



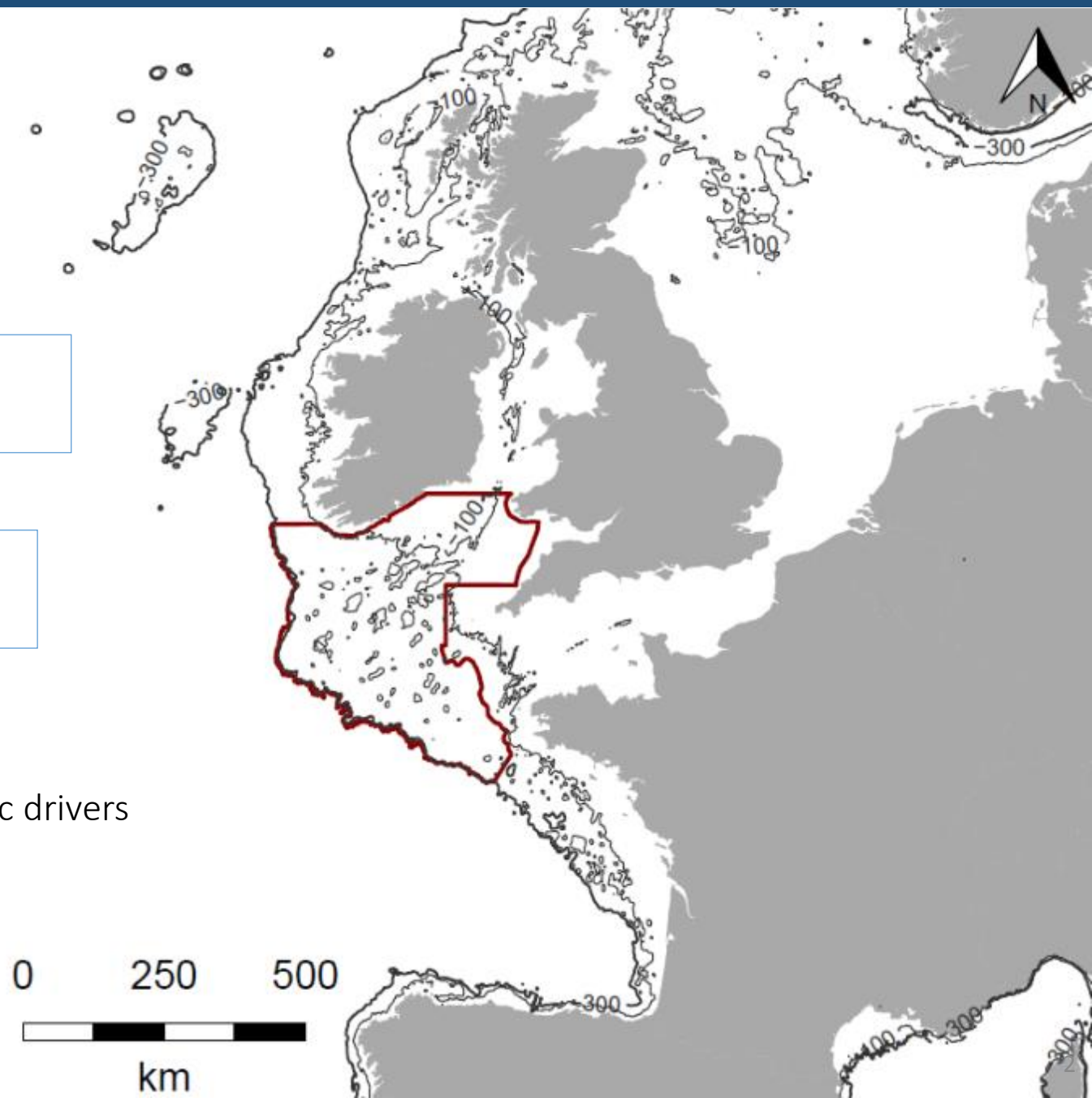
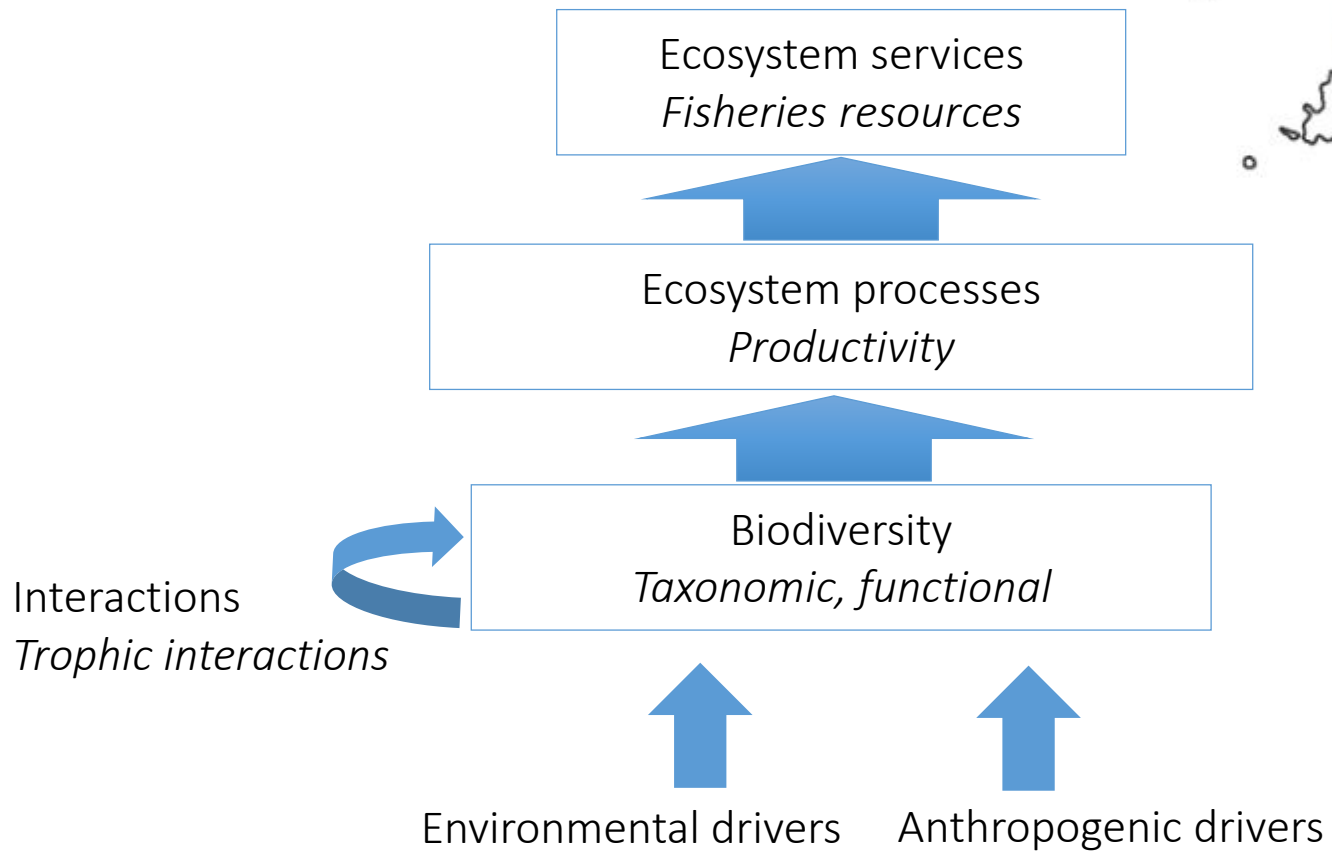
# Fishing trait sensitivity through food-web stability

Laurene MERILLET<sup>1,2</sup>, Raul PRIMICERIO<sup>3</sup>, Sandrine PAVOINE<sup>1</sup>,  
Maud MOUCHET<sup>1</sup>, Marianne ROBERT<sup>2</sup>, Dorothée KOPP<sup>2</sup>

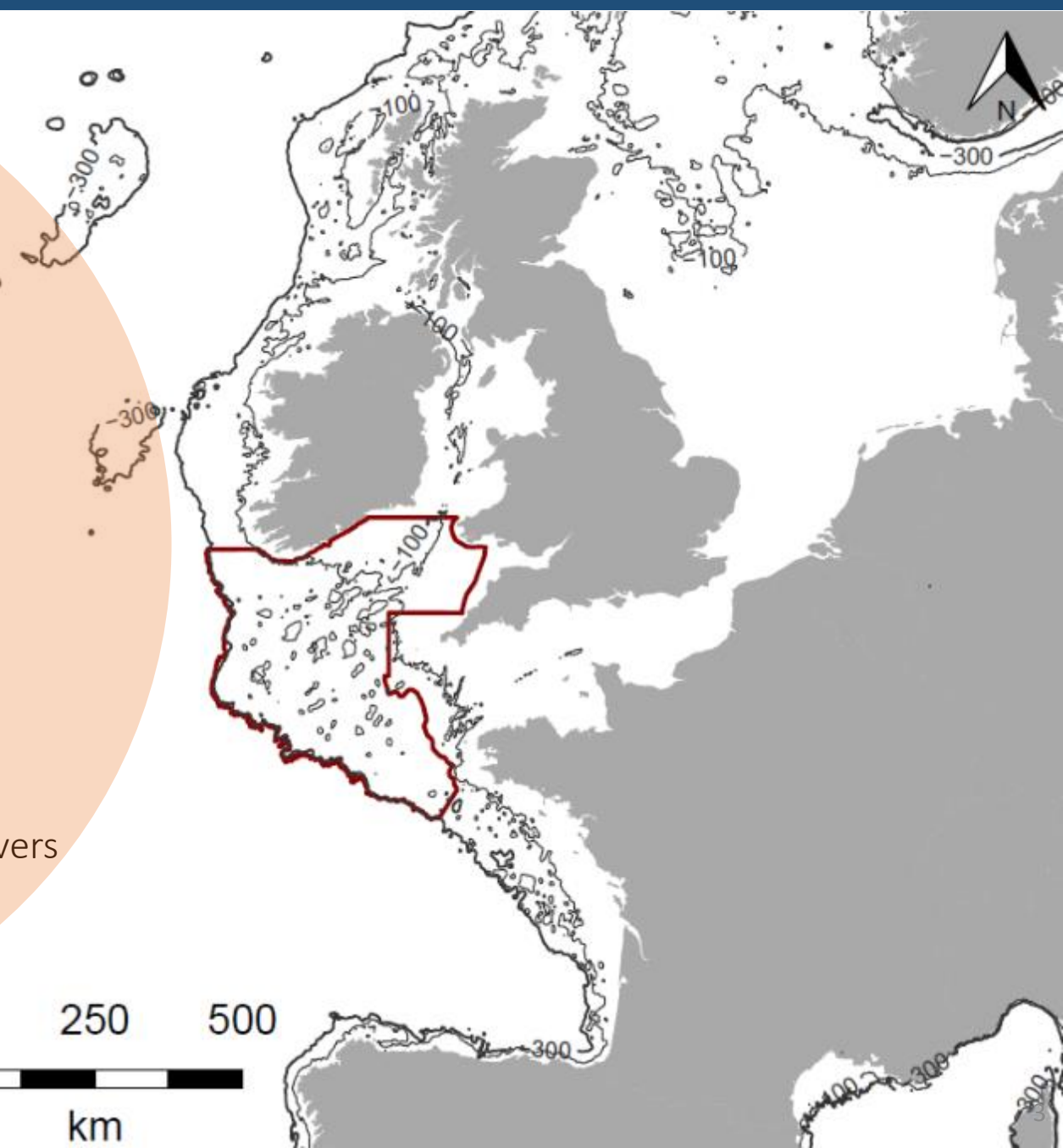
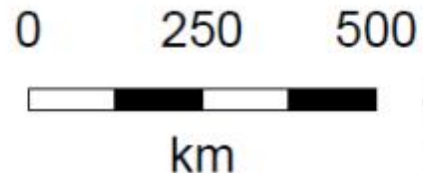
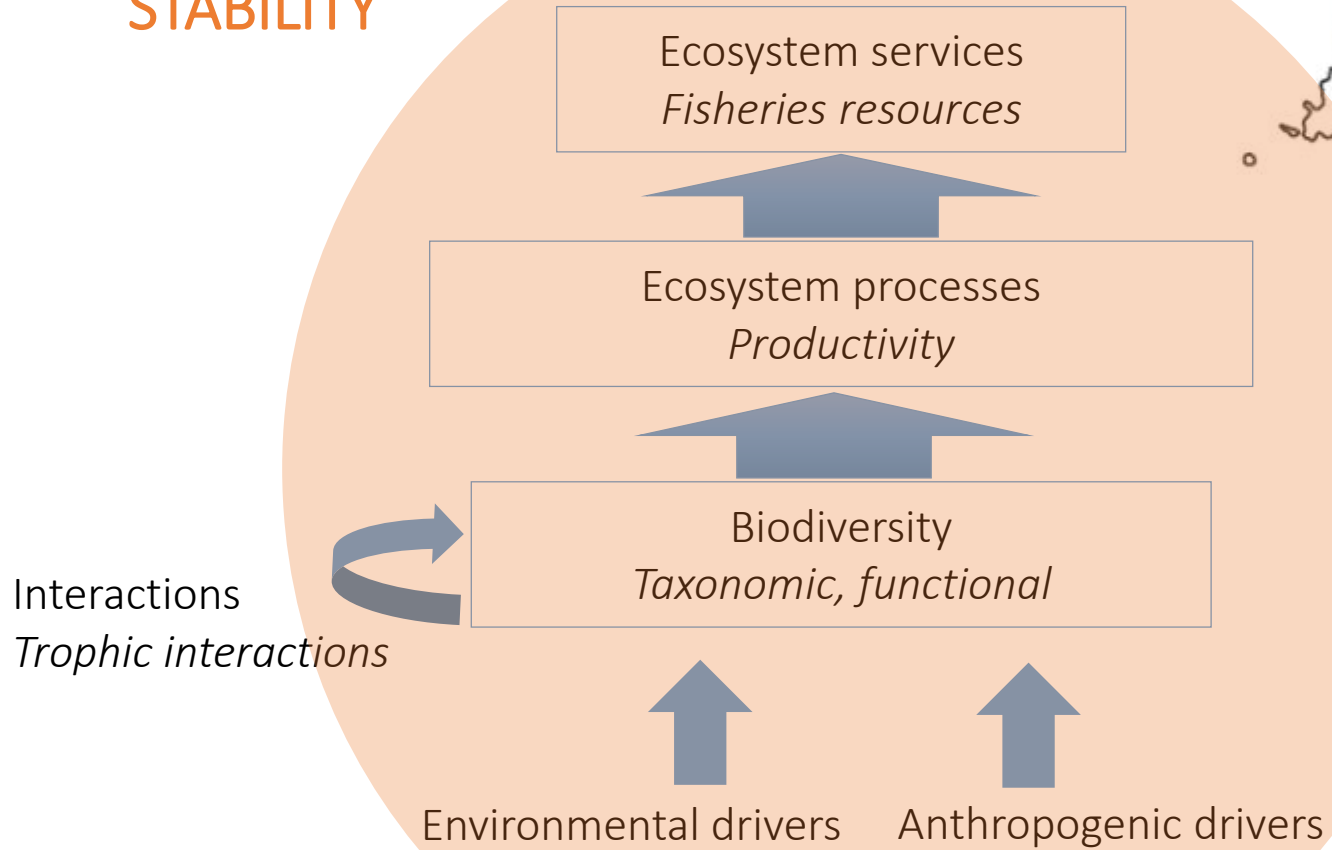
National Museum of Natural History, UMR 7204 CESCO, Paris, France

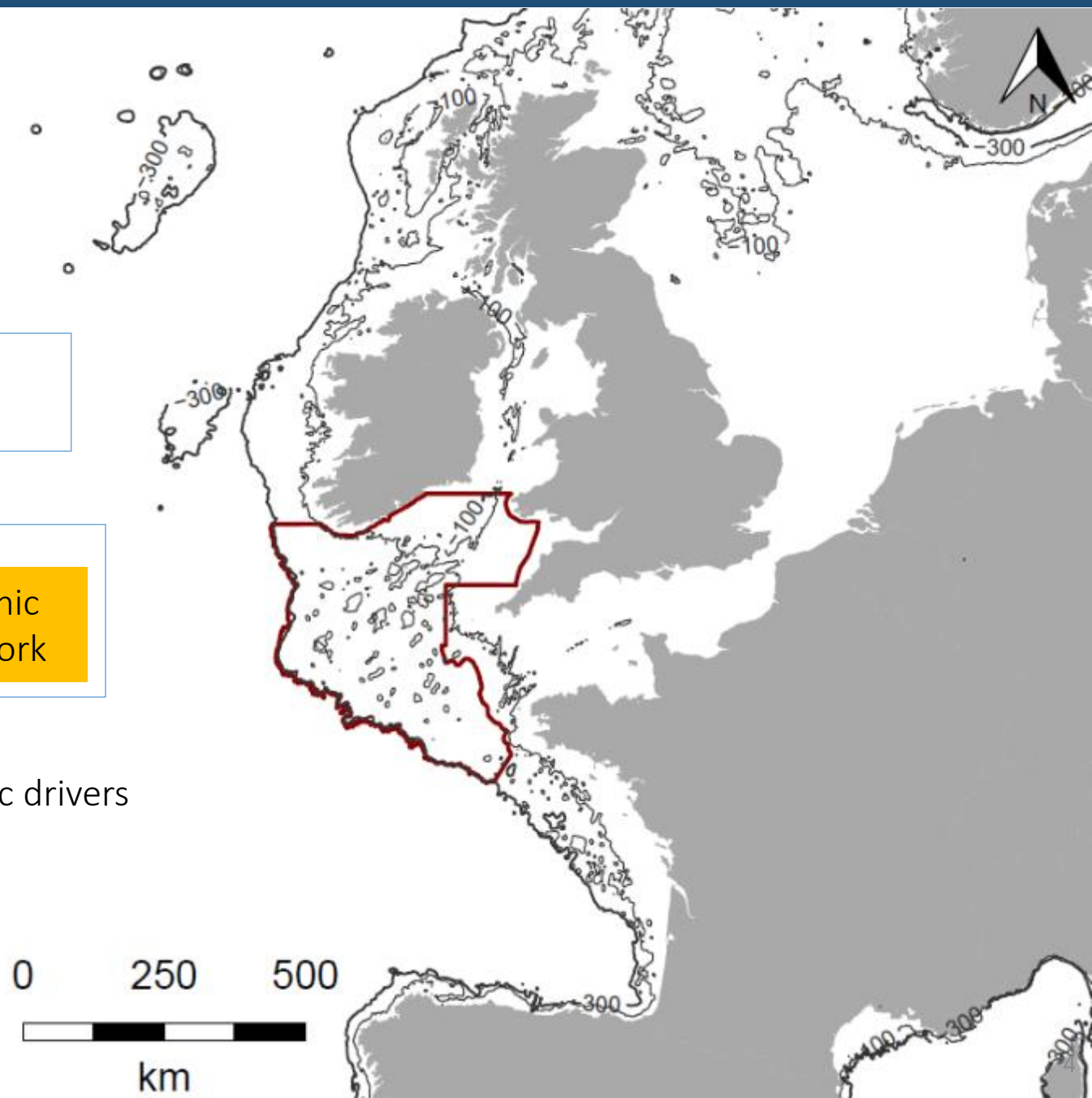
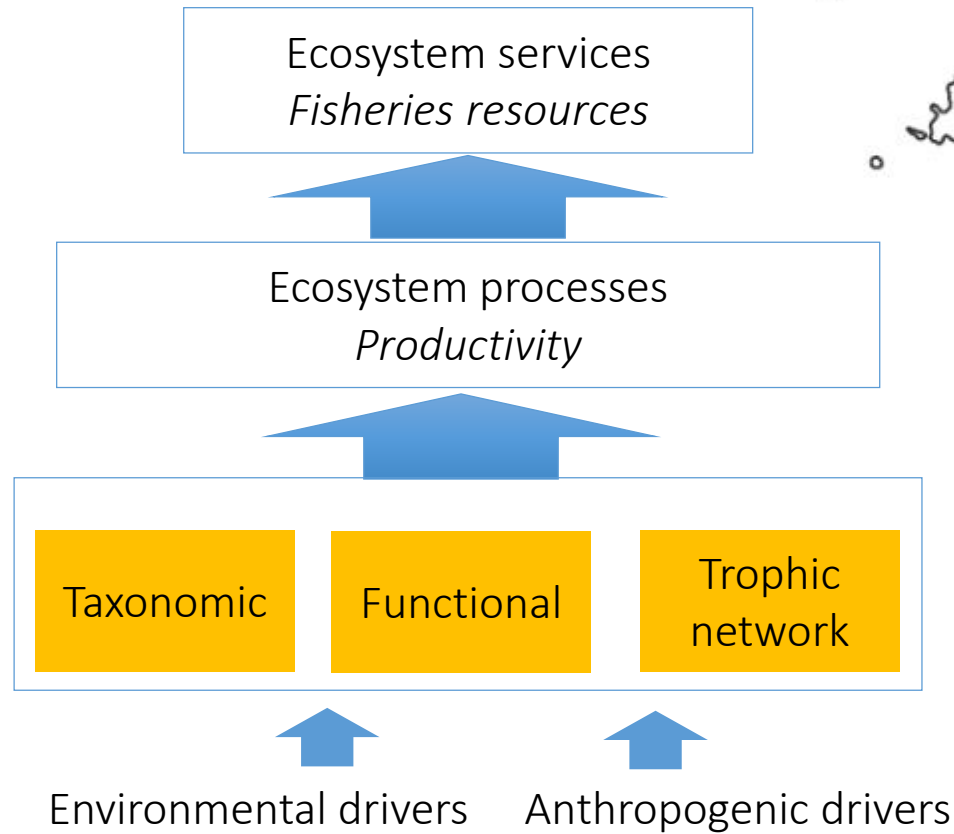
French Research Institute for the Exploitation of the Sea, Lorient, France

University of Tromsø, The Arctic University of Norway - Faculty of Biosciences, Fisheries and Economics, Tromsø, Norway



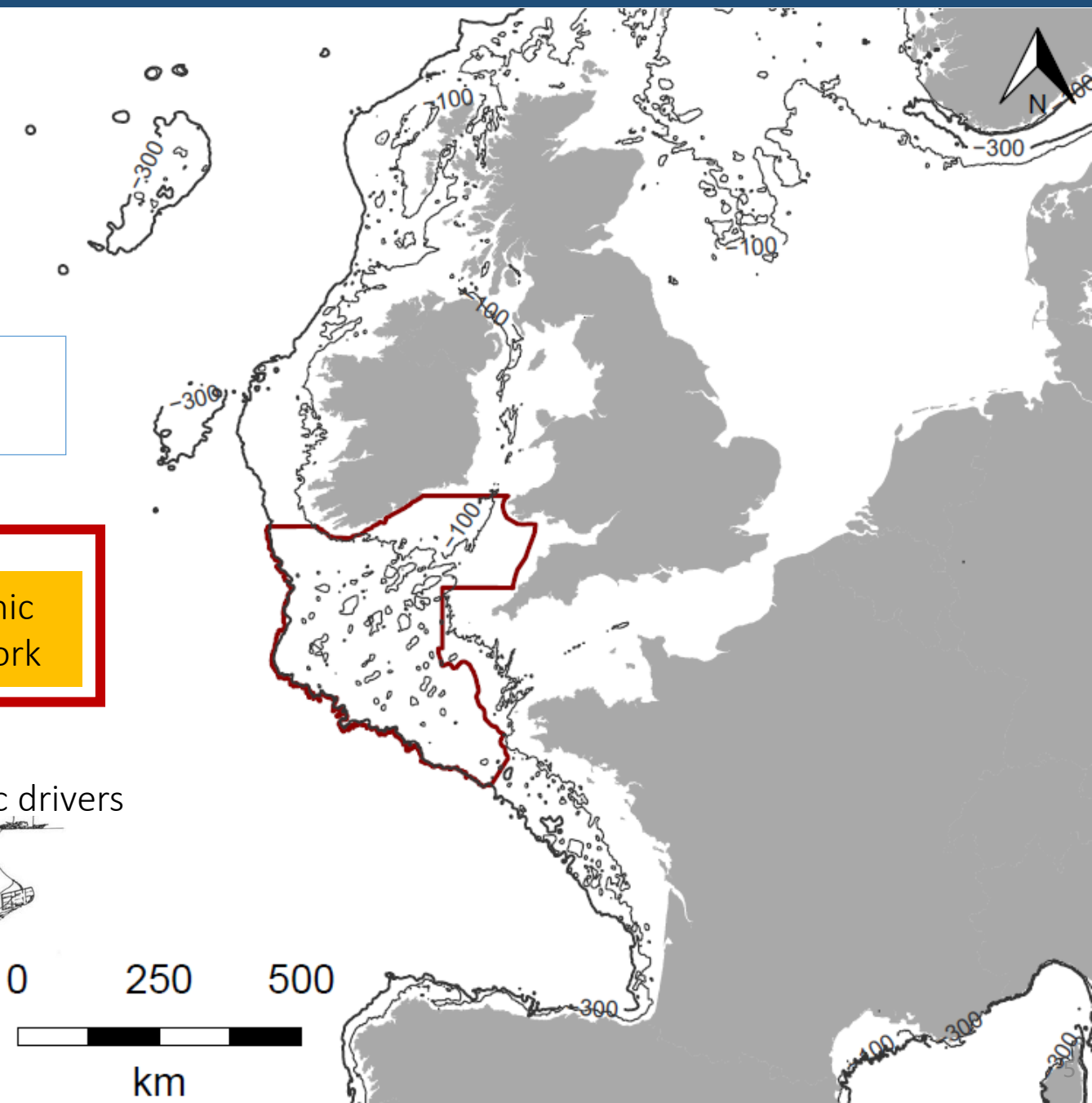
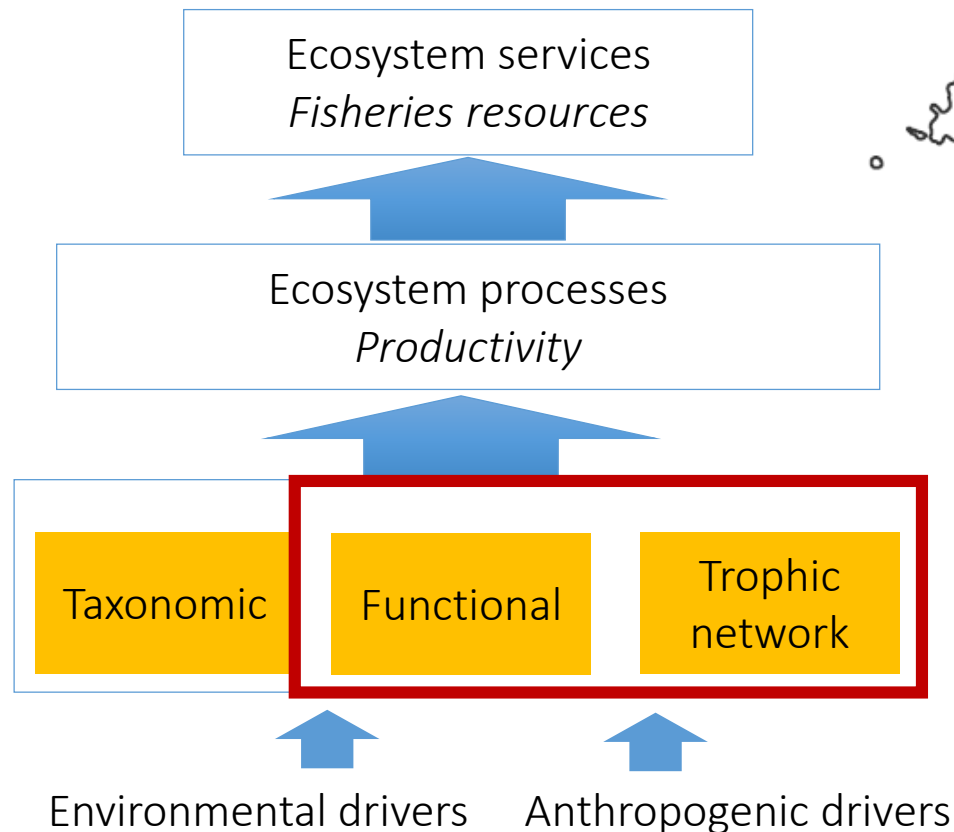
# STABILITY







STABILITY



Ecosystem services  
*Fisheries resources*

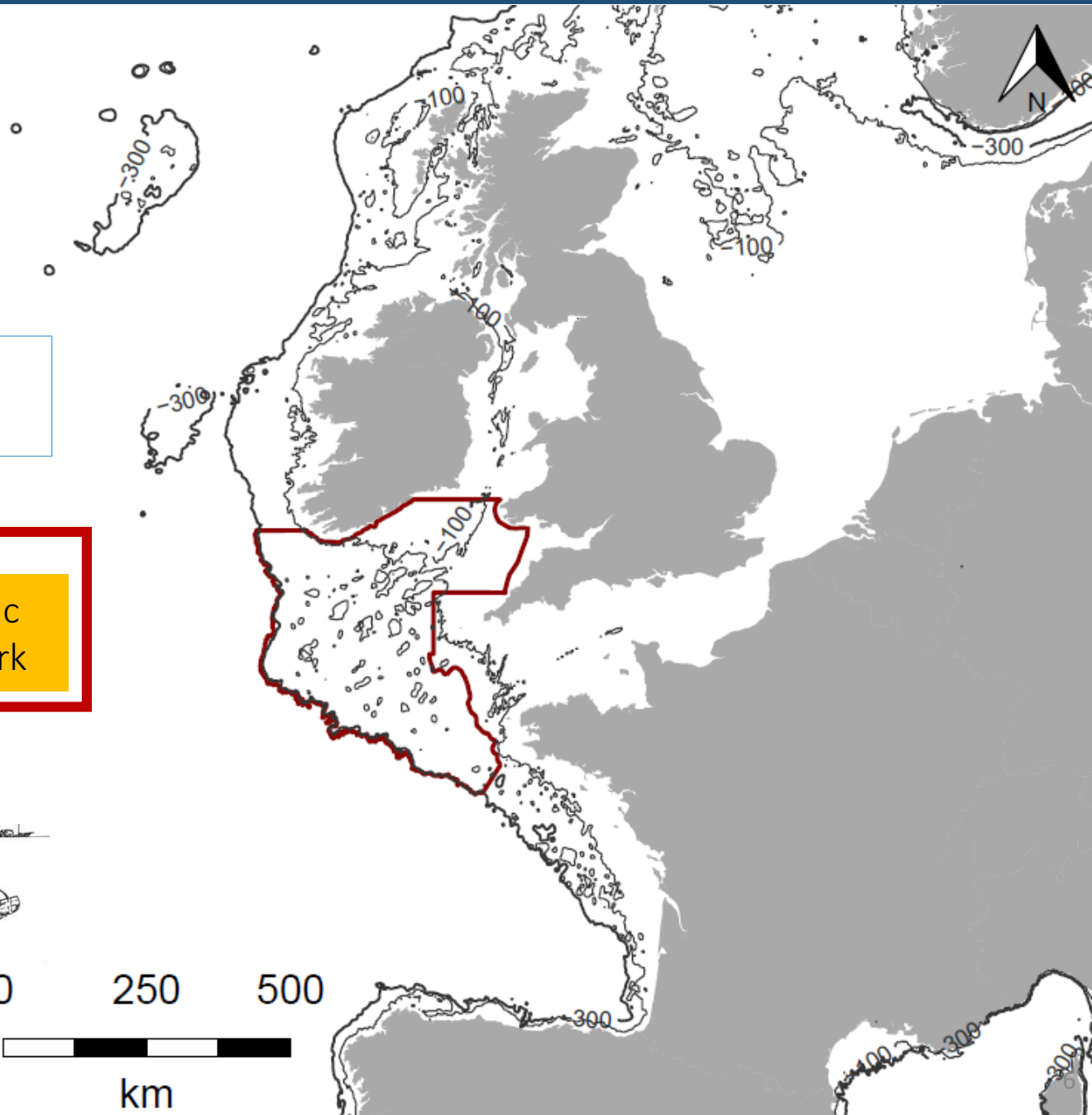
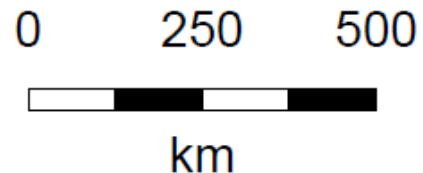
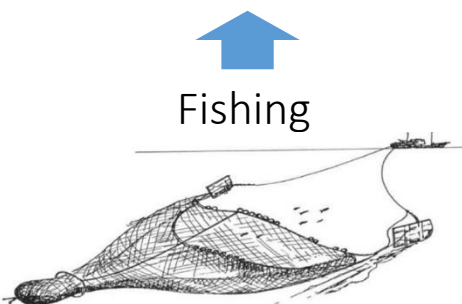
Ecosystem processes  
*Productivity*



STABILITY

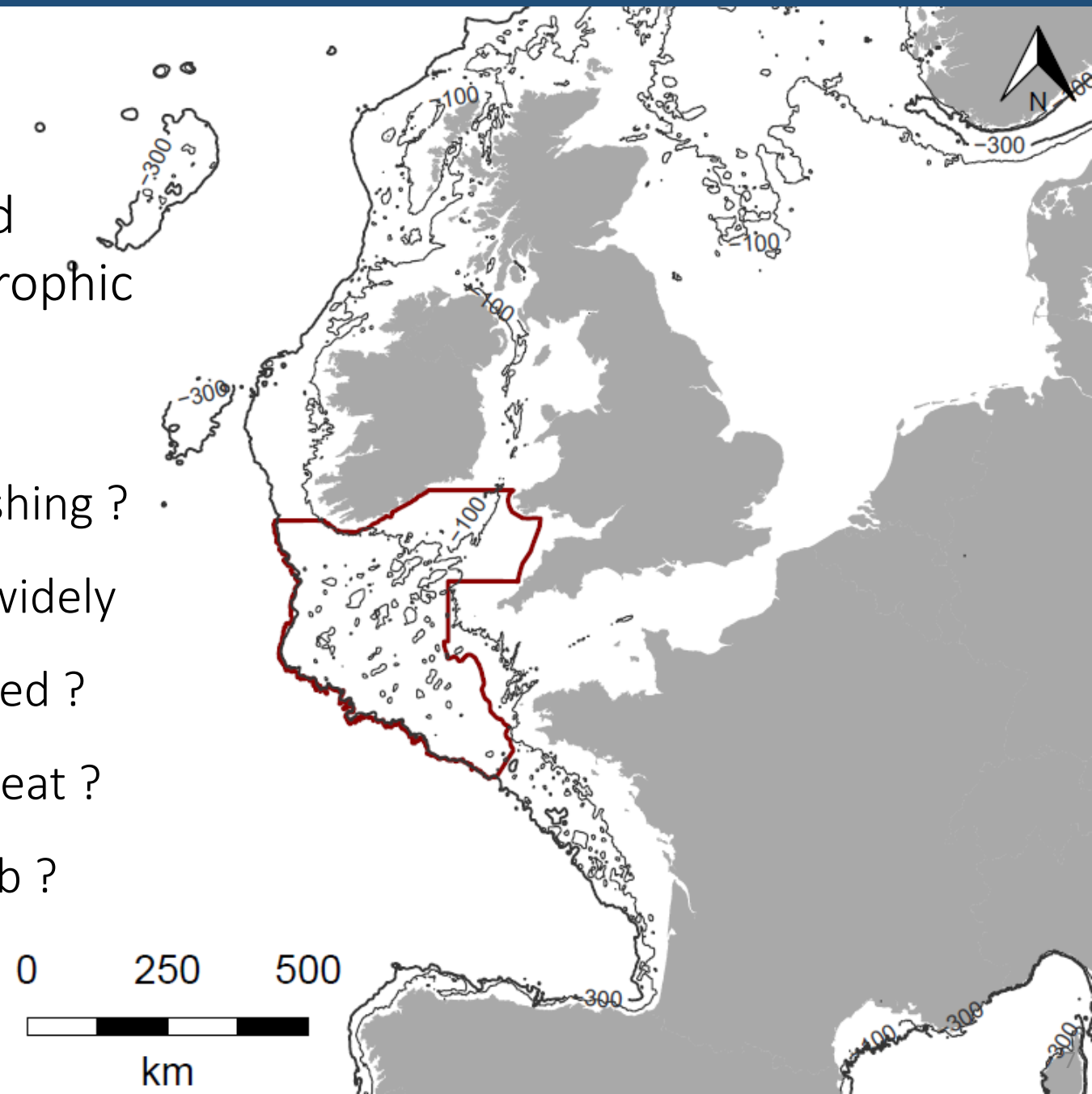
Threat ?

→ Use of sensitivity index



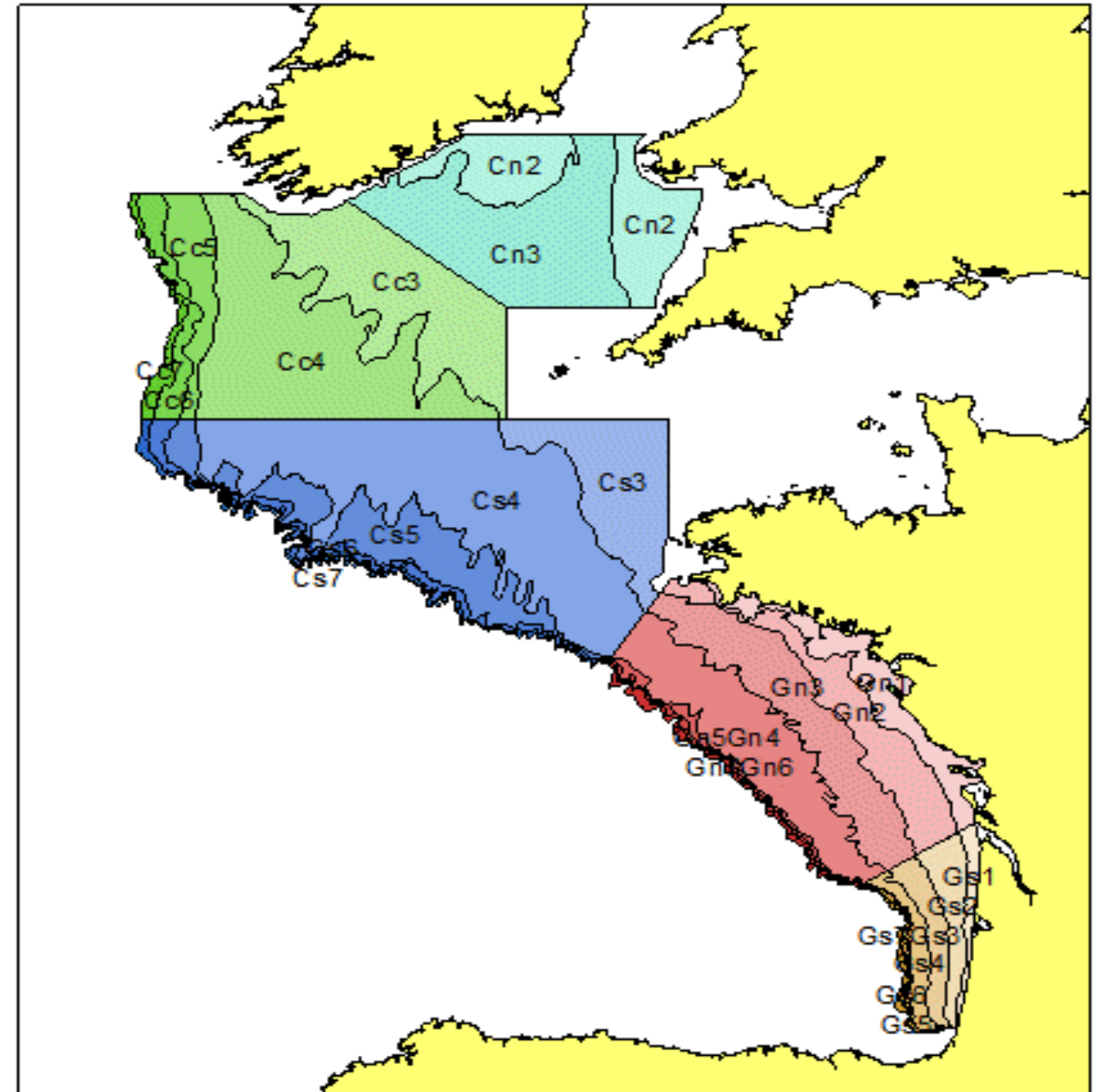
We investigated the sensitivity of species to fishing using a trait based approach and implication for the stability of the whole trophic network

1. What are the more sensitive species to fishing ?
2. Which species are susceptible to lead to widely spreading effects in the food web if affected ?
3. Is the food web robuste to this kind of threat ?
4. Is there a spatial structure of the food web ?



# Data – from EVHOE survey

Part of the European international bottom trawl survey. Standardized sampling since 1997

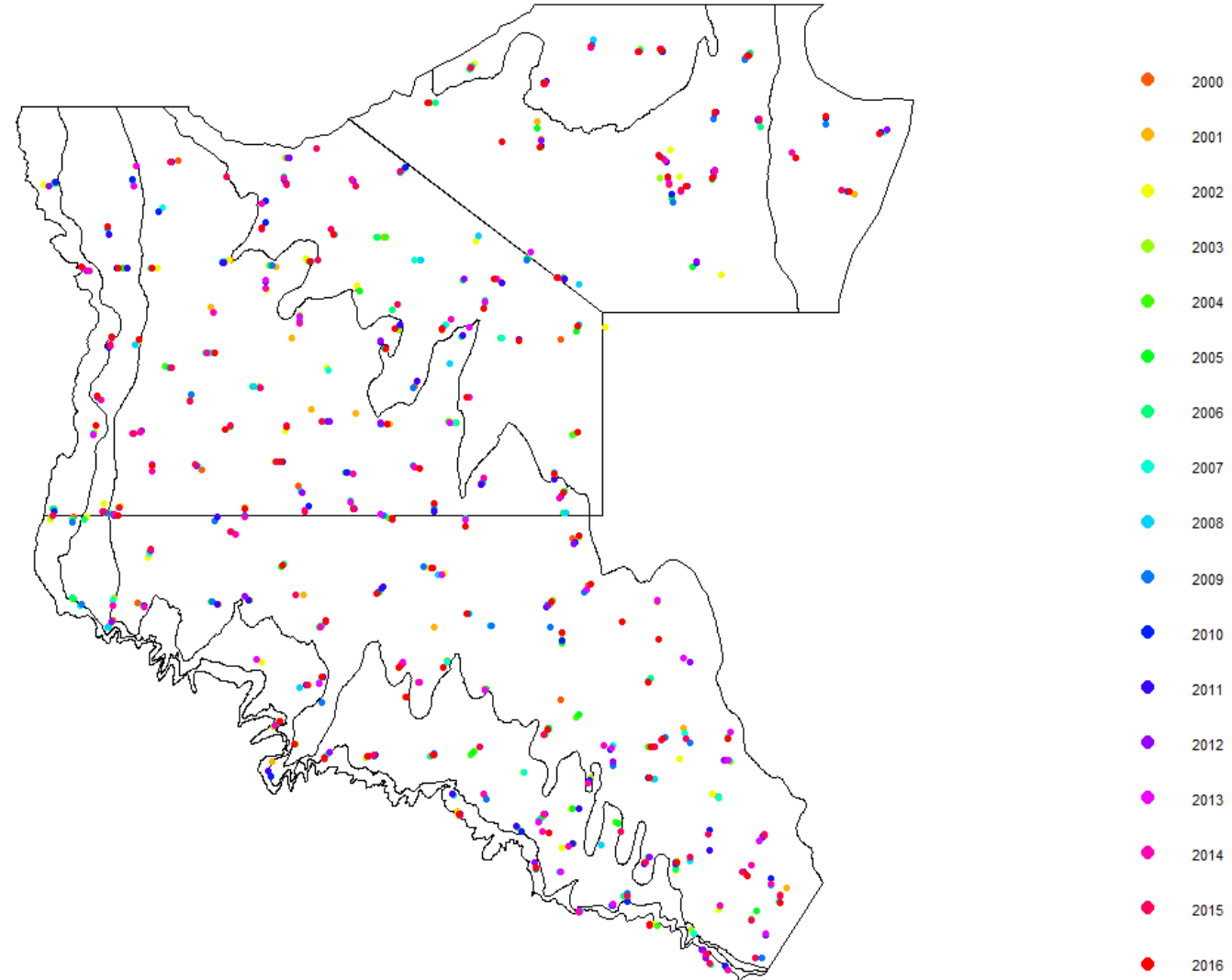




# Data – from EVHOE survey

Part of the European international bottom trawl survey. Standardized sampling since 1997

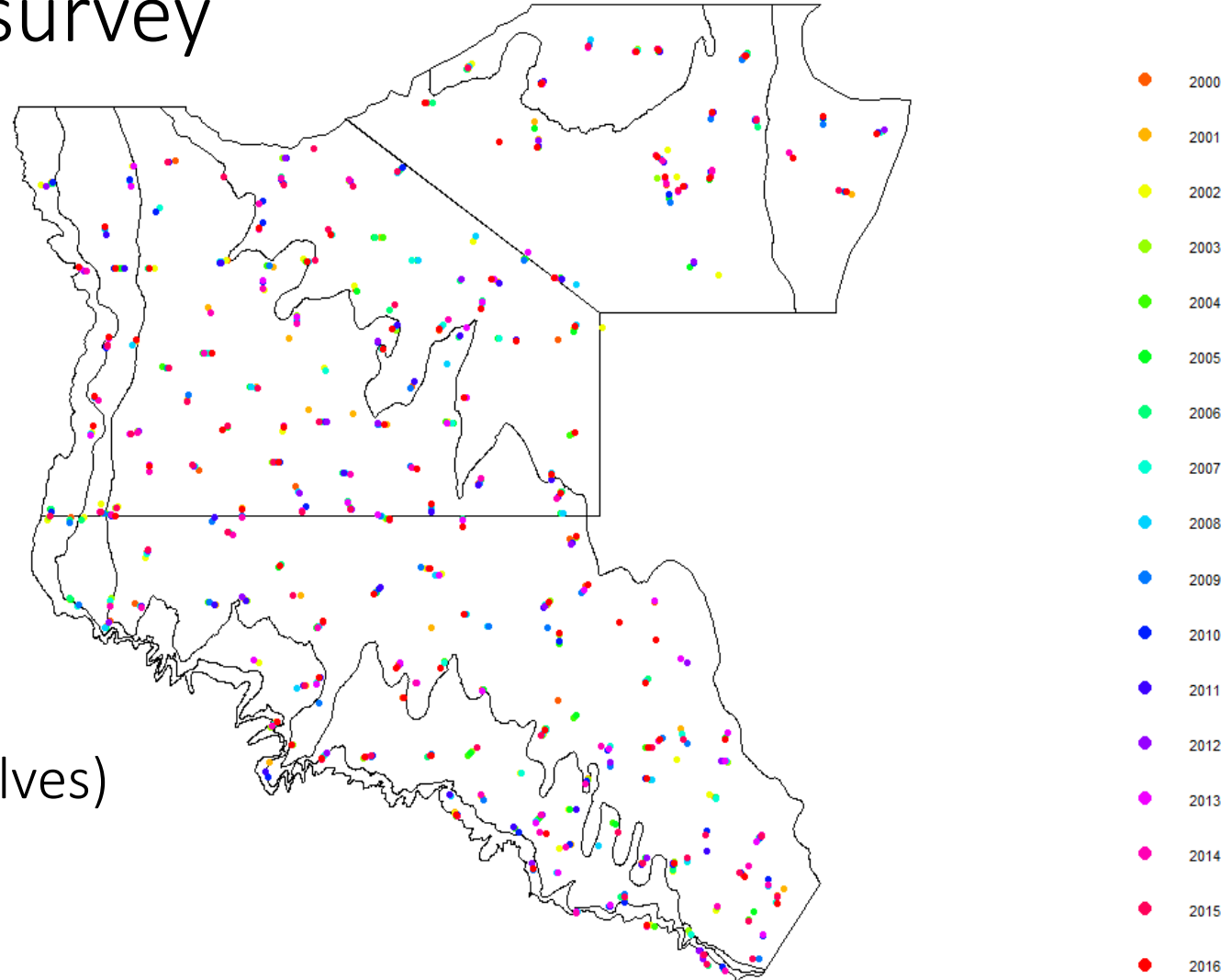
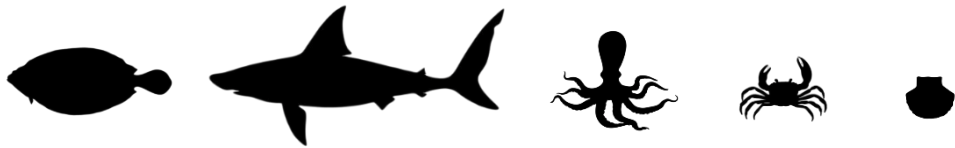
- Sampling sites are drawn from a bank of potential hauls in each depth-sediment stratum
- GOV net, 20 mm codend mesh



# Biomass data – from EVHOE survey

Part of the European international bottom trawl survey. Standardized sampling since 1997

- Sampling sites are drawn from a bank of potential hauls in each depth-sediment stratum
- GOV net, 20 mm codend mesh
- megabenthic and demersal species (fish, cephalopods, crustaceans, bivalves)



# Trophic data – from EVHOE survey and professional boats

## Isotopic measurements

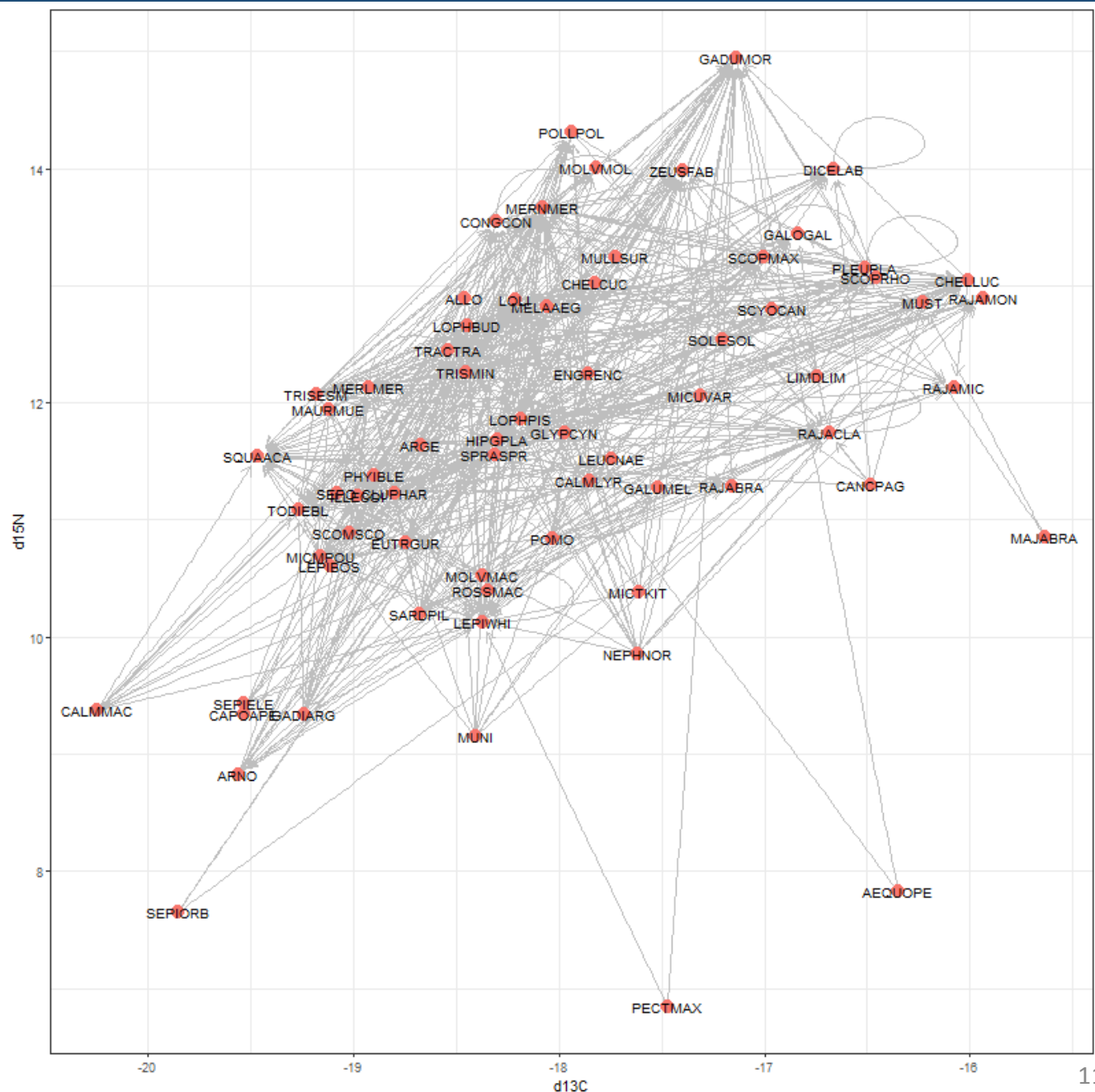
- 69 megabenthic and demersal species

➔ Values of  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{13}\text{C}$   
(lipid and baseline corrections)



## Bibliographic data on prey-predator interactions

- From P.-Y. Hervann's PhD work
- ➔ Trophic links



# Sensibilité des espèces à la pêche et potentielles implication pour la stabilité du réseau trophique

Problématique: quelles sont les espèces les plus sensibles vis à vis de la pression de pêche ? Leur position dans le réseau trophique permet-elle une propagation rapide d'une potentielle perturbation les affectant?

Comment évaluer la sensibilité? → Utilisation de traits d'histoire de vie, relative aux stratégies d'histoire de vie

Biological traits	Type	Levels
Max length	numeric	
Reproductive guilds	factor	Bearer, non-guarder, guarder
Longevity	numeric	
Fecundity	factor	low, medium, high, very_high
Offspring size	numeric	
Age at maturity	numeric	

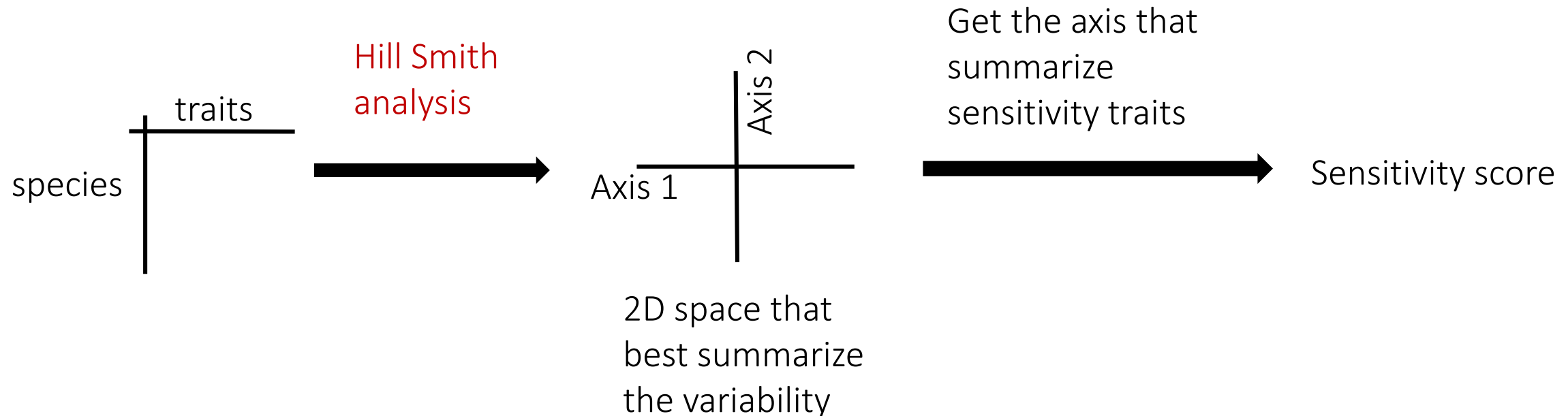
Related to fast-slow life history strategy, known to respond to fishing (Wiedmann et al. 2014)

# Sensitivity of species to fishing and implication for the stability of trophic networks

How to evaluate sensitivity ?

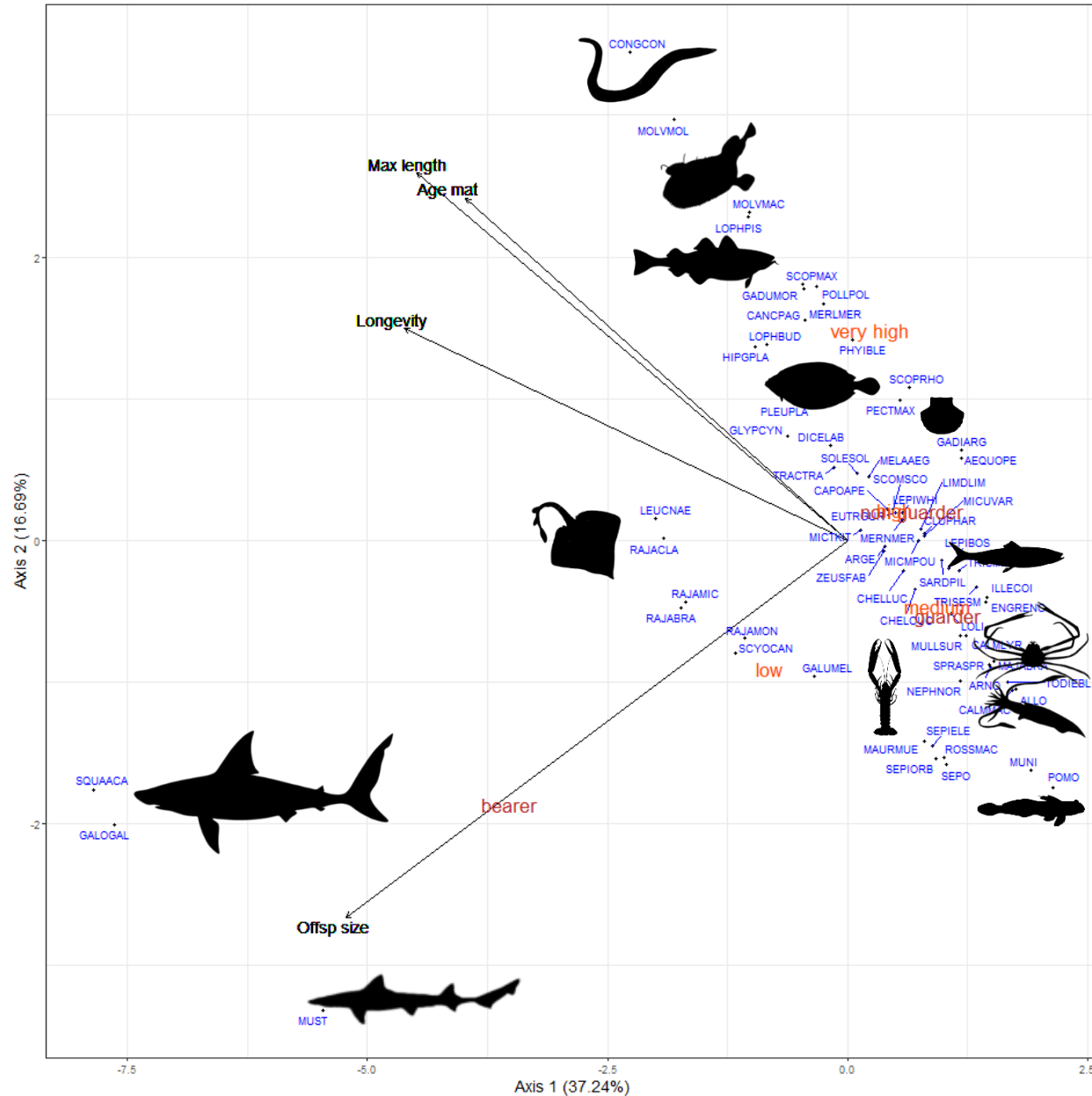
→ Use of biological traits related to life strategy

→ Get an integrative metric of that sensitivity: multivariate analysis

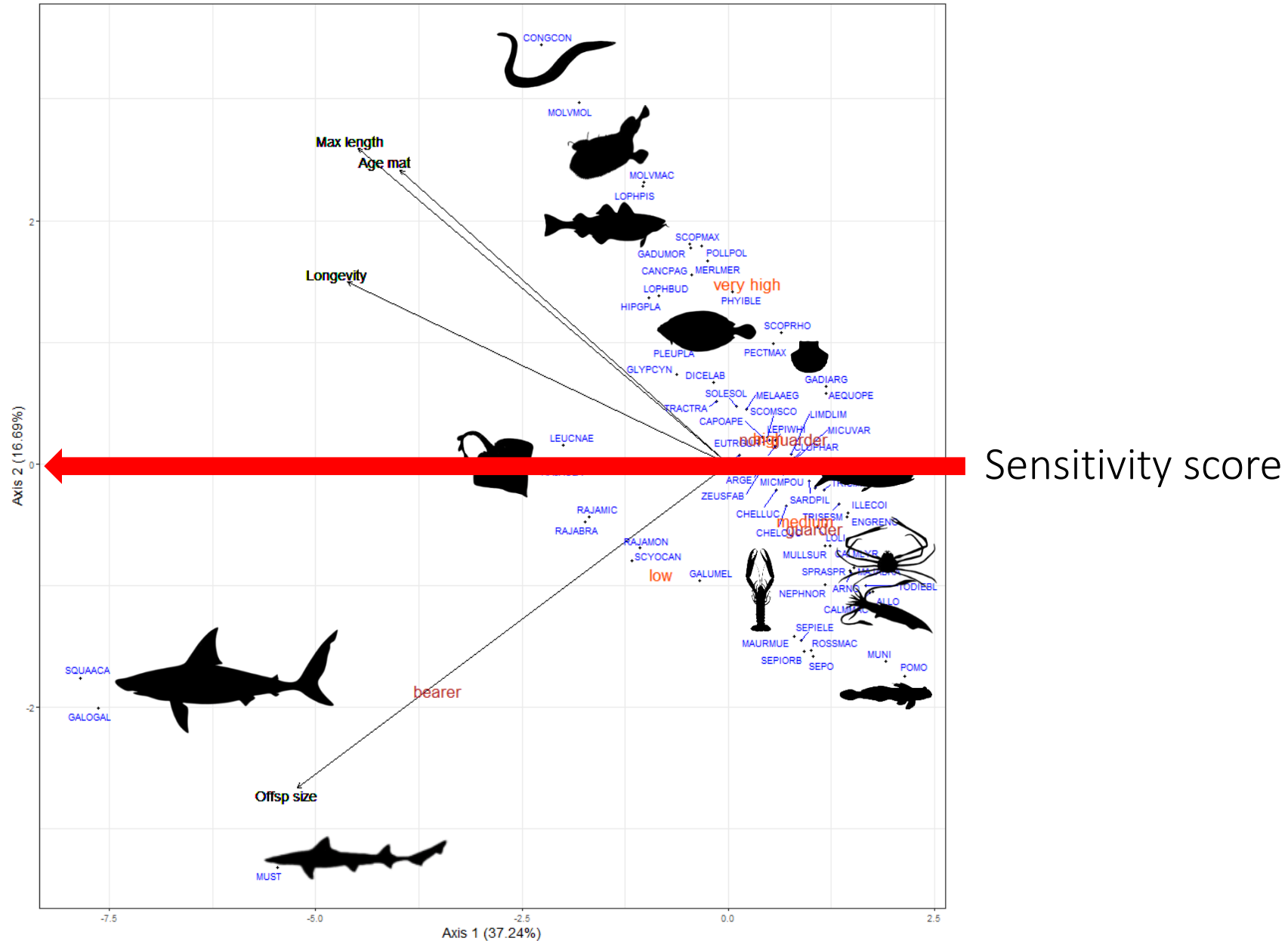




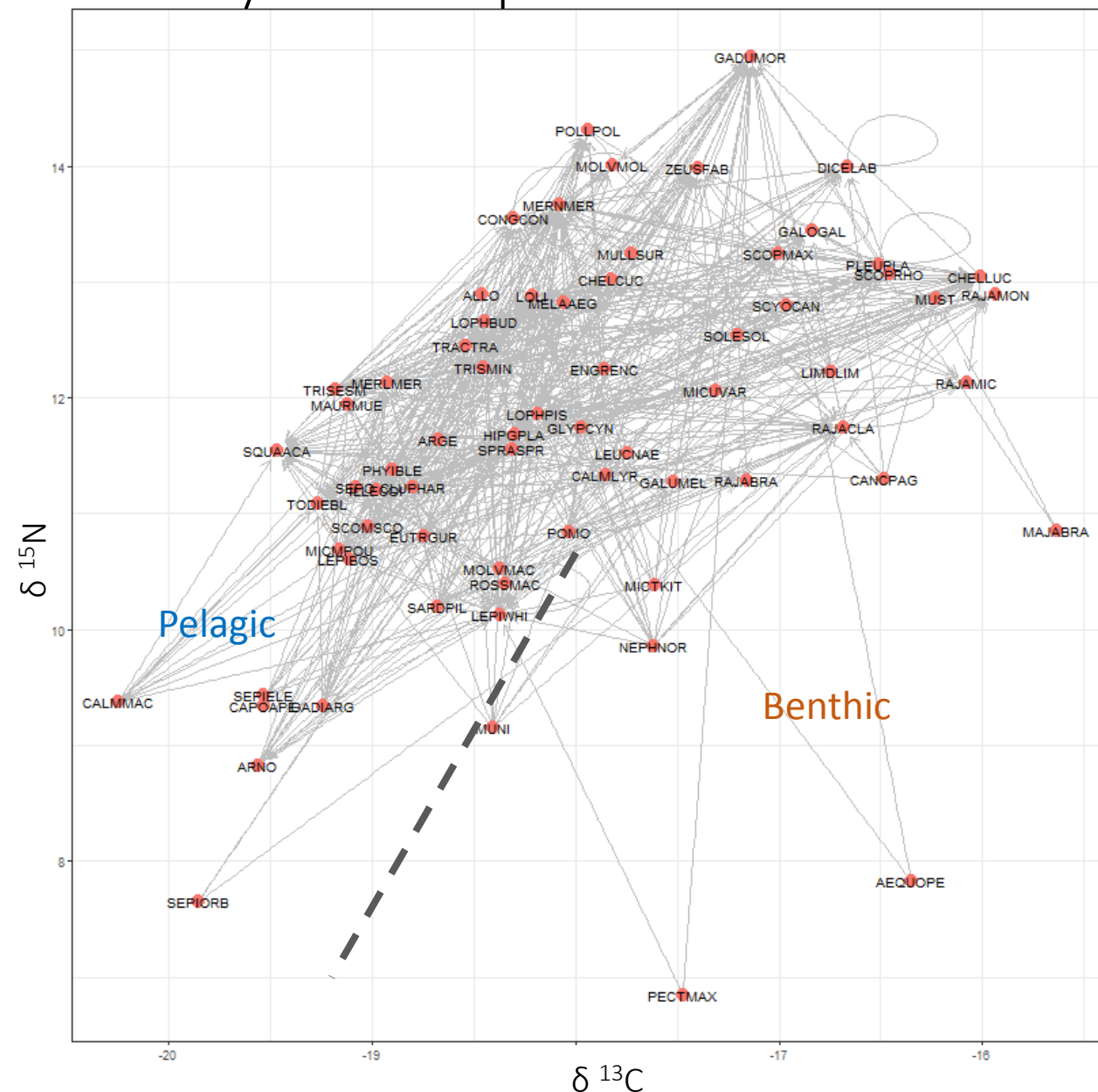
# 1- Sensitivity of species to fishing



# 1- Sensitivity of species to fishing



## 2- Stability of the trophic network



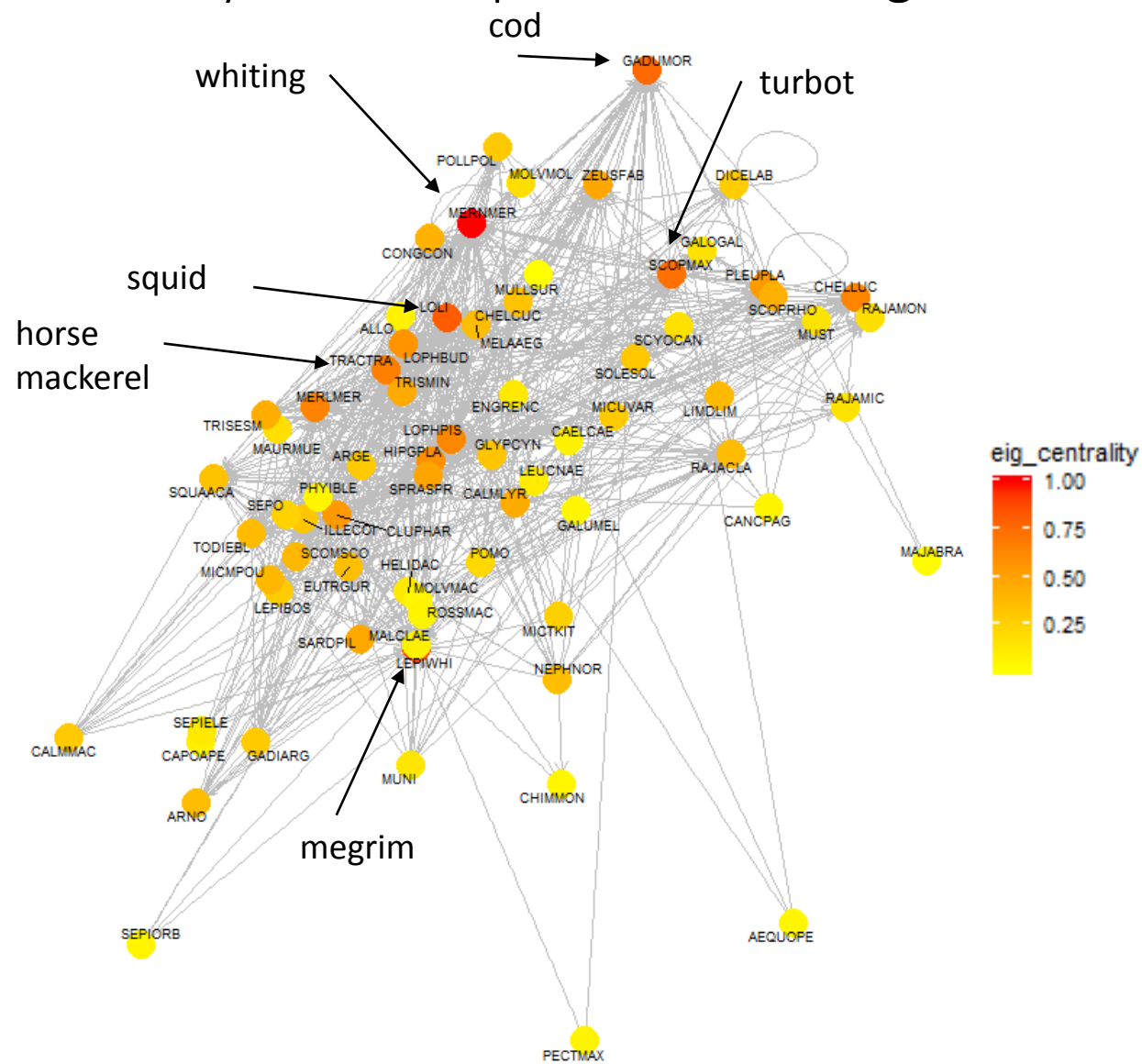
Trophic network structure determined from isotope measurements

Structuring properties of the food web to characterize its robustness:

**Eigen centrality** : quantify if a species is linked to highly connected species

→ central species if threaten would have spreading effects across the whole network

## 2- Stability of the trophic network: Eigen centrality

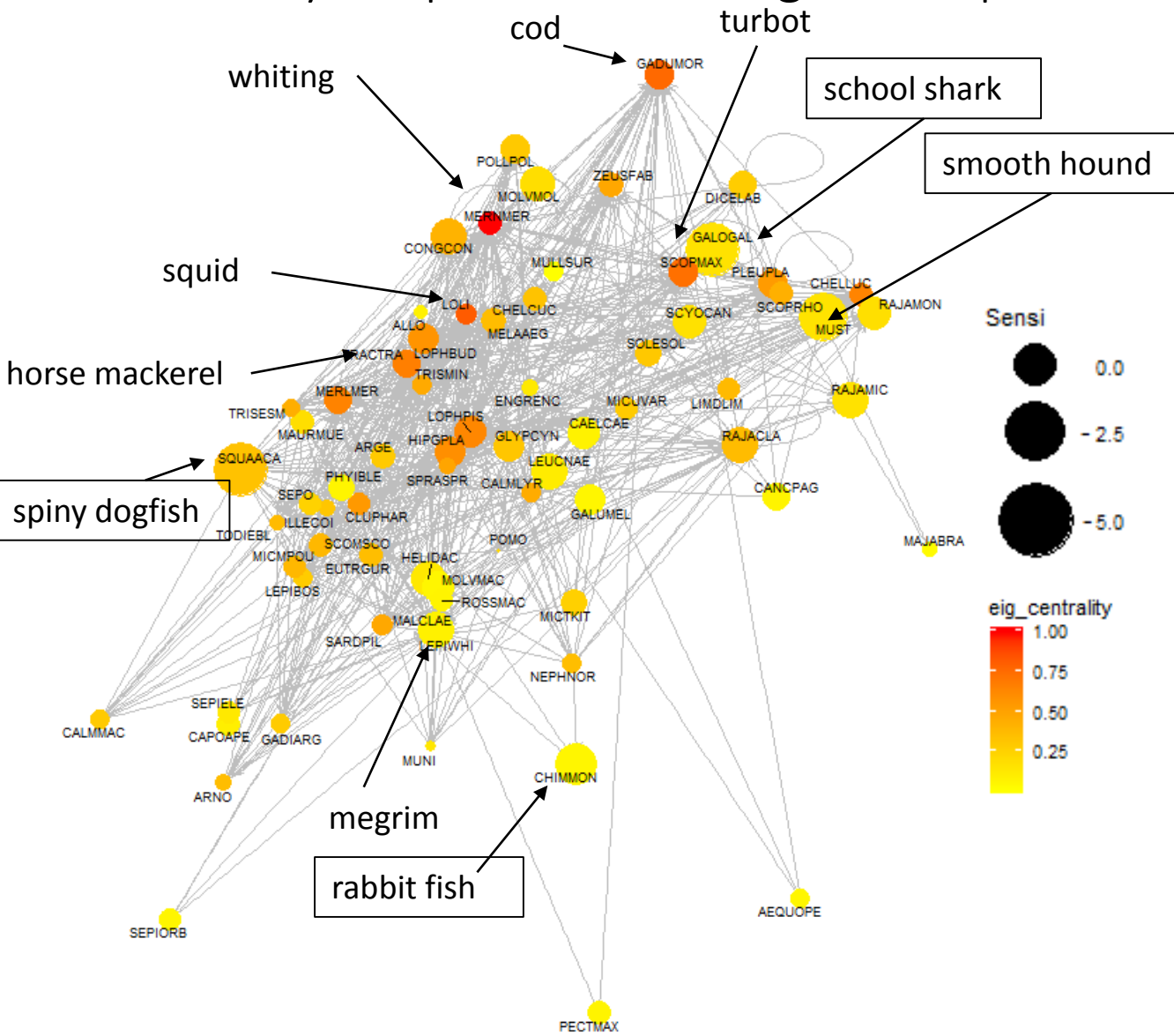


Species that are linked to a lot of species that are themselves linked to a lot of species have the highest eigen centrality score





### 3- Sensitivity of species to fishing and implication for the stability of trophic networks



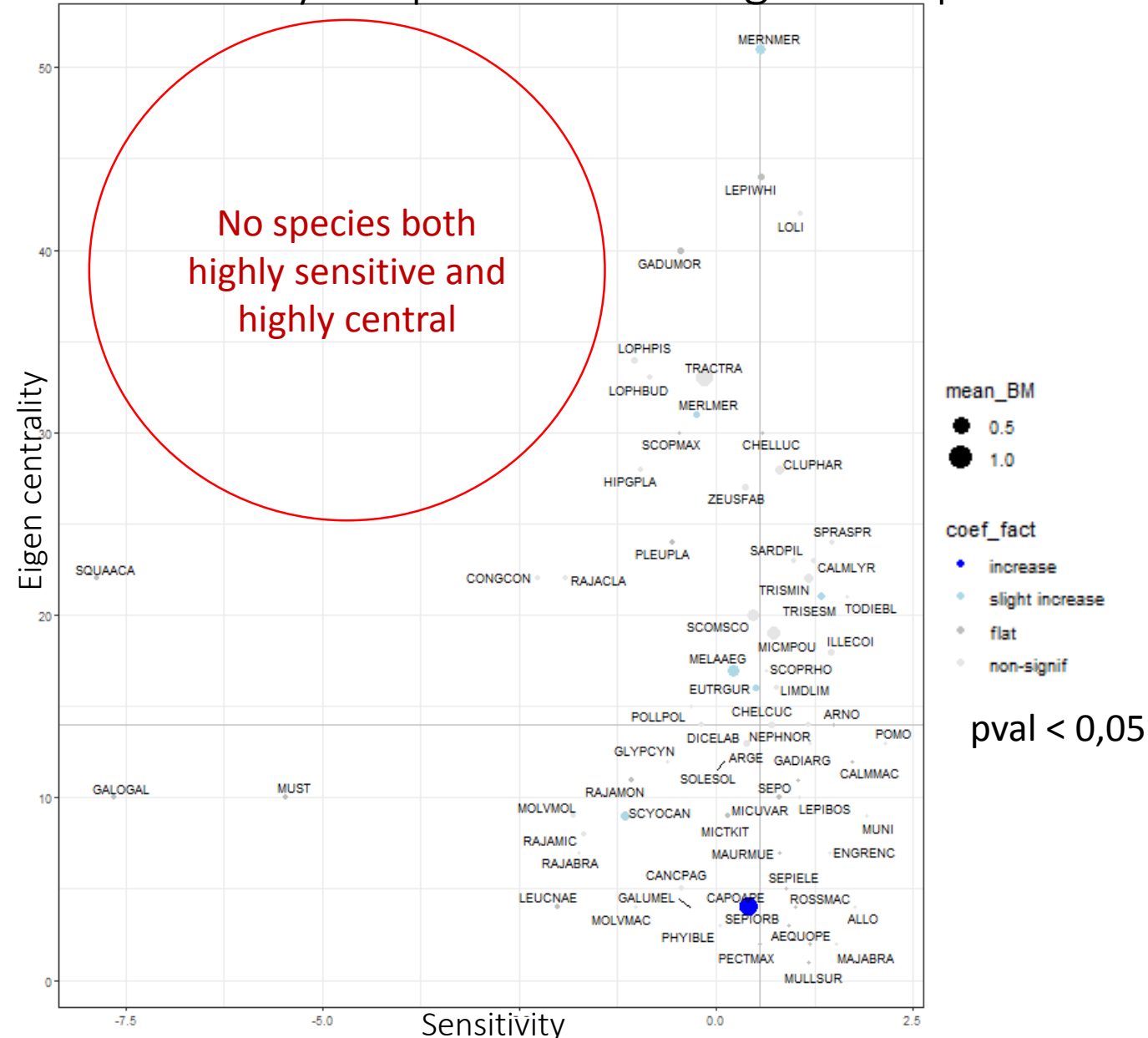
Sensibilité et centralité: pas d'espèce à la fois très sensible et centrale

Bonne nouvelle!

Certaines espèces sont sensibles, mais sont-elles exposées ?

→ Notion de vulnérabilité  
 Vulnérabilité = sensibilité x exposition

### 3-Sensitivity of species to fishing and implication for the stability of trophic networks



Information on the exposure of the species:  
Trend of the biomass along the time series

Information on its importance into the ecosystem processes: mean biomass

### 3-Sensitivity of species to fishing and implication for the stability of trophic networks

Autre indicateur de l'exposition des espèces à la pêche ?

Ratio biomasse affectée par la pêche sur biomasse totale sur zone.

$$I_{\text{exposure}} = \frac{B_{\text{pêche}}}{B_{\text{totale}}} = \frac{B_{\text{landed\_7ej}} * \left(1 + \frac{B_{\text{discard\_7bk}}}{B_{\text{landed\_7bk}} + B_{\text{discard\_7bk}}}\right)}{B_{\text{totale}}}$$

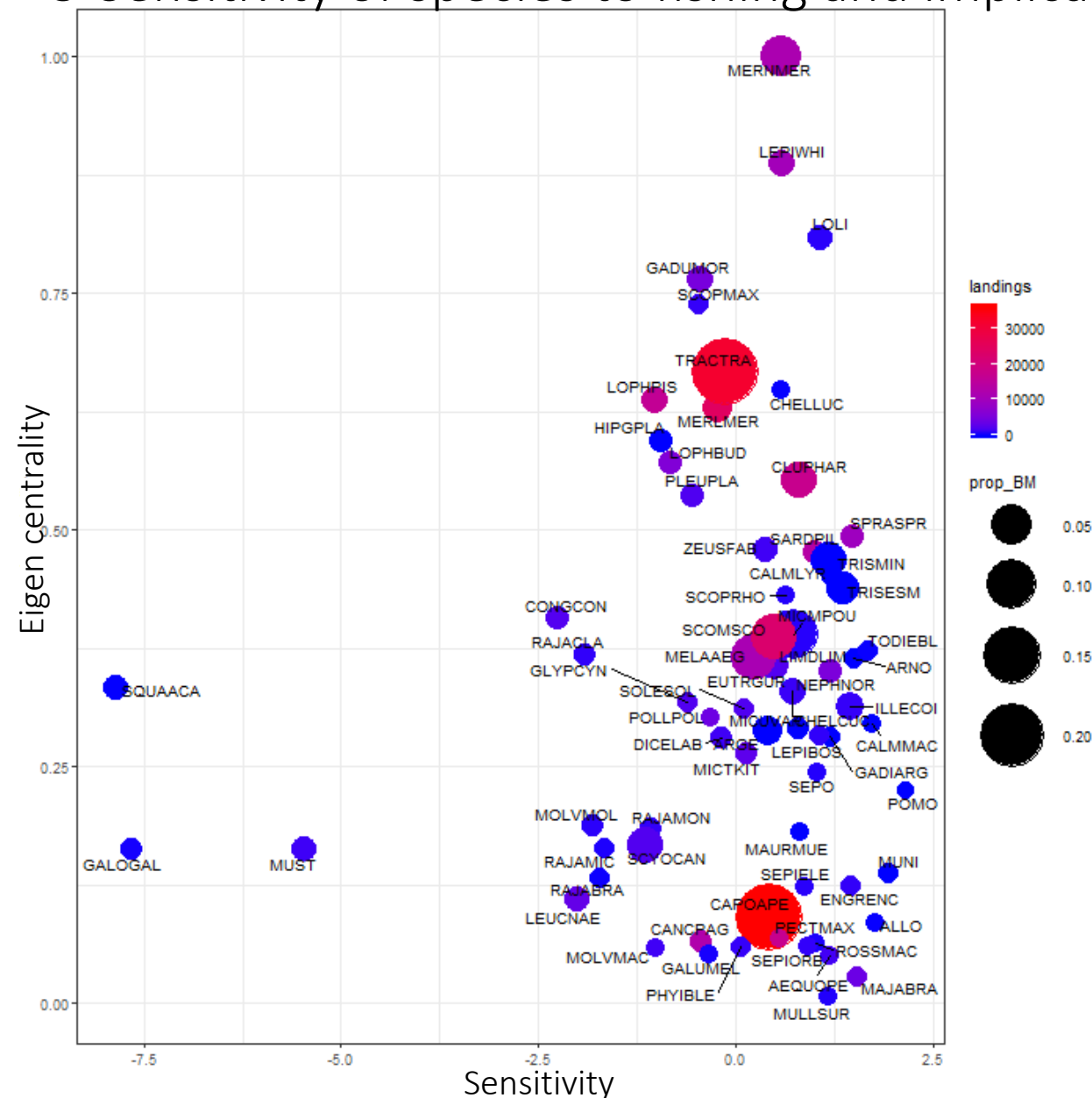
Avec

$B_{\text{landed\_7ej}}$  la biomasse débarquée, données du CSTEP dans la zone 7e à 7j

$B_{\text{landed\_7bk}}$  et  $B_{\text{discard\_7bk}}$  la biomasse débarquée et rejetée, données du CSTEP dans la zone 7b à 7k

$B_{\text{totale}}$  la biomasse totale estimée sur en Mer Celtique (7ej), modèle Ecopath with Ecosim (Thèse PY Hervann)

### 3-Sensitivity of species to fishing and implication for the stability of trophic networks



Taille des points : proportion de la biomasse de chaque espèce dans la biomasse totale EVHOE 2000-2016

→ Petits points rouge: espèce à faible biomasse, mais grand poids débarqué.  
Coquille St Jacques, tourteau, baudroie

→ A faire avec exposition, quand valeurs correctes de biomasses totales sur la zone

### 3-Sensitivity of species to fishing and implication for the stability of trophic networks

Indice de centralité des espèces renseigne de manière qualitative sur la propagation potentielle d'une perturbation au niveau de l'espèce.

Moyen quantitatif ? → extinction secondaire après avoir retiré une ou plusieurs espèces du réseau

Une espèce est déclarée éteinte quand elle a perdu 25%, 50%, 75% ou 100% de ses liens entrants (proies)

Les extinctions ont été simulées dans 2 ordres différents:

a- Les espèces les plus sensibles en premier

b- Les espèces les plus centrales (eigen centrality)



### 3-Sensitivity of species to fishing and implication for the stability of trophic networks

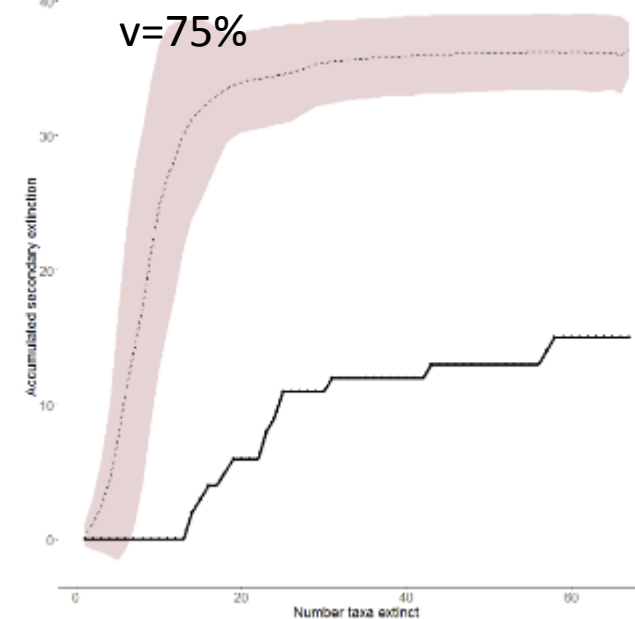
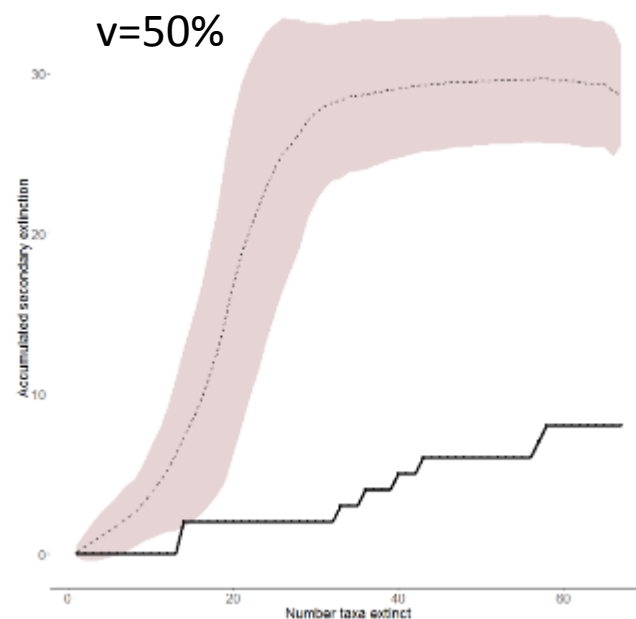
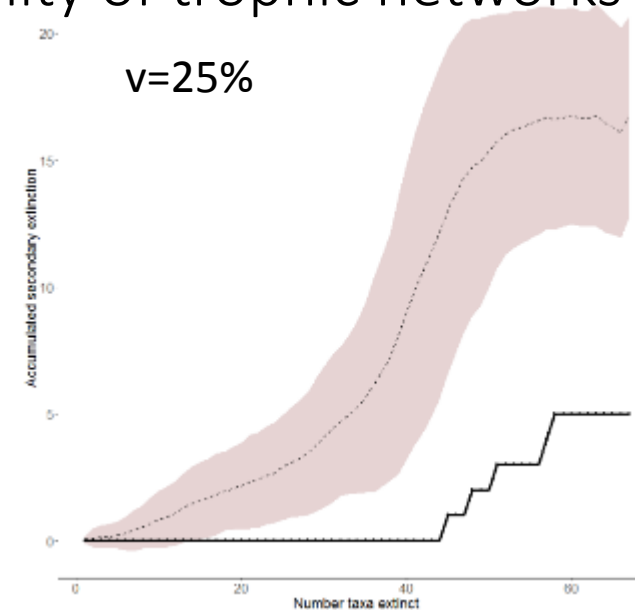
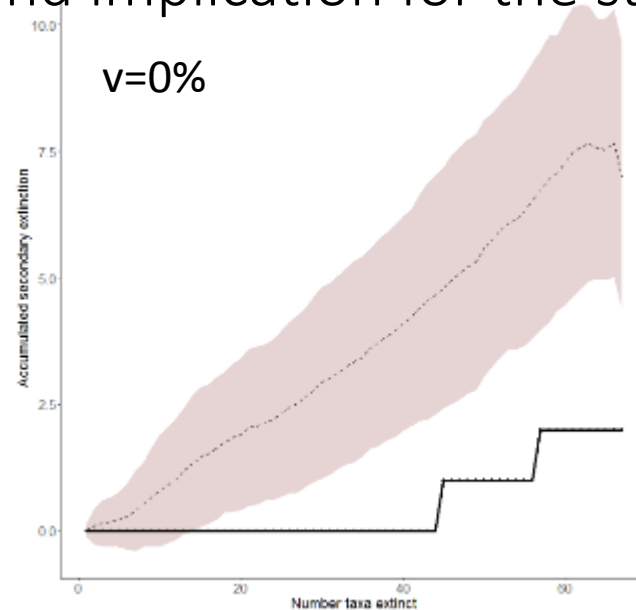
a- les espèces les plus sensibles en premier

$v=0$ , extinction quand 100% des liens entrants ont été enlevés

Résultats surprenants: moins d'extinction secondaires que due au hasard lors qu'on enlève les espèces les plus sensibles d'abord.

Il faut attendre plus de 40 extinction pour avoir une extinction secondaire avec un seuil de 0%.

Élément d'explication: Les espèces sensibles sont peu centrales



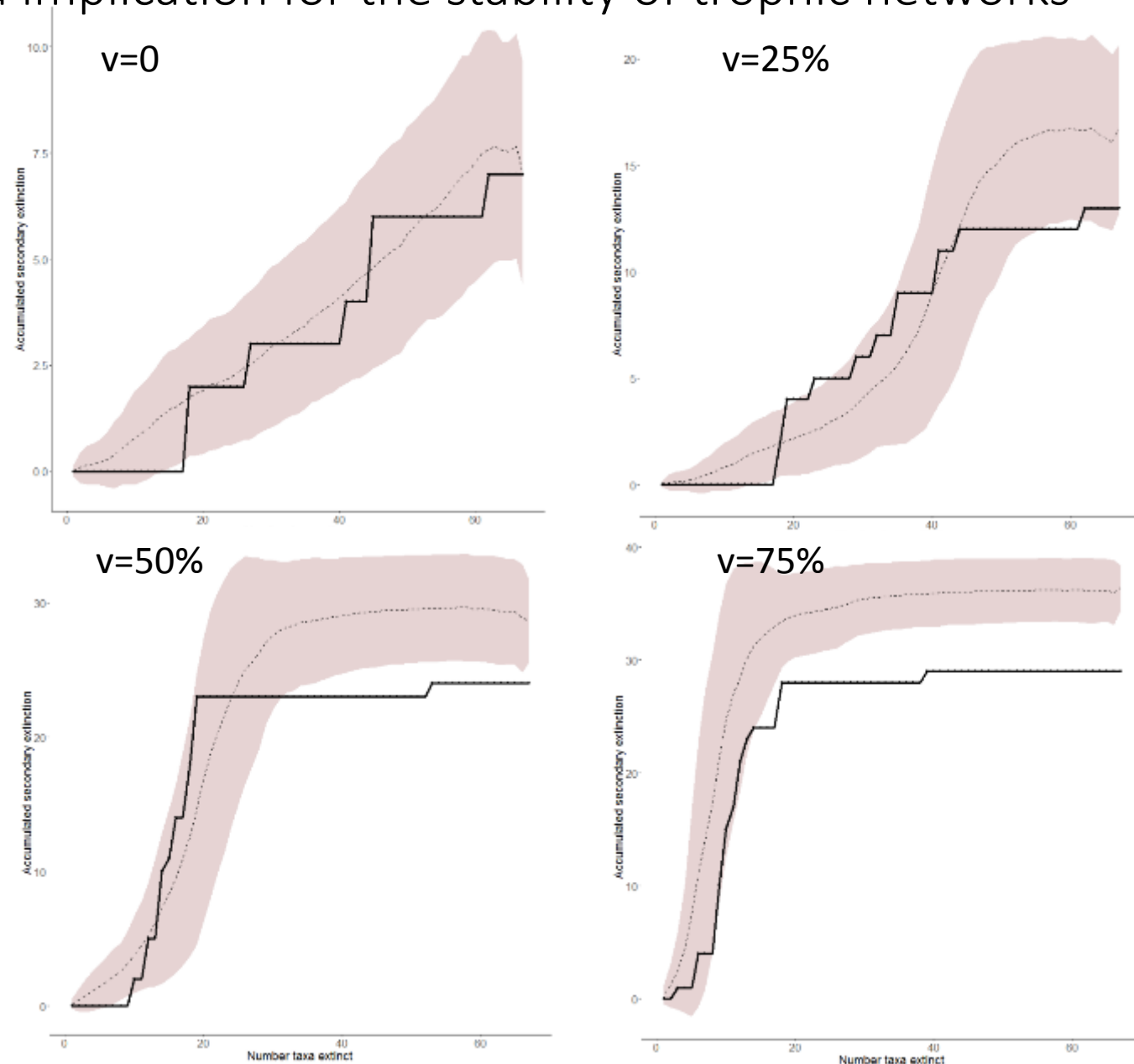
### 3-Sensitivity of species to fishing and implication for the stability of trophic networks

b- les espèces les plus centrales en premier

Résultats surprenants: autant d'extinction secondaires que due au hasard lors qu'on enlève les espèces les plus centrales d'abord

Élément d'explication: Réseau composé de généralistes (28% des espèces ont au moins 10 proies).

Mail au développeur du package, 40-50% pour eux dans un réseau au comportement similaire au mien.

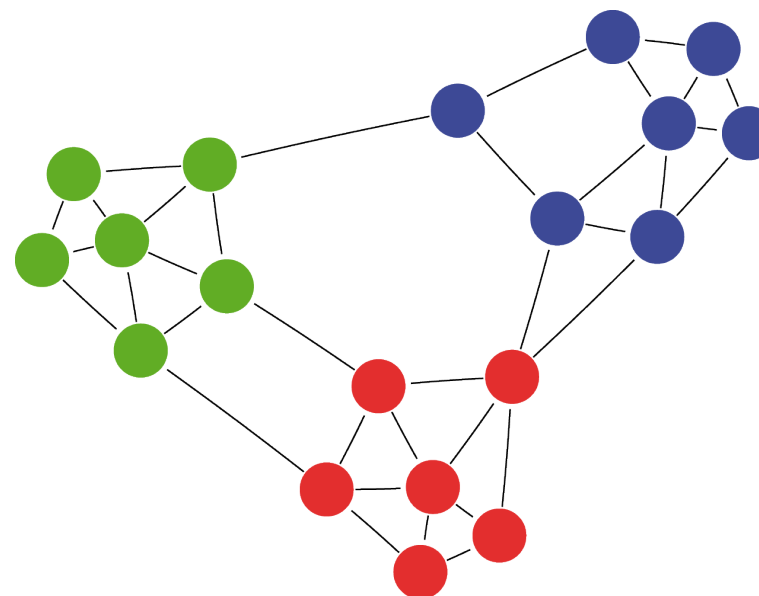


## 4- Structure spatiale du réseau

Problématique: Y-a-t 'il une structure spatiale au réseau trophique de Mer Celtique ?

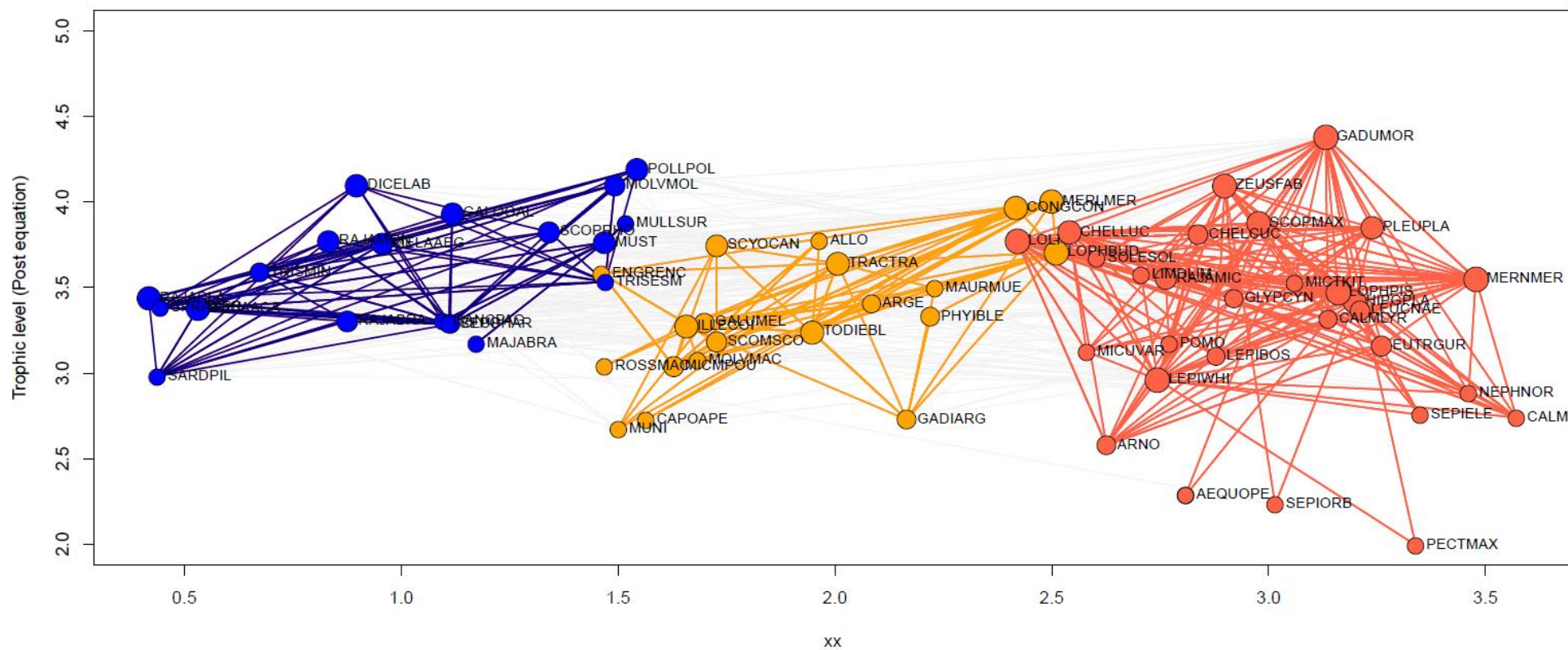
Comment se structure le réseau ? Peut-on voir des sous parties ? Ces sous-parties ont-elles une structure spatiale ? Ces sous parties regroupent-elles plus ou moins d'espèces sensibles ?

→ Utilisation de la notion de modularité: the difference between observed and expected within-group interactions, divided by the total number of interactions (Newman et al. 2006, PNAS)



## 4- Structure spatiale du réseau

→ Utilisation de la notion de modularité: the difference between observed and expected within-group interactions, divided by the total number of interactions (Newman et al. 2006, PNAS)



Score de Modularité (défini par Newman & Girvan): 0,20.

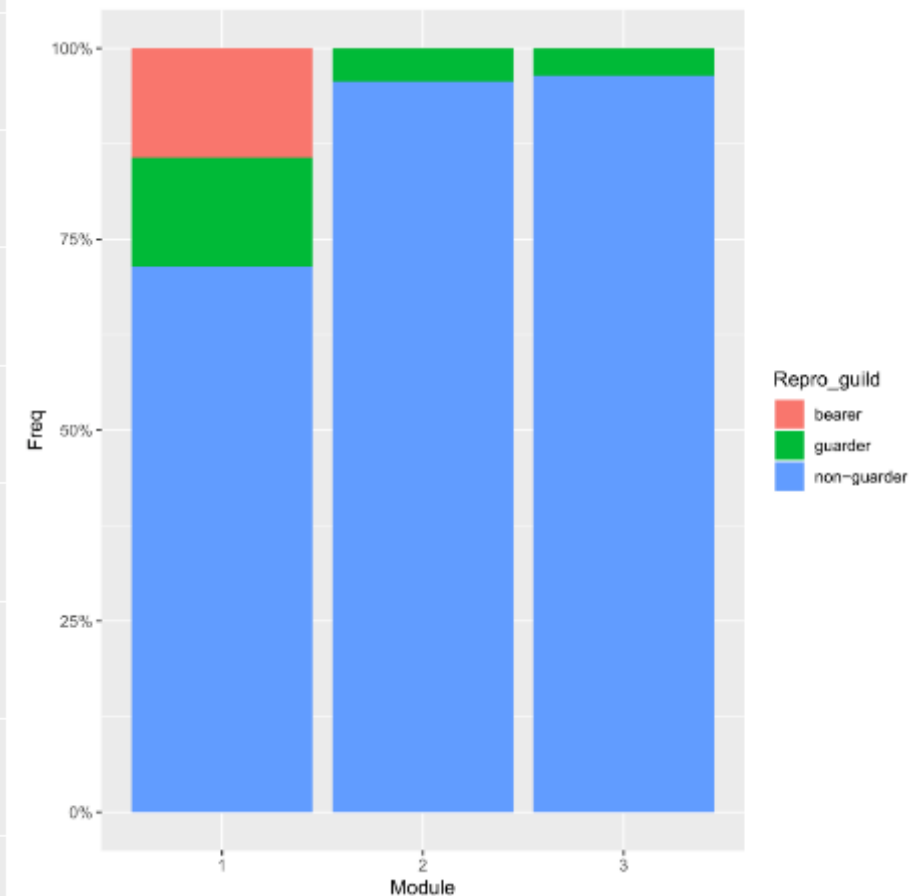
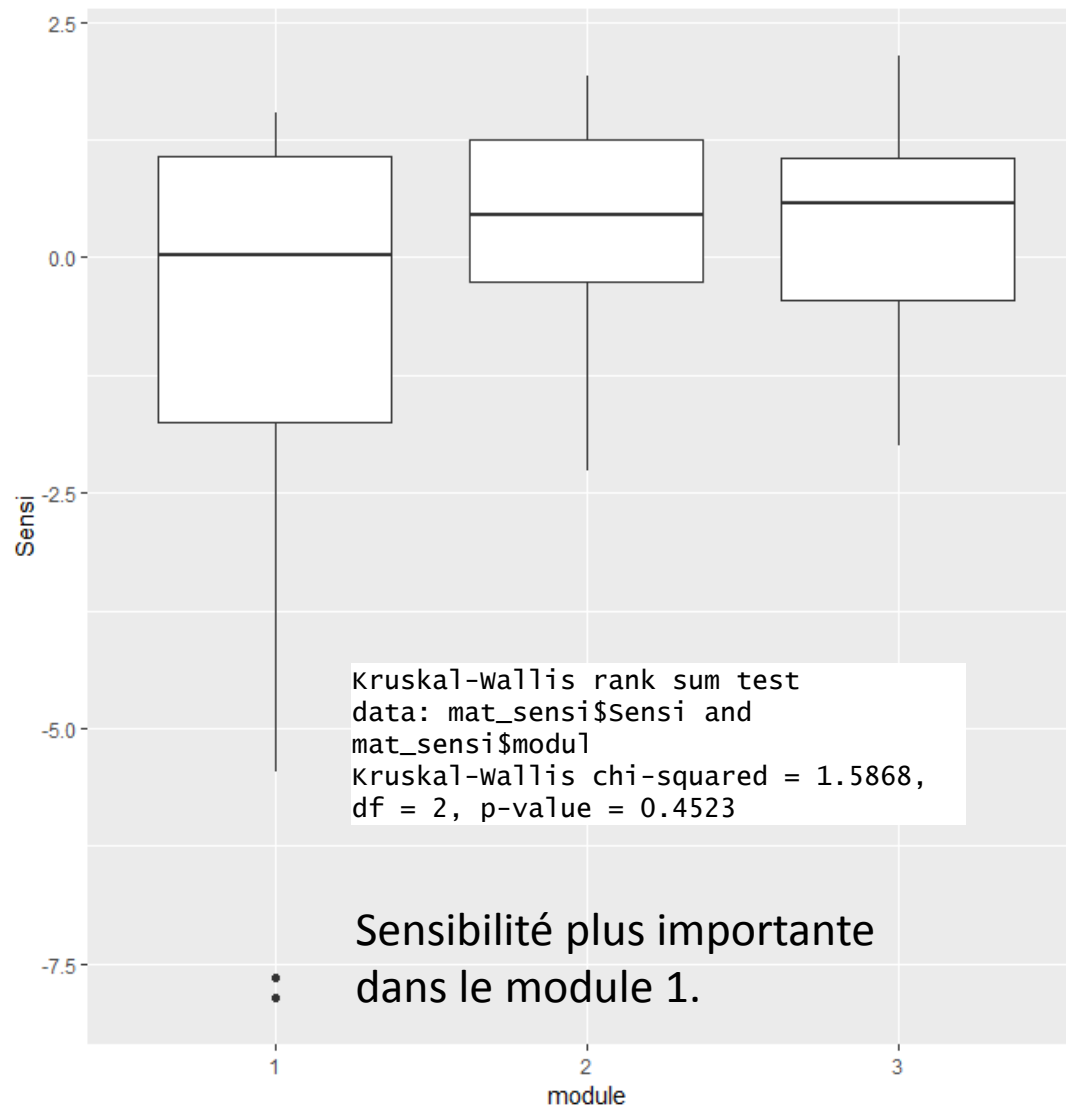
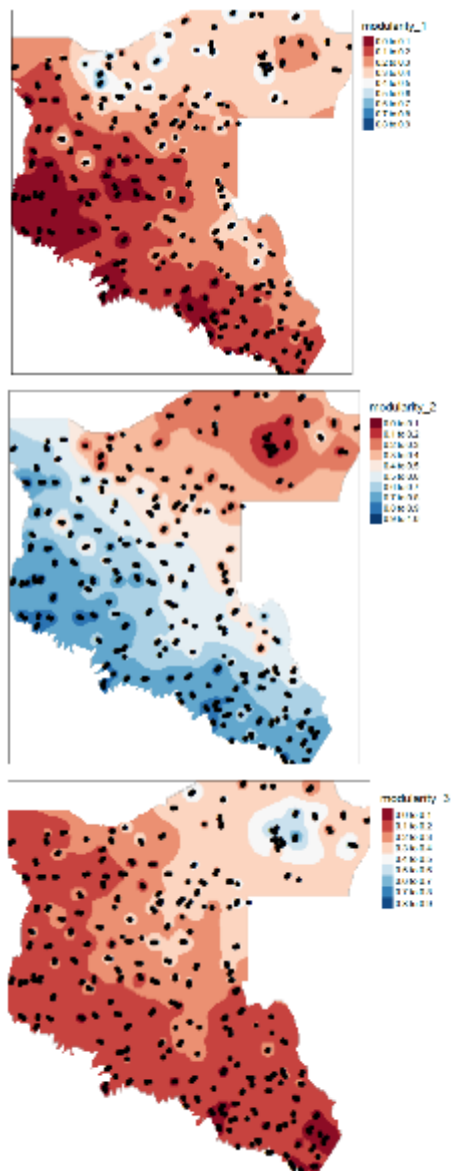
Les plus fortes valeurs traduisent les plus fortes modularités. En pratique, valeurs souvent comprises entre 0,3 et 0,7.

Notre réseau est faiblement modulaire.



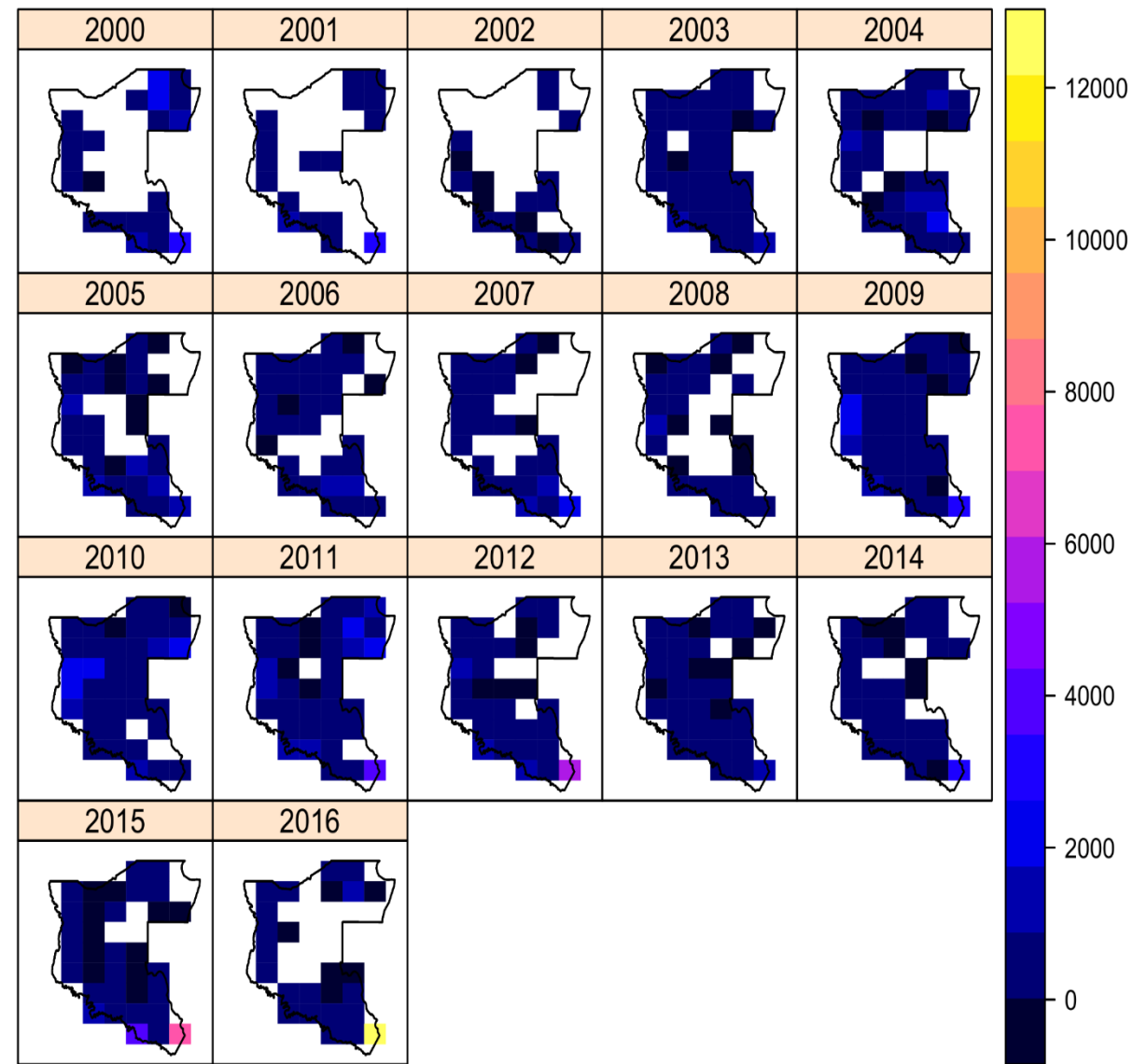
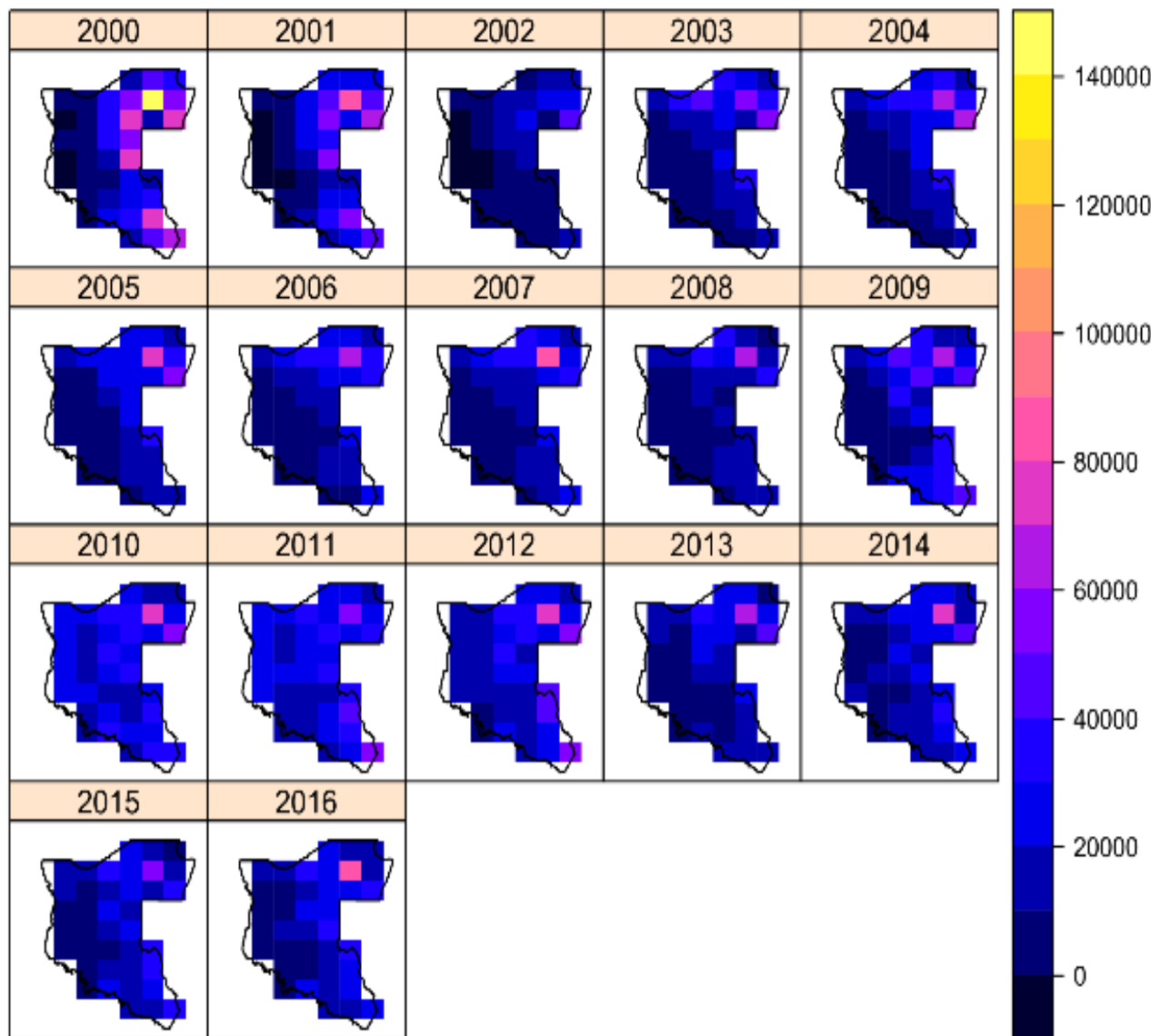


# 4- Structure spatiale du réseau



Pearson's Chi-squared test data:  
 X-squared = 8,2808, df = 4, p-value = 0.08182

# Distribution spatiale de l'effort de pêche



# Discussion / Conclusion

- Les espèces les plus sensibles ne sont pas les plus centrales.
- Cela peut être mis en lien avec la longue histoire d'exploitation de cette zone, qui est maintenant adaptée à cette pression
- Le réseau semble être relativement robuste aux perturbations liées à la pêche, de par une grande proportions d'espèces généralistes. De par aussi une distribution des espèces les plus sensibles à la pêche dans les zones où l'effort de pêche a des valeurs moyennes/basses.
- Perspective ? Quel serait l'ordre d'extinction qui causerait le plus grand nombre d'extinction secondaire ?

OPEN ACCESS Freely available online

PLoS COMPUTATIONAL BIOLOGY

## Googling Food Webs: Can an Eigenvector Measure Species' Importance for Coextinctions?

Stefano Allesina<sup>1\*</sup>, Mercedes Pascual<sup>2,3,4</sup>

<sup>1</sup> National Center for Ecological Analysis and Synthesis, Santa Barbara, California, United States of America, <sup>2</sup> Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, United States of America, <sup>3</sup> Santa Fe Institute, Santa Fe, New Mexico, United States of America, <sup>4</sup> Howard Hughes Medical Institute

Discussion avec Isidora Thieme  
(Pontifica Universidad del Chile)

Merci pour votre attention

