



Ifremer



La distribution des coraux profonds dans les canyons de Méditerranée : Modélisation prédictive d'habitat dans le Canyon de Cassidaigne (France) et le canyon du Bari (Italie)

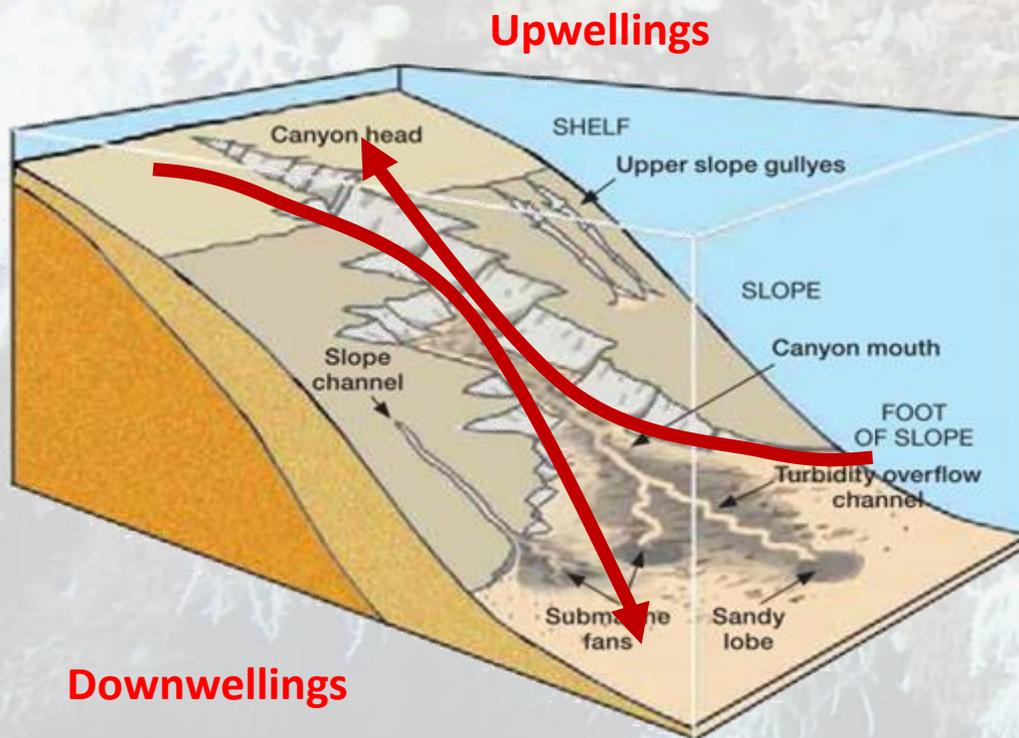
Bargain Annaëlle

Foglini Federica, Paireaud Ivane, Bonaldo Davide & Fabri Marie-Claire
Ifremer Méditerranée & CNR Bologna (ISMAR)

MerIGéo — 24-26 Novembre 2015

1. Contexte et objectifs

Les canyons sous-marins



Submarine Canyons (Wurtz et al. 2012)

- Incisions du plateau continental
- Transfert de sédiments entre le plateau et les profondeurs
- Des conditions hydrodynamiques particulières

1. Contexte et objectifs

Conditions particulières = Effets sur la biodiversité



Comparativement aux pentes continentales ou les plaines abyssales :

- Diversité faunistique typique

- Contribution importante à la biodiversité globale des profondeurs
(Danovaro et al. 2010)



1. Contexte et objectifs

Les Coraux d'eaux froides....

...Mais nombreuses menaces

Habitats fragiles

T = 4 à 15°C

Prof = 200 à 2000 m

Importants pour de nombreuses raisons

Exploitation du fond



Changements climatiques



Engins de pêche

Apports terrigènes (sédiments, pollutions...)

Habitat

Proxies pour l'océanographie et le climat

Nourricerie et abris

1. Contexte et objectifs

Les Coraux d'eaux froides....

...Mais nombreuses menaces

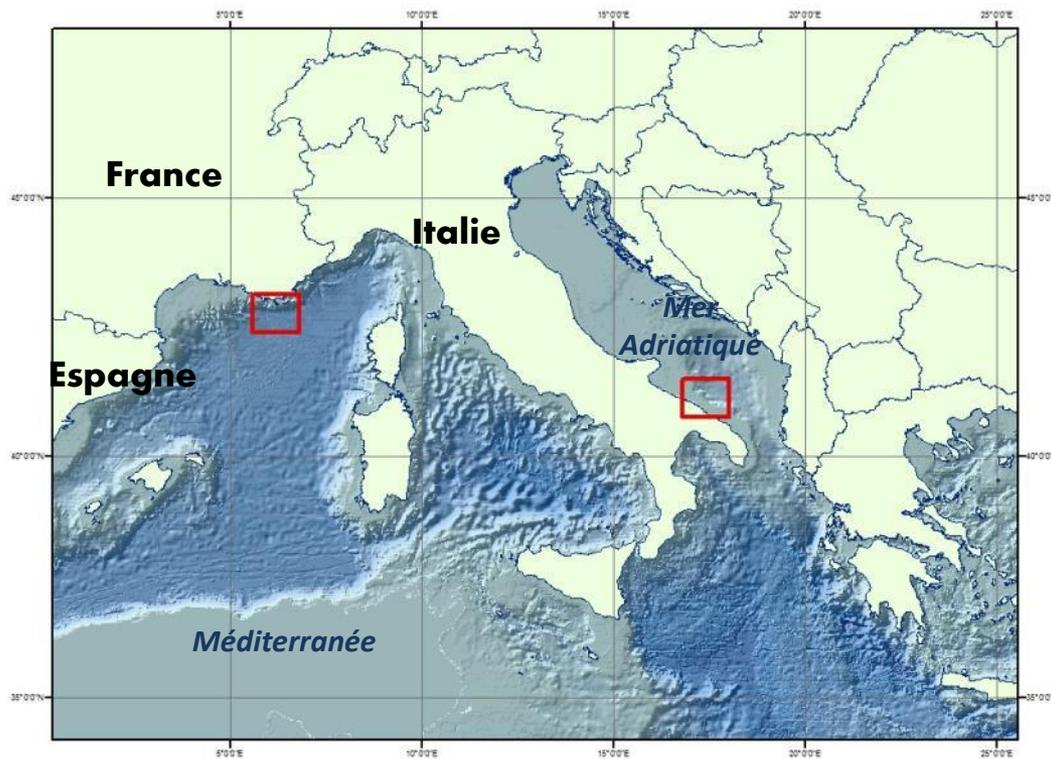
Mesures de protection depuis 2007

→ Nécessité d'une connaissance de leur distribution
et cartographie

→ Nombreuses difficultés dans le profond

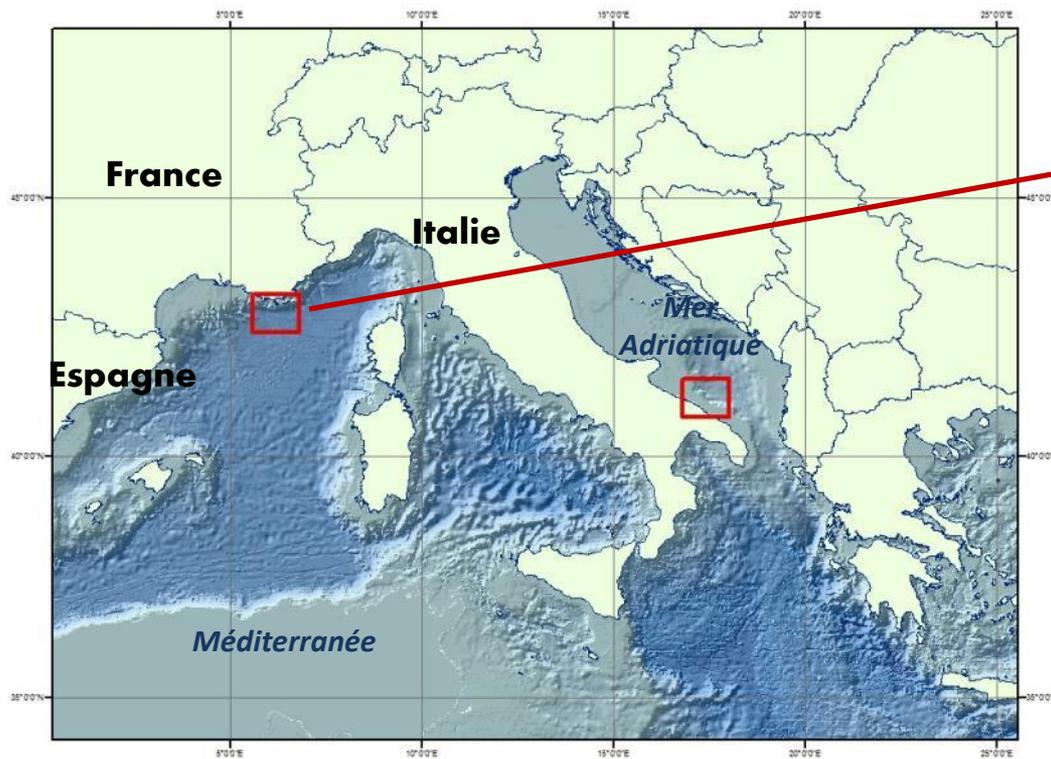
1. Contexte et objectifs

- Décrire les conditions environnementales favorables à la croissance des coraux d'eaux froides de Méditerranée
- Quantifier les facteurs environnementaux expliquant leur distribution
- Cartographie prédictive d'habitat pour leur gestion et protection



1. Contexte et objectifs

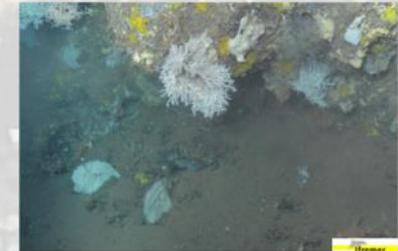
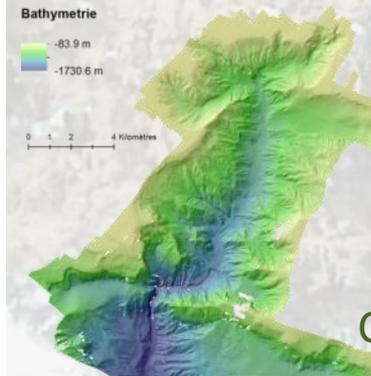
- Décrire les conditions environnementales favorables à la croissance des coraux d'eaux froides de Méditerranée
- Quantifier les facteurs environnementaux expliquant leur distribution
- Cartographie prédictive d'habitat pour leur gestion et protection



Bathymetrie

-83.9 m
-1730.6 m

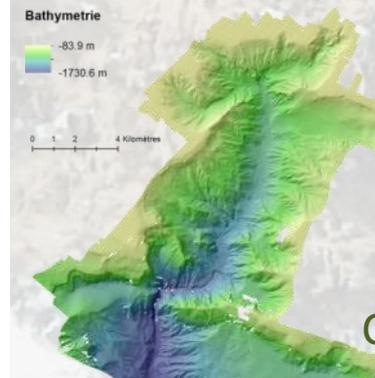
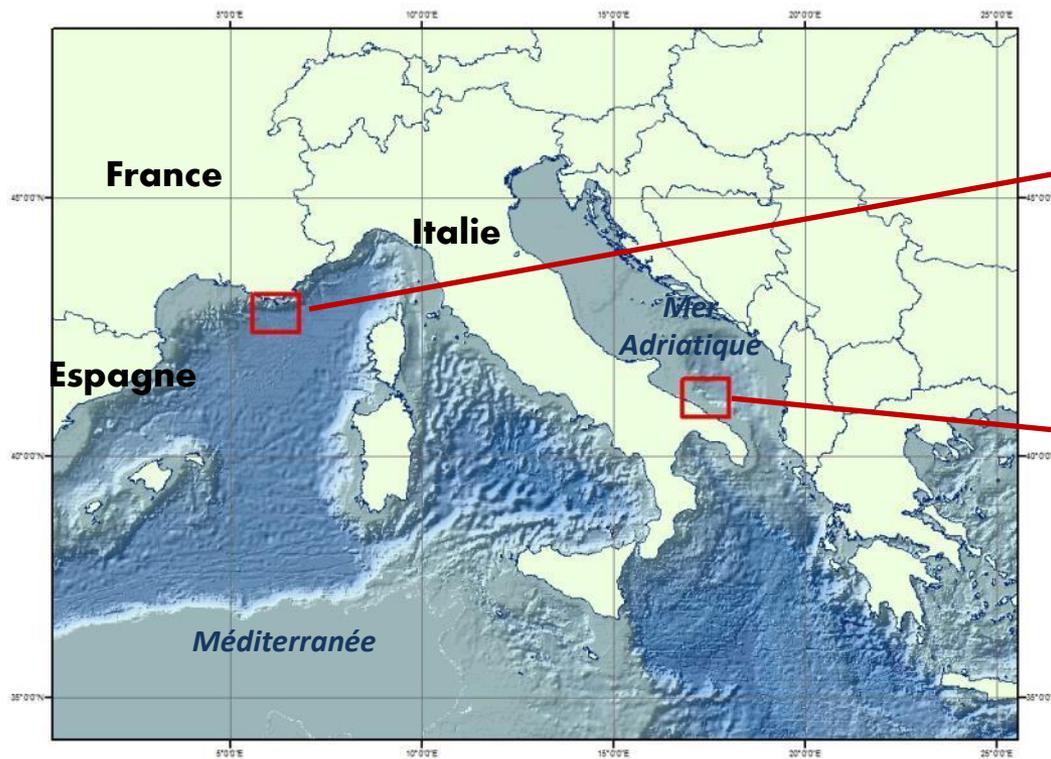
0 1 2 4 Kilomètres



Canyon de Cassidaigne

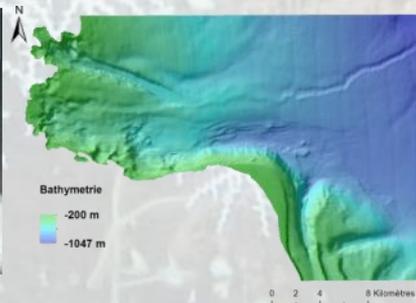
1. Contexte et objectifs

- Décrire les conditions environnementales favorables à la croissance des coraux d'eaux froides de Méditerranée
- Quantifier les facteurs environnementaux expliquant leur distribution
- Cartographie prédictive d'habitat pour leur gestion et protection



Canyon de Cassidaigne

Canyon de Bari



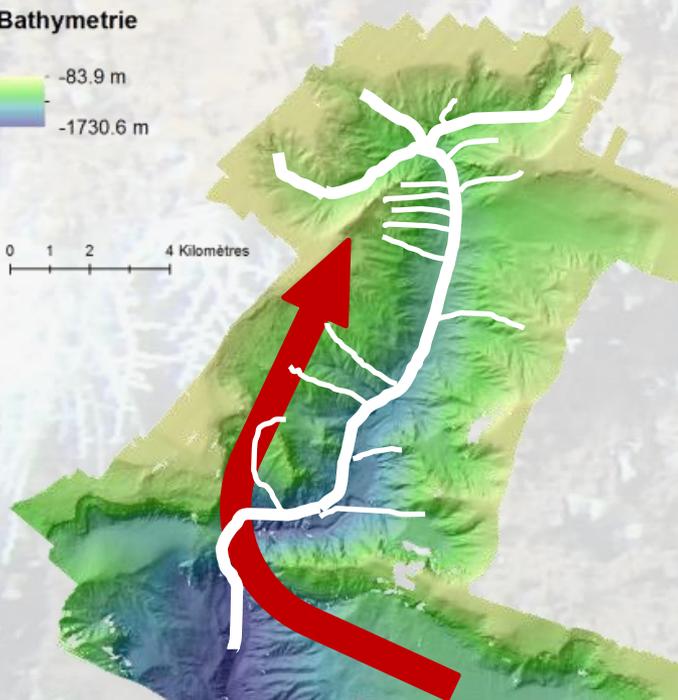
2. Matériel et Méthodes

Canyon de Cassidaigne

Bathymetrie

-83.9 m
-1730.6 m

0 1 2 4 Kilomètres



Contexte d'upwellings

Forme complexe découpée



M. oculata

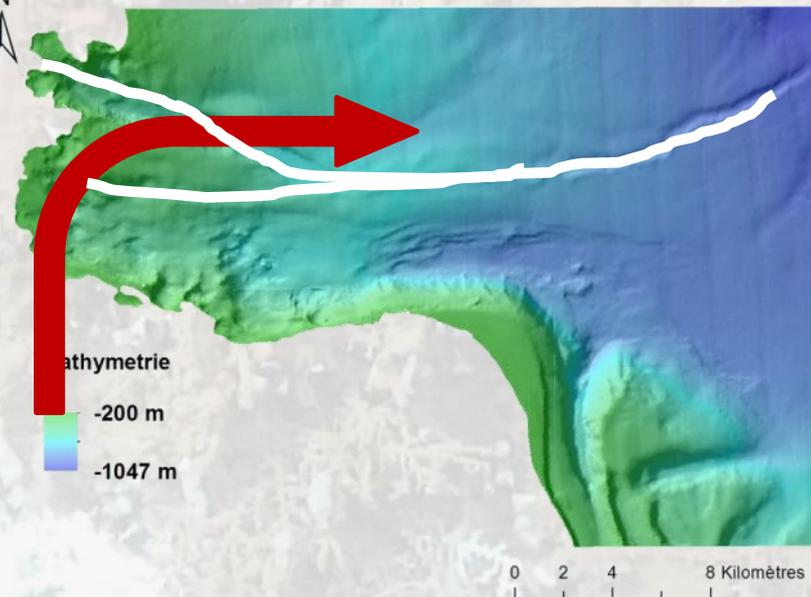
Canyon de Bari



Bathymetrie

-200 m
-1047 m

0 2 4 8 Kilomètres



Contexte de Downwellings

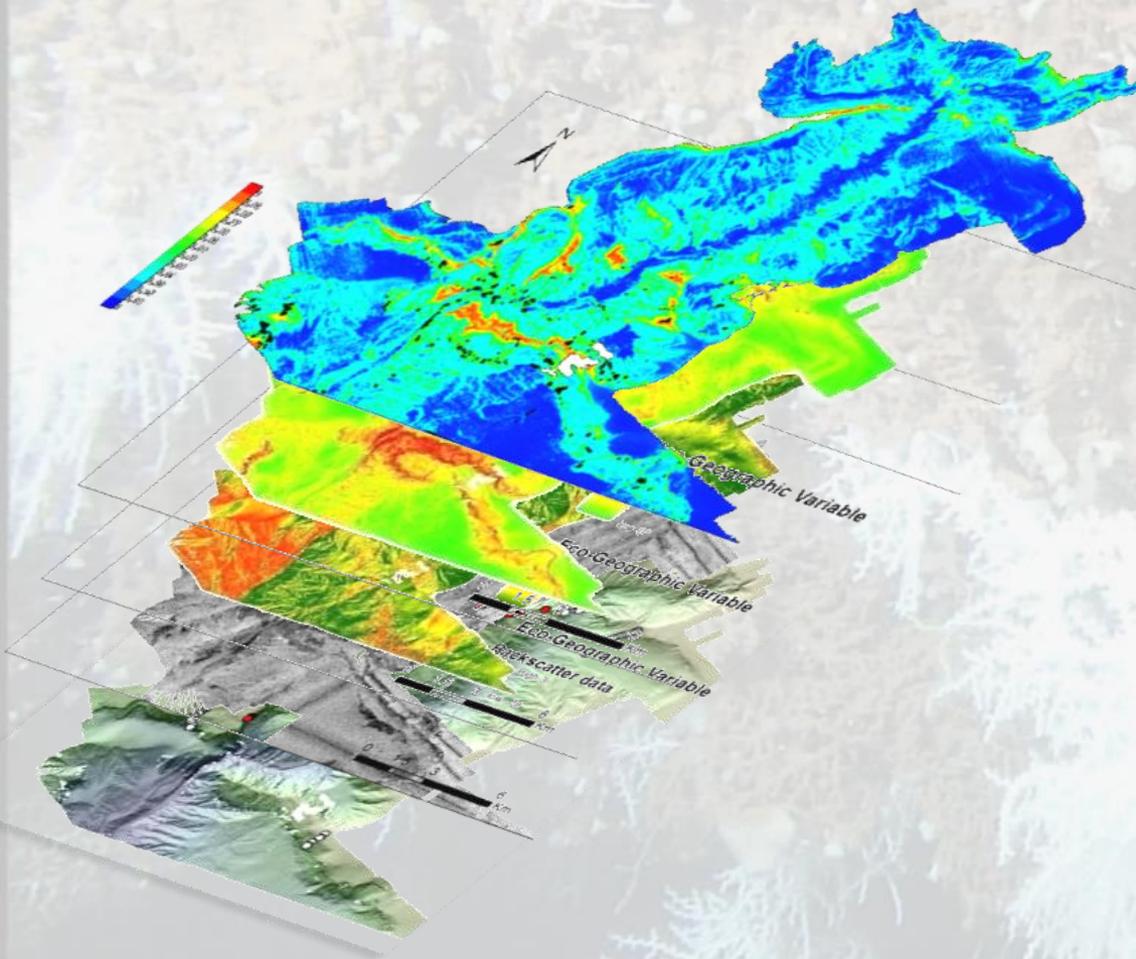
Forme simple



M. oculata & *L. pertusa*

2. Matériel et Méthodes

Etapas de la modélisation



→ Relier les observations de l'espèce (distribution = données biologiques)

Aux prédicteurs environnementaux (variables éco-géographiques – VEGs)

→ Expliquer la contribution de chacune des variables sur la distribution de l'espèce

→ Produire une cartographie synoptique continue de l'habitat potentiel de l'espèce

2. Matériel et Méthodes

Etape de la modélisation prédictive d'habitat

1. Acquisition des données

Occurrences de l'espèce

Variables environnementales

2. Paramétrages du modèle

Choix des méthodes
statistiques

Evaluation des contributions
des VEGs

Evaluation du modèle
→ Est-il meilleur qu'un modèle aléatoire ?

3. Applications des modèles

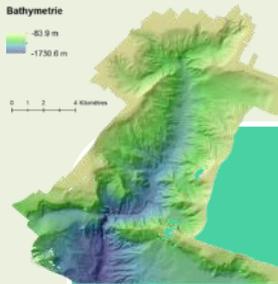
Cartographies prédictives
d'habitats

Comparaisons (sites,
temporelles...)

Outil de planification
marine

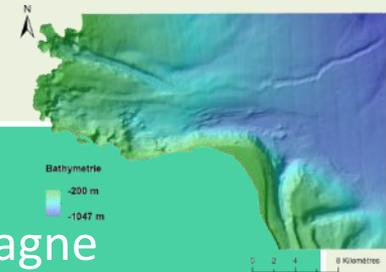
2. Matériel et Méthodes

Canyon de Cassidaigne



- 4 campagnes océanographiques (2009-2013)
- Données bathymétriques haute résolution
 - Vidéos
- Modèle hydrodynamique

Canyon de Bari



- 1 campagne océanographique
- 2 transects issus de la littérature (Freiwald et al. 2009)
- Echantillons (bennes, carottes)
- Modèle hydrodynamique

2. Matériel et Méthodes

1.Acquisition des données

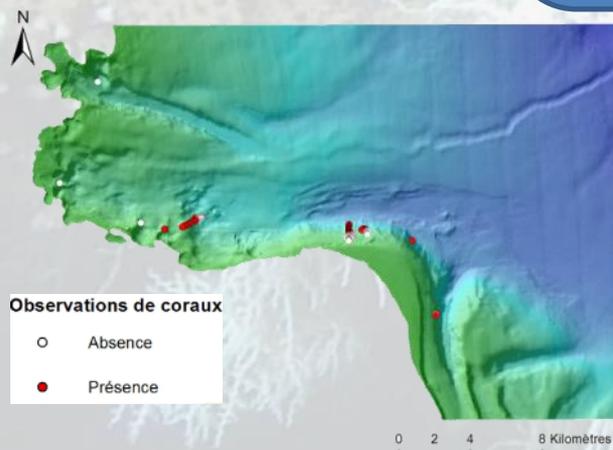
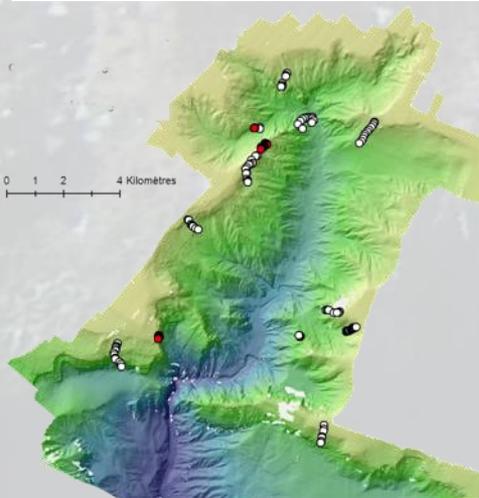
Occurrences de l'espèce

VEGs

Utilisation d'Adélie Vidéo
(observations) pour identifier les
écosystèmes



Nombre d'observations	Canyon de Cassidaigne	Canyon de Bari
Présence	85	132
Absence	106	94



2. Matériel et Méthodes

2. Acquisition des données

Occurrences de l'espèce

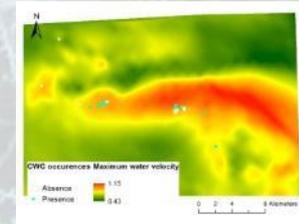
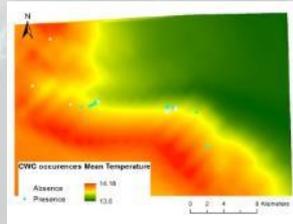
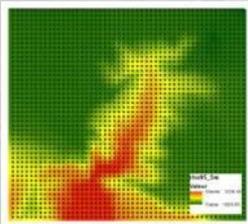
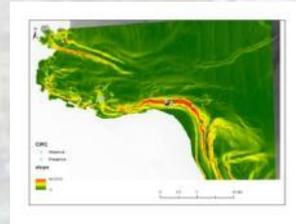
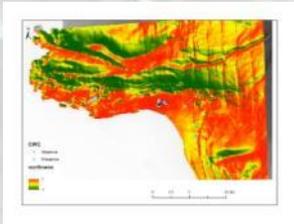
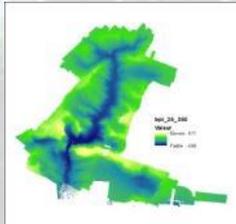
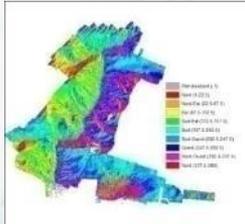
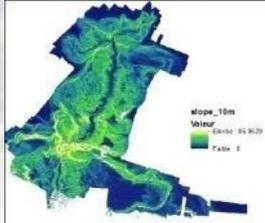
Pente

Courbure

Orientation

Rugosité de terrain (4)

Topographie (6)



EVGs

Bathymétrie

Variables hydrodynamiques

→ Bathymétrie haute résolution
10 m pour Cassidaigne
20 m pour Bari

→ Modèles hydrodynamiques

- Configuration locale de MARS3D pour Cassidaigne – 80 m de résolution
- Configuration locale du modèle COAWST pour Bari – 1km de résolution

Température de l'eau (maximum et moyenne)

Densité de l'eau (maximum et moyenne)

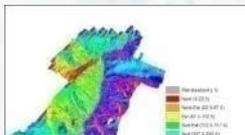
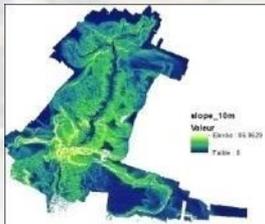
Salinité de l'eau (maximum et moyenne)

Vitesse des courants (maximum et moyen)

2. Matériel et Méthodes

2. Acquisition des données

Occurrences de l'espèce



Pente

Courbure

Orientation

Rugosité de terrain (4)

Topographie (6)

EVGs

Bathymétrie

Variables hydrodynamiques

→ Bathymétrie haute résolution
10 m pour Cassidaigne
20 m pour Bari

Une analyse statistique a été réalisée, afin de

1. Supprimer les variables trop corrélées entre elles
2. Choisir les variables ayant la plus forte influence sur la distribution des coraux

2. Matériel et Méthodes

Méthodes statistiques de modélisation

ENFA

*Ecological Niche
Factor Analysis*
(Hirzel et al. 2002)

Basé sur la **présence seule**

MaxEnt

*Maximum Entropy
Model*
(Philipps et al. 2006)

Basé sur la **présence seule**

GLM

*Generalized Linear
Model*
(Guisan and Zimmermann
2000)

Basé sur Présence-absence

2. Matériel et Méthodes

Méthodes statistiques de modélisation

ENFA

*Ecological Niche
Factor Analysis
(Hirzel et al. 2002)*

MaxEnt

*Maximum Entropy
Model
(Phillips et al. 2006)*

GLM

*Generalized Linear
Model
(Guisan and Zimmermann
2000)*

Chaque modèle a été testé en partitionnant les données en jeu d'apprentissage et jeu test

La valeur d'**AUC** a été choisie pour évaluer l'efficacité des modèles

AUC \approx 0.5 modèle aussi « efficace » qu'un modèle aléatoire

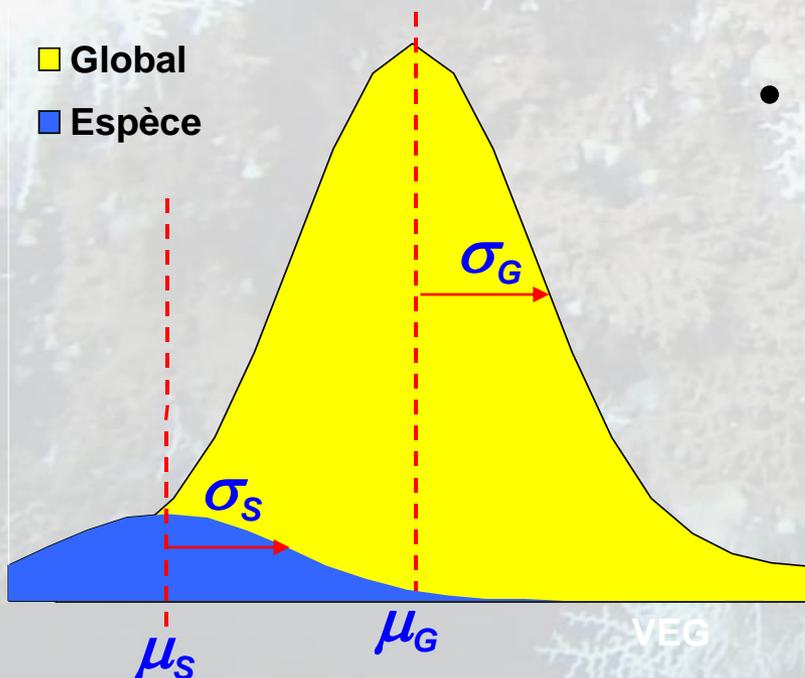
AUC = 1 prédictions parfaites

2. Matériel et Méthodes

ENFA : Marginalité & Spécialisation (*Hirzel & al. 2005*)

- La niche de l'espèce est un **sous ensemble** de l'environnement **global**.
- ENFA fonctionne comme une ACP (facteurs non corrélés)

Fréquence



- Les facteurs expriment également
 - la **Marginalité** (position de la niche par rapport à la moyenne globale)
 - **Spécialisation** (taille de la niche)

Le nombre de facteurs retenus dans l'étude expliquent au moins 90% de l'information

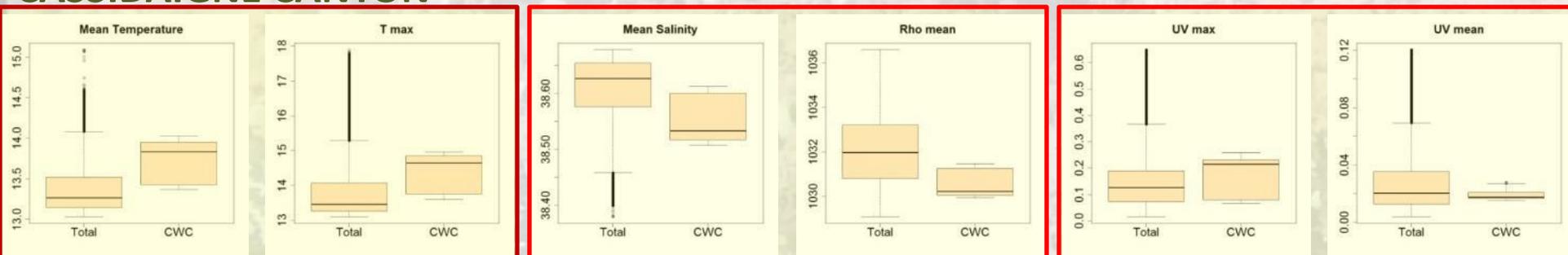
3. Applications et résultats

Applications des modèles et résultats

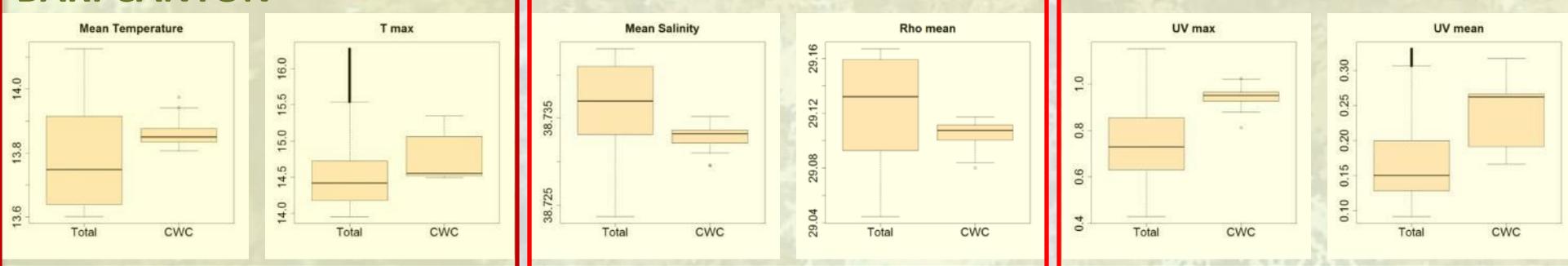
3. Applications et résultats

Distribution des coraux dans les canyons par rapport à l'environnement global

CASSIDAIGNE CANYON



BARI CANYON



- Les coraux occupent des espaces à **température plus importante** par rapport aux conditions des canyons
- Ils occupent les zones de **plus faibles salinité et densité**
- Les coraux occupent les zones à **plus forts courants**, surtout pour le canyon de BARI

3. Applications et résultats

Cassidaigne

ENFA sur Cassidaigne	
Marginalité	Spécialisation
Factor 1 (17%)	Factor 2 (70%)
Rugged11(0.64)	uvmoy(0.99)
bpi25(0.63)	uvmax(-0.07)
slope(0.31)	bpi25(0.07)
bpi3(0.23)	Tmax2(0.06)
Tmax2(0.19)	slope(0.04)
uvmax(0.07)	bpi3(-0.02)
uvmoy(-0.07)	Rugged11(0.01)
curb_long(0.00)	curb_long(0.01)
AUC	0.95

Maxent sur Cassidaigne	
Variable	% contribution (dans le modèle final)
rugge11	49.7
tmax	29.6
UVmoy	7.6
UVmax	7
slope	5
bpi25	1.1
bpi3	0.1
courblong	0
AUC 0.99	

GLM sur Cassidaigne	
Variable	% contribution (dans le modèle final)
Rugge11	53.5
Slope	17
poly(UVmax, 3)	16.6
poly(UVmoy, 2)	12.9
AUC 0.97	

- **La rugosité** apparait comme le facteur expliquant le plus la distribution des coraux, puis l'hydrodynamisme
- **ENFA** : la rugosité explique la marginalité, les courants expliquent la spécificité
- **La pente** apparait comme importante lors de l'utilisation des GLM

BARI

ENFA sur BARI	
Marginalité	Spécialisation
Factor 1 (74%)	Factor 2 (14%)
slope(0.69)	smin(0.96)
bpi25(0.43)	northness(0.23)
rugge11(0.40)	uvmean(-0.15)
uvmean(0.30)	rugge11(0.08)
bpi65(0.23)	slope(0.04)
northness(0.10)	eastness(-0.04)
tmax(0.10)	bpi65(0.03)
courbtrans(0.06)	bpi25(0.02)
courblong(-0.06)	courblong(-0.01)
smin(-0.06)	courbtrans(-0.01)
eastness(-0.04)	tmax(0.00)
AUC	0.95

Maxent sur BARI	
Variable	% contribution (dans le modèle final)
slope	34.9
rugge11	22.4
uvmean	15.5
smin	9.6
rhomean	8.4
bpi25	6
northness	2.5
bpi65	0.4
eastness	0.3
tmax	0
courbtrans	0
courblong	0
AUC 0.99	

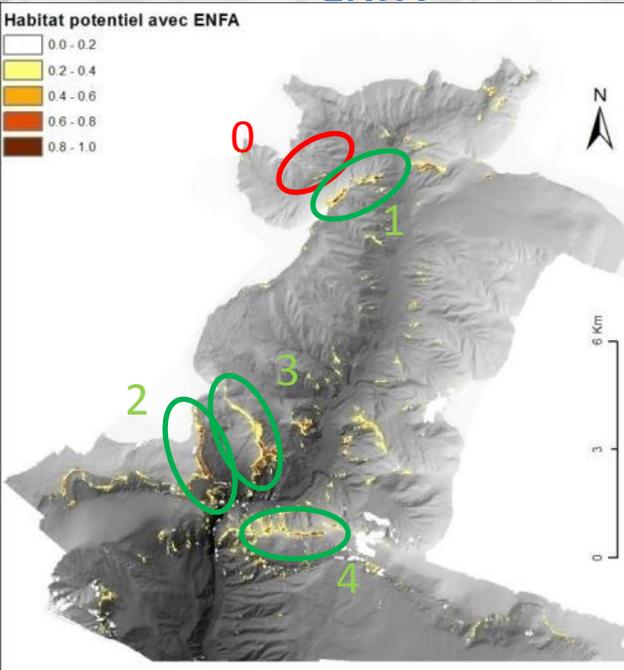
GLM with hydro	
Variable	% contribution
Rugge11	22.4
UVmax	10.7
Slope	10.3
Tmin	6.5
AUC 0.94	

- **La pente et la rugosité** apparaissent comme les facteurs expliquant le plus la distribution des coraux, puis l'hydrodynamisme
- **ENFA** : la pente explique la marginalité, la salinité explique la spécificité

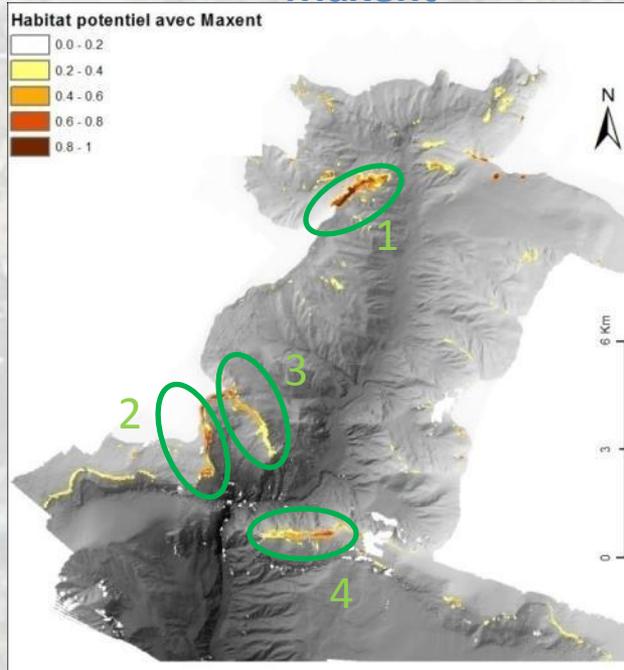
3. Applications et résultats

Canyon de Cassidaigne

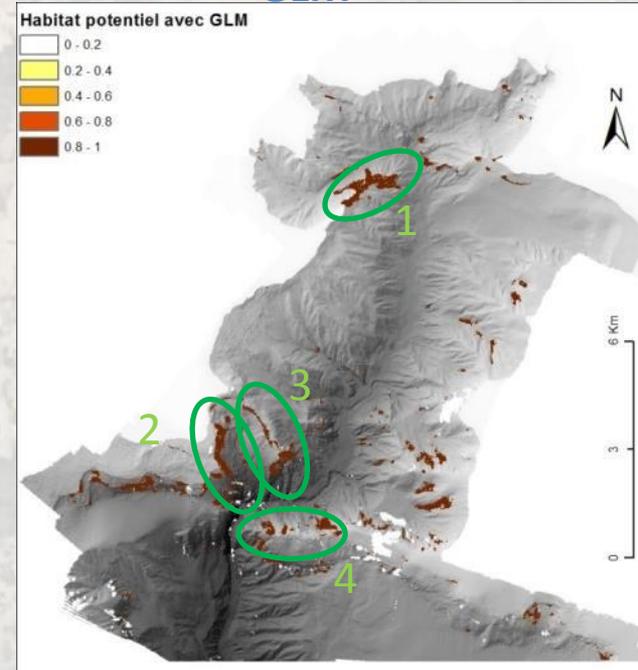
ENFA



Maxent



GLM



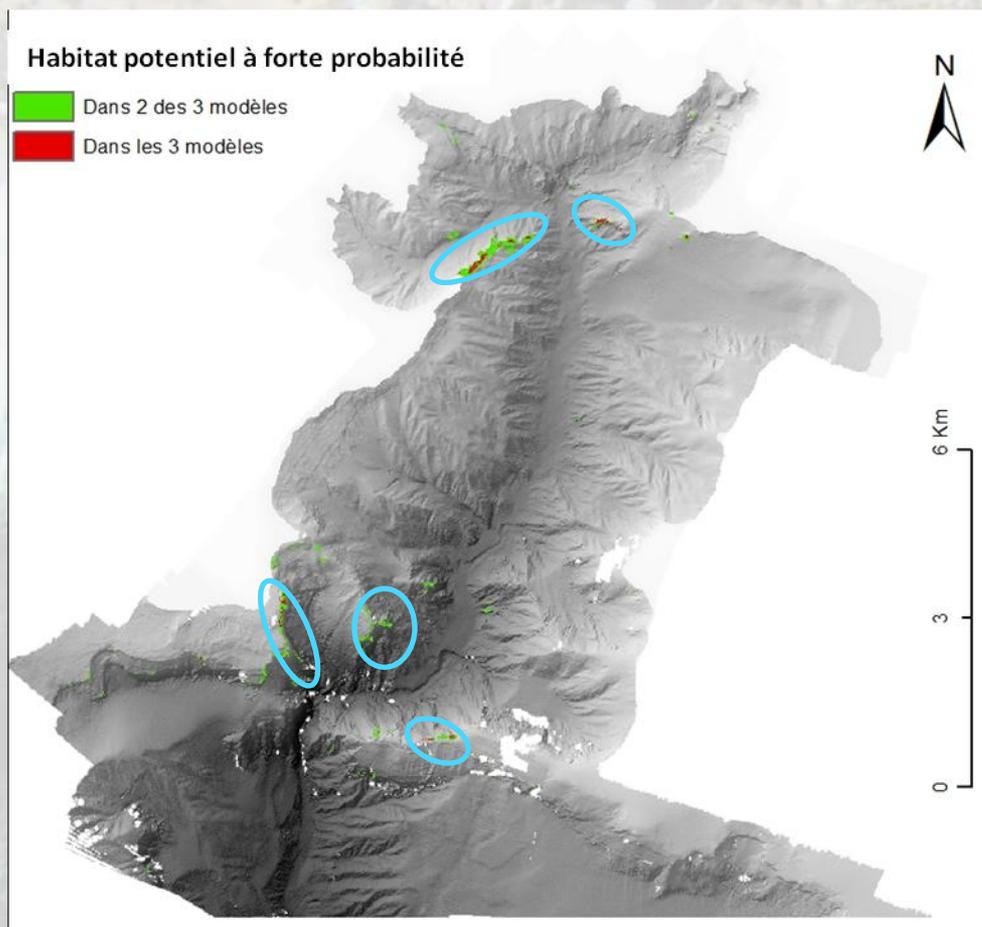
Marginalité:	3.11
Specialisation:	3.405
Tolerance (1/S):	0.294

Model	Surface avec forte probabilité	Seuil
Maxent	0.45 km ²	0.6
GLM	3.8 km ²	0.5
ENFA	0.4 km ²	0.5

Maxent semble donner des résultats plus « réalistes »
 Avec ENFA, la zone (0) n'apparaît plus comme favorable
 Sur les trois cartes obtenues avec les trois modèles, des zones potentielles apparaissent aux mêmes endroits :
 (1), (2), (3) et (4)

3. Applications et résultats

Canyon de Cassidaigne



Model	Surface avec probabilité >50%
Dans 2 des 3 modèles	0.57 km ²
Dans les 3 modèles	0.08 km ²

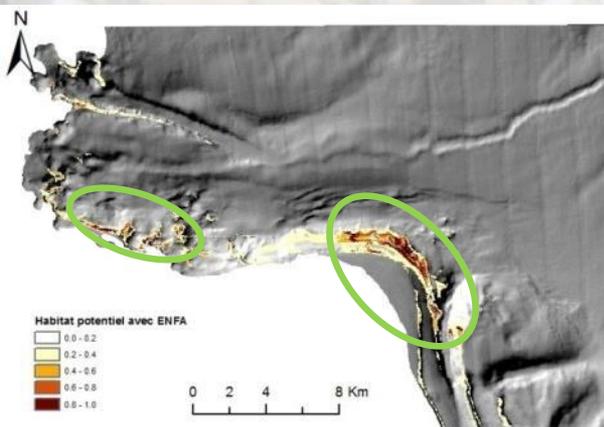
Les mêmes principales zones – d’une surface moindre – apparaissent comme plus fortement adéquates pour l’installation des colonies de *M. oculata*

3. Applications et résultats

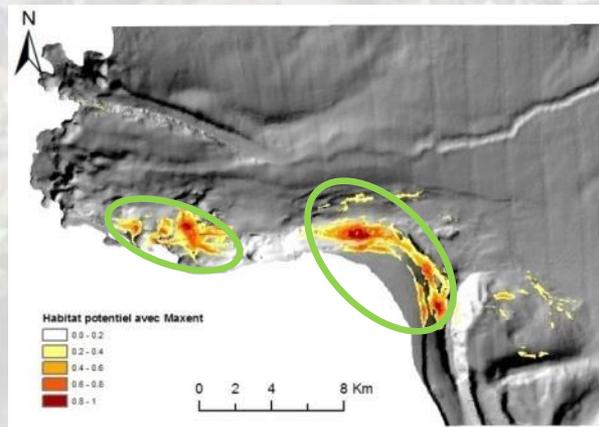
Canyon de BARI



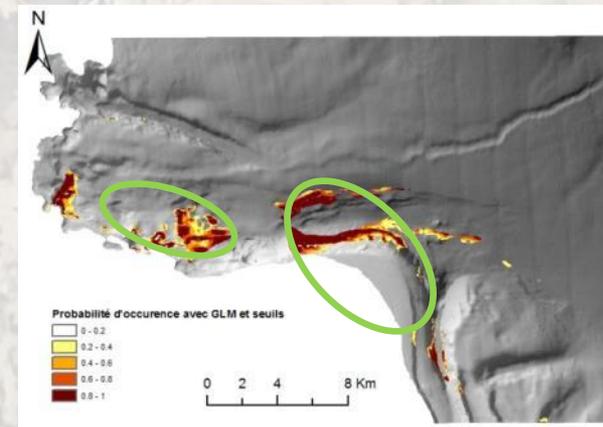
ENFA



Maxent



GLM



Marginalité:	3.11
Specialisation:	3.405
Tolerance (1/S):	0.294

Model	Surface avec forte probabilité	Seuil
Maxent	3.9 km ²	0.6
GLM	12.5 km ²	0.6
ENFA	4.3 km ²	0.5

ENFA et Maxent sont plus discriminants

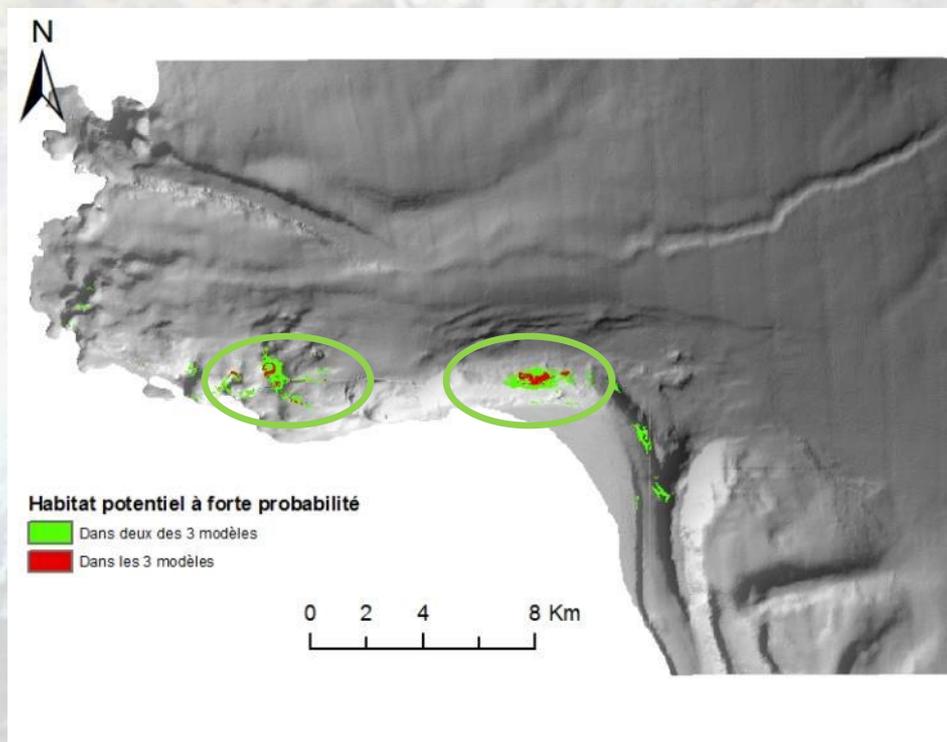
Problème des données mis en évidence avec les GLMs

→ 2 stations principales, avec présence et absence ne couvrant pas les valeurs des VEGs

2 principales zones sont mises en évidence sur les 3 cartographies

3. Applications et résultats

Canyon de BARI



Model	Surface avec forte probabilité
Dans 2 des 3 modèles	2.6 km ²
Dans les 3 modèles	0.56 km ²

Les principales zones identifiées sont les zones où ont été observées les colonies

→ De nouveaux points seront bientôt intégrés aux modèles et permettront d'améliorer les résultats

Conclusions et perspectives

4. Conclusions et perspectives

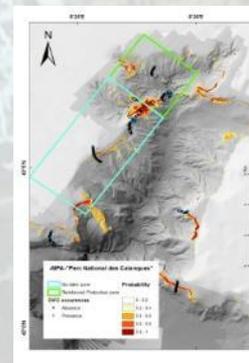
- La modélisation Maxent a donné de meilleurs résultats sur les 2 canyons, pour la discrimination des habitats favorables, avec :
 - La comparaison avec les données de présence-absence
 - La connaissance actuelle des coraux dans ces canyons
- Une combinaison des principaux résultats peuvent aider à définir avec plus de précisions les zones principales
- Une analyse statistique précise doit être réalisée afin d'utiliser les modèles convenablement

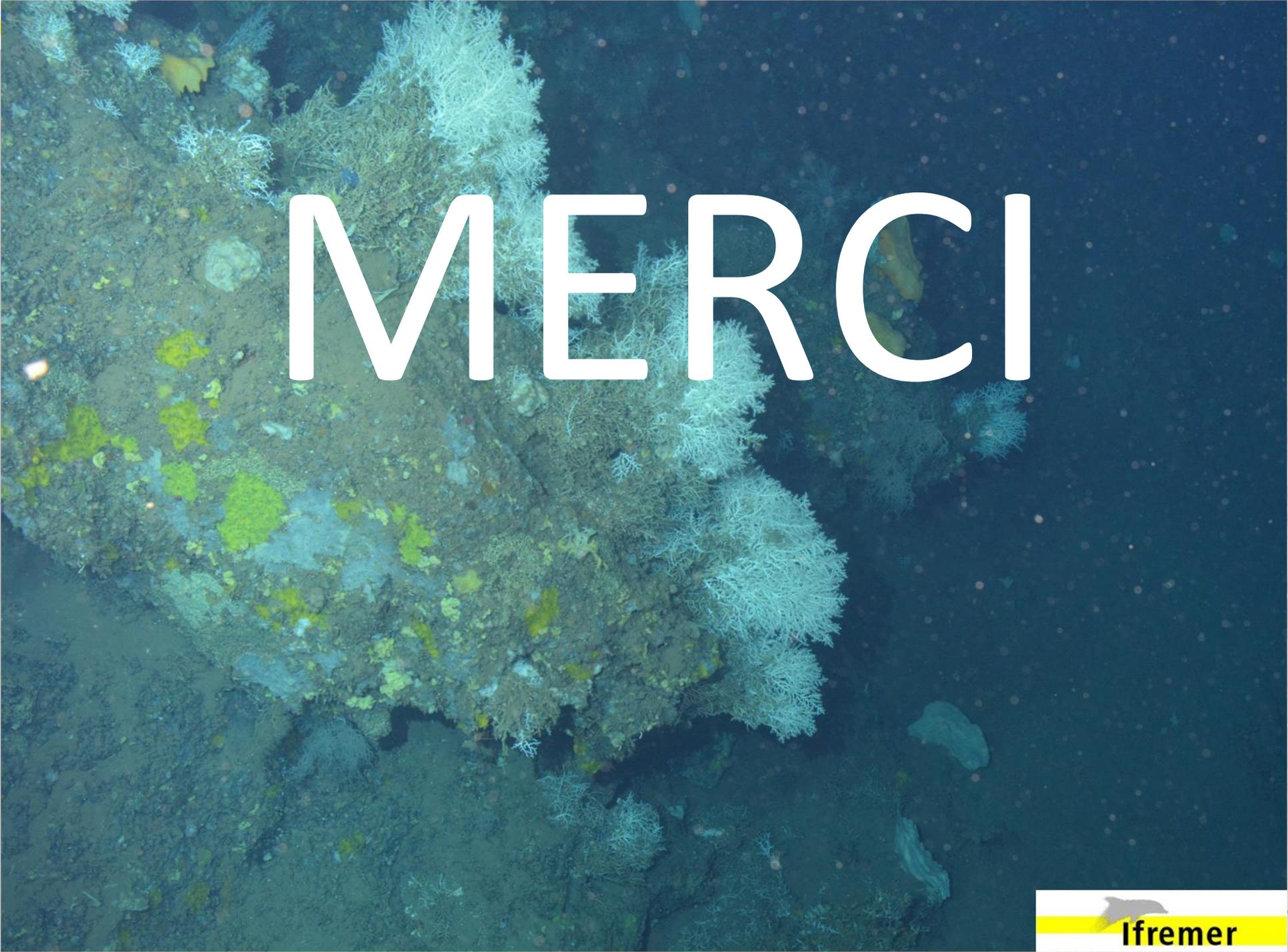
4. Conclusions et perspectives

- Chaque canyon a sa propre combinaison de variables pour une meilleure efficacité, cependant :
 - La rugosité apparaît comme un facteur important sur les 2 canyons
 - La pente apparaît essentielle pour expliquer la distribution des coraux dans le canyon de Bari
 - Les variables hydrodynamiques jouent également un rôle notable sur la distribution de l'espèce et expliquent la spécificité (taille de la niche)

4. Conclusions et perspectives

- Des zones probables ont été identifiées
 - Ces zones pourraient faire l'objet de **campagnes futures**
- Elles permettraient ainsi de **mettre en évidence**, selon la présence ou non des coraux
- l'impact du réchauffement climatique
 - l'impact des activités humaines
- Ces conclusions devraient permettre de **définir des politiques de protection** pour une gestion durable des écosystèmes profonds



An underwater photograph of a coral reef. The scene is illuminated by a light source, likely a camera flash, creating a bright area on the left side of the frame. The reef is covered in various types of coral, including branching corals and sponges. The water is dark blue, and there are small particles visible in the background. The word "MERCI" is overlaid in large, white, sans-serif capital letters across the center of the image.

MERCI