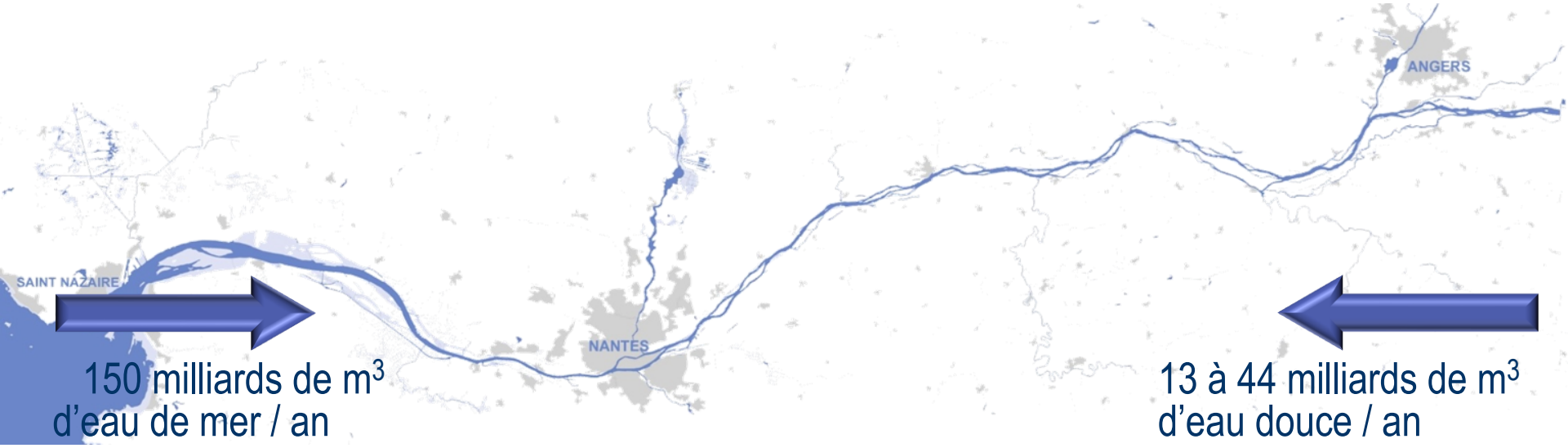
Depuis 10 ans, quelle évolution de la température, de l'oxygène dissous, de la salinité et du bouchon vaseux, dans l'estuaire de la Loire ?

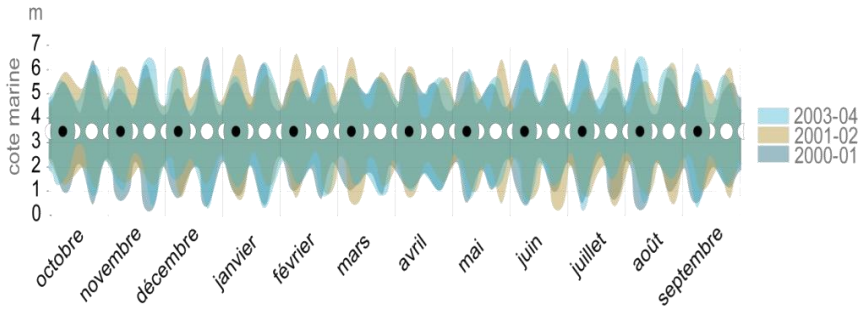
Lise Lebailleux

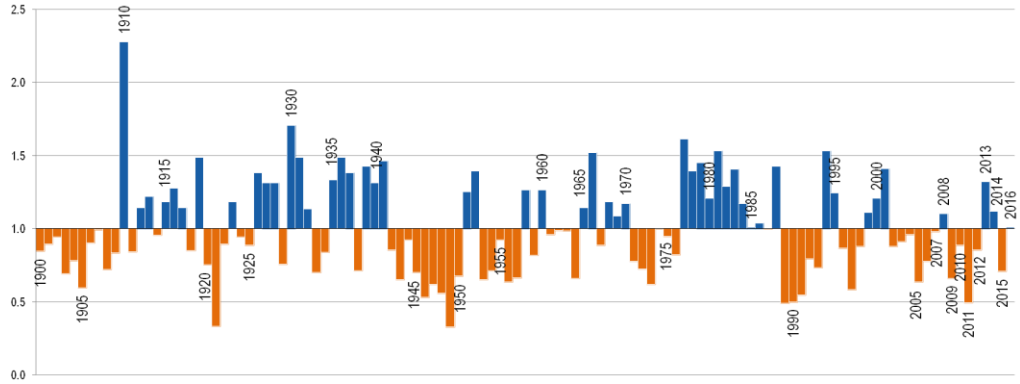
Les apports d'eau dans l'estuaire



150 milliards de m^3 d'eau de mer / an

13 à 44 milliards de m^3 d'eau douce / an





Débits fluviaux face aux volumes marins

Rencontre eaux douces et eaux salées

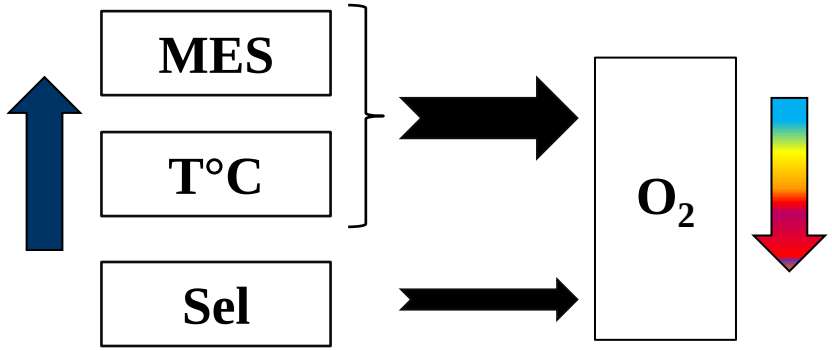
Les paramètres mesurés par SYVEL

- Les paramètres mesurés par le réseau SYVEL (température, oxygène dissous, matières en suspension, salinité) ont aussi une influence sur la vie aquatique et/ou sur les usages.
- Ils sont **interdépendants.**

✓ **Turbidité** :
  ✓ Limitation de la photosynthèse et donc de la production d'**oxygène**
  ✓ La dégradation de la matière organique contenue dans le bouchon vaseux consomme de l'**oxygène**

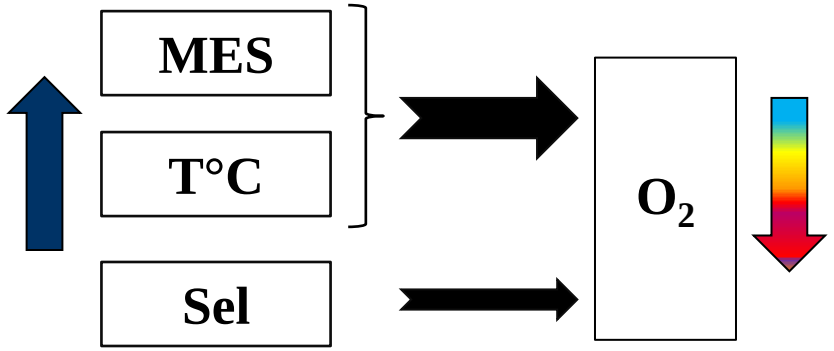
✓ Les **températures élevées** favorisent cette dégradation et augmentent aussi la demande en **oxygène** des poissons, diminuent la solubilité de l'**oxygène** dans l'eau (capacité de l'eau à emmagasiner de l'oxygène).

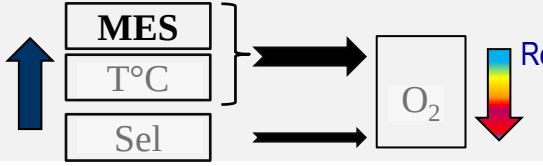
✓ **La salinité** diminue la solubilité de l'**oxygène** dans l'eau (dans une moindre mesure).



Sommaire

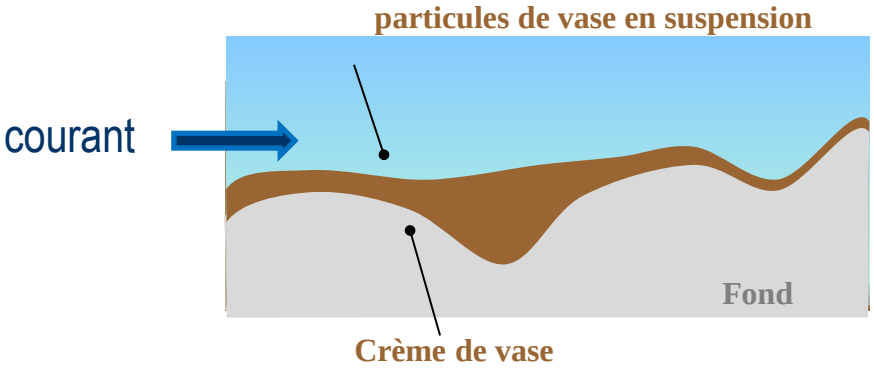
- La turbidité (le bouchon vaseux)
- La température de l'eau
- L'oxygène dissous
  - Les déficits en oxygène
  - L'impact sur les poissons
  - Evolution depuis 10 ans ?
- La salinité
  - Variabilité de la salinité
  - Evolution depuis 10 ans ?
- Conclusion





La masse turbide est présente dans l'estuaire sous la forme d'une **crème de vase** déposée sur le fond.

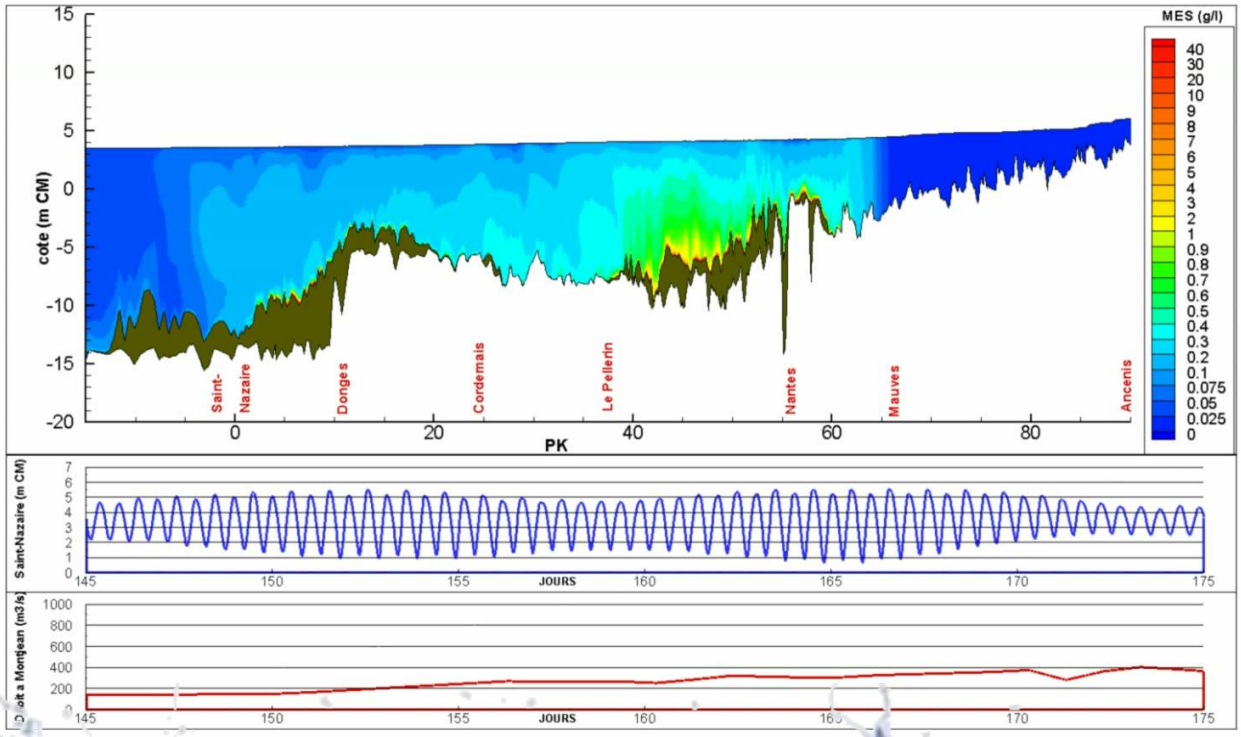
Concentration entre 50 et 500 g/l



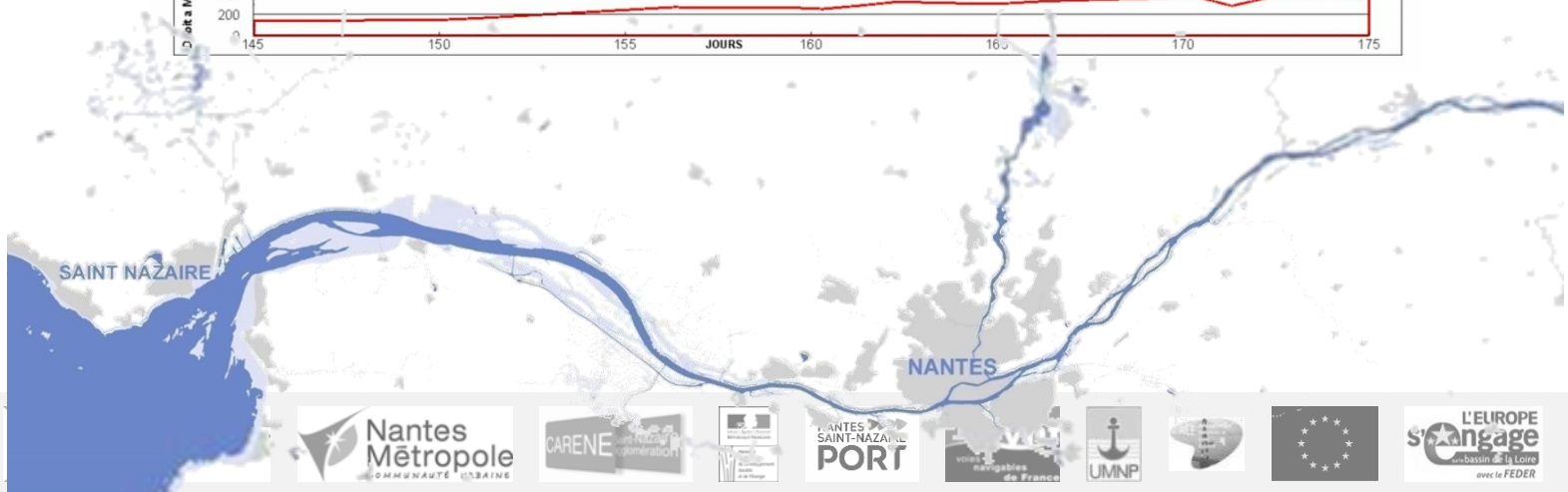
Bouchon vaseux : particules en suspension.

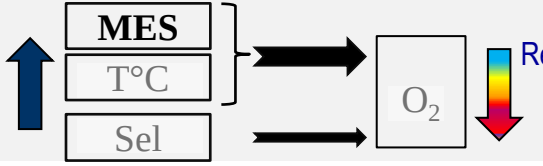
Concentration entre 0,5 et 30 g/l

Animation - étiage



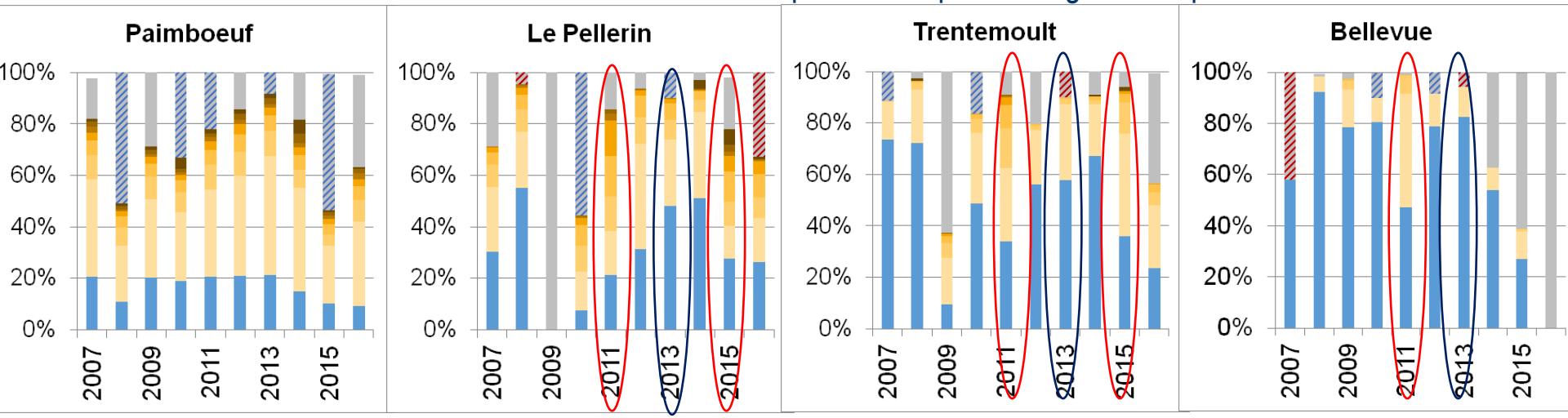
Crème de vase déposée sur le fond

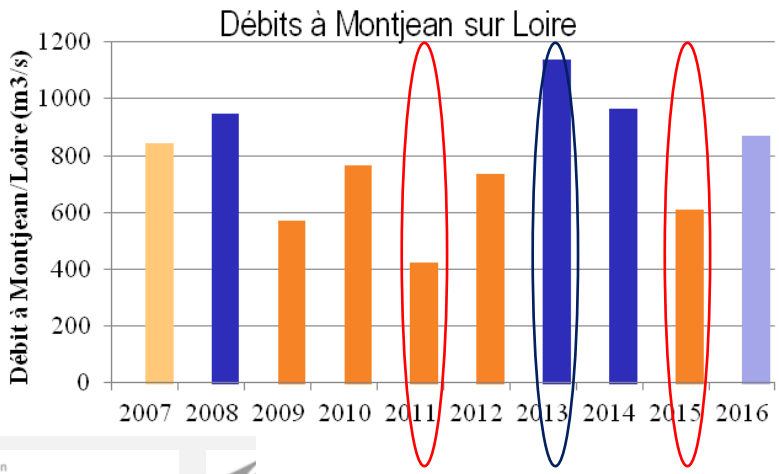




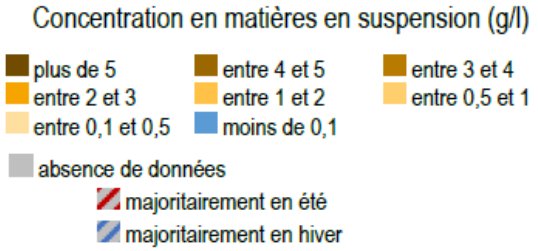
➢ Evolution sur 10 ans ?

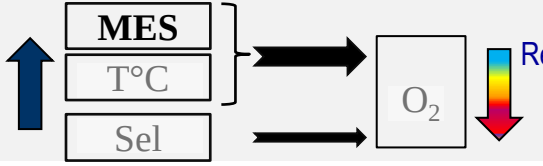
Suivi de la concentration en matières en suspension en pourcentage de temps cumulé





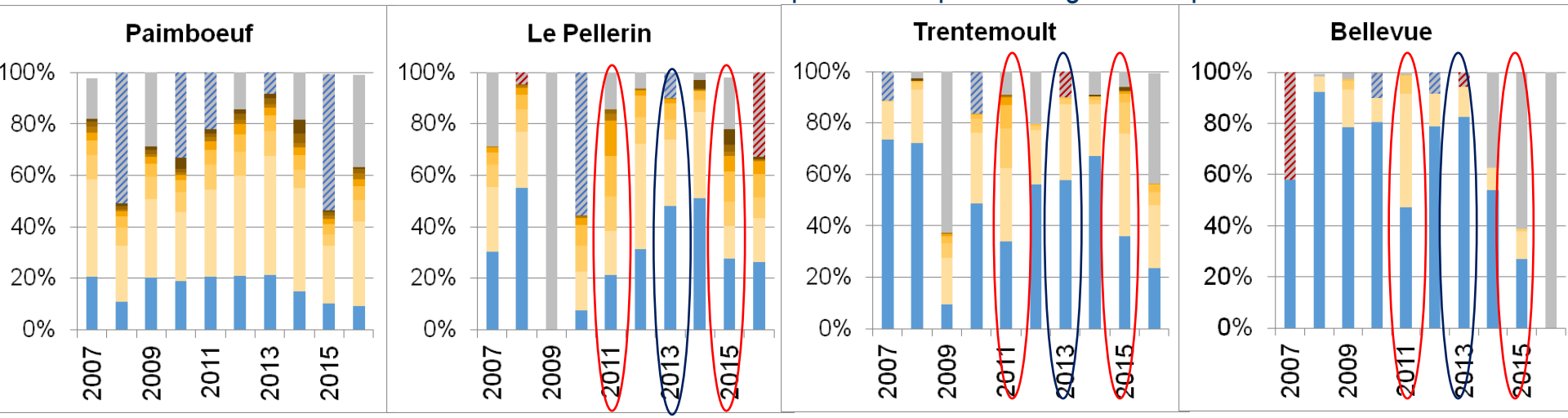
Sources des données: DREAL Pays de la Loire / GIP Loire Estuaire





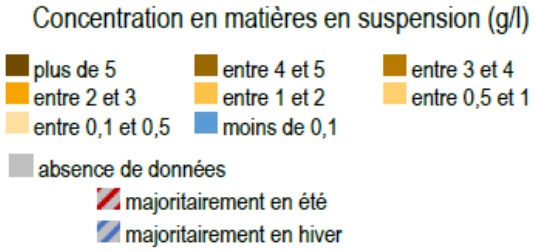
➢ Evolution sur 10 ans ?

Suivi de la concentration en matières en suspension en pourcentage de temps cumulé



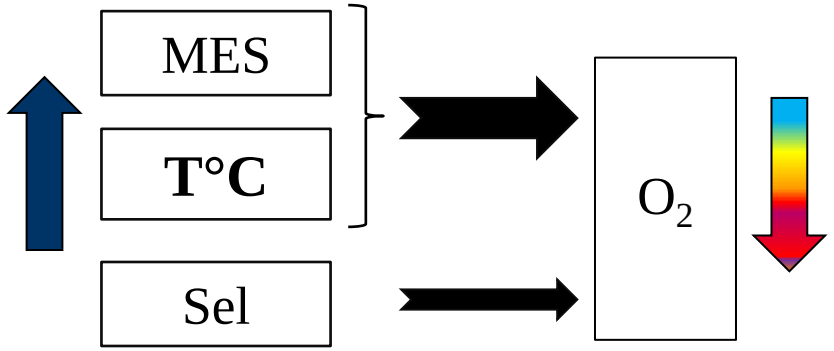
Source des données: GIP Loire Estuaire

➢ Les variations interannuelles de concentrations en matières en suspension sont dominées par l'influence des **apports en eau du fleuve**.

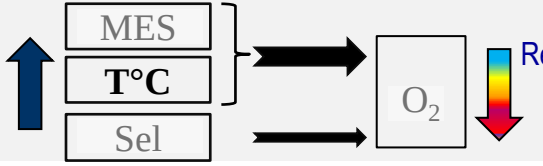


Sommaire

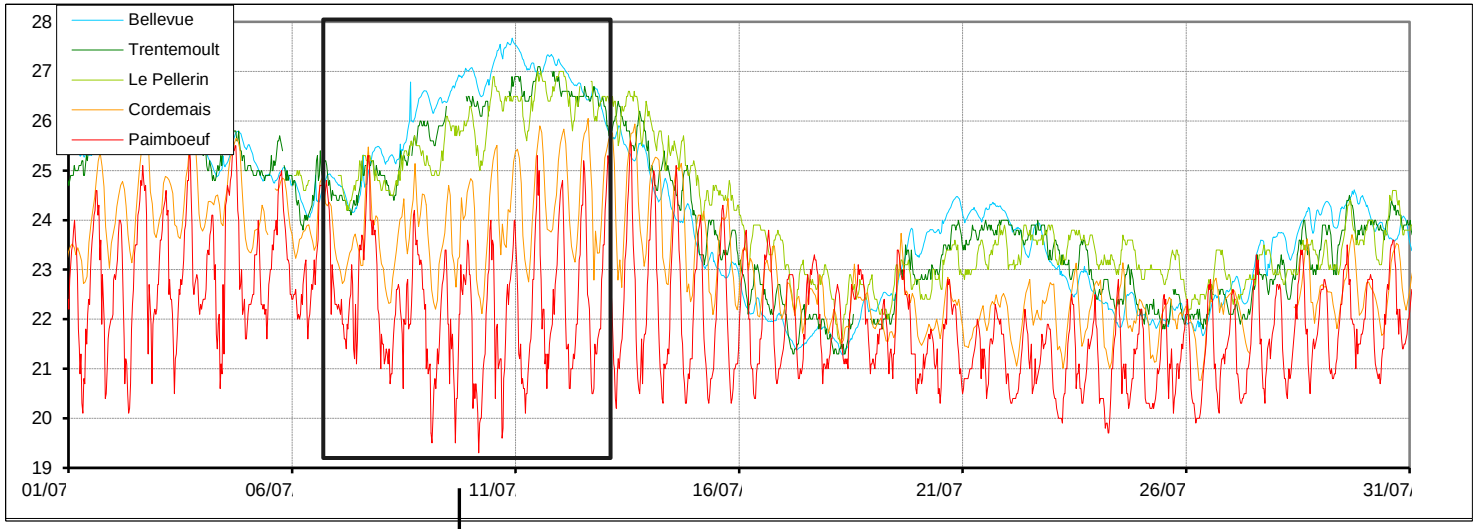
- La turbidité (le bouchon vaseux)
- **La température de l'eau**
- L'oxygène dissous
  - Les déficits en oxygène
  - L'impact sur les poissons
  - Evolution depuis 10 ans ?
- La salinité
  - Variabilité de la salinité
  - Evolution depuis 10 ans ?
- Conclusion



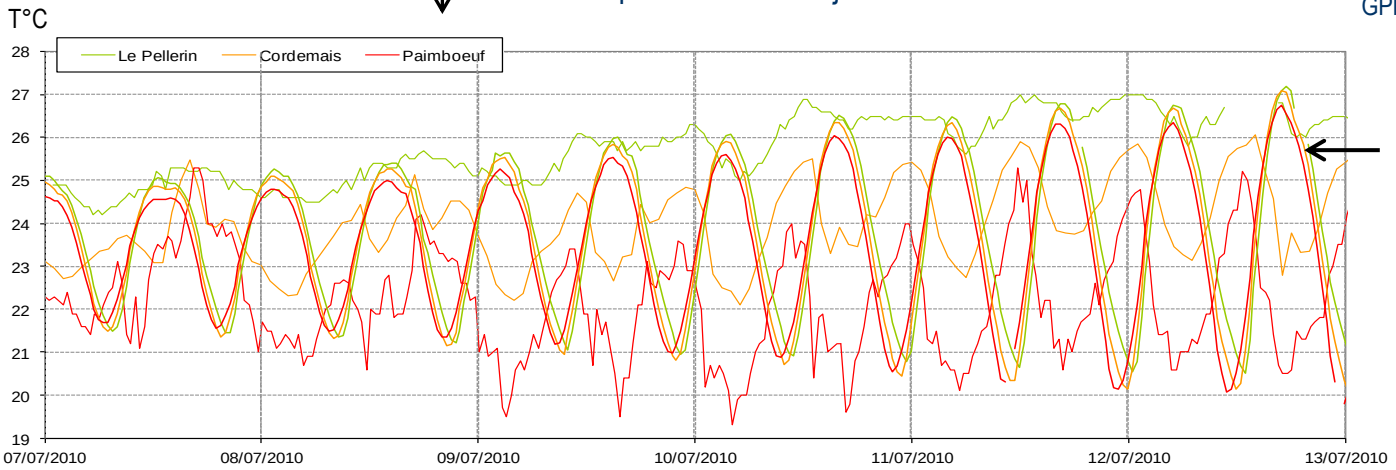
La température



Variabilité de la température de l'eau selon les stations et le cycle de marée

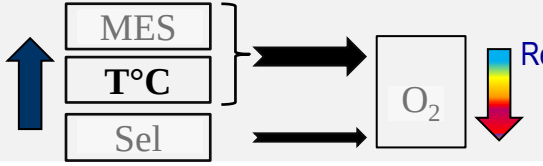


Exemple d'un mois de juillet

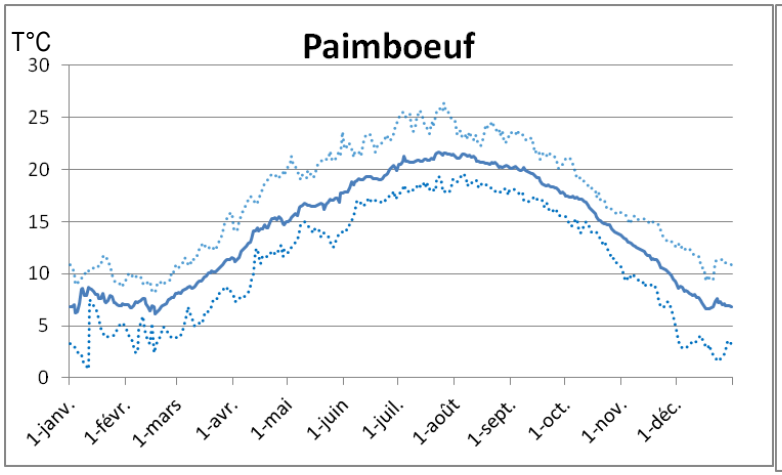


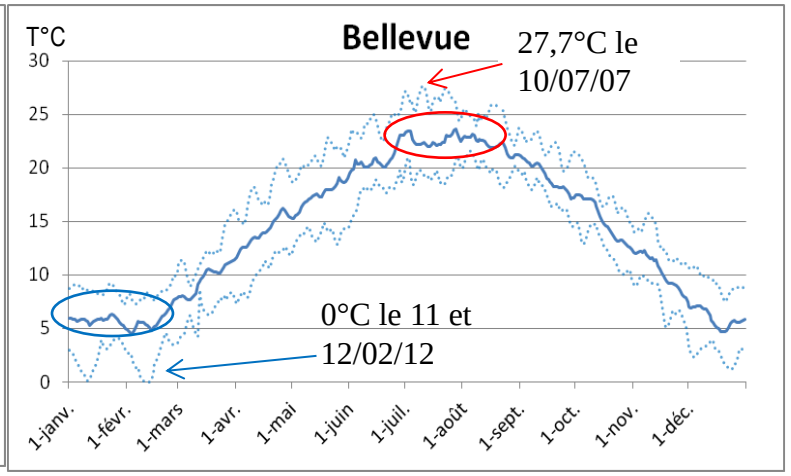
Hauteurs d'eau

Sources des données: EDF, GPMNSN, GIP Loire Estuaire



Variabilité de la température



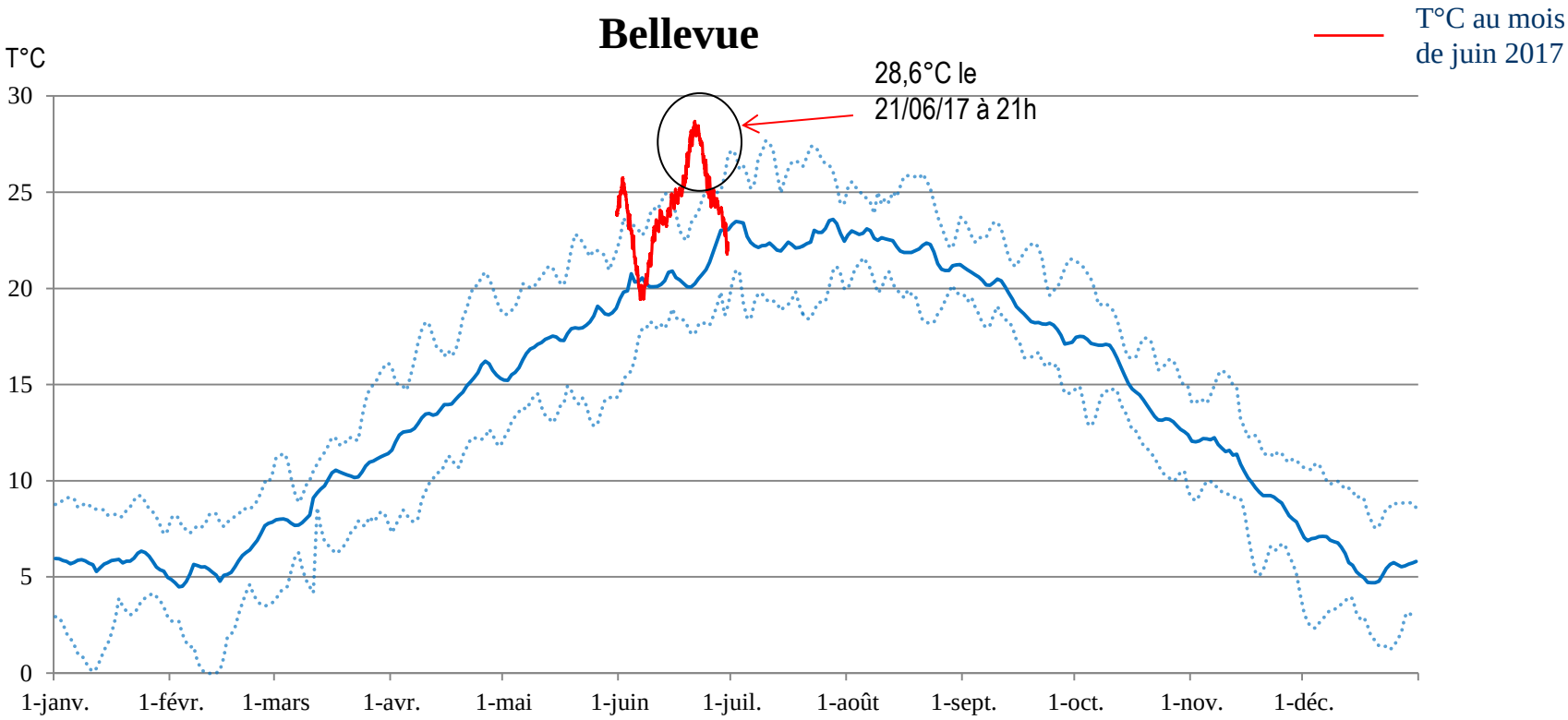


Moyennes journalières 2007/2016

min et max journaliers 2007/2016

Sources des données:
EDF, GIP Loire Estuaire

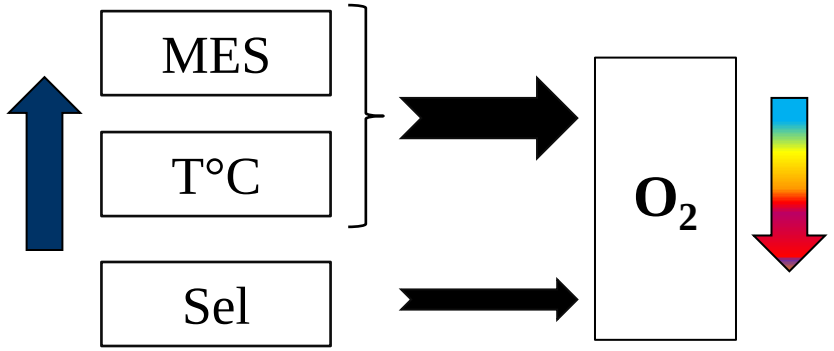
➢ **En juin 2017, mesure du maxima** depuis que SYVEL a été mis en place



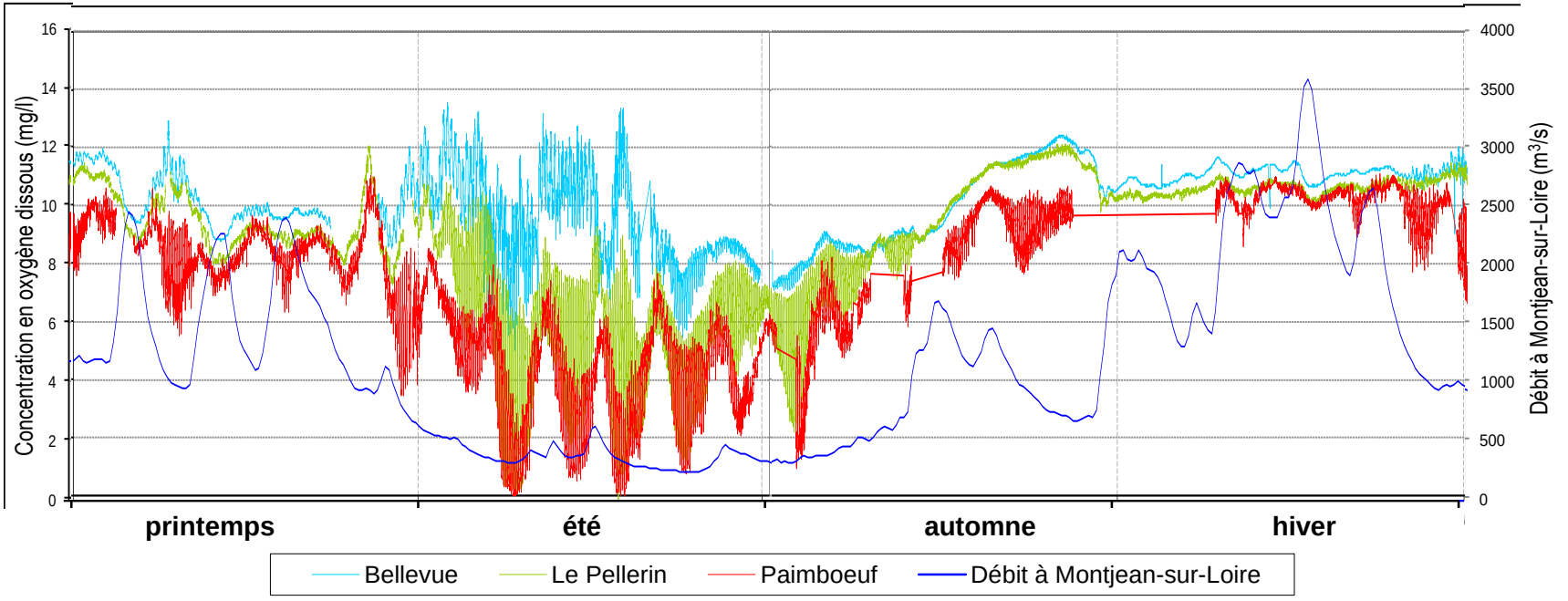
Sources des données:
GIP Loire Estuaire

Sommaire

- La turbidité (le bouchon vaseux)
- La température de l'eau
- **L'oxygène dissous**
  - Les déficits en oxygène
  - L'impact sur les poissons
  - Evolution depuis 10 ans ?
- La salinité
  - Variabilité de la salinité
  - Evolution depuis 10 ans ?
- Conclusion



➢ Variabilité à l'échelle des saisons

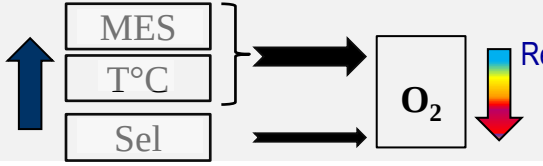


Sources des données: DREAL Pays de la Loire / GIP Loire Estuaire

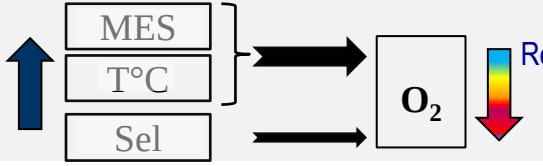
✓ **Débits élevés** favorisent :

le renouvellement des eaux et diminuent donc le temps de résidence du bouchon vaseux dans l'estuaire

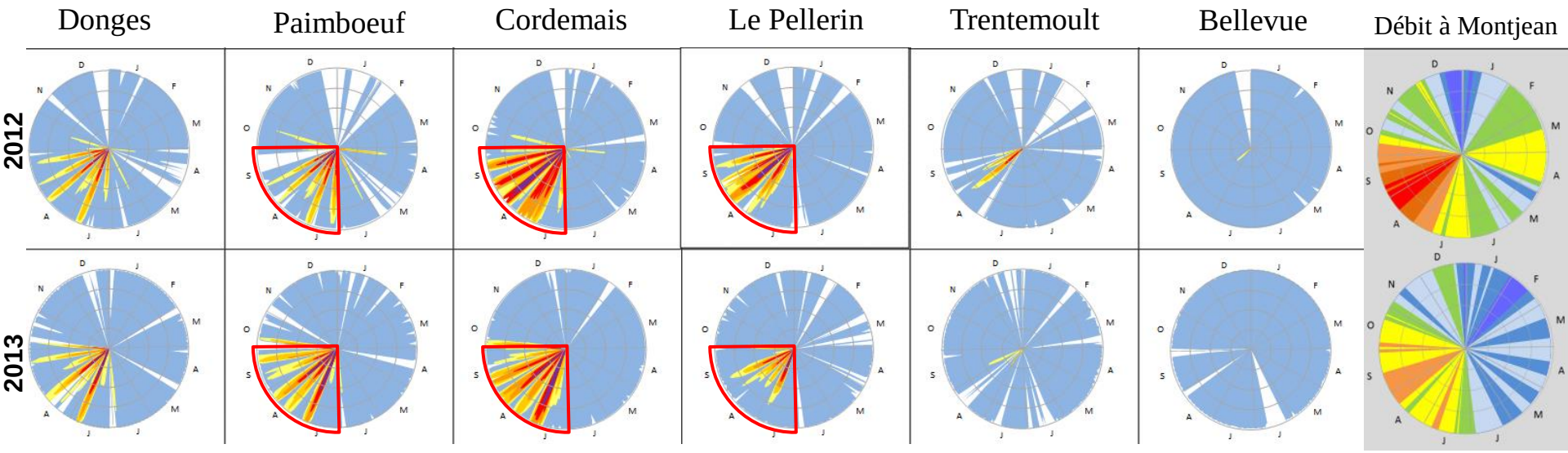
l'agitation et donc la réoxygénation par aération de la colonne d'eau



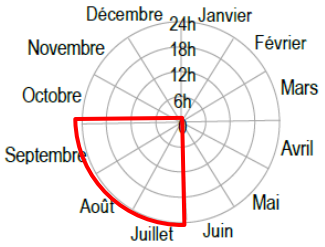
- Variabilité à l'échelle des **saisons**
- Variabilité à l'échelle du **cycle lunaire** (Vives eaux – Mortes eaux)
  - Concentrations en oxygène plus basse en vives eaux (remise en suspension plus importante de la matière organique)
- Variabilité à l'échelle de la **marée** (Pleine mer – Basse mer)
  - Les minimas et maximas de concentrations en oxygène ne sont pas observés au même moment de la marée selon les stations



➢ Où et quand les hypoxies sont mesurées ?



Sources des données: DREAL Pays de la Loire / GIP Loire Estuaire

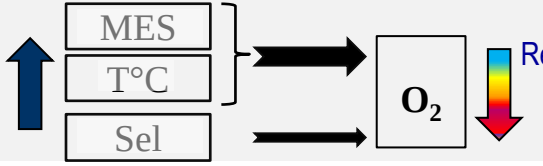


Concentration en oxygène dissous (mg/l)

plus de 5 | entre 4 et 5 | entre 3 et 4 | entre 2 et 3
entre 1 et 2 | moins de 1

Débit (m³/s)

plus de 2500 | entre 1500 et 2500 | entre 850 et 1500 | entre 500 et 850
entre 300 et 500 | entre 200 et 300 | entre 150 et 200 | moins de 150



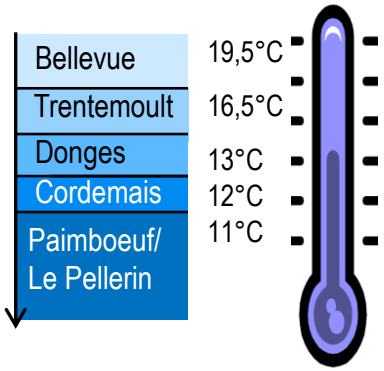
➢ Quelles conditions créent un déficit en oxygène ?

- Principaux paramètres conditionnant les hypoxies:
  - le débit
  - le coefficient de marée
  - la température de l'eau

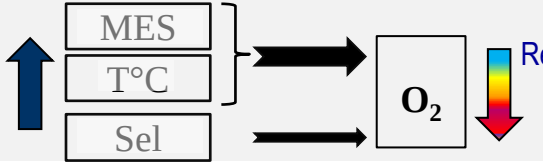
  } Matières en suspension

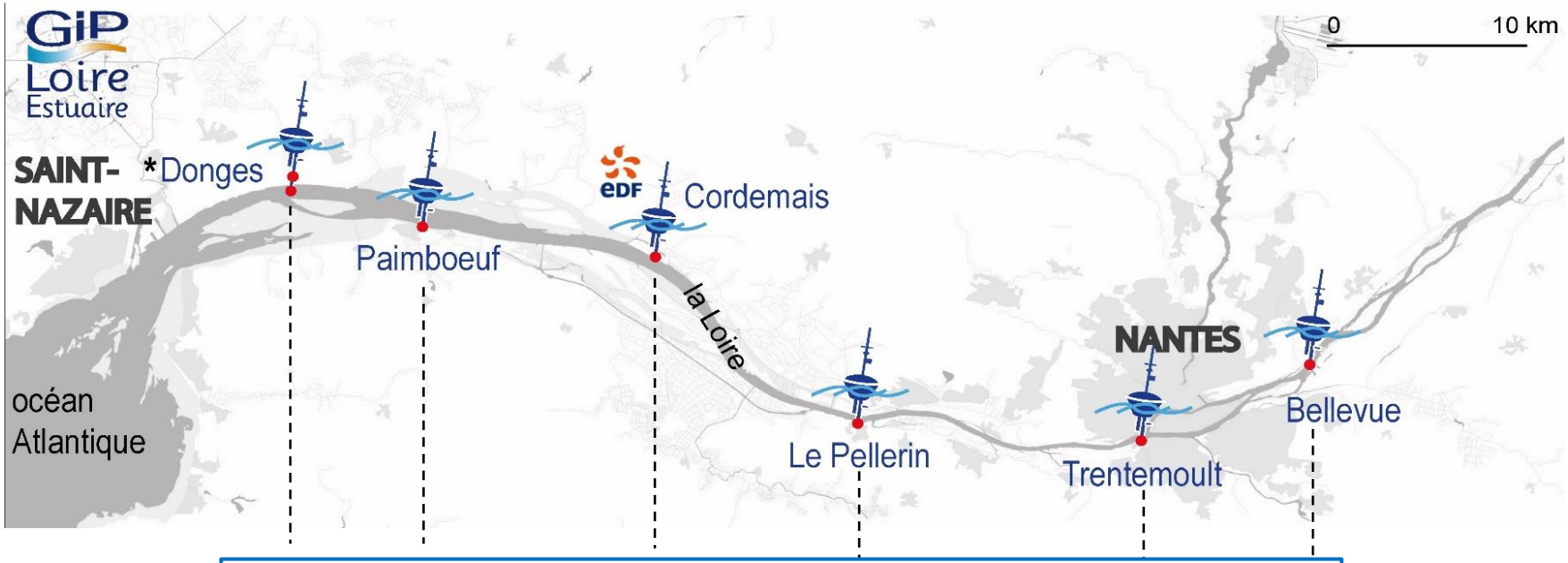
- Les hypoxies (concentration O_2 < 5 mg/l) ne se produisent **pas toute l'année et pas en tout point de l'estuaire**.
  - Elles ne sont pas observées au-delà d'un débit de **1200 m³/s**

Oxygénation toujours supérieure à 5 mg/l lorsque la température de l'eau est en-dessous d'un certain seuil.



L'oxygène dissous





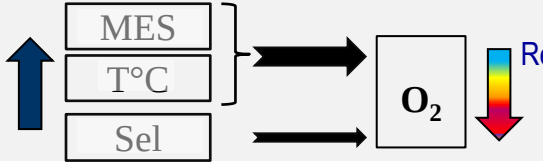
O_2 > 5 mg/L	*Coef.*	< 90				
	Débit	> 450 m³/s				> 200 m³/s
	T°C	< 16,4°C	< 14°C	< 15,5°C	< 17°C	< 19°C
O_2 < 5 mg/L	*Coef.*	> 90				
	Débit	< 350 m³/s		< 310 m³/s	< 280 m³/s	
	T°C	> 22,5°C	> 22,8°C	> 23,5°C	> 24°C	

Pas assez d'évènements

* Depuis 2011

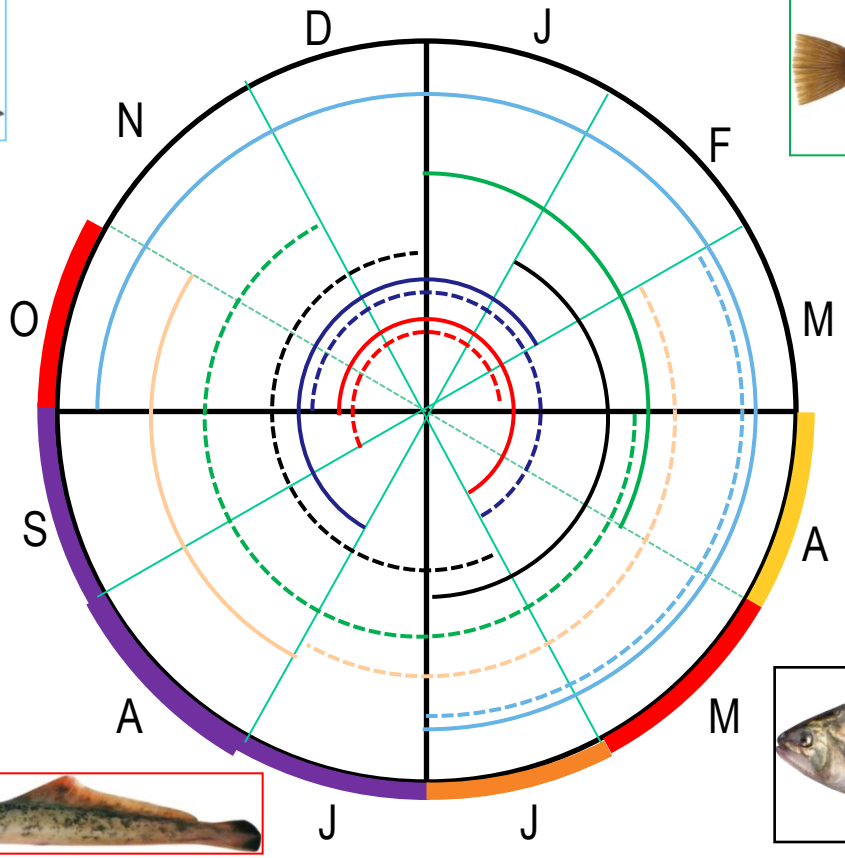
Sources des données : GIP Loire Estuaire, EDF, SHOM, DREAL pays de la Loire

L'oxygène dissous : impact sur les poissons



Concentrations moyennes journalières minimales en oxygène dissous

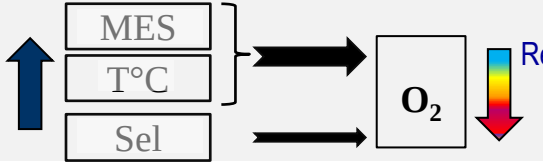
< 5 mg/l
< 4 mg/l
< 3 mg/l
< 2 mg/l
< 1 mg/l



Adultes
Juvéniles

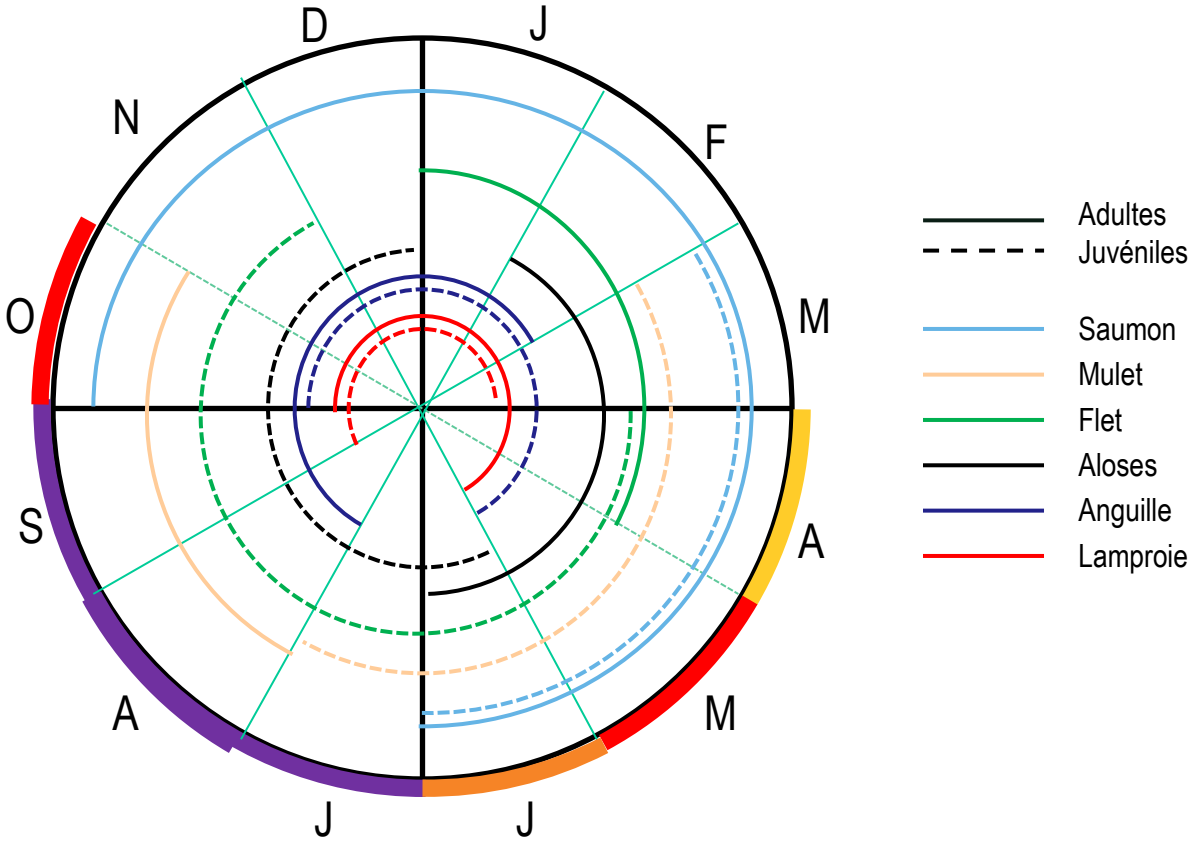
Saumon
Mulet
Flet
Aloses
Anguille
Lamproie

L'oxygène dissous : impact sur les poissons



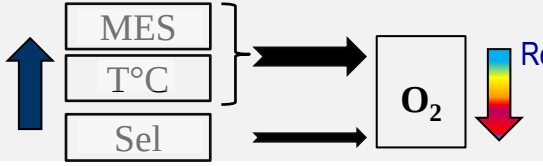
Concentrations moyennes journalières minimales en oxygène dissous

< 5 mg/l
< 4 mg/l
< 3 mg/l
< 2 mg/l
< 1 mg/l



➢ La plupart des espèces de poissons migrateurs peuvent être impactées.

L'oxygène dissous : impact sur les poissons

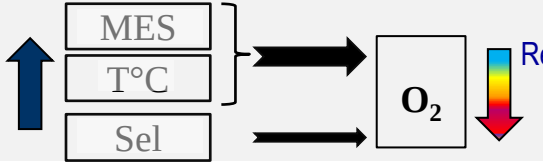


	Concentration en oxygène dissous (mg/l)	Impact sur les poissons
seuil sensible hypoxie	plus de 5	absence d'effets à long terme ; passage de l'ensemble des espèces migratrices
	de 4 à 5	salmonidés (saumon atlantique, truite de mer) : migration incertaine, croissance altérée
seuil critique	de 3 à 4	
	de 2 à 3	survie des juvéniles incertaine ; croissance et fécondité altérées ; arrêt ou retard du développement embryonnaire ; migration impossible pour beaucoup d'amphihalins ; mortalité des salmonidés
seuil létal	de 1 à 2	mortalité pour la plupart des espèces
	moins de 1	milieu azoïque (absence de vie animale)

- **Durée** des hypoxies
- **Etendue** spatiale des hypoxies

Les seuils et les temps de survie aux conditions hypoxiques varient également en fonction de la **température des eaux** : plus la température augmente, plus les seuils létaux augmenteront et les temps de survie diminueront.

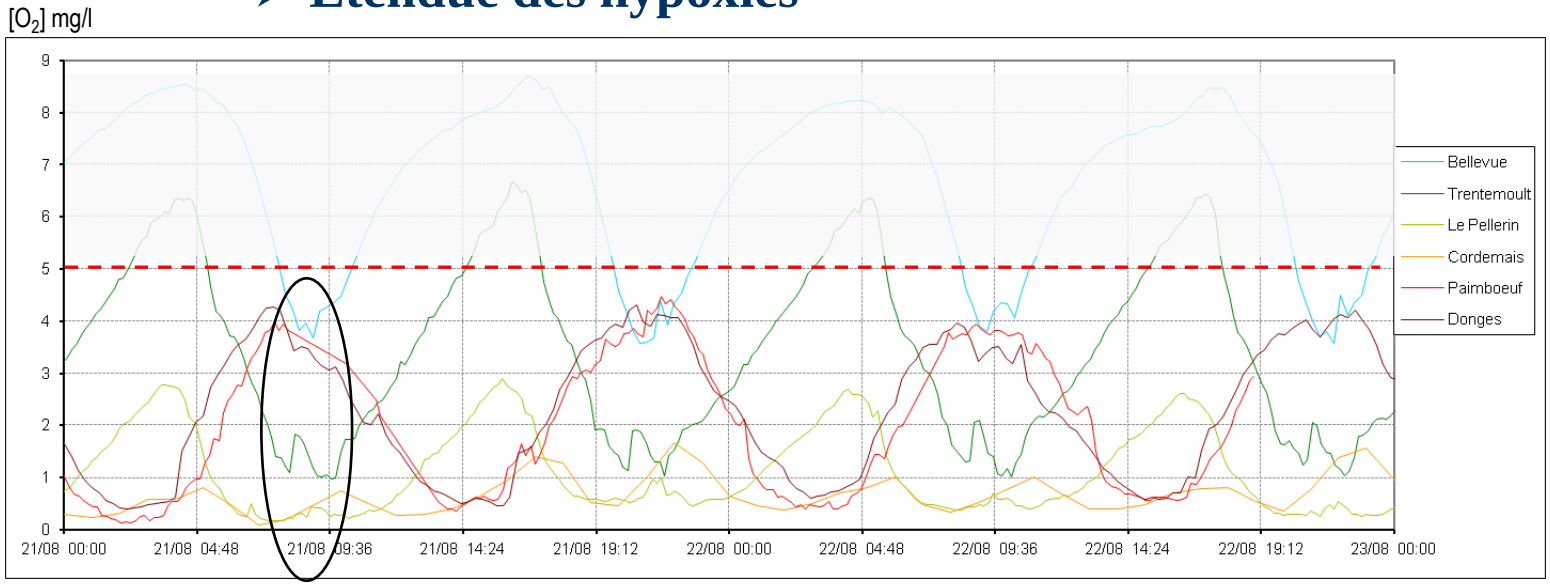
L'oxygène dissous



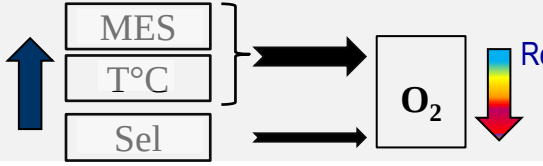
➢ Étendue des hypoxies

Débit :
environ 140 m^3/s

Vives eaux
(août 2012)



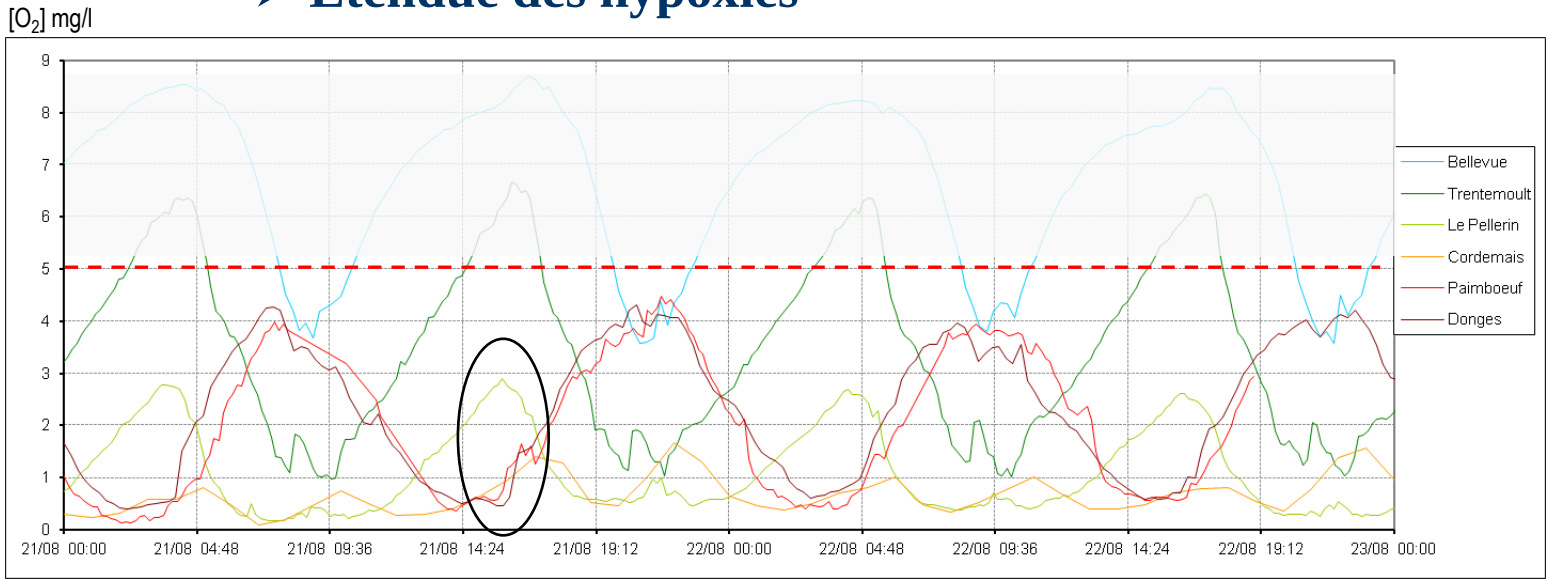
Sources des données: EDF / GIP Loire Estuaire



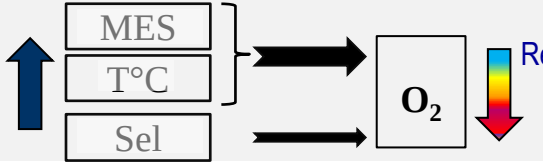
➢ Étendue des hypoxies

Débit :
environ 140 m^3/s

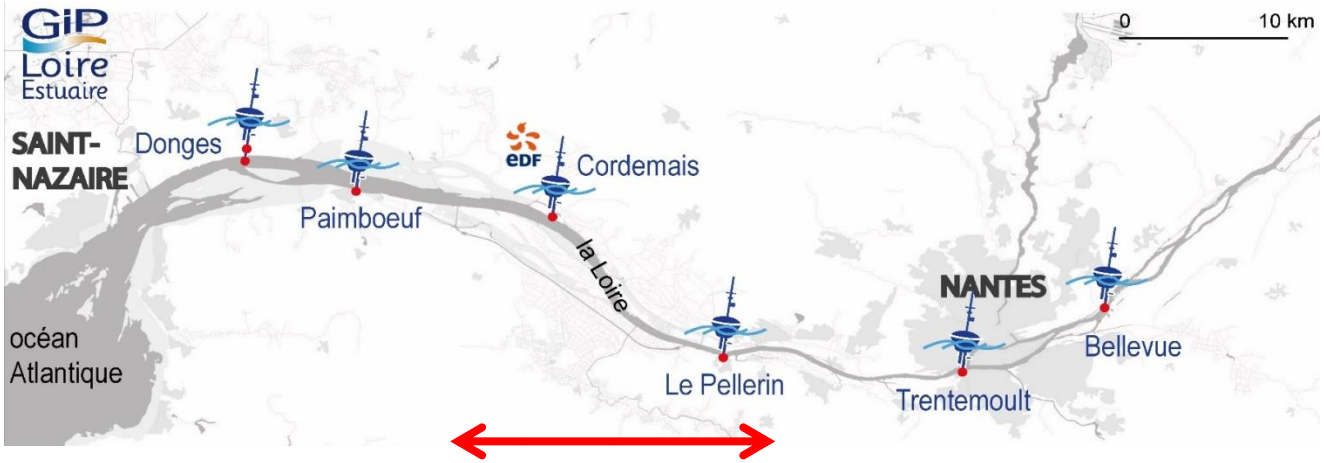
Vives eaux
(août 2012)

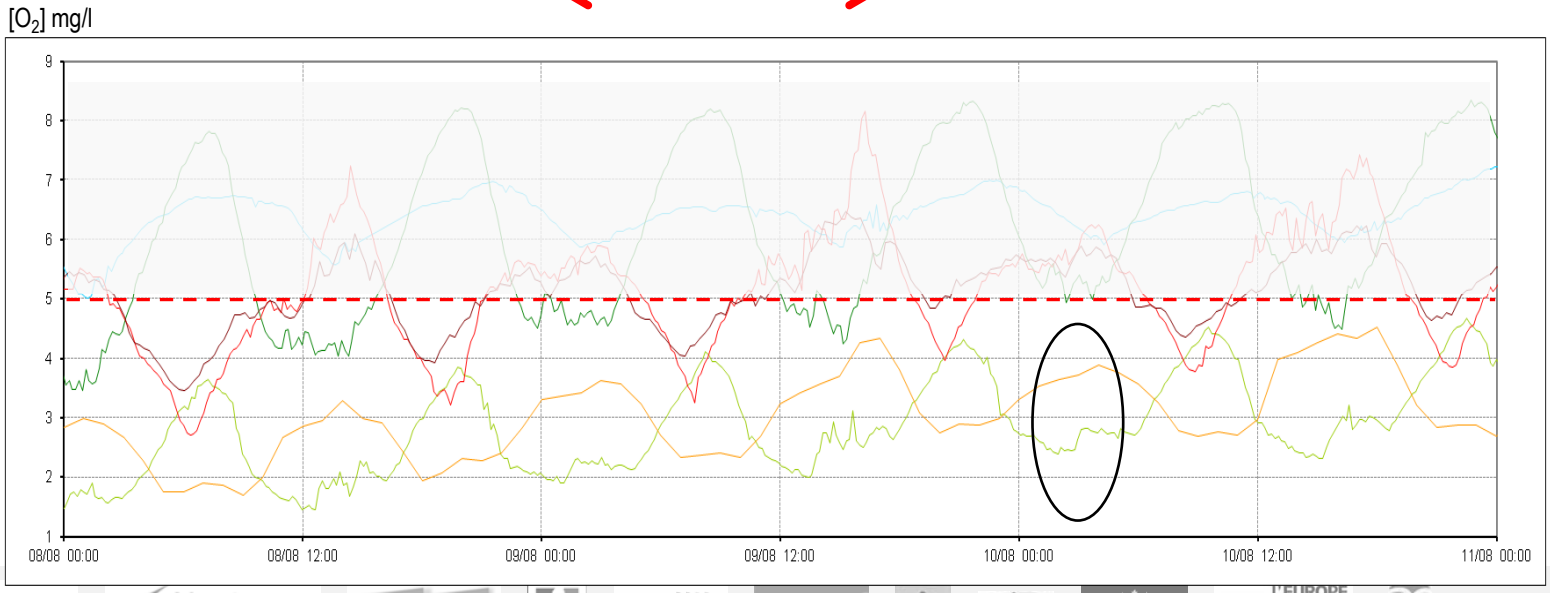


Sources des données: EDF / GIP Loire Estuaire



➢ Étendue des hypoxies

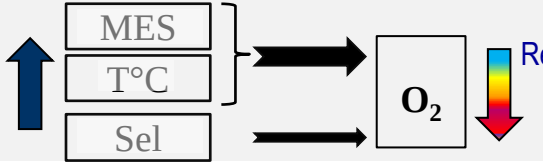




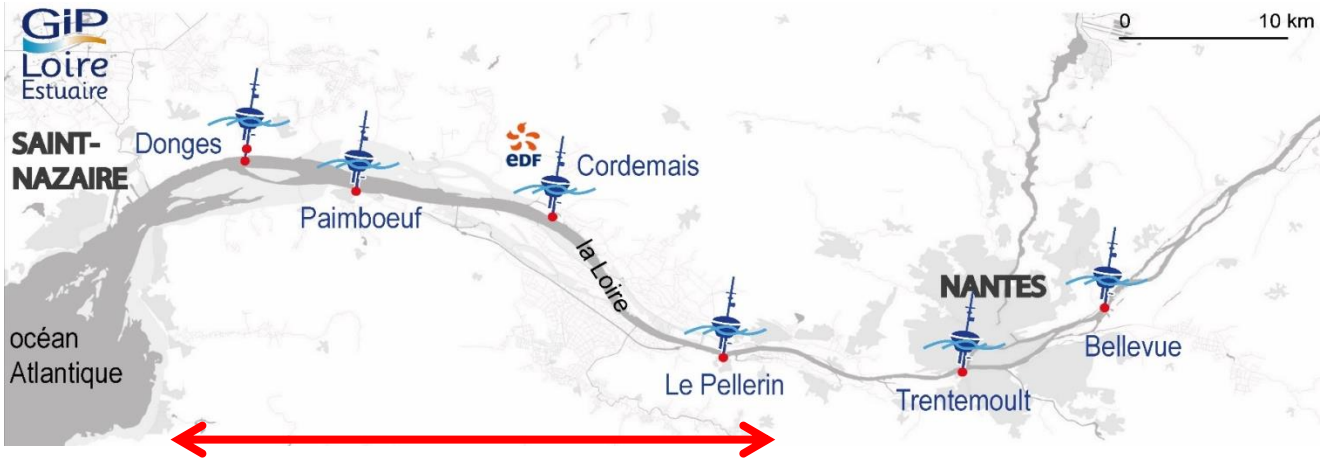
Débit : environ 140 m^3/s

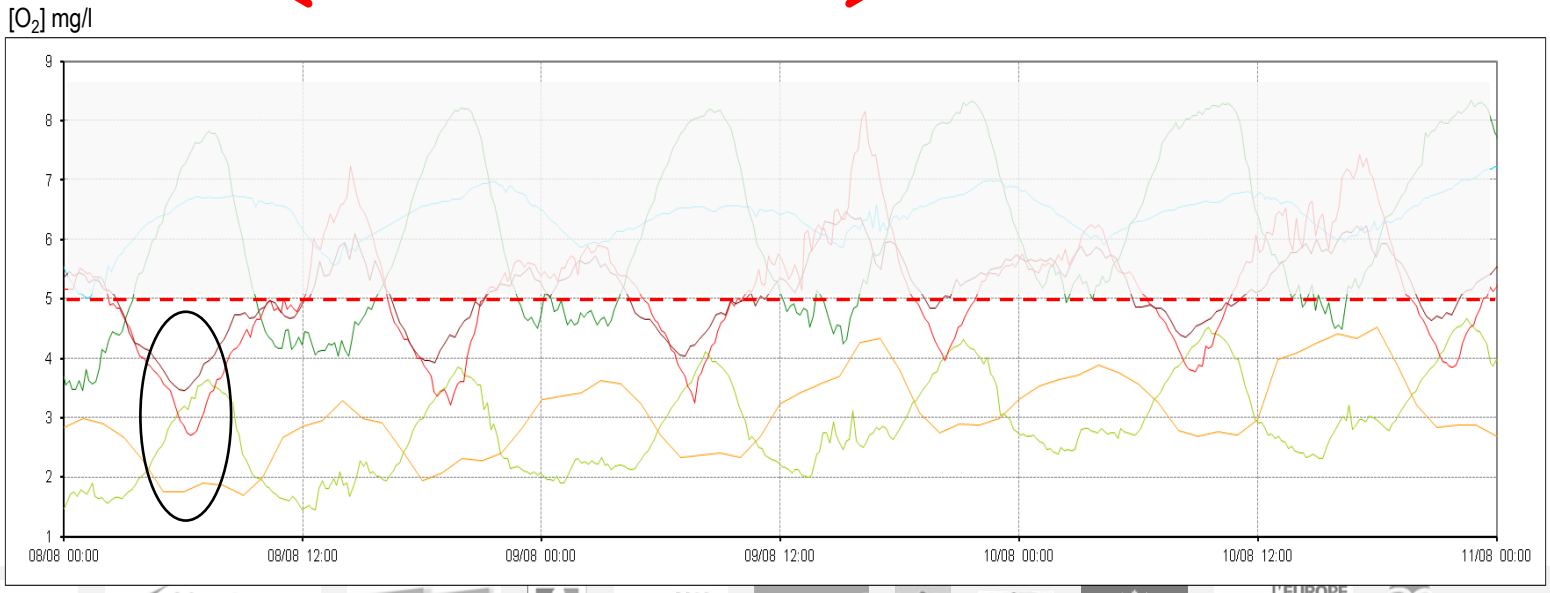
Mortes eaux (août 2015)

Sources des données: EDF / GIP Loire Estuaire



➢ Étendue des hypoxies

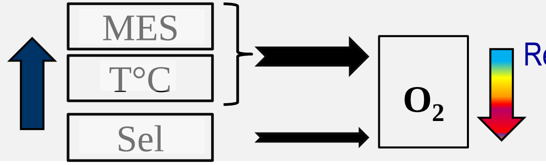




Débit : environ 140 m^3/s

Mortes eaux (août 2015)

Sources des données: EDF / GIP Loire Estuaire

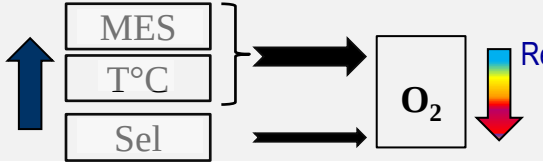


➢ Durée des hypoxies

- Durée maximale continue des hypoxies

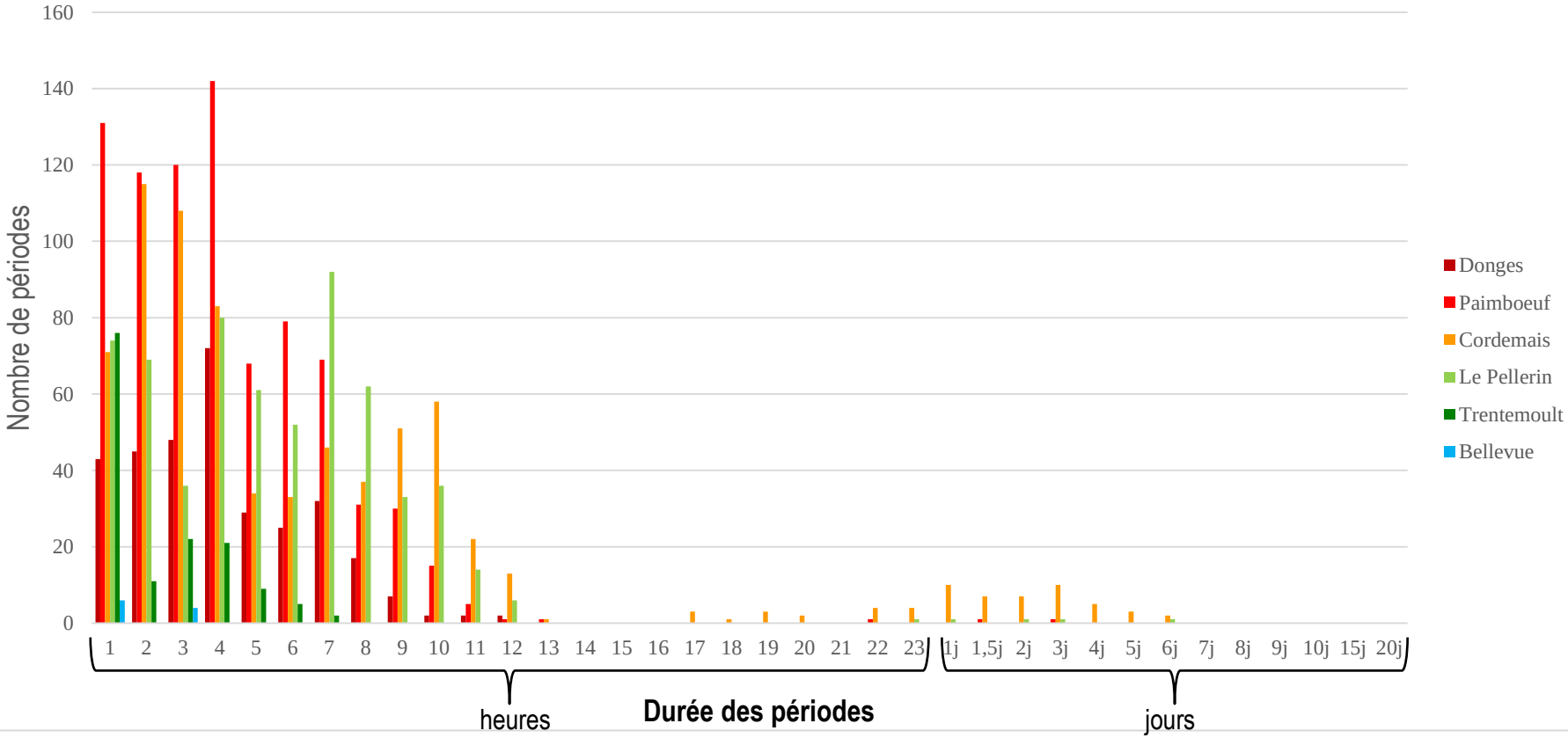
Concentration en oxygène dissous (mg/l)	Donges	Paimboeuf	Cordemais	Le Pellerin	Trentemoult	Bellevue
≤ 5	24 24 24 24 24 24 24 🕐	24 24 24 24 24 24 24 24	24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 🕐	24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 🕐	🕐	🕐
≤ 4	24 24 24 24	24 24 24 24 24	24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 🕐	24 24 24 24 24 24 24 🕐	🕐	🕐
≤ 3	🕐	24 24 🕐	24 24 24 24 24 24	24 24 24 24 24 🕐	🕐	🕐
≤ 2	🕐	🕐	24 24 24 🕐	🕐	🕐	🕐
≤ 1	🕐	🕐	24	🕐		

🕐 Entre 1h et 23h — 24 1 journée



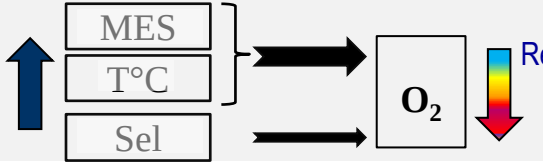
➢ Durée des hypoxies

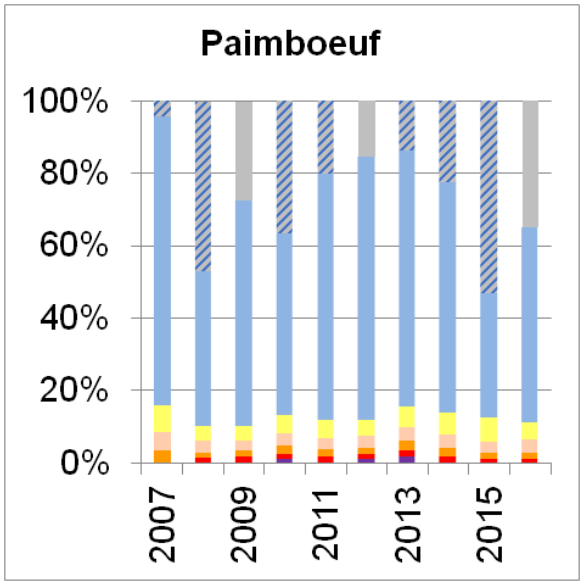
Nombre de périodes où **O2 < 3 mg/L**
(migration incertaine pour la plupart des poissons migrateurs)

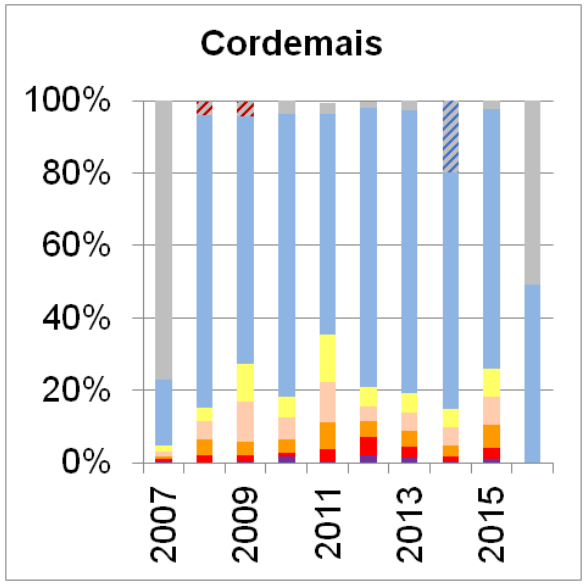


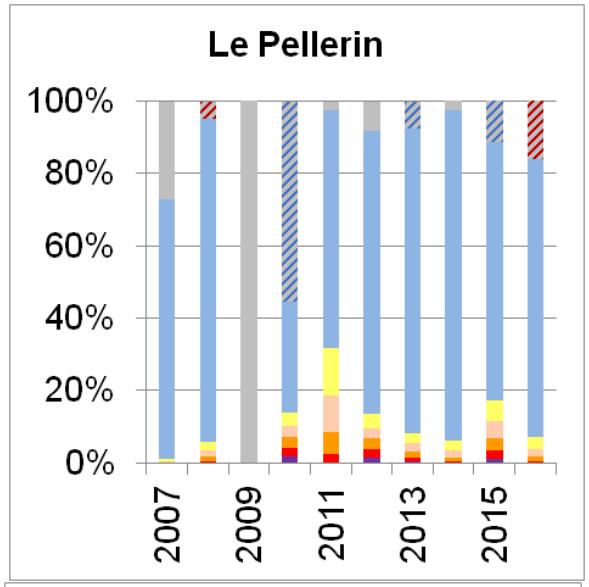
Sources des données: EDF / GIP Loire Estuaire

L'oxygène dissous : évolution sur 10 ans ?

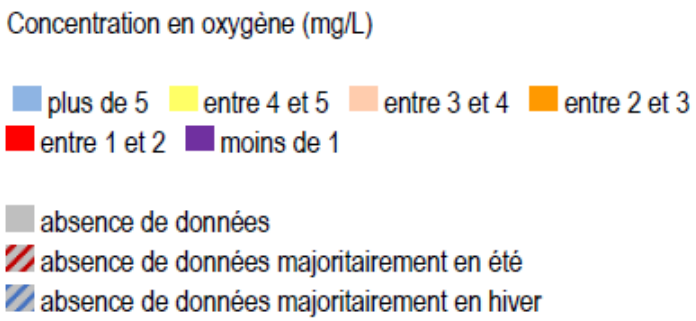


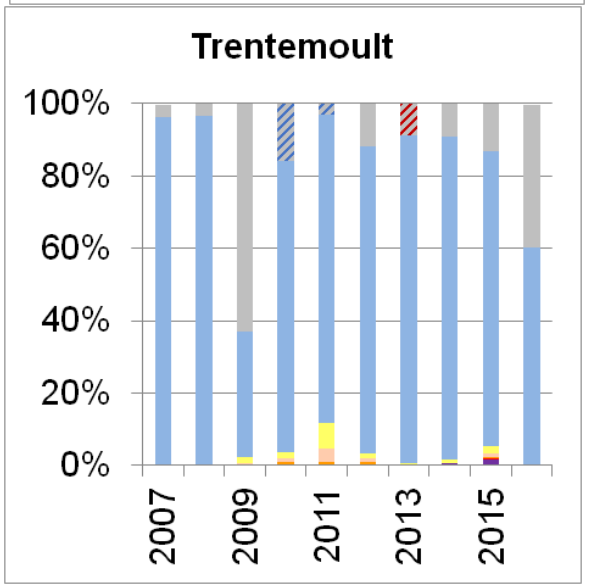






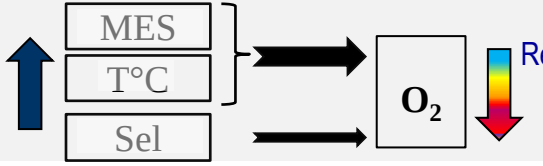
Suivi de la concentration en oxygène dissous en pourcentage de temps cumulé

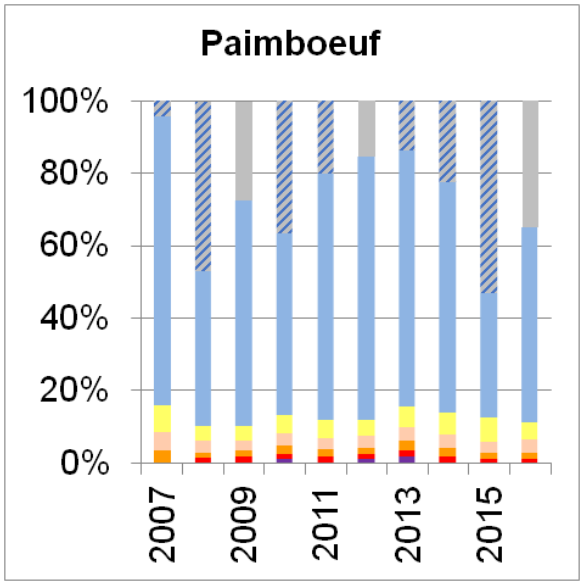


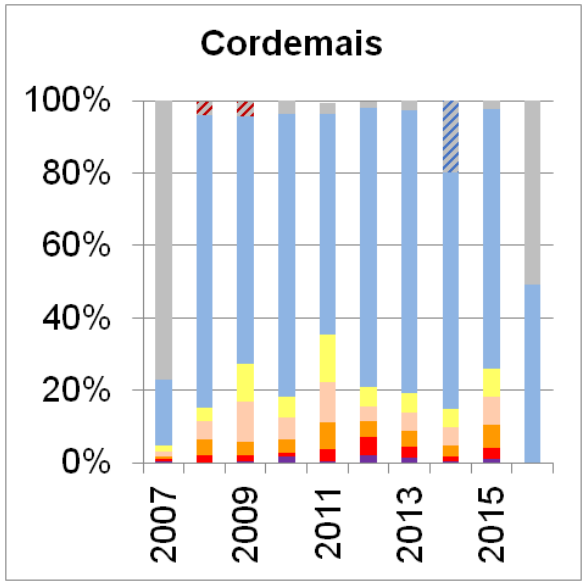


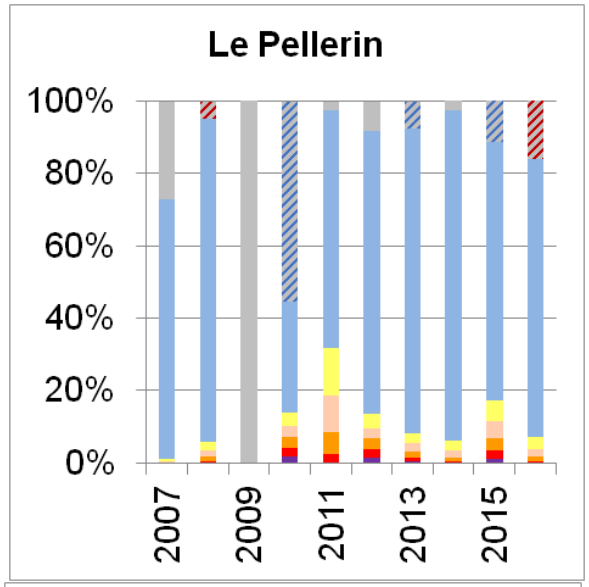
Sources des données: EDF / GIP Loire Estuaire

L'oxygène dissous : évolution sur 10 ans ?

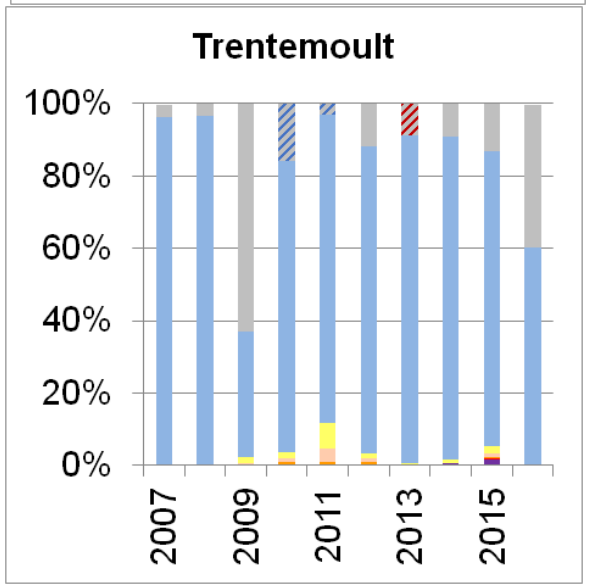








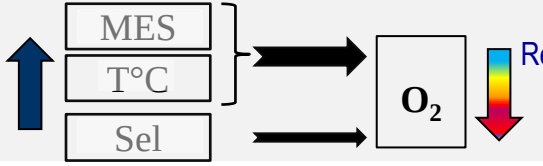
Suivi de la concentration en oxygène dissous en pourcentage de temps cumulé

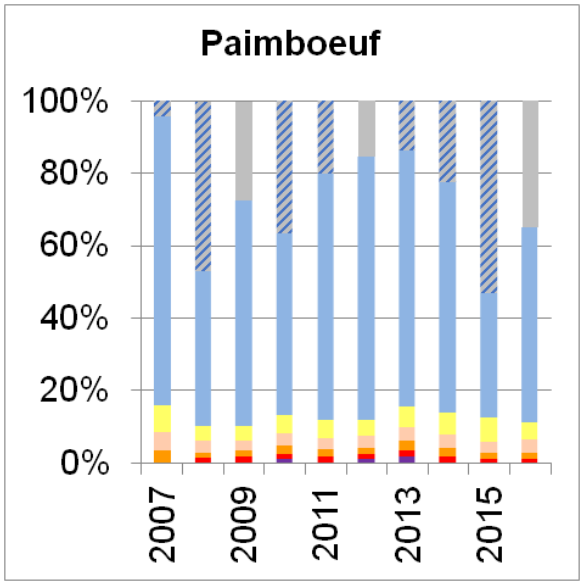


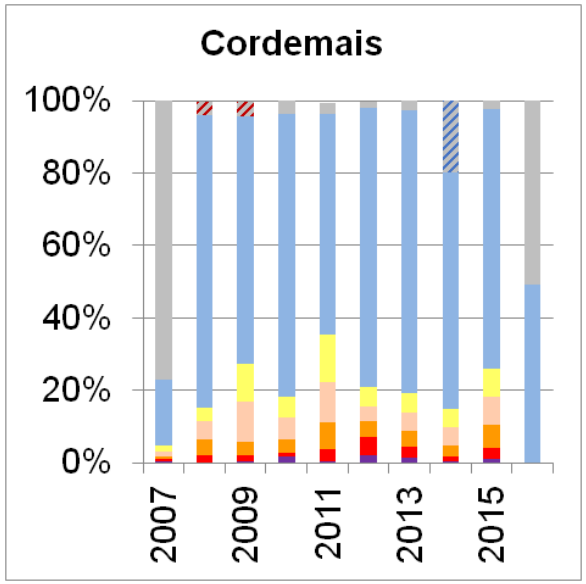
- La majeure partie du temps, la concentration en oxygène dissous est favorable à la vie aquatique.

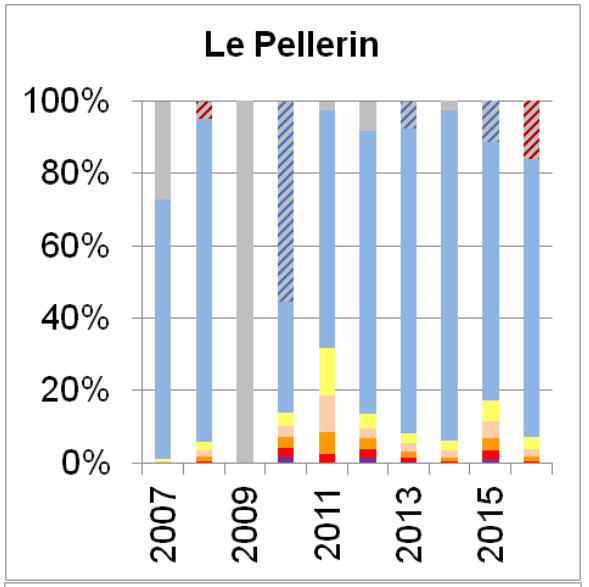
Sources des données: EDF / GIP Loire Estuaire

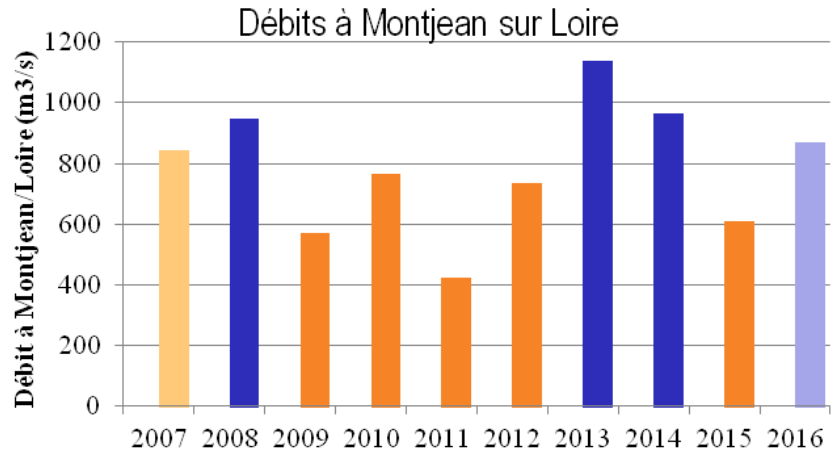
L'oxygène dissous : évolution sur 10 ans ?

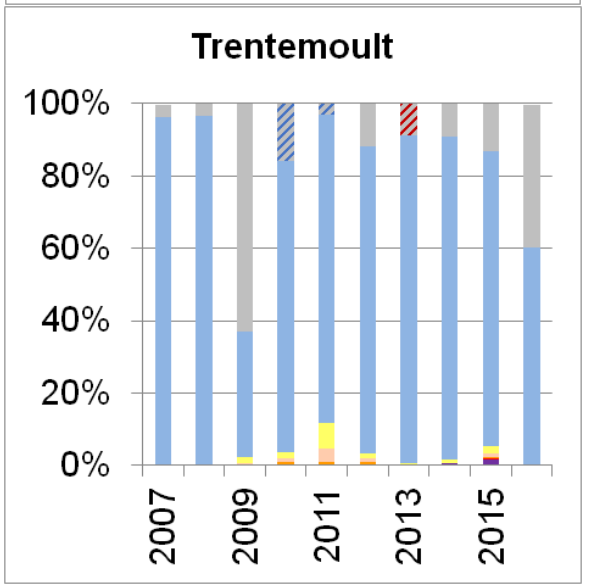






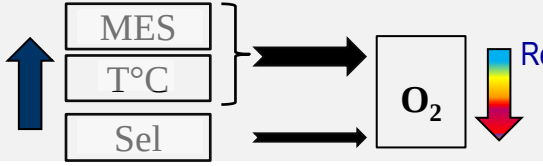


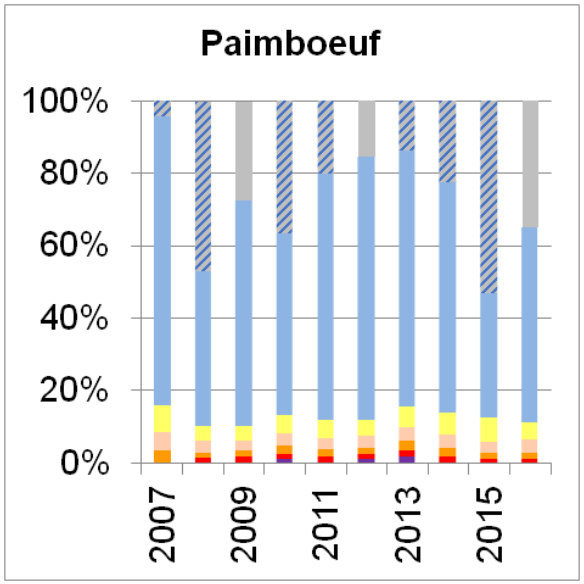


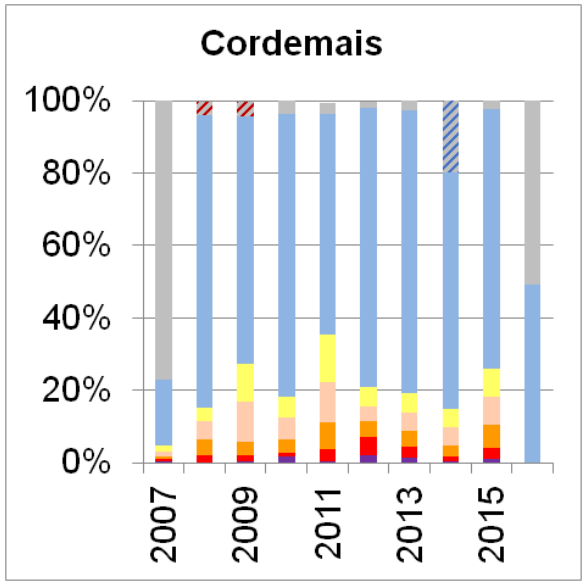


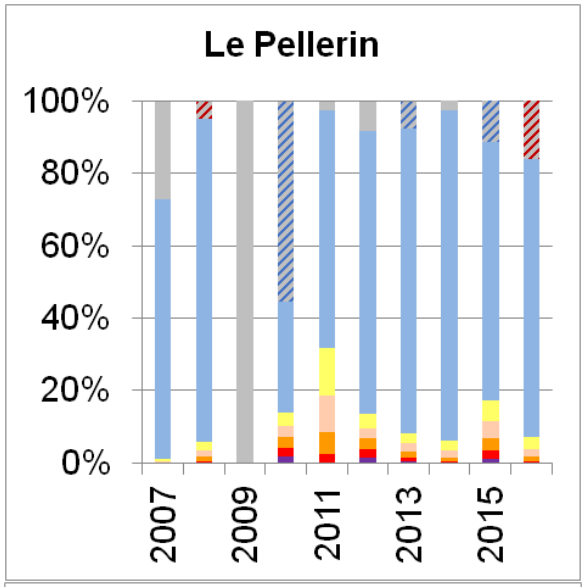
Sources des données: DREAL Pays de la Loire / EDF / GIP Loire Estuaire

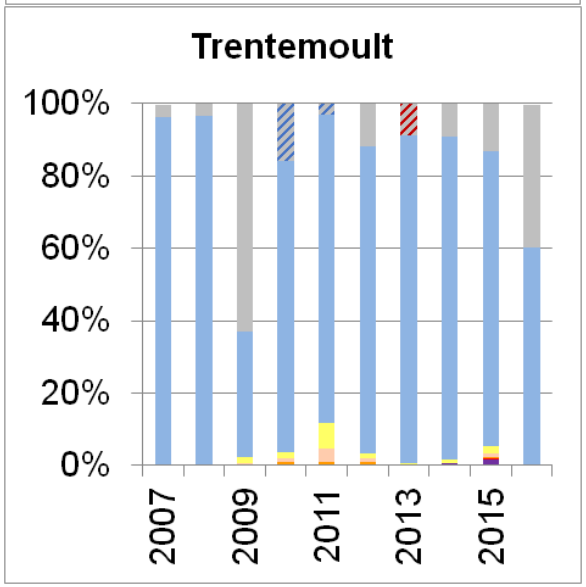
L'oxygène dissous : évolution sur 10 ans ?







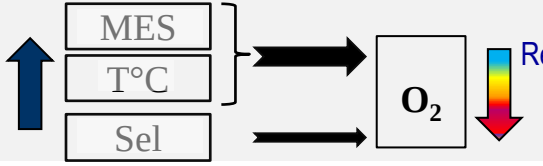


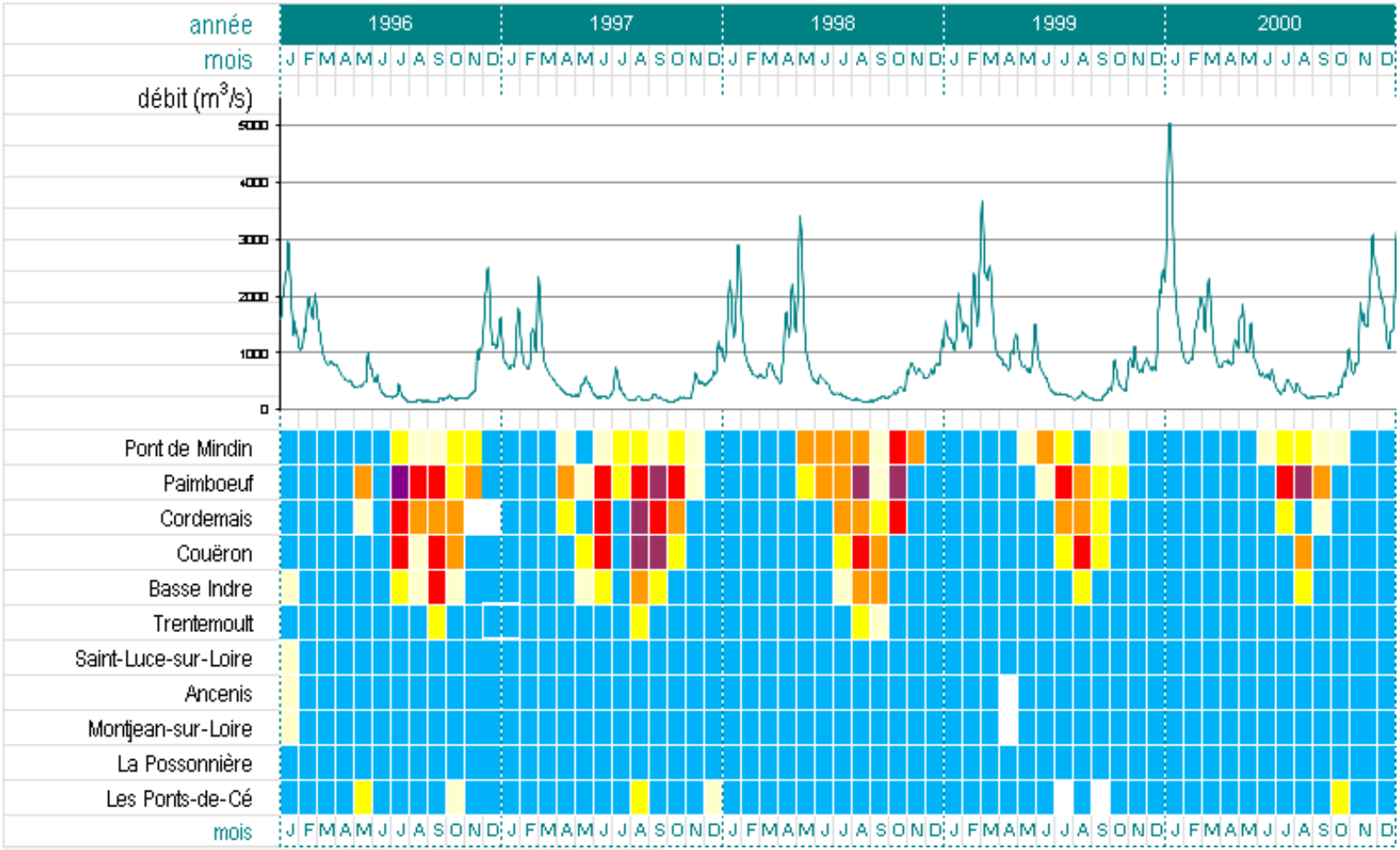


➢ Les variations interannuelles de concentrations en oxygène dissous sont dominées par l'influence des **apports en eau du fleuve**.

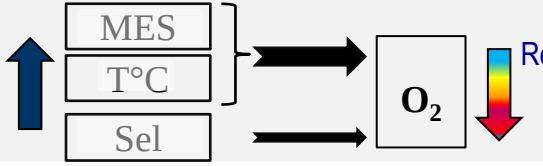
Sources des données: EDF / GIP Loire Estuaire

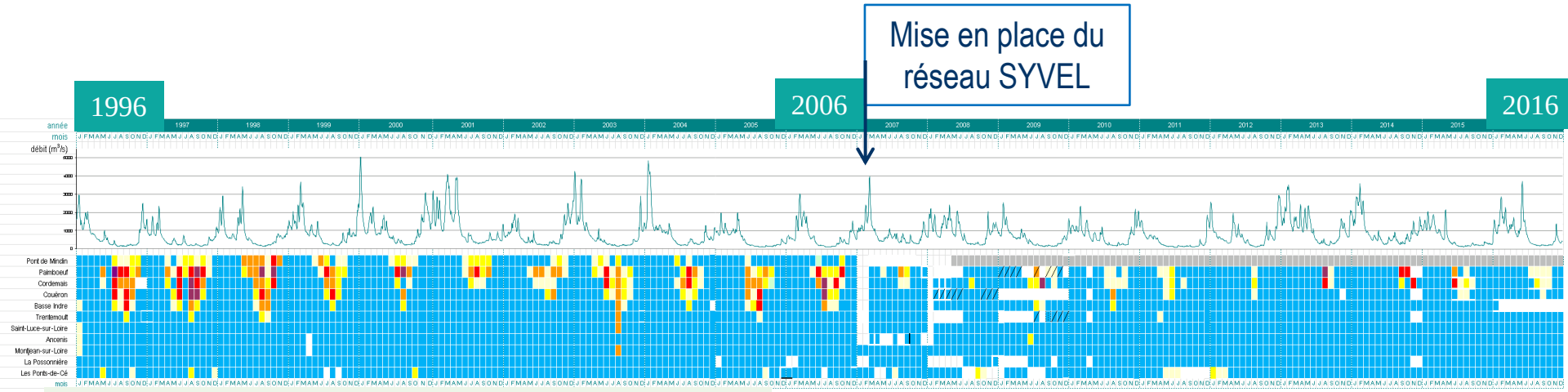
L'oxygène dissous : évolution à moyen terme ?





L'oxygène dissous : évolution à moyen terme ?



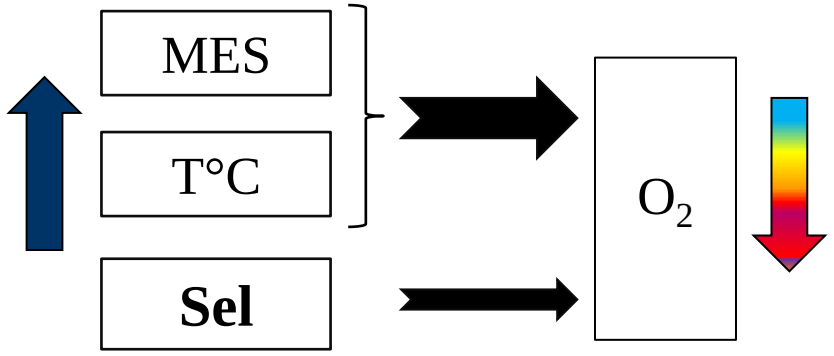


Sources des données : ARS 44, ARS 49, Département de Loire-Atlantique, DDTM 44, SMN-CQE, DREAL Pays de la Loire, GIP Loire Estuaire

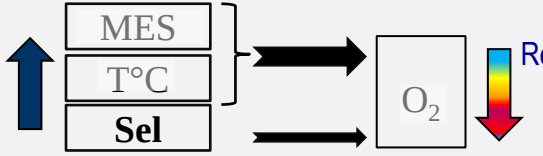
➢ Sur **20 ans**, une tendance à la **baisse de l'intensité et de l'étendue des hypoxies**. Attention cependant à la représentativité de la mesure mensuelle.

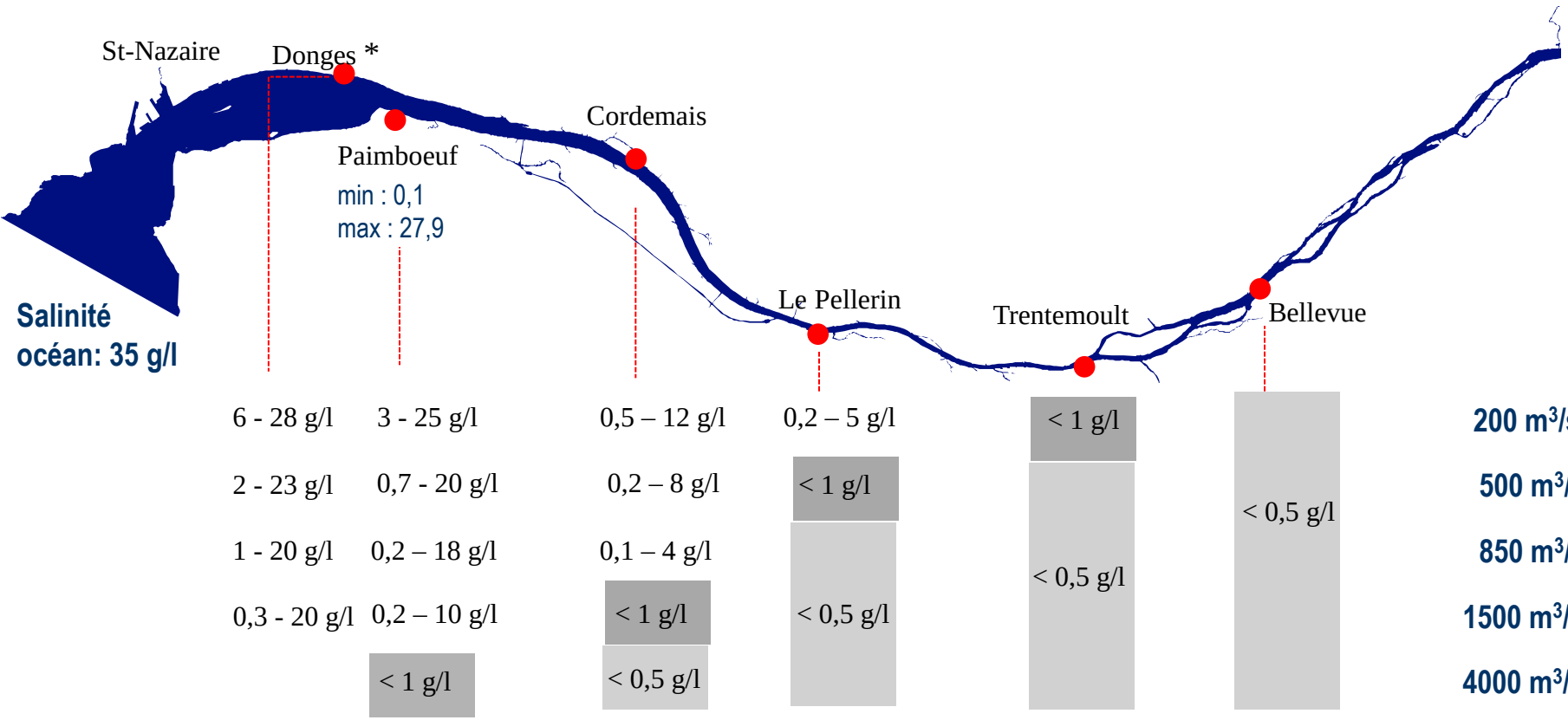
Sommaire

- La turbidité (le bouchon vaseux)
- La température de l'eau
- L'oxygène dissous
  - Les déficits en oxygène
  - L'impact sur les poissons
  - Evolution depuis 10 ans ?
- **La salinité**
  - Variabilité de la salinité
  - Evolution depuis 10 ans ?
- Conclusion



La salinité

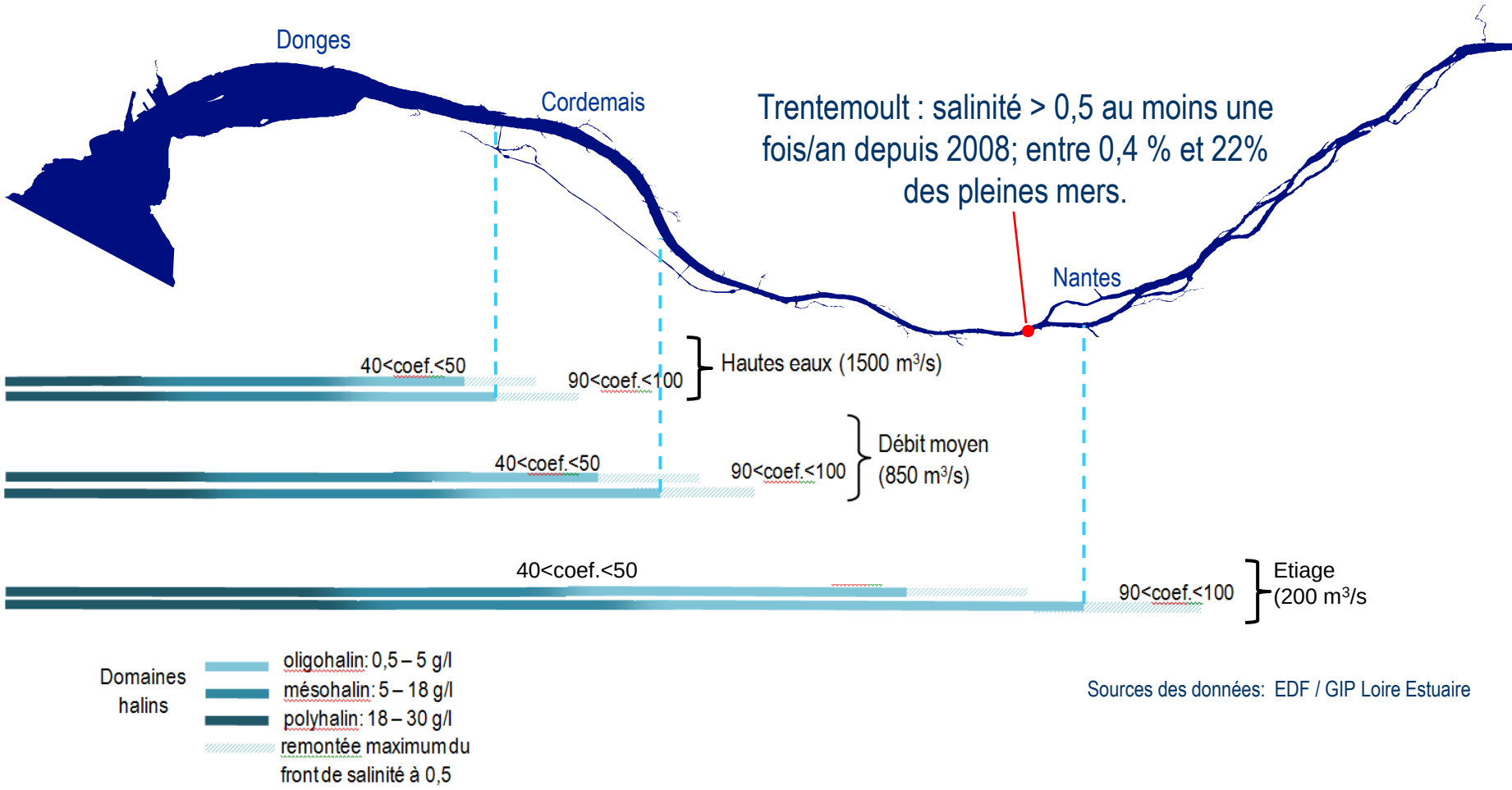




Sources des données: EDF / GIP Loire Estuaire

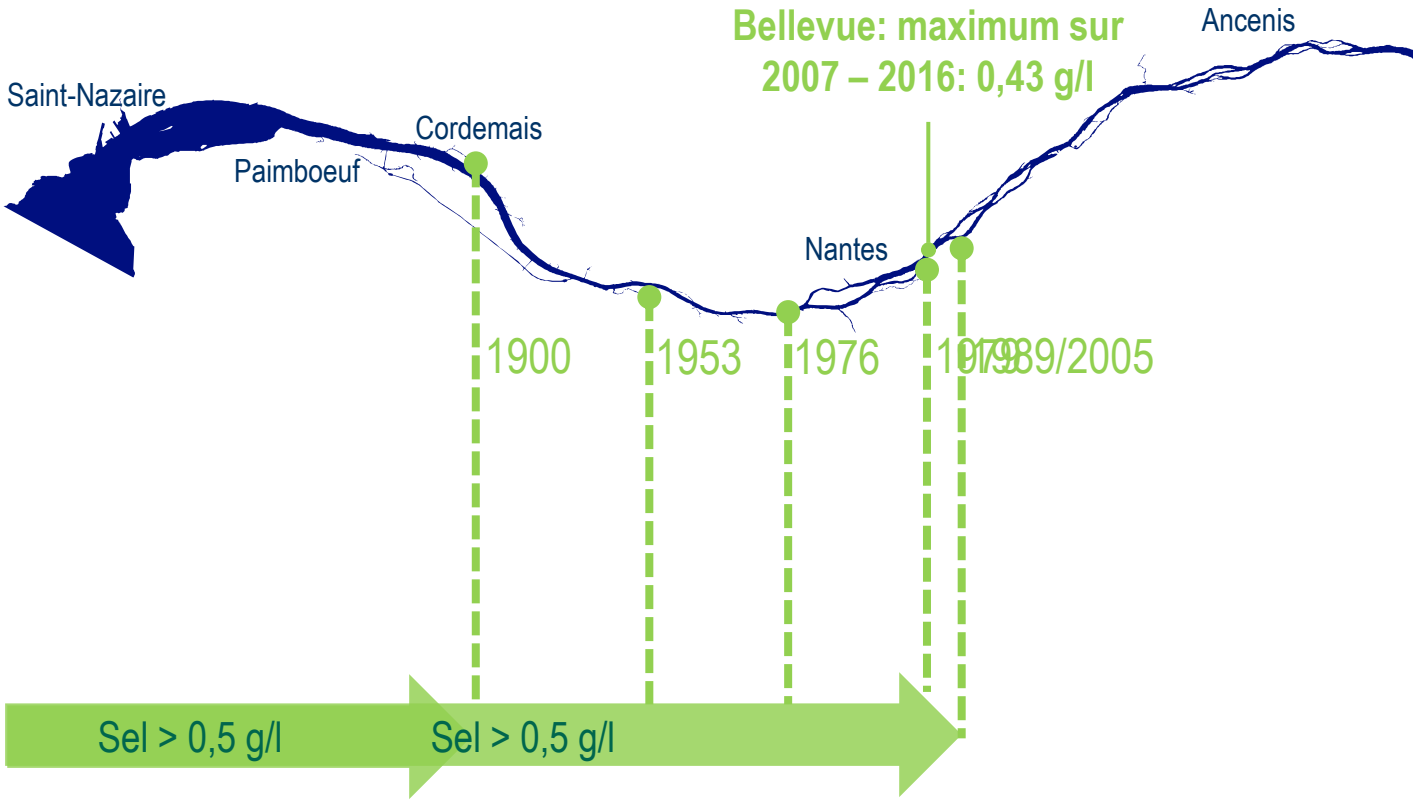
* Depuis 2011

- Zones halines fluctuantes

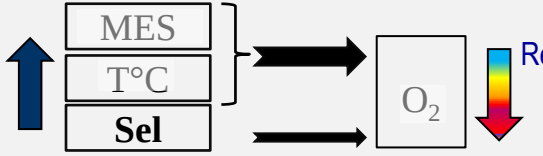


Sources des données: EDF / GIP Loire Estuaire

- Gradient longitudinal qui progresse vers l'amont au cours du 20e siècle



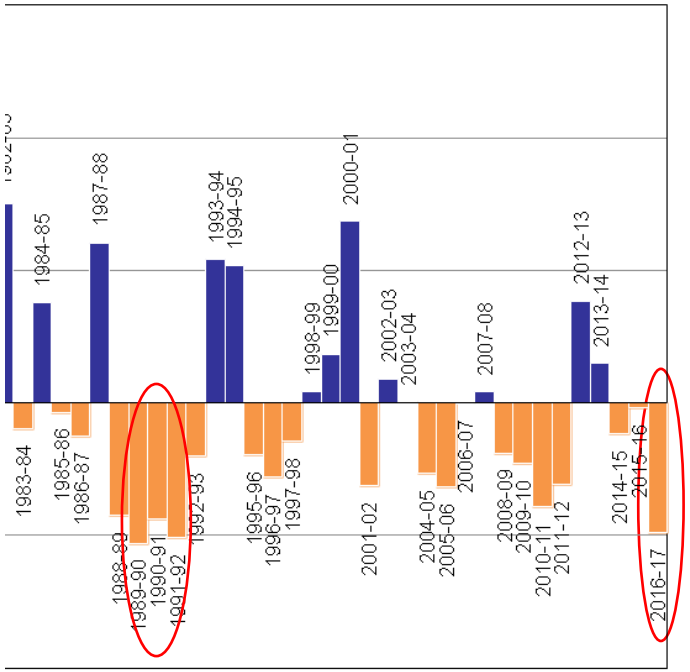
- **Pas de progression du front de salinité à 0,5 g/l vers l'amont** depuis la mise en place de SYVEL et sur la période 2007/2016.



➢ Au **début des années 1990**, le front de salinité remonte 3 km en amont du pont de Bellevue, pour des coefficients de marée supérieurs à 100 et des débits entre 111 et 138 m^3/s. Dépassement du seuil (0,5 g/l) entre 5 et 60 min par marée.

➢ **2016/2017**: première fois depuis 23 ans que les apports en eau sont aussi faibles, comparables au début des années 1990.

➢ Attente de la calibration pour analyser les données afin d'étudier la position du front de salinité.



Source des données: DREAL Pays de la Loire

Conclusion

- L'évolution des paramètres estuariens est dominée par les apports en eau douce du fleuve, imprévisibles, qui rencontrent les apports océaniques, plus cycliques :
  - **l'importance des phénomènes hydroclimatiques** (débit, coefficient de marée, température, etc.) masque les éventuelles tendances sur 2007/2016.

- Des **évolutions à plus long terme** se dessinent néanmoins :

  - **Oxygène dissous** : baisse de l'intensité et des étendues des hypoxies depuis les années 1990 (mais faible représentativité de la mesure mensuelle), mais pas de changement remarquable depuis 2007
  - **Salinité** : front de salinité ne progresse plus vers l'amont. La poursuite du suivi permettra de confirmer sa stabilisation, observer une éventuelle nouvelle dynamique.

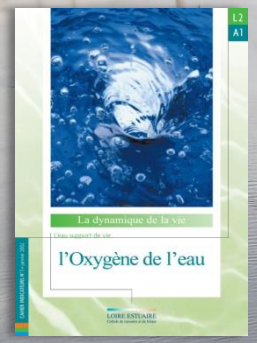
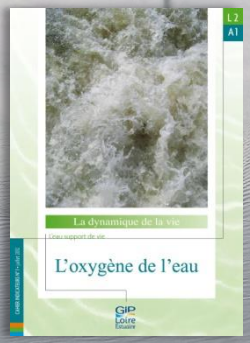
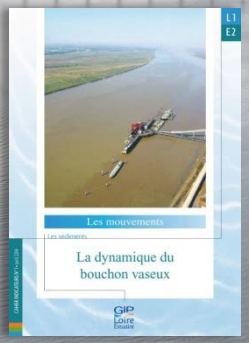
Conclusion

- Données du réseau SYVEL indispensables
  - pour **comprendre le fonctionnement de l'estuaire**: déplacement du bouchon vaseux, durée et étendue des hypoxies, variabilité de la salinité etc.
  - pour suivre l'évolution de ces phénomènes
  - pour mesurer l'**impact d'évènements exceptionnels**
  - pour répondre aux questions des acteurs du territoire sur un phénomène particulier (réactivité).

- Poursuite de ces suivis nécessaire pour l'établissement de **longues chroniques afin de mettre en évidence des tendances** dans un écosystème aussi fluctuant qu'un estuaire.

- Nécessité d'un nombre suffisant de stations de mesure tant la **variabilité des paramètres** est grande sur les 100 km d'estuaire.

- Données et expertise **à disposition de tous,** mobilisables pour toutes études et projets sur le territoire.

Merci de votre attention

➢ http://www.loire-estuaire.org/accueil/nos-outils/reseau-de-mesures-en-continu-syvel-2