



Momorruak

Une introduction à la bioturbation en milieu marin

Les "crevettes" fouisseuses, ingénieurs "fantômes"
de la baie de Txingudi

Plan général

- Généralités
- Bioturbation des sédiments et diagenèse précoce
- Organismes bioturbateurs
- Types de bioturbation
- Mécanismes d'action
- Exemple d'organisme bioturbateurs : Les Thalassinidea dont fait partie
Upogebia pusilla
 - Systématique
 - Distribution latitudinales et bathymétrique
 - Biologie et écologie
 - Action sélective sur des éléments exogènes
- Revenons à *Upogebia pusilla*
- Les herbiers à *Zostera noltei*
- *Upogebia pusilla* régionalement
- Biologie
 - *Reproduction*
 - *Cycle larvaire méroplanctonique*
 - *Croissance*
 - *Nutrition*
- Interactions avec son environnement.
- Interactions avec la macrofaune benthique.

La bioturbation : un processus clef dans le fonctionnement des écosystèmes benthiques

Ici nous n'envisagerons que la bioturbation marine mais bien sur elle existe dans le milieu terrestre

« Bioturbation : l'ensemble des processus de transports résultant d'une activité biologique qui affecte directement ou indirectement la matrice sédimentaire.

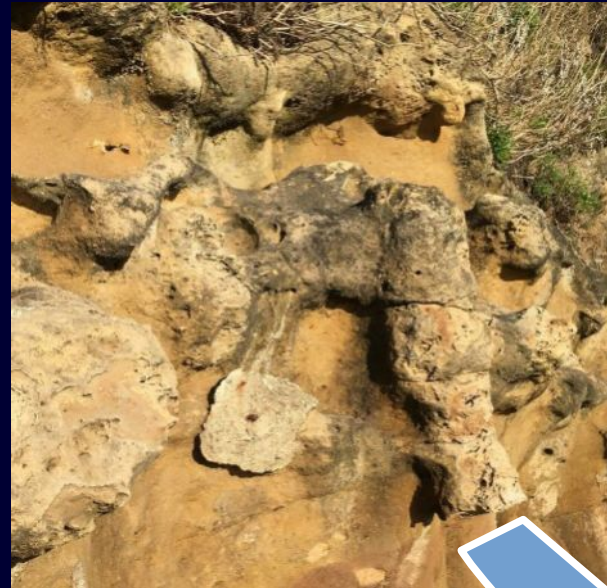
Ces processus de transports incluent à la fois le remaniement sédimentaire et la bio-irrigation. Ils jouent un rôle central dans l'écologie des sédiments meubles marins. »

La bioturbation : un processus clef depuis longtemps.

Le point de vue du géologue, merci Guilbert !!



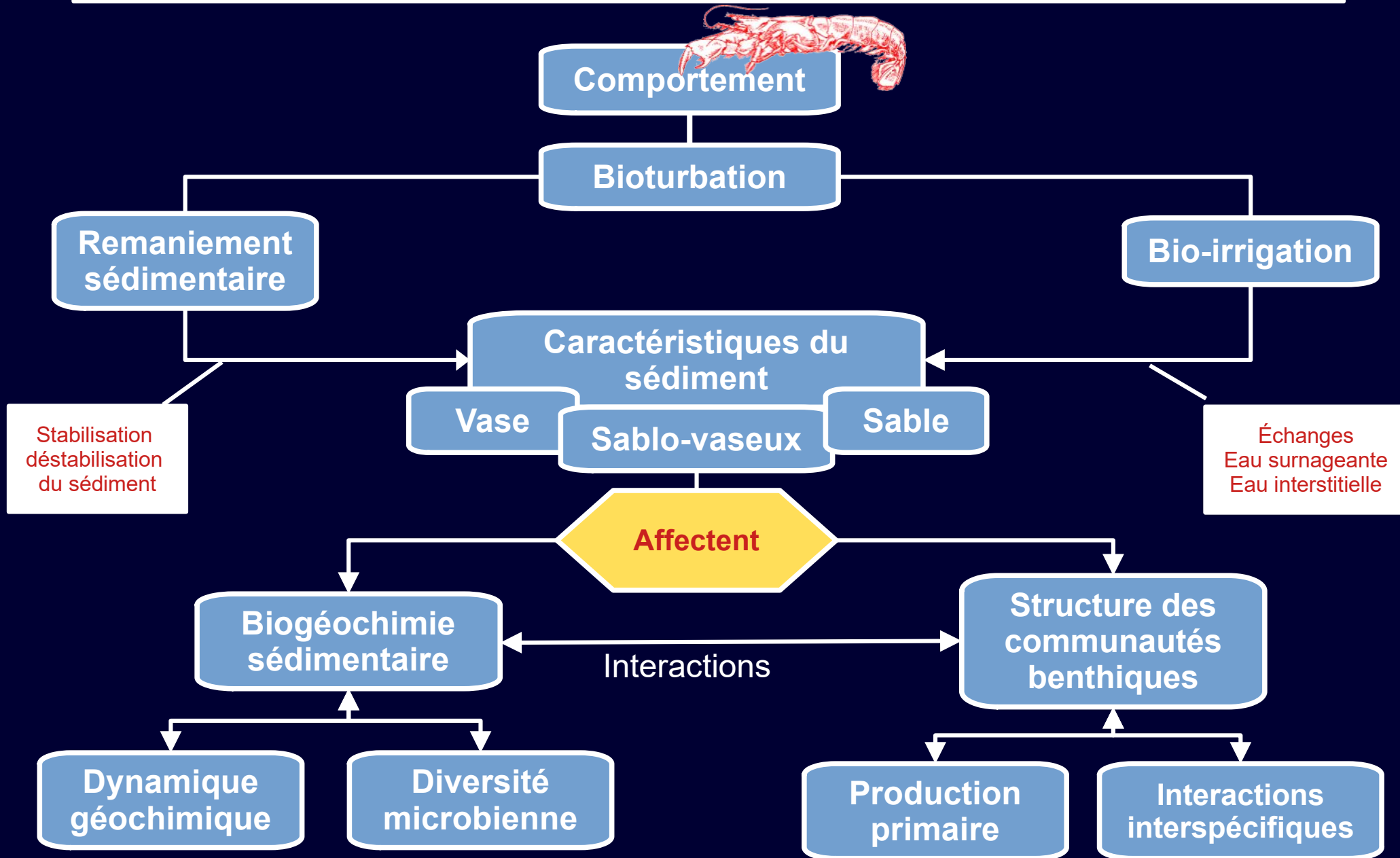
Au niveau de la plateforme d'entrée de la passerelle du rocher de la Vierge



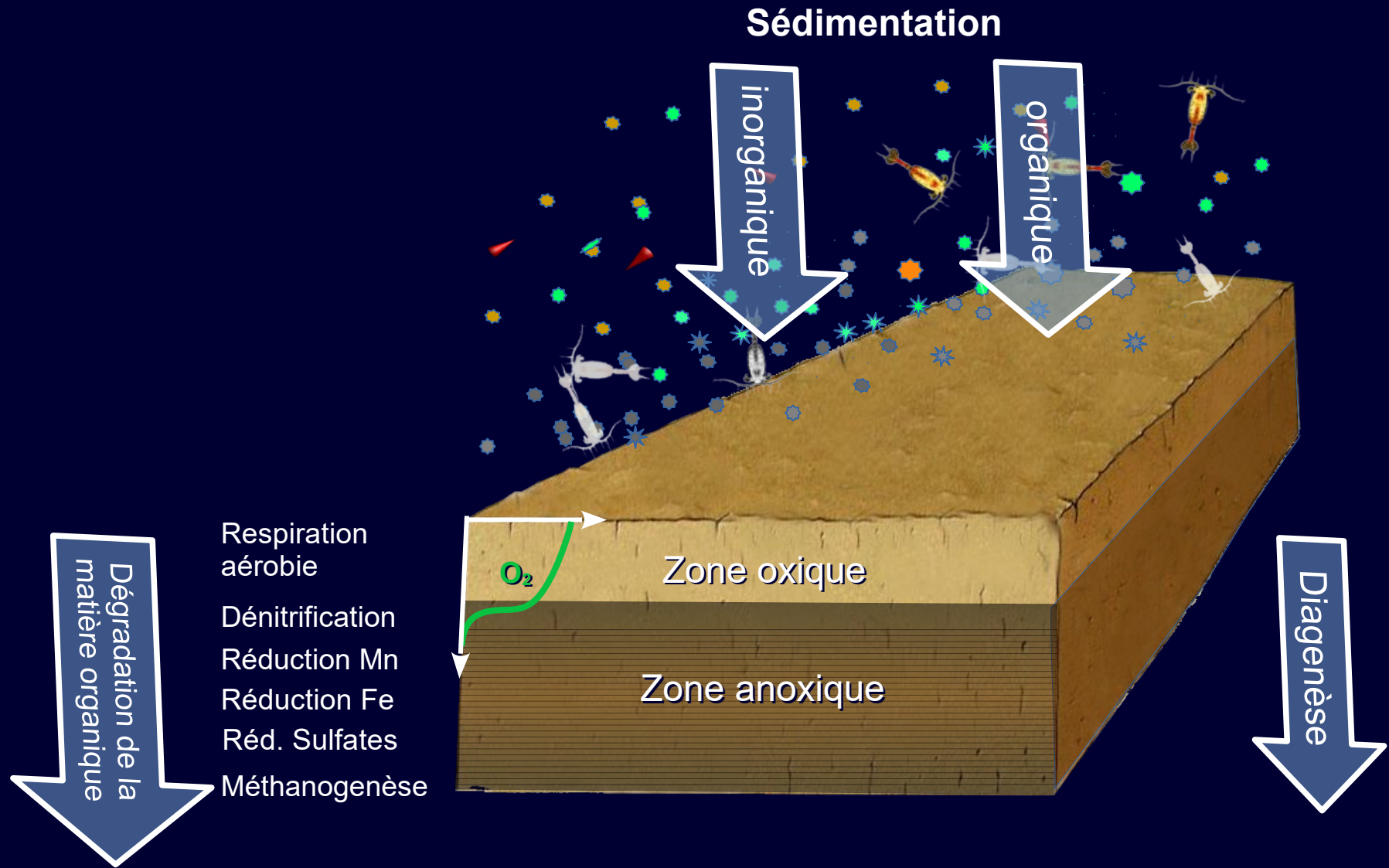
« **grès fins calcaires** ocres parsemés de **protubérances**,
Ces protubérances ne sont pas des éléments insérés dans le sédiment après son dépôt mais correspondent à des modifications *in situ*. Ce sont des transformations qui prennent place très peu de temps après le dépôt, on parle de diagenèse précoce. Elles sont induites par la présence d'animaux fousseurs, on parle de **bioturbation** »

Ouvrage de Gilbert Guingand sur la géologie de la ville de Biarritz, à paraître.

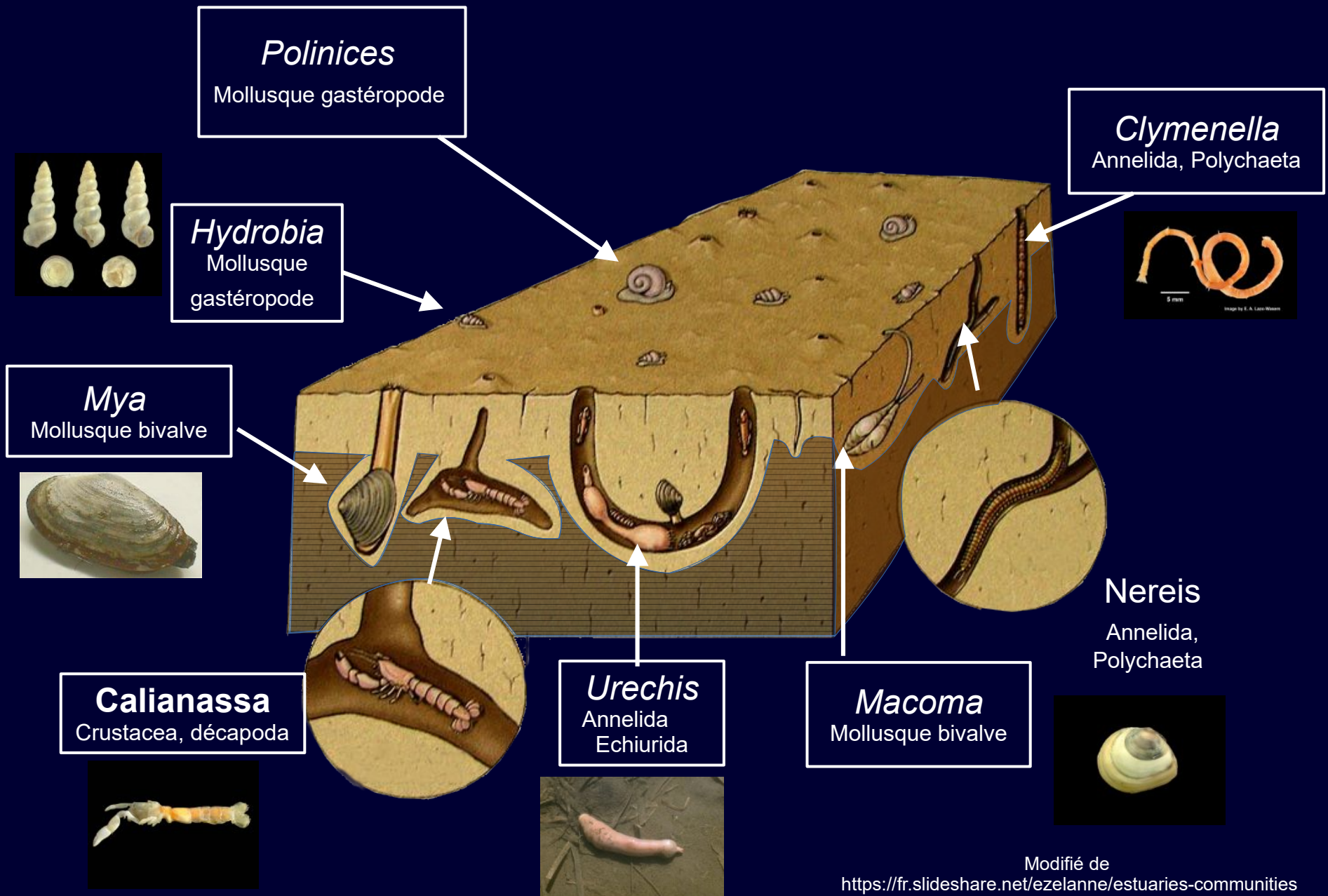
La bioturbation : un processus clef dans le fonctionnement des écosystèmes benthiques.



La diagenèse précoce



Les organismes bioturbateurs : perturbateurs sédimentaires ?



Diversité des organismes bio-perturbateurs en milieu marin (non exhaustive)



Crustacé amphipode



Crustacé décapode
Callinasse



Poisson
cartilagineux, raie



Crustacé décapode
Ocypode spp.



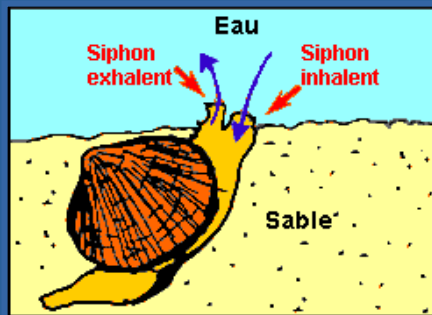
Échinoderme
Ophiuridé



Échinoderme
oursin



Annélide polychète



Mollusque bivalve



Mollusque
gastéropode



Mammifère, Dugong

Densités des organismes qui peuvent être très importantes

Polychète, *Arenicola marina*



Jusqu'à 150 Ind m⁻², 20 cm de profondeur



Callianasse, *Neotrypaea californiensis*



Jusqu'à 144 Ind m⁻², jusqu'à 60 m de profondeur



La bioturbation

Circulation de l'eau dans les sédiments et remaniement sédimentaire.

Plusieurs types d'action des organismes

Bioturbation : Types fonctionnels



BIOTURBATION:

Les déplacements de particules (remaniement sédimentaire) et d'eau (ventilation) dans les sédiments dus aux activités de la faune(*).

Les acteurs de la bioturbation(†) peuvent être regroupés en différents groupes fonctionnels.

(*) : la définition est ici limitée à la faune aquatique. La faune des sols, des plantes aquatiques et terrestres peuvent également générer de la bioturbation.
 (†) : seulement des exemples d'espèces de macrofaune (c.a.d. organismes retenus sur un tamis de 0,5 mm) sont donnés ici.



Echinocardium cordatum

Biodiffuseurs
 Organismes qui mélangent les sédiments de façon homogène sur de courtes distances. Les sous-groupes sont les biodiffuseurs de surface **BS**, les biodiffuseurs de sub-surface **BSS** et les biodiffuseurs à galeries **BG**.

Convoyeurs vers le haut **CH**
 Organismes orientés verticalement dans les sédiments, qui se nourrissent la tête en bas et déposent leurs déchets à la surface des sédiments.



Ventilateurs de terriers fermés **VF**
 Organismes positionnés dans des terriers en forme de I ou J. Pour respirer, ils pompent de l'eau oxygénée dans leur terrier grâce à des mouvements de leur corps ou de cils. Certains bivalves aspirent et recrachent de l'eau à l'aide de siphons à travers lesquels l'oxygène peut fuir vers l'extérieur.



Hediste diversicolor

Ventilateurs de terriers ouverts **VO**
 Organismes qui construisent des terriers en forme de Y ou U. Afin de respirer, ils font circuler de l'eau oxygénée (dans le sens tête vers queue) en faisant onduler leur corps ou en bougeant leurs pattes de nage.



Mercenaria mercenaria



Uca vocans



Scopimera sp.

Convoyeurs vers le bas **CB**
 Organismes orientés verticalement dans les sédiments, qui se nourrissent la tête en haut et déposent leurs déchets en profondeur.



Cirriformia sp.

Régénérateurs **R**
 Organismes qui creusent et maintiennent des terriers, transportant le sédiment du fonds vers la surface. Dans les terriers, peuvent tomber des particules de surface ou provenant de l'effondrement des parois.

Convoyeurs vers le haut



Organismes orientés verticalement dans les sédiments, qui se nourrissent la tête en bas et déposent leurs déchets à la surface des sédiments.

Ventilateurs de terriers ouverts



Organismes qui construisent des terriers en forme de Y ou U. Afin de respirer, ils font circuler de l'eau oxygénée (dans le sens tête vers queue) en faisant onduler leur corps ou en bougeant leurs pattes de nage.

Biodiffuseurs



Ophiures



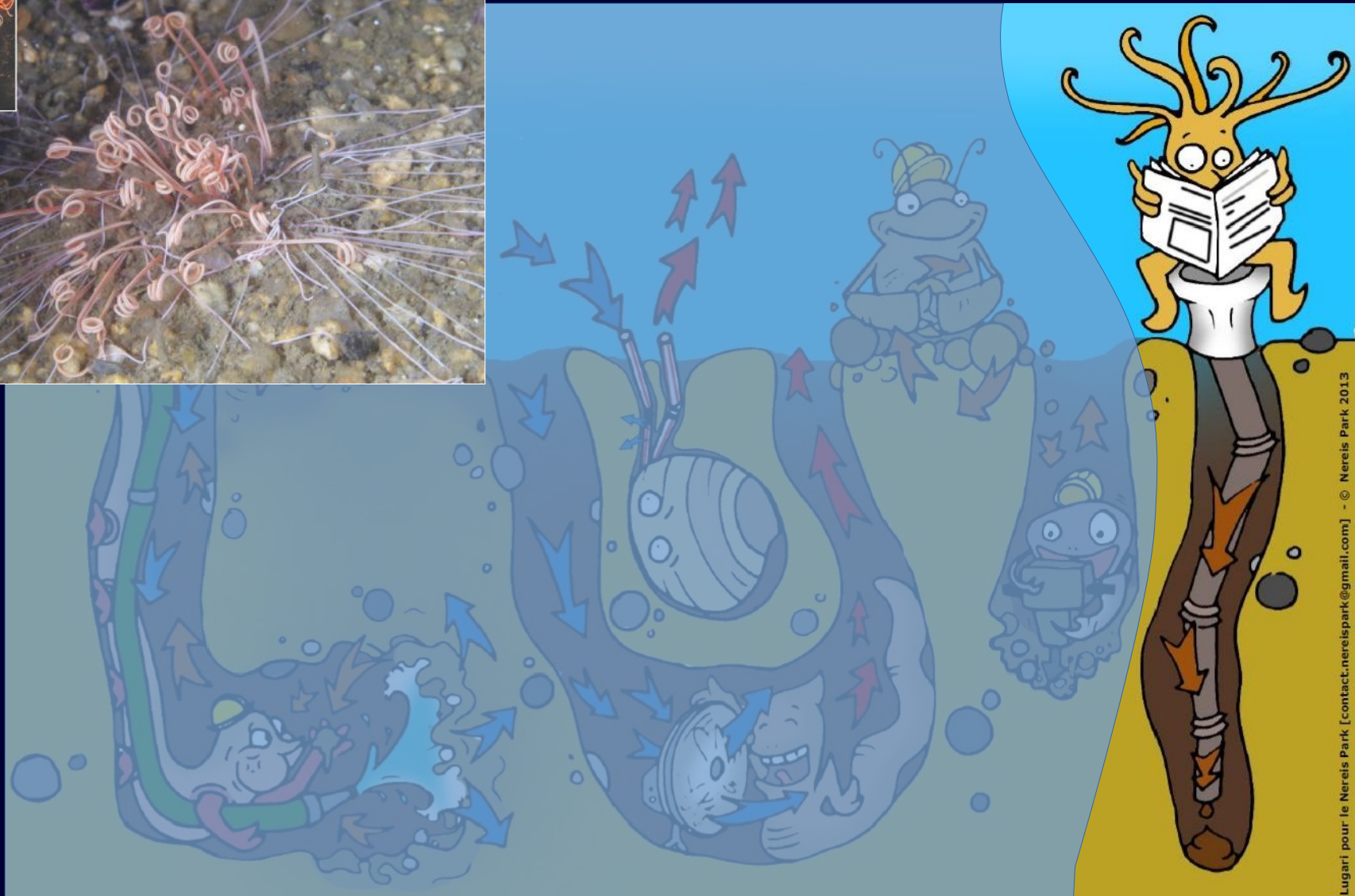
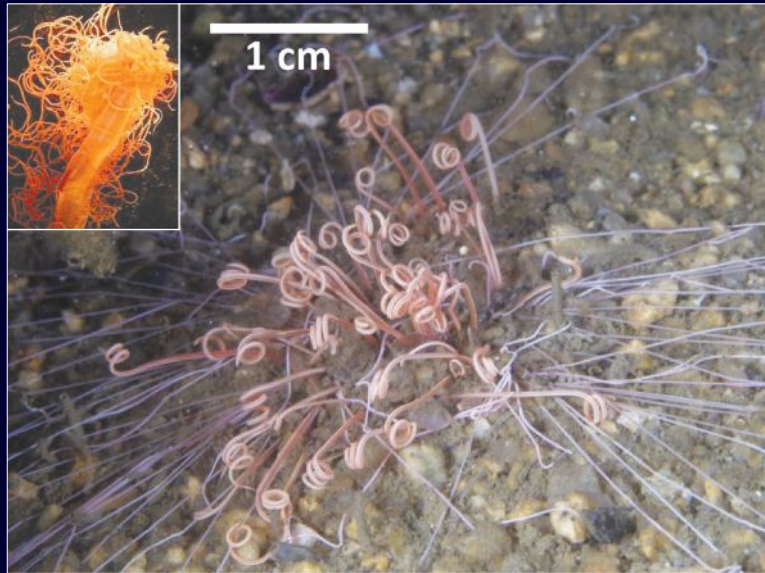
Organismes qui mélangent les sédiments de façon homogène sur de courtes distances.
Bio-diffuseurs de surface , bio-diffuseurs de sub-surface et les bio-diffuseurs à galeries.

Régénérateurs



Organismes qui creusent et maintiennent des terriers, transportant le sédiment du fond vers la surface.

Convoyeurs vers le bas



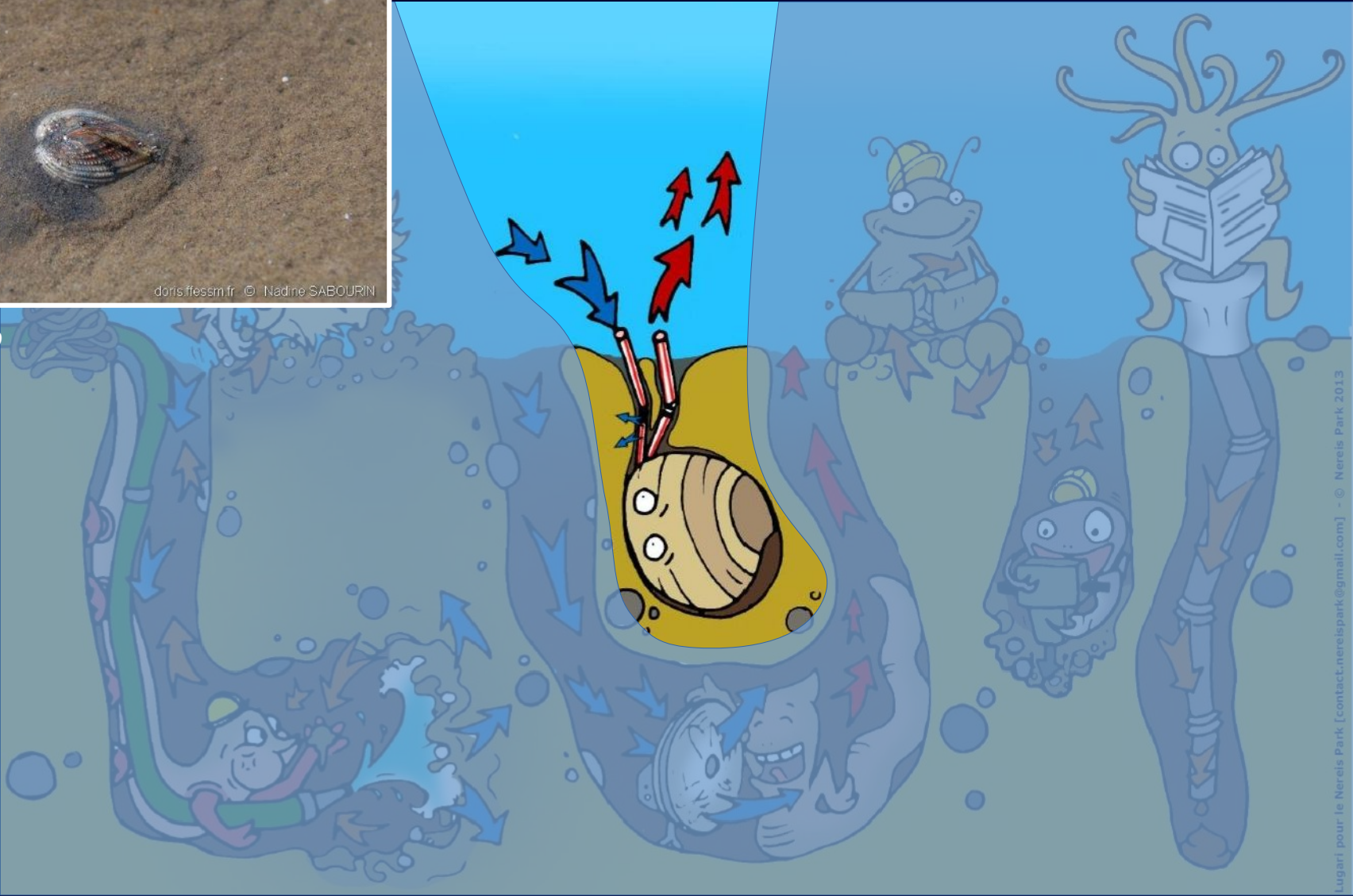
Organismes orientés verticalement dans les sédiments, qui se nourrissent la tête en haut et déposent leurs déchets en profondeur.

Ventilateurs de terriers fermés



doris.fesrm.fr © Nadine SABOURIN

Cardium sp

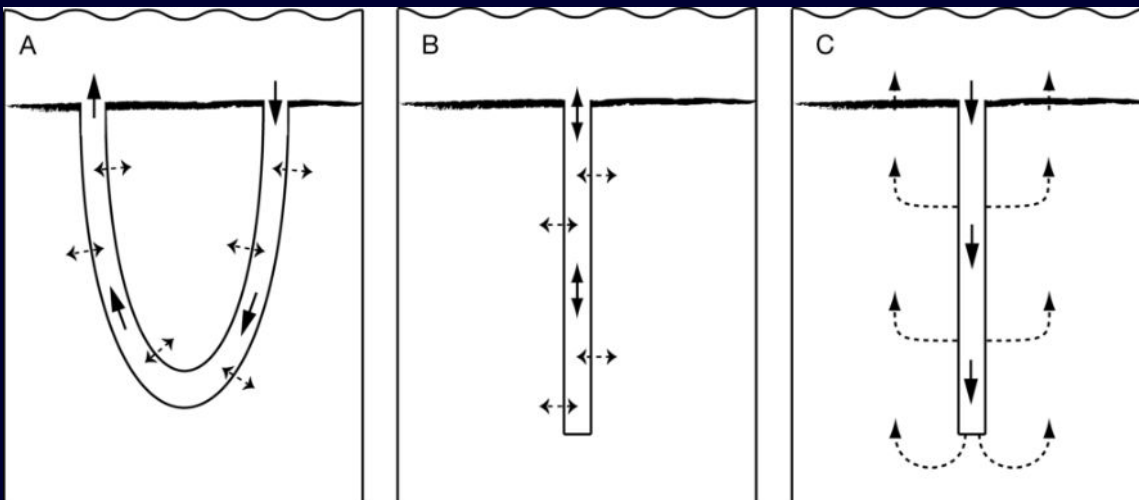
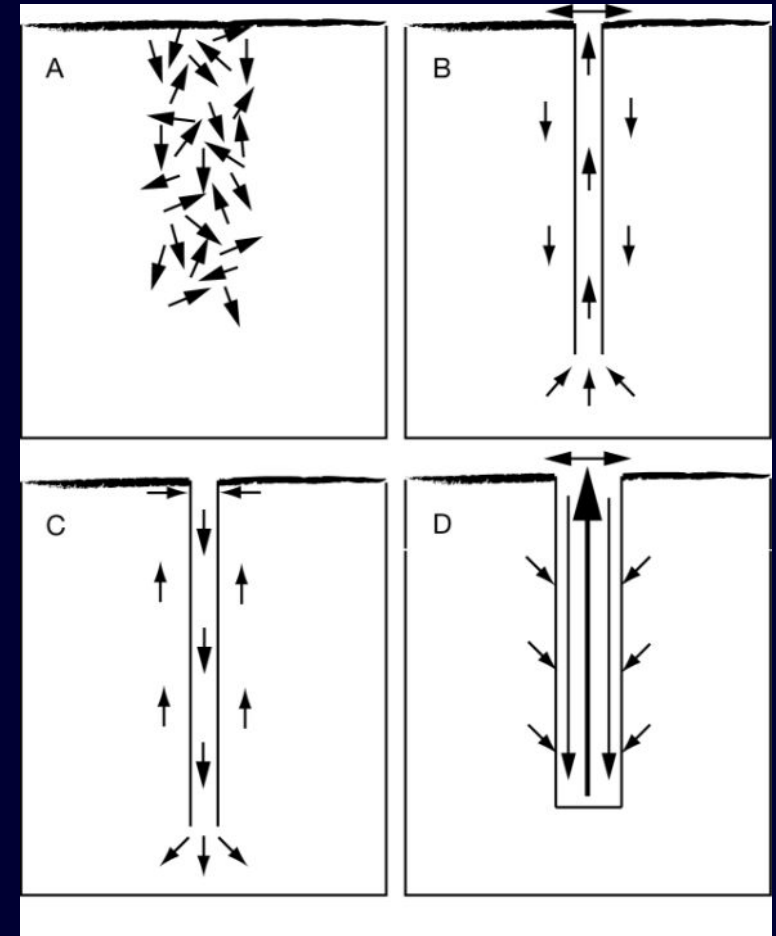


Lugari pour le Nereis Park [contact:nereispark@gmail.com] - © Nereis Park 2013

Organismes positionnés dans des terriers en forme de I ou J. Pour respirer, ils pompent de l'eau oxygénée dans leur terrier. Certains bivalves aspirent et recrachent de l'eau à l'aide de siphons à travers lesquels l'oxygène peut fuir vers l'extérieur.

Types de bioturbations : Flux et irrigation

- A) **Les biodiffuseurs** : leur activité entraîne un transport particulaire continu.
- B) **Les convoyeurs vers le haut** : positionnés verticalement qui se nourrissent en profondeur dans le sédiment.
- C) **Les convoyeurs vers le bas** : positionnés verticalement mais qui se nourrissent à la surface du sédiment.
- D) **Les régénérateurs** : transportent des particules de la colonne sédimentaire vers la surface du sédiment lors de la construction ou de l'entretien de leurs terriers temporaires.

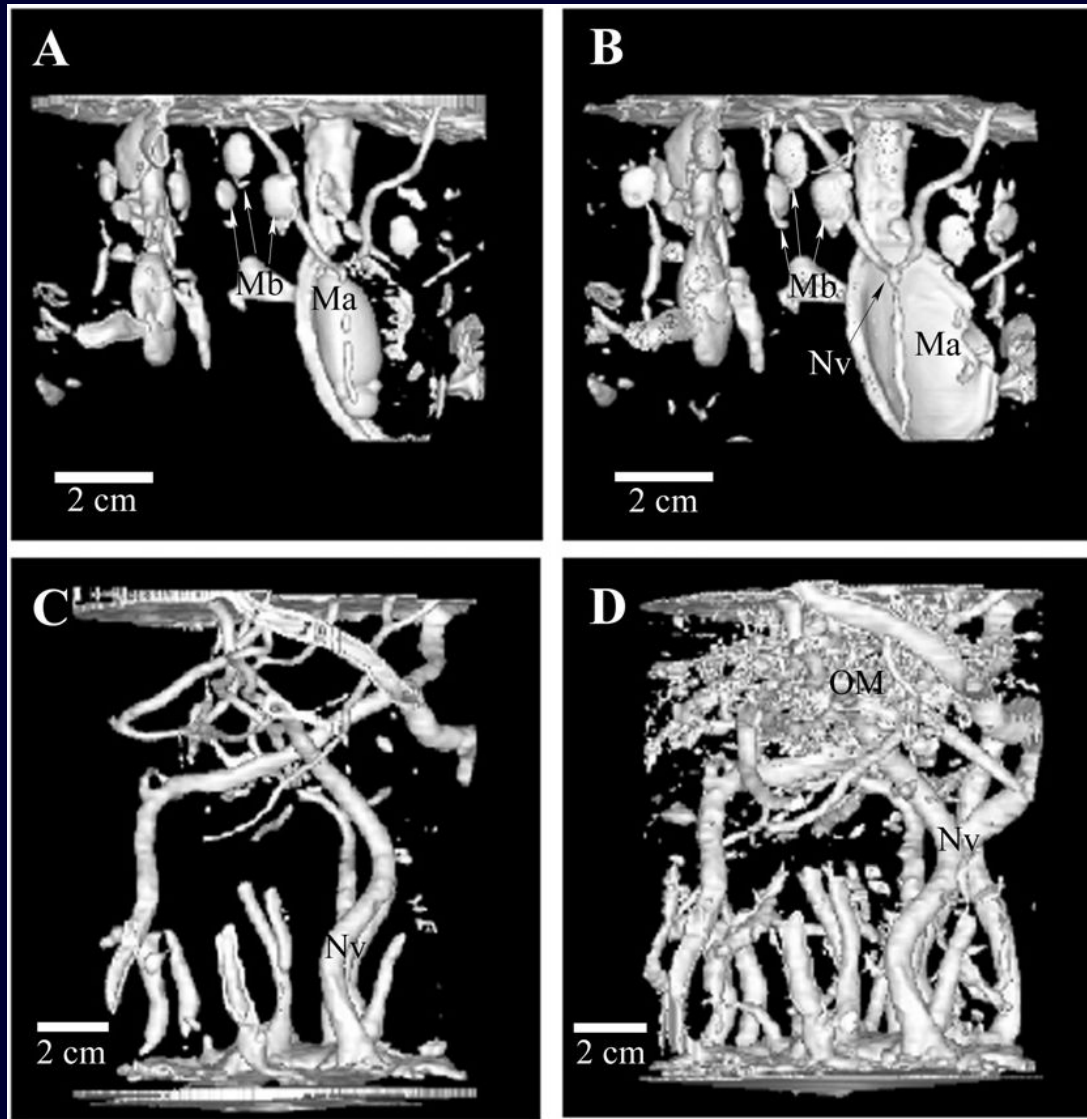


Types de terriers :

- A) Ouvert
- B) Aveugle, sédiments imperméables,
- C) Aveugle, les sédiments perméables

Scan de carottes de sédiments par tomодensitométrie (CT)

Densités d'air ou de matière organique.



A) Structures remplies d'air, *Mya arenaria* (Ma) et *Macoma balthica* (Mb), *Nereis virens*.

B) Matière organique, *Mya arenaria* (Ma), *Macoma balthica* (Mb), et *Nereis virens* (Nv).

C) Structures remplies d'air, *Nereis virens* (Nv).

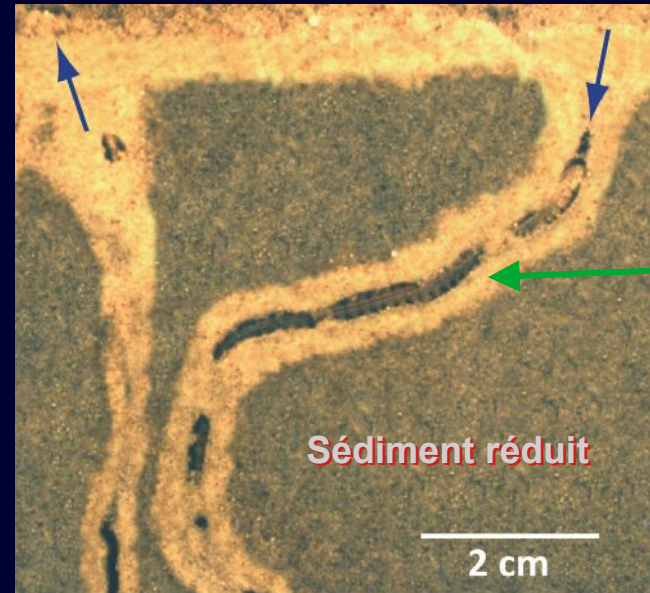
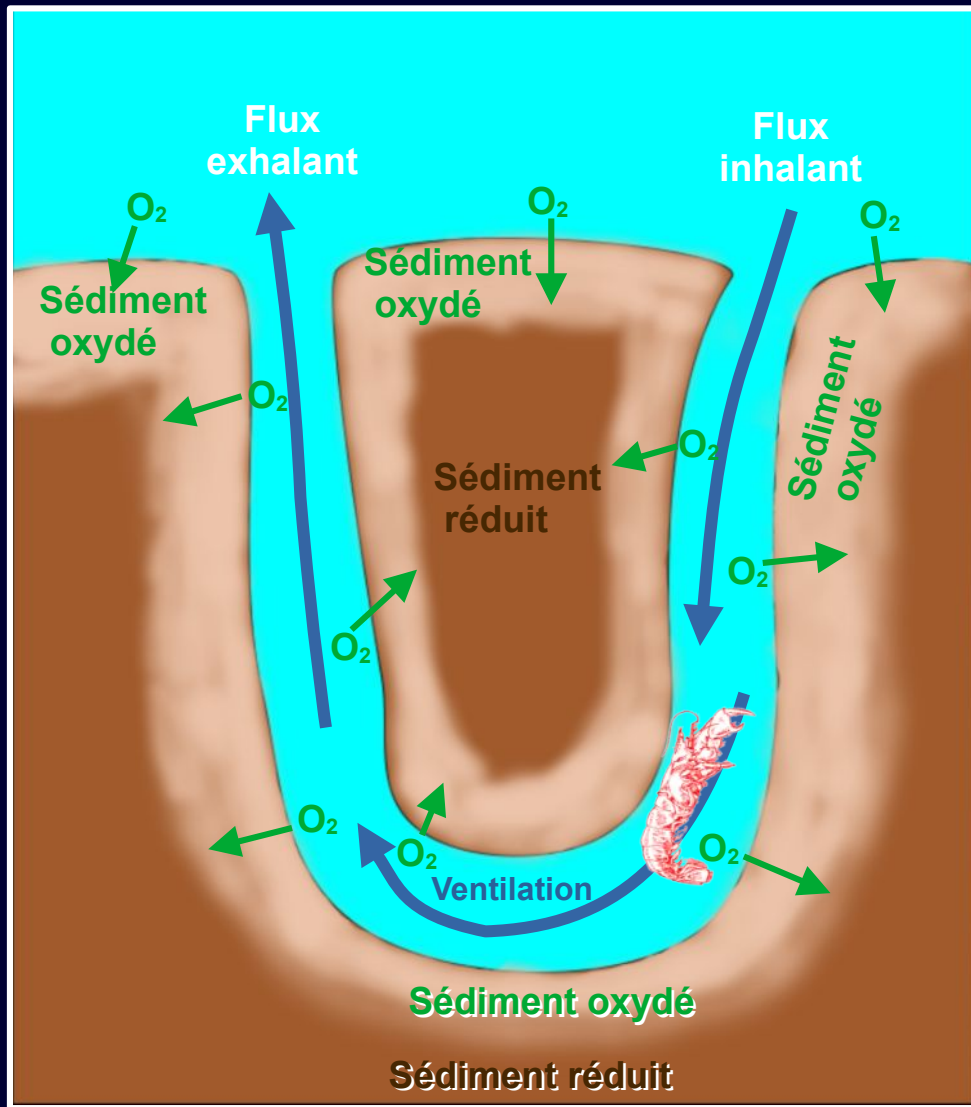
D) Matière organique, *Nereis virens* (Nv), et patch de matière organique (OM).

Zone intertidale,
A, B Bic provincial park,
C, D Saint-Siméon, Gaspé Peninsula.
Québec, Canada.

Un processus clef : la « ventilation »*

* Ventilation : Pris ici au sens de créer un **renouvellement de l'air de l'eau**

La bioturbation : Flux et irrigation

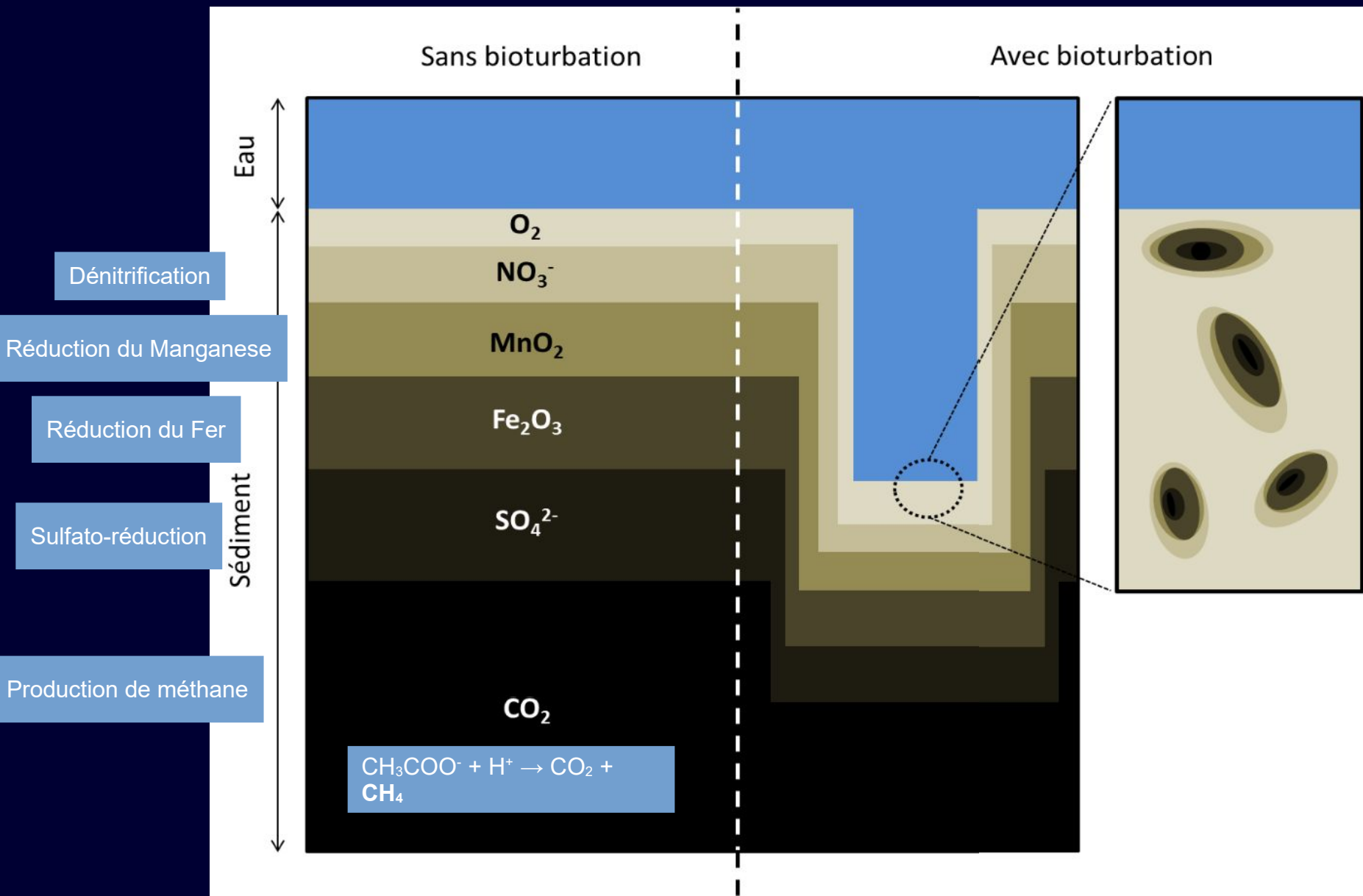


Nereis diversicolor



Upogebia pusilla

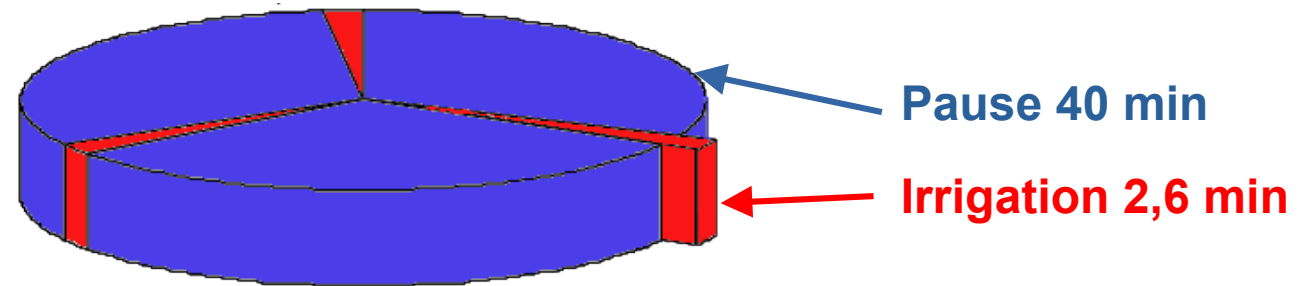
Sédiment réduit



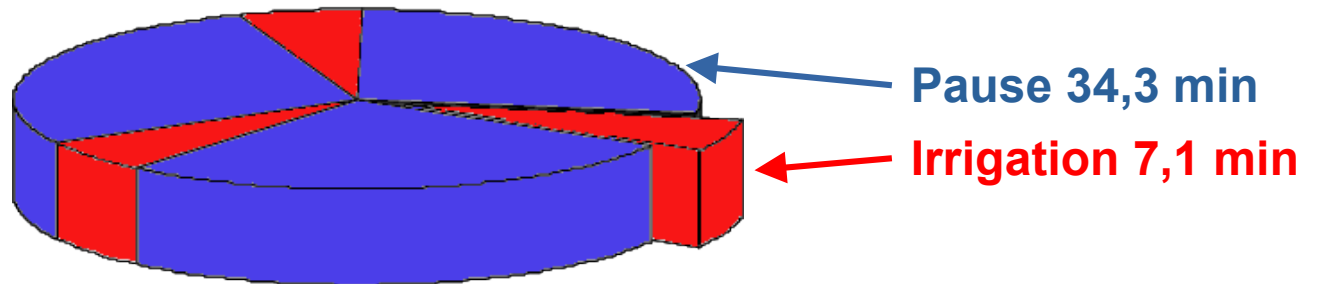
Stratification théorique des accepteurs d'électrons dans les sédiments marins sans et avec bioturbation. Modifié d'après Aller (1982)

Exemple de ventilation de terriers : répartitions sur 2 heures des phases d'irrigation et de repos.

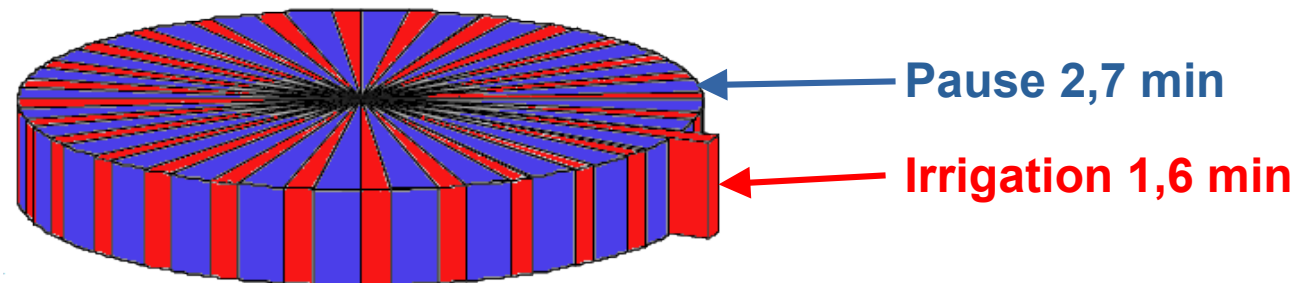
Crustacé :
Callianassa subterranea



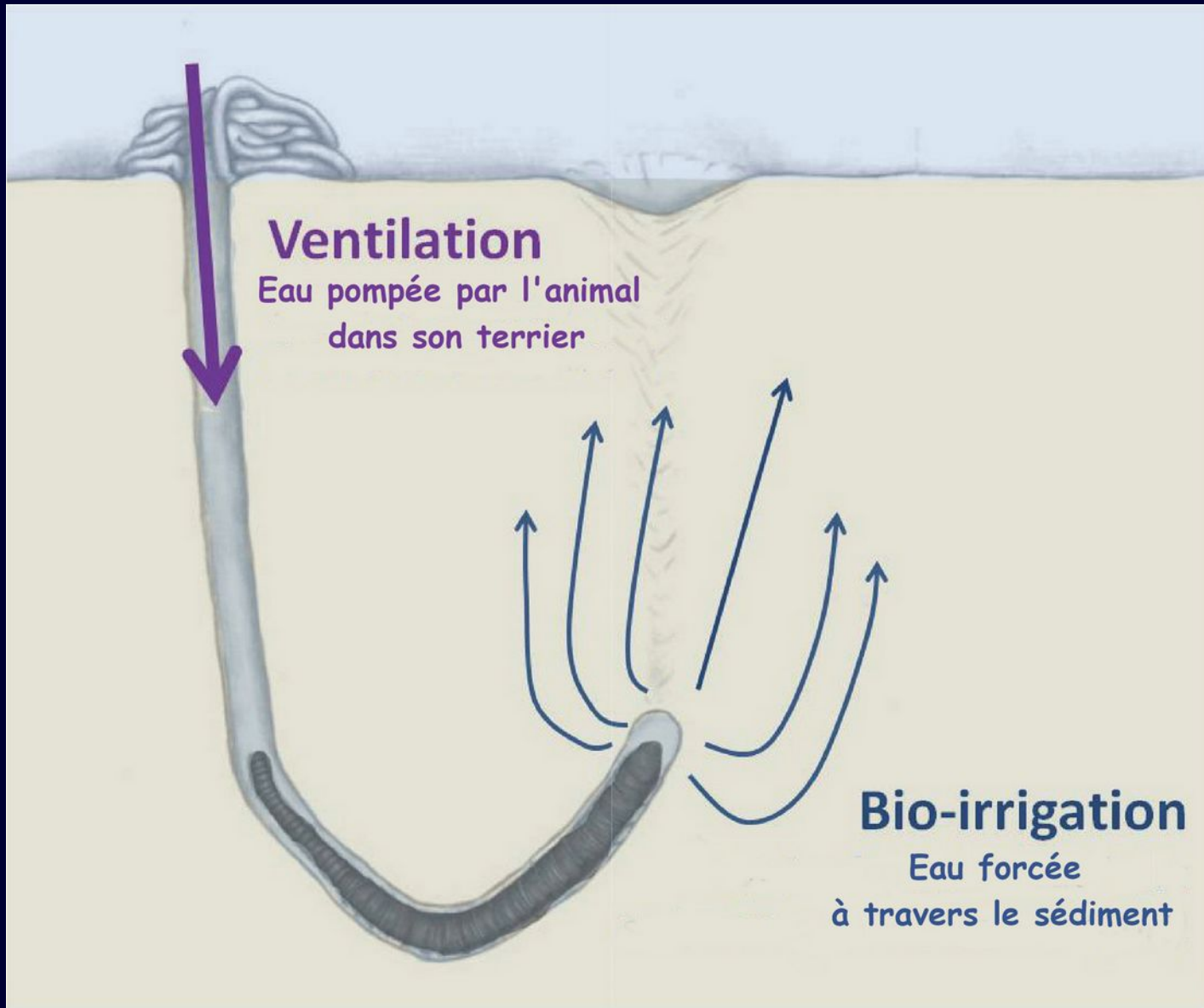
Polychète :
Nereis virens



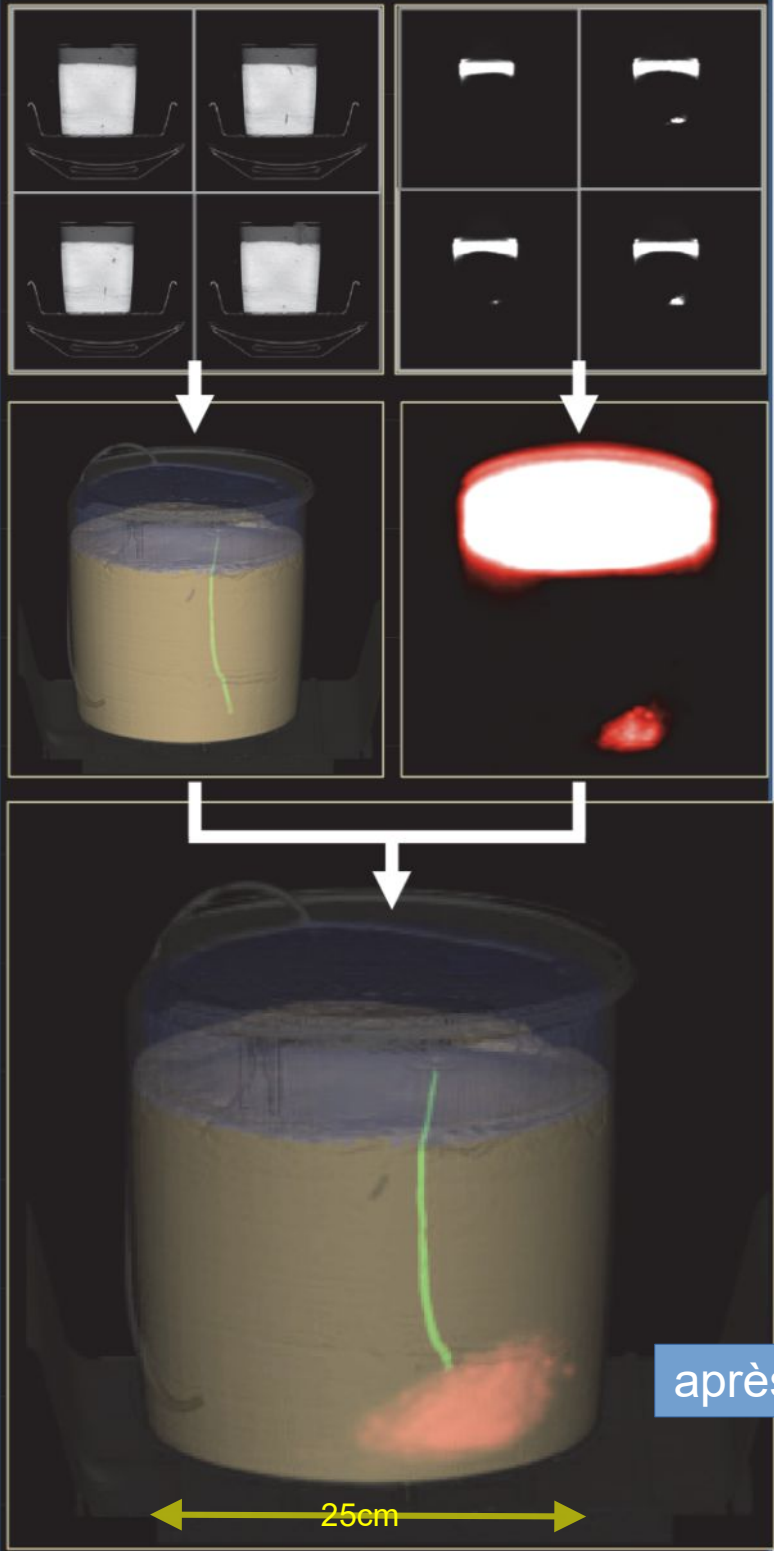
Polychète :
Lanice conchilega



Bio-irrigation chez le vers *Arenicola marina*



Construction d'images 3D montrant la bio-irrigation d'un ver dans les sédiments par *Arenicola marina*



Méthode : Marquage au Na^{18}F pour PETScan
Une série de coupes transversales 2D ont été assemblées par ordinateur pour créer des images 3D complètes de l'objet (CT) et de l'eau injectée avec un traceur (PET).

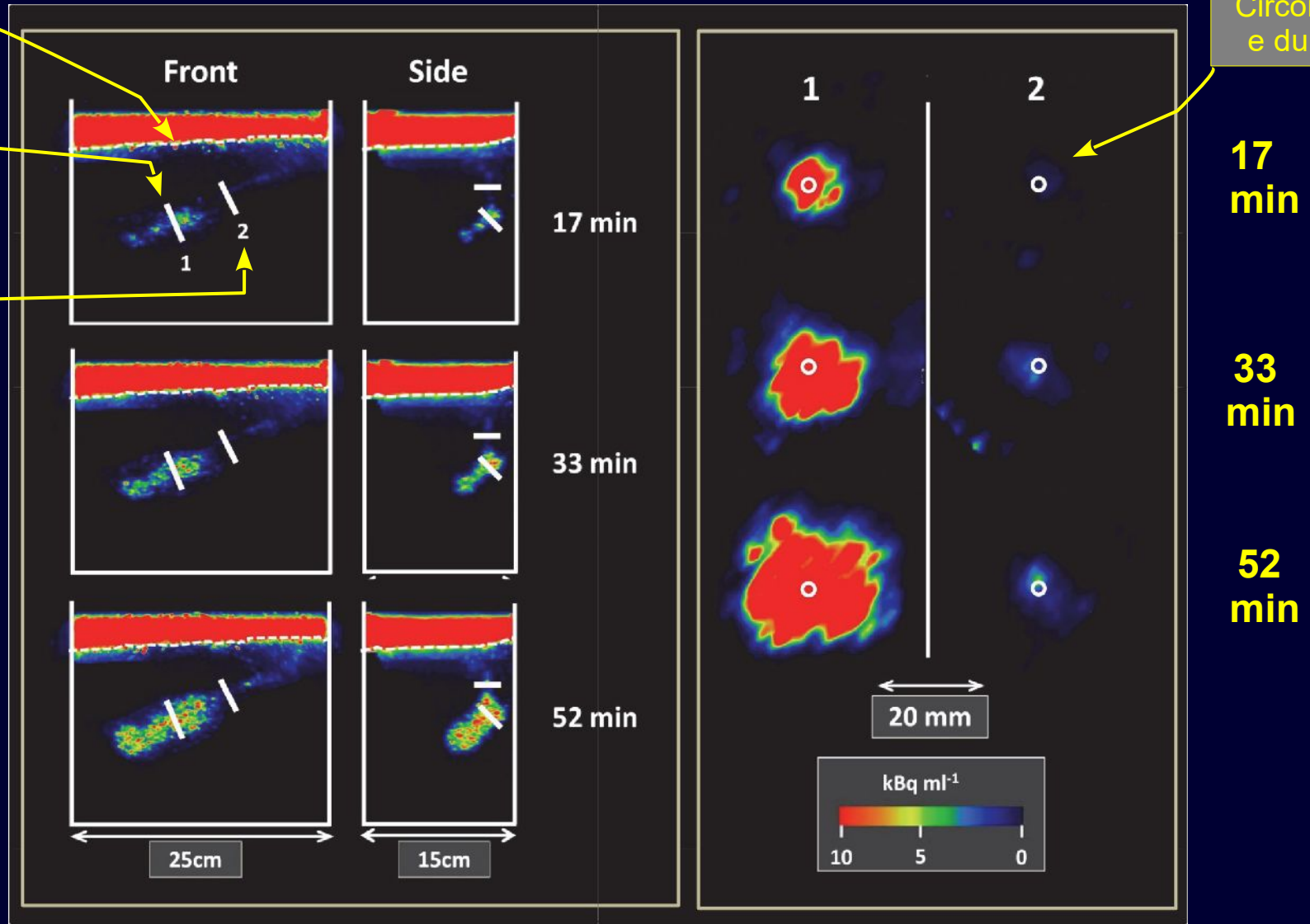
Marquage de la bio-irrigation radiale.

l'interface eau sédimentaire.

1: près de la poche d'alimentation

2: le long du puits du terrier

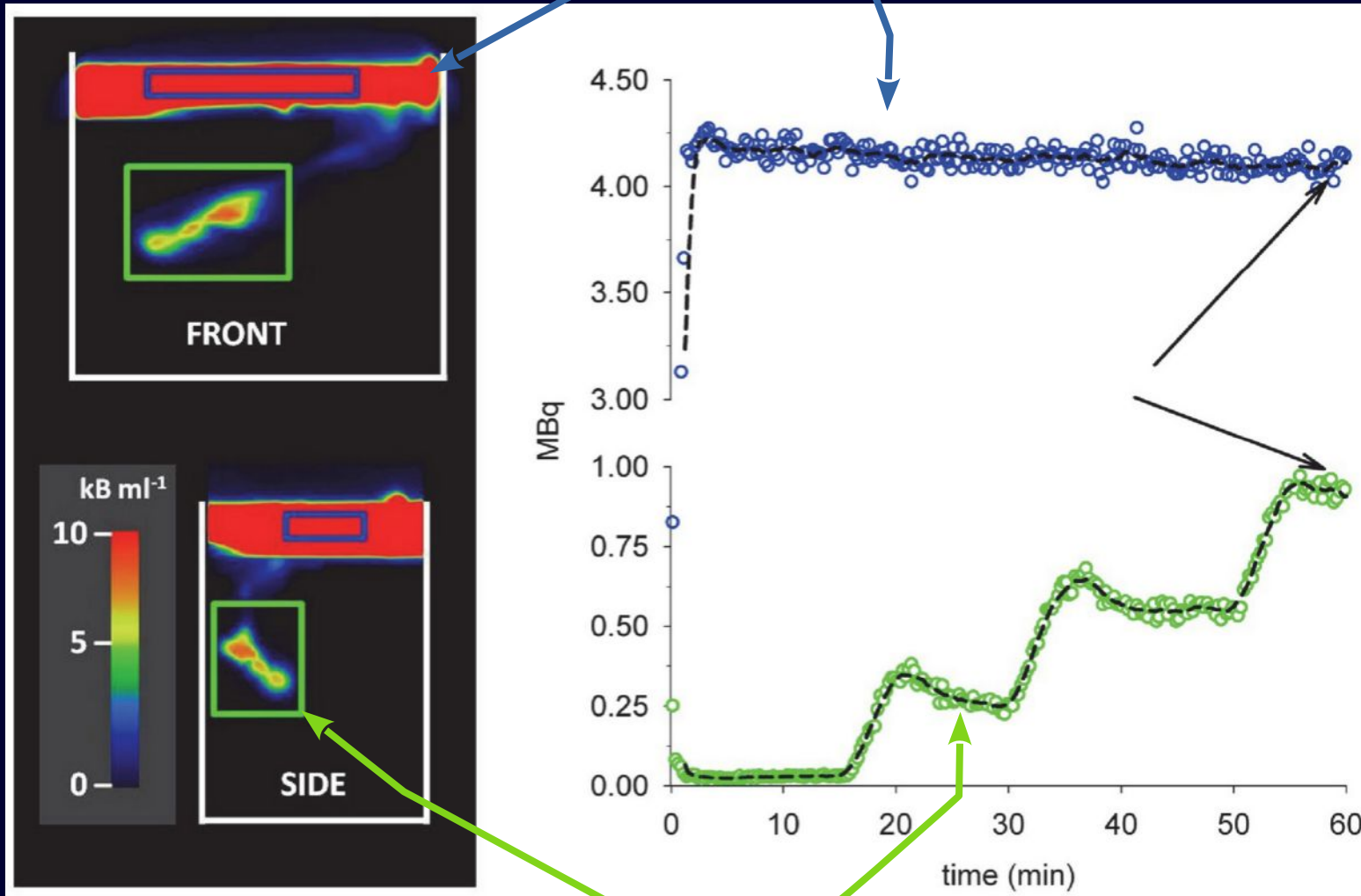
Circonférence du terrier



Evolution surface/terrier du marquage sur une heure

Eau surnageante

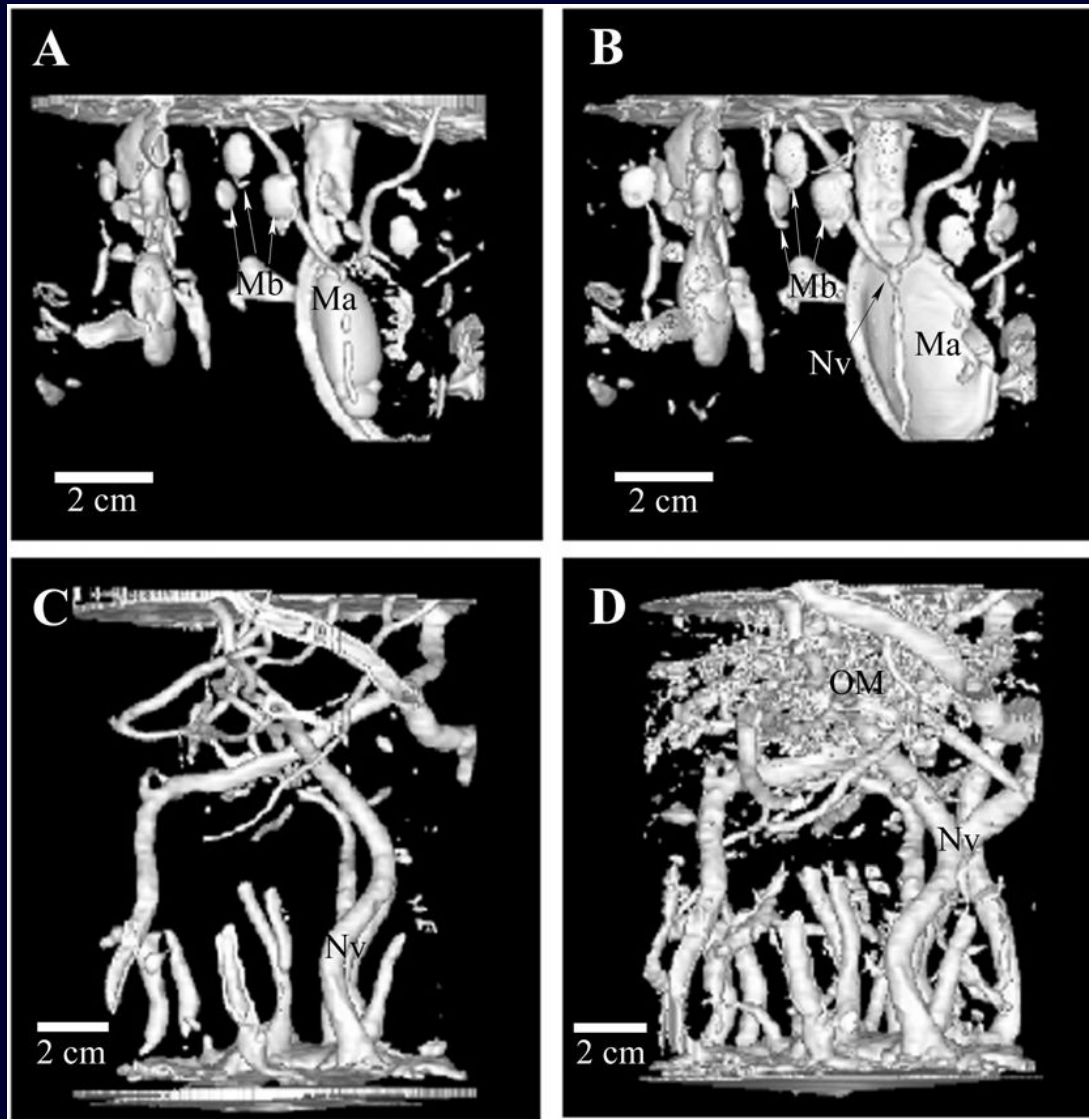
après 59 mn



Poche d'alimentation

Scan de carottes de sédiments par tomодensitométrie (CT)

Densités d'air ou de matière organique.



A) Structures remplies d'air, *Mya arenaria* (Ma) et *Macoma balthica* (Mb), *Nereis virens*.

B) Matière organique, *Mya arenaria* (Ma), *Macoma balthica* (Mb), et *Nereis virens* (Nv).

C) Structures remplies d'air, *Nereis virens* (Nv).

D) Matière organique, *Nereis virens* (Nv), et patch de matière organique (OM).

Zone intertidale,
A, B Bic provincial park,
C, D Saint-Siméon, Gaspé Peninsula.
Québec, Canada.

An orange decorative shape with a scalloped top edge and two wavy, ribbon-like extensions at the bottom right. It contains a dark blue oval with white text.

Un peu de Zoologie

A white rectangular box with a thin white border, containing text.

Un groupe très actif et spécialisé dans la bioturbation :
les crustacés *Thalassinidea*

A green starburst shape with a scalloped border and a dark grey drop shadow.

Dont fait partie
Upogebia pusilla



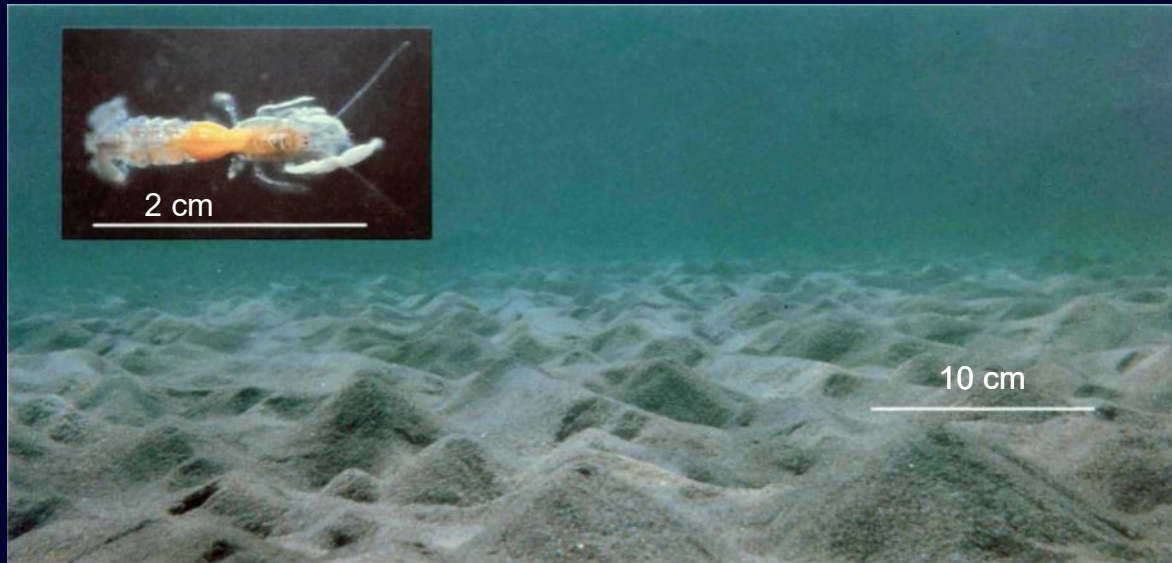
Callianassa tyrrhena



Upogebia pusilla

Un groupe très actif et spécialisé dans la bioturbation :
les crustacés *Thalassinidea*

De fortes densités



Callinassa truncata, 120.m⁻²

Ziebis, W. et al., 1996



Neotrypaea californiensis

Jusqu'à 144 Ind m⁻², jusqu'à 60 m de profondeur

Adapté de Franck Gilbert



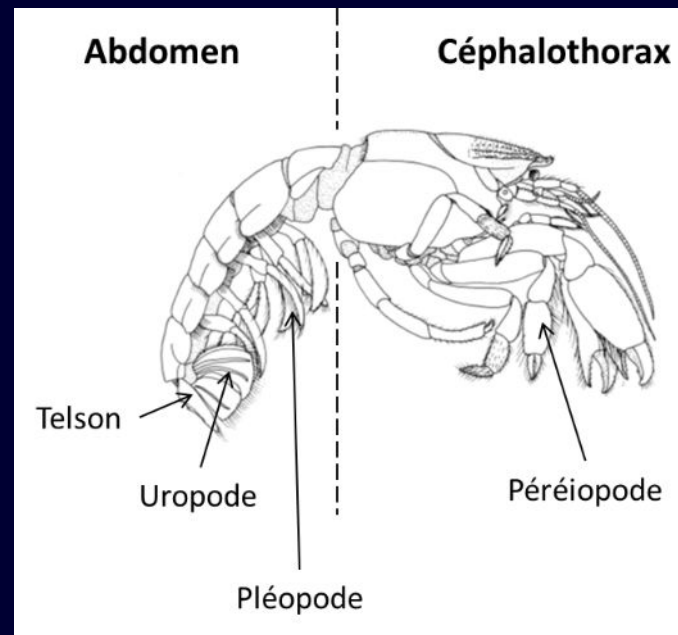
Callichirus kraussi

Pillay, D. 2019

Les crustacés décapodes Thalassinidea

Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Decapoda	Thalassinidea
Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Ordre	Infra-ordre

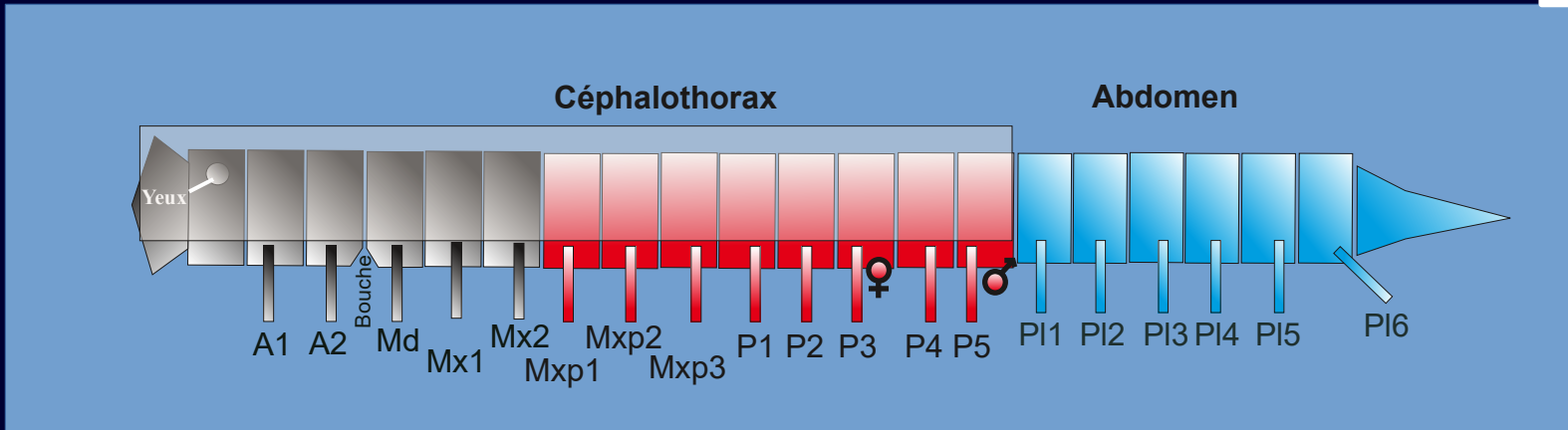
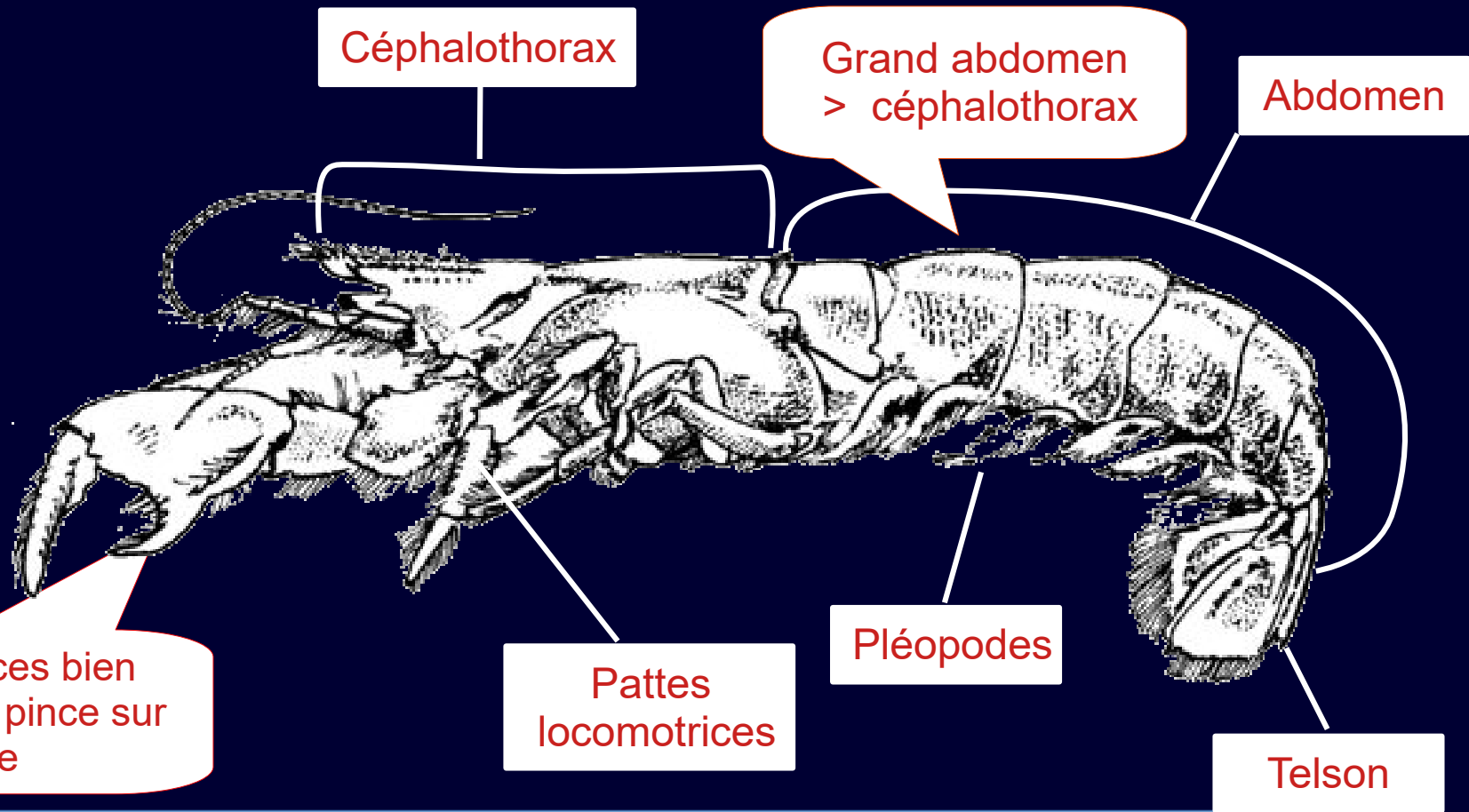
Plus de 520 espèces
en 11 familles et plus
de 80 genres



Communément appelés « crevettes de vase », « crevettes fouisseuses » plus régionalement « momorruak » ou « los machòtes ».

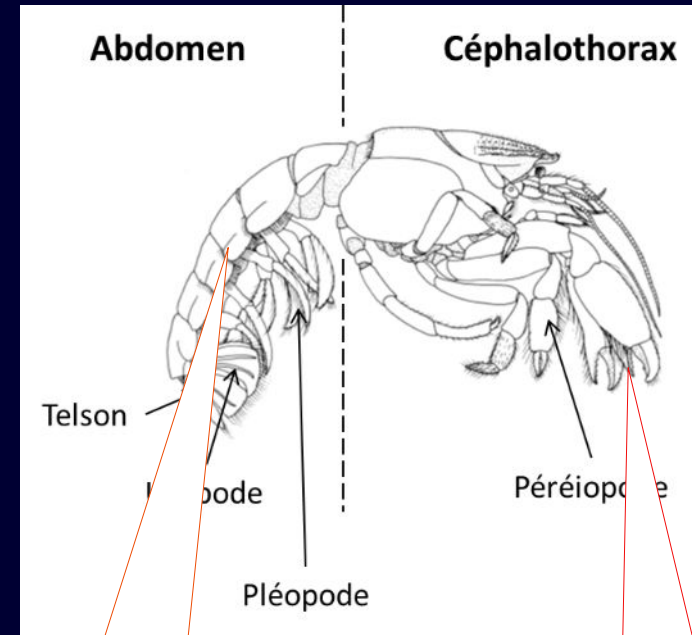
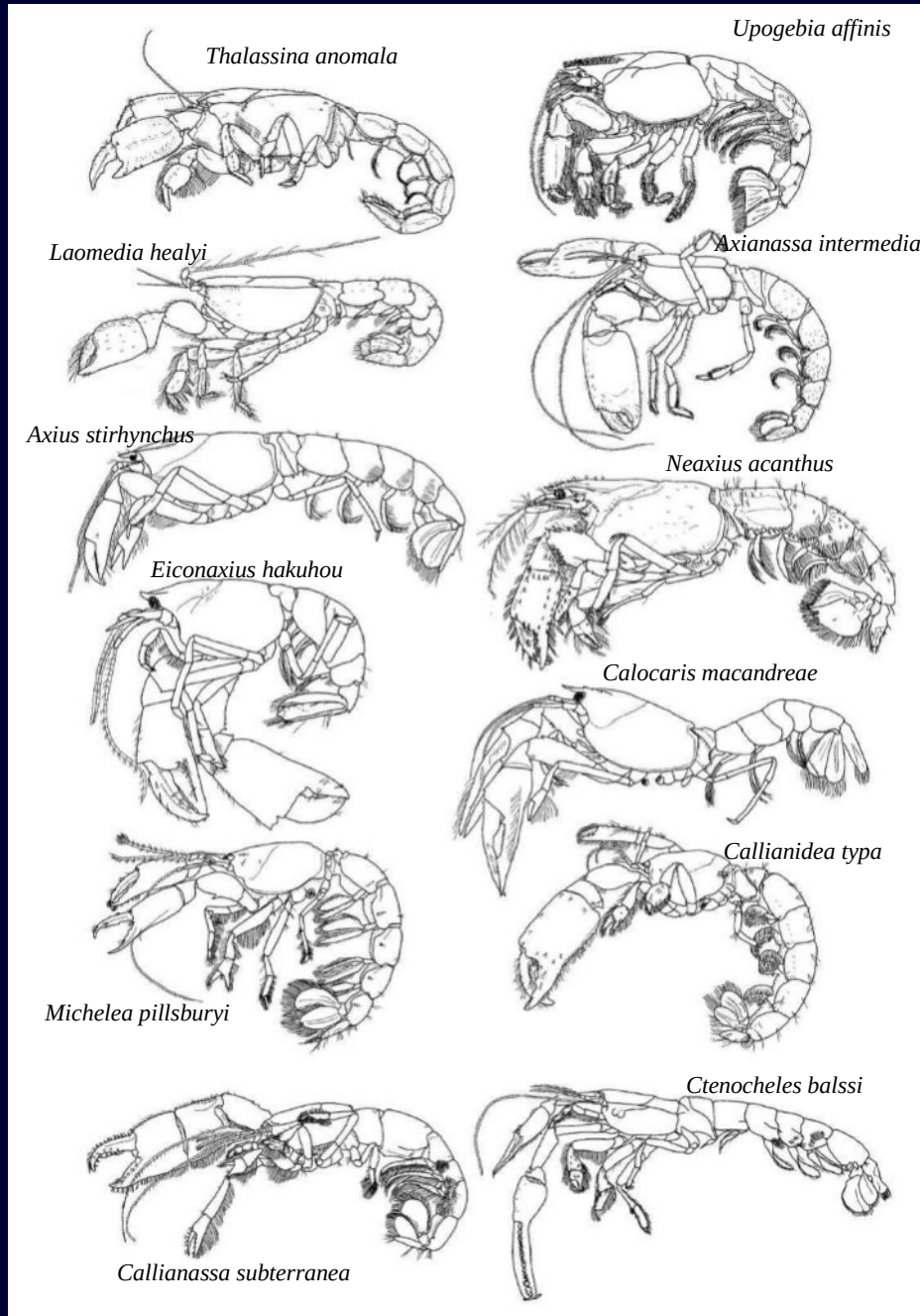
Dans la littérature anglo-saxonne, ces organismes sont regroupés sous les termes « mud shrimp », « mud prawn », « ghost shrimp », « sand prawn »

Morphologie général d'un crustacé Thalassinidea



Les crustacés décapodes Thalassinidea

Morphologie général d'un crustacé Thalassinidea



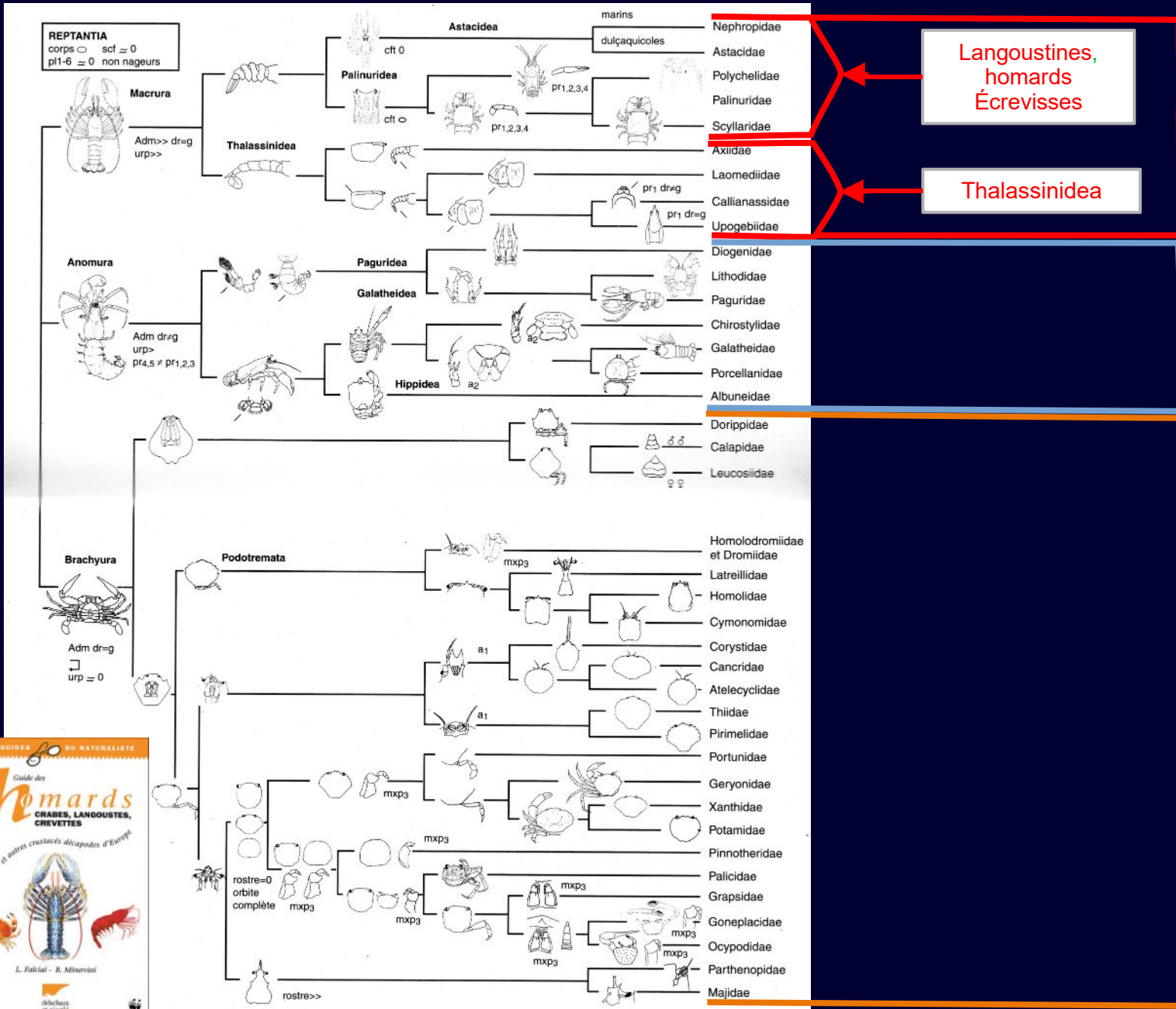
Grand abdomen
> céphalothorax

Pattes locomotrices bien
développées avec pince
sur la première

Les crustacés décapodes Thalassinidea

infra-ordre de crustacés décapodes.

Groupe des
décapodes reptantia
par opposition au natantia



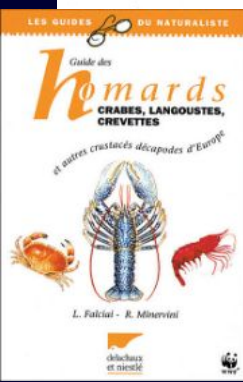
**Langoustines,
homards
Écrevisses**

Thalassinidea

Macroures

**Anomoures
Pagure, Galathée**

**Brachyoures
Crabes**



Guide des homards, crabes, langoustes, crevettes : et autres crustacés décapodes d'Europe.
Falcià L. & R. Minervini. Ed, Delachaux et Niestlé. 1996

TREATISE ON ZOOLOGY – ANATOMY, TAXONOMY, BIOLOGY

THE CRUSTACEA

COMPLEMENTARY TO THE VOLUMES TRANSLATED FROM THE FRENCH OF THE

TRAITÉ DE ZOOLOGIE

[Founded by P.-P. GRASSÉ (†)]

Edited by

F. R. SCHRAM and J. C. von VAUPEL KLEIN

Advisory Editors

M. CHARMANTIER-DAURES and J. FOREST

VOLUME 9

PART B

EUCARIDA:

DECAPODA: ASTACIDEA PP. (ENOPLOMETOPOIDEA, NEPHROPOIDEA),
GLYPHEIDEA, AXIIDEA, GEBIIDEA, and ANOMURA

With contributions by

S. T. Ahyong, A. Asakura, J. S. Cobb, P. C. Dworschak, J. Factor,
D. L. Felder, M. Jaisi, D. Tshudy, C. C. Tudge, R. A. Wahle



BRILL
LEIDEN - BOSTON
2012

© 2012 Koninklijke Brill NV

Les crustacés décapodes Thalassinidea

CHAPTER 69

INFRAORDERS AXIIDEA DE SAINT LAURENT,
1979 AND GEBIIDEA DE SAINT LAURENT, 1979
(FORMERLY KNOWN COLLECTIVELY AS
THALASSINIDEA)¹

BY

PETER C. DWORSCHAK, DARRYL L. FELDER
AND CHRISTOPHER C. TUDGE

Contents. – **Introduction and definition** – Remarks – Diagnoses. **External morphology** – General habitus – Cephalothorax – Pleon – Appendages. **Internal morphology** – Nervous, neuromuscular, and neurosensory organization – Digestive system – Circulatory and respiratory systems – Excretory and osmoregulatory systems – Genital apparatus and reproduction. **Development and larvae** – Brooding and larval development. **Ecology and ethology** – Habitats – Depth distribution – Role in food chains – Burrows – Behavior – Bioturbation – Symbionts. **Economic importance** – Impacts as “pests” – Importance as “fisheries”. **Phylogeny and biogeography** – Phylogeny – Biogeography. **Systematics. Acknowledgements. Bibliography.**

INTRODUCTION AND DEFINITION

Remarks

Formerly treated together as the “**thalassinideans**”, the infraorders **Gebiidea** and **Axiidea** represent two distinctly separate groups of decapods that have converged morphologically and ecologically as **burrowing forms**. They are commonly known as **mud lobsters** (hard and heavily calcified, often pigmented and ornamented with spines and tubercles), and **mud** or **ghost shrimps** (more soft and delicate, comparatively unpigmented and unornamented). They live in marine, mostly soft-bottom sediments of primarily intertidal or subtidal (<200 m) areas and rarely range into the deep sea. They occur in most oceans and

¹ Manuscript concluded 5 July 2010.

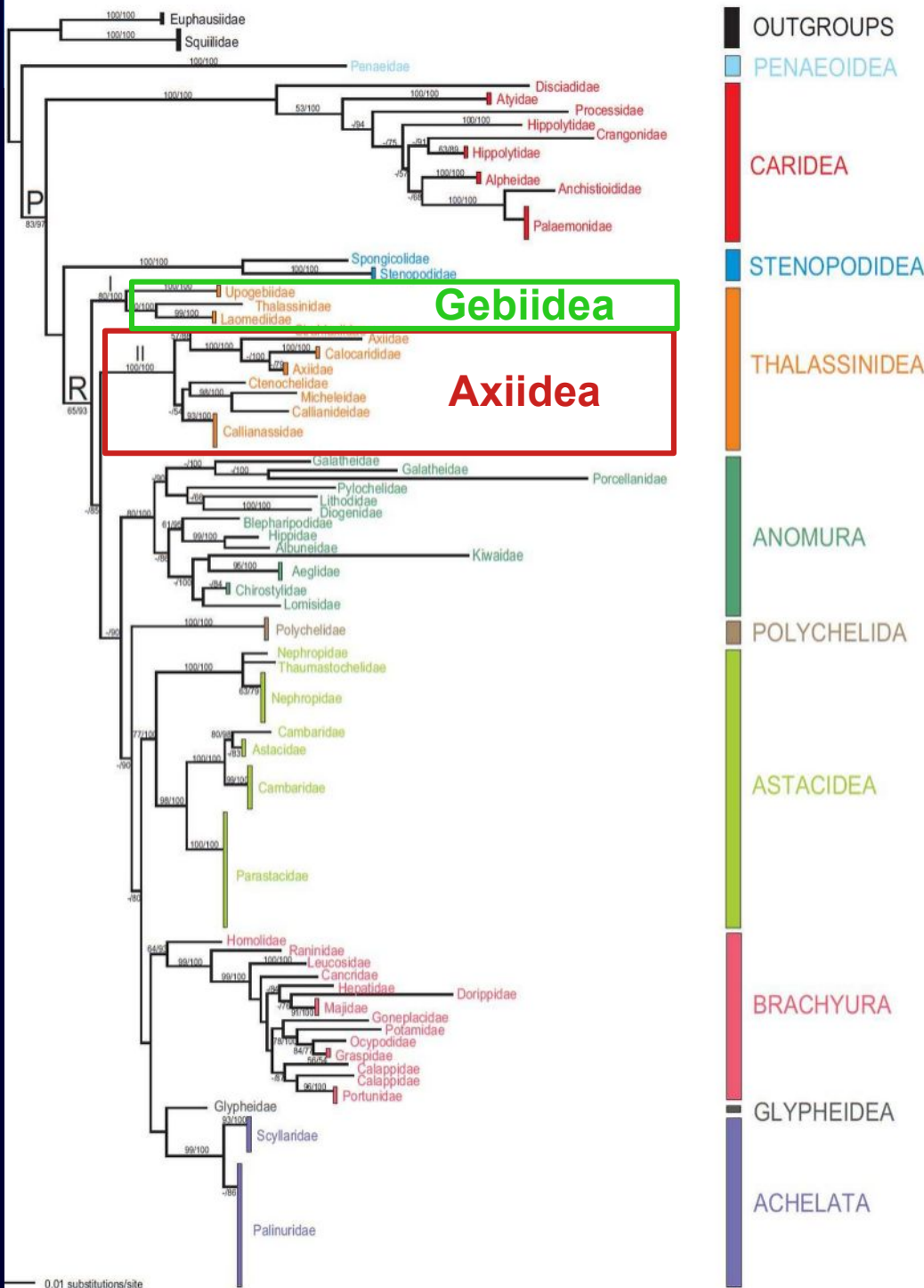
Infraorders Axiidea (De Saint Laurents, 1979) and Gebiidea (De Saint Laurents, 1979)

Formerly known collectively as Thalassinidea

By Peter C. Dworschak, Darryl L. Felder and Christopher C. Tudge. 2012

« Auparavant connu sous le nom de Thalassinidea »

Distance



Phylogénie des crustacés décapodes

Thalassinidea : infra-ordre de crustacés décapodes

Groupe polyphylétique

Ce groupe n'est plus considéré comme valide par World Register of Marine Species remplacé par **Gebiidea** et **Axiidea**

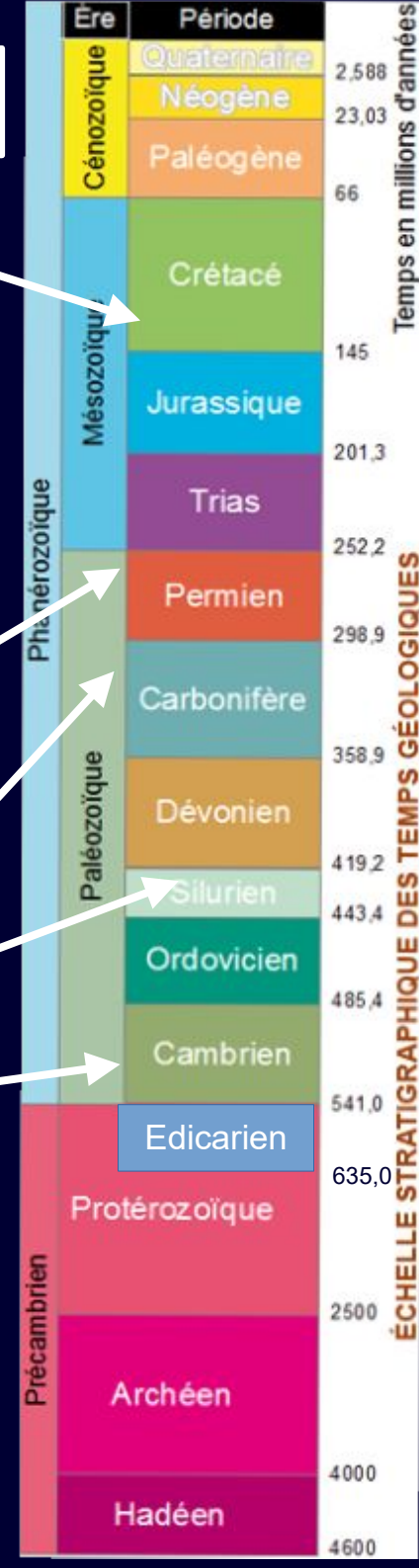
Par analyse phylogénétique moléculaire, calibrée sur les archives fossiles :

- Le rayonnement **Axiidea** au **Permien** (255 10⁶ années).
- Le rayonnement indépendant **Gebiidea** au **Carbonifère** (309 10⁶ années).

Décapodes

Arthropodes

Crabes



Les crustacés décapodes Thalassinidea

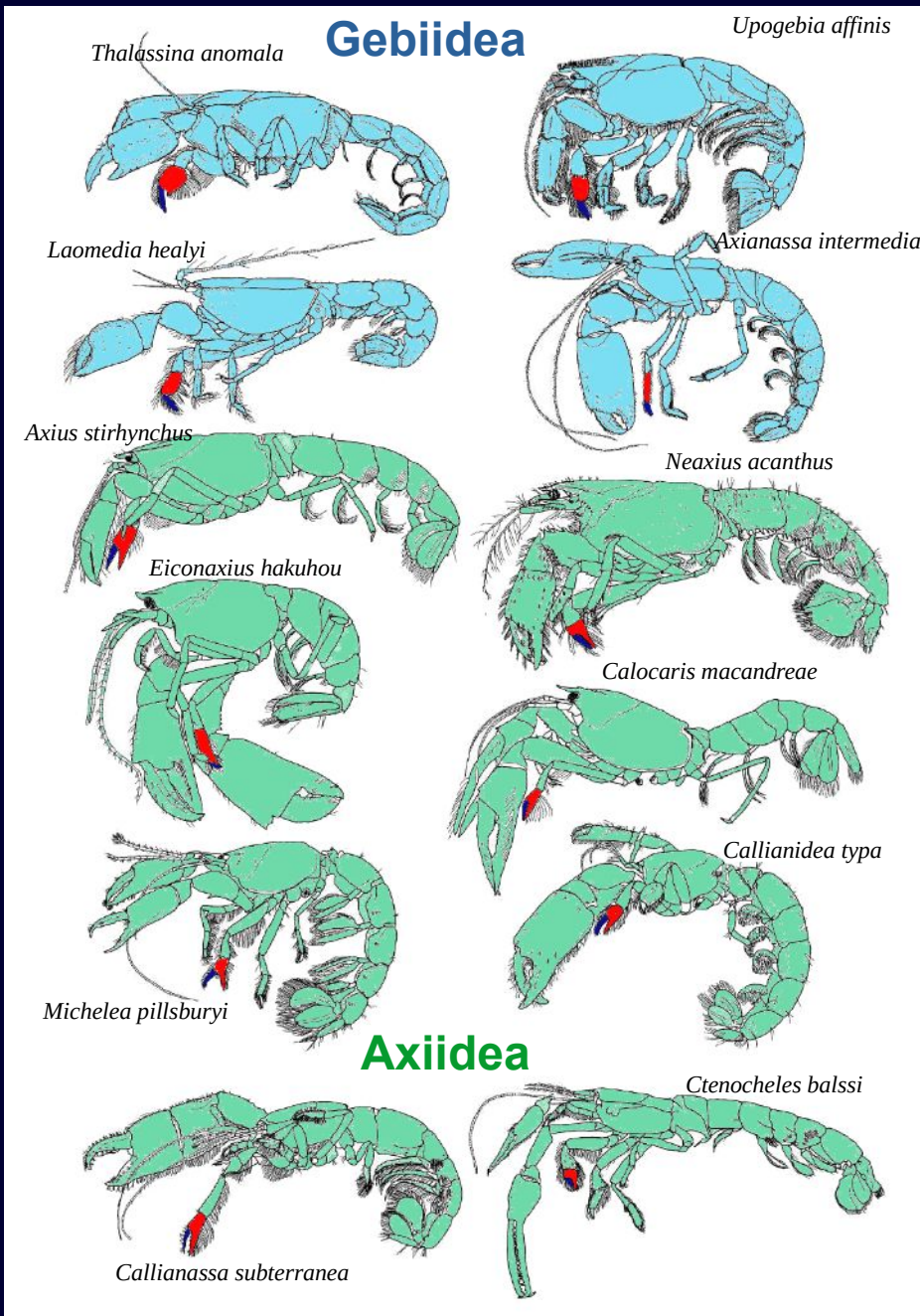
Gebiidea et Axiidea

Grande proximité de formes.

Adaptation convergente liée à un comportement de fousseurs ?

A retenir : caractères morphologiques (phénotype) différenciant les 2 infra-ordres

- Les *Gebiidea* : une pince bien développée au premier péréiopode ou sub-chéliforme et présentant le deuxième péréiopode soit sub-chéliforme, soit simple.
-
- Les *Axiidea* : une pince au premier et deuxième péréiopode.



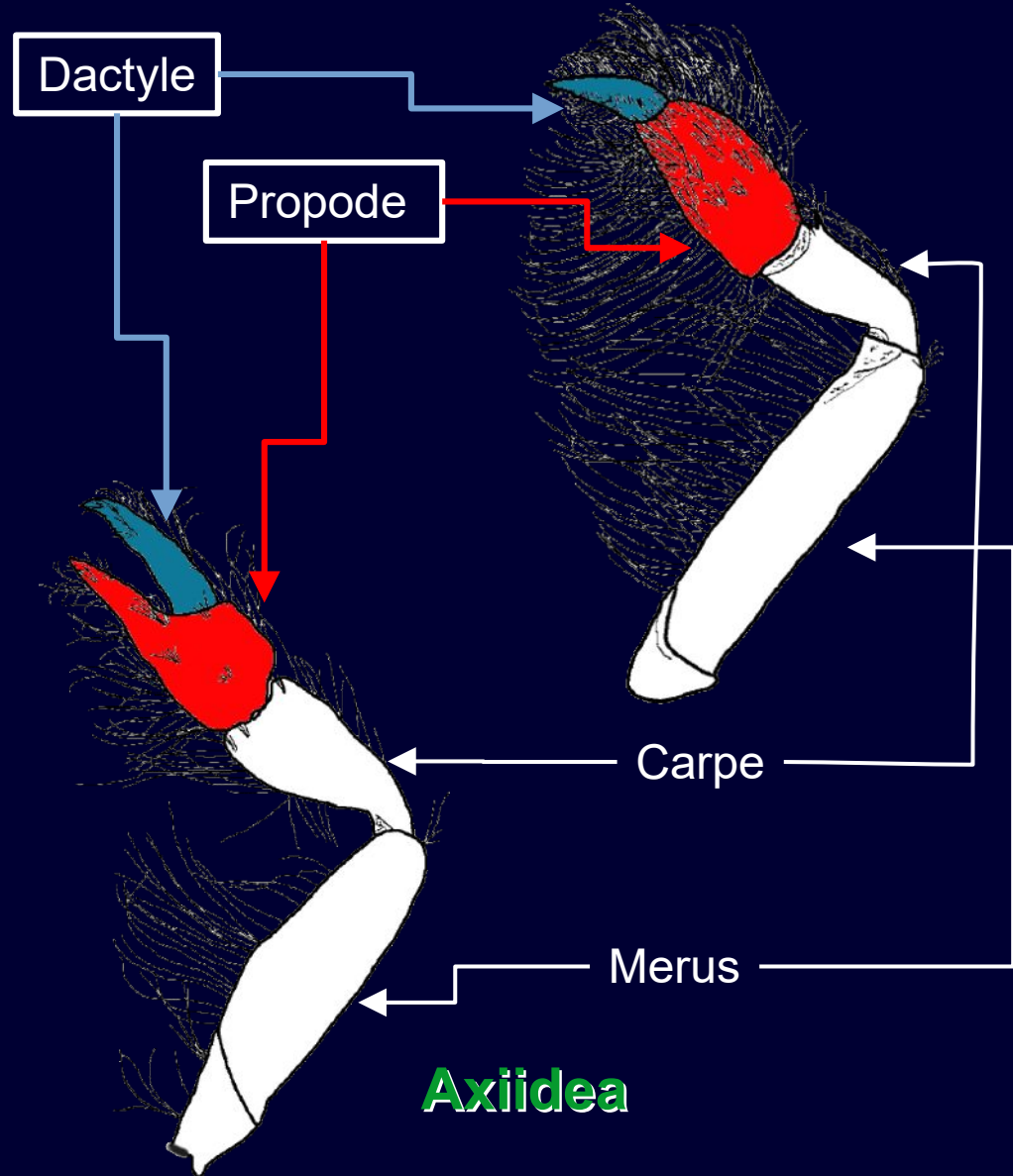
L'infra-ordre **Gebiidea** : une pince bien développée au premier péréiopode ou sub-chéeliforme et le deuxième péréiopode soit sub-chéeliforme, soit simple.

L'infra-ordre **Axiidea** : une pince au premier et deuxième péréiopode.

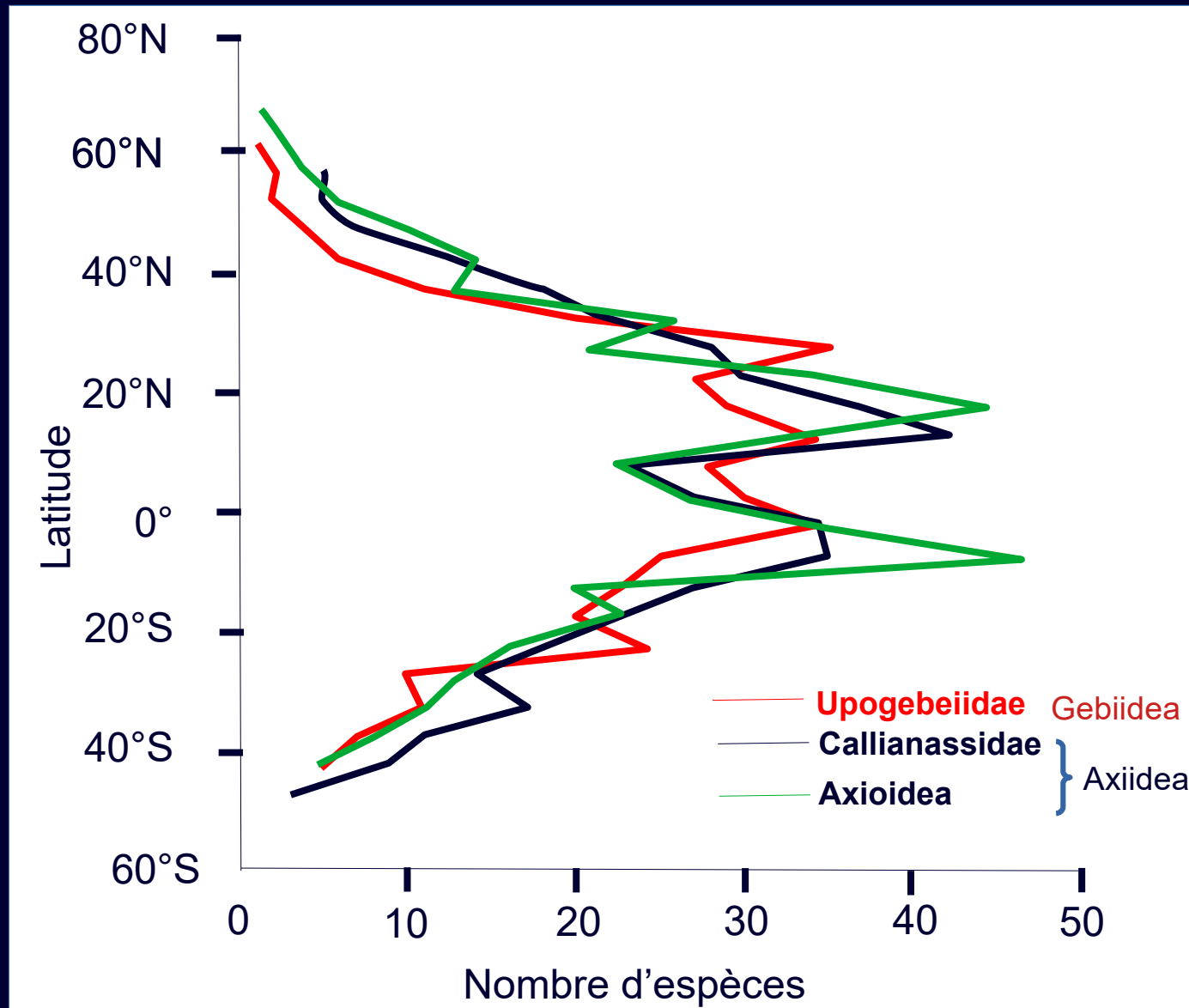
Thalassinidea caractères morphologiques (phénotype)

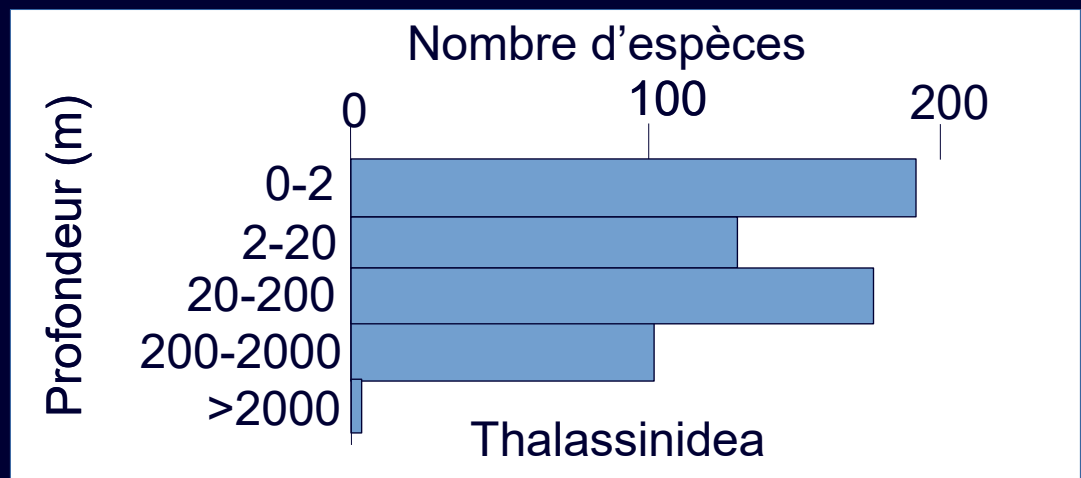
P2 : 2^e pattes locomotrice

Gebiidea

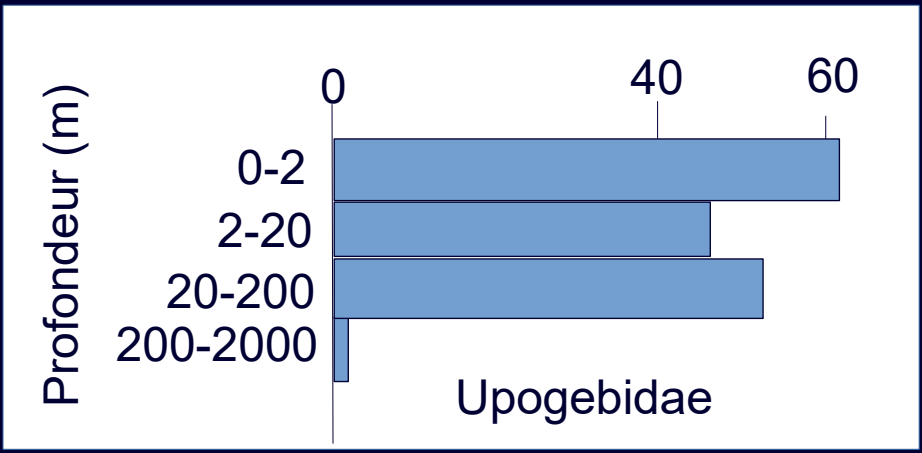


Distribution latitudinale de 3 groupes de Thalassinidea

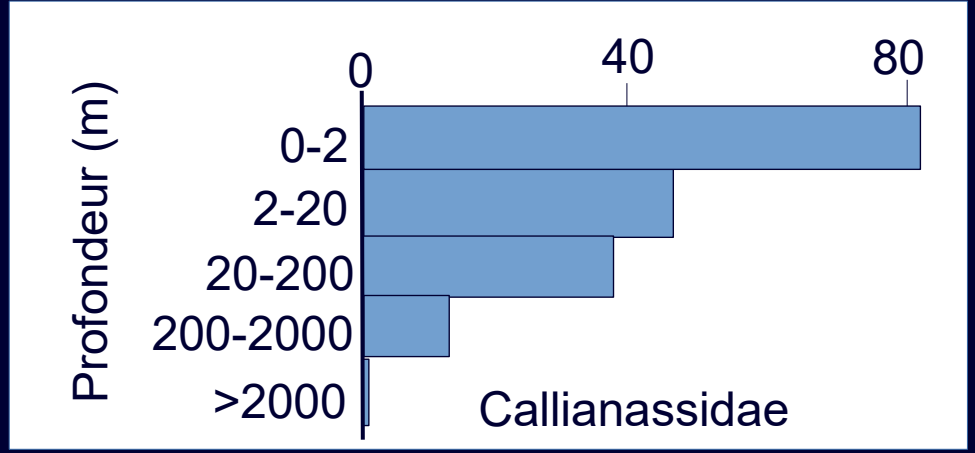




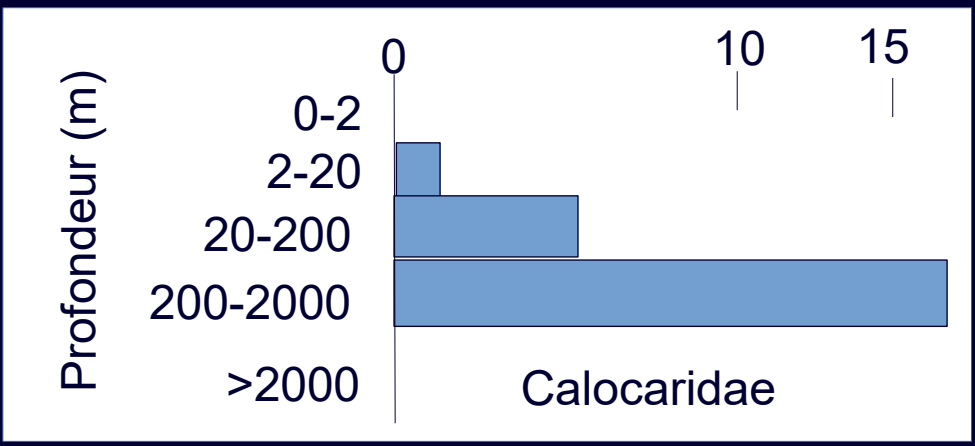
Gebiidea



Axiidea



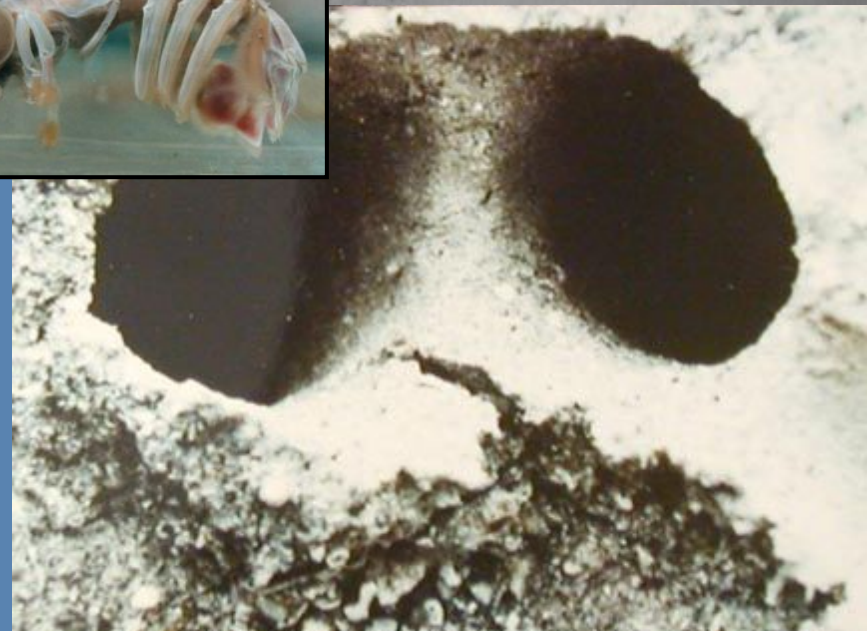
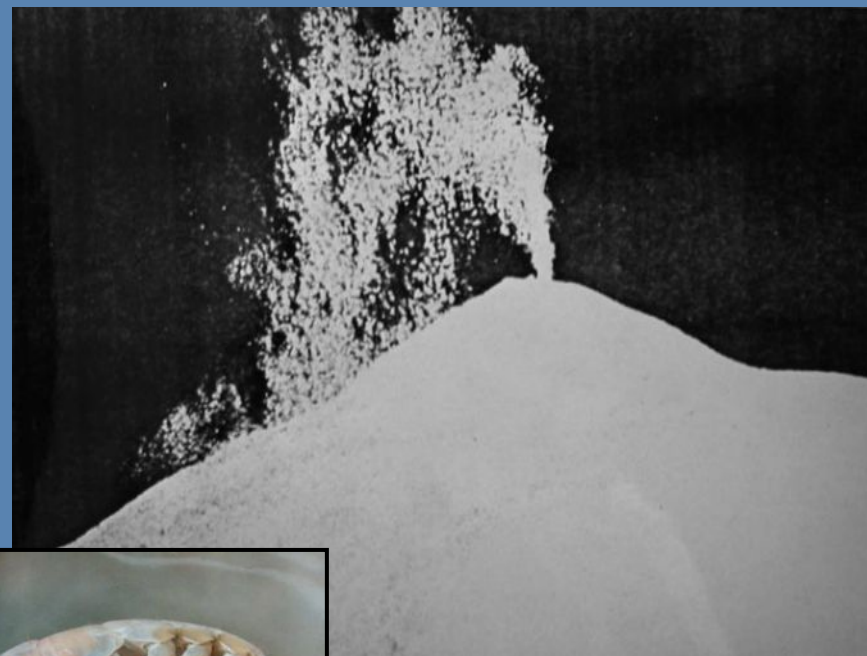
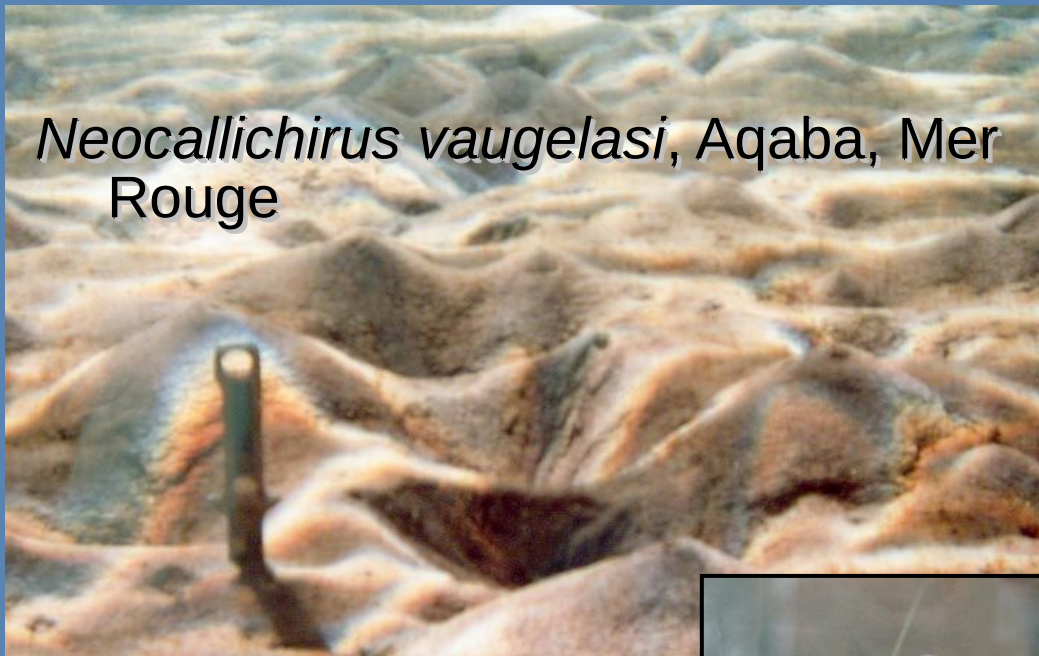
Distribution bathymétrique
du nombre d'espèces



Dworschak, P. Biology of Mediterranean and Caribbean Thalassinidea. in Proceedings of the Symposium 'Ecology of large bioturbators in tidal flats and shallow sublittoral sediments ; Nagasaki University, 2004.

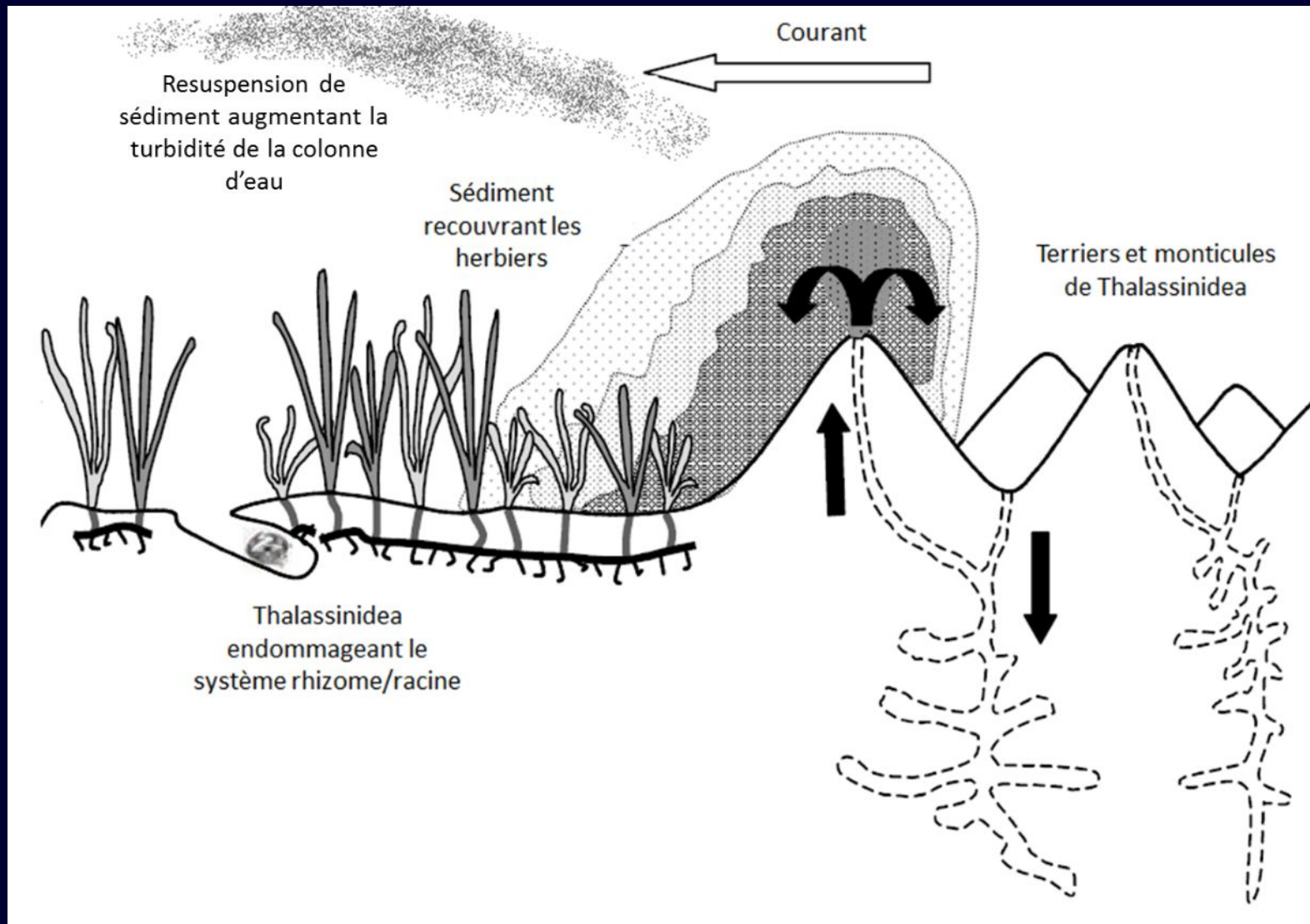
Des interactions avec les milieux environnants

Neocallichirus vaugelasi, Aqaba, Mer Rouge



Des terriers complexes, atteignant parfois plusieurs mètres de profondeur.

Pour certaines espèces : Une interaction parfois négative avec les herbiers



Mécanismes potentiels des effets négatifs des thalassinidés sur les herbiers de phanérogames (Modifié d'après Dewitt, 2009 ; in Pascal ; 2017)

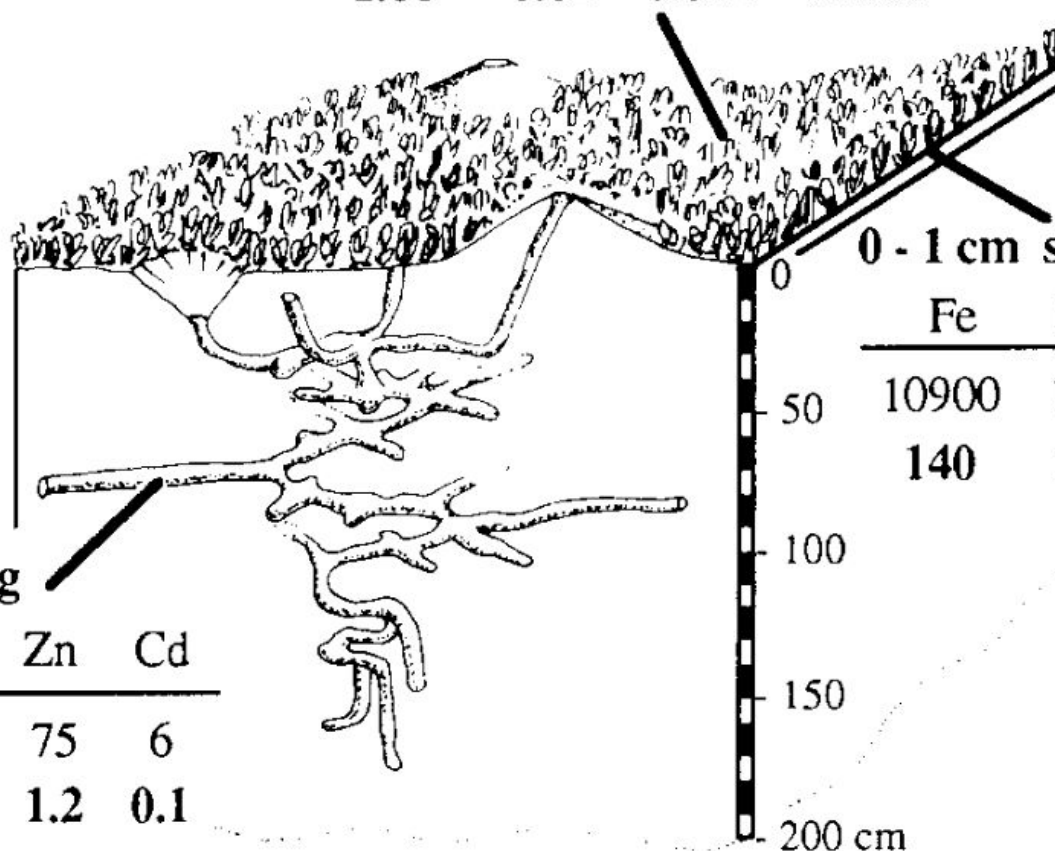
Action sélective sur des éléments exogènes

Adsorption des métaux traces et des radionucléides sur les parois de terriers

Adsorption de métaux traces dans des sédiments à Callianasses (*Callichirus laurae*, Aqaba, Mer Rouge)

Halophila stipulacea

Fe	Mn	Zn	Cd
10700	117	100	6
1.60	0.02	0.014	<0.001



0 - 1 cm sup. sed.

	Fe	Mn	Zn	Cd
0	10900	185	32	4
50	140	2.4	0.4	0.05

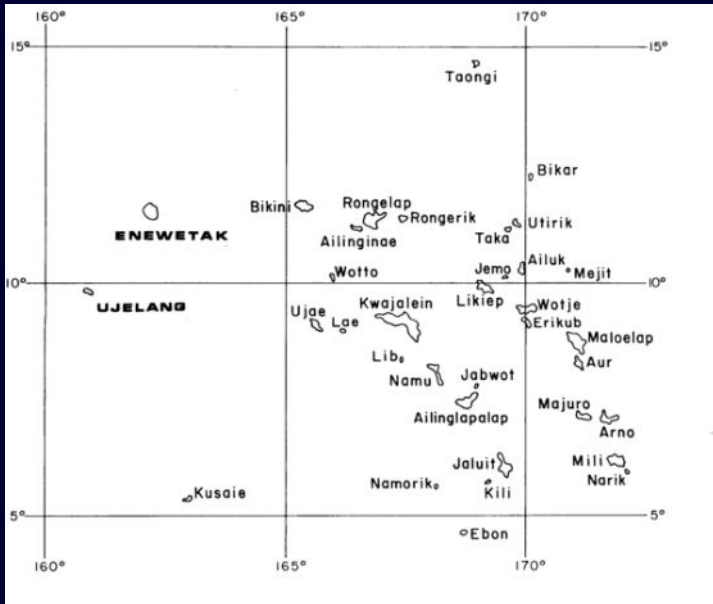
Burrow lining

Fe	Mn	Zn	Cd
21600	316	75	6
336	5	1.2	0.1

Distribution des éléments traces (ligne supérieure = ppm; ligne inférieure = g.m⁻²) dans un herbier d'*Halophila stipulacea*, le premier centimètre de sédiment de surface et le terrier de *Callichirus laurae*

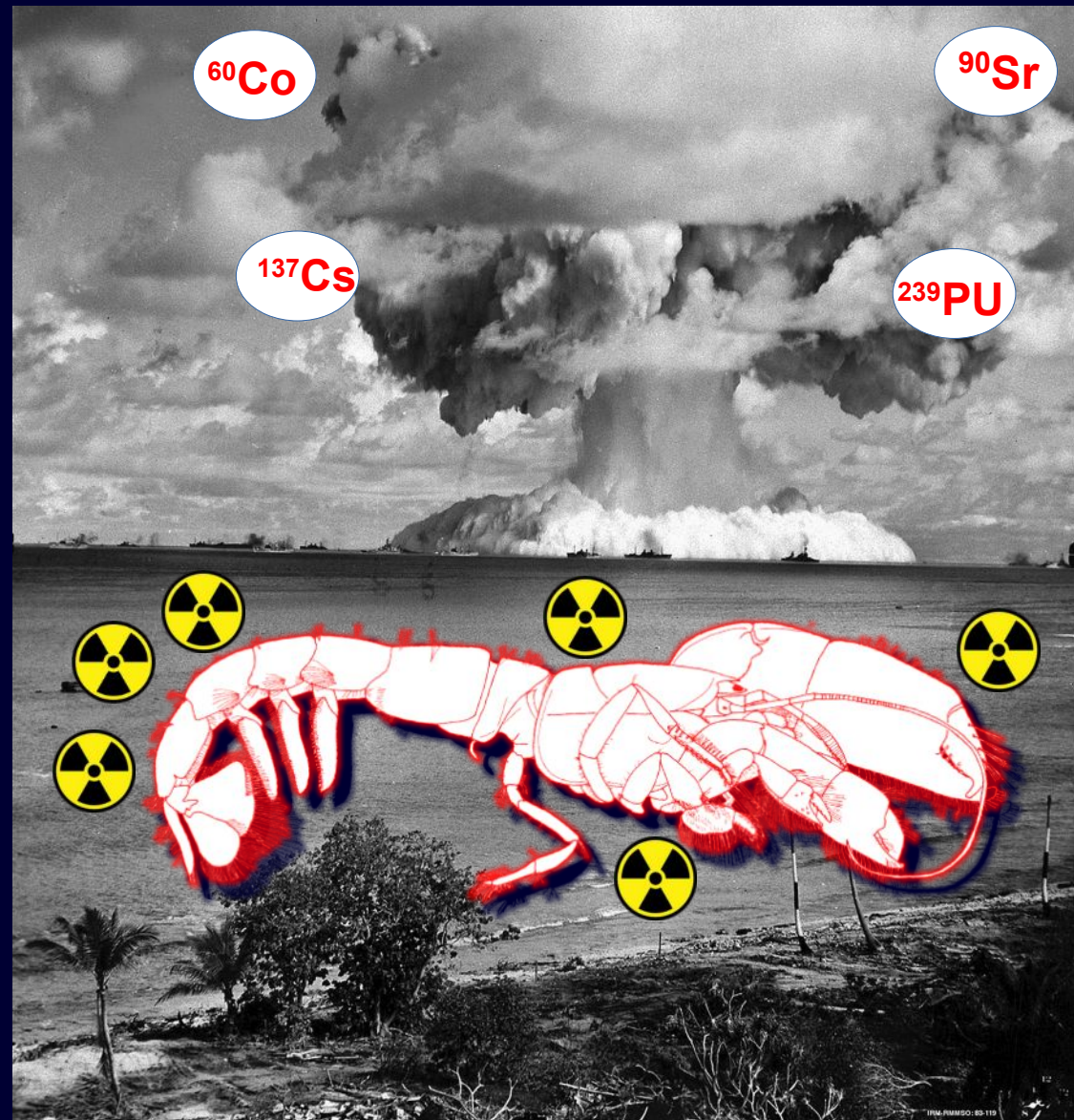
Crevettes fantômes des lagons de l'atoll d'Enewetak et Bikini et le transport des radionucléides

Atoll d'Enewetak



Entre 1948 et 1958,
43 essais aériens
d'armes nucléaires

Césium-137, 30 ans de demi-vie
Strontium-90, 29 ans
Plutonium-239, 24.000 ans
Cobalt-60, 5.3 ans



Crevettes fantômes des lagons de l'atoll d'Enewetak et Bikini

BULLETIN OF MARINE SCIENCE, 38(1): 19-24, 1986

WATER PUMPING AND PARTICULATE RESUSPENSION BY CALLIANASSIDS (CRUSTACEA: THALASSINIDEA) AT ENEWETAK AND BIKINI ATOLLS, MARSHALL ISLANDS

Patrick L. Colin, Thomas H. Suchanek and Gary McMurtry

The potential for radionuclide transport from pore water to the water column by callianassids is great and deserves attention in the future.

« Le potentiel de transport des radionucléides de l'eau interstitielle vers la colonne d'eau par les callianassides est important et mérite une attention à l'avenir. »

Bioturbation and redistribution of sediment radionuclides in Enewetak Atoll lagoon by callianassid shrimp: biological aspects

Article in Bulletin of Marine Science - Miami - January 1985

CITATIONS
61

READS
203

4 authors, including:

Tom Suchanek
University of California, Davis

Patrick L. Colin
coral reef research foundation

« Les crevettes fantômes Callianassides

... provoquent une bioturbation extensive des sédiments lagunaires et contribuent de manière significative au mélange des sédiments latéraux et verticaux, creusant souvent à des profondeurs de plus de 2,0 m.

... fournissent un mécanisme par lequel les radionucléides entraînés peuvent être redistribués à la fois latéralement et verticalement à la surface des sédiments du lagon. »

nature

Explore Content Journal Information Publish With Us Subscribe

nature > letters > article

Published: 21 February 1985

Redistribution of fallout radionuclides in Enewetak Atoll lagoon sediments by callianassid bioturbation

Gary M. McMurtry, Randi C. Schneider, Patrick L. Colin, Robert W. Buddemeier & Thomas H. Suchanek

Nature 313, 674-677(1985) | Cite this article

« des concentrations élevées de radionucléides retombées enfouies plus profondément dans les sédiments du lagon et des preuves de creusement dans les sédiments par plusieurs espèces de crevettes fantômes ...qui ont déplacé des sédiments hautement radioactifs.

Les activités de fousseurs ... facilitent la redistribution des radionucléides et compliquent l'inventaire des radionucléides retombées de la lagune. »

Mais revenons à la baie de
Txingudi





Mais revenons à la baie de Txingudi ... et aux « Momorruak »



La baie de Txigundi et Momorruak alias *Upogebia pusilla*

En général, et en particulier dans l'embouchure de la Bidassoa, *U. pusilla* habite les vasières intertidales colonisées par les zostères naines (*Z. noltei*) où il trouve la stabilité sédimentaire indispensable à l'établissement de son terrier.



Upogebia pusilla à proximité d'une ouverture de son terrier à la surface d'un sédiment colonisé par l'herbier de *Zostera noltei*,

Son habitat : Les herbiers à *Zostera noltei*

La *Zostera noltei*, appelée Varech de Nolti ou Zostère naine
Espèce marine de plantes à fleurs de la famille des Zosteraceae
Sur les fonds marins sableux ou sablo-vaseux de l'hémisphère Nord.



Nanozostera noltei (dénomination récente)

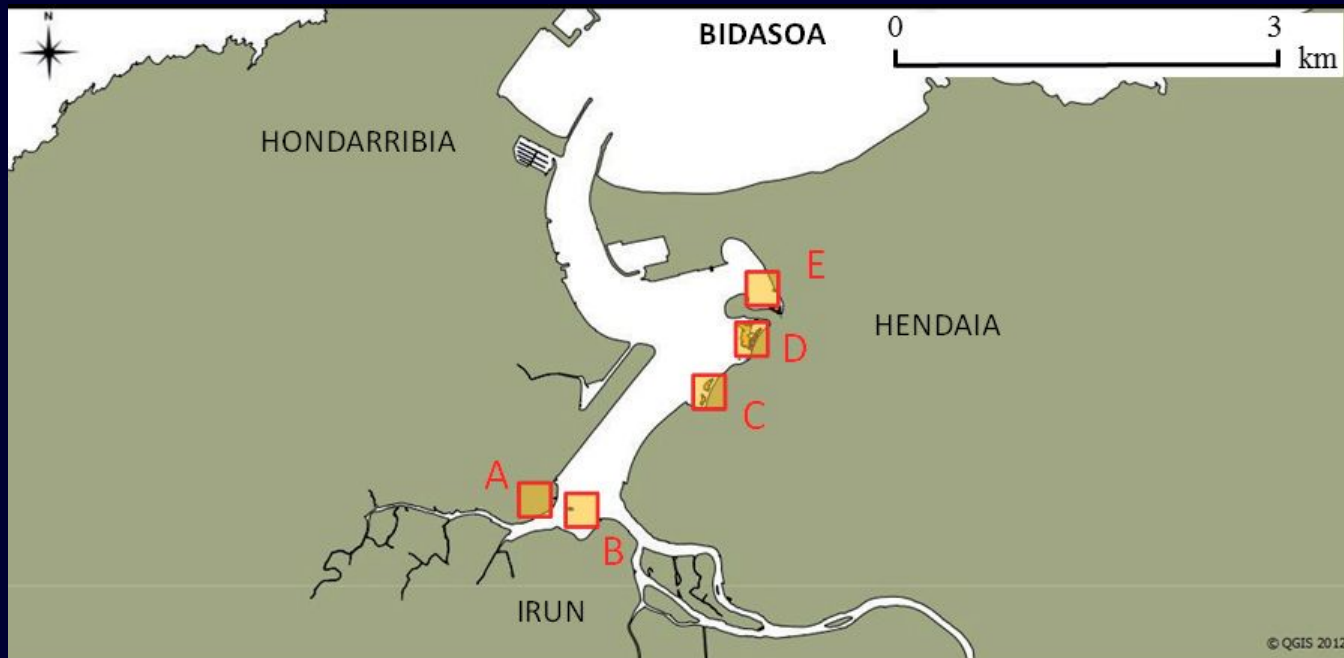


Zostera noltei

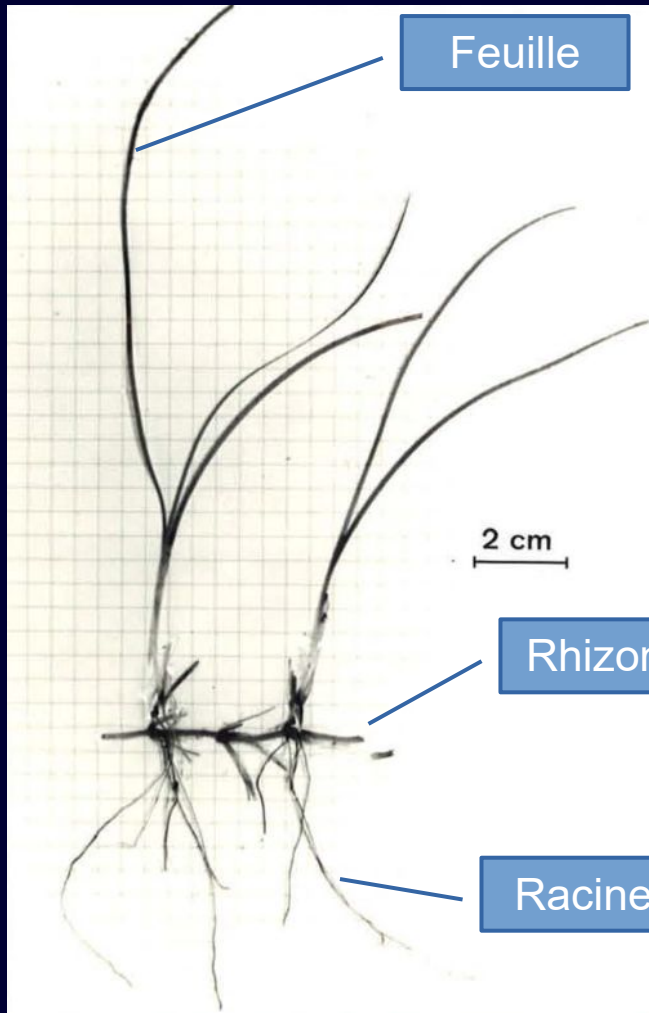
Zostera nana (dénomination ancienne)

Zostera noltii

Zoostera noltei, embouchure de la Bidassoa



Les herbiers à *Zostera noltei*



Description :

Rhizome rampant jaune-brun mesure 0,5 à 2 mm d'épaisseur.

Les axes qui s'élèvent à l'aisselle des feuilles rhizomatiques portent de 2 à 5 feuilles. Les feuilles sont engainantes (10 à 40 cm de longueur, 1 à 2 mm de largeur).

Les pousses reproductrices mesurent de 2 à 25 cm de hauteur . Le fruit est ellipsoïde, noir, lisse et mesure 1,5 à 2 mm de longueur.

Distribution

Elle est très largement distribuée entre le sud de la Norvège et la Mauritanie. On la trouve également en Méditerranée où elle semble limitée aux étangs, lagunes et embouchures de fleuves.

Les herbiers à *Zostera noltei*

La « zostère naine » forme des herbiers, comparables aux prairies terrestres. Elle peut se développer dans des eaux à température et taux de salinité très variables. Elle pourra ainsi se rencontrer dans les vases sableuses de l'étage infralittoral mais aussi dans les lagunes saumâtres.



Les herbiers à *Zostera noltei*



Crédit : Yann Souche/ Office français de la biodiversité/ Life Marha - créée par dans le cadre du projet Life Marha financé à hauteur de 60% par l'Union Européenne »

Upogebia pusilla régionalement

Upogebia pusilla est présente dans les faciès littoraux de la région associés aux herbiers de *Zostera noltei*

Arcachon : *Upogebia pusilla* 10 individus /m², 2007

Lac Hossegor : *Upogebia pusilla* 30 individus /m², 2007

Baie de Txingudi : *Upogebia pusilla* 58 individus /m², 2006

Ces densités sont des indications et ne doivent pas être comparées en valeurs absolues (≠ méthodes échantillonnages, ≠ saisons etc)

Humbert S., et al., Echantillonnage DCE des Masses d'Eau Côtières du district hydrographique Adour-Garonne pour le paramètre « faune invertébrée benthique ». (2020). Rapport IFREMER.

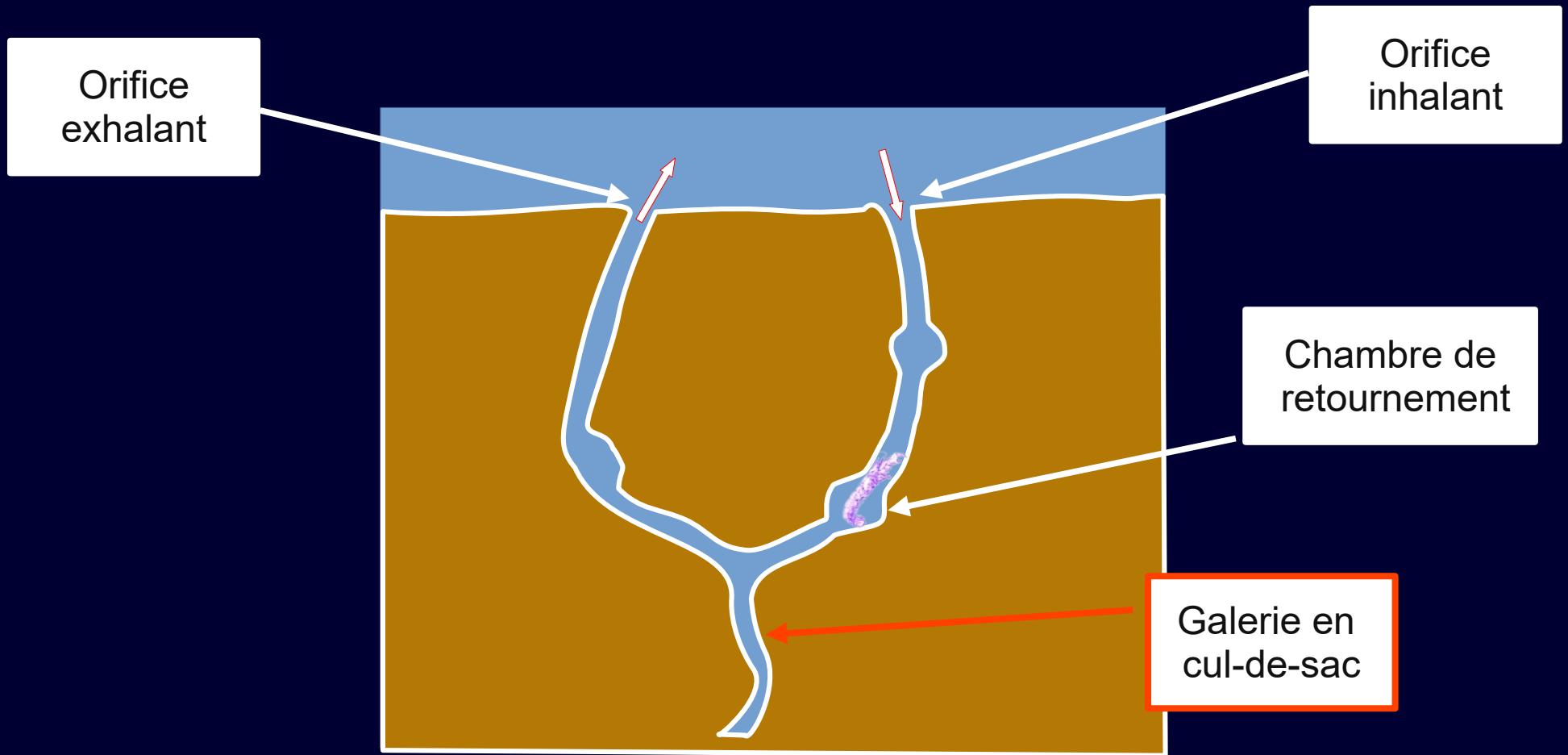
Blanchet H., et al., Echantillonnage DCE des Masses d'Eau pour le paramètre « faune invertébrée benthique » - District Hydrographique Adour-Garonne. (2007). Rapport IFREMER.

Auby, I. et al. Echantillonnage des sites de référence DCE pour les paramètres 'faune invertébrée benthique' et 'végétation' - District hydrographique Adour-Garonne. (2008). Rapport IFREMER.

Upogebia pusilla et sa biologie.

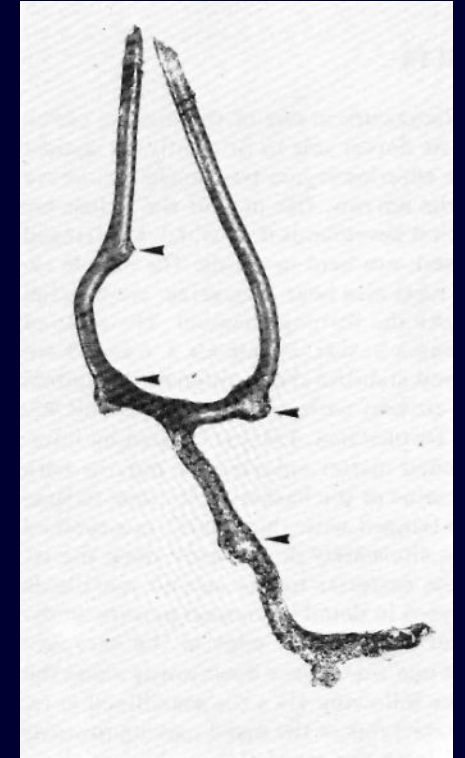


Upogebia pusilla : Terrier en Y



Les terriers d'*U. pusilla*, représentent un terrier d'habitation permanent. Un U avec deux ouvertures pour permettre un écoulement d'eau à travers le terrier. Comme le diamètre moyen du terrier est inférieur à la longueur de la carapace rigide de l'animal, des chambres de retournement sont nécessaires. Ces chambres servent également de place pour l'alimentation par filtration.

Upogebia pusilla : moulages de terrier



Photographies de moulage de terrier (un carré = 1 cm)

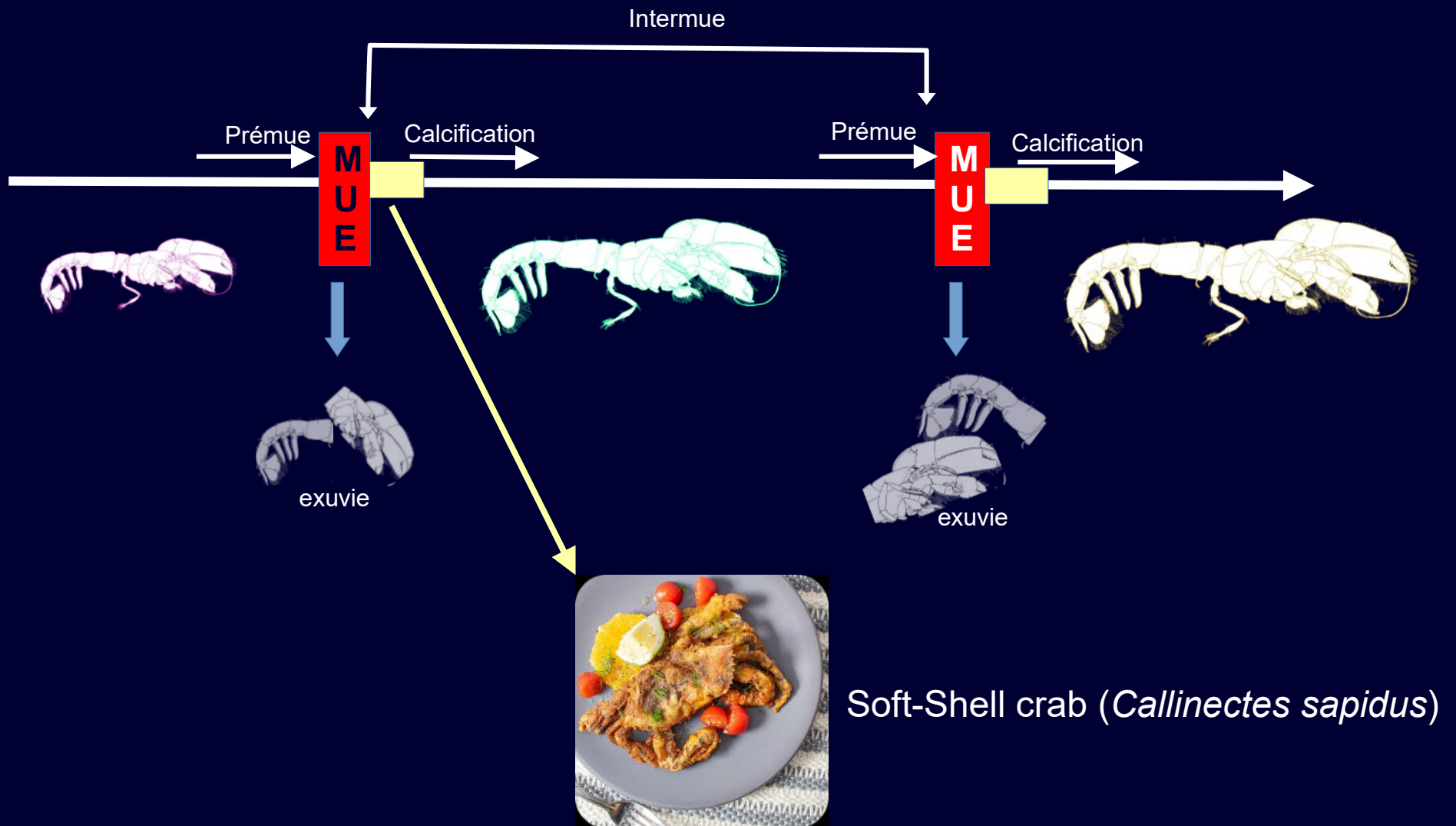
Pascal, L. 2017

Dworschak, P. 1987

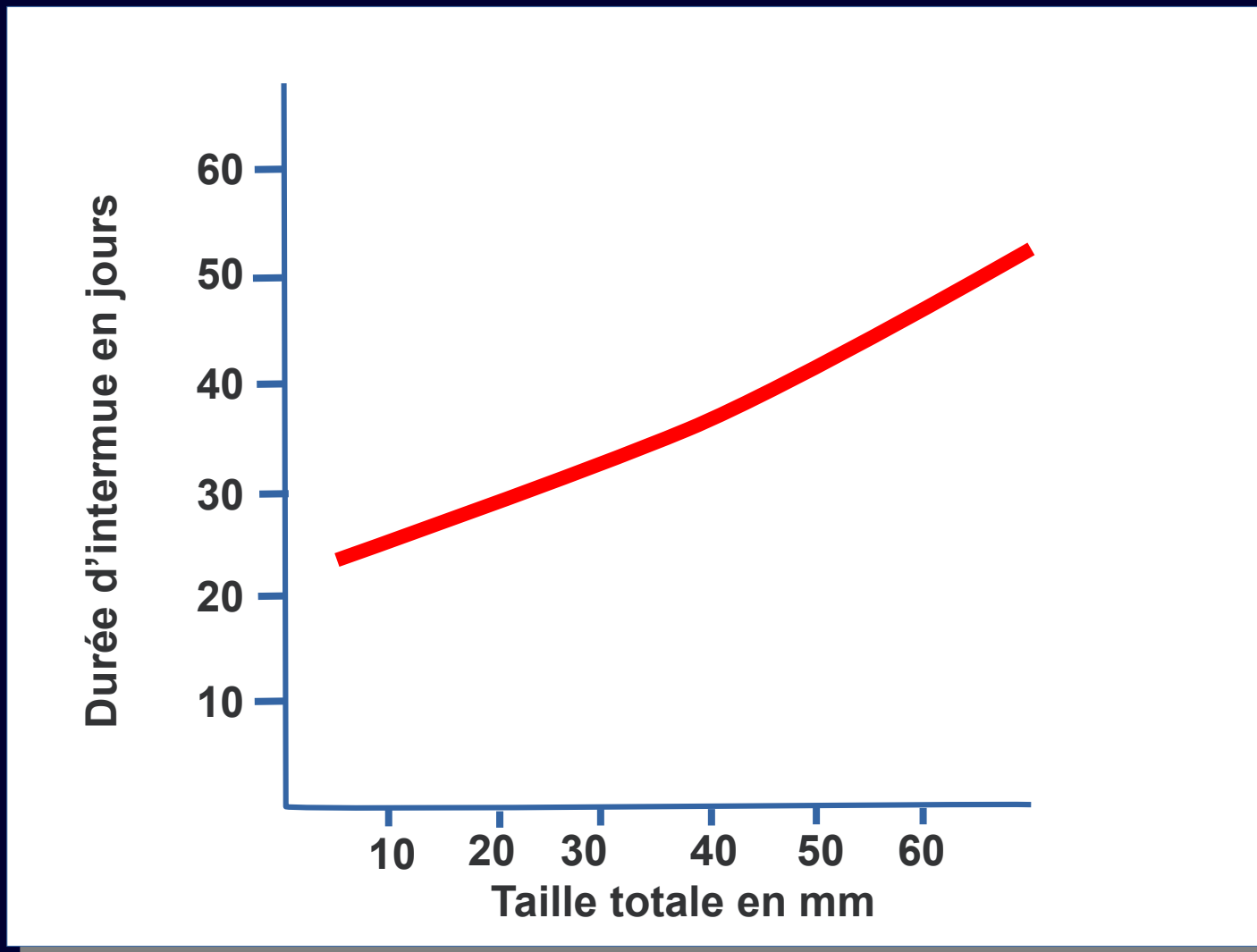
Upogebia pusilla : croissance

Petit rappel sur la croissance des crustacés

Un crustacé est un animal au corps revêtu d'un exosquelette, sa croissance passe par un processus de mues successives

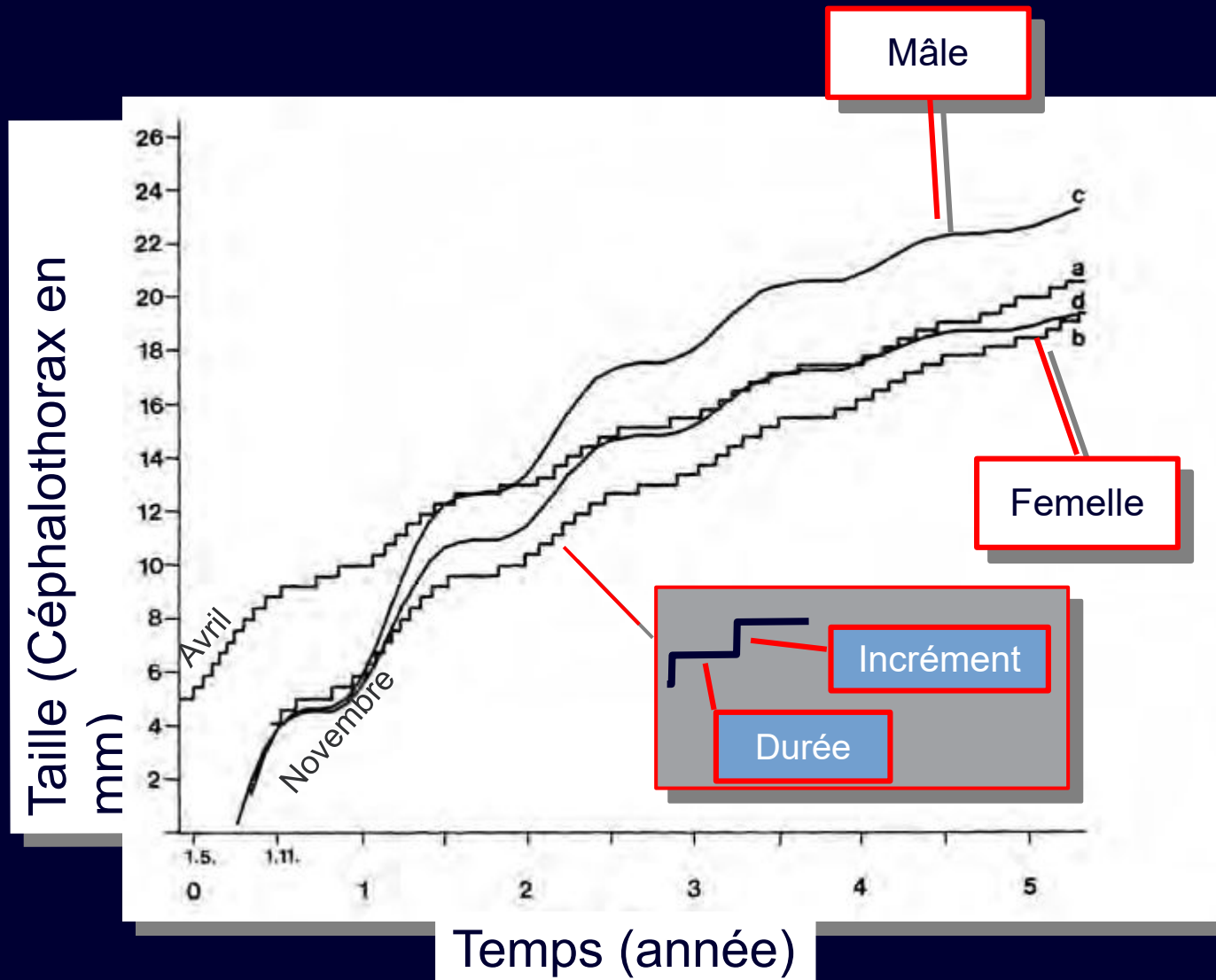


Upogebia pusilla : Croissance - Durée d'intermue en jours



U. pusilla mue toujours la nuit dans son terrier. Habituellement, l'exuvie est ramenée hors du terrier pendant la nuit de la mue mais parfois l'animal stocke son exuvie dans son terrier. Ces exuvies remontent à la surface après plusieurs jours.

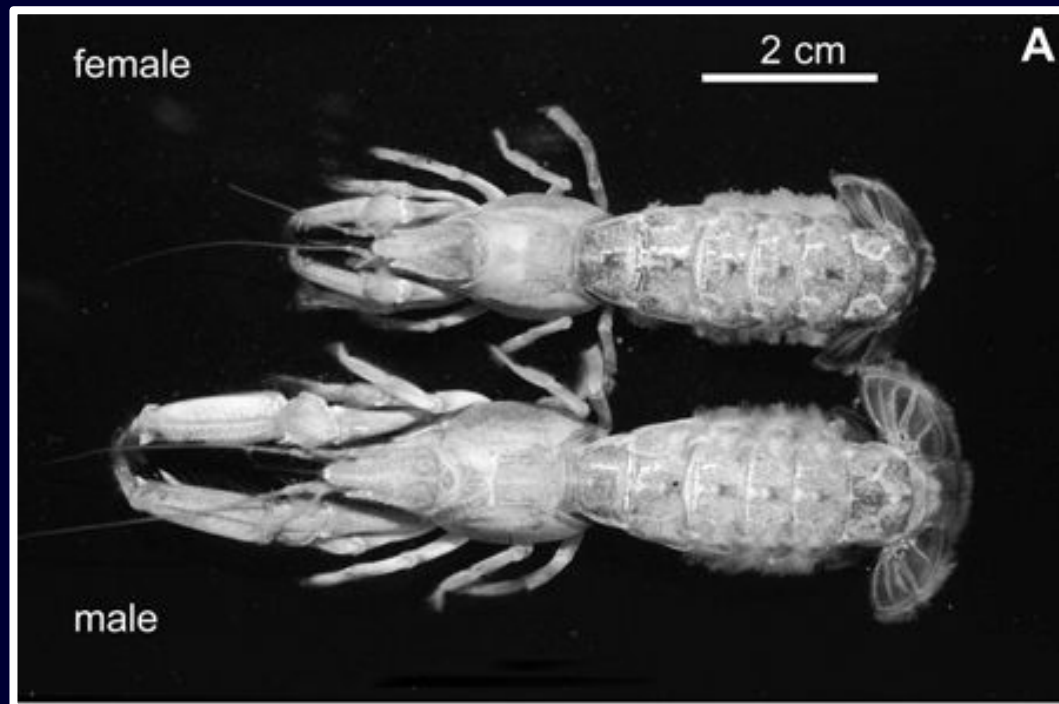
Upogebia pusilla : croissance



Croissance : incrémentielle par mue et interpolée

Upogebia pusilla : reproduction, développement larvaire

Upogebia pusilla : dimorphisme sexuel

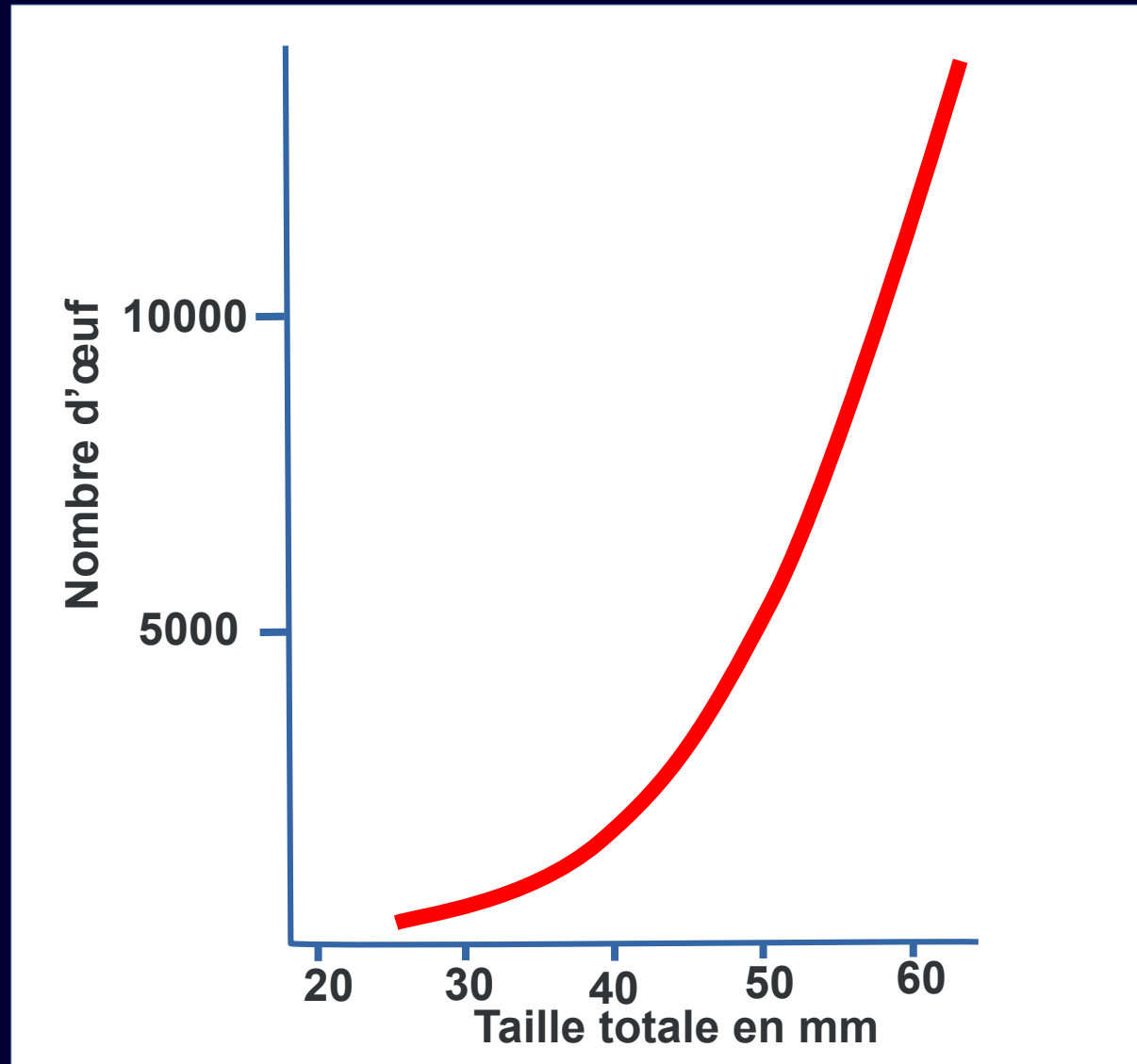


Cycle de développement : femelle « grainée »
Exemple chez *Austinogebia narutensis* (Upogebiidae)



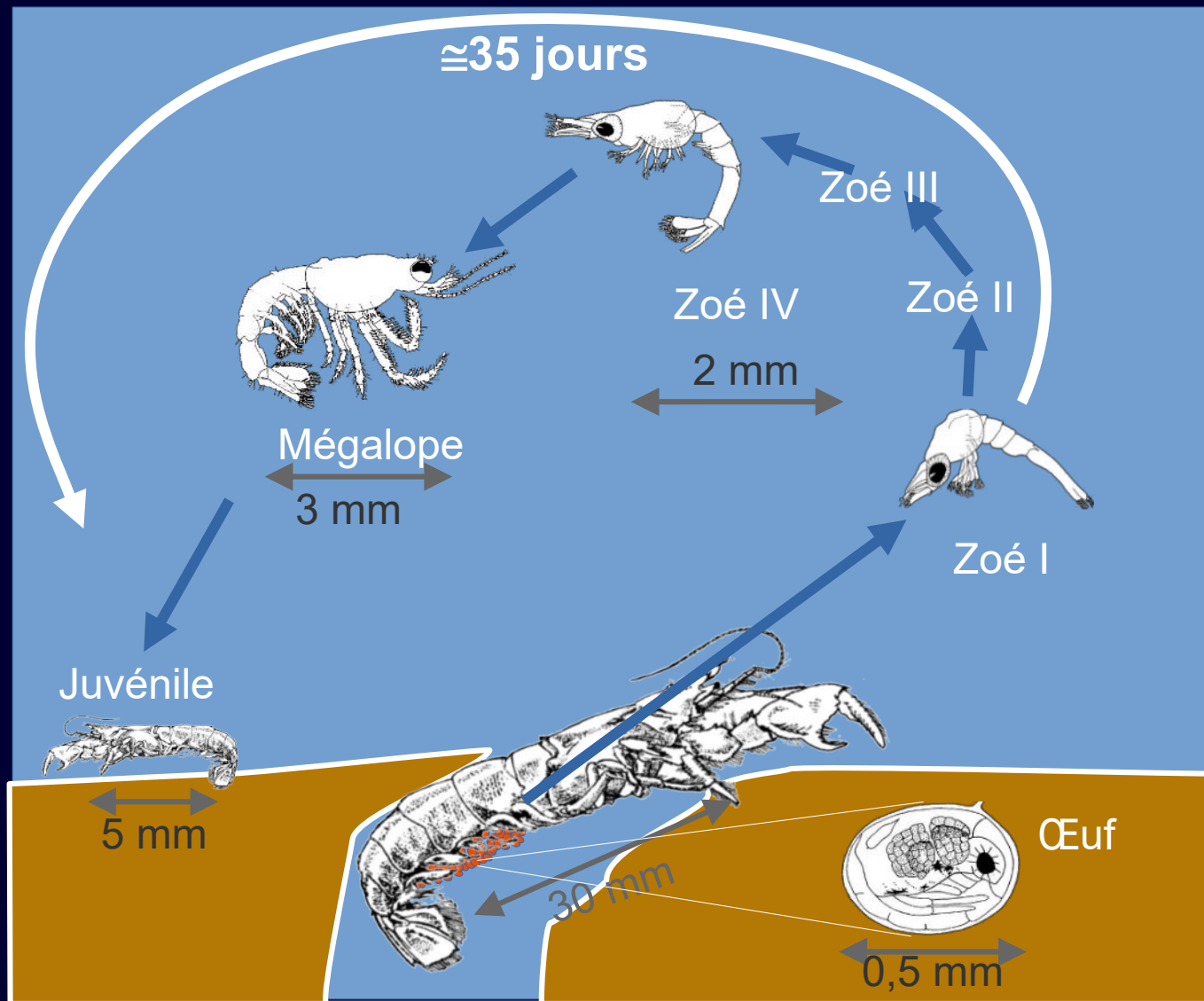
Austinogebia narutensis

Nombre œufs / taille

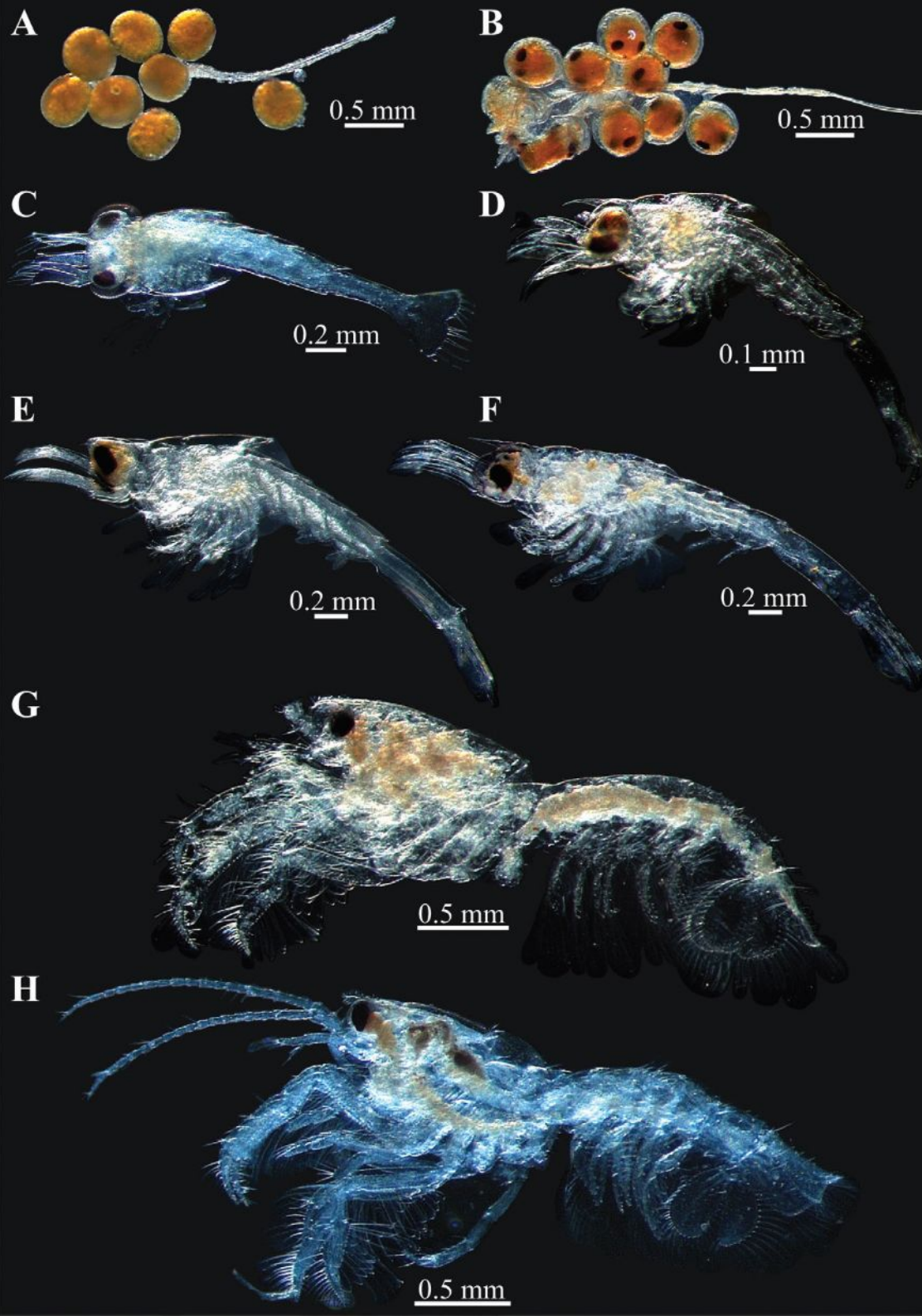


Upogebia pusilla : cycle de développement

Phase méroplanctonique



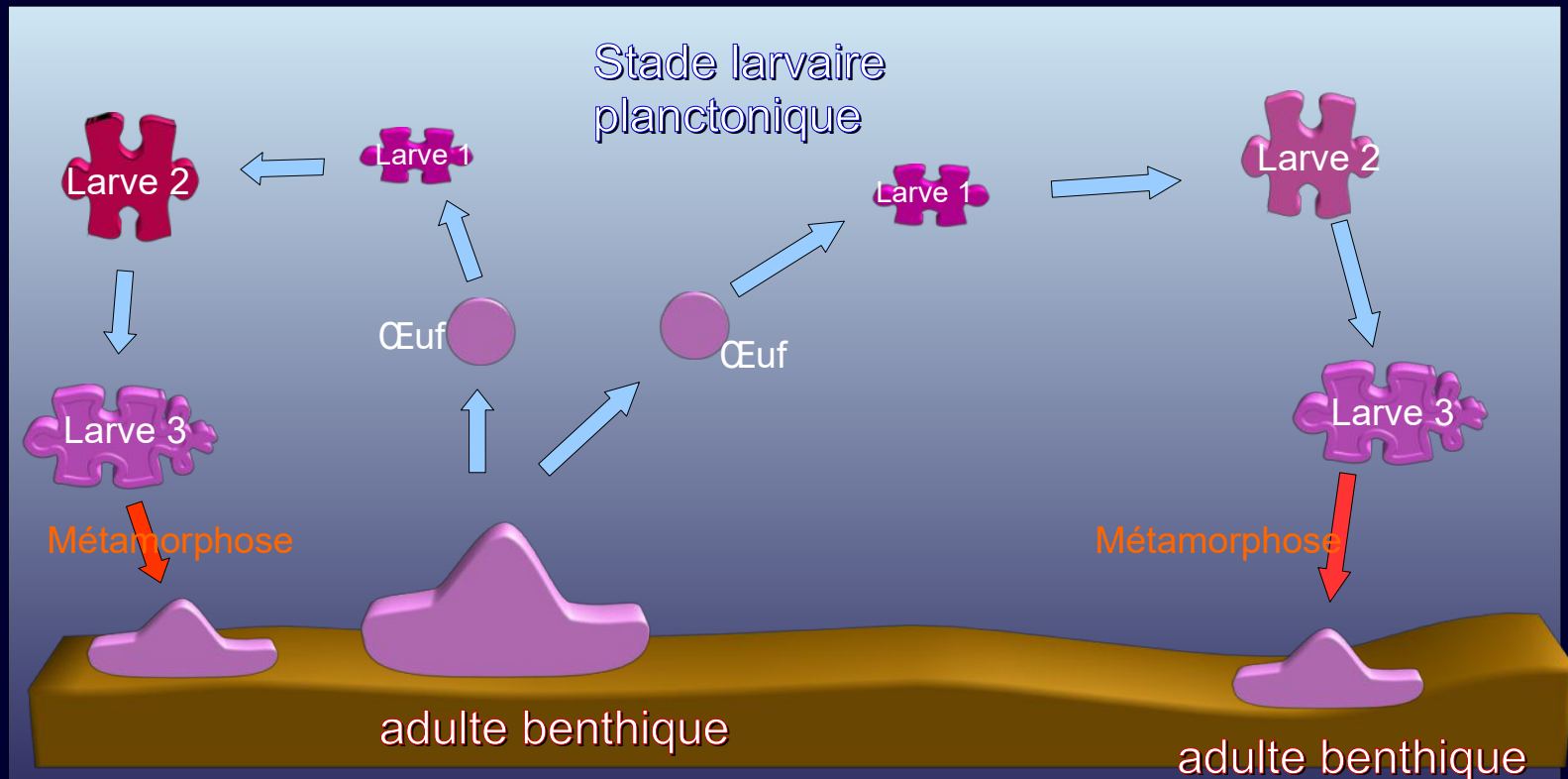
Exemple de formes
larvaires chez
Upogebia
vasquezi



- A) Œufs stade initial
- B) Œufs stade final
- C) Zoea I
- D) Zoea II
- E) Zoea III
- F) Zoea IV
- G) Megalope
- H) Juvénile

Rôle de la phase méroplanctonique pour des organisme benthiques

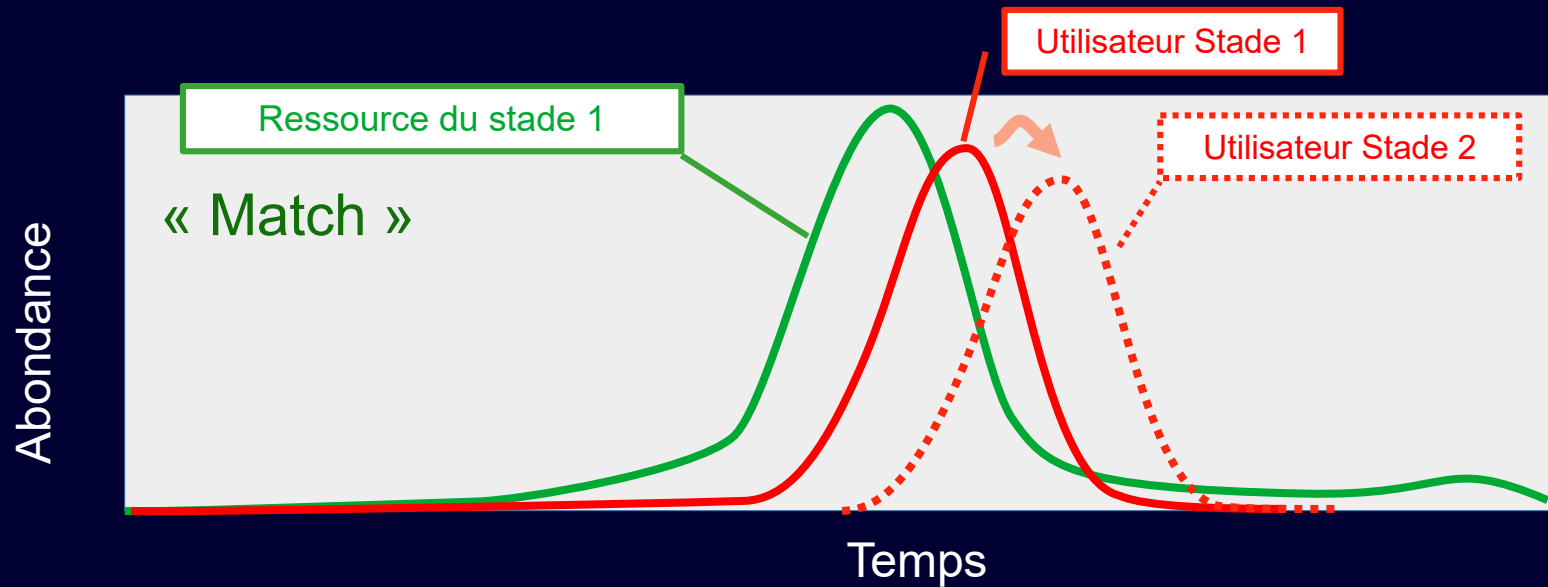
- Dispersion importantes des larves : possibilité de colonisation de nouveaux milieux.
- Diversité génétique : brassage des populations.



Mais des contraintes comme :

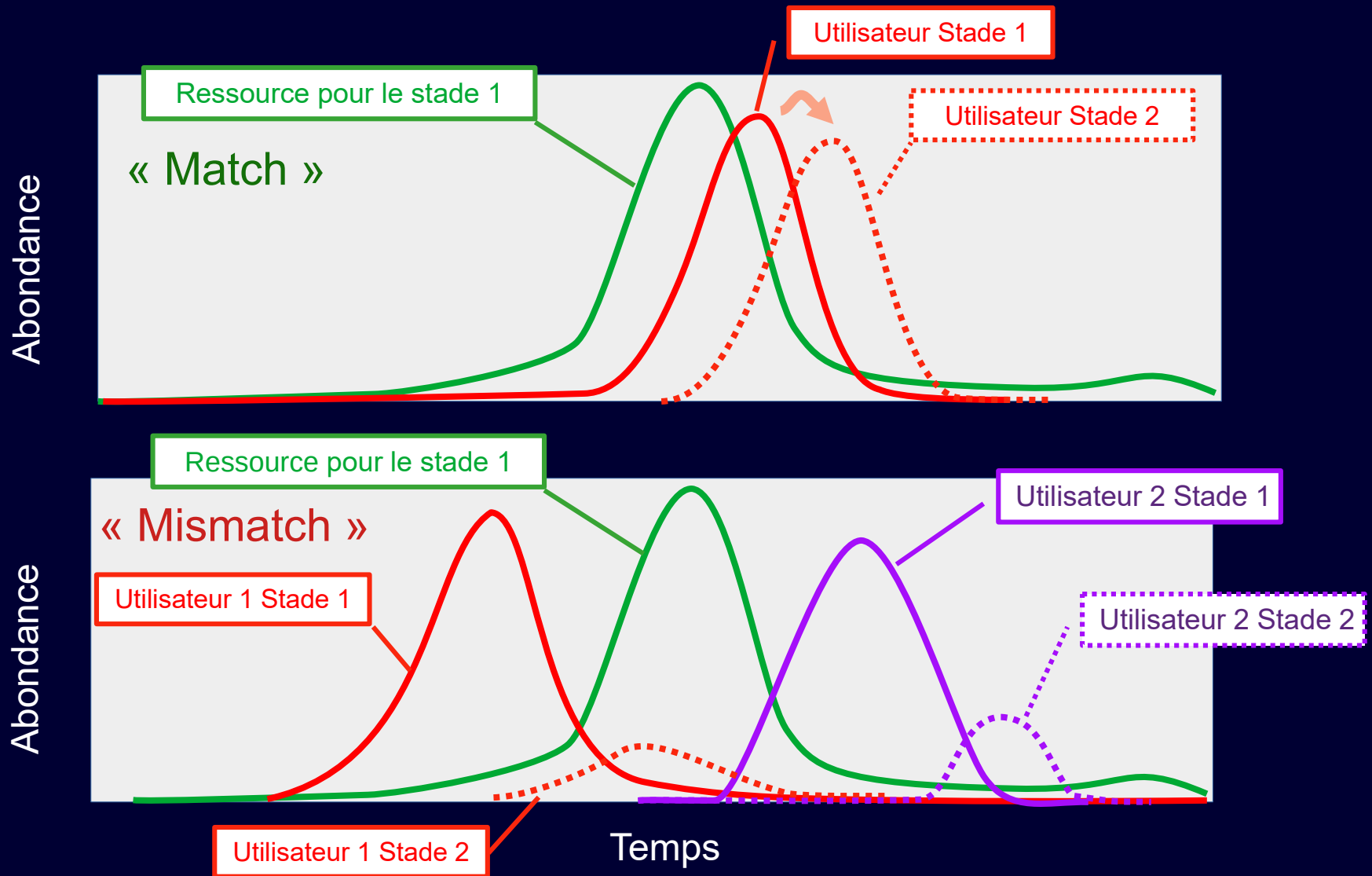
- Adéquation temporelle des ressources dans le domaine pélagique.
- Adéquation du substrat disponible lors de la sédentarisation.

Adéquation des ressources à la demande « Match-Mismatch hypothesis »



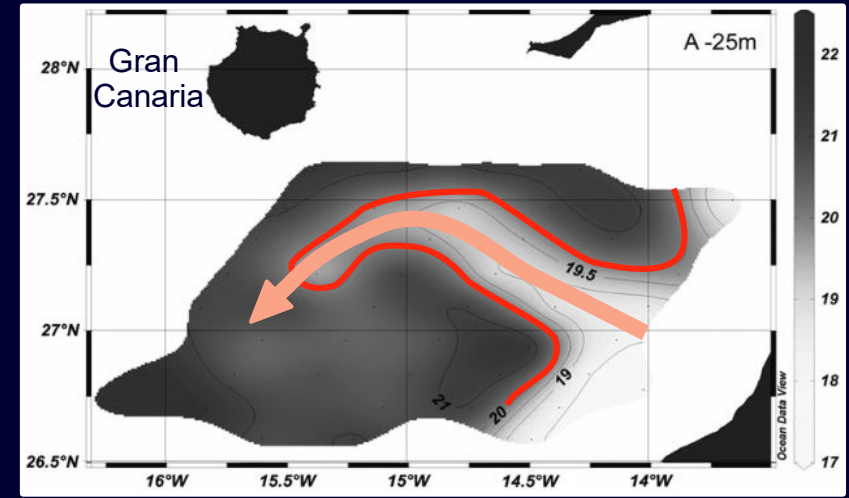
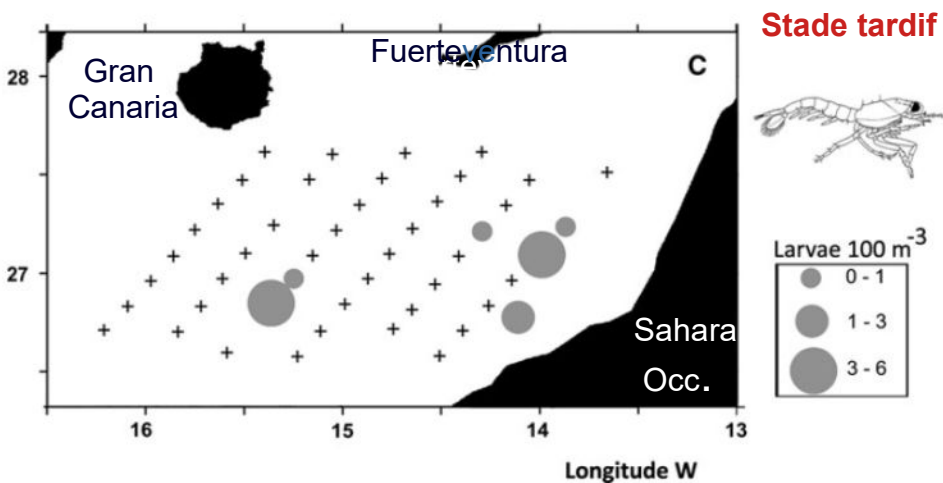
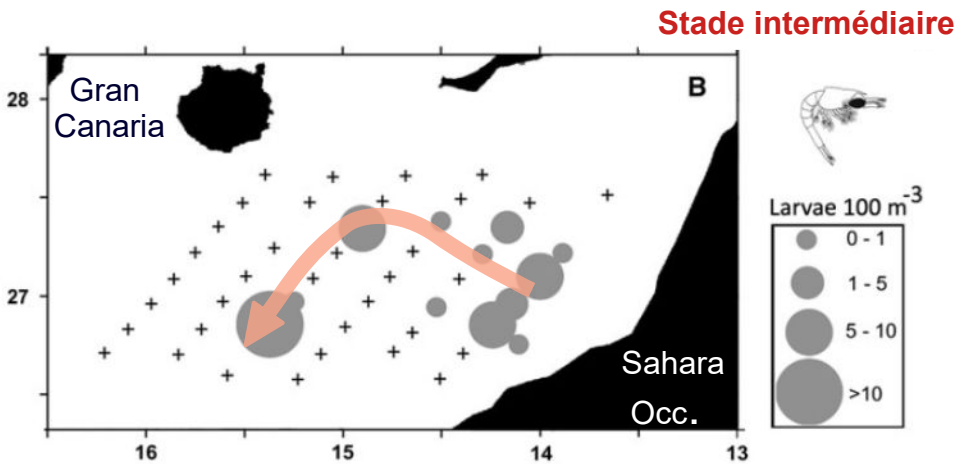
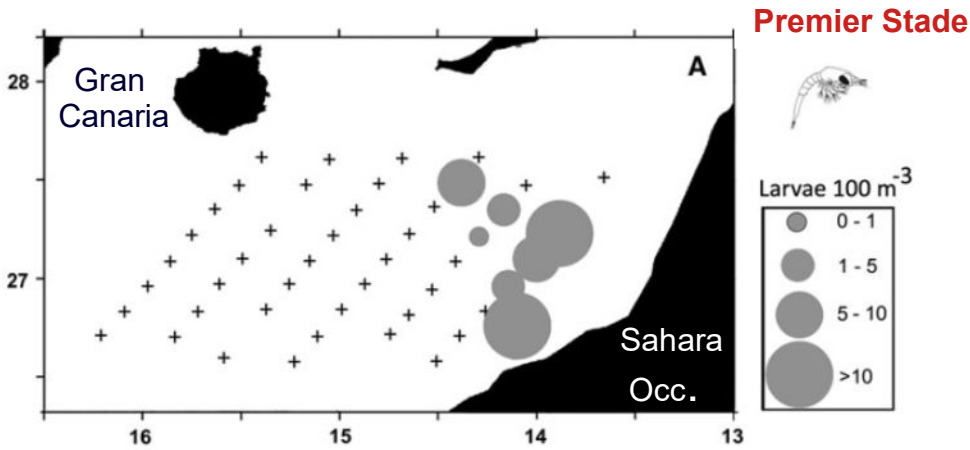
Appariement / non-concordance : la survie des larves et le recrutement éventuel dépendent du temps de décalage entre les pics d'abondance des larves et leurs proies planctoniques.

Adéquation des ressources à la demande « Match-Mismatch hypothesis »



Appariement / non-concordance : la survie des larves et le recrutement éventuel dépendent du temps de décalage entre les pics d'abondance des larves et leurs proies planctoniques.

Dispersion larvaire de *Upogebia pusilla* (Canaries)



Température (C°) 25 m

Répartition horizontale de l'abondance d'*Upogebia pusilla*

- A : stade précoce (Zoe 1),
- B : stade intermédiaire (Zoe 4)
- C : stade tardif de développement (Megalope).

Adéquation des substrats

Larves planctoniques



Métamorphose
et colonisation



Métamorphose
et colonisation



Vase

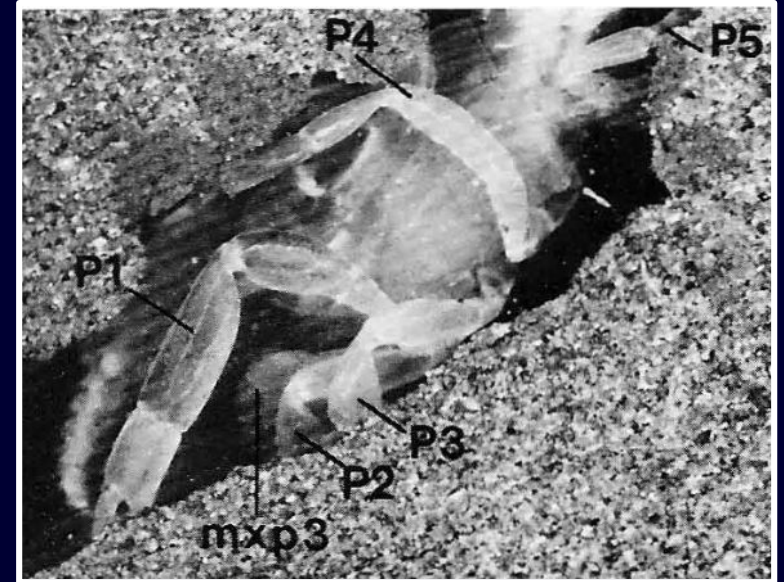
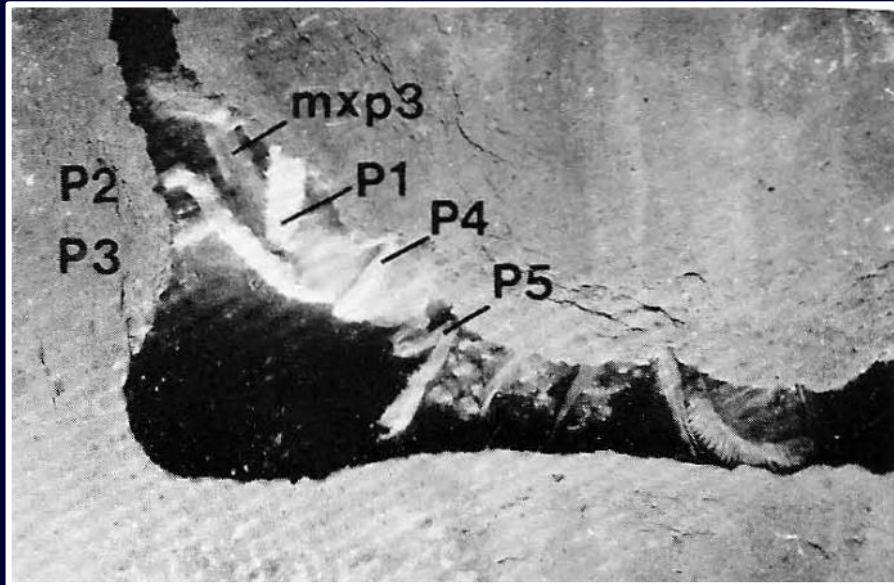
Optimum
granulométrique

Vase-sableuse

Sable

Upogebia pusilla : nutrition

Upogebia pusilla : nutrition



U. pusilla se nourrit principalement de matières en suspension dans l'eau. Celles ci sont retenues dans un «panier» formé par les soies des deux premières paires de pattes, balayées alternativement avec les troisièmes maxillipèdes frangés de soies courtes et rigides en dents de scie, et transférées avec les seconds maxillipèdes vers la bouche. De plus, les matériaux de la surface des sédiments et de la paroi du terrier sont repris, remis en suspension dans le «panier» et ingérés.

U. pusilla peut se nourrir également des dépôts autour de l'ouverture de son terrier

Upogebia pusilla : nutrition

U. pusilla se nourrit suivant plusieurs modes en s'adaptant aux ressources :

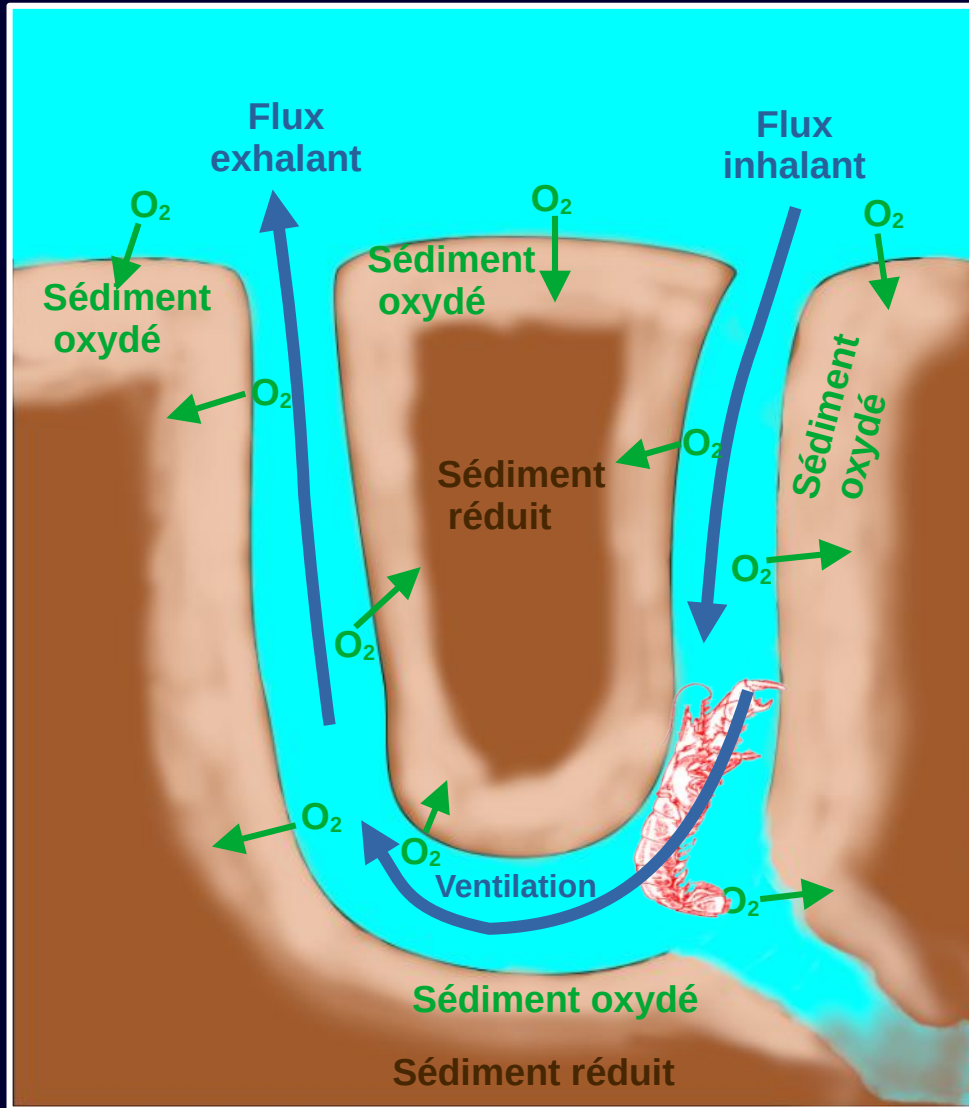
Filtreur : alimentation par filtration active, le matériel en suspension dans l'eau est filtré et ingéré directement,

Détritivore : le matériel déposé est ingéré soit directement soit après remise en suspension.

Upogebia pusilla et son environnement

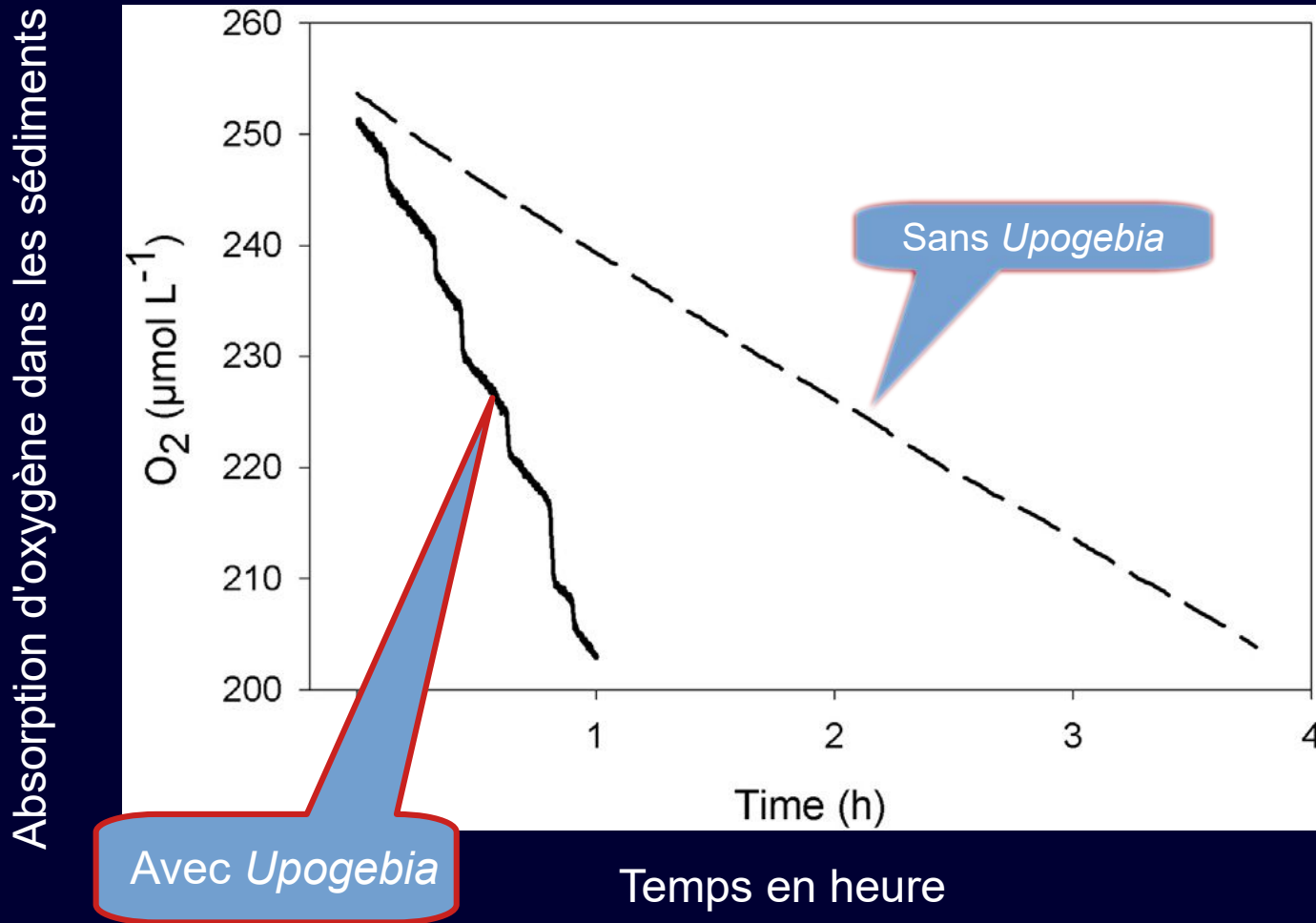
Upogebia pusilla : action sur les échanges eau /sédiment dans les herbiers.

La bioturbation : Flux et irrigation



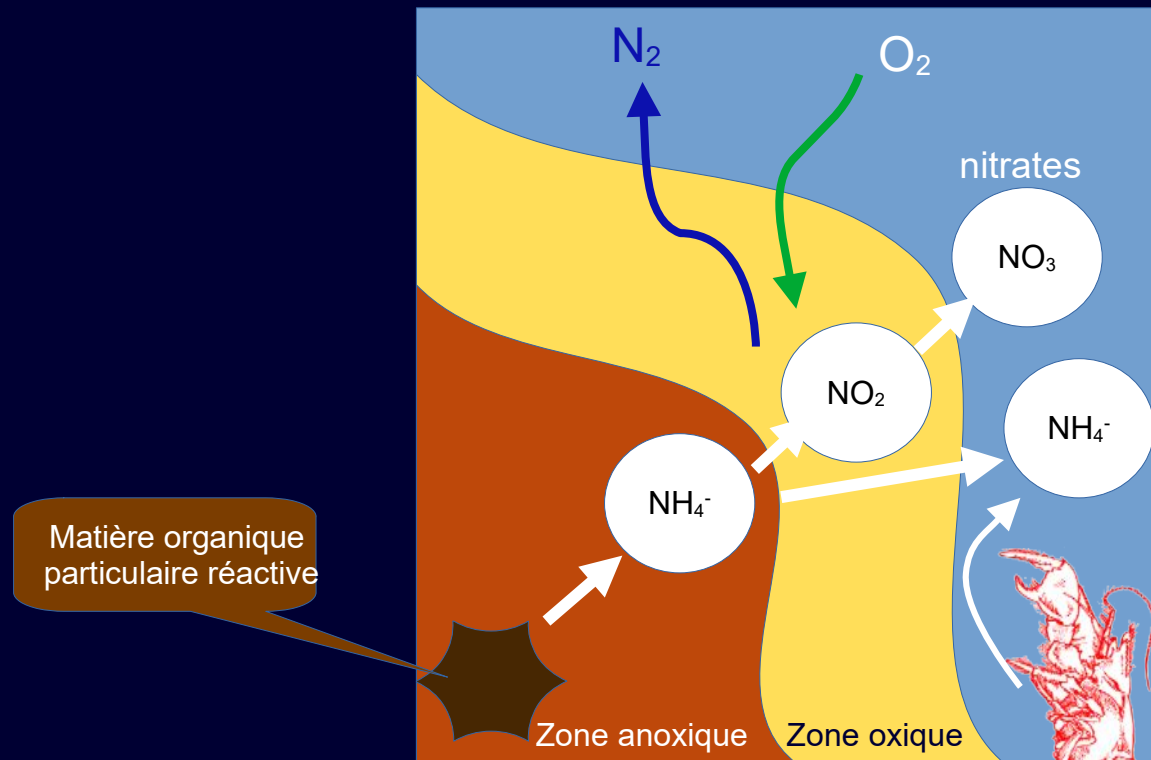
Sédiment réduit

Upogebia pusilla : oxygène dans les sédiments



Absorption d'oxygène dans les sédiments : changements temporels de la concentration d'O₂ : avec *Upogebia* (trait plein) et sans (tirets).

Schématisation de l'influence des thalassinidés sur la consommation d'oxygène et le cycle de l'azote



En milieu aquatique oxygéné, des bactéries transforment l'ammoniac (NH_3) en nitrite (NO_2^-), puis en nitrates (NO_3^-), au cours du processus de nitrification.

***Upogebia pusilla* : action sur les échanges eau /sédiments**

En résumé :

Les populations de crevettes fouisseuses contrôlent les échanges d'eau interstitielle dans les herbiers intertidaux.

L'absorption totale d'oxygène est augmentée d'un facteur ~ 2,5 en présence d'*Upogebia pusilla*.

U. pusilla améliore le cycle de l'azote.

Upogebia pusilla, des interactions avec la faune benthique

Heteromysis microps un commensal de *Upogebia pusilla*



Heteromysis microps (Crustacea, Mysidae), est une espèce commensal de *U. pusilla*
Bassin d' Arcachon

Mâle de *Heteromysis microps*

Cryptomya busoensis un commensal de *Upogebia major*

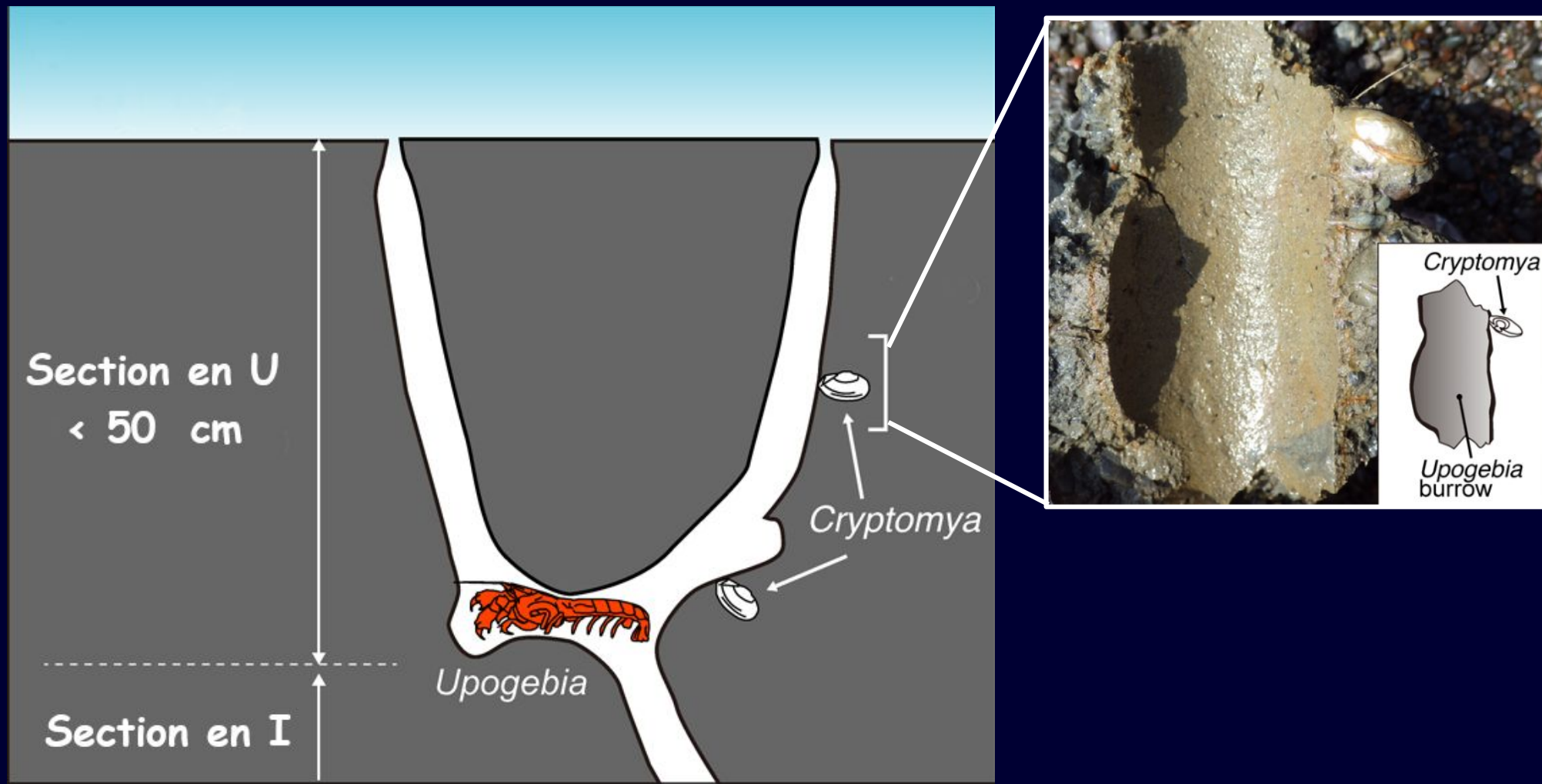
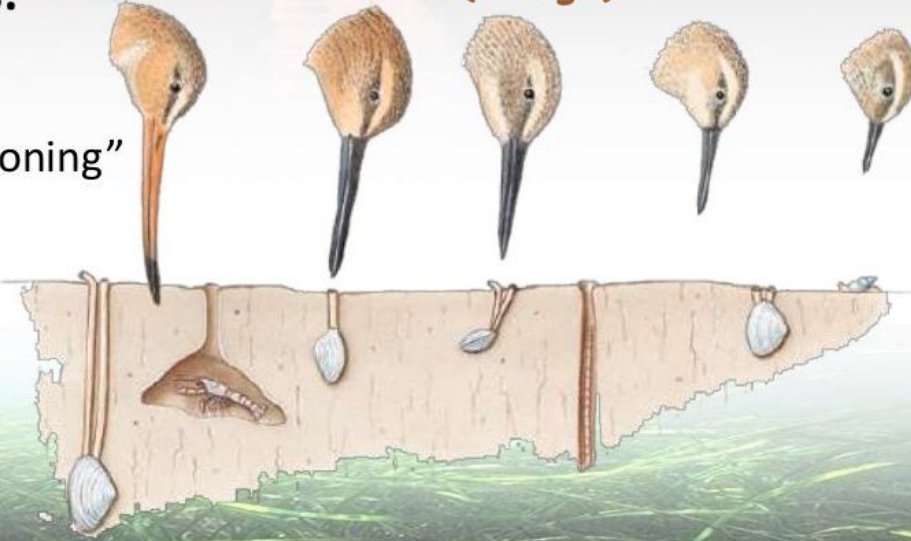


Schéma du terrier de *Upogebia major* et de la position de vie du bivalve commensal *Cryptomya busoensis*.

Estuaires écosystèmes

Estuaries as Ecosystems

- **TYPES OF ESTUARINE COMMUNITIES**
 - **Mudflats**
 - Barges (Limosa) Godwit
 - Bécassin (Limnodromus) Dowitcher
 - Chevalier (Tringa) Willet
 - Bécasseau (Scolopacidae) Western sandpiper
 - Least sandpiper
 - **Predators:**
 - **“Resource Partitioning”**

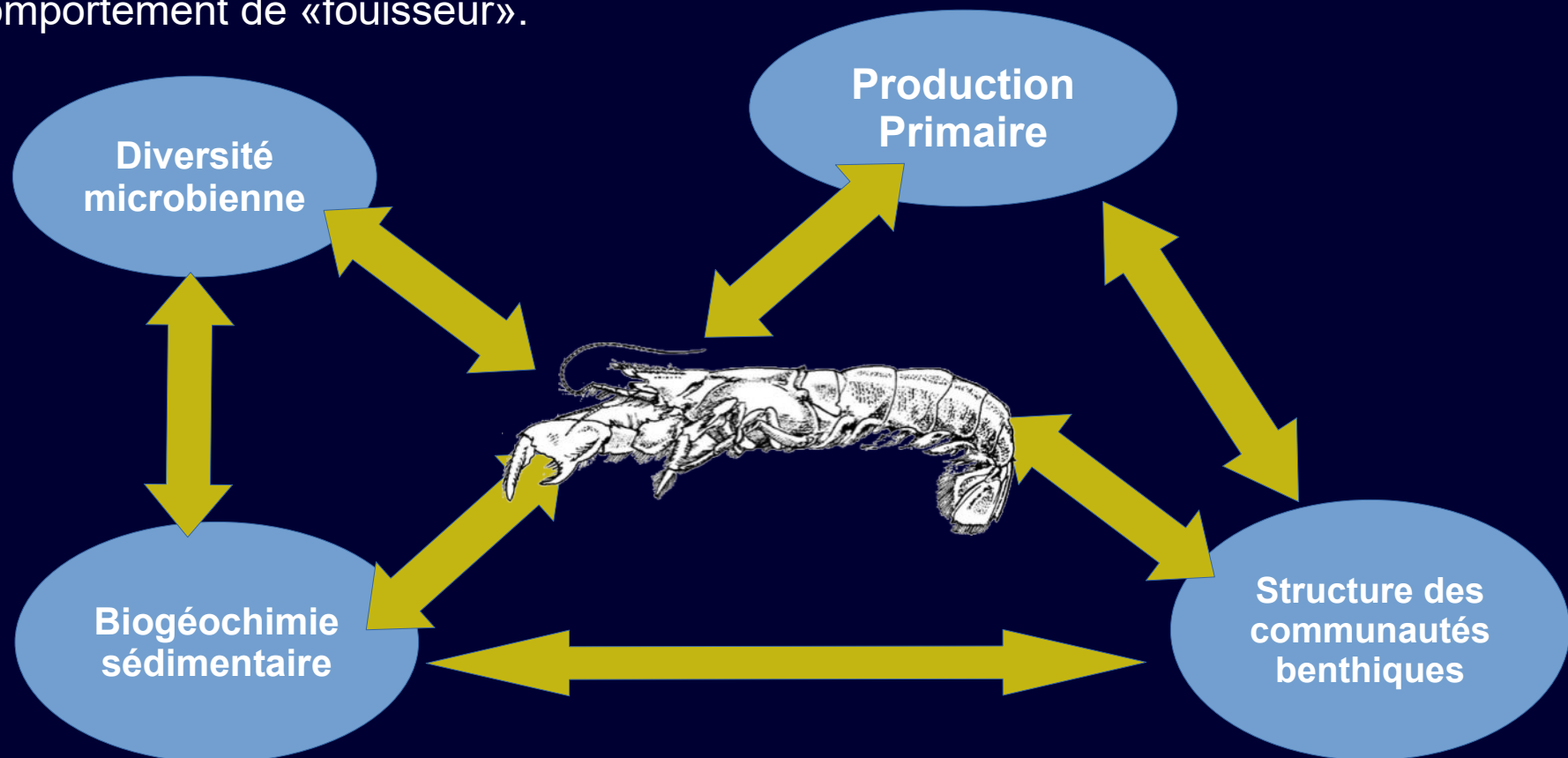


Upogebia pusilla, en conclusion

U. pusilla a une action de bioturbation provoquant à la fois un remaniement des sédiments à niveaux élevés et des échanges d'eau interstitielle par :

- (1) l'expulsion des sédiments excavés à l'interface sédiment-eau,
- (2) l'introduction puis le transport descendant des particules de surface dans le terrier,
- (3) le compactage des sédiments autour des murs du terrier.

Les intensités des trois composants sont corrélées de manière positive, de sorte que le remaniement des sédiments dans son ensemble est apparu principalement induit par le comportement de «fouisseur».



Bioturbation: en conclusion

Un regard neuf sur la dernière idée de Darwin

Charles Darwin a consacré son dernier livre scientifique à l'importance de la bioturbation pour les processus pédologiques et la géomorphologie.

Dans la théorie écologique moderne, la bioturbation est désormais reconnue comme un exemple archétypal d'« ingénierie des écosystèmes », modifiant les gradients géochimiques, redistribuant les ressources alimentaires, les virus, les bactéries, les stades de repos et les œufs.

D'un point de vue évolutif, des recherches récentes fournissent des preuves que la bioturbation a joué un rôle clé dans l'évolution de la vie des métazoaires et cela depuis la fin de l'ère précambrienne.

Remerciements pour leurs aides

Peter C. Dworschak, Naturhistorisches Museum Wien.

Ludovic Pascal, Laboratoire EPOC, Université de Bordeaux.

Franck Gilbert, laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Environnement,
Toulouse 3.

Jean de Vaugelas, Ecomer, Université Nice Sophia-Antipolis.

Le « consortium » NereisPark : <http://www.nereispark.org/>

Ils ont cordialement répondu à mes sollicitations et m'ont fourni de nombreux éléments utilisés dans cette présentation.

Bibliographie

- Abed-Navandi, D., Koller, H. & Dworschak, P. C. Nutritional ecology of thalassinidean shrimps constructing burrows with debris chambers: The distribution and use of macronutrients and micronutrients. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 1, 202–215 (2005).
- Abu-Hilal, A., Badran, M. & de Vaugelas, J. Distribution of trace elements in *Callichirus laurae* burrows and nearby sediments in the gulf of Aqaba, Jordan (Red Sea). *Marine Environmental Research* 25, 233–248 (1988).
- Bracken Grissom, H. et al. The Decapod Tree of Life: Compiling the Data and Moving toward a Consensus of Decapod Evolution. *Arthropod. Syst. Phylogeny* 67, (2009).
- Charmantier-Daures, M. & Forest (†), J. *Treatise on Zoology - Anatomy, Taxonomy, Biology. The Crustacea, Volume 9 Part B: Decapoda: Astacidea P.P. (Enoplometopidea, Nephropoidea), Glypheidea, Axiidea, Gebiidea, and Anomura.* (BRILL, 2012). doi:10.1163/9789047430179.
- Chaud, A. Contribution à l'étude de la biologie et de l'écologie d'*Upogebia pusilla* (Petagna, 1792)(Thalassinidea Upogebiidae). Structure et dynamique de la population de la baie de Txingudi. (Université de Paris VI, 1984).
- Colin, P., Suchanek, T. & McMurtry, G. Water pumping and particulate resuspension by callianassids (Crustacea: Thalassinidea) at Enewetak and Bikini Atolls, Marshall Islands. *Bulletin of Marine Science* 38, 19–24 (1986).
- Dairin, A. Sensibilité de l'espèce bioturbatrice *Upogebia* cf. *pusilla* dans un environnement littoral soumis à différents stress: infestations parasitaires et contamination métallique. (Université de Bordeaux, 2018).
- Delefosse, M. et al. Seeing the Unseen—Bioturbation in 4D: Tracing Bioirrigation in Marine Sediment Using Positron Emission Tomography and Computed Tomography. *PLoS ONE* 10, e0122201 (2015).
- Dworschak, P. C. The biology of *Upogebia pusilla* (Petagna) (Decapoda, Thalassinidea) II. Environments and zonation. *Marine Ecology* 8, 337–358 (1987).
- Dworschak, P. Biology of Mediterranean and Caribbean Thalassinidea. in *Proceedings of the Symposium 'Ecology of large bioturbators in tidal flats and shallow sublittoral sediments - from individual behavior to their role as ecosystem engineers'* 15–22 (Publisher: Nagasaki University, Editors: Tamaki, A, 2004).
- Dworschak, P. C. The pumping rates of the burrowing shrimp *Upogebia pusilla* (Petagna) (Decapoda:Thalassinidea). *J. expo mar. Bioi. Ecol.* 25–35 (1981).
- Dworschak, P. C. The Biology of *Upogebia pusilla* (Petagna) (Decapoda, Thalassinidea) I. The Burrows. *Marine Ecology* 4, 19–43 (1983).
- Dworschak, P. C. Feeding behaviour of *Upogebia pusilla* and *Callianassa tyrrhena* (Crustacea, Decapoda, Thalassinidea). *Inv. Pesc.* 421–429 (1987).
- Dworschak, P. C. The Biology of *Upogebia pusilla* (Petagna) (Decapoda, Thalassinidea) III. Growth and Production. *Marine Ecology* 9, 51–77 (1988).
- Dufour, S. et al. A new method for three-dimensional visualization and quantification of biogenic structures in aquatic sediments using axial tomodensitometry. *Limnology and Oceanography-Methods* 3, 372–380 (2013).
- Gilbert, F. Bioturbation et biogéochimie des sédiments marins côtiers : cycle de l'azote et devenir de la matière organique. (Laboratoire d'Océanographie et de Biogéochimie Marseille, 2003).

Bibliographie

- Garmendia, J.M., Valle, M., Borja, Á., Chust, G. y Franco, J., 2013. Cartografía de *Zostera noltii* en la costa vasca: cambios recientes en su distribución (2008-2012). *Revista de Investigación Marina, AZTI-Tecnalia*, 20(1): 1-22
- Griffis, R. B. & Suchanek, T. H. A model of burrow architecture and trophic modes in thalassinidean shrimp (Decapoda: Thalassinidea). *Marine Ecology Progress Series* 79, 171–183 (1991).
- Kristensen, E. et al. What is bioturbation? The need for a precise definition for fauna in aquatic sciences. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 446, 285–302 (2012).
- Landeira, J. M., Lozano-Soldevilla, F. & Barton, E. D. Mesoscale advection of *Upogebia pusilla* larvae through an upwelling filament in the Canaries Coastal Transition Zone (CTZ). *Helgol Mar Res* 66, 537–544 (2012).
- Lavesque, N. et al. *Heteromysis* (*Heteromysis*) *microps* (Crustacea, Mysidae), a commensal species for *Upogebia pusilla* (Crustacea, Upogebiidae) in Arcachon Bay (NE Atlantic Ocean). *Mar Biodivers Rec* 9, 14 (2016).
- McMurtry, G. M., Schneider, R. C., Colin, P. L., Buddemeier, R. W. & Suchanek, T. H. Redistribution of fallout radionuclides in Enewetak Atoll lagoon sediments by callianassid bioturbation. *Nature* 313, 674–677 (1985).
- McMurtry, G., Schneider, R. C., Colin, P., Buddemeier, R. W. & Suchanek, T. Vertical distribution of fallout radionuclides in Enewetak Lagoon sediments: effects of burial and bioturbation on the radionuclide inventory. *Bulletin of Marine Science -Miami-* 38, 35–55 (1986).
- Oliveira, D. B. de, Abrunhosa, F. A. & Martinelli-Lemos, J. M. The Thalassinidean Mud Shrimp *Upogebia vasquezii*: Life Cycle and Reproductive Traits on the Amazonian Coast, Brazil. in *Theriozoology* (ed. Carreira, R. P.) (InTech, 2017).
- Pascal, L. Rôle de l'espèce ingénieure *Upogebia pusilla* dans le fonctionnement biogéochimique des écosystèmes intertidaux à herbier (*Zostera noltei*) du bassin d'Arcachon. (Université de Bordeaux, 2017).
- Pascal, L., Maire, O., Deflandre, B., Romero-Ramirez, A. & Grémare, A. Linking behaviours, sediment reworking, bioirrigation and oxygen dynamics in a soft-bottom ecosystem engineer: The mud shrimp *Upogebia pusilla* (Petagna 1792). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 516, 67–78 (2019).
- Pascal, L. et al. Influence of the mud shrimp *Upogebia pusilla* (Decapoda: Gebiidea) on solute and porewater exchanges in an intertidal seagrass (*Zostera noltei*) meadow of Arcachon Bay: An experimental assessment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 477, 69–79 (2016).
- Poore, G. C. B. A phylogeny of the families of Thalassinidea (Crustacea: Decapoda) with keys to families and genera. *Mem. Natl. Mus. Vic.* 54, 79–120 (1994).
- Robles, R., Tudge, C., Dworschak, P., Poore, G. & Felder, D. Molecular Phylogeny of the Thalassinidea Based on Nuclear and Mitochondrial Genes. in *Decapod Crustacean Phylogenetics* (eds. Martin, J., Crandall, K. & Felder, D.) vol. 20090863 309–326 (CRC Press, 2009).
- Suchanek, T. & Colin, P. Rates and effects of bioturbation by invertebrates and fishes at Enewetak and Bikini Atolls. *Bulletin of Marine Science* 38, 25–34 (1986).
- Ziebis, W., Forster, S., Huettel, M. & Jørgensen, B. B. Complex burrows of the mud shrimp *Callianassa truncata* and their geochemical impact in the sea bed. *Nature* 382, 619–622 (1996).