

Méta-analyse du fonctionnement trophique des écosystèmes marins à l'échelle mondiale

sous la direction de :

Didier Gascuel (UMR ESE, Agrocampus Ouest)

Daniel Pauly (UBC Fisheries Centre)





Plan

- 1) Introduction : la problématique au sein du sujet de thèse
- 2) Outils mis en place
- 3) Méthodes et premiers résultats
- 4) Perspectives et conclusion

Introduction

Contexte

- Développement d'approches comparatives à grande échelle et de modèles de fonctionnement trophique :
Ecopath with Ecosim (EwE) et EcoTroph
- Ecopath principal standard de modélisation : plus de 400 applications portant sur des écosystèmes très divers
- Mais peu de méta-analyses de l'ensemble de ces modèles

Sujet de thèse

- **Impact de la pêche sur le fonctionnement trophique des écosystèmes marins, approche comparative et cartographie à l'échelle mondiale :**
 - Méta-analyse du fonctionnement trophique des écosystèmes marins à l'échelle mondiale
 - Cartographie dynamique de l'impact de la pêche sur la biomasse marine et sur sa distribution par niveau trophique
 - Simulation de différents scénarios d'évolution de l'exploitation et de l'environnement

Problématique

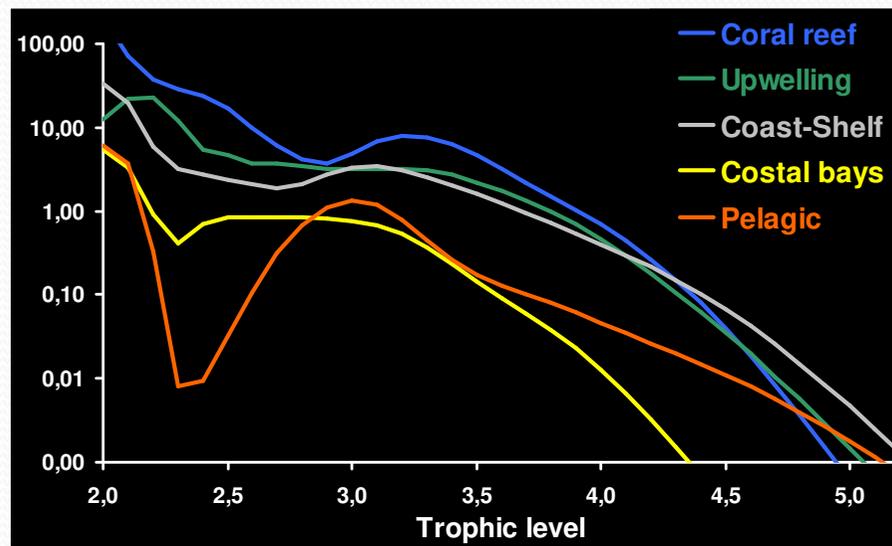
- **Impact de la pêche sur le fonctionnement trophique des écosystèmes marins, approche comparative et cartographie à l'échelle mondiale :**
 - **Méta-analyse du fonctionnement trophique des écosystèmes marins à l'échelle mondiale**
 - Cartographie dynamique de l'impact de la pêche sur la biomasse marine et sur sa distribution par niveau trophique
 - Simulation de différents scénarios d'évolution de l'exploitation et de l'environnement

Objectif

- Méta-analyse du fonctionnement trophique des écosystèmes à l'échelle mondiale :
 - Etablir une typologie du fonctionnement des écosystèmes
 - Mettre en relation typologie et environnement sous-jacent
 - Analyser la variabilité des paramètres du fonctionnement trophique : efficacité de transfert, part de prod benthique

Connaissances

- Travaux déjà menés sur le sujet :
 - Leclerc, 2009 :
 - Analyse de 39 écosystèmes, classification à posteriori
 - Classification à priori pour comparer ce qui est comparable



Connaissances

- Travaux déjà menés sur le sujet :
 - Leclerc, 2009 :
 - Tremblay-Boyer et al., 2011 :
 - Cartographie à l'échelle mondiale
 - Basée sur la PP, efficacité de transfert, SST, catch by TL
 - Modèle EcoTroph



Modelling the effects of fishing on the biomass of the world's oceans from 1950 to 2006

Laura Tremblay-Boyer^{1,*}, Didier Gascuel², Reg Watson¹, Villy Christensen¹,
Daniel Pauly¹

¹Fisheries Centre, Aquatic Ecosystem Resource Laboratory, University of British Columbia, 2202 Main Mall, Vancouver, BC V6T 1Z4, Canada

²Université Européenne de Bretagne, UMR Agrocampus Ouest/INRA Ecologie et Santé des Ecosystèmes, 65 rue de Saint-Brieuc, CS 84215, 35042 Rennes Cedex, France

ABSTRACT: Marine fisheries have endured for centuries but the last 50 yr have seen a drastic increase in their reach and intensity. We generated global estimates of biomass for marine ecosystems and evaluated the effects that fisheries have had on ocean biomass since the 1950s. A simple and versatile ecosystem model was used to represent ecosystems as a function of energy fluxes through trophic levels (TLs). Using primary production, sea surface temperature, transfer efficiency, fisheries catch and TL of species, the model was applied on a half-degree spatial grid covering all oceans. Estimates of biomass by TLs were derived for marine ecosystems in an unexploited state, as well as for all decades since the 1950s. Trends in the decline of marine biomass from the unexploited state were analyzed with a special emphasis on predator species as they are highly vulnerable to overexploitation. This study highlights 3 main trends in the global effects of fishing: (1) predators are more affected than organisms at lower TLs; (2) declines in ecosystem biomass are stronger along coastlines than in the High Seas; and (3) the extent of fishing and its impacts have expanded from north temperate to equatorial and southern waters in the last 50 yr. More specifically, this modelling work shows that many oceans historically exploited by humans have seen a drastic decline in their predator biomass, with approximately half of the coastal areas of the North Atlantic and North Pacific showing a decline in predator biomass of more than 90 %.

METHODS II: GLOBAL APPLICATION

For each cell:

Ecotroph model

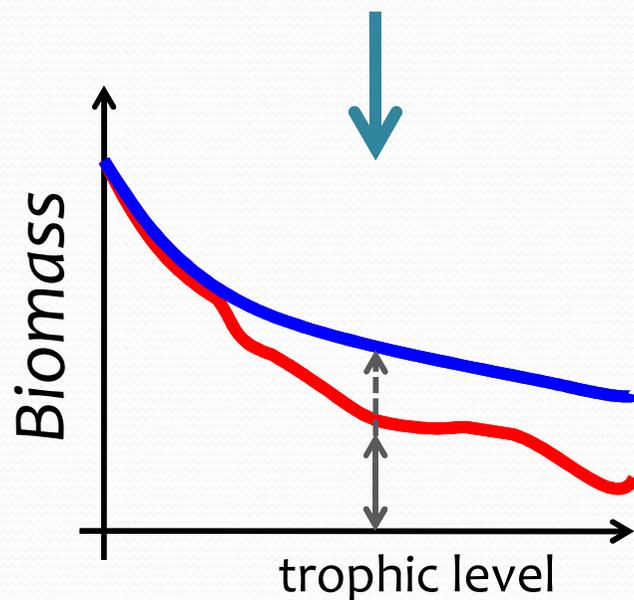
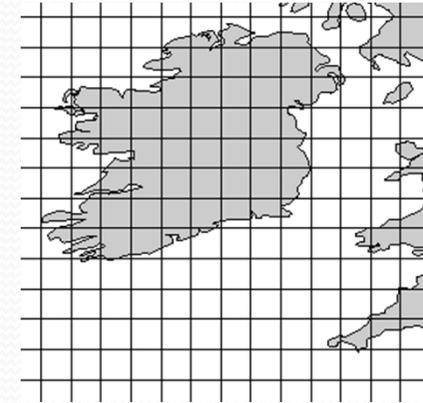
+ transfer efficiency

+ primary production

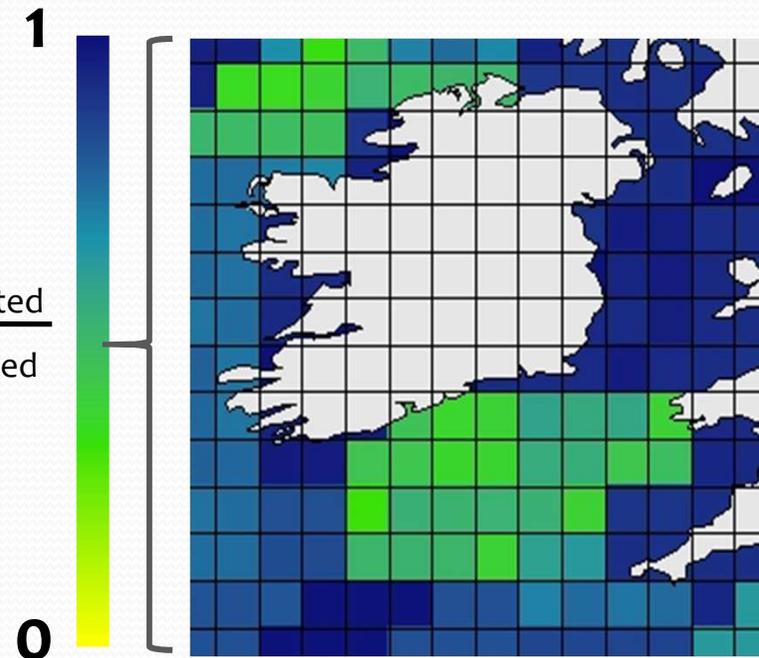
+ sea surface temperature

+ fisheries catch by trophic levels

Divide the world in
0.5 x 0.5 degree grid
(that's about 180,000 cells)



$$\frac{B_{\text{exploited}}}{B_{\text{unfished}}}$$





Outils

Outils

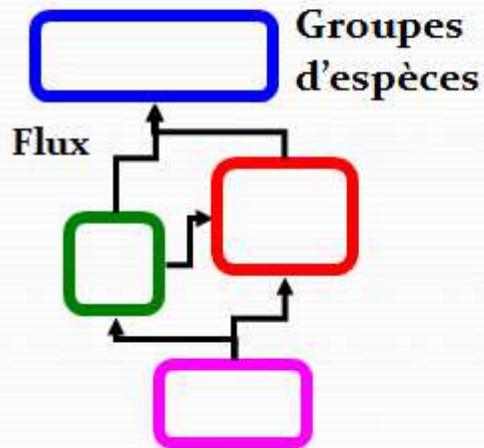
1. Création d'un package R EcoTroph
2. Création d'une base de données des modèles Ecopath

Outils

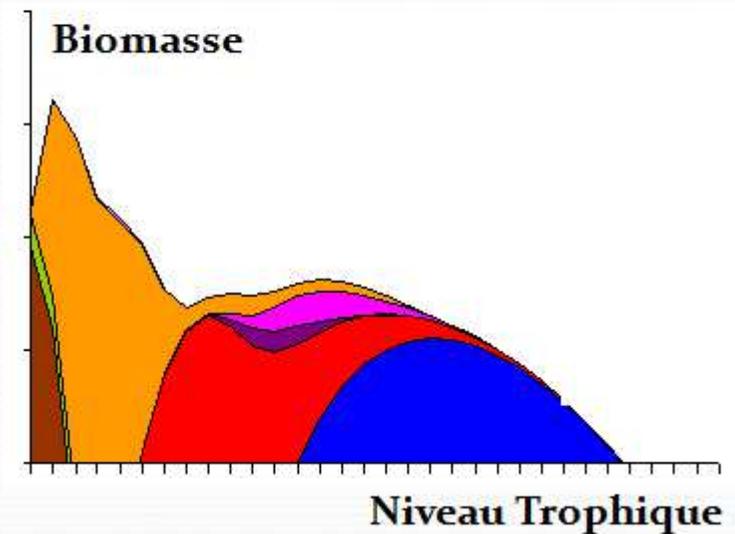
1. Création d'un package R EcoTroph
2. Création d'une base de données des modèles Ecopath

EcoTroph 1/2

Ecopath : Représentation d'un écosystème marin avec équilibre des flux de biomasse



EcoTroph : Modélisation de la distribution des biomasses en fonction du niveau trophique



-> modélisation des distributions de B entre niveaux trophiques
+
simulation de réponses écosystémiques à des impacts de la pêche

EcoTroph 2/2

- A l'origine, EcoTroph sous Excel (macro)
- Passage sous R :
 - Rapidité
 - Facilite la démarche, interrogation de la base et traitement
 - Récupération des résultats
- Création d'un package R et d'un site internet :
<http://sirs.agrocampus-ouest.fr/EcoTroph/>
- Intégration programmée des nouveaux modules (Gasche, 2012) et amélioration du plug-in (Guitton, en cours).

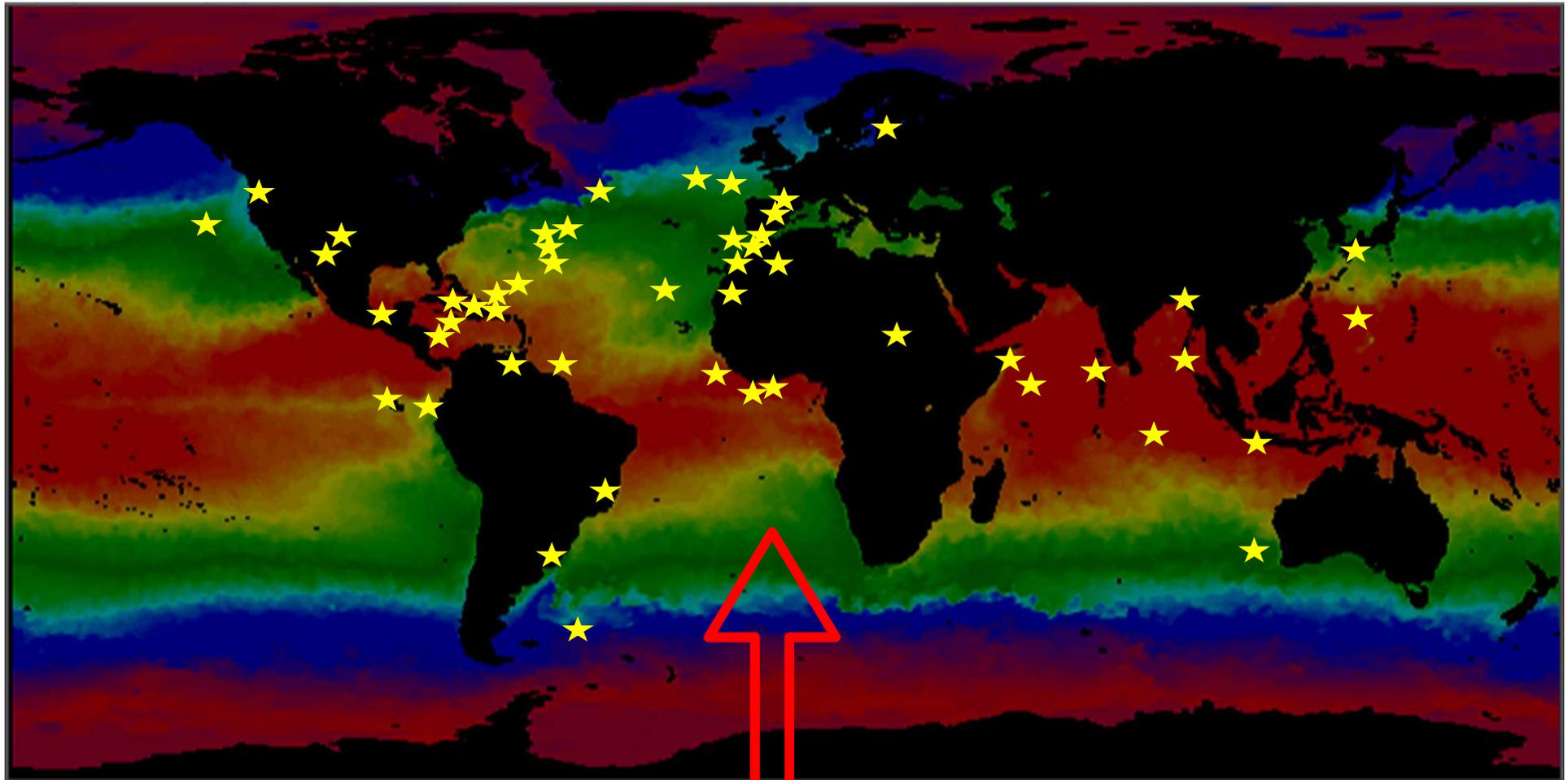
Outils

1. Création d'un package R EcoTroph
2. Création d'une base de données des modèles Ecopath

Carte situant 57 modèles Ecopath récemment publiés

(renvoyant à différentes conditions: taille, latitude, profondeur, température, productivité)

Leclerc, Gascuel, ICES 2009



Base de données

Base de données Ecopath 1/2

- Collecte des différents modèles Ecopath :
 - Données sur l'écosystème étudié : taille, T°, localisation, profondeur, pêche...
 - Et indices calculés par Ecopath (Indices globaux + TE + Finn)
 - Données intra-modèle: groupe, biomasse, TL, captures, PB

Base de données Ecopath 2/2

- A l'heure actuelle, 180 modèles Ecopath ds base postgresQL [base_demo.htm](#)
- Collaboration avec D. Dagherne (IRD, Brest) pour les données physiques. Utilisation données climato et satellites : SST, Chlorophylle, Vent, Hauteur, Profondeur, Nutriments, Oxygène dissous, EKE (turbulence)
- Besoin de ces données pour les traitements suivants



Méthodes et 1^{er} résultats

Méthodes et 1^{er} résultats

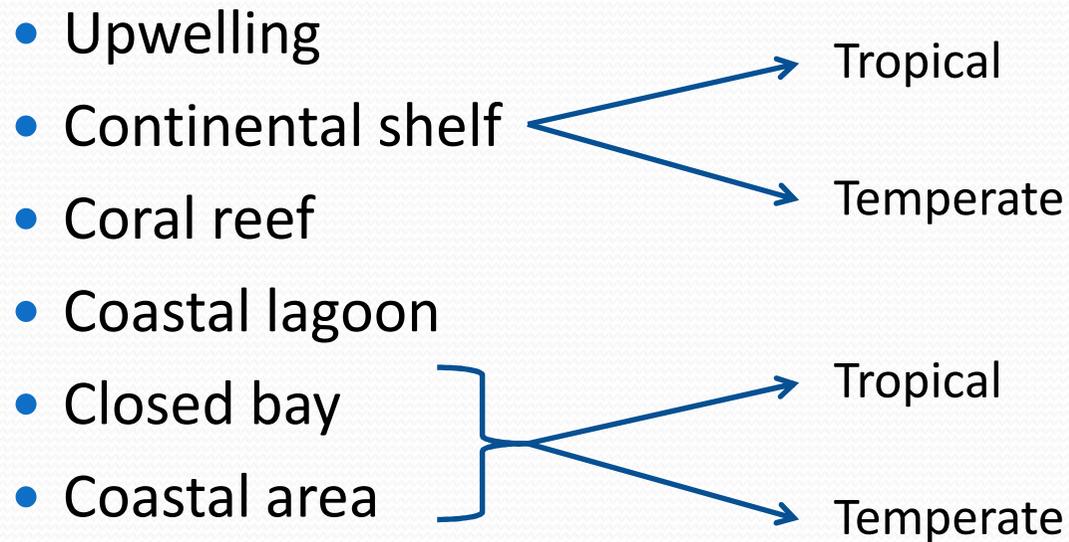
1. Identification de fonctionnement type et caractéristiques
2. Lois sur les paramètres clés du fonctionnement trophique

Méthodes et 1^{er} résultats

1. Identification de fonctionnement type et caractéristiques
2. Lois sur les paramètres clés du fonctionnement trophique

Classification

- Classification a priori des différents modèles :



Classification

- Décision de baser la classification sur les paramètres environnementaux
- Utilisation d'arbres de régression multiples
- Classification des 180 écosystèmes

Analyse

- Calcul de spectres trophiques moyens pour chaque classification (B, P, Q, import) : bootstrap
- Calcul des paramètres clés de fonctionnement trophique : **efficacité de transfert**, cinétique, taux de recyclage
- Etude de la résistance de ces spectres moyens : simulation de pression de pêche théorique sur spectres à l'état vierge

Méthodes et 1^{er} résultats

1. Identification de fonctionnement type et caractéristiques
2. Lois sur les paramètres clés du fonctionnement trophique

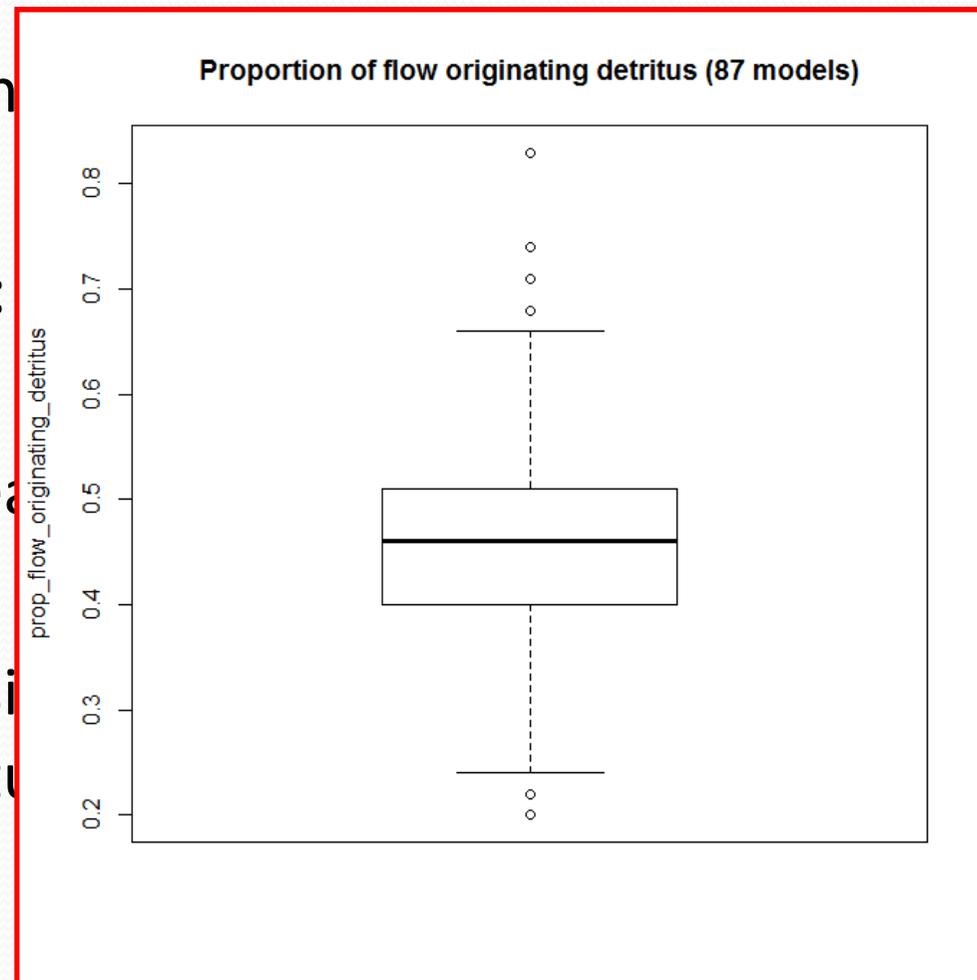
Méthodes

- Deuxième étape visant à établir des lois plus générales sur des paramètres clés du fonctionnement trophique :
 - La part de production benthique : paramètre Ecopath « prop flow originating from detritus »
 - L'efficacité de transfert : calculée dans Ecopath et EcoTroph
 - Autres paramètres envisagés : connectance, omnivorie

La production benthique

- Non prise en compte dans les modèles
- Analyse sur 87 modèles :
 - 40% des modèles ne prennent pas en compte la production benthique
 - 59% des modèles prennent en compte la production benthique
- Joue un rôle dans le réseau trophique
- Mise en place de régressions linéaires avec des paramètres environnementaux : latitude, longitude, profondeur, etc.

Moyenne : 0.46%

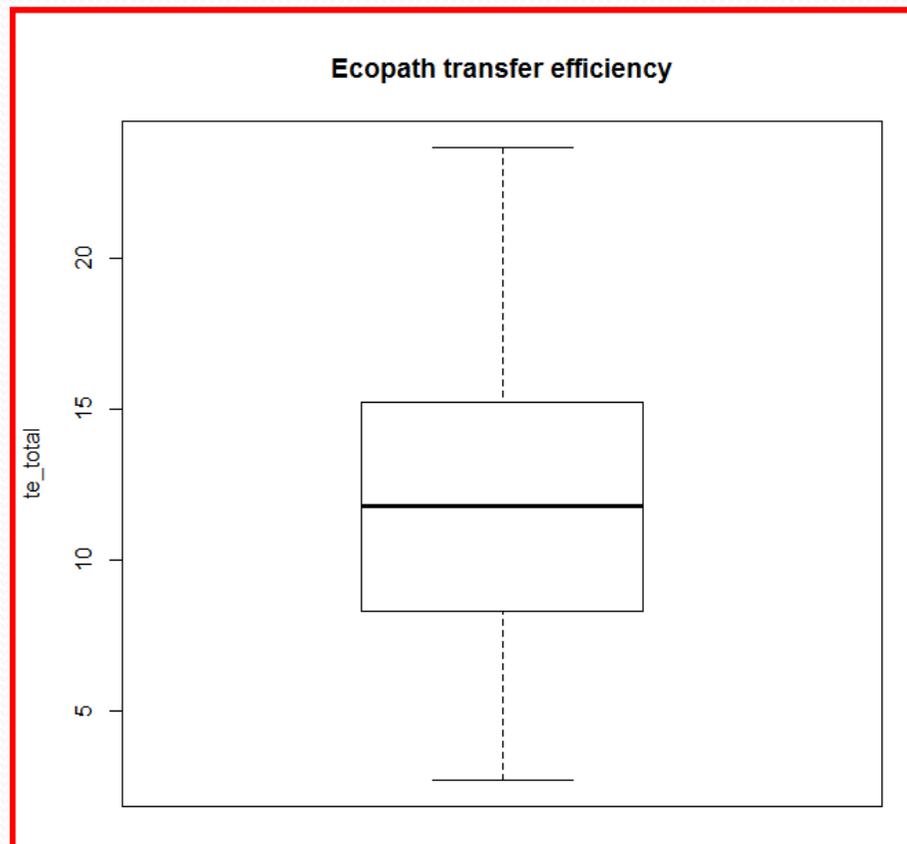


L'efficacité de transfert

- Calculée dans Ecopath : le ratio entre la somme des exports et des prédatons, et la consommation totale (le flux d'énergie) pour un niveau trophique donné. Ensuite agrégation des niveaux trophiques
- Calculée dans EcoTroph : à partir du spectre trophique de production
- Supposée égale à 10% dans l'ensemble des travaux

Ecopath Transfer Efficiency (TE)

- Pourtant variations entre les écosystèmes



Moyenne = 11.9
st. dev. = 4.6

Ecopath TE

- Pourtant variations entre les écosystèmes
- Et au sein des écosystèmes (Christensen et Pauly, 1993)

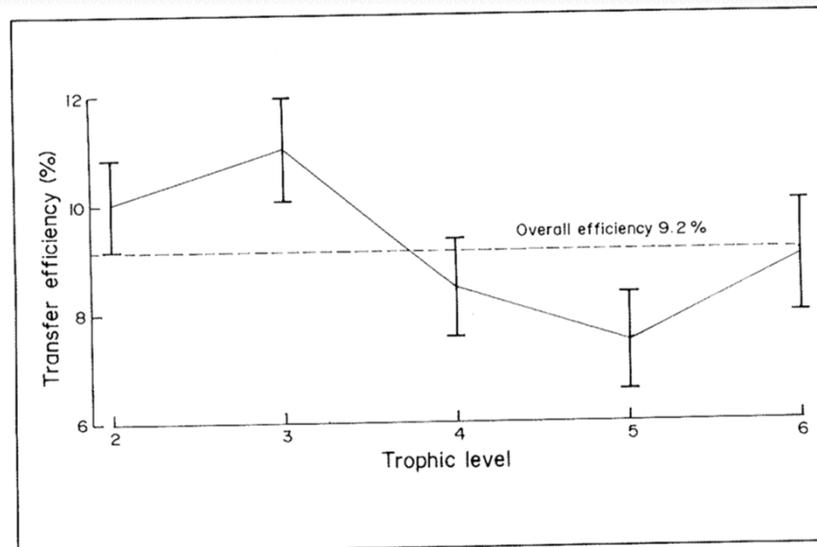


Fig. 16. Average trophic transfer efficiencies (%) by trophic level based on 37 of the models included in the analysis. The vertical bars are ± 1 standard error.

EcoTroph TE

- Test de deux méthodes avec

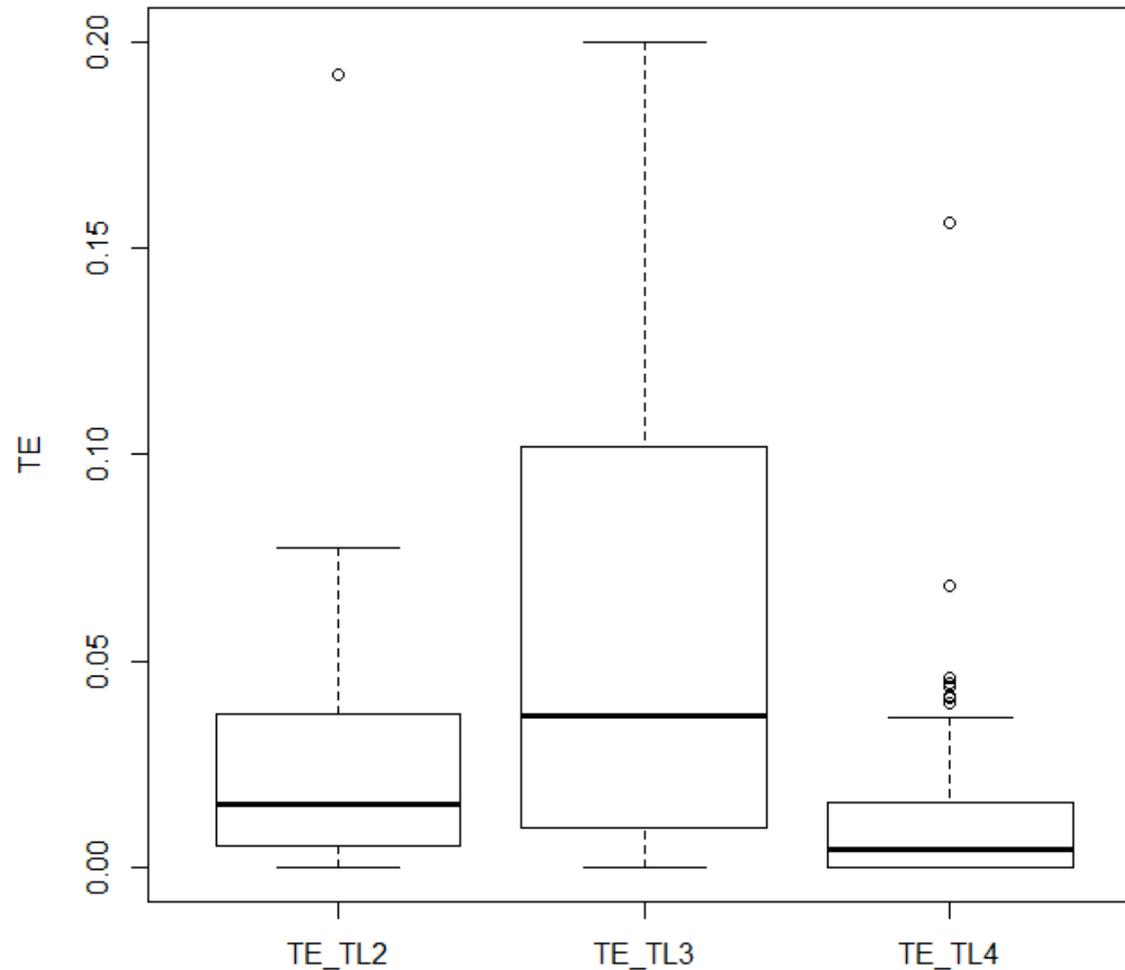
$$TE(TL) = \exp((\ln\Phi(TL+\Delta) - \ln\Phi(TL)) / \Delta)$$

1. On calcule la TE pour TL=2/3/4
2. On calcule la TE pour chaque classe trophique de 2 à 4

EcoTroph TE

1. Première méthode

EcoTroph transfer efficiencies



*Moyenne = 0.07

*On enlève quatre modèles pour lesquels $TE > 1$

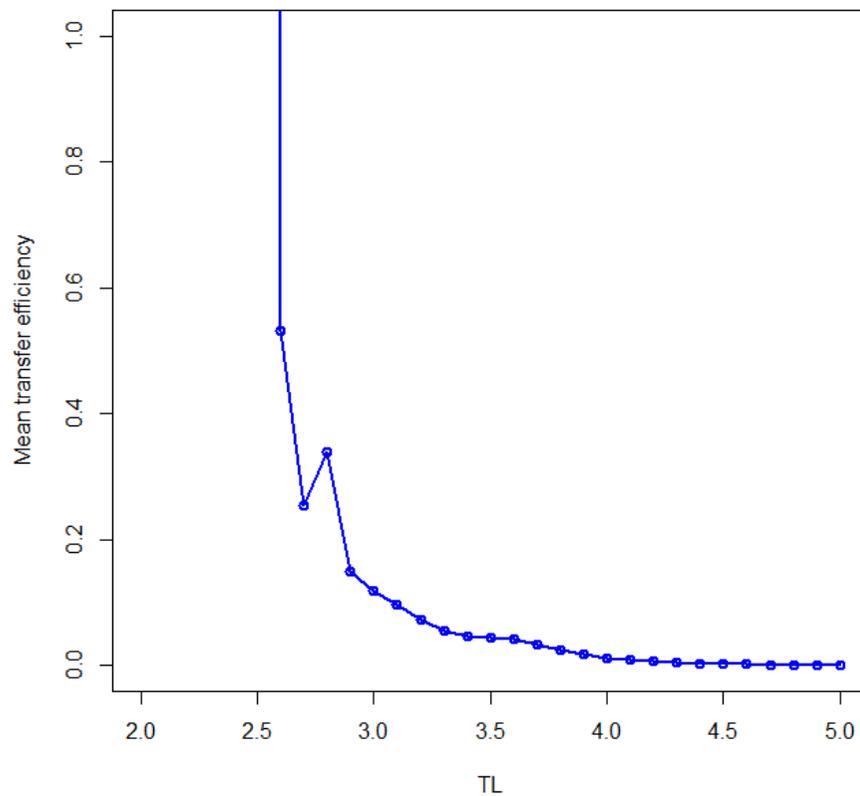
*On retrouve pattern Ecopath mais TE plus basse

EcoTroph TE

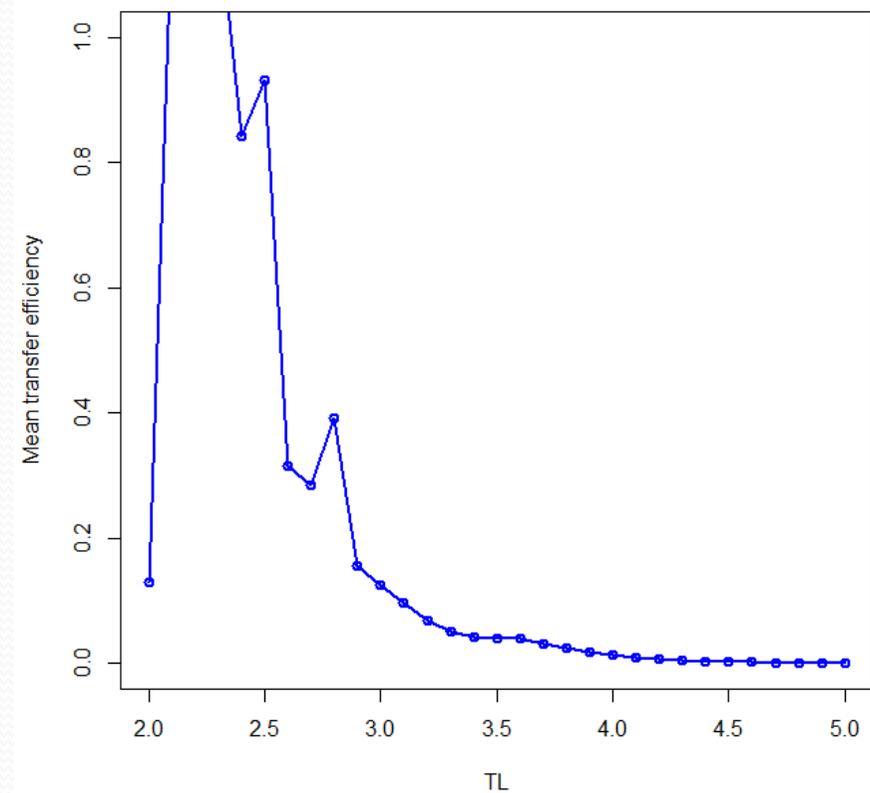
2. Deuxième méthode

On enlève 19 modèles

EcoTroph transfer efficiency



EcoTroph transfer efficiency



EcoTroph TE

2. Deuxième méthode

- Tentative t'obtenir une courbe des TE
- Valeurs des TE plus hautes avec cette méthode
- Certaines valeurs très fortes ($2 < TL < 2.5$), artefact de la méthode?
- Changer le pas de 1 (pas de 0.1 pour éviter trop fortes valeurs?)

Transfer efficiency

- Différences de valeur entre Ecopath et EcoTroph mais pattern ressemblant
- Calcul des efficiences à affiner sous EcoTroph
- Sensibilité à la fonction de smooth de EcoTroph?
- Influencée par facteurs climato, localisation?

Conclusion

- Identification de fonctionnements types et des caractéristiques associées (en cours) : importance des données physiques
- Identification de paramètres clé : **efficacité de transfert, part de prod benthique**
 - > variabilité de ces paramètres, affinement du calcul
 - > valeurs liées à l'environnement, la localisation?
- Etude comparative de l'impact de la pêche

Conclusion

- Importance de la méta-analyse des modèles Ecopath
 - Beaucoup d'informations et de travaux menées
 - Quelle peut en être la plus-value à une échelle globale?
- Informations importantes dans l'amélioration de la cartographie dynamique de l'impact de la pêche (Tremblay-Boyer, 2011)

Perspectives

- Implémentation de modèles ET dans chaque cellule de l'océan (Tremblay-Boyer, 2011):
 - Amélioration de la cartographie : efficacité de transfert, cinétique, accessibilité, part prod benthique
 - Possibilité de simulation de réponse à différents scénarii de pêche à l'échelle mondiale
 - Autres facteurs d'évolution pouvant être pris en compte : réchauffement climatique, pollution



Merci de votre attention!