



Le meilleur des deux mondes ? Des annotations 2D à la construction de représentations 3D du paysage

Marin Marcillat, Marcos Vinicius Barros Da Silva, Karine Olu, Thibault Napoléon, Maria Luisa Pica, Lenaïck Menot

IFREMER - BEEP - LEP

Imm=1600.0m
1600.0

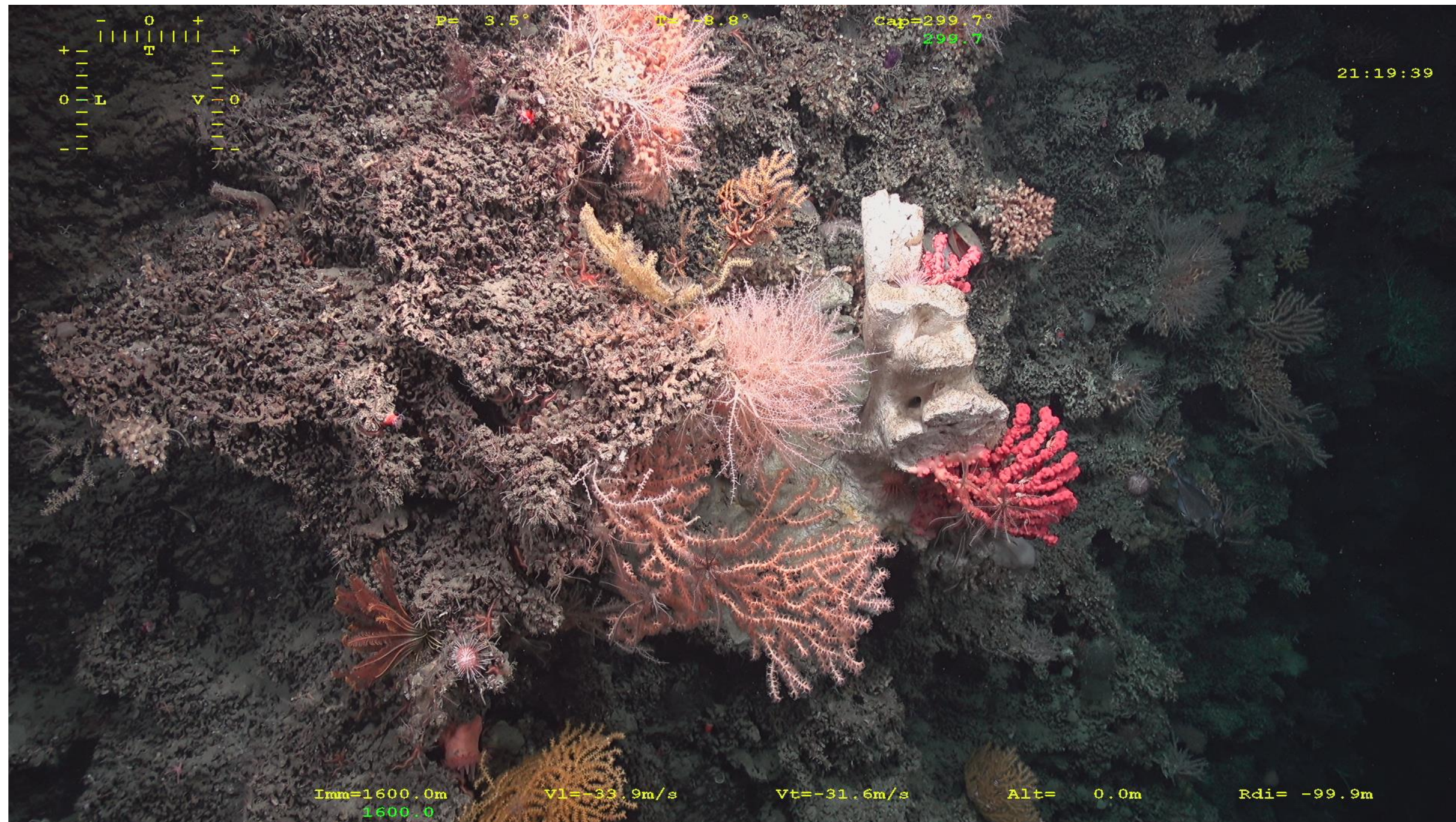
Vl=-33.9m/s

Vt=-31.6m/s

Alt= 0.0m

Rdi= -99.9m

Coraux d'eau froide (CWC)

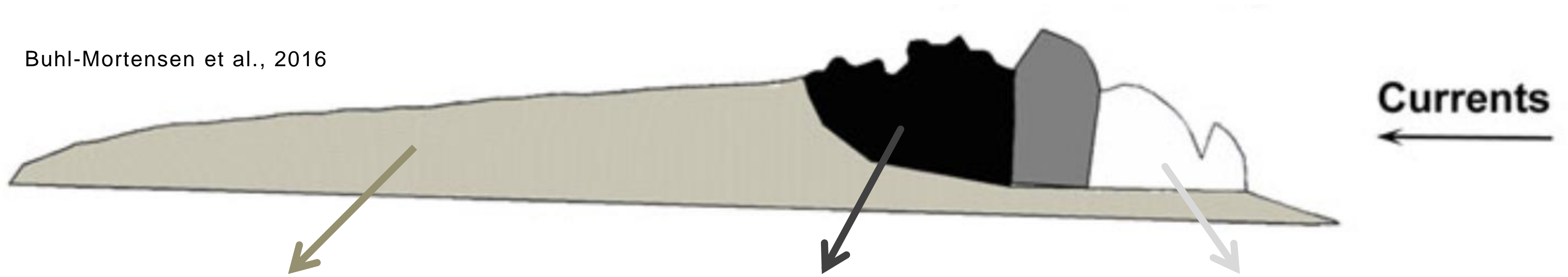


- **Habitats 3D complexes**
 - Espèces “clé de voute”
 - Abris, habitat, nursery



Schéma de zonation

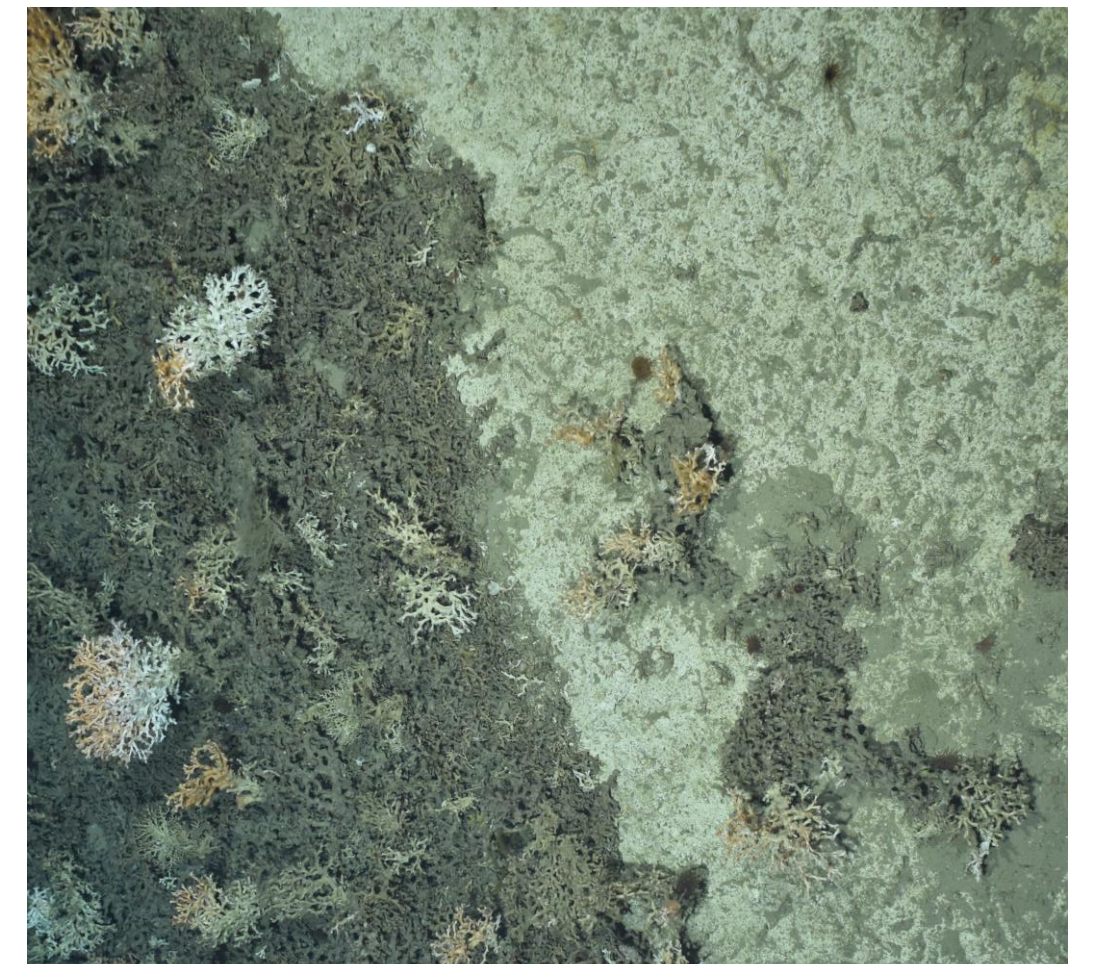
Buhl-Mortensen et al., 2016



Débris coraliens

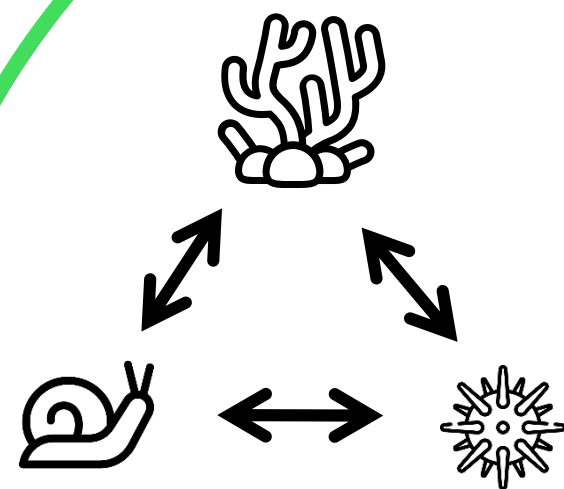


Coraux morts

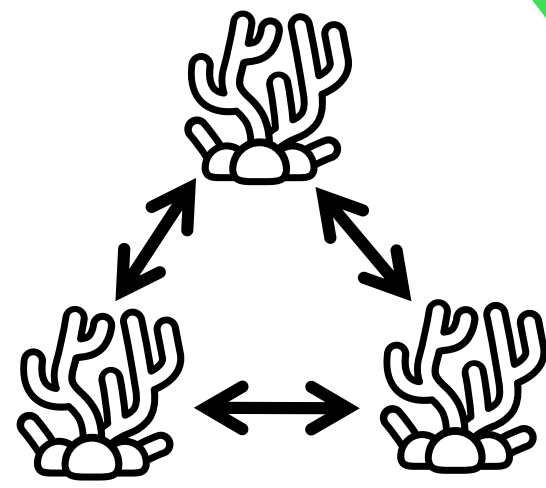


Colonies vivantes

Intéractions structurantes



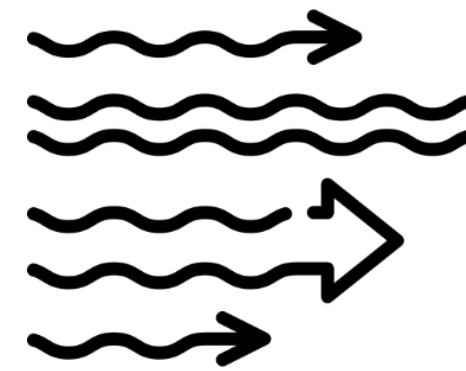
Inter-specific interactions



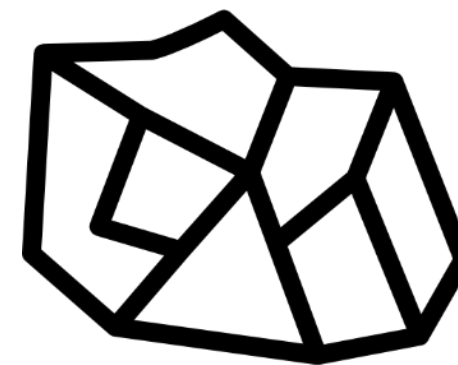
Intra-specific interactions

- Facilitation, commensalism, symbiosis, competition, predation...

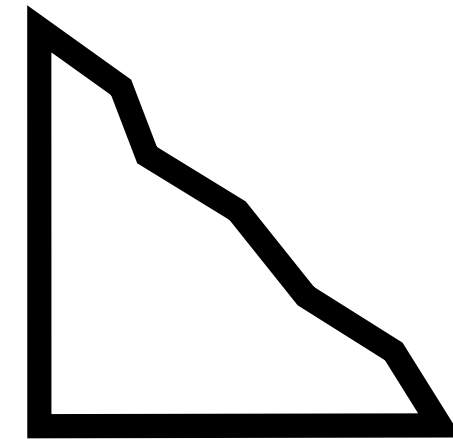
Interactions biotiques favorisées par habitats diversifiés



Water flow



Substrate



Topography

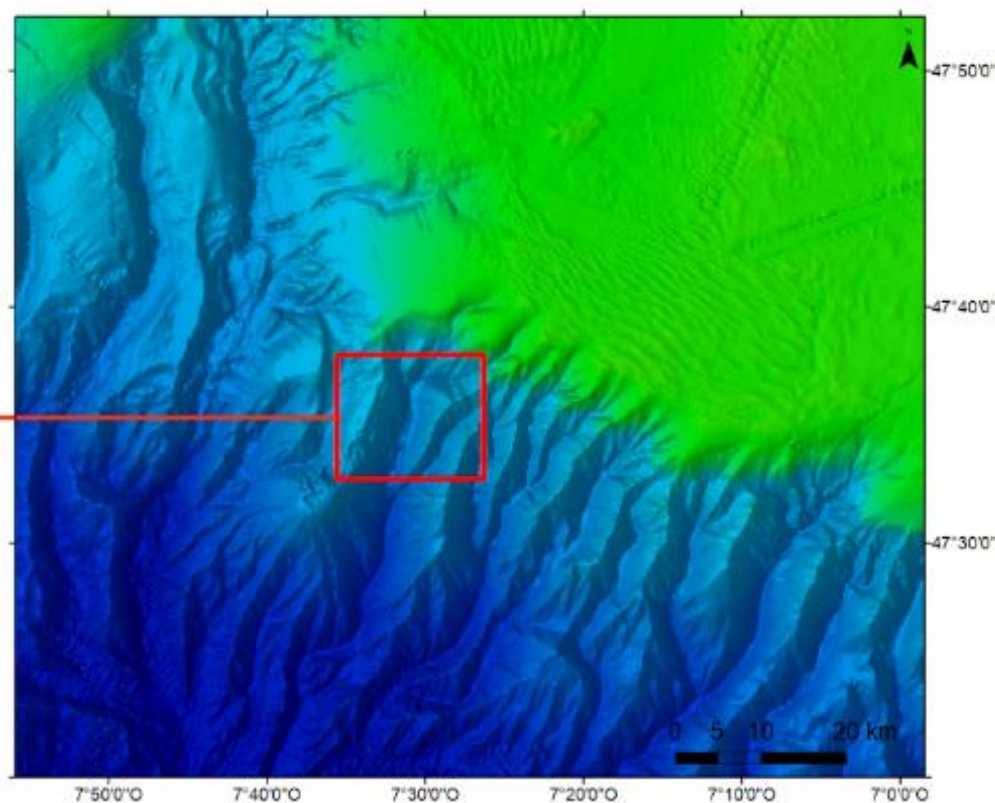
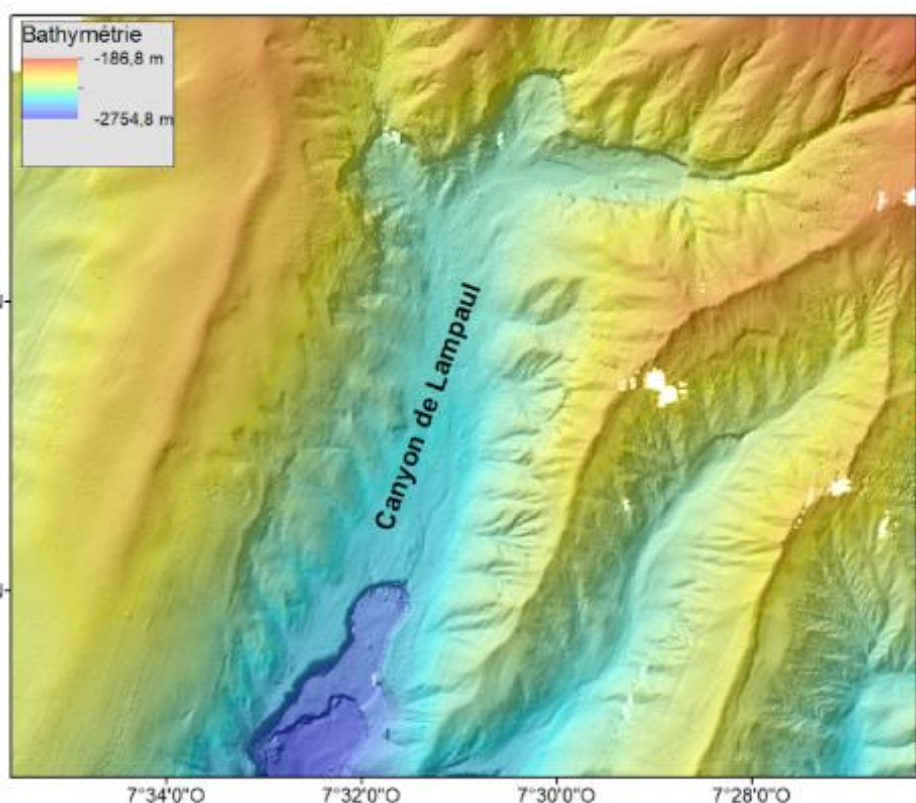
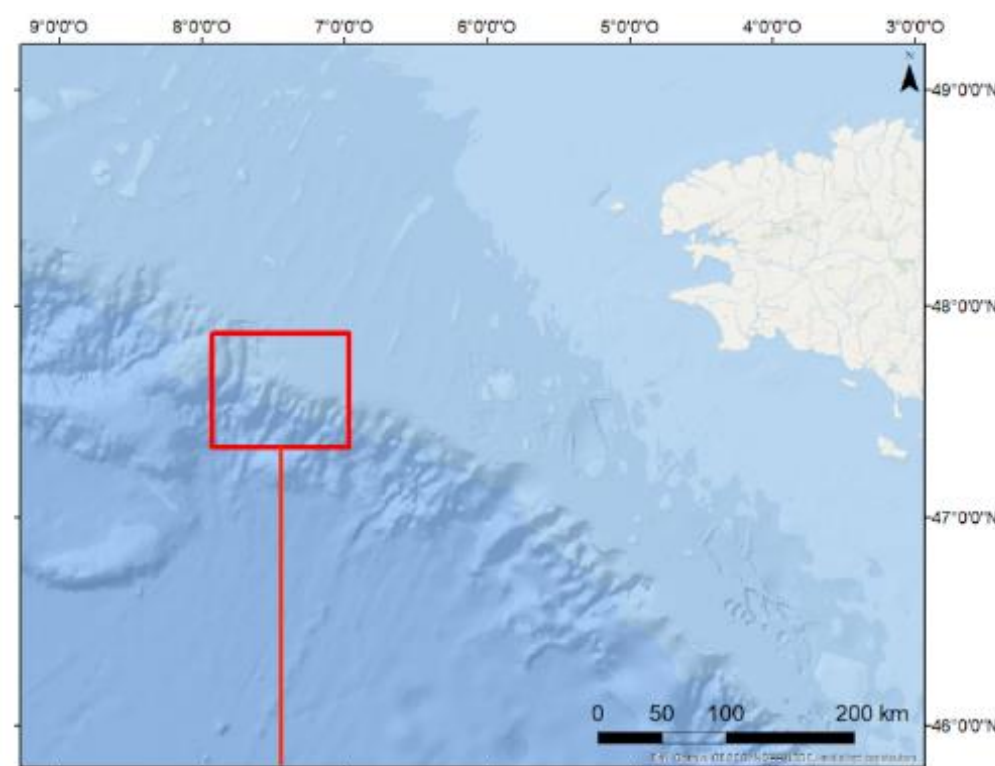
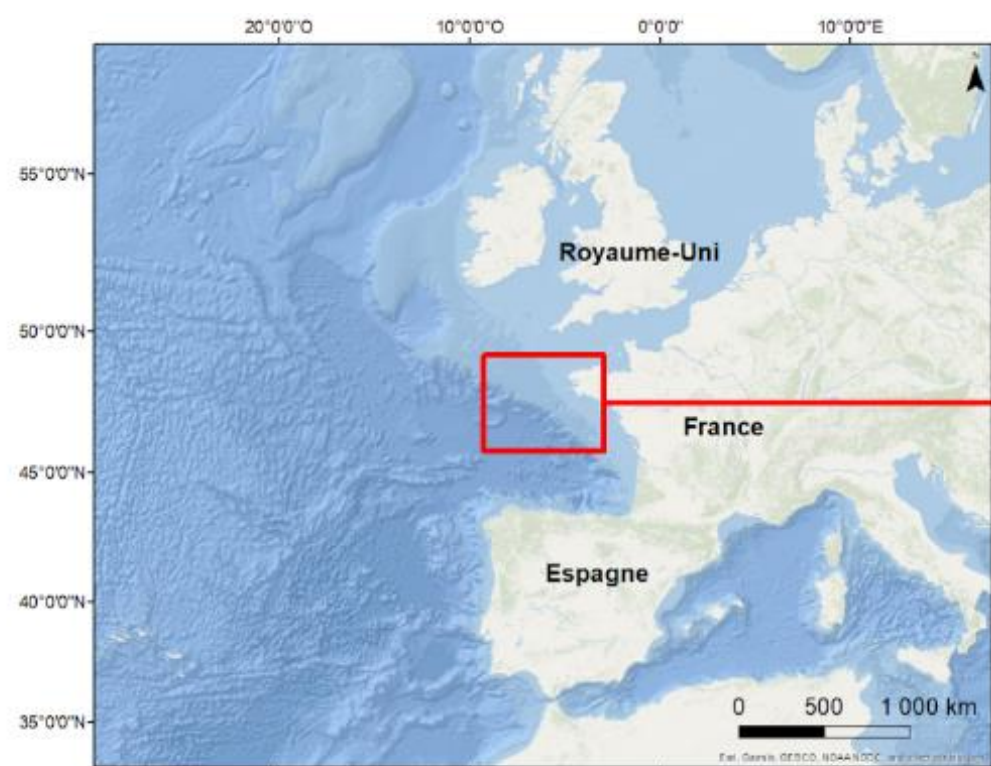
... Mais difficiles à distinguer du déterminisme abiotique



Comment distinguer interactions biotiques et abiotiques ?

- **Représentation 3D haute-résolution**
- **Photogrammétrie + Reprojection**

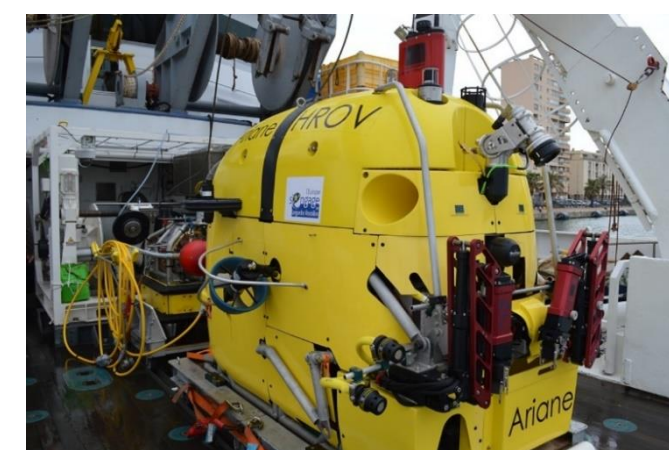
Les campagnes ChEReef



Canyon de Lampaul



R/V Thalassa et Pourquoi Pas ?



Ariane (HROV) et Victor 6000 (ROV)



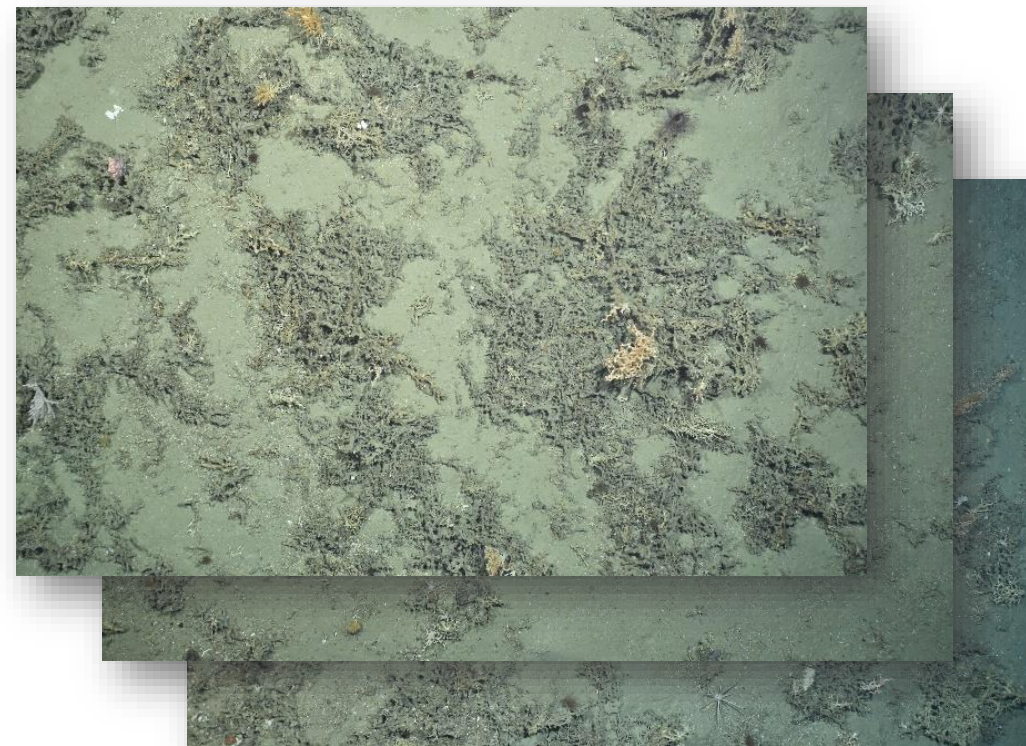
IdefX (AUV)

- 5 campagnes
 - 2021- 2025 (📅)
- 13 plongées AUV + 45 plongées ROV
- + 500hrs de vidéo

Zone d'étude: Jardin de Corail



- 700m de profondeur
- Zone de 100m*100m
- Sur le bord d'une **falaise** (turbulences)

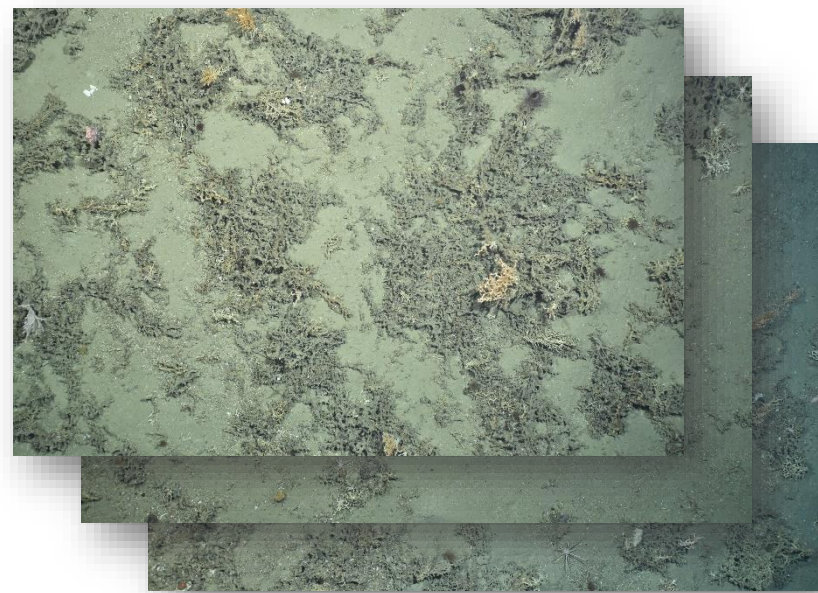


- **Campagne 2022**
- **10k images**
- **6000*4000 pixels**
- Camera **verticale**, 3m au dessus du fond

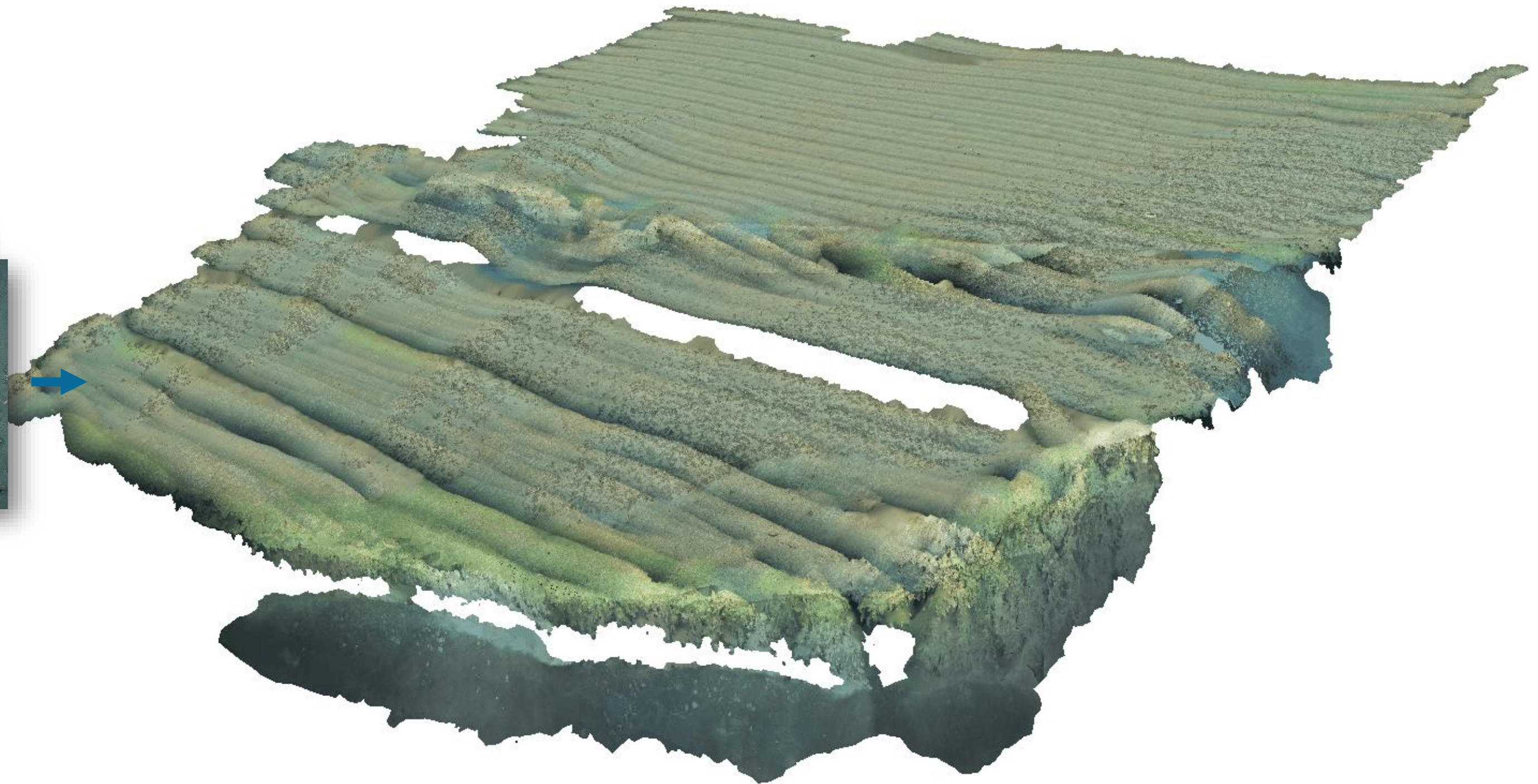


Photogrammétrie

 Metashape

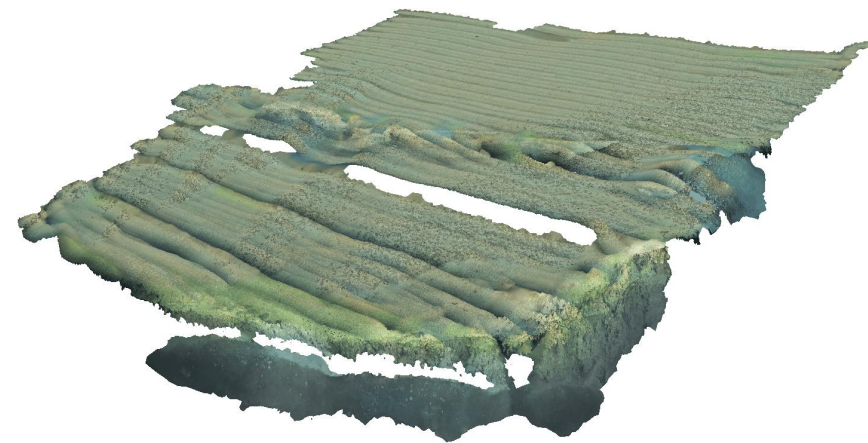
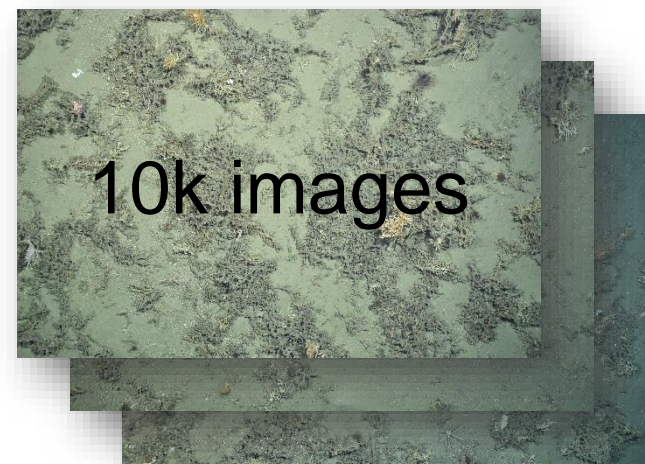


10k images

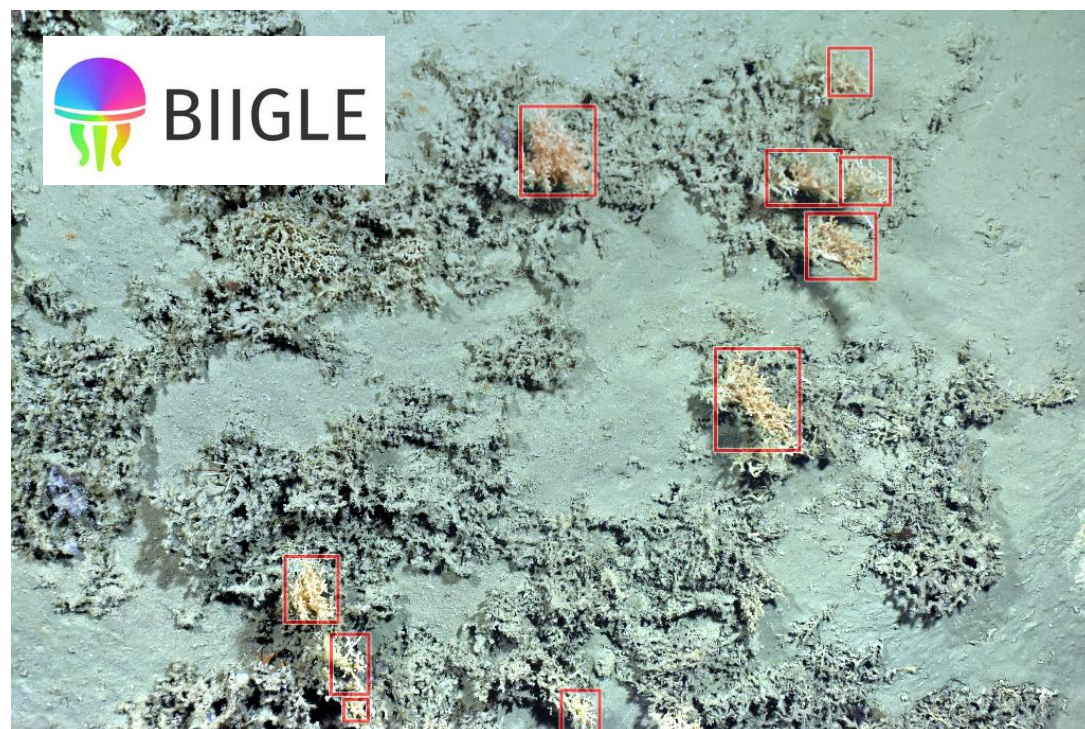


Modèle 3D
100m * 100m

Annotation automatique



Annotations
1000 images
M. oculata seul.



Madrepora oculata



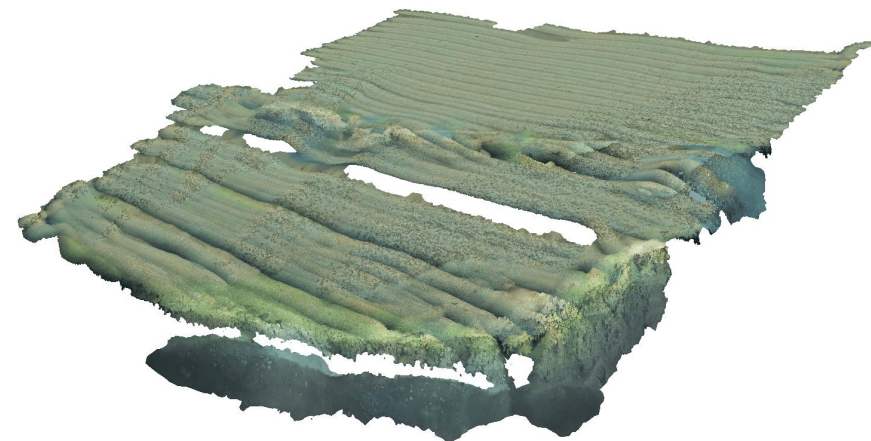
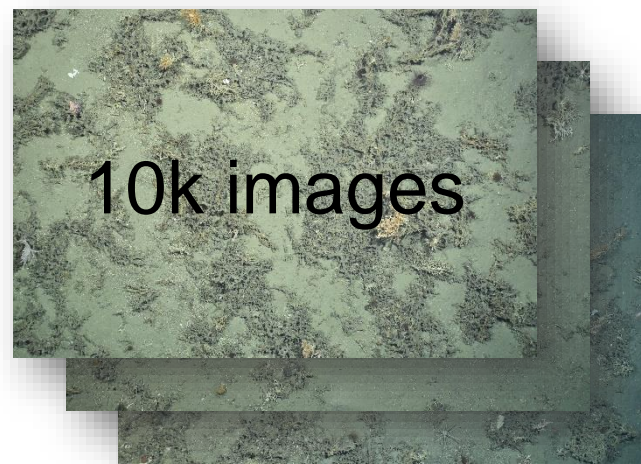
ultralytics
YOLO11
Modèle de détection
d'objets



Class	mAP50
<i>Madrepora oculata</i>	0.901

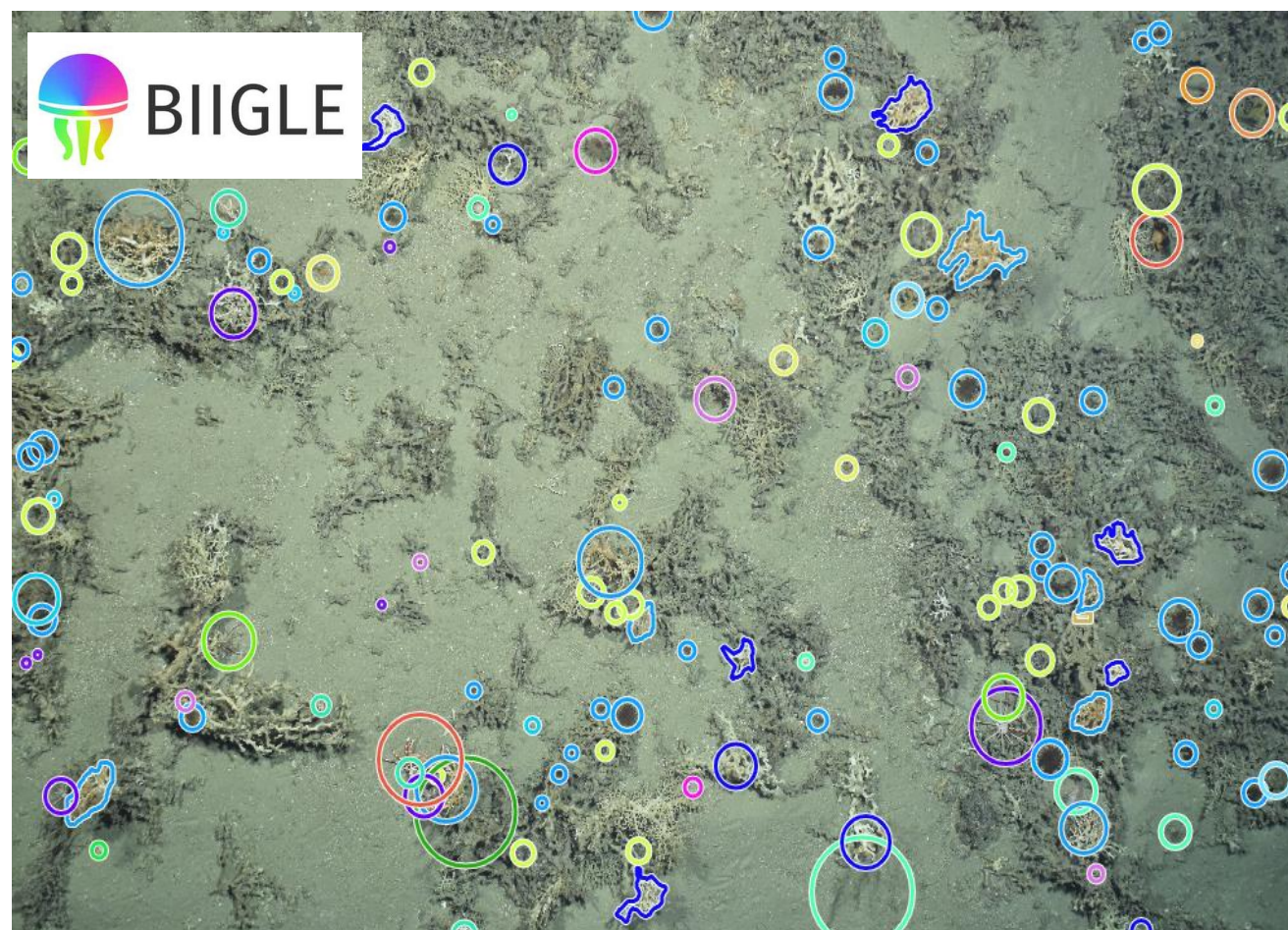
Modèle de detection des coraux

Annotation automatique



Annotations
650 images

Toute macrofaune visible



Taxa associés

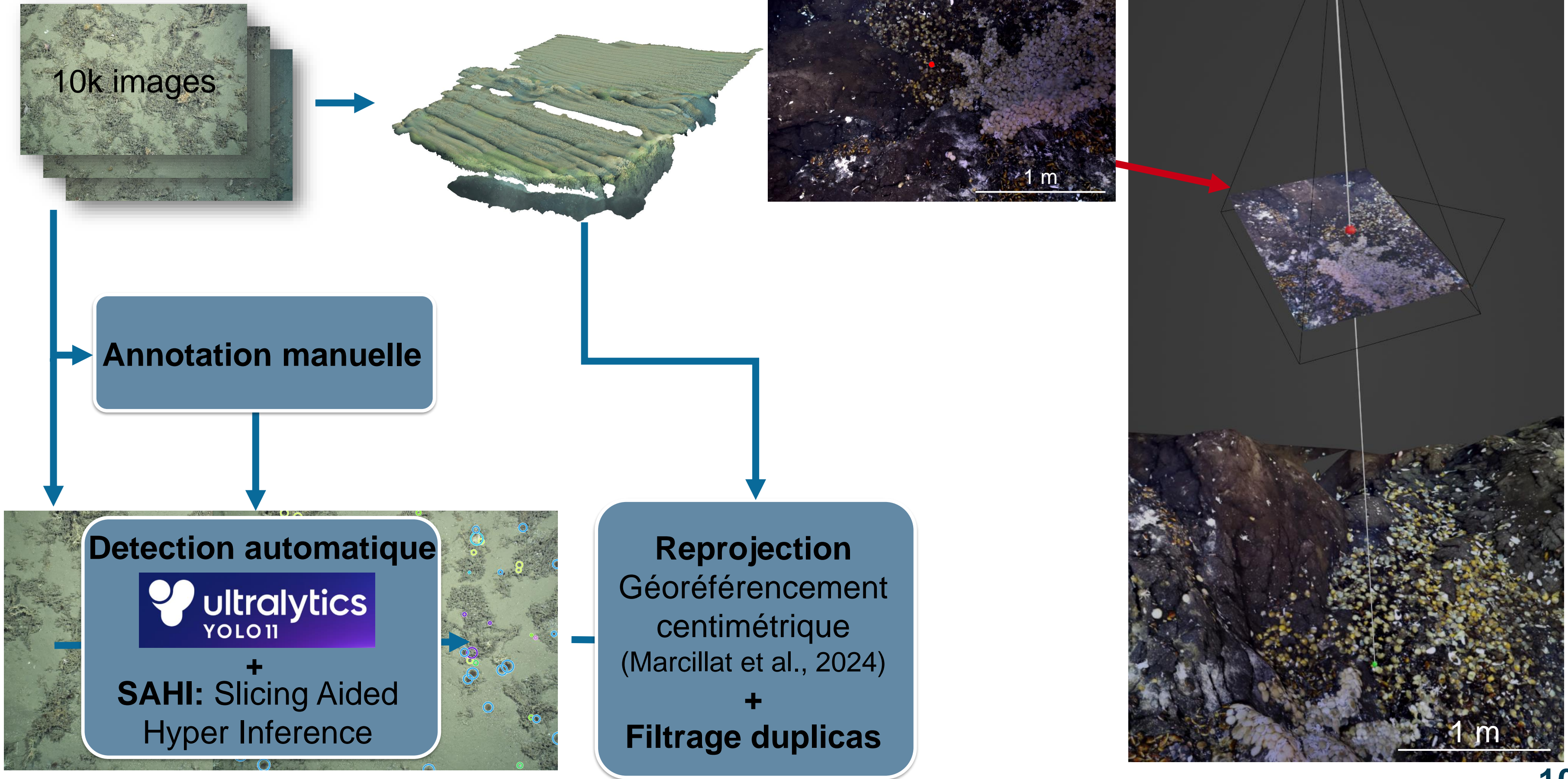


8 taxa
(> 100 individus)

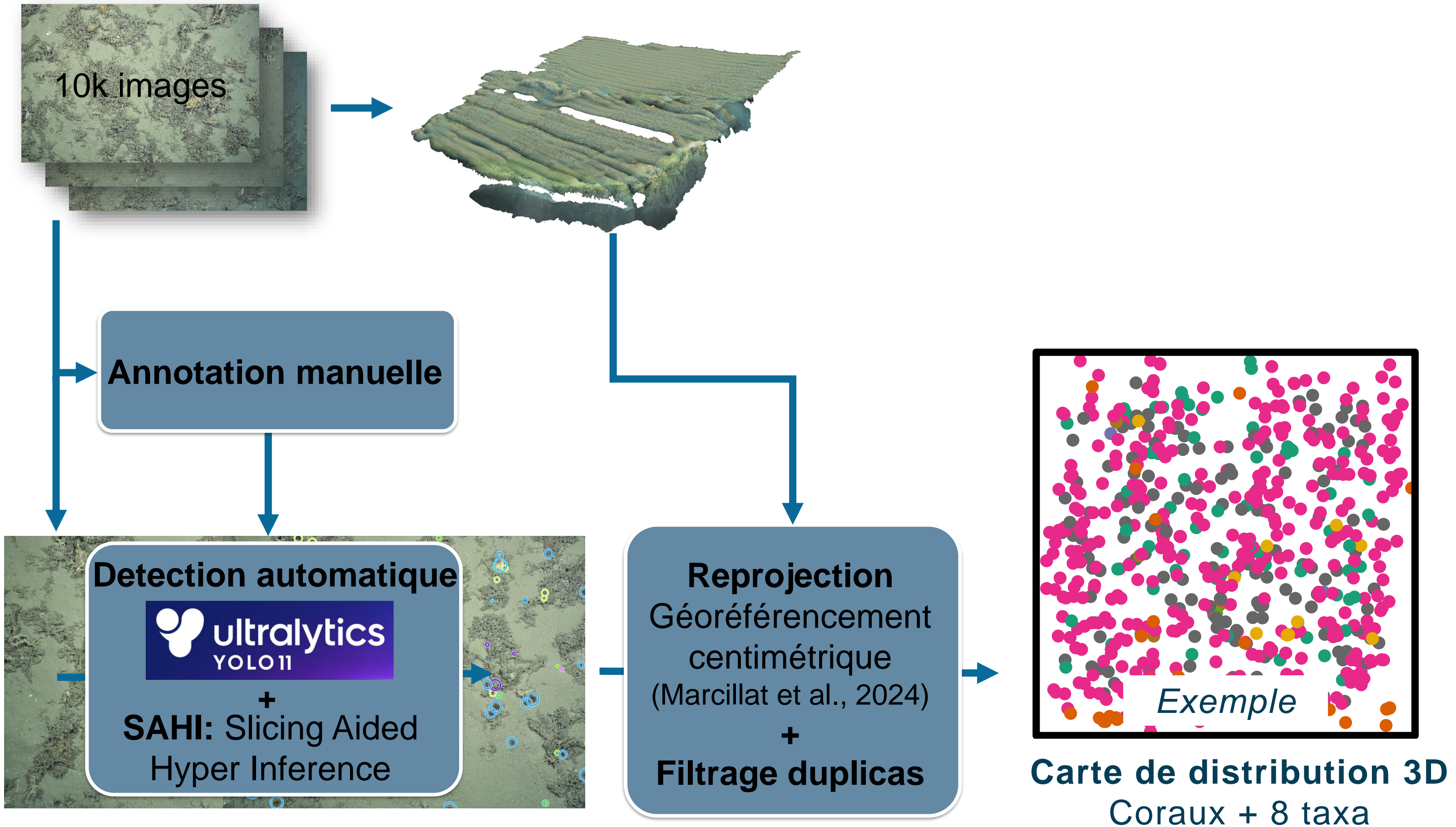
Class	mAP50
All	0.689
Sabellidae	0.512
Brachyura	0.632
Anomura	0.676
Actiniaria	0.895
Antipatharia	0.613
<i>C. cidaris</i>	0.922
Gastropoda	0.662
Porifera	0.604

Modèle de détection des taxa associés

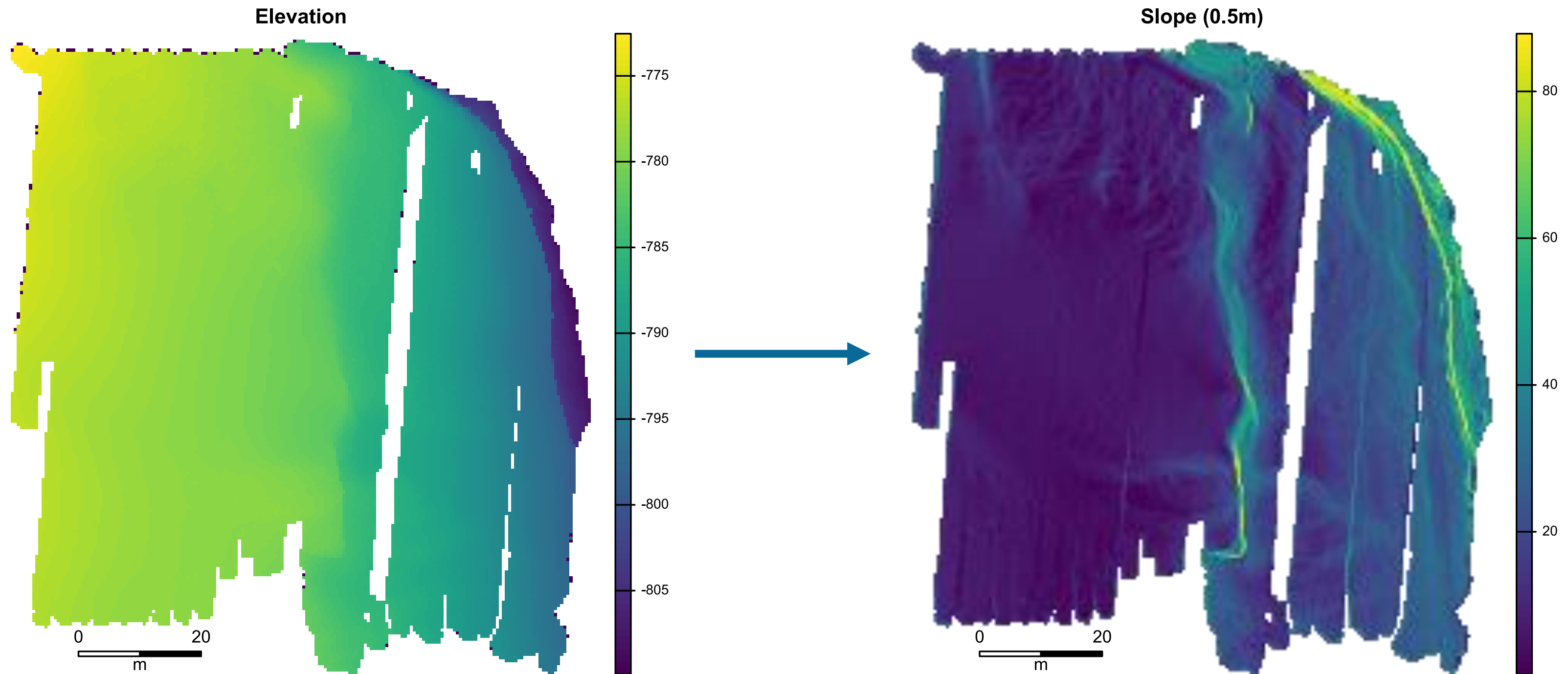
Stratégie d'acquisition



Stratégie d'acquisition



Des modèles 3D au géomorphométriques



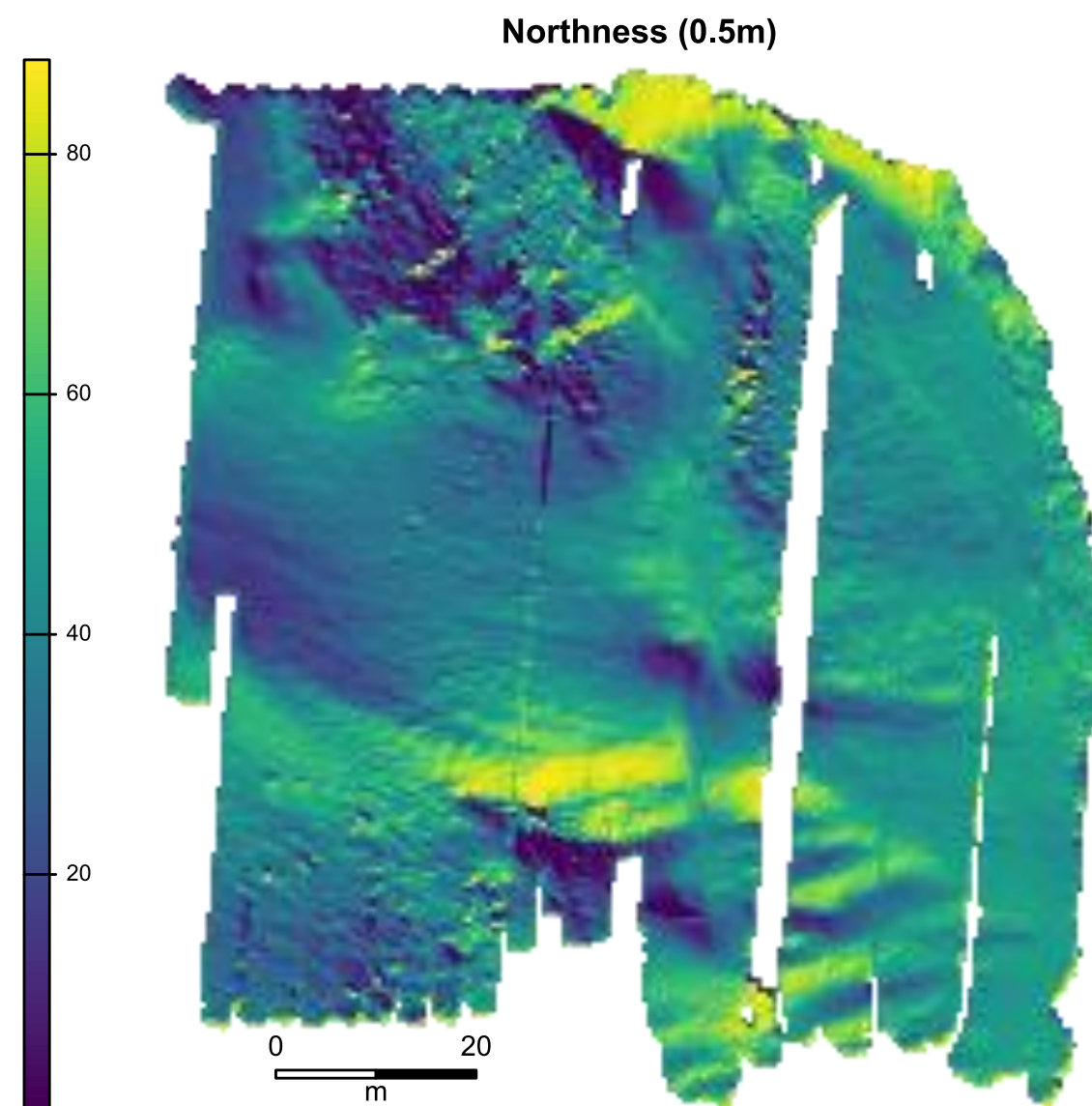
Digital Elevation Model
(DEM)

Géomorphométrie dérivée

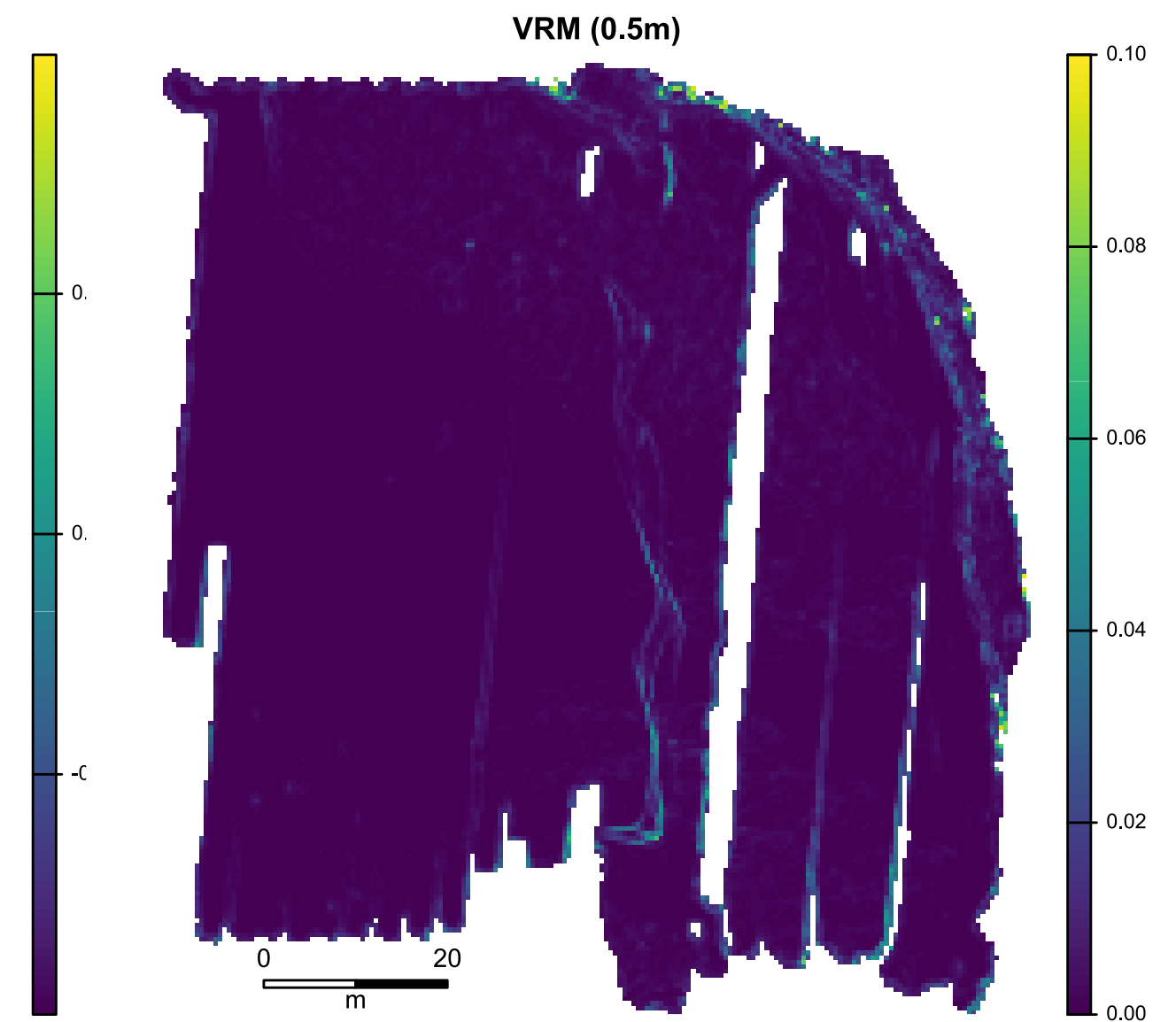
Differentes geomorphometriques...



Pente

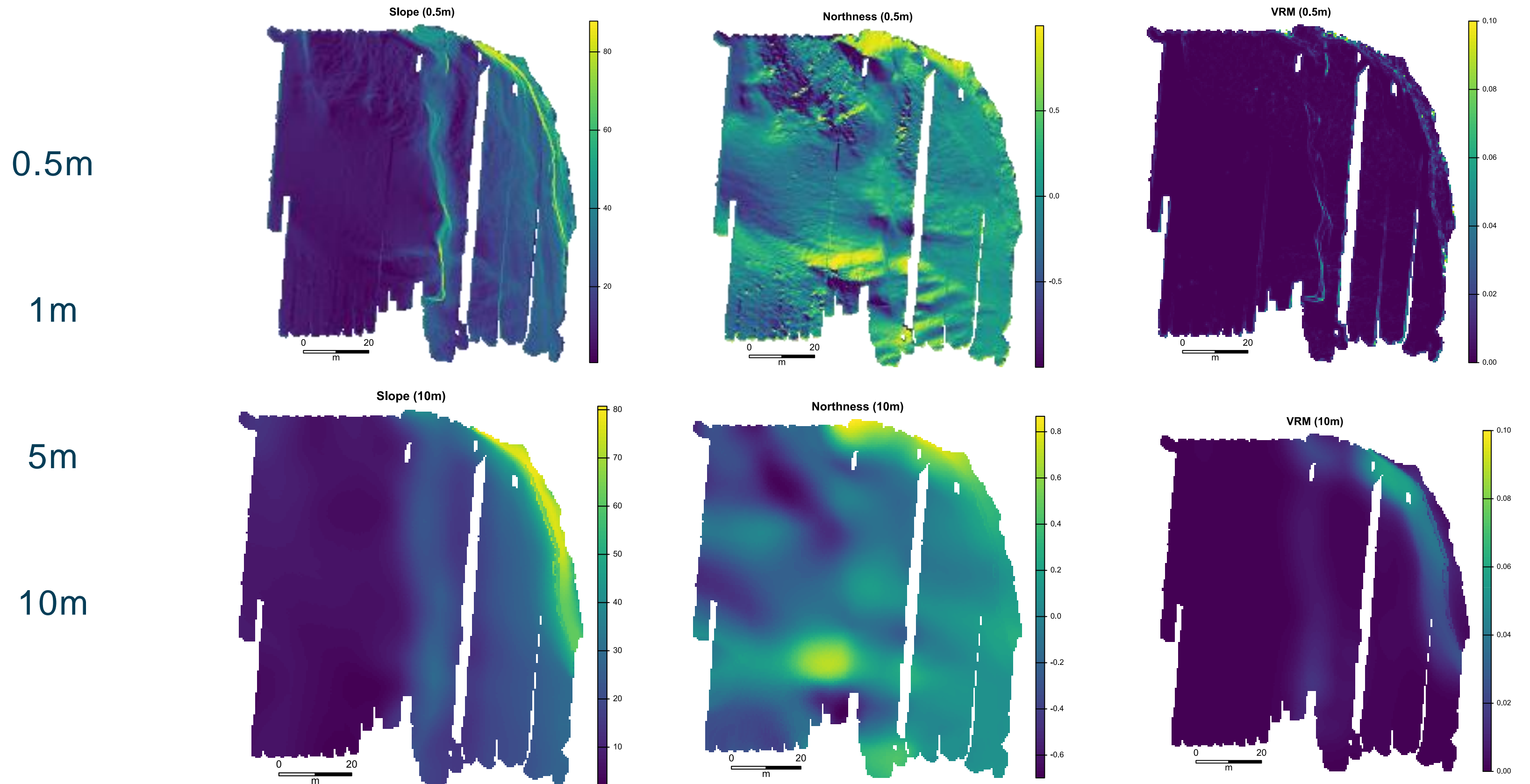


Direction de la pente

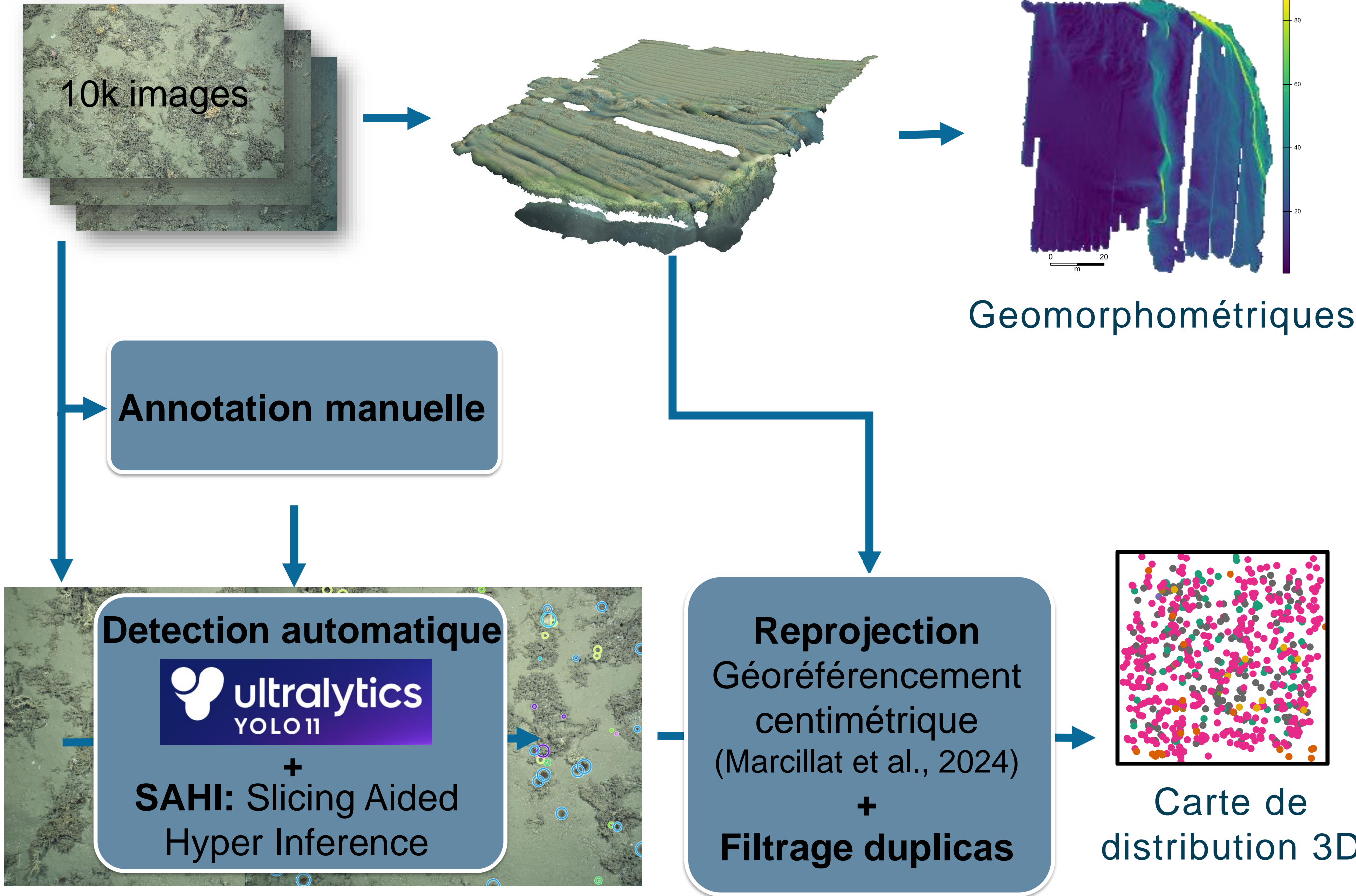


Vector Ruggedness
Measurement (VRM)

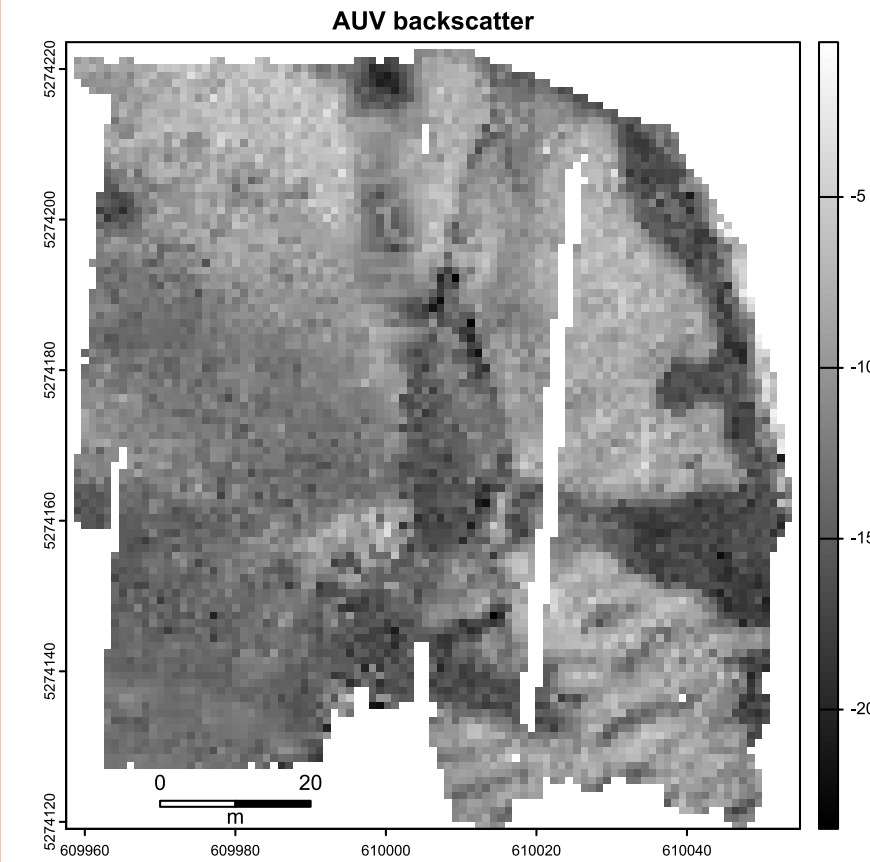
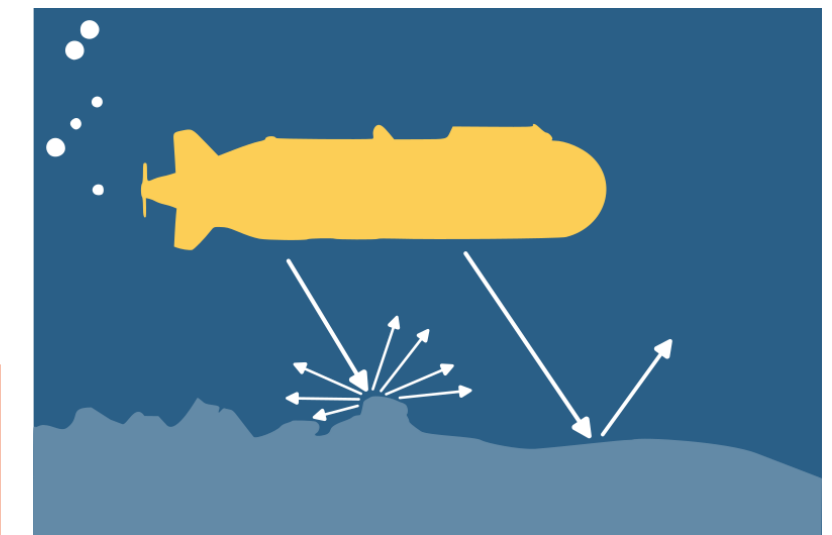
... A différentes résolutions



Stratégie d'acquisition



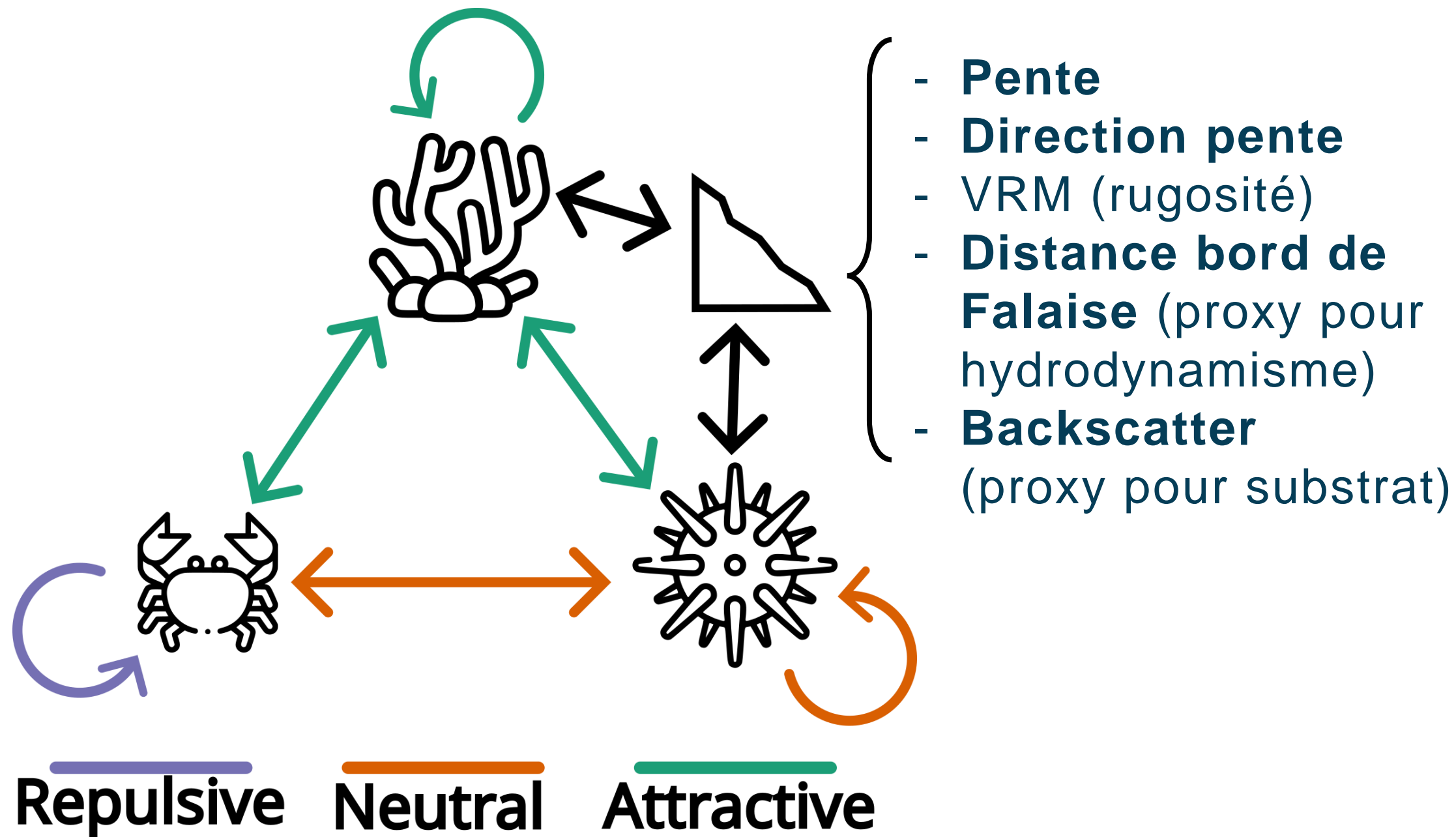
Backscatter AUV



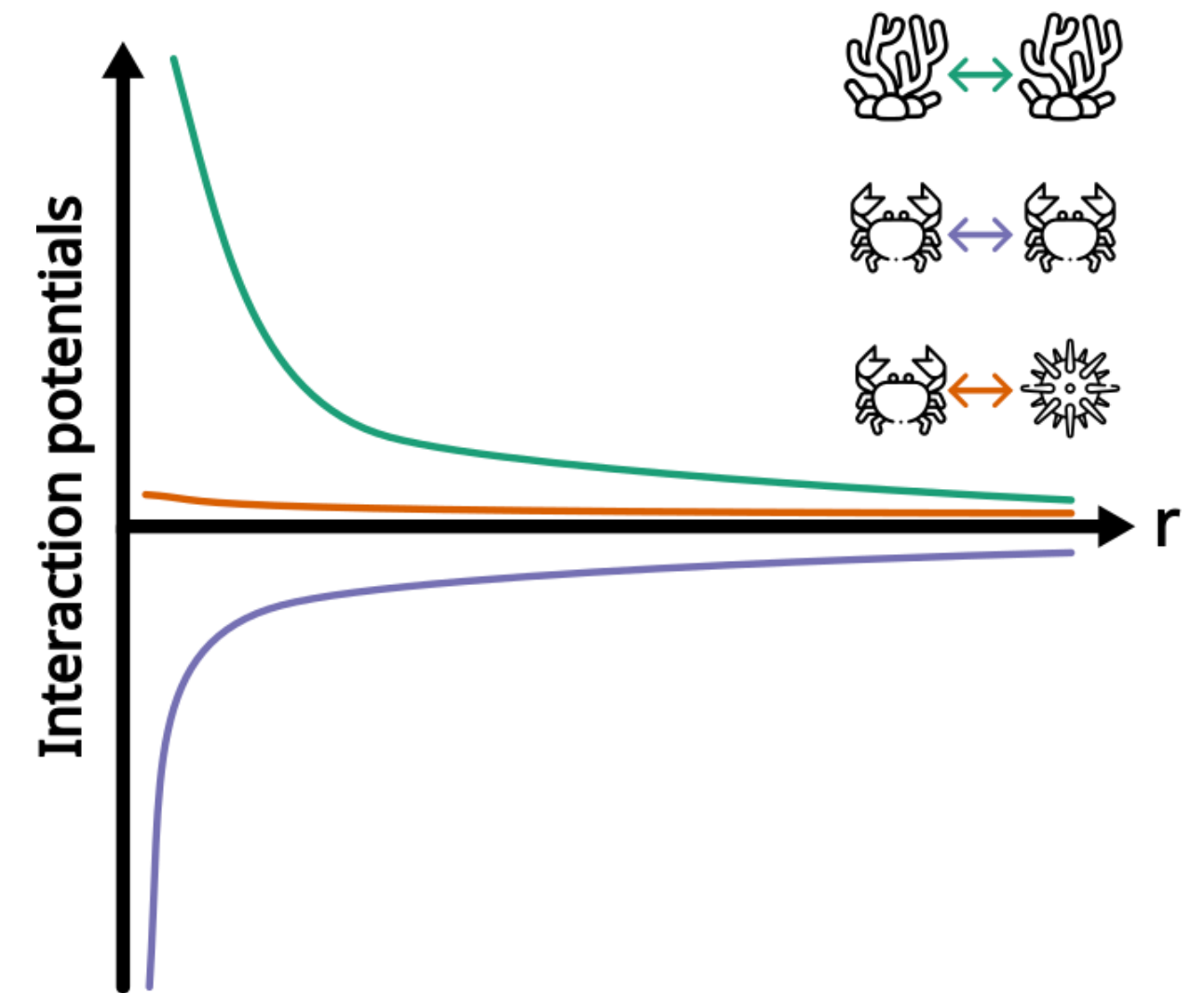
➤ Bon proxy du type de substrat

Point Pattern Joint Species Distribution Models

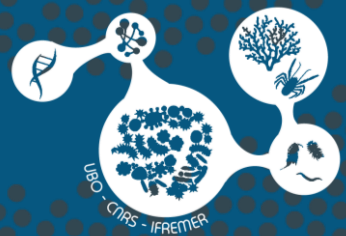
➤ Saturated pairwise interaction Gibbs point process (Flint et al., 2022)



- Covariables **environnementales**
- Interactions **intraspécifiques**
- Interactions **interspécifiques**



- Chaque interaction est représentée par une **courbe de potentiel**



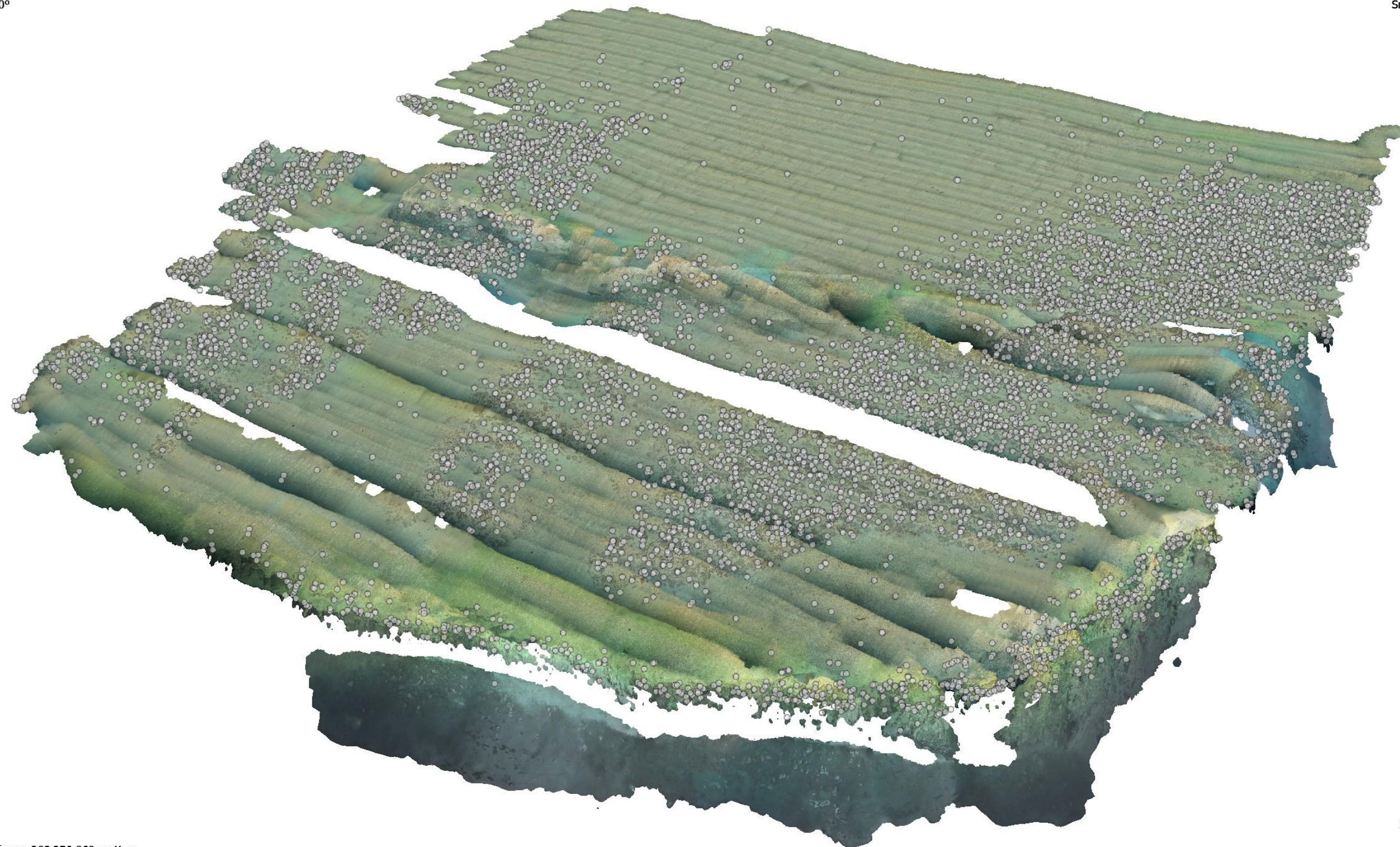
Resultats



Carte de distribution

Perspective 30°

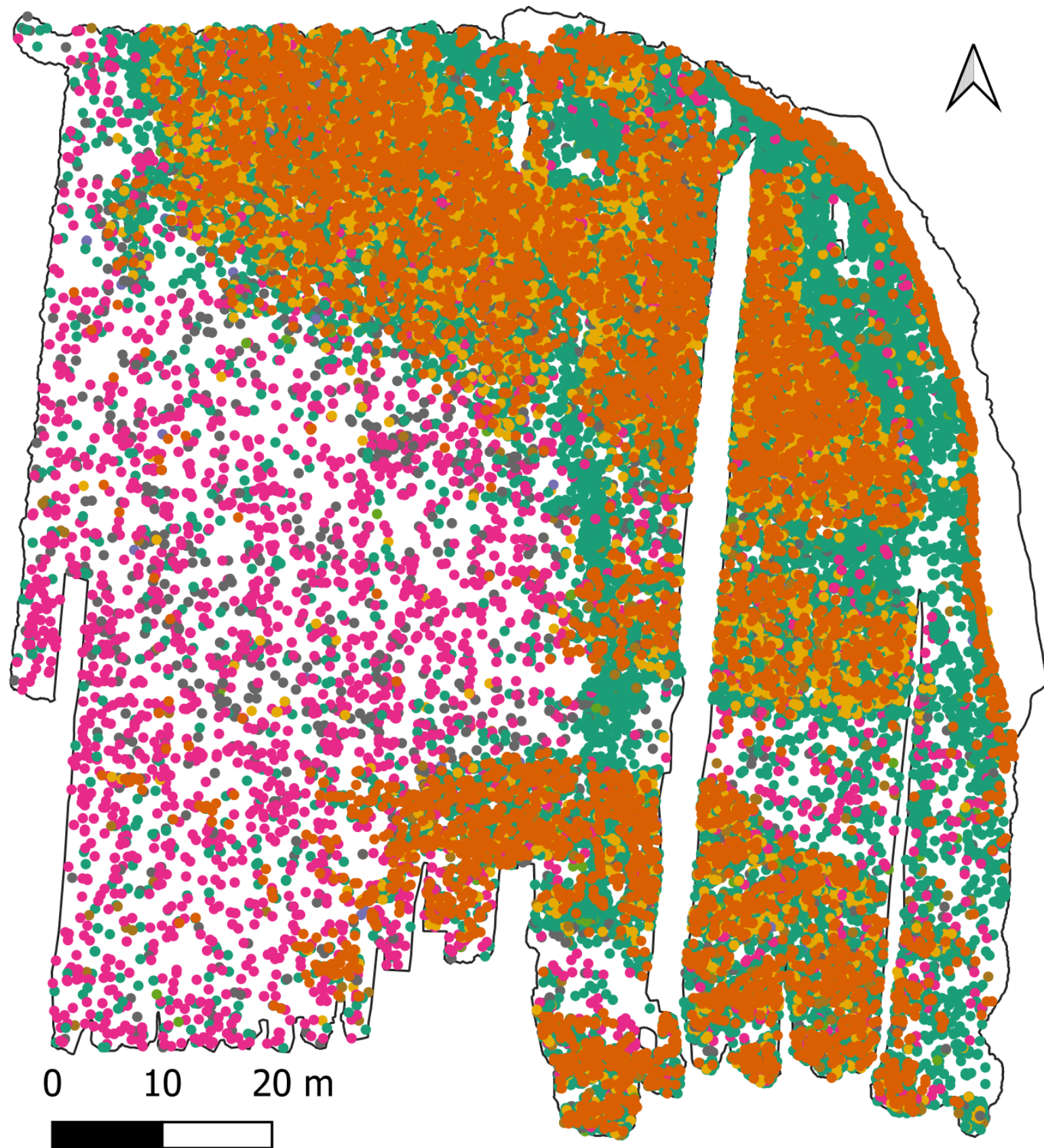
Snap: Axis, 3D



406,456,733 faces, 203,256,869 vertices

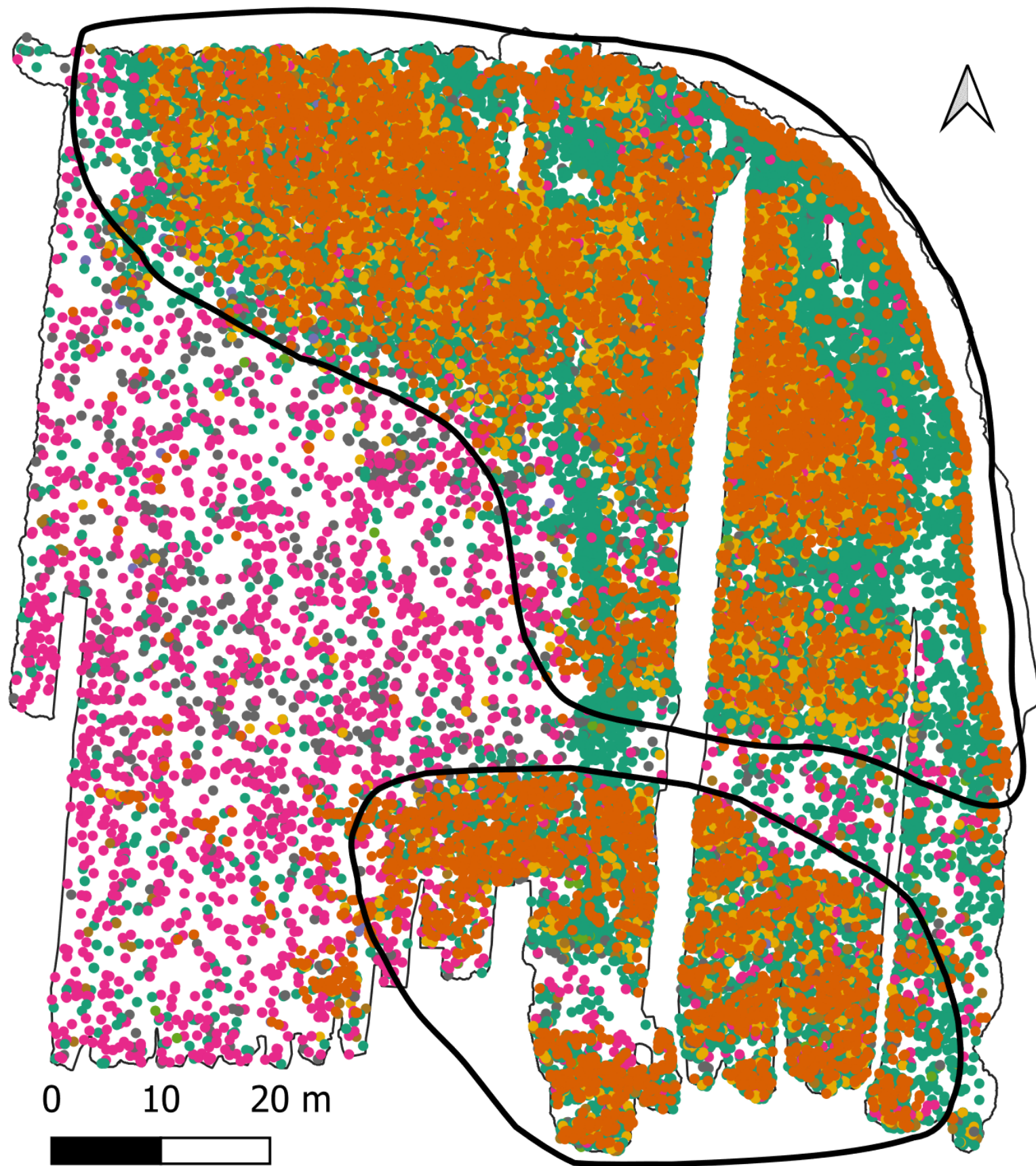
Carte de distribution 3D des coraux

Carte de distribution

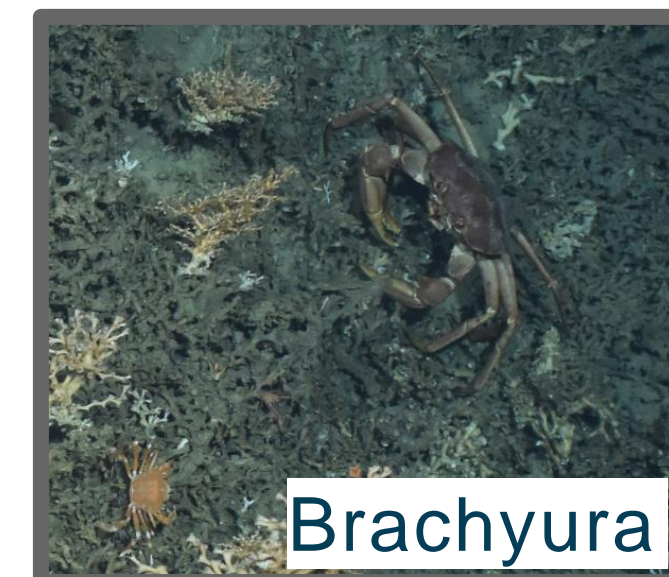
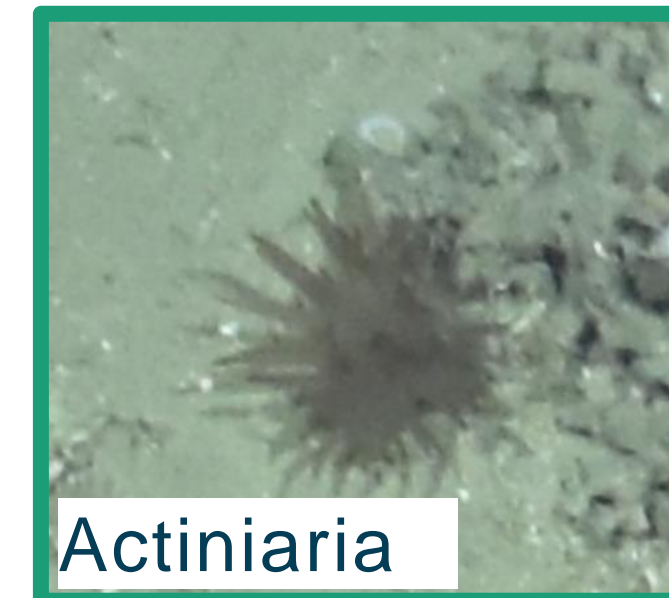


➤ 70k individus

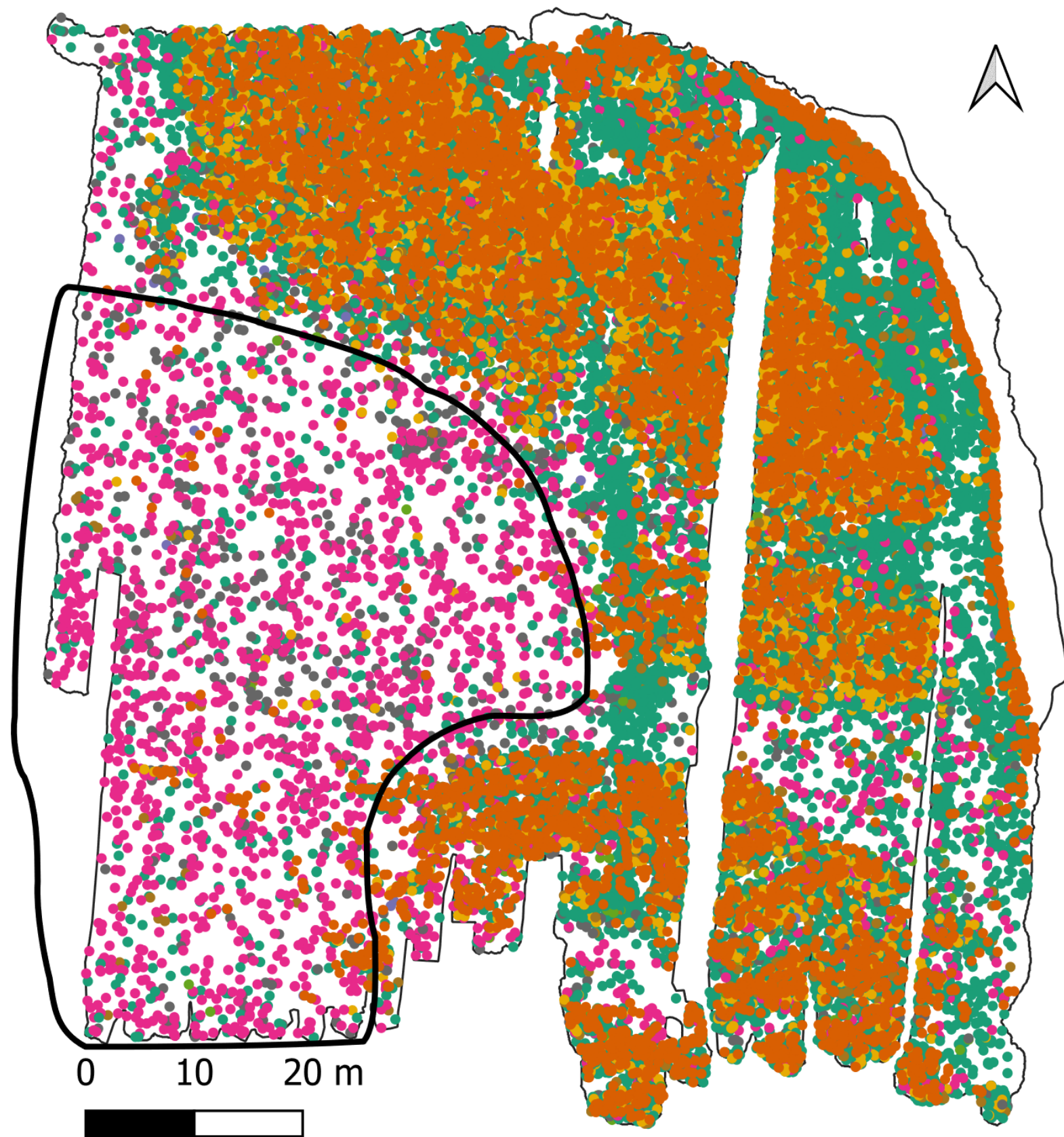
Carte de distribution



➤ Habitats de coraux vivants



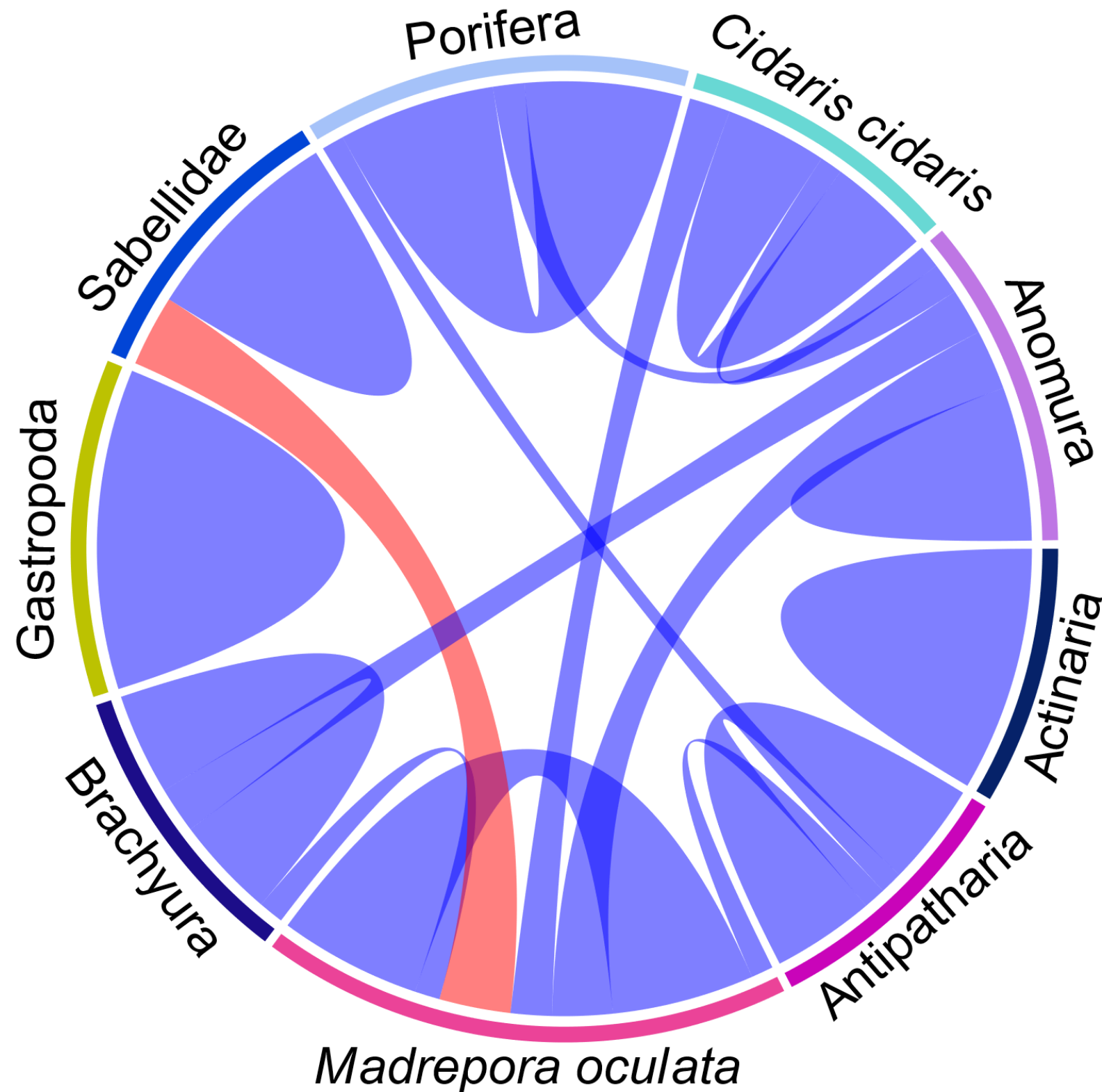
Carte de distribution



➤ Habitat de sédiments meubles



PPJSDM



Interactions intra/interspecifics
Bleu = facilitation, rouge = inhibition

- Interactions **intra/interspecifics** séparées des covariables **environnementales**
- **Coraux**
 - Interactions significatives avec 5/8 taxa (surtout facilitation)
 - **Espèce ingénieure**
- **Hypothèses sur ces interactions:**
 - **Prédation:** *C. cidaris* (oursin)
 - **Commensalisme (abris):** Brachyura/Anomura (crabes/galathées)
 - **Compétition:** Sabellidae (vers suspensivores)



Géoréférencement d'objets dans un paysage sous-marin 3D complexe

- Annotations d'images géoréférencées

- **Avantages**

- **Détection automatique + annotation citoyenne**
- **Résolution native**

- **Inconvénients**

- **Duplicats** si recouvrement entre les images
- Pas de **couverture continue** sinon
- **Précision** géoréférencement dépend de la **qualité de la navigation**

- Annotation des modèles 3D

- **Avantages**

- **Grande précision**
- **Construction d'une représentation 3D continue** du paysage
 - Accès au **géomorphométriques**

- **Inconvénients**

- **Difficulté** d'annoter les **très grand modèles**
- **Distorsion** des textures
- **Détection automatique + annotation citoyenne moins répandue**

- Annotation 2D + reprojection

- **Avantages**

- Tous les avantages des deux techniques

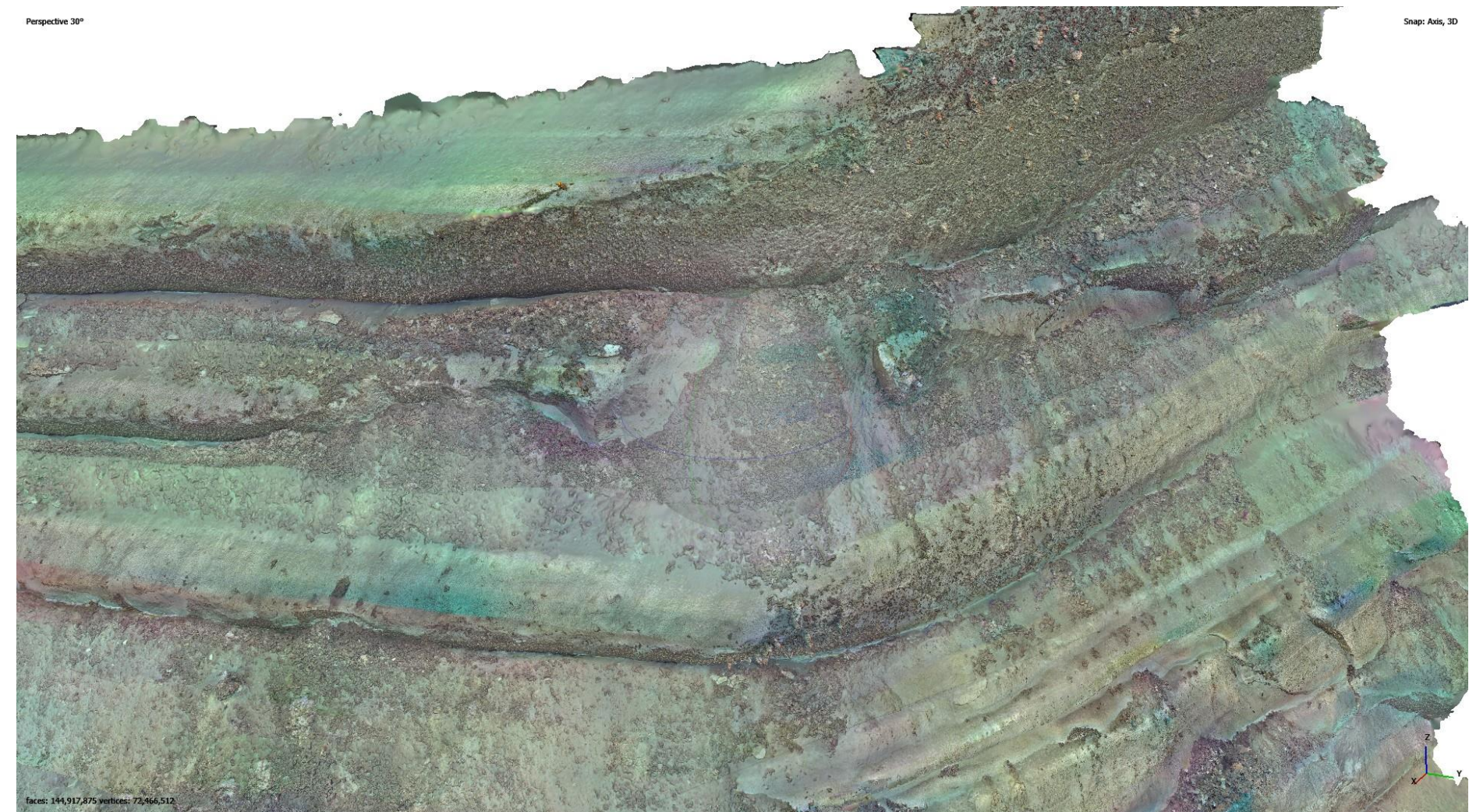
- **Inconvénients**

- **Filtrage** des duplicats 3D nécessaire



Perspectives

- **Aller plus loin dans les analyses:**
 - Résultats préliminaires
- **Amélioration des modèles de détection**
- **4 campagnes à analyser** → évolution des interactions ?
- Comparaison avec interactions sur d'autres habitats de CWC -> **monticules de corail**
- **Next challenge** : falaises verticales



Reconstruction 3D de la falaise



Conclusion

TL;DR :

- La photogrammétrie, l'I.A. et la reprojection permettent de créer **une représentation 3D du paysage sous-marin**
 - L'analyse des motifs de distribution nous permet de distinguer les **déterminants abiotiques** des **interactions biotiques**.
-

Remerciements

- Lénaïck Menot
- Karine Olu
- Marcos Vinicius Barros Da Silva
- Maria Luisa Pica
- Catherine Borremans
- Thibault Napoléon
- Ian Flint
- Et les équipages des campagnes ChEReef !

