

Projet

ZOOGLOBAL



Etude du **ZOO**plancton et de ses habitats estuariens dans un contexte de changement **GLOBAL** : synthèse des acquis Seine-Aval et initiation d'une nouvelle approche intégrée

Axe de recherche: **Caractérisation et rôle des habitats**
Coordinateur: **Sami SOUISSI**



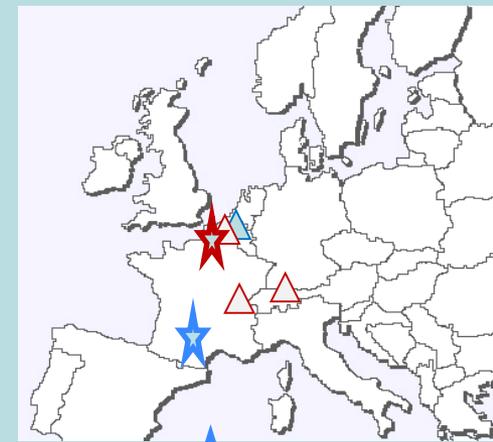
Equipes impliquées et partenaires



★ Equipe 1
UMR LOG 'Wimereux'
Resp. Sami Souissi



Equipe 2
UMR EcoLab 'Toulouse' ★
Resp. Michèle Tackx



+ △
Partenaires externes
& collaborateurs

ZOOGLOBAL

PROUESSE

Resp. Pascal Claquin

ECOTONES

Resp. Benoit Xuereb



Objectifs scientifiques et opérationnels de ZOOGLOBAL:

Comment le **zooplancton** pourrait répondre à différents scénarios d'évolution des **habitats estuariens** sous la double contrainte du **changement climatique** mais également l'**impact anthropique** ?

Quelle est la **capacité adaptative** de certains copépodes estuariens vis-à-vis des changements naturels et/ou anthropiques ? et comment peut-on intégrer ces informations dans une approche de **modélisation** ?

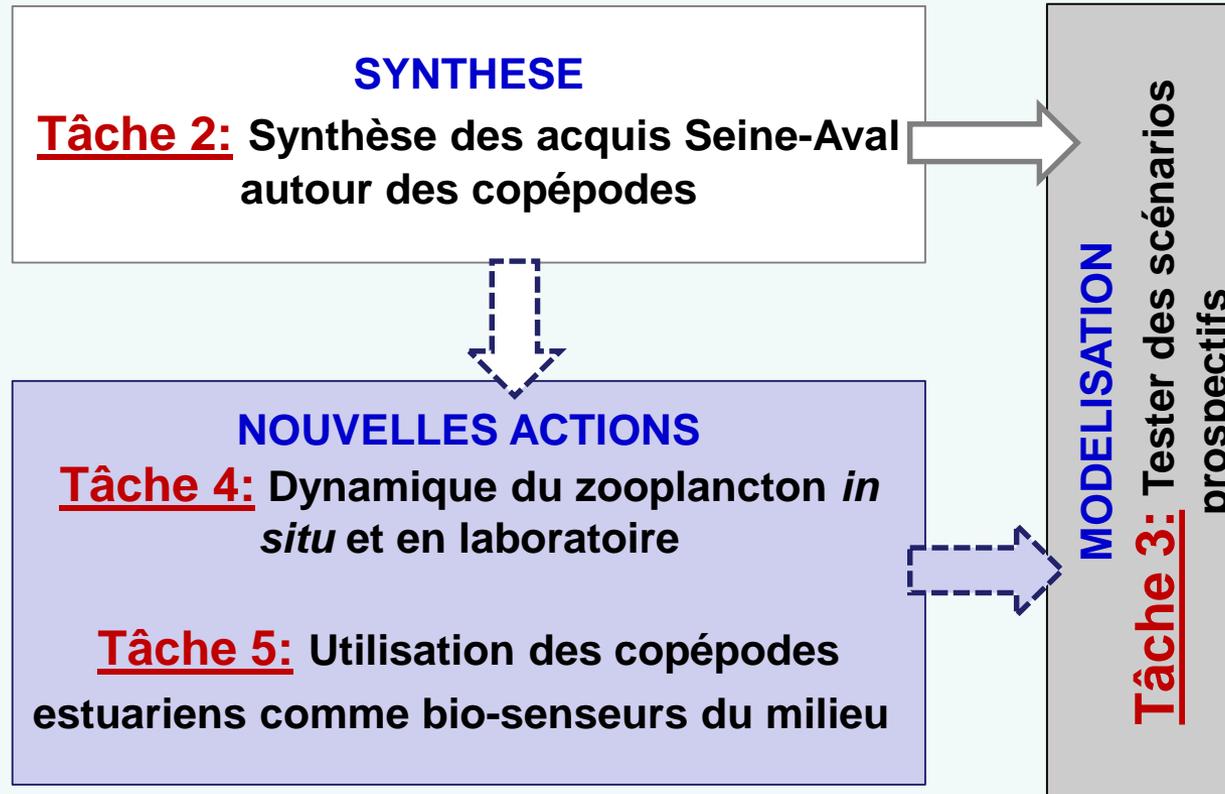
Enfin, face à la complexité des habitats pélagiques estuariens, et particulièrement dans la zone de gradient de salinité, quelle est la meilleure stratégie interdisciplinaire et intégrée à développer lors des études du zooplancton dans l'estuaire de la Seine ?

Stratégie et programme scientifique: intégration dans SA V

Tâche 1: Coordination et comité de suivi

Rapprochement entre **ZOOGLOBAL** et **PROUESSE**

Interaction avec le GIP SA et alimentation des outils opérationnels



Zoom sur la tâche 4 (responsable M. Tackx, ECOLAB):

Dynamique et rôle trophique du zooplancton

Sophie Chambord

Zoom sur les tâches 2 & 3 (responsable S. Souissi, LOG):

Synthèse des données in situ, modélisation des habitats fonctionnels et test d'un scénario climatique

Gaël Dur

Sélection des quelques résultats complémentaires de la tâche 2 (***synthèse des acquis au laboratoire***) et la tâche 5 (***comportement natatoire vs turbulence***)

Conclusions et présentation du projet SENTINELLES

Sami Souissi



ZOOGLOBAL Tâche 4:

Dynamique et rôle trophique du zooplancton

M. Tackx, S. Chambord, J. Ovaert,
M. Le Coz
F. Azémar, F. Julien, C. Sossou,
E. Buffan-Dubau,
P. Meire, S. Souissi



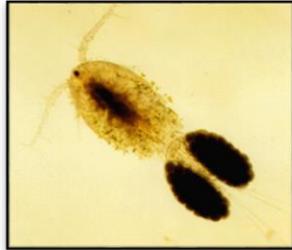
Introduction : Le zooplancton

MESO-ZOOPLANCTON

- Copépodes



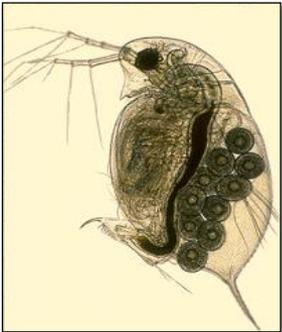
Calanoïde



Cyclopoïde

1 mm

- Cladocères



Daphnia



Bosmina

MICRO-ZOOPLANCTON

- Rotifères

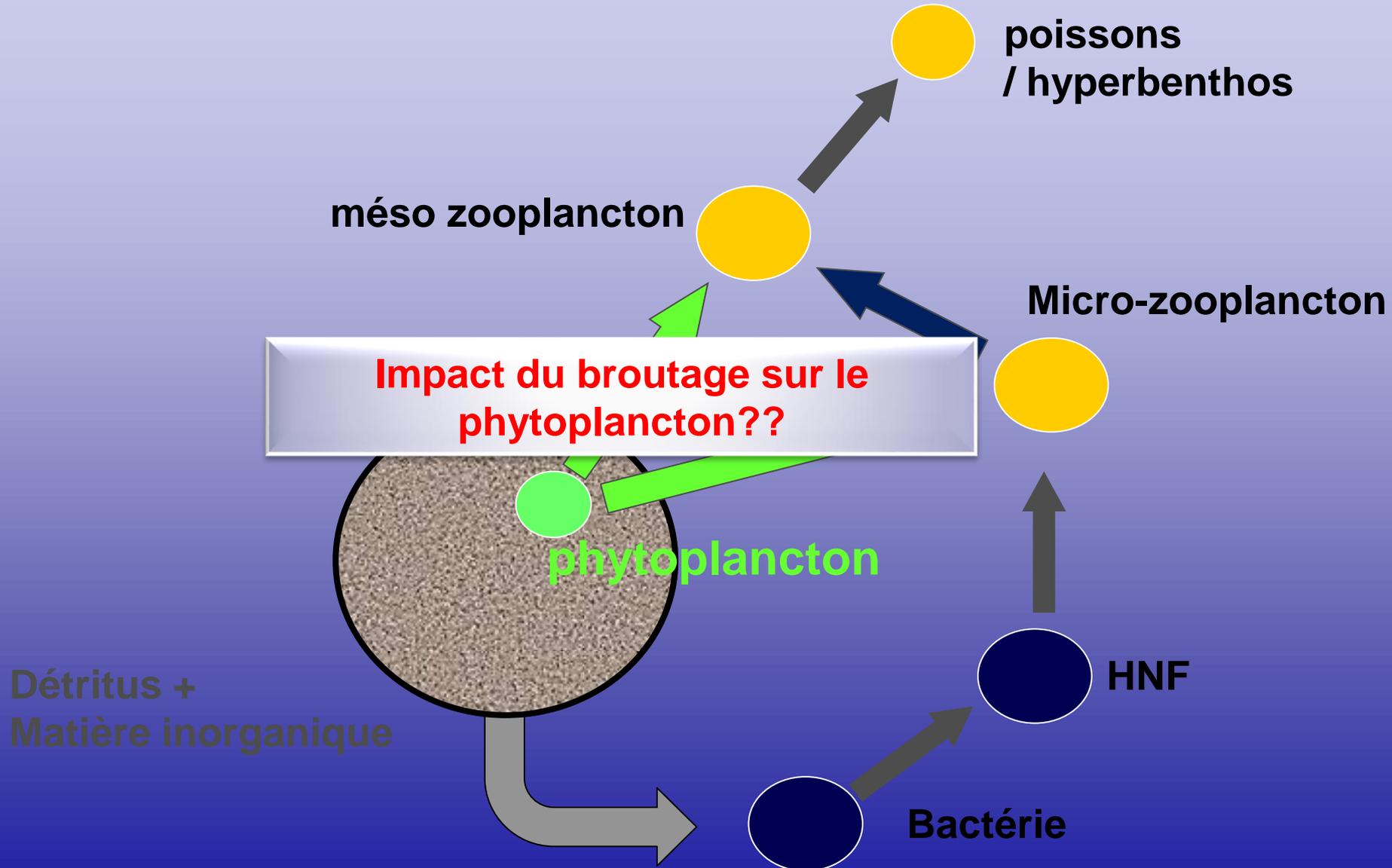


0,2 mm

- Ciliés



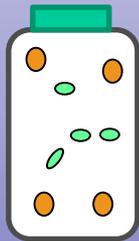
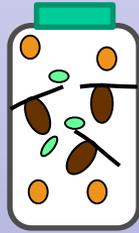
Fonctionnement trophique pélagique



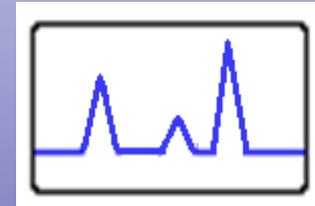
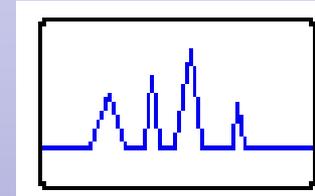
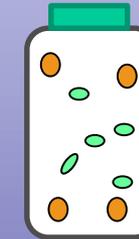
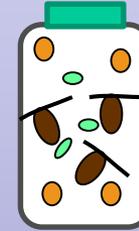
Méthodes: 1) Incubation

GRAZING

Eau naturelle 250 μm
(SPM + phytoplancton
+ *E. affinis*)



24 h incubation

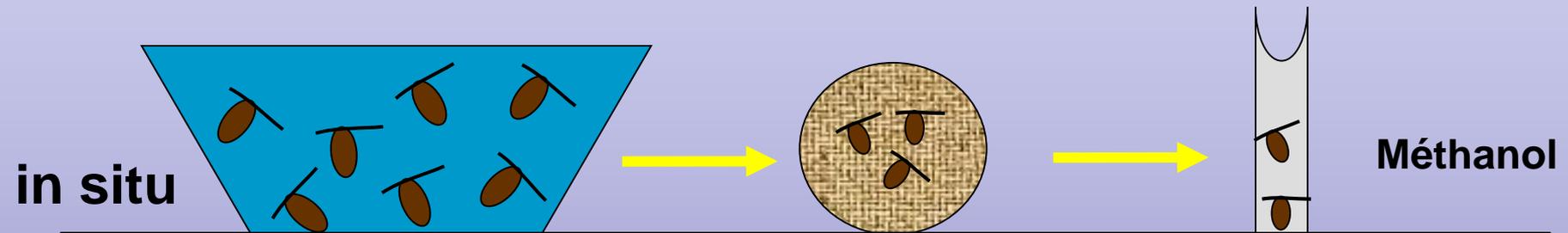


➔ Quantification pigments marqueurs de phytoplancton à HPLC



Méthodes: 2) Contenu pigmentaire intestinal

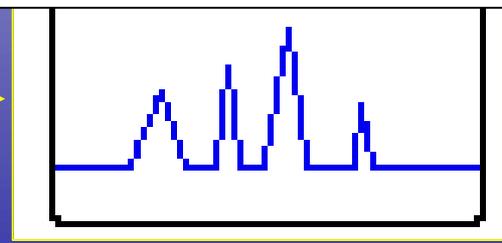
1) Extraction des pigments intestinaux:



Concentration pigments marqueurs quantifiée par HPLC

2)

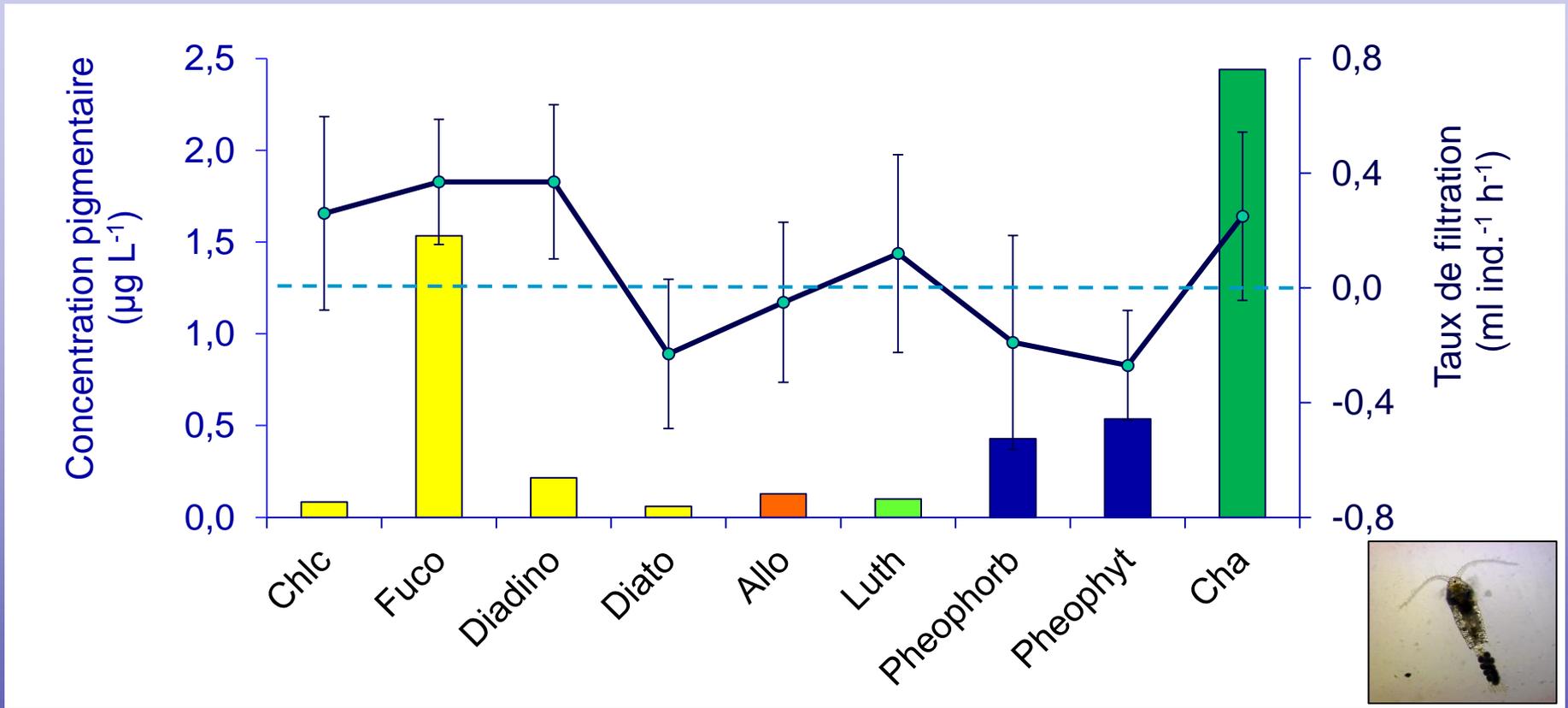
Détermination de la prédation sur les différents groupes phytoplanctoniques



Analyse via HPLC

Résultats: 1) Incubation

a) *E. affinis* (incubation expérience avril 14)

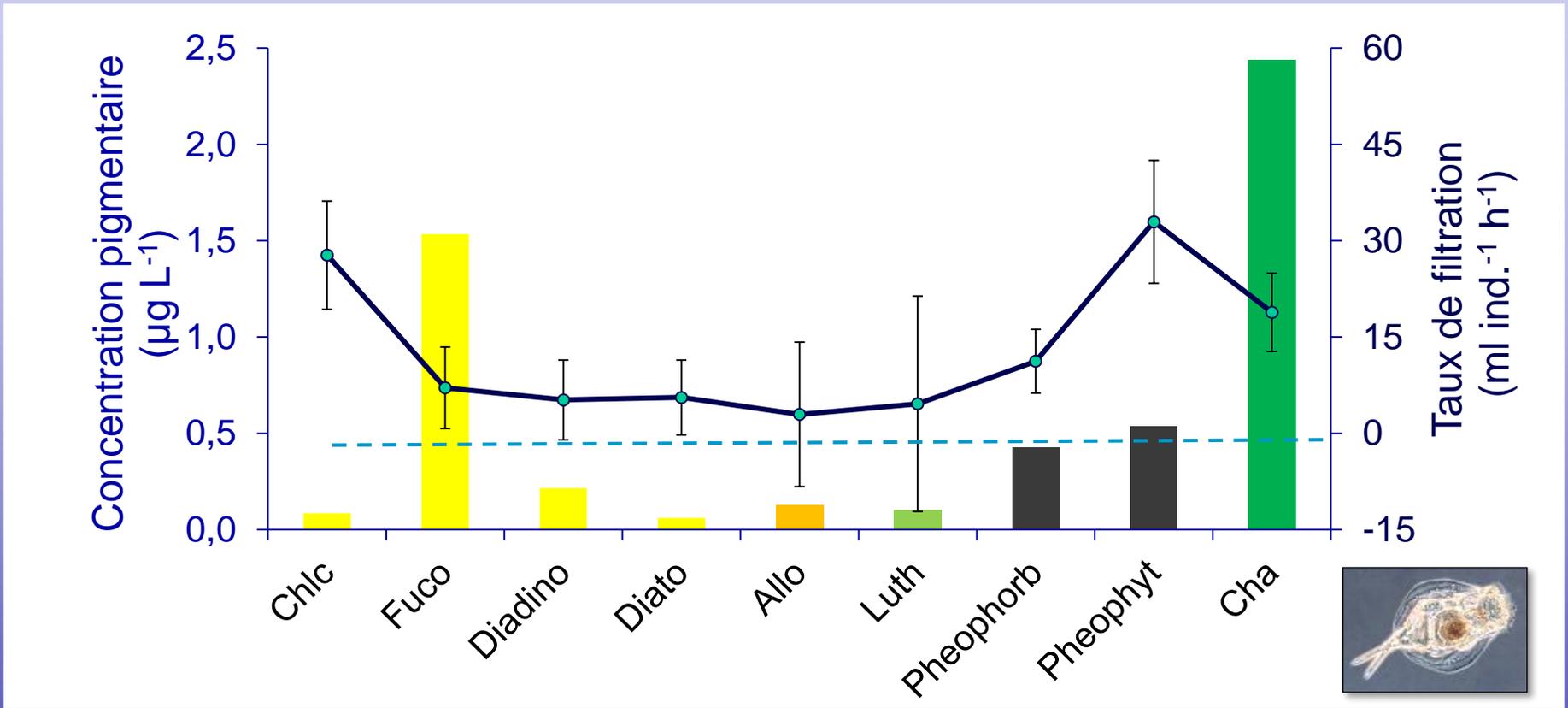


-  Diatomées
-  Cryptophytes
-  Algues vertes
-  Détritus d'algues
-  Phytoplancton total

→ Sélectivité sur les diatomées

Résultats: 1) Incubation

b) Micro-zooplancton (incubation expérience avril 14)



- Diatomées
- Cryptophytes
- Algues vertes
- Détritus d'algues
- Phytoplancton total

→ Pas de sélectivité spécifique

Résultats: 2) Contenu pigmentaire intestinal

a) *E. affinis* (incubation expérience avril 15)

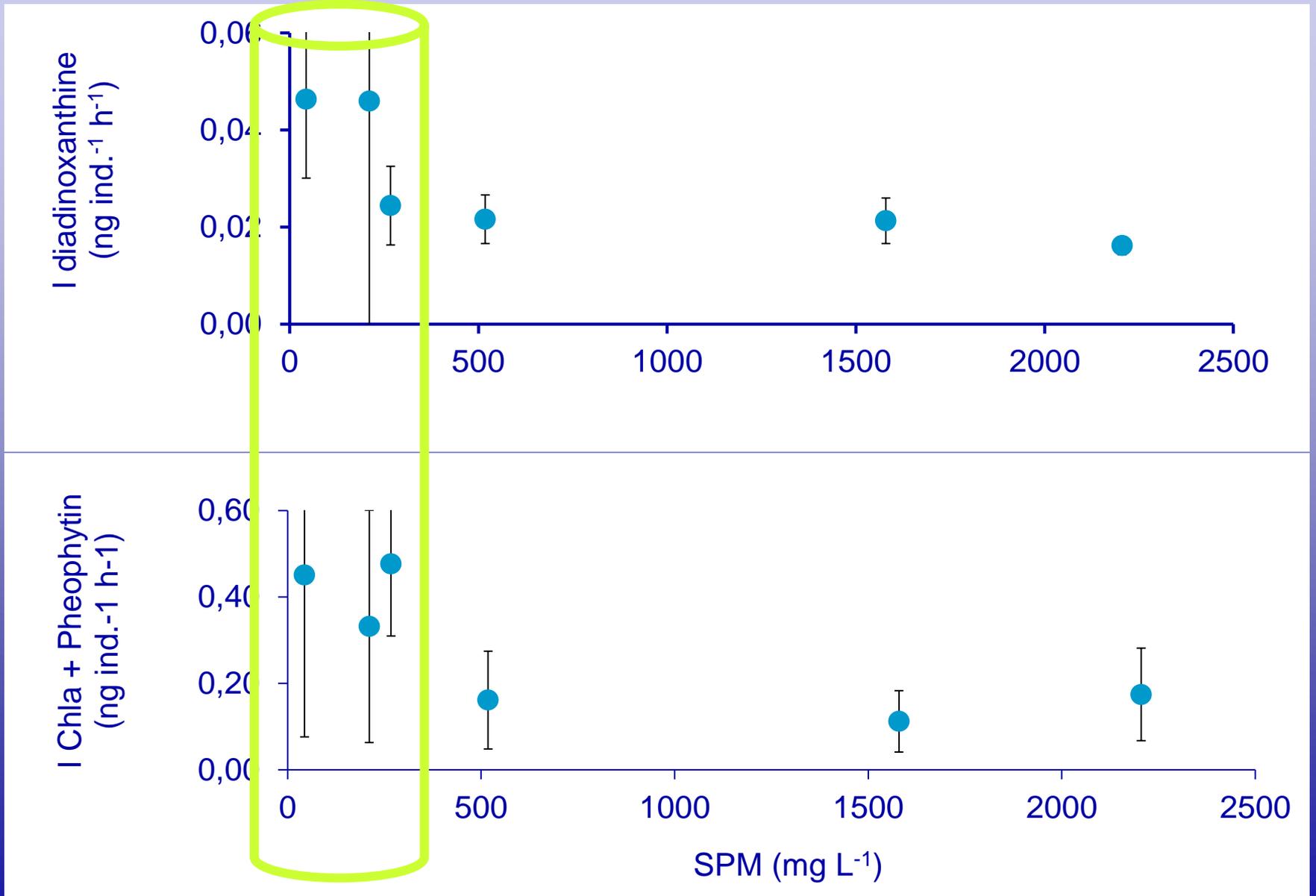
- Echantillons issus des différents moments de marée

- Quelques problèmes de dégradation des pigments

- Principalement détecté:
 - ✓ Diadinoxanthine (diatomées)
 - ✓ Alloxanthine (cryptophytes)
 - ✓ Chlorophylle a (phytoplancton vivant total)
 - ✓ Pheopigments (phytoplancton mort)

Résultats: 2) Contenu pigmentaire intestinal

a) *E. affinis* (incubation expérience avril 15)

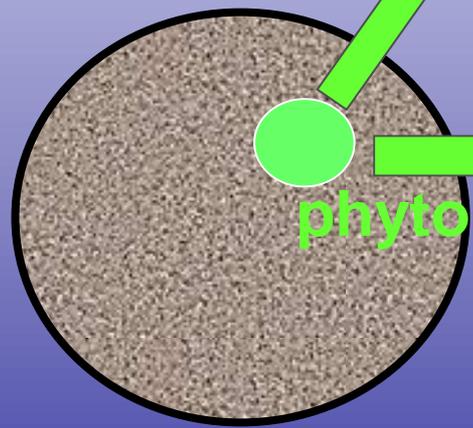


1^{er} Bilan de la zone aval (Honfleur-Caudebec):

E. Affinis CI-ad : 1 à 200 ind. L⁻¹

0,1 – 12 % du stock j⁻¹

6 – 20 % du stock j⁻¹



phytoplancton

■ 2,4-4,3 µg Chla L⁻¹

PROUESSE



0,3 – 25 % de la prim prod j⁻¹ (*E.affinis*)

MES: 26 à 585 mg L⁻¹

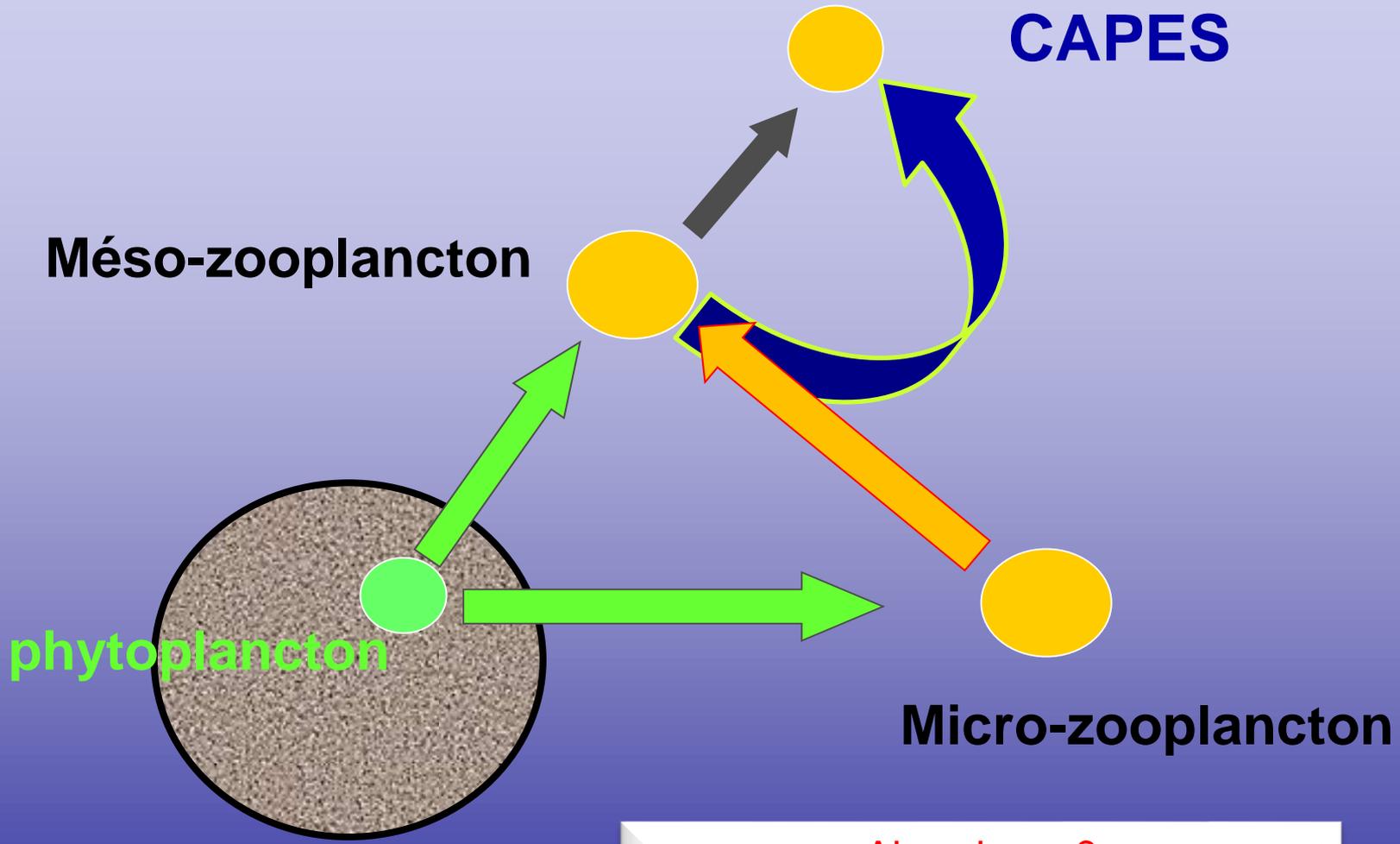
détritus: 6-73 mg L⁻¹

Conclusion Zooglobal tâche 4:

- Peu de phytoplancton
- Beaucoup de particules
- Nutrition sur le phytoplancton entravée
- Une grande variabilité dans les résultats de broutage et dans les données nécessaires à l'extrapolation des résultats expérimentaux
- Importance de broutage par le micro-zooplancton

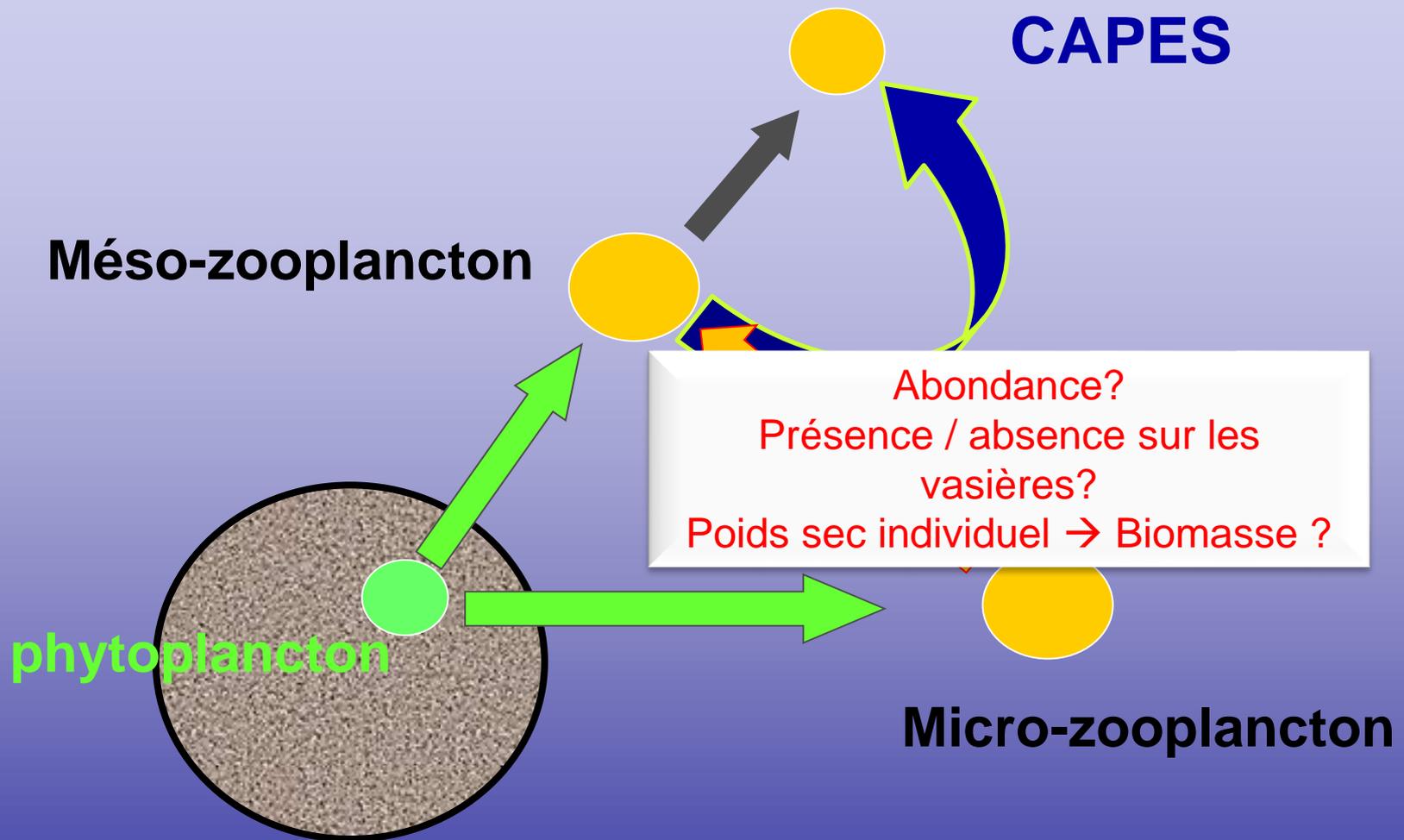


Perspective: Sentinelles



Abondance?
Présence / absence sur les vasières?
Poids sec individuel → Biomasse ?

Perspective: Sentinelles



- Regarder en amont (Campagne, juin 2017)

- Lien avec l'aval : Tancarville

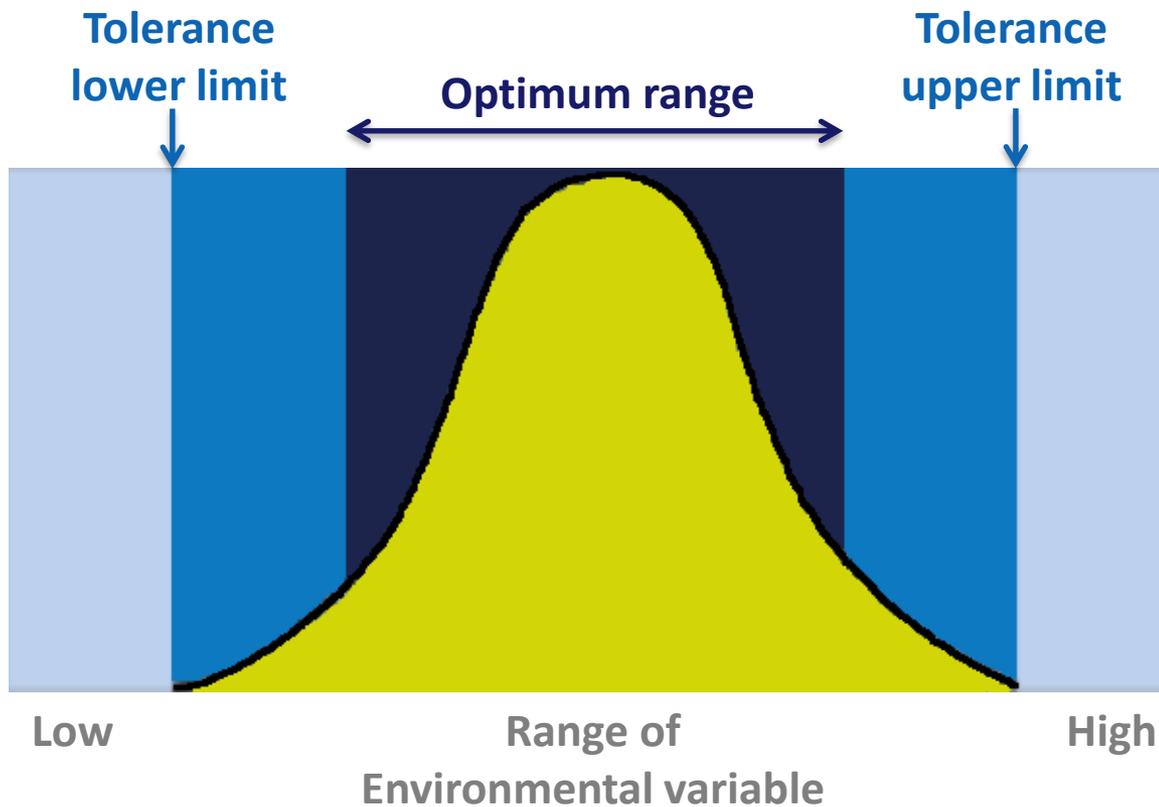


ZOOGLOBAL TASK 2

Synthesis of *in situ* data

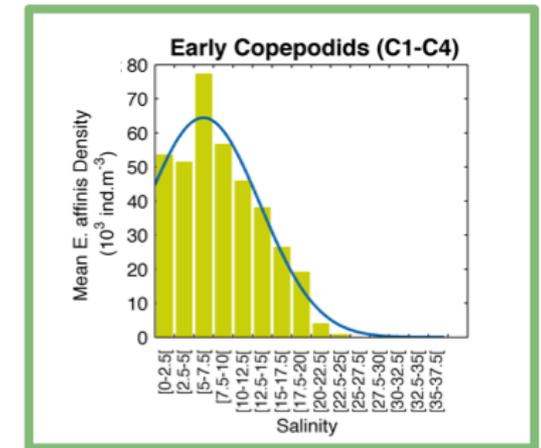
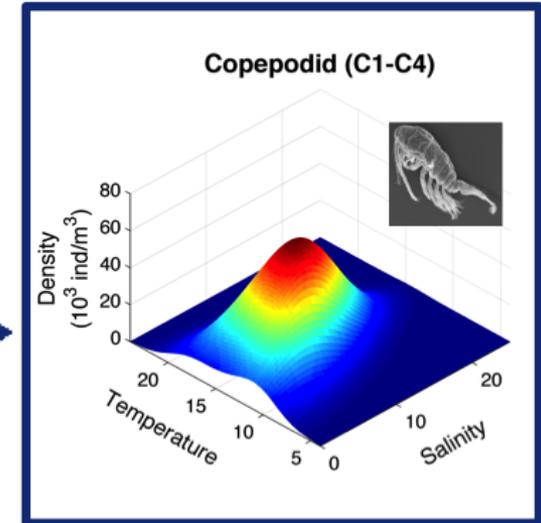
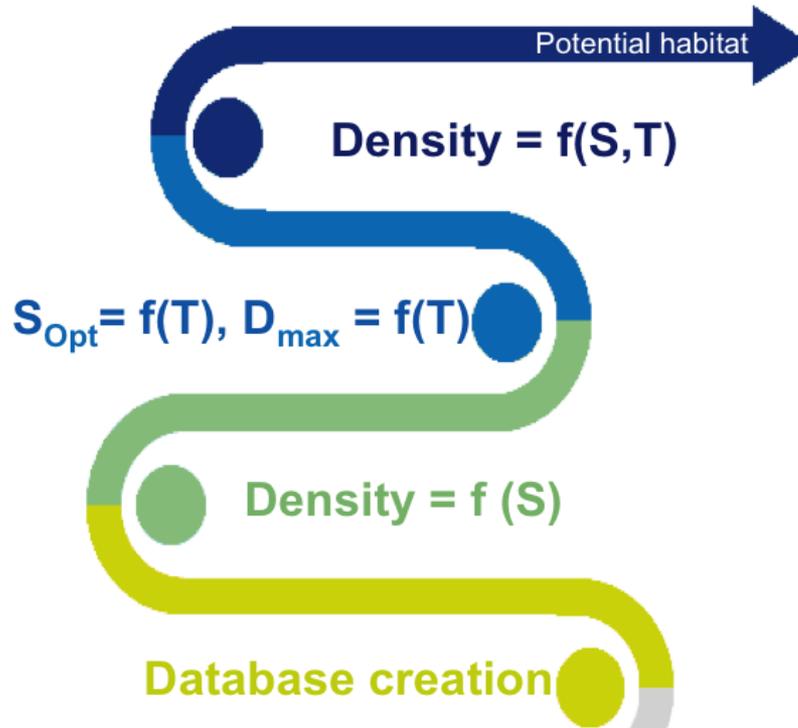
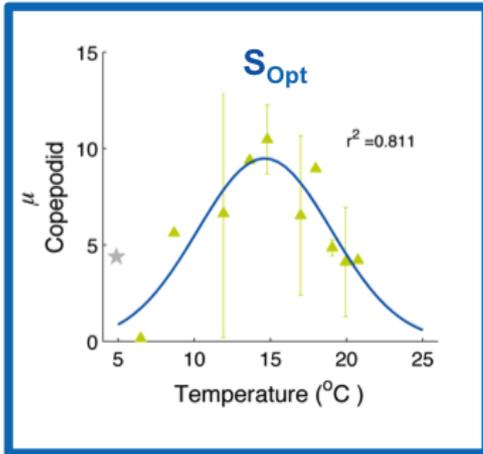
G. Dur, S. Souissi

Define the **potential habitat** of key zooplankton species inhabiting the Seine estuary



Eurytemora affinis

From *in situ* data to potential habitat



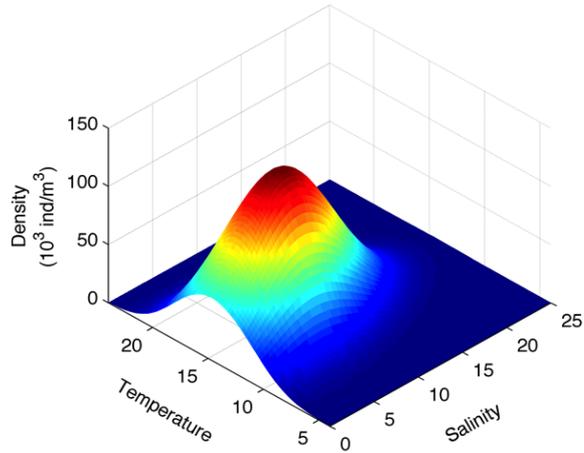
Results from several campaigns

from Dur & Souissi (in prep)

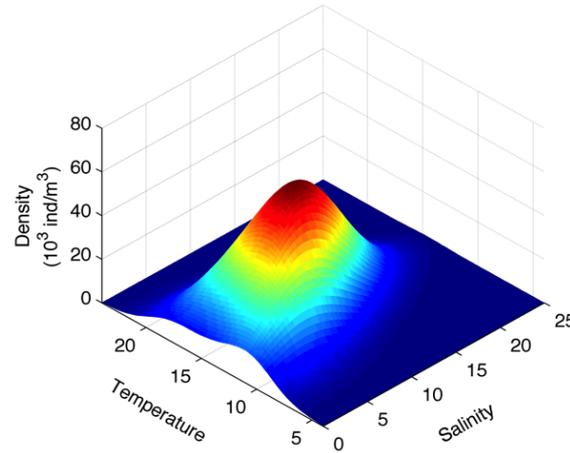
POTENTIAL HABITAT of *E. affinis*

from Dur & Souissi (in prep)

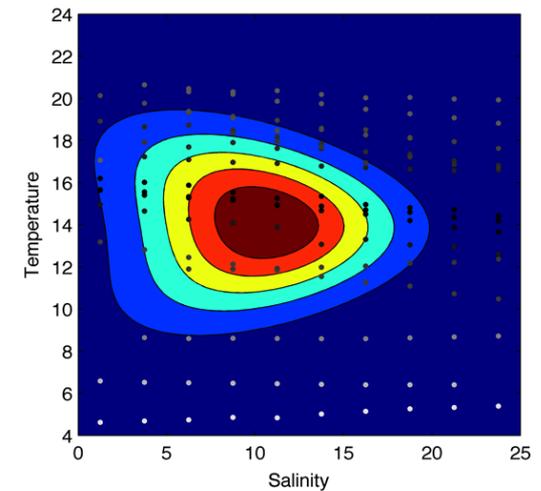
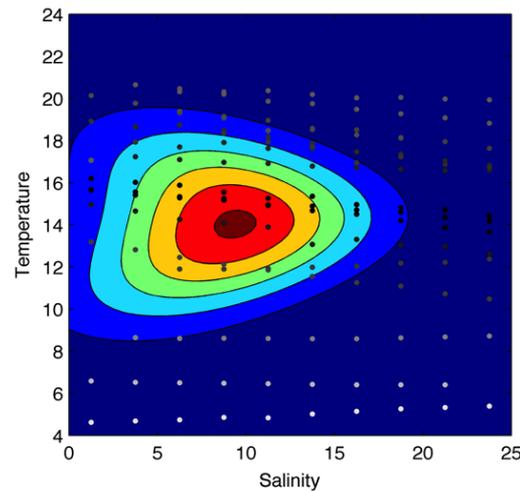
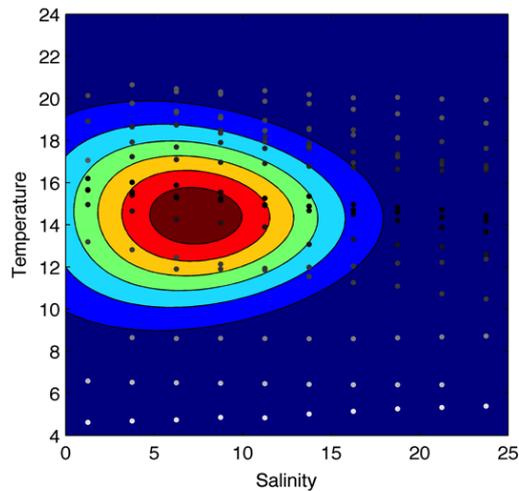
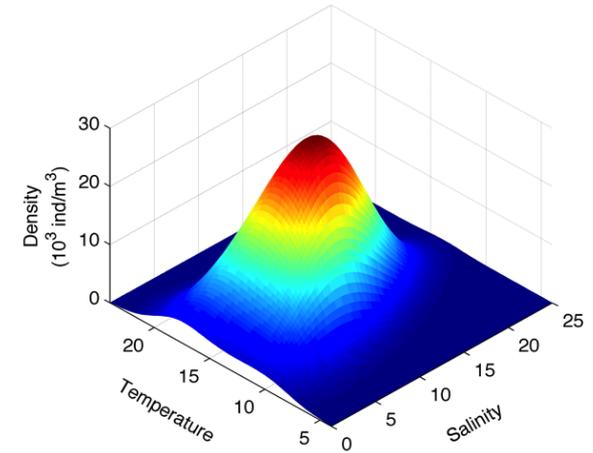
Nauplii (N1-N6)



Copepodid (C1-C4)



Pre-adults I Adults (C5-C6)





ZOOGLOBAL TASK 3

Functional habitats

G. Dur, J.P. Lemoine, S. Souissi



Equation

$$D_{S,T} = a_T e^{\frac{-(S-\mu_T)^2}{2\sigma^2}}$$

OURMETHOD

TOWARD FUNCTIONAL HABITAT



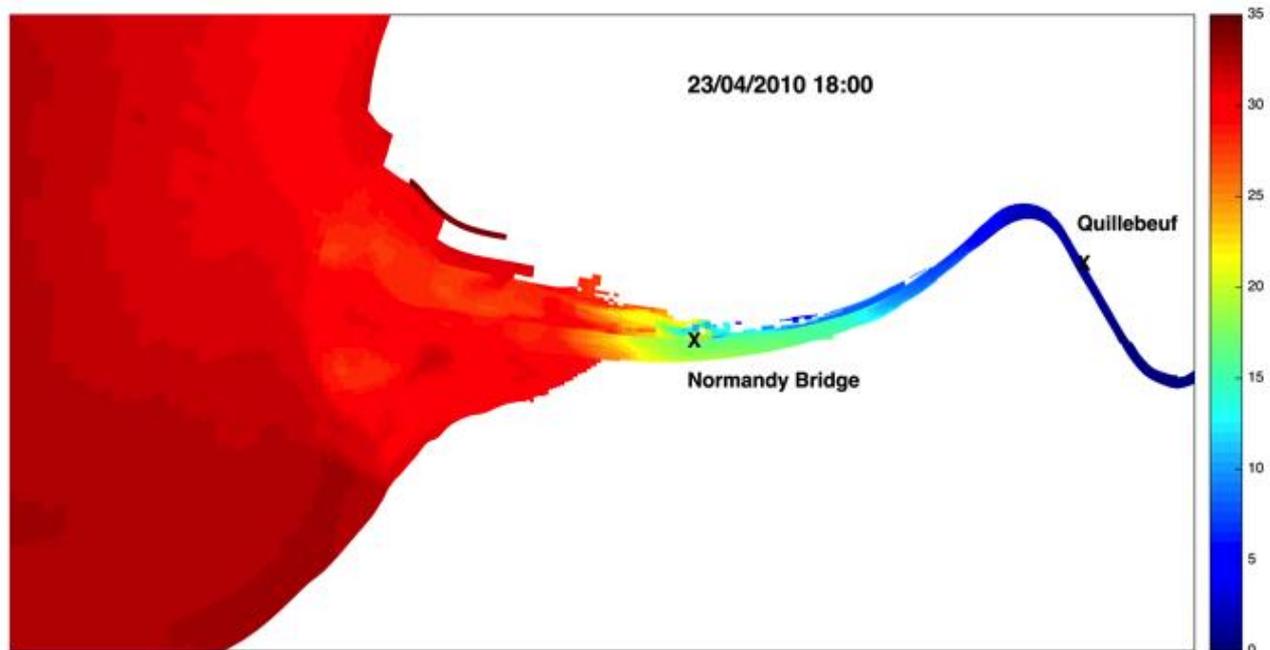
Equation

$$D_{S,T} = a_T e^{\frac{-(S-\mu_T)^2}{2\sigma^2}}$$



Salinity

From MARS3D simulation
(Hymosed Project)
Collab J.P. Lemoine



OUR METHOD

TOWARD FUNCTIONAL HABITAT



Equation

$$D_{S,T} = a_T e^{\frac{-(S-\mu_T)^2}{2\sigma^2}}$$



Temperature

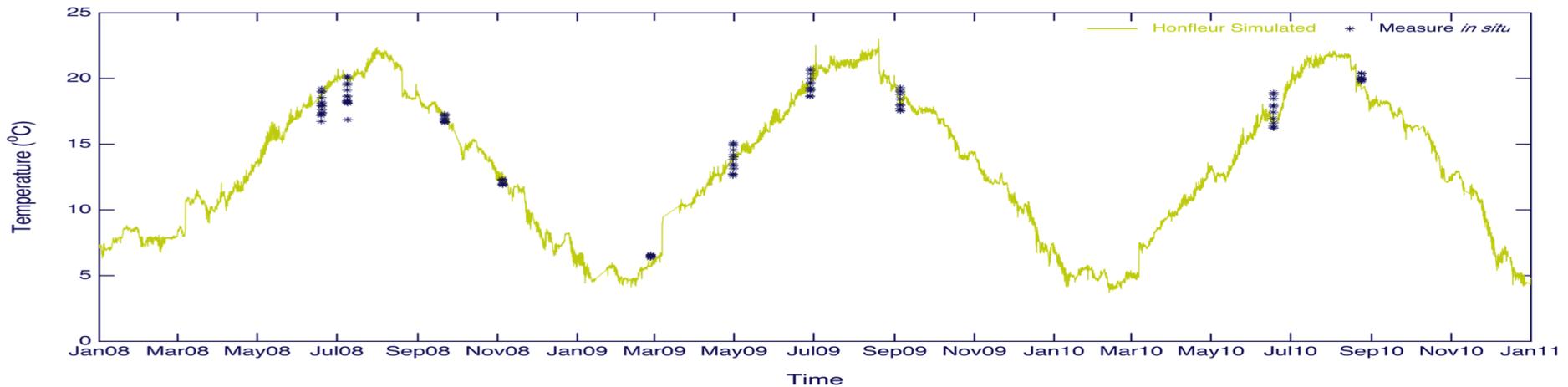
Simulated from
MAREL buoys data



3 yrs



1 hour

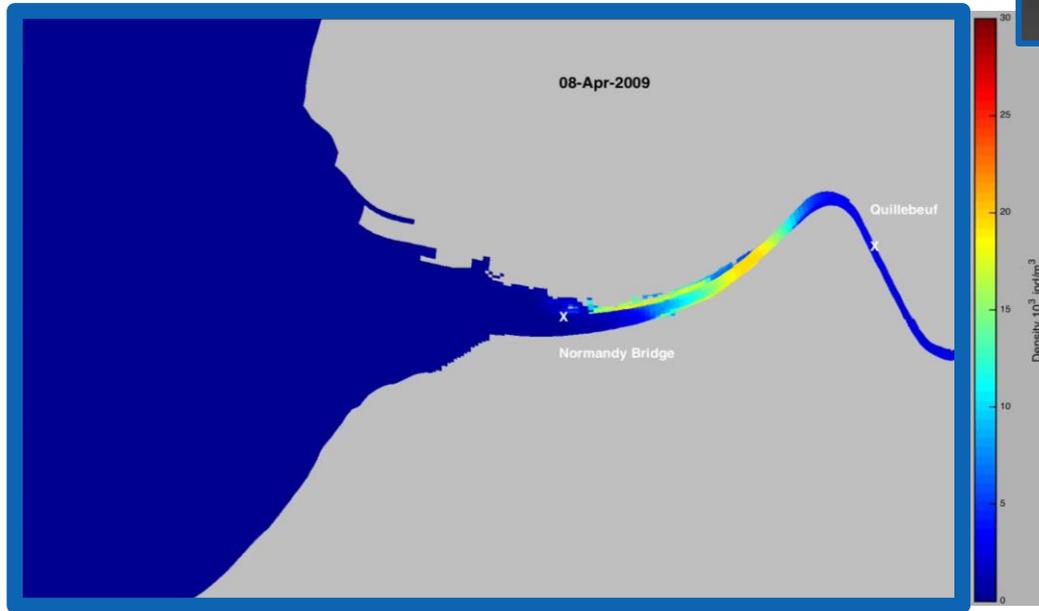


OUR RESULTS

EXAMPLE of FUNCTIONAL HABITAT



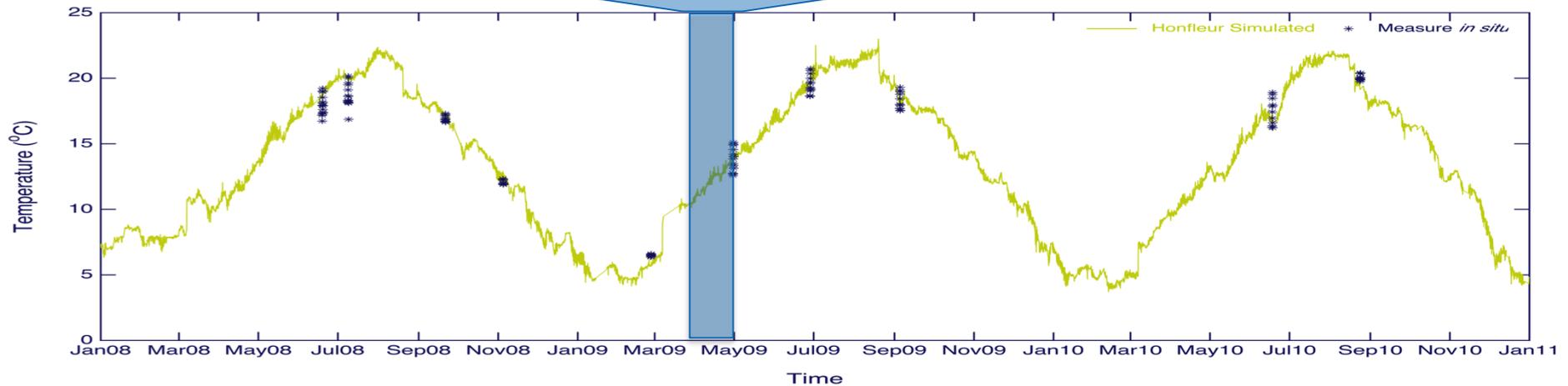
Adult



3 yrs



1 hour



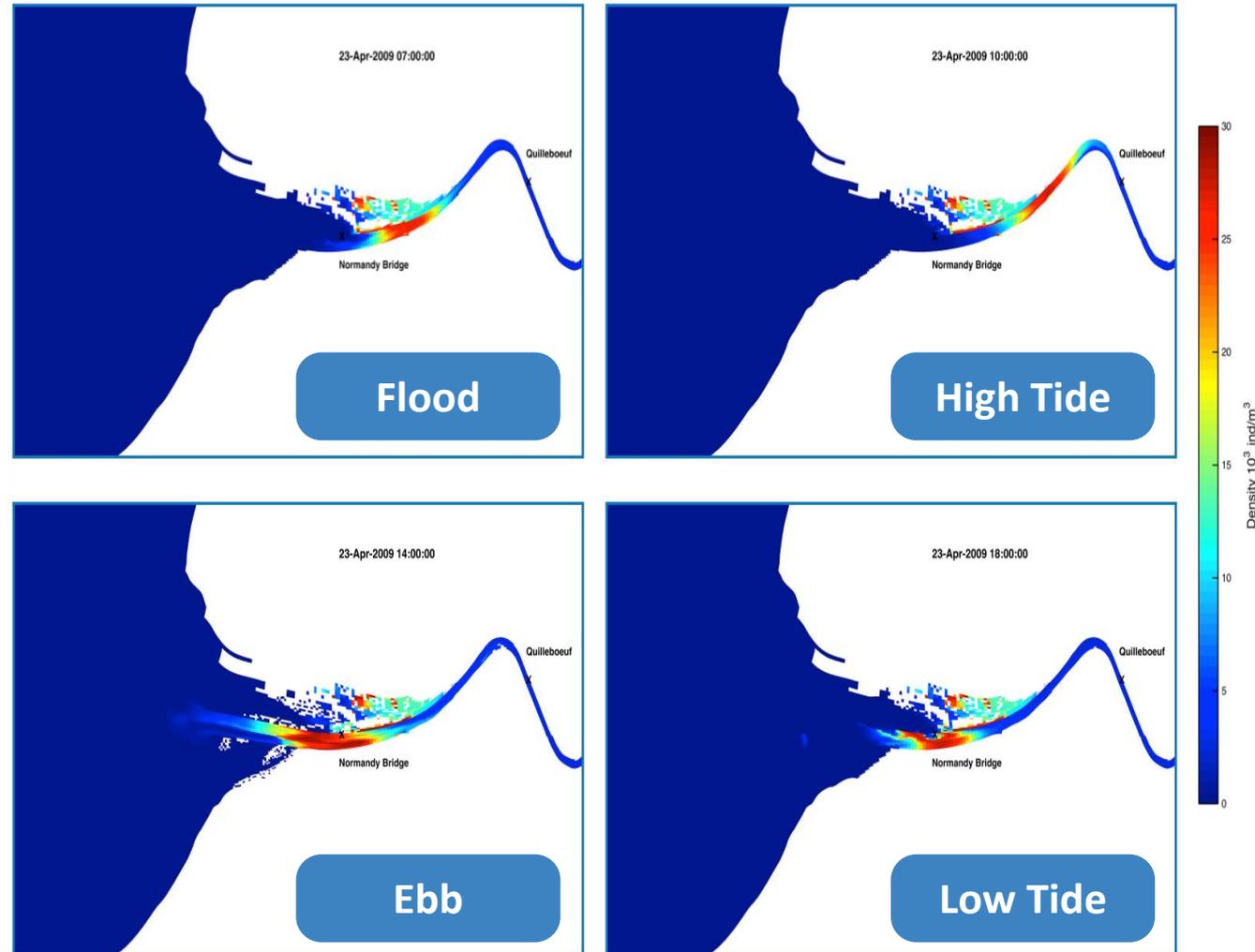
CURRENT APPLICATION

E. affinis adults'

functional habitats

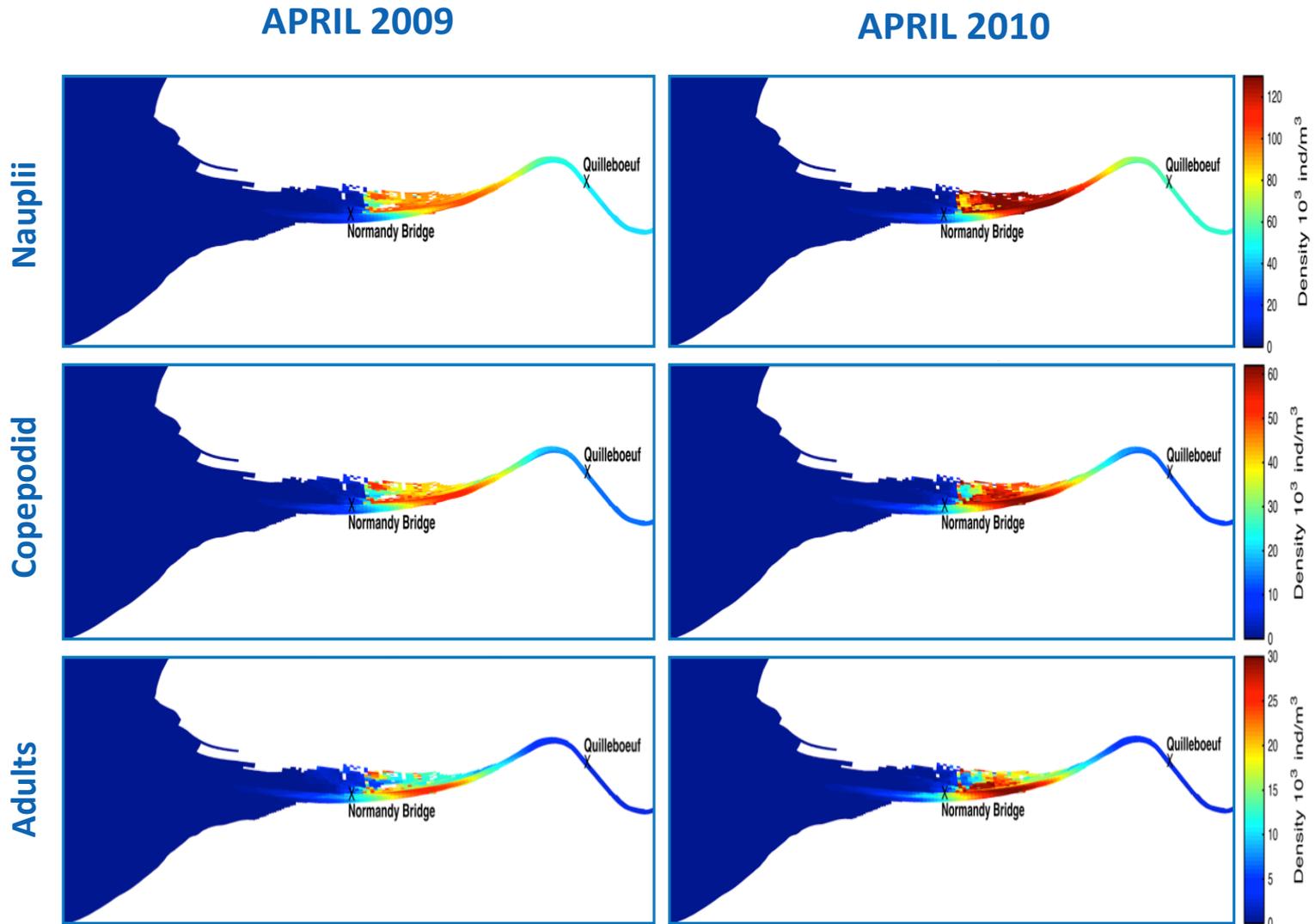
Temporal variation

(e.g. tidal cycle)



CURRENT APPLICATION

E. affinis' functional habitats - Temporal variation (e.g. inter-annual var.)



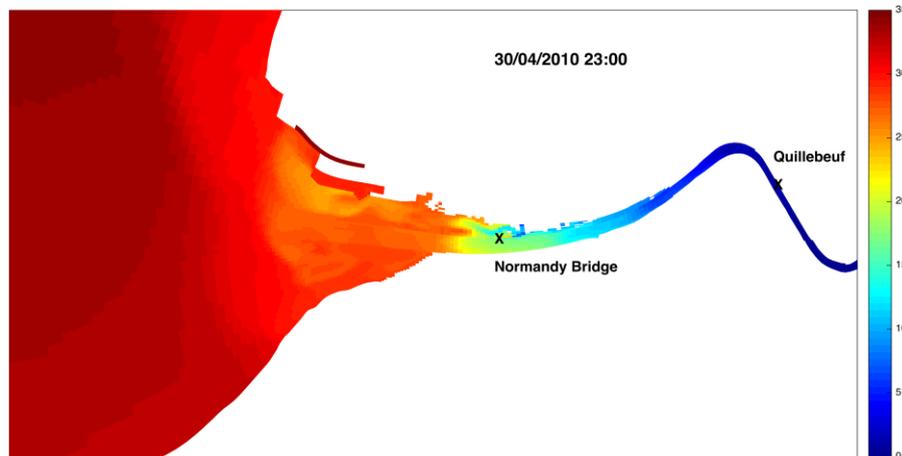
CURRENT APPLICATION

E. affinis' functional habitats - Prospective

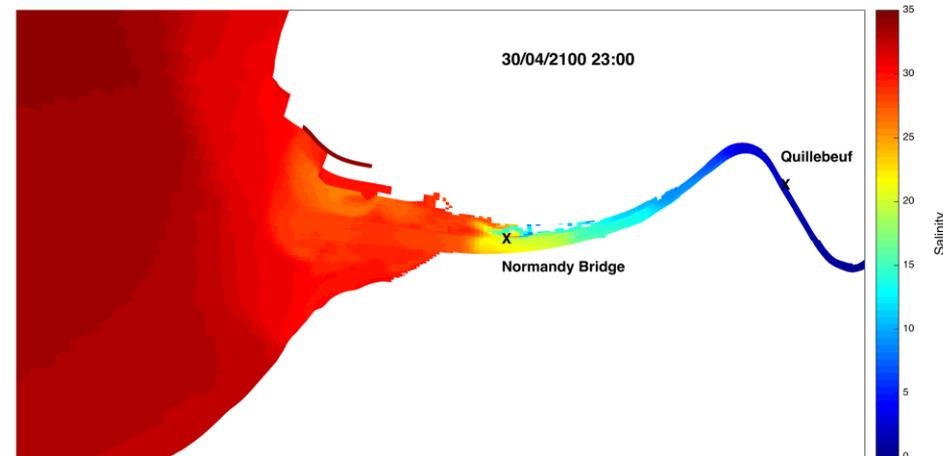


Salinity
From MARS3D

2010



2100



Oceanic forcing 2100 = Oceanic forcing 2010 w/th Mean Sea Level +1m

River discharges 2100 = 2010 + REXHYSS tendencies (Ducharne 2009)

Bathy 2100 = Bathy 2010

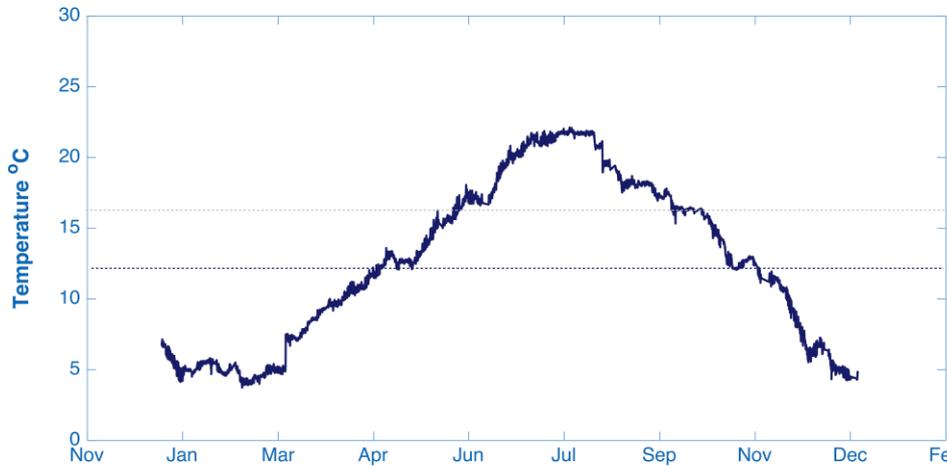
CURRENT APPLICATION

E. affinis' functional habitats - Prospective



Temperature

2010



2010

2100



2100

$$T_{2100} = T_{2010} + 2.8^{\circ}\text{C}$$

(IPCC)

CURRENT APPLICATION

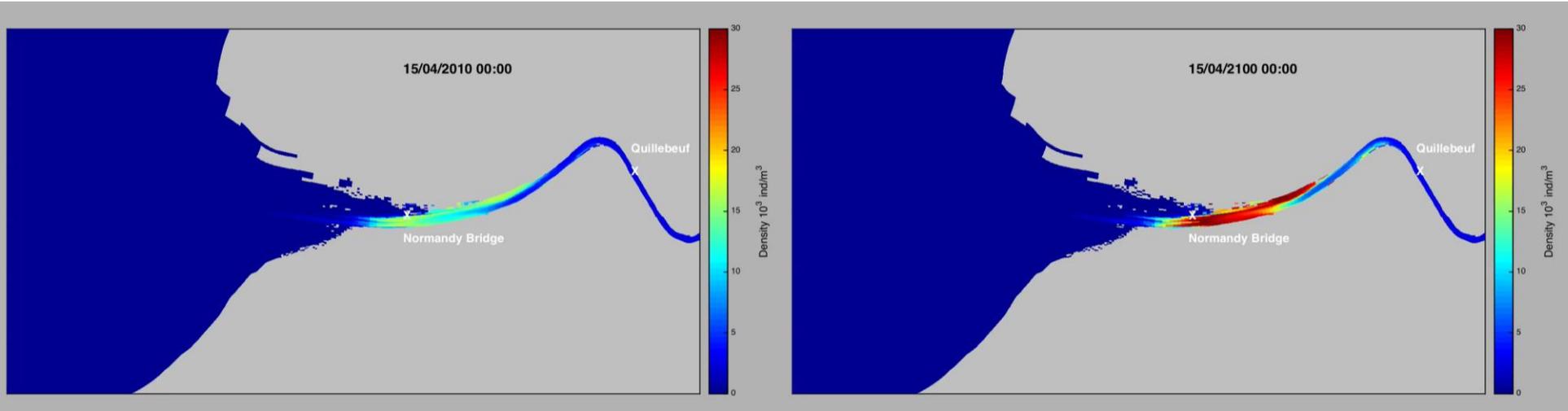


Adult

E. affinis' functional habitats - Prospective

2010

2100



Pour questions

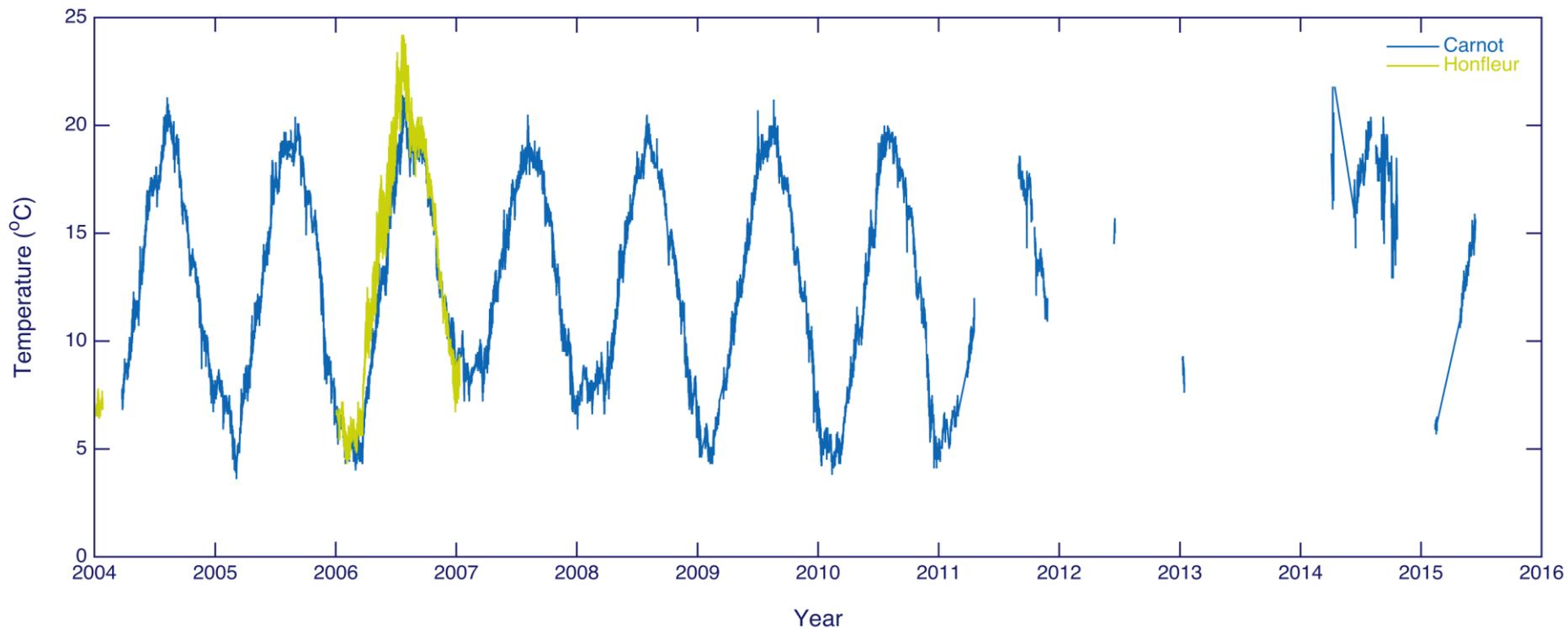
- au cas ou demande d'info sur donnees temperatures
- cf ci-apres

OURMETHOD

TOWARD FUNCTIONAL HABITAT



Temperature
MAREL Buoy

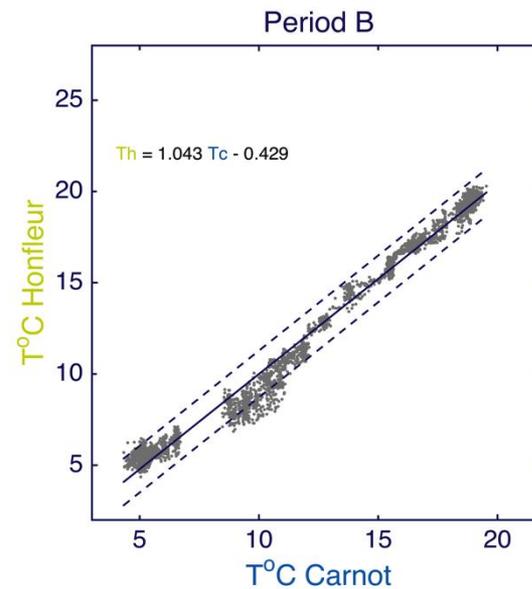
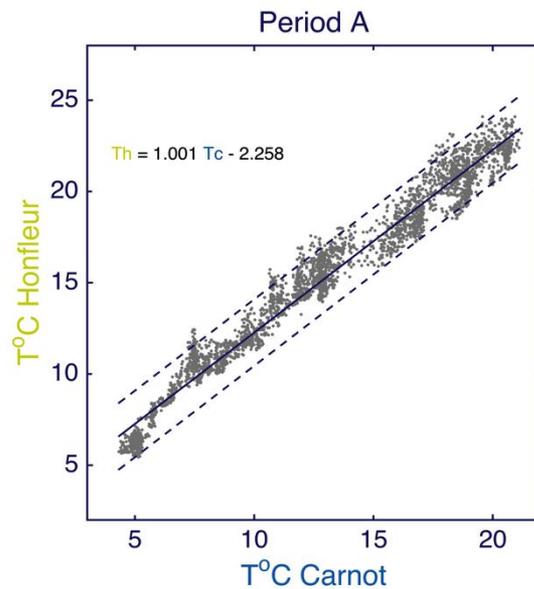
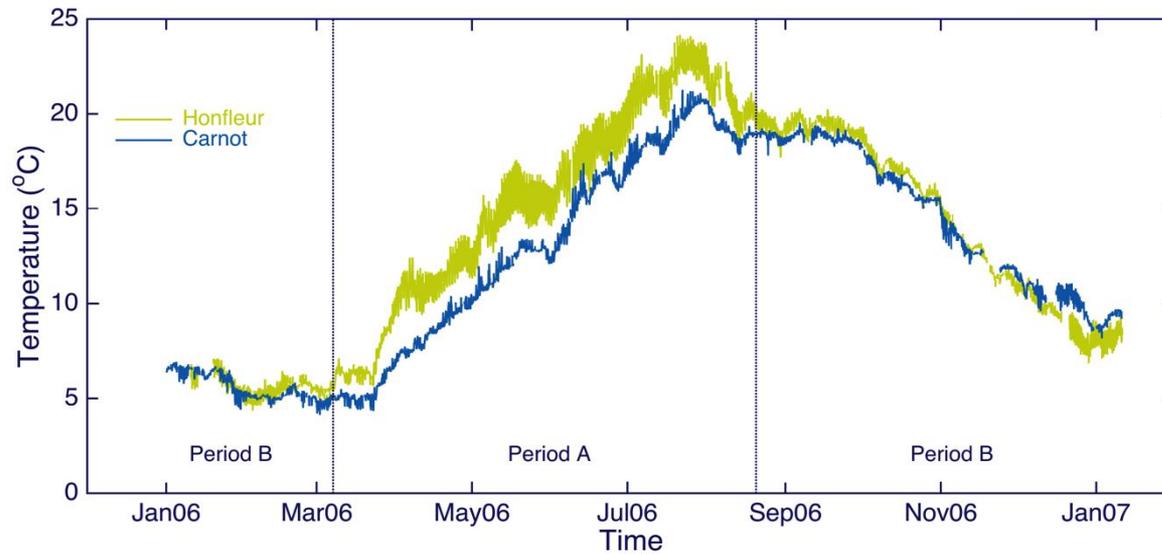


OURMETHOD

TOWARD FUNCTIONAL HABITAT



Temperature
Computation



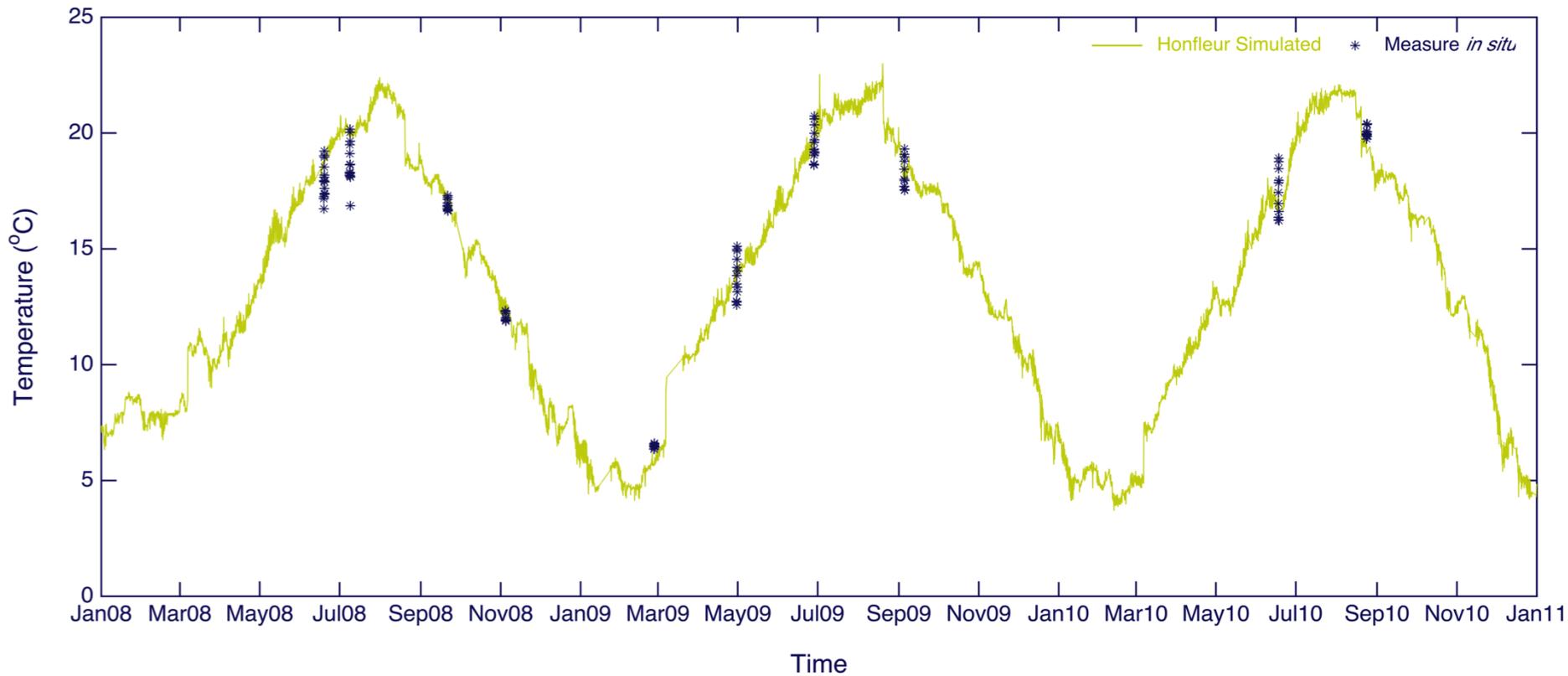
OURMETHOD

TOWARD FUNCTIONAL HABITAT



Temperature

Simu vs Obs



Conclusion partielle:

Scénario climatique vs modélisation (habitats fonctionnels et IBM)

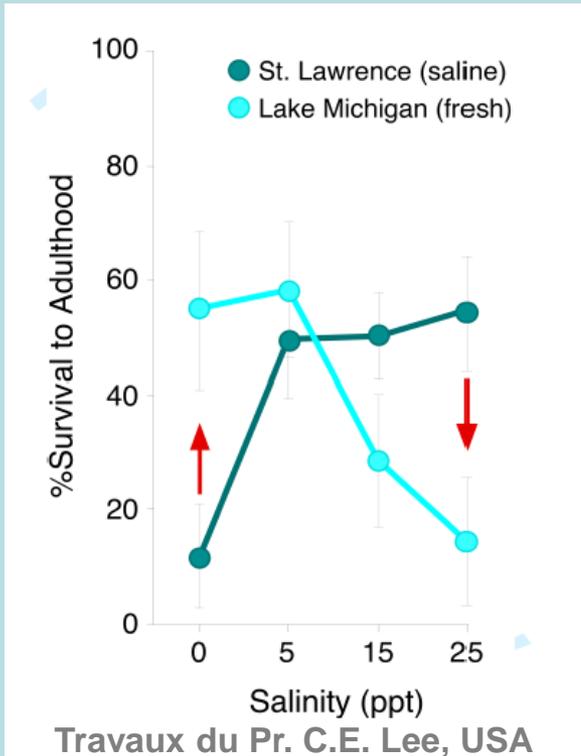
En plus des questions sur les outils de modélisation et la meilleure estimation des forçages hydro-climatiques deux points doivent être intégrés dans la démarche de modélisation:

1- Les conditions trophiques (MES-phytoplancton-microzooplancton) dans l'estuaire de la Seine et notamment en amont.

2- Les capacités adaptatives du zooplancton et notamment du copépode *Eurytemora affinis* face à ces changements et la réorganisation des habitats/réseau trophique estuarien.

D'ici 2100 il peut y avoir plus de 500 générations successives du copépode *E. affinis* (>> 1000 cohortes produites *in situ*)

2.2. Etude des capacités adaptatives du copépode estuarien *Eurytemora affinis* : synthèse des acquis expérimentaux

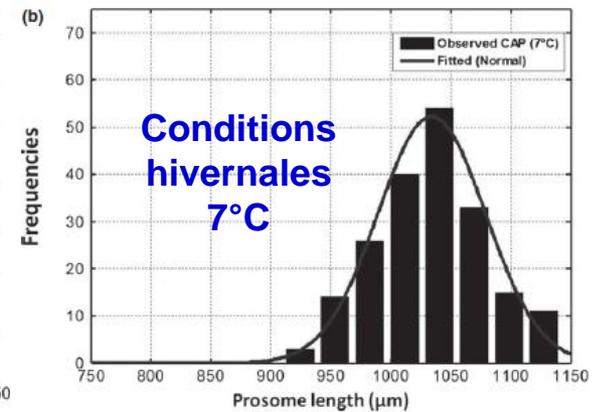
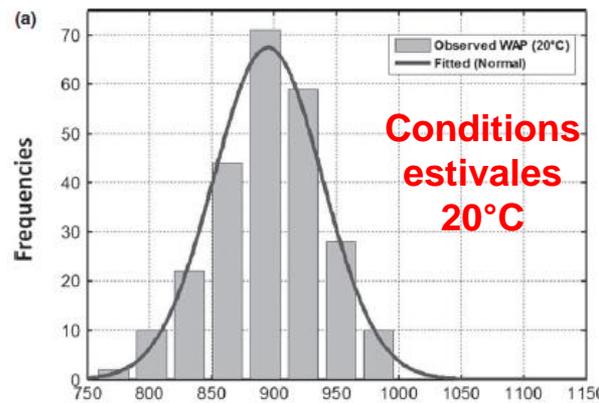


Aquaculture Research, 2016, 47, 2227–2242

doi:10.1111/are.12675

Physiological improvement in the copepod *Eurytemora affinis* through thermal and multi-generational selection

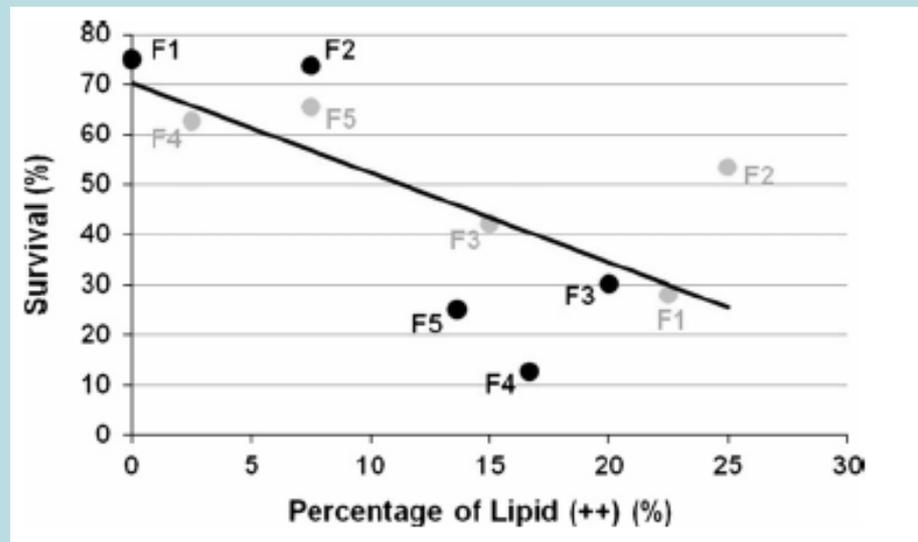
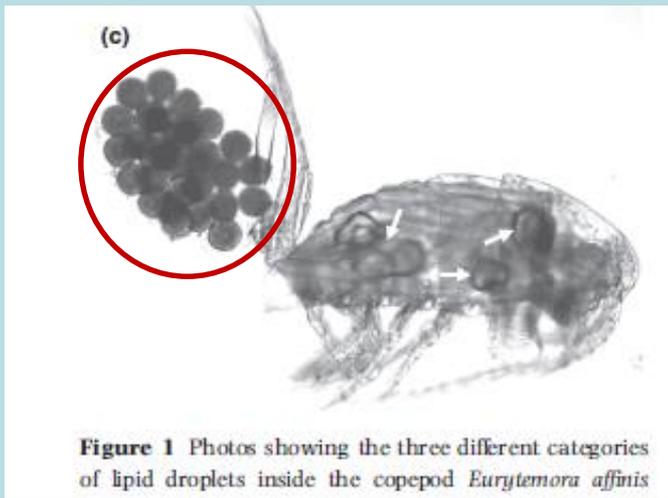
Anissa Souissi¹, Sami Souissi¹ & Benni W Hansen²



+4°C (20°C → 24°C) pas de sélection apparente

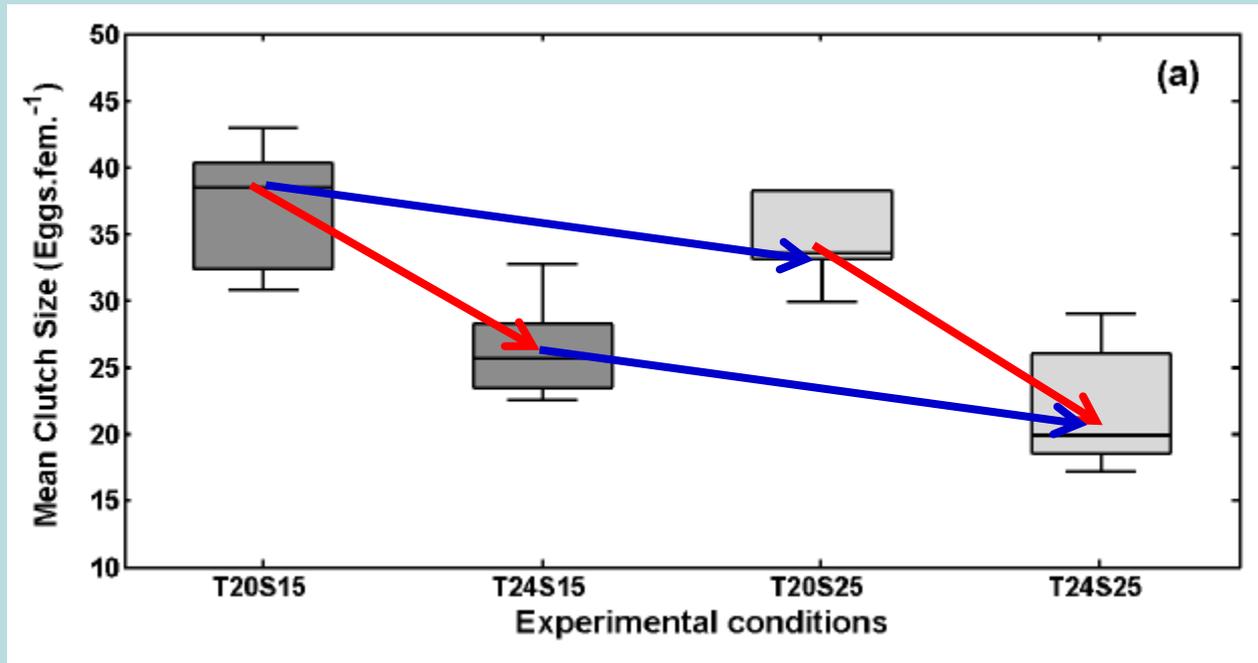
Très fort choc thermique: sélection au bout de 5 générations.

Mais il y a toujours une variabilité individuelle dans les stratégies de l'espèce qu'il faut réussir à intégrer dans un modèle IBM.



Souissi A, Souissi S & Hansen BW (2016) *Aqua Res*

Le coût (sur la fitness) d'une augmentation de la température et/ou de la salinité



Souissi A., Souissi S., & Hwang J.S. (2016)

SA I (Mouny, 1998)

Quillebeuf

Pont Normandie

Honfleur

Stratégie d'échantillonnage
EURYTEMORA (2002)
SAZOOTOX (2004)
EURYPROD (2005)
ZOOSEINE (2008-2010)
BIODISEINE (2010-2011)

ZOOTRANZ

2008: PN et QB: juin-juillet-septembre-novembre

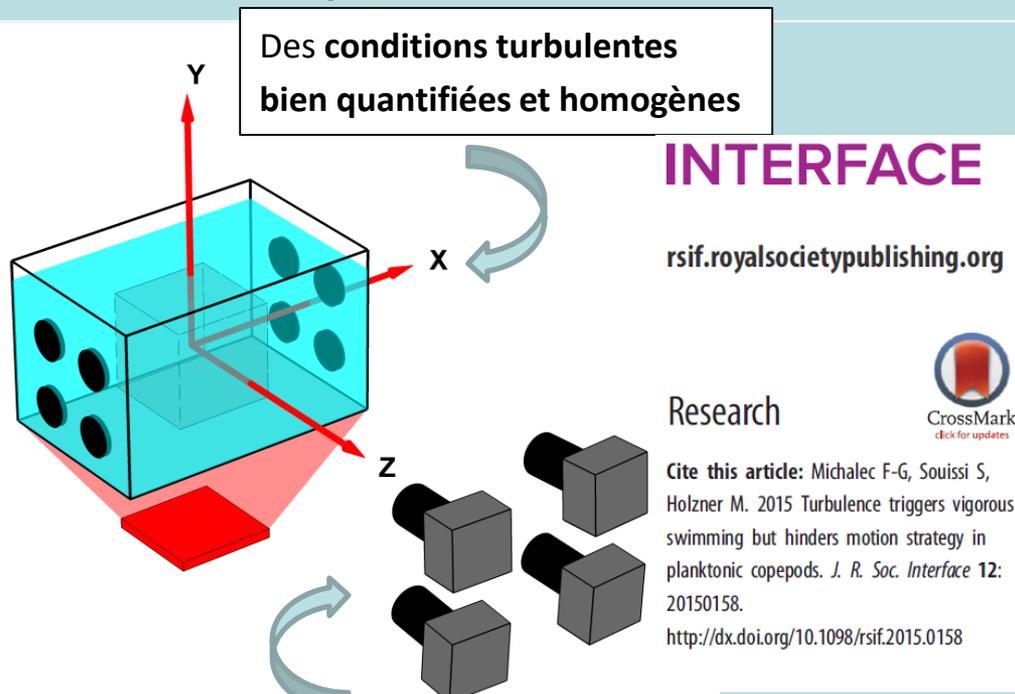
2009: PN: février-avril-juin-septembre

2010: PN: mai-juin-août-septembre

La synthèse des acquis de terrain et la valorisation de ces données est un acquis majeur de ZOOGLOBAL que nous souhaitons appliquer dans le cadre du projet SENTINELLES sur le compartiment macro-zoobenthos intertidal (vasière Nord).

Effets de la turbulence sur le comportement natatoire (ETH Zurich – LOG)

- Les copépodes ont des **capacités de nage limitées** et suivent les courants
- Leur comportement à **petite échelle** détermine leur **fitness** : trouver un partenaire et éviter les prédateurs
- Quels sont les effets de la turbulence sur leur comportement ?
 - Sont-ils capables de s'opposer à la turbulence ?
 - Sont-ils totalement passifs ?
- Quantifier les **effets de la turbulence sur les processus comportementaux** : pour une prédiction écologique fiable et des modèles de population plus robustes



Turbulence triggers vigorous swimming but hinders motion strategy in planktonic copepods

François-Gaël Michalec¹, Sami Souissi² and Markus Holzner¹

¹Institute of Environmental Engineering, ETH Zurich, Stefano-Franscini-Platz 5, 8093 Zurich, Switzerland

²Université Lille 1 Sciences et Technologies, Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, CNRS, UMR 8187 LOG, 62930 Wimereux, France

Calanoid copepods represent a major component of the plankton community. These small animals reside in constantly flowing environments. Given the fundamental role of behaviour in their ecology, it is especially relevant to know how copepods perform in turbulent flows. By means of three-dimensional particle tracking velocimetry, we reconstructed the trajectories of hundreds of adult *Eurytemora affinis* swimming freely under realistic intensities of

Une fréquence d'enregistrement élevée (100 Hz)
et des enregistrements longs (60 min)

Michalec et al. (en prep)

Conclusions et perspectives

Une synthèse des acquis (*in situ* et laboratoire) des anciens projets Seine-Aval → une valorisation scientifique importante

Développement d'une démarche de modélisation SIG HF et couplage avec les sorties MARS 3D

Etudier le rôle trophique d'*Eurytemora affinis* (micro-zooplancton) et l'interaction avec le phytoplancton (et production primaire)

Il reste des questions scientifiques sur la meilleure façon de représenter les scénarios prospectifs (climatiques et/ou restauration) et intégrer les capacités adaptatives des copépodes dans une approche IBM

Une partie des perspectives de ZOOGLOBAL se poursuivra dans le cadre du nouveau projet SENTINELLES