

Les DCP sont ils des pièges écologiques pour les thons tropicaux ?



Robert Marianne



Laurent Dagorn

Cotutelle



Jean Louis Deneubourg

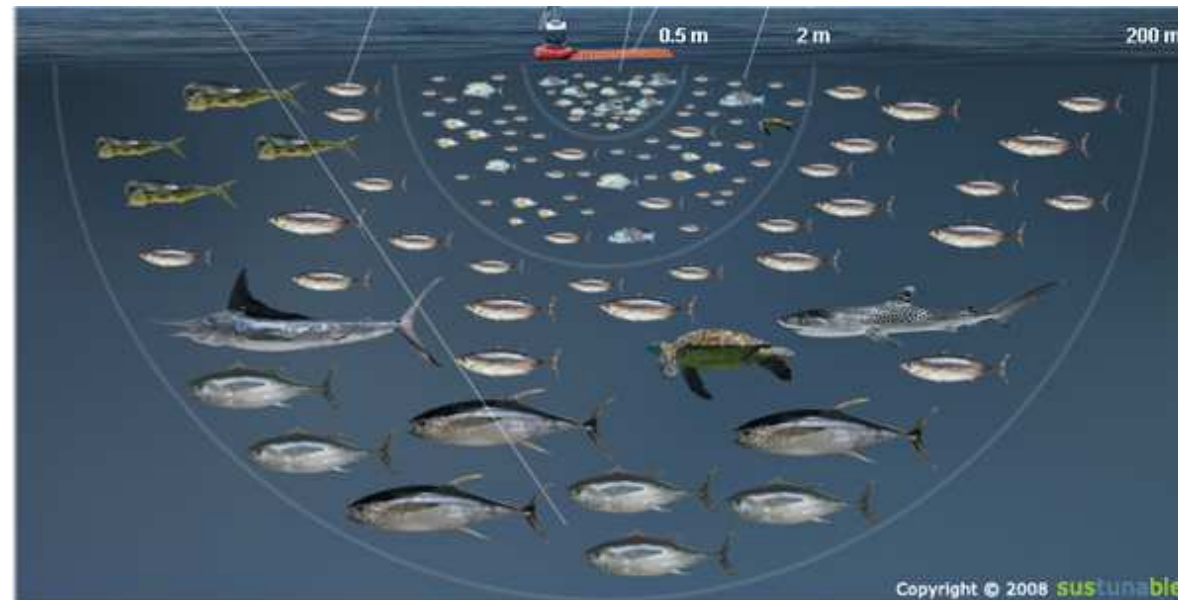
Programme Européen MADE : MITIGATING ADVERSE ECOLOGICAL IMPACTS OF OPEN OCEAN FISHERIES

Dispositifs de Concentration de Poissons (DCP)

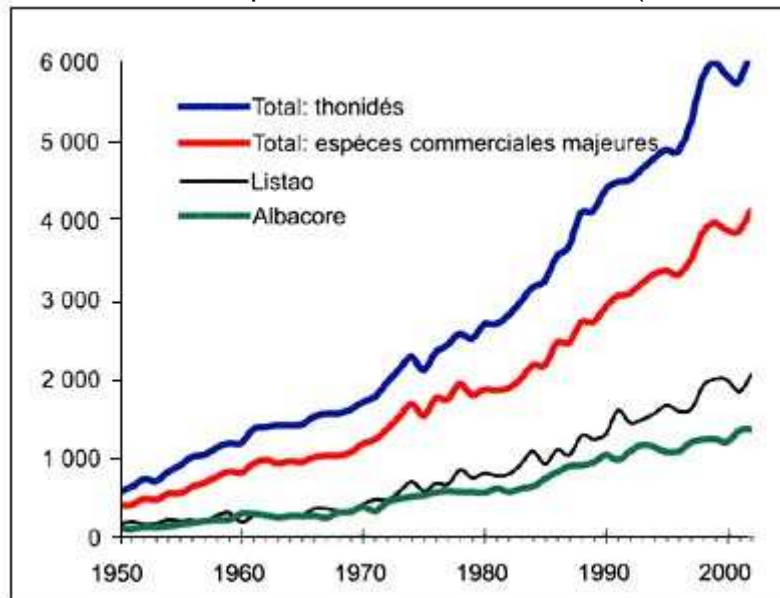
Objet flottant



Faune agrégée



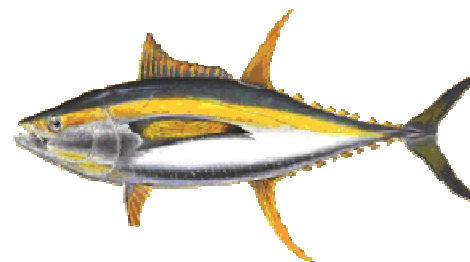
Evolution des captures mondiales de thons (millier de tonnes)



(FAO, 2009)



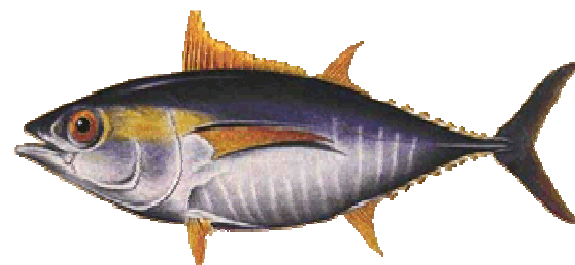
Listao
(*Katsuwonus pelamis*)



Albacore
(*Thunnus albacares*)

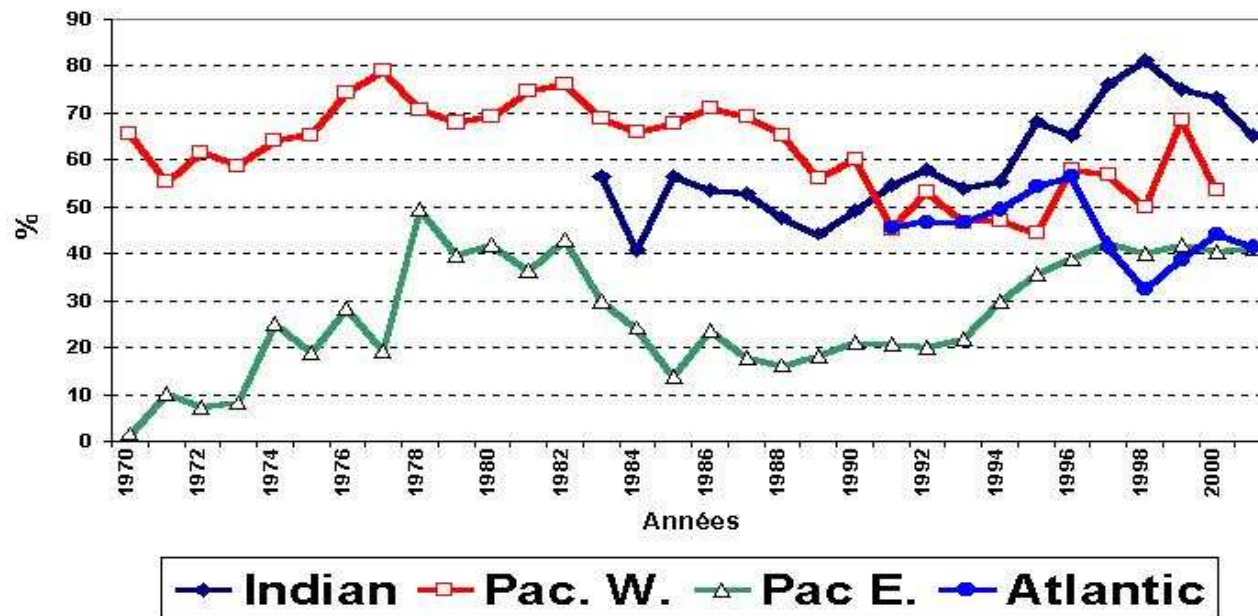
Pourcentage de capture par espèce

Listao	57.5%
Albacore	27.1%
Patudo	9.6 %
Autres thons (Germon et thon rouge)	5,8%



Patudo
(*Thunnus obesus*)

Pourcentages des prises sous DCP par océan



Proportion des prises autour des DCP par rapport aux prises totales, dans les 4 grandes zones de pêche mondiales,

(FAO, 2009)

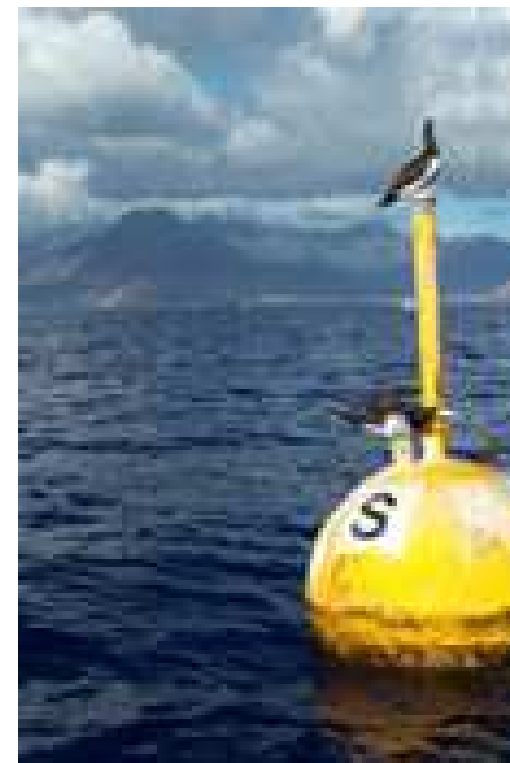
Plus de 50% des captures mondiales de thons tropicaux proviennent de prises sous objets flottants (Fonteneau *et al* 2000)

Augmentation de l'effort de pêche

Déploiement de DCP artificiels dans le milieu

DCP ancrés

Près des côtes, autour des îles
Pêcheurie côtière



Déploiement de DCP artificiels dans le milieu

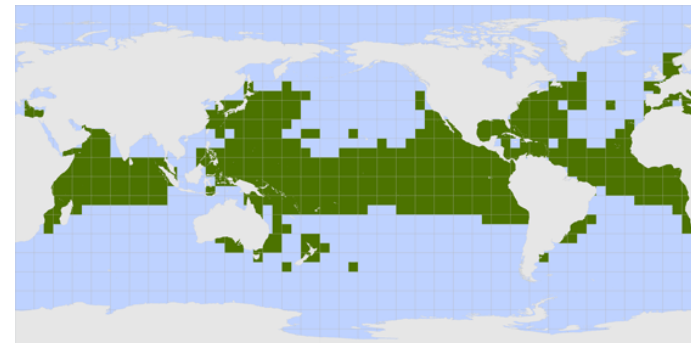
DCP dérivants



Thoniers senneurs



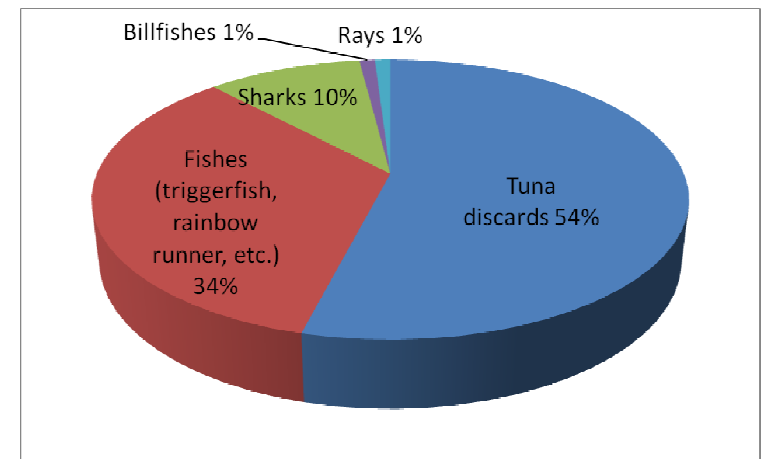
Pêcherie hauturière



Gestion des pêcheries thonières

- Au niveau des stocks
 - Diagnostics de gestion incertains (manque de données) pleinement exploités, surexploités ?
 - Captures importantes de juvéniles d'albacores et de patudos sous les DCP

- A l'échelle de l' écosystème
 - Captures accessoires
 - Entre 3 et 5 % des captures (en poids)



(FAO, 2009)

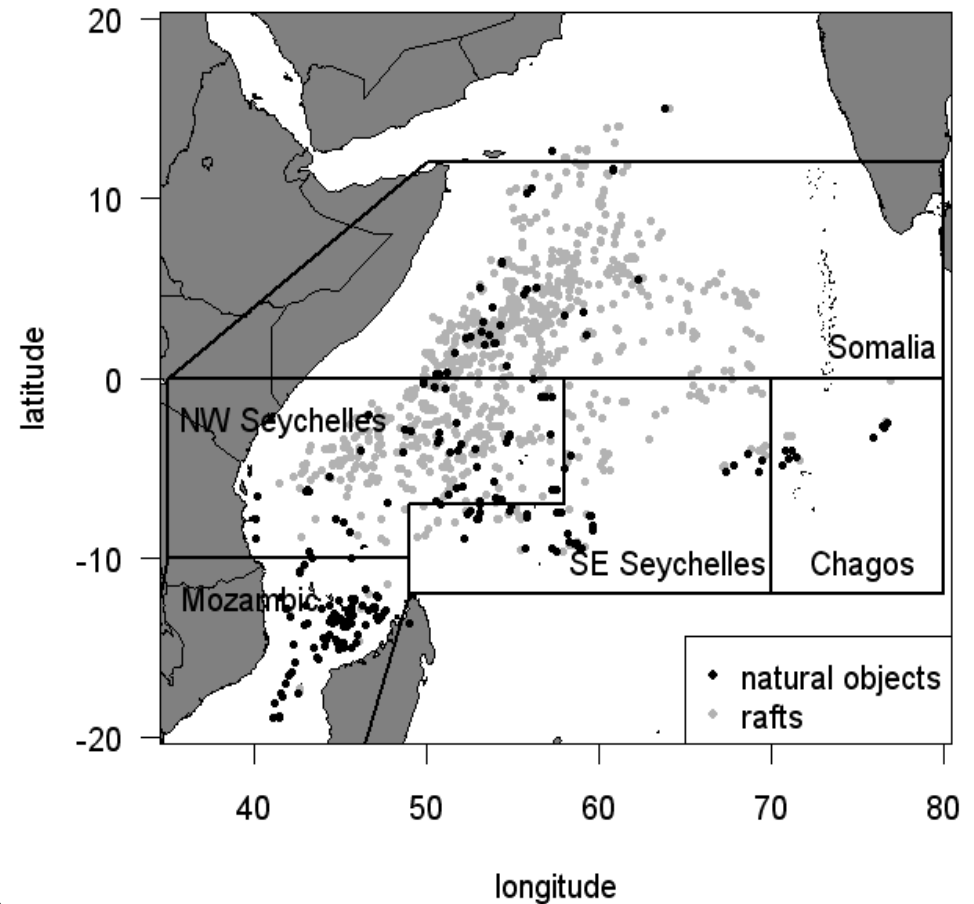
Déploiement de milliers de DCP artificiels

Modification rapide de l'habitat

Augmentation de la densité

Aire de répartition

⇒ Ex Océan Indien



Des besoins en termes de gestion ?

- nombre de DCP (effort)



Parmi les nombreux travaux

Les DCP pourraient agir comme des pièges écologiques pour les thons tropicaux

(Marsac et al 2000, Hallier et Gaertner 2008)

Qu'est ce qu'un piège écologique ?

(Dwernychuk and Boag 1972)

Réponse non appropriée d'un organisme

à un changement rapide de son environnement

conséquences négatives sur la population

1. L'hypothèse des DCP indicateurs de richesse

(Hall et al. 1992, Fréon & Dagorn 2000)

Déchets terrigènes arrivent en mer

Concentration en zone estuarienne et mangroves

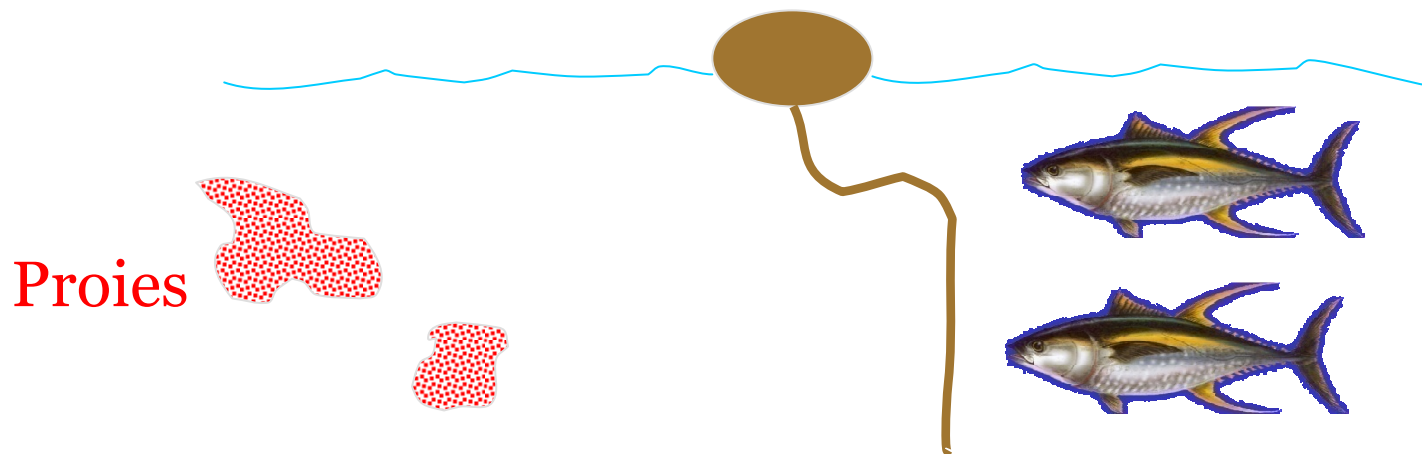
Agrégation au niveau des zones de fronts



Les DCP naturels sont spatialement corrélés à des milieux riches

Indicateur de la richesse d'une zone pour les thonidés

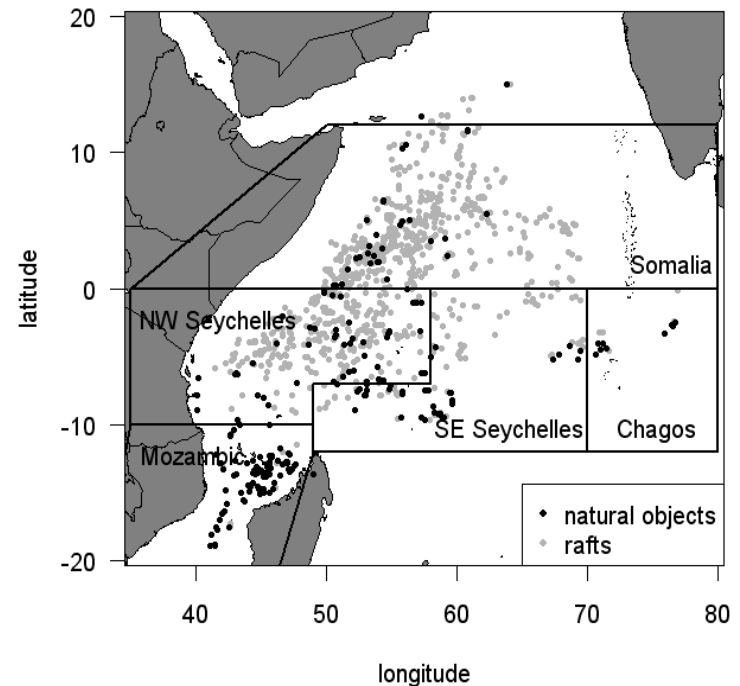
=> Rôle trophique



Corrélation spatiale forte entre DCP (naturels) et abondance de proies

Déploiement de milliers des DCP artificiels

Modification rapide de l'habitat



Découple l'attractivité de habitat de sa qualité réelle

? Déploiement de DCP dans des zones « pauvres »
Diminution de la survie

? Dérive des DCP artificiels \neq DCP naturels
Modification des routes migratoires

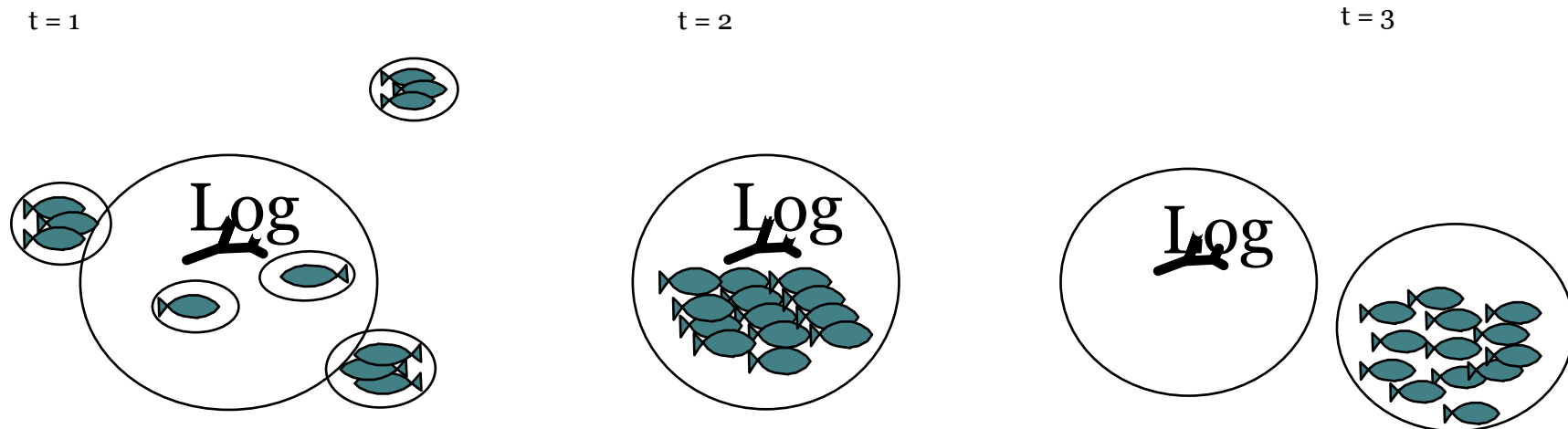
2. L'hypothèse des DCP points de rencontre

(Fréon & Dagorn 2000)

Les DCP seraient des points de rencontre

augmente la probabilité de rencontrer des congénères
permettraient de repartir en banc plus gros
(taille du banc liée à son succès alimentaire)

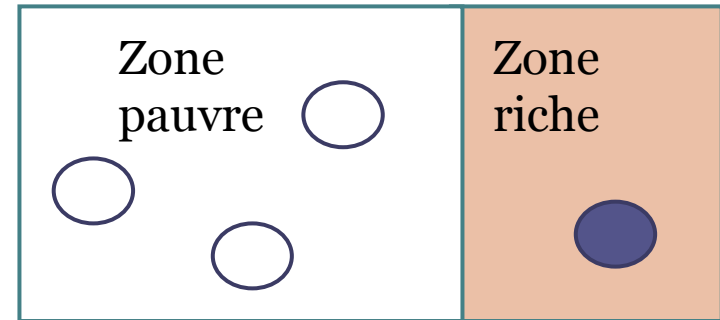
=> rôle social



Hétérogénéités de distribution des populations sous les DCP

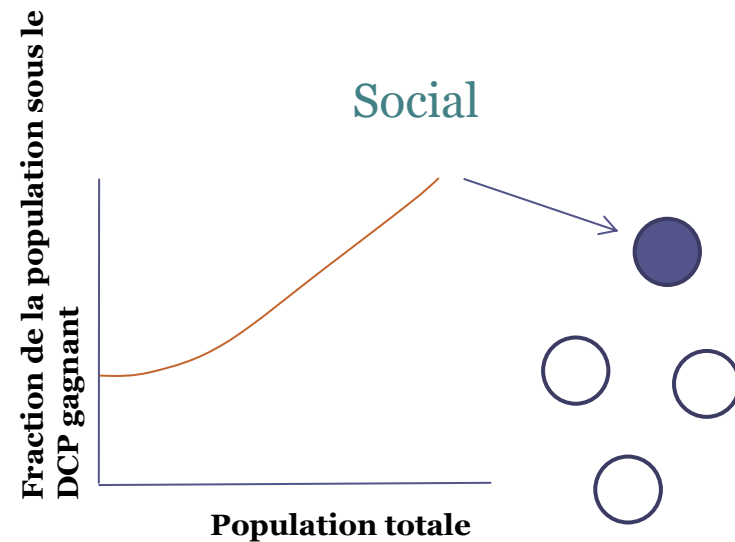
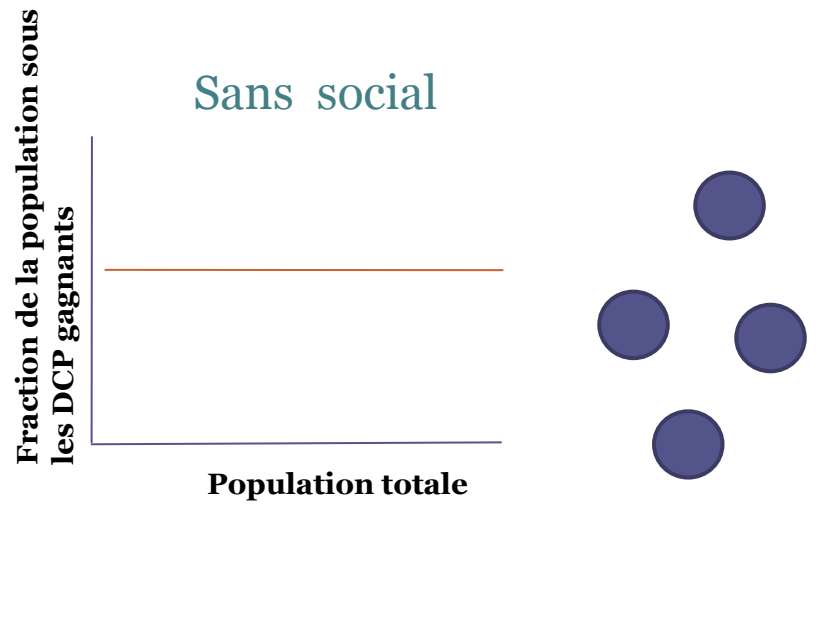
Résultent

l'hétérogénéité de l'environnement

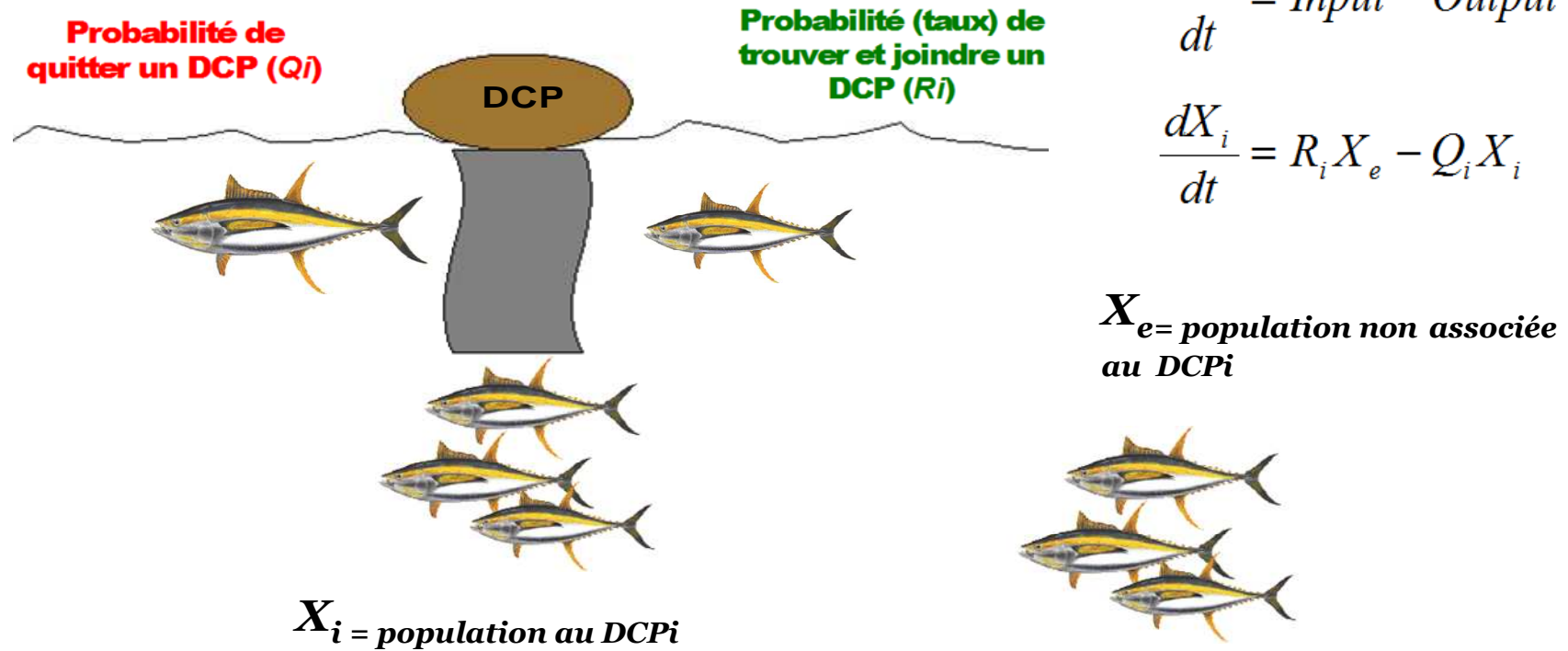


de phénomènes de types sociaux

Dans un environnement homogène



Modèle : Agrégation sous les DCP

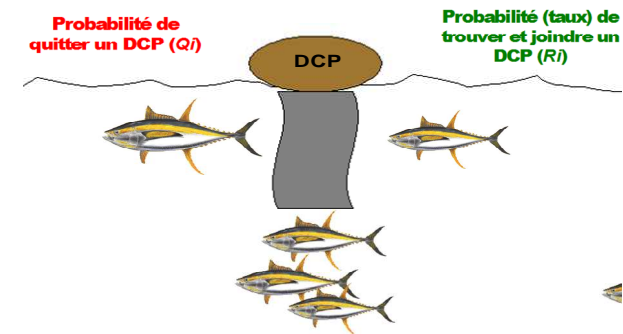


Partie 1. Couplage analyses de données → modélisation

Partie 2. Scénarios de pièges écologique

Analyses de données

- Marquages et suivi individuels => comportement
- Mesures physiologiques => biologique
- Mesures des biomasses agrégées => social



Modélisation

- Estimation des probabilités & Facteurs influençant ces probabilités
 - Règles de comportement individuel
 - Paramètres de l'environnement
 - la richesse du milieu marin
 - la densité en DCP
 - la biomasse de congénères

Simulation de scénarios

- *Conséquences en terme de piège écologique*



Partie 1.

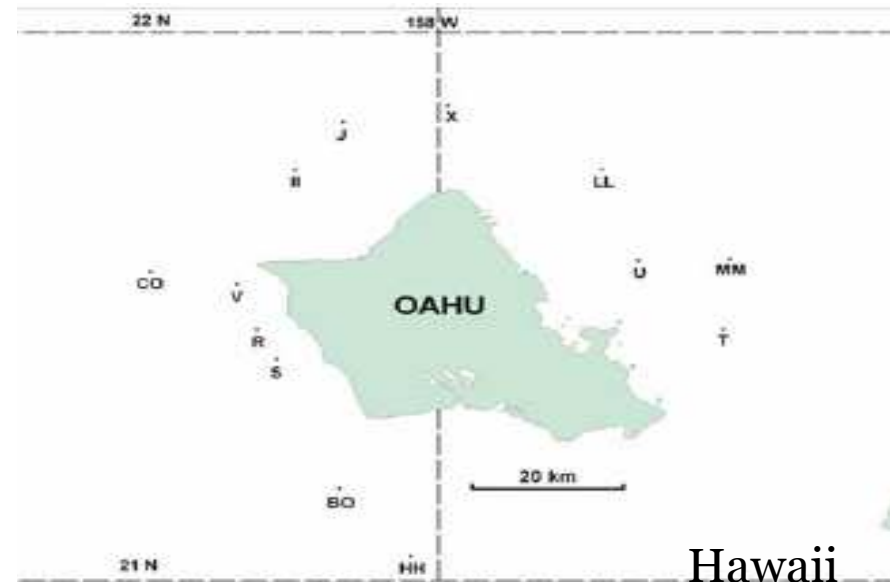
Chapitre 1: Comportement des thons dans un réseau de DCP ancrés

Données de marquages acoustiques dans un réseau de DCP ancrés

Que peut on apprendre des règles qui régissent l'arrivée et le départ à un DCP ?

caractériser la forme des proba d'entrée et de sortie du DCP

Jeu de présence/absence de 56 albacores sous les DCP => 3 ans



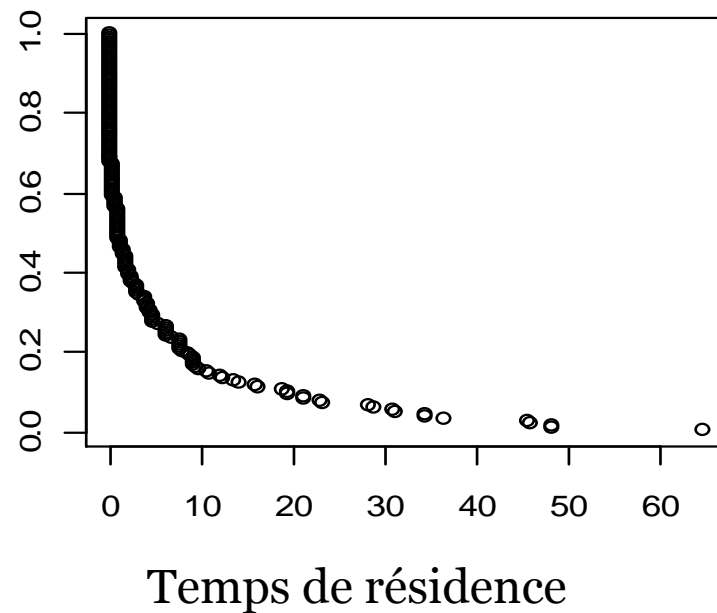
Cadre mathématique :

Analyse des courbes de survies

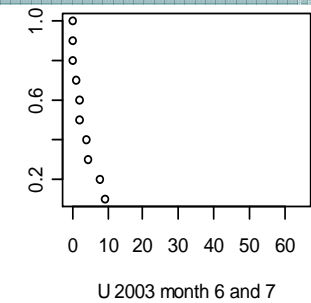
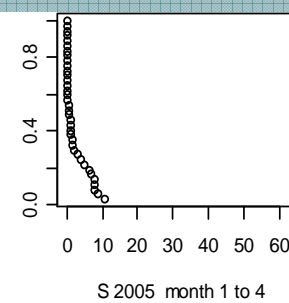
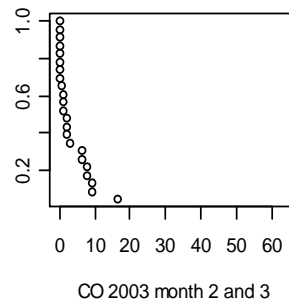
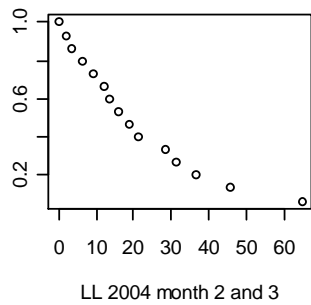
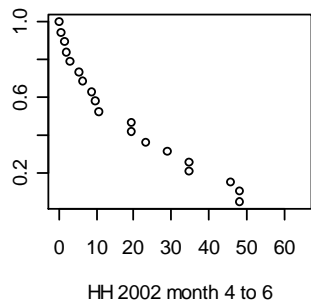
=> temps de survenue d'un événement (Loi de Poisson)

Modèle de Cox : comparaison des courbes de survies

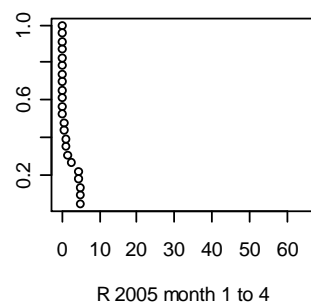
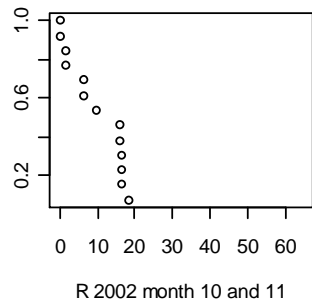
=> les lois qui régissent l'arrivée et le départ à un DCP



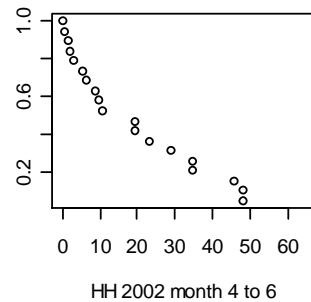
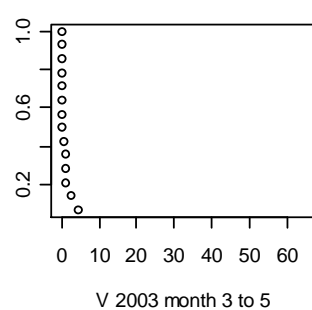
Chapitre 1



Deux comportements bien distincts : Des temps de résidence longs et des temps courts



L'état d'un DCP varie dans le temps



A une même période, tout les DCP ne présentent pas le même pattern d'association

Il semble que ce soit les conditions sous le DCP à une période donnée qui influence la durée des temps de résidence des thons

Chapitre 1

Proba de quitter un DCP = $1/$ temps de résidence sous un DCP

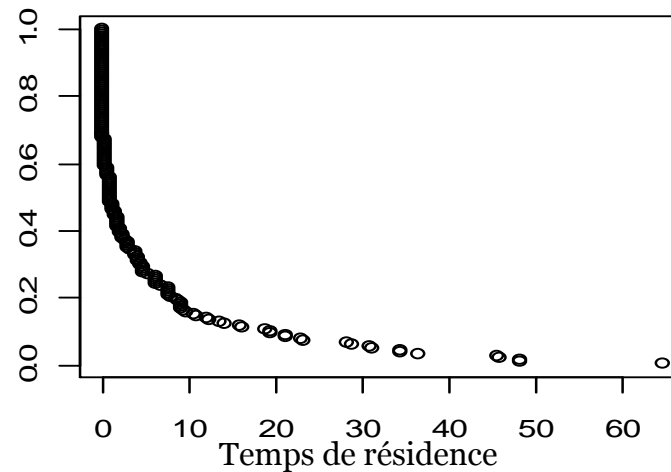
Proba de joindre un DCP = $1/$ temps entre deux associations à un DCP

Ajustement de loi exponentielle

estimation de paramètre = proba que l'événement survienne

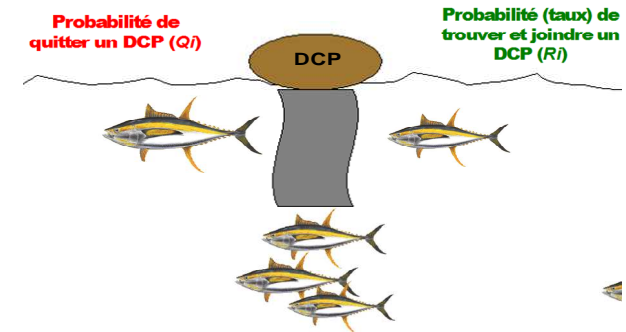
Pas d'effet mémoire

La proba est indépendante du temps passé dans l'état



Qu'a-t-on appris ?

Formalisme des probabilités



Proba indépendante du temps passé dans l'état

Proba de quitter fonction (Q_i)

des conditions sous les DCP

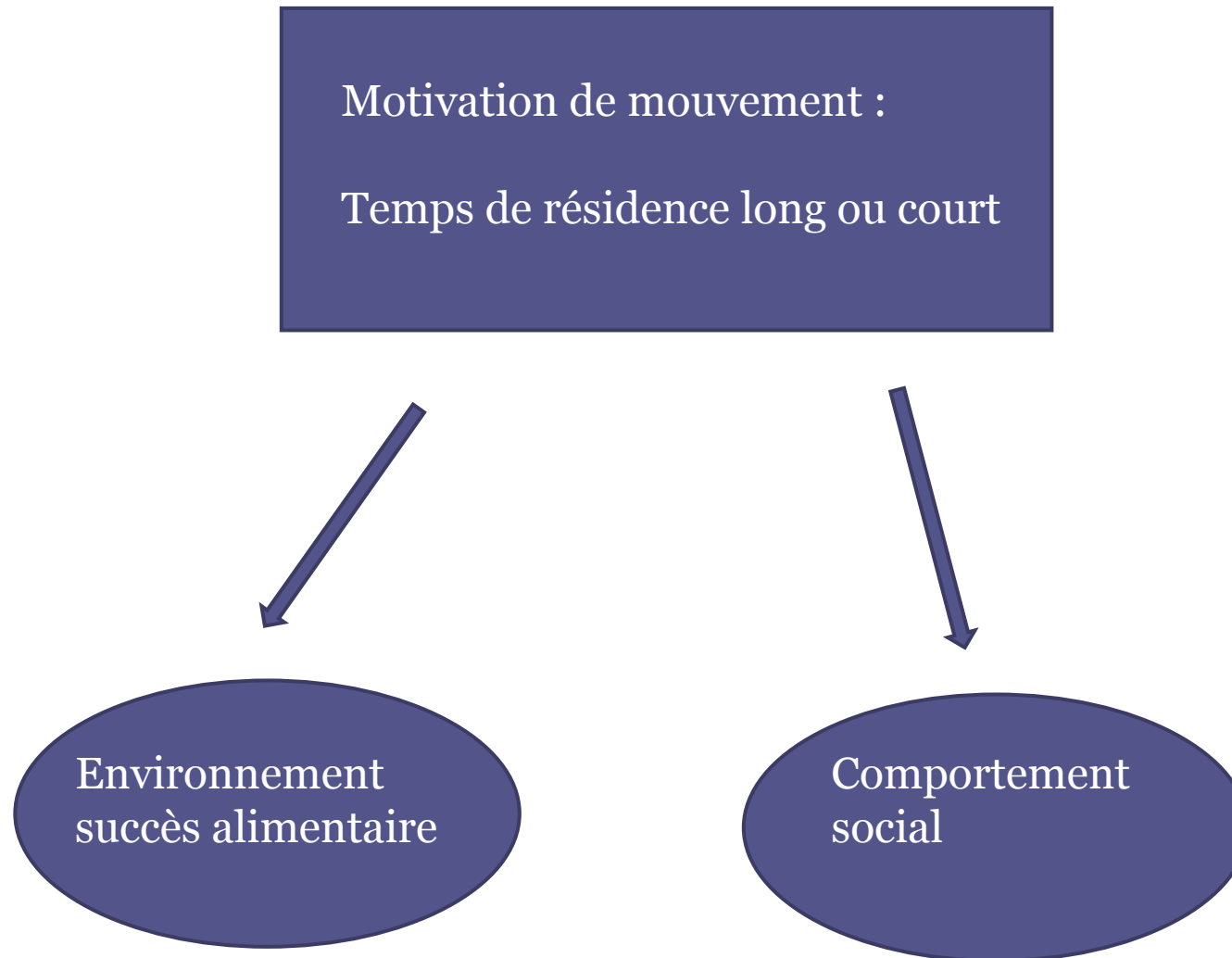
Proba de rejoindre fonction (R_i)

des conditions dans l'océan ouvert

Plasticité du comportement individuel au sein d'un réseau de DCP

Hétérogénéité de distribution des populations de thons sous les DCP

=> ? **Conditions** : abondance de proies vs abondance de congénères



Chapitre 2 : Le rôle des DCP est il trophique ?

Données de conditions des thons sous bancs libres et sous DCP naturels

Le canal du Mozambique

zone naturellement riche en DCP naturels et où les pêcheurs déploient peu de DCP artificiels – Fauvel et al 2009)

=> comportement naturel du poisson



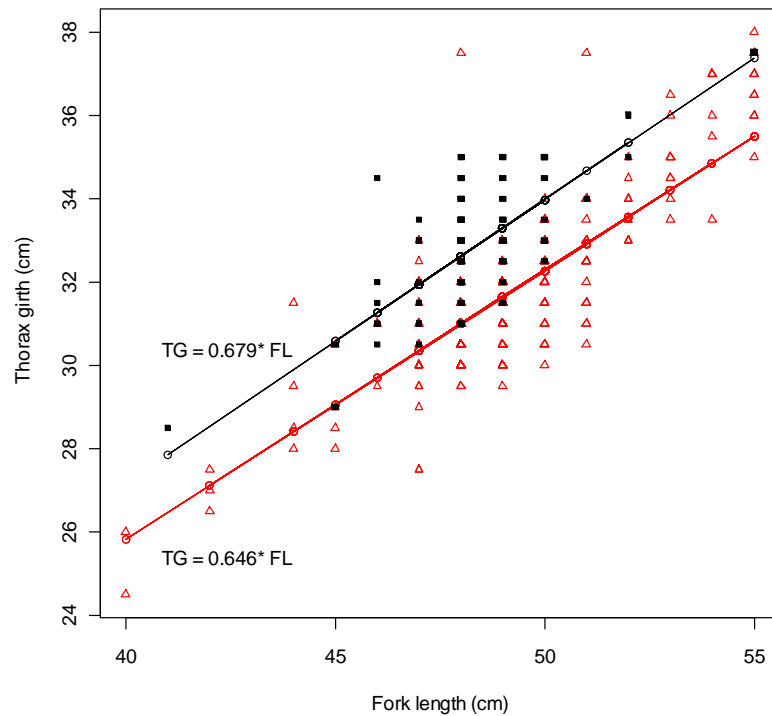
6 coups en bancs libres
20 coups sous objets naturels

~ 15 thons échantillonnés par banc

Facteurs de conditions

embonpoint
impédance des tissus biologiques
teneur en lipide du muscle blanc

Les thons sous bancs libres sont en meilleure condition que les thons sous objets naturels



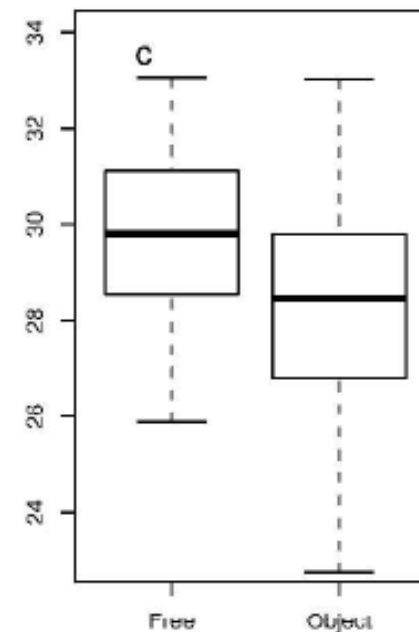
Analyses de covariance :

Pour une même taille, les thons sous bancs libres ont une circonférence de thorax plus élevée que ceux sous objets.

Phase angle :

indice dérivé de la mesure de l'impédance des tissus : indicateur de santé (médecine humaine)

Valeurs plus élevées pour le banc libres



Interprétation des différences dépend

temps moyen de séjour sous un DCP dérivant

=> qq jours, semaine (Dagorn et al 2000, Schaefer et al 2010, Govinden et al 2010)

% tps associé versus libre

=> Patudo ~ 20%, 80% (Schaefer et al 2010)

vitesse d'évolution des indices lors de jeune

=> Thon métabolisme élevé => variation rapide

=> expérience en captivité cours à Hawaii

Valeur absolue de condition ? Bonne ou mauvaise

=> teneur en lipide

Dans une zone à DCP naturels

il semble que la raison pour laquelle les thons s'associent aux DCP ne soit pas directement liée à un avantage trophique à micro échelle

=> Méso échelle ?

Autres hypothèses

Qu'a-t-on appris ?

Formalisme des probabilités

Sociale (hypothèse du point de rencontre)

Compromis entre perte d'énergie sous le DCP et autre bénéfice

- augmentation du tx de rencontre entre individus, formation de bancs plus gros (plus efficace à moyen terme)

proba de quitter (Q_i) fonction des conditions **trophiques** sous les DCP
diminue avec augmentation de congénère
=> départ : seuil de condition minimal
: seuil de biomasse de départ en banc

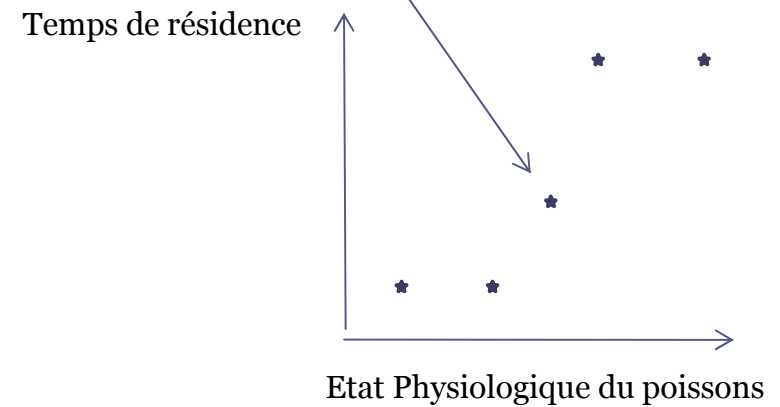
Cause : la « mauvaises » condition est la raison pour laquelle ils s'associe

proba de joindre (R_i) modulée par l'état de satiété dans l'océan
Seuil physiologique en dessous duquel la proba est forte
(état de satiété ~ abondance des proies dans l'océan)

Données :

Condition du thon (BIA) et marquage acoustique

Estimation du seuil à partir duquel le poisson quitte le DCP



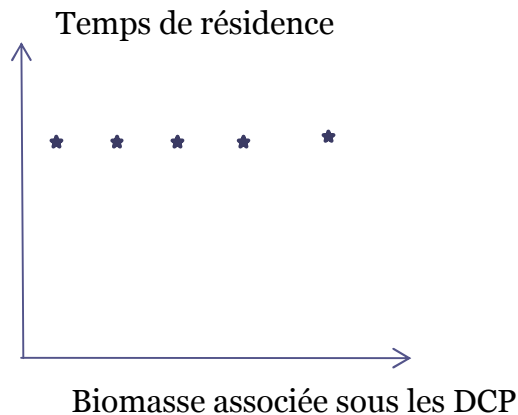
Chapitre 3

Chapitre 3. Les DCP ont-ils plutôt un rôle social ?

Données de temps de résidence et de biomasse associée (Mozambique 2010, ...)

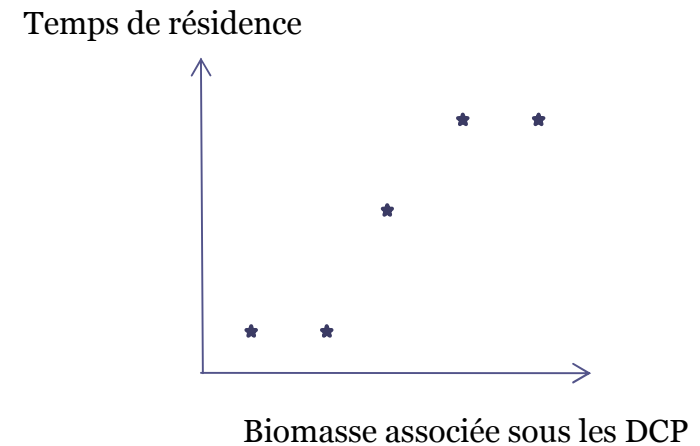
La proba de quitter (1/tps résidence) varie t'elle en fonction de la biomasse de congénère associée sous le DCP ?

Pas d'effet social



fitting de courbe
$$Q_i = \frac{\theta}{k + X^n}$$

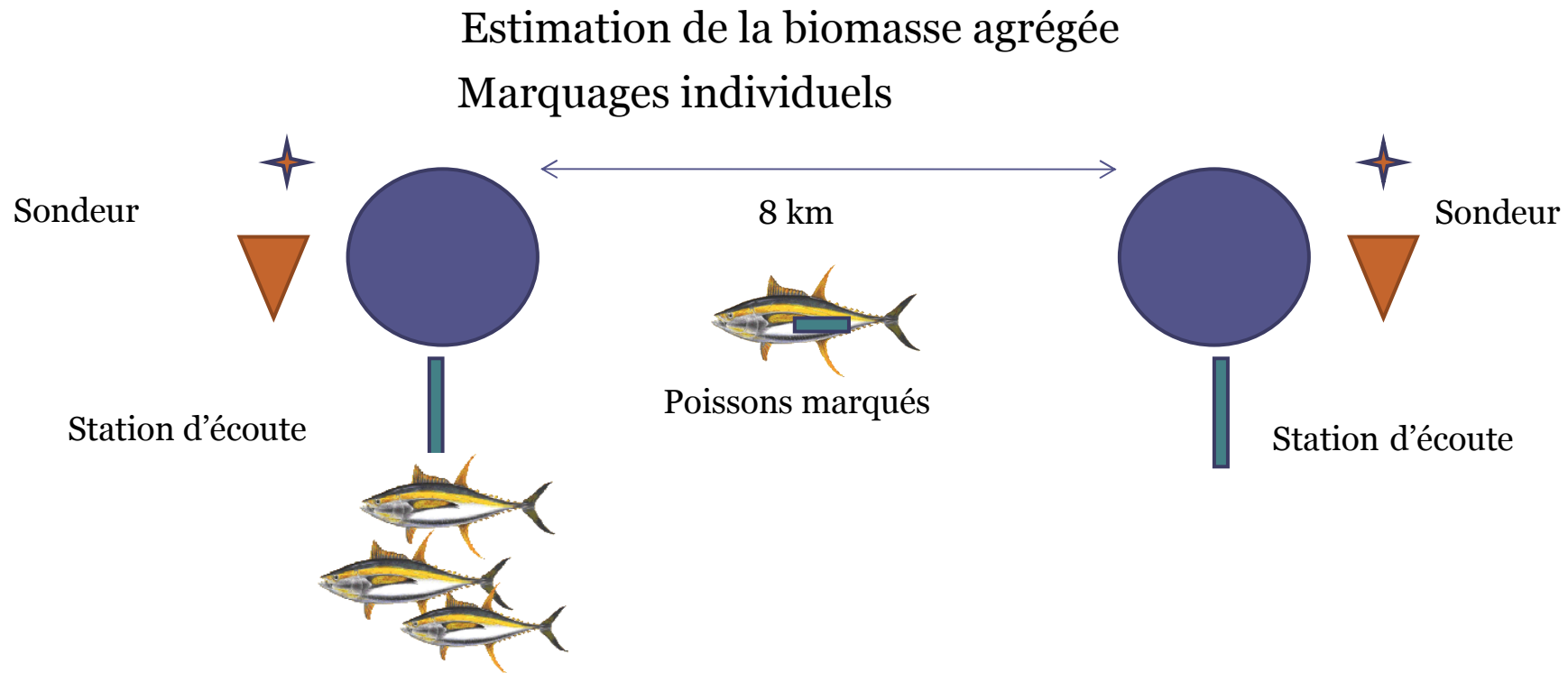
Effet social



Pré requis : validation de l'estimation de la biomasse agrégée
collaboration AZTI

Expérience de choix binaire : Autre moyen de mettre en évidence l'effet des congénères

Mise en place en 2009 à deux sites : Iles de D'Arros et de Desroches
(Amirantes – Seychelles)



Comment se répartit la biomasse de thons entre 2 DCP « proches » ?

Pas de thons agrégés

- Expérience de choix binaire :
 - Hypothèses :
 - 2 DCP identiques (environnement homogène)
 - Individus passent directement d'un DCP à l'autre
 - Indépendance des DCP (le DCP 2 n'est pas détectable lorsque le poisson est sous le DCP 1 et réciproquement)

Si la probabilité de quitter diminue avec le nombre de congénère agrégé sous le DCP

$$Q_i = \frac{\theta}{k + X_i^2}$$

- Equation différentiel traduit la variabilité du nombre d'individus sous chaque DCP (i et j)

$$\frac{dX_i}{dt} = -\frac{\theta X_i}{k + X_i^2} + \frac{\theta X_j}{k + X_j^2}$$

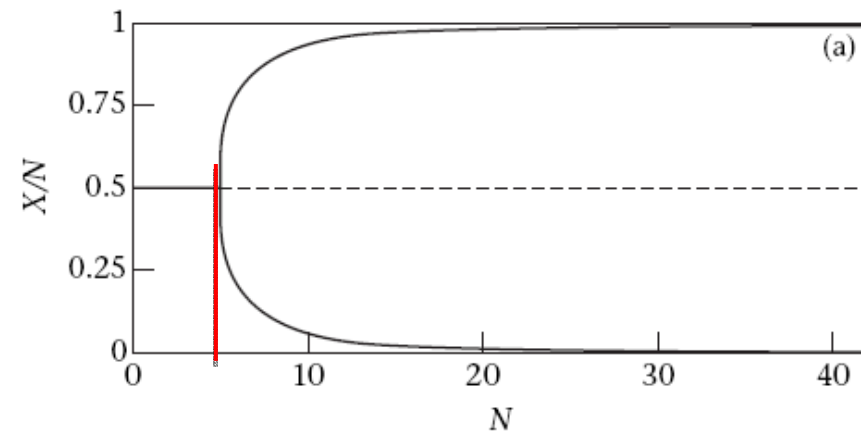
Chapitre 3

Résolution analytique à l'équilibre :

3 états solutions stationnaires

1. égal nombre de poissons sous chaque DCP

2. Deux solutions asymétrique avec un nombre inégal d'individu sous chaque DCP => sélection de l'un ou l'autre des DCP



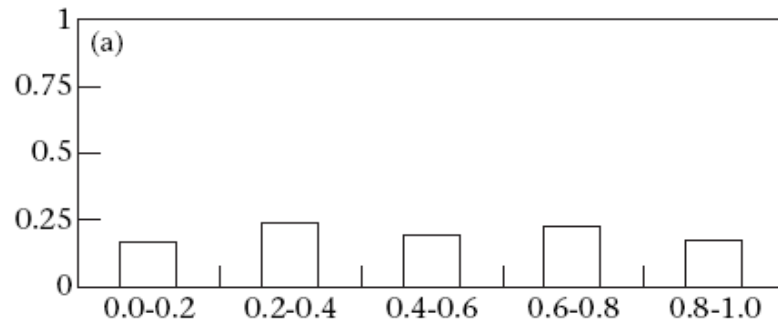
Exemple de diagramme de bifurcation (Ame et al 2004) : N nombre total d'individus aux deux sites et X/N fraction de la population totale sous un DCP.

A partir de 5 individus présents, il y a sélection d'un seul site d'agrégation.
=> Phénomène d'amplification.

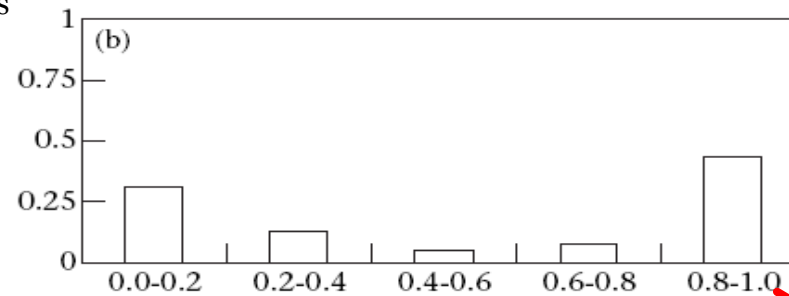
Comparer les patterns observés avec les sorties du modèle

Simulations stochastiques : étudier la dynamique du système

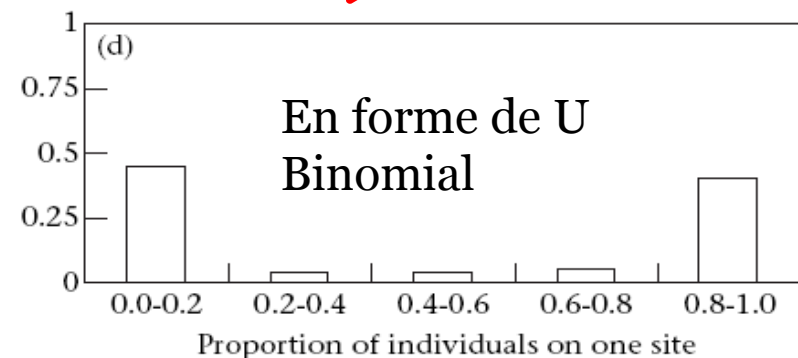
Proportion de simulation



Proportion d'individus sous un des 2 sites



Nbr total d'individu augmente



Formalisme des probabilités

proba de quitter

fonction de la biomasse de thons sous le DCP

ex : proba de quitter diminue avec le nombre de congénère sous les DCP + seuil à partir duquel départ de banc

=> Hypothèse du DCP point de rencontre (Fréon et Dagorn 2000)

proba de joindre

fonction de la biomasse de thons dans la zone



Partie 2.

Objectif :

Dans quelles circonstances les DCP peuvent ils être des pièges écologiques ?

Méthodologie :

Simulations stochastiques

Scénarios : Réseau de DCP (spatialisation 2D)

Paramètres d'entrés

Règles de comportement

Paramètres sorties

Règles de comportement

=> inférées de l'analyse de données (partie 1) + littérature

comment modélise t'on les probabilités de joindre et de quitter
Choix de certaines hypothèses / autres

Scénarios : Réseau de DCP (spatialisation 2D)

Paramètres d'entrée

Règles de comportement

Paramètres Sorties

Paramètres de sorties

comment caractériser une situation de piège écologique (littérature)

⇒ Augmentation de temps de résidence dans une zone
= Temps total dans le réseau de DCP

⇒ Impact négatif sur le biologie
= Indice de « satisfaction » du poisson »

⇒ Répartition de la biomasse sous les DCP
Intérêt en terme de capture / gestion

Scénarios : Réseau de DCP (spatialisation 2D)

Paramètres d'entrée

Règles de comportement

Paramètres Sorties

Paramètres d'entrée

=> Traduire la modification d'habitat
=Augmenter la densité en DCP

=>Caractéristiques de l'environnement dans le réseau de DCP et
sous les DCP

= En terme

Proies

Biomasse de thons

Merci de votre attention



Bibliographie :

- Ame, J.M., Rivault, C. & Deneubourg, J.L. (2004) Cockroach aggregation based on strain odour recognition. *Animal Behaviour*, 68(4), 793-801.
- Dagorn, L., Pincock, D., Girard, C., Holland, K., Taquet, M., Sancho, G., Itano, D. & Aumeeruddy, R. (2007) Satellite-linked acoustic receivers to observe behavior of fish in remote areas. *Aquat. Living Resour.*, 20, 307-312.
- Dwernychuk, L.W. & Boag, D.A. (1972) Ducks nesting in association with gulls—an ecological trap? *Can. J. Zool.*, 50, 559–563.
- Fauvel, T., Bez, N., Walker, E., Alicia, D., Murua, H., Chavance, P., Dagorn, L. (2009) Comparative study of the distribution of natural versus artificial drifting Fish Aggregating Devices (FADs) in the Western Indian Ocean. IOTC-2009-WPTT-19.
- Freon, P. & Dagorn, L. (2000) Review of fish associative behaviour: toward a generalisation of the meeting point hypothesis. *Rev. Fish Biol. Fish.*, 10, 183-207.
- Hall, M. (1992) The association of tunas with floating objects and dolphins in the Eastern Pacific Ocean. VII. Some hypotheses on the mechanisms governing the association of tunas with floating objects and dolphins. Background document for the International Workshop on the Ecology and Fisheries for Tunas Associated with Floating Objects, February 11–13, 1992, La Jolla, CA.
- Hallier, J.P. & Gaertner, D. (2008) Drifting fish aggregation devices could act as an ecological trap for tropical tuna species. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 353, 255-264.
- Marsac, F., Fonteneau, A. & Ménard, F. (2000) Drifting FADs used in tuna fisheries: an ecological trap? Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons. Le Gall J.-Y., P. Cayré, M. Taquet (eds). Ed. Ifremer, Actes Colloq., 28 : 537-552.
- Govinden, R., Dagorn, L., Jauhary, R., Filmlalter, J.D., Soria, M., Rilwan, Y. & Forget, F. (2010) Behaviour of skipjack tuna and yellowfin tuna at anchored FADs in the Maldives. IOTC-2010- WPTT-25.
- Schaefer, K.M. & Fuller, D. (2010) Vertical movements, behaviour, and habitat of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the equatorial eastern Pacific Ocean, ascertained from archival tag data. *Mar Biol* DOI 10.1007/s00227-010-1524-3.