

Logos des instituts  
participant à la  
communication

# A multi-agent model to study changes in fish population structures after fishery closure in a mangrove area.



Timothée Brochier, Jean-Marc Ecoutin,  
Luis Tito de Morais, David Kaplan,  
Raymond Lae.



# Plan de la présentation

- **Introduction**

- Les Aires Marines Protégées (AMP) comme outils de gestion
- La question du « Spill-Over » des AMP
- L'approche par modélisation multi-agent

- **Configuration du modèle**

- Paramétrisation et traits de vie des espèces types
- Intégration des « avis d'experts »
- Calibration des biomasses initiales

- **Résultats et Discussion**

- Séries temporelles de biomasse et spill-over

- **Conclusion**

- Sur les données nécessaires à ce type d'approche



# I - Introduction

- **Les Aires Marines Protégées comme outils de gestion et de recherche**
  - La tendance actuelle est à la multiplication des AMP comme outils de gestion de la ressource halieutique
  - Intérêt double du suivi scientifique des AMP pour
    - (1) démontrer leur effet (sur pêche et biodiversité)
    - (2) améliorer notre compréhension des écosystèmes (cadre expérimental « grandeur nature »)
- **Le bolon de Bamboung**
  - Suivi biologique depuis 2003
  - Mise en défens depuis 2004
  - Importants changements de peuplement observés (**METTRE**<sub>3</sub>  
**DIAGRAMME JM**)



# I - Introduction

- **Problématique :**

Effet de l'AMP de Bamboung sur la biomasse de poisson accessible à la pêche dans l'environnement alentour

- **Objectif :**

Estimer le spill-over, *i.e.* la biomasse de poisson qui sort de l'AMP et devient accessible à la pêche. On distingue trois catégories de spill-over :

- par dispersion larvaire
- par effet de protection des espèces migratrices
- par « débordement », *i.e.* diffusion par gradient de densité de biomasse à la limite de l'AMP



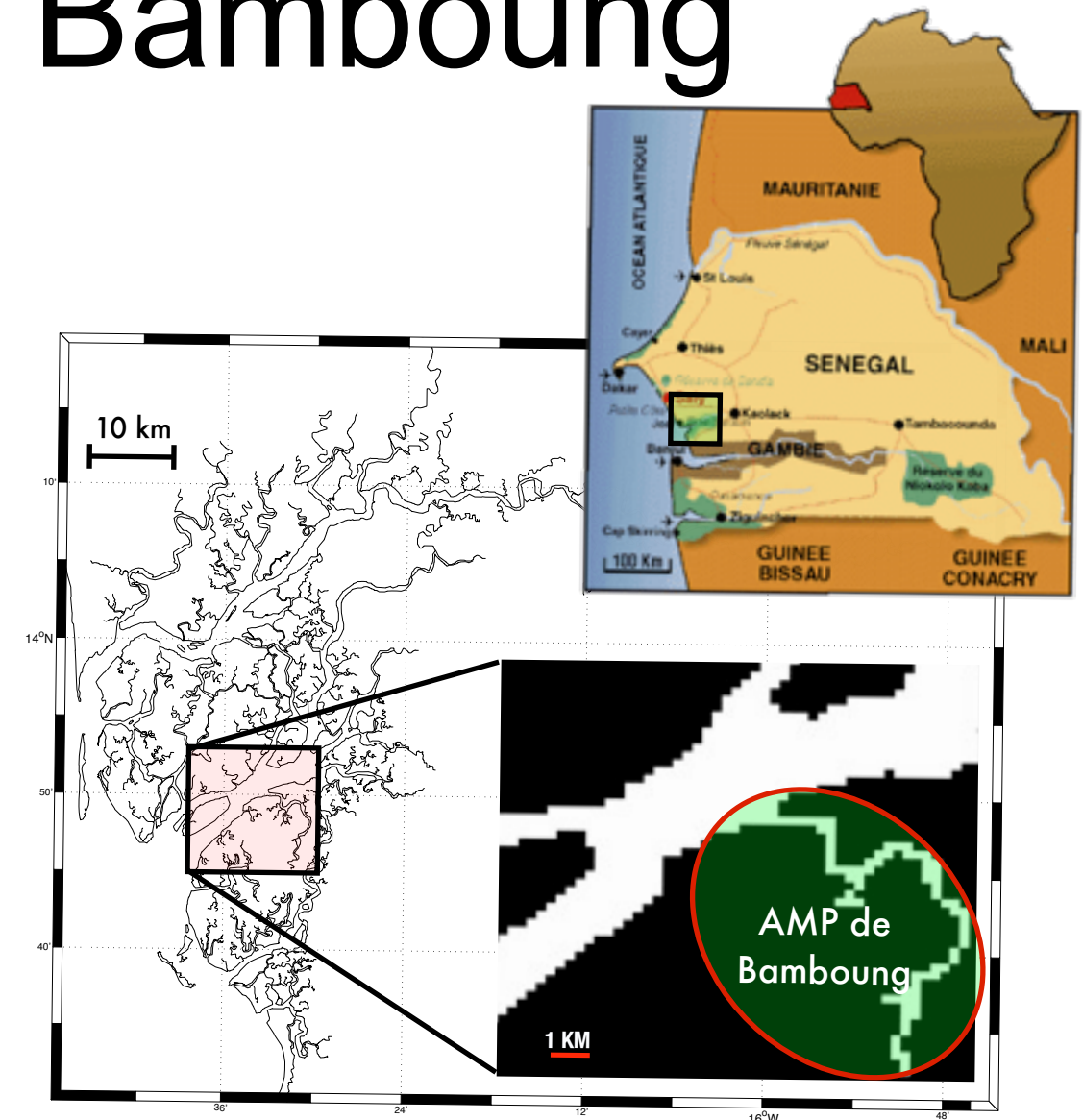
# I - Introduction

- **Approche adoptée** : la modélisation « multi-agent » spatialisée
  - **Principe** : on simule les relations prédateur-proie au niveau individuel. Chaque individu est suivi indépendamment du reste de la population, ce qui permet de définir ses écophases en fonction de son âge, et ses interactions avec les autres individus en fonction de sa position spatiale.
  - Approche « **multi-agent** » ou encore « **individu-centrée** » permettant une prise en compte des multiples spécificités d'une AMP en estuaire.
  - **OSMOSE** : un modèle de flux d'énergie à travers un écosystème structuré en taille. Modification du code pour mieux gérer des frontières ouvertes, caractéristiques des milieux estuariens.

# II - Configuration Bamboung

- Domaine : le bolon de Bamboung et une partie du Diomboss
- Hypothèse d'un environnement constant et homogène
- Bas niveaux trophiques :

	Biomasse (t/km <sup>2</sup> )	P/B	Taille min (mm)	Taille max (mm)
<b>MACRO - BENTHOS</b>	50,85	1,2	0,5	70
<b>MEIO - BENTHOS</b>	7,404	4	0,1	1
<b>MICRO - BENTHOS</b>	24,447	15	0,001	0,1
<b>CREVETTES - CRABES</b>	6,12	3,4	0,5	60
<b>PHYTOPLANKTON</b>	12,66	138	0,0001	0,1
<b>ZOOPLANKTON</b>	4,044	50	0,01	1



Delta du Sine-Saloum, Sénégal. En bas à droite : Grille spatiale du modèle (résolution : 250m).

## Origine des données

 Modèle ECOPATH

 Littérature

 Observations *in situ*



# II - Configuration Bamboung

- 15 « méta-espèces » représentant 95% de la biomasse


Modèle	Espèce type	Espèces associées	Catégorie écologique	Catégorie trophique	Catégorie modèle
Gerres	GNI	GME	Es	p1-mc	<b>A</b> (vivent et se reproduisent dans l'AMP)
Mulets	LFA	LDU MCU MBA LGR MCE	Em-ME	he-de	
Tilapias	THE	TGU	Es	he-ph	
Petits prédateurs	PSB	CST	Em	p2-ge	
Ethmalose	EFI		Em	he-ph	
Sardinelle	SEB	IAF SAU	ME	p1-zo	<b>B</b> (ne sont présents qu'au stade juvénile)
Pomadasys	PJU	PPE TFA PIN	Em	p1-bt	
Elops	ELA	ELS	ME	p2-pi	
Macrophages Estuariens	CHL	BAU DAF VSE	ME	p1-mc	
Dasyatis	DAM	DMA	Em	p1-bt	<b>C</b> (arrivent juvénile et restent sauf pour reproduction)
Mérou	LGO	EAE LUD	Ma	p2-pi	
Arius	AGA	ARP AHE	ME	p2-ge	
Prédateurs estuariens	GDE	PLM PBR PEL PTY	ME-Em	p2-ge	
Requins	CLC		Mo	p2-pi	<b>D</b> (présence de courte durée à des fins trophiques)
Grands prédateurs	POQ	SPI SGU TLE	ME	p2-pi	






# II - Configuration Bamboung

- Données concernant les espèces types :

 **Croissance** (von Bertalanffy)

 **Allométrie** : rapport taille-poids et longueur-hauteur du corps

 **Fécondité** : estimation indirecte par diamètre ovocytaire (on considère un rapport de poids gonado-somatique constant)  
  


 **Prédation** : rapport de taille prédateur-proie, préférences alimentaires

 **Habitat** : mangrove, pélagique, benthique

 **Traits de vie, écophases**  


 **Pression de pêche** : taille minimale, intensité

## Origine des données

 Littérature

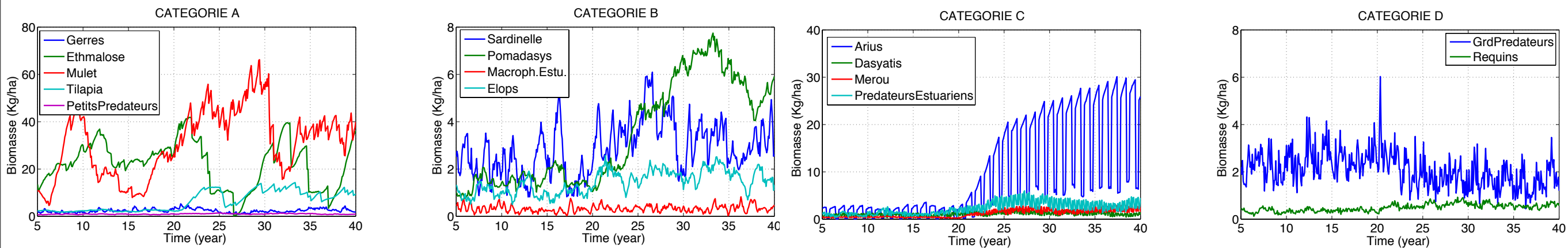
 Avis d'expert

 Observations *in situ*

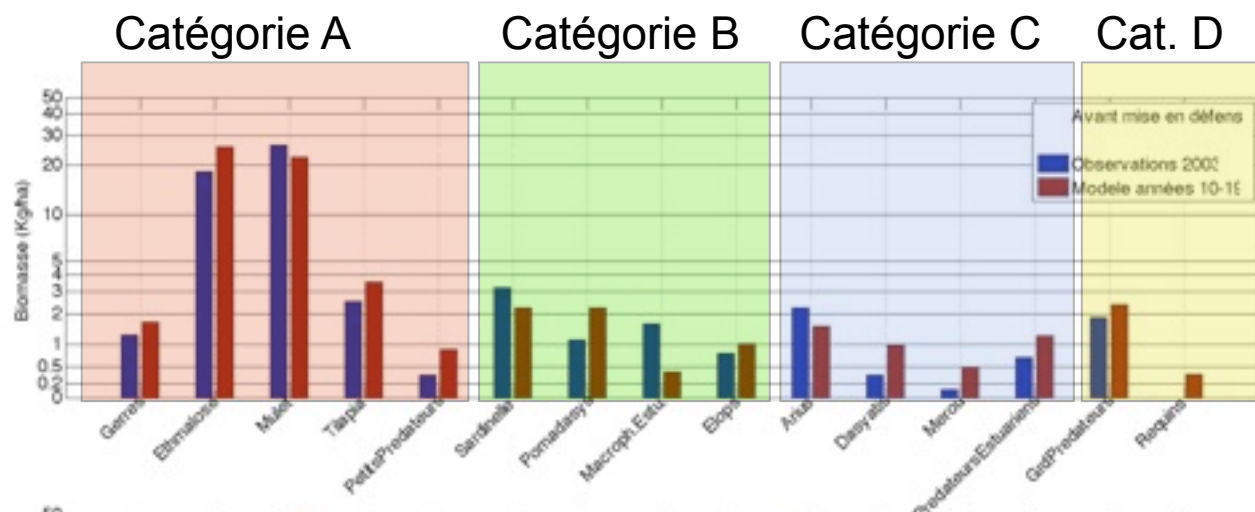


# III - Résultats et Discussion

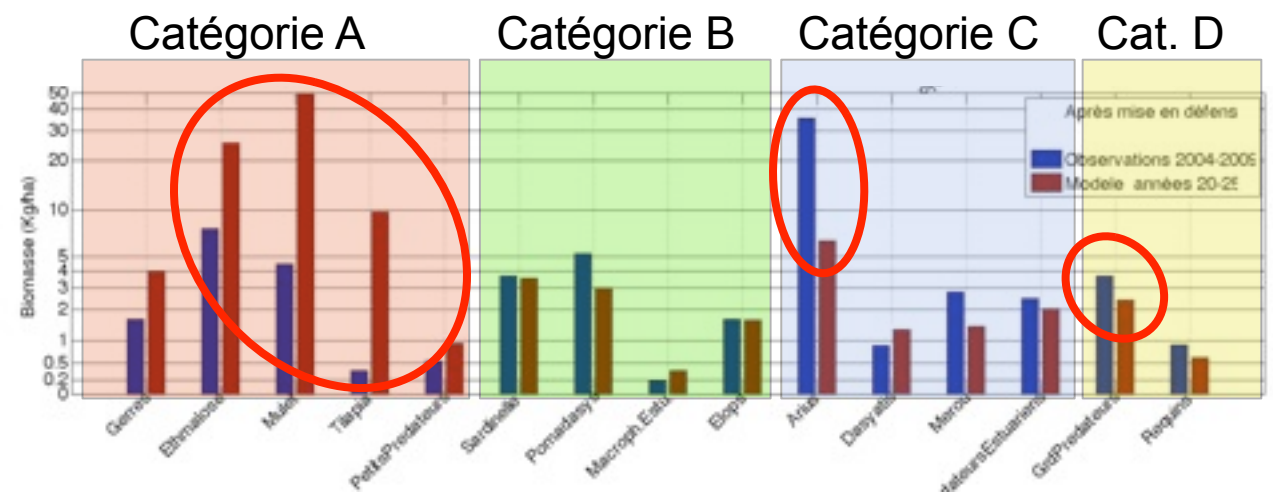
◆ Séries temporelles de biomasse pour chaque « méta-espèce » modélisée. La mise en défens du bolon de Bamboung commence à  $t = 20$  ans.



A/ Calibration sur données « avant AMP »



B/ Validation avec données « post-AMP »



- Calibration satisfaisante sur l'état de référence
- Reproduction des changements dûs à l'AMP pour les catégories B et C
- Pas d'augmentation des grands prédateurs dans le modèle mais augmentation dans les observations :
  - ➔ Mauvaise définition des régimes alimentaires (et/ou habitats, accessibilité de prédation)
  - ➔ Effet « sanctuaire » (non reproduit par le modèle)



# III - Résultats et Discussion

- Spill-Over de l'Aire Marine Protégée

- On calcule en fait le « gain » de Spill-over dû à la mise en défens du bolon :

## Calcul du spill-over

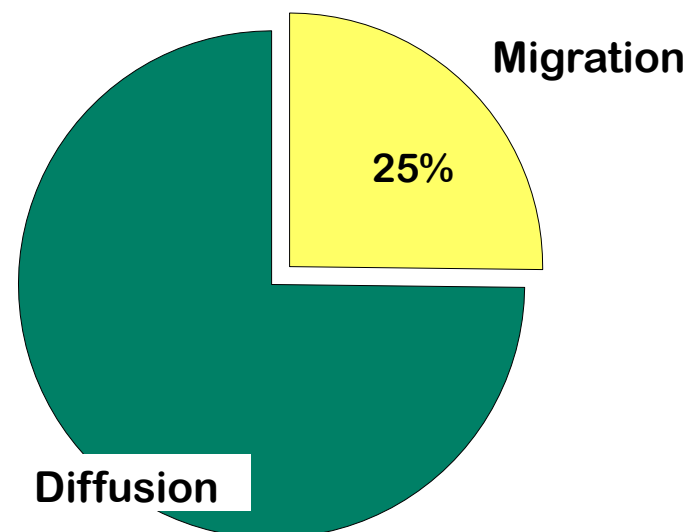
Spill-over par migration = [individus en cours de migration de reproduction] + [individus ressortant en mer après avoir atteint leur taille maximale dans le bolon]

Spill-over par diffusion = [biomasse moyenne hors AMP avant la mise en défens] - [biomasse moyenne hors AMP après la mise en défens] (inclut la dispersion larvaire)

Gain de Spill-over total = [Spill-over par migration (t2) - Spill-over par migration (t1)] + [Spill-over par diffusion]

- Biomasse totale dans l'AMP passe de 36 à 55 tonnes dans le modèle (de 34 à 38 tonnes dans les données)

**Gain total de Spill-over = 11,15 tonnes**



- **Diffusion** : faussée par le biais du modèle sur Mulet et Ethmalose (surestimée)

- **Migration** : correspond à des espèces bien représentées par le modèle

# Conclusion

- Ce type d'approche permet d'intégrer une grande diversité de données et connaissances de l'écosystème pour répondre à des questions de gestion de la ressource.
- Les tests de sensibilité du modèle peuvent permettre d'ordonner les connaissances manquantes à acquérir en fonction de leur importance pour une question donnée.
- Certaines connaissances nécessaires ne sont pas relevées par les protocoles d'observation classiques, d'où un recours nécessaire aux « avis d'experts » ; il serait intéressant de formaliser l'accès aux connaissances écologiques des pêcheurs locaux.