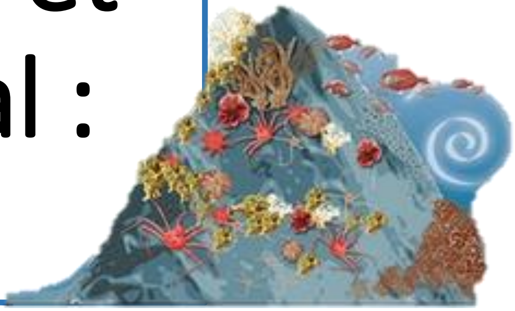
26 Nov. 2020

Structuration multi-échelles de la biodiversité des monts sous-marins et pentes des îles, en domaine bathyal : approche méthodologique



Mélissa HANAFI PORTIER

Melissa.Hanafi.Portier@ifremer.fr

Directrices de thèse :

Dr. Karine OLU,
Karine.Olu@ifremer.fr

Pr. Sarah SAMADI,
sarah.samadi@mnhn.fr

Projet cofinancé par TOTAL et Ifremer dans le cadre du projet scientifique PAMELA (Passive Margin Exploration Laboratories).

Contexte général

- **Monts sous-marins** >1000m (knolls > 100m) (Yesson et al., 2011), origine volcanique.
- Paradigmes écologiques: biomasse, endémicité, hotspot de biodiversité.

→ **Approfondir les études.**

→ **Nouvelle hypothèse:** communautés de mégafaune benthique (~>2cm) **structurellement distinctes** (vs. autres habitats profonds). (Rowden et al., 2010a ; Rowden et al., 2010b ; O'Hara et al., 2008 ; McClain et al., 2009 ; Howell et al., 2010)

Contexte général

- **Monts sous-marins** >1000m (knolls > 100m) (Yesson et al., 2011), origine volcanique.
- Paradigmes écologiques: biomasse, endémicité, hotspot de biodiversité.

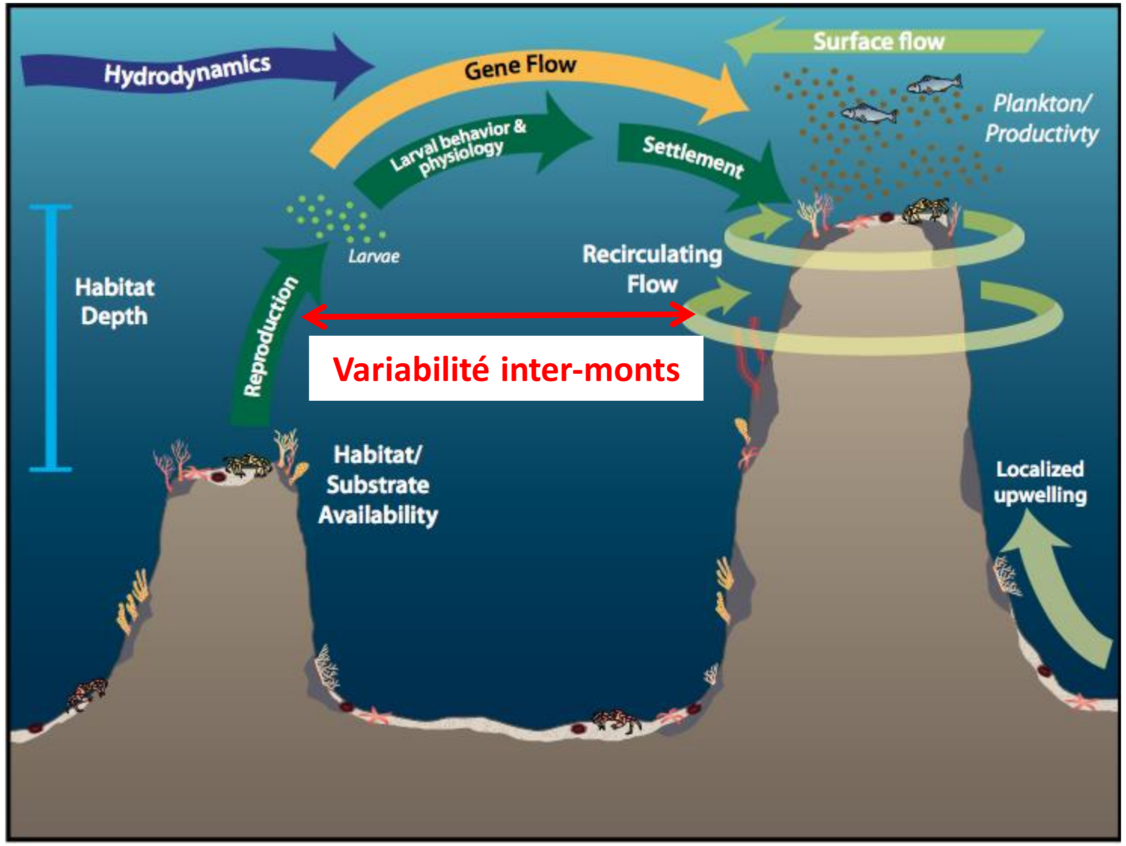
→ **Approfondir les études.**

→ **Nouvelle hypothèse:** communautés de mégafaune benthique (~>2cm) **structurellement distinctes** (vs. autres habitats profonds). (Rowden et al., 2010a ; Rowden et al., 2010b ; O'Hara et al., 2008 ; McClain et al., 2009 ; Howell et al., 2010)

- **Structuration multi-échelles spatiales** par divers **facteurs:**

REGIONALE

(T°, [O2], POC, profondeur, latitude, hydrodynamisme, masses d'eau, [chla], distances à la côte, etc.)


Hydrodynamics
Gene Flow
Surface flow
Plankton/ Productivty
Larval behavior & physiology
Settlement
Larvae
Recirculating Flow
Habitat Depth
Reproduction
Variabilité inter-monts
Habitat/ Substrate Availability
Localized upwelling

Shank, 2010

Contexte général

- **Monts sous-marins** >1000m (knolls > 100m) (Yesson et al., 2011), origine volcanique.
- Paradigmes écologiques: biomasse, endémicité, hotspot de biodiversité.

→ **Approfondir les études.**

→ **Nouvelle hypothèse:** communautés de mégafaune benthique (~>2cm) **structurellement distinctes** (vs. autres habitats profonds). (Rowden et al., 2010a ; Rowden et al., 2010b ; O'Hara et al., 2008 ; McClain et al., 2009 ; Howell et al., 2010)

- **Structuration multi-échelles spatiales** par divers **facteurs:**

REGIONALE

(T°, [O2], POC, profondeur, latitude, hydrodynamisme, masses d'eau, [chla], distances à la côte, etc.)

Imbrication des échelles

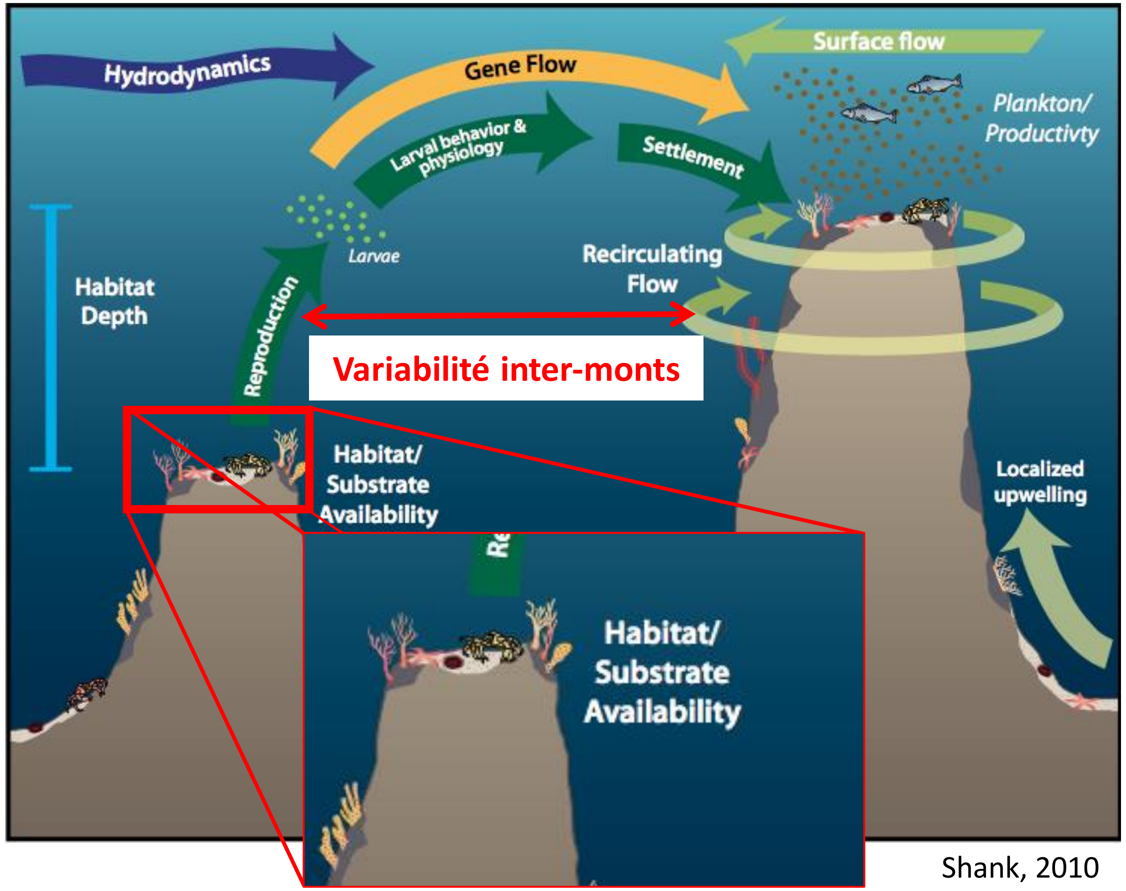
LOCALE

(géomorphologie, topographie (pente/sommet), mosaïques d'habitats biogéniques (coraux, éponges), microreliefs)

+ facteurs biologiques intrinsèques.

(capacité de dispersion, stratégie de reproduction, etc.)

Variabilité **intra-mont**


Hydrodynamics
Gene Flow
Surface flow
Plankton/ Productivty
Larval behavior & physiology
Settlement
Larvae
Recirculating Flow
Habitat Depth
Reproduction
Variabilité inter-monts
Habitat/ Substrate Availability
Localized upwelling
Habitat/ Substrate Availability

Shank, 2010

Contexte général

- Structuration des communautés de mégafaune benthique en relation avec **l’hétérogénéité de l’habitat.**

→ Peu d’études **quantitatives** et **à fine échelle.**

→ Besoin d’explorer un + large gradient bathymétrique.

→ **Peu de monts explorés (<300)** → **Océan Indien.**

(Clark et al., 2010 ; Rowden et al., 2010a)

- Caractérisation des habitats/mégafaune profonds par **l’imagerie** (ROV, AUV, caméra tractée):

→ Faible résolution taxonomique, biais/erreur d’identification.

→ Dev. de méthodologie complémentaire: **collecte physique + image**, substrat dur (Williams et al., 2015; Biesegel et al., 2017), meuble. (Nybakken et al., 1998)

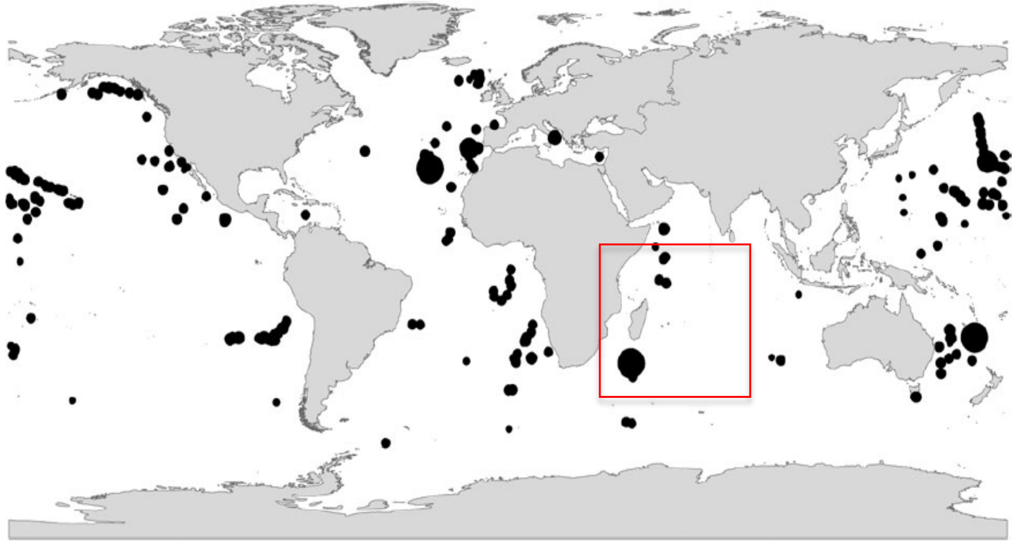


Figure 5

Seamounts for which SeamountsOnline (**http://seamounts.sdsc.edu**) has species occurrence information. Circle size is proportional to the number of species records, a proxy for sampling intensity, with sizes scaling from 1 to 1500 records. CenSeam has identified priority regions for future research due to undersampling: Indian Ocean, western and southern central Pacific, and southern Atlantic.

Clark et al., 2010

Contexte général

- Structuration des communautés de mégafaune benthique en relation avec **l'hétérogénéité de l'habitat.**

→ Peu d'études **quantitatives** et **à fine échelle.**

→ Besoin d'explorer un + large gradient bathymétrique.

→ **Peu de monts explorés (<300)** → **Océan Indien.**

(Clark et al., 2010 ; Rowden et al., 2010a)

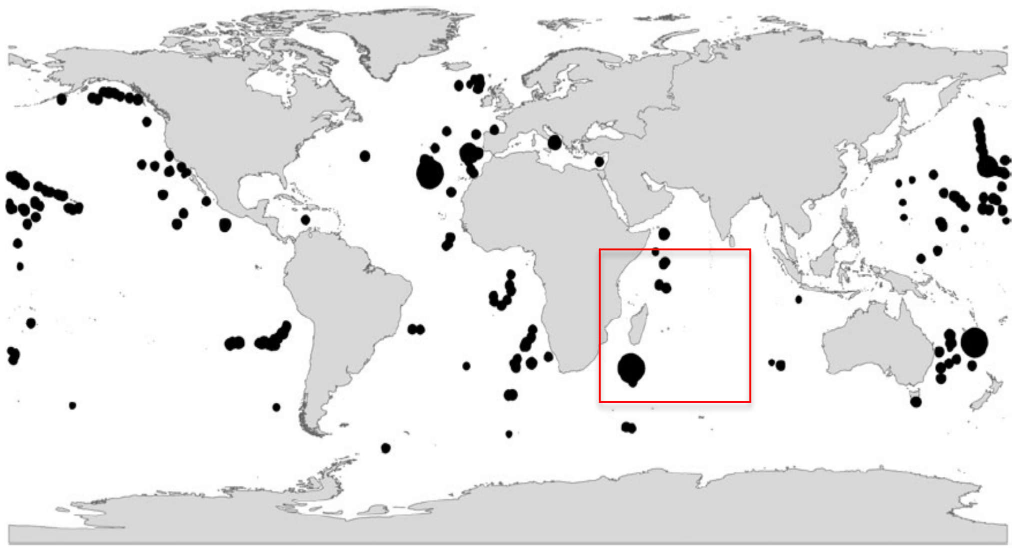


Figure 5

Seamounts for which SeamountsOnline (**http://seamounts.sdsc.edu**) has species occurrence information. Circle size is proportional to the number of species records, a proxy for sampling intensity, with sizes scaling from 1 to 1500 records. CenSeam has identified priority regions for future research due to undersampling: Indian Ocean, western and southern central Pacific, and southern Atlantic.

Clark et al., 2010

- Caractérisation des habitats/mégafaune profonds par **l'imagerie** (ROV, AUV, caméra tractée):

→ Faible résolution taxonomique, biais/erreur d'identification.

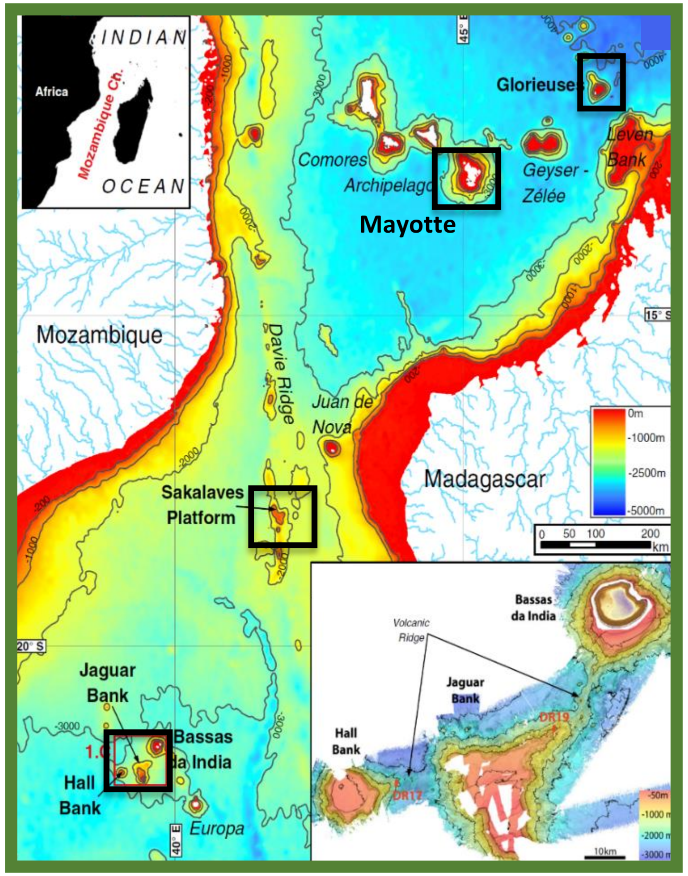
→ Dev. de méthodologie complémentaire: **collecte physique + image**, substrat dur (Williams et al., 2015; Biesegel et al., 2017), meuble. (Nybakken et al., 1998)

2 projets: MNHN, ifremer +
- TOTAL: PAMELA → Exploration de 5 monts dans le canal du Mozambique.
- TAAF: BIOMAGLO → Exploration des pentes externes de l'Ile Mayotte.

Campagnes d’échantillonnages

PAMELA (Pamela-Moz01 et Moz04)

- **5 monts**, **10° latitude, 300 – 880m**
- Transects **images** (1 photo/30s)
- **Collectes** (drague, chalut)
- **CTD, courantomètre, POC,**
- **SMF: bathy. (10m), réflectivité**


INDIAN
Africa
Mozambique Ch.
OCEAN
Glorieuses
Leven Bank
Comores
Archipelago
Geyser - Zélée
Mayotte
Mozambique
Davie Ridge
Juan de Nova
Madagascar
Sakalaves Platform
Jaguar Bank
Bassas da India
Hall Bank
Europa
45° E
15° S
20° S
40° E
0m
-1000m
-2500m
-5000m
0 50 100 200 km
Bassas da India
Volcanic Ridge
Jaguar Bank
Hall Bank
DR19
DR17
-50m
-1000 m
-2000 m
-3000 m
10km

Courgeon et al., 2016

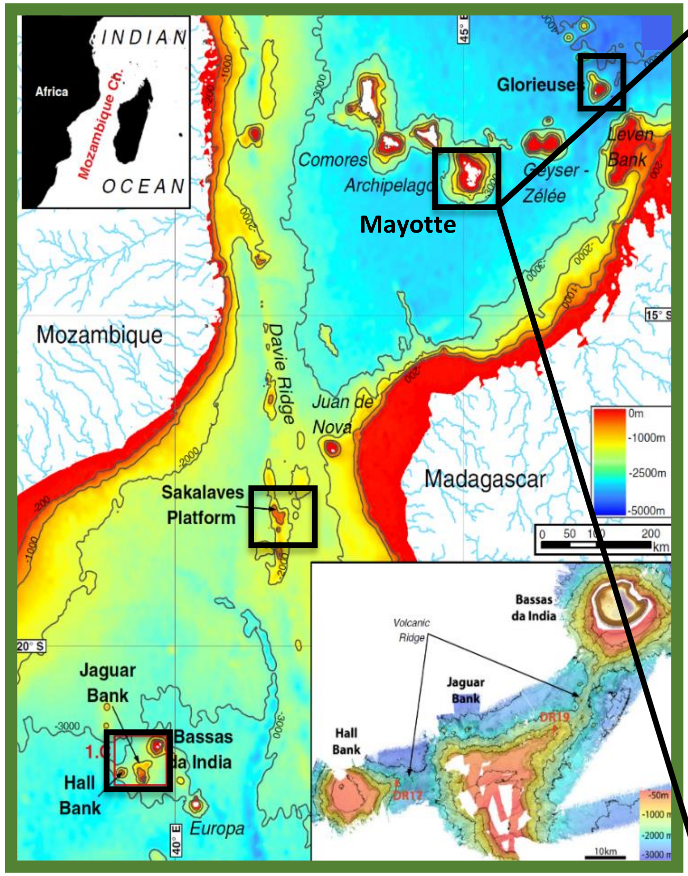
Campagnes d’échantillonnages

PAMELA (Pamela-Moz01 et Moz04)

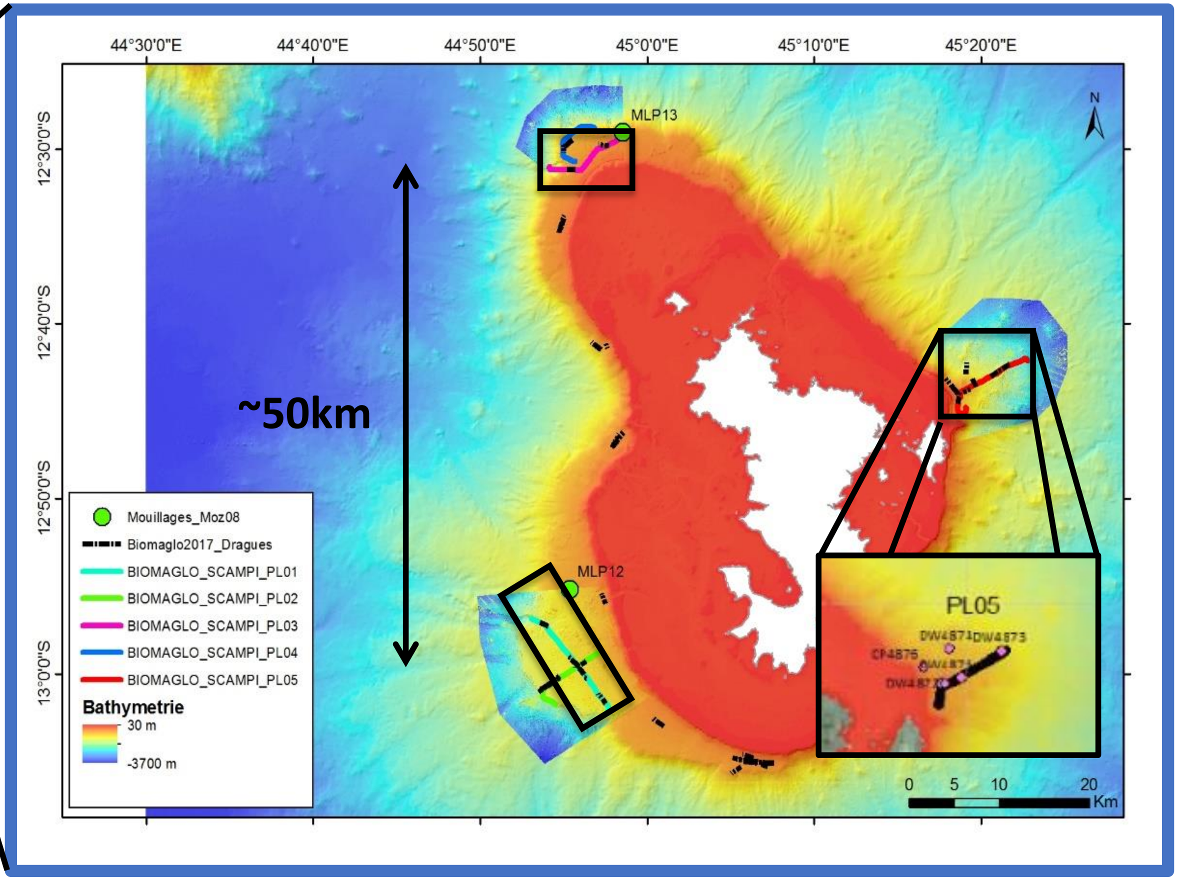
- **5 monts**, **10° latitude, 300 – 880m**
- Transects **images** (1 photo/30s)
- **Collectes** (drague, chalut)
- **CTD, courantomètre, POC,**
- **SMF: bathy. (10m), réflectivité**

BIOMAGLO: approche multi-échelles sur les pentes de Mayotte.

- **3 transects** (PL), **500-1200m**
- Effort d’échantillonnage +robuste
- Approche complémentaire: **images + collectes**
- **CTD, courantomètre, POC (2 pentes),**
- **SMF: bathy. (20m), réflectivité**


INDIAN
Africa
Mozambique Ch.
OCEAN
Glorieuses
Leven Bank
Comores Archipelago
Geyser - Zélée
Mayotte
Mozambique
Davie Ridge
Juan de Nova
Madagascar
Sakalaves Platform
0m
-1000m
-2500m
-5000m
0 50 100 200 km
Jaguar Bank
Bassas da India
Hall Bank
Europa
Volcanic Ridge
DR19
DR17
-50m
-1000 m
-2000 m
-3000 m
10km

Courgeon et al., 2016


44°30'0"E
44°40'0"E
44°50'0"E
45°0'0"E
45°10'0"E
45°20'0"E
12°30'0"S
12°40'0"S
12°50'0"S
13°0'0"S
N
MLP13
MLP12
~50km
Mouillages_Moz08
Biomaglo2017_Dragues
BIOMAGLO_SCAMPI_PL01
BIOMAGLO_SCAMPI_PL02
BIOMAGLO_SCAMPI_PL03
BIOMAGLO_SCAMPI_PL04
BIOMAGLO_SCAMPI_PL05
Bathymetrie
30 m
-3700 m
PL05
0 5 10 20 Km

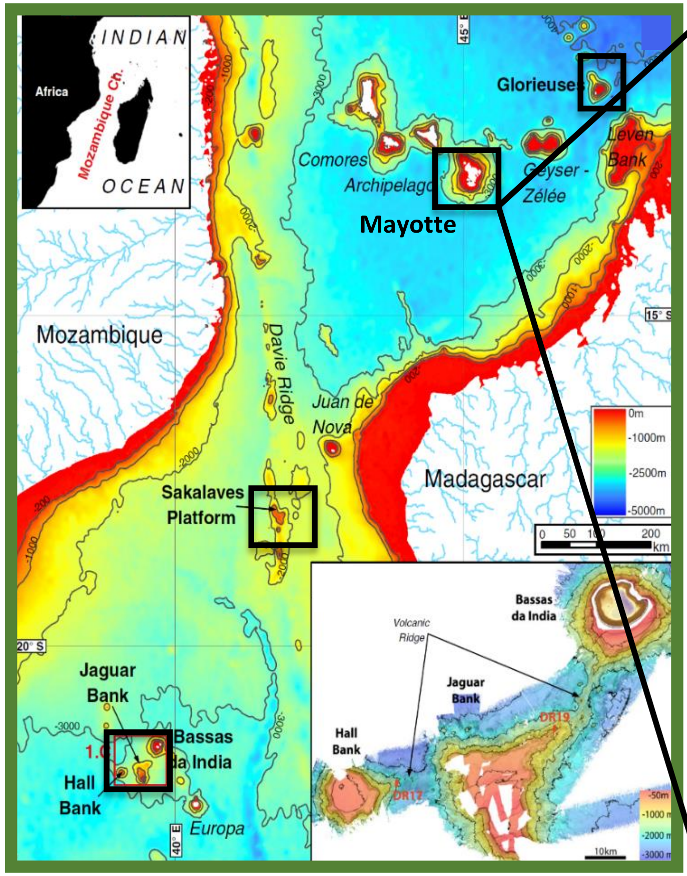
Campagnes d'échantillonnages

PAMELA (Pamela-Moz01 et Moz04)

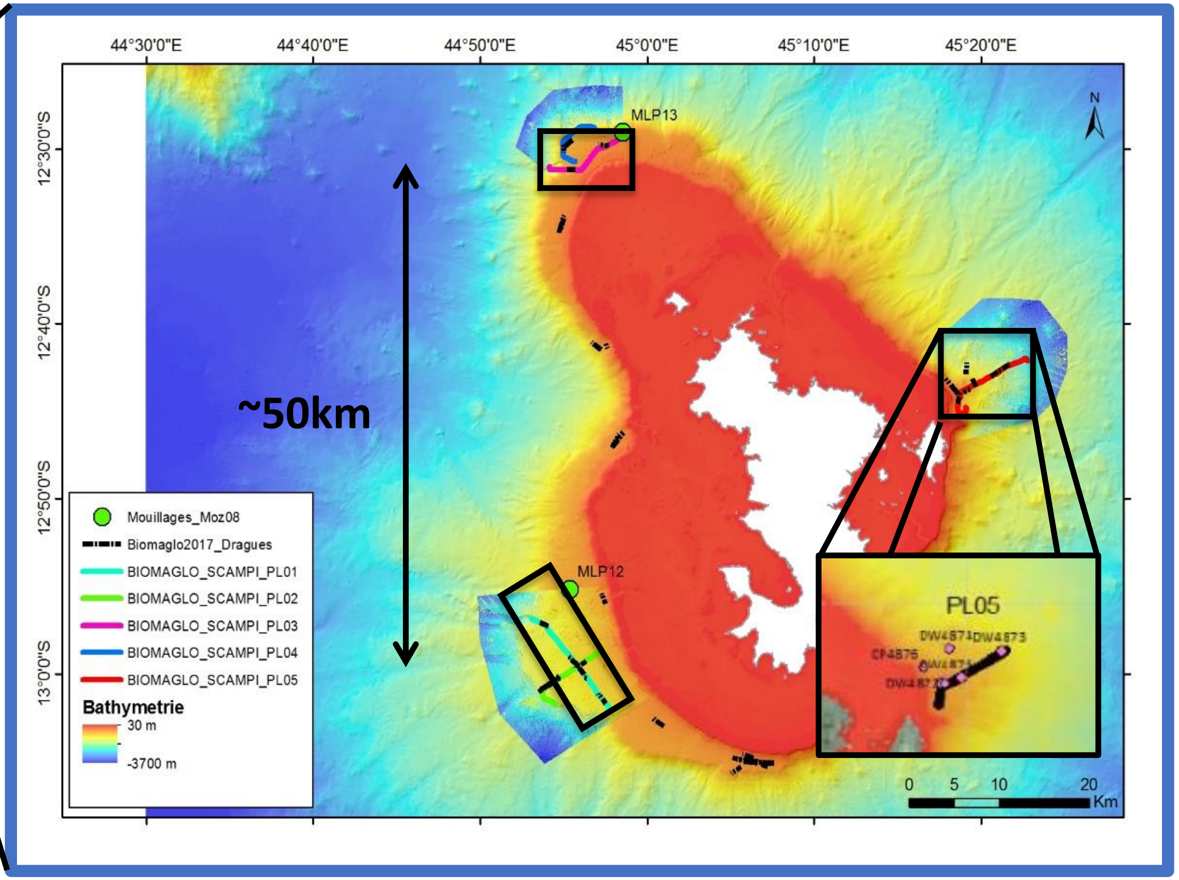
- **5 monts**, **10° latitude, 300 – 880m**
- Transects **images** (1 photo/30s)
- **Collectes** (drague, chalut)
- **CTD, courantomètre, POC,**
- **SMF: bathy. (10m), réflectivité**

BIOMAGLO: approche multi-échelles sur les pentes de Mayotte.

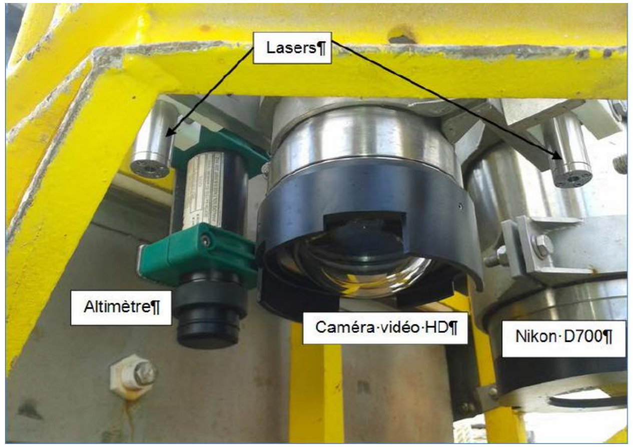
- **3 transects** (PL), **500-1200m**
- Effort d'échantillonnage +robuste
- Approche complémentaire: **images + collectes**
- **CTD, courantomètre, POC (2 pentes),**
- **SMF: bathy. (20m), réflectivité**


INDIAN
OCEAN
Africa
Mozambique Ch.
Glorieuses
Comores
Archipelago
Mayotte
Leven
Bank
Geyser -
Zélée
Mozambique
Davie Ridge
Juan de
Nova
Madagascar
Sakalaves
Platform
Jaguar
Bank
Bassas
da India
Hall
Bank
Europa
45° E
15° S
20° S
40° E
0m
-1000m
-2500m
-5000m
0 50 100 200 km
Volcanic
Ridge
DR19
DR17
-50m
-1000 m
-2000 m
-3000 m
10km

Courgeon et al., 2016


44°30'0"E
44°40'0"E
44°50'0"E
45°0'0"E
45°10'0"E
45°20'0"E
12°30'0"S
12°40'0"S
12°50'0"S
13°0'0"S
N
MLP13
MLP12
~50km
PL05
DW4871
DW4873
CP4876
DW4874
DW4872
Mouillages_Moz08
Biomaglo2017_Dragues
BIOMAGLO_SCAMPI_PL01
BIOMAGLO_SCAMPI_PL02
BIOMAGLO_SCAMPI_PL03
BIOMAGLO_SCAMPI_PL04
BIOMAGLO_SCAMPI_PL05
Bathymetrie
30 m
-3700 m
0 5 10 20 Km

Caméra tractée (SCAMPI)


Lasers¶
Altimètre¶
Caméra·vidéo·HD¶
Nikon·D700¶

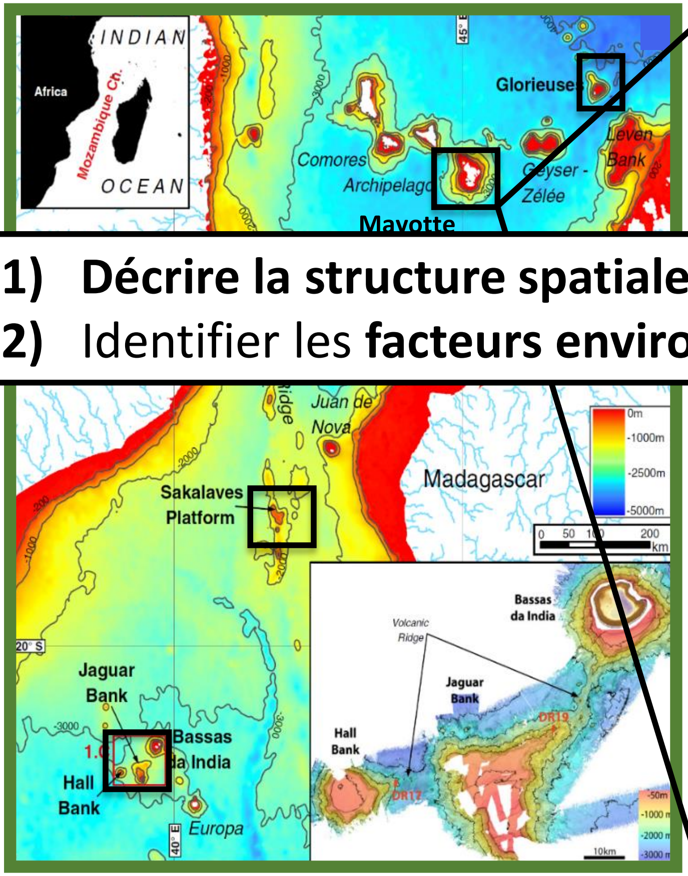
Campagnes d’échantillonnages

PAMELA (Pamela-Moz01 et Moz04)

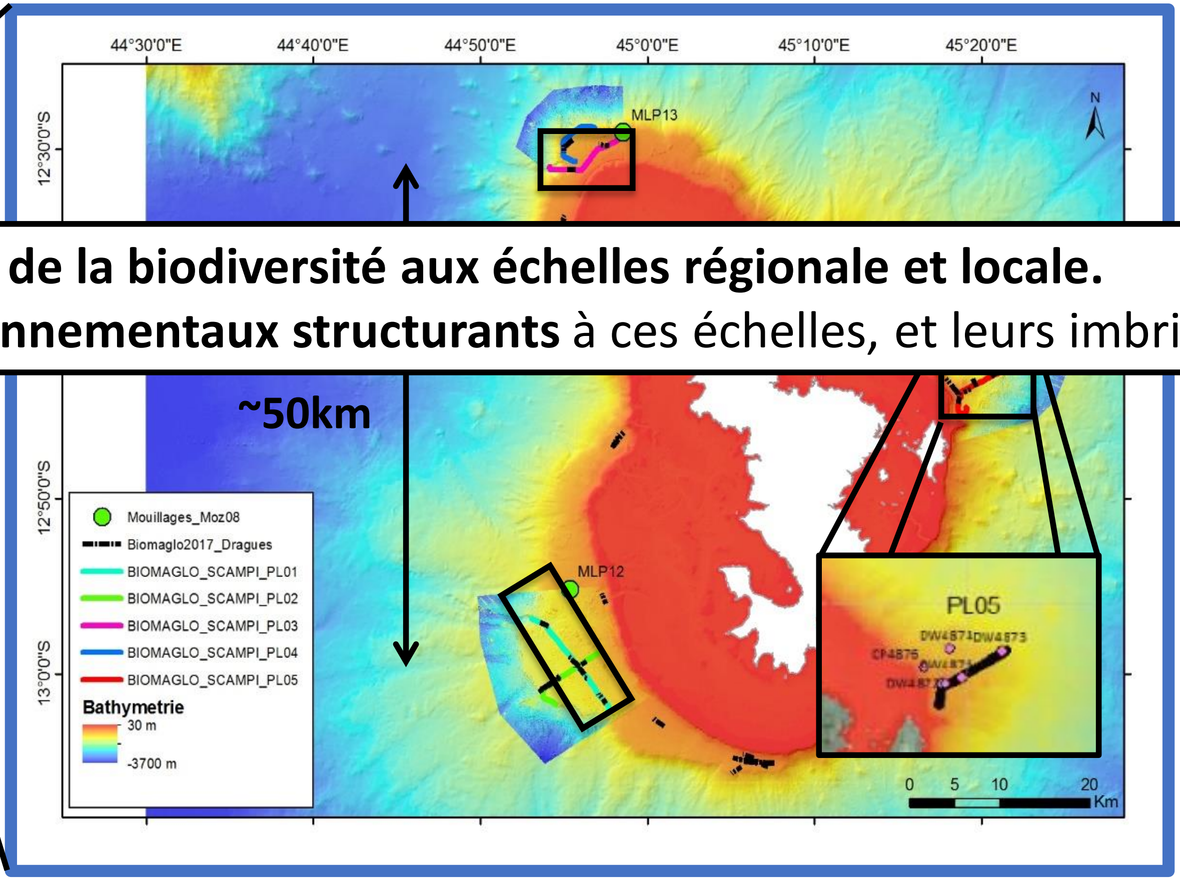
- **5 monts**, **10° latitude**, **300 – 880m**
- Transects **images** (1 photo/30s)
- **Collectes** (drague, chalut)
- **CTD, courantomètre, POC,**
- **SMF: bathy. (10m), réflectivité**

BIOMAGLO: approche multi-échelles sur les pentes de Mayotte.

- **3 transects** (PL), **500-1200m**
- Effort d’échantillonnage +robuste
- Approche complémentaire: **images + collectes**
- **CTD, courantomètre, POC (2 pentes),**
- **SMF: bathy. (20m), réflectivité**


INDIAN
Africa
Mozambique Ch.
OCEAN
Glorieuses
Comores
Archipelago
Mayotte
Geyser - Zélée
Leven Bank
Juan de Nova
Madagascar
Sakalaves Platform
Jaguar Bank
Bassas da India
Hall Bank
Europa
0m
-1000m
-2500m
-5000m
0 50 100 200 km
Volcanic Ridge
10km

Courgeon et al., 2016


44°30'0"E
44°40'0"E
44°50'0"E
45°0'0"E
45°10'0"E
45°20'0"E
12°30'0"S
12°50'0"S
13°0'0"S
N
MLP13
MLP12
~50km
Mouillages_Moz08
Biomaglo2017_Dragues
BIOMAGLO_SCAMPI_PL01
BIOMAGLO_SCAMPI_PL02
BIOMAGLO_SCAMPI_PL03
BIOMAGLO_SCAMPI_PL04
BIOMAGLO_SCAMPI_PL05
Bathymetrie
30 m
-3700 m
PL05
DW4874
DW4873
CP4876
DW4872
0 5 10 20 Km

(1) Décrire la structure spatiale de la biodiversité aux échelles régionale et locale.

(2) Identifier les **facteurs environnementaux structurants** à ces échelles, et leurs imbrications.

Campagnes d'échantillonnages

PAMELA (Pamela-Moz01 et Moz04)

- **5 monts**, **10° latitude, 300 – 880m**
- Transects **images** (1 photo/30s)
- **Collectes** (drague, chalut)
- **CTD, courantomètre, POC,**
- **SMF: bathy. (10m), réflectivité**

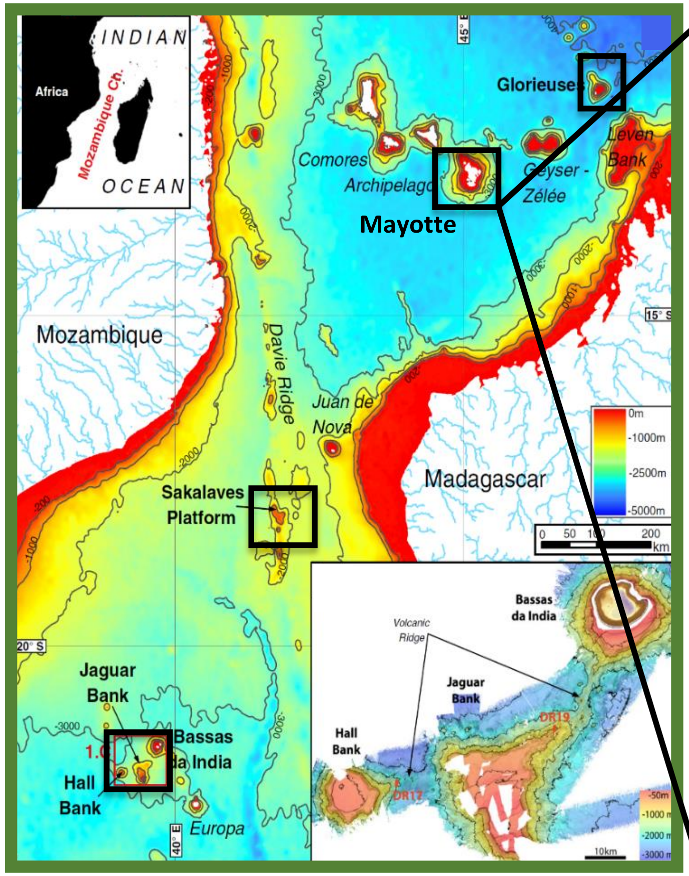
BIOMAGLO: approche multi-échelles sur les pentes de Mayotte.

- **3 transects** (PL), **500-1200m**
- Effort d'échantillonnage +robuste
- Approche complémentaire: **images + collectes**
- **CTD, courantomètre, POC (2 pentes),**
- **SMF: bathy. (20m), réflectivité**

Prog. Xe FED (gestion TAAF) → plan de gestion / conservation de la zone Mayotte-Glorieuse.

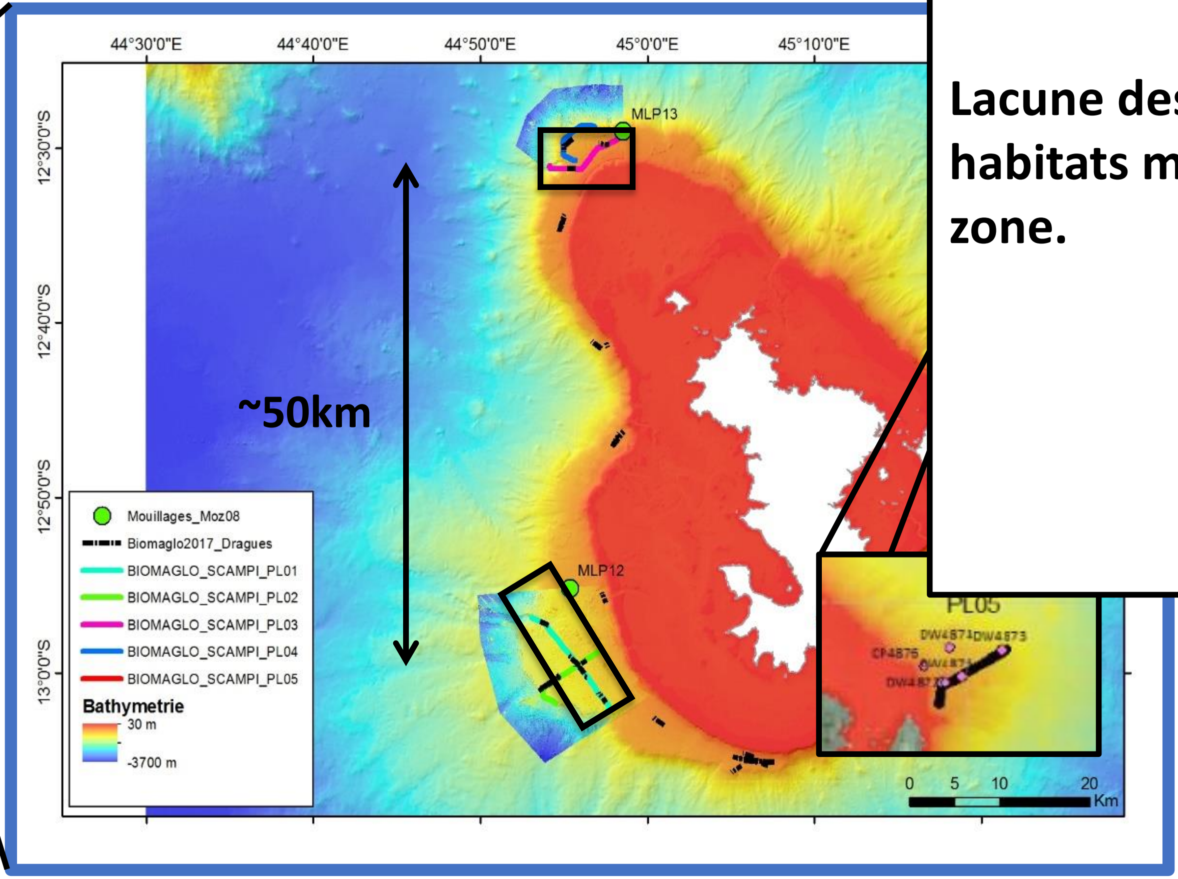
Lacune des données biodiversité des habitats marins profonds dans la zone.

Parc naturel marin Mayotte



INDIAN
OCEAN
Africa
Mozambique Ch.
Glorieuses
Comores
Archipelago
Mayotte
Geyser - Zélée
Leven Bank
Mozambique
Davie Ridge
Juan de Nova
Madagascar
Sakalaves Platform
Jaguar Bank
Hall Bank
Bassas da India
Europa
0m
-1000m
-2500m
-5000m
0 50 100 200 km
Bassas da India
Volcanic Ridge
Jaguar Bank
Hall Bank
DR19
DR17
-50m
-1000 m
-2000 m
-3000 m
10km

Courgeon et al., 2016



44°30'0"E
44°40'0"E
44°50'0"E
45°0'0"E
45°10'0"E
12°30'0"S
12°40'0"S
12°50'0"S
13°0'0"S
MLP13
MLP12
~50km
Mouillages_Moz08
Biomaglo2017_Dragues
BIOMAGLO_SCAMPI_PL01
BIOMAGLO_SCAMPI_PL02
BIOMAGLO_SCAMPI_PL03
BIOMAGLO_SCAMPI_PL04
BIOMAGLO_SCAMPI_PL05
Bathymetrie
30 m
-3700 m
PL05
DW4871
DW4873
CP4876
DW4872
0 5 10 20 Km

Campagnes d’échantillonnages

PAMELA (Pamela-Moz01 et Moz04)

- **5 monts**, **10° latitude**, **300 – 880m**
- Transects **images** (1 photo/30s)
- **Collectes** (drague, chalut)
- **CTD, courantomètre, POC,**
- **SMF: bathy. (10m), réflectivité**

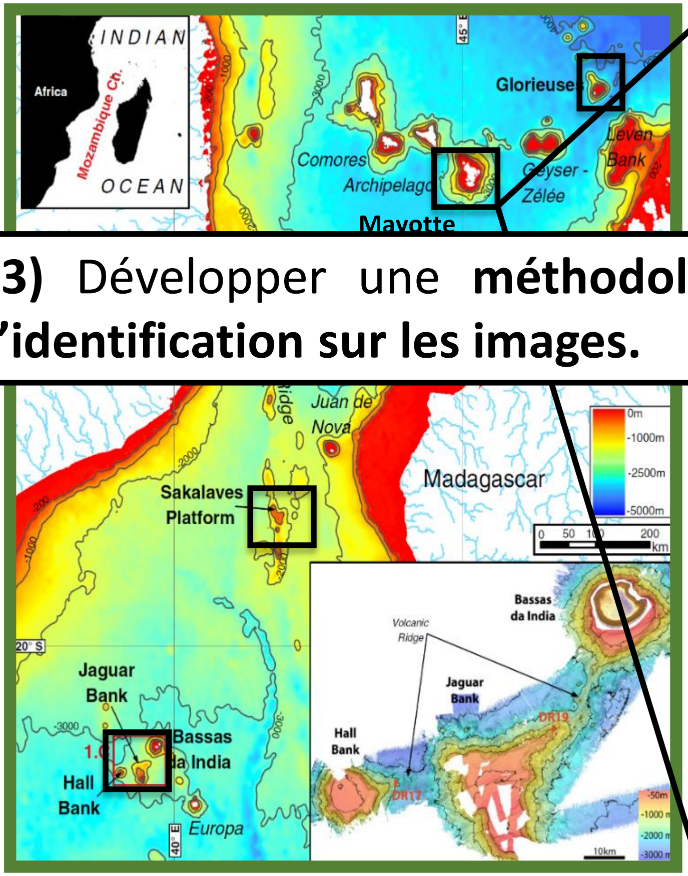
BIOMAGLO: approche multi-échelles sur les pentes de Mayotte.

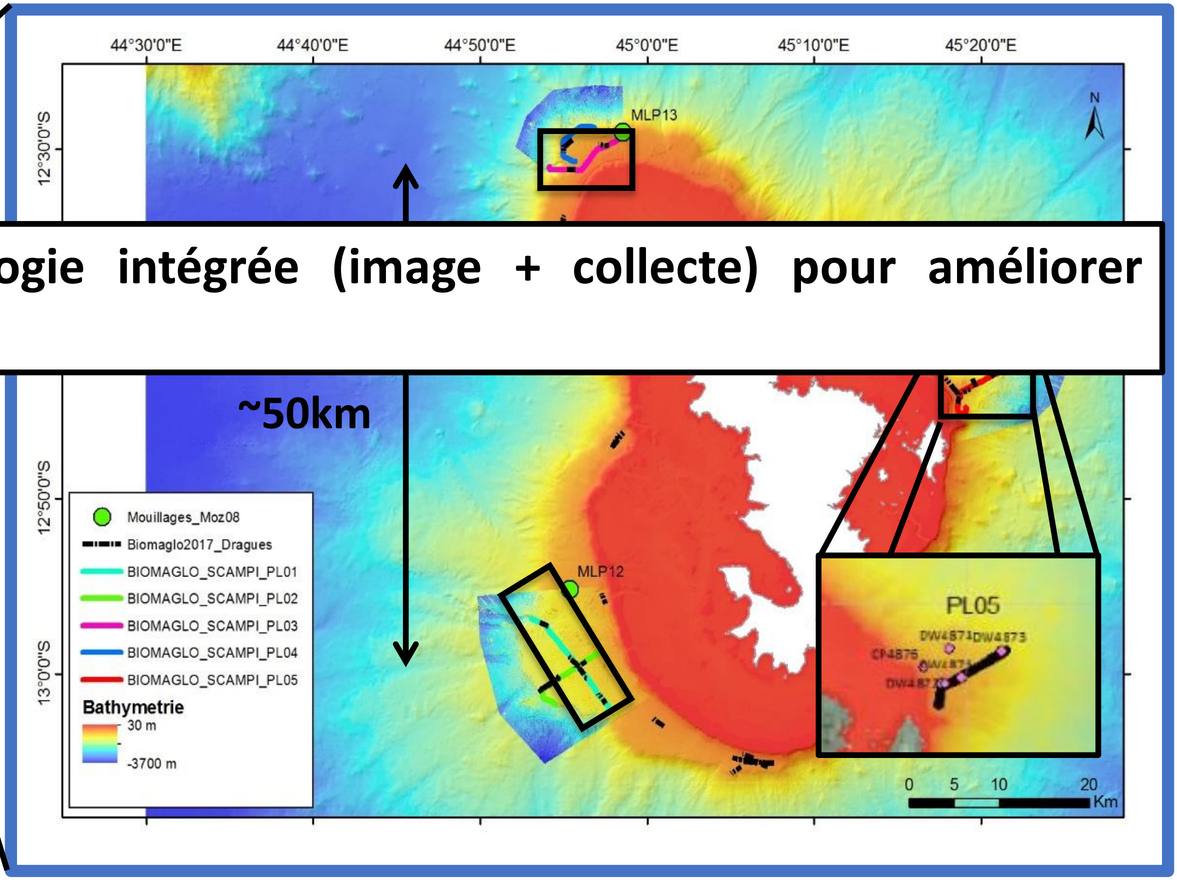
- **3 transects** (PL), **500-1200m**
- Effort d’échantillonnage +robuste
- Approche complémentaire: **images + collectes**
- **CTD, courantomètre, POC (2 pentes),**
- **SMF: bathy. (20m), réflectivité**

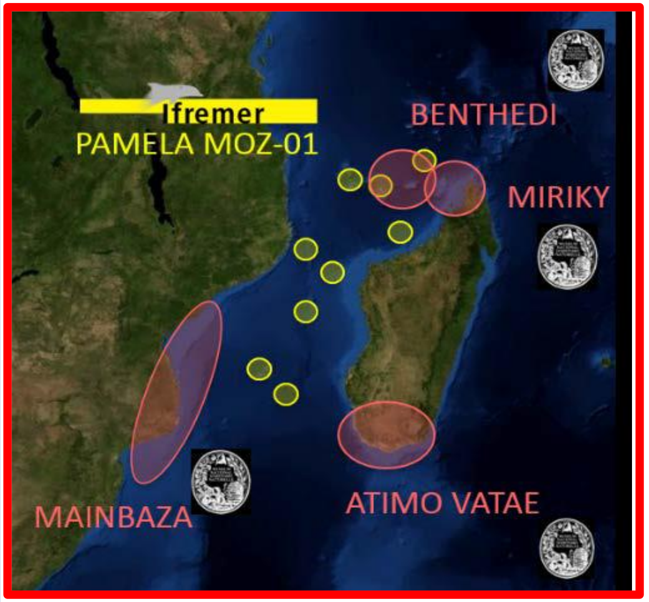
MNHN Paris: prog. Tropical Deep Sea Benthos

Nombreuses collectes

→ **connaissance du pool régional d’espèces**


INDIAN
OCEAN
Africa
Mozambique Ch.
Glorieuses
Comores
Archipelago
Mayotte
Leven Bank
Geyser - Zélée
Juan de Nova
Madagascar
Sakalaves Platform
Jaguar Bank
Bassas da India
Hall Bank
Europa
Volcanic Ridge
0m
-1000m
-2500m
-5000m
0 50 100 200 km
20° S
40° E
45° E


44°30'0"E
44°40'0"E
44°50'0"E
45°0'0"E
45°10'0"E
45°20'0"E
12°30'0"S
12°50'0"S
13°0'0"S
N
MLP13
MLP12
~50km
PL05
Mouillages_Moz08
Biomaglo2017_Dragues
BIOMAGLO_SCAMPI_PL01
BIOMAGLO_SCAMPI_PL02
BIOMAGLO_SCAMPI_PL03
BIOMAGLO_SCAMPI_PL04
BIOMAGLO_SCAMPI_PL05
Bathymetrie
30 m
-3700 m
0 5 10 20 Km


Ifremer
PAMELA MOZ-01
BENTHEDI
MIRIKY
MAINBAZA
ATIMO VATAE

(3) Développer une **méthodologie intégrée (image + collecte) pour améliorer l’identification sur les images.**

Courgeon et al., 2016

Méthodologie d’acquisition des données

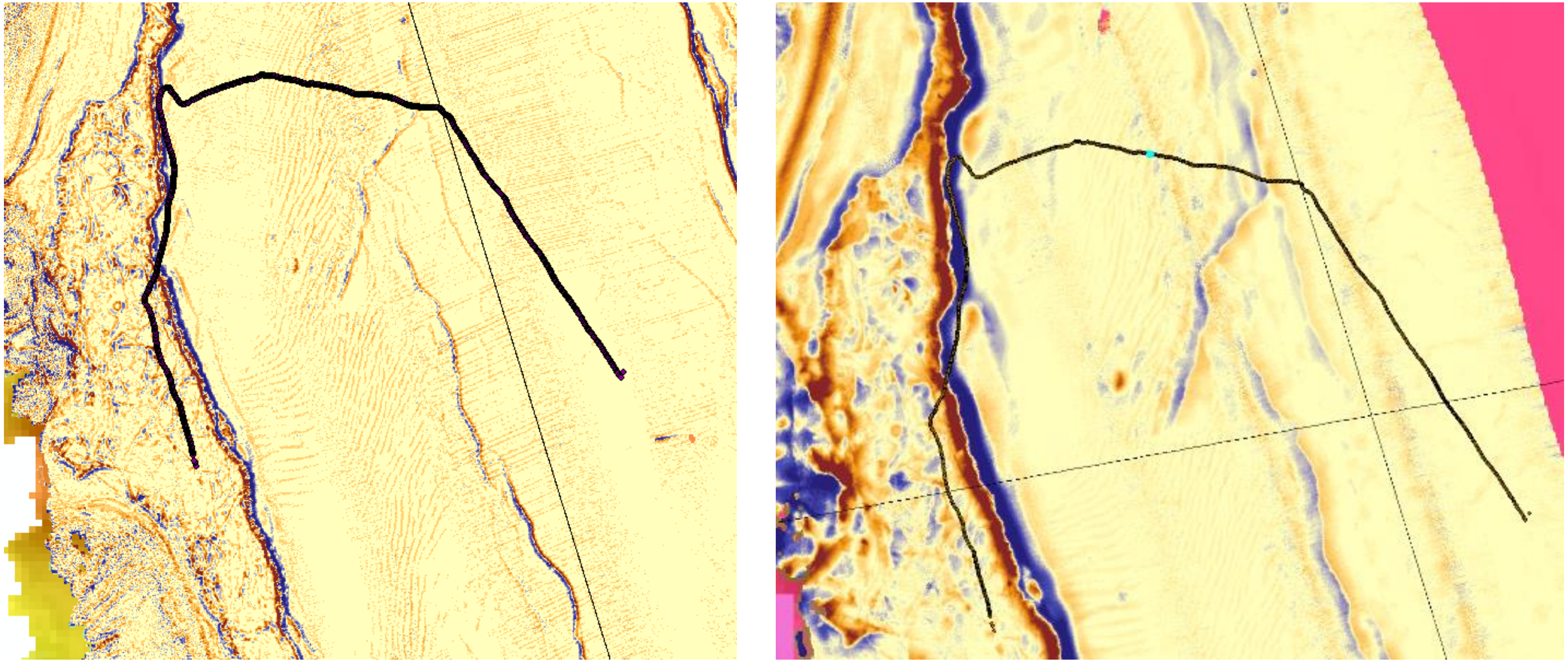
Données environnementales

Quantification **géomorphologique sous ArcGIS 10.7**

Indices de variabilité du terrain (dérivés de la bathymétrie, res. 10m).

- **Aspect, Rugosité, Pente, Courbure (éch. 30m)**
- **BPI* (30m - 500m) → différentes échelles de structure géomorphologique.**

** Bottom Position Index.*



BPI 60m: rides sédimentaires

Mont Sakalaves

BPI 250m: crêtes

Méthodologie d’acquisition des données

Données environnementales

Quantification **géomorphologique sous ArcGIS 10.7**

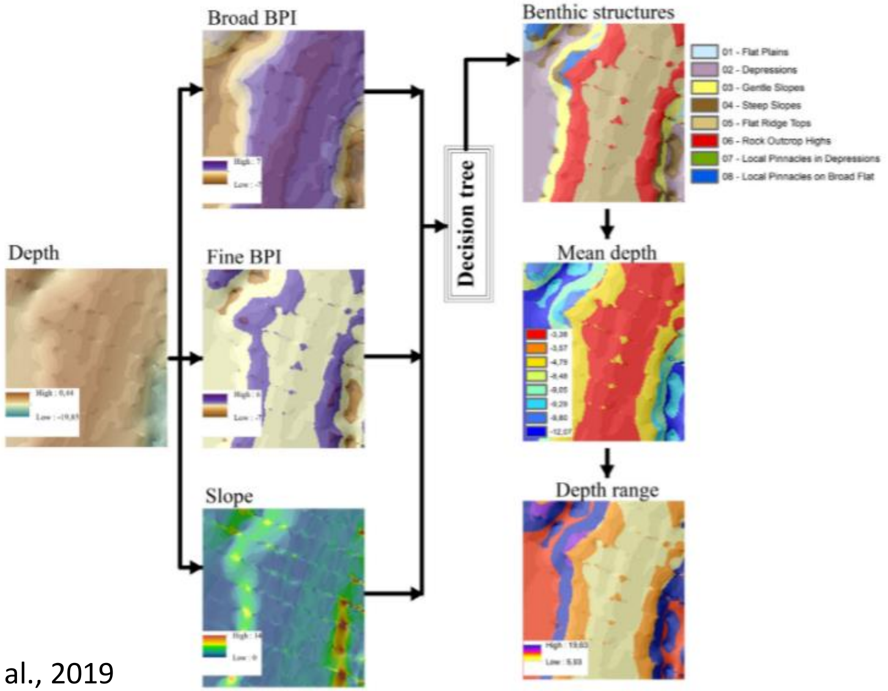
Indices de variabilité du terrain (dérivés de la bathymétrie, res. 10m).

- Aspect, Rugosité, Pente, Courbure (éch. 30m)
- BPI* (30m - 500m) → différentes échelles de structure géomorphologique.

** Bottom Position Index.*

↓

Classes semi-automatiques de structure géomorphologique: **dictionnaire de classification (*BTM*)**



Broad BPI
Benthic structures
01 - Flat Plains
02 - Depressions
03 - Gentle Slopes
04 - Steep Slopes
05 - Flat Ridge Tops
06 - Rock Outcrop Highs
07 - Local Pinnacles in Depressions
08 - Local Pinnacles on Broad Flat
Decision tree
Depth
Fine BPI
Mean depth
Slope
Depth range

Goes et al., 2019

FIGURE 2 | Flow chart of morphology classification scheme using terrain attributes for the study area. The final products (last image column) represent the topographical characteristics based on bathymetry and derived products (BPIs and slope).

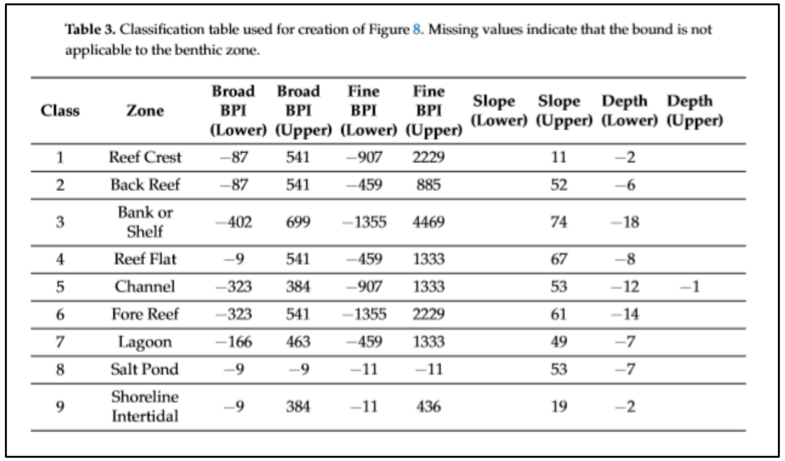


Table 3. Classification table used for creation of Figure 8. Missing values indicate that the bound is not applicable to the benthic zone.

Class	Zone	Broad BPI (Lower)	Broad BPI (Upper)	Fine BPI (Lower)	Fine BPI (Upper)	Slope (Lower)	Slope (Upper)	Depth (Lower)	Depth (Upper)
1	Reef Crest	−87	541	−907	2229		11	−2	
2	Back Reef	−87	541	−459	885		52	−6	
3	Bank or Shelf	−402	699	−1355	4469		74	−18	
4	Reef Flat	−9	541	−459	1333		67	−8	
5	Channel	−323	384	−907	1333		53	−12	−1
6	Fore Reef	−323	541	−1355	2229		61	−14	
7	Lagoon	−166	463	−459	1333		49	−7	
8	Salt Pond	−9	−9	−11	−11		53	−7	
9	Shoreline Intertidal	−9	384	−11	436		19	−2	

Walbridge et al., 2018

→ Résultats peu fructueux.

Méthodologie d’acquisition des données

Données **environnementales**

Quantification **géomorphologique sous ArcGIS 10.7**

Indices de variabilité du terrain (dérivés de la bathymétrie, res. 10m).

- Aspect, Rugosité, Pente, Courbure (éch. 30m)
- BPI* (30m - 500m) → différentes échelles de structure géomorphologique.

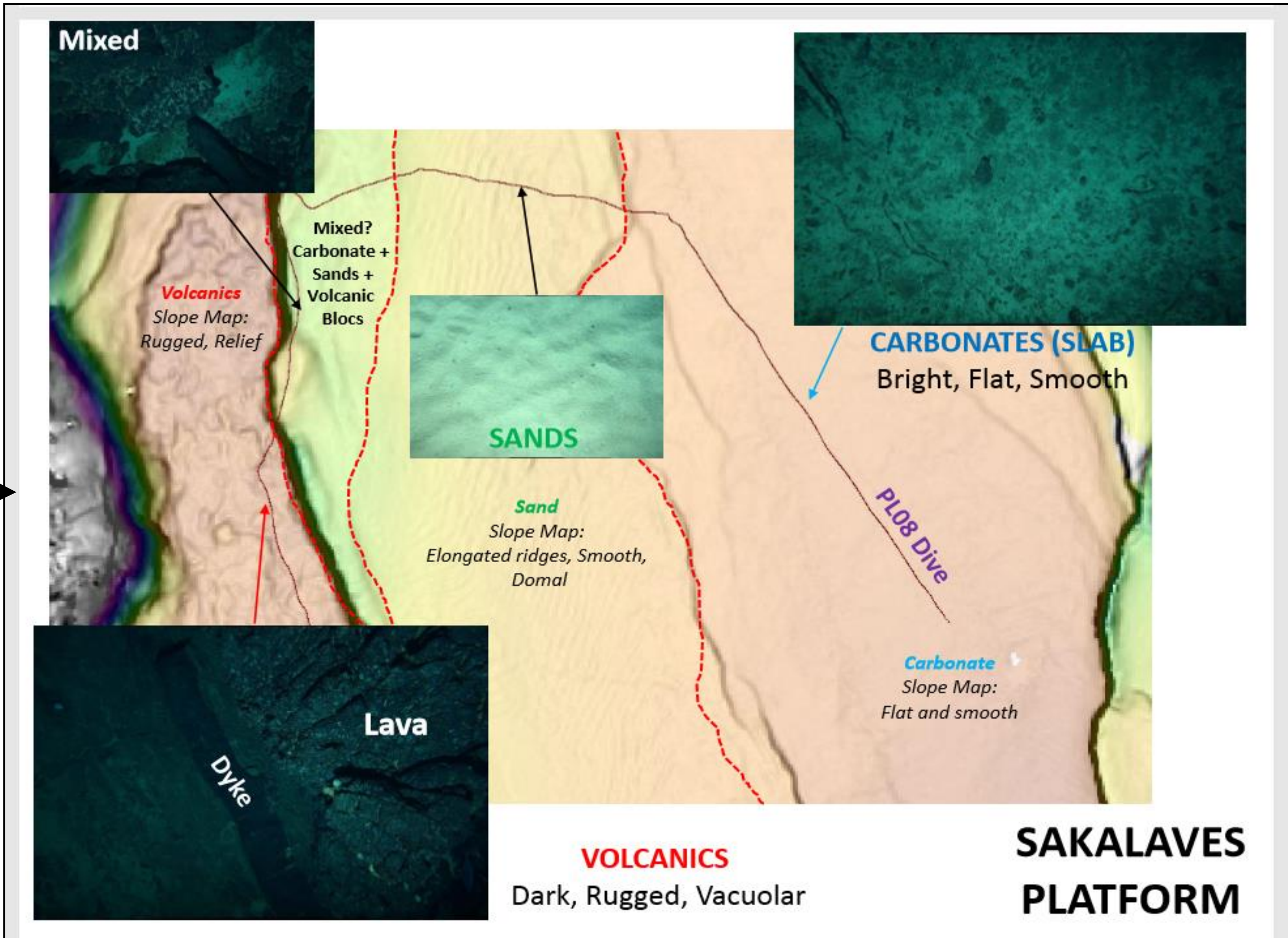
** Bottom Position Index.*

Classes manuelles de structure géomorphologique

- **Réflectivité** (roche/meuble)
- **Pente**
- **Validation terrain**

- ***Dalle carbonatée***
- ***Reliefs volcaniques***
- ***Rides sédimentaires***
- ***Substrats Mixtes***

≠ compositions entre monts


Mixed
Mixed? Carbonate + Sands + Volcanic Blocs
Volcanics
Slope Map: Rugged, Relief
SANDS
Sand
Slope Map: Elongated ridges, Smooth, Domal
CARBONATES (SLAB)
Bright, Flat, Smooth
PL08 Dive
Carbonate
Slope Map: Flat and smooth
Lava
Dyke
VOLCANICS
Dark, Rugged, Vacuolar
SAKALAVES PLATFORM

Méthodologie d’acquisition des données

Données **environnementales**

Quantification **géomor**

Indices de variabilité du terrain (dérivés de la bathymé
- Aspect, Rugosité, Pente, Courbure (éch. 30m)
- BPI* (30m - 500m) → différentes échelles de structu

↓

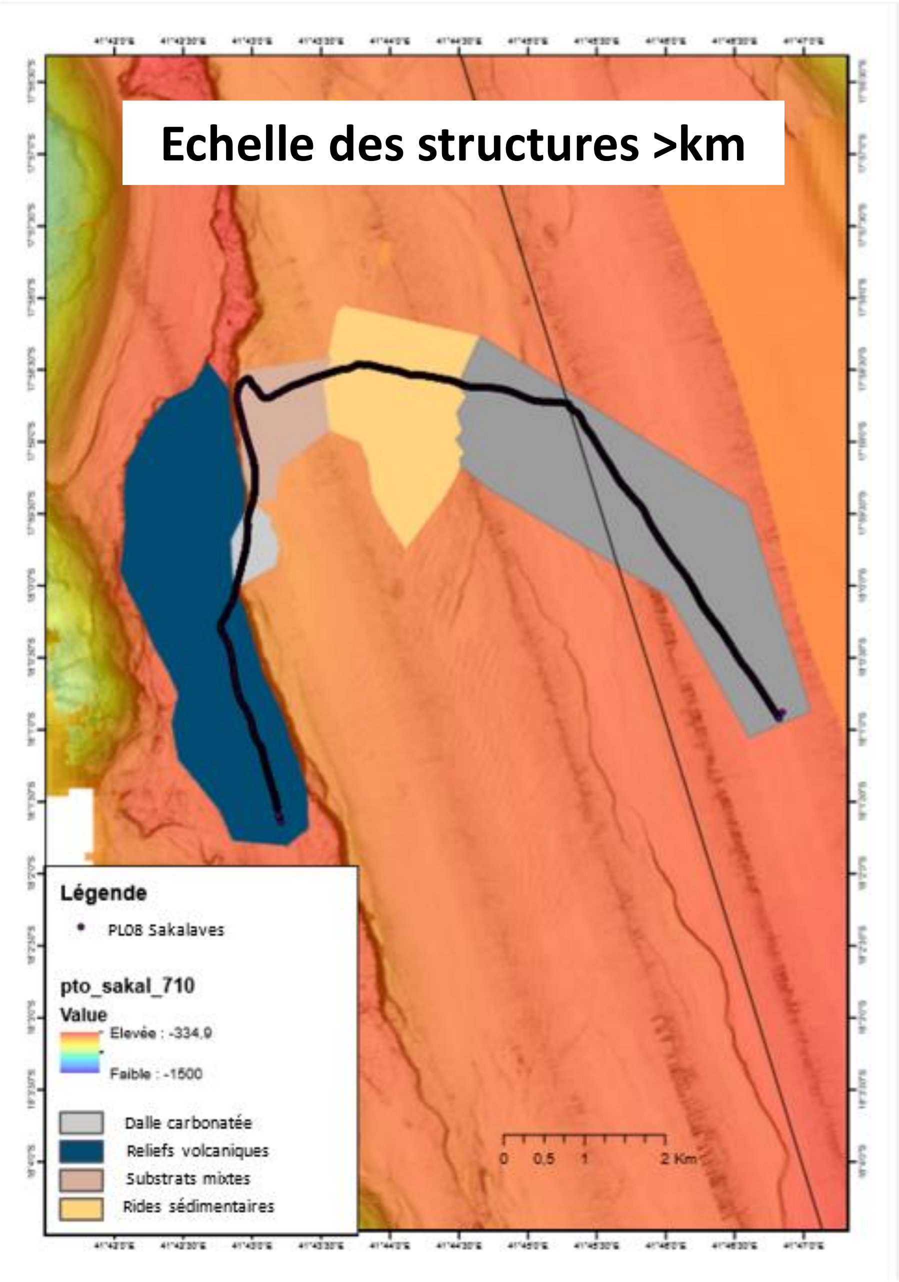
Classes manuelles de structure géomorphologique

- **Réflectivité** (roche/meuble)
- **Pente**
- **Validation terrain**

- ***Dalle carbonatée***
- ***Reliefs volcaniques***
- ***Rides sédimentaires***
- ***Substrats Mixtes***

≠ compositions entre monts

→



Echelle des structures >km

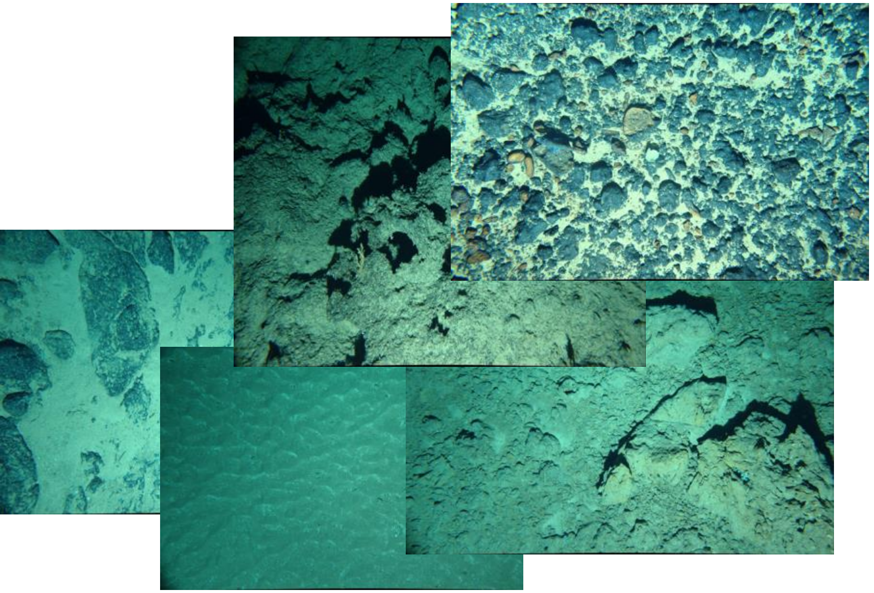
Légende
PL08 Sakalaves
pto_sakal_710
Value
Elevée : -334,9
Faible : -1500
Dalle carbonatée
Reliefs volcaniques
Substrats mixtes
Rides sédimentaires
0
0,5
1
2 Km

dex.

Méthodologie d’acquisition des données

Données environnementales

Quantification de la **nature du substrat sous BIIGLE 2.0**

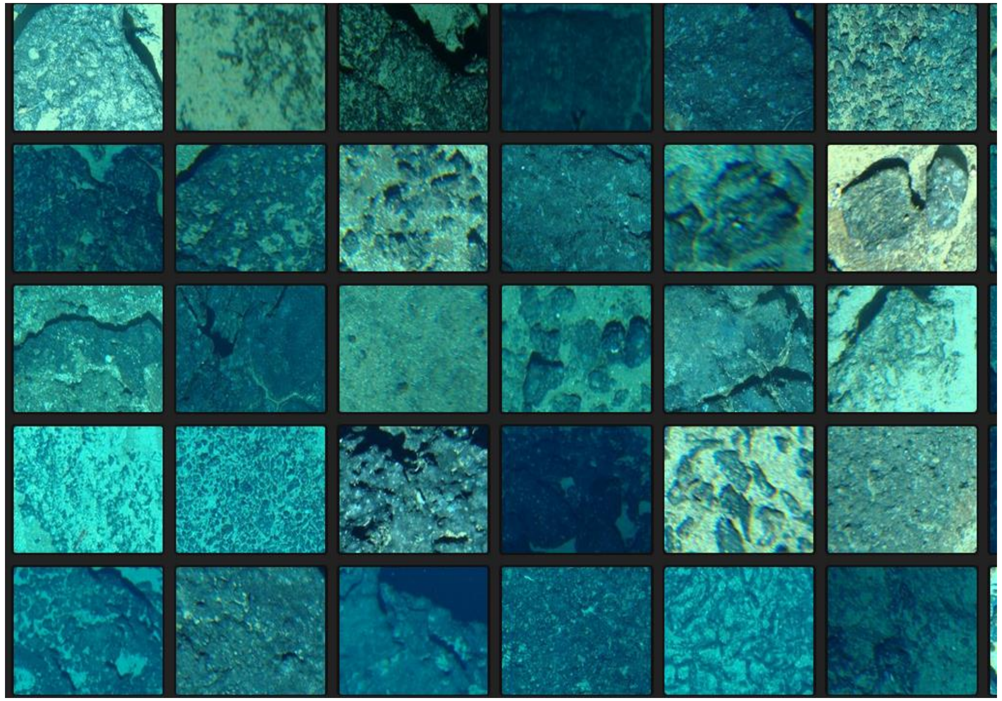


Hétérogénéité du substrat à plus fine échelle (~m) ?
→ % composition substrat / image

Machine learning *(coll. Dr. T. Napoléon, C. Dugard et C. Carcopino) (ISEN Brest).*

5 classes de substrat:
- **Roche volcanique**
- **Roche carbonatée**
- **Gravier**
- **Sédiment meuble**
- **Substrat biogénique**

200 annotations/classe

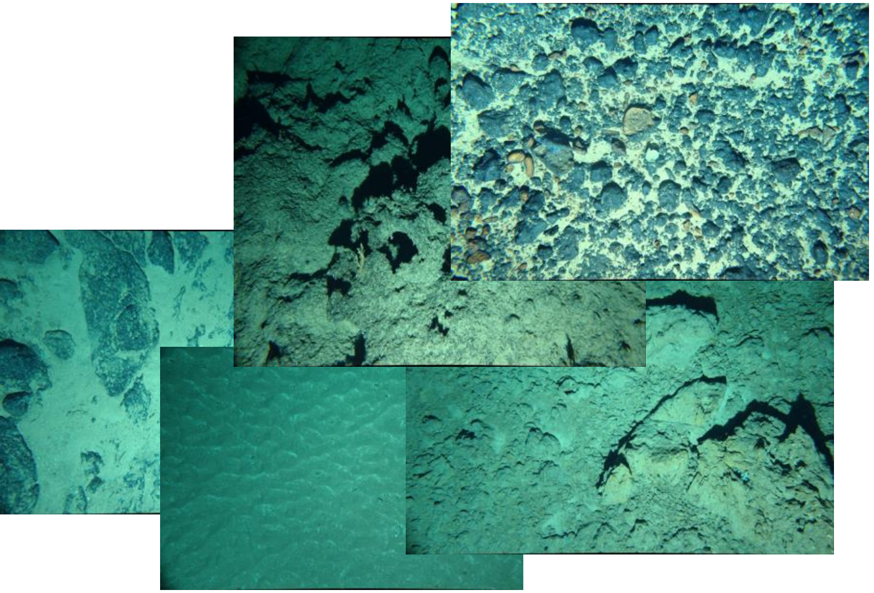


Exemple d’un panel d’annotations de roche volcanique : Outil LARGO (Biigle)

Méthodologie d’acquisition des données

Données environnementales

Quantification de la **nature du substrat sous BIIGLE 2.0**

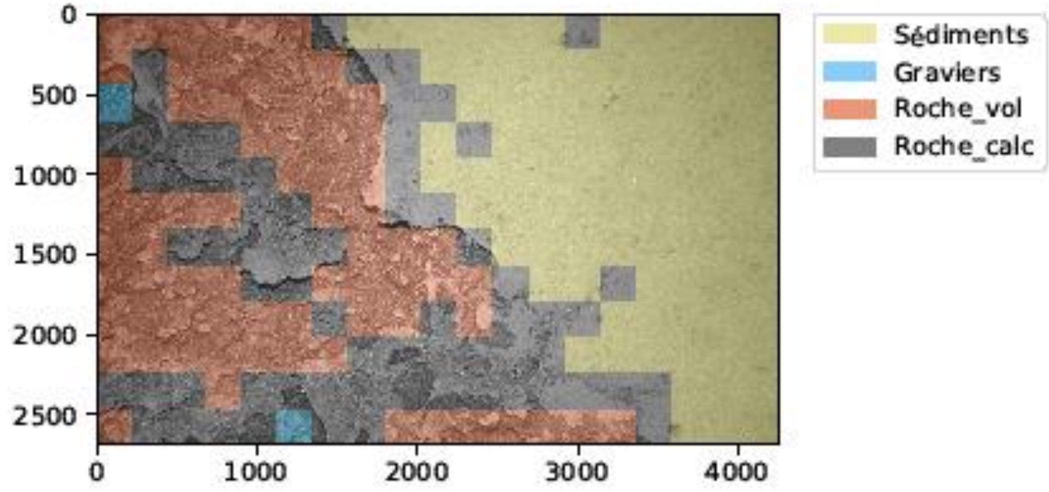


Hétérogénéité du substrat à plus fine échelle (~m) ?
→ **% composition substrat / image**

Machine learning *(coll. Dr. T. Napoléon, C. Dugard et C. Carcopino) (ISEN Brest).*

5 classes de substrat:
- **Roche volcanique**
- **Roche carbonatée**
- **Gravier**
- **Sédiment meuble**
- **Substrat biogénique**

200 annotations/classe

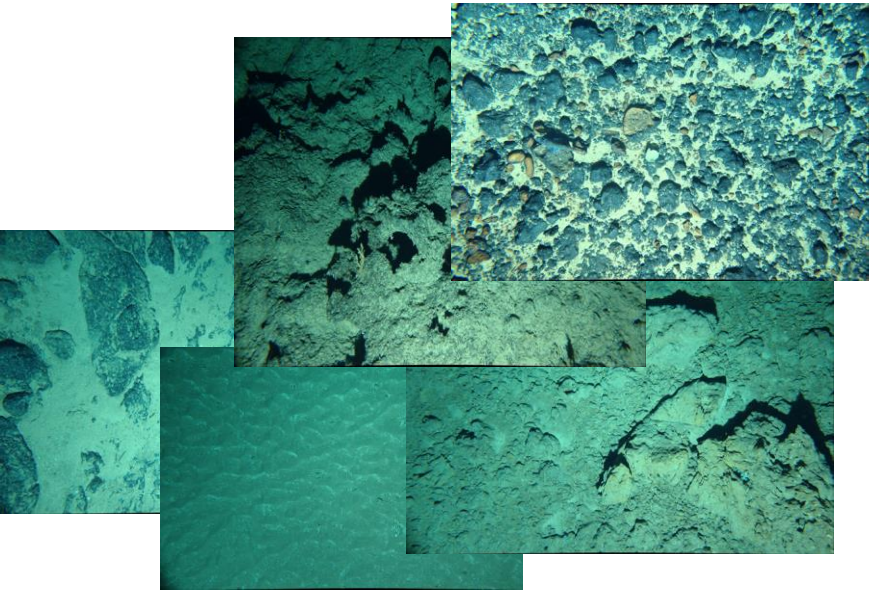


→ accuracy: **80-90%**

Méthodologie d’acquisition des données

Données environnementales

Quantification de la **nature du substrat sous BIIGLE 2.0**



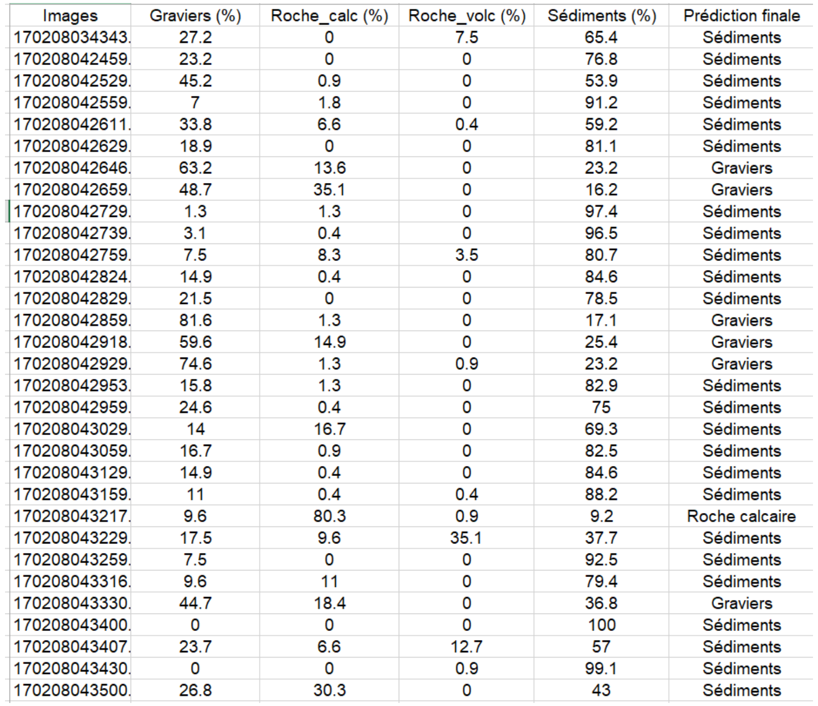
Hétérogénéité du substrat à plus fine échelle (~m) ?
→ % composition substrat / image

Machine learning *(coll. Dr. T. Napoléon, C. Dugard et C. Carcopino) (ISEN Brest).*

5 classes de substrat:

- **Roche volcanique**
- **Roche carbonatée**
- **Gravier**
- **Sédiment meuble**
- **Substrat biogénique**

200 annotations/classe



Images	Graviers (%)	Roche_calc (%)	Roche_volc (%)	Sédiments (%)	Prédiction finale
170208034343.	27.2	0	7.5	65.4	Sédiments
170208042459.	23.2	0	0	76.8	Sédiments
170208042529.	45.2	0.9	0	53.9	Sédiments
170208042559.	7	1.8	0	91.2	Sédiments
170208042611.	33.8	6.6	0.4	59.2	Sédiments
170208042629.	18.9	0	0	81.1	Sédiments
170208042646.	63.2	13.6	0	23.2	Graviers
170208042659.	48.7	35.1	0	16.2	Graviers
170208042729.	1.3	1.3	0	97.4	Sédiments
170208042739.	3.1	0.4	0	96.5	Sédiments
170208042759.	7.5	8.3	3.5	80.7	Sédiments
170208042824.	14.9	0.4	0	84.6	Sédiments
170208042829.	21.5	0	0	78.5	Sédiments
170208042859.	81.6	1.3	0	17.1	Graviers
170208042918.	59.6	14.9	0	25.4	Graviers
170208042929.	74.6	1.3	0.9	23.2	Graviers
170208042953.	15.8	1.3	0	82.9	Sédiments
170208042959.	24.6	0.4	0	75	Sédiments
170208043029.	14	16.7	0	69.3	Sédiments
170208043059.	16.7	0.9	0	82.5	Sédiments
170208043129.	14.9	0.4	0	84.6	Sédiments
170208043159.	11	0.4	0.4	88.2	Sédiments
170208043217.	9.6	80.3	0.9	9.2	Roche calcaire
170208043229.	17.5	9.6	35.1	37.7	Sédiments
170208043259.	7.5	0	0	92.5	Sédiments
170208043316.	9.6	11	0	79.4	Sédiments
170208043330.	44.7	18.4	0	36.8	Graviers
170208043400.	0	0	0	100	Sédiments
170208043407.	23.7	6.6	12.7	57	Sédiments
170208043430.	0	0	0.9	99.1	Sédiments
170208043500.	26.8	30.3	0	43	Sédiments

Résultats des prédictions: format .csv

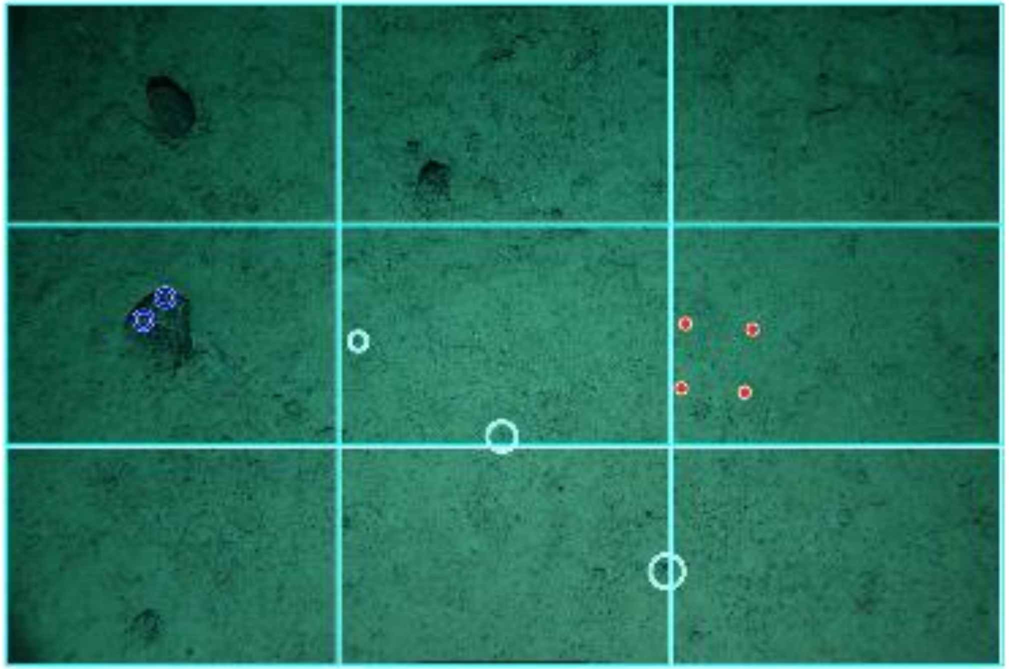
Méthodologie d'acquisition des données

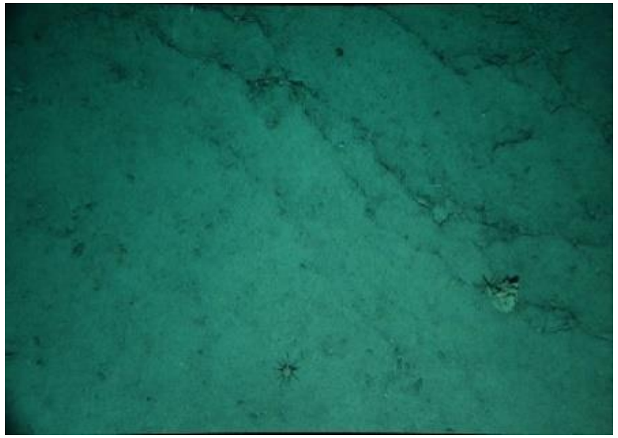
Données **environnementales**

Quantification de la **nature et TAILLE du substrat sous BIIGLE 2.0**

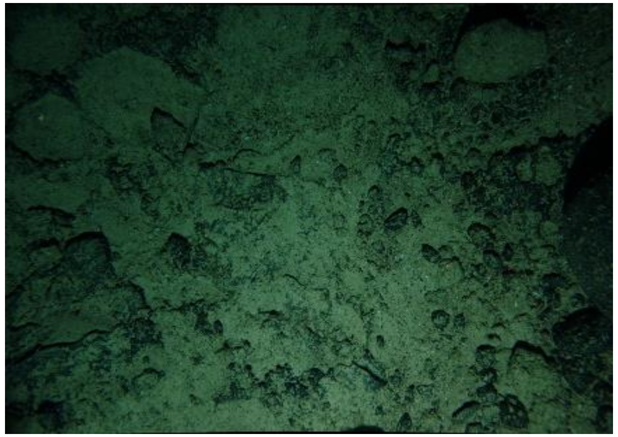
Création d'un **catalogue de substrat** de référence:

- **Classes de taille** (d'après Wentworth, 1922) (pres/abs)

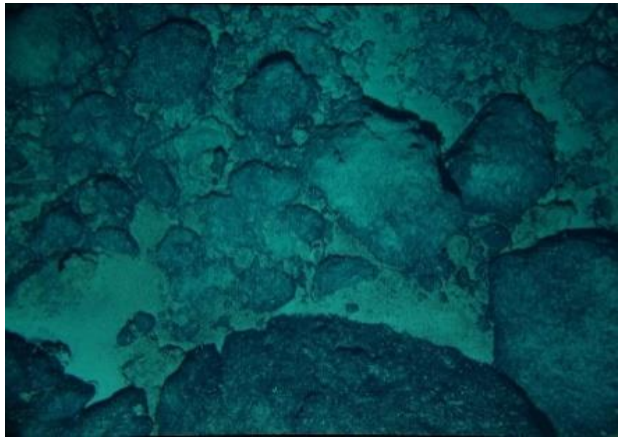




Bedrock



Cobbles + Sediment



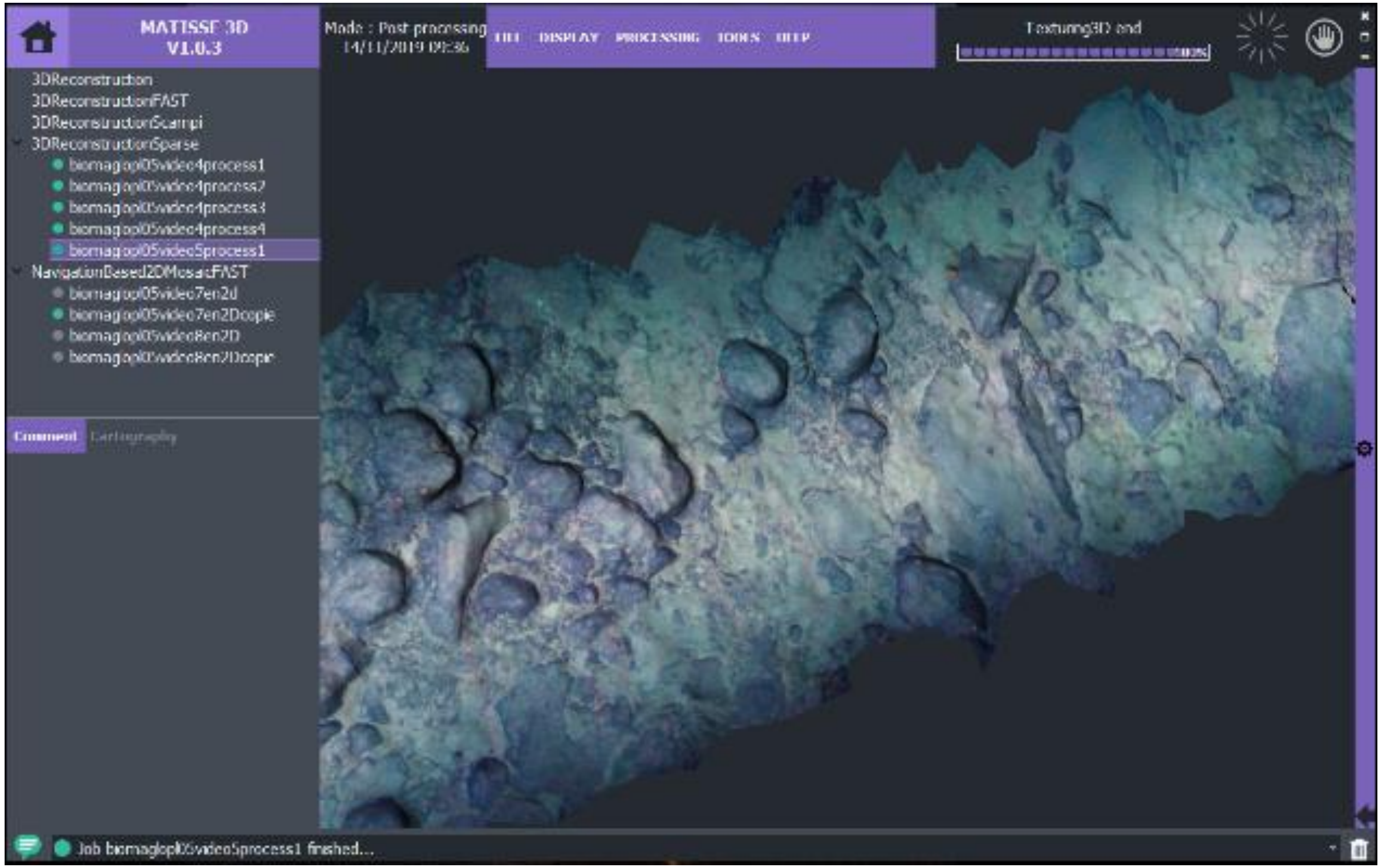
Boulders + Sediment

Méthodologie d'acquisition des données

Données **environnementales**

Quantification de la **rugosité et pente à très fine** échelle (res. ~10cm)

Reconstruction en **Mosaïque 3D des transects** *(logiciel **MATISSE 3D)** (dev. A. Arnaubec, ifremer).*


MATISSE 3D
V1.0.3
FILE
DISPLAY
PROCESSING
TOOLS
HELP
Texturing3D end
100%
3DReconstruction
3DReconstructionFAST
3DReconstructionScampi
3DReconstructionSparse
biomaglopl05video4process1
biomaglopl05video4process2
biomaglopl05video4process3
biomaglopl05video4process4
biomaglopl05video5process1
NavigationBased2DMosaicFAST
biomaglopl05video7en2d
biomaglopl05video7en2Dcopie
biomaglopl05video8en2D
biomaglopl05video8en2Dcopie
Comment
Cartography

Mode : Post processing
14/11/2019 09:36

Job biomaglopl05video5process1 finished...

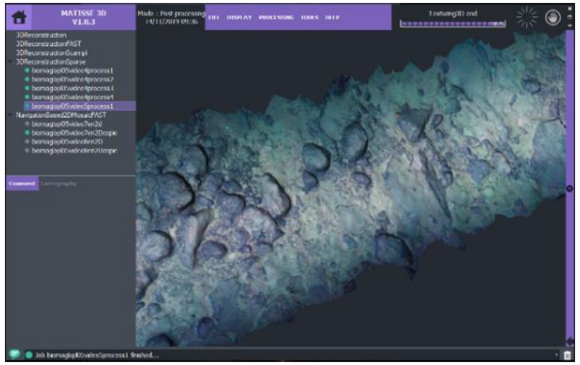
Mosaique 3D d'une portion de plongée. Mise en evidence des blocs rocheux volcaniques, sédiment, hétérogénéité du relief.

Méthodologie d’acquisition des données

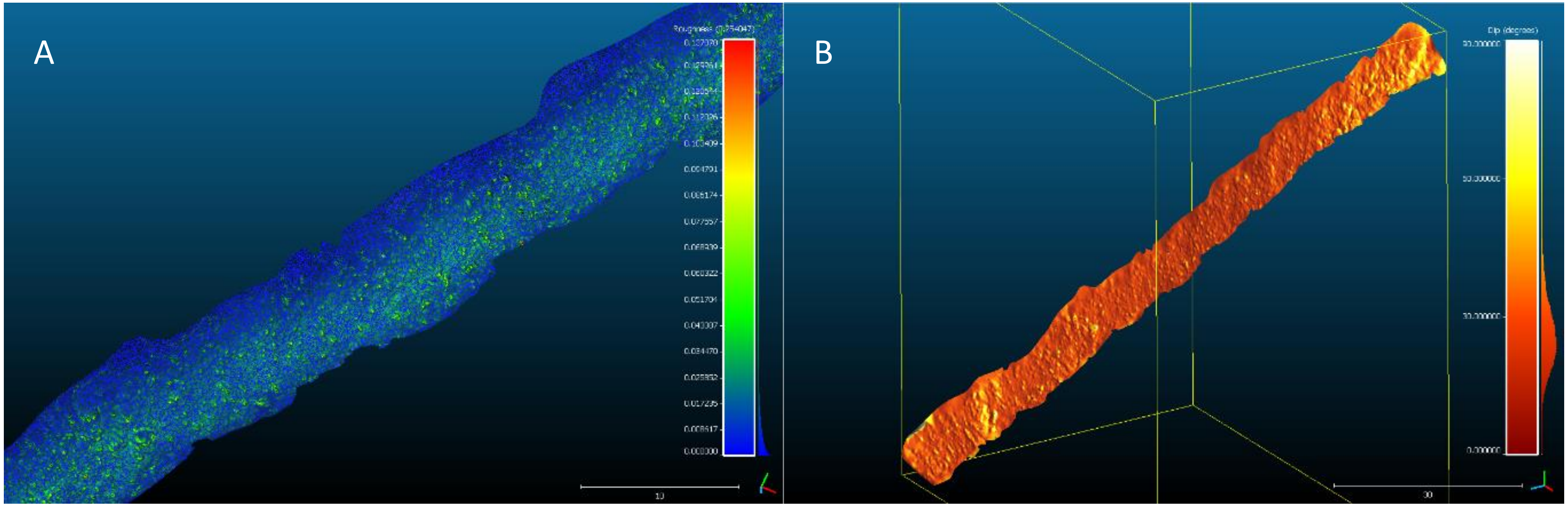
Données environnementales

Quantification de la **rugosité et pente à très fine** échelle (res. ~10cm)

Reconstruction en **Mosaïque 3D des transects** *(logiciel **MATISSE 3D)** (dev. A. Arnaubec, ifremer).*


MATISSE 3D
V1.0.3

Mesure: **rugosité** (A), **pente** (B) *(logiciel **CloudCompare**).*

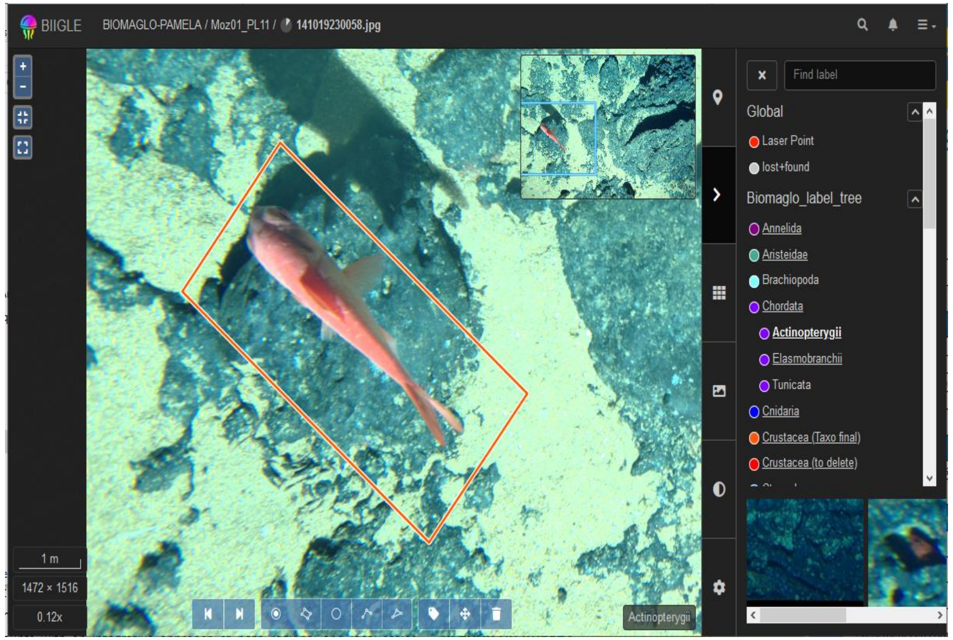

A
Roughness (0.254047)
0.137870
0.129261
0.120644
0.112026
0.103409
0.094791
0.086174
0.077557
0.068939
0.060322
0.051704
0.043087
0.034470
0.025852
0.017235
0.008617
0.000000
10
B
Dip (degrees)
90.000000
60.000000
30.000000
0.000000
30

Méthodologie d’acquisition des données

Données biologiques

Classification et identification de la faune sur les images

Imagerie: **résolution taxonomique limitée**
Identification par « morphotype »
→ **Subjectivité, manque de cadre taxonomique**


BIIGLE
BIOMAGLO-PAMELA / Moz01_PL11 / 141019230058.jpg
Find label
Global
Laser Point
lost+found
Biomaglo_label_tree
Annelida
Aristeidae
Brachiopoda
Chordata
Actinopterygii
Elasmobranchii
Tunicata
Cnidaria
Crustacea (Taxo final)
Crustacea (to delete)
1 m
1472 × 1516
0.12x
Actinopterygii

→ MAIA: outil de machine learning pour la classification semi-automatique de la faune

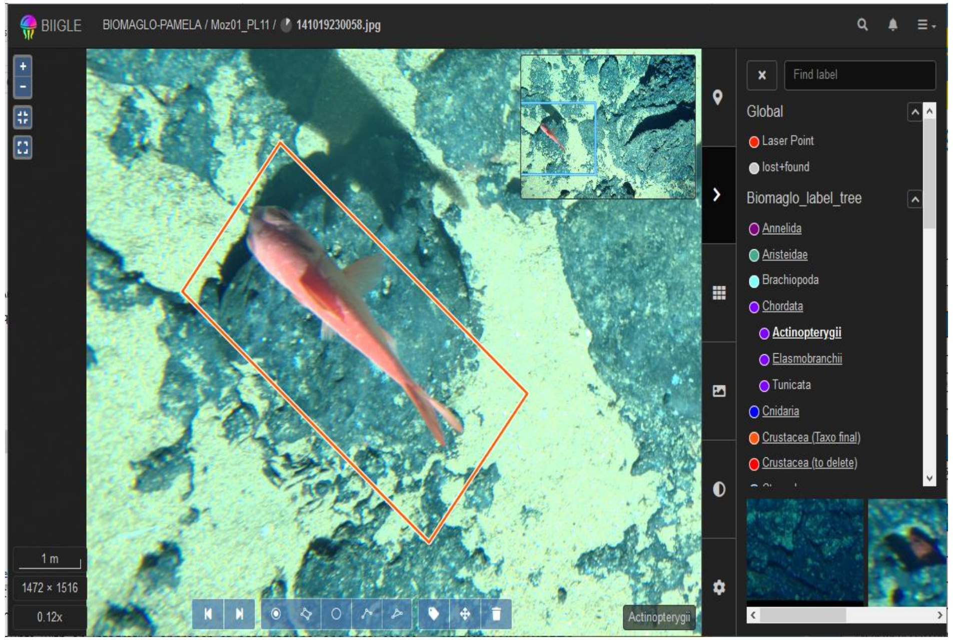
1) Annotation géoréférencée à faible niveau taxonomique (Phylum, Classe)

Méthodologie d’acquisition des données

Données biologiques

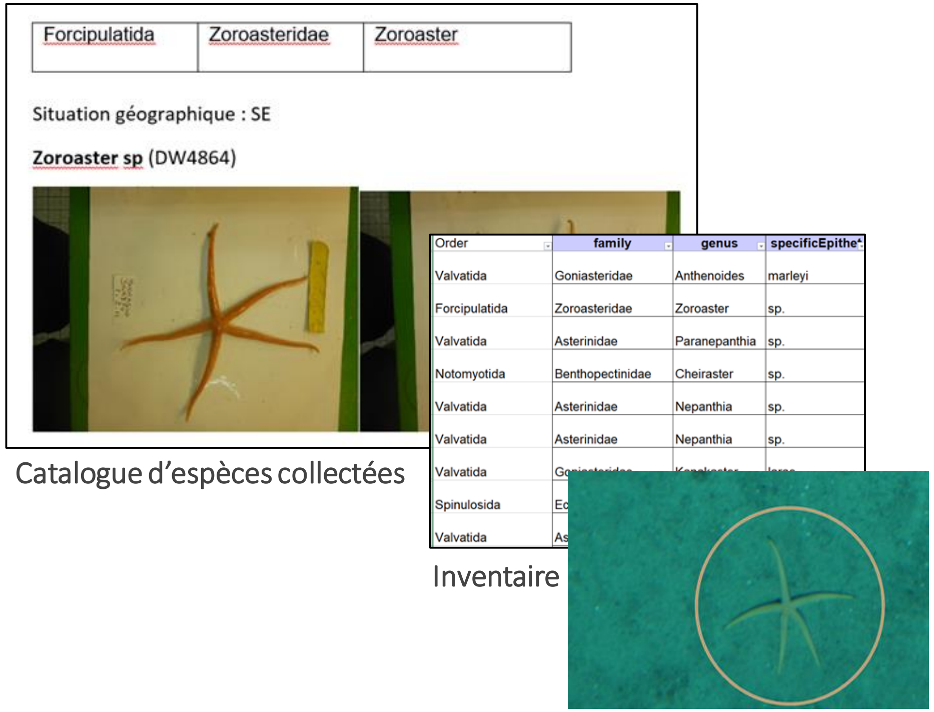
Classification et identification de la faune sur les images

Imagerie: **résolution taxonomique limitée**
Identification par « morphotype »
→ **Subjectivité, manque de cadre taxonomique**


BIIGLE
BIOMAGLO-PAMELA / Moz01_PL11 / 141019230058.jpg
Find label
Global
Laser Point
lost+found
Biomaglo_label_tree
Annelida
Aristeidae
Brachiopoda
Chordata
Actinopterygii
Elasmobranchii
Tunicata
Cnidaria
Crustacea (Taxo final)
Crustacea (to delete)
1 m
1472 × 1516
0.12x
Actinopterygii

→ MAIA: outil de machine learning pour la classification semi-automatique de la faune

Réseau de taxonomistes.
Méthodologie complémentaire:
→ **Images + collectes** d’organismes



Forcipulatida	Zoroasteridae	Zoroaster

Situation géographique : SE

Zoroaster sp (DW4864)

Catalogue d’espèces collectées

Order	family	genus	specificEpithe
Valvatida	Goniasteridae	Anthenoides	marleyi
Forcipulatida	Zoroasteridae	Zoroaster	sp.
Valvatida	Asterinidae	Paranepanthia	sp.
Notomyotida	Benthopectinidae	Cheiraster	sp.
Valvatida	Asterinidae	Nepanthia	sp.
Valvatida	Asterinidae	Nepanthia	sp.
Valvatida	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Spinulosida	Ec		
Valvatida	As		

Inventaire

Photo-taxa

1) **Annotation géoréférencée à faible niveau taxonomique (Phylum, Classe)**

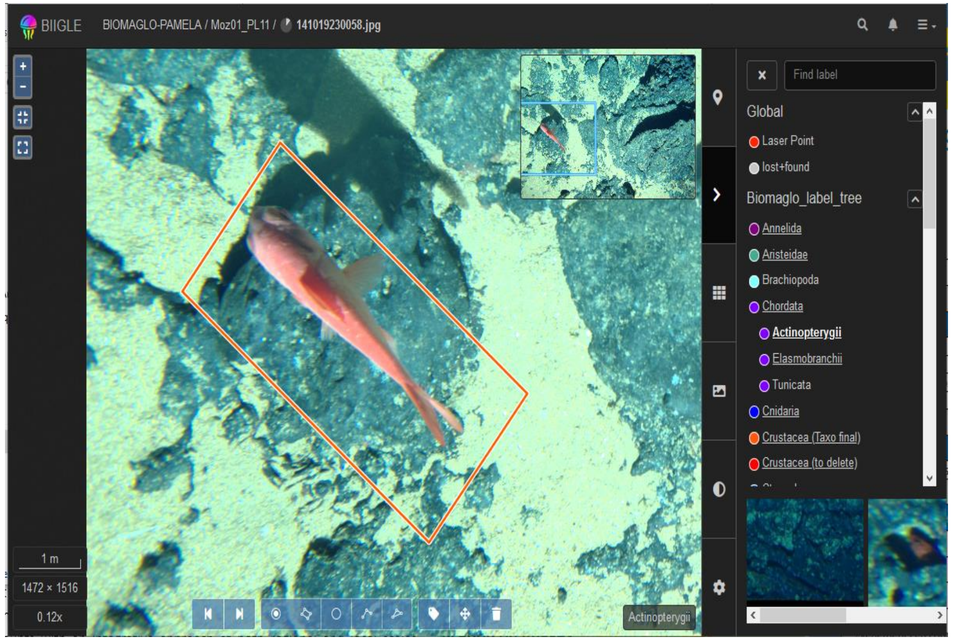
2) **Précision des identifications à l’aide des échantillons collectés → outil *LARGO (Biigle)* de révision/classification des annotations**

Méthodologie d’acquisition des données

Données **biologiques**

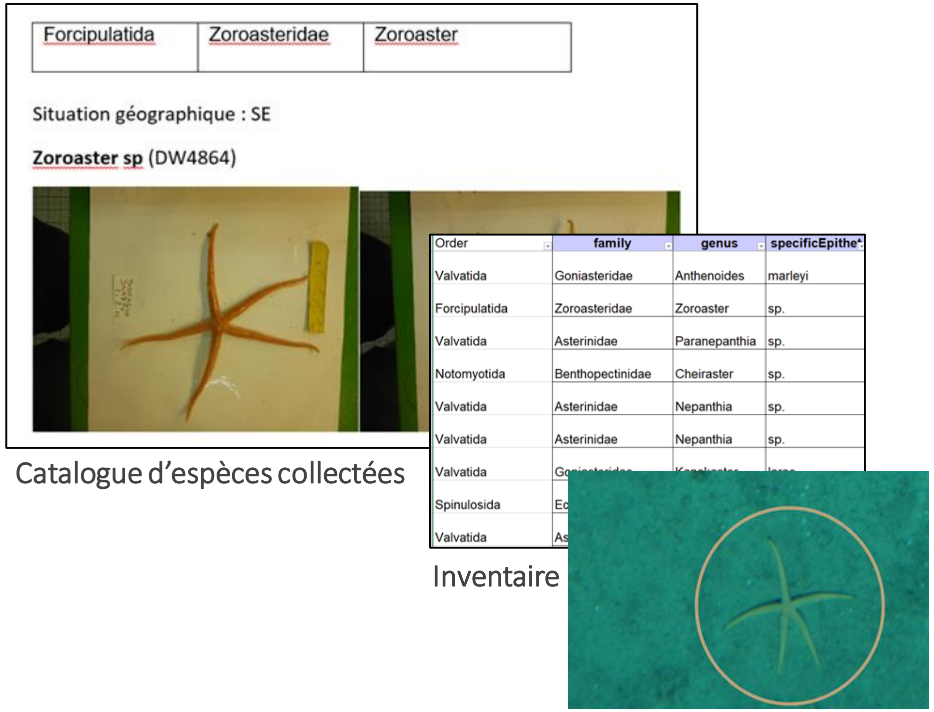
Classification et identification de la faune sur les images

Imagerie: **résolution taxonomique limitée**
Identification par « morphotype »
→ **Subjectivité, manque de cadre taxonomique**


BIIGLE
BIOMAGLO-PAMELA / Moz01_PL11 / 141019230058.jpg
Find label
Global
Laser Point
lost+found
Biomaglo_label_tree
Annelida
Aristeidae
Brachiopoda
Chordata
Actinopterygii
Elasmobranchii
Tunicata
Cnidaria
Crustacea (Taxo final)
Crustacea (to delete)
1 m
1472 × 1516
0.12x
Actinopterygii

→ MAIA: outil de machine learning pour la classification semi-automatique de la faune

Réseau de taxonomistes.
Méthodologie complémentaire:
→ **Images + collectes** d’organismes



Forcipulatida	Zoroasteridae	Zoroaster

Situation géographique : SE

Zoroaster sp (DW4864)

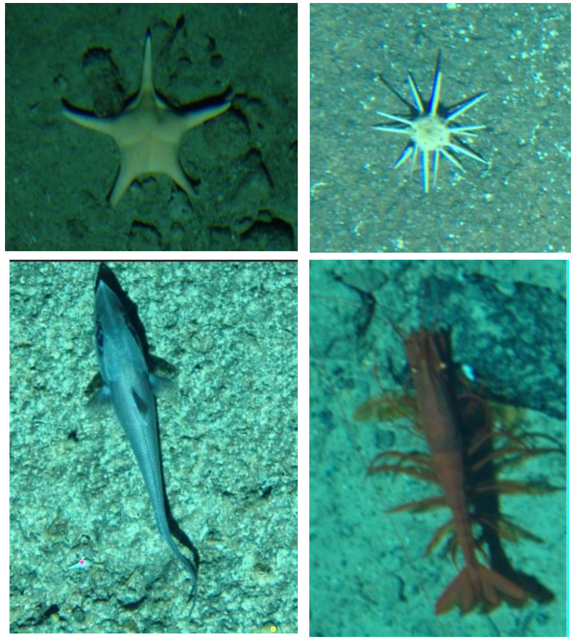
Catalogue d’espèces collectées

Order	family	genus	specificEpithet
Valvatida	Goniasteridae	Anthenoides	marleyi
Forcipulatida	Zoroasteridae	Zoroaster	sp.
Valvatida	Asterinidae	Paranepanthia	sp.
Notomyotida	Benthopectinidae	Cheiraster	sp.
Valvatida	Asterinidae	Nepanthia	sp.
Valvatida	Asterinidae	Nepanthia	sp.
Valvatida	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Spinulosida	Ec		
Valvatida	As		

Inventaire

Photo-taxa

Cibler des taxons favorables
Déterminer des critères diagnostiques (morpho., profondeur, substrat etc.)



1) Annotation géoréférencée à faible niveau taxonomique (Phylum, Classe)

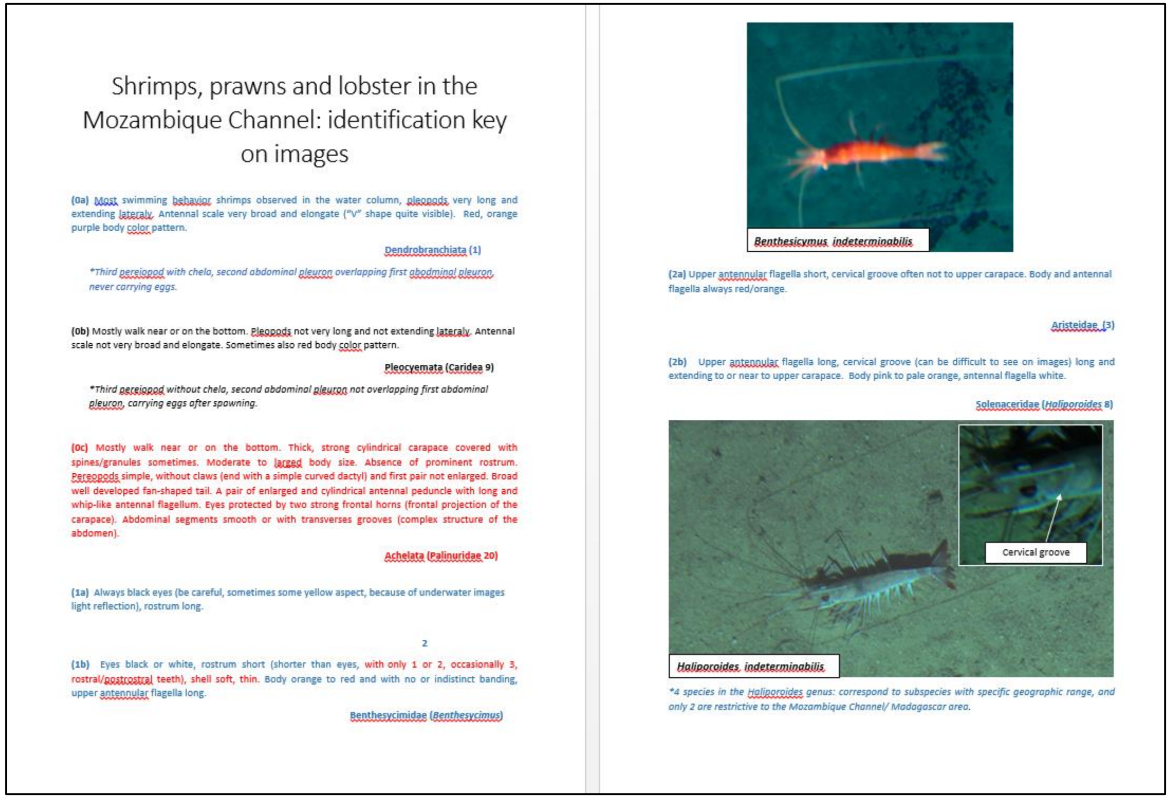
2) Précision des identifications à l’aide des échantillons collectés → outil *LARGO (Biigle)* de révision/classification des annotations

3) Clés d’identification adaptées à l’imagerie

Méthodologie d’acquisition des données

Données biologiques

Clés d’identifications adaptées aux images.



Shrimps, prawns and lobster in the Mozambique Channel: identification key on images

(0a) Most swimming behavior shrimps observed in the water column, pleopods very long and extending lateraly. Antennal scale very broad and elongate ("V" shape quite visible). Red, orange purple body color pattern.

Dendrobranchiata (1)

**Third pereiopod with chela, second abdominal pleuron overlapping first abodminal pleuron, never carrying eggs.*

(0b) Mostly walk near or on the bottom. Pleopods not very long and not extending lateraly. Antennal scale not very broad and elongate. Sometimes also red body color pattern.

Pleocyemata (Caridea 9)

**Third pereiopod without chela, second abdominal pleuron not overlapping first abdominal pleuron, carrying eggs after spawning.*

(0c) Mostly walk near or on the bottom. Thick, strong cylindrical carapace covered with spines/granules sometimes. Moderate to larged body size. Absence of prominent rostrum. Pereopods simple, without claws (end with a simple curved dactyl) and first pair not enlarged. Broad well developed fan-shaped tail. A pair of enlarged and cylindrical antennal peduncle with long and whip-like antennal flagellum. Eyes protected by two strong frontal horns (frontal projection of the carapace). Abdominal segments smooth or with transverses grooves (complex structure of the abdomen).

Achelata (Palinuridae 20)

(1a) Always black eyes (be careful, sometimes some yellow aspect, because of underwater images light reflection), rostrum long.

2

(1b) Eyes black or white, rostrum short (shorter than eyes, with only 1 or 2, occasionally 3, rostral/postrostral teeth), shell soft, thin. Body orange to red and with no or indistinct banding, upper antennular flagella long.

Benthesycimidae (*Benthesycimus*)

Benthesicymus indeterminabilis

(2a) Upper antennular flagella short, cervical groove often not to upper carapace. Body and antennal flagella always red/orange.

Aristeidae (3)

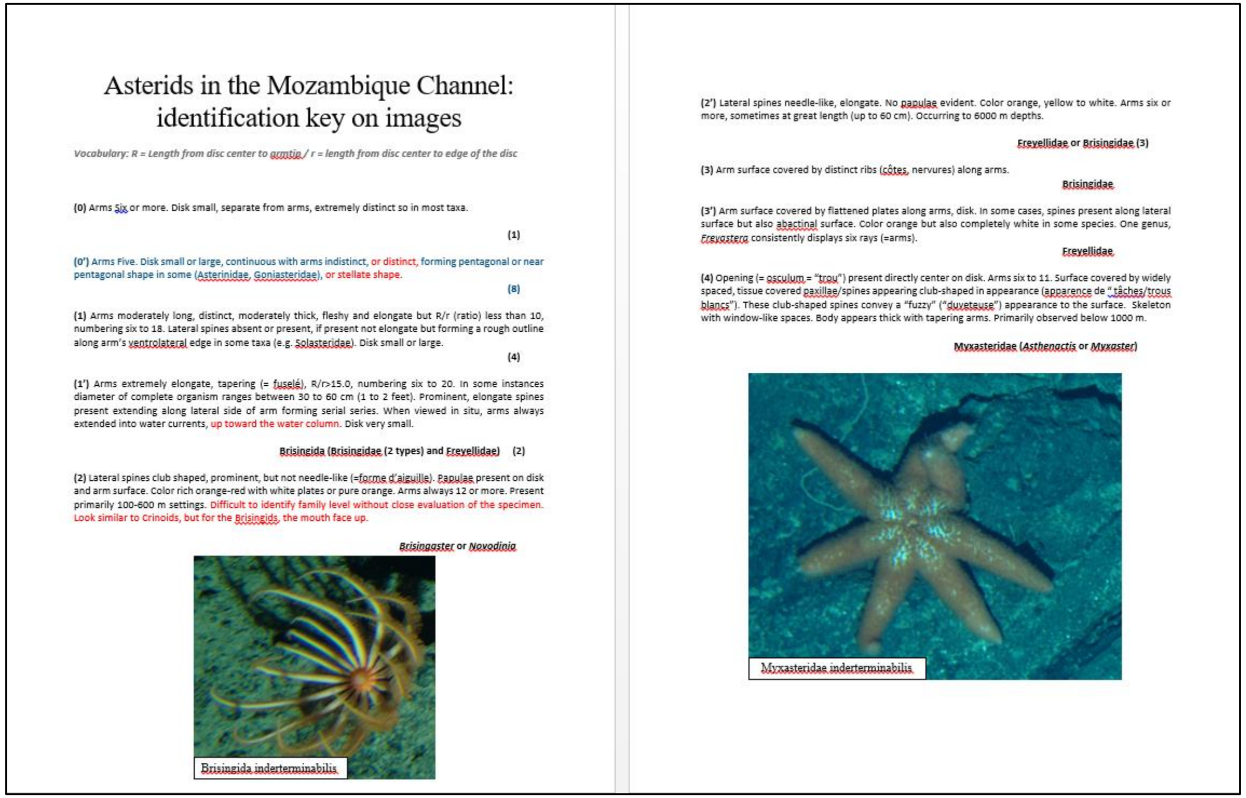
(2b) Upper antennular flagella long, cervical groove (can be difficult to see on images) long and extending to or near to upper carapace. Body pink to pale orange, antennal flagella white.

Solenaceridae (*Haliporoides* 8)

Cervical groove

Haliporoides indeterminabilis

**4 species in the Haliporoides genus: correspond to subspecies with specific geographic range, and only 2 are restrictive to the Mozambique Channel/ Madagascar area.*



Asterids in the Mozambique Channel: identification key on images

Vocabulary: R = Length from disc center to armtip / r = length from disc center to edge of the disc

(0) Arms Six or more. Disk small, separate from arms, extremely distinct so in most taxa.

(1)

(0’) Arms Five. Disk small or large, continuous with arms indistinct, or distinct, forming pentagonal or near pentagonal shape in some (Asterinidae, Goniasteridae), or stellate shape.

(8)

(1) Arms moderately long, distinct, moderately thick, fleshy and elongate but R/r (ratio) less than 10, numbering six to 18. Lateral spines absent or present, if present not elongate but forming a rough outline along arm’s ventrolateral edge in some taxa (e.g. Solasteridae). Disk small or large.

(4)

(1’) Arms extremely elongate, tapering (= fuselé), R/r>15.0, numbering six to 20. In some instances diameter of complete organism ranges between 30 to 60 cm (1 to 2 feet). Prominent, elongate spines present extending along lateral side of arm forming serial series. When viewed in situ, arms always extended into water currents, up toward the water column. Disk very small.

Brisingida (Brisingidae (2 types) and Freyellidae) (2)

(2) Lateral spines club shaped, prominent, but not needle-like (=forme d’aiguille). Papulae present on disk and arm surface. Color rich orange-red with white plates or pure orange. Arms always 12 or more. Present primarily 100-600 m settings. Difficult to identify family level without close evaluation of the specimen. Look similar to Crinoids, but for the Brisingids, the mouth face up.

Brisingaster* or *Novodinia

Brisingida inderterminabilis

(2’) Lateral spines needle-like, elongate. No papulae evident. Color orange, yellow to white. Arms six or more, sometimes at great length (up to 60 cm). Occurring to 6000 m depths.

Freyellidae or Brisingidae (3)

(3) Arm surface covered by distinct ribs (côtes, nervures) along arms.

Brisingidae

(3’) Arm surface covered by flattened plates along arms, disk. In some cases, spines present along lateral surface but also abactinal surface. Color orange but also completely white in some species. One genus, *Freyastera* consistently displays six rays (=arms).

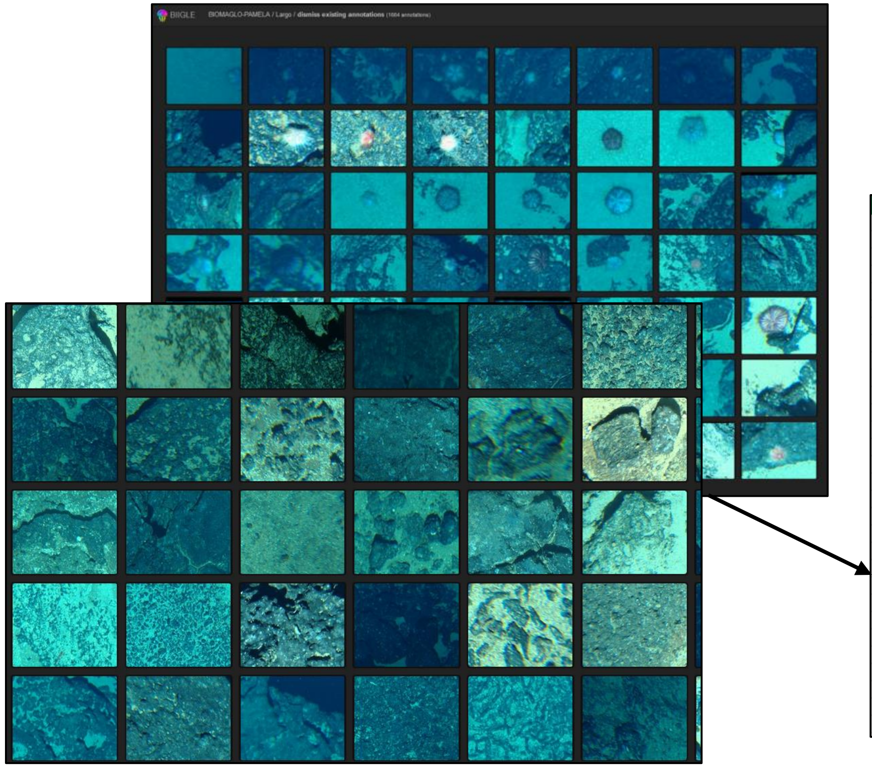
Freyellidae

(4) Opening (= osculum = “trou”) present directly center on disk. Arms six to 11. Surface covered by widely spaced, tissue covered paxillae/spines appearing club-shaped in appearance (apparence de “ tâches/trous blancs”). These club-shaped spines convey a “fuzzy” (“duveteuse”) appearance to the surface. Skeleton with window-like spaces. Body appears thick with tapering arms. Primarily observed below 1000 m.

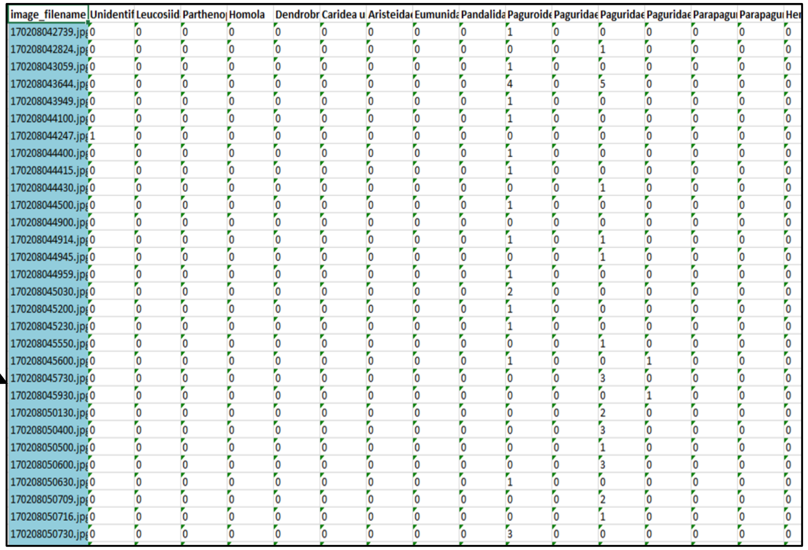
Myxasteridae (*Asthenactis* or *Myxaster*)

Myxasteridae inderterminabilis

Intégration et export des données pour analyse et cartographie

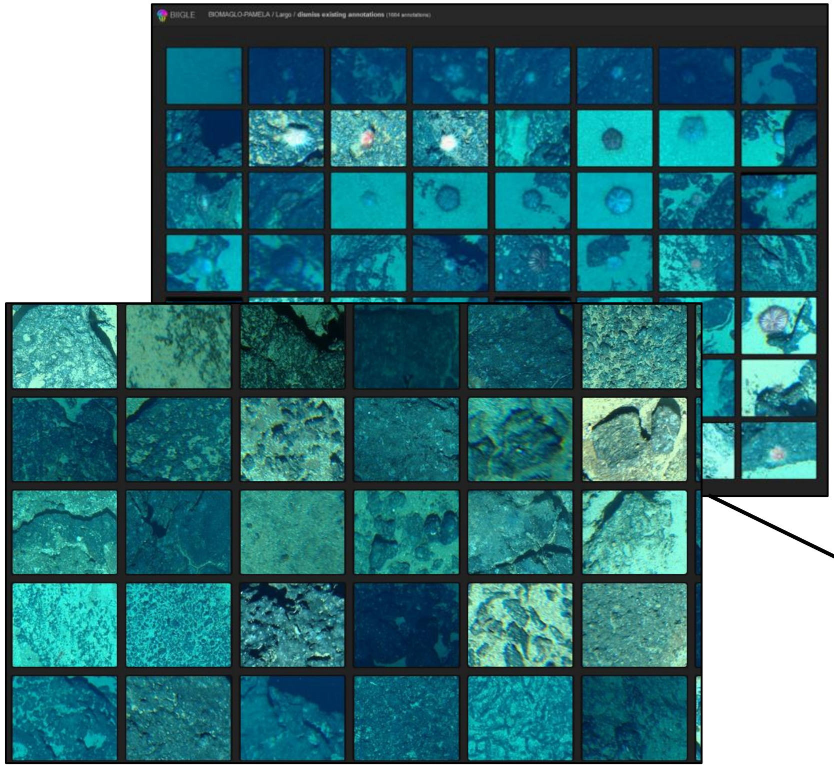

BIIGLE
BIOMAGLO-PAMELA / Largo / dismiss existing annotations (1664 annotations)

Nouveau format d’export Biigle .csv : matrice de communauté (faune) / matrice environnementale (substrat)

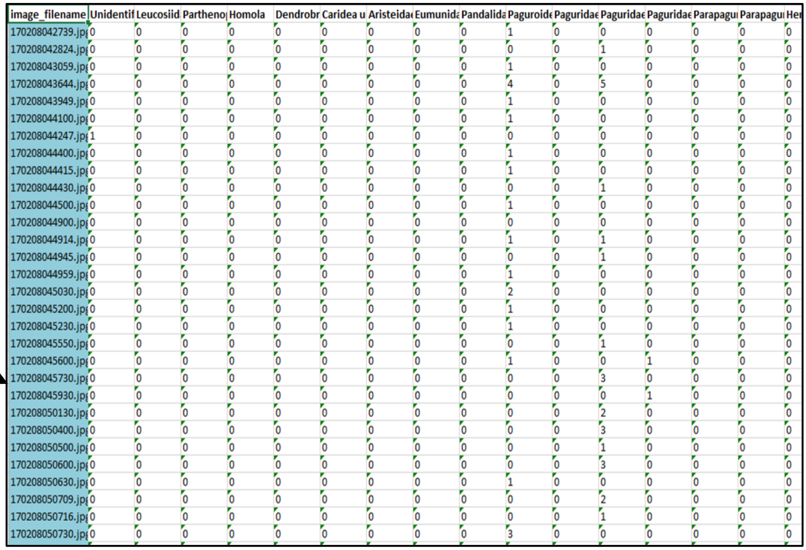


image_filename	Unidentif	Leucosiid	Partheno	Homola	Dendrobr	Caridea u	Aristeida	Eumunida	Pandalida	Paguroide	Paguridae	Paguridae	Paguridae	Parapagu	Parapagu	Her
170208042739.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208042824.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
170208043059.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208043644.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	5	0	0	0	0
170208043949.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208044100.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208044247.jp	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170208044400.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208044415.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208044430.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
170208044500.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208044900.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170208044914.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
170208044945.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
170208044959.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208045030.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
170208045200.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208045230.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208045550.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
170208045600.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
170208045730.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
170208045930.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
170208050130.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
170208050400.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
170208050500.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
170208050600.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
170208050630.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208050709.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
170208050716.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
170208050730.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0

Intégration et export des données pour analyse et cartographie

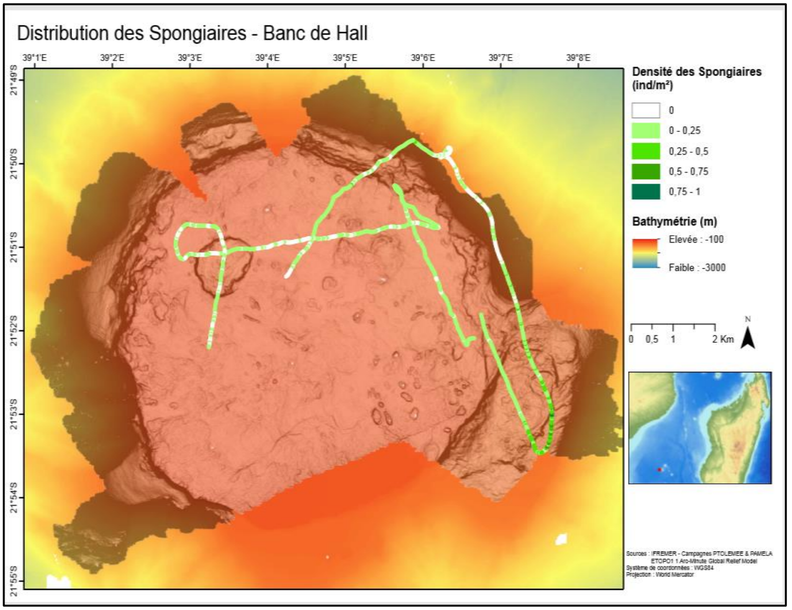

BIIGLE
BIOMAGLO-PAMELA / Largo / **dismiss existing annotations** (1664 annotations)

Nouveau format d'export Biigle .csv : matrice de communauté (faune) / matrice environnementale (substrat)

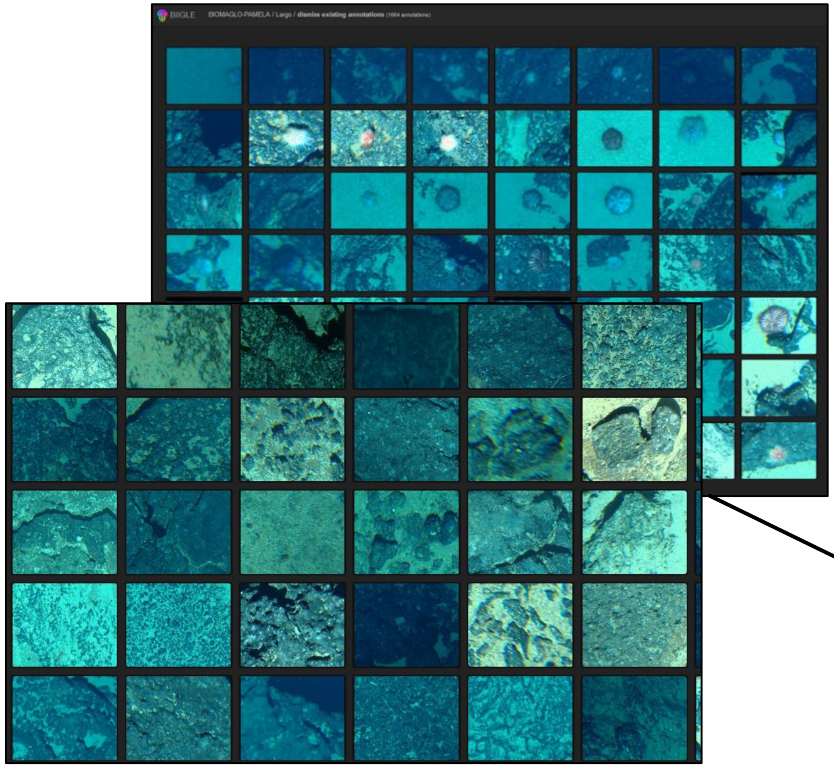


image_filename	Unidentif	Leucosiid	Partheno	Homola	Dendrobr	Caridea u	Aristeida	Eumunida	Pandalida	Paguroide	Paguridae	Paguridae	Paguridae	Parapagu	Parapagu	Her
170208042739.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208042824.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
170208043059.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208043644.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	5	0	0	0	0
170208043949.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208044100.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208044247.jp	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170208044400.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208044415.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208044430.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
170208044500.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208044900.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170208044914.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
170208044945.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
170208044959.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208045030.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
170208045200.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208045230.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208045550.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
170208045600.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
170208045730.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
170208045930.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
170208050130.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
170208050400.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
170208050500.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
170208050600.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
170208050630.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208050709.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
170208050716.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
170208050730.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0

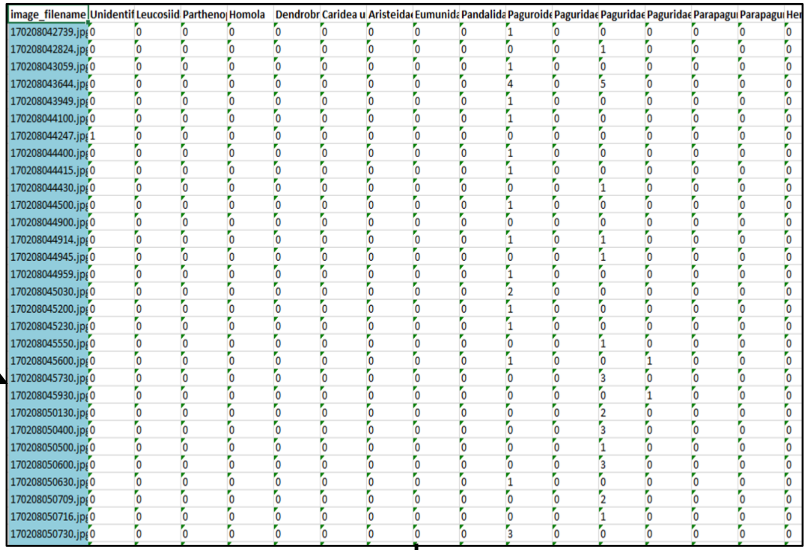
Intégration du fichier .csv dans ArcGIS: *logiciel ADELIE (dev. O. Soubigou, ifremer)* → calcul des densités de faune/polygone 100m2 + cartographie des habitats


Distribution des Spongiaires - Banc de Hall
39°1'E
39°2'E
39°3'E
39°4'E
39°5'E
39°6'E
39°7'E
39°8'E
21°49'S
21°50'S
21°51'S
21°52'S
21°53'S
21°54'S
21°55'S
Densité des Spongiaires (ind/m²)
0
0 - 0,25
0,25 - 0,5
0,5 - 0,75
0,75 - 1
Bathymétrie (m)
Elevée : -100
Faible : -3000
0 0,5 1 2 Km
N
Sources : IFREMER - Campagnes PTOLEMEE & PAMELA
ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model
Système de coordonnées : WGS84
Projection : World Mercator

Intégration et export des données pour analyse et cartographie

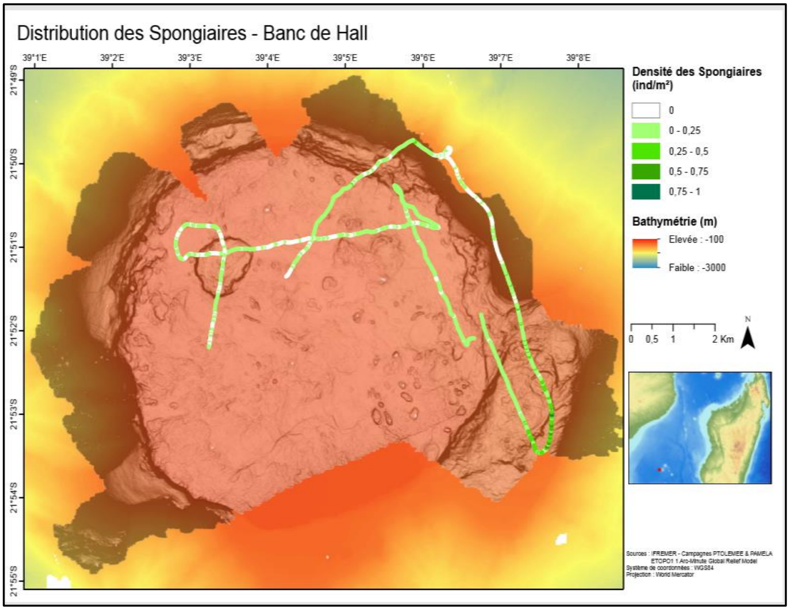

BIIGLE
BIOMAGLO-PAMELA / Largo / dismiss existing annotations (1684 annotations)

Nouveau format d'export Biigle .csv :
matrice de communauté (faune) / matrice environnementale (substrat)

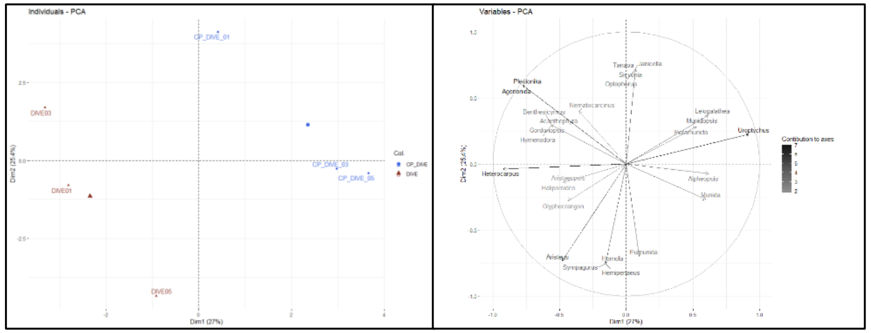


image_filename	Unidentif	Leucosiid	Partheno	Homola	Dendrobr	Caridea u	Aristeida	Eumunida	Pandalida	Paguroide	Paguridae	Paguridae	Paguridae	Parapagu	Parapagu	Her
170208042739.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208042824.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
170208043059.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208043644.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	5	0	0	0	0
170208043949.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208044100.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208044247.jp	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170208044400.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208044415.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208044430.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
170208044500.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208044900.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170208044914.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
170208044945.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
170208044959.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208045030.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
170208045200.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208045230.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208045550.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
170208045600.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
170208045730.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
170208045930.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
170208050130.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
170208050400.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
170208050500.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
170208050600.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
170208050630.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
170208050709.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
170208050716.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
170208050730.jp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0

Intégration du fichier .csv dans ArcGIS:
logiciel ADELIE (dev. O. Soubigou, ifremer)
→ calcul des densités de faune/polygone 100m2 + cartographie des habitats

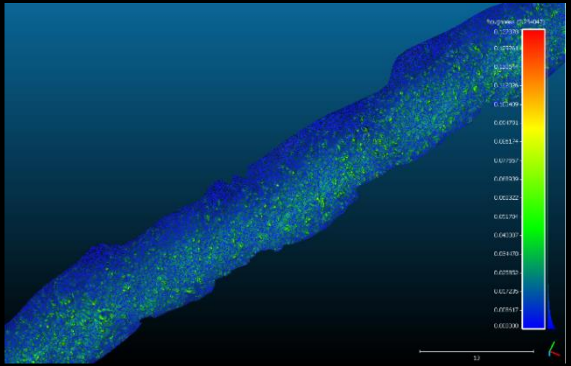

Distribution des Spongiaires - Banc de Hall
39°1'E
39°2'E
39°3'E
39°4'E
39°5'E
39°6'E
39°7'E
39°8'E
21°49'S
21°50'S
21°51'S
21°52'S
21°53'S
21°54'S
21°55'S
Densité des Spongiaires (ind/m²)
0
0 - 0,25
0,25 - 0,5
0,5 - 0,75
0,75 - 1
Bathymétrie (m)
Elevée : -100
Faible : -3000
0
0,5
1
2 Km
N
Sources : IFREMER - Campagnes PTOLEMEE & PAMELA
ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model
Système de coordonnées : WGS84
Projection : World Mercator

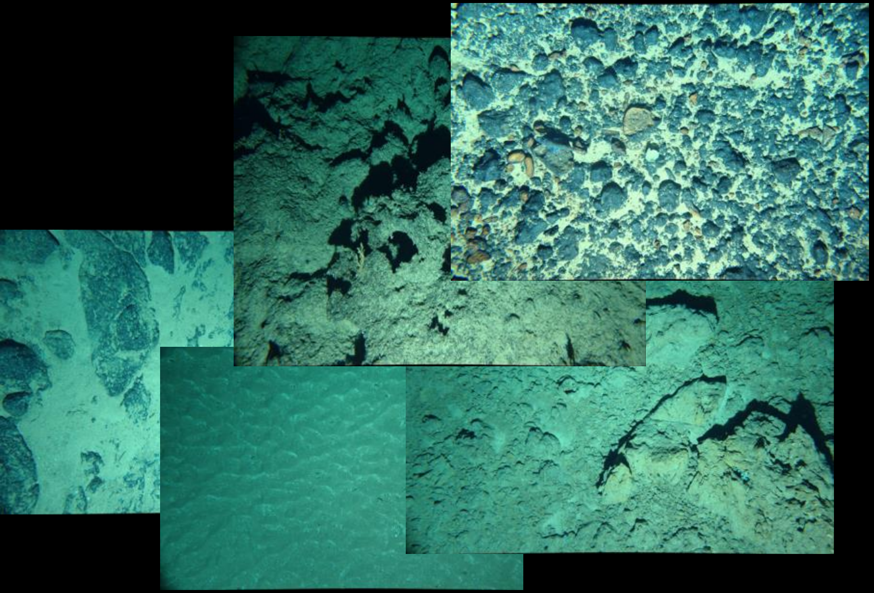
Intégration du fichier .csv dans R: analyses statistiques (écologie numérique des communautés)

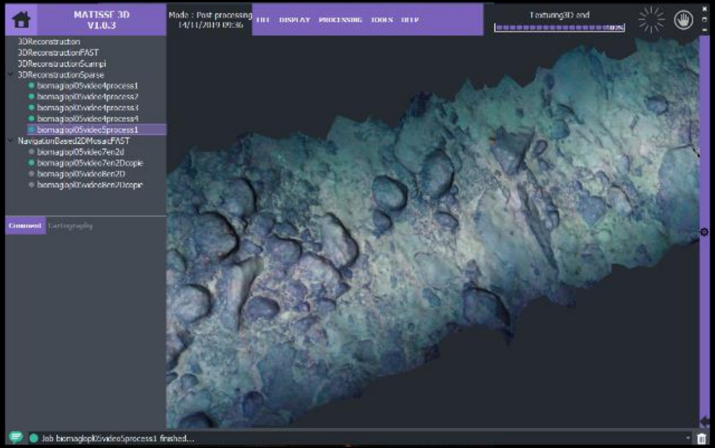


Analyses en cours

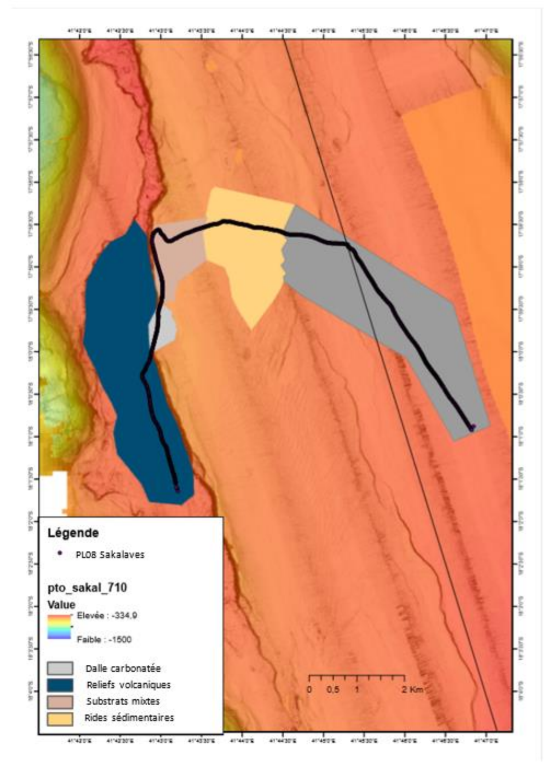
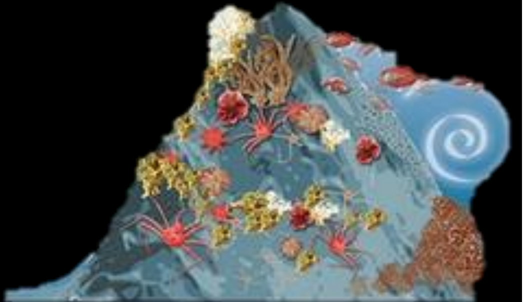
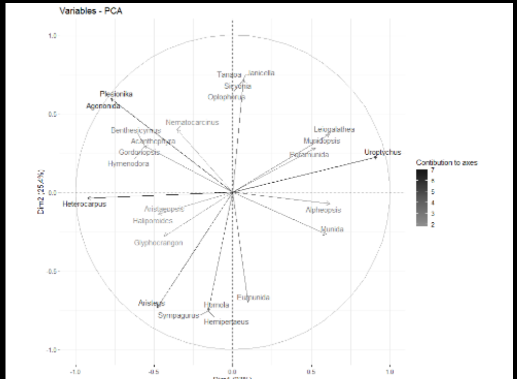
Merci pour votre attention






MATISSE 3D
V1.0.3
Mode : Post processing
14/11/2019 09:36
FILE
DISPLAY
PROCESSING
TOOLS
HELP
Texturing3D end
100%
3DReconstruction
3DReconstructionFAST
3DReconstructionScampi
3DReconstructionSparse
biomaglopl05video4process1
biomaglopl05video4process2
biomaglopl05video4process3
biomaglopl05video4process4
biomaglopl05video5process1
NavigationBased2DMosaicFAST
biomaglopl05video7en2d
biomaglopl05video7en2Dcople
biomaglopl05video8en2D
biomaglopl05video8en2Dcople
Comment
Cartography

Job biomaglopl05video5process1 finished...


Légende
PL08 Sakalaves
pto_sakal_710
Value
Elevée : -334,9
Faible : -1500
Dalle carbonatée
Reliefs volcaniques
Substrats mixtes
Rides sédimentaires
0
0.5
1
2 Km