



FONDS FRANÇAIS POUR
L'ENVIRONNEMENT MONDIAL

Deep sea ecosystems: physical processes and biological populations around seamounts

Jean-François TERNON, Philippe BOUCHET, François SIMARD



MUSÉUM
NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

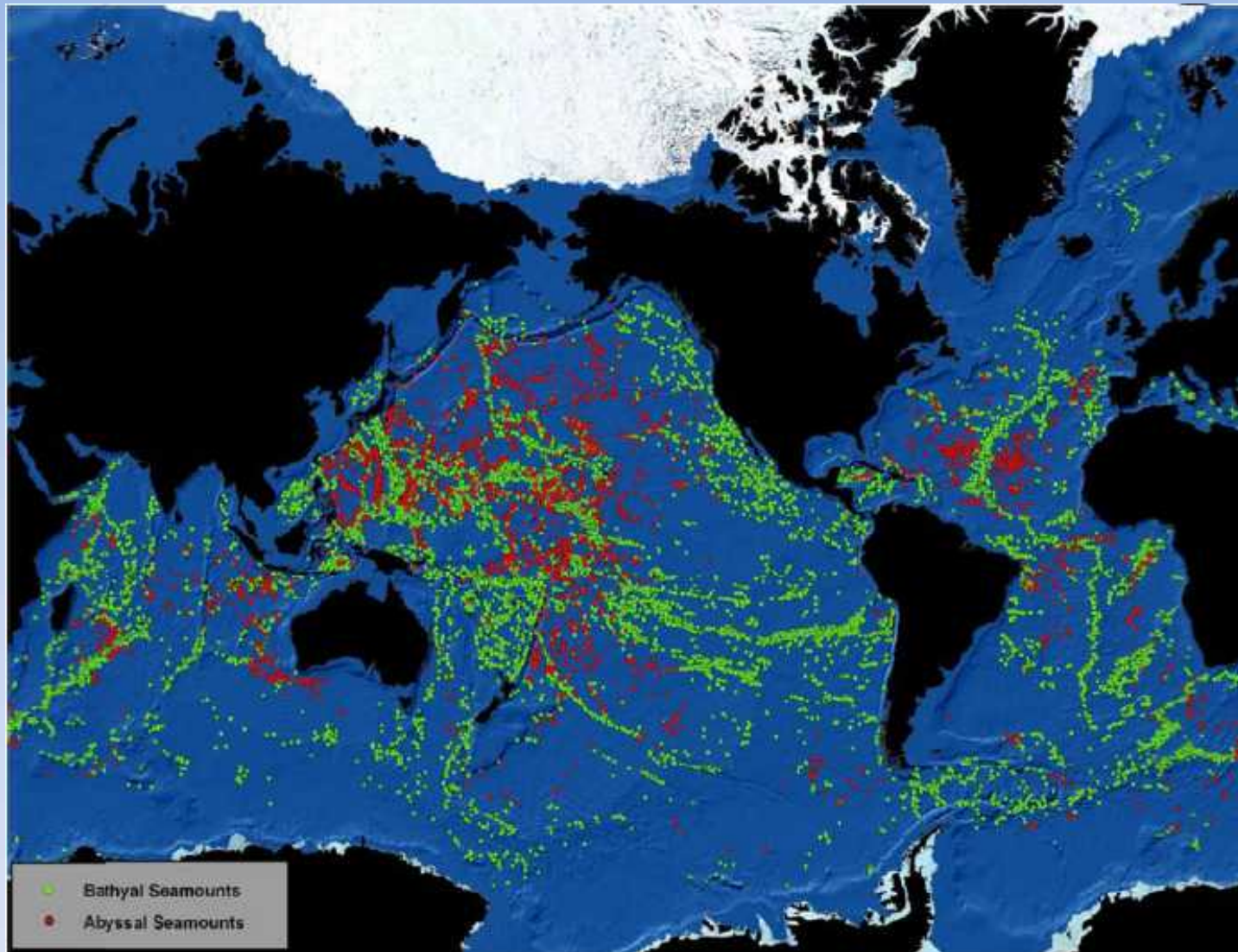
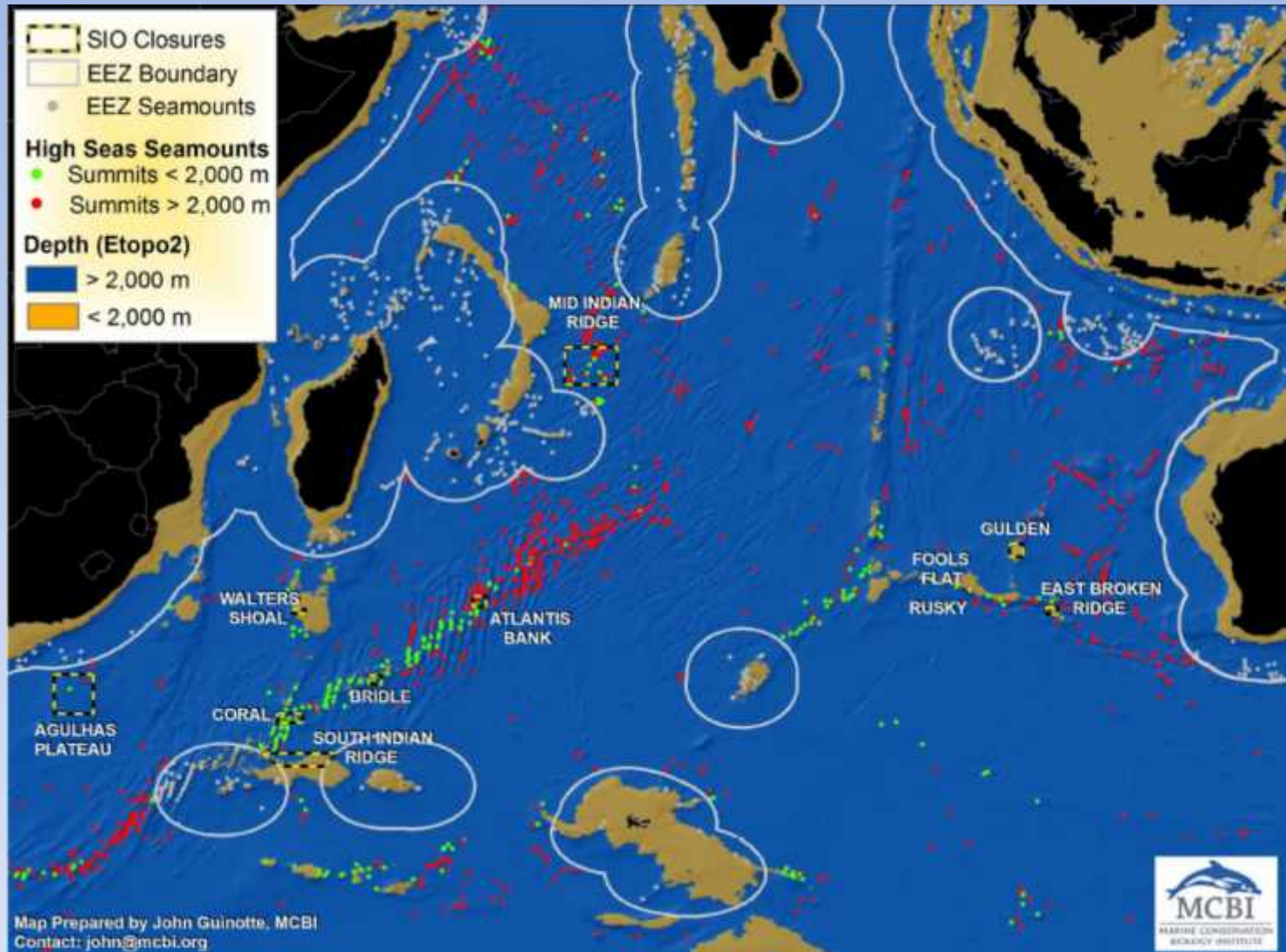
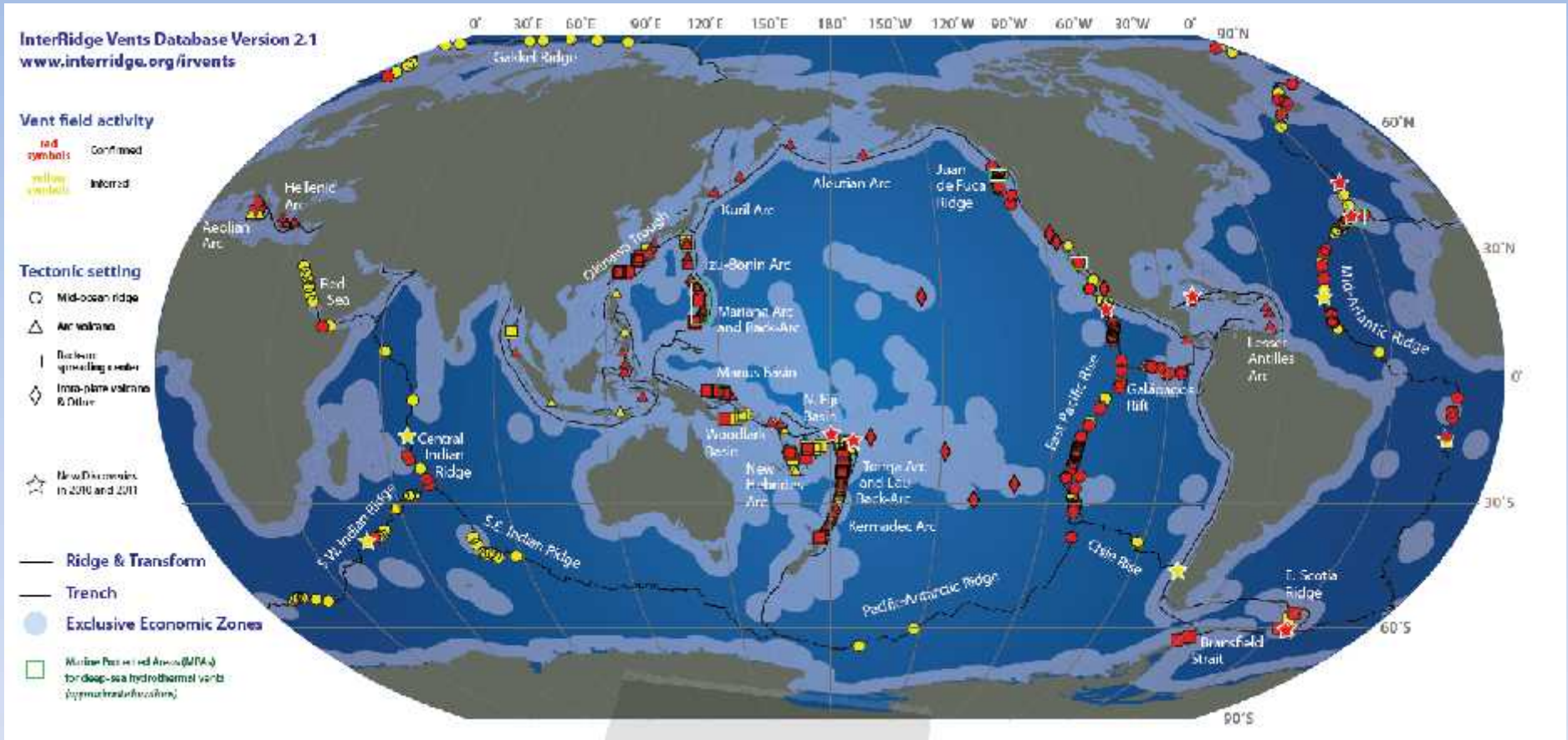


Figure 1: The distribution of seamounts predicted by Kitchingman and Lai (2004).

Worldwide seamount distribution mapped from satellite altimetry



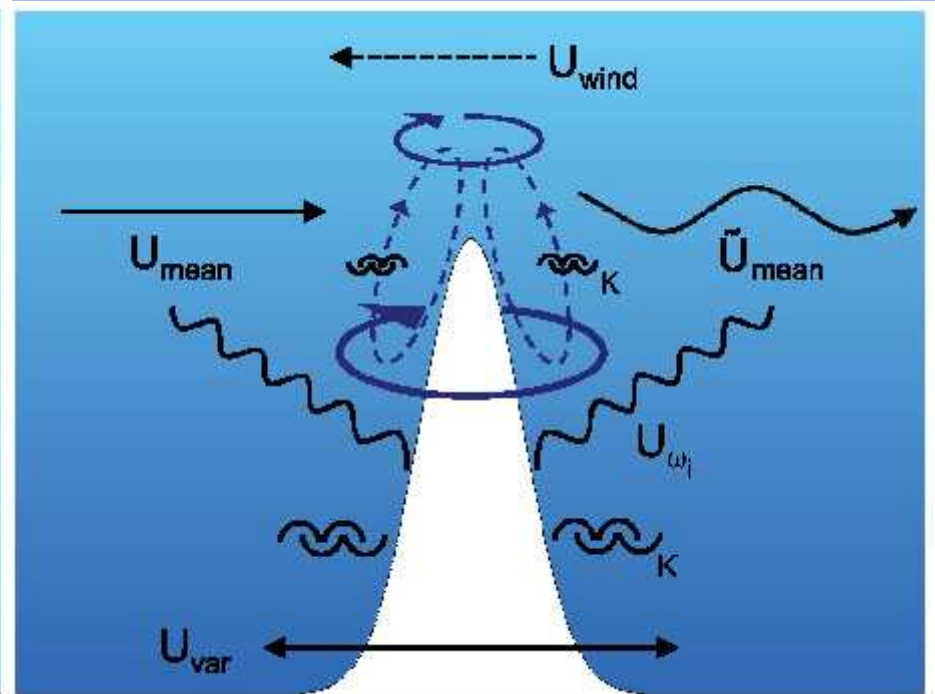
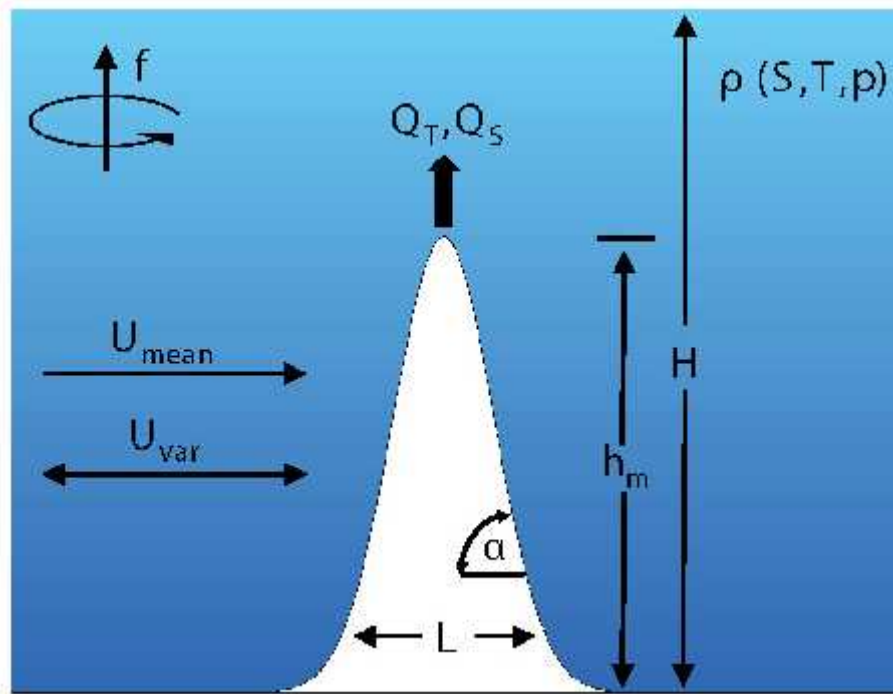
Bathymetry and EEZ boundaries in the West Indian Ocean.
Source: EPO1 bathymetry



InterRidge Vents Database, www.interridge.org/irvents

Worldwide deep sea vents distribution (from geological studies)

(Lavelle & Mohn, 2010)



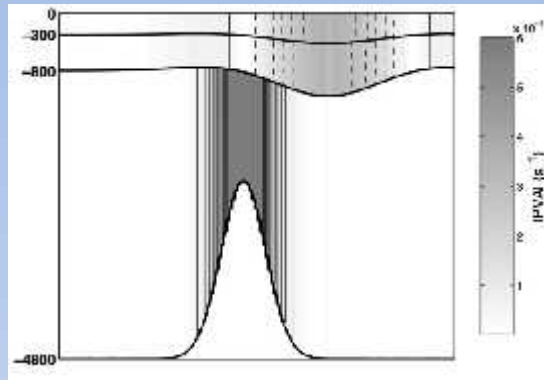
Environmental factors influencing the ocean processes at seamounts:

- the relative height of the mount (h_m/H)
- the Coriolis factor (\Rightarrow latitude)
- the vertical stratification ($\rho(S, T, p)$)
- the shape of the seamount (L et α)
- the ocean current (stable ou oscillant)

Circulation around a seamount:

- horizontal anticyclonic circulation (Taylor cap)
- deformation of isopycnal surfaces
- vertical circulation cells
- small scale turbulence
- interaction with tide, internal waves, wind circulation

Theoretical interaction between ocean currents and the topography:



1. Generation of cyclonic and anticyclonic eddies
2. One eddy is trapped over the seamount
3. Small scale structures are generated (filaments) that erode the eddy
4. The final circulation depends on the seamount shape, the energy of the eddy and the vertical stratification

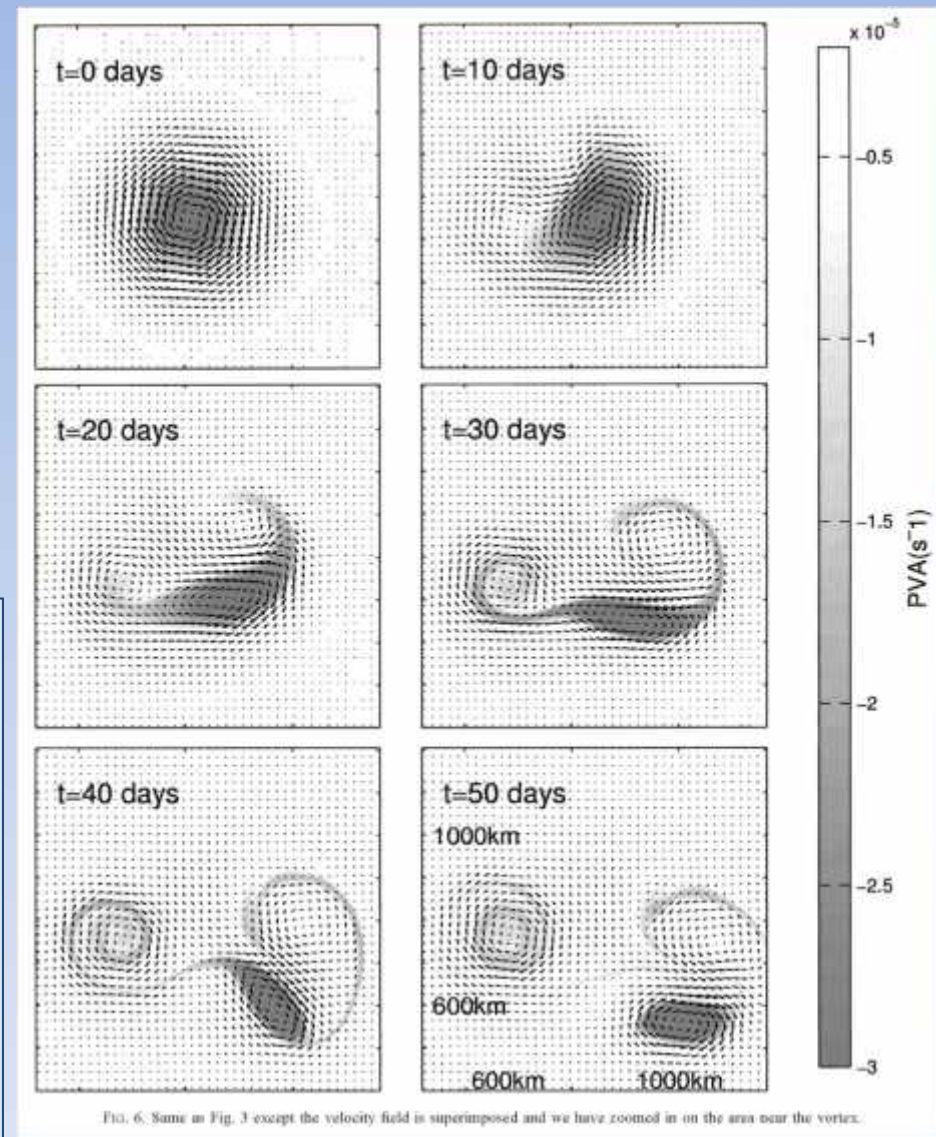


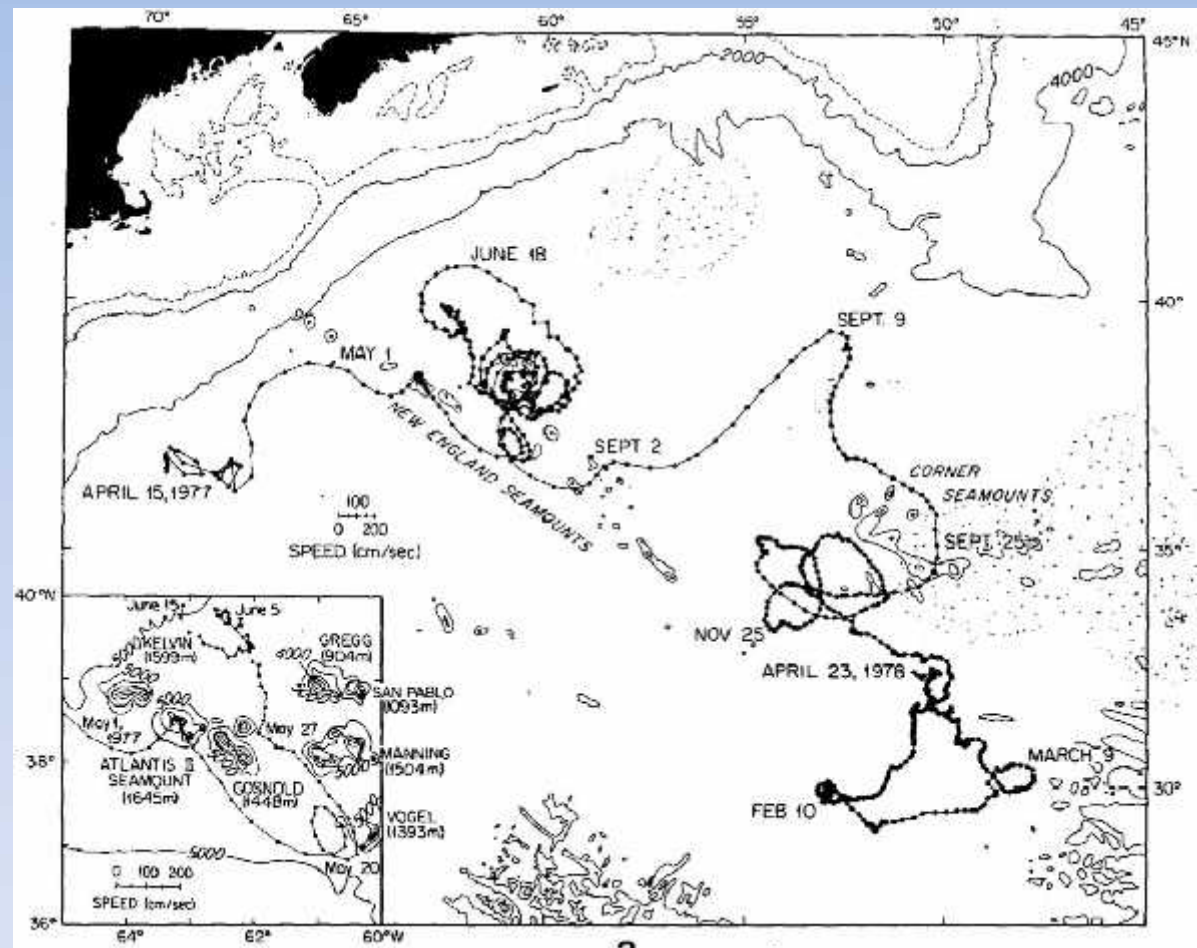
FIG. 6. Same as Fig. 3 except the velocity field is superimposed and we have zoomed in on the area near the vortex.

(Herbette et al., 2003)

Field observation of the current-topography interaction

Turbulence is generated by the current topography interactions:

Trajectory of surface drifter deployed in the Gulf Stream (Atlantic Ocean), « caught » by an eddy generated over a seamount



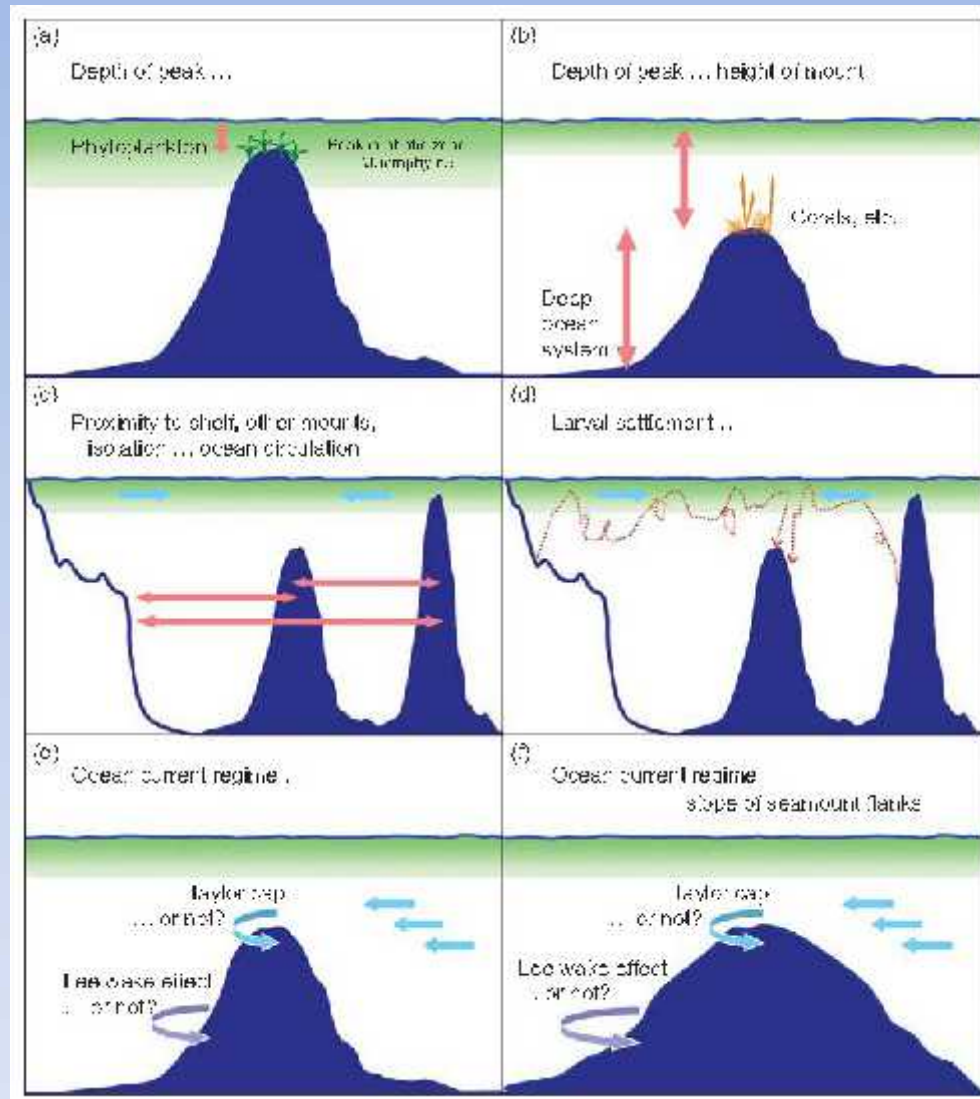
(Richardson, 1981)

Installation of a specific ecosystem over a seamount

- Primary production : depends on the characteristics of the seamount

- Connectivity: depends on the isolation of the seamount (+ *biological parameters*)

- Response to physical processes: depends on the shape of the seamount (+ *hydrological parameters*)



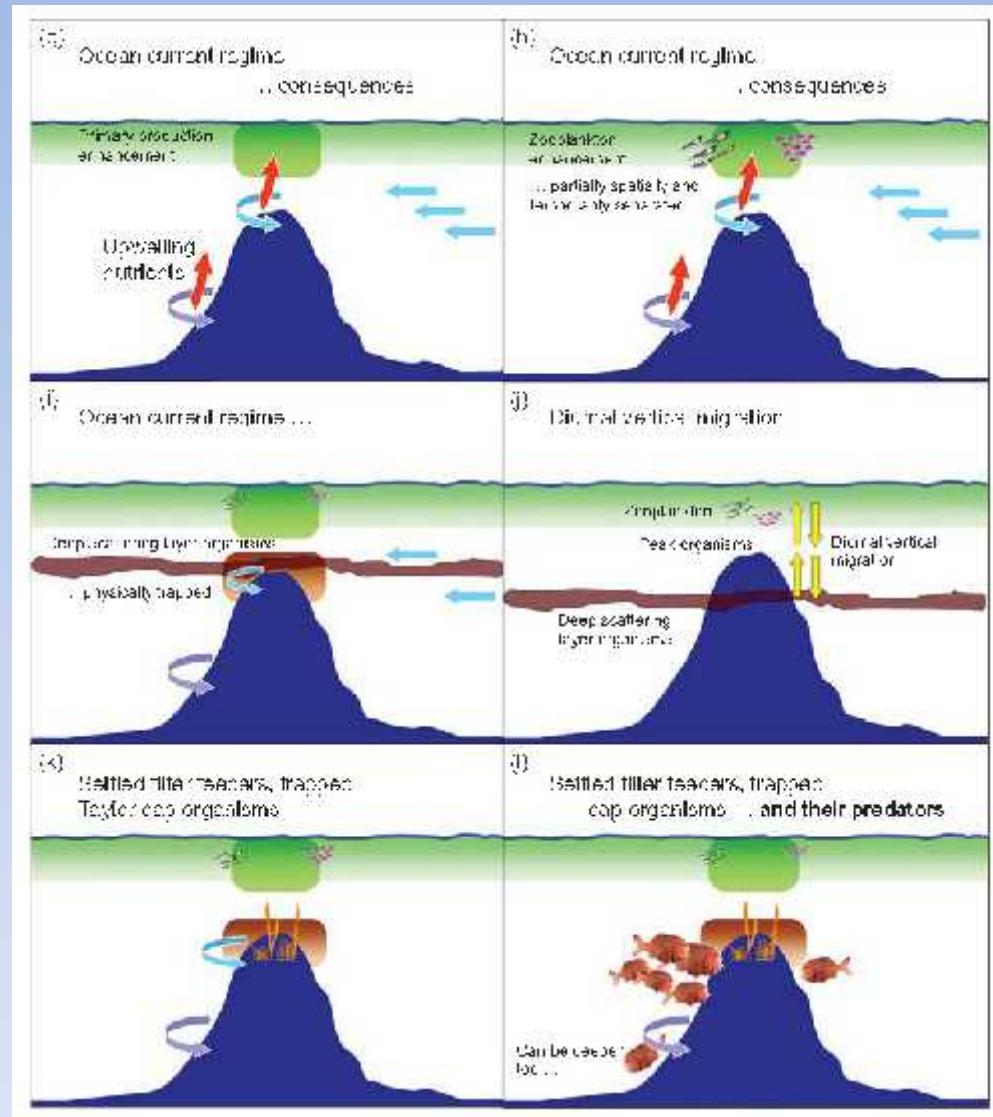
(Pitcher & Bulman, 2007)

Installation of a specific ecosystem over a seamount

- Development of the first trophic levels (phytoplankton, zooplankton): depends of the biological productivity (=> physical processes)

- nyctemeral vertical migration (zooplankton, micronekton): influenced by the topography & determines the ecosystem settlement

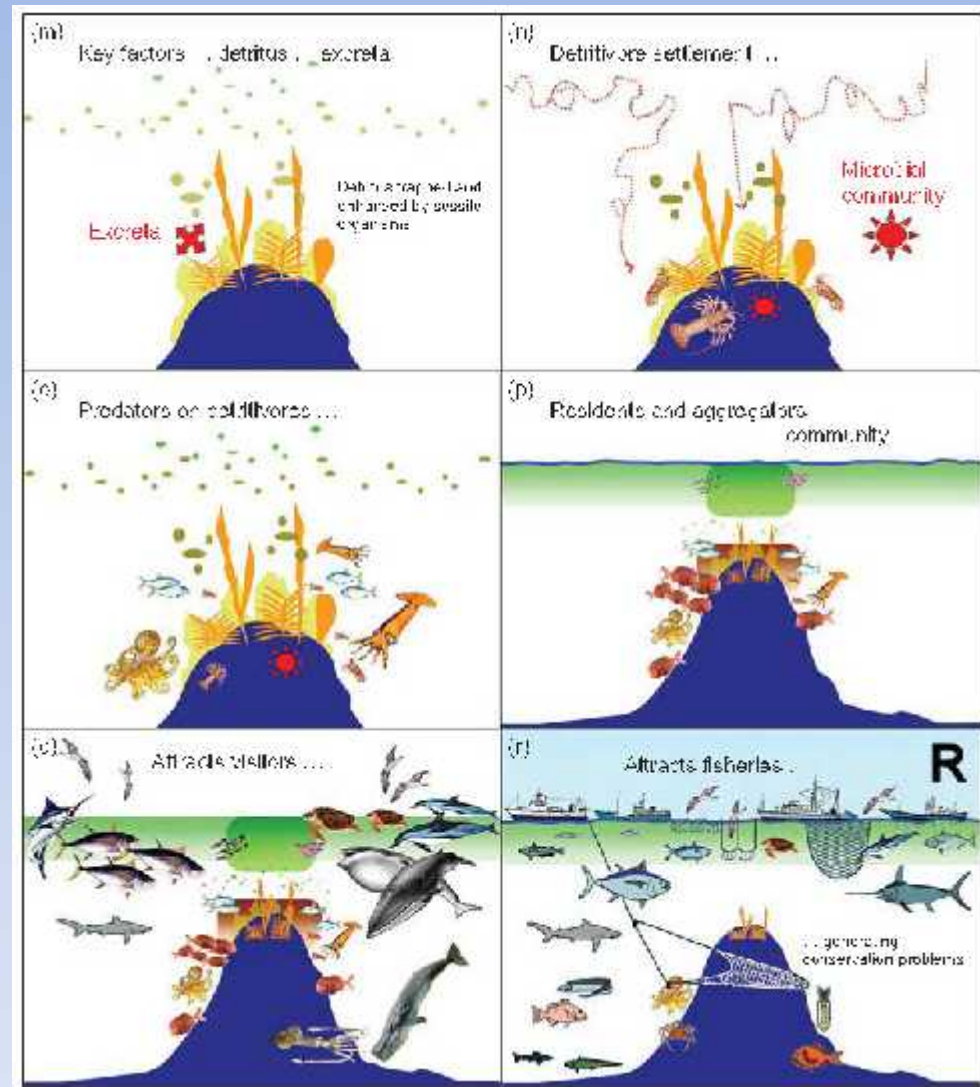
- next step: filter feeders settlement and carnivorous fishes trapped around the seamount



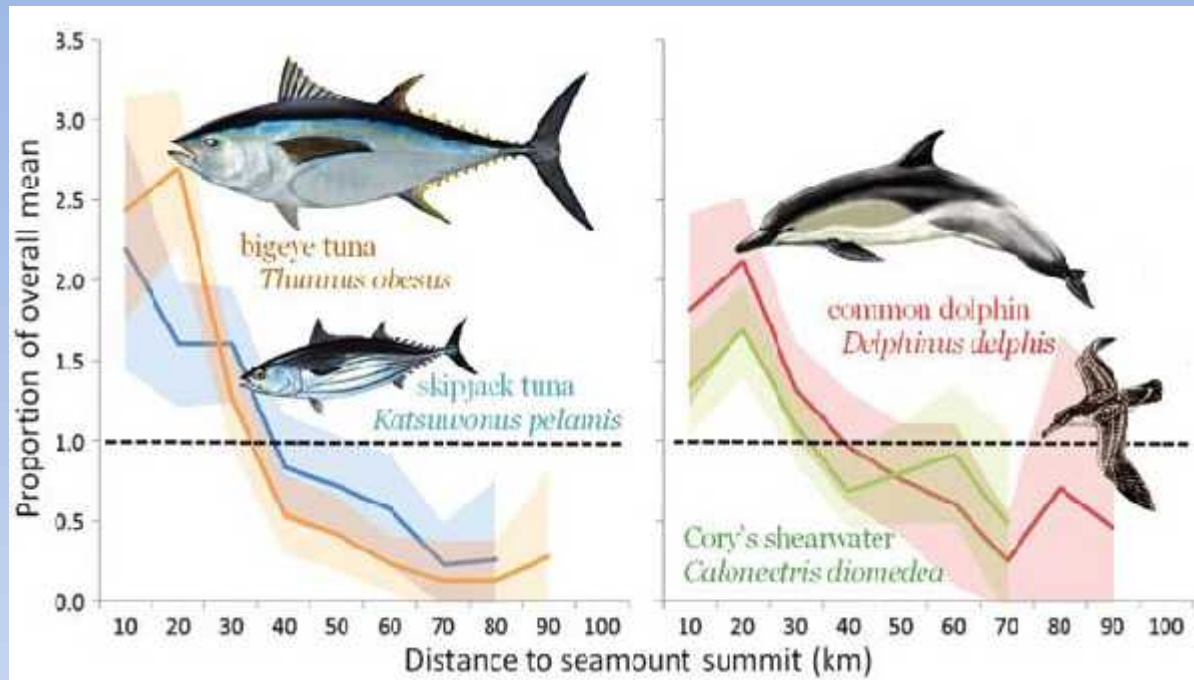
(Pitcher & Bulman, 2007)

Installation of a specific ecosystem over a seamount

- Settlement of all types of detritivorous organisms at the summit (including microbial loop and organic matter regeneration)
 - settlement of resident biological communities
 - attraction of « visitors » (top predators, migrating marine fauna, seabirds, ...)
- => **development of fishery activity**



(Pitcher & Bulman, 2007)



(Morato et al., 2008)

Observation on four seamounts in the Atlantic Ocean (Açores Archipelago) have shown a clear association between abundance of « visitors » and the distance to the closer seamount.

Hypotheses:

- ⇒ prey abundance due to enhanced biological productivity
- ⇒ magnetic signature of seamount (migrating species sensible to MS)
- ⇒ agregative effect of the seamounts (FAD-like effect)



We have a shelf/slope species with long-lived larvae. The larvae drift away as far away as the seamount. At the end of the animation, the species is present on both the seamount and adjacent shelf/slope.



Their genetic connectivity is maintained by an exchange of long-lived veliger larvae in both directions.



Different case. The shelf/slope species has short-lived larvae that normally do not reach the seamount.



However, occasionally some larvae make it until the seamount and a population settles there.



The shelf/slope species and the seamount species both have short-lived larvae that do not create connectivity between the 2 metapopulations: the seamount population is genetically isolated.

Because of this isolation, the seamount population evolves into a different species. We now have two species and the seamount species is endemic to the seamount.

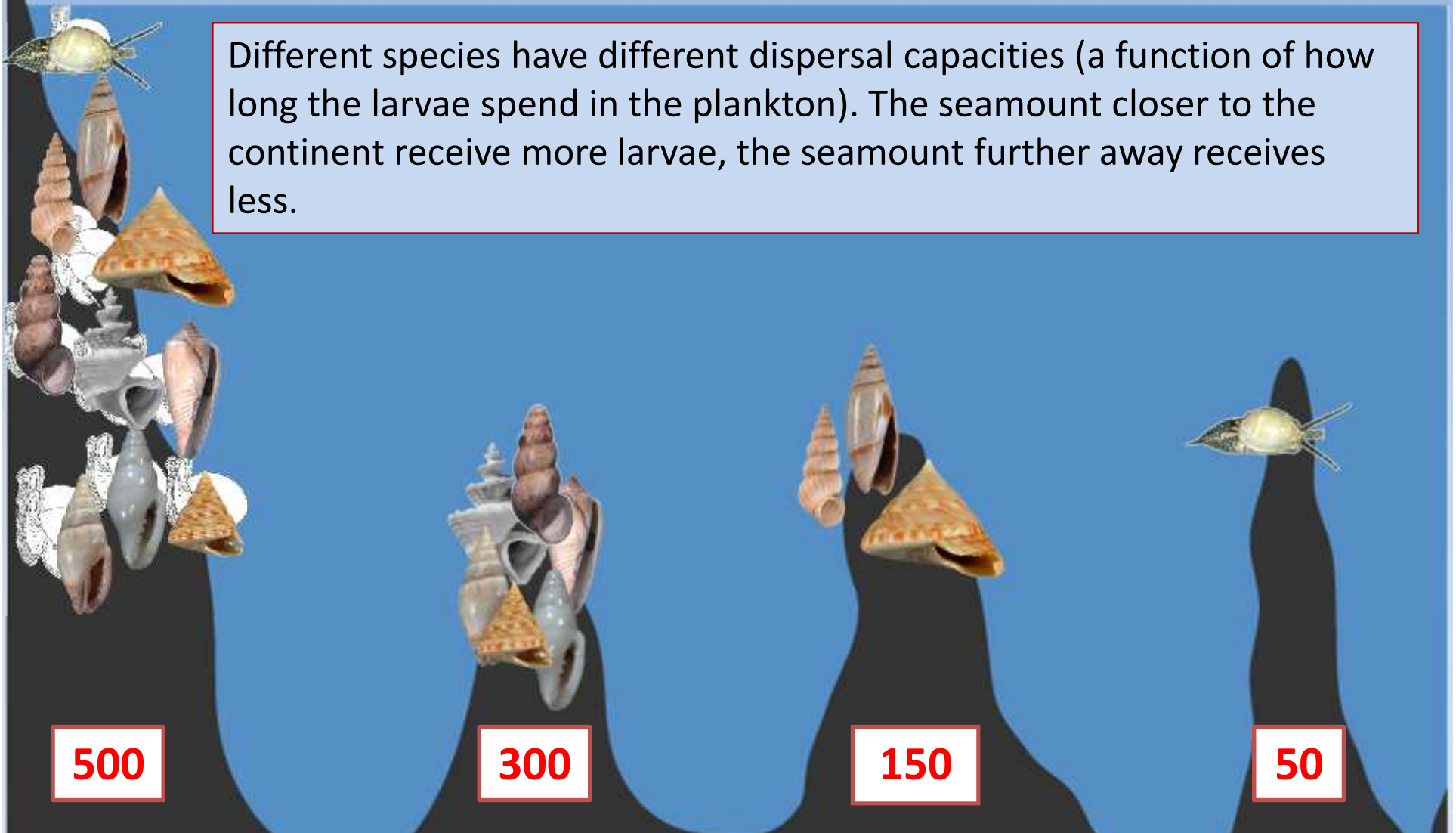
The impoverished benthos of seamounts

A continental margin with an assemblage of diverse gastropod species, and seamounts at various distances offshore.



The impoverished benthos of seamounts

Different species have different dispersal capacities (a function of how long the larvae spend in the plankton). The seamount closer to the continent receive more larvae, the seamount further away receives less.



However, occasionally some larvae make it until the seamount and a population settles there.

The impoverished benthos of seamounts

This is reflected in the species richness: if the continental margin has 500 species, the seamounts may have only 300, 150 and 50 species as one moves away to the high seas. Isolated far-away seamounts are species-poor, but (endemism's slides) they are also home to unique, endemic species.

In other words, it is hard to colonize an isolated seamount, but once a species has succeeded to colonize it, it may easily speciate by lack of connectivity. These endemic species are what make islands and seamounts so valuable in terms of natural heritage.

500

300

150

50

Aquat. Living Resour., 1991, 4, 13-25

Monts sous-marins et thons dans l'Atlantique tropical est

Alain Fonteneau

ORSTOM, Biologiste des Pêches,
CRODT B.P. n° 2241 Dakar, Sénégal.

Il est bien connu des pêcheurs que les monts sous-marins, nombreux dans l'Atlantique tropical est, concentrent parfois de fortes biomasses de thons. Cette association thons et monts sous-marins n'a paradoxalement fait l'objet d'aucun programme de recherches. Le présent article fait un bilan des captures de thons réalisées par les flottilles thonières internationales sur les monts sous-marins connus dans l'Atlantique tropical est durant les années récentes (période 1980 à 1987). La prise annuelle de thons sur certains monts sous-marins peut atteindre plusieurs milliers de tonnes. Les statistiques de pêche thonière montrent que certains monts sous-marins sont riches en thons, alors que d'autres semblent pauvres en permanence, bien qu'ils soient situés dans des zones prospectées par les pêcheurs.

Les particularités biologiques de ce type de pêche sont analysées: les captures sont en général plurispécifiques; albacores (*Thunnus albacares*), listaos (*Katsuwonus pelamis*) et patudos (*Parathunnus obesus*) sont pêchés en proportions voisines avec des individus de tailles relativement petites en comparaison des zones voisines. Des hypothèses sont développées sur les causes et sur la dynamique de l'agrégation des thons autour de ces hauts-fonds en utilisant les statistiques de pêche journalières et les résultats de marquages classiques et par marques émettrices réalisés sur un mont sous-marin. Les perspectives de recherches sur l'association sous-marins et thons et sur l'exploitation rationnelle de ces micro-structures sont discutées. Les positions et les profondeurs des monts sous-marins étant actuellement facilement repérées grâce aux satellites à radar altimétrique, la localisation systématique de ces structures est possible et revêt pour les pêcheurs un intérêt potentiel évident pour réduire les temps de prospections des thoniers.

Aquat. Living Resour., 1991, 4, 13-25

Monts sous-marins

est

eau

èches,
égal.

« It is well known among the fishermen that seamounts, which are numerous in the East Tropical Atlantic, may concentrate very high tuna biomass. »

Il est bien connu des pêcheurs que les monts sous-marins, nombreux dans l'Atlantique tropical est, concentrent parfois de fortes biomasses de thons. Cette association thons et monts sous-marins n'a paradoxalement fait l'objet d'aucun programme de recherches. Le présent article fait un bilan des captures de thons réalisées par les flottilles thonières internationales sur les monts sous-marins connus dans l'Atlantique tropical est durant les années récentes (période 1980 à 1987). La prise annuelle de thons sur certains monts sous-marins peut atteindre plusieurs milliers de tonnes. Les statistiques de pêche thonière montrent que certains monts sous-marins sont riches en thons, alors que d'autres semblent pauvres en permanence, bien qu'ils soient situés dans des zones prospectées par les pêcheurs.

Les particularités biologiques de ce type de pêche sont analysées: les captures sont en général plurispécifiques; albacores (*Thunnus albacares*), listaos (*Katsuwonus pelamis*) et patudos (*Parathunnus obesus*) sont pêchés en proportions voisines avec des individus de tailles relativement petites en comparaison des zones voisines. Des hypothèses sont développées sur les causes et sur la dynamique de l'agrégation des thons autour de ces hauts-fonds en utilisant les statistiques de pêche journalières et les résultats de marquages classiques et par marques émettrices réalisés sur un mont sous-marin. Les perspectives de recherches sur l'association sous-marins et thons et sur l'exploitation rationnelle de ces micro-structures sont discutées. Les positions et les profondeurs des monts sous-marins étant actuellement facilement repérées grâce aux satellites à radar altimétrique, la localisation systématique de ces structures est possible et revêt pour les pêcheurs un intérêt potentiel évident pour réduire les temps de prospections des thoniers.

Aquat. Living Resour., 1991, 4, 13-25

Monts sous-marins

est

eau

èches,
égal.

« The statistics of tuna fisheries highlight that some seamounts are rich in tunas, while others are allways few productive even if explored by fishing boats. »

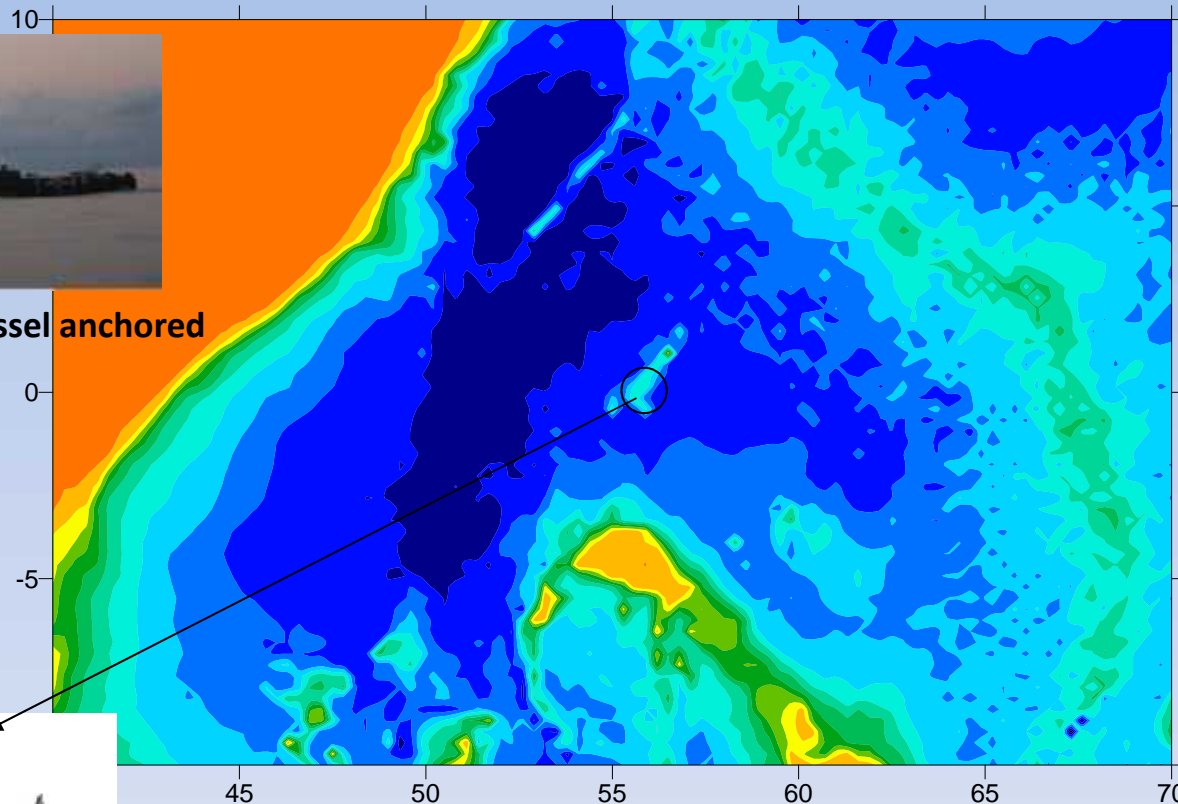
Il est bien connu des pêcheurs que les monts sous-marins, nombreux dans l'Atlantique tropical est, concentrent parfois de fortes biomasses de thons. Cette association thons et monts sous-marins n'a paradoxalement fait l'objet d'aucun programme de recherches. Le présent article fait un bilan des captures de thons réalisées par les flottilles thonières internationales sur les monts sous-marins connus dans l'Atlantique tropical est durant les années récentes (période 1980 à 1987). La prise annuelle de thons sur certains monts sous-marins peut atteindre plusieurs milliers de tonnes. Les statistiques de pêche thonière montrent que certains monts sous-marins sont riches en thons, alors que d'autres semblent pauvres en permanence, bien qu'ils soient situés dans des zones prospectées par les pêcheurs.

Les particularités biologiques de ce type de pêche sont analysées: les captures sont en général plurispécifiques; albacores (*Thunnus albacares*), listaos (*Katsuwonus pelamis*) et patudos (*Parathunnus obesus*) sont pêchés en proportions voisines avec des individus de tailles relativement petites en comparaison des zones voisines. Des hypothèses sont développées sur les causes et sur la dynamique de l'agrégation des thons autour de ces hauts-fonds en utilisant les statistiques de pêche journalières et les résultats de marquages classiques et par marques émettrices réalisés sur un mont sous-marin. Les perspectives de recherches sur l'association sous-marins et thons et sur l'exploitation rationnelle de ces micro-structures sont discutées. Les positions et les profondeurs des monts sous-marins étant actuellement facilement repérées grâce aux satellites à radar altimétrique, la localisation systématique de ces structures est possible et revêt pour les pêcheurs un intérêt potentiel évident pour réduire les temps de prospections des thoniers.

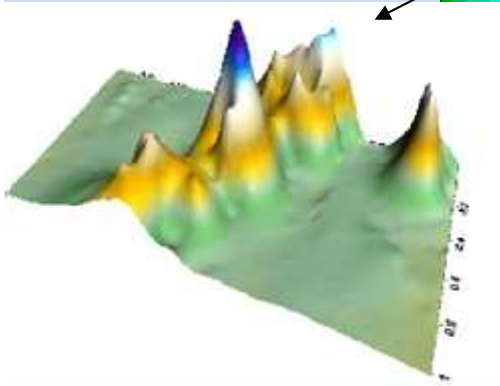
An example in the Indian Ocean: the “Coco de mer”
(north of Seychelles, at 0°26'N – 56°01'S)



Spanish supply vessel anchored at the seamount

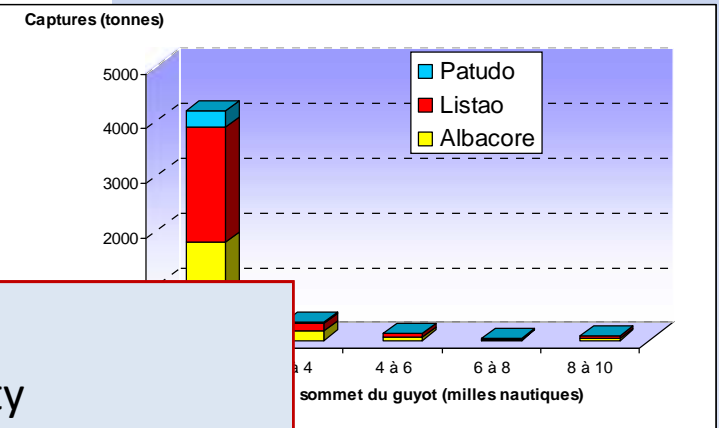
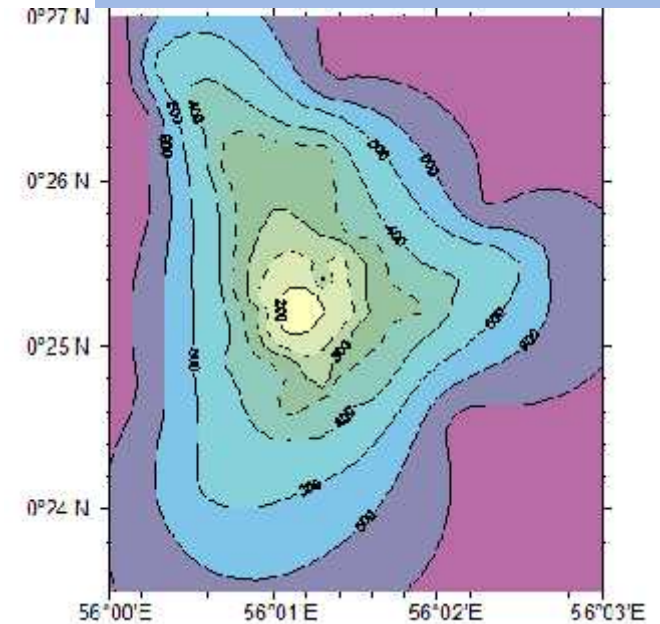
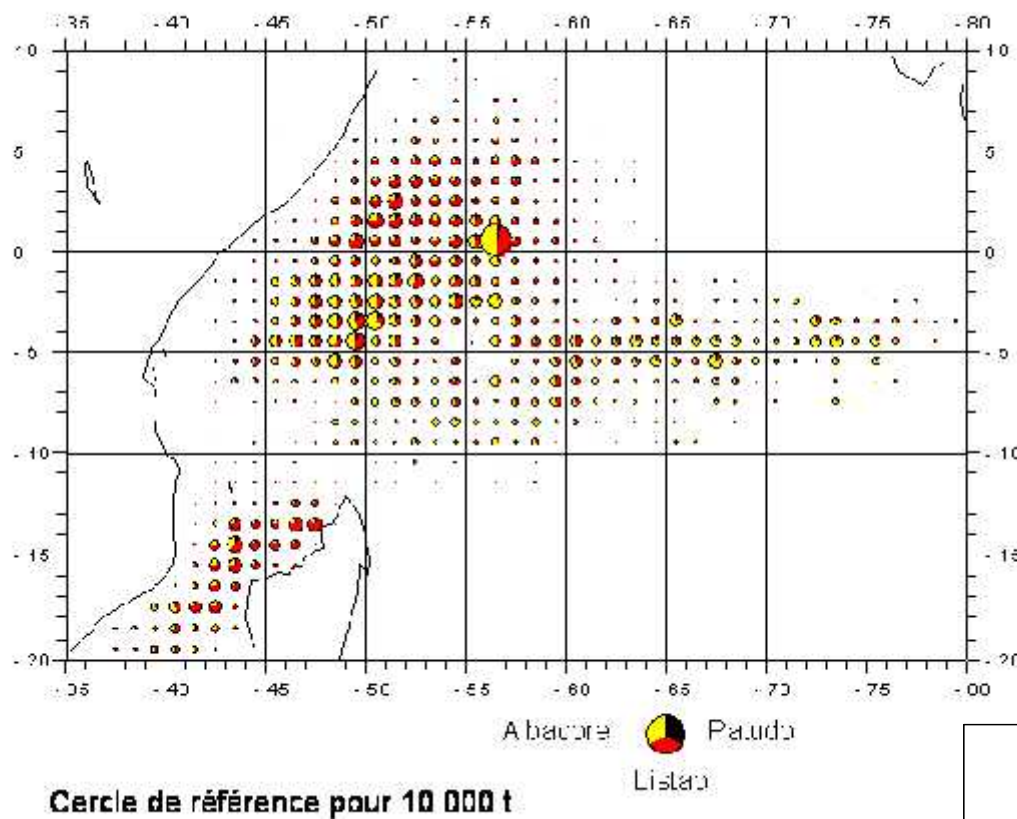


(Marsac et al, 2014)



- First identified by Soviet scientific longliners in the 80's (as the Travis Bank), the seamount was re-discovered by French longliner in 1984 and named « Coco de mer ».
- Summit at 191m below sea surface
- Total annual catch ~6000 T of tunas

Fishing activities at seamounts



- 92% of catches were done at less than 2 nautical miles from the summit

Hypotheses:

- ⇒ prey abundance due to enhanced biological productivity
- ⇒ magnetic signature of seamount (migrating species sensible to MS)
- ⇒ agregative effect of the seamounts (FAD-like effect)

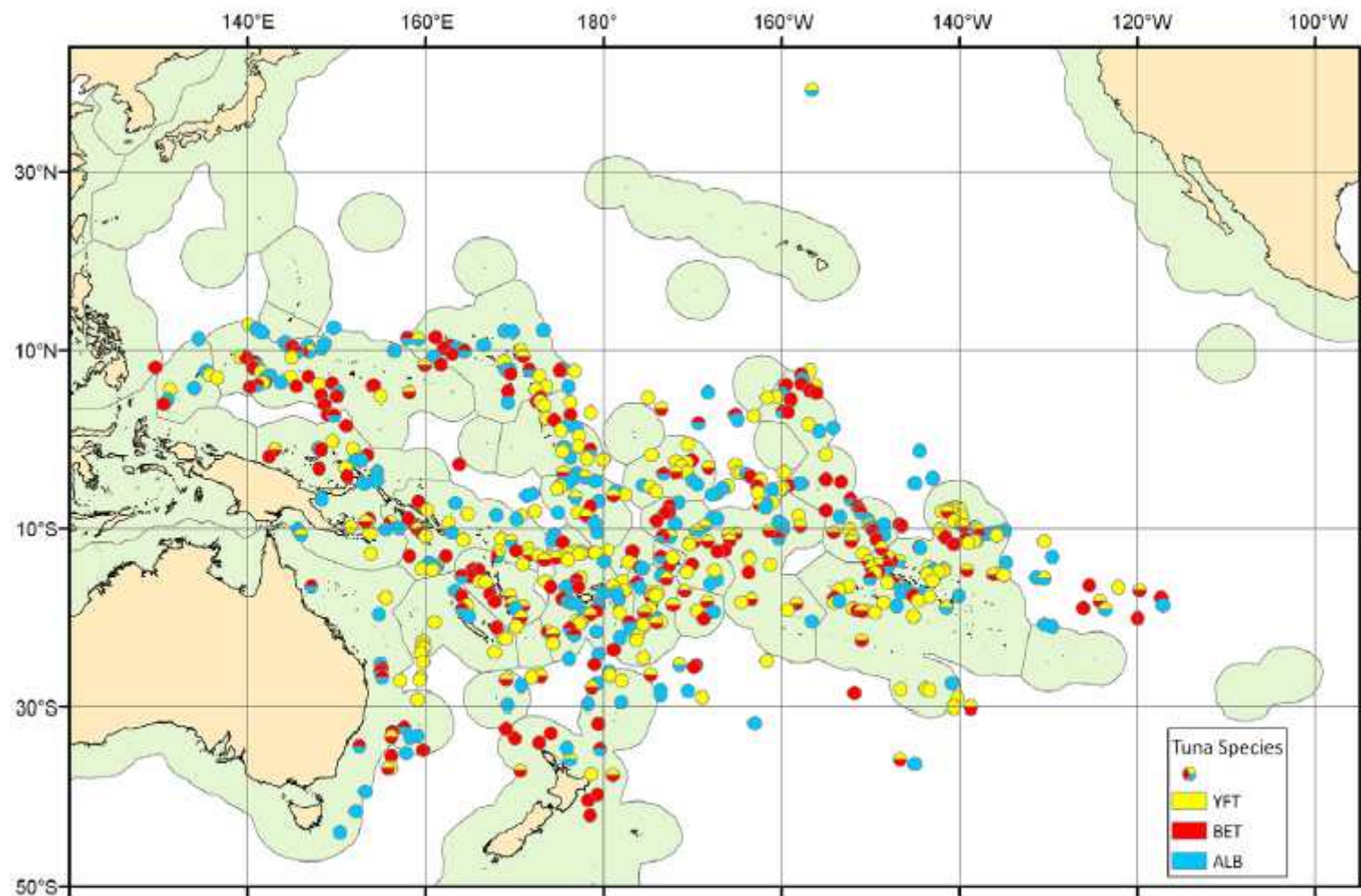


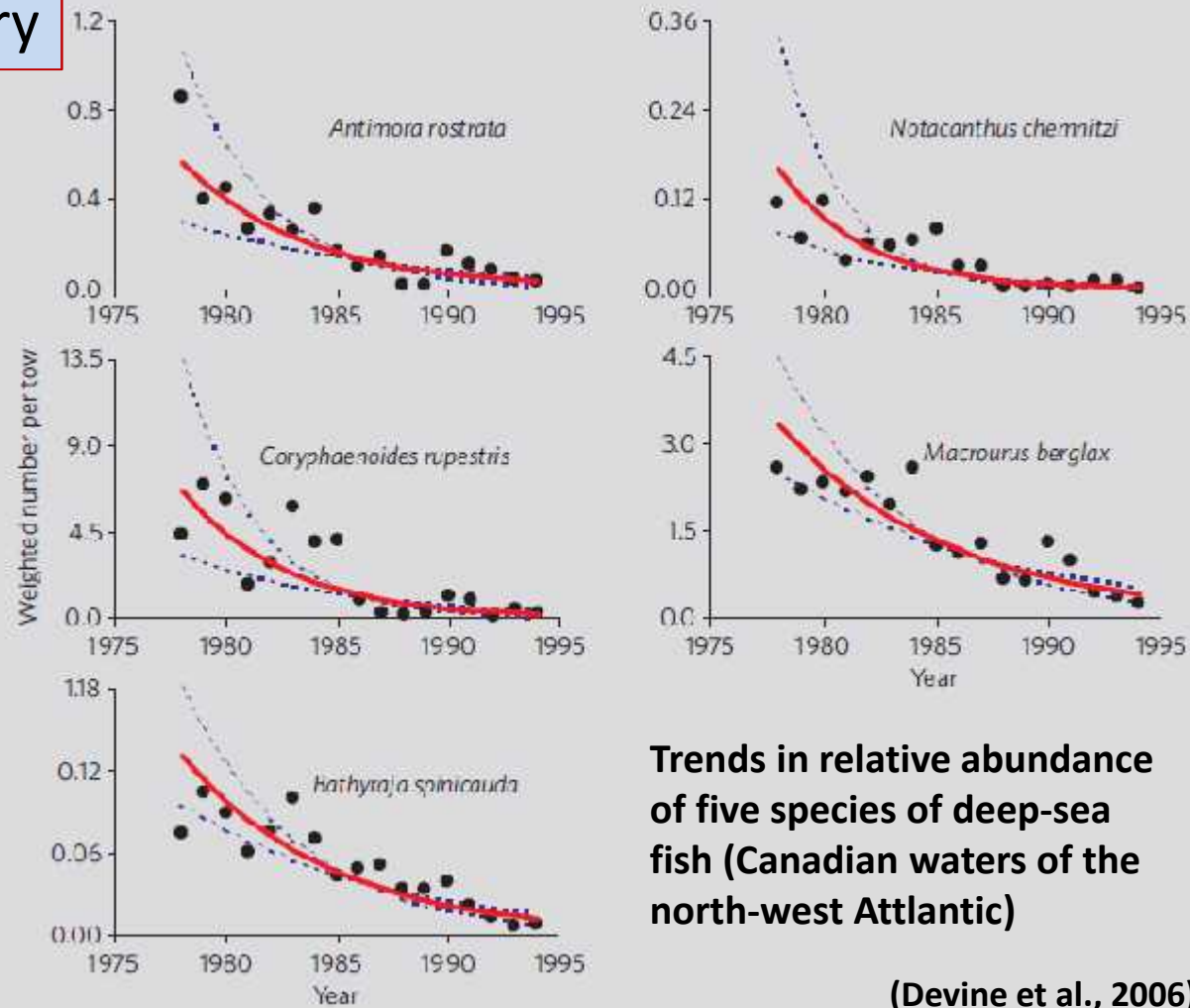
Figure 1. Location of seamounts with significant higher catch rates of tuna. Significant seamounts were detected by Akaike's Information Criterion on modeling the catch data with and without the distance to seamount term. YFT is yellowfin tuna (yellow), BET is bigeye (red), and ALB is albacore (blue).

doi:10.1371/journal.pone.0014453.g001

(Moreto et al, 2010)

Tuna fisheries in the South West Pacific Ocean related to seamounts

Deep-sea fishery



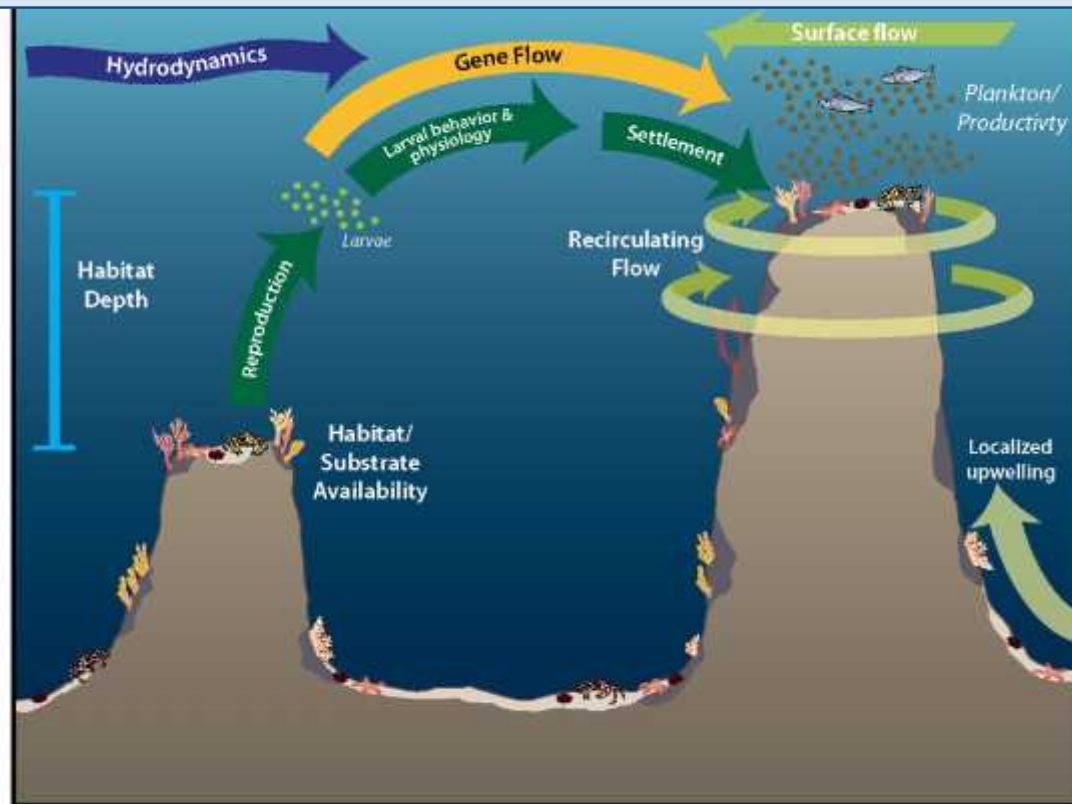
« Deep-sea fish are highly vulnerable to disturbance because of their biological characteristics (late maturation, high longevity, low fecundity and slow growth). Some of them form spawning aggregations on seamounts and the sea floor, and increase their susceptibility to overfishing. »



Langoust *Palinurus barbarae*, discovered on the Walters Shoal by Durban fishermen and described only several years later (2006) by scientists.

This illustrates the patrimonial value (and the vulnerability) of the Walter's Shoals for living resources, and the lack of scientific knowledge regarding their composition, in a potentially endangered area.

In summary: Interactions between biotic and abiotic factors resulting in the dispersion, colonisation and genetic connectivity between seamount ecosystems.



(Shank, 2010)

These factors have to be properly understood and considered to define appropriate conservation and management policies. This has to be based on reliable scientific knowledge to be enhanced in the years coming.

Review

Science Priorities for Seamounts: Research Links to Conservation and Management

Malcolm R. Clark^{1*}, Thomas A. Schlacher², Ashley A. Rowden¹, Karen I. Stocks³, Mireille Consalvey¹

