

CLASSIFICATION DES HABITATS INFRALITTORAUUX PAR SEGMENTATION SÉMANTIQUE D'IMAGERIE OPTIQUE ET LIDAR OUVERTE:

ORTHO-LITTORALE ET LITTO3D EN BAIE DE SAINT-MALO

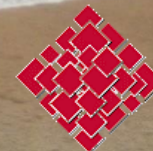
Antoine Collin*, Angéline Bulot, Yves Pastol, Loïc LeGoff, et Eric Feunteun

Centre de GéoEcologie Littorale
Ecole Pratique des Hautes Etudes
Université Paris Sciences Lettres

antoine.collin@ephe.psl.eu



15 mars 2023
meriGéo, Le Havre



École Pratique
des Hautes Études



SERVICES ECOSYSTÉMIQUES

- **Support de biodiversité** (poissons, mollusques, crustacés, oiseaux, etc.)
- **Régulation océano-climatique:** séquestration du carbone
- **Protection littorale:** atténuation hydrodynamique, fixation TDC
- **Culture:** pêche à pied, science, éducation



DÉGRADATION

- Destruction directe, exploitation des sédiments, surpêche, pollution, etc.
- Forte accélération de la dégradation depuis 1980



Airoidi et al., 2008

**France, 2nd territoire marin au Monde
⇒ Responsabilité dans l'étude et la gestion des
habitats infralittoraux**



MÉTHODES D'OBSERVATION À FINE ÉCHELLE

- **Satellite multispectral:** Collin et al., 2021
- **Avion multispectral:** Collin et al., 2020
- **Drone multispectral:** James et al., 2020
- **SoNAR multifréquentiel:** Fakiris et al., 2019

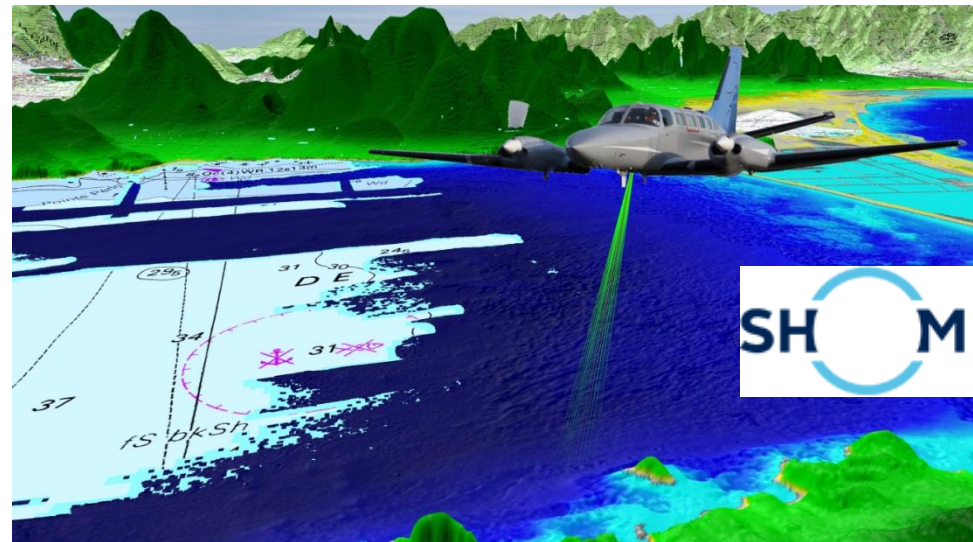


PROBLÉMATIQUE

- **Satellite/avion/drone:** imagerie passive est fortement limitée par la clarté de l'eau
 - **Bateau:** contraintes de navigation en eaux peu profondes/dangereuses
- => Besoin du **LiDAR bathymétrique** acquis sur la « zone blanche » côtière, siège des **habitats benthiques infralittoraux**

Objectif

Cartographie des habitats infralittoraux par LiDAR bathymétrique et IA



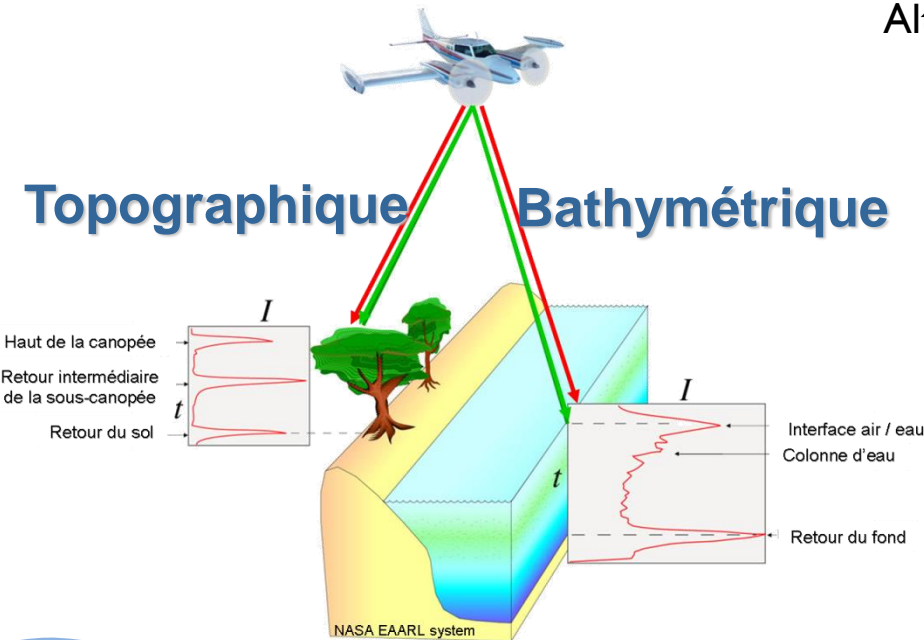
Principe

LiDAR topobathymétrique

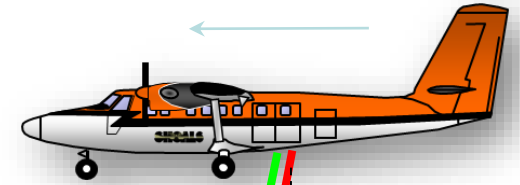
Vitesse : 230 à 480 km.h⁻¹

Altitude : 300 – 1000 m

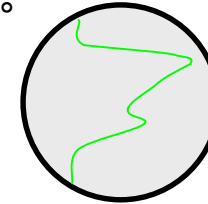
Topographique Bathymétrique



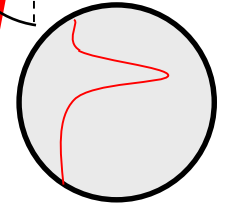
Émissions des faisceaux
Proche InfraRouge
(1064 nm) et Vert (532
nm) à 20°



Nadir de l'avion



Retour de la
surface du Vert



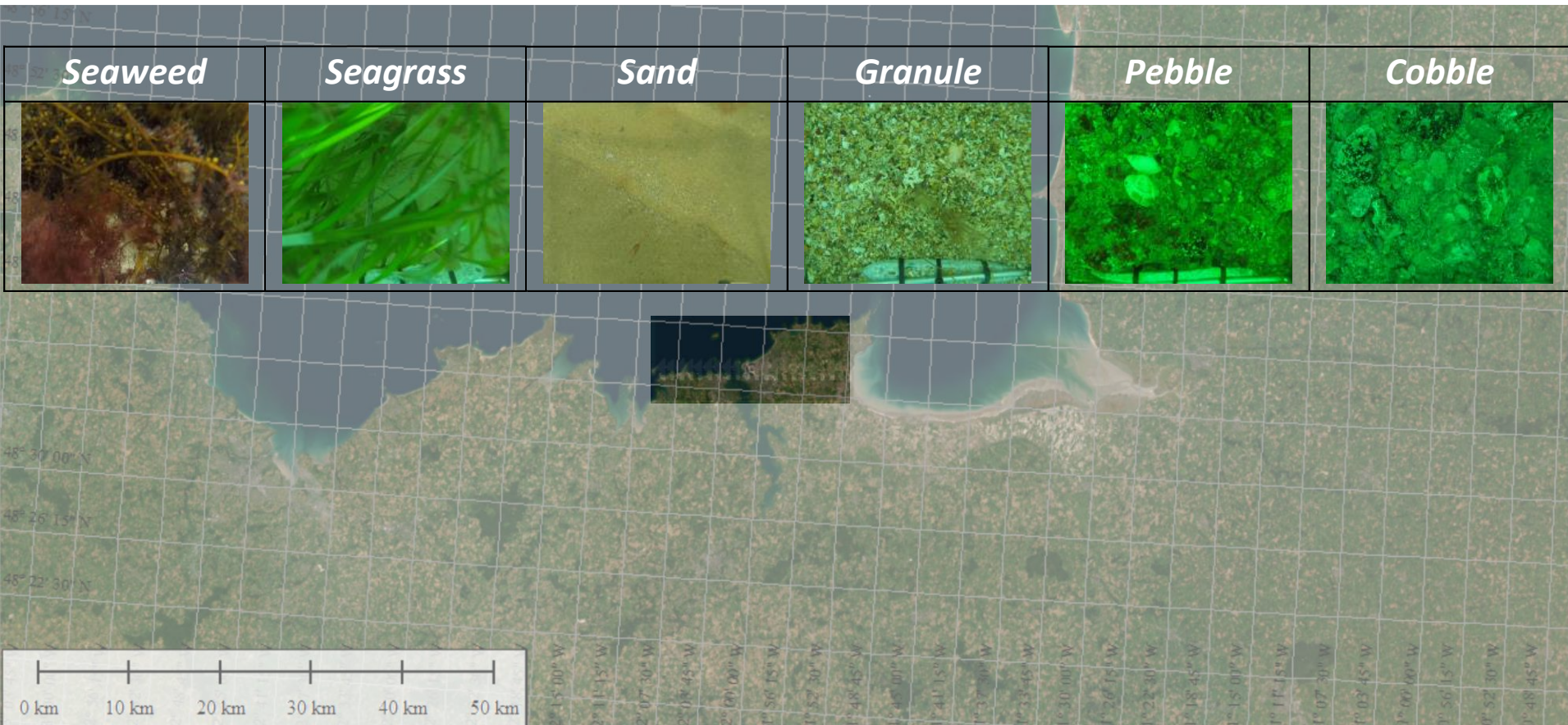
Retour de la
surface du PIR

Retour du fond
du Vert



Site d'étude Baie de Saint-Malo

Côte d'Emeraude: 48° 40 N, 2° 1 W (Manche Est)

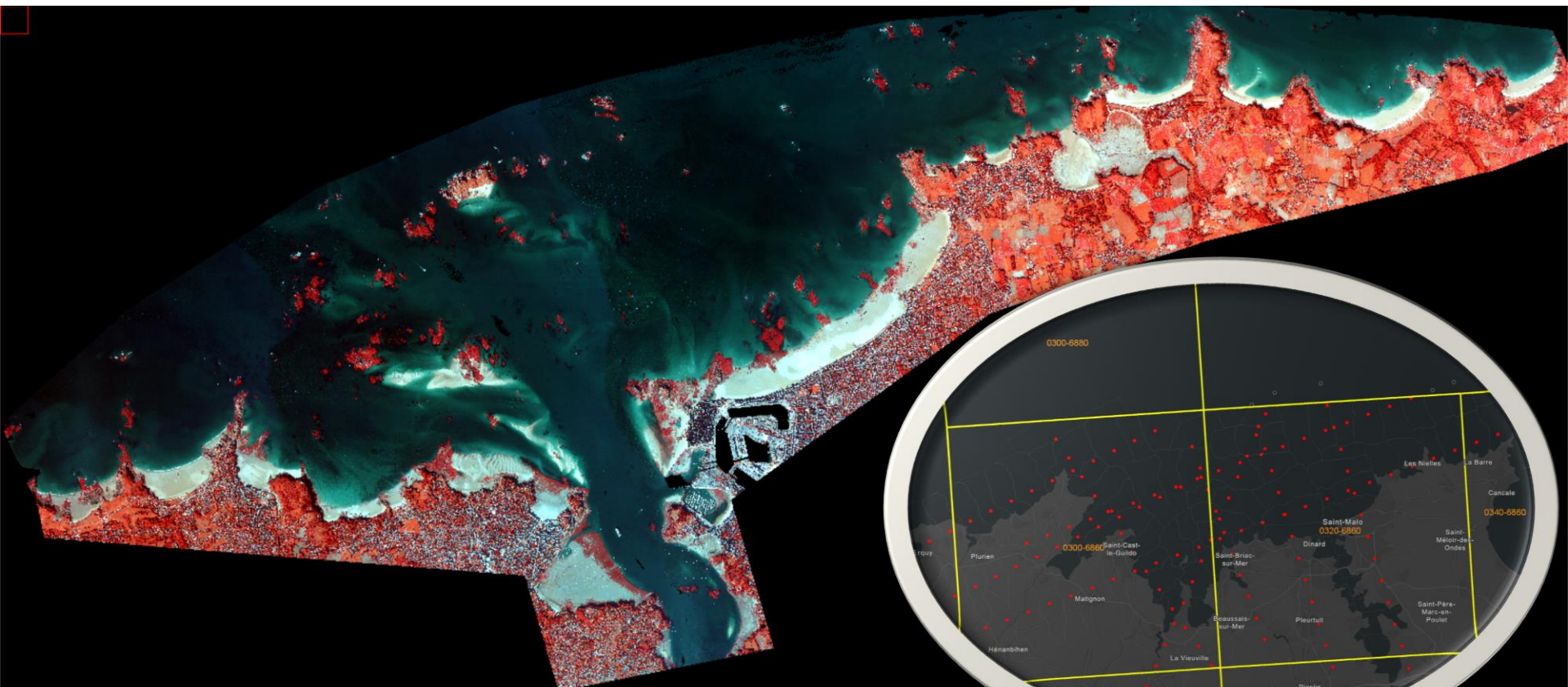


**Diversité des habitats infralittoraux:
rocheux, sableux et vaseux**



Site d'étude Baie de Saint-Malo

Multispectral aérien: Ortho-littorale (V3), IR-RVB, 0.5 m



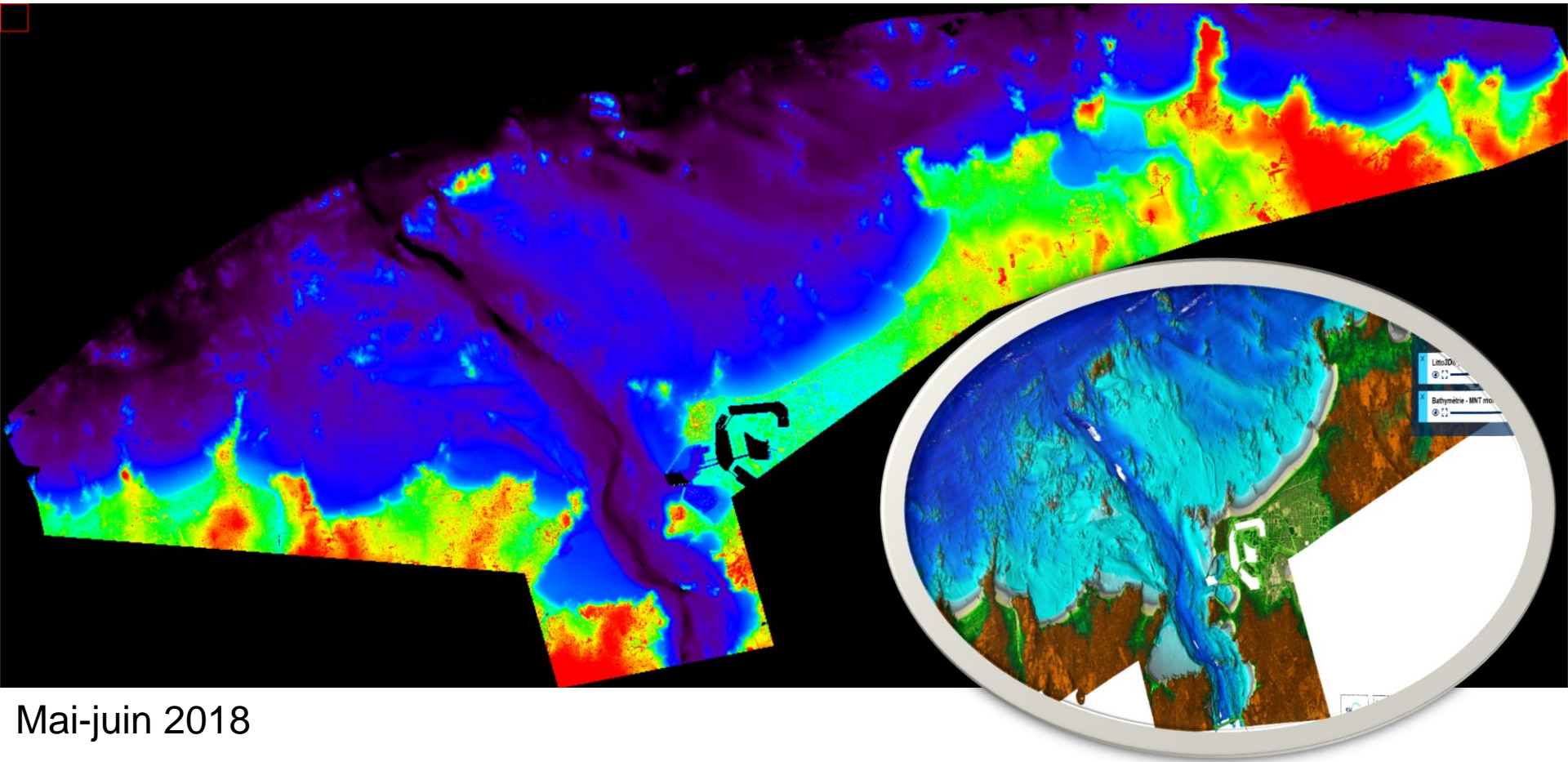
8 octobre 2021

<https://cartagene.cerema.fr/>



Site d'étude Baie de Saint-Malo

LiDAR bathymétrique aérien: Litto3D, vert, 5 points.m⁻², 1 m



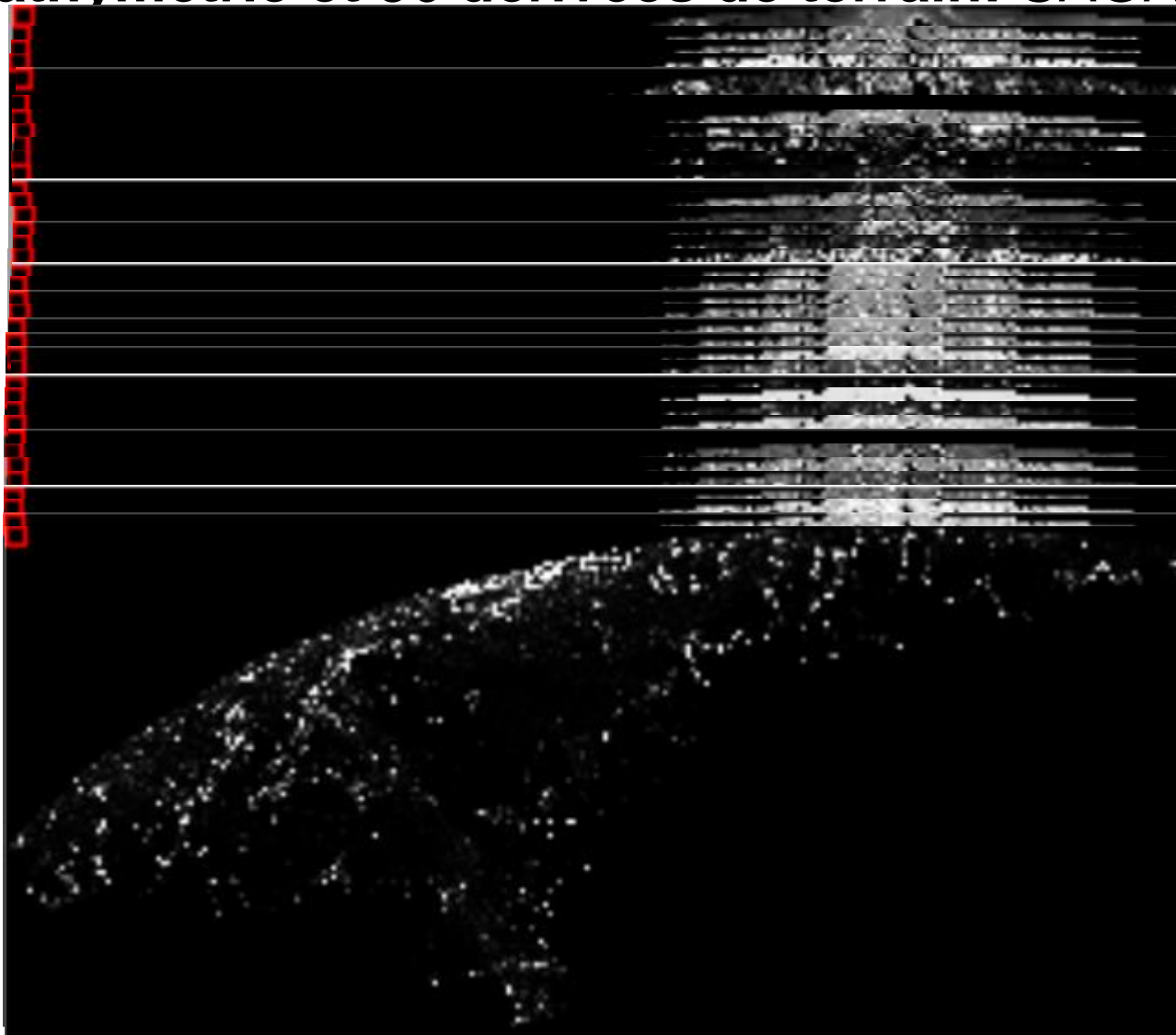
Mai-juin 2018

<https://data.shom.fr/>



Méthodologie Morphométrie LiDAR

Bathymétrie et 36 dérivées de terrain: SAGA



01. LiDAR_2masked
02. Convergence Index
03. Convergence Index
04. Gradient
05. Gradient Difference
06. Protection Index
07. Topographic Position Index
08. MRVBF
09. MRRTF
10. Surface Area
11. Slope Height
12. Valley Depth
13. Normalized Height
14. Standardized Height
15. Mid-Slope Position
16. Slope
17. Aspect
18. General Curvature
19. Profile Curvature
20. Plan Curvature
21. Tangential Curvature
22. Longitudinal Curvature
23. Cross-Sectional Curvature
24. Minimal Curvature
25. Maximal Curvature
26. Total Curvature
27. Flow Line Curvature
28. Terrain Ruggedness Index (TRI)
29. Convexity
30. Texture
31. Topographic Position Index
32. Local Curvature
33. Upslope Curvature
34. Local Upslope Curvature
35. Downslope Curvature
36. Local Downslope Curvature
37. Vector Terrain Ruggedness (VRM)

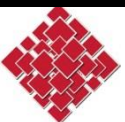
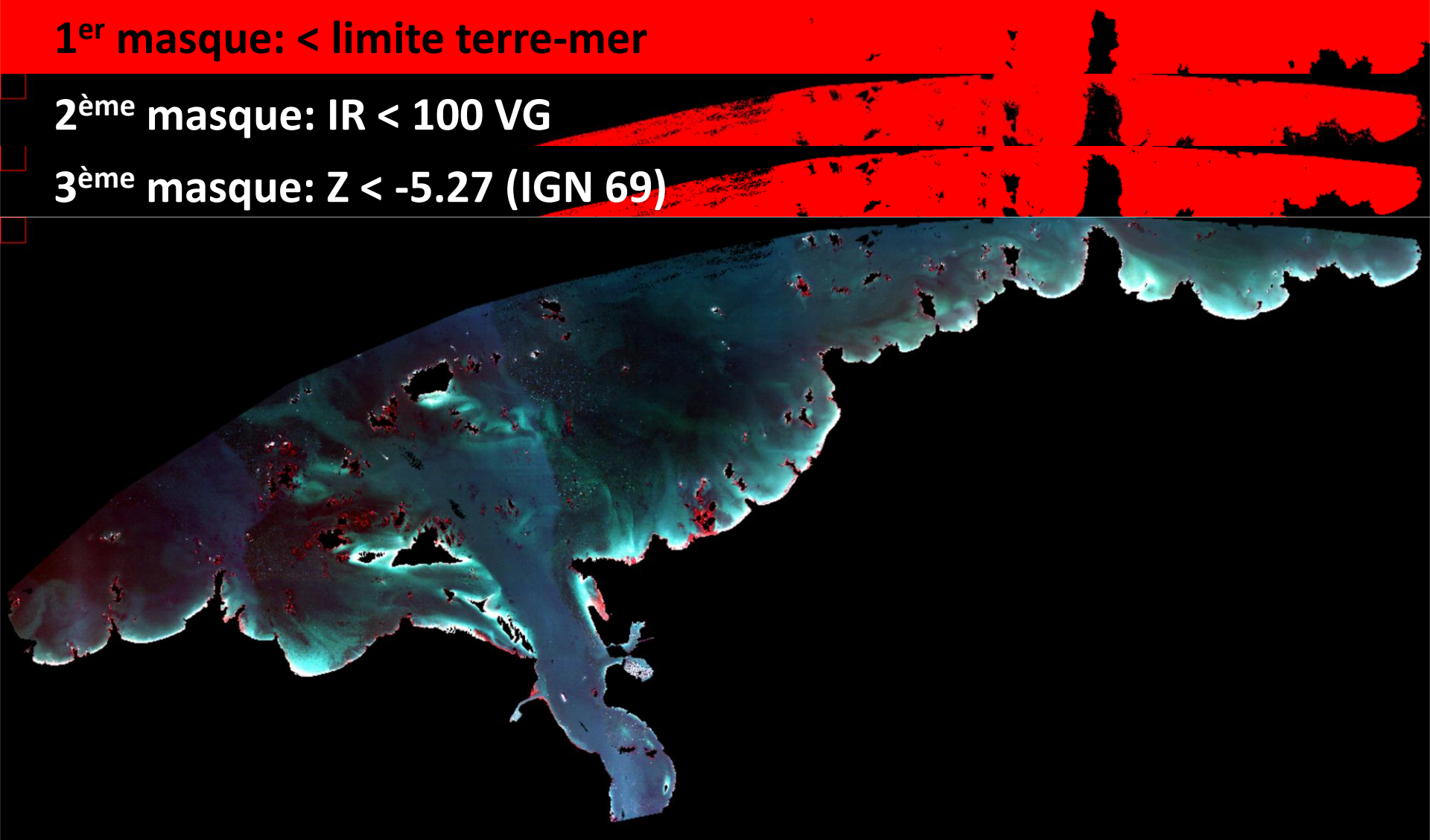


Méthodologie Couplage Ortho-littorale et LiDAR

1^{er} masque: < limite terre-mer

2^{ème} masque: IR < 100 VG

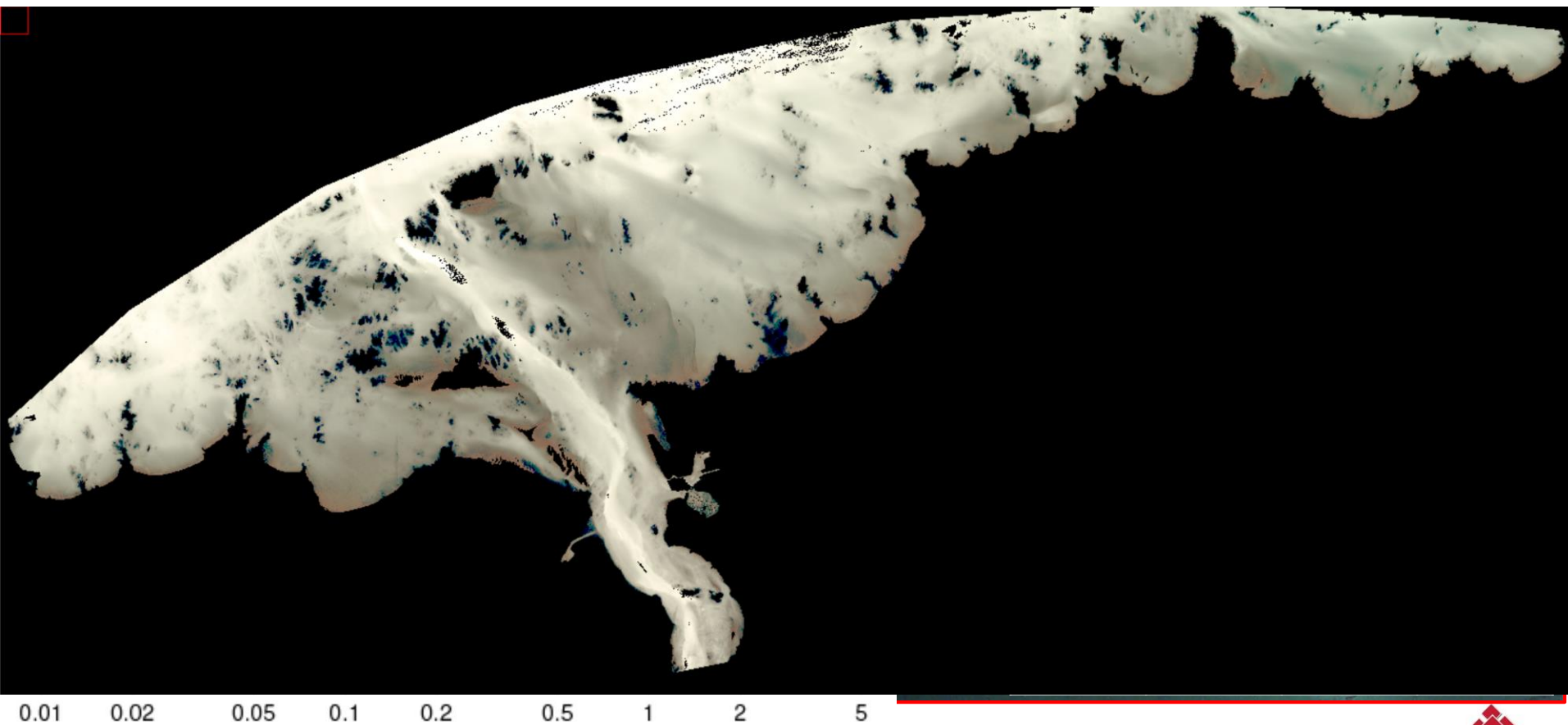
3^{ème} masque: Z < -5.27 (IGN 69)



Méthodologie Couplage Ortho-littorale et LiDAR

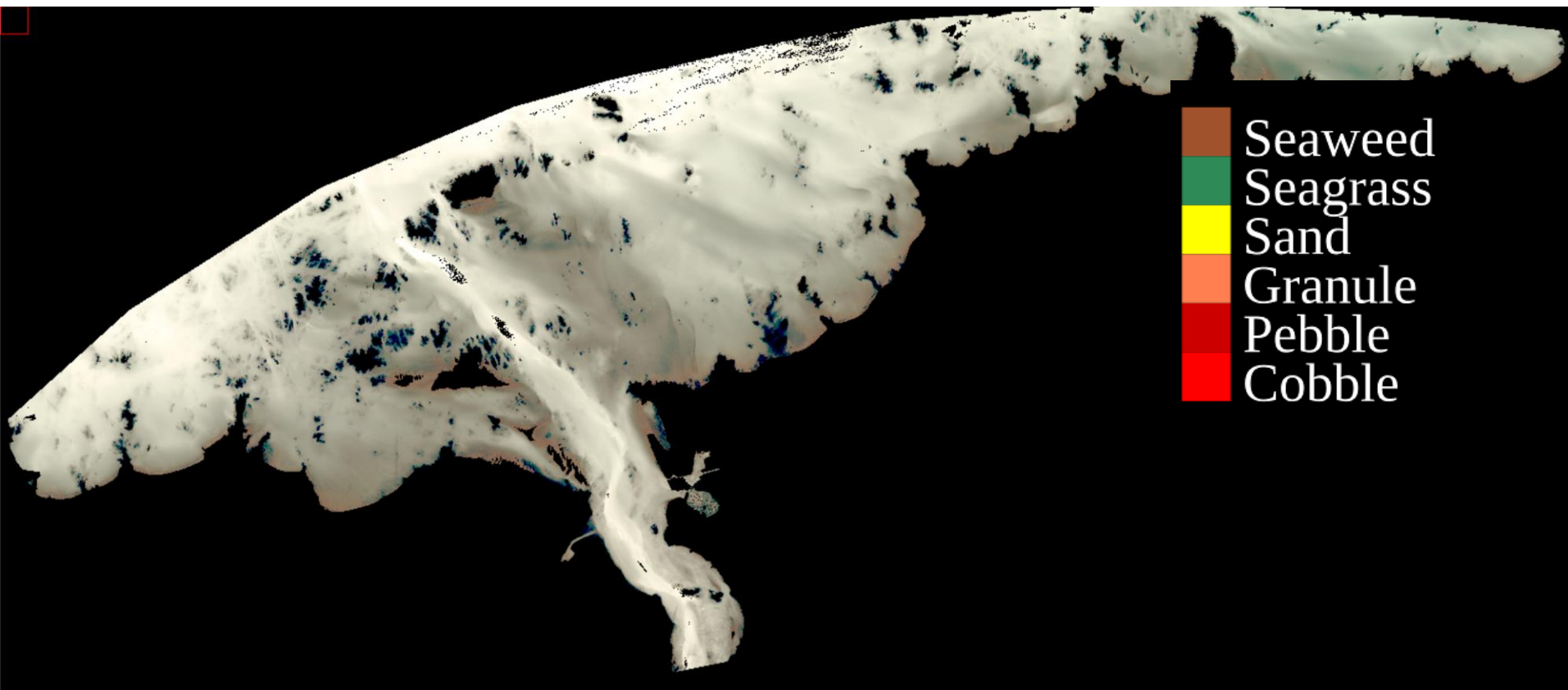
Modèle de transfert radiatif: Albédo benthique

$$A_b = (R_w - R_\infty)e^{2K_d Z} + R_\infty$$



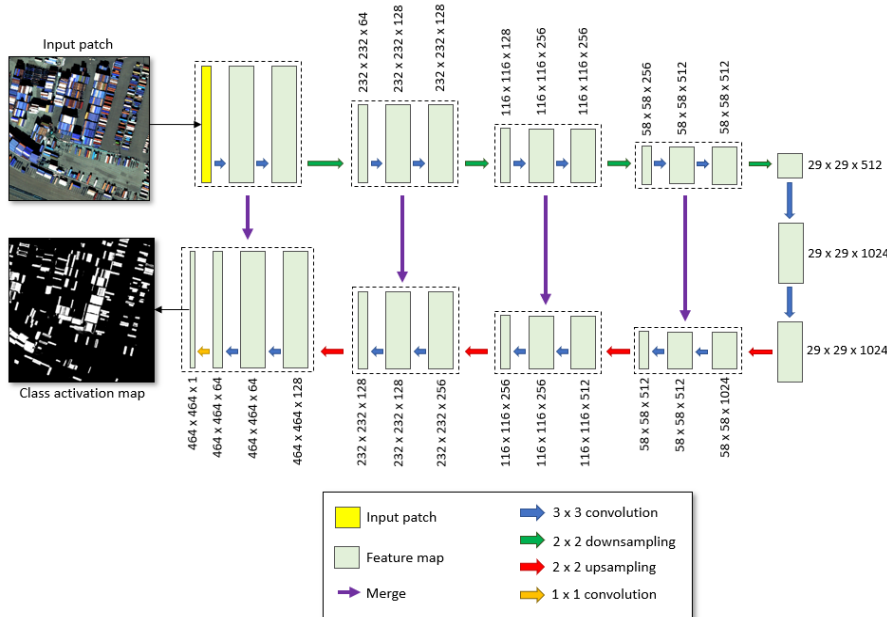
Méthodologie Couplage Ortho-littorale et LiDAR

Vérites-terrain: 567 pixels par classe (70/30 Cal/Val)



Méthodologie Classification

Apprentissage automatique par Séparateur à Vaste Marge (*SVM*), Arbre de décision (*DT*), forêt aléatoire (*RF*), Réseau de Neurones Artificiels (*ANN*) et Convolutifs (*CNN*)



Architecture neuronale
ENVINet5

Une réponse (classe)
= fonction (prédicteurs
morphométriques LiDAR)

6 classes calibrées par 397 pixels
6 classes validées par 170 pixels

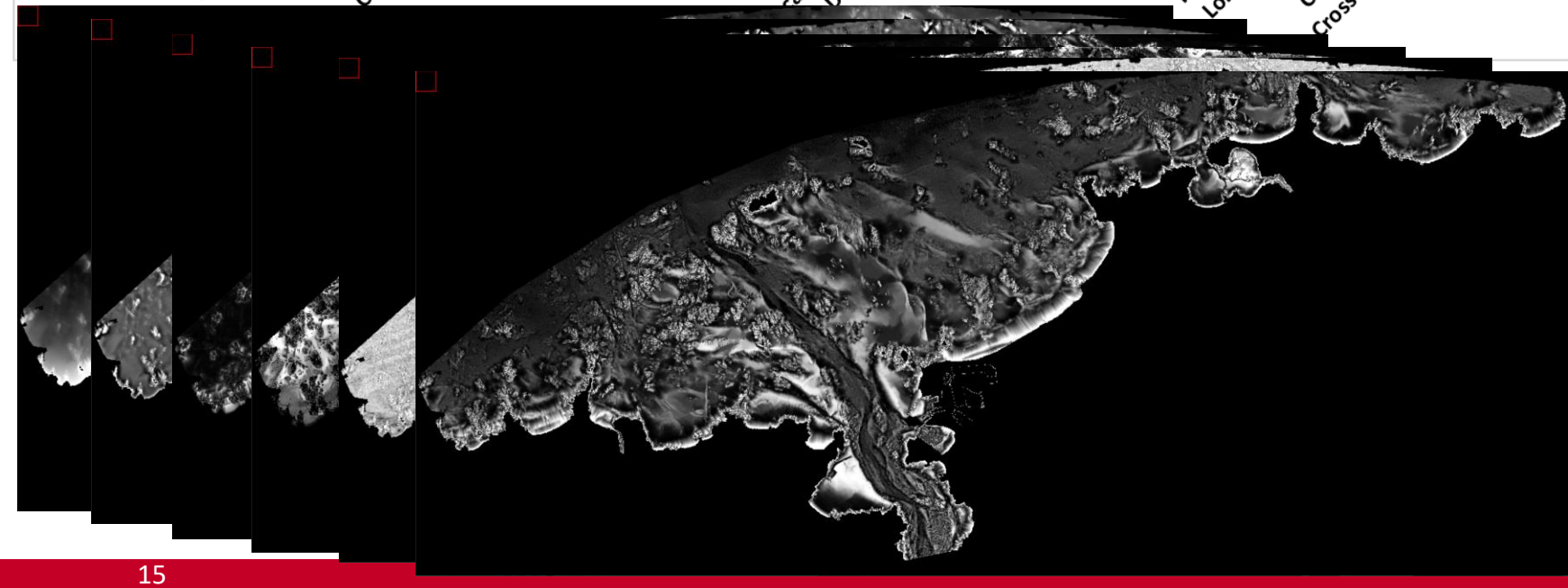
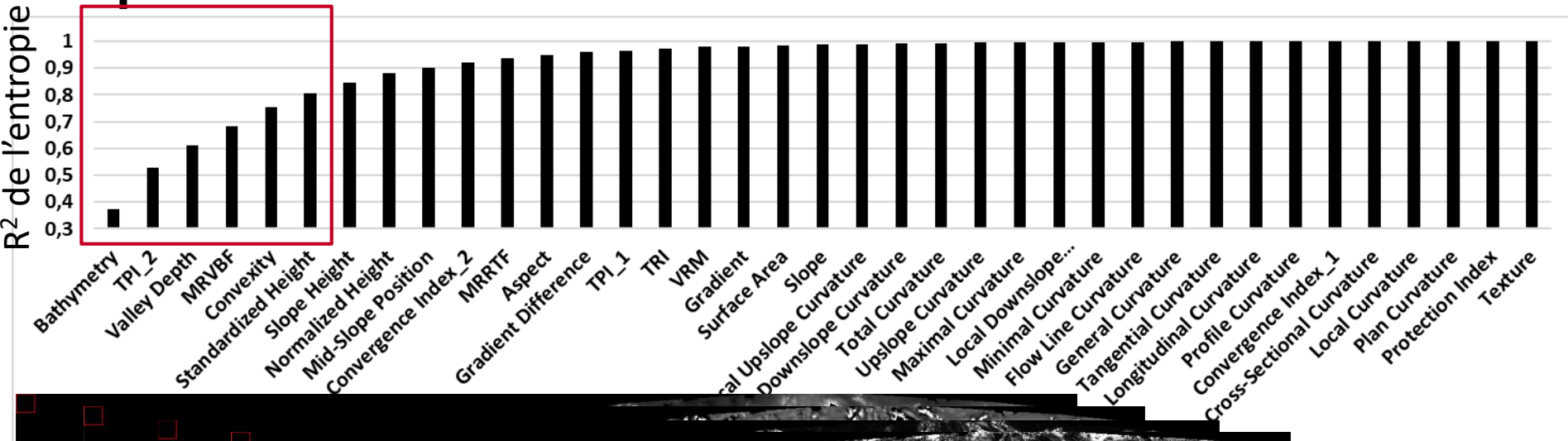
Calcul de l'entropie du R^2 dérivée de la matrice de confusion



Résultats

Prédicteurs morphométriques

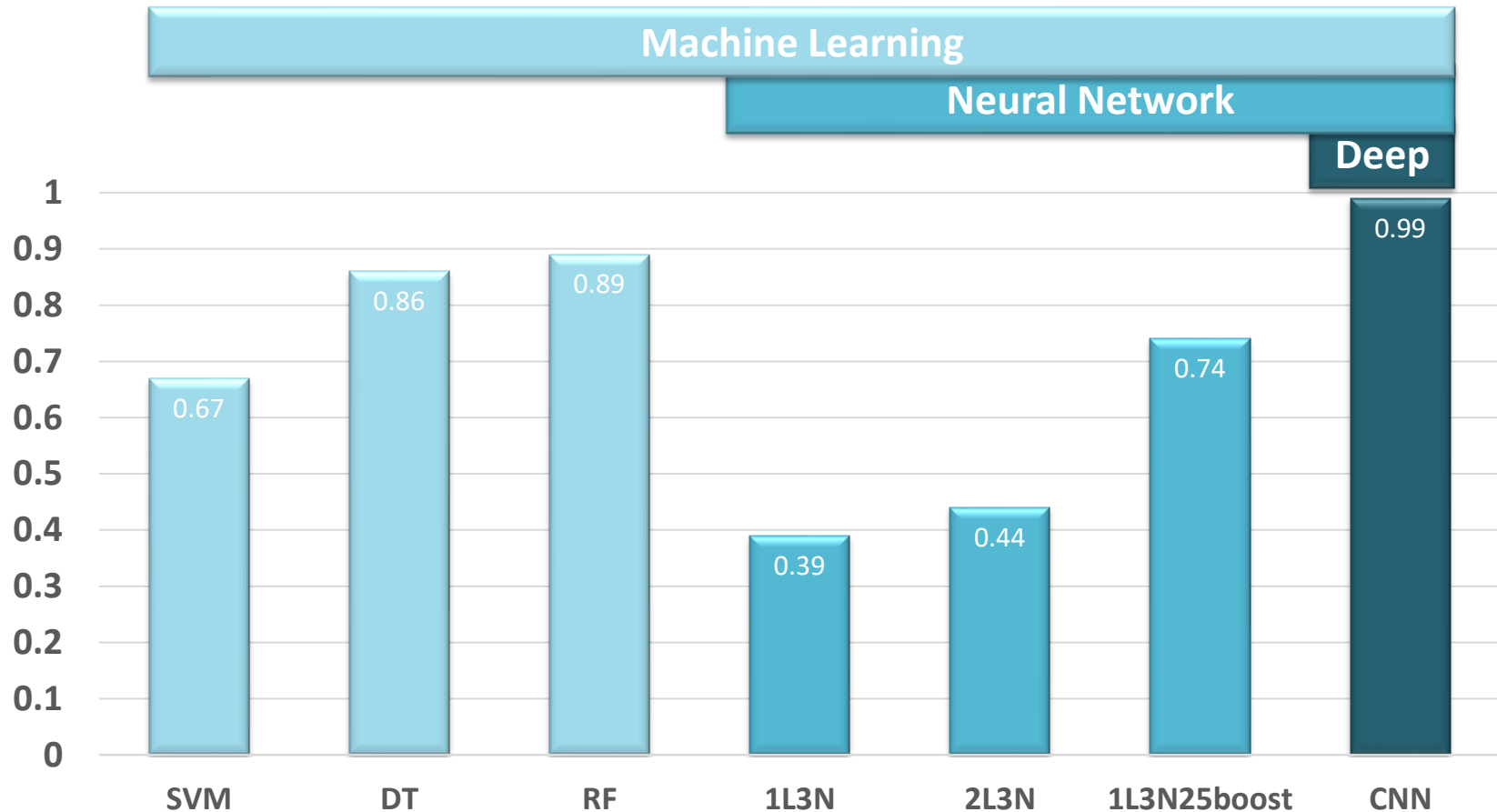
6 prédicteurs: 80% de la variabilité initiale



Résultats

Classifieurs

ANN < DT/RF < CNN: 99% de précision!



Résultats

Classes d'activation

CNN: 99% de précision

Seaweed

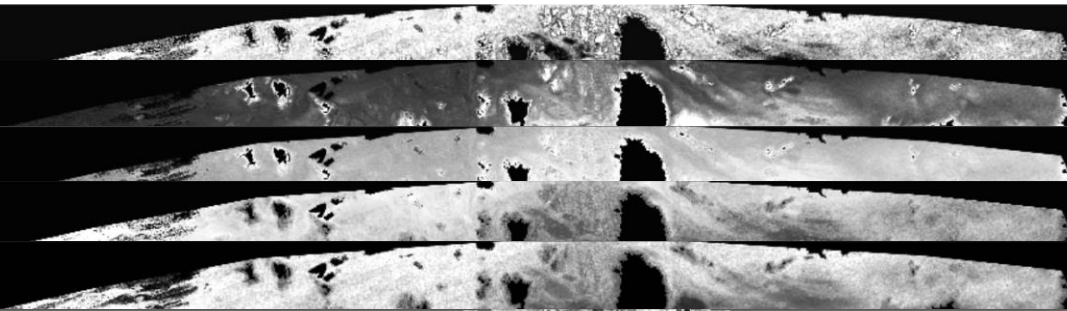
Seagrass

Sand

Granule

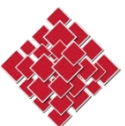
Pebble

Cobble



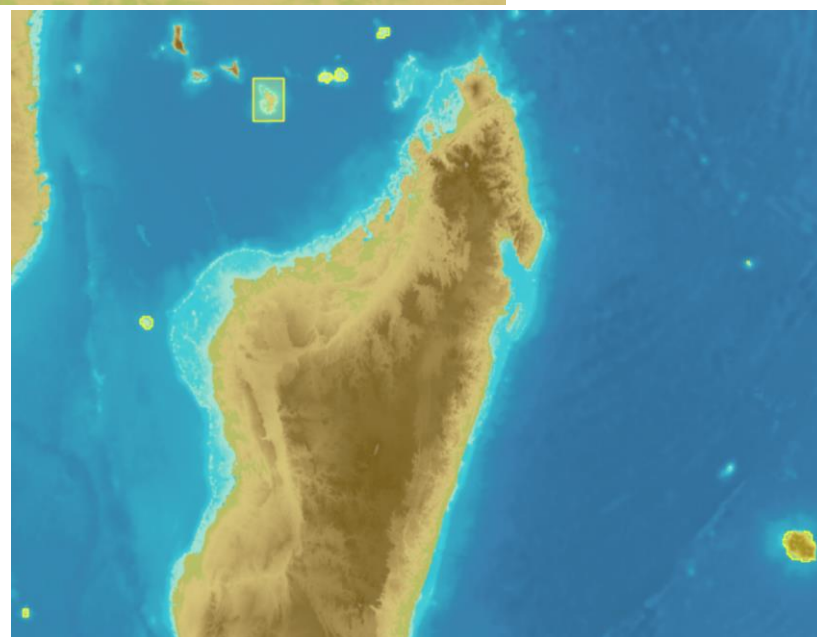
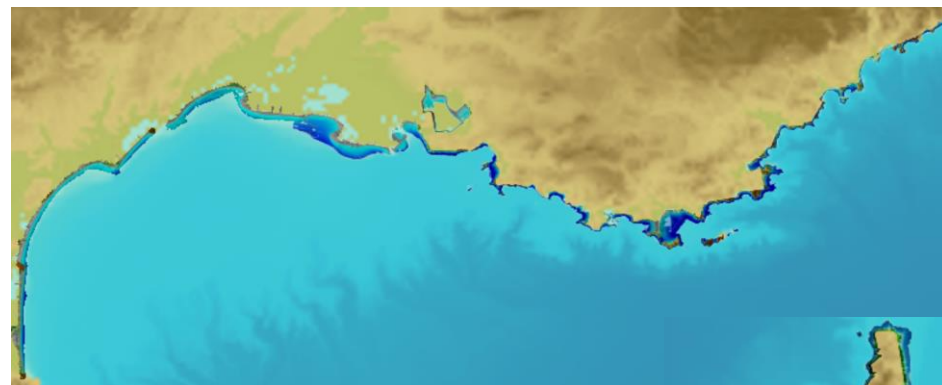
Conclusion

- **La modélisation de l'albédo benthique** des habitats infralittoraux tempérés est possible par couplage de **l'Ortho-littorale et du LiDAR bathymétrique**.
- **La précision de classification des habitats infralittoraux augmente** des réseaux de neurones superficiels, puis des arbres/forêts de décision, vers les réseaux de neurones profonds.
- Compte tenu de la **disponibilité** de ces deux ressources sur les côtes françaises **métropolitaines et ultramarines**, cette étude est dédiée aux gestionnaires de ces habitats infralittoraux.



Perspective

Sites avec du LiDAR bathymétrique





MERCI!

Antoine Collin*, Angéline Bulot, Yves Pastol, Loïc LeGoff, et Eric Feunteun

Centre de GéoEcologie Littorale
Ecole Pratique des Hautes Etudes
Université Paris Sciences Lettres

antoine.collin@ephe.psl.eu

meriGéo

15 mars 2023
meriGéo, Le Havre



Ecole Pratique
des Hautes Etudes

