



**Projet Forum-INDIC (2019-2023) :
Proposer un indicateur basé sur les foraminifères
pour l'application de la DCE dans les eaux de transition et les estuaires**





Projet Foram-INDIC (2019-2023) :
Proposer un indicateur basé sur les foraminifères
pour l'application de la DCE dans les eaux de transition et les
estuaires



Objectifs :

- 1) Sur la caractérisation des conditions environnementales**
- 2) Sur l'écologie des espèces de foraminifères benthiques**
- 3) Sur la définition d'un indicateur foraminifères pour évaluer le statut écologique**



Projet Foram-INDIC (2019-2023) :
Proposer un indicateur basé sur les foraminifères
pour l'application de la DCE dans les eaux de transition et les
estuaires



Comité de suivi

- Frans Jorissen (LPG, Angers)
- Yann Joncourt (AESN)
- Jean Prygiel (ex AEAP)
- Gwenola de Roton (OFB)

Partenaires

LOG (Wimereux) :

- Vincent Bouchet (PI)
- Eric Armynot du Châtelet
- Laurent Seuront
- Camille Hennion
- Emilie Moisez
- Armelle Riboulleau
- Françoise Henry
- Lucie Courcot
- Gwendoline Duong
- Romain Abraham
- Jean-Charles Pavard (Doctorant, soutenance 31 mai 2023)
- Apolyne Courleux (alternance Licence Pro, Septembre 2021-Août 2022)

LPG (Angers)

- Magali Schweizer

M2C (Caen)

- Jean-Claude Dauvin
- Jean-Philippe Pezy

BOREA (Paris) :

- Eric Goberville

Remerciements : M. Crouvoisier, N. Deldicq, D. Langlet et C. Delaeter (sorties terrain)

La Manche

Une des routes principales du trafic maritime

➤ 500-600 bateaux commerciaux/jour



La Manche

Une des routes principales du trafic maritime

➤ 500-600 bateaux commerciaux/jour

Hotspot d'introduction d'ENI

➤ >152 espèces (Pezy et al. 2021)



La Manche

Une des routes principales du trafic maritime

➤ 500-600 bateaux commerciaux/jour

Hotspot d'introduction d'ENI

➤ >152 espèces (Pezy et al. 2021)



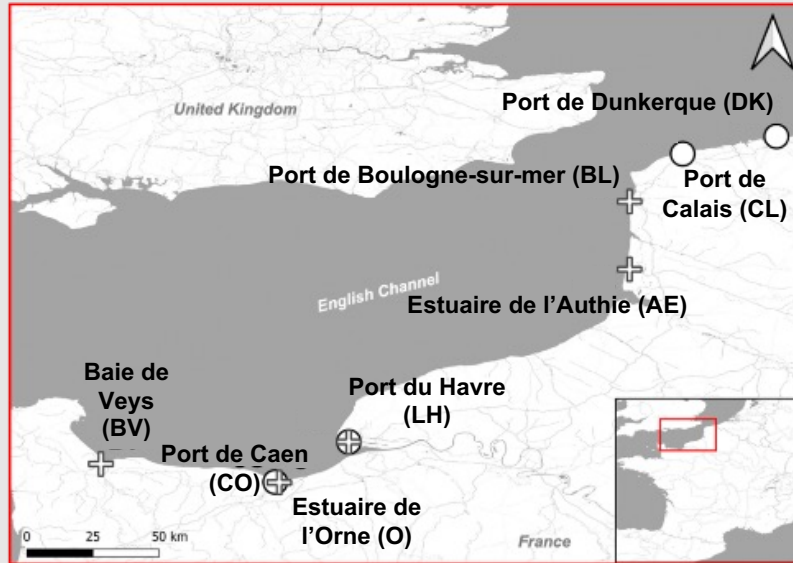
→ Pas d'ENI foraminifères observées en Manche



Manche orientale

Etude spatiale de biosurveillance dans eaux de transition (Automne 2019/2020)

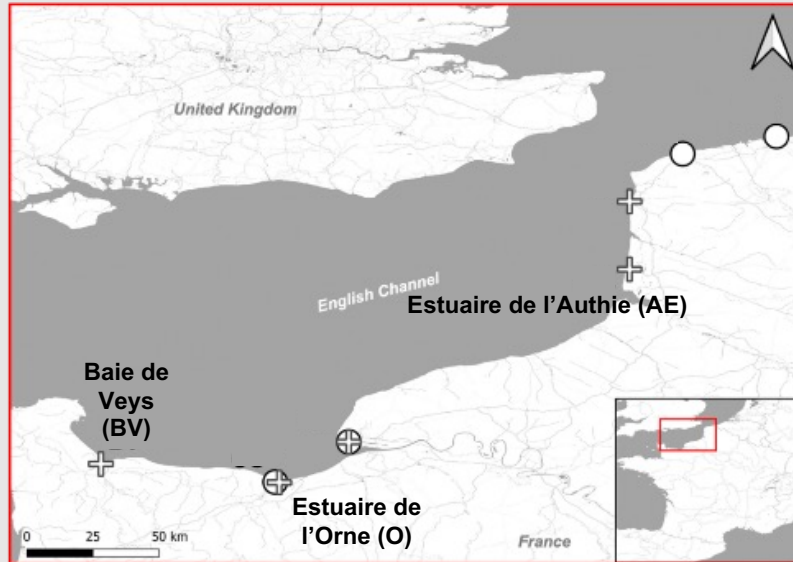




Manche orientale

Etude spatiale de biosurveillance dans eaux de transition (Automne 2019/2020)

- 8 sites
- 39 stations



Manche orientale

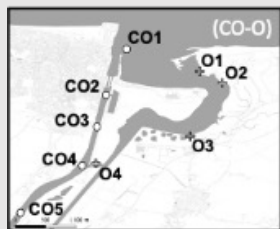
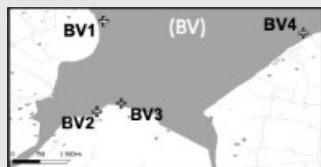
Etude spatiale de biosurveillance dans eaux de transition (Automne 2019/2020)

➤ 8 sites

➤ 39 stations

2 types d'habitat:

➤ «Naturel»



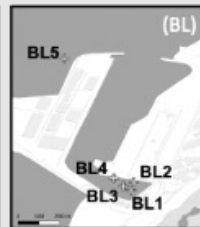
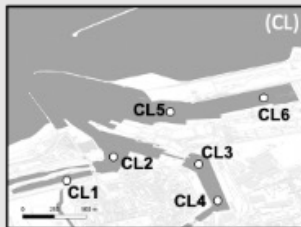
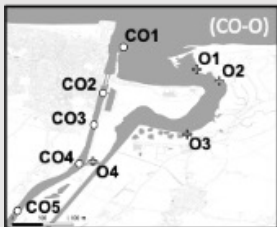
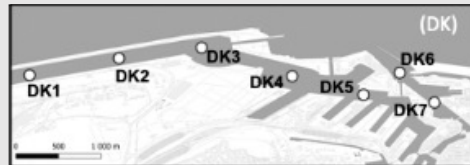
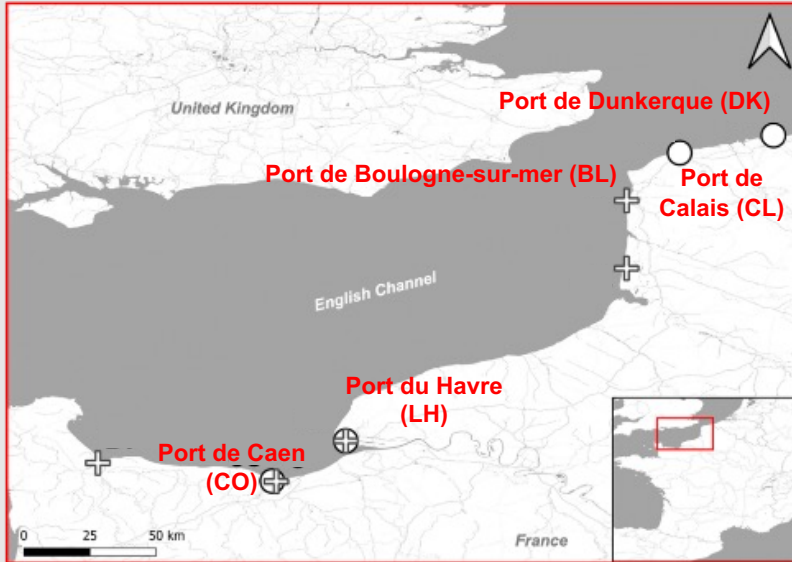
Manche orientale

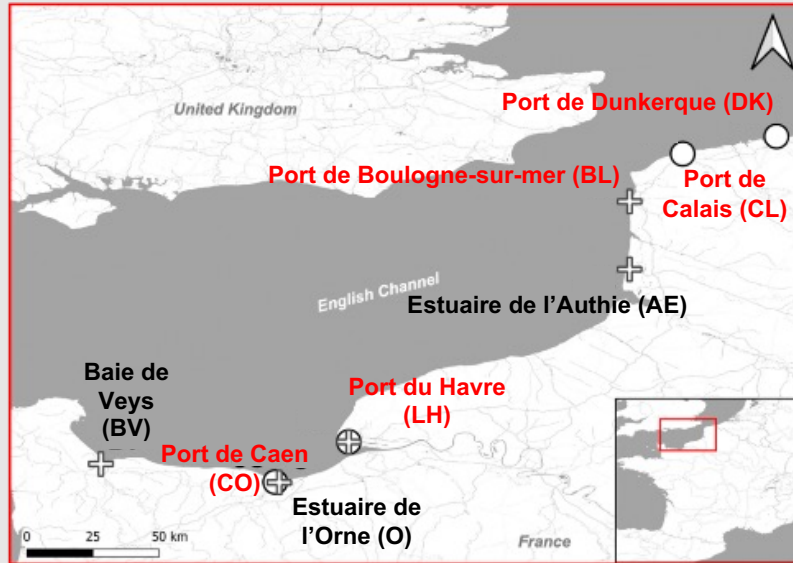
Etude spatiale de biosurveillance dans eaux de transition (Automne 2019/2020)

- 8 sites
- 39 stations

2 types d'habitat:

- «Naturel»
- **Port**





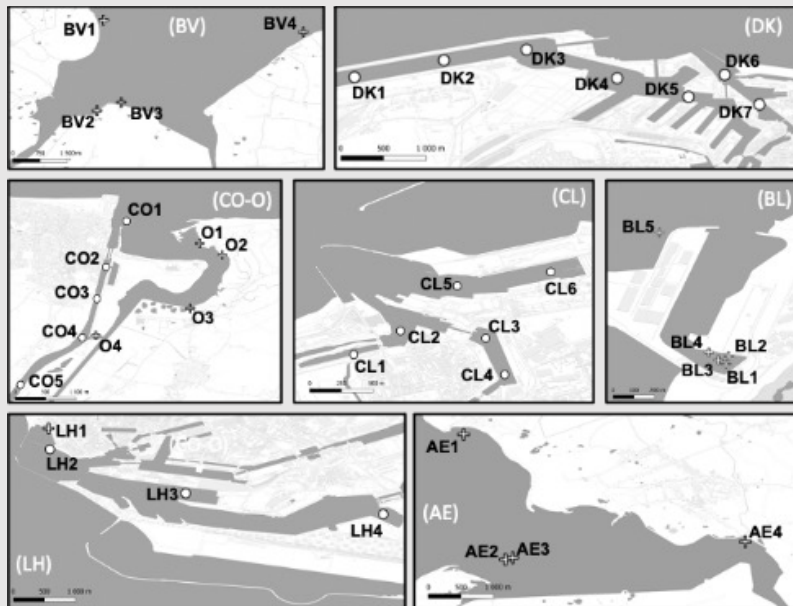
Manche orientale

Etude spatiale de biosurveillance dans eaux de transition (Automne 2019/2020)

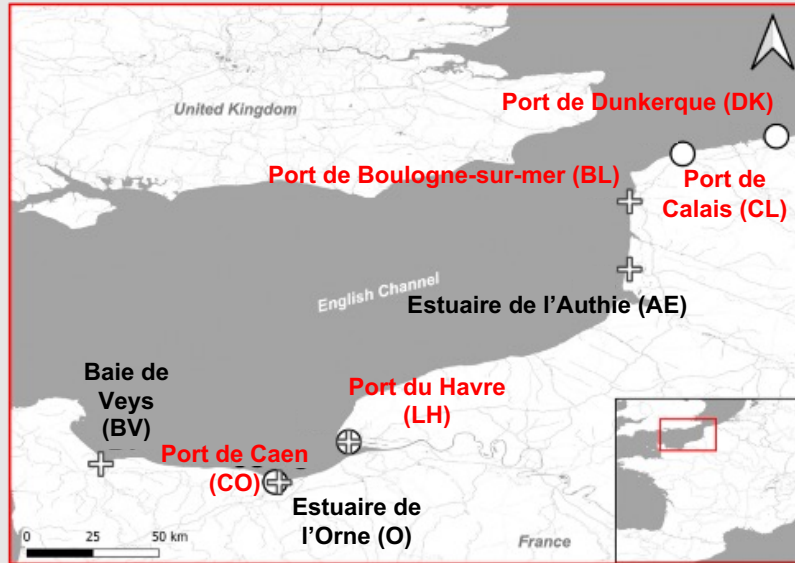
- 8 sites
 - 39 stations

2 types d'habitat:

- «Naturel»
- **Port**



- 3 réplicats (0-1 cm)
 - n = 117 échantillons
- Rose Bengal
- Fraction >63µm
- Identification loupe binoculaire



Manche orientale

Etude spatiale de biosurveillance dans eaux de transition (Automne 2019/2020)

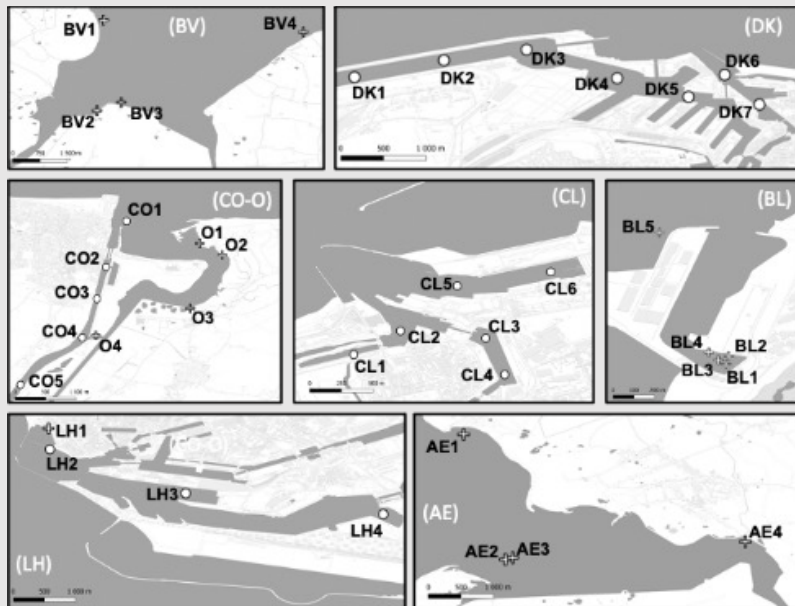
➤ 8 sites

➤ 39 stations

2 types d'habitat:

➤ «Naturel»

➤ **Port**



Quantification de l'habitat préférentiel: **Indicator Value index (IndVal)** (Dufresne & Legendre, 1997)

➤ Abondance relative - présence/absence

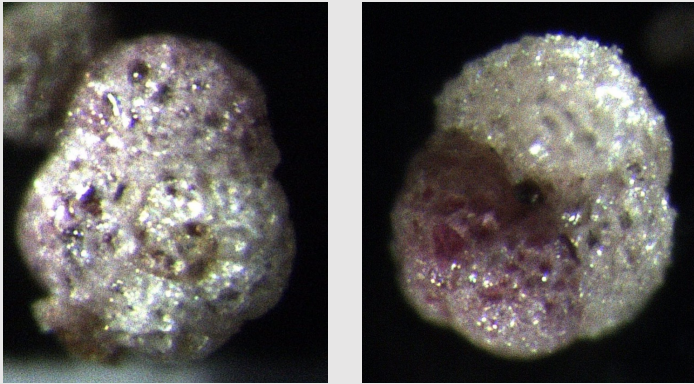
➤ Mesure de spécificité (A) & fidélité (B)


$$\text{IndVal}_{ij} = A_{ij} \times B_{ij} \times 100$$

Observations fortuites de foraminifères ENI

Observations fortuites de foraminifères ENI

➤ *Trochammina hadai*



 Aquatic Invasions
Aquatic Invasions 2023 Volume 18, Issue 1: 23-38

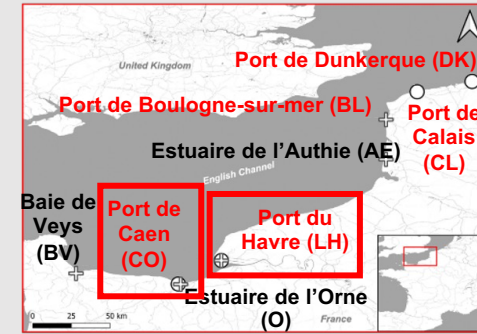
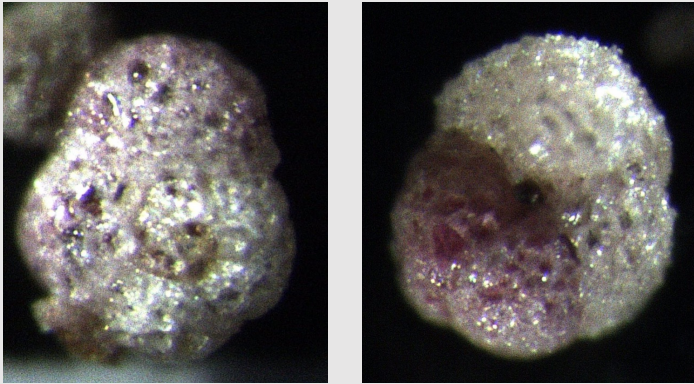
Research Article


The invasive Asian benthic foraminifera *Trochammina hadai* Uchio, 1962: identification of a new local in Normandy (France) and a discussion on its putative introduction pathways

Vincent M. P. Bouchet¹, Jean-Charles Pavard¹, Maria Holzmann², Mary McGann³, Eric Arminot du Châtelet⁴, Apolyne Courleux¹, Jean-Philippe Pezy⁵, Jean-Claude Dauvin⁶, Laurent Seuront^{1,6,7}

Observations fortuites de foraminifères ENI

➤ *Trochammina hadai*



 Aquatic Invasions
Aquatic Invasions 2023 Volume 18, Issue 1: 23-38

Research Article

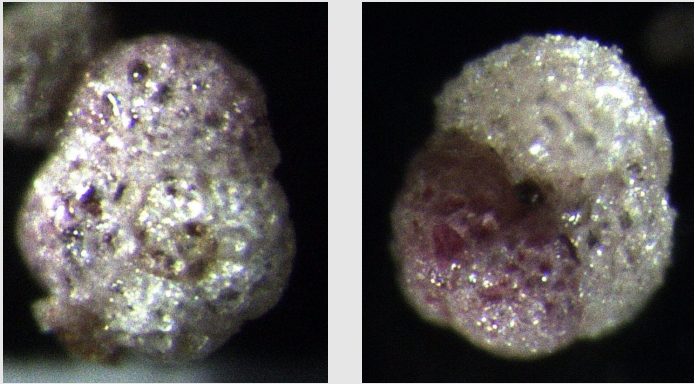
The invasive Asian benthic foraminifera *Trochammina hadai* Uchio, 1962: identification of a new local in Normandy (France) and a discussion on its putative introduction pathways

Vincent M. P. Bouchet¹, Jean-Charles Pavard¹, Maria Holzmann², Mary McGann³, Eric Arminot du Châtelet⁴, Apolyne Courleux¹, Jean-Philippe Pezy⁵, Jean-Claude Dauvin⁶, Laurent Seuront^{1,6,7}

- Ports de Caen & du Havre (IndVal, $p < 0.05$)
- Distribution naturelle : Asie
- Invasive aux USA, Brésil & Australie (McGann et al. 2012, Eichler et al. 2012, Tremblin et al. 2021)

Observations fortuites de foraminifères ENI

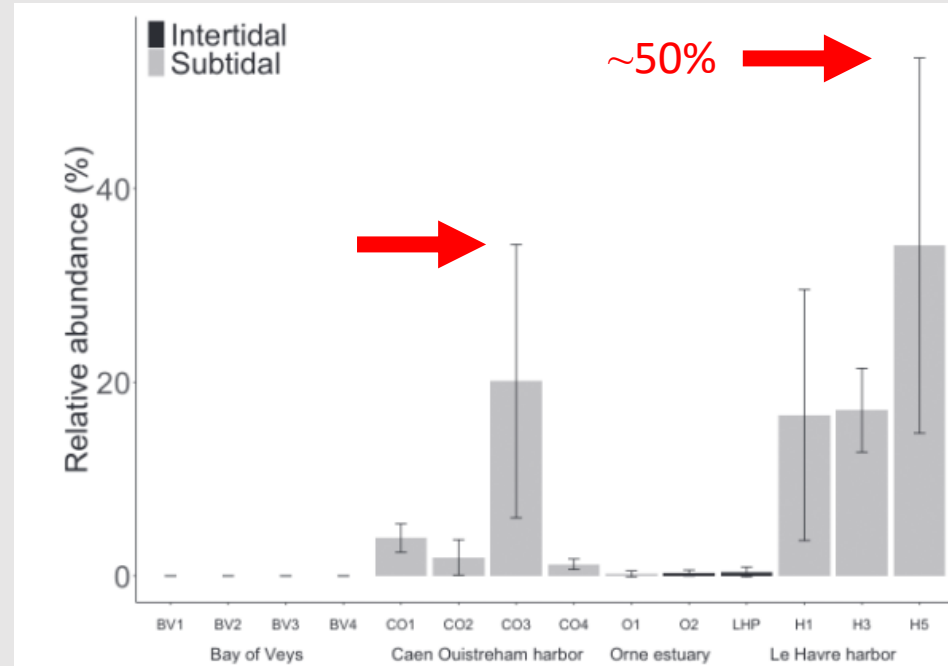
➤ *Trochammina hadai*



Research Article

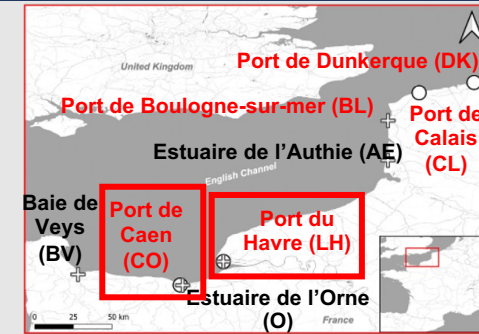
The invasive Asian benthic foraminifera *Trochammina hadai* Uchio, 1962: identification of a new local in Normandy (France) and a discussion on its putative introduction pathways

Vincent M. P. Bouchet¹, Jean-Charles Pavard¹, Maria Holzmann², Mary McGann³, Eric Armynot du Châtelet⁴, Apolyne Courleux¹, Jean-Philippe Pezy⁵, Jean-Claude Dauvin⁶, Laurent Seuront^{1,6,7}



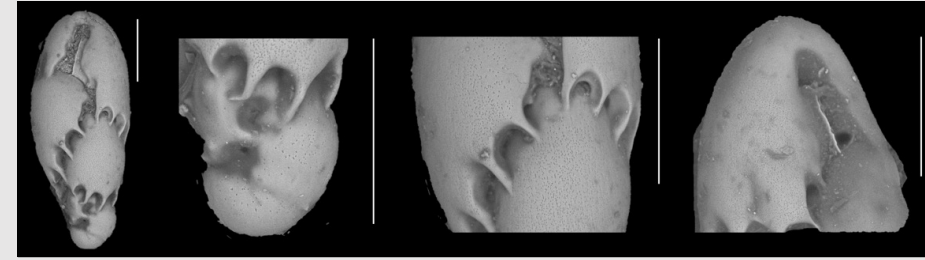
Bouchet, Pavard et al. 2023

- Ports de Caen & du Havre (IndVal, $p < 0.05$)
- Distribution naturelle : Asie
- Invasive aux USA, Brésil & Australie (McGann et al. 2012, Eichler et al. 2012, Tremblin et al. 2021)



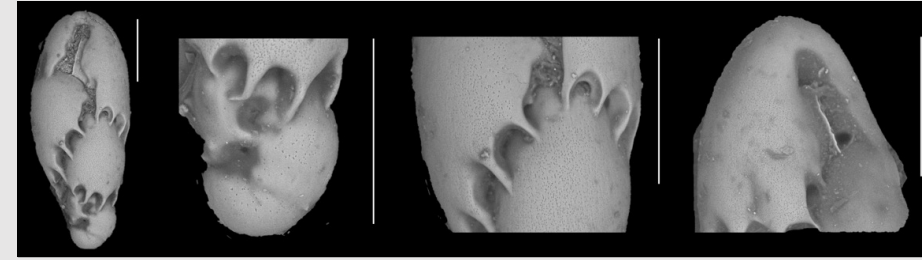
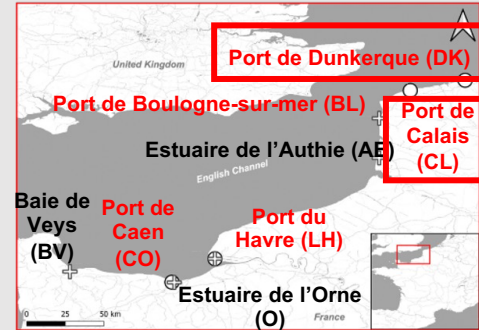
Observations fortuites de foraminifères ENI

- *Trochammina hadai*
- *Virgulinella fragilis*



Observations fortuites de foraminifères ENI

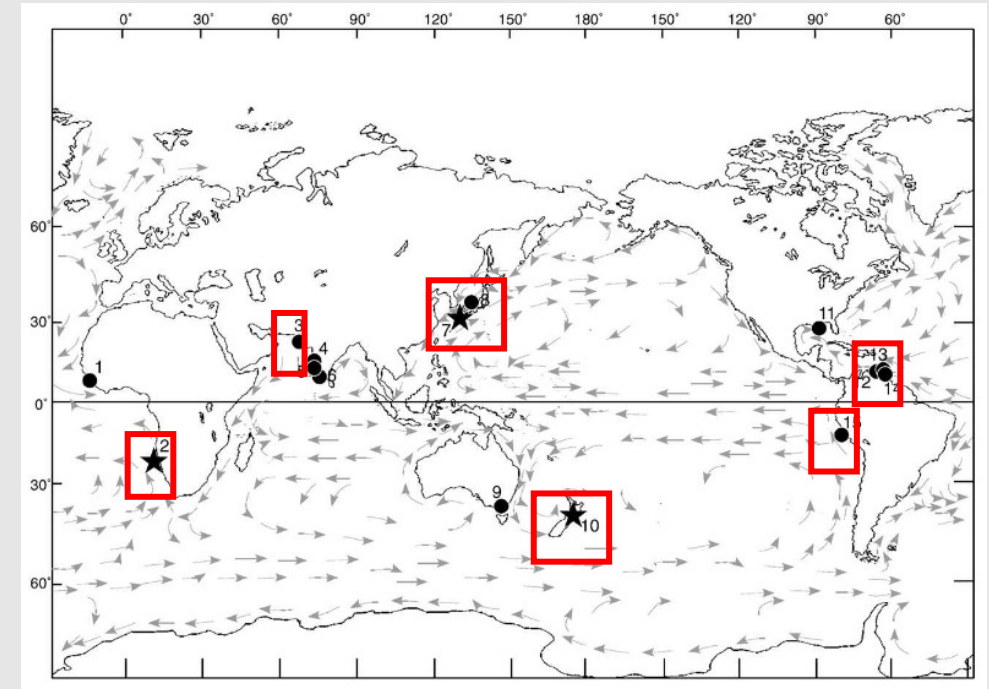
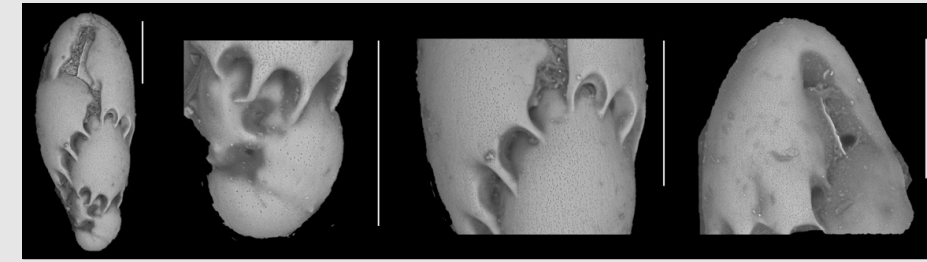
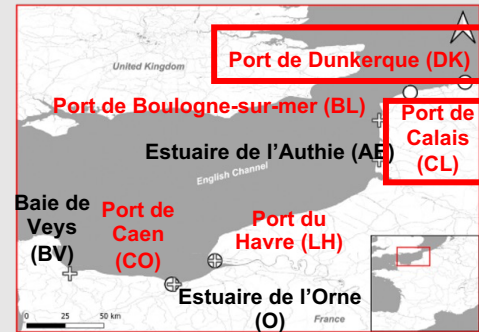
- *Trochammina hadai*
- *Virgulinitella fragilis*



- Ports de Calais & Dunkerque

Observations fortuites de foraminifères ENI

- *Trochammina hadai*
- *Virgulinitella fragilis*



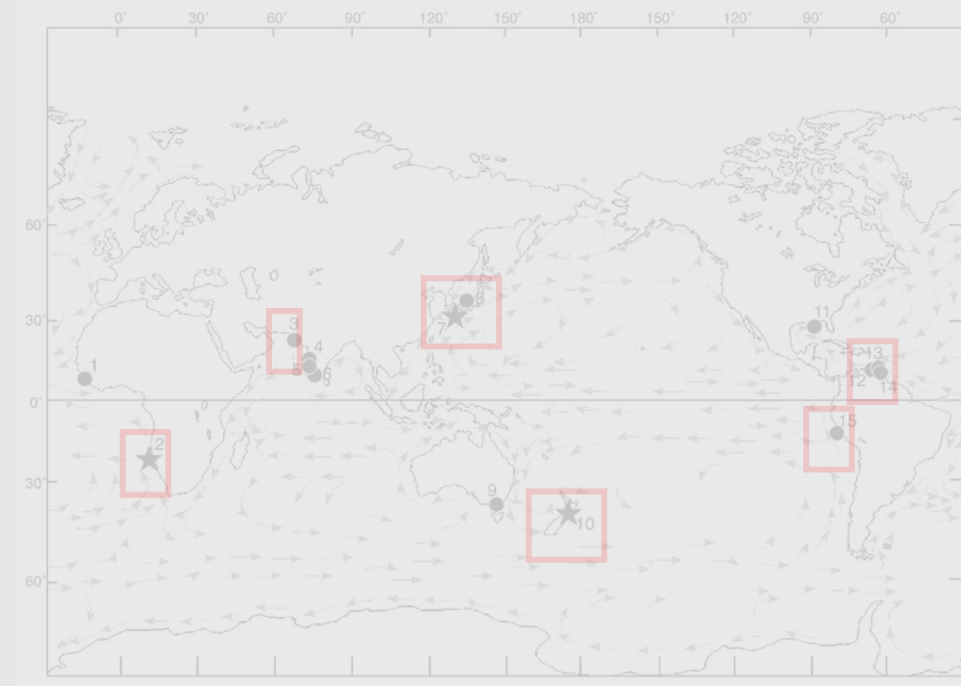
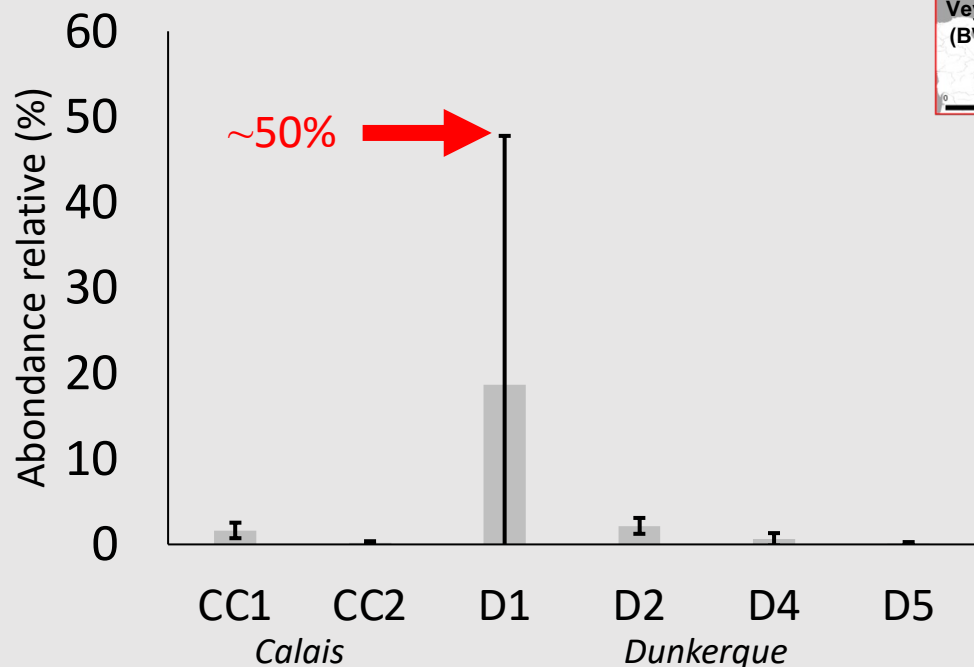
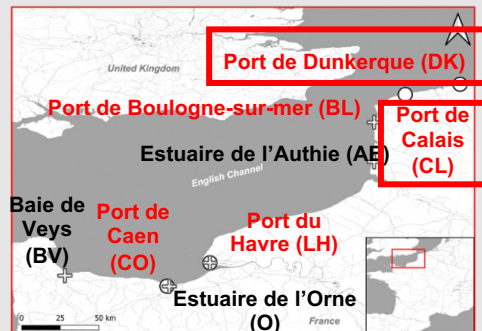
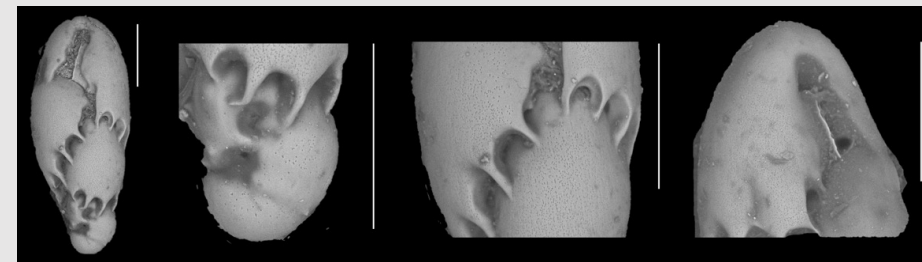
Tsuchiya et al. 2019

➤ Ports de Calais & Dunkerque

➤ Observée en Namibie, Pakistan, Japon, NZ, Pérou, Venezuela

Observations fortuites de foraminifères ENI

- *Trochammina hadai*
- *Virgulinitella fragilis*



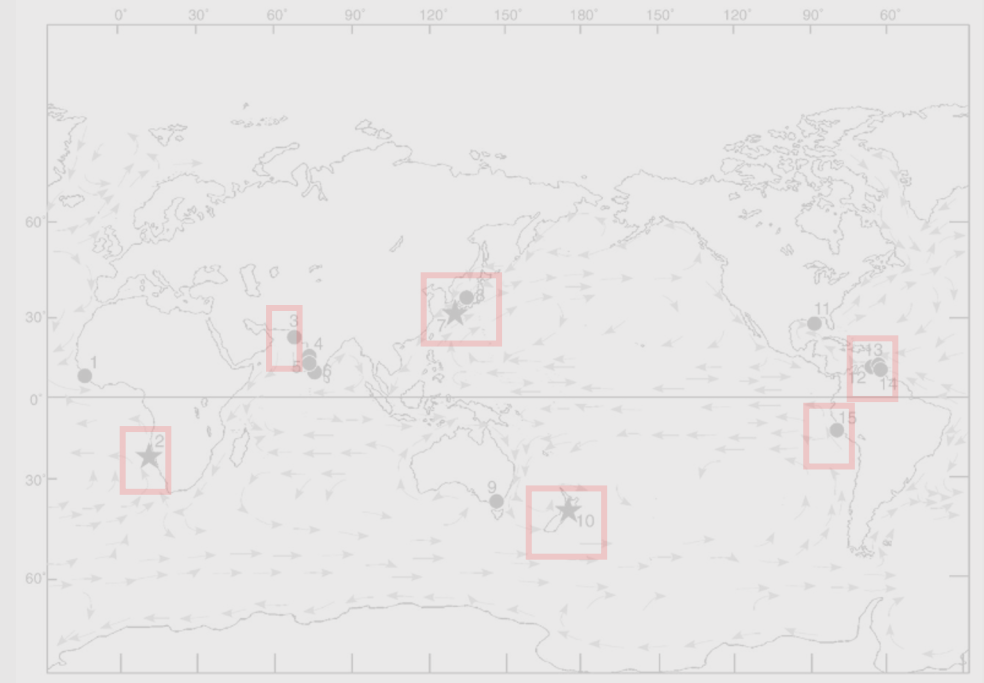
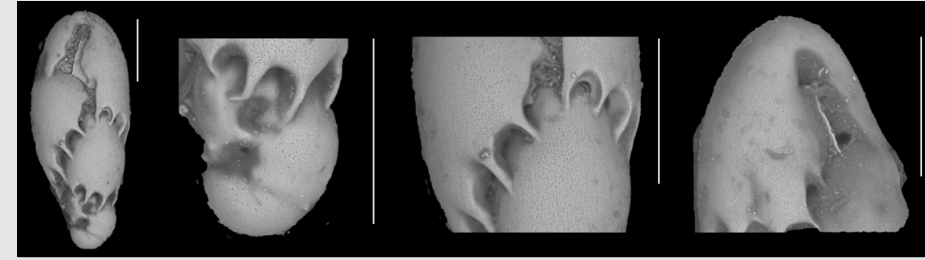
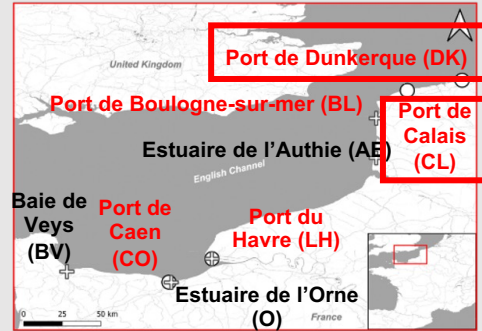
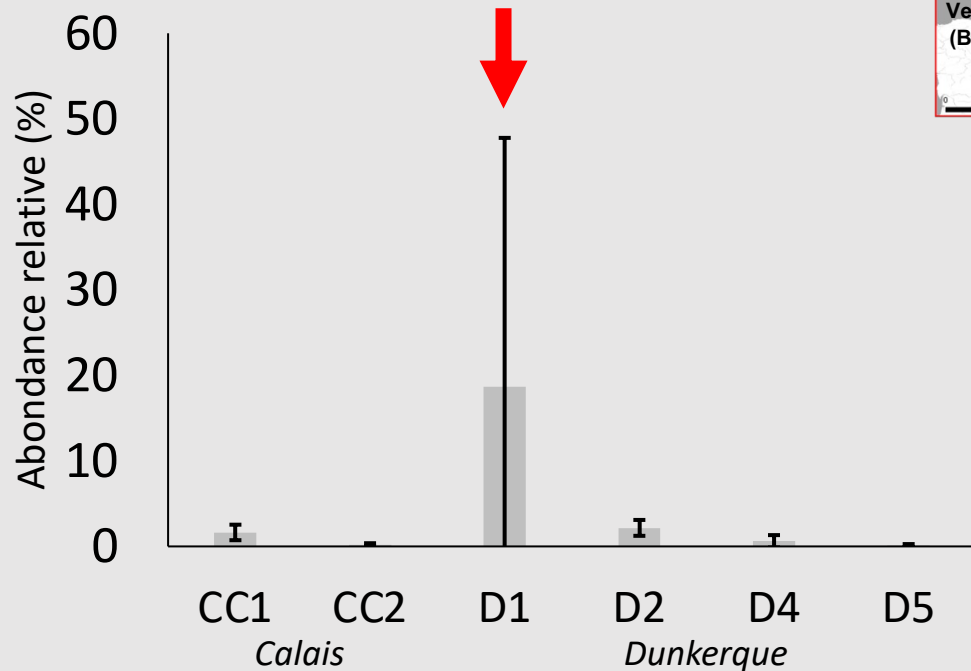
Tsuchiya et al. 2019

- Ports de Calais & Dunkerque

- Observée en Namibie, Pakistan, Japon, NZ, Pérou, Venezuela

Observations fortuites de foraminifères ENI

- *Trochammina hadai*
- *Virgulinitella fragilis*



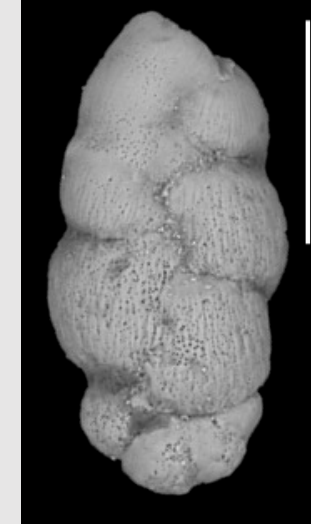
Tsuchiya et al. 2019

- Ports de Calais & Dunkerque
- **Etablie ? (IndVal, ns)**

- Observée en Namibie, Pakistan, Japon, NZ, Pérou, Venezuela

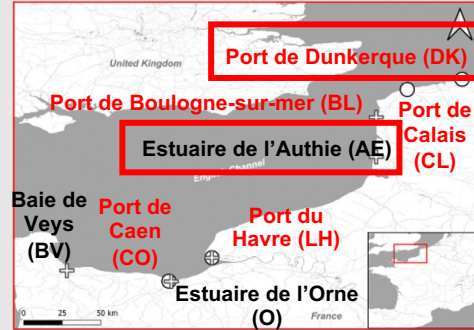
Observations fortuites de foraminifères ENI

- *Trochammina hadai*
- *Virgulinema fragilis*
- *Spirobolivina* sp.



Observations fortuites de foraminifères ENI

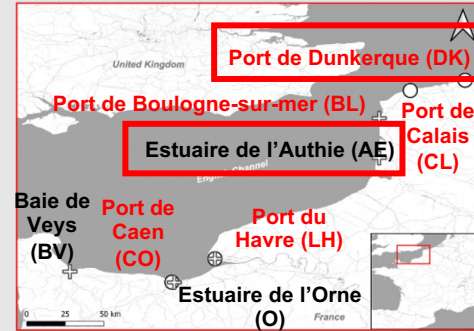
- *Trochammina hadai*
- *Virgulinema fragilis*
- *Spirobolivina* sp.



- Estuaire de l'Authie & port de Dunkerque (IndVal, $p < 0.05$)

Observations fortuites de foraminifères ENI

- *Trochammina hadai*
- *Virgulinella fragilis*
- *Spirobolivina* sp.



- Estuaire de l'Authie & port de Dunkerque (IndVal, $p < 0.05$)

Aire de distribution naturelle?

- Une observation du genre en Tunisie (Martins et al. 2017)

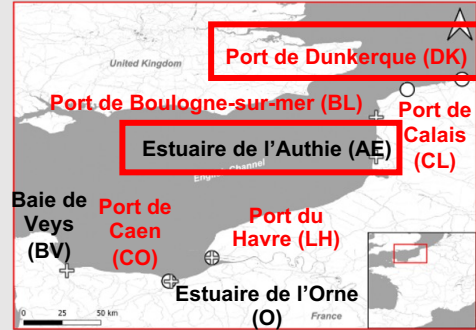
Journal of Foraminiferal Research, v. 47, no. 1, p. 93-100, January 2017

***SPIROBOLIVINA PAPILLOSA* AND *SPIROBOLIVINA RETORTA*, TWO NEW FORAMINIFERAL MORPHOSPECIES FROM THE BIZERTE LAGOON (TUNISIA)**

MARIA VIRGÍNIA ALVES MARTINS^{1,2}, NOUREDDINE ZAABOUB³, MONIA EL BOUR³, MICHAEL A. KAMINSKI⁴ AND FABRIZIO FRONTALINI^{5,*}

Observations fortuites de foraminifères ENI

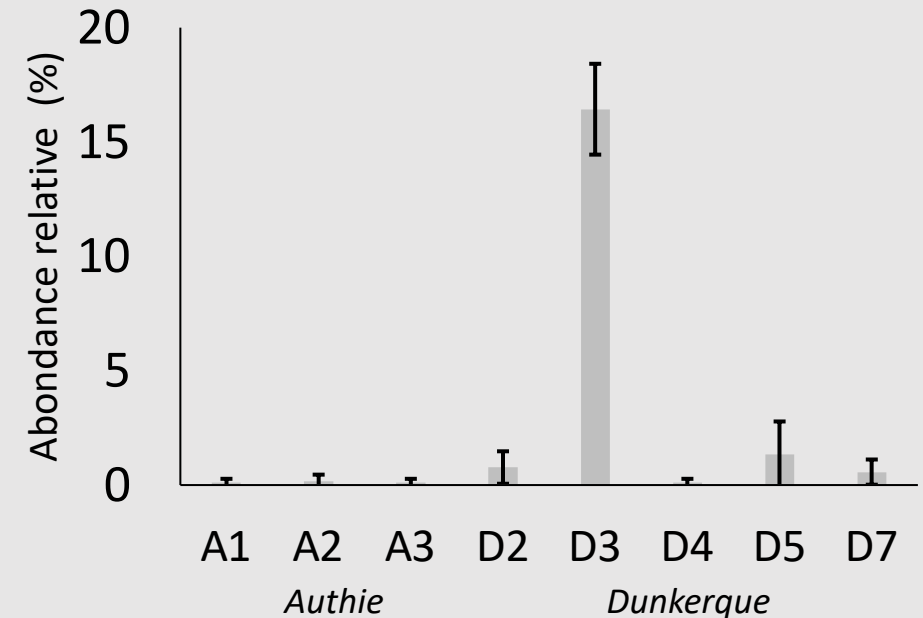
- *Trochammina hadai*
- *Virgulinema fragilis*
- *Spirobolivina* sp.



- Estuaire de l'Authie & port de Dunkerque (IndVal, $p < 0.05$)

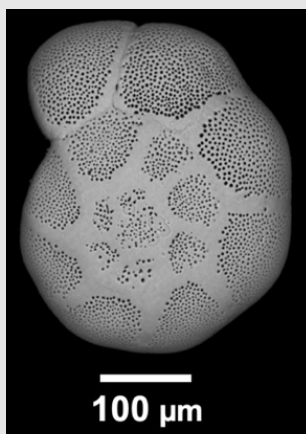
Aire de distribution naturelle?

- Une observation du genre en Tunisie (Martins et al. 2017)



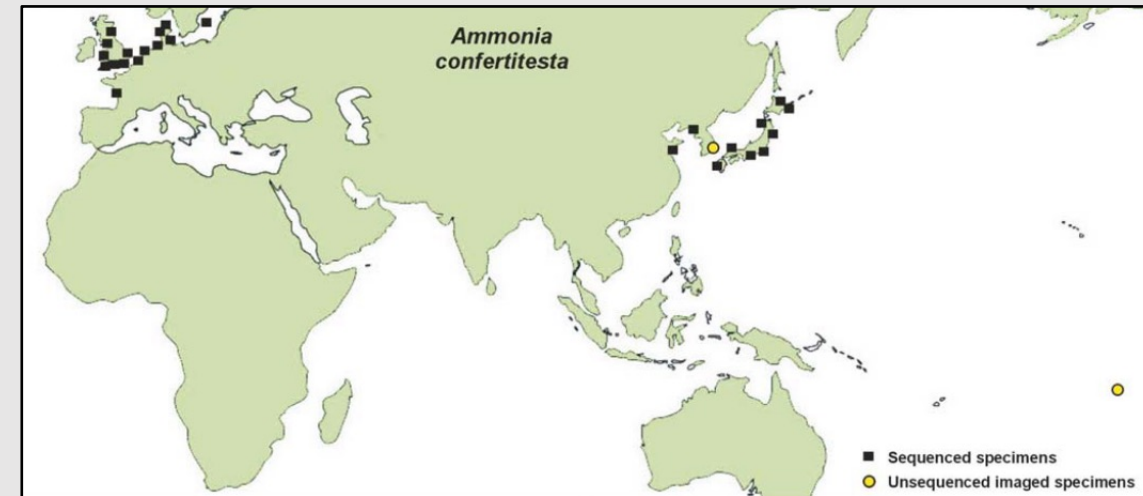
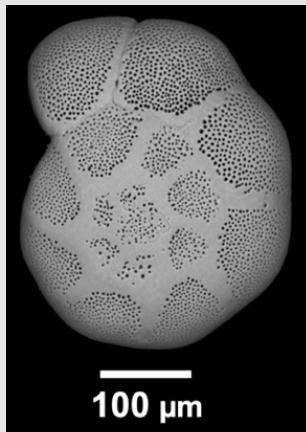
Observations fortuites de foraminifères ENI

- *Trochammina hadai*
- *Virgulinella fragilis*
- *Spirobolivina* sp.
- ***Ammonia confertitesta***



Observations fortuites de foraminifères ENI

- *Trochammina hadai*
- *Virgulinella fragilis*
- *Spirobolivina* sp.
- ***Ammonia confertitesta***



Hayward et al. 2021

Etablie comme une ENI

(Hayward et al. 2004, 2021, Schweizer et al. 2011)

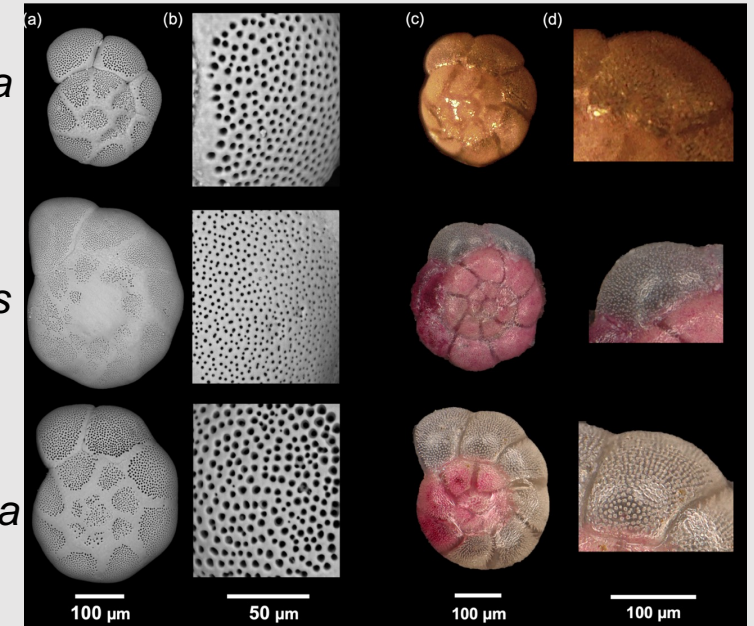
Observations fortuites de foraminifères ENI

- *Trochammina hadai*
- *Virgulinema fragilis*
- *Spirobolivina* sp.
- ***Ammonia confertitesta***

Ammonia veneta

Ammonia aberdoveyensis

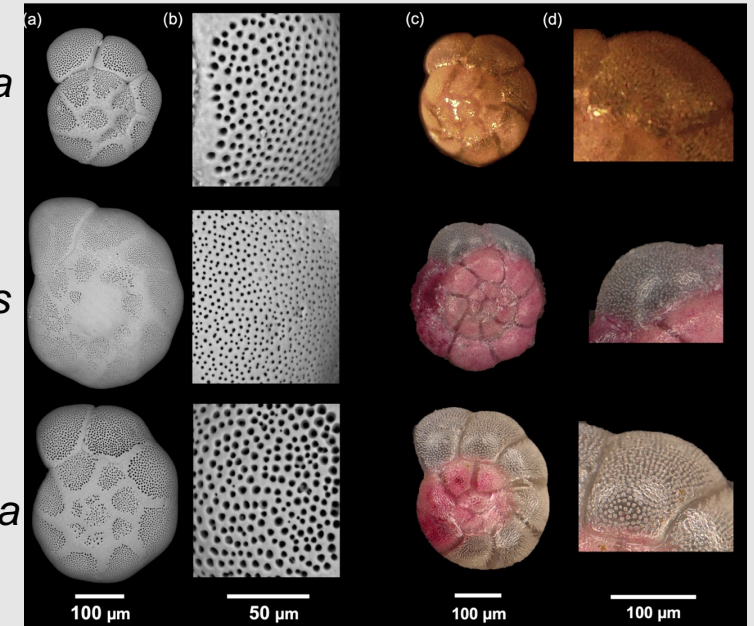
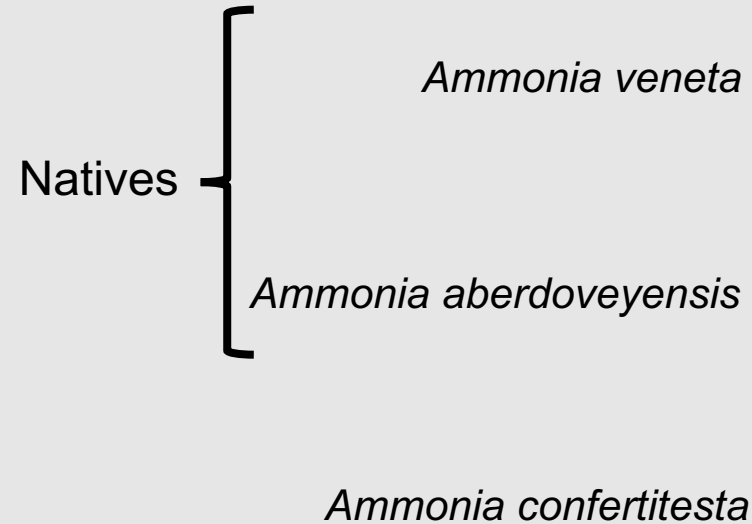
Ammonia confertitesta



Pavard et al. 2021

Observations fortuites de foraminifères ENI

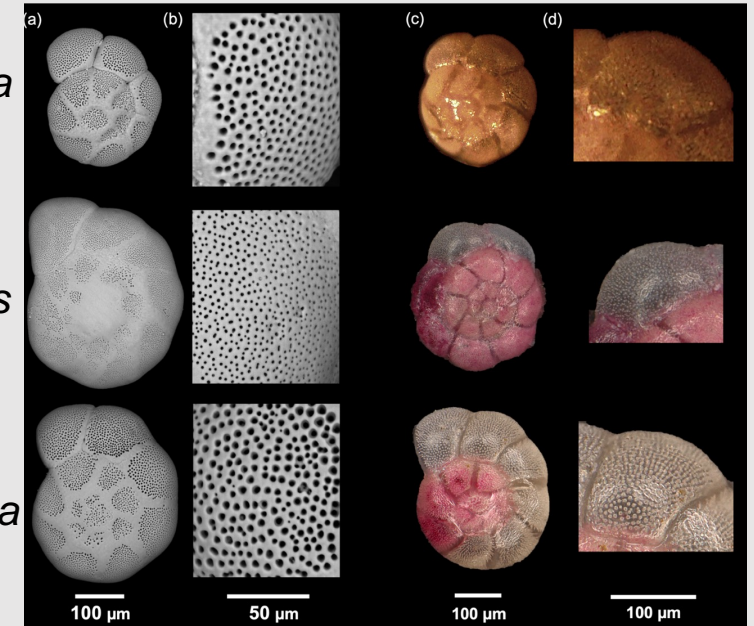
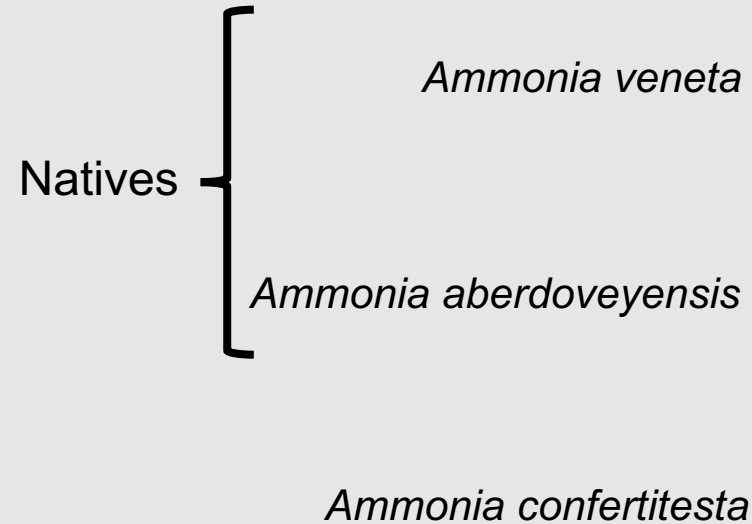
- *Trochammina hadai*
- *Virgulinella fragilis*
- *Spirobolivina* sp.
- ***Ammonia confertitesta***



Pavard et al. 2021

Observations fortuites de foraminifères ENI

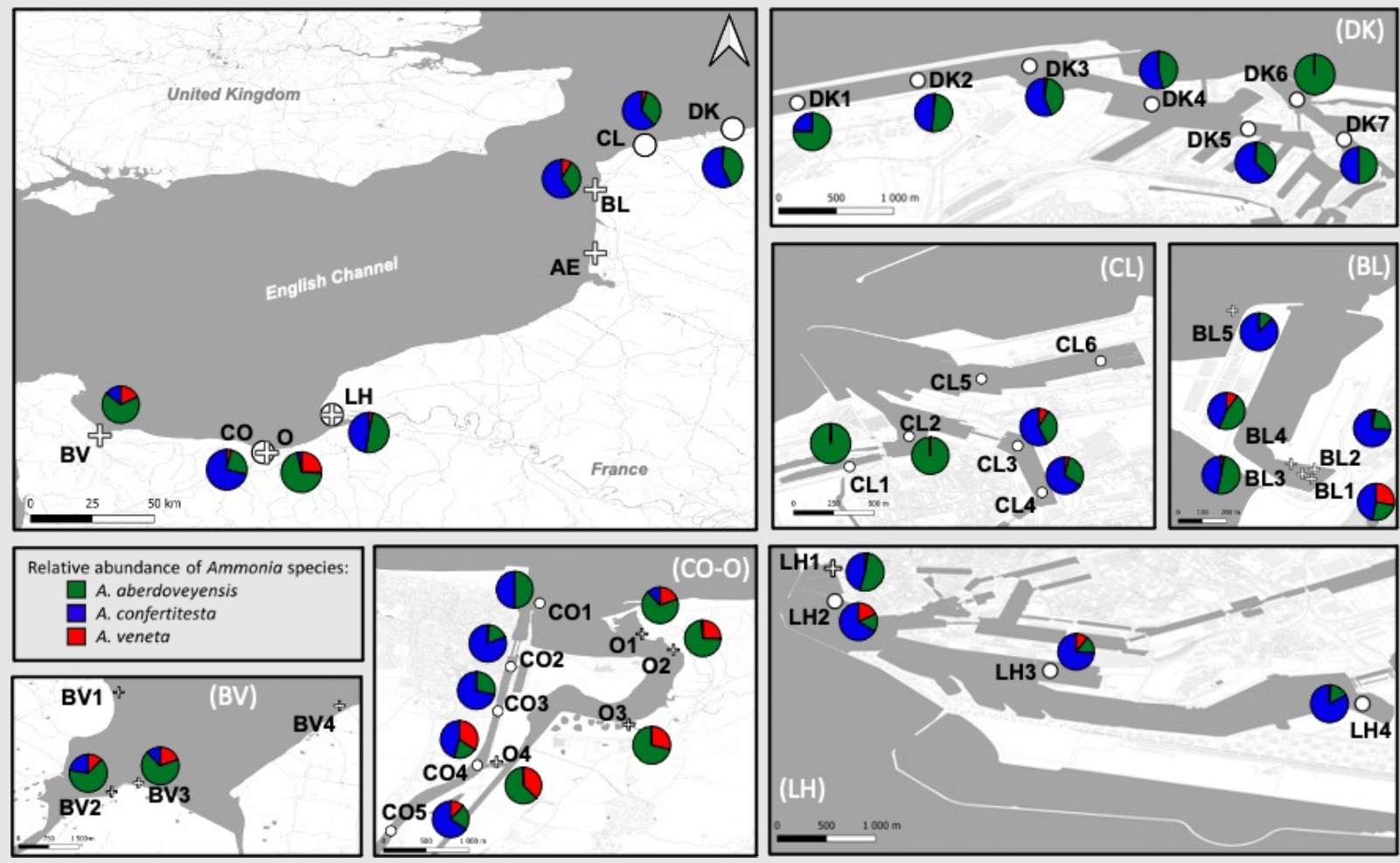
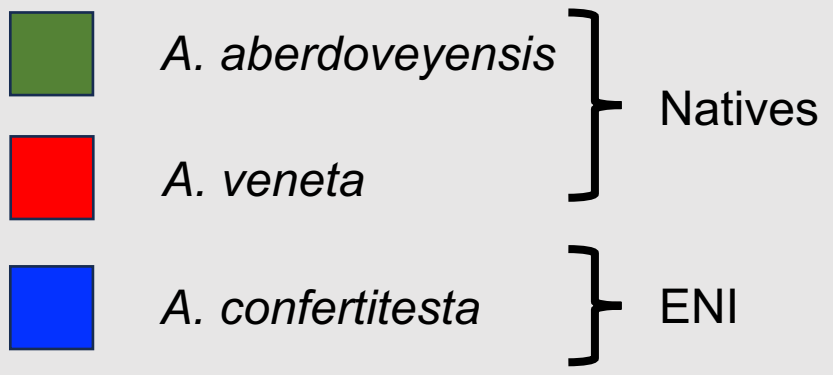
- *Trochammina hadai*
- *Virgulinema fragilis*
- *Spirobolivina* sp.
- ***Ammonia confertitesta***



Pavard et al. 2021

→ Aire de distribution d'*A. confertitesta* parmi *Ammonia* spp. d'Atlantique NE dans les sites étudiés ?

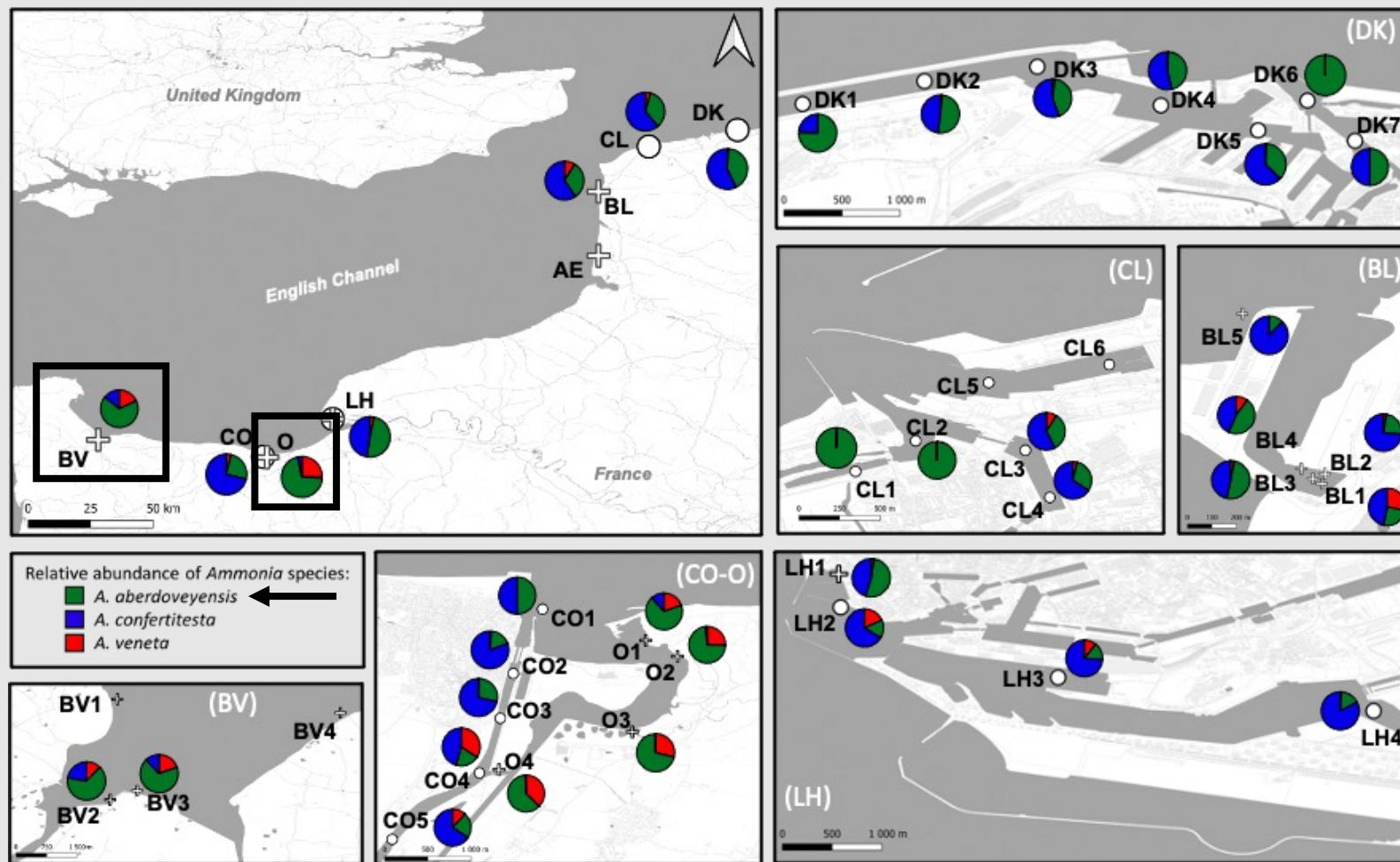
Distribution d'*A. confertitesta*



Pavard et al. 2023

Distribution d'*A. confertitesta*

A. aberdoveyensis : sites les moins impactés (BV, O)

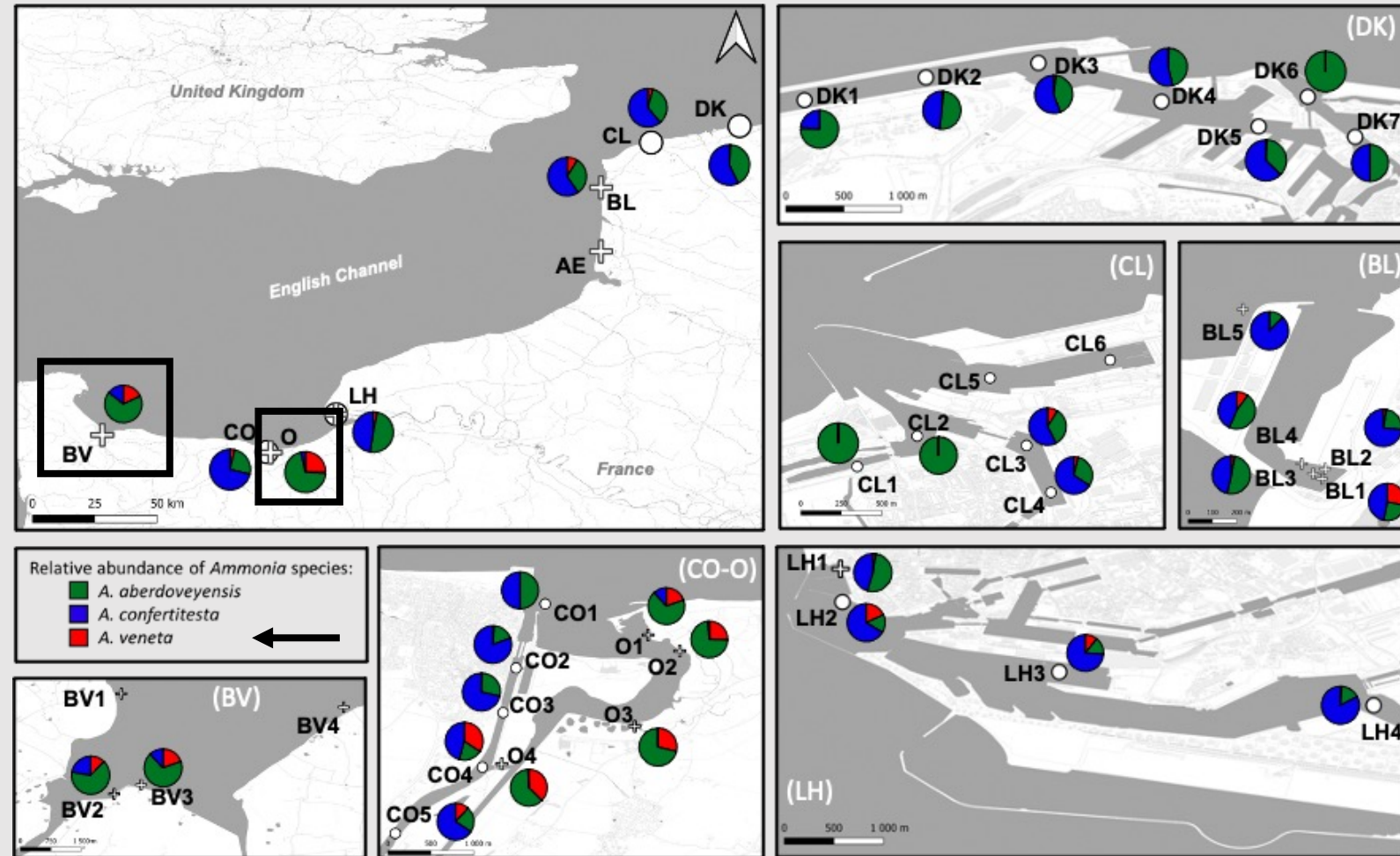


Pavard et al. 2023

Distribution d'*A. confertitesta*

A. aberdoveyensis : sites les moins impactés (BV, O)

A. veneta abondante dans les mêmes sites



Pavard et al. 2023

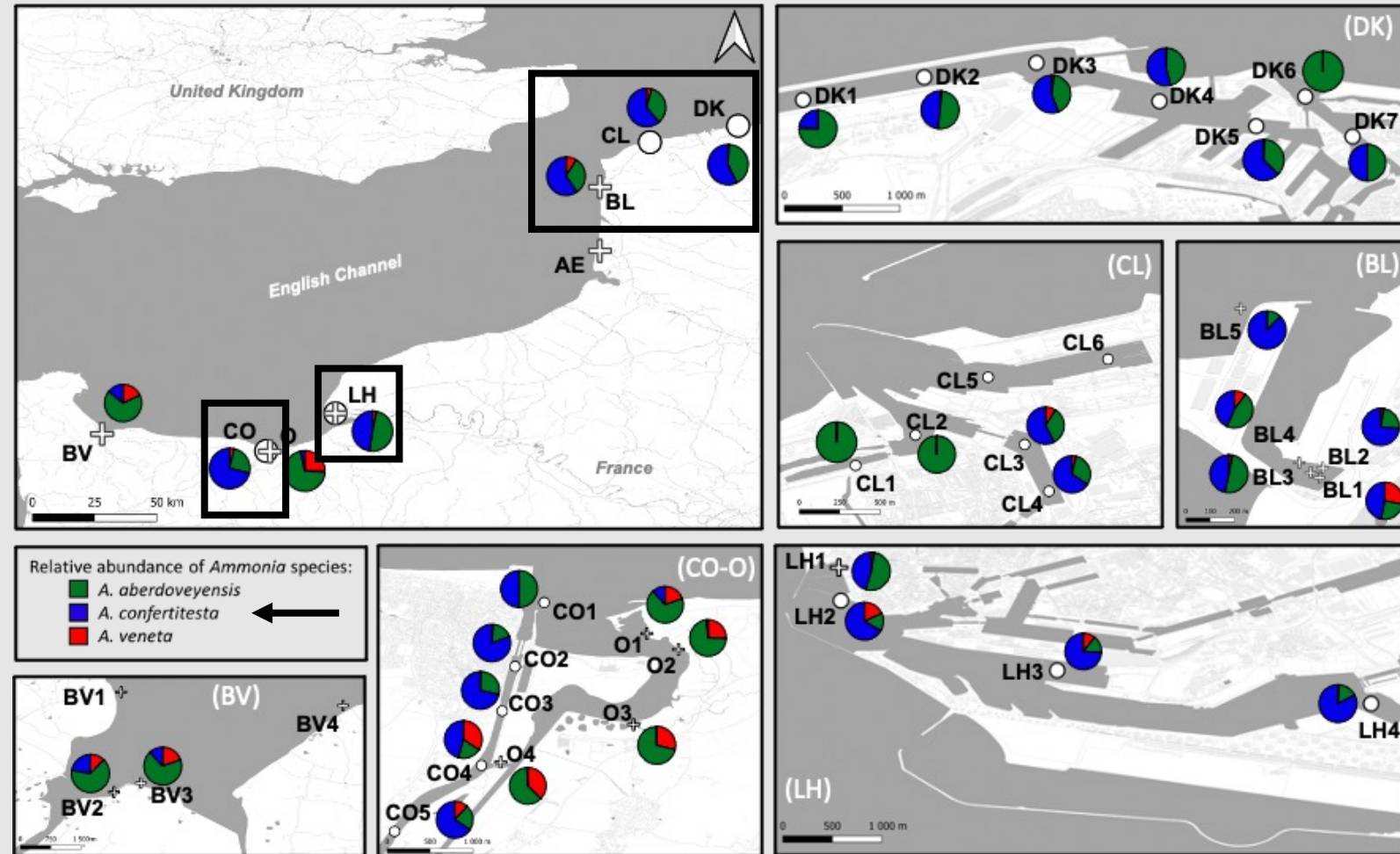
Distribution d'*A. confertitesta*

A. aberdoveyensis : sites les moins impactés (BV, O)

A. veneta abondante dans les mêmes sites

A. confertitesta a dominé les ports (DK, CL, BL, LH, CO)

➤ IndVal significatif pour *A. confertitesta*



Pavard et al. 2023

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Estuarine, Coastal and Shelf Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecs

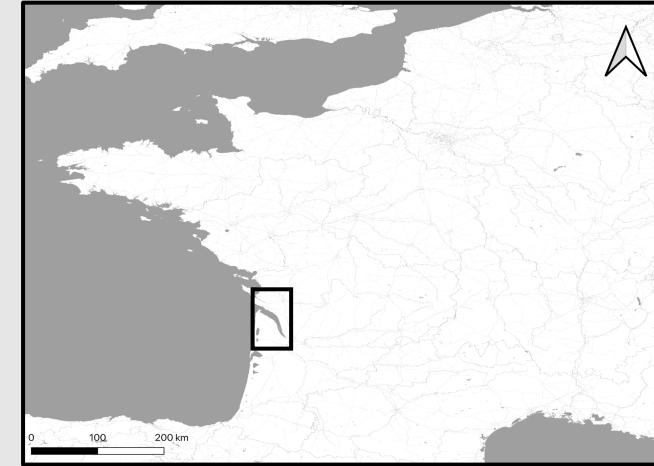
ELSEVIER

The great shift: The non-indigenous species *Ammonia confertitesta* (Foraminifera, Rhizaria) outcompetes indigenous *Ammonia* species in the Gironde estuary (France)

Jean-Charles Pavard^{a,*}, Julien Richirt^b, Laurent Seuront^{a,c,d}, Hugues Blanchet^e, Marie P.A. Fouet^{a,f}, Suzie Humbert^e, Benoit Gouillieux^e, Gwendoline Duong^a, Vincent M. P. Bouchet^a



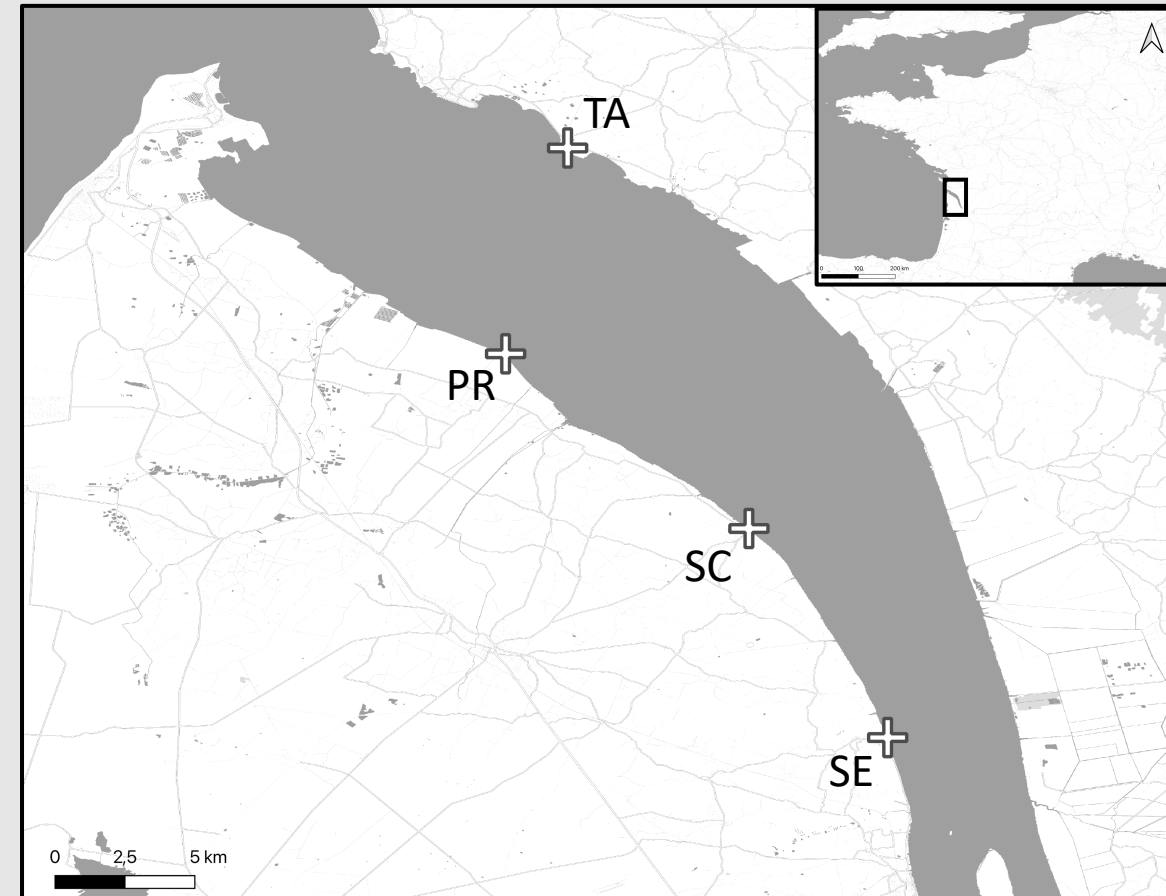
A. confertitesta dans l'estuaire de la Gironde



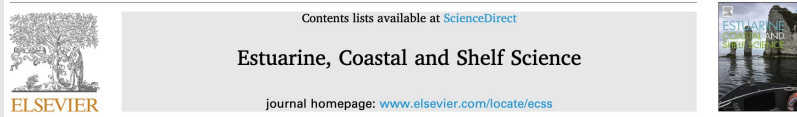


A. confertitesta dans l'estuaire de la Gironde

- 4 stations (étude mensuelle: Septembre 2018-Décembre 2019)



Pavard et al. 2023

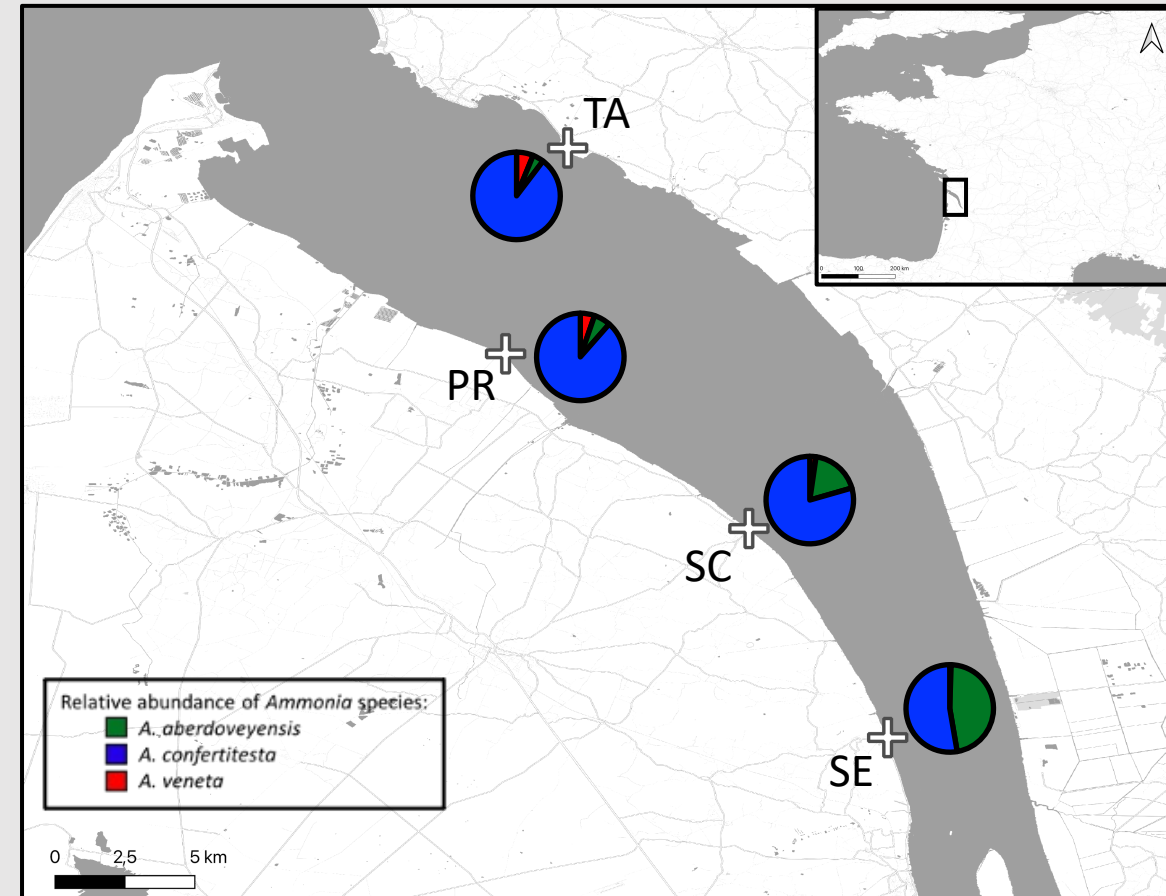


The great shift: The non-indigenous species *Ammonia confertitesta* (Foraminifera, Rhizaria) outcompetes indigenous *Ammonia* species in the Gironde estuary (France)

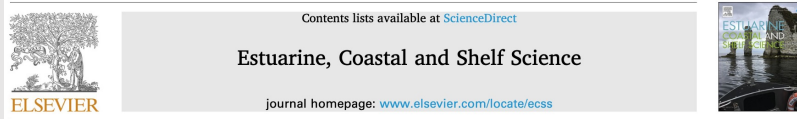
Jean-Charles Pavard^{a,*}, Julien Richirt^b, Laurent Seuront^{a,c,d}, Hugues Blanchet^e, Marie P.A. Fouet^{a,f}, Suzie Humbert^e, Benoit Gouillieux^e, Gwendoline Duong^a, Vincent M. P. Bouchet^a

- 4 stations (étude mensuelle: Septembre 2018-Décembre 2019)
- Dominance d'*A. confertitesta*

A. confertitesta dans l'estuaire de la Gironde



Pavard et al. 2023

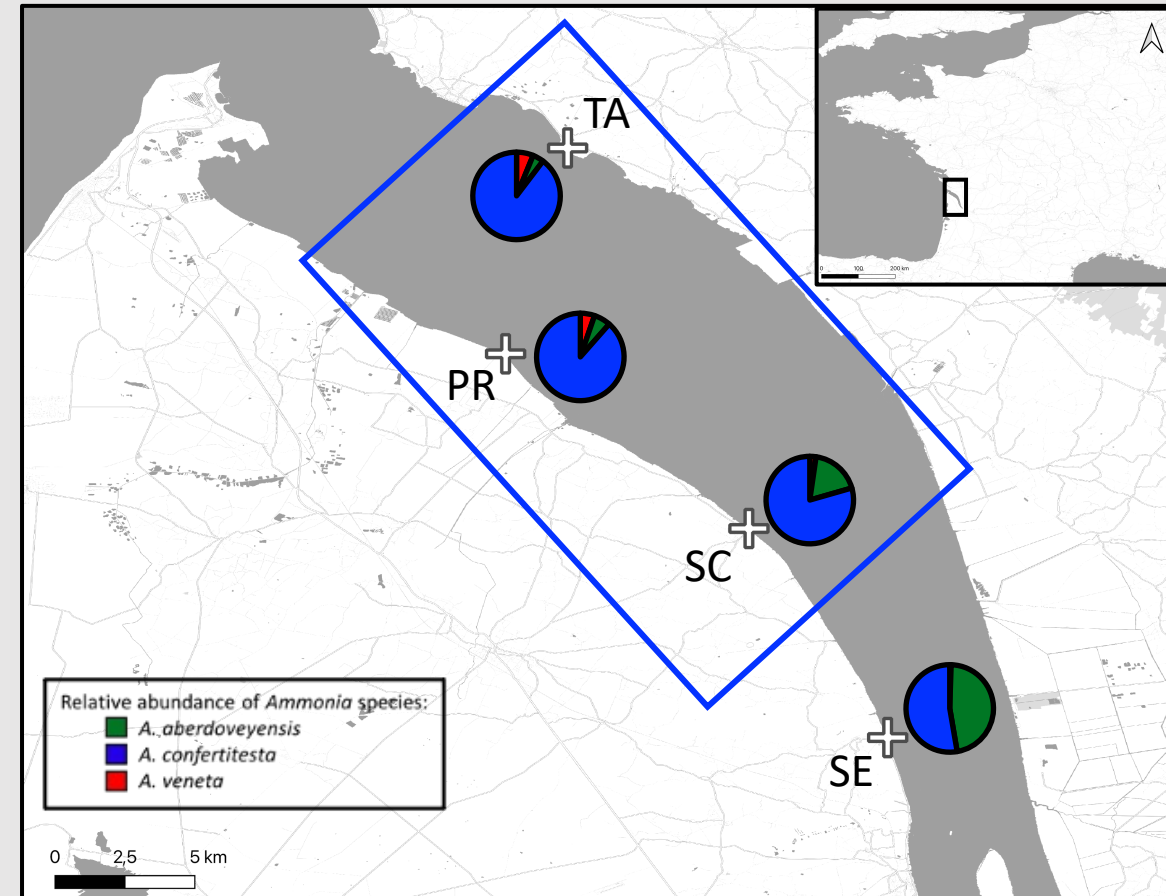


The great shift: The non-indigenous species *Ammonia confertitesta* (Foraminifera, Rhizaria) outcompetes indigenous *Ammonia* species in the Gironde estuary (France)

Jean-Charles Pavard^{a,*}, Julien Richirt^b, Laurent Seuront^{a,c,d}, Hugues Blanchet^e, Marie P.A. Fouet^{a,f}, Suzie Humbert^e, Benoit Gouillieux^e, Gwendoline Duong^a, Vincent M. P. Bouchet^a

- 4 stations (étude mensuelle: Septembre 2018-Décembre 2019)
- Dominance d'*A. confertitesta*
 - Similaire à d'autres estuaires européens (Francescangeli et al. 2020, Richirt et al. 2021)

A. confertitesta dans l'estuaire de la Gironde



Pavard et al. 2023



The great shift: The non-indigenous species *Ammonia confertitesta* (Foraminifera, Rhizaria) outcompetes indigenous *Ammonia* species in the Gironde estuary (France)

Jean-Charles Pavard^{a,*}, Julien Richirt^b, Laurent Seuront^{a,c,d}, Hugues Blanchet^e, Marie P.A. Fouet^{a,f}, Suzie Humbert^e, Benoit Gouillieux^e, Gwendoline Duong^a, Vincent M. P. Bouchet^a

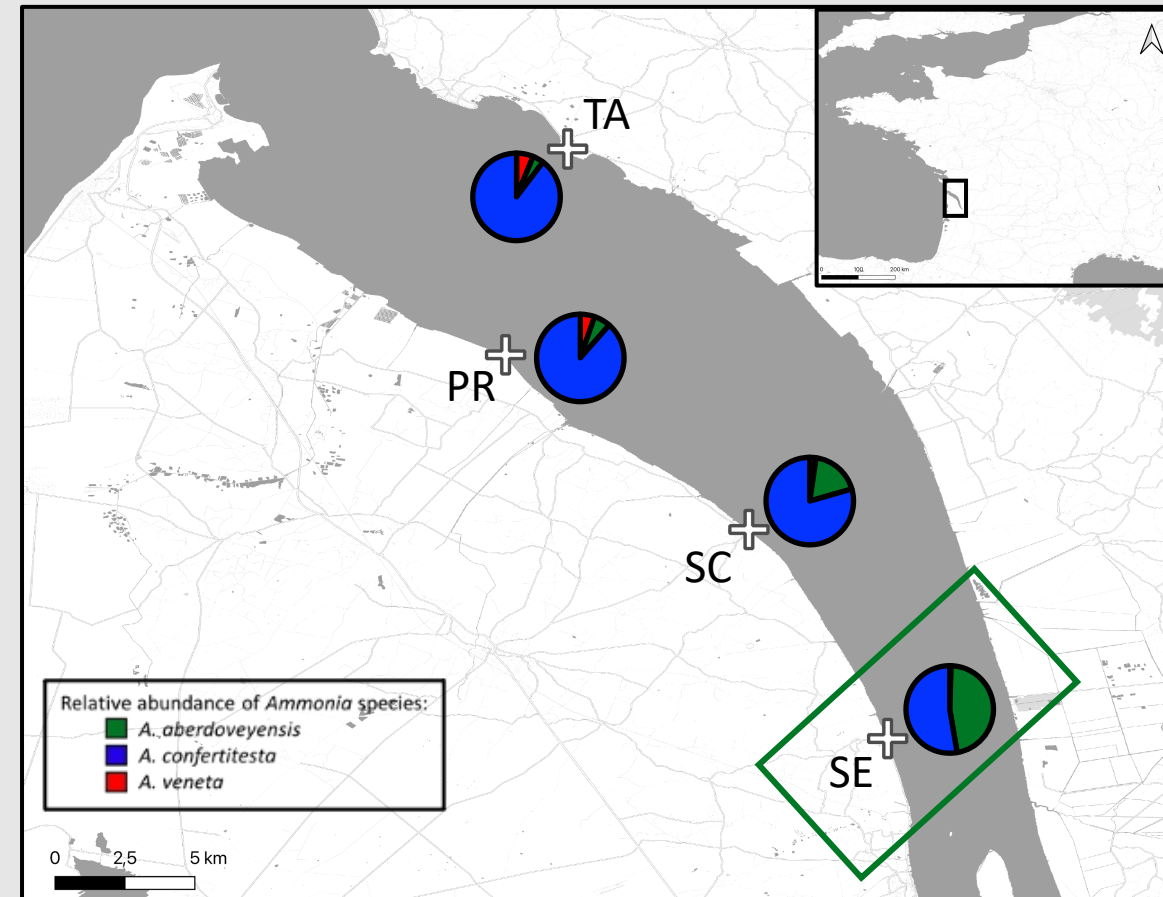
➤ 4 stations (étude mensuelle: Septembre 2018-Décembre 2019)

➤ Dominance d'*A. confertitesta*

➤ Similaire à d'autres estuaires européens (Francescangeli et al. 2020, Richirt et al. 2021)

➤ Refuge en amont pour *A. aberdoveyensis*? (Richirt et al. 2021)

A. confertitesta dans l'estuaire de la Gironde

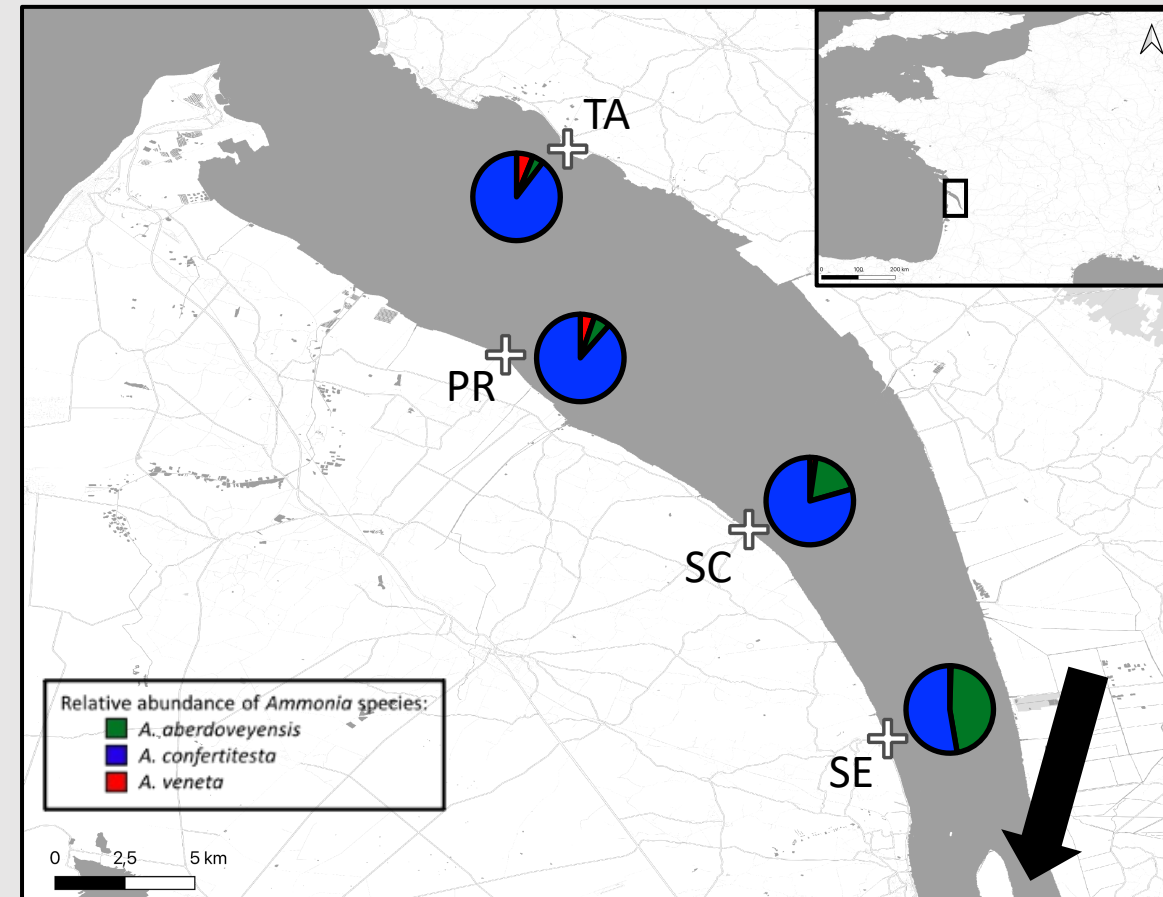


Pavard et al. 2023



A. confertitesta dans l'estuaire de la Gironde

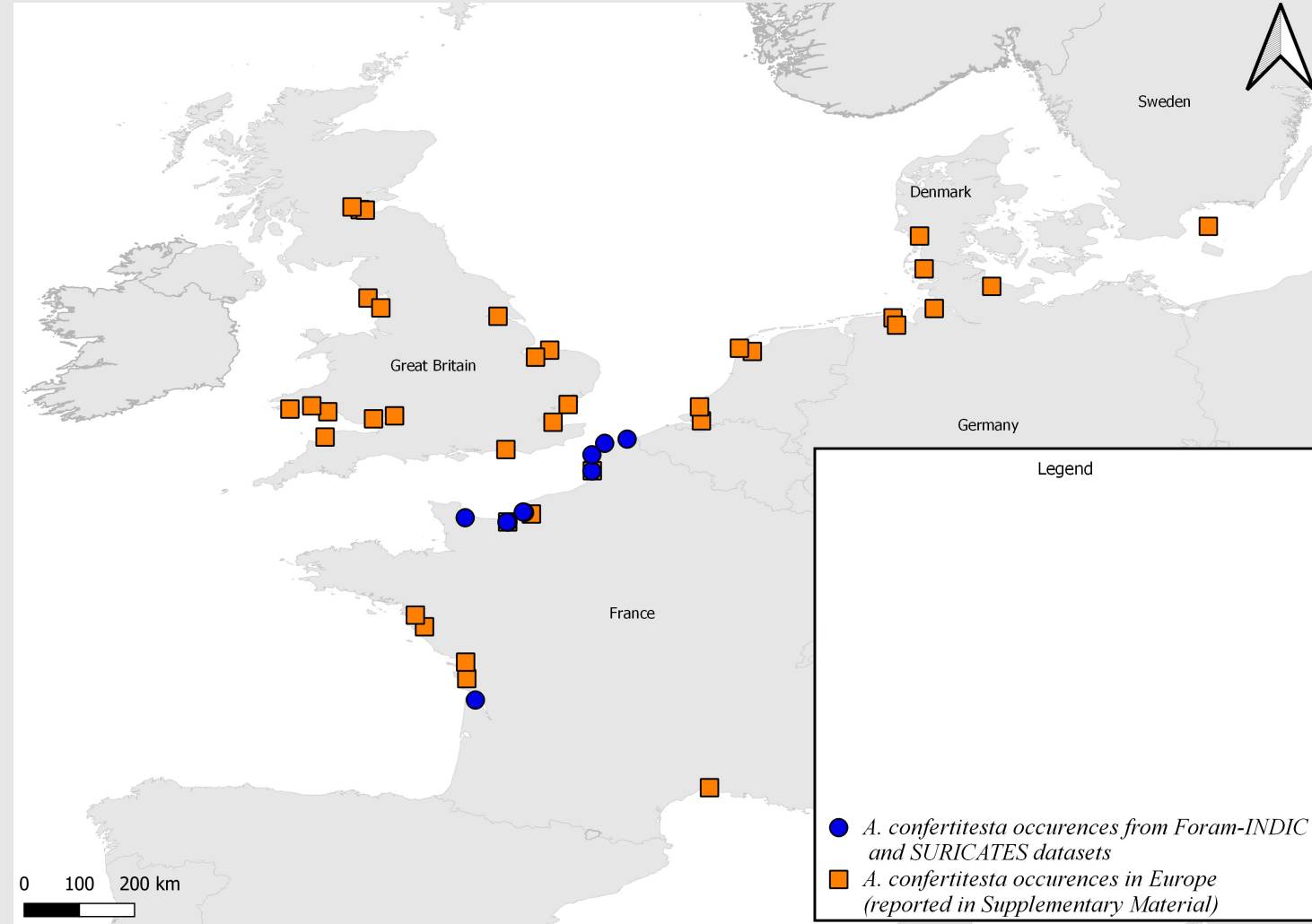
- 4 stations (étude mensuelle: Septembre 2018-Décembre 2019)
- Dominance d'*A. confertitesta*
 - Similaire à d'autres estuaires européens (Francescangeli et al. 2020, Richirt et al. 2021)
 - Refuge en amont pour *A. aberdoveyensis*? (Richirt et al. 2021)
- Port de Bordeaux



Pavard et al. 2023

Occurrences européennes d'*A. confertitesta*

Occurrences de la littérature (de la revue d'Hayward et al. 2021)



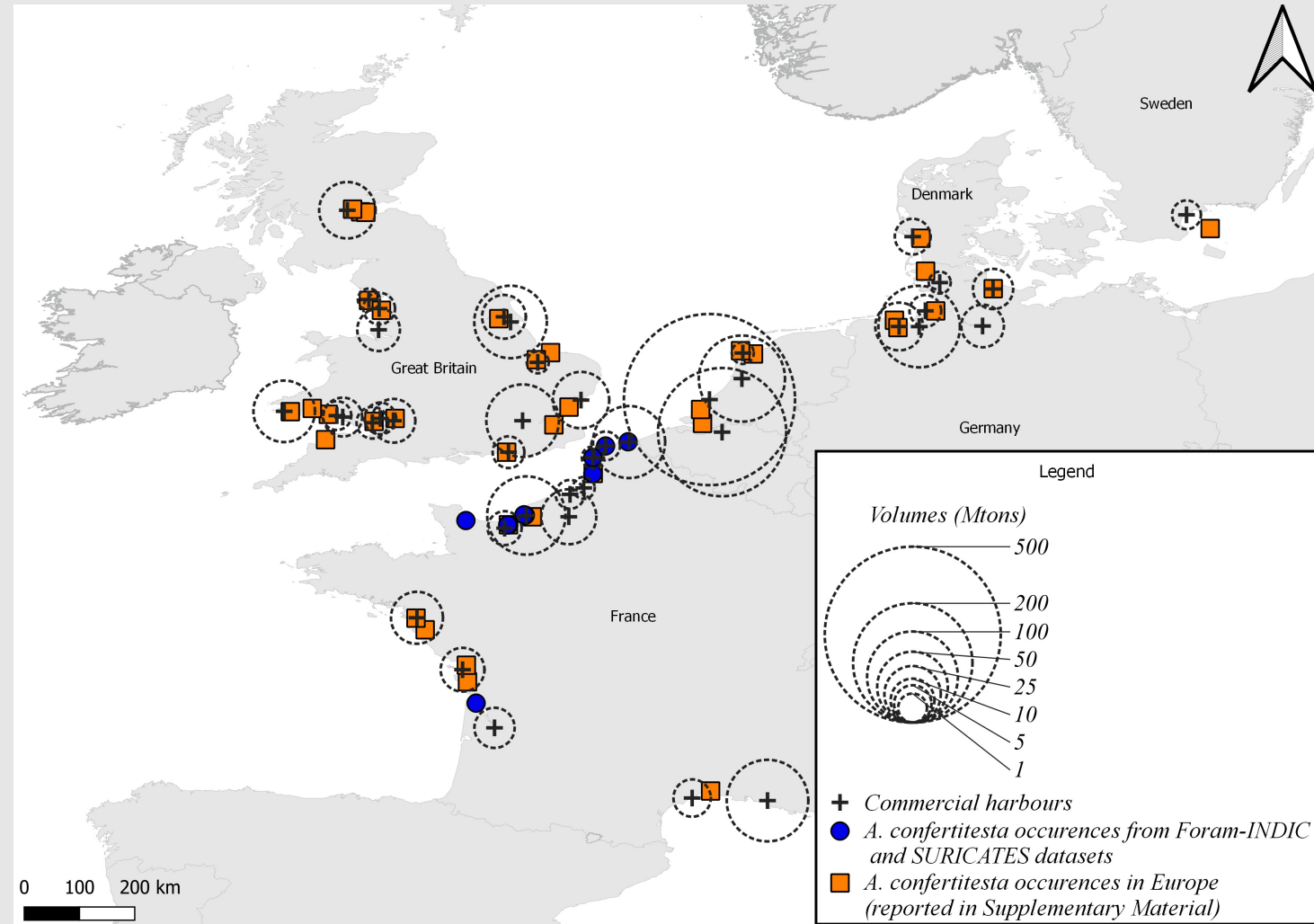
Pavard et al. 2023

Occurrences européennes d'*A. confertitesta*

Occurrences de la littérature
(de la revue d'Hayward et al. 2021)

Même schéma en Europe

➤ Liés aux ports commerciaux



Pavard et al. 2023

Occurrences européennes d'*A. confertitesta*

Occurrences de la littérature

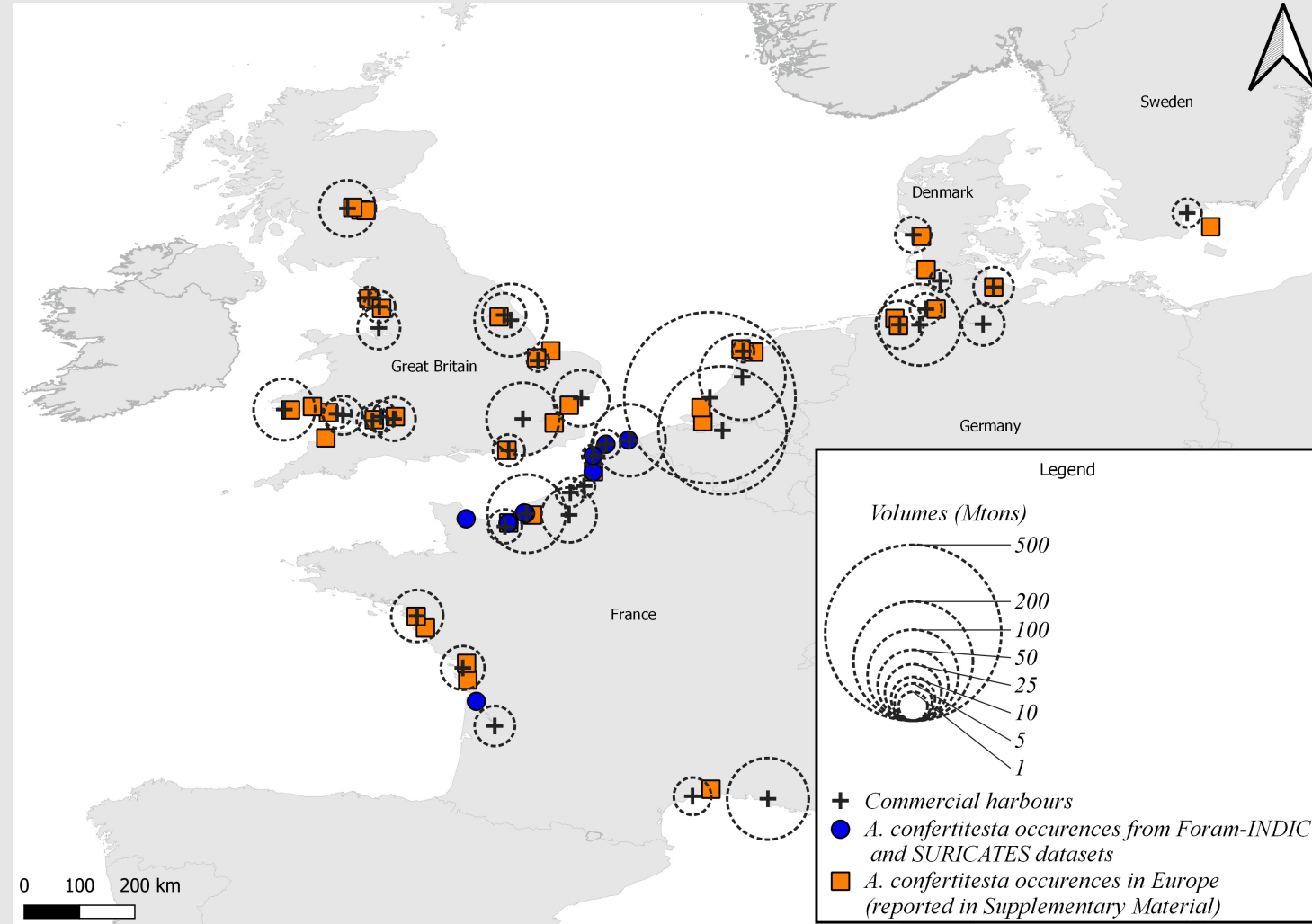
(de la revue d'Hayward et al. 2021)

Même schéma en Europe

➤ Liés aux ports commerciaux

Quelques occurrences un peu éloignées des ports

➤ Invasion secondaire ? (Costello et al. 2022)

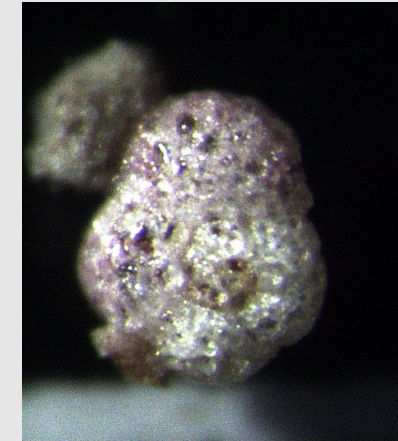


Pavard et al. 2023

A retenir

A retenir

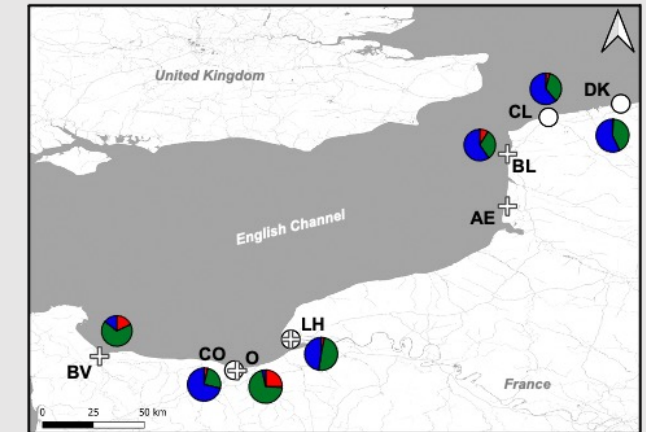
Plusieurs ENI observées (jusqu'à 20-50% des assemblages)



A retenir

Plusieurs ENI observées (jusqu'à 20-50% des assemblages)

Port principal habitat des foraminifères
ENI : eaux de ballast ?

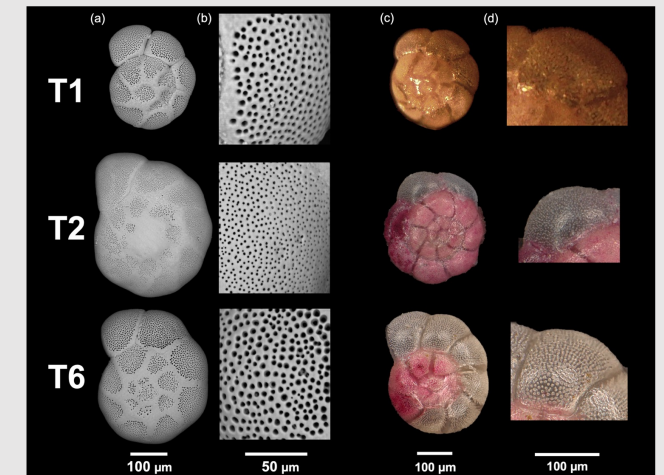


A retenir

Plusieurs ENI observées (jusqu'à 20-50% des assemblages)

Port principal habitat des foraminifères
ENI : eaux de ballast ?

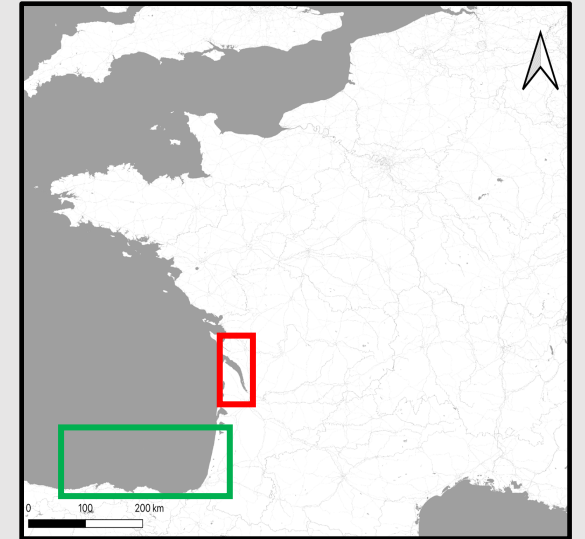
Besoin urgent d'identifier & de traquer
foraminifères ENI (e.g. *Ammonia*)



Perspectives : Distribution d'*A. confertitesta*

Gironde : observation la plus méridionale

- Augmentation de l'effort d'échantillonnage plus au sud
- Echantillonnage dans le Golfe de Gascogne



Perspectives : Distribution d'*A. confertitesta*

Gironde : observation la plus méridionale

- Augmentation de l'effort d'échantillonnage plus au sud
- Echantillonnage dans le Golfe de Gascogne

Lien entre cette espèce et ports commerciaux prouvé?

- Augmentation de l'effort d'échantillonnage en Atlantique NE (projet OFB : port de Boulogne-sur-mer)

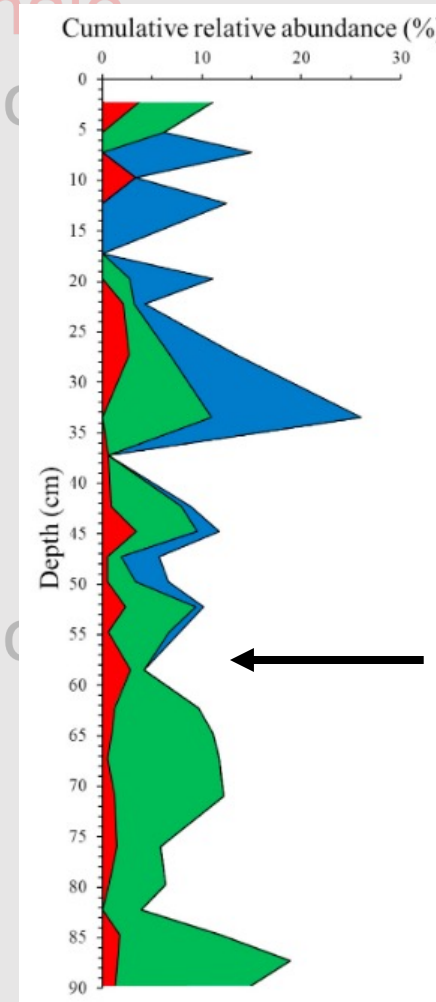
Perspectives : Distribution d'*A. confertitesta*

Gironde : observation la plus méridionale

- Augmentation de l'effort d'échantillonnage plus au sud
- Echantillonnage dans le Golfe de Gascogne

Lien entre cette espèce et ports commerciaux prouvés?

- Augmentation de l'effort d'échantillonnage en Atlantique NE
- Carotte longue? (e.g. Richirt et al. 2022)



Perspectives : Distribution d'*A. confertitesta*

Gironde : observation la plus méridionale

- Augmentation de l'effort d'échantillonnage plus au sud
- Echantillonnage dans le Golfe de Gascogne

Lien entre cette espèce et ports commerciaux prouvés?

- Augmentation de l'effort d'échantillonnage en Atlantique NE
- Carotte longue? (e.g. Richirt et al. 2022)
- Et l'Asie ?

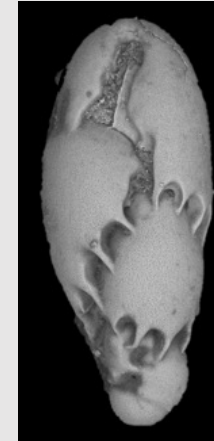


Toyofuku et al. 2005

Plus d'information quantitative et indice ?

2e saison échantillonnée (Printemps 2020/2021)

- Information sur établissement des espèces (e.g. *Virgulina fragilis*)



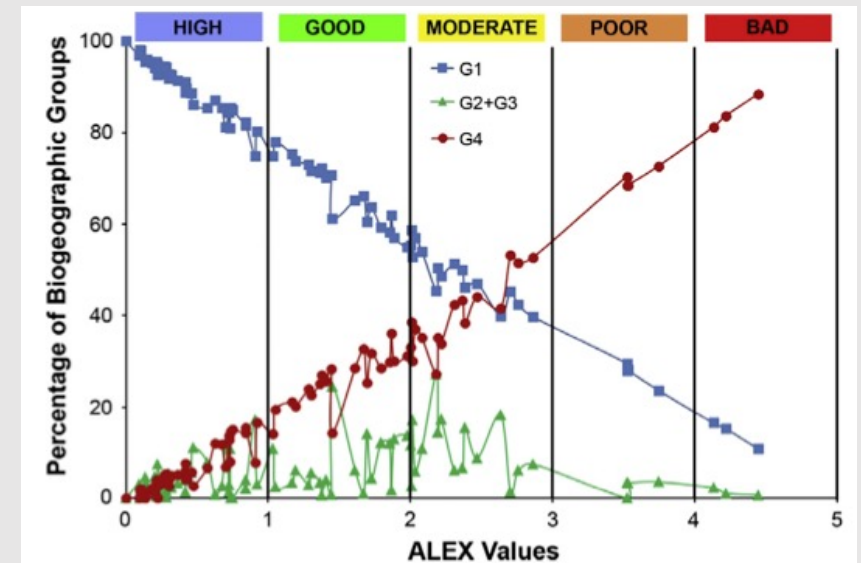
Plus d'information quantitative et indice ?

2e saison échantillonnée (Printemps 2020/2021)

- Information sur établissement des espèces (e.g. *Virgulina fragilis*)

Etablissement de statuts de qualité écologique (EcoQS) à travers un indice

- Fossilisation des foraminifères = définition de conditions de référence
- Indice ALEX (Çinar and Bakir 2014) adapté aux foraminifères ?



Merci !



Remerciements :
Vincent Bouchet and all co-authors
Agences de l'Eau Artois-Picardie &
Seine-Normandie



Cherche un postdoc!

jcharles.pavard@gmail.com

Jean-Charles Pavard, PhD

