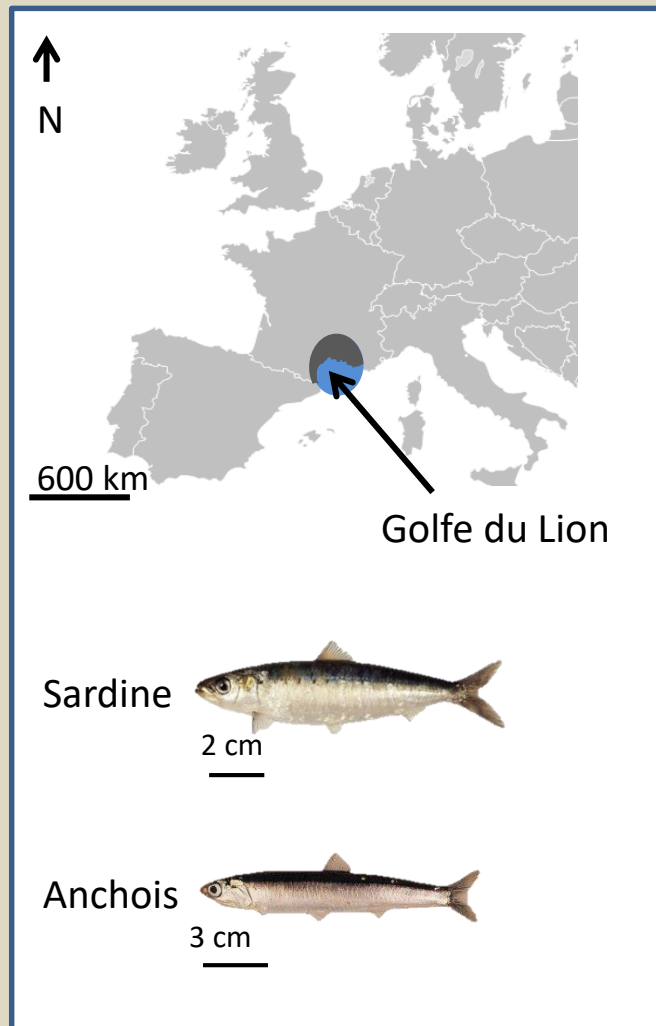
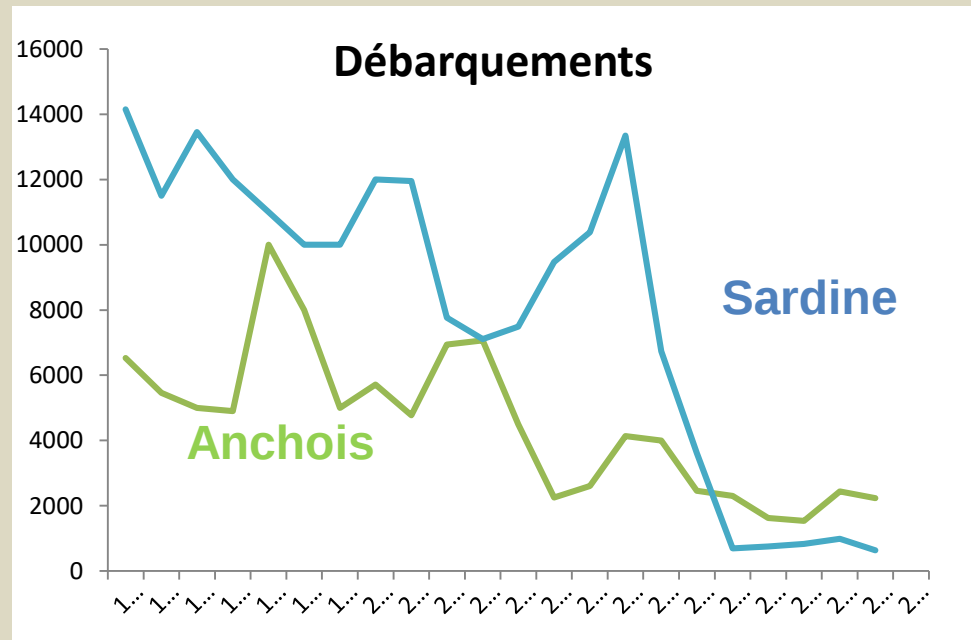


Restitution du projet Monalisa

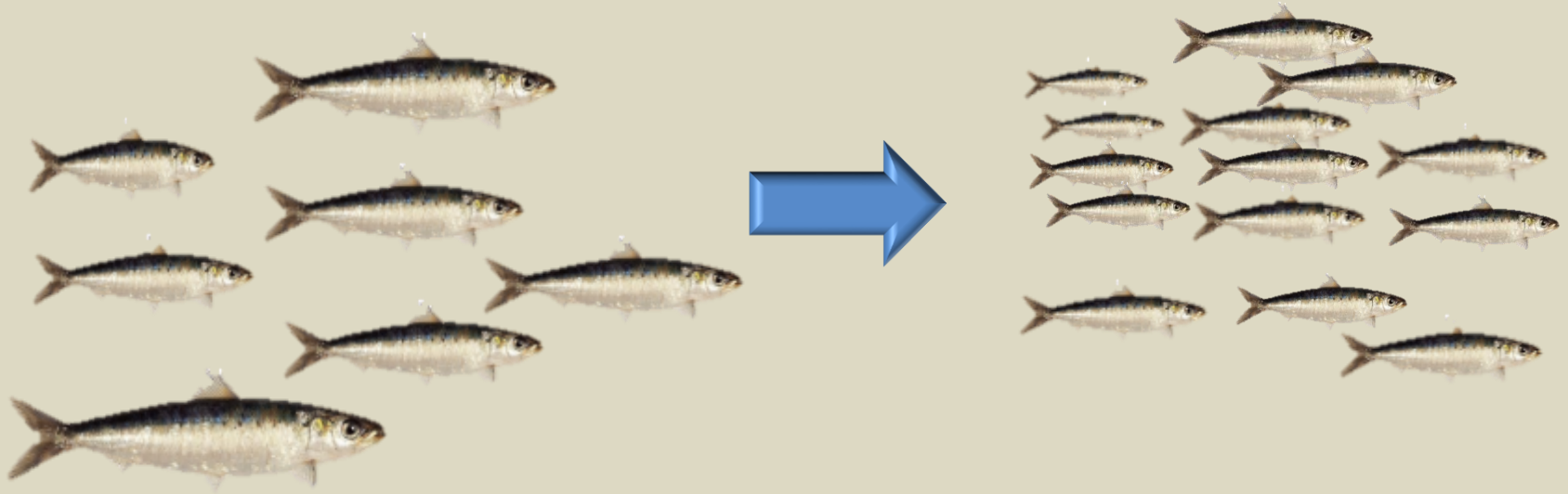




Forte chute des captures



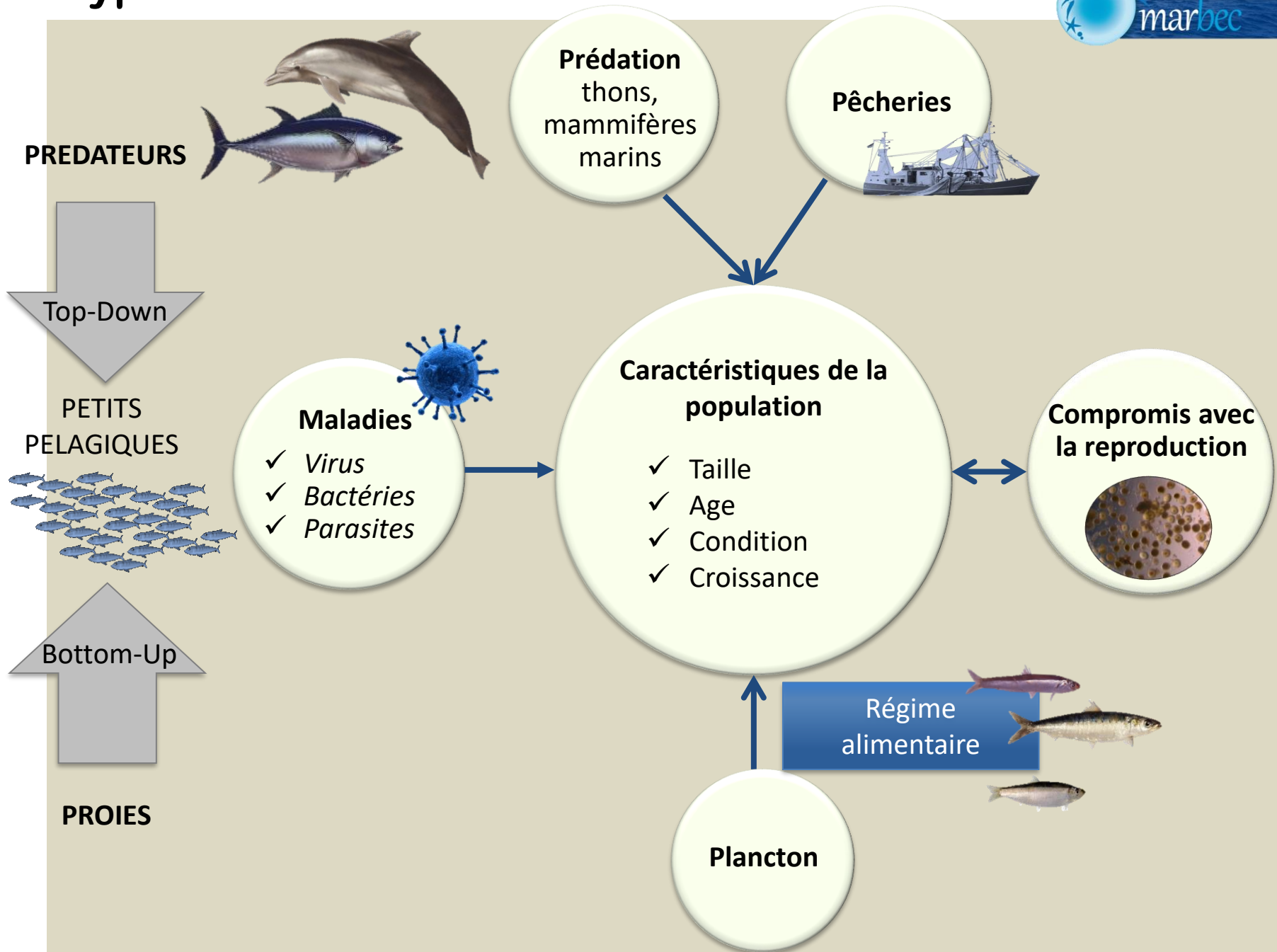
Changements démographiques



- Plus nombreux
- Plus petits (faible croissance & disparition des individus les plus âgés pour la sardine)
- Plus maigres, surtout chez les plus âgés

Comment expliquer la disparition des adultes ???

Hypothèses testées



Publication scientifique de synthèse / état des lieux en 2019

Deep-Sea Research Part II 159 (2019) 52–61



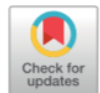
Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Deep-Sea Research Part II

journal homepage: www.elsevier.com/locate/dsr2



Small pelagic fish dynamics: A review of mechanisms in the Gulf of Lions



Claire Saraux^{a,*}, Elisabeth Van Beveren^{a,b}, Pablo Brosset^{a,b}, Quentin Queiros^a,
Jean-Hervé Bourdeix^a, Gilbert Dutto^c, Eric Gasset^a, Cyrielle Jac^a, Sylvain Bonhommeau^{a,d},
Jean-Marc Fromentin^a

^a MARBEC, Univ Montpellier, CNRS, Ifremer, IRD, Sète, France

^b Fisheries and Oceans Canada, Institut Maurice-Lamontagne, 850 route de la mer, Mont-Joli, Canada QC G5H 3Z4

^c IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER), chemin de Maguelone, 34250 Palavas-les-Flots, France

^d IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER) Délégation de l'Océan Indien, Rue Jean Bertho, BP60, 97822 Le Port CEDEX, France

Publication grand public

les dossiers d'AGROPOLIS INTERNATIONAL

Compétences de la communauté scientifique
en région Occitanie

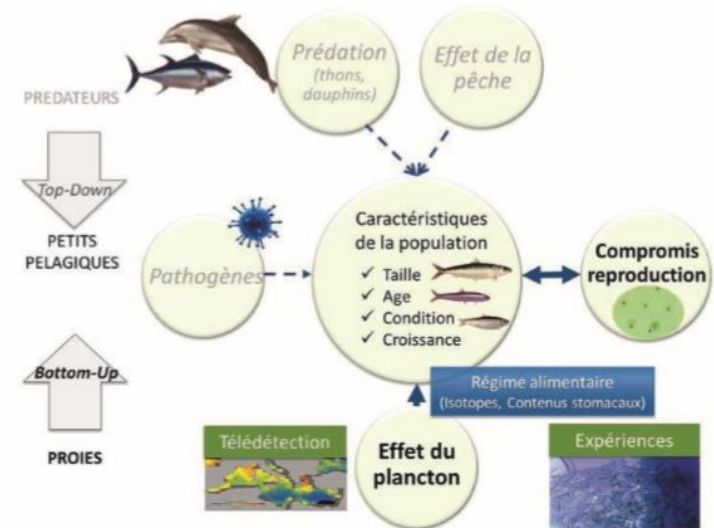


Sciences marines et littorales en Occitanie

Numéro 24
Février 2019

Pourquoi les anchois et les sardines du golfe du Lion disparaissent de vos étals ?

Les captures de sardines et d'anchois ont très fortement diminué ces dernières années dans le golfe du Lion, alors que ces deux espèces étaient de loin les plus importantes pour les pêcheurs. Pourtant, les poissons n'ont pas disparu, leur nombre a même augmenté. Pourquoi ces deux espèces disparaissent-elles de vos étals, alors ? La faute, à la taille des poissons. En effet, les sardines et les anchois sont bien plus petits et plus maigres qu'auparavant et leur prix d'achat n'est plus suffisant pour les pêcheurs pour faire face à leurs coûts, ils ont donc arrêté de les pêcher, se tournant vers d'autres espèces. Mais comment expliquer ces changements de taille et de condition des poissons ? Si les poissons grandissent moins vite, nos études ont également montré qu'ils meurent plus jeunes, conduisant à une population composée uniquement de jeunes individus (0 à 2 ans), alors qu'ils peuvent vivre jusqu'à 6 ou 7 ans normalement. Cette mortalité accrue n'est due ni à la pêche, ni à la pression de prédation des thons ou des dauphins qui reste très faible, ni même à des pathogènes. Il semblerait qu'on ait plutôt à faire à une modification de leur alimentation. Les sardines et les anchois consomment actuellement des proies (du plancton) plus petites qu'avant, expliquant leur faible croissance et leurs faibles réserves énergétiques. Toutefois, les poissons continuent d'investir fortement leur énergie dans la reproduction, ce qui pourrait expliquer la surmortalité des adultes. Afin de mieux comprendre pourquoi leur alimentation



a changé, nous retraçons actuellement le climat, les paramètres océanographiques et le plancton des 25 dernières années. En parallèle, nous menons un travail expérimental en bassin, afin de comprendre les conséquences écophysiologiques d'un changement d'alimentation pour ces poissons. Ces travaux sont réalisés dans le cadre du projet MONAUSA (FEAMP*, mesure 28), financé par l'Europe, la France et France Filière Pêche.

▲ Schéma récapitulatif des principales causes potentielles liées à la mauvaise condition des sardines méditerranéennes.
© Claire Saraux/MARBEC.

Contact (MARBEC) :
C. Saraux, claire.saraux@ifremer.fr

* Fonds européen pour les affaires maritimes et la pêche.

WP1 Variabilité spatio-temporelle de l'environnement et du zooplancton

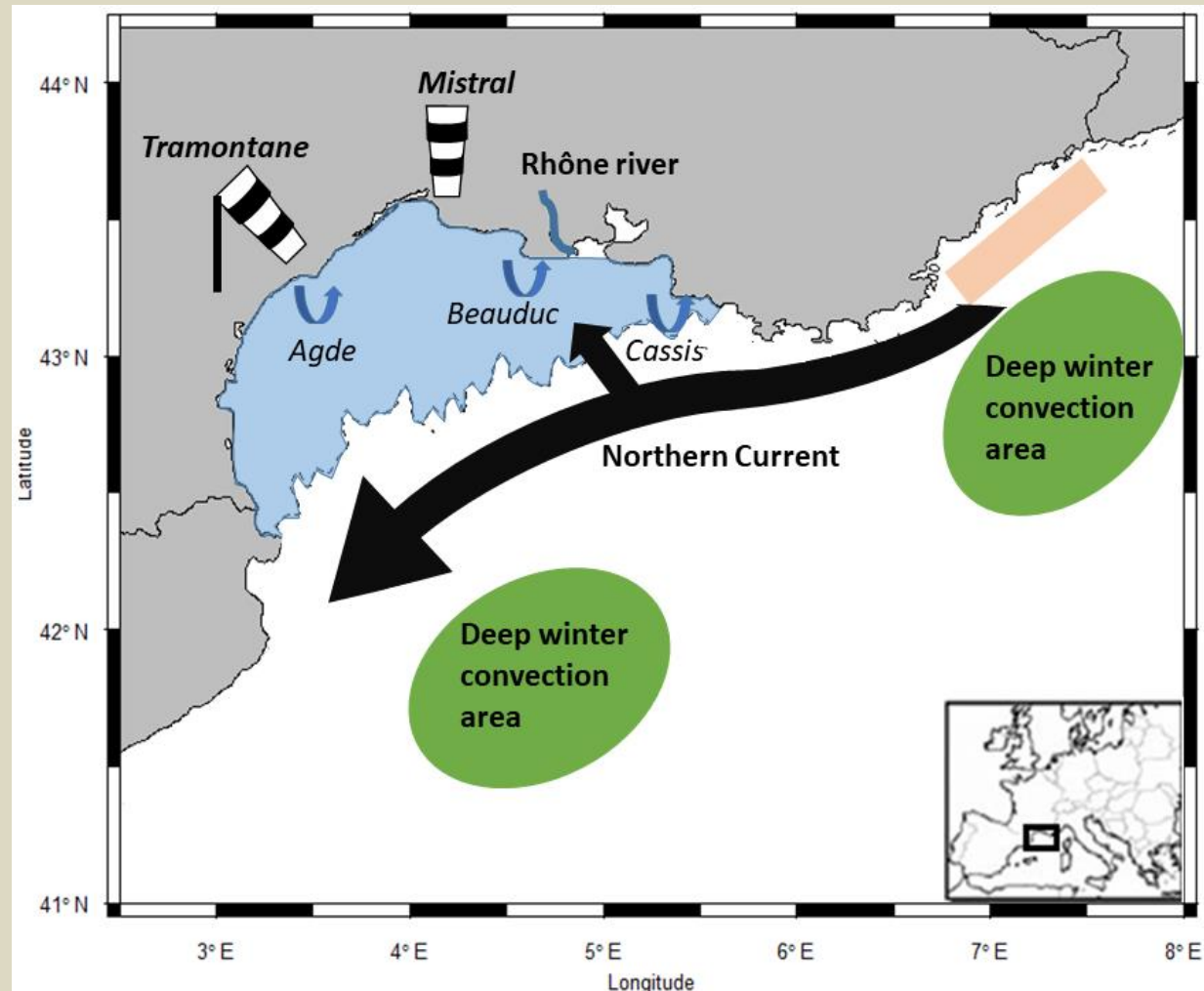
Thèse Guillaume Feuilloley



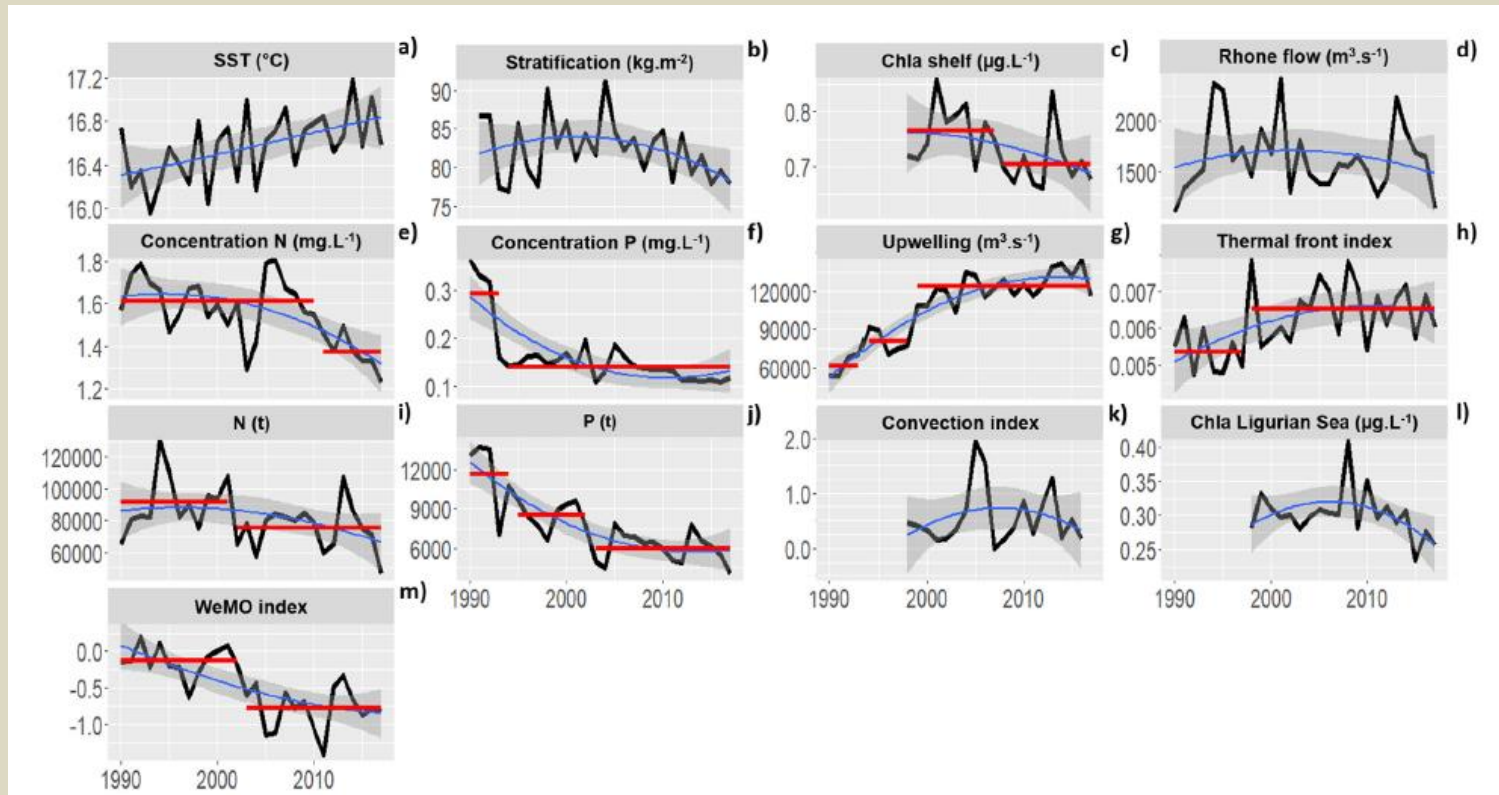
Variabilité de l'environnement et du zooplancton



- Détecter potentiels changements dans la communauté planctonique
- Données plancton étant limitées dans le golfe du Lion ➡ variabilité des facteurs environnementaux clefs pour la dynamique planctonique



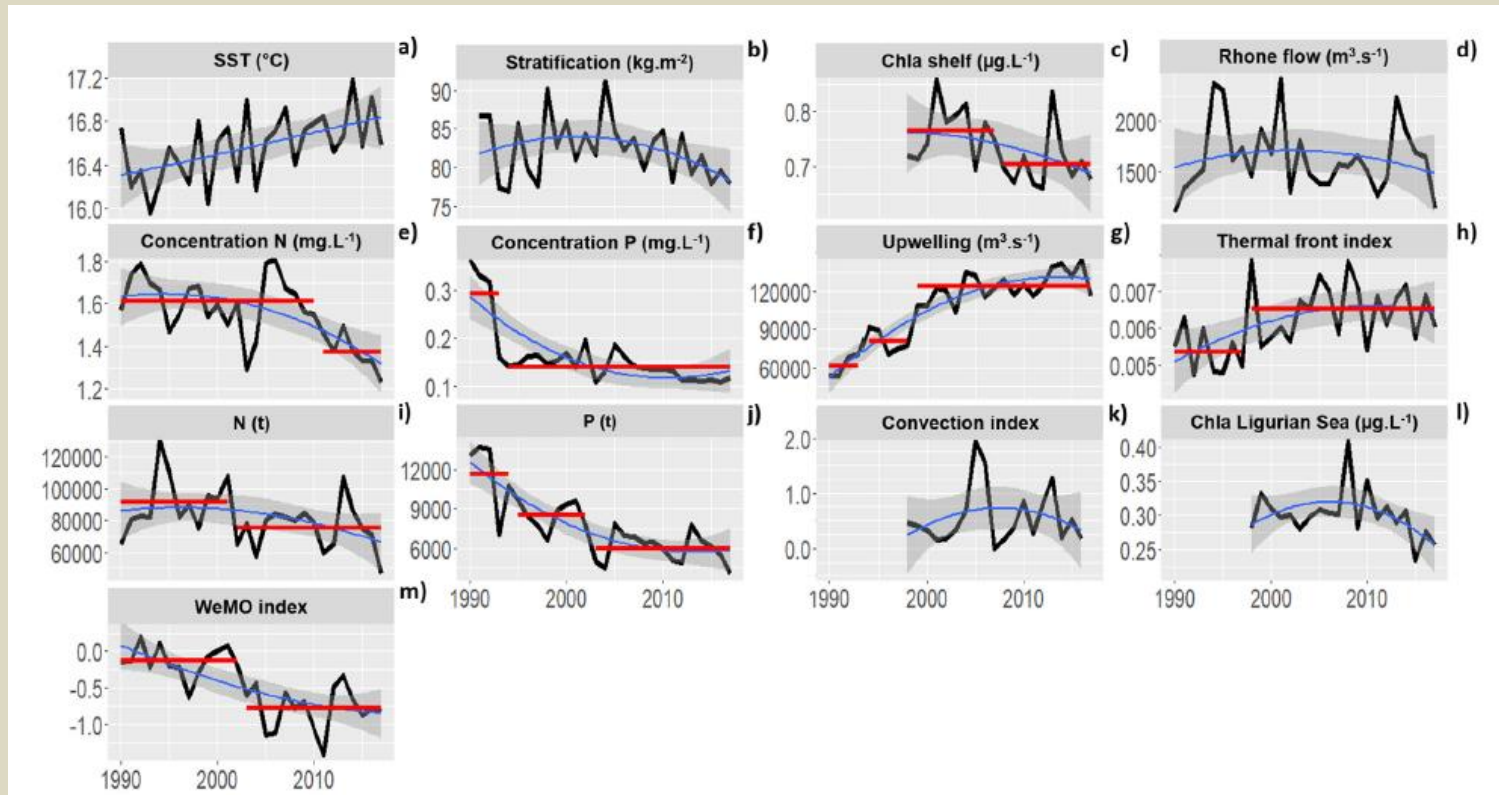
Variabilité de l'environnement et du zooplancton



Importantes variations des conditions environnementales

- Augmentation des températures de surface de la mer
- Augmentation des upwellings et des fronts thermiques
- Diminution des apports du Rhône, azote (N) et phosphore (P)
- Diminution de la chlorophylle sur le plateau
- Changement de régime atmosphérique

Variabilité de l'environnement et du zooplancton

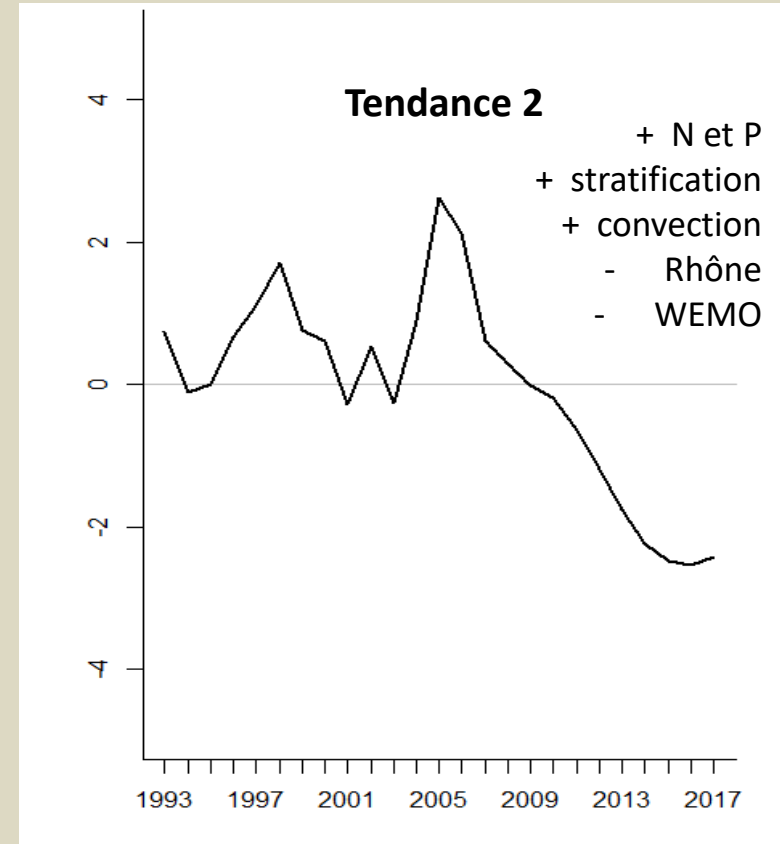
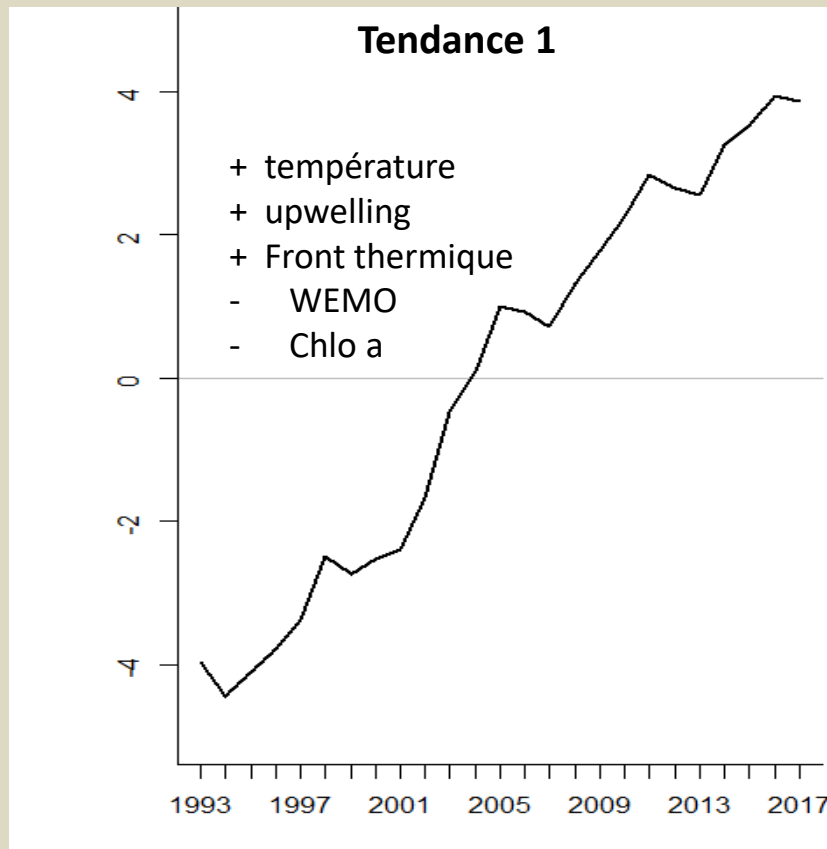


Mais aucune de ces variables environnementales ne permet à elle seule d'expliquer les changements observés chez les poissons...

Variabilité de l'environnement et du zooplancton



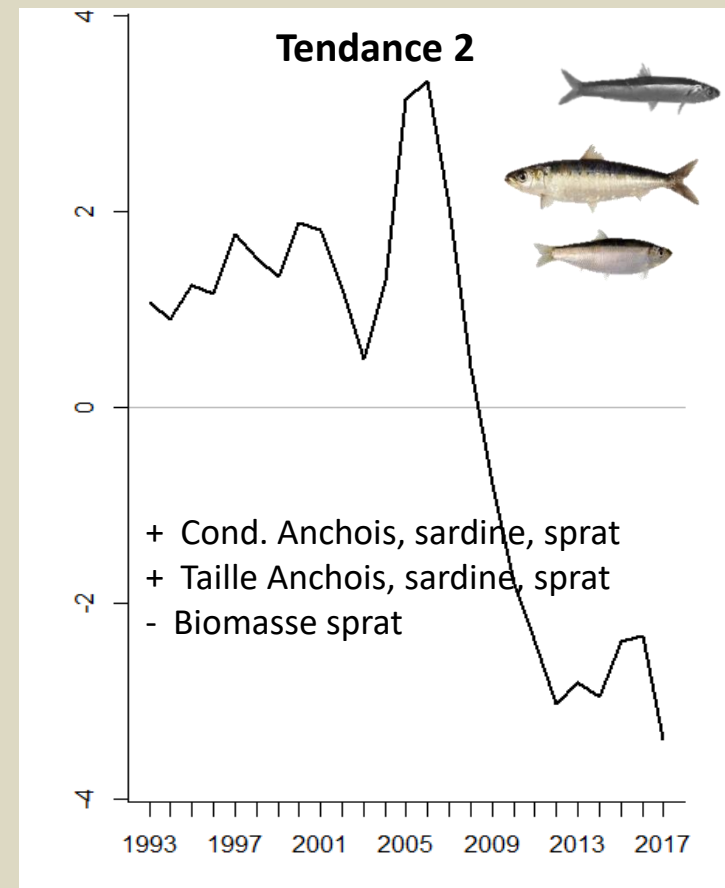
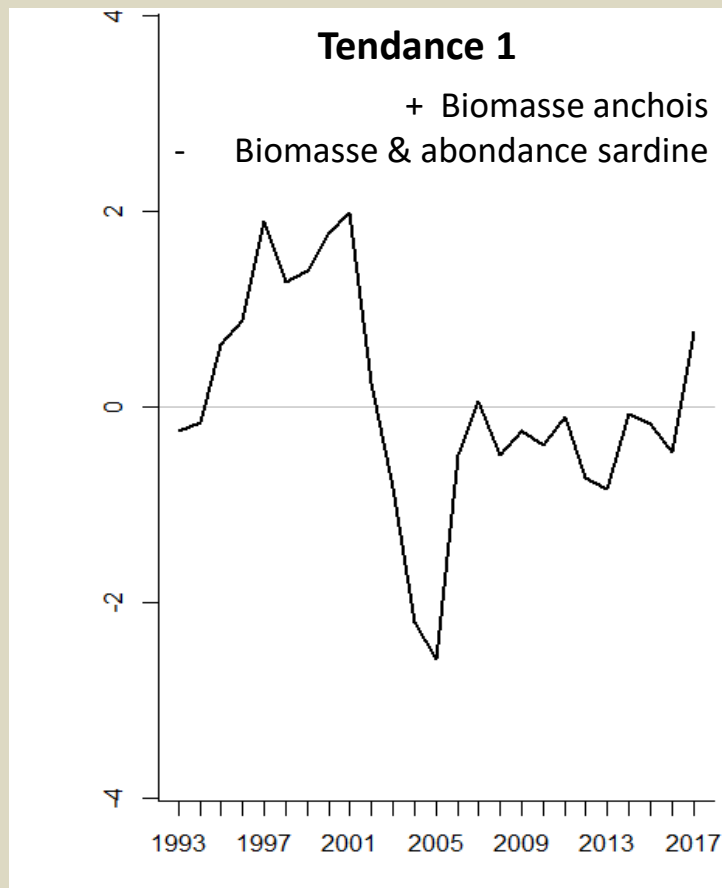
- Analyse en prenant l'ensemble des variables environnementales
- Les variations des conditions environnementales peuvent se résumer à 2 tendances



Variabilité de l'environnement et du zooplancton



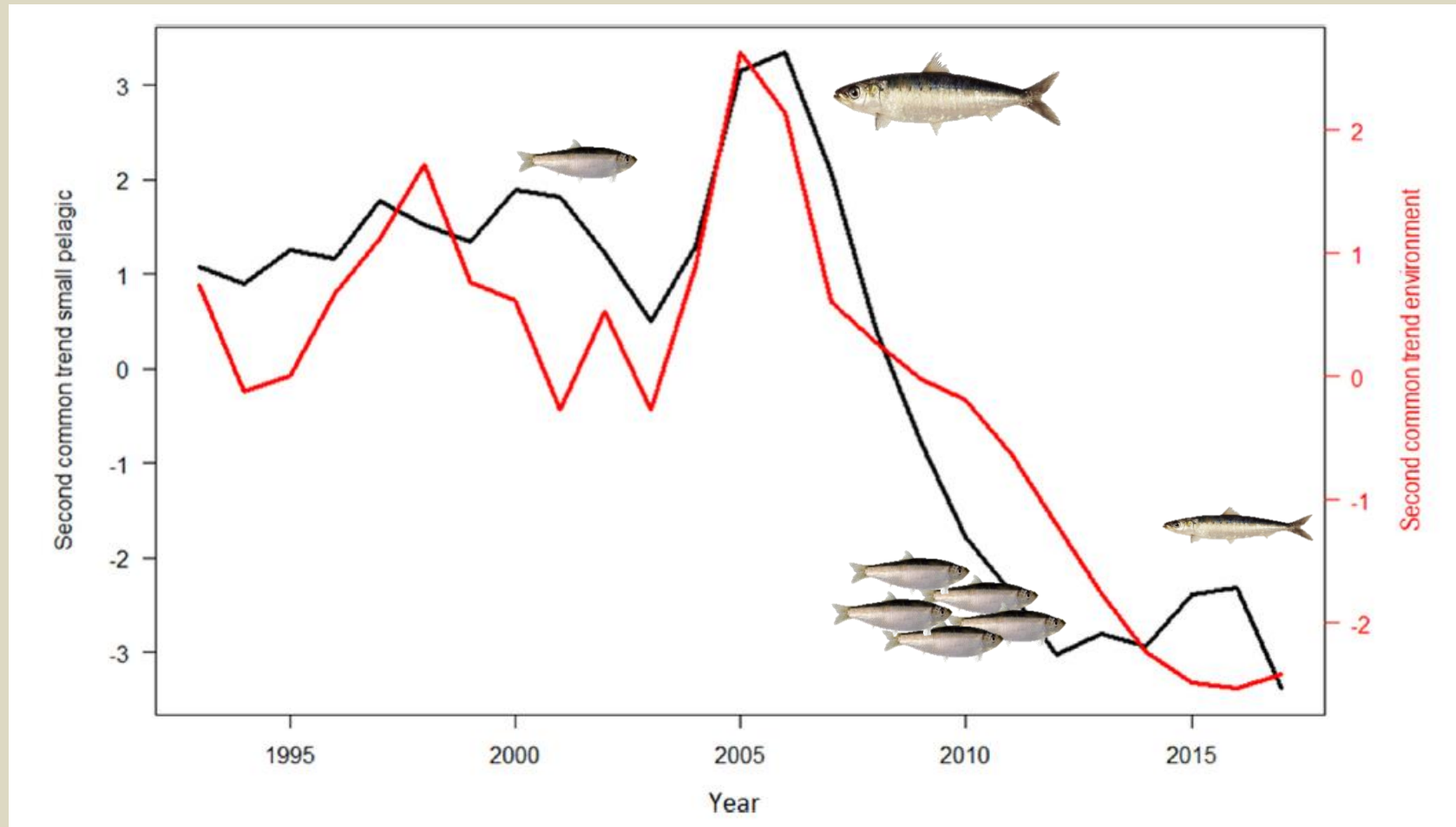
Même analyse sur les variations des biomasses, abondances, conditions et tailles des poissons peuvent aussi se résumer à 2 tendances



Variabilité de l'environnement et du zooplancton



Superposition des tendances 2 provenant des analyses « environnement » et « poisson »



Changements simultanés de l'environnement global dans le Golfe du Lion
et les tailles et conditions des poissons

La diminution en taille et condition des poissons petits pélagiques pourrait donc résulter d'une modification globale de l'environnement, plutôt qu'une réponse à un seul paramètre, qui a affecté la production planctonique du Golfe du Lion

Baisse probable de la production (phyto)planctonique (cf Chlo a)

Progress in Oceanography 186 (2020) 102375



Contents lists available at ScienceDirect

Progress in Oceanography

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



Concomitant changes in the environment and small pelagic fish community of the Gulf of Lions



Guillaume Feuilloley^{a,*}, Jean-Marc Fromentin^{a,*}, Lars Stemmann^b, Hervé Demarcq^a,
Claude Estournel^c, Claire Sarau^{a,d}

^a MARBEC, Univ. Montpellier, Ifremer, IRD, CNRS, Sète, France

^b Univ. Sorbonne, CNRS, UMR 7093, Laboratoire d'Océanographie de Villefranche-sur-Mer (LOV), Villefranche-sur-Mer, France

^c LEGOS, Univ. Toulouse, CNES, CNRS, IRD, UPS, 31400 Toulouse, France

^d IPHC, UMR 7178, Univ. Strasbourg, CNRS, 67000 Strasbourg, France

Changement de la qualité du plancton (plus petit et moins énergétique ??)

- Analyse des données de campagnes PELMED : données insuffisantes (uniquement été et série trop courte)
- Analyse d'une série à long terme en mer Ligure (Villefranche-sur-mer)
 - Analyse de l'abondance, taille et composition taxonomique du zooplancton depuis 1995
 - Grande stabilité temporelle de la communauté (sur les 3 paramètres)
 - Pas de changement notable vers 2007-2008
 - Augmentation de la température hivernale, impact sur copépodes depuis hiver 2015

ICES Journal of Marine Science



International Council for
the Exploration of the Sea
Conseil International pour
l'Exploration de la Mer

ICES Journal of Marine Science (2021), <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsab190>

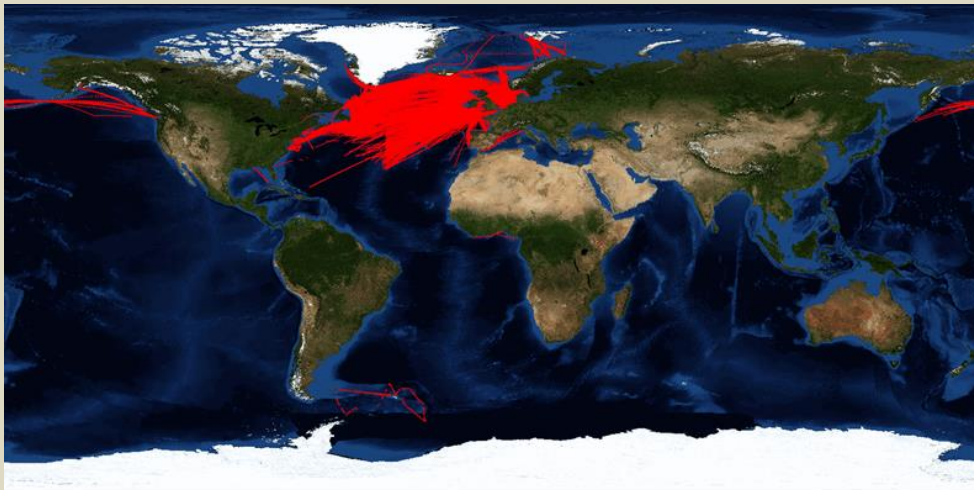
Original Article

Temporal fluctuations in zooplankton size, abundance, and taxonomic composition since 1995 in the North Western Mediterranean Sea

Guillaume Feuilleley ^{1,*}, Jean-Marc Fromentin¹, Claire Saraux², Jean-Olivier Irisson³, Laetitia Jalabert³, and Lars Stemann³

Conclusion WP 1

- **Changements environnementaux importants dans le Golfe du Lion** qui pourraient avoir affectés la production phytoplanctonique sur l'ensemble du plateau et par conséquent les poissons petits pélagiques du Golfe du lion
- **Hypothèse bottom-up confortée, mais non formellement validée** par manque de séries planctoniques longues et continues sur le Golfe du Lion
- **Besoin d'un suivi synchrone et continu de tous les compartiments de l'écosystème** (environnement – plancton - poisson)



WP2 : Impact de la quantité et qualité de la nourriture

Thèse Quentin Queiros



Effet de la quantité et taille de la nourriture

A.M.O.P.

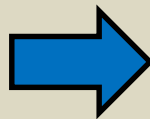


**Sardines sauvages pêchées en
Octobre 2016**

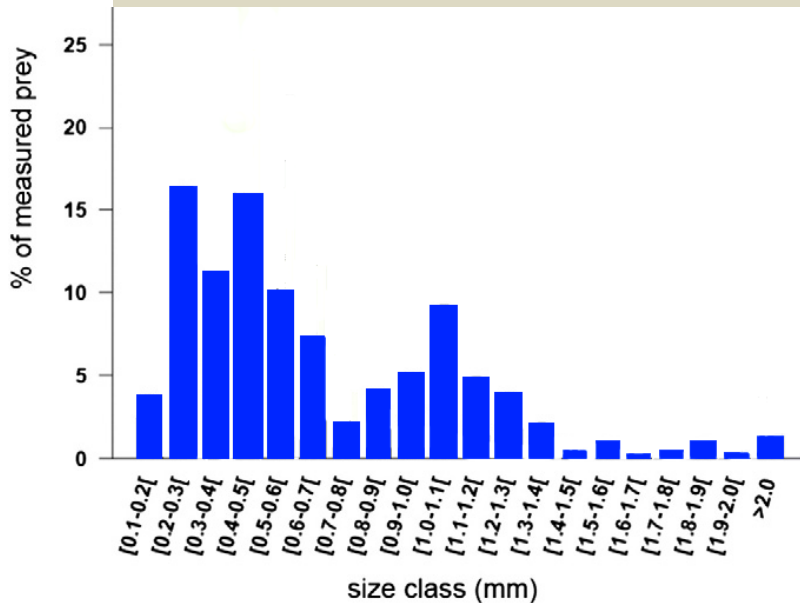
**Acclimatées dans 8 bassins (0.3
m³ chacun)**



Effet de la quantité et taille de la nourriture



Brosset et al. 2016

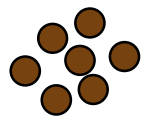


2 tailles

0.1 mm
(petit)



1.2 mm
(Gros)



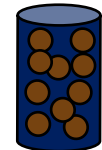
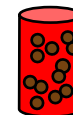
2 quantités

Petite

Grande
(= 2 x petite quantité)



4 traitements



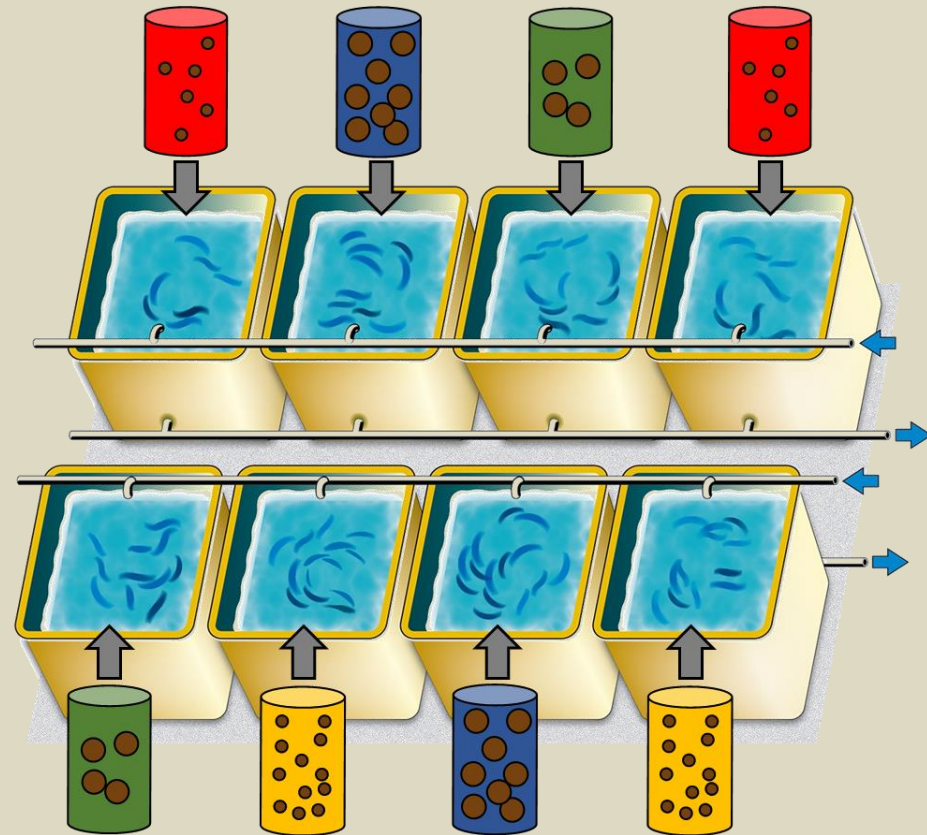
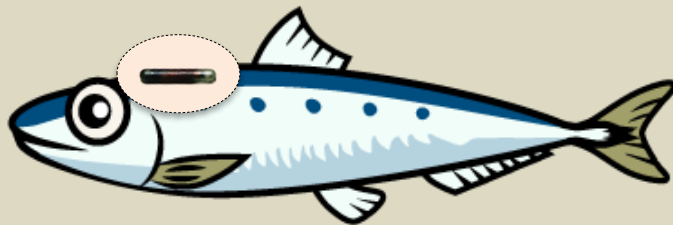
Effet de la quantité et taille de la nourriture



2 réplicats pour chaque traitement

449 sardines au total sur un suivi de 7 mois

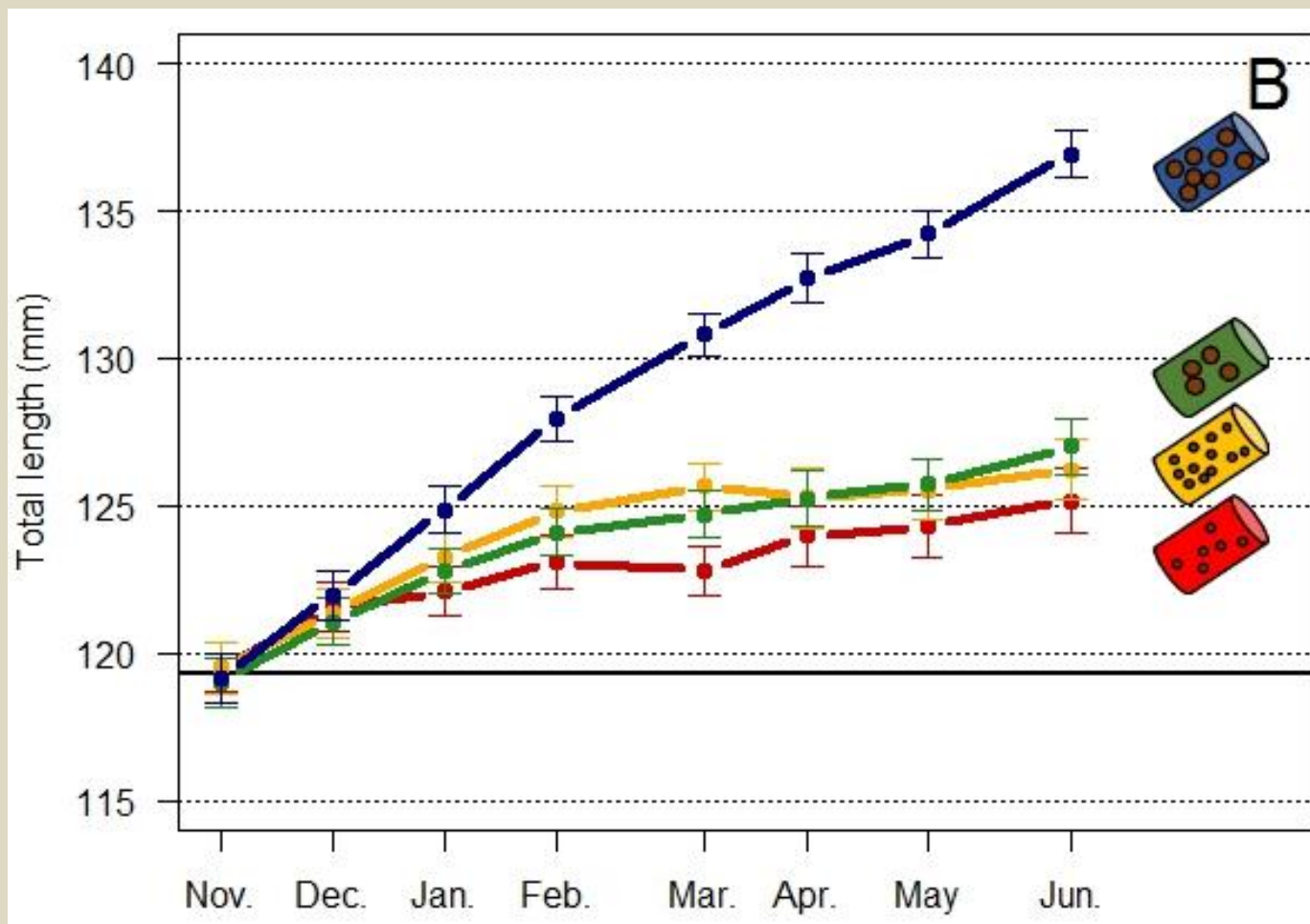
55 sardines marquées par bassin



Effet de la quantité et taille de la nourriture

sur ...

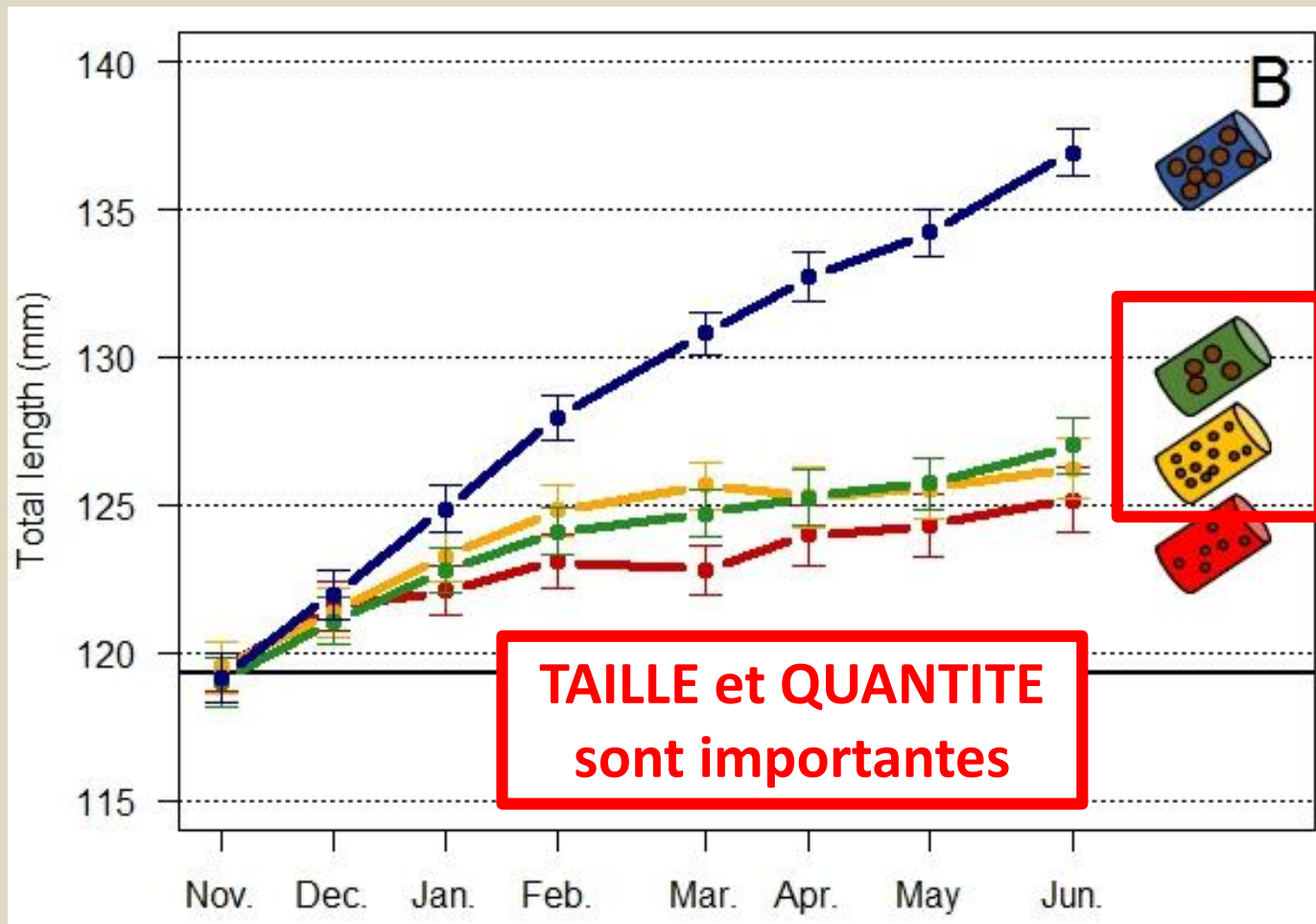
Longueur totale



Effet de la quantité et taille de la nourriture

sur ...

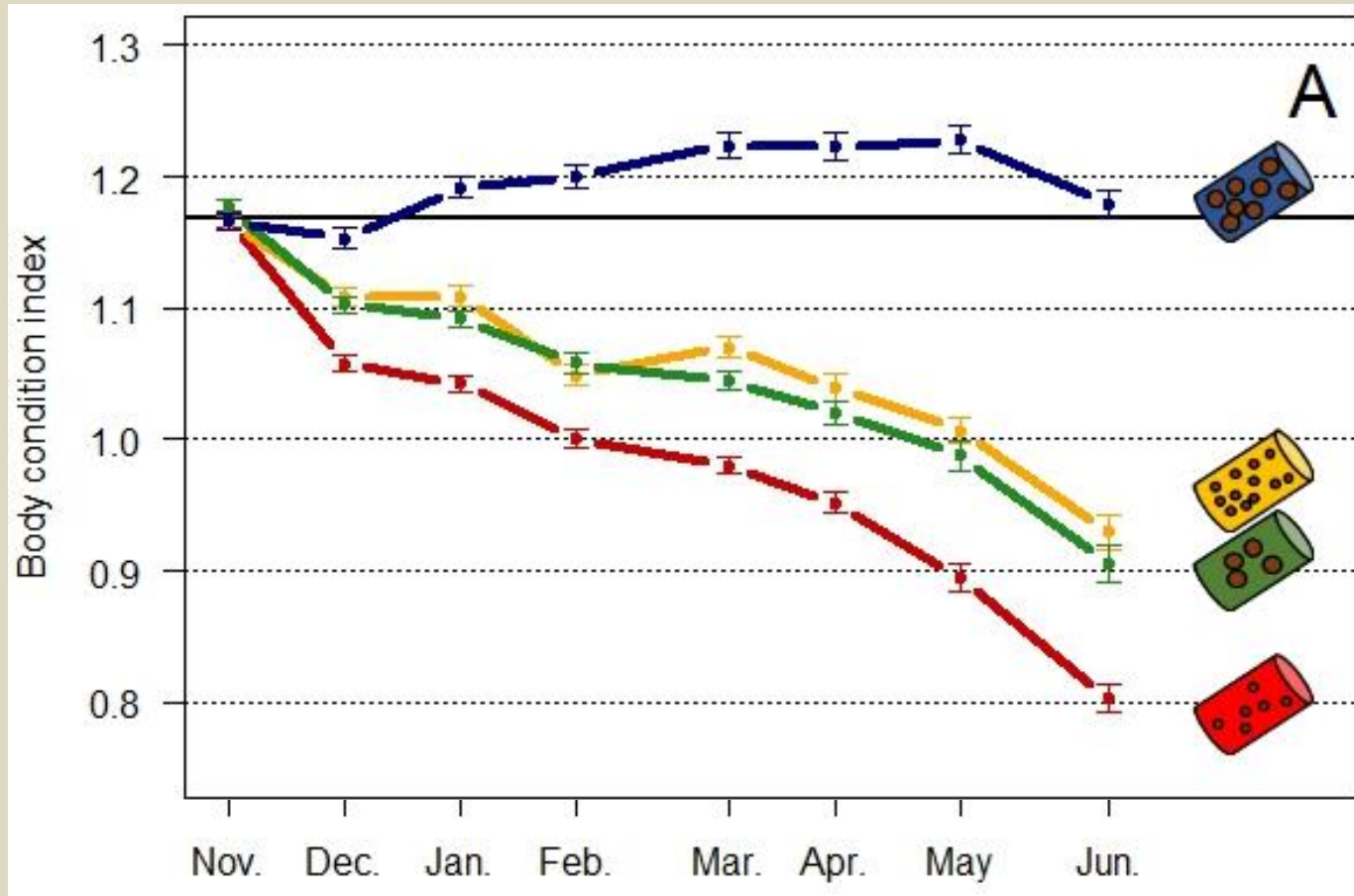
Longueur totale



Effet de la quantité et taille de la nourriture

sur ...

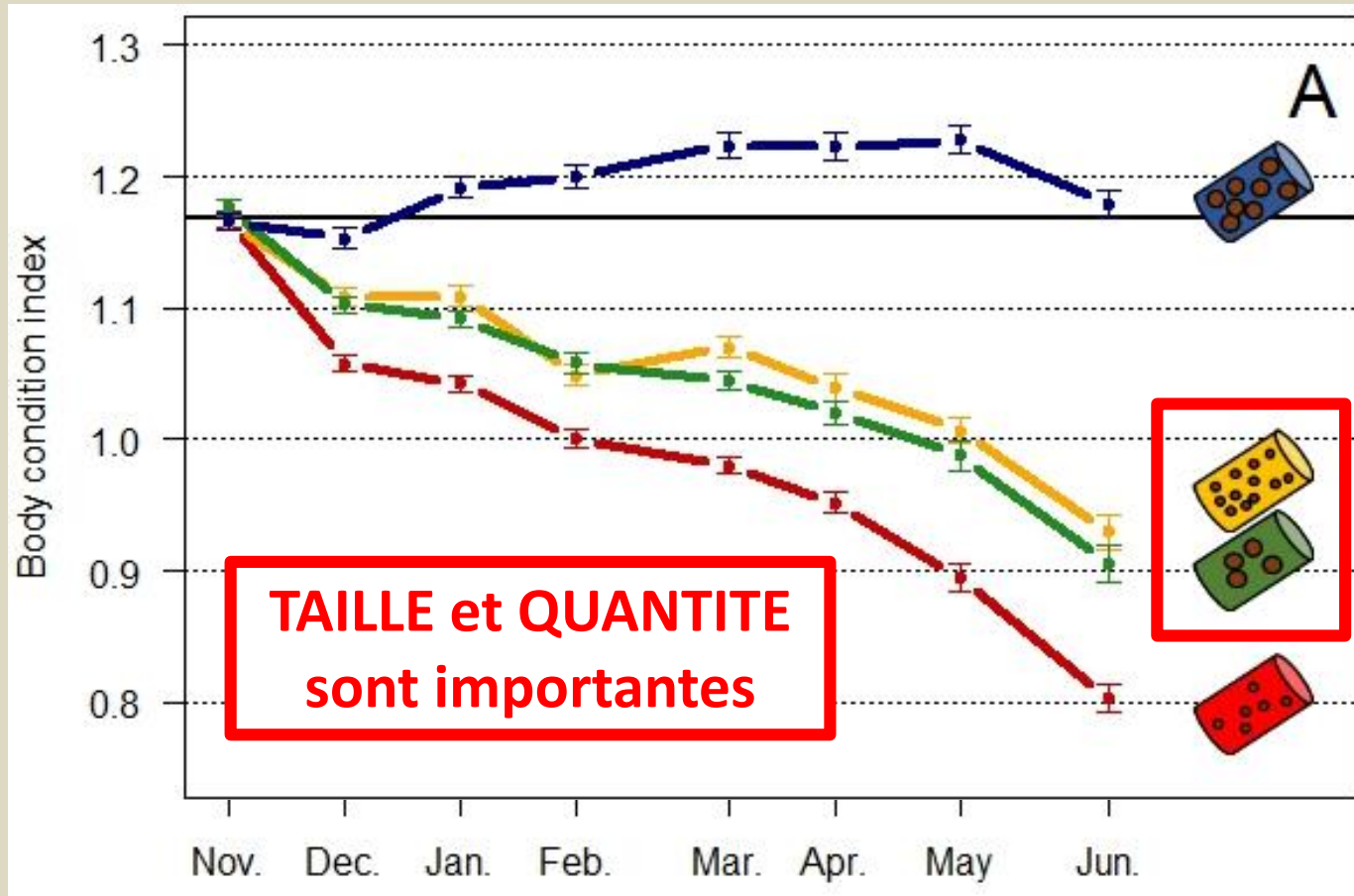
Condition corporelle



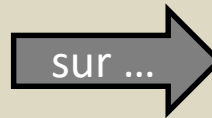
Effet de la quantité et taille de la nourriture

sur ...

Condition corporelle

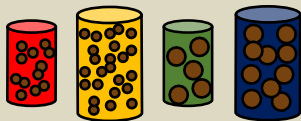
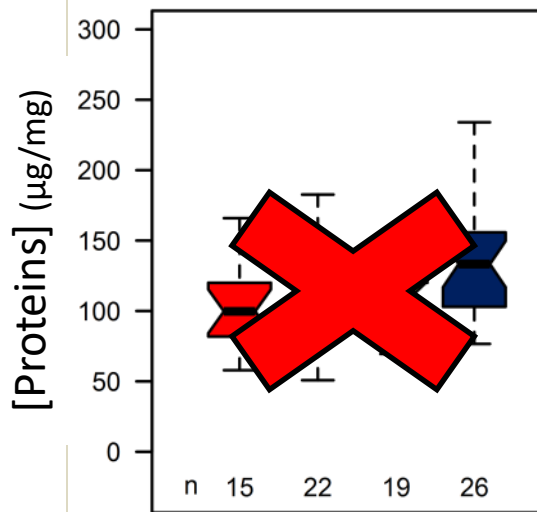


Effet de la quantité et taille de la nourriture

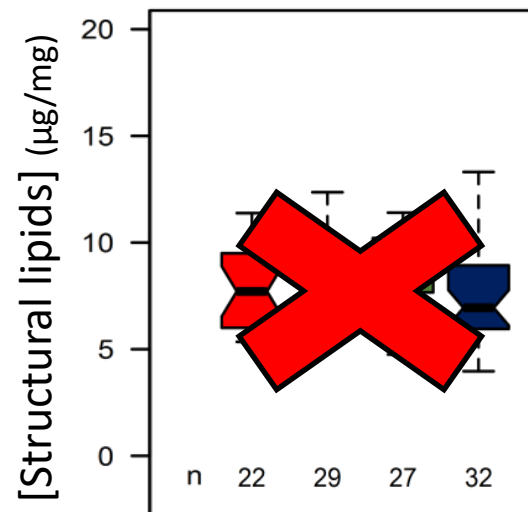


Structure et réserves

Protéines

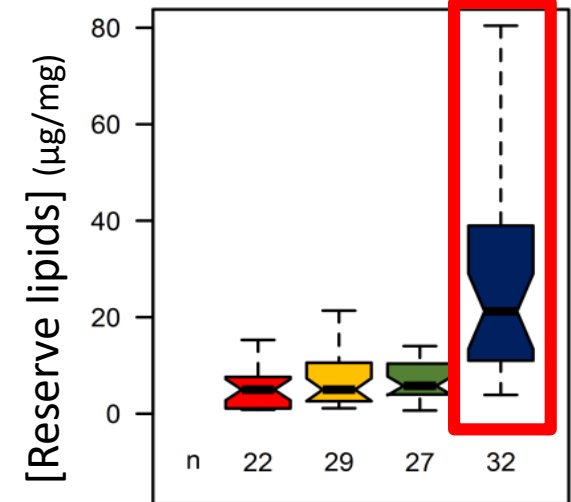


Lipides de structure



└ phospholipides

Lipides de réserve



└ TAG

Fort impact de la taille de la nourriture : affecte la croissance, les réserves énergétiques

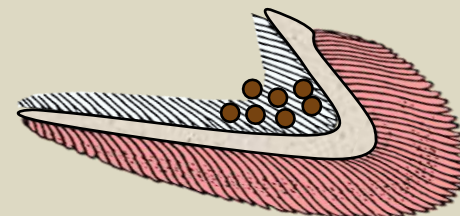


Food in the Sea: Size Also Matters for Pelagic Fish

Quentin Queiros^{1*}, Jean-Marc Fromentin¹, Eric Gasset^{1,2}, Gilbert Dutto², Camille Huiban^{1,2}, Luisa Metral¹, Lina Leclerc¹, Quentin Schull¹, David J. McKenzie¹ and Claire Saraux¹

¹ MARBEC (University of Montpellier, Ifremer, CNRS, IRD), Sète, France, ² Ifremer (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER), Palavas-les-Flots, France

- Une étude microscopique des branchies suggère une **augmentation de la capacité de filtration des sardines** (augmentation de la densité des branchiospines qui pourrait permettre de mieux retenir les petites proies)



- Les sardines nourries avec des petites proies ont montré une **plus grande efficacité de leurs mitochondries** (« centrales énergétiques cellulaires »)



Received: 2 December 2020 | Accepted: 10 May 2021

DOI: 10.1111/1365-2656.13535

RESEARCH ARTICLE

Journal of Animal Ecology



Changes in foraging mode caused by a decline in prey size have major bioenergetic consequences for a small pelagic fish

Elisa Thorat¹  | Quentin Queiros²  | Damien Roussel¹  | Gilbert Dutto³ |
Eric Gasset⁴ | David J. McKenzie⁵  | Caroline Romestaing¹ | Jean-Marc Fromentin²  |
Claire Saraux^{2,6}  | Loïc Teulier¹ 

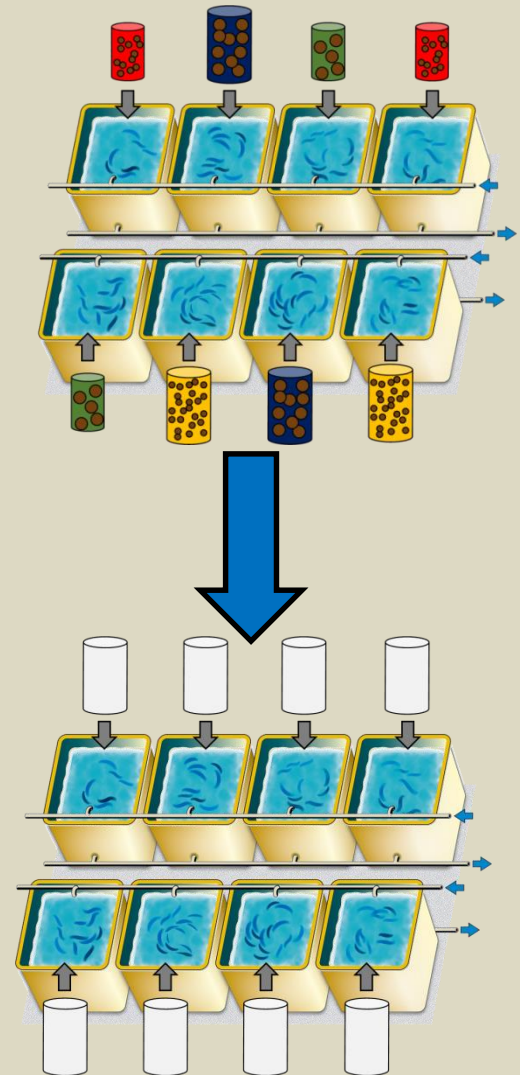
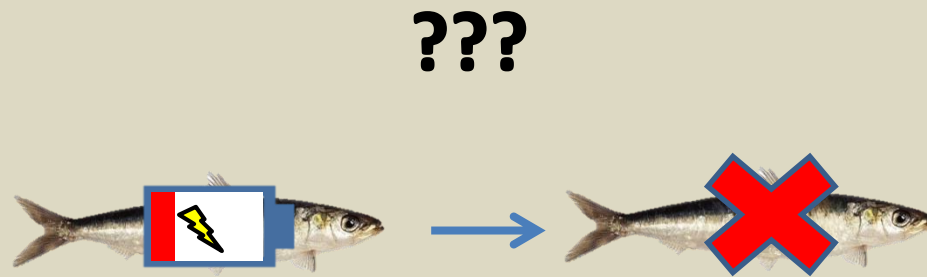
¹Univ Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, ENTPE, UMR 5023 LEHNA, Villeurbanne, France; ²MARBEC, Univ Montpellier, CNRS, IFREMER, IRD, Sète, France; ³Ifremer (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER), Laboratoire SEA, Palavas-Les-Flots, France; ⁴MARBEC, Univ Montpellier, CNRS, IFREMER, IRD, Palavas-Les-Flots, France; ⁵MARBEC, Univ Montpellier, CNRS, IFREMER, IRD, Montpellier, France and ⁶IPHC, UMR7178, Université de Strasbourg, CNRS, Strasbourg, France

L'impact de la taille serait dû à des différences de comportement alimentaire

- Mode « filtration » avec proies petites ; vitesse de nage soutenue pendant une plus longue période
- Mode « chasse à vue » avec les proies plus grosses, temps de nage plus court
- Dépense énergétique journalière de sardines se nourrissant sur petit aliment est 10% supérieure à celles se nourrissant sur du gros aliment

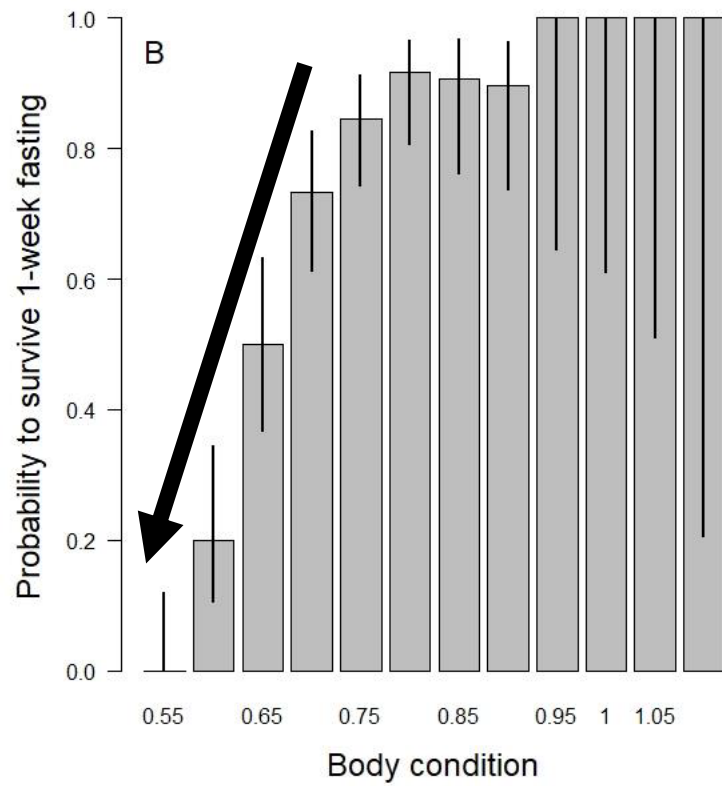
DIAS QUENTIN

Effet de la quantité et taille de la nourriture



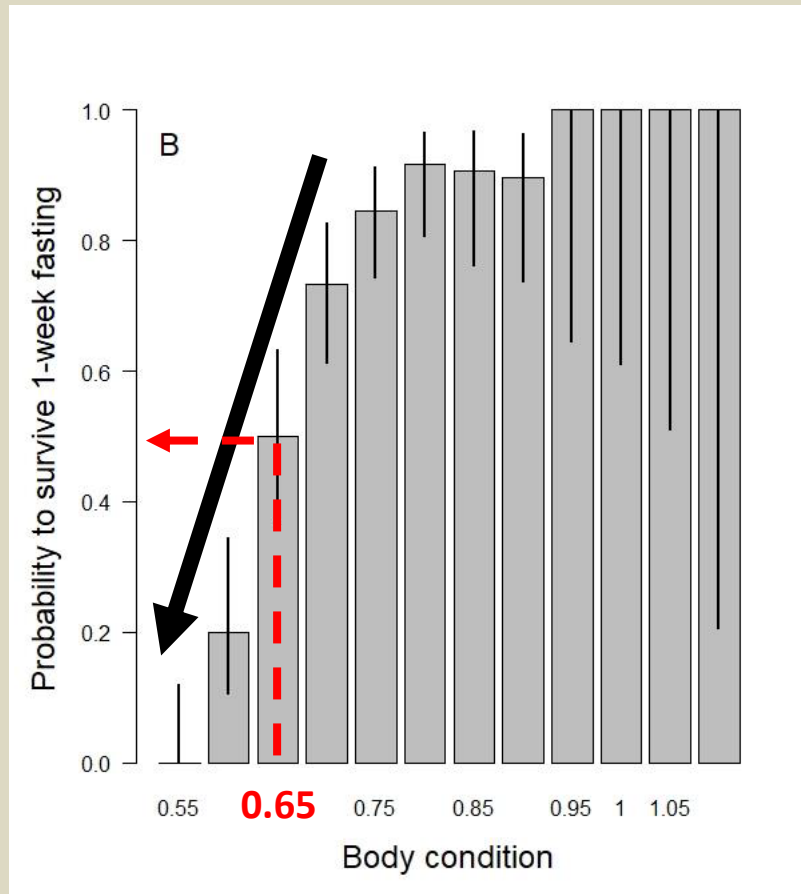
A Jeun

Effet de la quantité et taille de la nourriture



Baisse de la survie sous une condition de 0.75

Effet de la quantité et taille de la nourriture

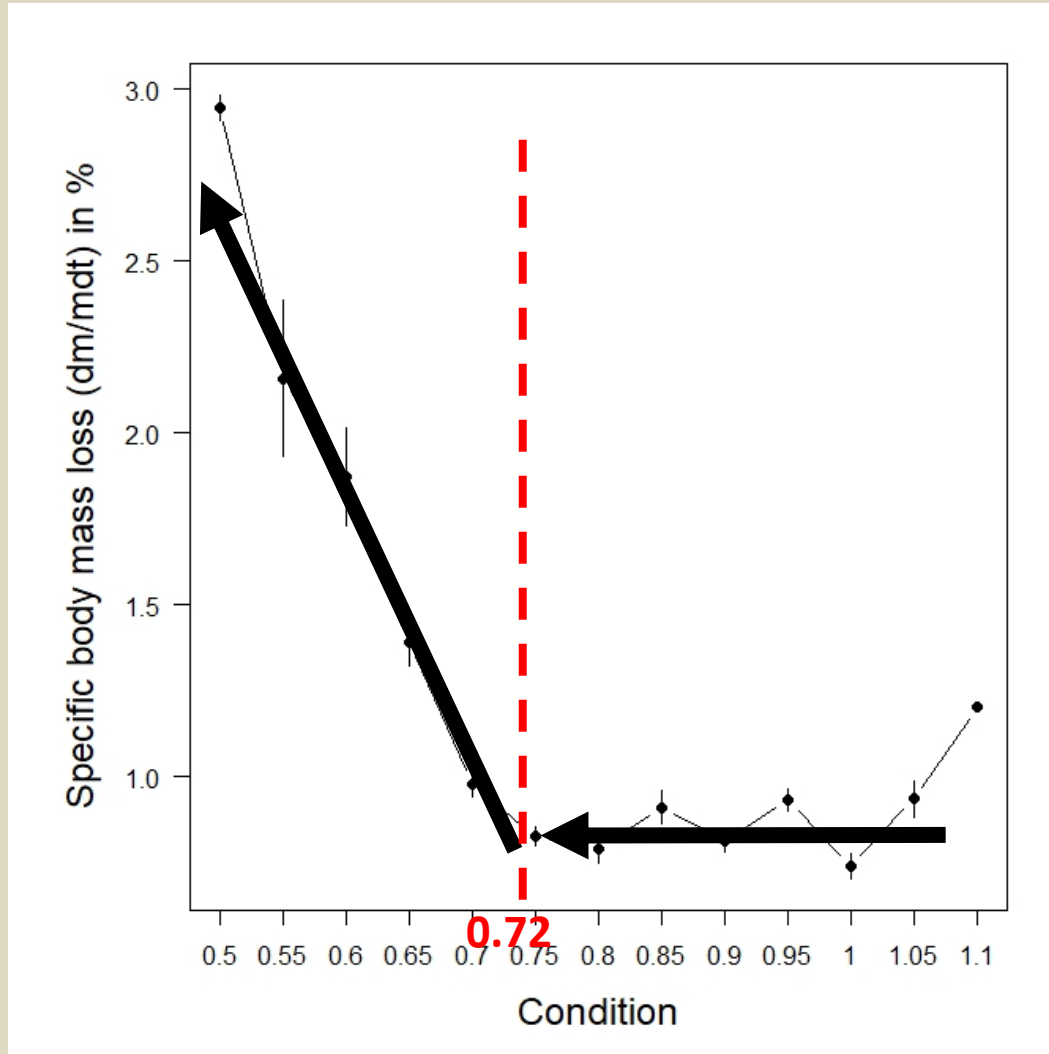


Baisse de la survie sous une condition de 0.75

➡ 50% de survie à BC = 0.65

<0.2% de la population
en milieu naturel

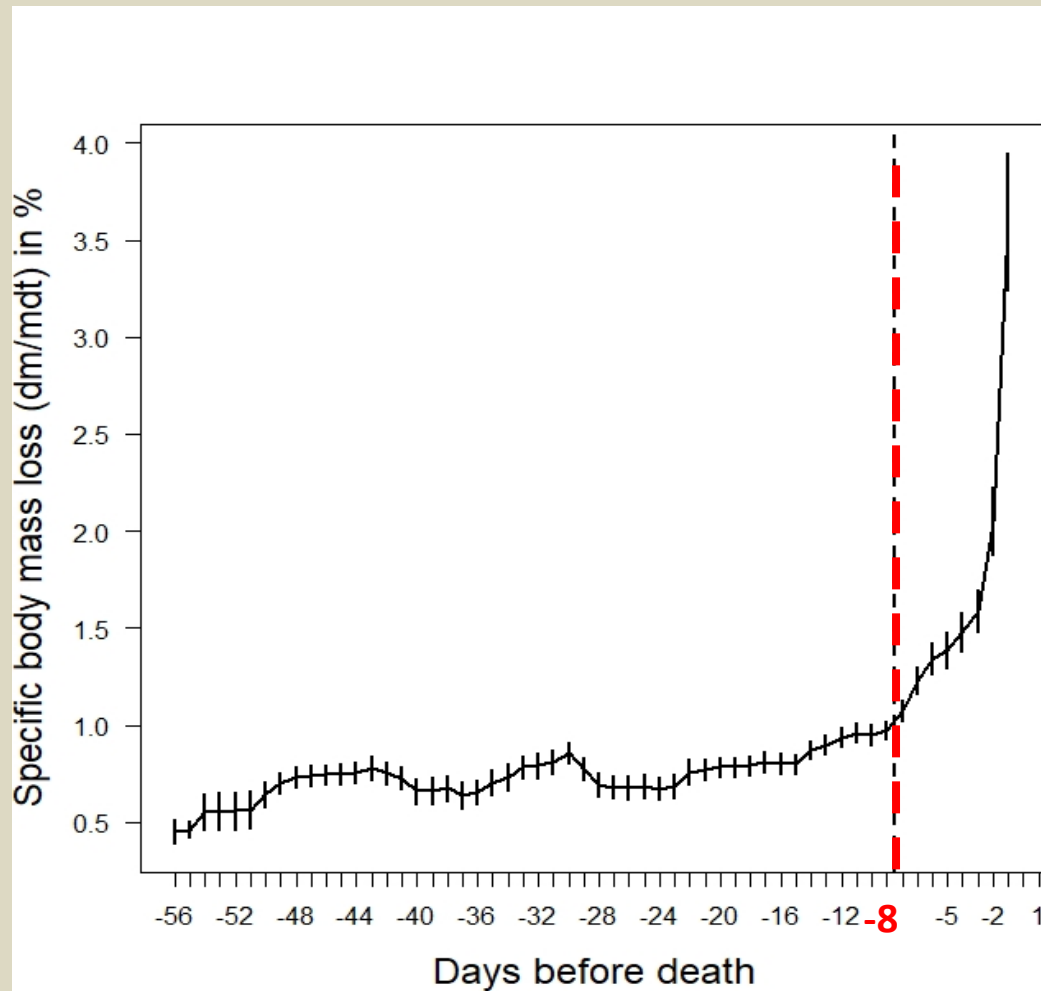
Effet de la quantité et taille de la nourriture



Perte de masse
très importante
sous BC = 0.72



Effet de la quantité et taille de la nourriture

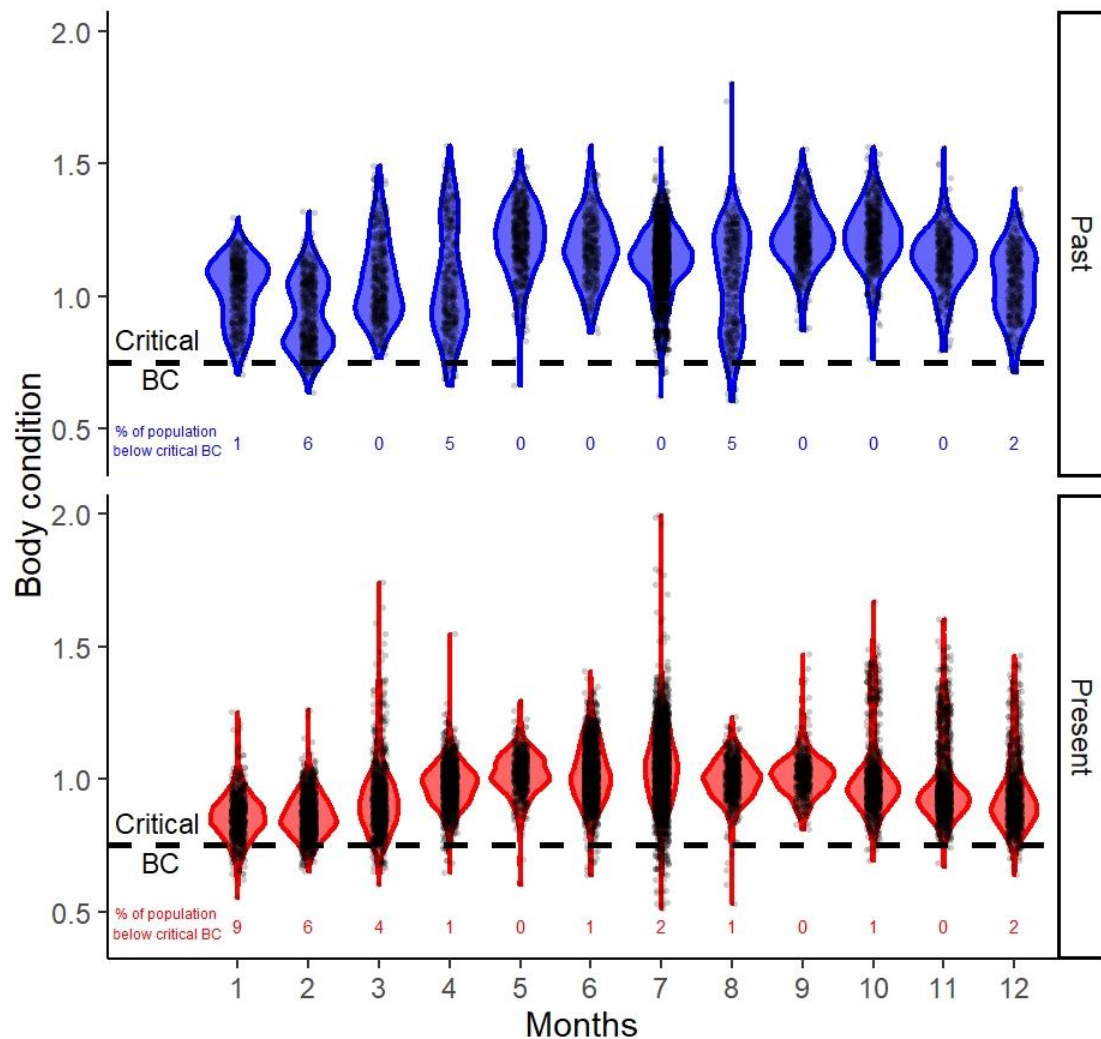


Perte de masse
très importante
sous $BC = 0.72$



~ 1 semaine
avant la mort

Effet de la quantité et taille de la nourriture



Condition corporelle en mer

	passé	présent
< 0.65	0.1%	0.2%
<u>Critique</u>	1.2%	2.3%

Reste faible

Ne permet pas d'expliquer
entièrement surmortalité
adulte

- Les sardines présentent une plasticité comportementale significative en **réduisant la dépense énergétique** métabolique après une restriction calorique
- L'entrée dans la phase critique de jeûne se produit pour un BC de 0,72
- La proportion de sardines dans un état critique dans la nature a augmenté ces dernières années pour atteindre environ 10 % en sortie d'hiver

Marine Environmental Research 170 (2021) 105441



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Marine Environmental Research

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



Is starvation a cause of overmortality of the Mediterranean sardine?

Quentin Queiros^{a,*}, Claire Saraux^{a,b,**}, Gilbert Dutto^c, Eric Gasset^c,
Amandine Marguerite^{a,c}, Pablo Brosset^{d,e}, Jean-Marc Fromentin^a, David J. McKenzie^f

^a MARBEC, Univ Montpellier, CNRS, IFREMER, IRD, Sète, France

^b IPHC UMR 7178, University of Strasbourg, CNRS, DEPE, 67000, Strasbourg, France

^c MARBEC, Univ Montpellier, CNRS, IFREMER, IRD, Palavas-Les-Flots, France

^d Ifremer, Laboratoire de Biologie Halieutique, ZI Pointe du Diable, CS 10070, 29 280, Plouzané, France

^e Université de Brest - UMR 6539 CNRS/UBO/IRD/Ifremer, Laboratoire des sciences de l'environnement marin – IUEM, Rue Dumont D'Urville, 29280, Plouzané, France

^f MARBEC, Univ Montpellier, CNRS, IFREMER, IRD, Montpellier, France

WP3 Impact du parasitisme hépatique



Un suivi en 2015/2016

- Montre la présence sur ~ 75% des sardines échantillonnées (7 échantillons de 30 sardines).
- 1 échantillon d'anchois analysé → détection également
- 1 échantillon de sardines dans le Golfe de Gascogne → pas de coccidies détectées

Depuis MONALISA :

- Difficultés de détection doit être sur poissons frais, après une nuit au frigo disparaissent.
- Peu de pêche, donc difficulté d'échantillonner régulièrement
- Échantillons prélevés à chaque pêche pour capturer sardines vivantes
→ pas de coccidies détectées, donc aucune analyse histo de foie

→ Etude non poursuivie



WP4 Différents scénarios environnementaux affectant la nutrition des sardines

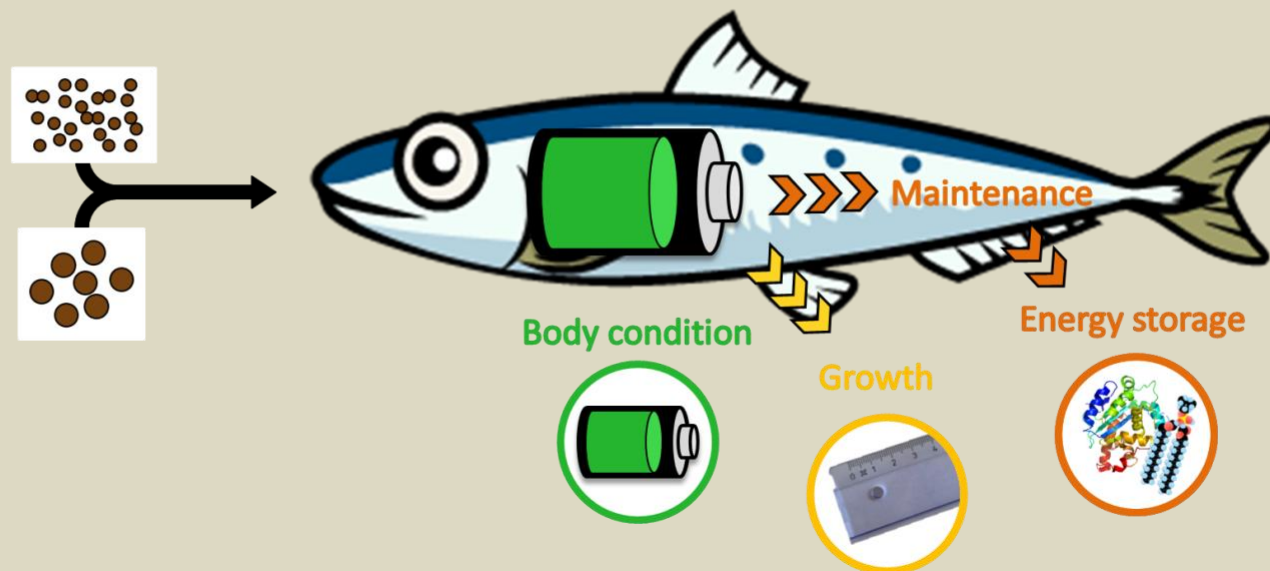
Thèse Quentin Queiros



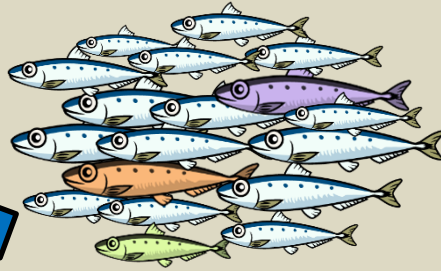
Comment expliquer la surmortalité des adultes ?

1. Déficit énergétique, les sardines meurent de faim
2. Modifications du compromis énergétique entre les grandes fonctions que sont la reproduction, la croissance et la maintenance en défaveur de la dernière

Pour répondre à cela, nous avons combiné approches expérimentales et modélisation



Une population de 10000 individus dont les caractéristiques individuelles sont basées sur les données de débarquements



V E E_R E_H E_{Go}

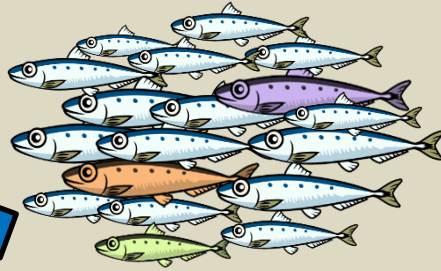


V E E_R E_H E_{Go}



V E E_R E_H E_{Go}

Une population de 10000 individus dont les caractéristiques individuelles sont basées sur les données de débarquements



V E E_R E_H E_{Go}



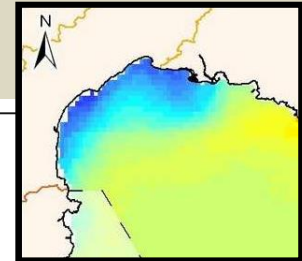
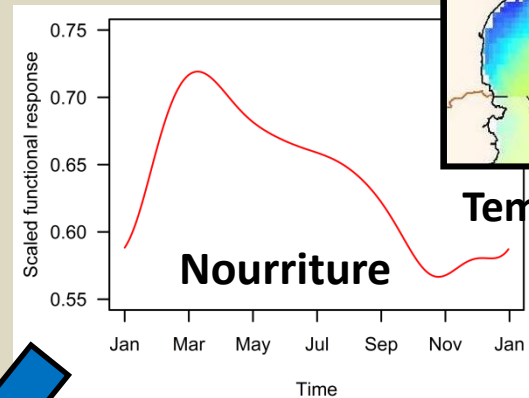
V E E_R E_H E_{Go}



V E E_R E_H E_{Go}

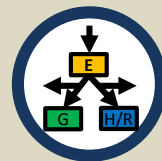


Variables forçantes



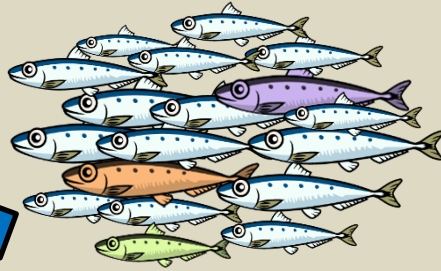
Température

DEB model

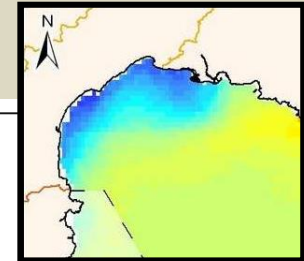
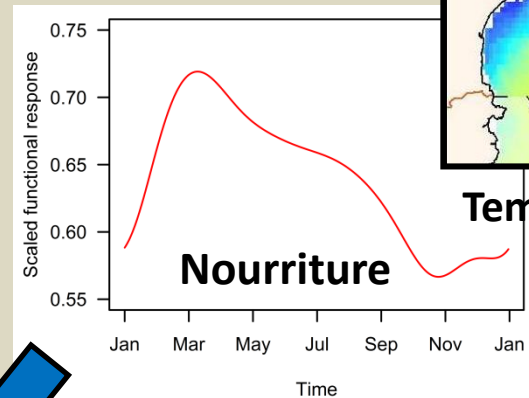


WP 4 : environnement - mortalité

Une population de 10000 individus dont les caractéristiques individuelles sont basées sur les données de débarquements

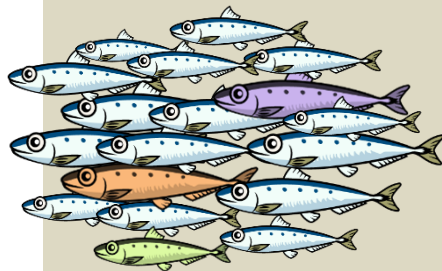


Variables forçantes



Température

DEB MODEL

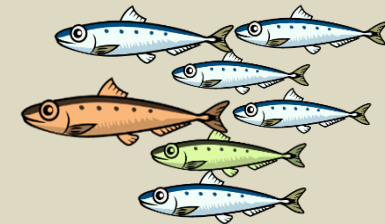


Mars

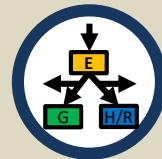
1 mois



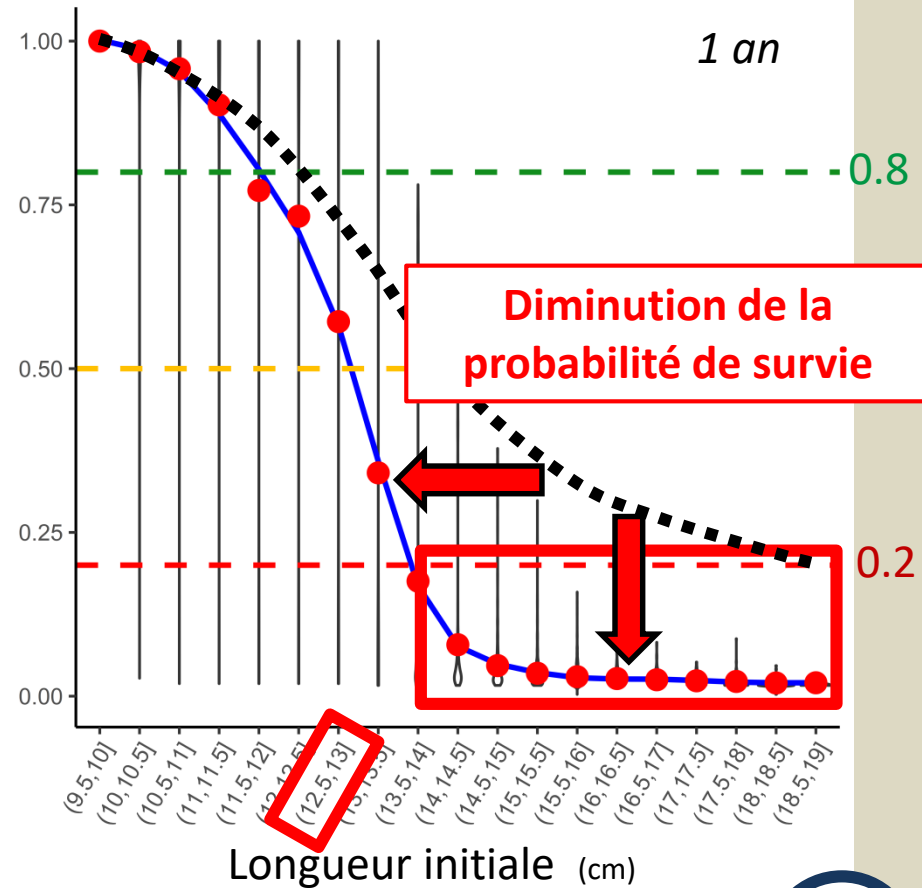
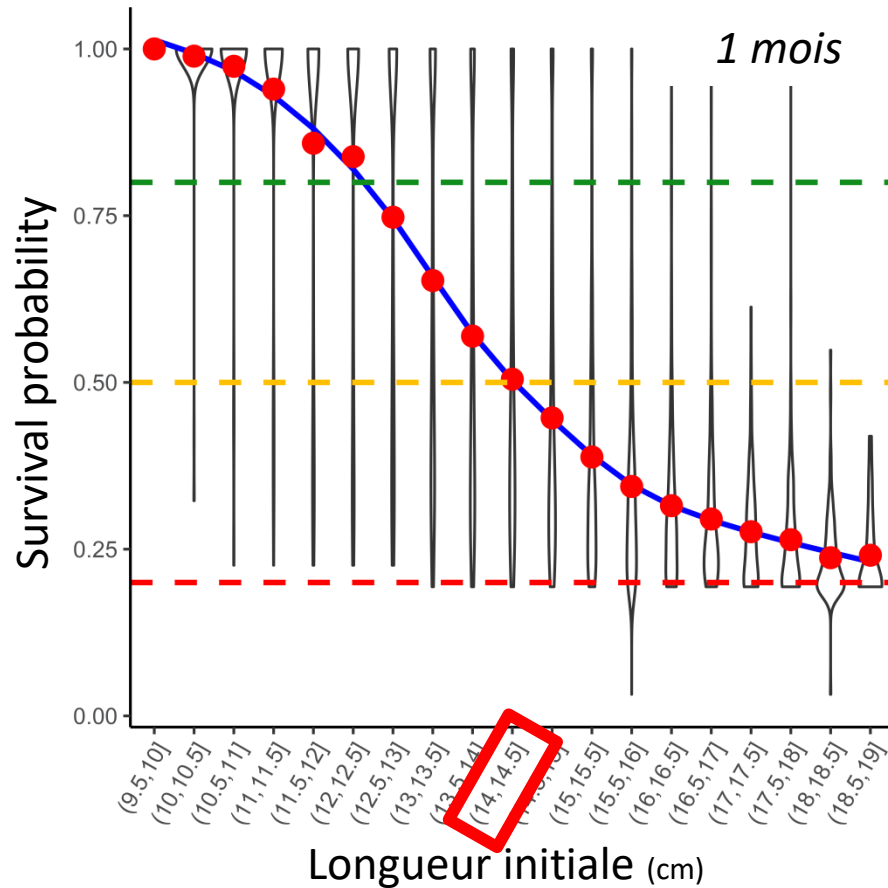
1 an



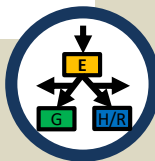
DEB model



WP 4 : environnement - mortalité



DEB model



Très faible survie des individus de grande taille et âgés de plus de 2-3 ans après la reproduction, en accord avec **l'hypothèse d'une surmortalité des adultes pendant ou après la reproduction**

Finalisation des scénarios environnementaux de température et de proies prenant en compte la saisonnalité de ces signaux sur :

- Un environnement moyen de ces dernières années (2009-2019)
- Un environnement moyen des années jugées favorables pour les petits pélagiques (2005-2006)
- Des années extrêmes : année la plus chaude, année la plus froide et de même pour l'abondance des proies : année la plus riche et la plus pauvre.

WP5 Indicateurs environnementaux & état de santé des populations



Importance des paramètres biologiques : taille, condition qui réagissent vite
➔ besoin du maintien des échantillonnages des débarquements DCF

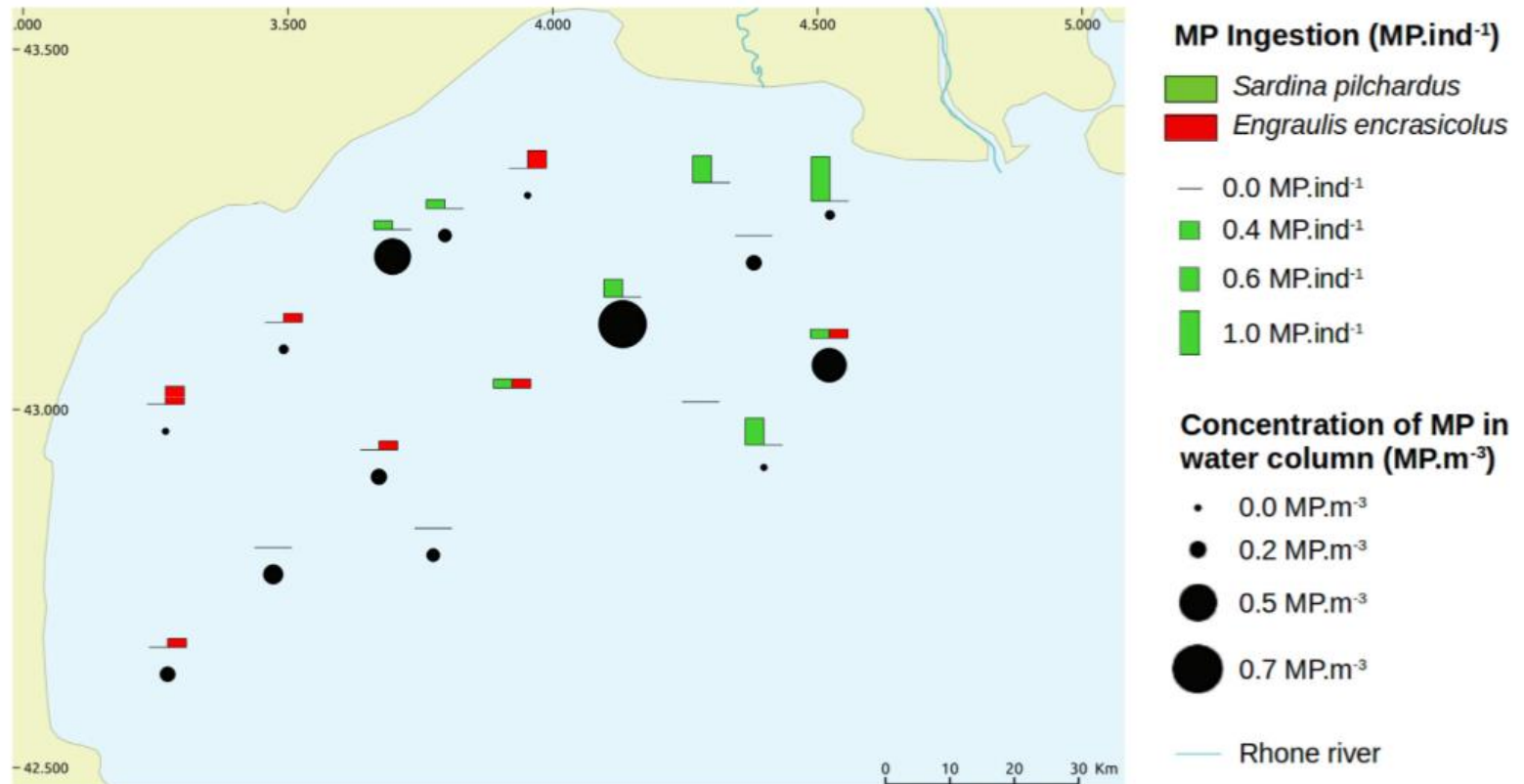
Impossibilité de définir un paramètre environnemental qui servirait d'indicateur
Environnement multifactoriel et doit être vu comme un tout

Besoin de suivi continu du plancton

Etude sur les microplastiques dans l'environnement

C. Lefebvre, et al.

Marine Pollution Bulletin 142 (2019) 510–519



Microplastique dans 93% des échantillons d'eau / 11 et 12% des anchois et sardines
En moyenne 8 débris par individu mais seulement 0.15 MP

Etude sur les microplastiques dans l'environnement

Marine Pollution Bulletin 142 (2019) 510–519



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Marine Pollution Bulletin

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



Microplastics FTIR characterisation and distribution in the water column and digestive tracts of small pelagic fish in the Gulf of Lions



Charlotte Lefebvre^{a,e,*}, Claire Saraux^a, Olivier Heitz^b, Antoine Nowaczyk^{c,d}, Delphine Bonnet^e

^a MARBEC, Université de Montpellier, Ifremer, IRD, CNRS, 34200 Sète, France

^b Institut Universitaire de Technologie de Montpellier-Sète, Université de Montpellier, 34200 Sète, France

^c Université de Bordeaux, EPOC, UMR 5805, 33400 Talence, France

^d CNRS, EPOC, UMR 5805, 33400 Talence, France

^e MARBEC, Université de Montpellier, Ifremer, IRD, CNRS, 34095 Montpellier, France

Autres polluants : contaminants organiques et inorganiques

➔ Thèse en cours

Le Projet Monalisa a permis de mieux comprendre les processus sous-jacents à la diminution de taille, d'âge et de condition de la sardine du Golfe du Lion:

- Changements environnementaux importants dans le Golfe du Lion 30 ans
- Hypothèse bottom-up confortée, mais non formellement validée
- La taille de l'alimentation est un paramètre très important car joue sur le comportement alimentaire de la sardine et donc ses dépenses énergétiques
- La sardine a mis en place des adaptations physiologiques et cellulaires
- La proportion de sardines dans un état critique dans la nature a augmenté ces dernières années
- L'hypothèse d'une surmortalité des adultes pendant ou après la reproduction également confortée

Merci pour votre attention

