

Ecologie des poissons profonds

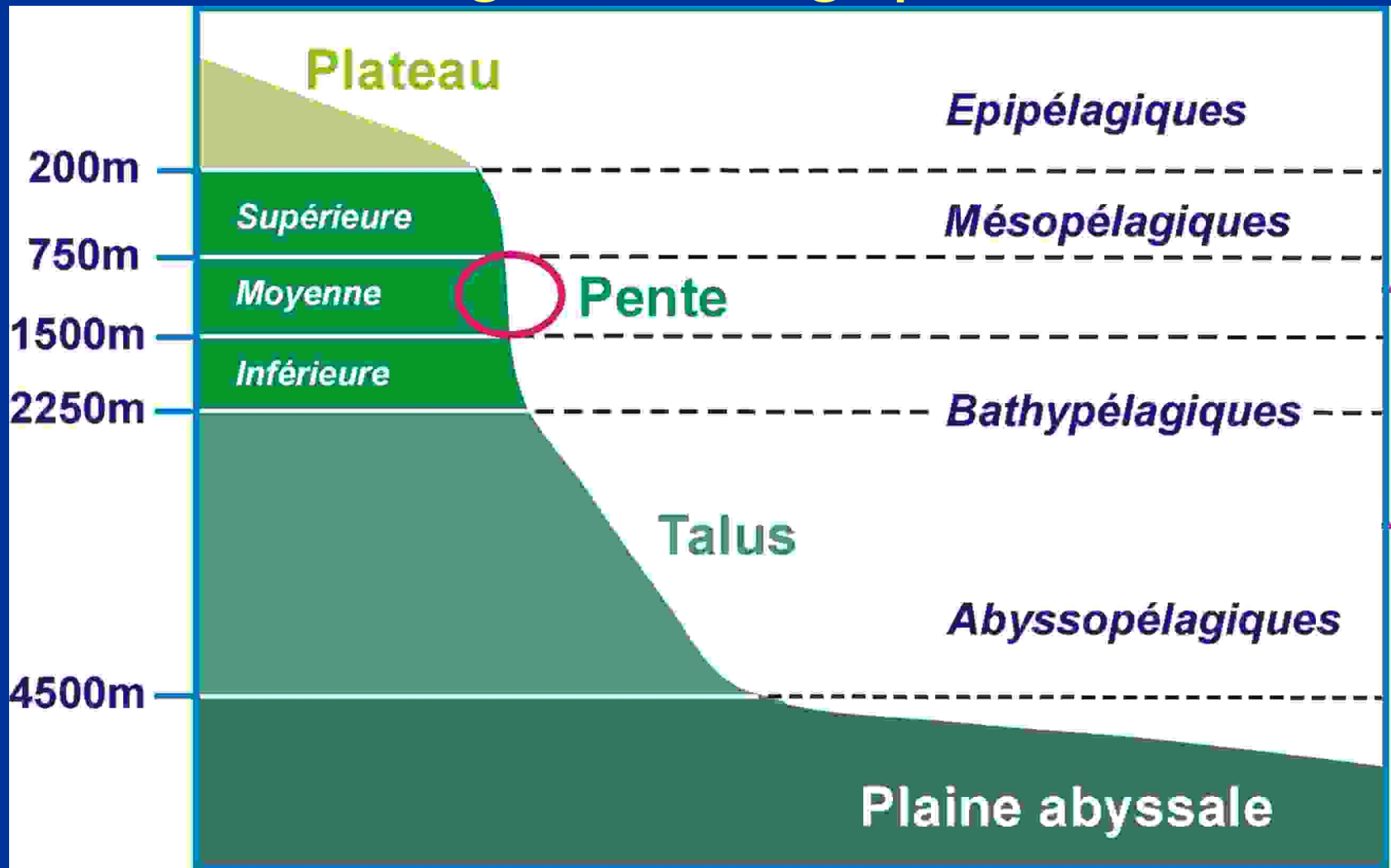
Des individus aux peuplements



P. Lorange, soutenance de thèse
11 décembre 2007, IUEM, Brest¹

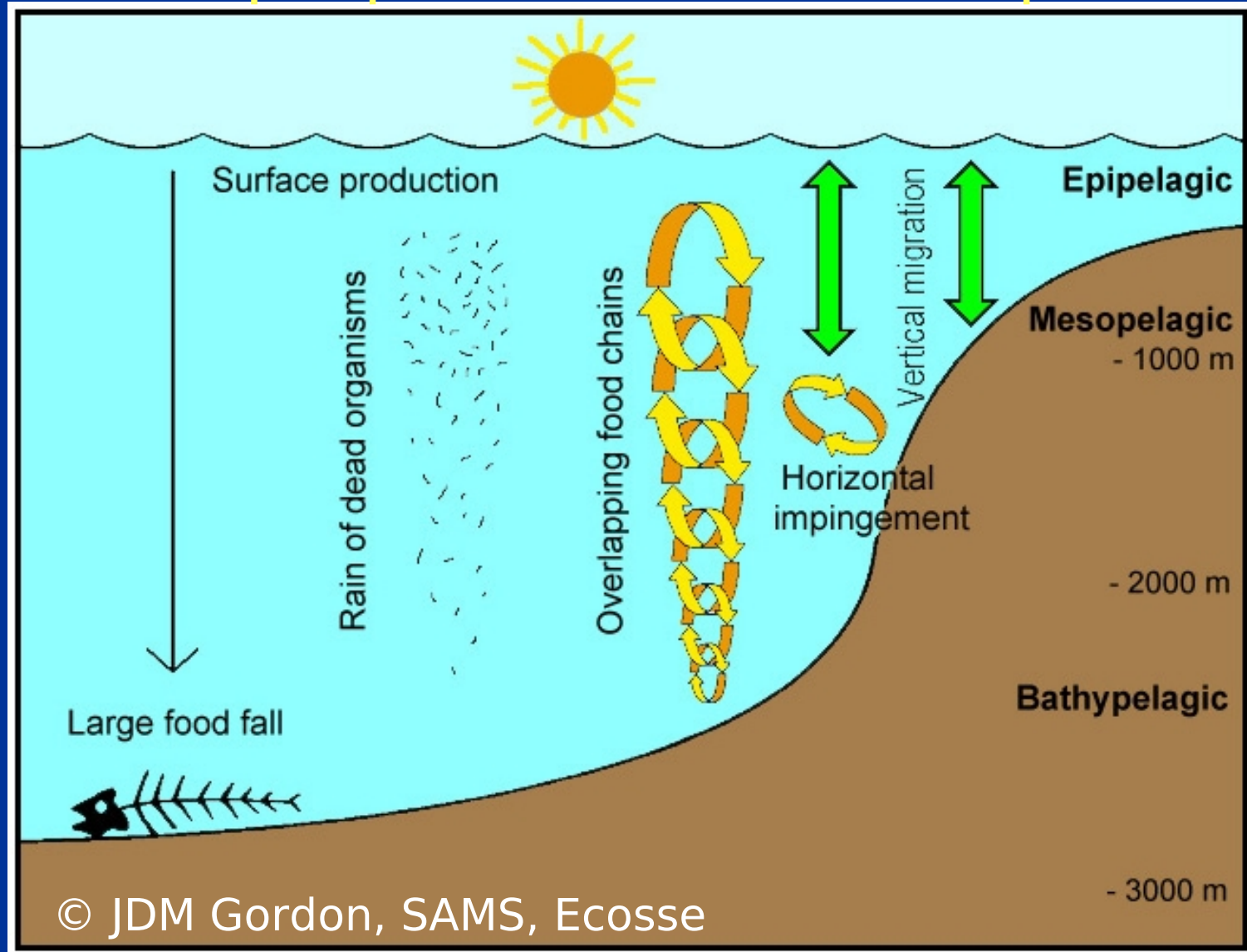
Introduction

- Etages écologiques -



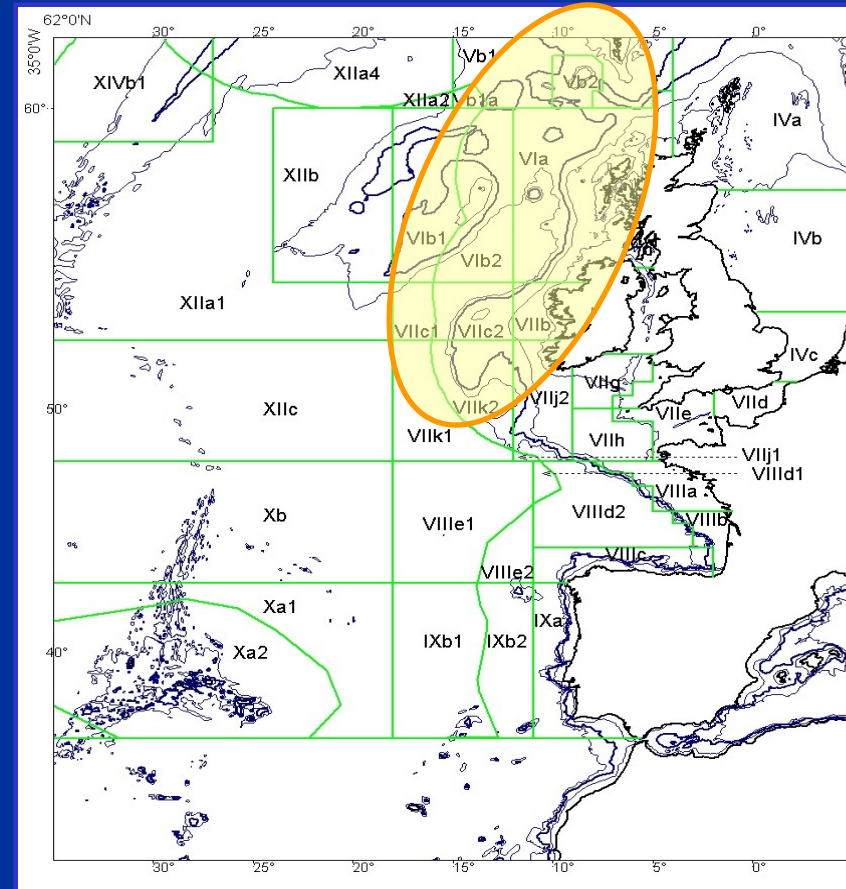
- Introduction -

Flux trophique dans le domaine profond



Pêche au chalut sur la pente

- Fin des années 1980
chalutiers industriels et semi-
industriels en difficulté
 - Redéploiement vers des ressources « nouvelles », plus profondes
 - grenadier de roche, sabre noir, empereur, requins profonds (sikis)
 - Acceptabilité sur les marchés
 - 90% des débarquements dans 3 ports
 - Zone de pêche : ouest des Îles Britanniques
- Contribution marginale de la pêche artisanale
- Pêche profonde antérieure
 - Lingue bleue par les mêmes flottilles



Pêcher l'inconnu

- Domaine profond peu productif, sensible à l'exploitation
- Préoccupation halieutique (ressources) puis écologique (communautés vulnérables)
 - Halieutique et évaluation de stock
 - Mortalité naturelle, estimation d'âge
 - Potentiel exploitable, taux d'exploitation
 - Ecologie des populations et peuplements
 - Distribution, habitat, structure des peuplements
 - Alimentation et réseau trophique
 - Impact écosystémique
 - Effet de la pêche sur les populations cibles, captures accessoires et rejet
 - Effet sur le peuplement de poissons
 - Impact sur les communautés benthiques et habitats vulnérables

Sujets traités dans la thèse

Chapitre	Sujet	
Individus petite échelle	Distribution	} Connaissance Exploratoire Capturabilité Est. Abondance
	Habitats (articles 1 à 4) Comportements	
Populations	DPUE (5)	} Dynamique population
	Grenadier : dynamique de population (6) ; croissance (7)	
	Dorade rose : historique Y/R	
Peuplements	Diversité comparée plateau/pente (8)	} AEP
	Composition spécifique et abondance à petite échelle (9)	
	Impact de la pêche	

Etudes des individus

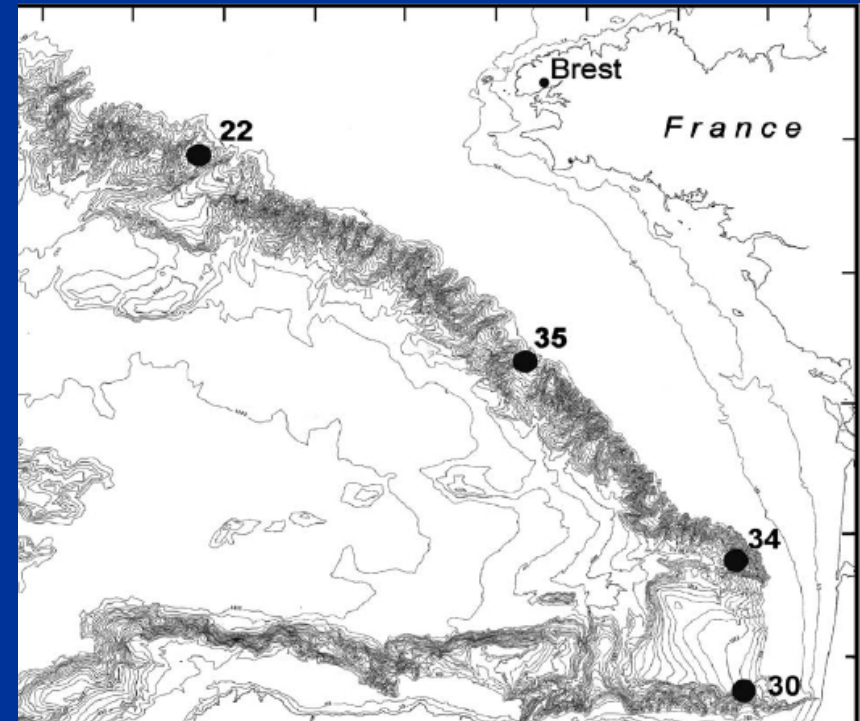
- Approche exploratoire, lien avec capturabilité
- Données de plongées en submersibles et ROV
- Estimations de densités : dénombrement des individus observés et estimation des surfaces échantillonnées
- Comportement
 - Naturel :
 - Locomotion (immobile, nage contre le courant pour rester stationnaire, dérive, nage activement vers l'avant)
 - Activité (inactif, mouvement de contrôle de nageoire, nage de l'ensemble du corps)
 - Position dans la colonne d'eau (posé au fond, touche le fond, à une certaine distance du fond)
 - Réactif (à la perturbation par sous-marin/ROV)
 - Type de réaction (augmentation de l'activité, fuite, direction de fuite)
 - Distance de réaction

Etude des individus, *Synaphobranchus kaupii*

- Anguilliforme, nécrophage
- A grande échelle, abondant sur toute la pente de 700 à 2000 m, parmi les premières espèces en nombre



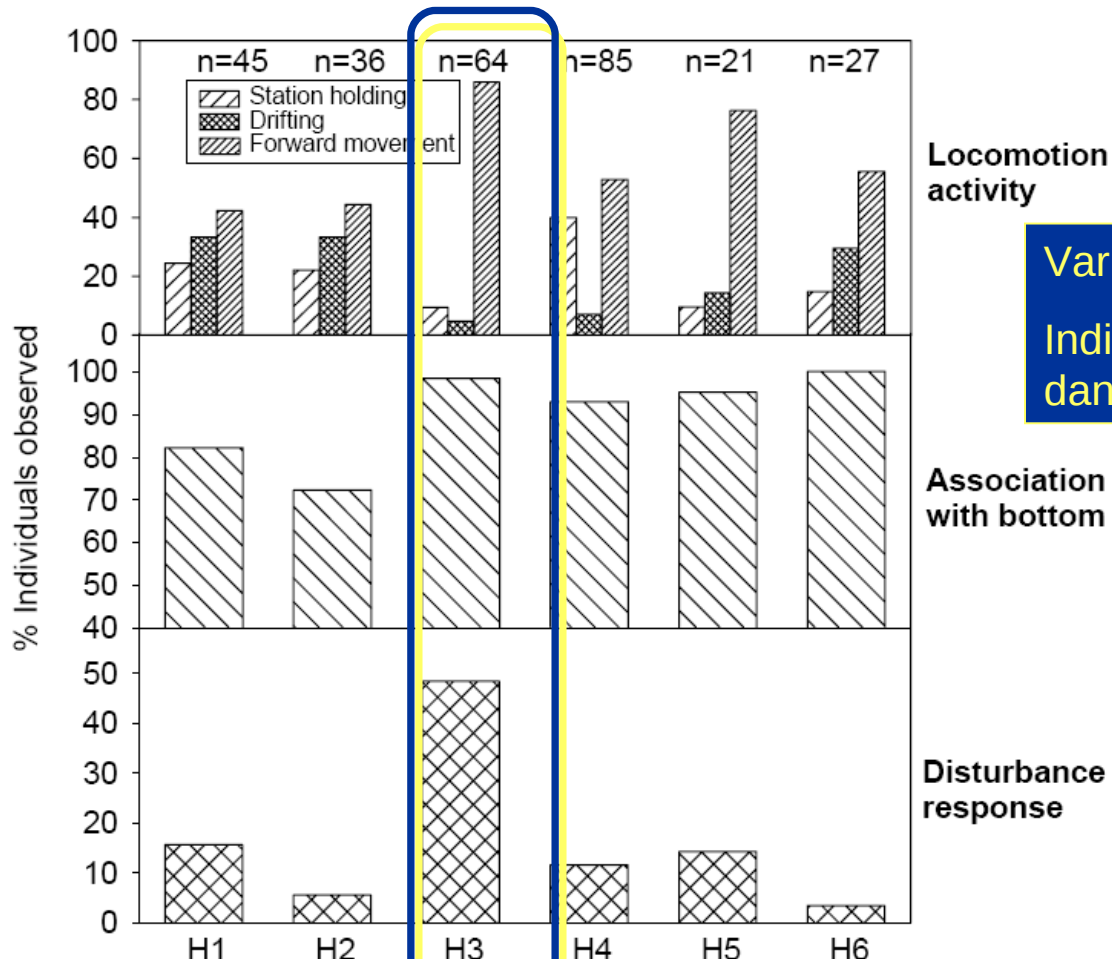
Analyse de 4 plongées du Nautilé en 1998 dans le golfe de Gascogne (campagne OBSERVHAL) entre 700 et 1850 m (article 1)



Article 1

Uiblein, F., Lorance, P., Latrouite, D., 2002. variation in locomotion behaviour in northern cutthroat eel (*Synaphobranchus kaupii*) on the Bay of Biscay continental slope. Deep Sea Res. I Oceanogr. Res. Pap., 49, 9, 1689-1703. 8

Synphobranchus kaupii



Variabilité des comportements

Individus plus actifs et plus réactifs dans l'habitat le plus profond

Habitat	H1	H2	H3	H4	H5	H6
profondeur (m)	1100 - 1250	933 - 1100	1822 - 1848	1100 - 1560	710 - 1100	1155 - 1560
Pente (%)	21	6	1	23	21	8
Température	7,2 - 8,6	8,3 - 9,6	5 - 5,2	6,2 - 9,5	9,5 - 10,4	4,6 - 9,1

S. kaupii - conclusions

- Toujours actif : recherche de proies = particules mortes
- nécrophage
- Habitats préférentiels : accumulation de particules et débris, favorables à détection olfactive des proies
- plus profond : individus plus actifs
 - Bibliographie
 - plus grand – plus profond (bigger-deeper)
 - abondance de proies décroît
 - Comportement : grands individus plus actifs -> explorer un plus grand volume ?

Empereur (*Hoplostethus atlanticus*)



- Dans quelles conditions d'habitats se forment les concentrations ?

Résultats

- Observé dans 12/13 plongées
- Densité faible (1-8 ind.ha⁻¹) sauf dans une agrégation (2500 ind.ha⁻¹)
- Agrégation : dans une petite dépression ; absence de courant
- Facteur d'agrégation : plutôt lié à l'hydrologie qu'à la topographie (espèce souvent décrite associée aux seamounts)
- Habitat de l'agrégation inaccessible à chalutage ou acoustique

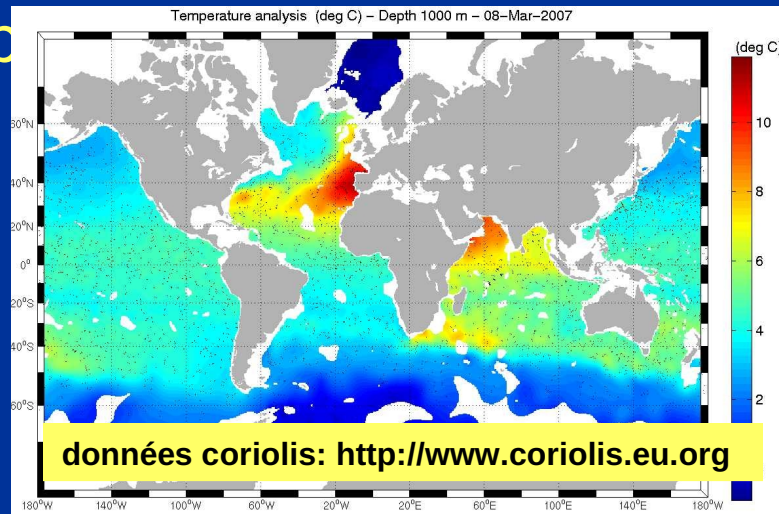
Article 2

Lorance, P., Uiblein, F., Latrouite, D., 2002. Habitat, behaviour and colour patterns of orange roughy *Hoplostethus atlanticus* (Pisces: Trachichthyidae) in the Bay of Biscay. J. mar. biol. Assoc. U. K., 82, 2, 321-331

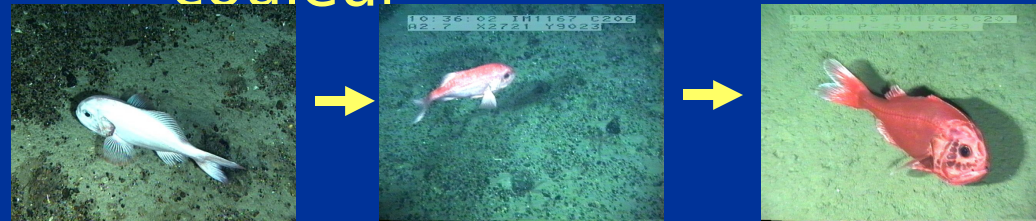
Empereur (*Hoplostethus atlanticus*)

- résultats complémentaires -

Observé à grande



Changement de couleur



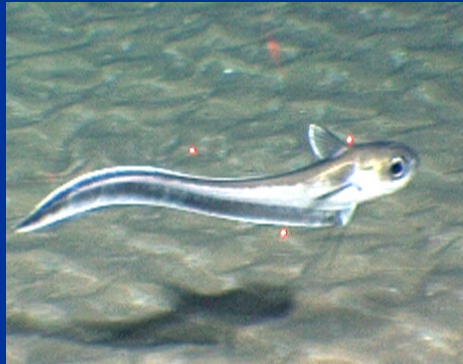
conclusion - perspectives

- Doit avoir un comportement complexe avec des phases actives et inactives dans des habitats différents
- Distribué dans des secteurs accidentés et en partie par grande profondeur (habitat peu accessible à l'échantillonnage)
- Exploitation par pêche récente de concentrations de reproduction dans le golfe de Gascogne

Quelles sont les stratégies de comportement des espèces profondes ?



Trachyscorpia cristulata echinata



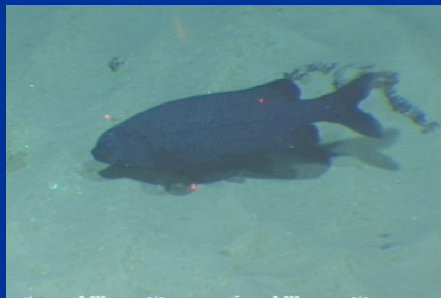
Coryphaenoides rupestris



Aphanopus carbo



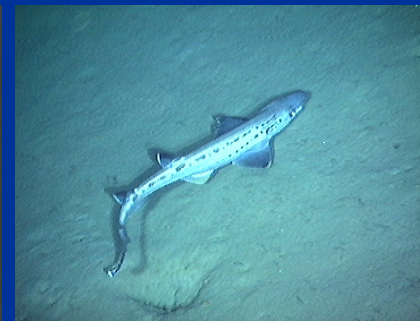
Hoplostethus atlanticus



Alepocephalids



Squalid sharks



Scyliorhinid sharks

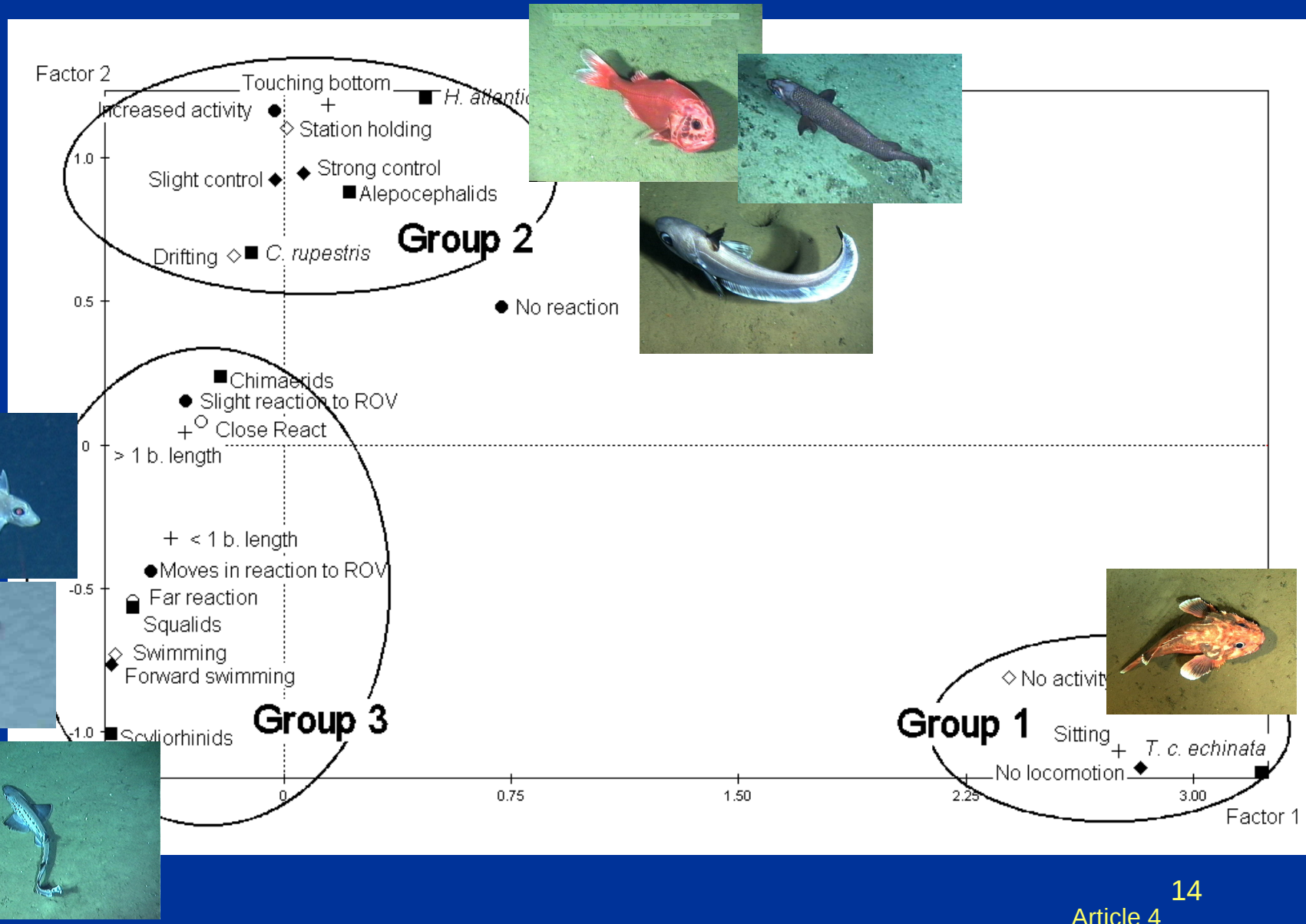


Chimaerids

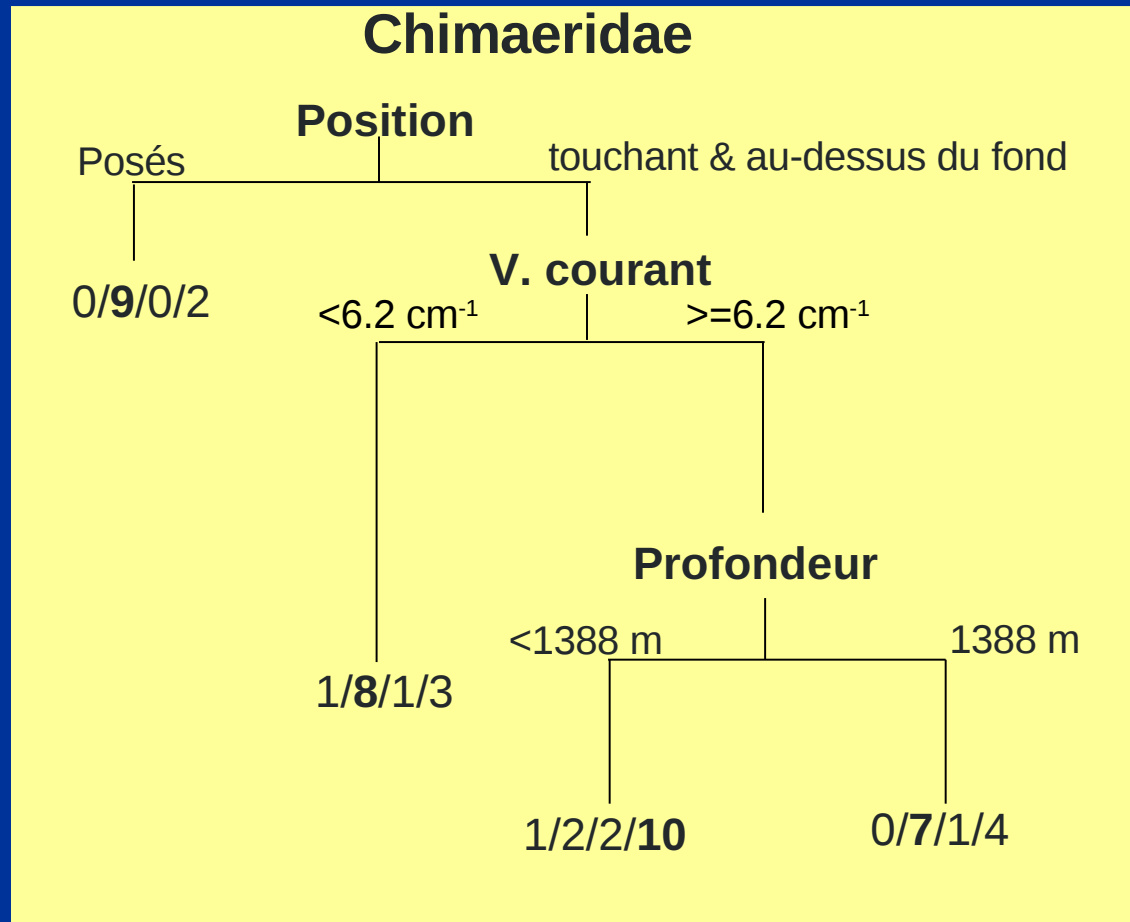
Article 4

Lorance, P., Trenkel, V.M., 2006. Variability in natural behaviour, and observed reactions to an ROV, by mid-lope fish species. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 332, 1, 106-119.

Analyse des Correspondances Multiples



Locomotion et Facteurs d'environnement et d'observation




Effectifs des points finaux : Immobile / Stationnaire / Dérivant / nageant

Effet des facteurs d'environnement sur la locomotion

Chimaeridae	Distance du fond Vitesse du courant Profondeur
<i>H. atlanticus</i>	Vitesse du courant
<i>C. rupestris</i>	Vitesse du courant Distance du fond Vitesse du courant Profondeur

Autres taxons : pas d'effet des facteurs d'environnement et d'observation sur la locomotion

Comportements et traits vitaux

<p>1 - <i>T. c. echinata</i></p> 	<p>Posé, immobile sans réaction</p>	<p>Benthique Petits poissons, crustacés prédateur ambusqué</p>
<p>2 - Alepocephalidae</p> 	<p>Dérive près du fond</p>	<p>Benthopelagique Grandes proies planctoniques (méduses) Alimentation opportuniste</p>
<p>3 - Chimaeridae</p> 	<p>Stationnaire ou nageant</p>	<p>Epibenthique Epibenthos (par exemple anémones) Alimentation opportuniste</p>

Conclusions au niveau des individus

- ❖ comportements variés correspondant aux stratégies vitales et alimentaires
- ❖ 3 groupes de comportements chez les grandes espèces (la plupart débarquées par la pêche)
 - posé, inactif non réactif
 - dérivant ou stationnaire près du fond
 - nageur et réactif
- ❖ variations des comportements avec les conditions environnementales
- ❖ Diversité des comportements reflète celle des sources d'énergie dans l'écosystème profond

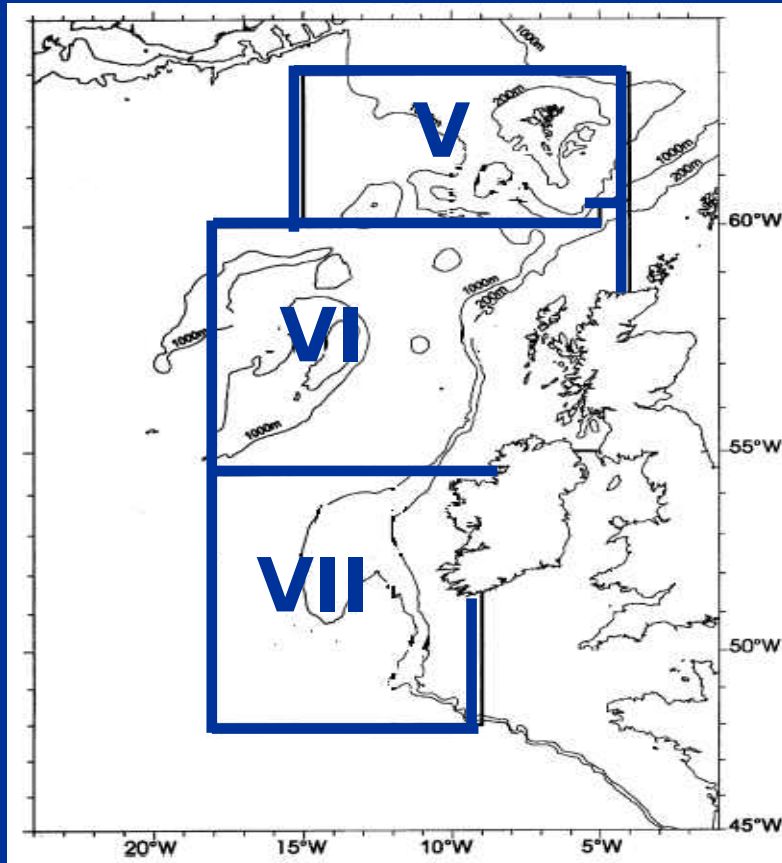
Etude des populations

- section halieutique de la thèse
- Types de travaux:
 - analyse des Débarquements Par Unité d'Effort, DPUE (article 5)
 - Estimation de la croissance (article 7-grenadier de roche)
 - dynamique de population (article 6-grenadier et section dorade rose)
- Basés sur les données des pêcheries (capture et effort) et échantillonnage biologique à terre en mer

DPUE – indices d'abondance issus des données des pêcheries

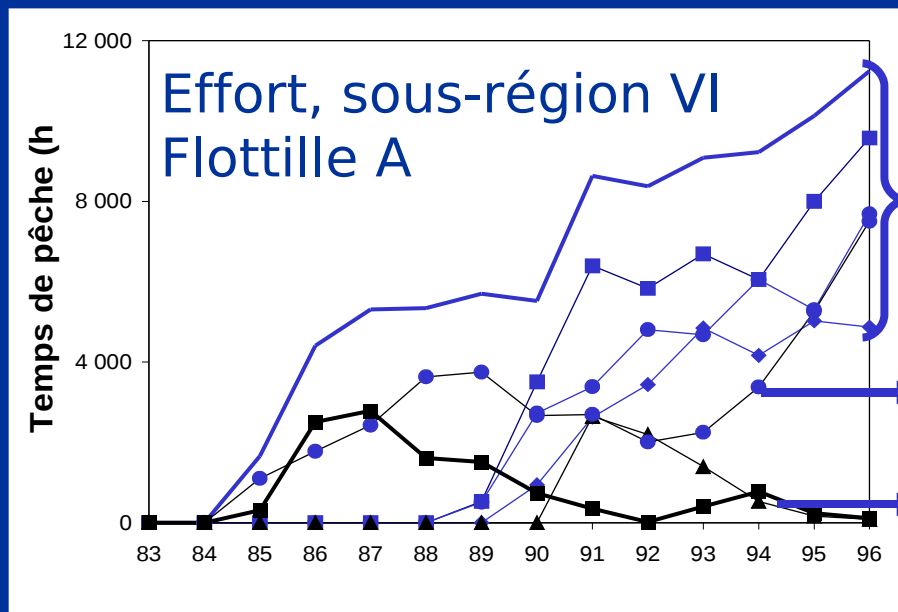
- **Données**
 - DPUE des chalutiers de pêches profondes 1988-1996 (98) (début de la pêche, tendances non réalistes après 1998, pour des raisons techniques)
 - Données des log-book (bases statistiques de pêches Ifremer)
 - Deux catégories d'espèces profondes et « autres »
- **Méthode**
 - Trois sous-flottes ; trois zones
 - DPUE moyenne par mois / espèce / sous-flotte / zone
 - Filtrage : captures et efforts dirigés
 - Modèle multiplicatif pour calculer un facteur année et un facteur mois

Analyse des DPUE



Chalutiers	Pêche	Flottille
Industriels (49-55 m)	profonde	A
	mixte	B
Semi industriels (30-38 m)	mixte	C

Seulement DPUE de la flottille A interprétables (flottille homogène, effort fiable)

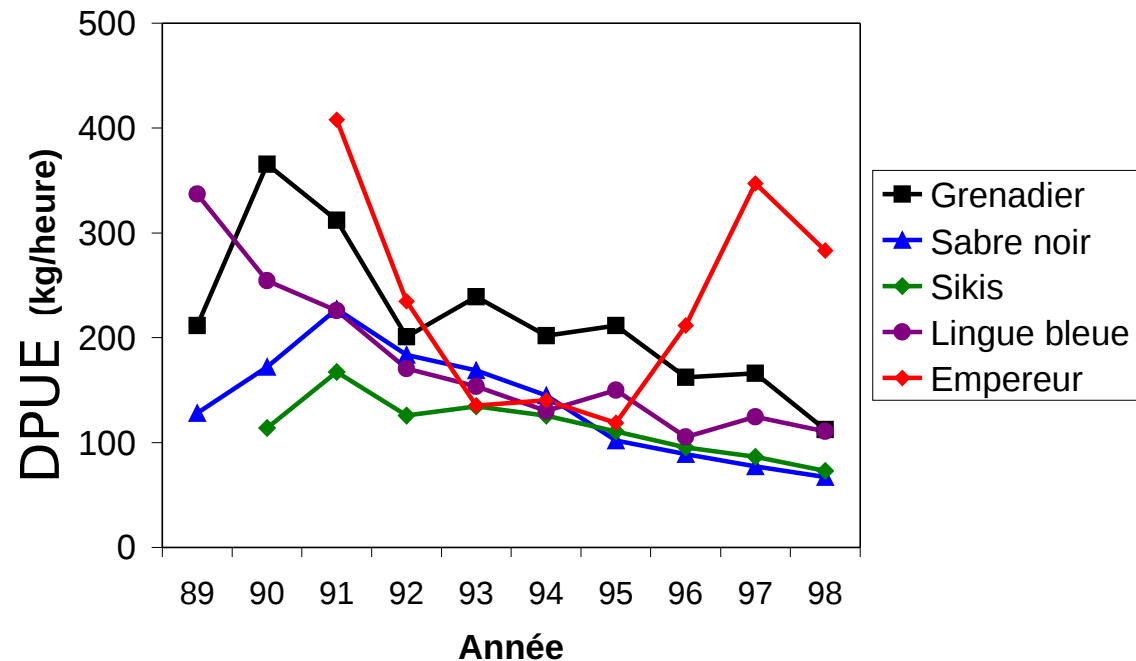


Espèces profondes

Lingue

bleu noir et lingue

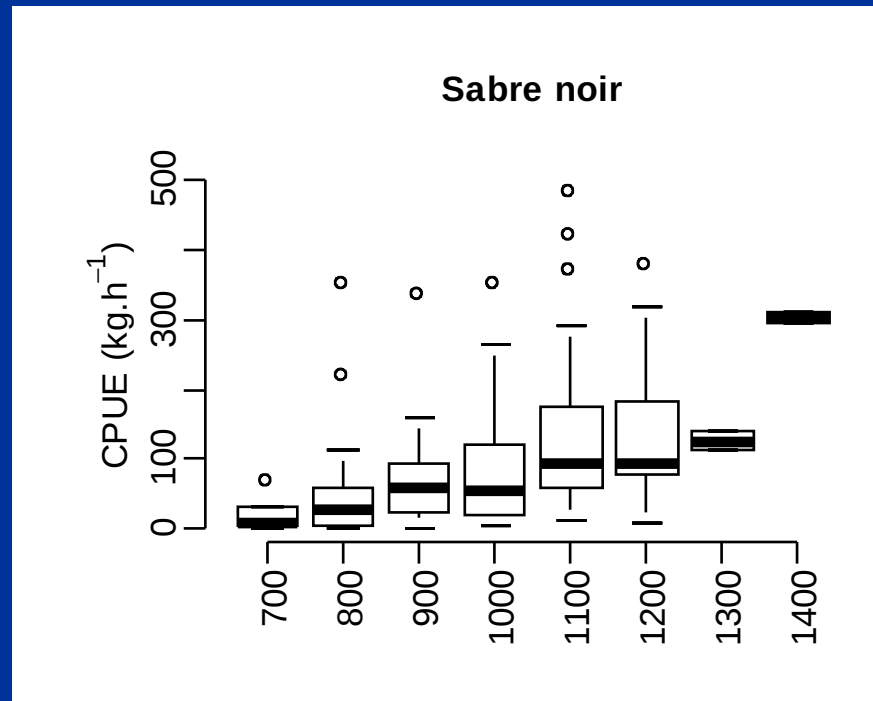
Augmentations de DPUE en début de période « effet d'apprentissage » suivi d'un déclin



Conclusion - perspectives DPUE

- **Conclusion**
 - DPUE fournissent des indices d'abondance
 - Non pertinent pour l'empereur, distribution agrégative
 - Série plus longue hétérogène (problème de données et changements dans les flottilles)
- **Perspectives**
 - Développement de modèles avec facteur navire et plus de résolution géographique
 - VMS (Vessel Monitoring System) pour estimation de l'effort
 - Utilisation des observations à la mer

Stratégie de pêche et profondeur



Observations à la mer → facteurs non disponibles dans les statistiques de pêche (profondeur ; espèce cible)

Dynamique de population

- Grenadier de roche
 - Article 6 : analyse pseudo-cohorte
 - Article 7 : estimation de la croissance
- Dorade rose (section du ms)
 - effondrement de stock dans le Golfe de Gascogne
 - Historique de la pêche
 - Modèle de rendement par recrue

Article 6

Lorance, P., Dupouy, H., Allain, V., 2001. Assessment of the roundnose grenadier (*Coryphaenoides rupestris*) stock in the Rockall Trough and neighbouring areas (ICES Sub-areas V-VII). *Fish. Res.*, 51, 2-3, 151-163.

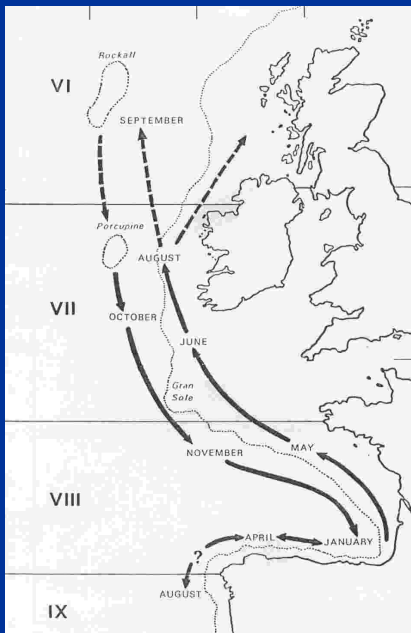
Article 7

Lorance, P., Garren, F., Vigneau, J., 2003. Age estimation of roundnose grenadier (*Coryphaenoides rupestris*), effects of uncertainties on ages. *J. Northwest. Atl. Fish. Sci.*, 31, 387-399.

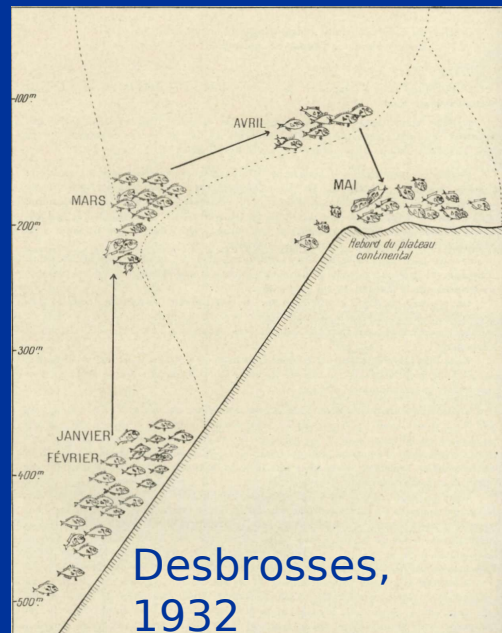
Dorade rose (*Pagellus bogaraveo*)



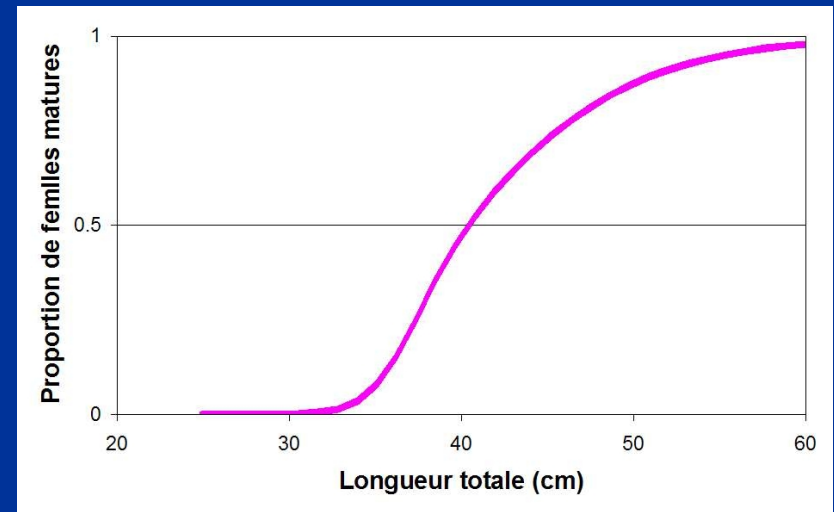
statut « profonde » est discutable
Exploitation ancienne sur le plateau de Gascogne



Sanchez, 1983
Gueguen 1974



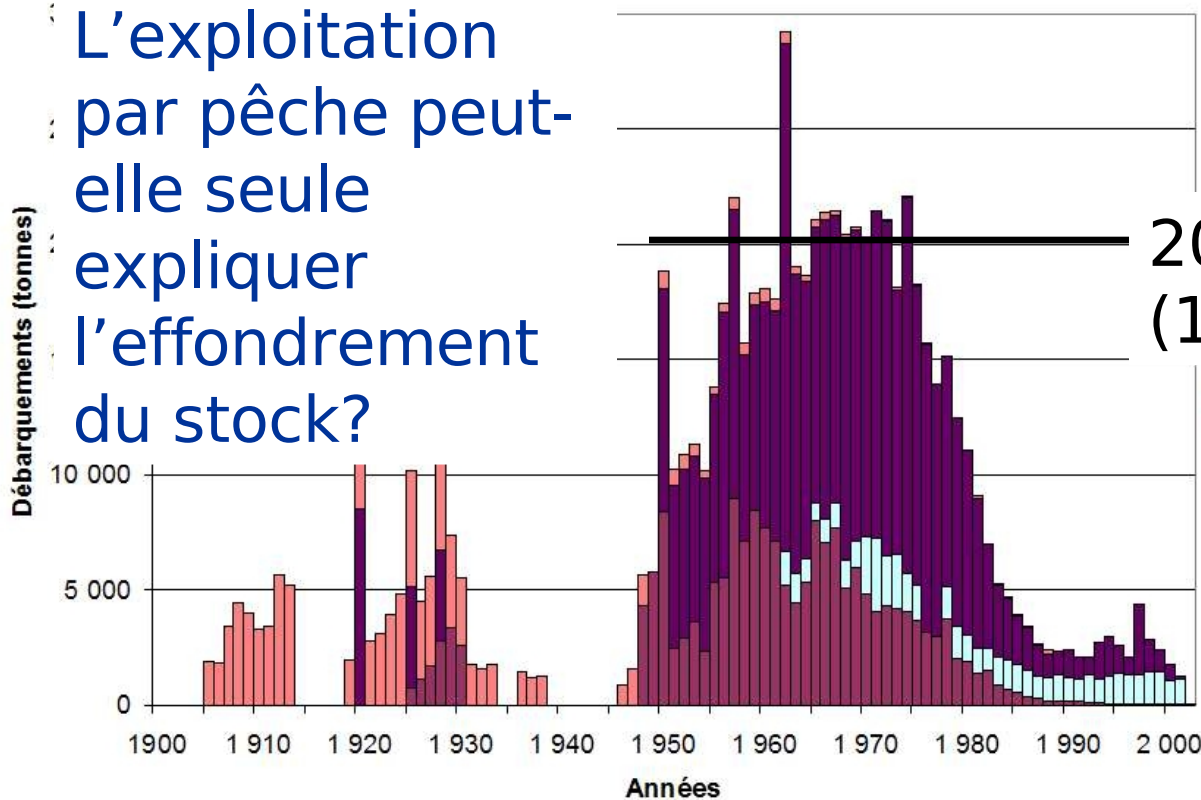
Desbrosses,
1932



Proportion de femelles matures par classe de taille, données de maturité bibliographiques, zone Açores (Krug, 1990, 1998)

Effet de l'exploitation

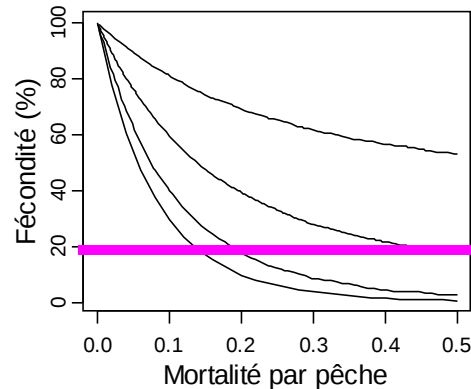
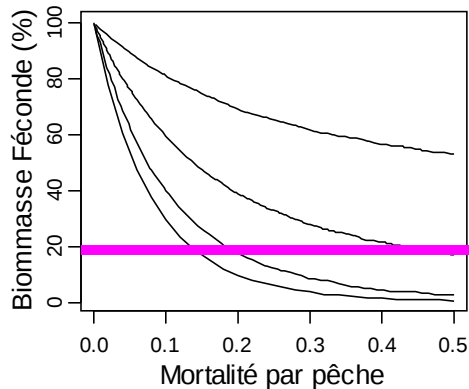
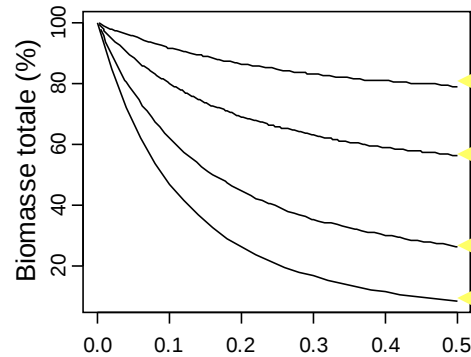
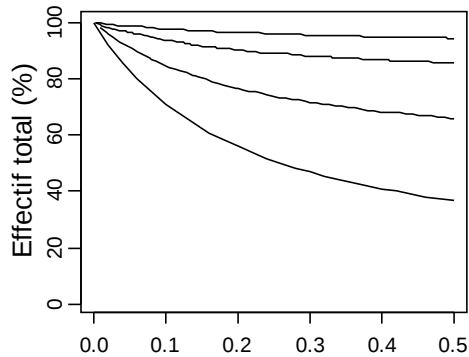
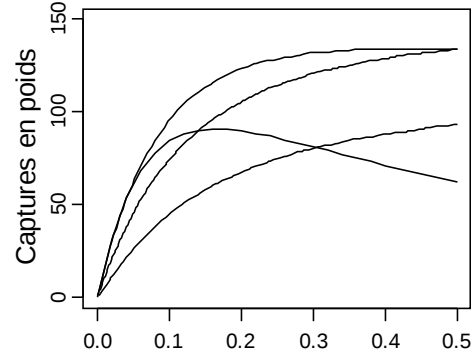
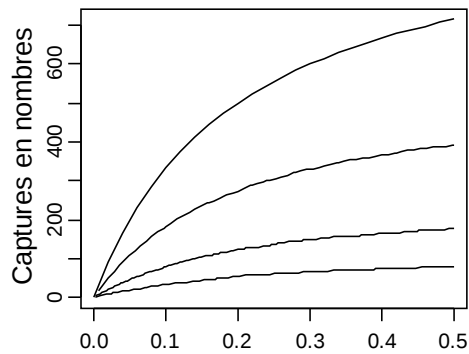
L'exploitation par pêche peut-elle seule expliquer l'effondrement du stock?



20 000 t/an
(1960-70)

Méthode

- modèle de rendement par recrue ; simulation à l'équilibre
- simulation : captures en nombre et en poids, biomasse totale, biomasse de femelles fécondes , fécondité du stock



F appliqué à partir

de Age 12

Age 8

Age 4

Age 1

20% de biomasse féconde
et fécondité atteints pour

$0.1 < F < 0.15$

$1 < \hat{\text{âge}} \text{ recrutement} < 4$

Dorade rose conclusion

Stock	F	Années
Merlu (stock nord)	> 0.25	1990-2005
Baudroies (MC+GG)	≈ 0.25	1990-2005
Cardine (MC+GG)	> 0.3	1990-2005
Merlan (MC)	0.4 – 1.3	1985-2005
Sole (GG)	0.4 – 0.6	1985-2005

Source CIEM ; * MC Mer Celtique ; GG golfe de Gascogne

Niveaux de F qui réduise la biomasse féconde à 20% sont inférieurs à ceux estimés pour les principaux stocks de Golfe de Gascogne – Mer celtique

Perspectives pour cette espèce

- Sous TAC depuis ... 2003
- Réglementation UE des pêcheries profondes (PPS, observateurs etc...)
- Données anecdotiques d'occurrence de juvéniles → reconstitution peut-être en cours

Etudes des peuplements

- trois questions -

- La diversité des peuplements de poissons de la pente et du plateau continental sont-elle similaires?
- L'échantillonnage au chalut permet-il d'estimer la composition spécifique et l'abondance du peuplement ?
- Impact de la pêche sur le peuplement : rejets de la pêche

Diversité des peuplements de poissons de la pente et du plateau

- Approche
 - Diversité par trait de chalut (point diversity)
 - Diversité des espèces capturables à des chaluts de type commercial pour poissons démersaux
 - Deux types d'indices de diversité
 - Indices de diversité spécifique : série de Hill (1973)
 - Indices de diversité taxonomique (taxonomic distinctness) (Warwick & Clarke, 1995,1998)
- Données
 - Chalutage de fond, campagne EVHOE ensemble du GG
 - Chalutage profond dans le golfe et à l'ouest des Îles Britanniques

Diversité spécifique : indices de Hill

- Généralisation des indices de diversité les plus fréquemment utilisés

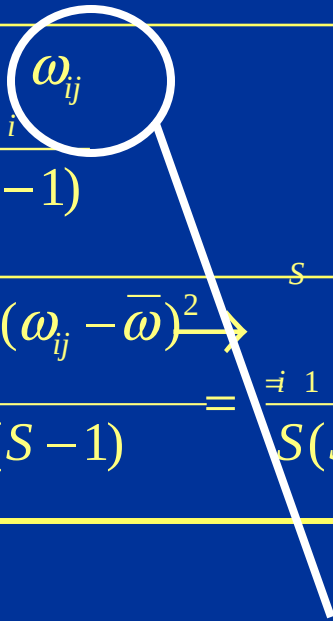
- Expression générale :
$$N_a = \left(\sum_{i=1}^S p_i^a \right)^{\frac{1}{1-a}}$$

a	N_a	Indice
0	S	Richesse spécifique
$a = 1$	$N_a = \exp \left(- \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i) \right)$	Indice de Shannon
2	$1/D$	Inverse de l'indice de Simpson

Grandeurs de la forme $N_a - N_{a-1}$ sont des équitabilités

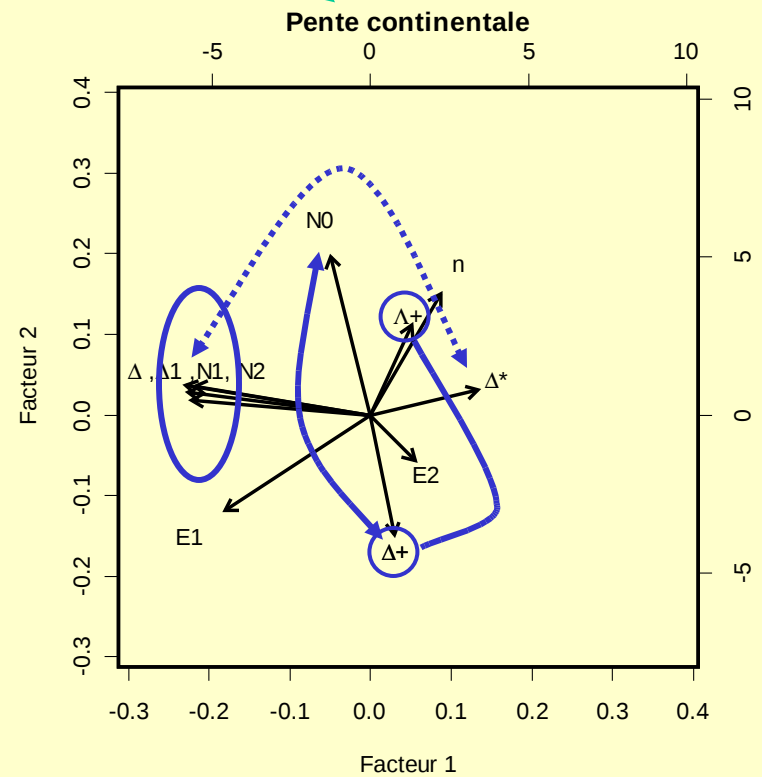
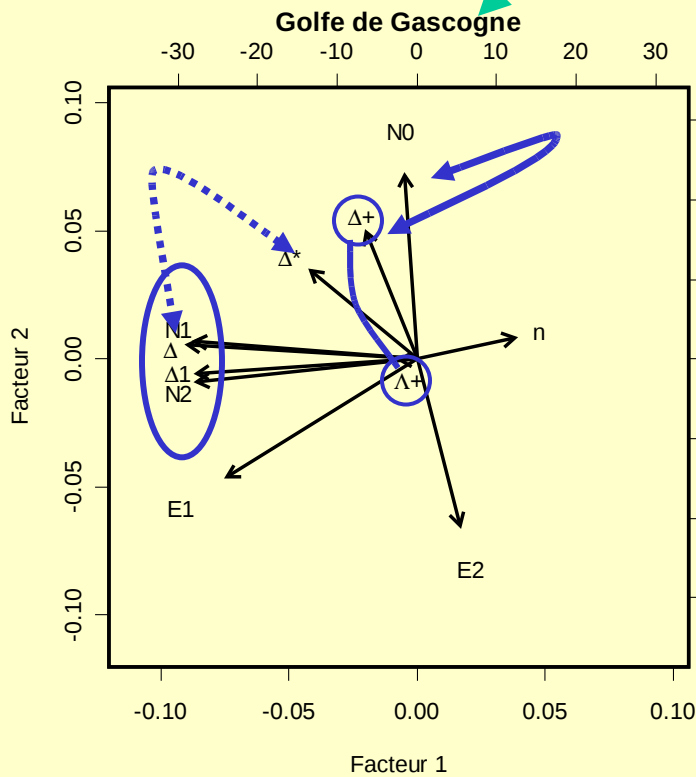
Diversité taxonomique

$\Delta = \frac{\sum_{j=1}^{s-1} \sum_{i=1}^s \omega_{ij} n_i n_j + \sum_{i=1}^s n_i (n_i - 1)}{\sum_{j=1}^{s-1} \sum_{i=1}^s n_i n_j + \sum_{i=1}^s n_i (n_i - 1) / 2}$	<p>Longueur moyenne du lien taxonomique entre tous les individus</p>
$\Delta^* = \frac{\sum_{j=1}^{s-1} \sum_{i=1}^s \omega_{ij} n_i n_j}{\sum_{j=1}^{s-1} \sum_{i=1}^s n_i n_j}$	<p>Longueur moyenne du lien taxonomique entre individus d'espèces différentes</p>
$\Delta^+ = 2 \frac{\sum_{i=1}^{s-1} \sum_{j=i+1}^s \omega_{ij}}{S(S-1)}$	<p>Longueur moyenne du lien taxonomique entre espèces (TD)</p>
$\Lambda^+ = \frac{\sum_{i=1}^{s-1} \sum_{j=i+1}^s (\omega_{ij} - \bar{\omega})^2}{S(S-1)} = \frac{\sum_{i=1}^{s-1} \sum_{j=i+1}^s \omega_{ij}^2}{S(S-1)} - \bar{\omega}^2$	<p>VAR(TD)</p>

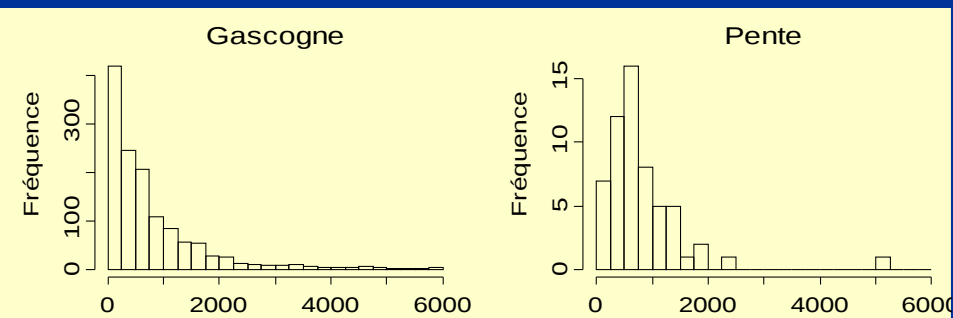


Poids attribué à la combinaison des espèces *i* et *j*

Corrélation entre les indices sur le plateau et la pente

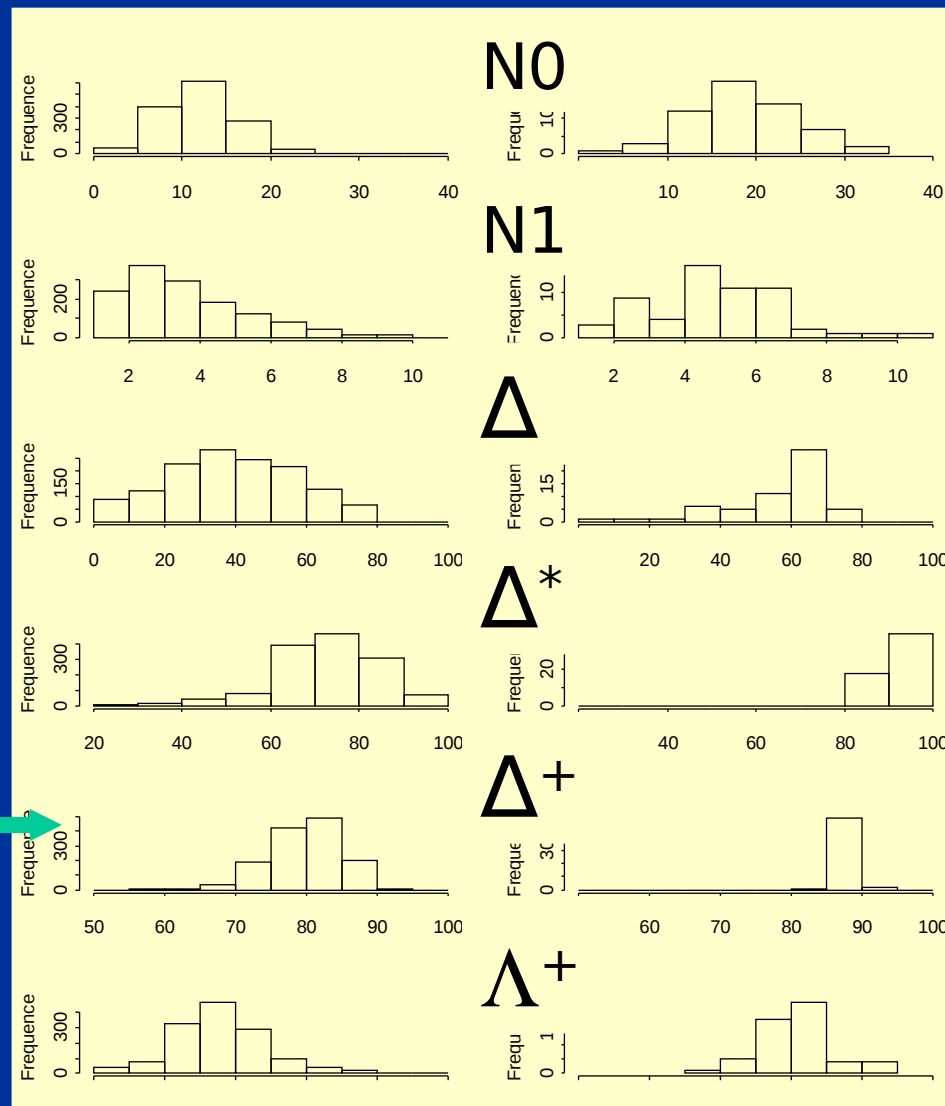


Différences de diversité plateau/pente



Distribution des nombres capturés par traits

La distribution des individus est plus régulière et les indices de diversité sont plus élevés sur pente



Conclusion

- Tous les indices plus élevés sur la pente
- Structure (façon dont les individus sont répartis entre les espèces spatialement) de la diversité différente
- La diversité estimée sur la pente est celle des poissons dispersés capturables au chalut sur les fonds plats sédimentaires
- Article 8 : diversité selon la profondeur

Article 8

Lorance, P., Souissi, S., Uiblein, F., 2002. Point, alpha and beta diversity of carnivorous fish along a depth gradient. *Aquat. Living Resour.*, 15, 263-271.

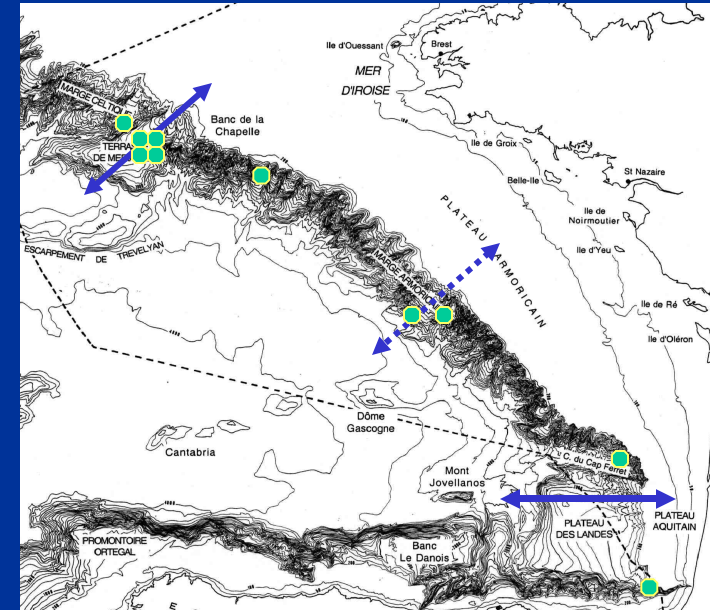
Quel peuplement échantillonne t'on au chalut ?

- **Approche**

- Comparaison du peuplement échantillonné au chalut et observé avec les submersibles
- Les chaluts n'échantillonnent que des terrasses sédimentaires
- les données visuelles dans des habitats non accessibles au chalut

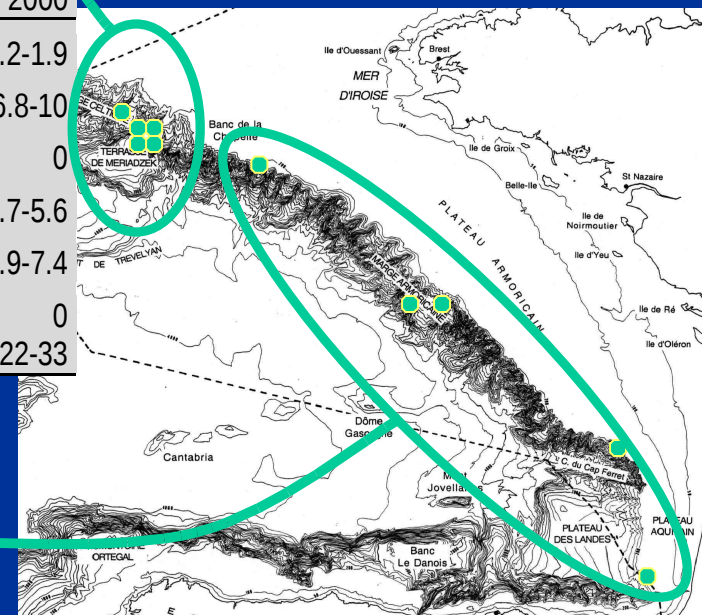
- **Deux questions**

- représentativité des captures du chalut
- Représentativité des terrasses sédimentaires



Zone bathymétrique (m)	1000	1250	1250	1500	2000
Chondrichtyens	3.4-5.1	3.0-4.2	12.3 - 18.5	5.3-7.2	1.2-1.9
Anguilliformes(*)	38-57	15-21	140 - 211	23-32	6.8-10
Alepocephalidae	0	0.2-0.3	0 - 0	0.9-1.2	0
Moridae	33-48	8.1-12	52 - 79	8.9-13	3.7-5.6
Macrouridae	30-45	4.0-5.5	22 - 32	10-14	4.9-7.4
Trachichthyidae	0.6-1.0	1.7-2.3	7.7 - 12	4.2-5.7	0
Total	110-165	38-54	279 - 419	62-86	22-33

Zone bathymétrique (m)	750	1000	1250	1500	1750
Chondrichtyens	1.4-1.9	1.7-2.2	3.2-4.2	4.8-6.3	6.5-8.1
Anguillif(*)	25-33	49-66	30-40	88-113	69-86
Alepocephalidae	0	2.1-2.8	1.9-2.5	8.2-10	40-51
Moridae	11-14	22-29	14-19	5.5-7.1	2.4-2.9
Macrouridae	28-37	31-42	23-31	38-49	42-52
Trachichthyidae	2.9-3.8	0	0	4.6-6.1	0.2-0.2
Total	70-93	113-151	92-123	156-201	166-207



- Chaluts et submersibles n'échantillonnent pas la même partie du peuplement de poissons, capturabilité différentes (Trenkel et al., 2004)
- Il en est de même pour différents chaluts (e.g. Gordon & Bergstad, 1992; Gordon et al., 1996)
- La composition spécifique et l'abondance du peuplement sur les terrasses sédimentaires et les fonds durs/accidentés est différente

Impact de la pêche sur le peuplement profond

- observateurs à bord des chalutiers -

- Impact direct de la pêche sur les espèces cibles analysé à partir des données classiques collectées sur les pêcheries
 - données déclaratives de captures et d'effort (logbooks)
 - ventes en criées
 - Échantillonnage au débarquement
 - Espèces non-cibles : très peu de données issues des pêcheries
 - Observations à la mer
 - Approche de l'effet sur tout le peuplement
 - Stratégie de pêche à une échelle plus fine
 - Analyse de facteurs importants (profondeur vu précédemment)
- DPUE
- dyn. de pop.
- dyn.
Flottes
- (Holley & Marchal, 2004)

Observations à la mer évaluer ce que l'on ne voit pas dans les criées

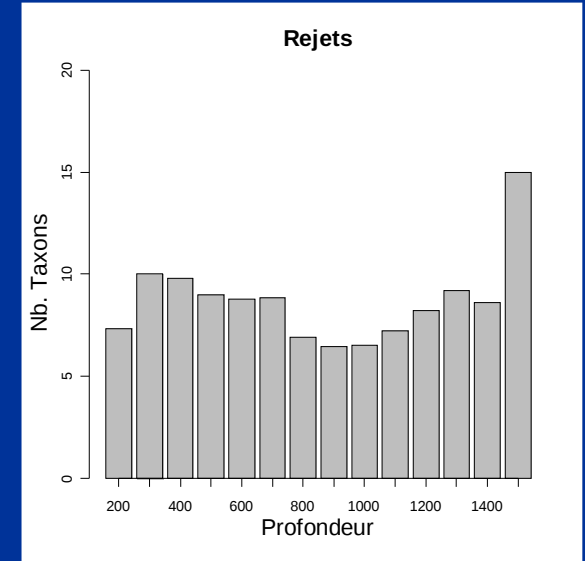
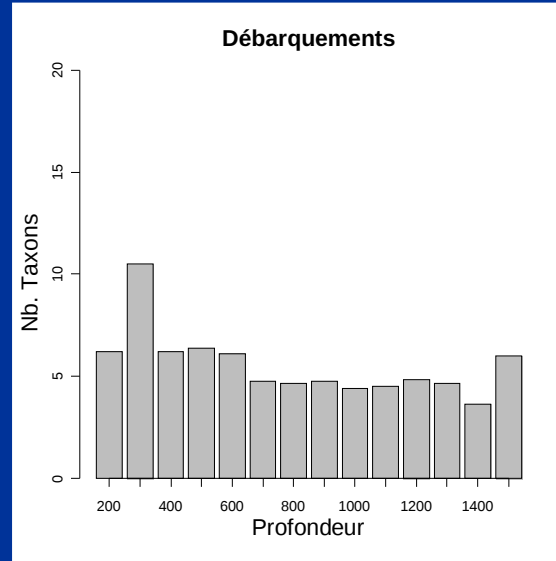
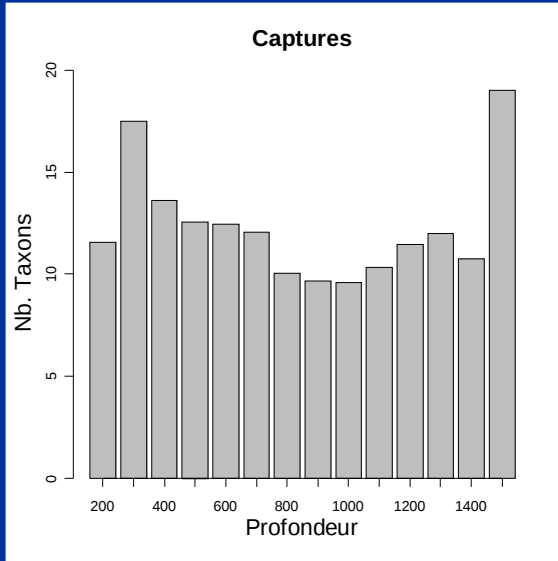


Alepocephalus bairdii



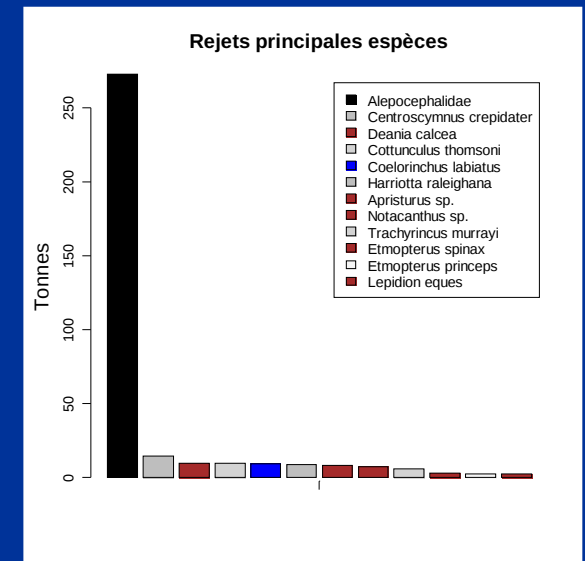
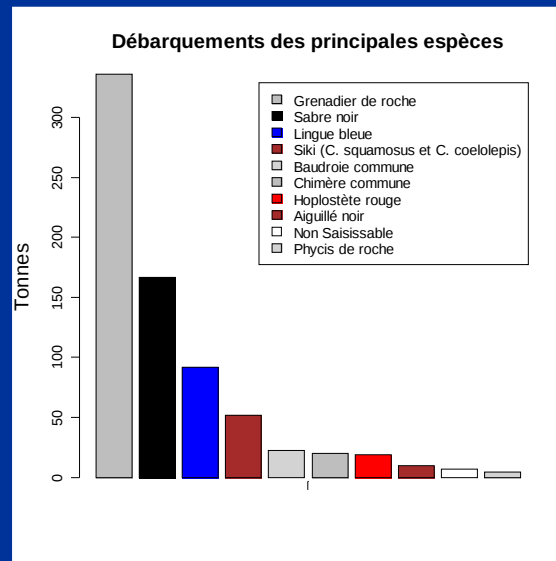
Observations à la mer

- Plus d'espèces rejetées que d'espèces débarquées



❖ Trois catégories d'espèces :

- 1 - débarquées en totalité
- 2 - débarquées et rejetées
- 3 - rejetées en totalité



Effet de la pêche sur l'ensemble du peuplement

- **Non quantifié !**
 - Résultats limités sur la réduction de la biomasse des espèces commerciales et des espèces non commerciales (DPUE, Basson et al., 2001)
- **Résultats des observations à la mer**
 - Beaucoup d'espèces impactées
 - *S. kaupii* non capturé
 - Essentiel de la biomasse rejetée = Alepocephalidae
 - Impact probable sur le fonctionnement du système
 - Stade descriptif

Conclusion

- Individus
 - diversité des comportements
 - distributions à petite échelle
 - Capturabilité
- Populations
 - effet très significatif sur l'abondance des populations
 - cas de la dorade rose montre les pertes auxquelles conduisent l'absence de gestion
- Peuplement
 - diversité spécifique et taxonomique élevées, structure de la diversité différente de celle du plateau
 - composition spécifique du peuplement varie avec les habitats, dans le GG peuplement des habitats sédimentaires non représentatif de celui des secteurs accidentés
 - La biomasse rejetée est du même ordre que la biomasse débarquée

Ce qu'il reste d'inconnu sur la pente continentale

- Pas d'évaluation de stock fiable
 - données de captures et d'effort peu précises (facteur profondeur, tendance dans les puissances de pêche)
 - Variations temporelles des pêcheries
 - Raisons écologiques
 - structure en populations hypothétique
 - pertinence des hypothèses des modèles
- Pas de quantification de l'effet de la pêche sur le peuplement

Perspectives

- Campagnes à la mer coordonnées
- Séries d'observations à la mer
- Développement d'approches indicateurs sur
 - Statistiques de pêches (par exemple DPUE par petites zones)
 - Observations à bord des navires de pêche
 - Eventuelles futures campagnes

