

➤ Les apports d'eau douce à l'estuaire et la biodiversité aquatique

Mario LEPAGE

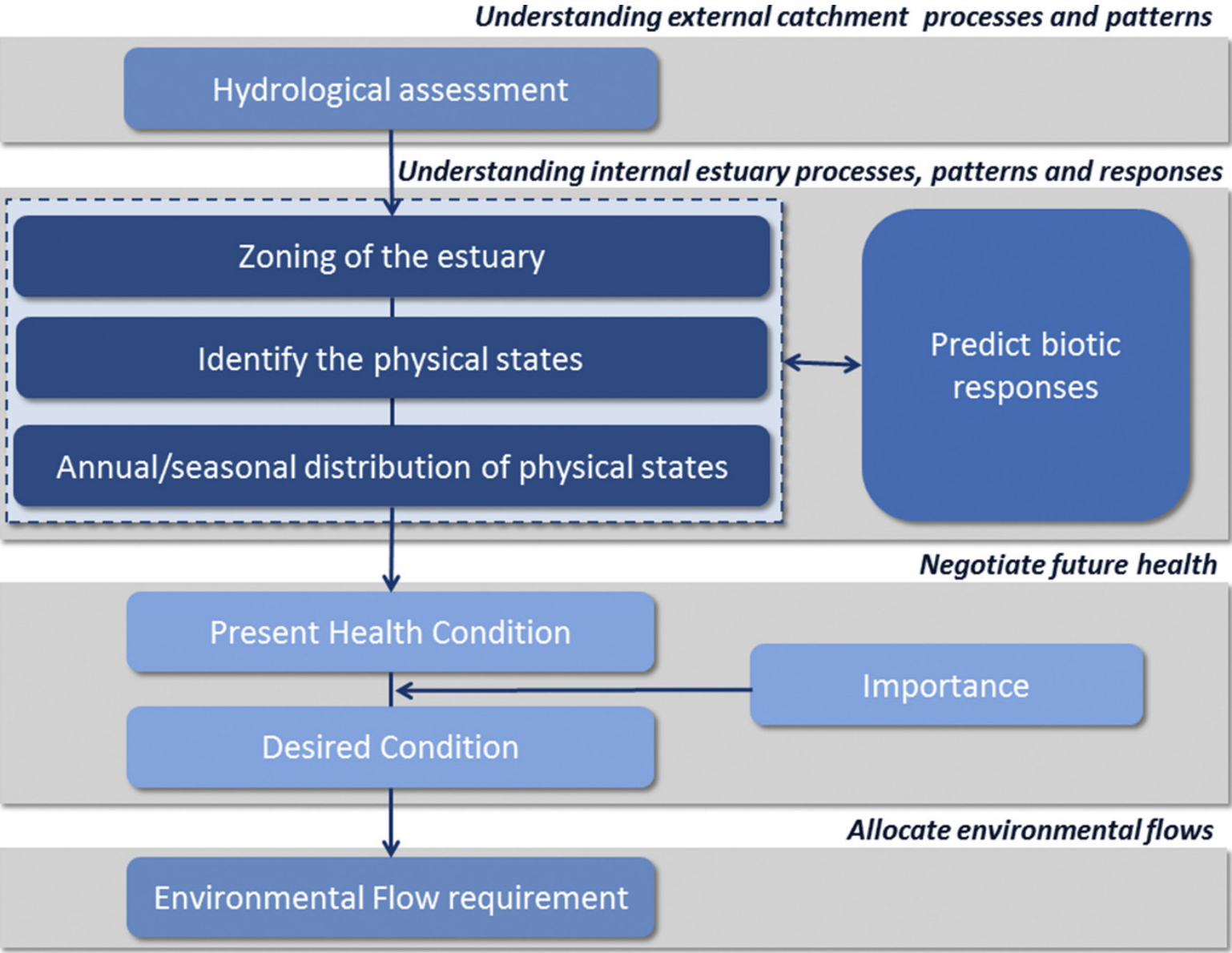
UR Ecosystèmes Aquatiques et Changements Globaux

Equipe FREEMA (Fonctionnement et Restauration des Ecosystèmes Estuariens et des Migrateurs Amphihalins)

Webinaire APPCB 23 juin 2025

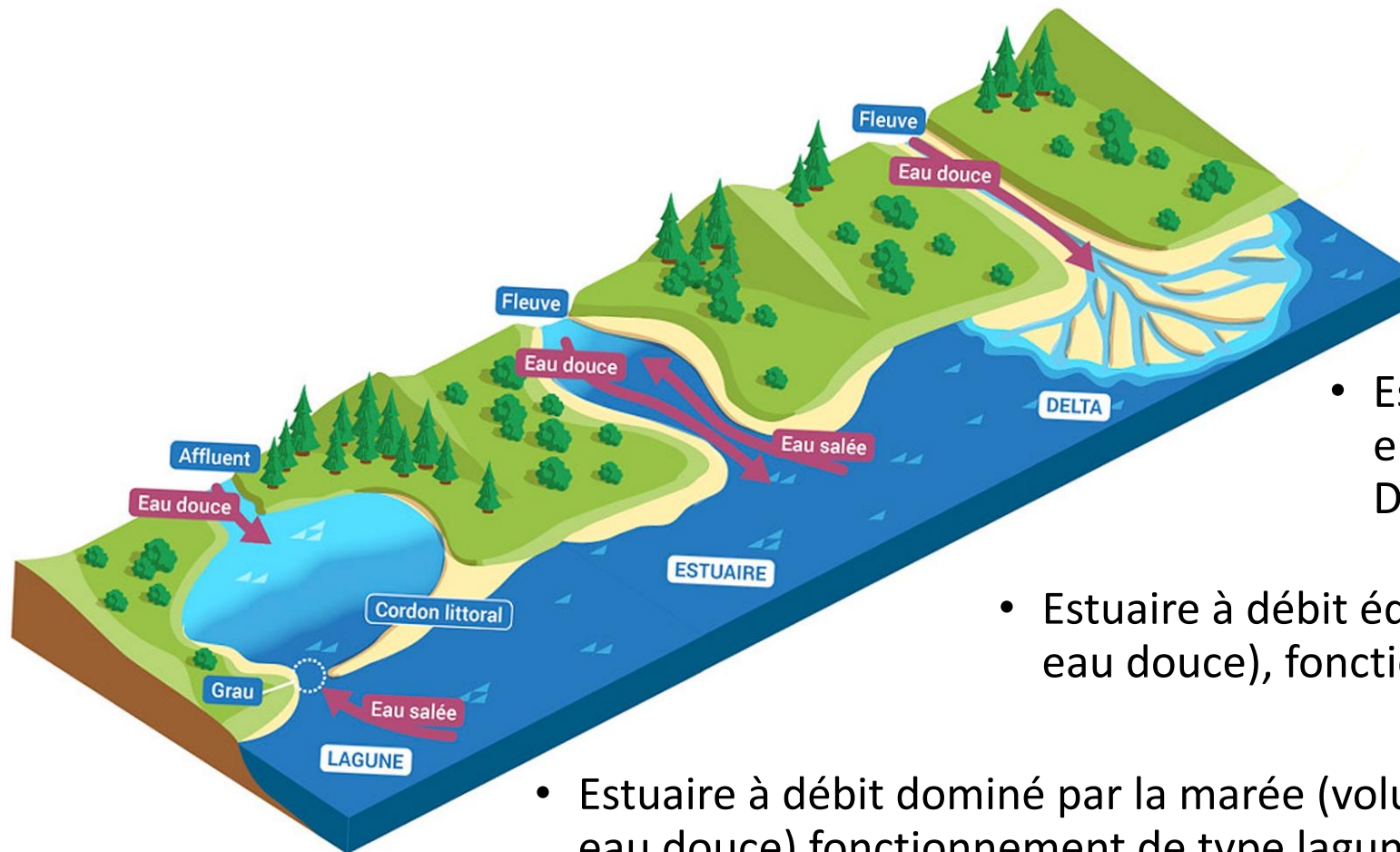
Logigramme des étapes pour l'évaluation des débits d'eau douce

Van Niekerk et al 2019 Environmental flow



Fonctionnement hydraulique d'eau de transition

- Toutes les situations existent dans la nature
 - Plusieurs types de fonctionnement estuarien ou de transition entre le milieu continental et le milieu marin. Système dynamique

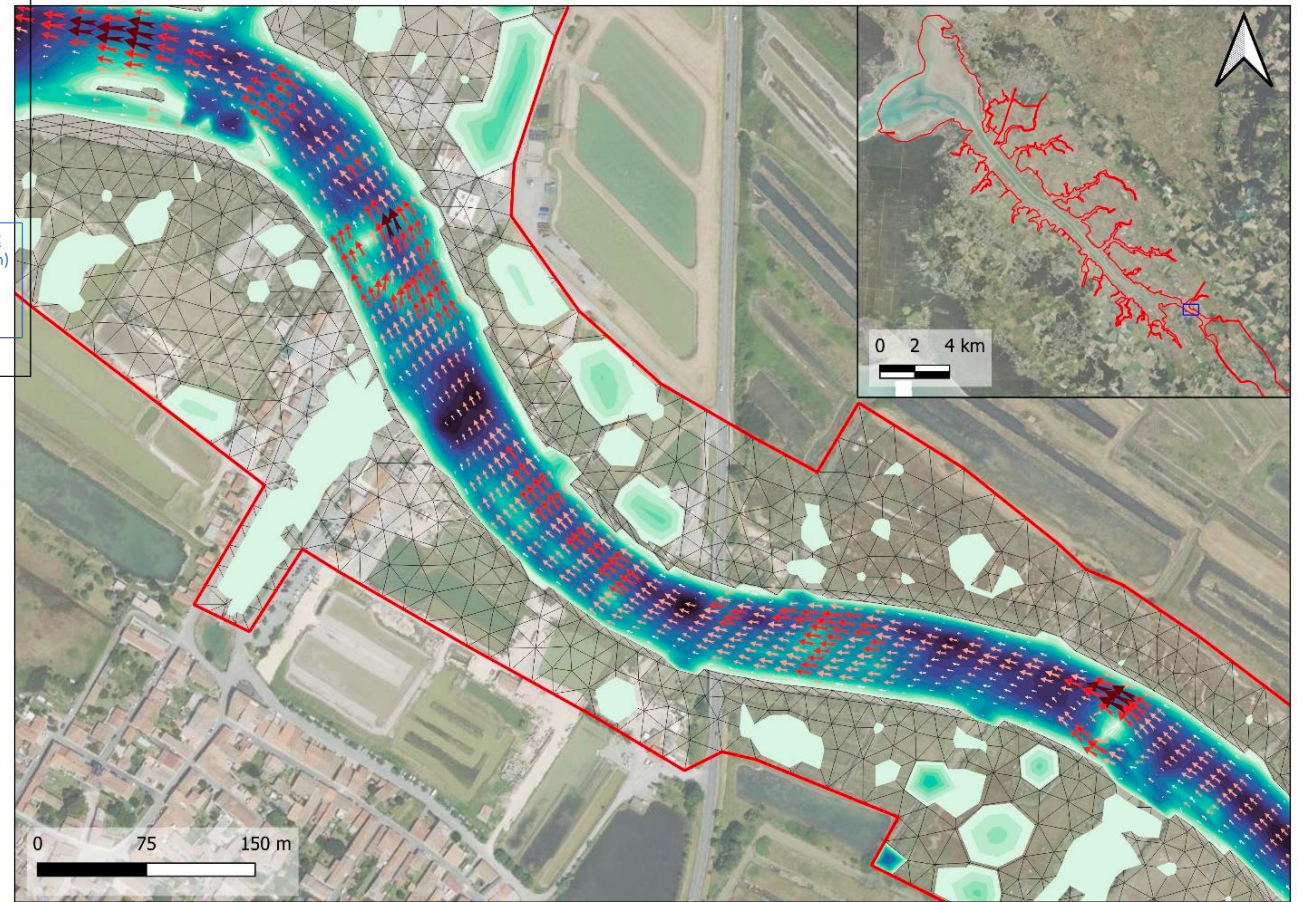
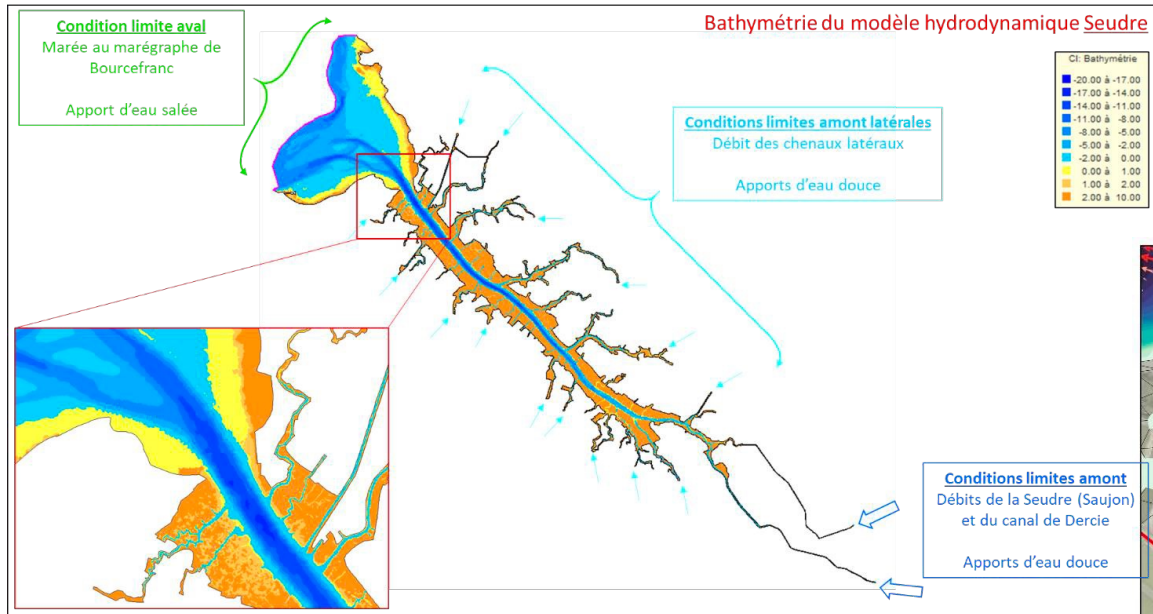


- Estuaire à débit dominé par eau douce (débit entrant < eau douce), fonctionnement type Delta ex : Rhône, Leyre
- Estuaire à débit équilibré entre fleuve et marée (entrant \geq eau douce), fonctionnement estuaire classique
- Estuaire à débit dominé par la marée (volume entrant \gg volume eau douce) fonctionnement de type lagune ou Ria

Bilan de l'état des débits fluviaux

- Toutes les situations existent dans la nature
 - Important d'identifier la situation et les conditions hydrauliques
 - Utilisation de modèle (existant ou à construire) pour simuler les variations de débits entrant/sortant et les effets sur la salinité, les vitesses de courants, l'oxygène dissous, la turbidité et la température sous l'effet de la marée, des saisons et des débits amont pour définir les conditions de débit permettant d'atteindre les objectifs de débit biologique

Modèles hydrodynamiques (rapport EAUCEA Seudre mai 2024)



Bilan de l'état des débits fluviaux

- Toutes les situations existent dans la nature
 - Important d'identifier la situation et les conditions hydrauliques
 - Utilisation de modèle (existant ou à construire) pour simuler les variations de débits entrant/sortant et les effets sur la salinité, les vitesses de courants, l'oxygène dissous, la turbidité et la température sous l'effet de la marée, des saisons et des débits amont
 - **ATTENTION** à la présence d'ouvrage de régulation à l'amont, les conditions de gestion sont parfois indépendantes des conditions hydrauliques naturelles

Bilan de l'état des débits fluviaux

- Toutes les situations existent dans la nature
 - Important d'identifier la situation et les conditions hydrauliques
 - Utilisation de modèle (existant ou à construire) pour simuler les variations de débits entrant/sortant et les effets sur la salinité, les vitesses de courants, l'oxygène dissous, la turbidité et la température sous l'effet de la marée, des saisons et des débits amont pour définir les conditions de débit permettant d'atteindre les objectifs de débit biologique
 - ATTENTION à la présence d'ouvrage de régulation à l'amont, les conditions de gestion sont parfois indépendantes des conditions hydrauliques naturelles
 - Nécessité de prendre en compte les apports latéraux (moins facile à quantifier car rarement équipé d'outil de mesure de débit)

Conclusion partie hydraulique

Understanding external catchment processes and patterns

Hydrological assessment

- Gros besoins de données et de **compétences en modélisation** pour bien appréhender les **variations naturelles issues des marées et des variations saisonnières, des débits amont et des apports latéraux**
- Modélisation des **conditions limites pour l'atteinte des objectifs de débit biologique**
- Préalable indispensable à l'évaluation des **effets biologiques potentiels de réduction de débits amont** en lien avec des activités humaines

- Evaluation effets biologiques de la réduction des débits amont
- Modifiez le style des sous-titres du masque

Quelques chiffres sur les estuaires

Parmi les zones les plus productives de la planète (Costanza et al. 1997)

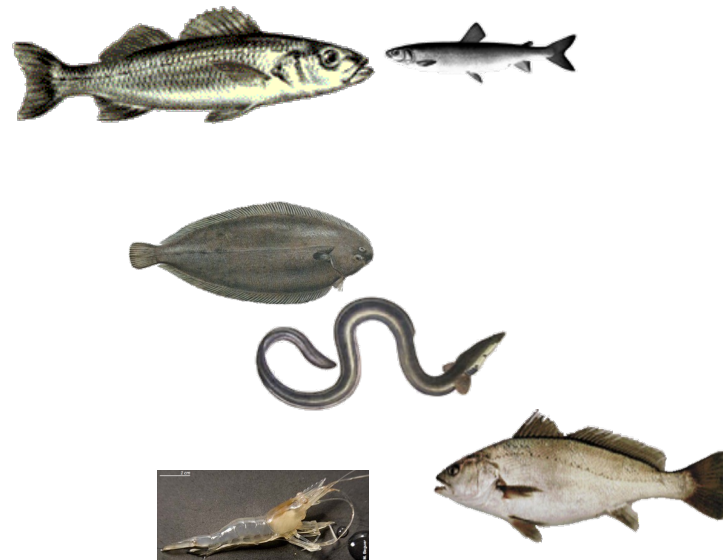
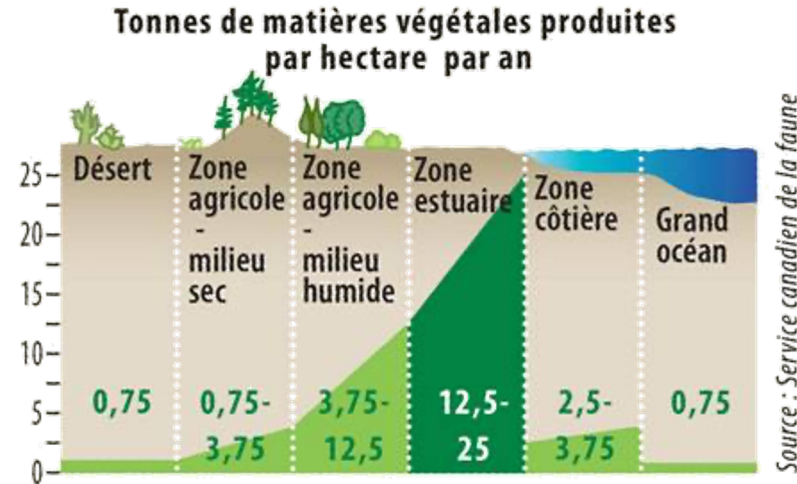
Golfe du Mexique : 70% des espèces d'intérêt halieutique proviennent des estuaires

> 90% captures

75% captures commerciales aux US

77 % en poids and 80% en valeur en Suède

87% en valeur des pêcheries commerciales et récréatives dépendent d'espèces qui passent tout ou partie de leur vie dans les zones côtières et estuariennes (OCDE, 1993)



Les fonctions écologiques des estuaires

Les grands forçages naturels sur les écosystèmes estuariens

La salinité

Un débit d'eau douce suffisant impactera le mélange de l'eau douce et salée pour créer de l'eau saumâtre

Eaux douces

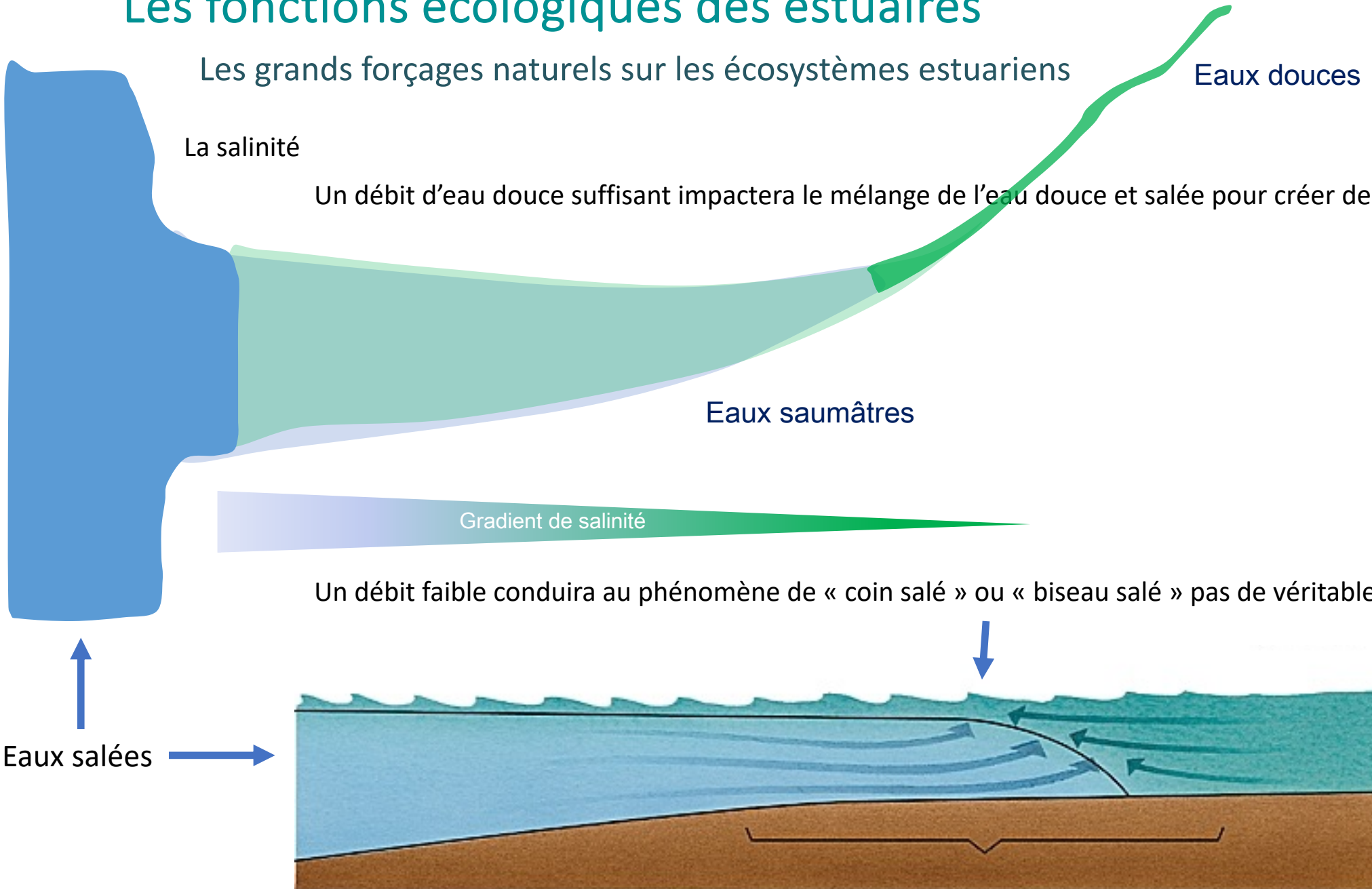
Eaux saumâtres

Gradient de salinité

Un débit faible conduira au phénomène de « coin salé » ou « biseau salé » pas de véritable mélange

Eaux salées

Eau douce



Les fonctions écologiques des estuaires

Les grands forçages naturels sur les écosystèmes estuariens

La salinité

Un débit d'eau douce suffisant impactera le mélange de l'eau douce et salée pour créer de l'eau saumâtre

Eaux douces

T°
+ fraîche que
l'eau
continentale
l'été et plus
chaude l'hiver

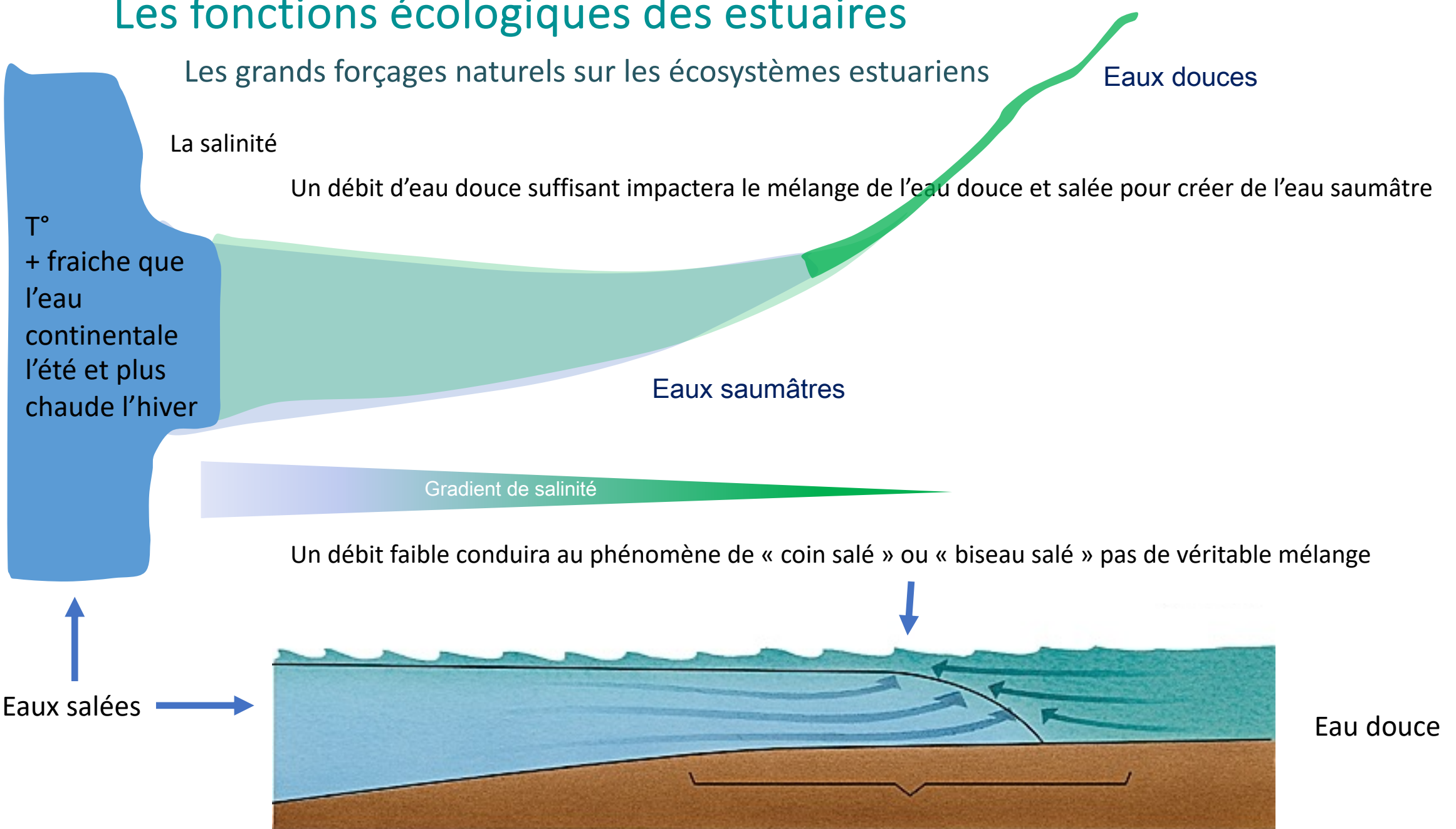
Eaux saumâtres

Gradient de salinité

Un débit faible conduira au phénomène de « coin salé » ou « biseau salé » pas de véritable mélange

Eaux salées

Eau douce



Les fonctions écologiques des estuaires

Les grands forçages naturels sur les écosystèmes estuariens

La salinité

Un débit d'eau douce suffisant impactera le mélange de l'eau douce et salée pour créer de l'eau saumâtre

Eaux douces

O₂ bon à mauvais en particulier en période chaude

O₂ généralement très bon

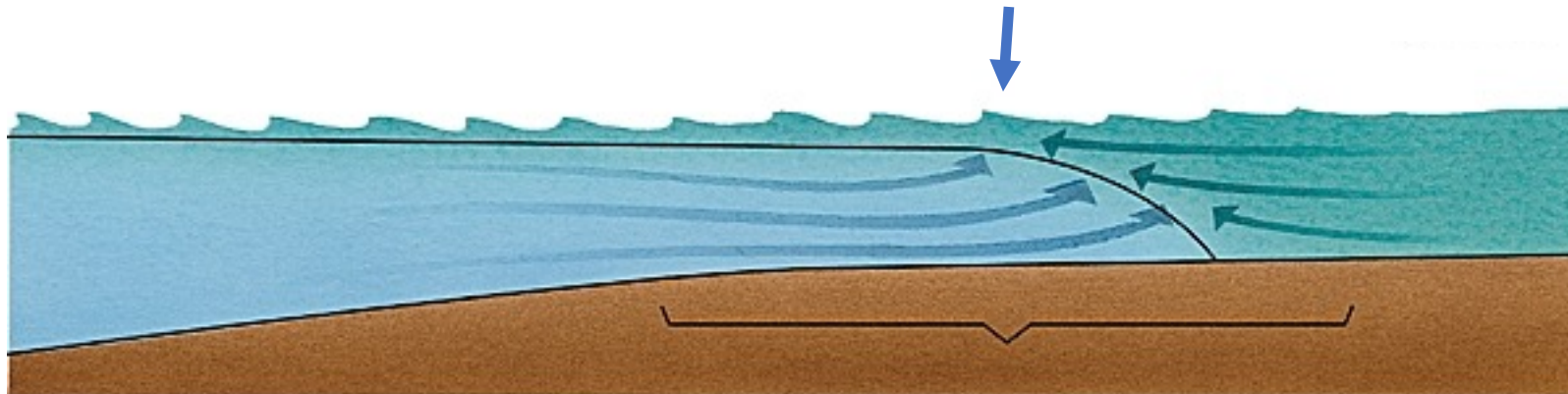
O₂ bon à mauvais selon le temps de résidence de l'eau et les apports de matière oxydable

Eaux saumâtres

Gradient de salinité

Un débit faible conduira au phénomène de « coin salé » ou « biseau salé » pas de véritable mélange

Eaux salées

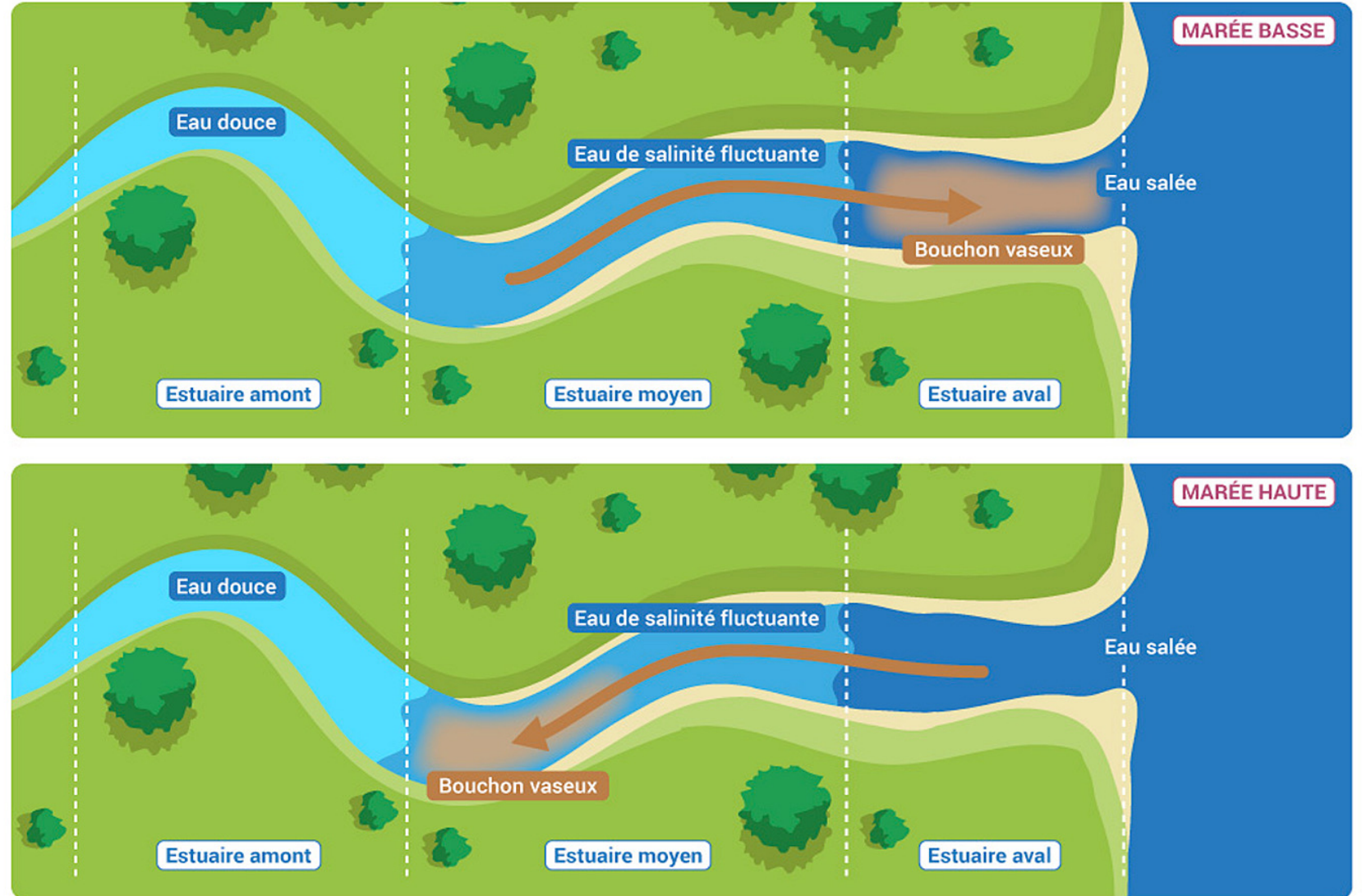


Eau douce

Les fonctions écologiques des estuaires

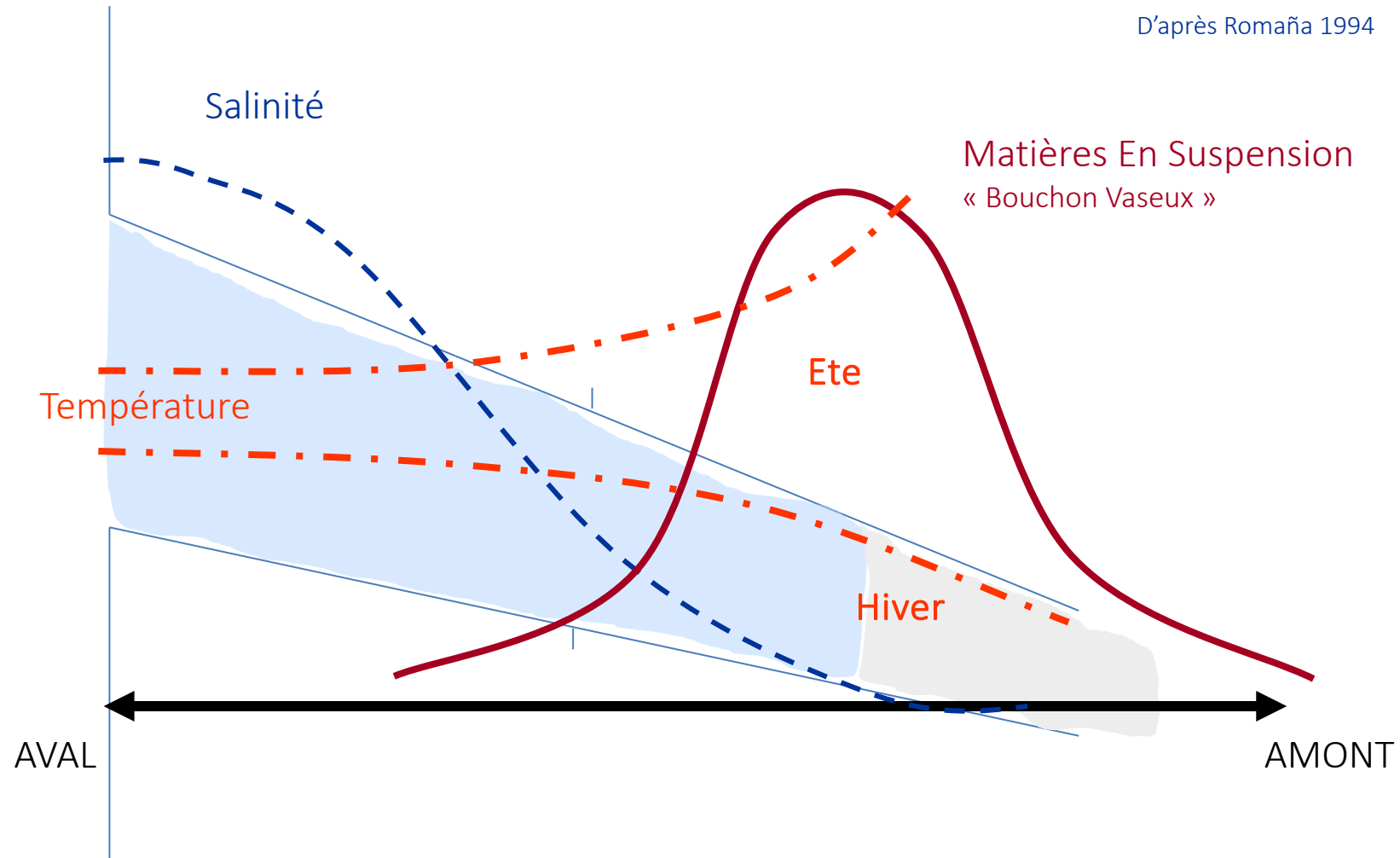
Les grands forçages naturels sur les écosystèmes estuariens

- Déplacement du bouchon vaseux



Pour résumer

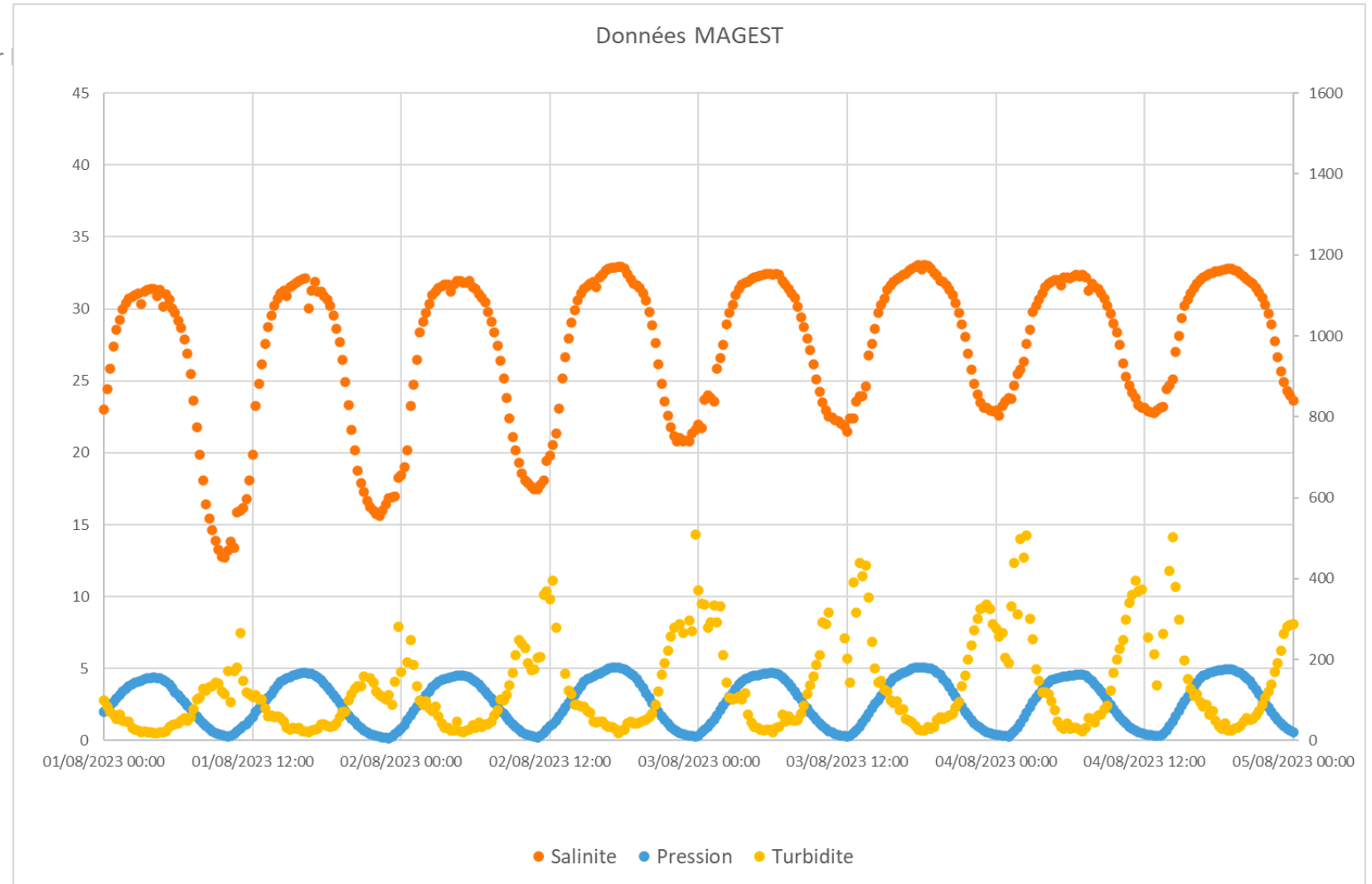
- Des gradients environnementaux qui agissent comme des filtres pour les organismes aquatiques



Les fonctions écologiques des estuaires (rapport EAUCEA Seudre mai 2024)

Les grands forçages naturels sur

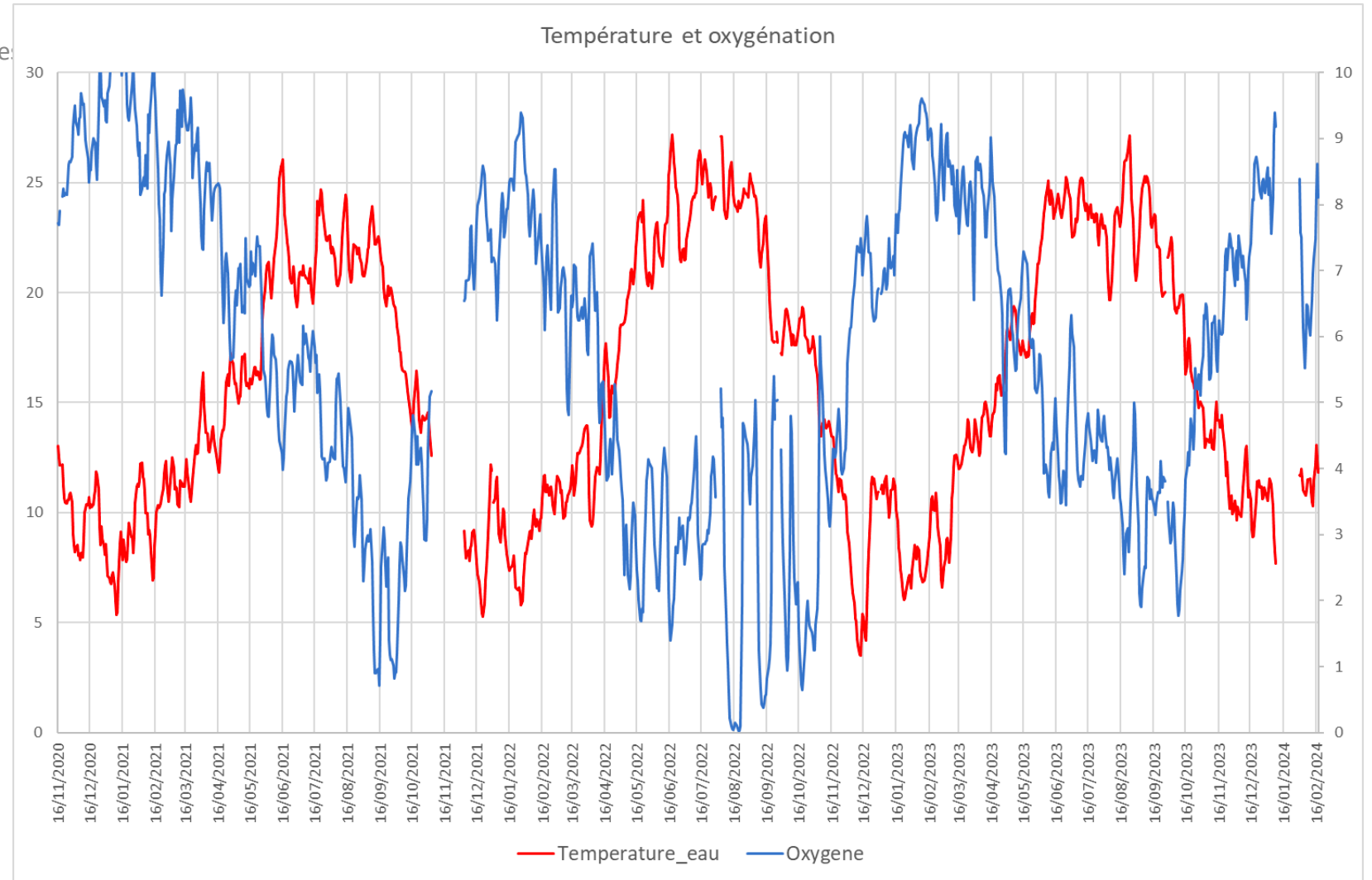
- Variation de la turbidité et de la salinité en fonction de la marée



Les fonctions écologiques des estuaires

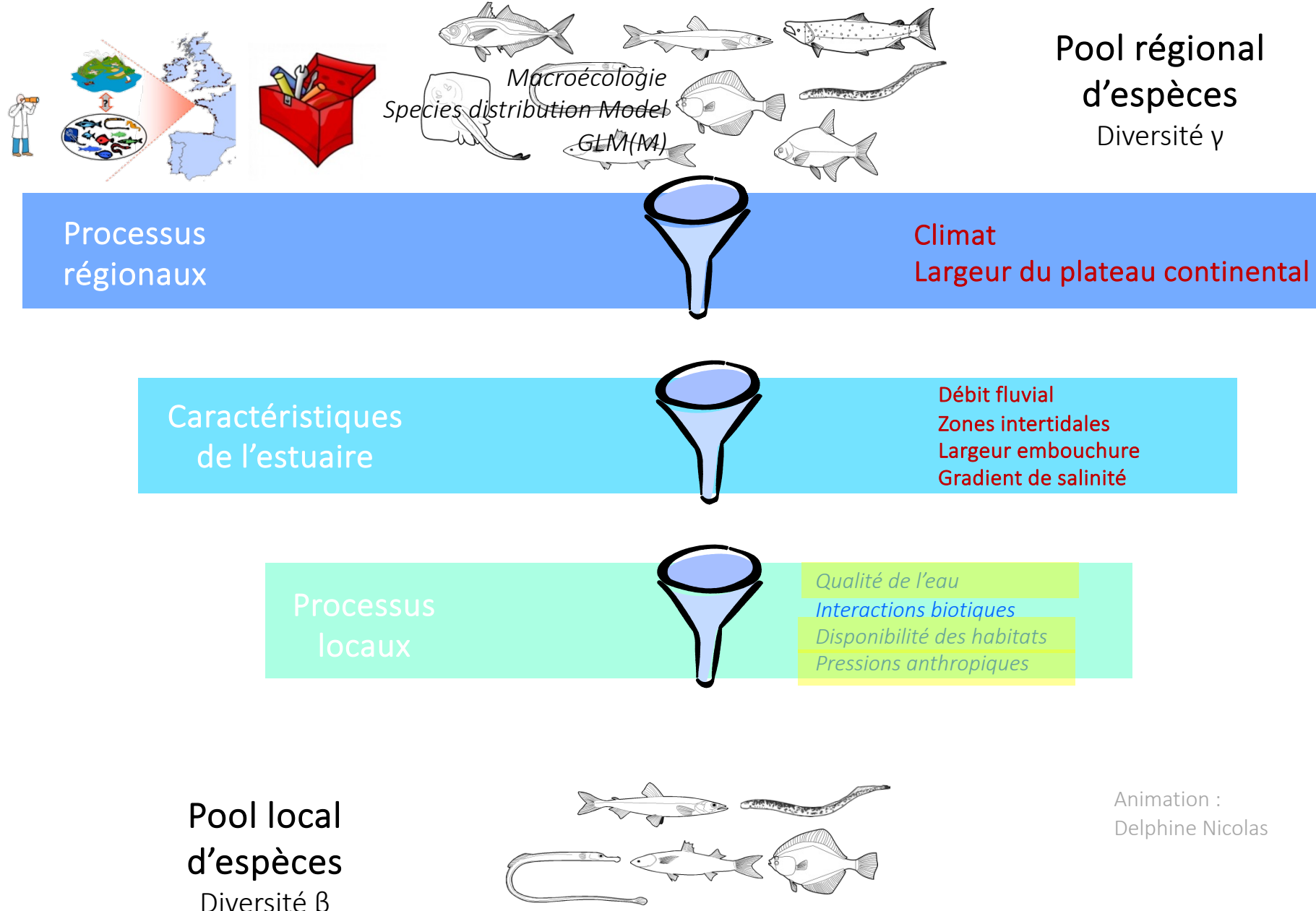
- Variation de l'O₂ en fonction de la température
- Les températures autour de 25°C ne garantissent pas des conditions d'O₂ viables pour les espèces sensibles (O₂ inférieur à 4mg/L)

Les grands forçages naturels sur le



Théorie des filtres environnementaux (Tonn et al., 1990; Keddy, 1992; Barbault, 1993)

d'après Lobry et al. 2003 ; Lobry et al. 2006 ; Thèse Delphine Nicolas 2010 ; Nicolas et al. 2010a ; Nicolas et al. 2010b ; Nicolas et al. 2011



Animation :
Delphine Nicolas

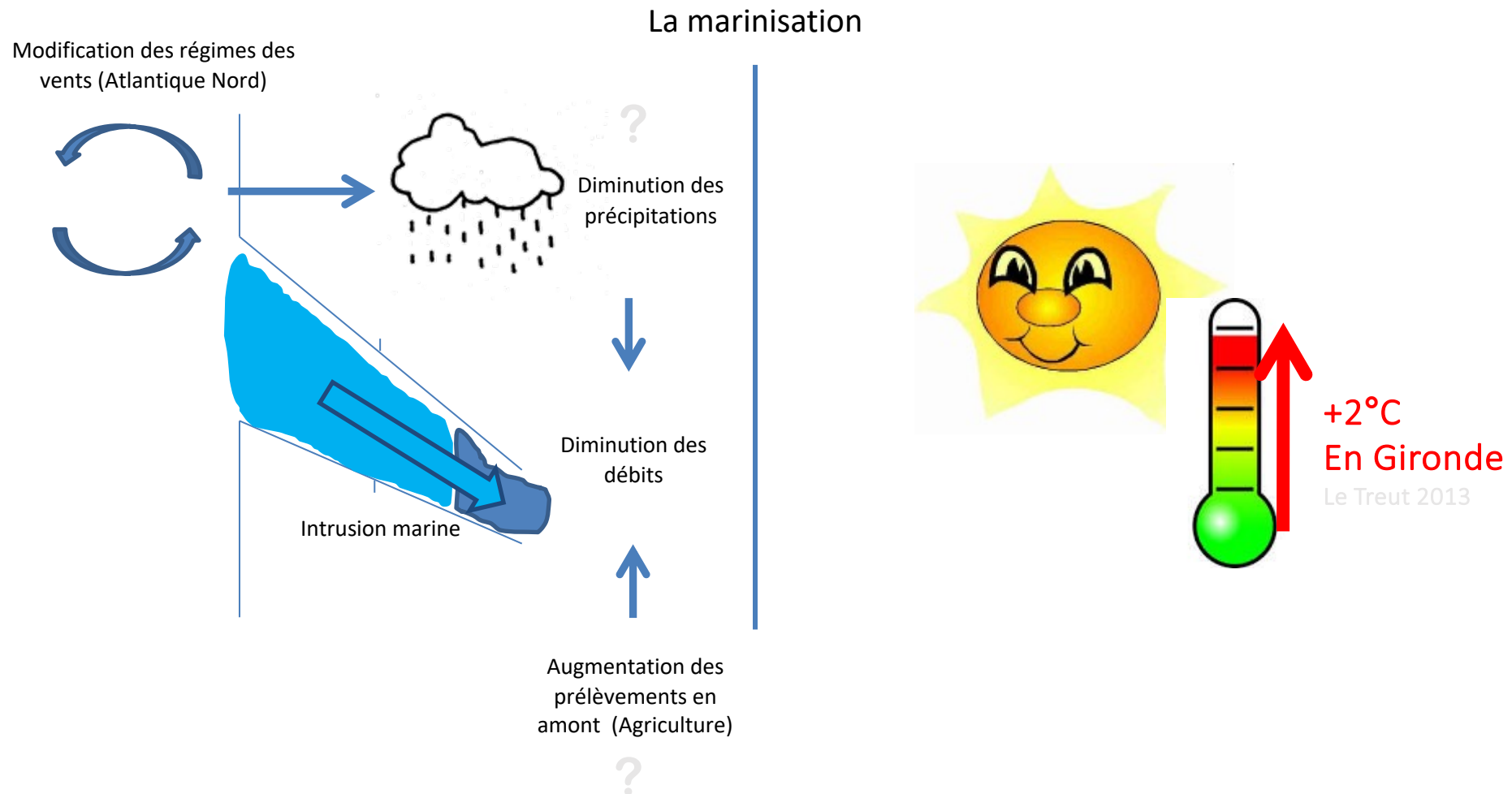
Facteurs influençant la survie en estuaire

- Température, salinité, vitesse de courant, oxygène dissous
- Particulièrement critique pour les larves et post-larves ayant peut de capacité de déplacement
- Risque de « mismatch » inadéquation entre les besoins vitaux des organismes et les conditions environnementales en cas de modification de ces conditions de façon artificielle
- Certaines périodes sont plus critiques que d'autres
 - Le printemps pour les débits d'attrait qui agissent sur la colonisation de l'estuaire par les espèces marines
 - Le printemps pour la productivité primaire et de zooplancton en tant que ressource trophique
 - L'été en rapport avec les risques de désoxygénation
 - L'été en raison de possible étiage sévère

Démarche d'évaluation des besoins

- Identifier les fonctionnalités critiques à préserver
- Identifier les espèces et les stades concernés
- Identifier les moments critiques de l'année et les conditions environnementales à recherchées
- Evaluer la continuité écologique en cas de passe à poisson
- Identifier les actions possibles à mettre en œuvre et la faisabilité
- Evaluer les effets du changement climatique et utiliser les scénarios du GIEC pour une évaluation à plus long terme et l'anticipation d'actions à mettre en œuvre dans le futur (proche) pour compenser des effets négatifs

Les effets déjà perçus du changement climatique : la marinsation, l'élévation de la T°, l'élévation du niveau de la mer

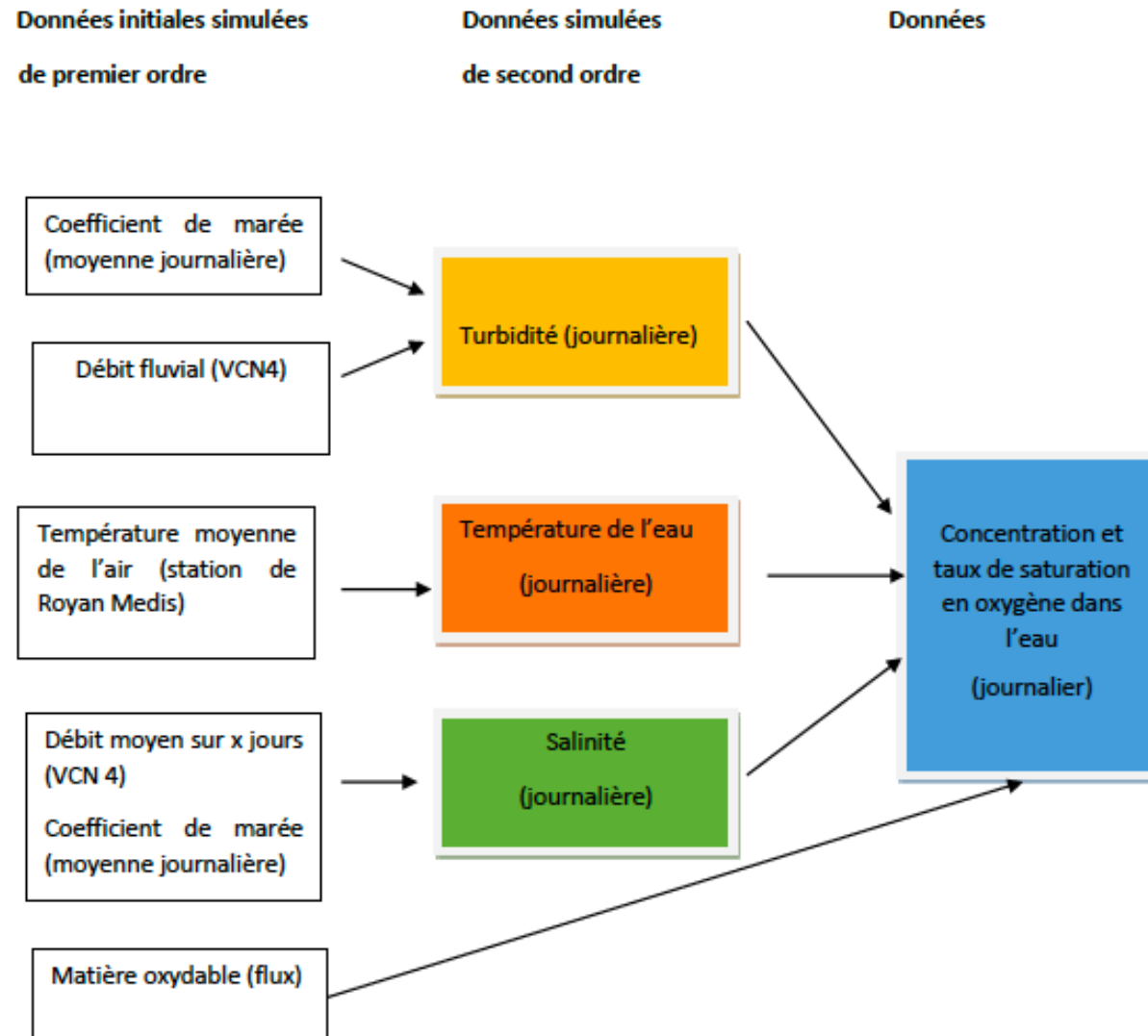


Les effets attendus du CC

- Modification du régime des pluies
 - Pluies moins régulières et événement de pluie torrentielle
 - Modification des débits fluviaux avec étiage sévère et crues spontanées
 - Marinisation des estuaires en lien avec la réduction des débits fluviaux (pluie + pompage)
- élévation de la température
 - Augmentation des températures moyennes annuelles et saisonnières en particulier l'été
 - Effet mécanique de réduction de l'oxygène dissous dans l'eau en période chaude
 - Modification des périodes de fraye et de production primaire
 - Réduction de la taille moyenne à maturité des géniteurs
- élévation du niveau de la mer
 - Réduction des zones intertidales
 - Erosion des habitats côtiers (vasières, herbiers)
 - Marinisation des estuaires (remontée du coin salé)

Modélisation de l'oxygène dissous (rapport EAUCEA Seudre mai 2024)

Schéma de la modélisation de la concentration en oxygène à l'Eguille



Exemple de simulation de débit nécessaire pour obtenir des valeurs de 3mg/L ou 5 mg/L d'oxygène dissous en fonction de la température et du coefficient de marée (rapport EAUCEA Seudre mai 2024)

DiOxygène

Débits nécessaires (m3/s) pour le très bon état écologique

Température de l'eau °C

5 mg/L	Température de l'eau °C							
	16	18	20	22	24	26	28	30
25				0.02	0.06	0.14	0.40	0.99
30			0.02	0.05	0.11	0.30	0.79	1.84
35			0.03	0.08	0.20	0.56	1.36	3.71
40		0.02	0.06	0.13	0.35	0.92	2.24	15.00
45		0.04	0.08	0.21	0.57	1.42	4.29	15.00
50	0.02	0.05	0.12	0.32	0.86	2.13	15.00	15.00
55	0.03	0.07	0.18	0.48	1.23	3.40	15.00	15.00
60	0.04	0.10	0.25	0.68	1.70	13.49	15.00	15.00
65	0.06	0.13	0.34	0.92	2.37	15.00	15.00	15.00
70	0.07	0.17	0.47	1.22	3.50	15.00	15.00	15.00
75	0.09	0.22	0.61	1.58	8.05	15.00	15.00	15.00
80	0.11	0.29	0.79	2.04	15.00	15.00	15.00	15.00
85	0.14	0.37	0.99	2.67	15.00	15.00	15.00	15.00
90	0.17	0.46	1.23	3.70	15.00	15.00	15.00	15.00
95	0.21	0.57	1.50	6.68	15.00	15.00	15.00	15.00
100	0.25	0.70	1.83	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
105	0.30	0.84	2.23	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
110	0.36	1.00	2.76	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
115	0.43	1.17	3.54	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
120	0.51	1.37	5.01	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00

Marée

DiOxygène

Débits nécessaires (m3/s) pour le bon état écologique

Température de l'eau °C

3 mg/L	Température de l'eau °C							
	16	18	20	22	24	26	28	30
25								
30								0.02
35							0.02	0.04
40						0.02	0.03	0.06
45						0.03	0.05	0.10
50					0.02	0.04	0.08	0.15
55				0.02	0.03	0.06	0.11	0.22
60				0.02	0.04	0.08	0.15	0.34
65				0.03	0.06	0.10	0.21	0.52
70			0.02	0.04	0.07	0.13	0.30	0.78
75			0.03	0.05	0.09	0.18	0.42	1.15
80		0.02	0.03	0.06	0.11	0.23	0.59	1.66
85		0.02	0.04	0.07	0.14	0.30	0.81	2.42
90		0.02	0.05	0.09	0.17	0.40	1.10	3.91
95		0.03	0.05	0.10	0.21	0.52	1.47	14.87
100	0.02	0.03	0.06	0.12	0.26	0.68	1.97	15.00
105	0.02	0.04	0.07	0.14	0.32	0.87	2.70	15.00
110	0.02	0.05	0.08	0.17	0.40	1.10	4.03	15.00
115	0.03	0.05	0.10	0.20	0.49	1.39	11.37	15.00
120	0.03	0.06	0.11	0.23	0.60	1.74	15.00	15.00

Marée

Exemple de simulation des débits pour l'objectif oxygène dissous en fonction de la température (rapport EAUCEA Seudre mai 2024)

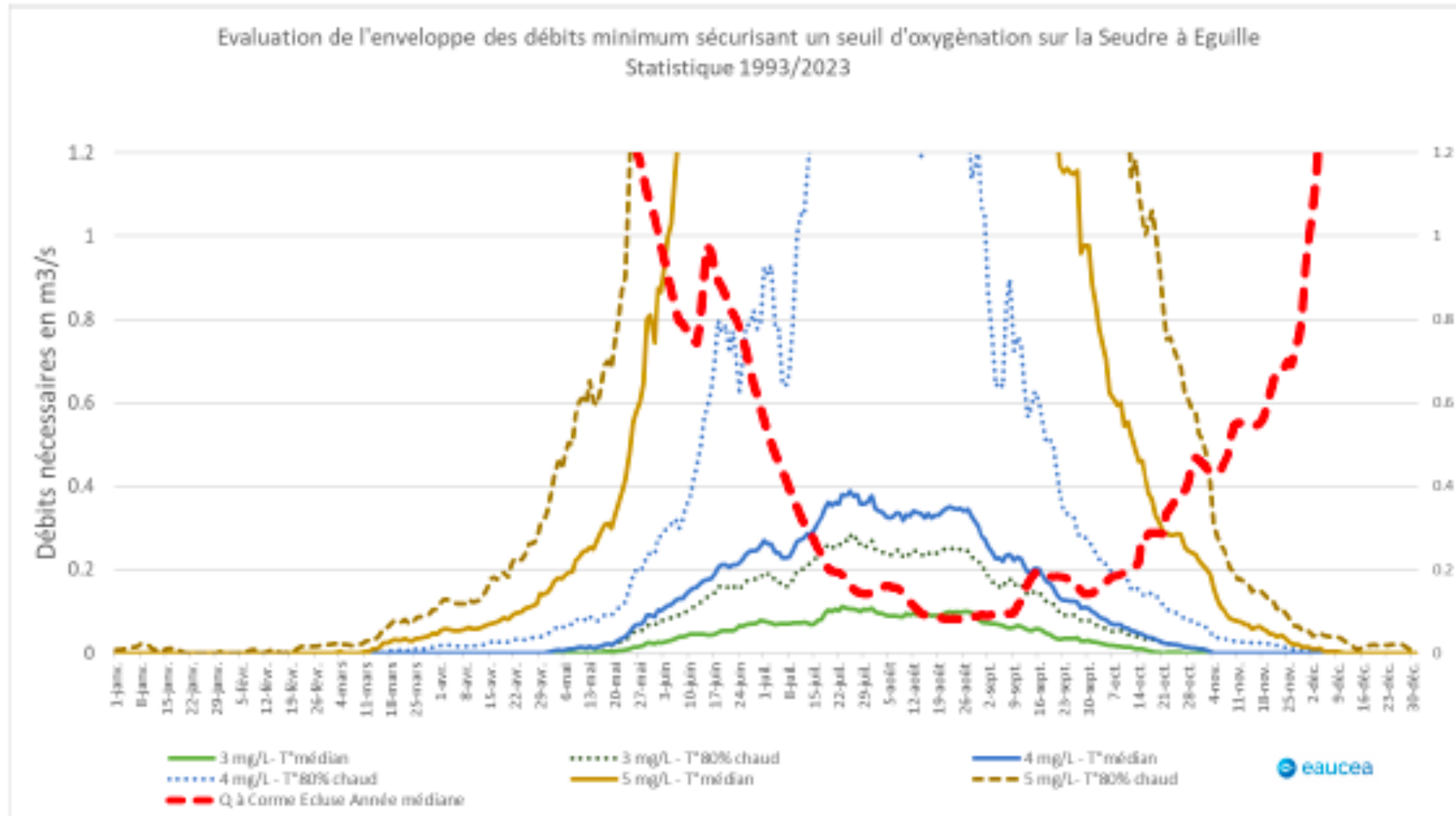


Figure 23 Régime des débits statistiquement nécessaires à l'atteinte des seuils d'oxygène

Conclusion

- Calcul de débit biologique basé sur les connaissances du milieu et des fonctions écologiques des estuaires pour les espèces
- Besoin de définir des objectifs écologiques protecteurs pour les espèces plus fragiles et aux périodes critiques (débit d'attrait pour les larves et juvéniles marins, phase de colonisation estuarienne par les larves au printemps, période de désoxygénation l'été, etc.)
- Besoin de beaucoup de données pour bien modéliser et calculer les débits écologiques nécessaires dans différentes situations