



# 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

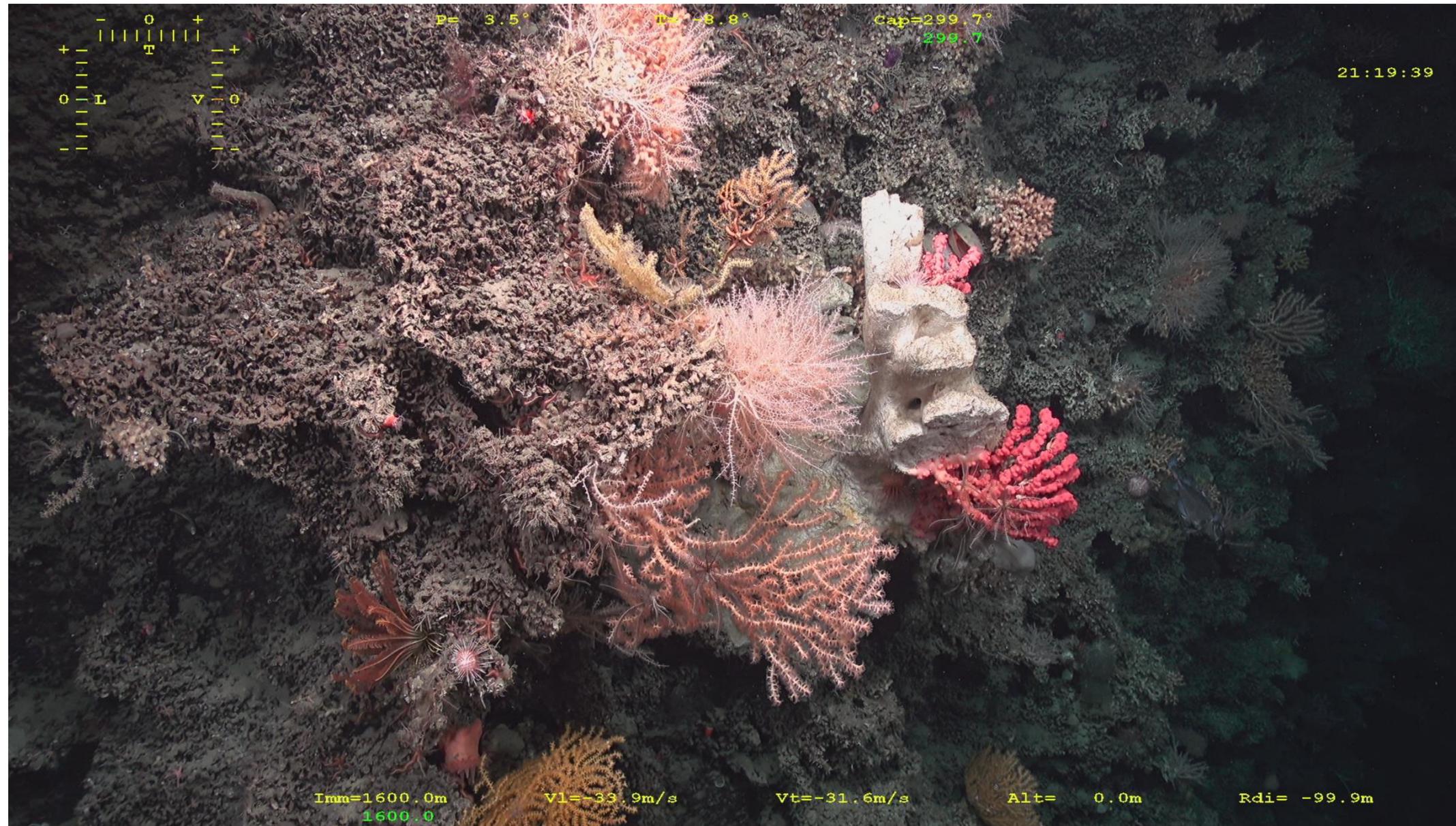
Vl=-33.9m/s

Vt=-31.6m/s

Alt= 0.0m

Rdi= -99.9m

# Coraux d'eau froide (CWC)

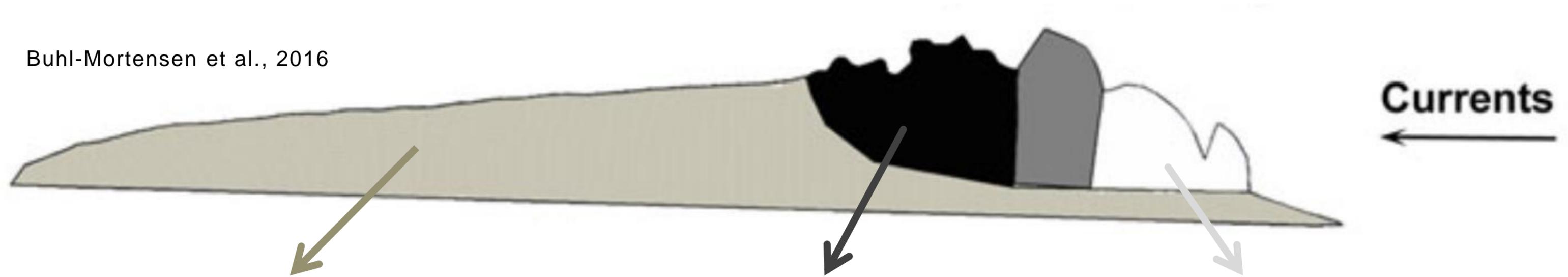


- **Habitats 3D complexes**
  - Espèces “clé de voute”
  - Abris, habitat, nursery



# Schéma de zonation

Buhl-Mortensen et al., 2016



Débris coraliens

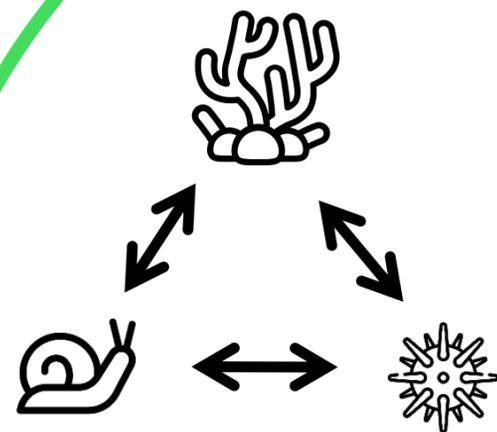


Coraux morts

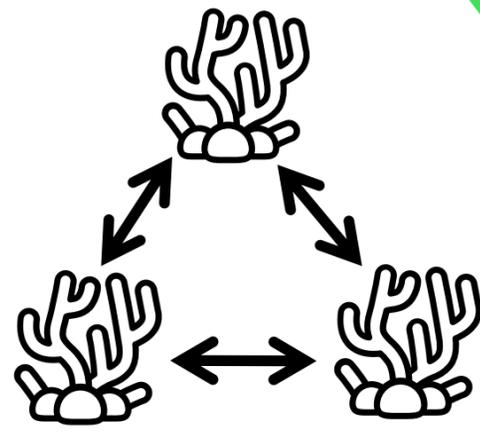


Colonies vivantes

# Intéractions structurantes



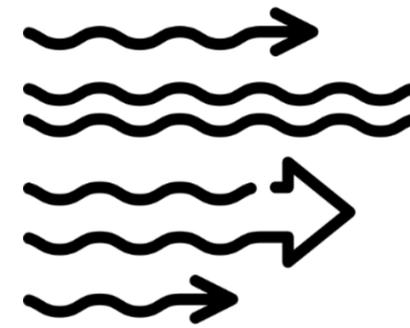
Inter-specific interactions



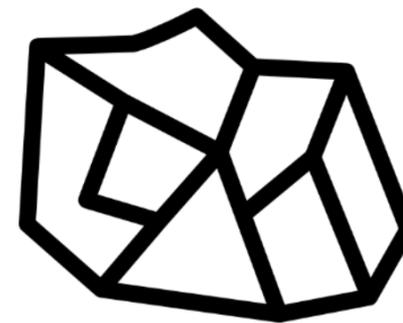
Intra-specific interactions

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

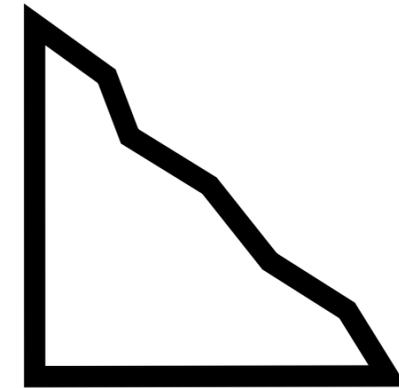
Interactions biotiques favorisées par habitats diversifiés



Water flow



Substrate



Topography

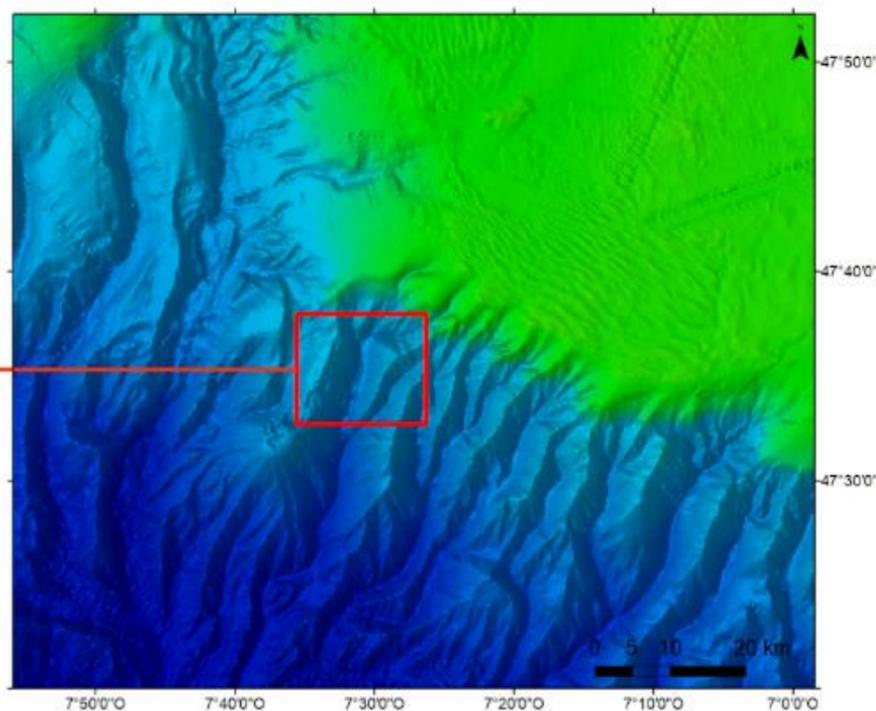
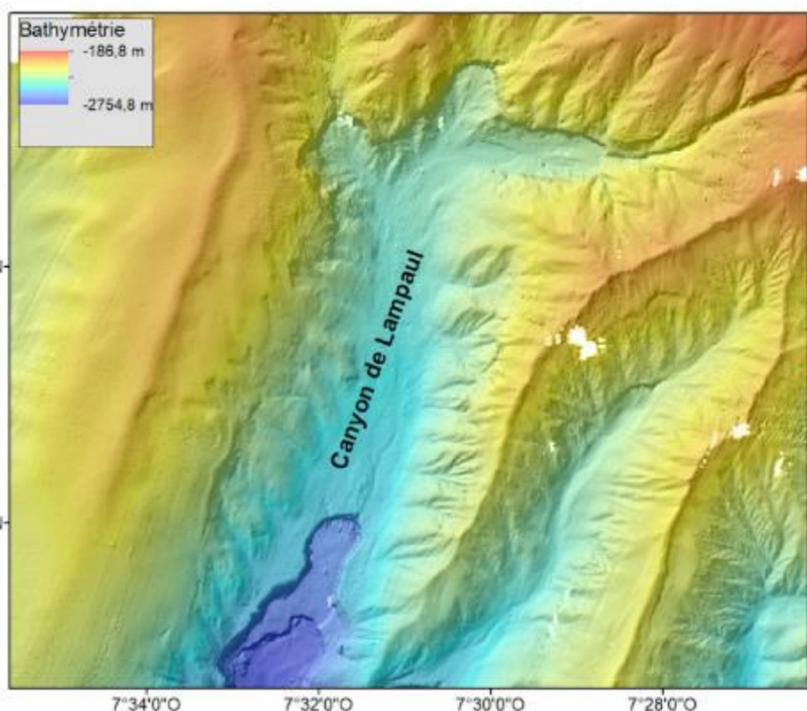
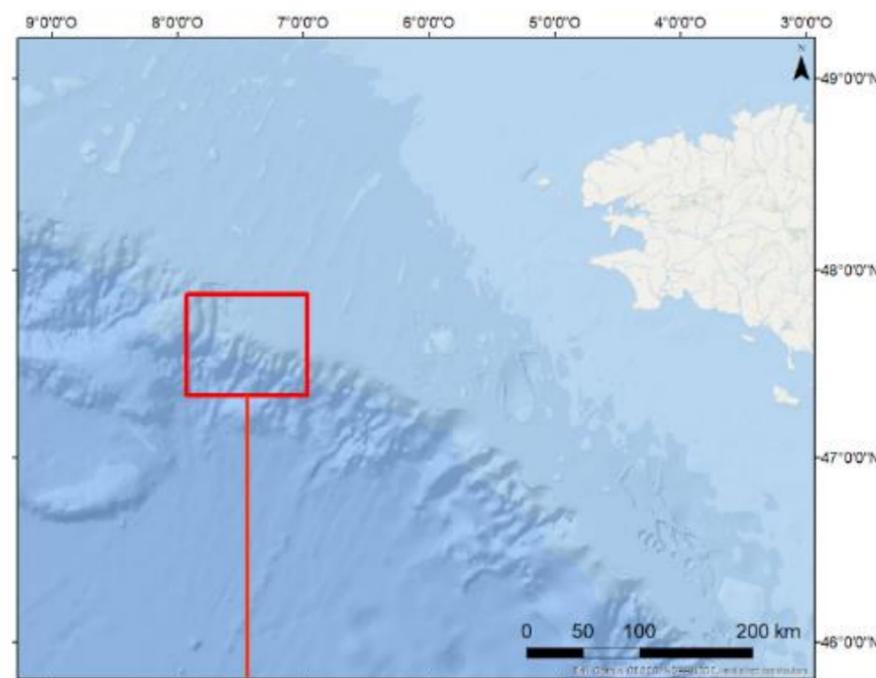
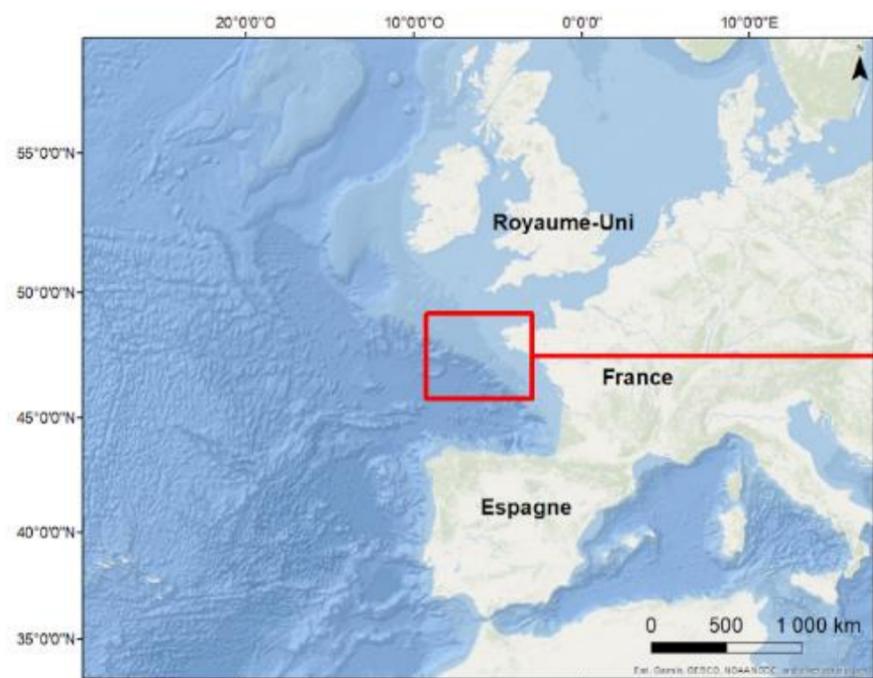
... Mais difficiles à distinguer du déterminisme abiotique



# Comment distinguer interactions biotiques et abiotiques ?

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

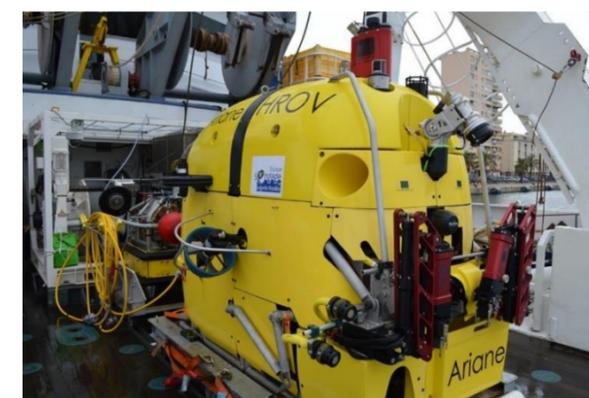
# Les campagnes ChEReef



Canyon de Lampaul



R/V Thalassa et Pourquoi Pas ?



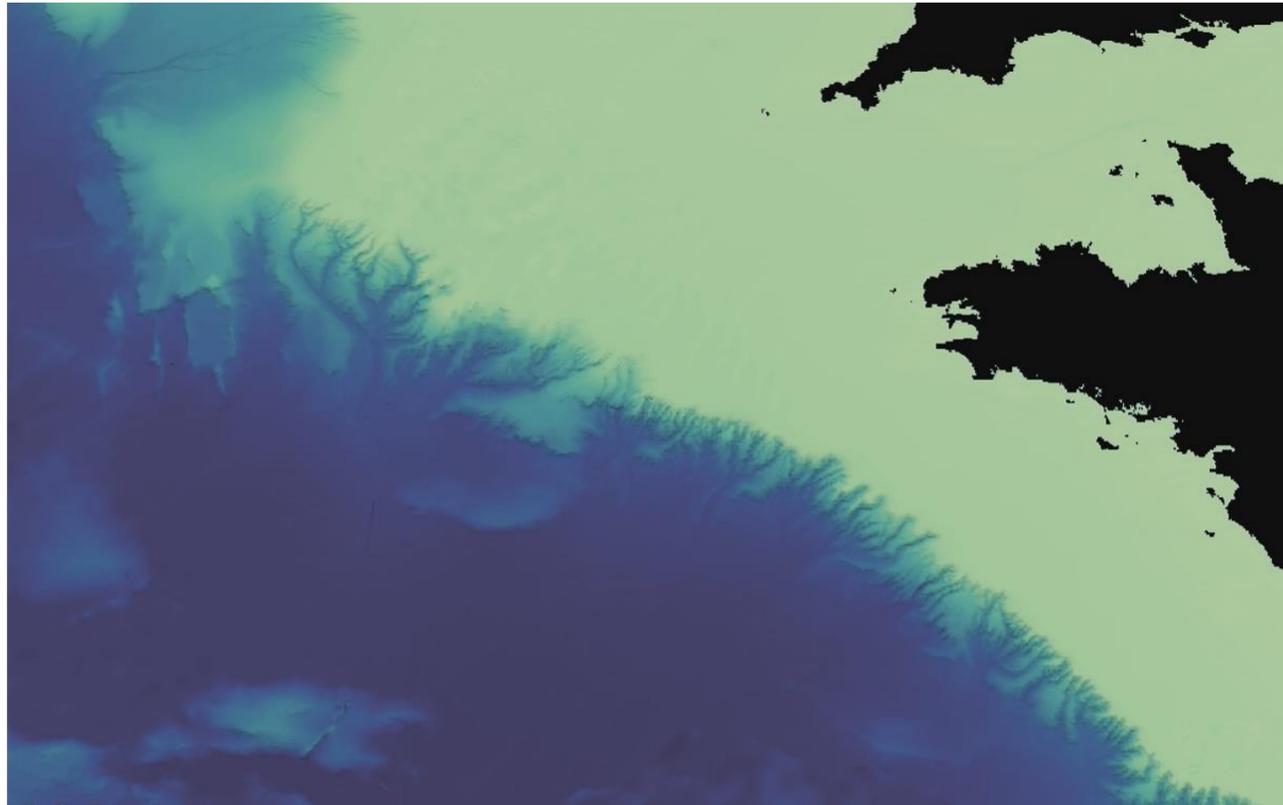
Ariane (HROV) et Victor 6000 (ROV)



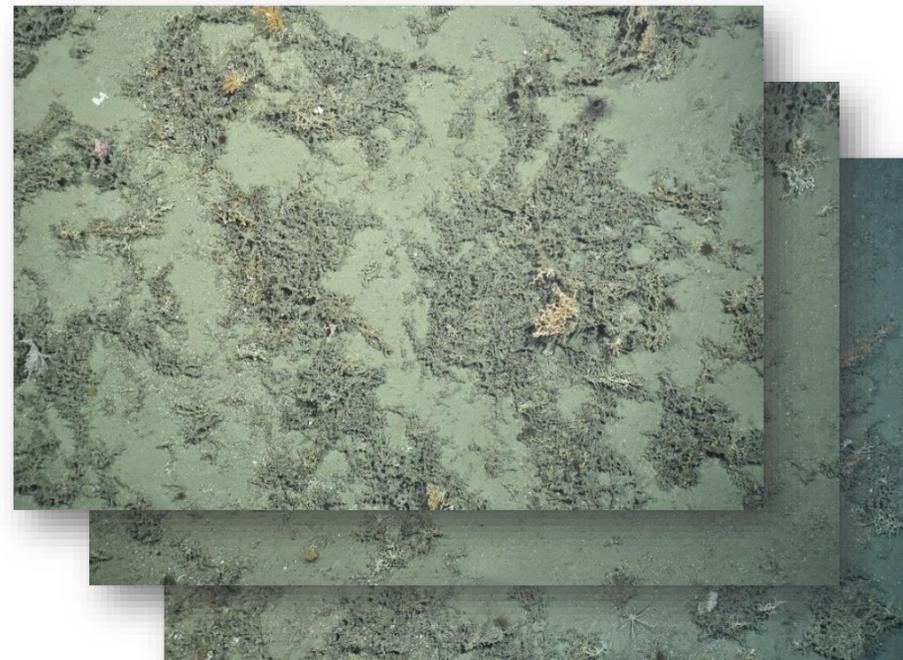
IdefX (AUV)

- 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)

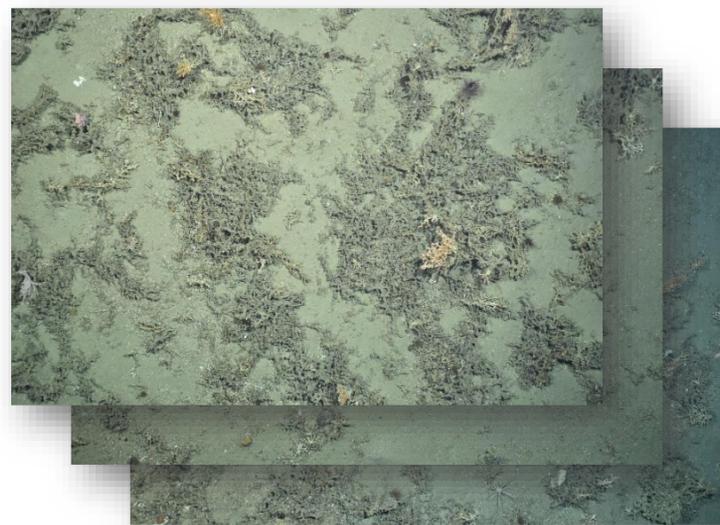


- **Campagne 2022**
- **10k images**
- **6000\*4000 pixels**
- Camera **verticale**, 3m au dessus du fond

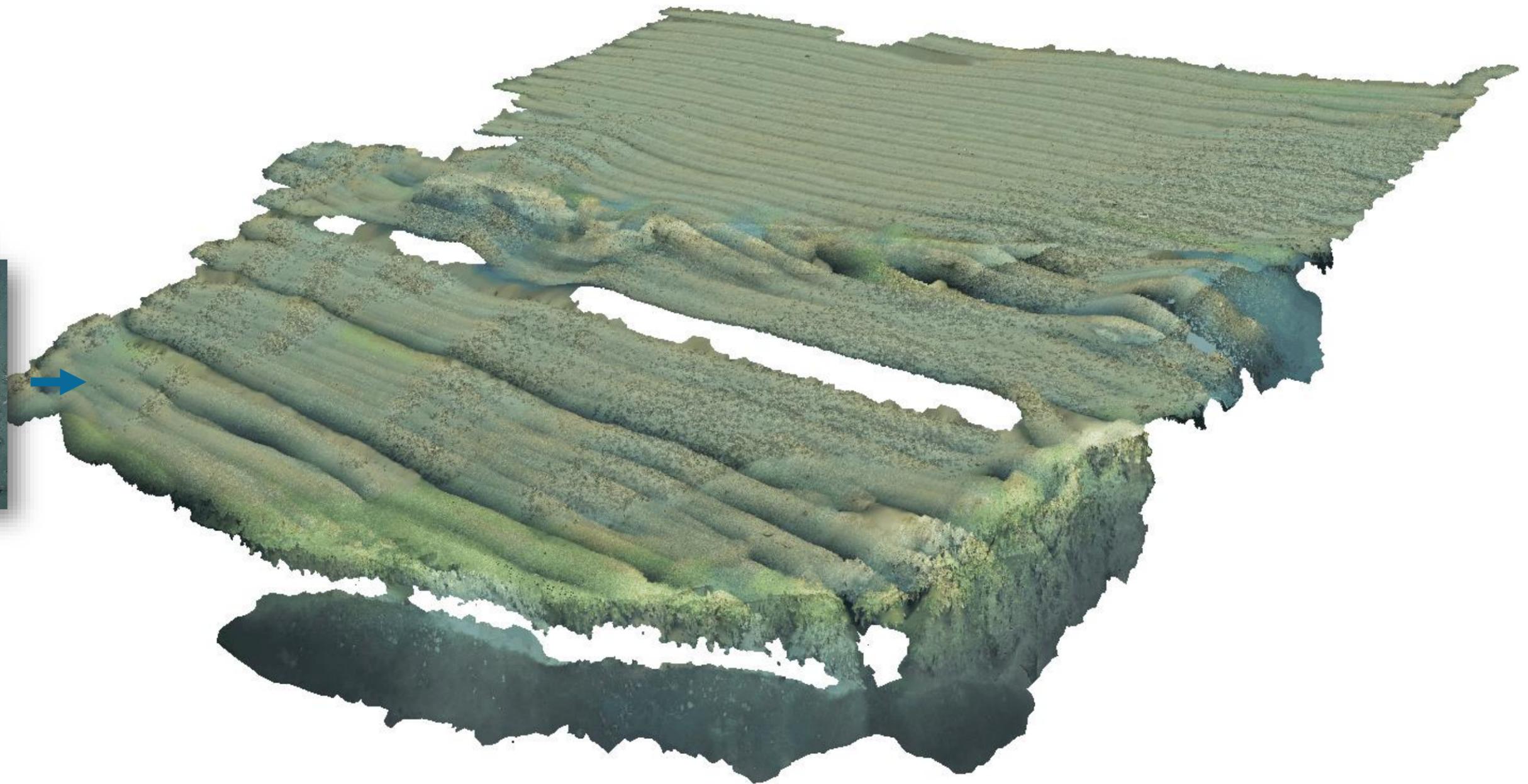


# Photogrammétrie

 Metashape

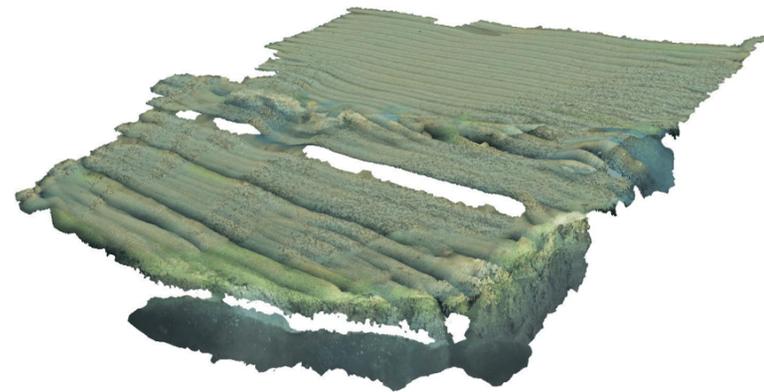


10k images

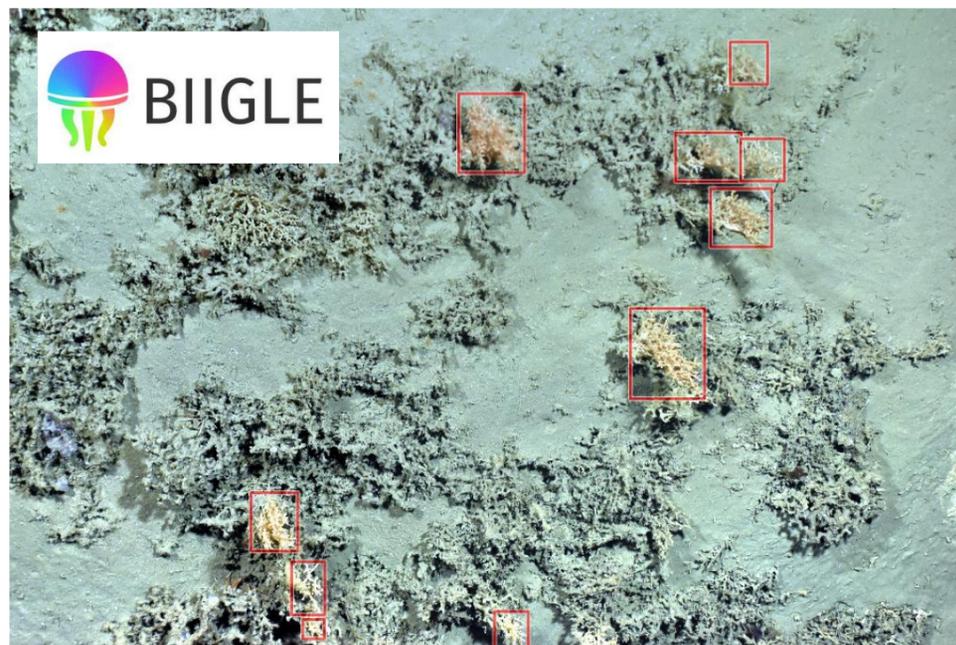


Modèle 3D  
100m \* 100m

# Annotation automatique



Annotations  
1000 images  
*M. oculata* seul.



*Madrepora oculata*



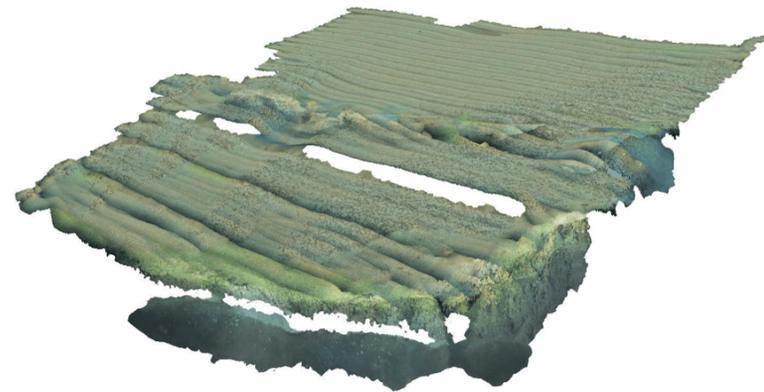
ultralytics  
YOLO11  
Modèle de détection  
d'objets



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

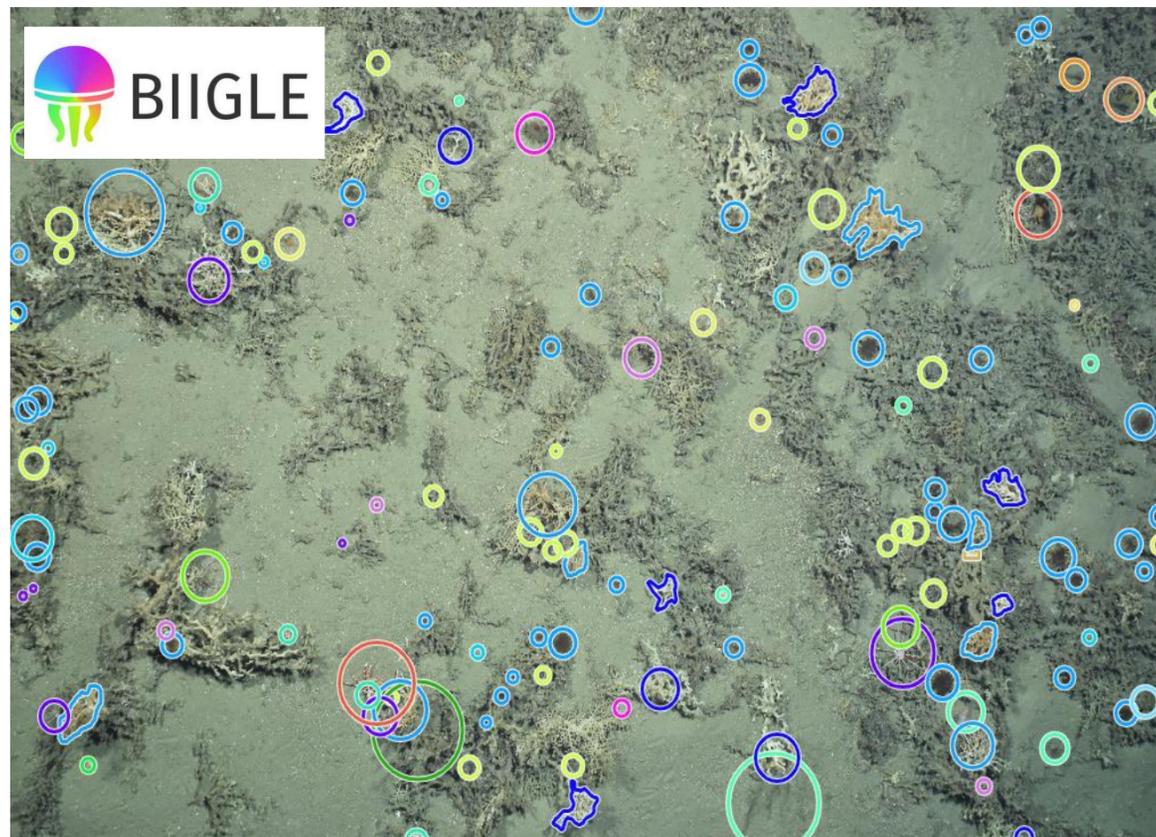
Modèle de detection des coraux

# Annotation automatique



Annotations  
650 images

Toute macrofaune visible



Taxa associés

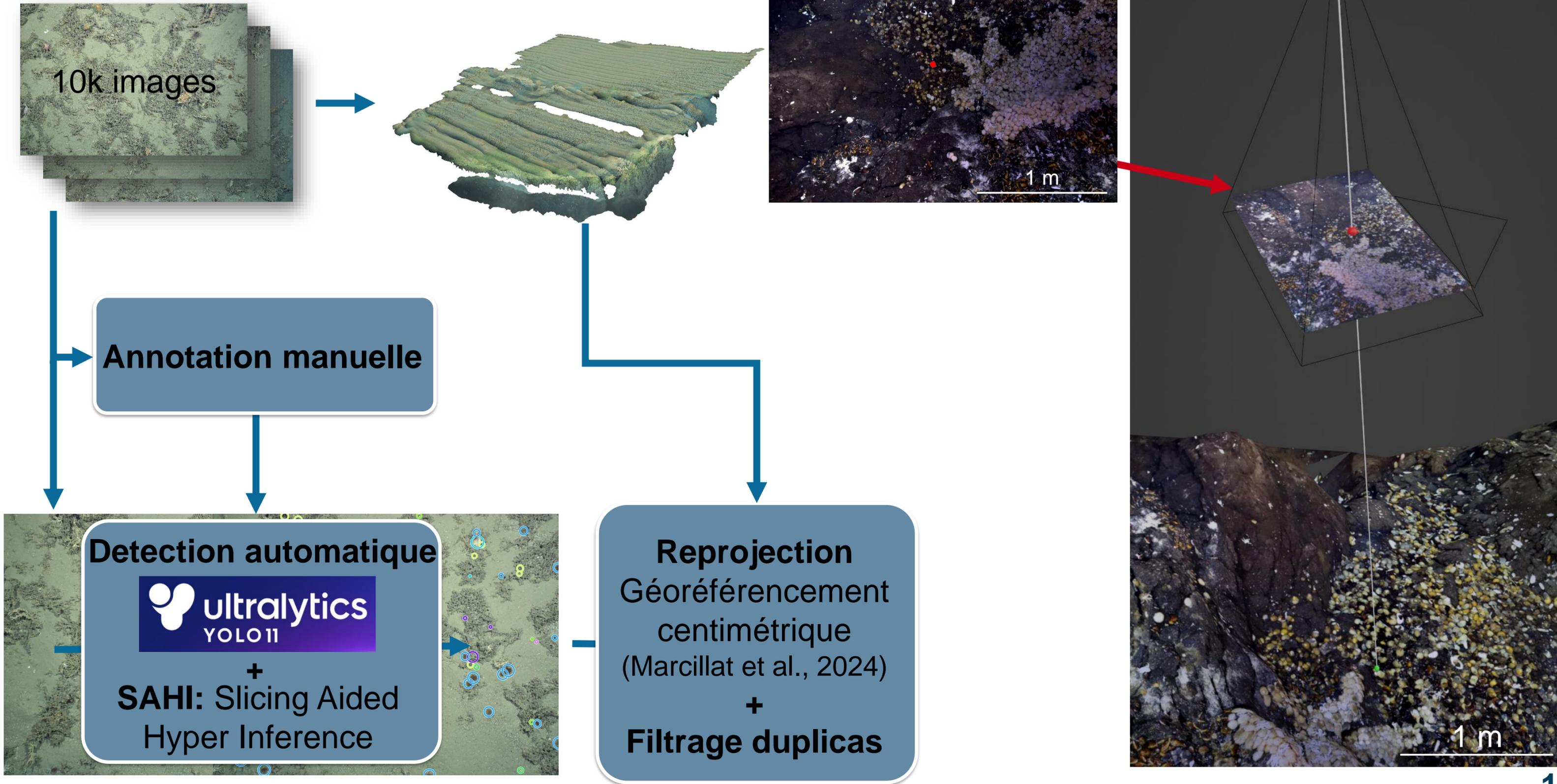


8 taxa  
(> 100 individus)

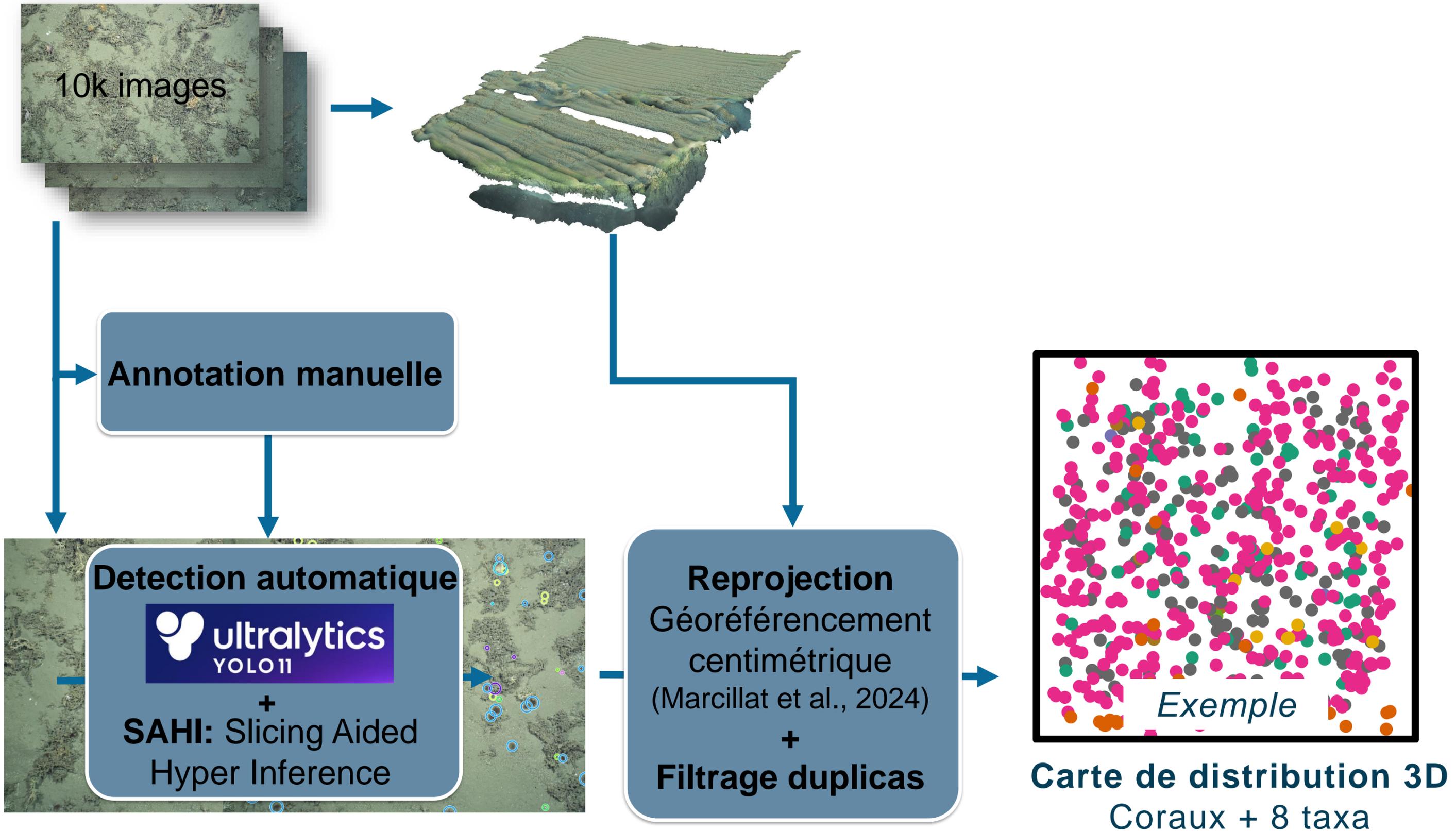
Class	mAP50
All	<b>0.689</b>
Sabellidae	0.512
Brachyura	0.632
Anomura	0.676
Actiniaria	0.895
Antipatharia	0.613
<i>C. cidaris</i>	0.922
Gastropoda	0.662
Porifera	0.604

Modèle de détection des taxa associés

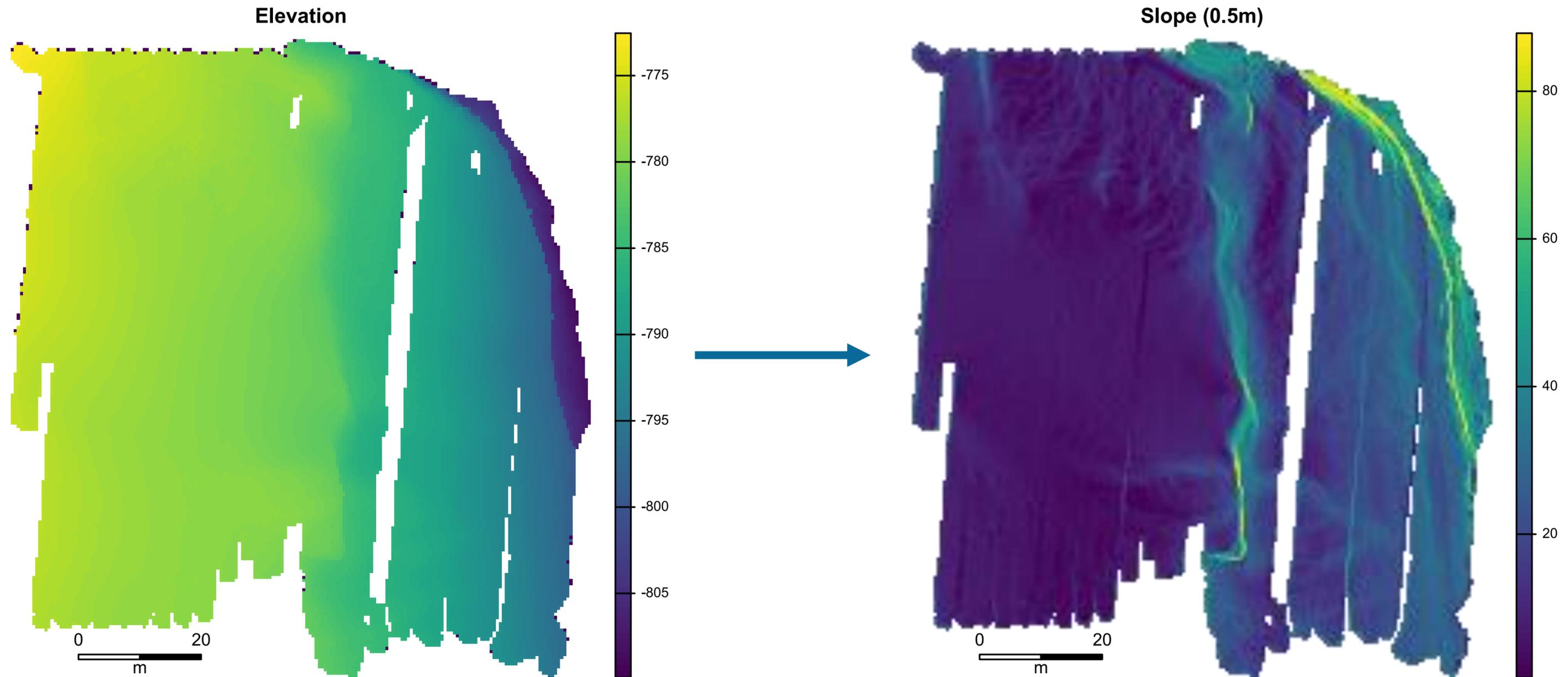
# Stratégie d'acquisition



# Stratégie d'acquisition



# Des modèles 3D au géomorphométriques



Digital Elevation Model  
(DEM)

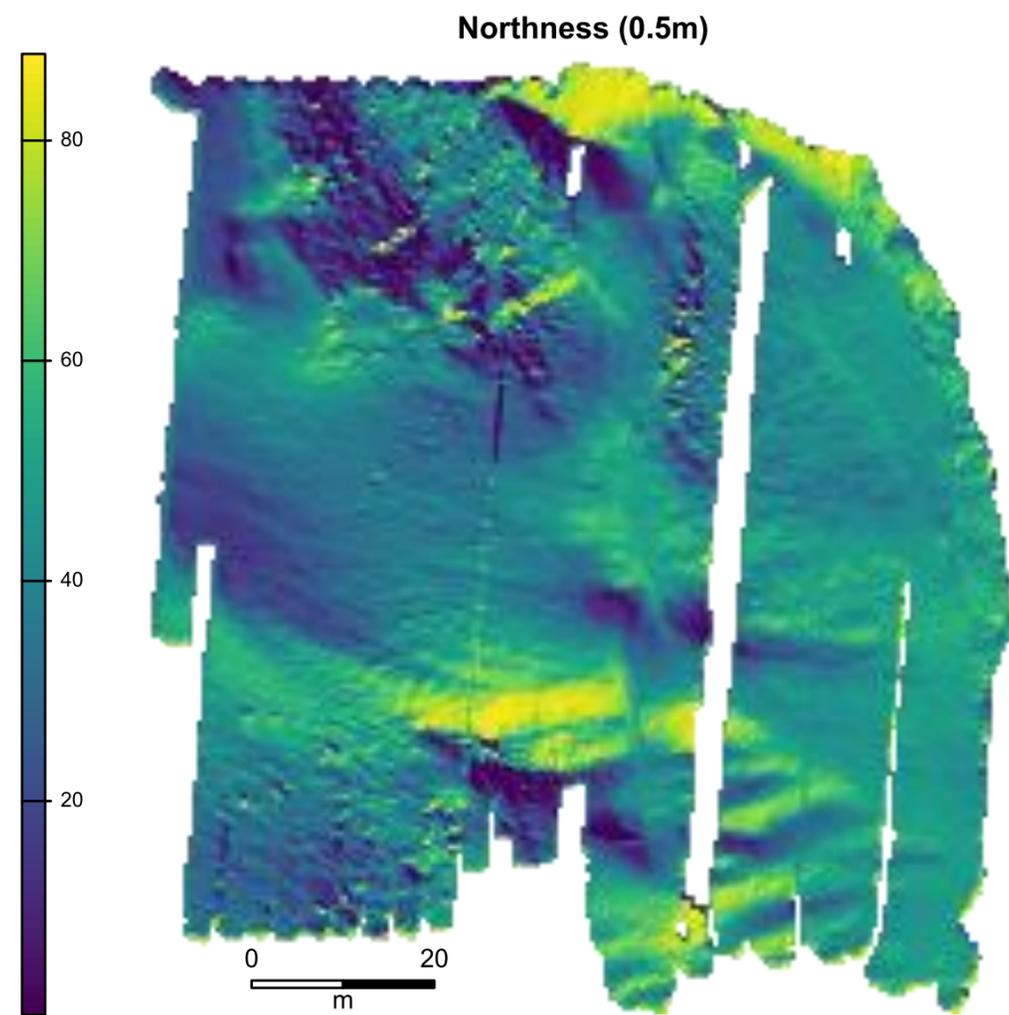
Géomorphométrie dérivée



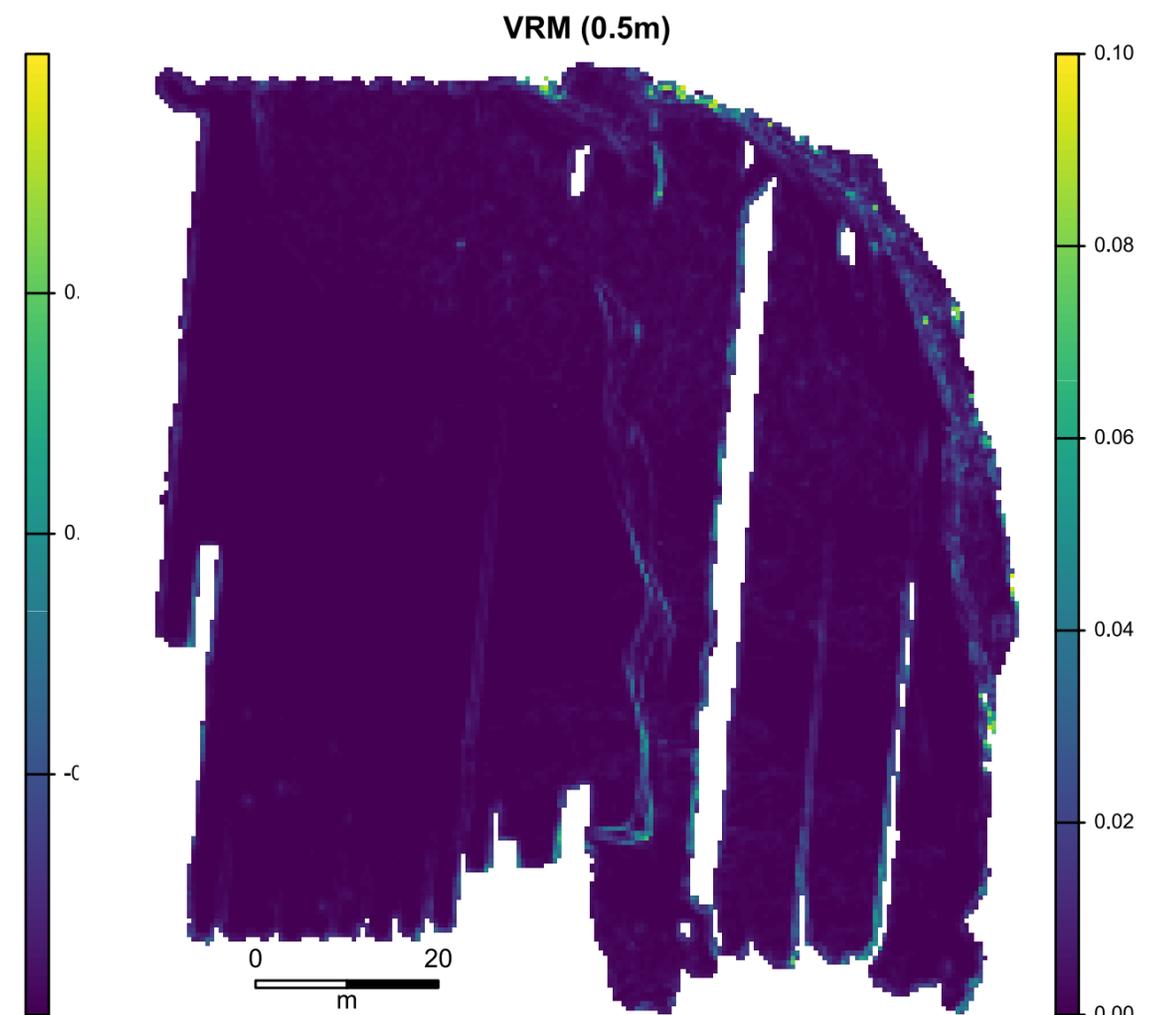
# Differentes geomorphometriques...



Pente

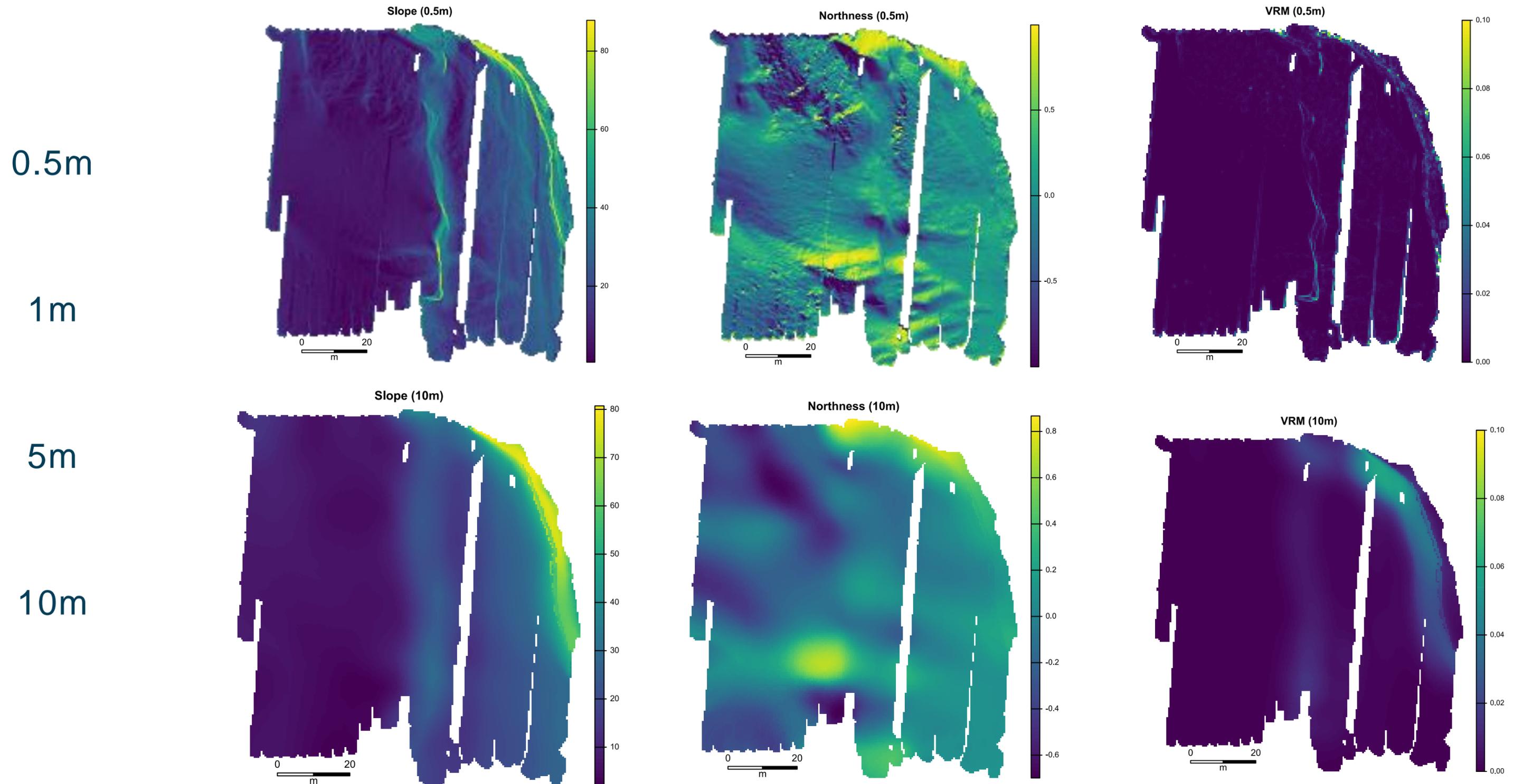


Direction de la pente

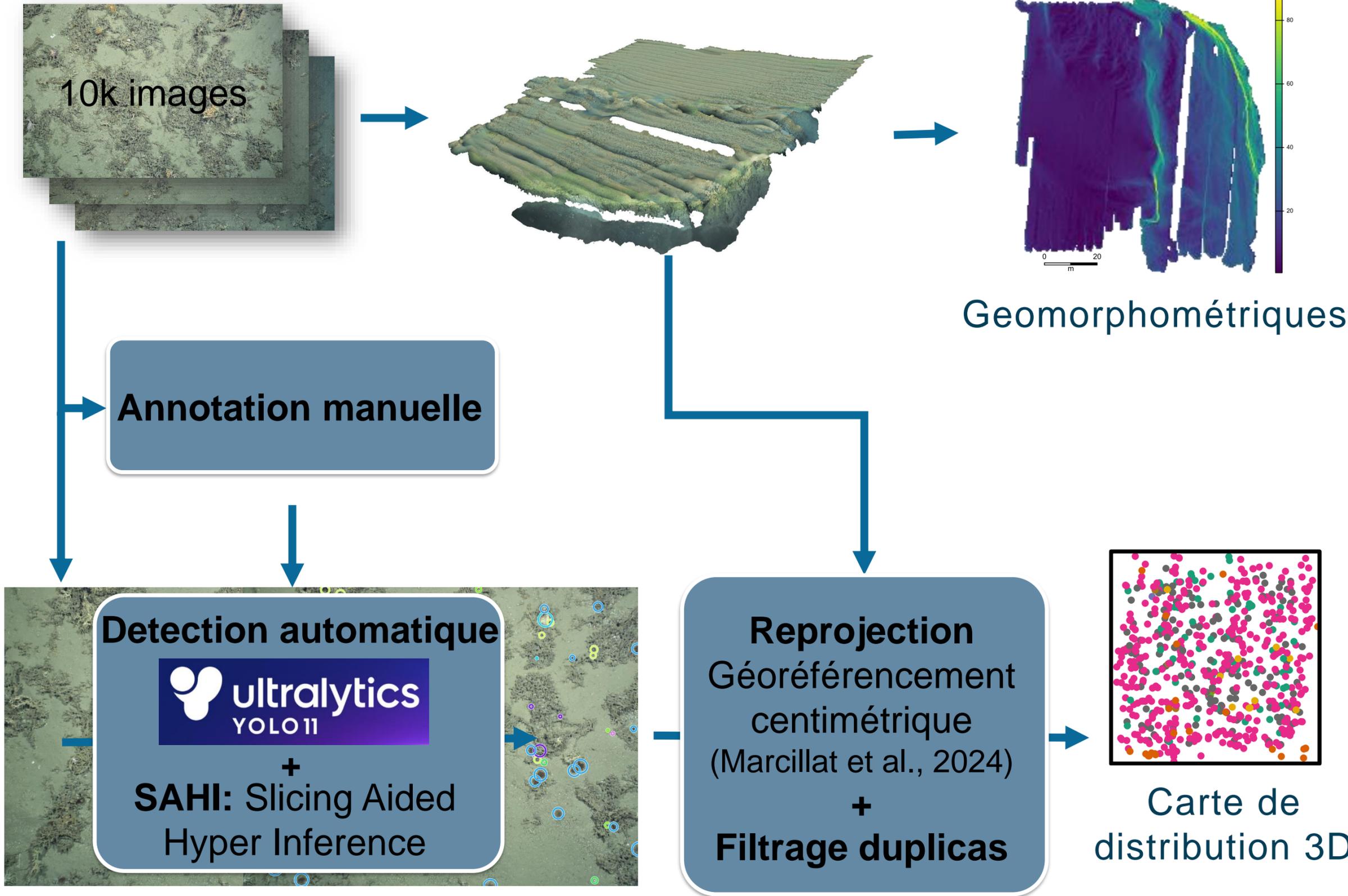


Vector Ruggedness Measurement (VRM)

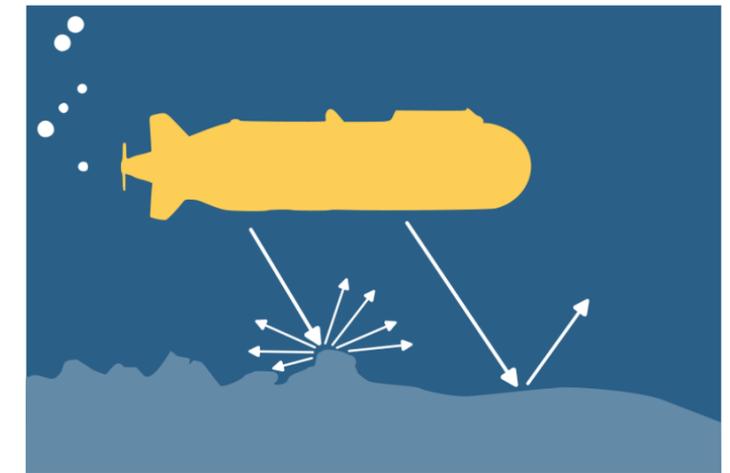
# ... A différentes résolutions



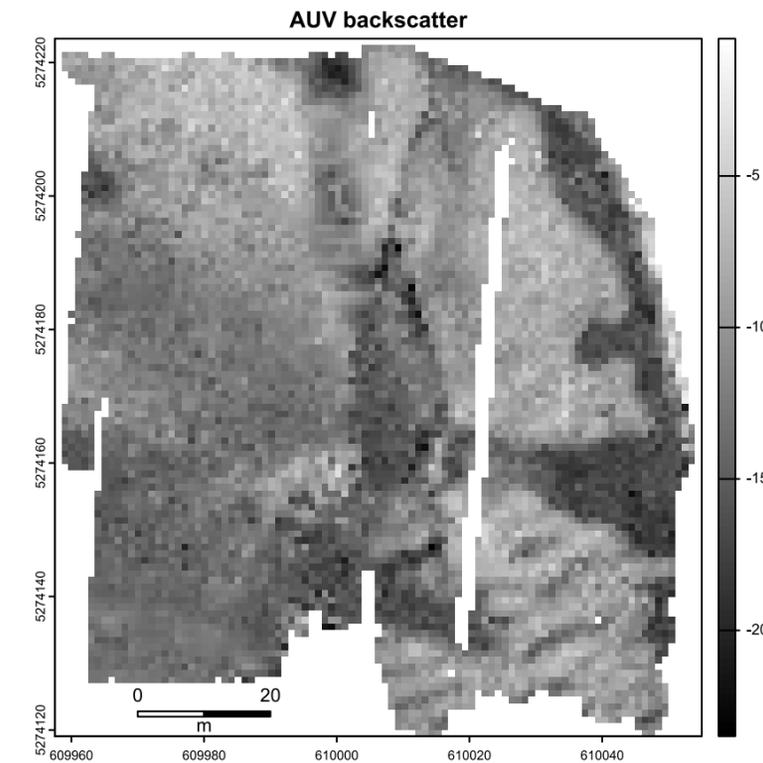
# Stratégie d'acquisition



## Backscatter AUV



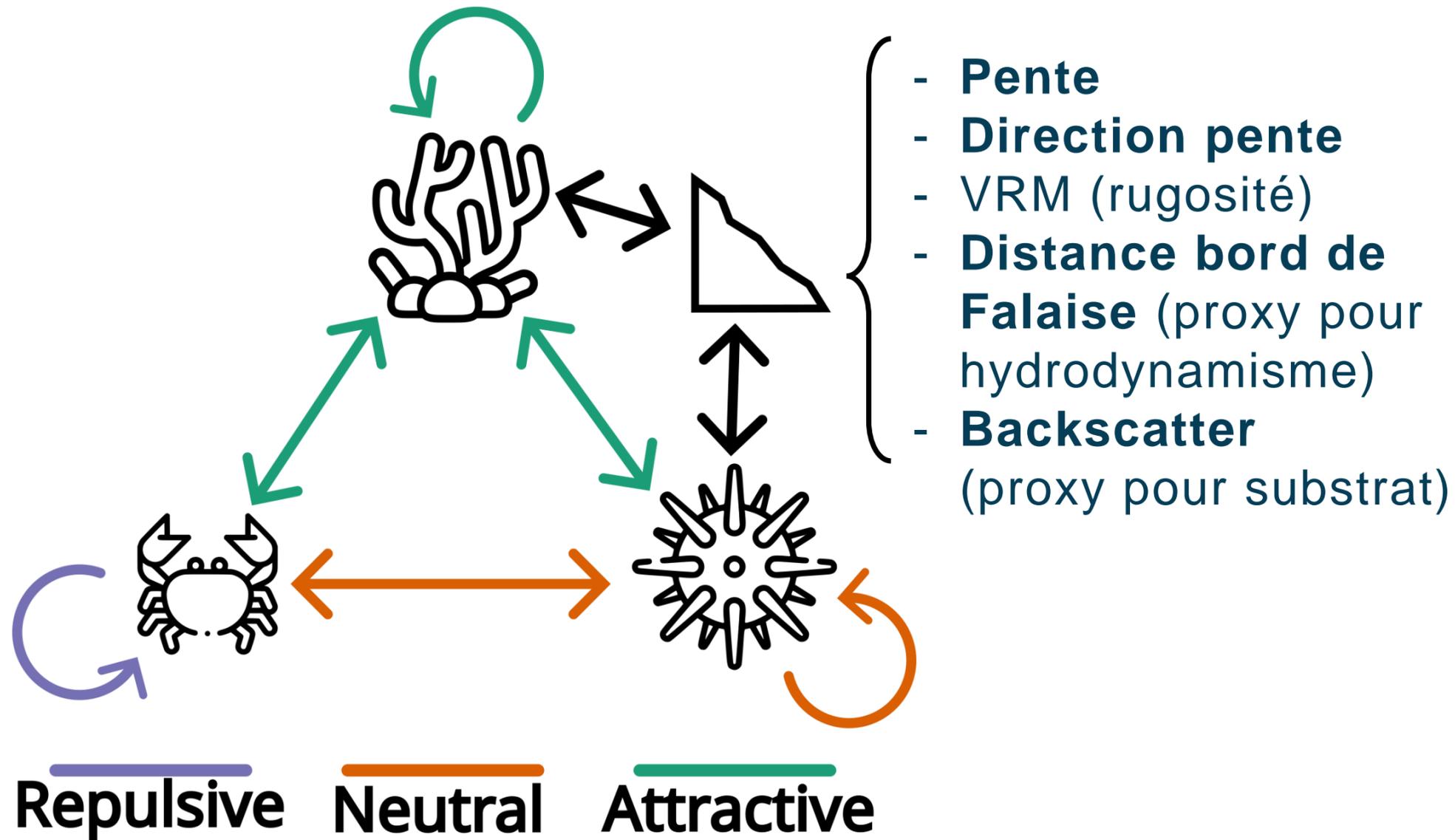
Geomorphométriques



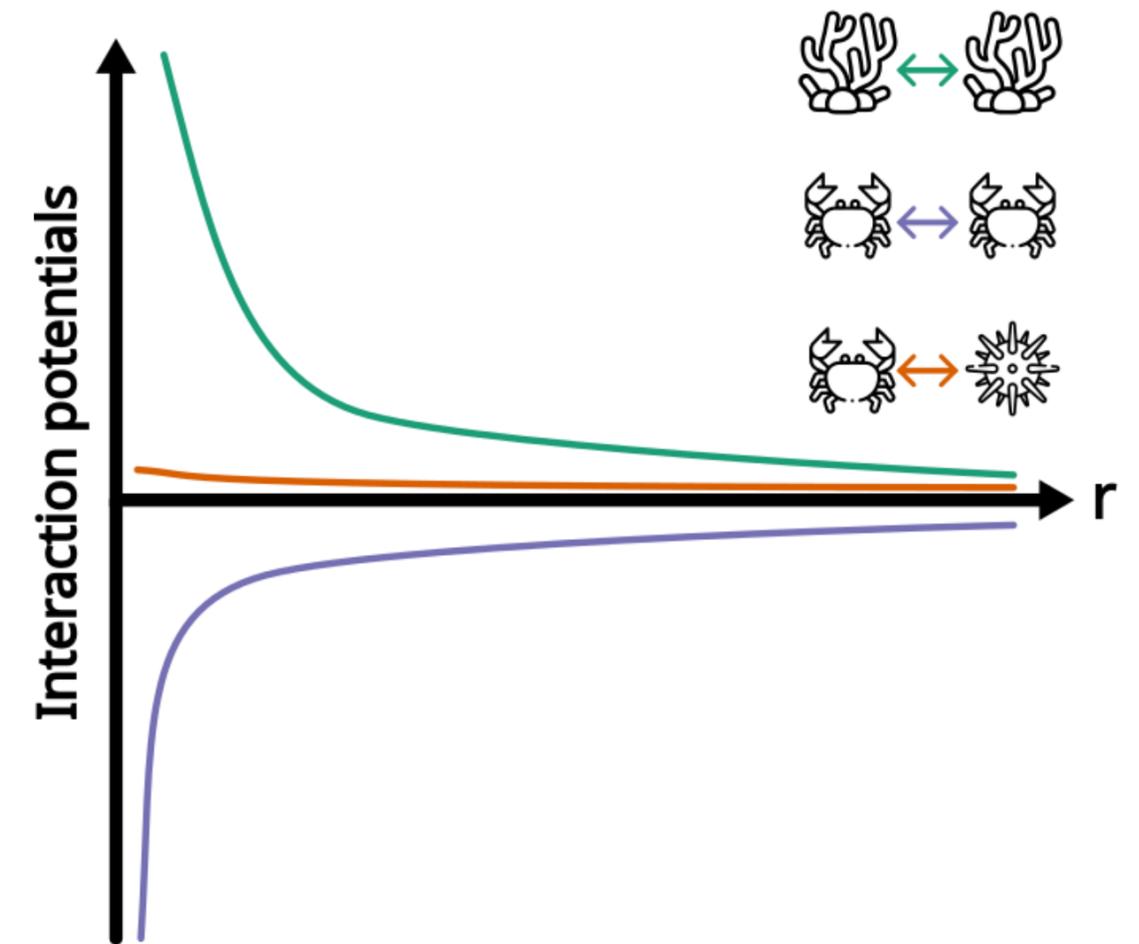
➤ Bon proxy du type de substrat

# 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**



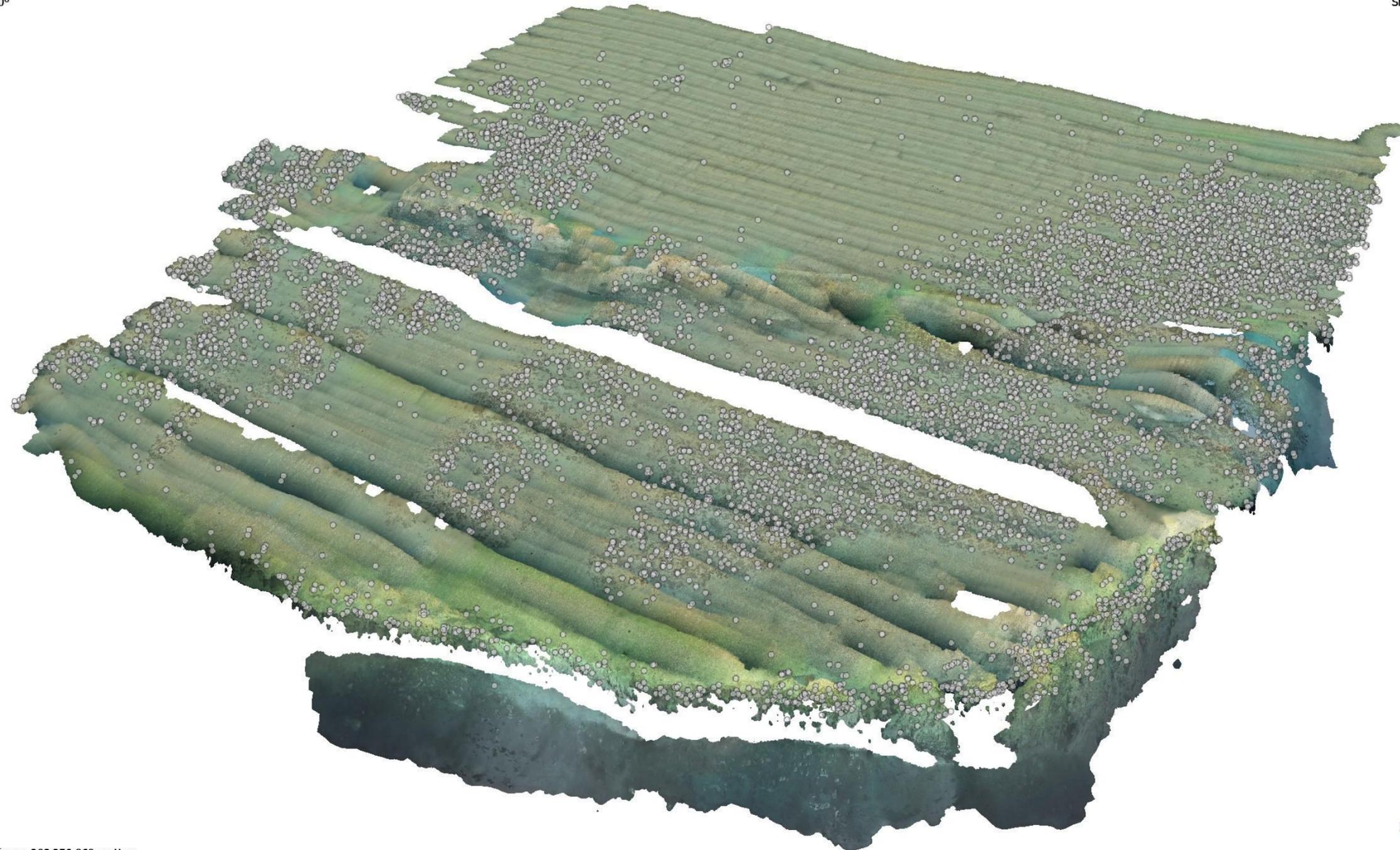
# Resultats



# Carte de distribution

Perspective 30°

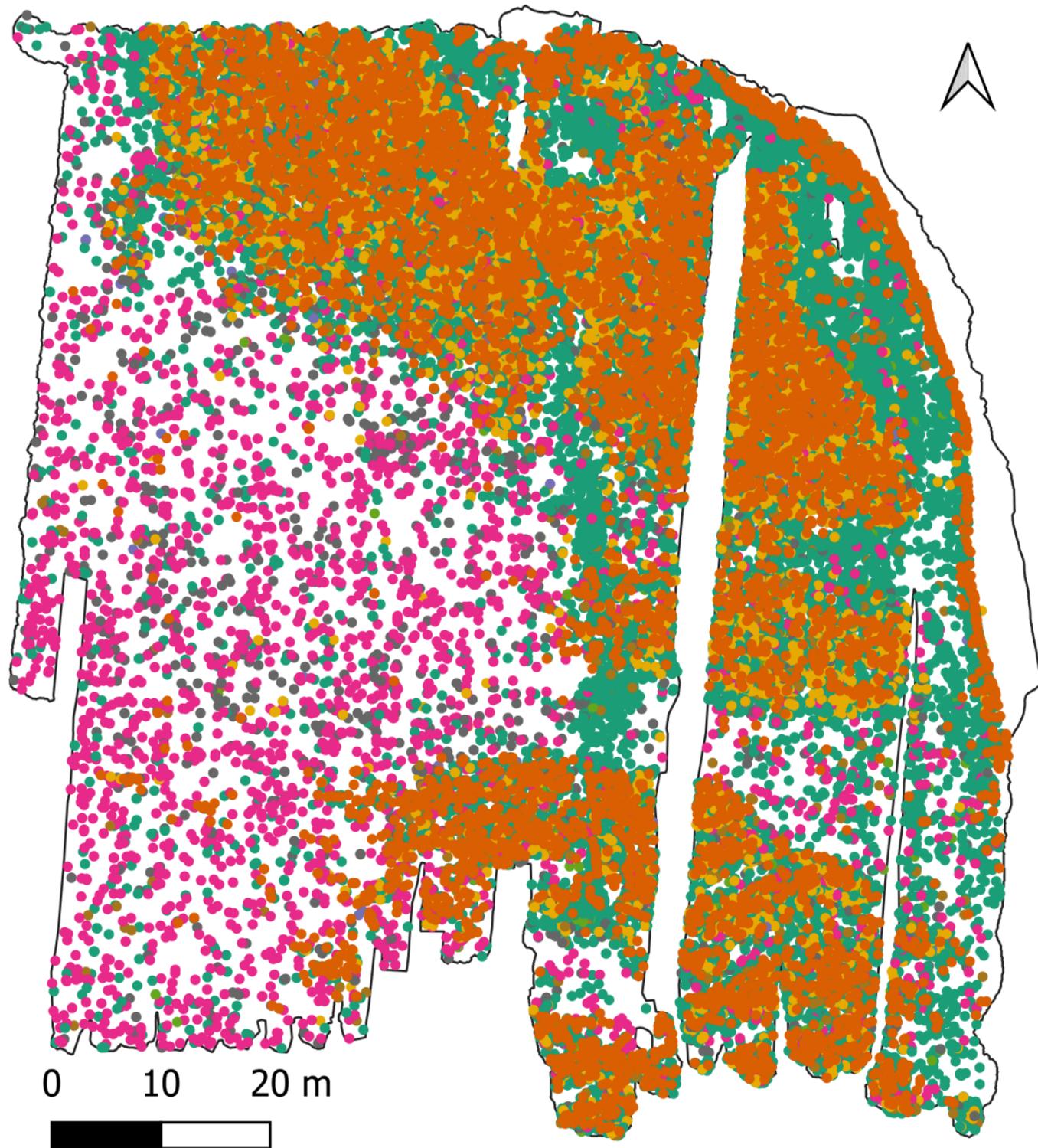
Snap: Axis, 3D



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

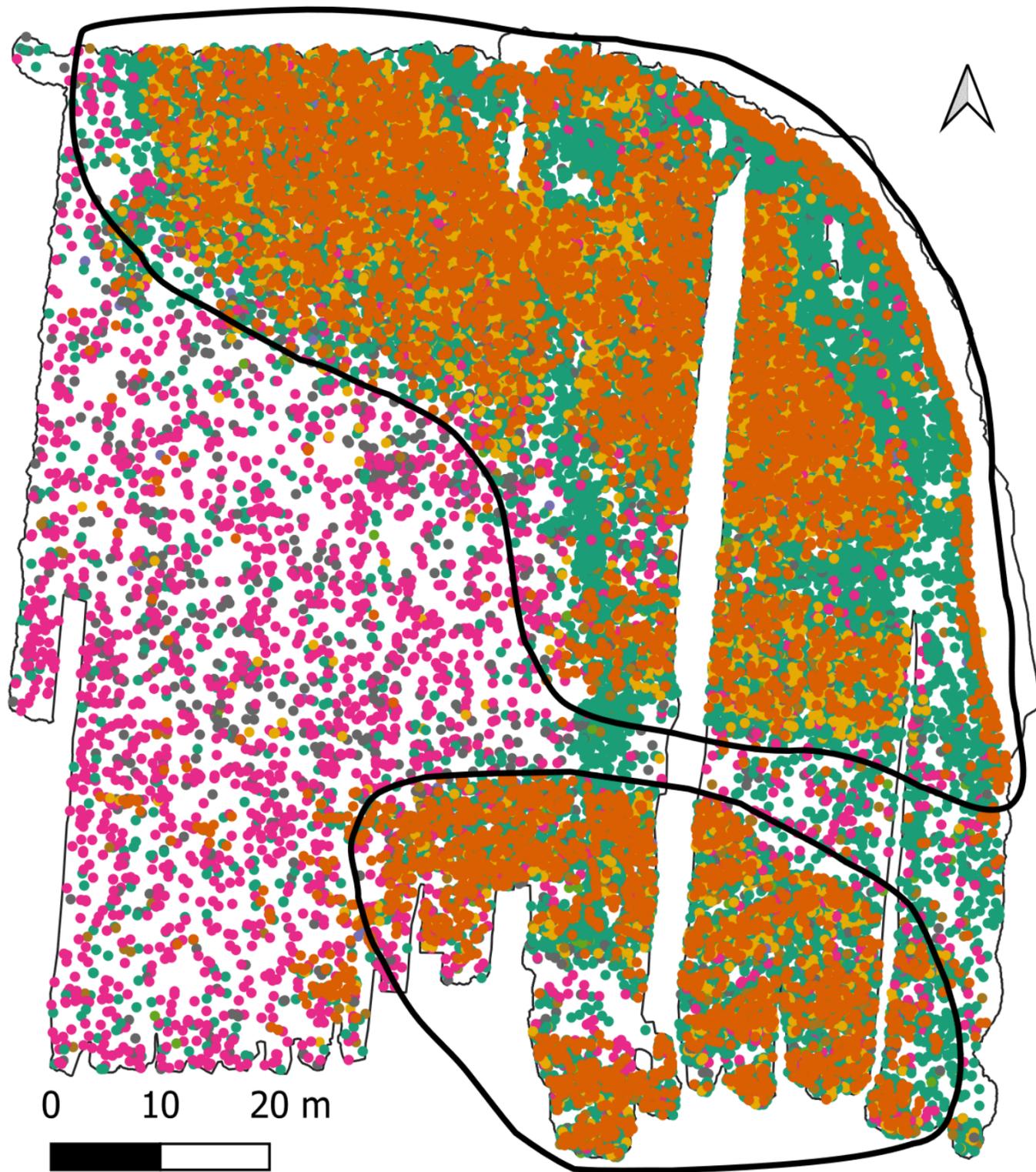
Carte de distribution 3D des coraux

# Carte de distribution



➤ 70k individus

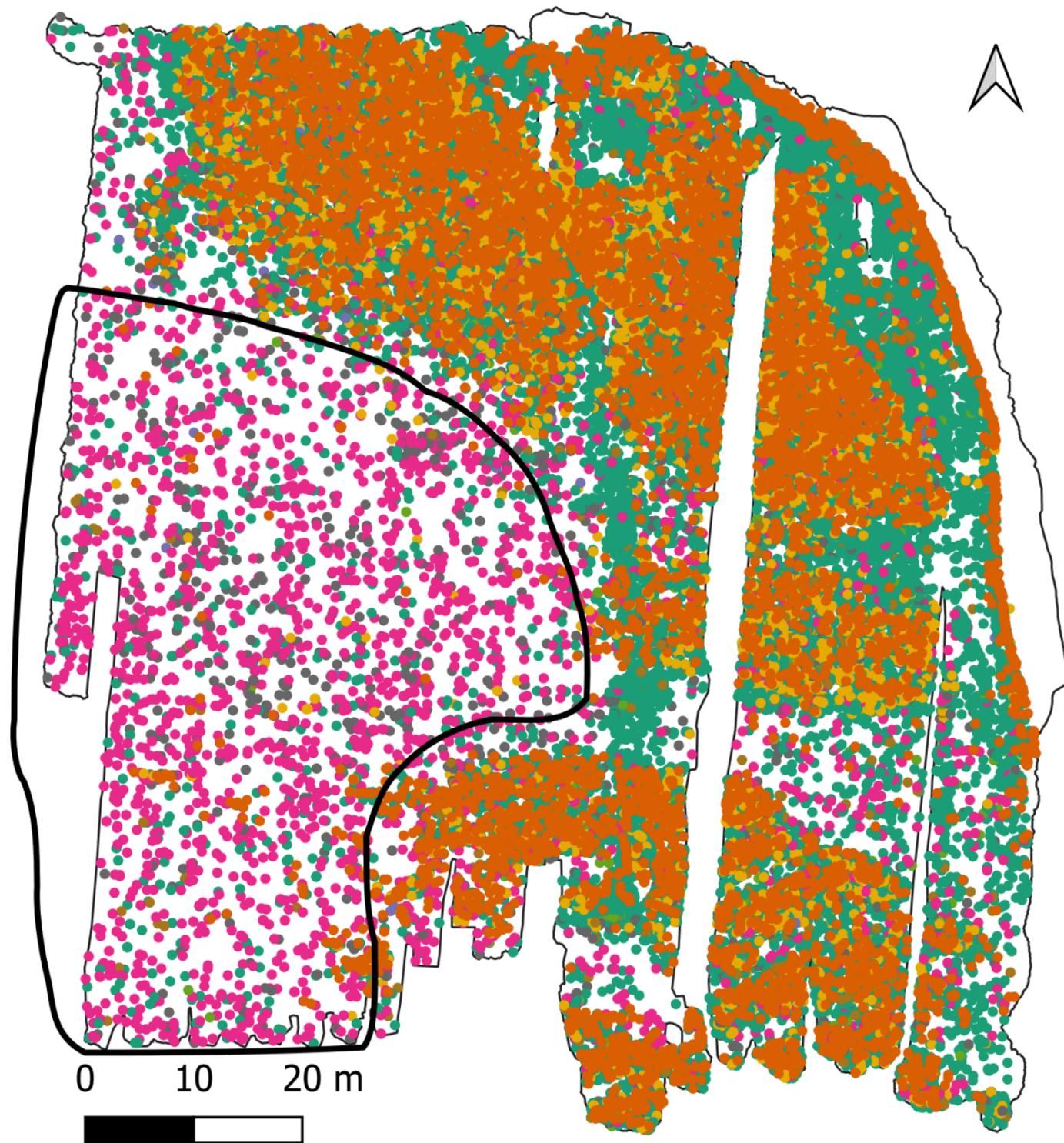
# Carte de distribution



➤ Habitats de coraux vivants



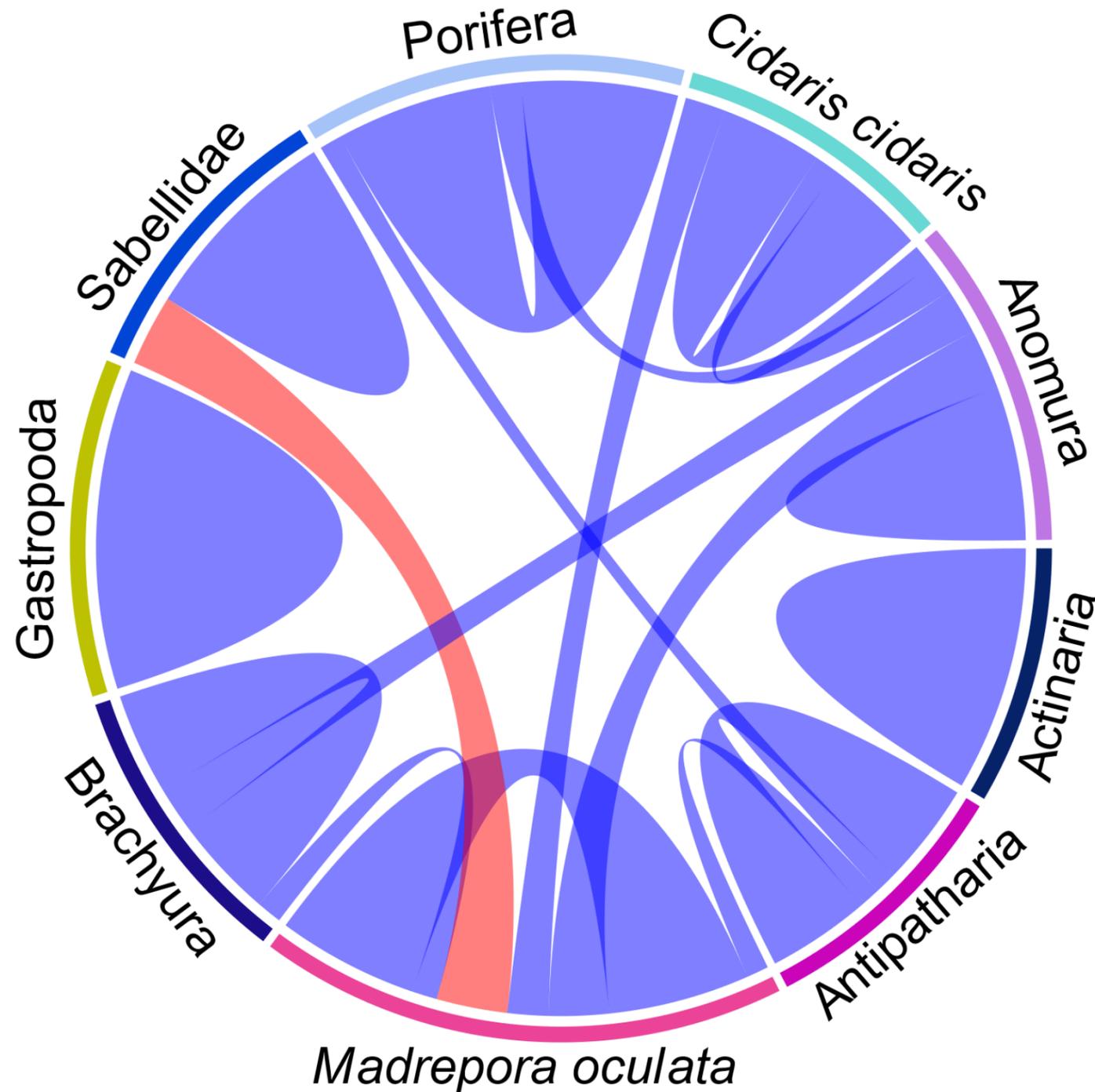
# Carte de distribution



➤ 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

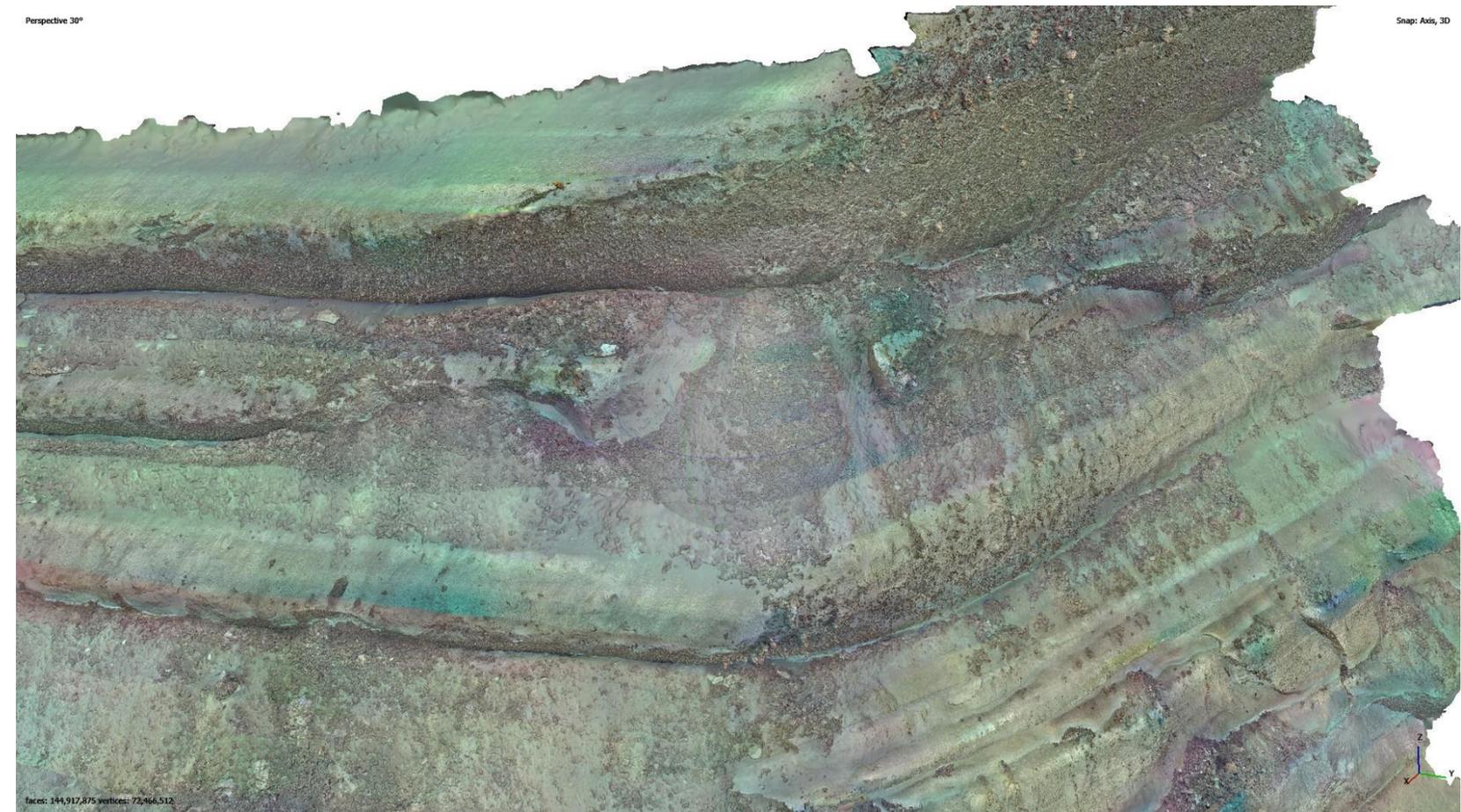
- **Inconvénients**

- **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 !

