

L'agrégation de thons de sub-surface au sein du système

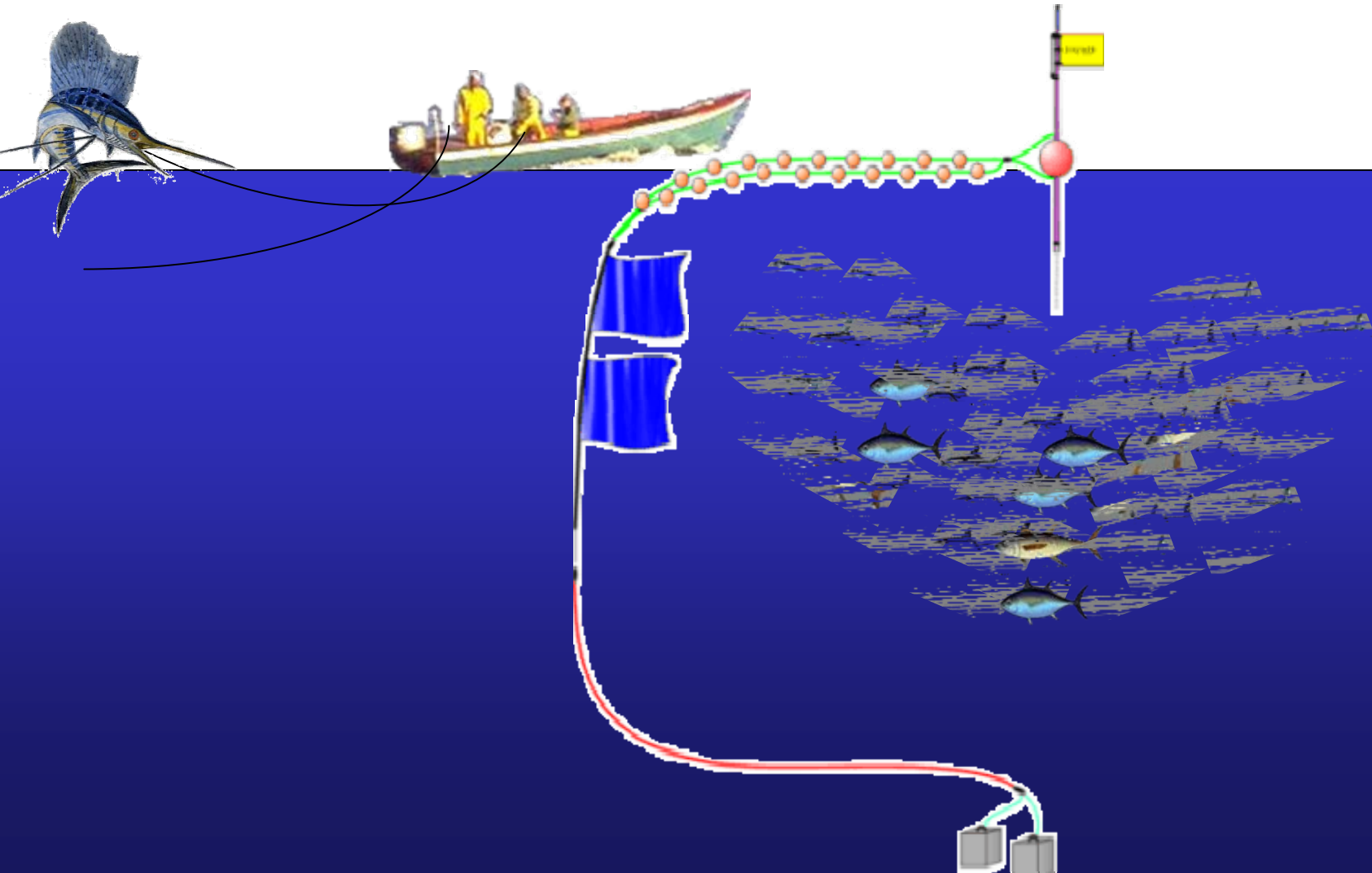
[DCP ancré-macronecton-environnement-pêche]

en Martinique :

*étude hiérarchique par méthodes acoustiques,
optiques et halieutiques.*

Mathieu Doray

Qu'est ce qu'un Dispositif de Concentration de Poissons ancré ?



Introduction

→ Contexte de l'étude

- *Début 90 : développement des pêcheries associées aux DCP ancrés aux Antilles Françaises*
- *Durabilité de l'activité?*
- *Agrégations macronecton autour des DCP très peu connues*

↳ **Projet DAUPHIN**

→ Objectifs de l'étude

- *Typologie des agrégations de macronecton*
- *Impact de l'environnement et de la pêche*
- *Estimation de la biomasse des agrégations de macronecton*

→ Démarche

- *Approche Ecosystémique de la Pêche (AEP) associée aux DCP ancrés en Martinique*
- *Etude d'un système complexe en 3D, approche hiérarchique*
- *Echosondeur comme outil d'investigation principal*

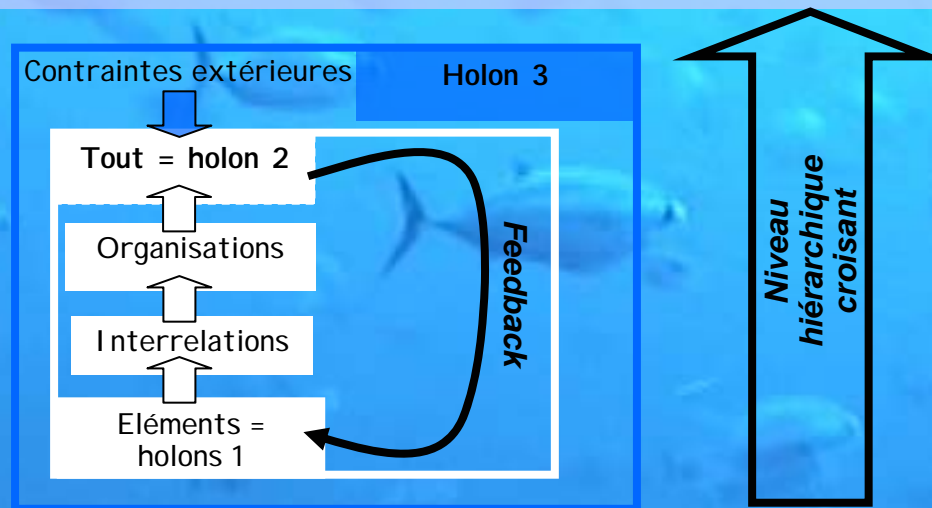
Plan de l'exposé

- Poser une question : contexte de l'étude
- Définir des entités et collecter les données : les campagnes DAUPHIN
- Identifier les phénomènes : description hiérarchique du système dans le plan vertical
- Développer des modèles : dynamique et biomasse de l'agrégation de thons de sub-surface
- Synthèse et conclusions

La théorie de la hiérarchie

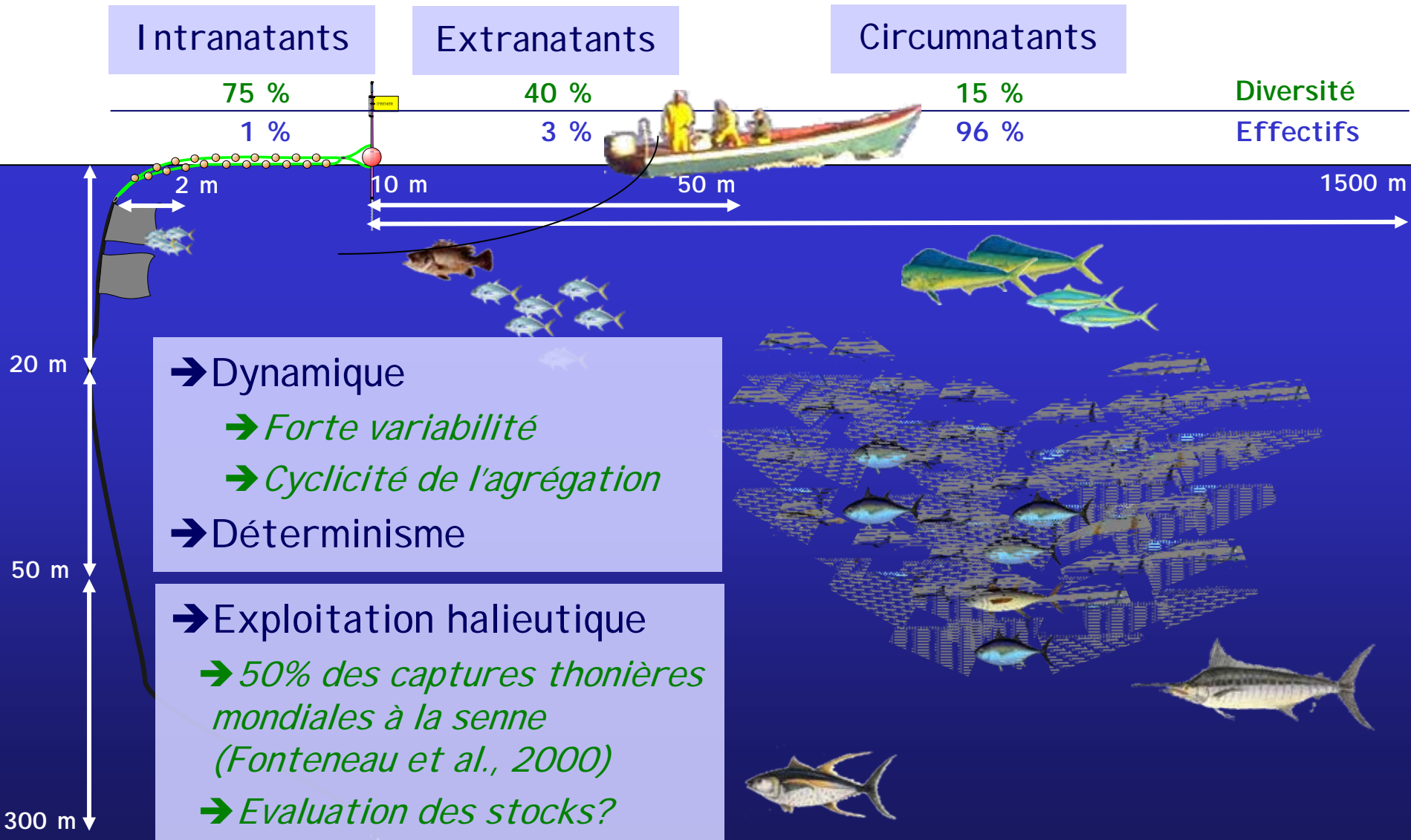
(Allen et Starr, 1982; Ahl et Allen, 1996)

- Complexité apparaît quand divers processus interagissent à différentes échelles
- Théorie de la hiérarchie pour l'étude des systèmes complexes
 - *Rôle de l'observateur*
 - *Découpage du système étudié en unités quasi-autonomes hiérarchisées : les holons*
 - *Niveau hiérarchique* ⇔ *échelle spatio-temporelle caractéristique*

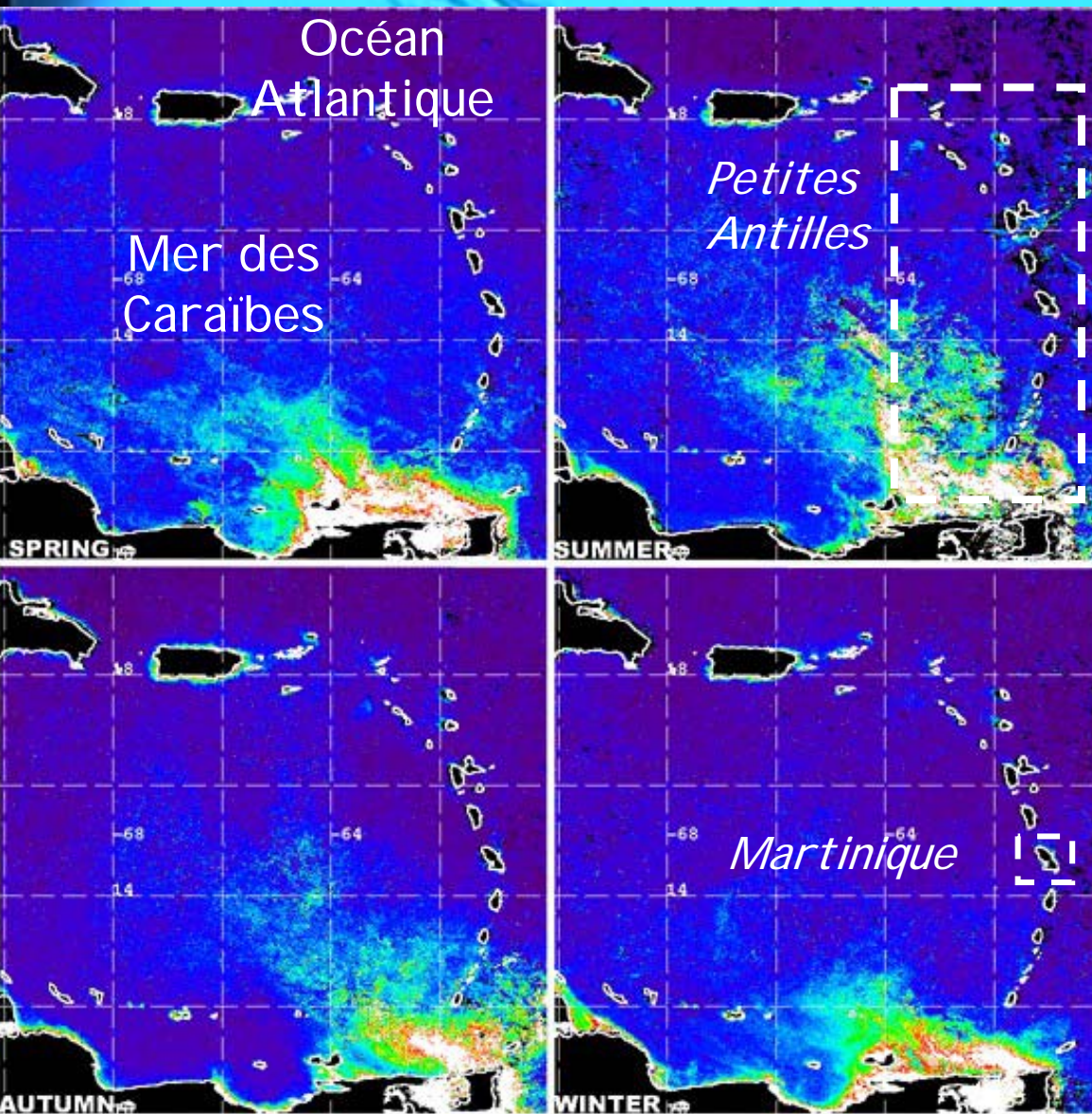


- Etude d'un holon à son niveau hiérarchique possible en :
 - *négligeant les dynamiques des niveaux inférieurs ;*
 - *lissant les dynamiques des niveaux supérieurs ramenées à un terme correctif*

L'agrégation des poissons pélagiques autour d'objets flottants

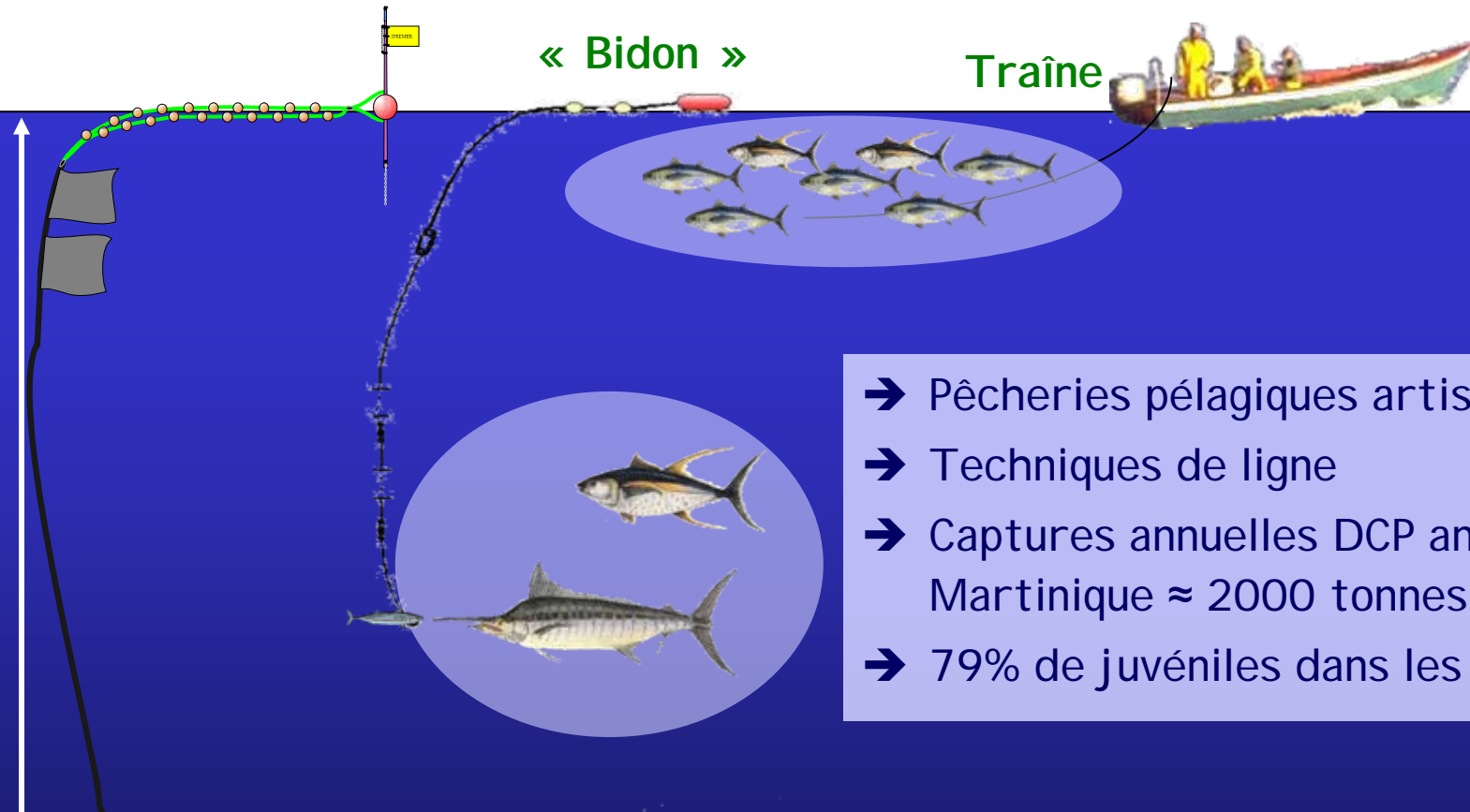


L'écosystème pélagique des Petites Antilles



- ➔ Archipel frontalier
- ➔ Zone globalement oligotrophe
- ➔ Enrichissement saisonniers par les panaches des fleuves amazoniens
- ➔ Hydrologie et courantologie relativement complexes
- ➔ ZEE étroites, stocks partagés

La pêche associée aux DCP ancrés aux Petites Antilles



- Pêcheries pélagiques artisanales
- Techniques de ligne
- Captures annuelles DCP ancrés en Martinique \approx 2000 tonnes
- 79% de juvéniles dans les captures



44%

Makaira nigricans



20%

Thunnus albacares



15%

Thunnus atlanticus

Plan de l'exposé

→ Poser une question : contexte de l'étude

→ Définir des entités et collecter les données : les campagnes DAUPHIN

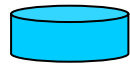
→ Identifier les phénomènes : description hiérarchique du système dans le plan vertical

→ Développer des modèles : dynamique et biomasse de l'agrégation de thons de sub-surface

→ Synthèse et conclusions

Conceptualisation du système

(d'après Josse *et al.*, 2000)



Agrégations de macronecton :

- 1 Poissons en banc de surface
- 2 Poissons dispersés intermédiaires
- 3 Poissons dispersés profonds



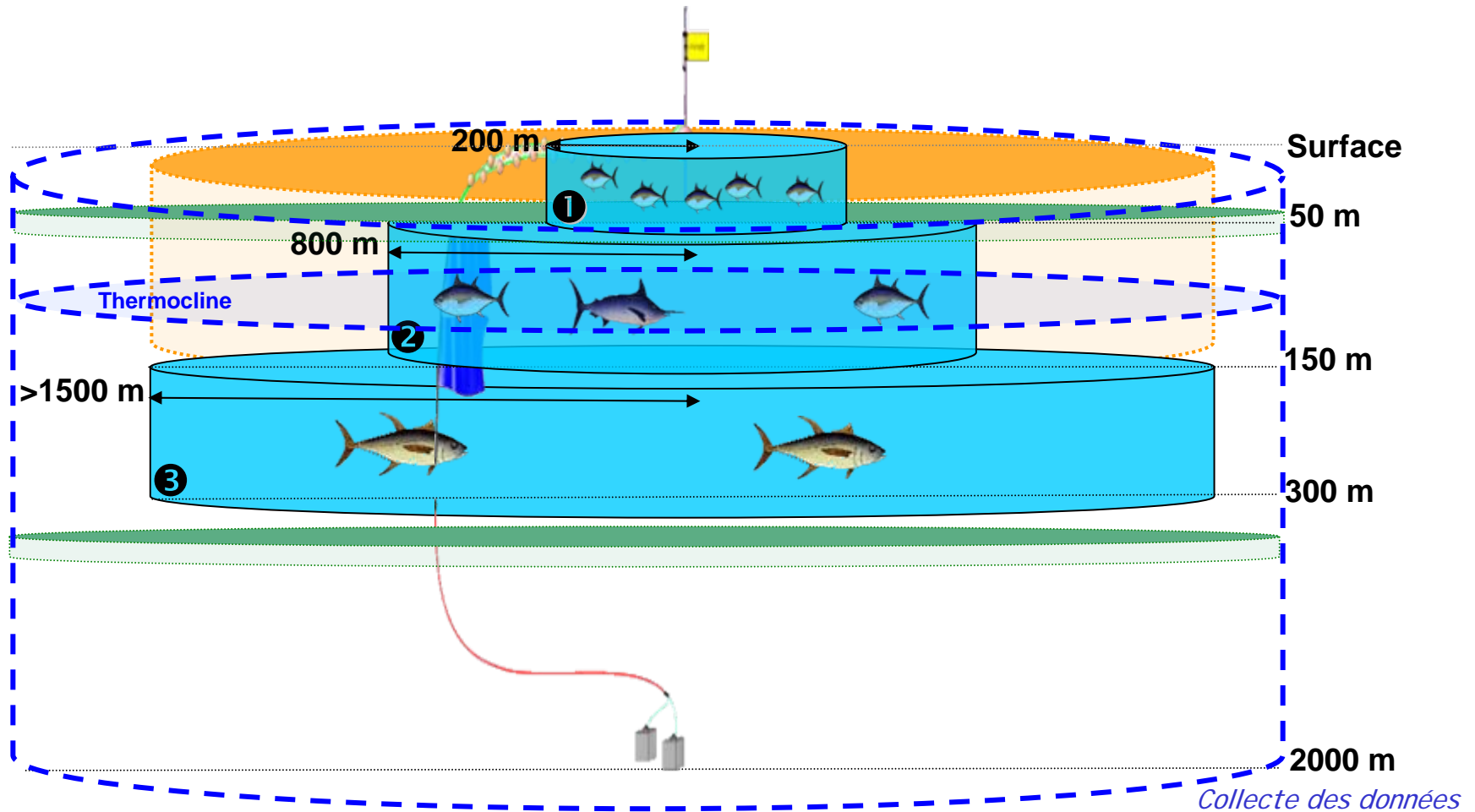
Exploitation halieutique



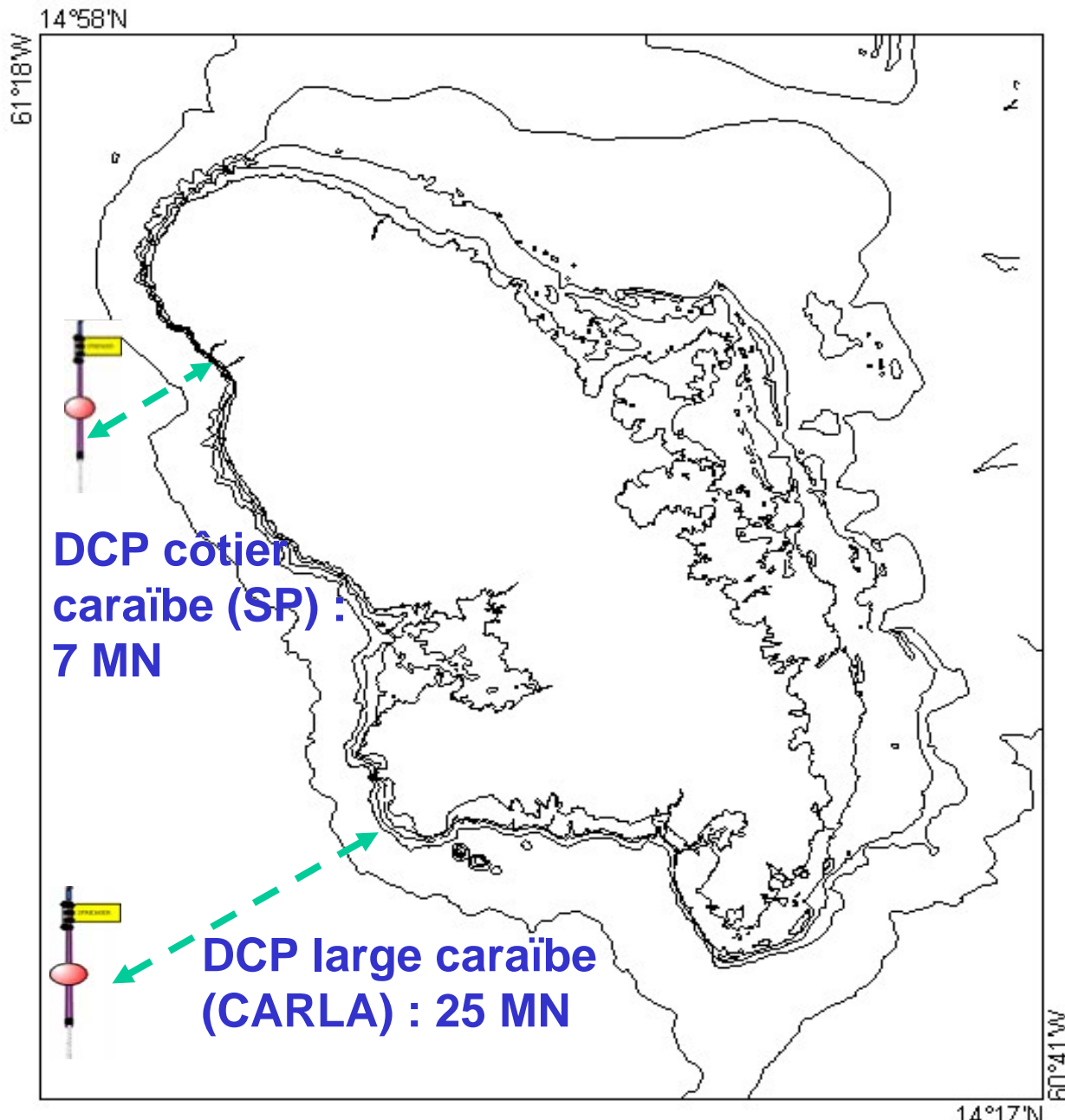
Environnement biotique



Environnement abiotique

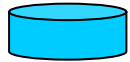


Les campagnes DAUPHIN



- 2 DCP
- 16 campagnes mensuelles de janvier 2003 à avril 2004
- 1 leg = 3 jours autour de chaque DCP/mois

Observation du macronecton



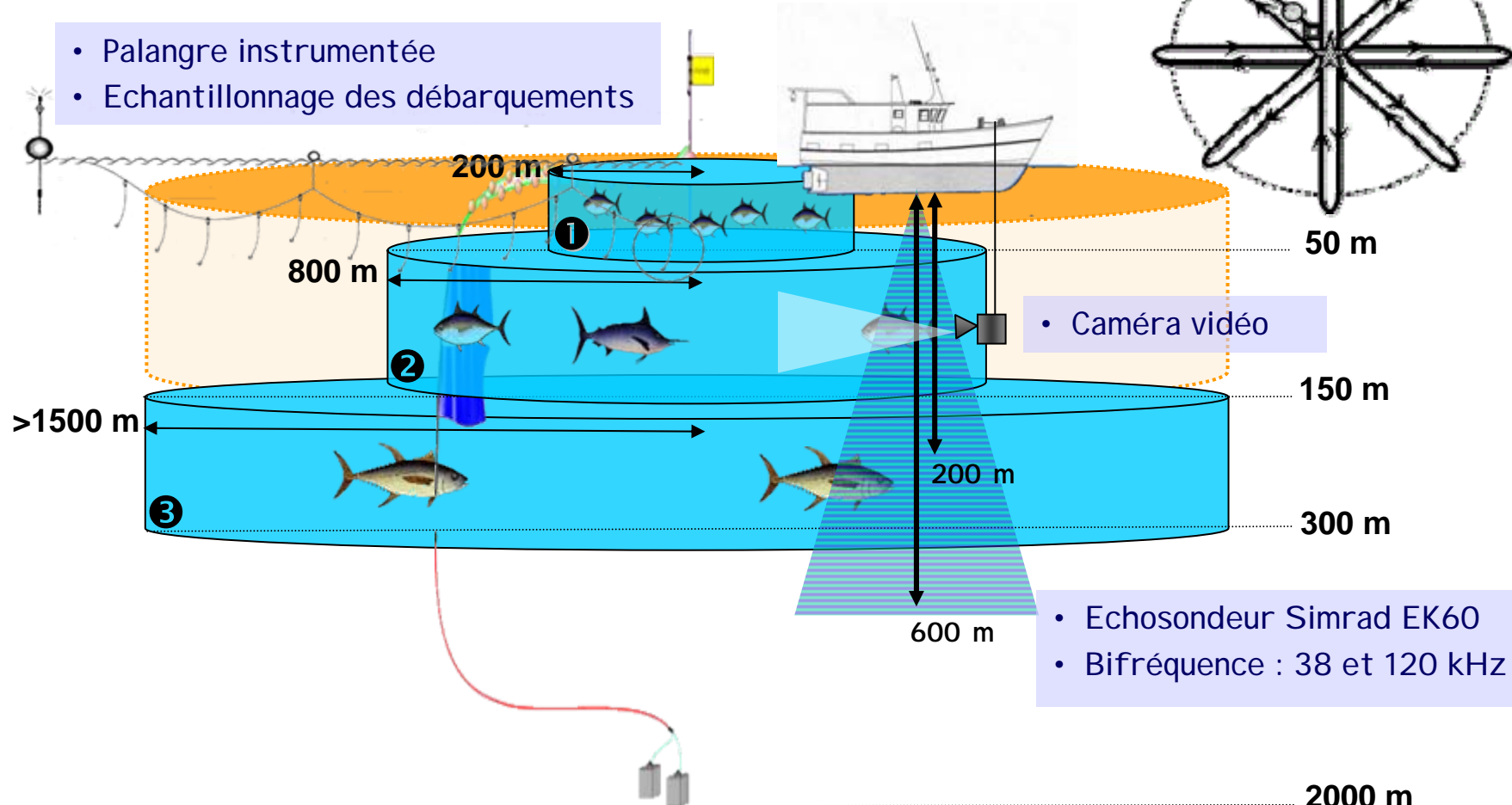
Agrégations de macronecton :

- 1 Poissons en banc de surface
- 2 Poissons dispersés intermédiaires
- 3 Poissons dispersés profonds

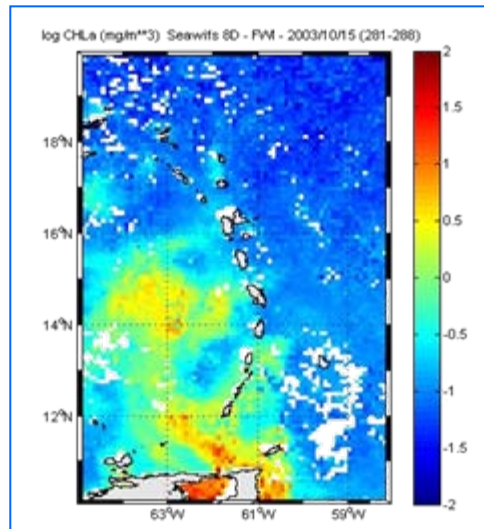


Exploitation halieutique

- Palangre instrumentée
- Echantillonnage des débarquements



Suivi de l'environnement



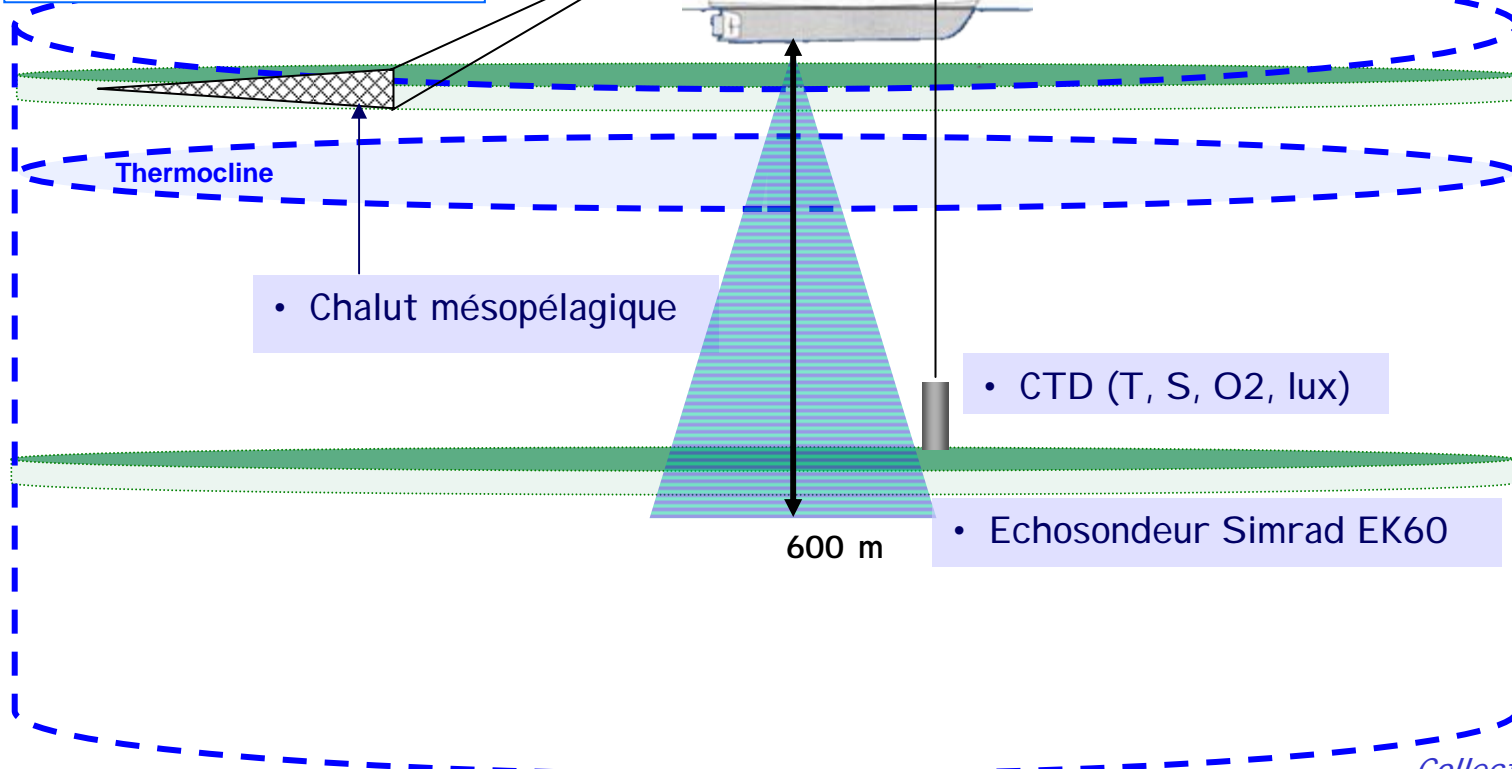
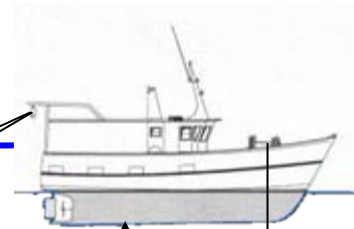
- Cartes satellitaires Chl-a



Environnement biotique



Environnement abiotique



- Chalut mésopélagique

- CTD (T, S, O₂, lux)

- Echosondeur Simrad EK60

Plan de l'exposé

→ Poser une question : contexte de l'étude

→ Définir des entités et collecter les données : les campagnes DAUPHIN

→ Identifier les phénomènes : description hiérarchique du système dans le plan vertical

→ Développer des modèles : dynamique et biomasse de l'agrégation de thons de sub-surface

→ Synthèse et conclusions

Objectifs

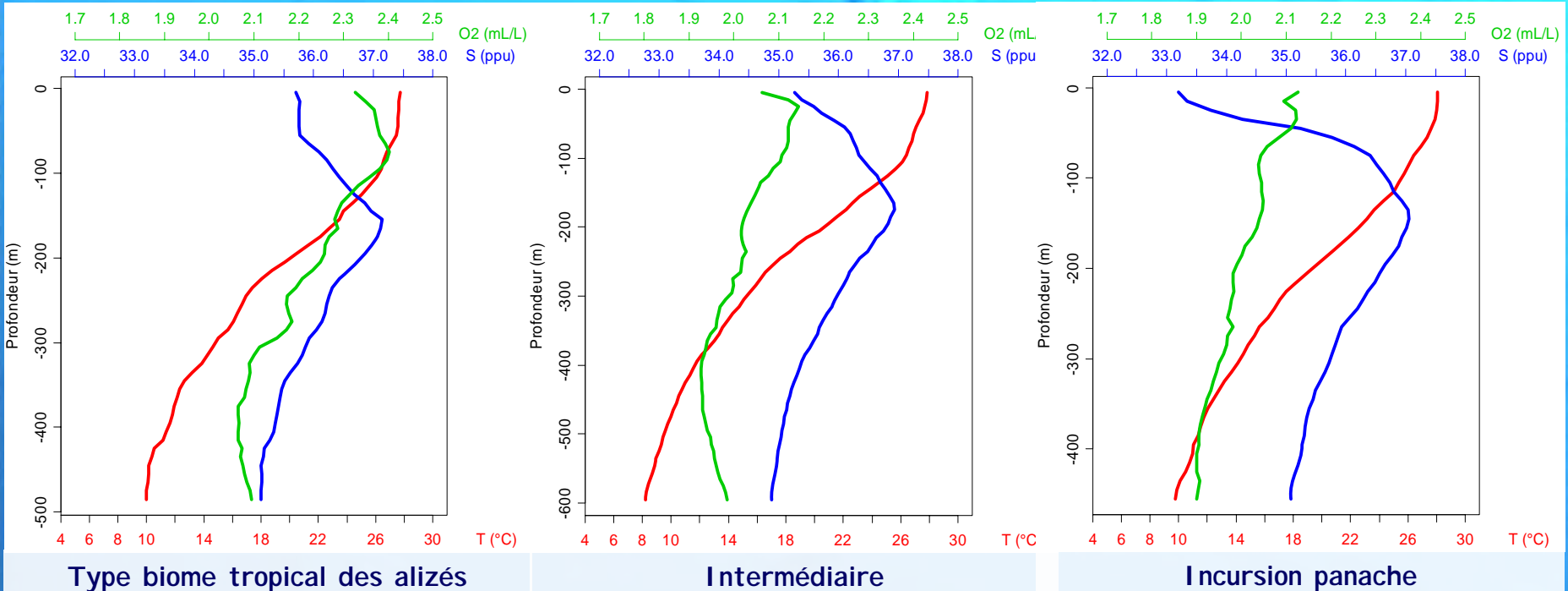
- Etudier indépendamment chacun des holons empiriques du système
 - *Identifier leurs limites* ⇔ *identifier les structures pérennes*
 - *Caractériser et établir une typologie des holons*
 - *Etude dans le plan vertical*
- Identifier le phénomène majeur au sein du système
 - *Comportement du holon le plus important pour répondre aux questions posées*
 - *Nombre d'observations suffisant*
- Positionnement du phénomène majeur au sein du système
- Proposer une nouvelle représentation empirique du système
[DCP ancré - macronecton - environnement - pêche]

Méthodes : caractérisation de l'environnement biotique et abiotique

Echelles d'analyse	Environnement abiotique	Environnement biotique
12 mois	<p><u>Analyses multivariées (ACP, ACR) :</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Profils de température, salinité et oxygène (1 valeur tous les 10 m)	<p><u>Analyse visuelle :</u></p> <ul style="list-style-type: none">• <u>Producteurs I</u> : cartes Chl-<i>a</i>
4 mois		<p><u>Analyses multivariées (ACP, ACR) :</u></p> <ul style="list-style-type: none">• <u>Producteurs II</u> : micronecton<ul style="list-style-type: none">• Profils acoustiques i.e. réponse acoustique par unité de surface (s_a) (1 valeur tous les 10 m)• Variabilité verticale du s_a

Résultats : environnement biotique et abiotique

- ➔ Principal phénomène hydrologique : incursions des panaches des fleuves amazoniens (juillet à octobre 2003)
- ➔ Trois types de situations hydrologiques



➔ Décalage temporel compartiments abiotique/biotique

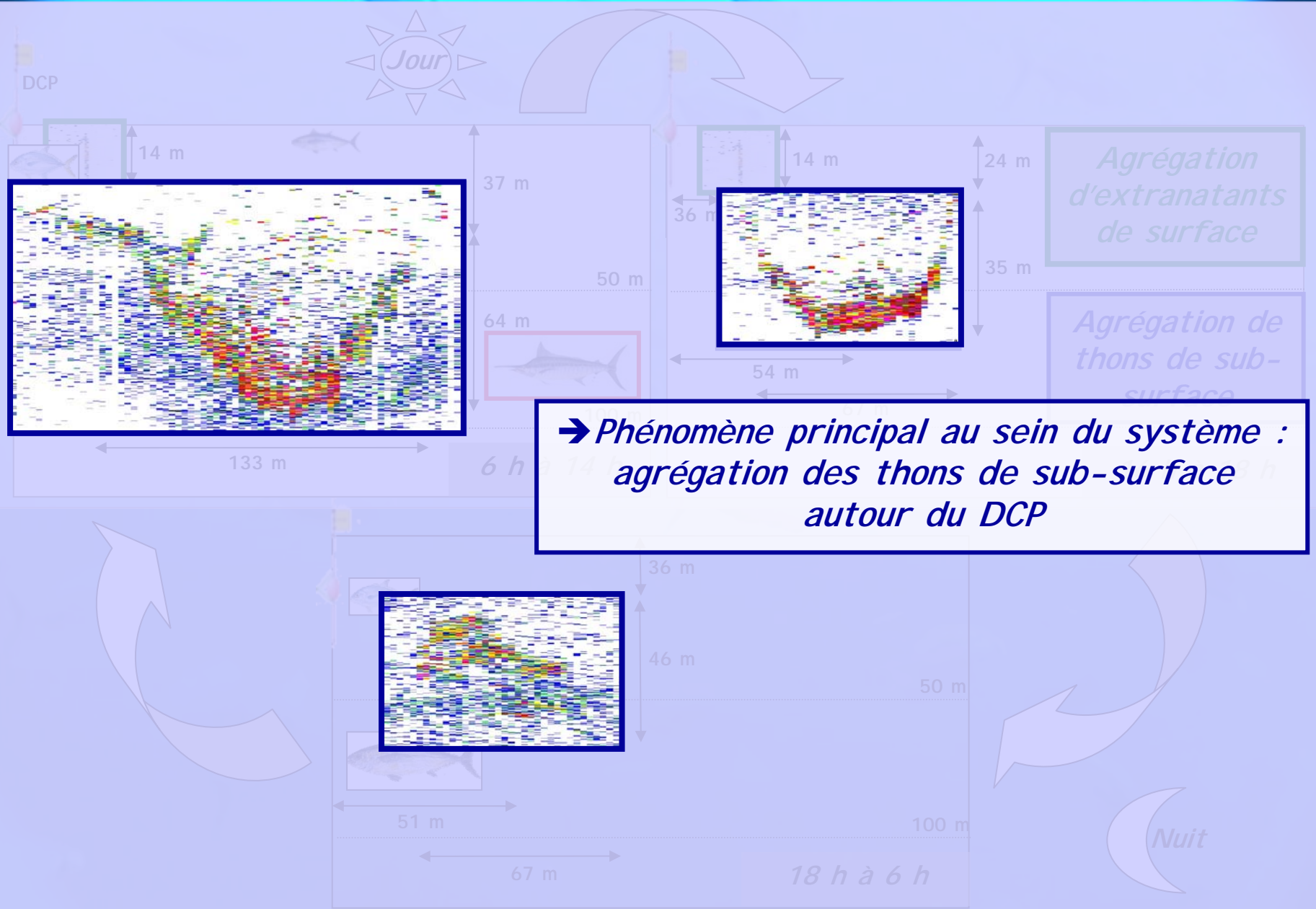
➔ *Productivité primaire surface maximale en phase intermédiaire (12 mois)*

➔ *Productivité micronectonique maximale avant ou après passage des panaches (mai-août 03)*

Méthodes : caractérisation du macronecton

Etapes	Agrégation de macronecton		Poisson individuel	
	<u>Acoustique</u>	<u>Vidéo</u>	<u>Acoustique</u>	<u>Pêche</u>
Limites des holons de macronecton	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Analyse visuelle (12 mois) ➤ Echo-intégration par banc (mai-août 03) <ul style="list-style-type: none"> ↪ Descripteurs moyens des agrégations 		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sélection des cibles individuelles (12 mois) 	
Typologies des holons de macronecton	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Analyses multivariées <ul style="list-style-type: none"> ↪ Types d'agrégations ↪ Distribution spatio-temporelle des agrégations 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Analyse visuelle <ul style="list-style-type: none"> ↪ Types de groupes d'espèces observées ↪ Distribution bathymétrique moyenne 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Classification en arbre <ul style="list-style-type: none"> ↪ Distribution spatio-temporelle des types de cibles individuelles 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Classification K-means <ul style="list-style-type: none"> ↪ Groupes d'espèces capturés (12 mois) ↪ Distribution spatio-temporelle des groupes
Comparaison	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Comparaison des distributions spatio-temporelles <ul style="list-style-type: none"> ↪ Validation des typologies acoustiques ↪ Composition des types d'agrégations ↪ Types d'agrégations ciblées par la pêche 			

Résultats : agrégations de macronecton



Influence de l'environnement sur l'agrégation de thons de sub-surface

→ Méthode

→ *Analyse multivariée des descripteurs des agrégations en fonction de descripteurs synthétiques de l'environnement biotique et abiotique*

→ Résultats

→ *Corrélation positive entre abondance et dimensions agrégations diurnes et :*

→ *Indice acoustique de la richesse trophique moyenne diurne au voisinage du DCP*

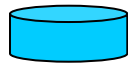


→ *classe horaire 6h à 12h*

→ *Influences des classes horaires et de la densité des couches équivalentes*

→ *Pas d'influence significative des descripteurs de l'environnement abiotique*

Représentation empirique du système : situation diurne



Agrégations de macronecton :

- ① Agrégation de thonidés juvéniles de surface
- ② Agrégation d'extranants de surface
- ③ Agrégation de thons de sub-surface
- ④ Grands prédateurs apicaux



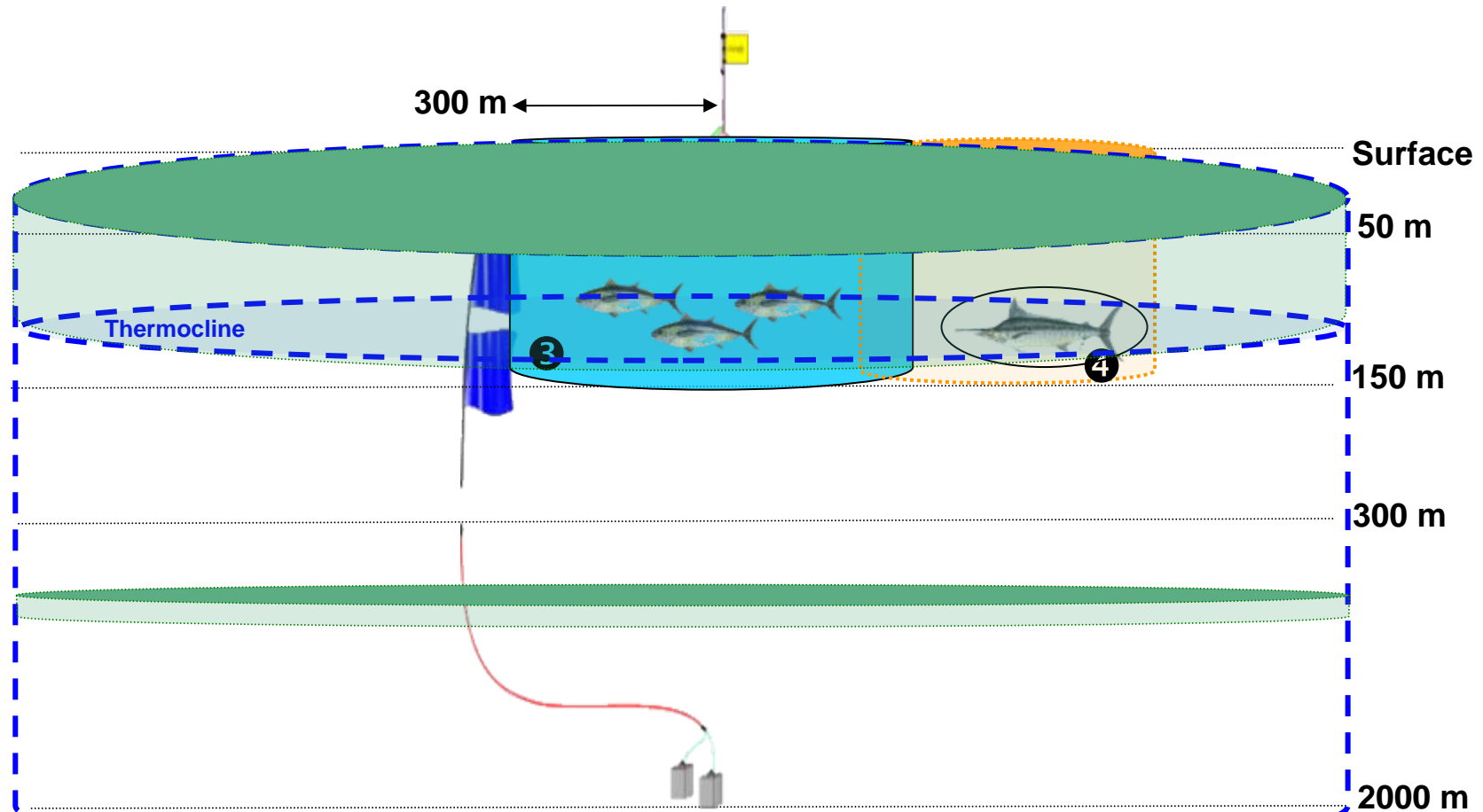
Environnement abiotique



Environnement biotique

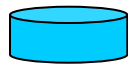


Exploitation halieutique



Description hiérarchique

Représentation empirique du système : situation nocturne



Agrégations de macronecton :
① Agrégation de sub-surface



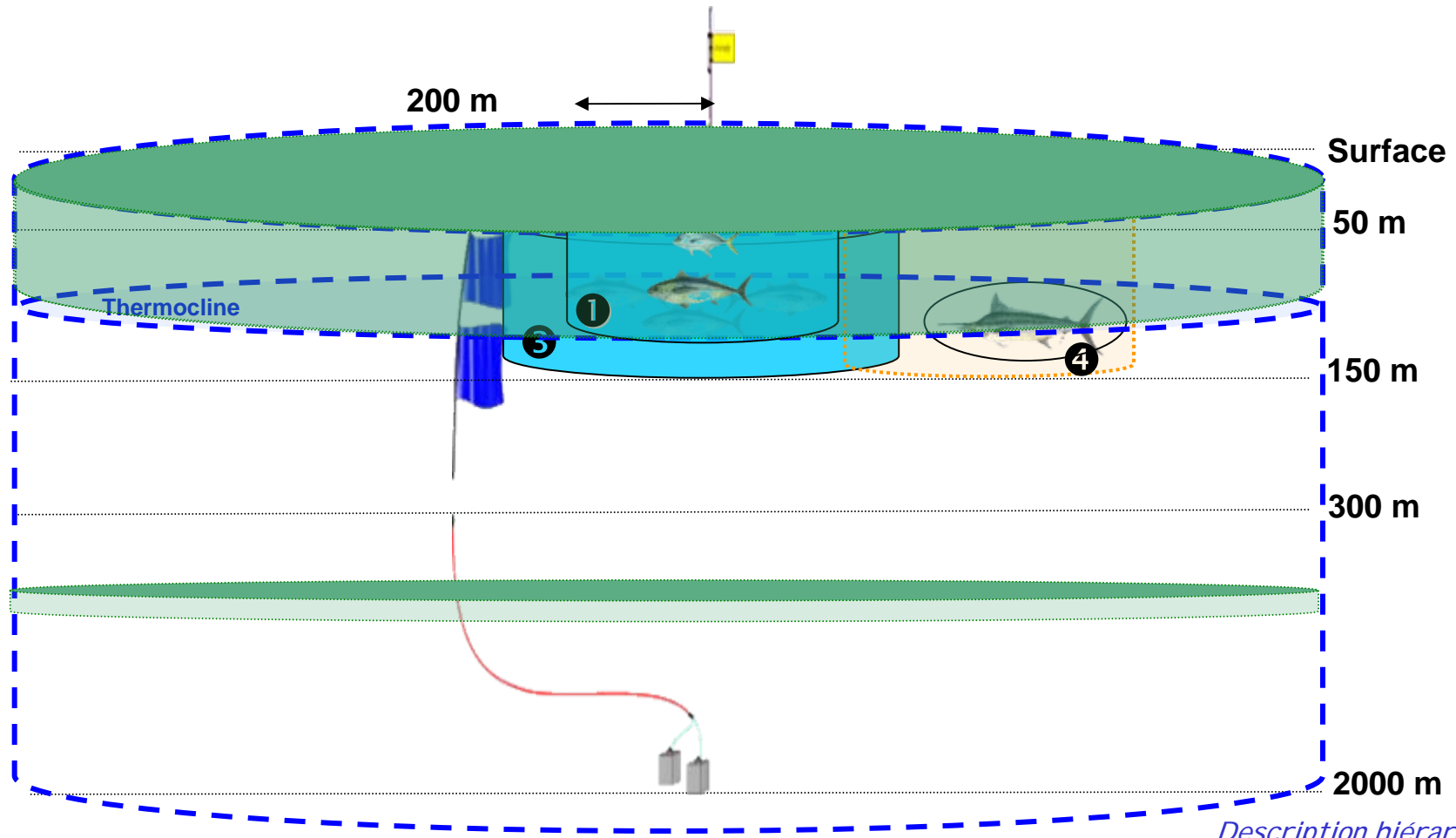
Environnement abiotique



Environnement biotique



Exploitation halieutique



Description hiérarchique

Plan de l'exposé

- Poser une question : contexte de l'étude
- Définir des entités et collecter les données : les campagnes DAUPHIN
- Identifier les phénomènes : description hiérarchique du système dans le plan vertical
- Développer des modèles : dynamique et biomasse de l'agrégation de thons de sub-surface
- Synthèse et conclusions

Objectifs

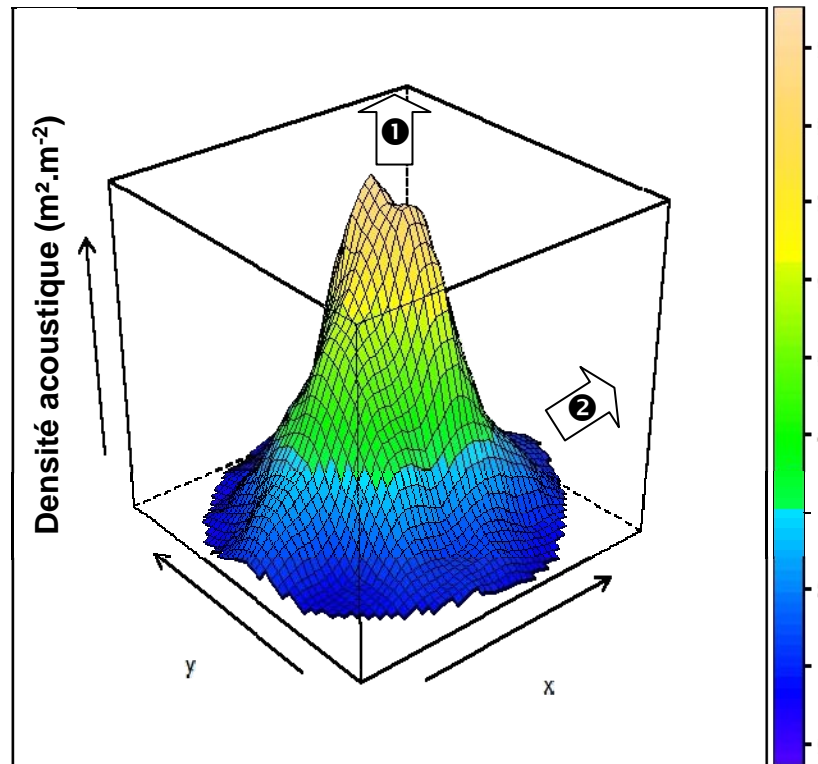
- Etudier la dynamique de la distribution spatiale de l'agrégation de thons de sub-surface dans le plan horizontal
- Estimer :
 - les maxima journaliers de biomasse de l'agrégation de thons de sub-surface
 - l'erreur commise lors de cette estimation (principe de précaution de l'AEP)

Méthodes : étudier la dynamique de la distribution spatiale de l'agrégation

→ Etude des fluctuations de la surface de densité de l'agrégation

→ *abondance globale*

→ *distribution spatiale*

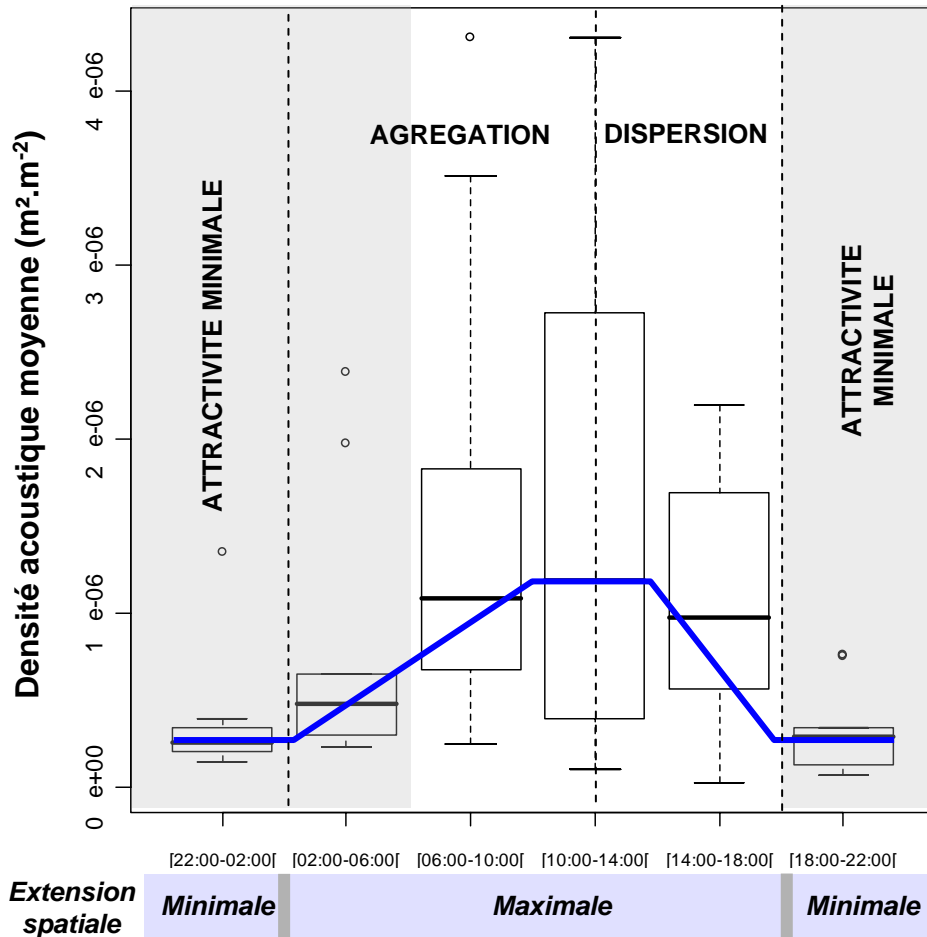


→ Relation entre abondance globale et distribution spatiale

→ *Courbes d'agrégation géostatistiques*

Résultats : dynamique de la distribution spatiale de l'agrégation de thons de sub-surface

→ Constance du phénomène d'agrégation des thons de sub-surface autour des DCP ancrés



→ Agrégation dynamique

- *Influence du courant*
- Fluctuations importantes de l'abondance globale (facteur 4), aux échelles nyctémérale, inter-journalière et mensuelle
- *Fluctuations de l'attractivité du DCP*
 - Découplées des variations d'intensité lumineuse
 - Effet comportement trophique
- *Deux phases de stabilité de l'extension spatiale*

→ Fluctuations simultanées abondance globale / distribution spatiale de l'agrégation

→ Processus densité-dépendants à l'origine de l'auto-organisation de l'agrégation

Méthodes : biomasse maximale journalière de l'agrégation et erreur d'estimation (1)

→ Estimation par géostatistique

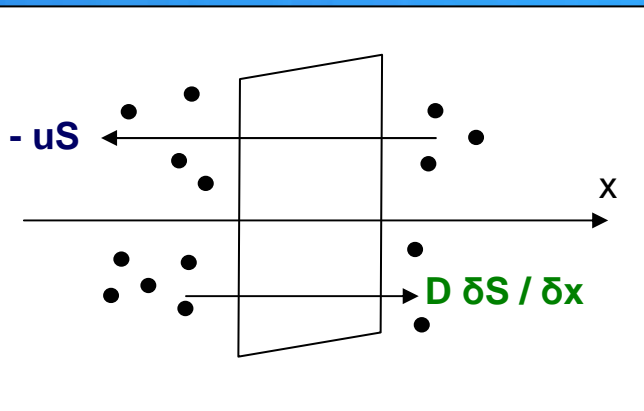
→ *Utilisation d'un modèle de krigeage universel*

→ *Estimation de la surface de densité diurne moyenne de l'agrégation*

→ Prospections répétées dans même zone

→ Calcul de la surface de densité moyenne

→ Modèle d'advection-diffusion appliqué aux groupes d'animaux (Okubo et Chiang, 1974)



Pour un groupe quasi-stationnaire :

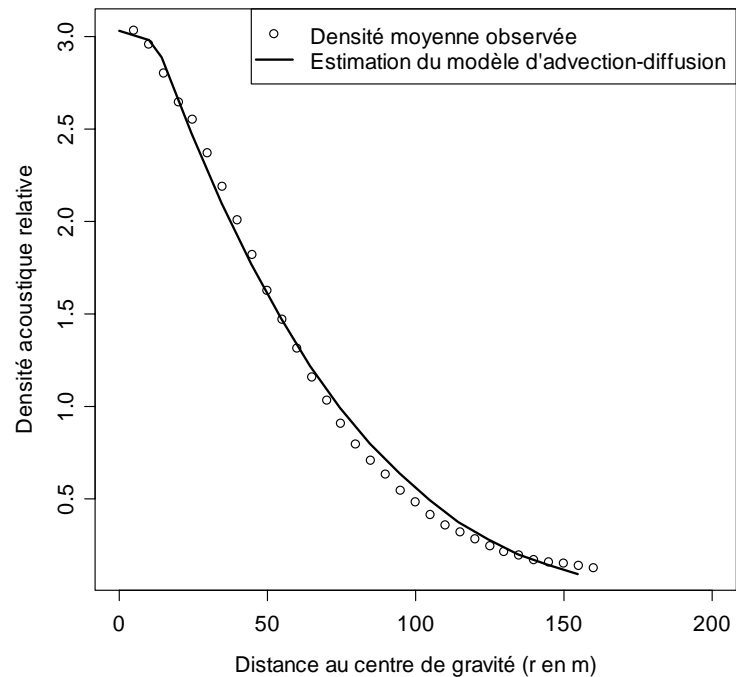
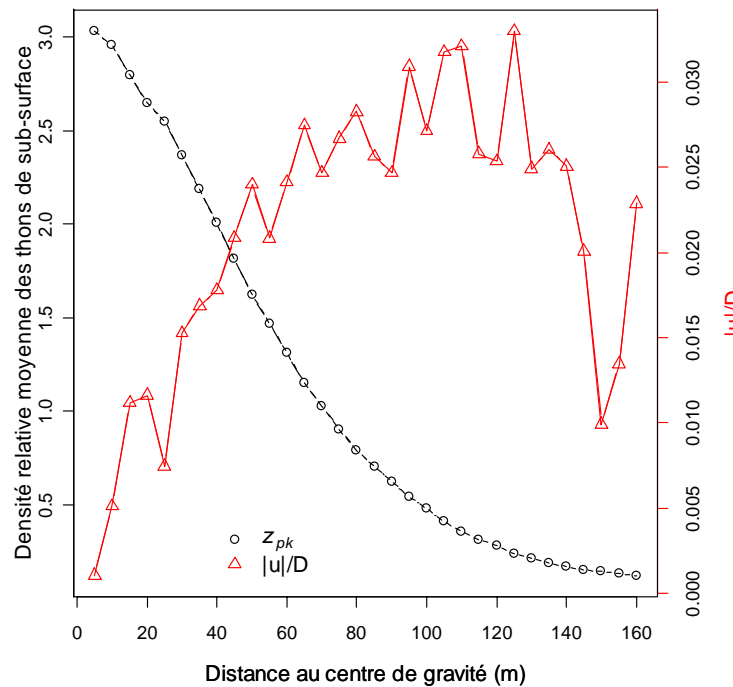
$$D \frac{\delta S}{\delta x} = uS$$

$$\Leftrightarrow D/|u| = S / (\delta S / \delta x)$$

- D : coefficient de diffusion
- u : coefficient d'advection

Résultats : estimation de la surface de densité moyenne de l'agrégation

- Constance de l'organisation spatiale au sein de l'agrégation
- Modèle d'advection-diffusion appliqué aux groupes d'animaux
- Erreur sur l'estimation de la surface de densité moyenne = 3%



Méthodes : biomasse maximale journalière de l'agrégation et erreur d'estimation (2)

- Résultats du modèle de krigeage universel
 - Modèle de corrélation spatiale de l'agrégation (variogramme)
 - Variance d'estimation diurne moyenne
 - Erreur commise lors de l'interpolation spatiale
 - Erreurs aléatoires de mesure
 - *Pour les maxima de biomasse journaliers (mai-août 2003) :*
 - Densité acoustique moyenne de l'agrégation
 - Variance d'estimation
- Calcul de la biomasse
- Comparaison de différents parcours d'échantillonnage

Résultats : biomasse de l'agrégation et erreur d'estimation

→ Erreur d'estimation de la densité moyenne diurne de l'agrégation

→ Coefficient de variation d'estimation : 33%

→ Maxima de biomasse journaliers

→ Coefficient de variation d'estimation moyen : 25% (13-40%)

→ Biomasse de thons de sub-surface autour d'une tête de DCP :

Biomasse de l'agrégation (tonnes)		
Minimum	Moyenne	Maximum
1	11	30

→ Coefficient de variation moyen au cours d'un leg : 58%

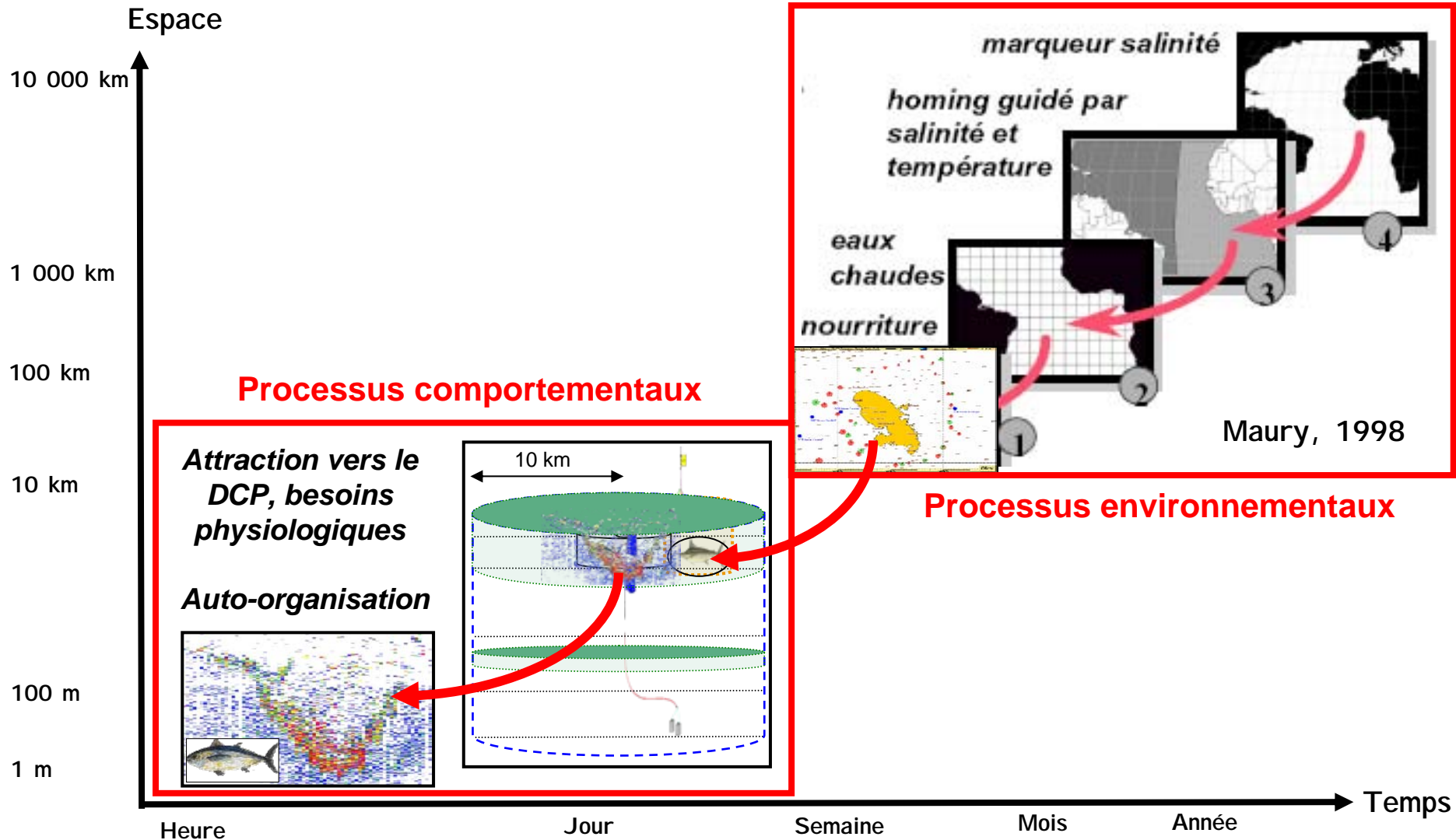
→ Comparaison des parcours d'échantillonnage acoustiques

→ *Parcours en étoile utilisé présente le meilleur compromis erreur estimation / effort d'échantillonnage*

Plan de l'exposé

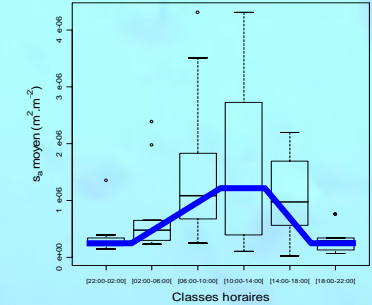
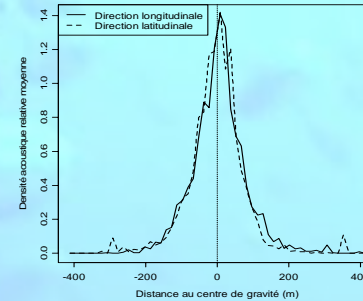
- Poser une question : contexte de l'étude
- Définir des entités et collecter les données : les campagnes DAUPHIN
- Identifier les phénomènes : description hiérarchique du système dans le plan vertical
- Développer des modèles : dynamique et biomasse de l'agrégation de thons de sub-surface
- Synthèse et conclusions

Organisation spatio-temporelle hiérarchique d'une sous-population de thons de sub-surface fréquentant des DCP ancrés

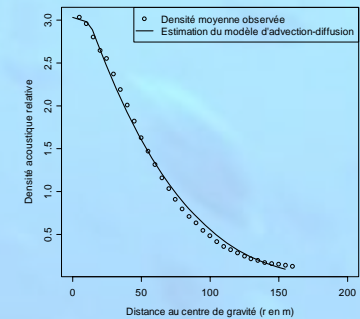
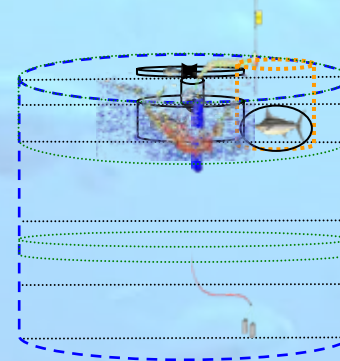


L'agrégation des thons de sub-surface autour de DCP ancrés

→ Un phénomène récurrent et dynamique



→ Un phénomène observable et modélisable à l'échelle des agrégations



→ Un phénomène influencé par la richesse trophique de l'environnement



Perspectives

- Gestion durable des pêcheries associée aux DCP ancrés
 - *Eléments scientifiques pour gestion durable aux Petites Antilles*
 - *Modélisation d'une population de thons dans un réseau de DCP ancrés*
 - Relations avec l'environnement et la pêche
 - Valorisation base de données

- Etude de l'agrégation des thons dans les écosystèmes pélagiques exploités
 - *Adapter méthodes à d'autres types d'agrégateurs*
 - Étude et modélisation agrégations autour DCP dérivants
 - *Etude comportement trophique autour de DCP*
 - *Développement d'observatoires océaniques (bouées instrumentées)*
 - Relation abondance locale/globale
 - Evaluation directe abondance thons à échelle écosystème



MERCI à tous !

L'agrégation de thons de sub-surface au sein du système

[DCP ancré-macronecton-environnement-pêche]

en Martinique :

*étude hiérarchique par méthodes acoustiques,
optiques et halieutiques.*

Mathieu Doray