus nombreuses. Les conditions d'oxygénation n'en demeurent pas moins dangereuses pour la survie des mullets (chapitres 3 et 6). Des mortalités fugaces sont observées dans la partie amont du bouchon vaseux (chapitre 2).

- Pendant les quelques jours de morte eau le niveau d'oxygénation des eaux turbides s'améliore encore (chapitre 3, Fig. 17). Bien que toujours voisines ou inférieures au seuil critique de *Liza ramada*, les conditions d'oxygénation du bouchon vaseux n'en sont pas néanmoins les seules périodes possibles d'avalaison. Il y a libération du flux migratoire.

Aucune mortalité ayant pour cause directe l'absence d'oxygène dissous dans l'eau ne peut être observée en pareil cas. (chapitres 3 et 6).

- Cette amélioration des conditions d'oxygénation est pourtant extrêmement précaire. En période de revif, la dégradation des conditions d'oxygénation est très rapide (Fig. 17). Le seuil létal de *Liza ramada* est de nouveau atteint en 3 à 4 jours dès l'apparition d'un coefficient de marée de 75-80 (chapitre 3) puis les conditions anoxiques s'installent dans le bouchon vaseux pour atteindre leur maximum d'extension géographique en vive eau.

Au fur et à mesure que les niveaux d'oxygénation des eaux du bouchon vaseux se rapprochent du seuil létal et surtout que l'étendue géographique de ces eaux dépasse la distance que peut physiologiquement parcourir un mullet en état de détresse physiologique (chapitres 5 et 6), les premières mortalités de mullets apparaissent. Elles peuvent alors être massives comme en 1989 (chapitre 2).

Savoir quel est le taux de survie d'une vague d'avalaison piégée dans des eaux anoxiques ou en hypoxie sévère en période de revif reste une inconnue. En pareil cas, l'observation de nombreux mullets essayant de respirer en surface des eaux (Fig. 5) n'est qu'une première indication qualitative, ces poissons étant de toute manière en état de détresse physiologique.

Des observations réalisées à ce propos par les pêcheurs professionnels du Pellerin montrent que ces mullets se laissent "ballotter" au gré des courants de marée avant sans doute de succomber à leur tour.

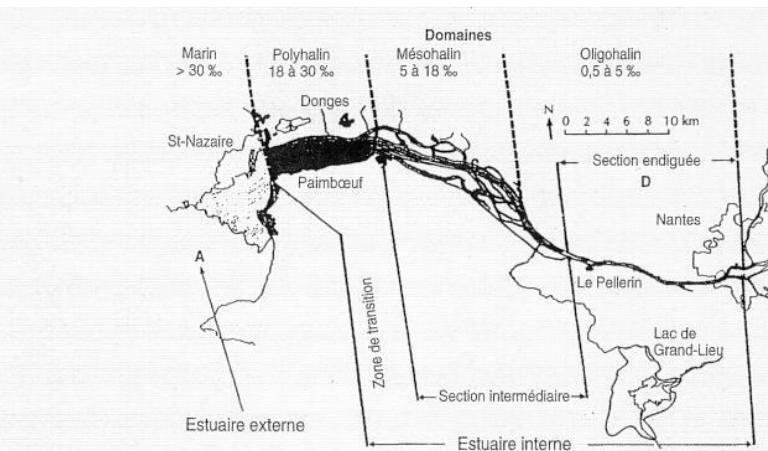


Figure 817 ■ Les différents secteurs hydrologiques d'un estuaire, celui de la Loire : succession des domaines oligohalin, mésohalin, polyhalin et marin.

Le nombre de mullets morts par anoxie peut être équivalent à la mortalité annuelle provoquée par la pêche dans l'estuaire.

De nombreuses unités artisanales de pêche ont du cessé leur activité

# **TD Transferts de MES en milieu continental et dans les masses d'eau de transition (Eau douce/salée)**

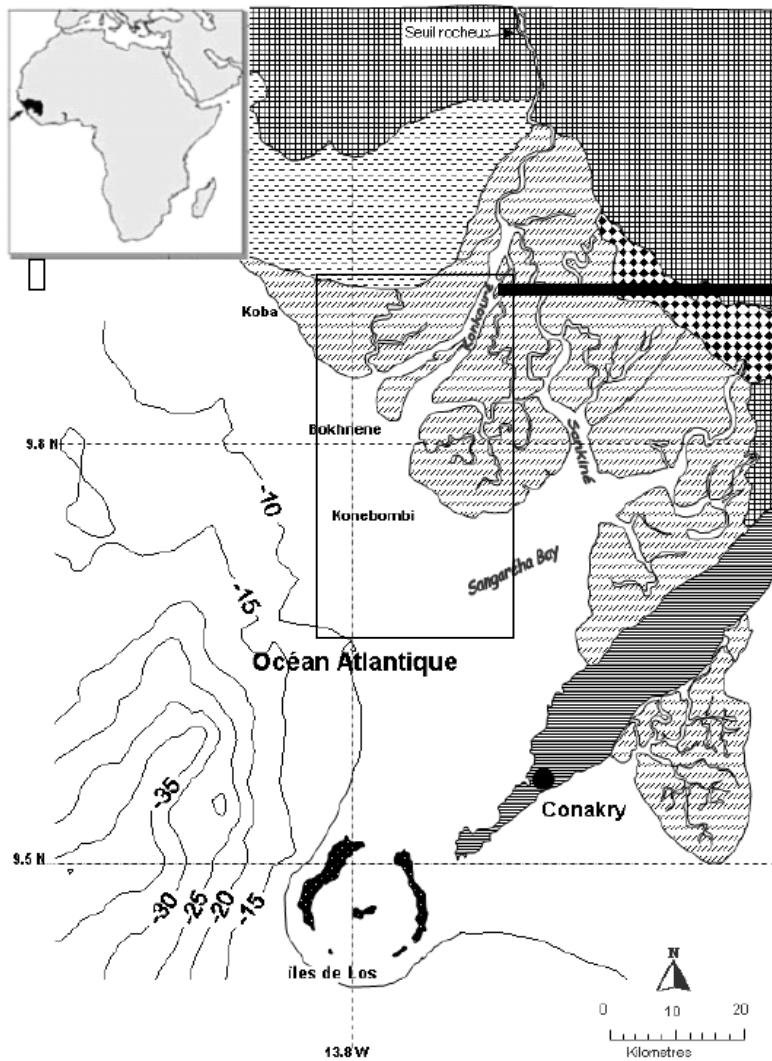
- **1/ Transferts lors de la vidange de plans d'eau (réservoirs et étangs de barrage)**
- **11/ Cas d'un réservoir :**
  - Le piégeage : Décantation, accumulation
  - La vidange massive : érosion et mobilisation,
  - L'épisode terminal : effondrement des banquettes et transfert, défaut de dilution
  - La qualité d'eau
- **12/ Cas de l'étang piscicole en barrage de cours d'eau**
  - Modèle théorique
  - Observations in situ : indicateurs et chronologie
- **2/ Transferts de matières en estuaire**
- **21/ Transferts de matières selon l'axe longitudinal**
  - Contexte fluvial en amont : débit
  - Equilibre instantané : le point nodal ;
  - Formations turbides et contextes de l'environnement
  - Expulsion du bouchon turbide et crue
- **22/ Causalité des transferts verticaux**
  - Floculation et vitesse de chute
- **23/ Etudes de cas :**
- **231 Estuaire de la Loire**
  - Aménagements et changements de la géométrie
  - Conséquences pour la qualité des masses d'eau
  - Conséquences biologiques et halieutiques
- **232 l'estuaire du Konkouré**
  - Localisation
  - Caractéristiques physiques (morphologie, bathymétrie)
  - Hydrologie (salinité, MES)
  - Flux de matières
  - Les mangroves

## **Localisation de l'estuaire du Konkouré**

- L'estuaire du Konkouré se jette dans l'Atlantique, au Nord Ouest de Conakry, la capitale de la Guinée
- estuaire, à morphologie proche d'un delta,
- deux bras.
  - bras Ouest : séparé en deux par une île à son embouchure
  - bras Est relié au bras principal par de multiples connections dans la mangrove occupant 5 îles principales avec une morphologie deltaïque.

- 1 alluvions marines  
2 alluvions marines+ marais de mangrove
- 3 Grès blancs du Paléozoïque  
4 Granite Proterozoïque

- 5 Gabro et peridotite  
6 Syénites néphelinique



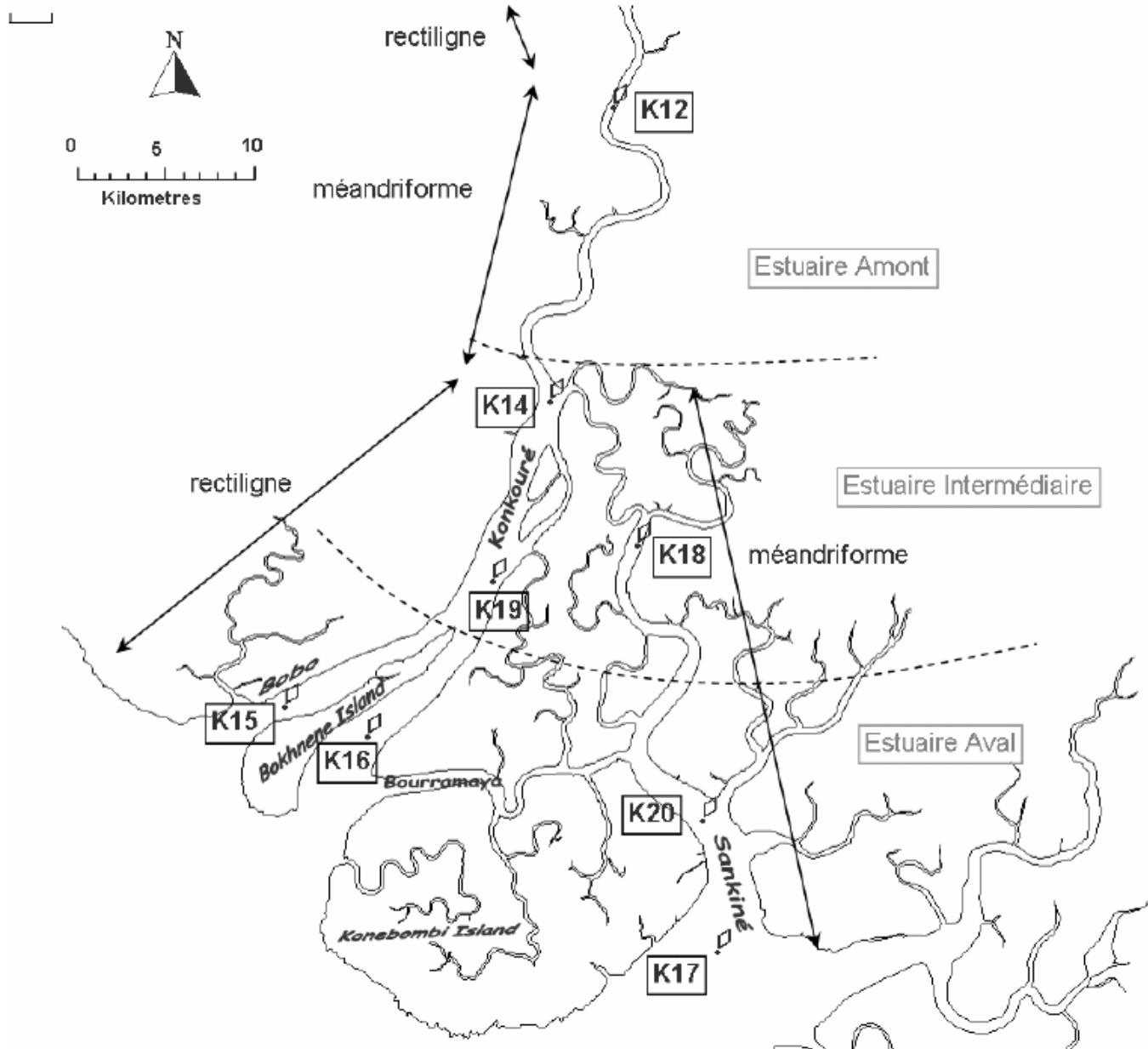
**Figure II.1: Localisation de l'estuaire du Konkouré.**

# **TD Transferts de MES en milieu continental et dans les masses d'eau de transition (Eau douce/salée)**

- **1/ Transferts lors de la vidange de plans d'eau (réservoirs et étangs de barrage)**
- **11/ Cas d'un réservoir :**
  - Le piégeage : Décantation, accumulation
  - La vidange massive : érosion et mobilisation,
  - L'épisode terminal : effondrement des banquettes et transfert, défaut de dilution
  - La qualité d'eau
- **12/ Cas de l'étang piscicole en barrage de cours d'eau**
  - Modèle théorique
  - Observations in situ : indicateurs et chronologie
- **2/ Transferts de matières en estuaire**
- **21/ Transferts de matières selon l'axe longitudinal**
  - Contexte fluvial en amont : débit
  - Equilibre instantané : le point nodal ;
  - Formations turbides et contextes de l'environnement
  - Expulsion du bouchon turbide et crue
- **22/ Causalité des transferts verticaux**
  - Floculation et vitesse de chute
- **23/ Etudes de cas :**
- **231 Estuaire de la Loire**
  - Aménagements et changements de la géométrie
  - Conséquences pour la qualité des masses d'eau
  - Conséquences biologiques et halieutiques
- **232 l'estuaire du Konkouré**
  - Localisation
  - Caractéristiques physiques (morphologie, bathymétrie)
  - Hydrologie (salinité, MES)
  - Flux de matières
  - Les mangroves

# Caractéristiques physiques (morphologie, bathymétrie)

- bassin versant de 17 250 km<sup>2</sup>
- entre la Moyenne Guinée et la Guinée Maritime.
- morphologie deltaïque
- géométrie due aux dépôts sédimentaires
- Konkouré = près de 320 km<sup>2</sup> de mangrove en intégrant la partie Est au delà de Dobreka
- mangrove épaisse peuplée principalement par les palétuviers G. *Rhizophora* et *Avicennia*.
- 90 000 ha de mangrove protégée par la convention des zones humides RAMSAR.



**Figure III.1: Localisation des stations de mesures et des unités géomorphologiques de l'estuaire du Konkouré.**



Présence d'un  
barrage et  
d'un réservoir

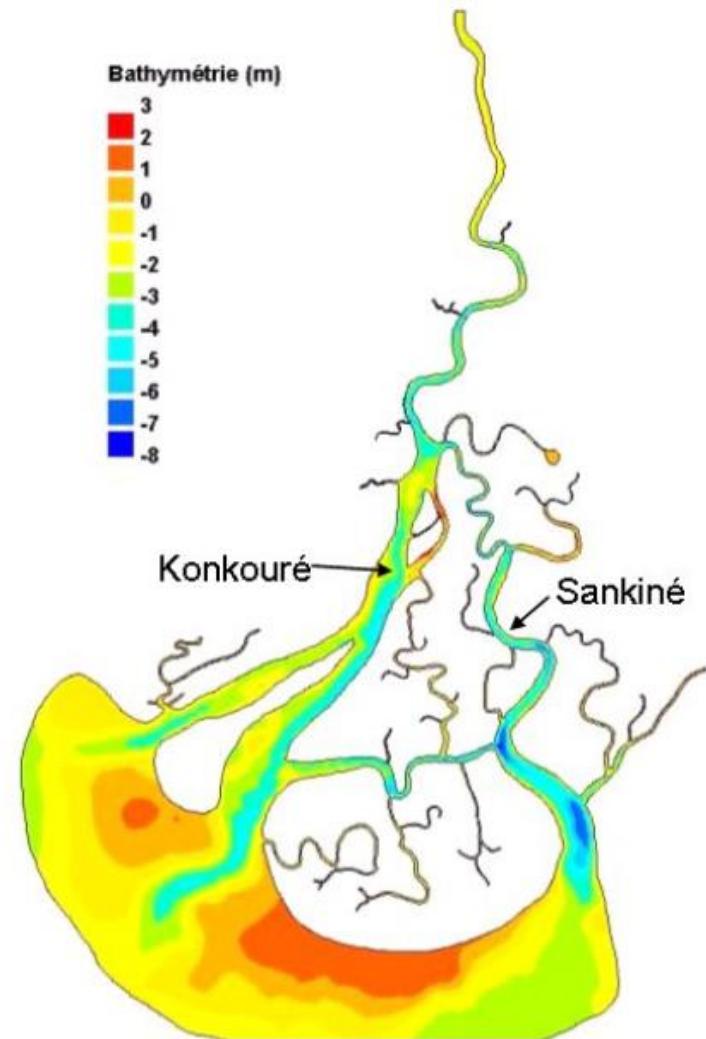
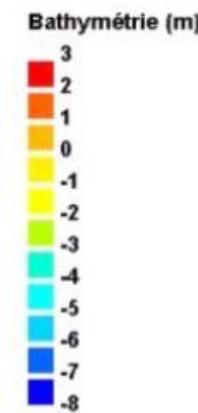
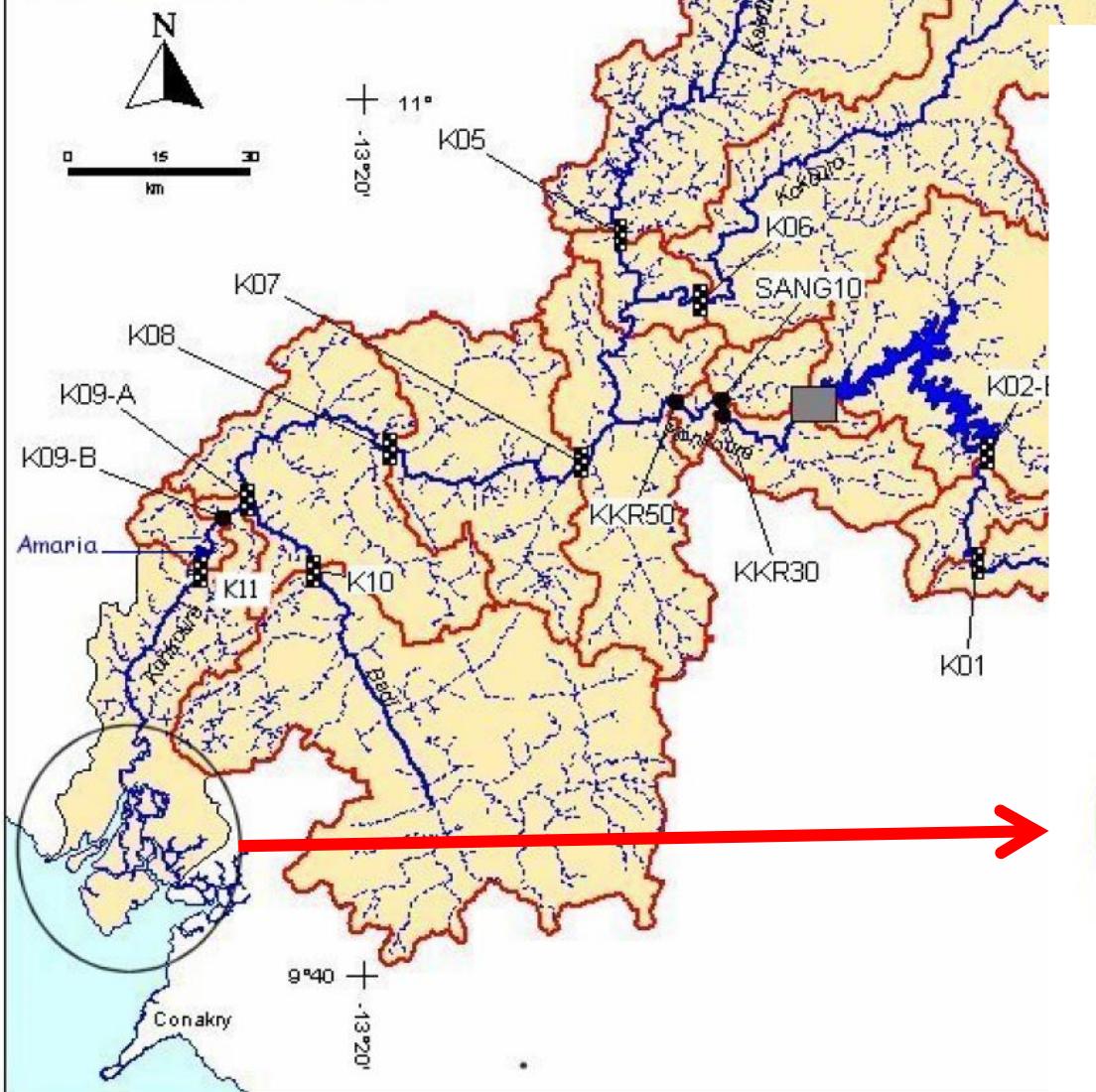
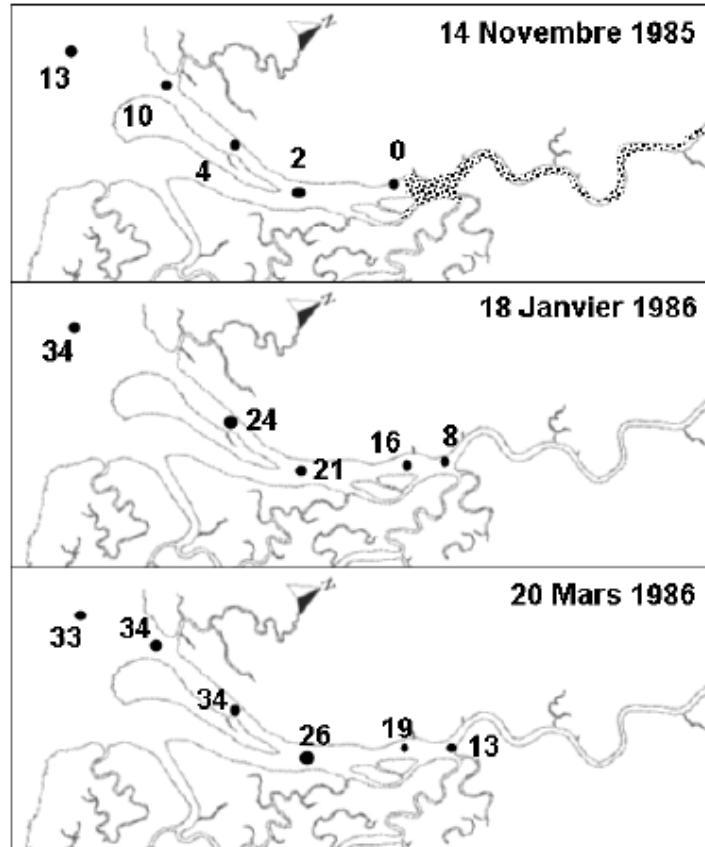


Figure II.10: Le Fleuve Konkouré, ses affluents, son barrage (source IRD PIG).

# **TD Transferts de MES en milieu continental et dans les masses d'eau de transition (Eau douce/salée)**

- **1/ Transferts lors de la vidange de plans d'eau (réservoirs et étangs de barrage)**
- **11/ Cas d'un réservoir :**
  - Le piégeage : Décantation, accumulation
  - La vidange massive : érosion et mobilisation,
  - L'épisode terminal : effondrement des banquettes et transfert, défaut de dilution
  - La qualité d'eau
- **12/ Cas de l'étang piscicole en barrage de cours d'eau**
  - Modèle théorique
  - Observations in situ : indicateurs et chronologie
- **2/ Transferts de matières en estuaire**
- **21/ Transferts de matières selon l'axe longitudinal**
  - Contexte fluvial en amont : débit
  - Equilibre instantané : le point nodal ;
  - Formations turbides et contextes de l'environnement
  - Expulsion du bouchon turbide et crue
- **22/ Causalité des transferts verticaux**
  - Floculation et vitesse de chute
- **23/ Etudes de cas :**
- **231 Estuaire de la Loire**
  - Aménagements et changements de la géométrie
  - Conséquences pour la qualité des masses d'eau
  - Conséquences biologiques et halieutiques
- **232 l'estuaire du Konkouré**
  - Localisation
  - Caractéristiques physiques (morphologie, bathymétrie)
  - Hydrologie (salinité, MES)
  - Flux de matières
  - Les mangroves

# Hydrologie (salinité)



Des situations saisonnières contrastées

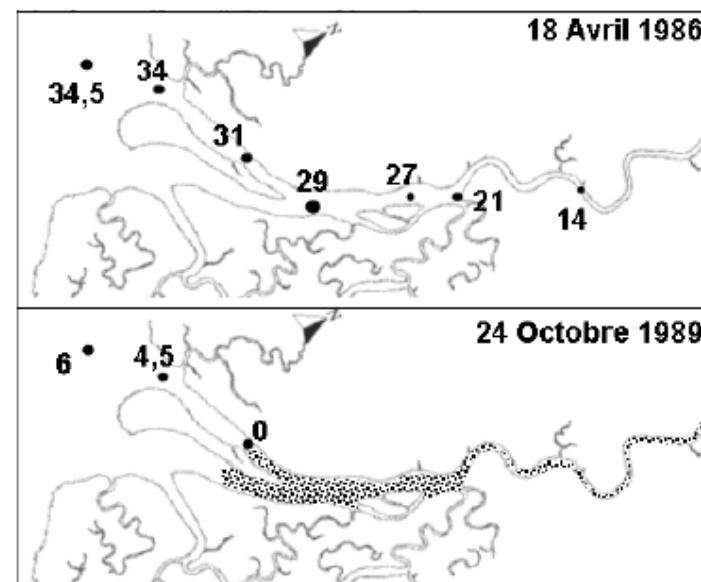
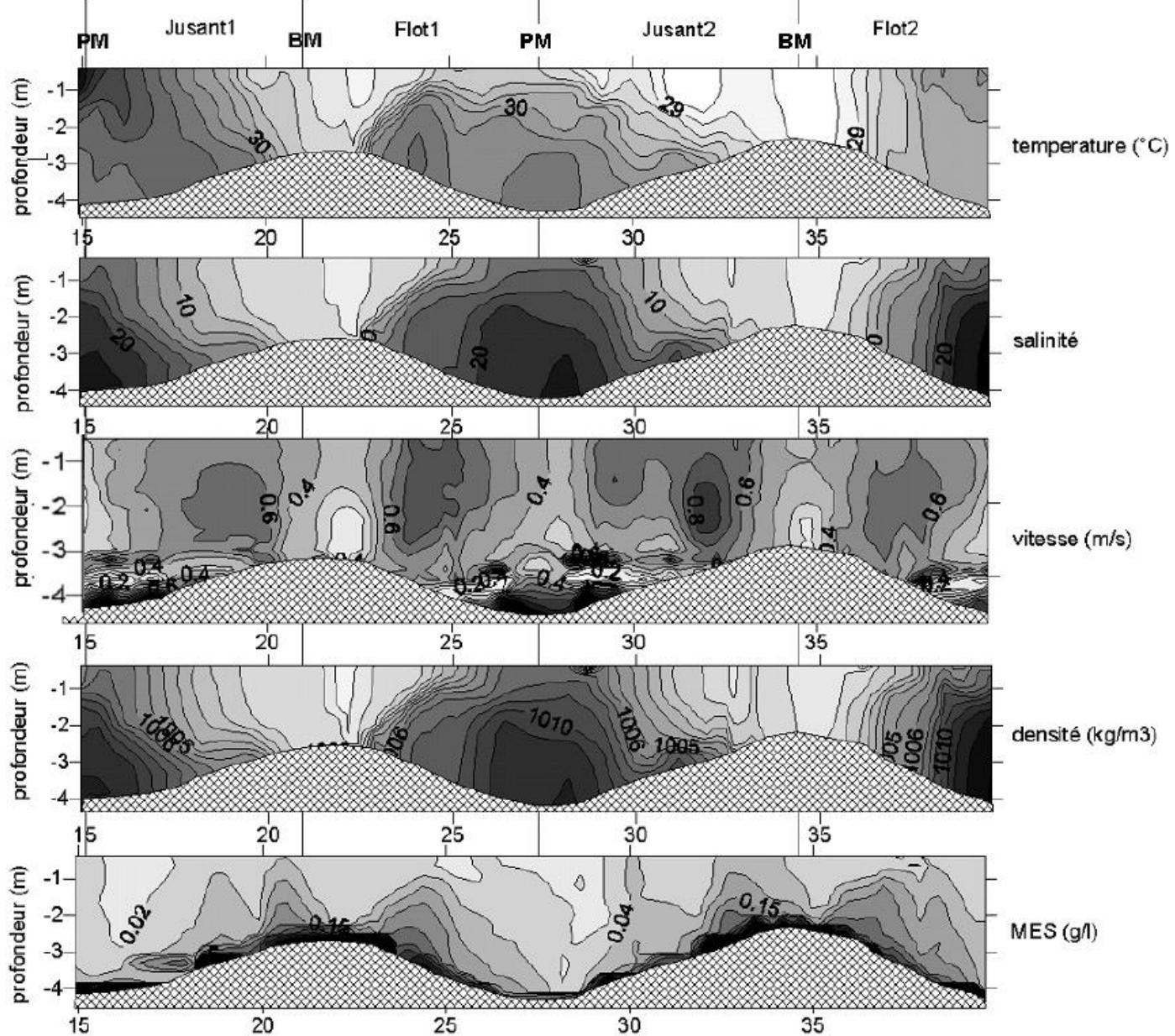


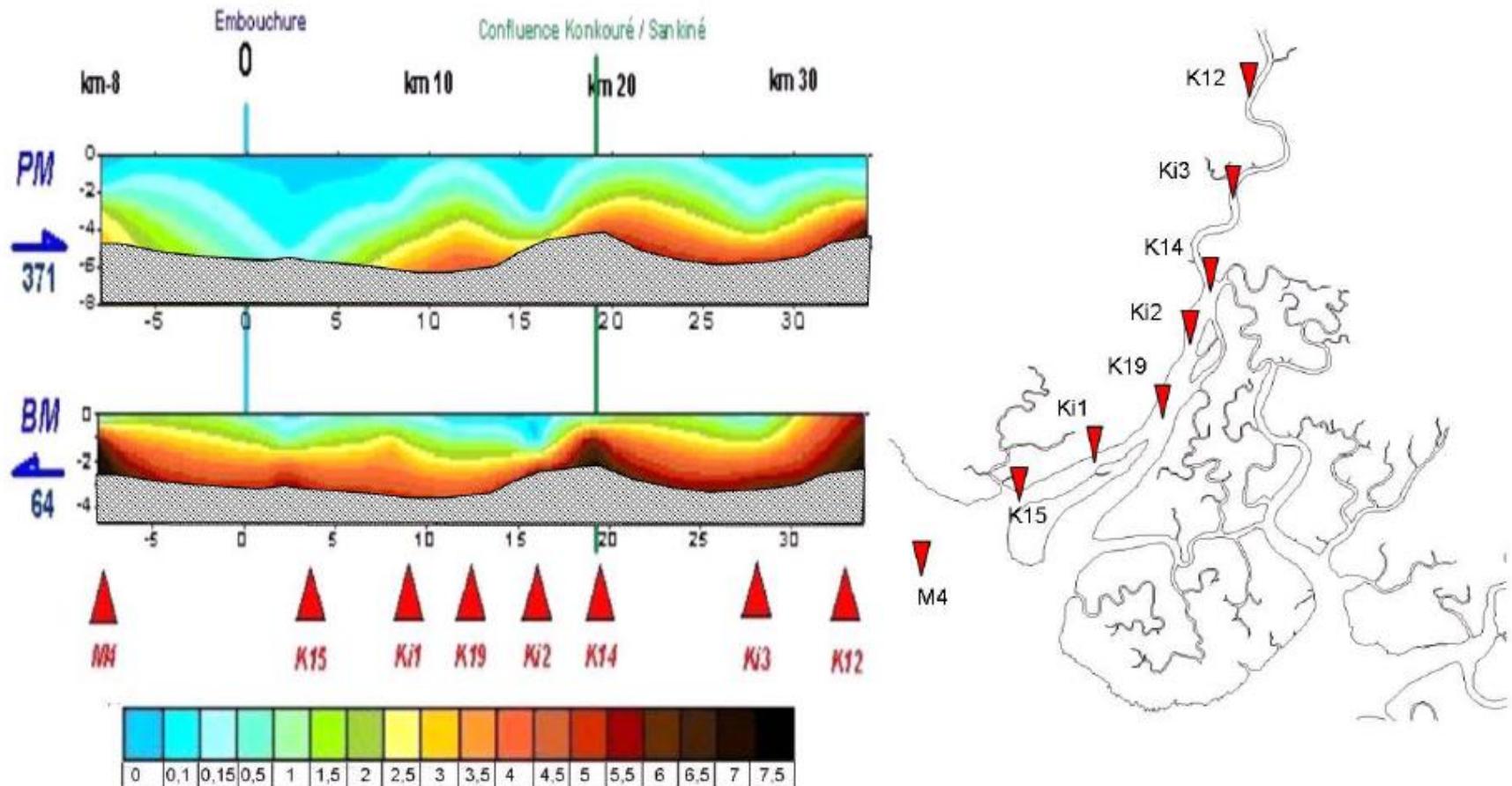
Figure II.13: Variations saisonnières de la distribution des salinités dans l'estuaire du Konkouré. Données fournies par le CERESCOR. (d'après Wolanski et Cassagne, 2000). La zone grisée correspond à l'eau douce.



Temps en heures à partir du 18 Novembre 2003

**Figure IV.14: Profils verticaux de température, salinité, vitesse, densité et MES de la station K15 en Novembre 2003.**

# Hydrologie (MES)



**Figure IV.9: Concentrations en MES (g/l) sur un profil longitudinal de l'estuaire du Konkouré en période d'étiage, à PM et à BM le 28 Mai 2002.**

# **TD Transferts de MES en milieu continental et dans les masses d'eau de transition (Eau douce/salée)**

- **1/ Transferts lors de la vidange de plans d'eau (réservoirs et étangs de barrage)**
- **11/ Cas d'un réservoir :**
  - Le piégeage : Décantation, accumulation
  - La vidange massive : érosion et mobilisation,
  - L'épisode terminal : effondrement des banquettes et transfert, défaut de dilution
  - La qualité d'eau
- **12/ Cas de l'étang piscicole en barrage de cours d'eau**
  - Modèle théorique
  - Observations in situ : indicateurs et chronologie
- **2/ Transferts de matières en estuaire**
- **21/ Transferts de matières selon l'axe longitudinal**
  - Contexte fluvial en amont : débit
  - Equilibre instantané : le point nodal ;
  - Formations turbides et contextes de l'environnement
  - Expulsion du bouchon turbide et crue
- **22/ Causalité des transferts verticaux**
  - Floculation et vitesse de chute
- **23/ Etudes de cas :**
- **231 Estuaire de la Loire**
  - Aménagements et changements de la géométrie
  - Conséquences pour la qualité des masses d'eau
  - Conséquences biologiques et halieutiques
- **232 l'estuaire du Konkouré**
  - Localisation
  - Caractéristiques physiques (morphologie, bathymétrie)
  - Hydrologie (salinité, MES)
  - Flux de matières
  - Les mangroves

# Flux liquides

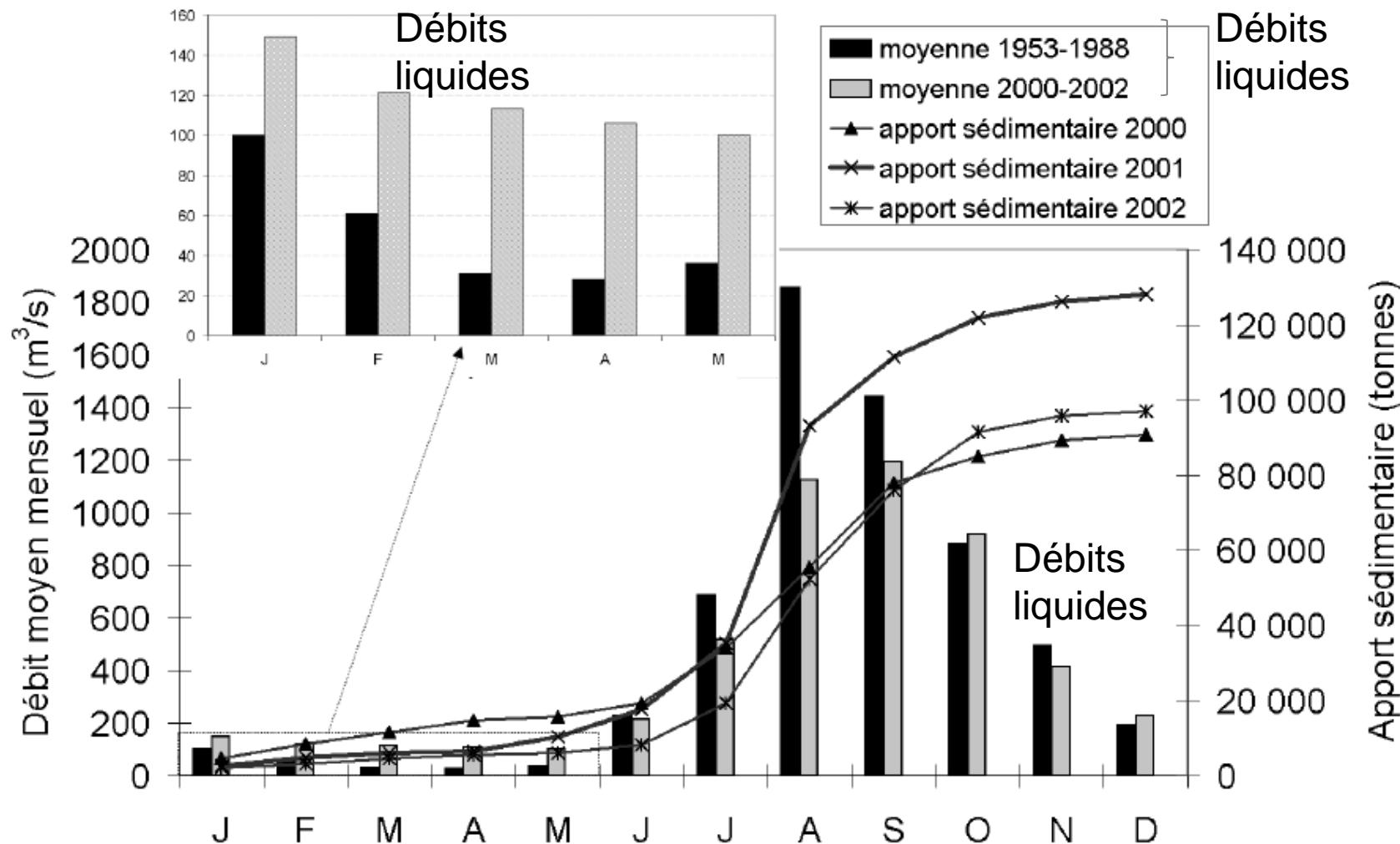


Figure IV.1: Débits liquides du Konkouré et apports sédimentaires annuels de 2000 à 2002.

# Flux solides

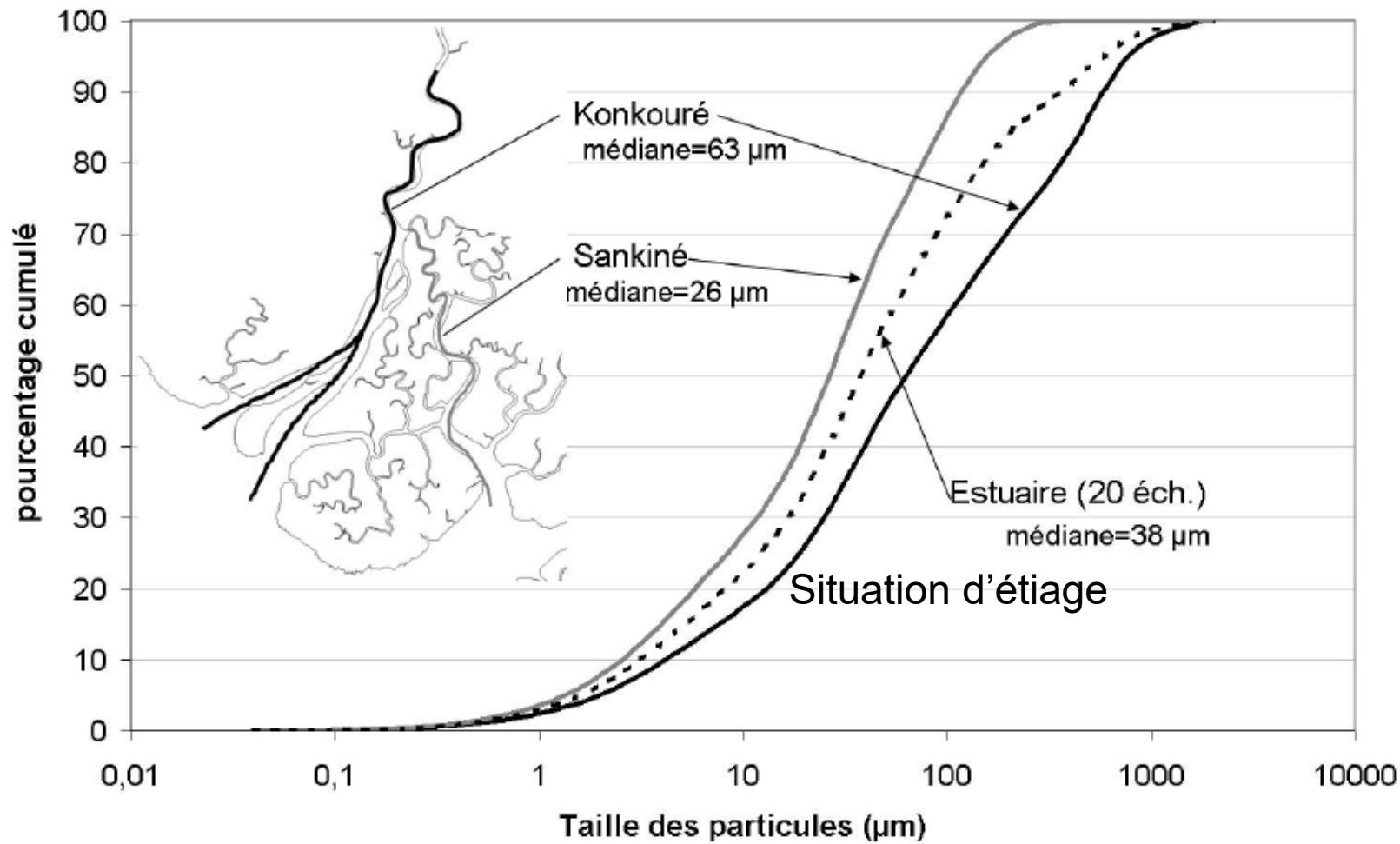
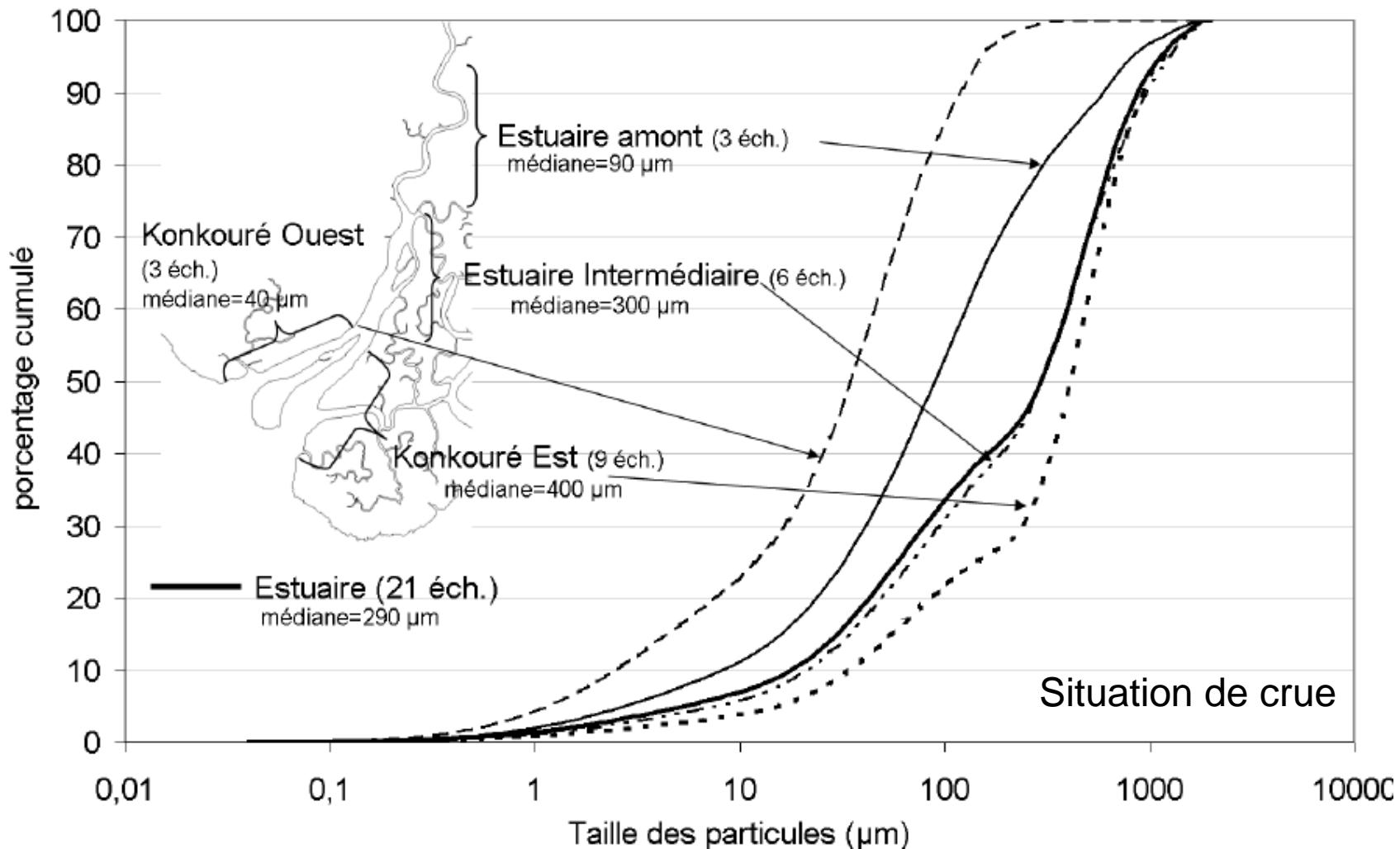


Figure IV.5: Pourcentage cumulé des fractions granulométriques des 20 échantillons prélevés en Avril 2000.

# Flux solides

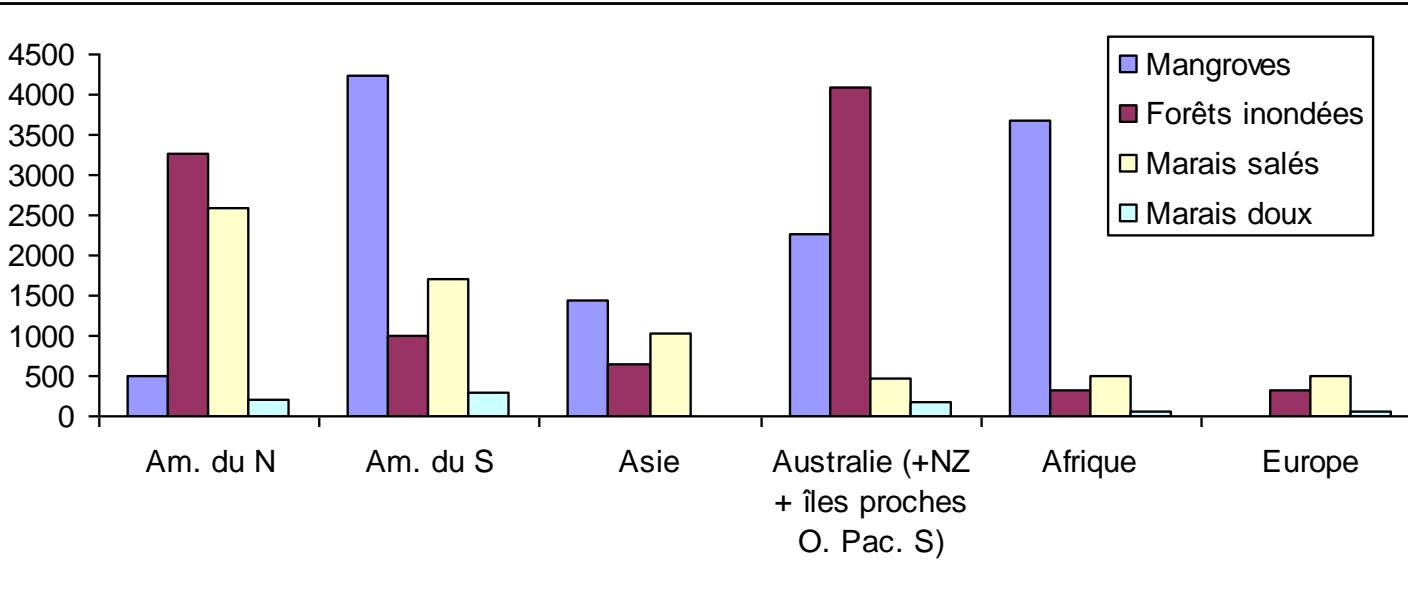


**Figure IV.6: Pourcentage cumulé des fractions granulométriques des 21 échantillons prélevés en Novembre 2000.**

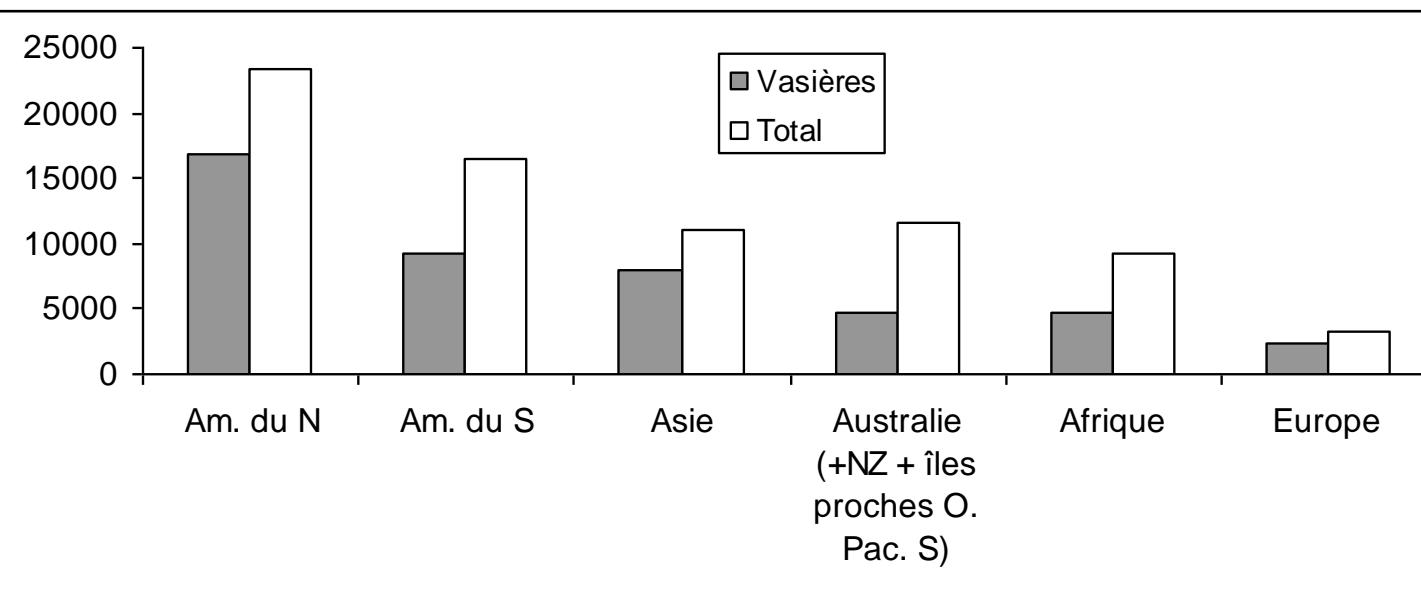
# **TD Transferts de MES en milieu continental et dans les masses d'eau de transition (Eau douce/salée)**

- **1/ Transferts lors de la vidange de plans d'eau (réservoirs et étangs de barrage)**
- **11/ Cas d'un réservoir :**
  - Le piégeage : Décantation, accumulation
  - La vidange massive : érosion et mobilisation,
  - L'épisode terminal : effondrement des banquettes et transfert, défaut de dilution
  - La qualité d'eau
- **12/ Cas de l'étang piscicole en barrage de cours d'eau**
  - Modèle théorique
  - Observations in situ : indicateurs et chronologie
- **2/ Transferts de matières en estuaire**
- **21/ Transferts de matières selon l'axe longitudinal**
  - Contexte fluvial en amont : débit
  - Equilibre instantané : le point nodal ;
  - Formations turbides et contextes de l'environnement
  - Expulsion du bouchon turbide et crue
- **22/ Causalité des transferts verticaux**
  - Floculation et vitesse de chute
- **23/ Etudes de cas :**
- **231 Estuaire de la Loire**
  - Aménagements et changements de la géométrie
  - Conséquences pour la qualité des masses d'eau
  - Conséquences biologiques et halieutiques
- **232 l'estuaire du Konkouré**
  - Localisation
  - Caractéristiques physiques (morphologie, bathymétrie)
  - Hydrologie (salinité, MES)
  - Flux de matières
  - Les mangroves

# Continents et ZH



Place des vasières dans les ZH à l'échelle continentale



Des systèmes naturels, sous l'influence d'une énergie et d'une dynamique naturelles, des systèmes créés par l'homme, dont la dynamique est contrôlée (l'humain se substitue à l'énergie naturelle)

# Les mangroves

Tableau IV.3: Résumé de taux de sédimentation dans des marais de mangrove (d'après Ellison, 1998).

Location	Rate (mm/y)	Reference
Magnetic Island	-11.0 to 9.0	Spenceley, 1977, 1982
Cairns	1.0	Furukawa <i>et al.</i> , 1997
Cairns	3.0 to 10.0	Bird and Barson, 1977
Melbourne	8.0	Bird and Barson, 1977
Auckland, NZ	1.7	Chapman and Ronaldson, 1958
Florida	1.4 to 1.7	Lynch <i>et al.</i> , 1989
Florida	0.6 to 3.7	Cahoon and Lynch, 1997
Mexico (Fluvial)	3.2 to 4.4	Lynch <i>et al.</i> , 1989
Mexico (Tidal)	1.0 to 2.0	Lynch <i>et al.</i> , 1989

