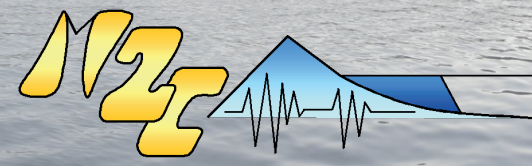


# Monitoring de l'évolution morpho-sédimentaire de petits à moyens estuaires à partir de sondeurs acoustiques

Guillaume MICHEL<sup>1</sup>, Sophie LE BOT<sup>1</sup>, Sandric LESOURD<sup>2</sup>, Robert LAFITE<sup>1</sup>

(1) UMR CNRS 6143 M2C, Université de Rouen Normandie, Place Emile Blondel, 76821 Mont Saint Aignan Cedex

(2) UMR CNRS 6143 M2C, Université de Caen Normandie, Campus 1, 14000 Caen cedex



## Contexte scientifique et objectifs

Cadre **DCE** et d'autres **directives** ou **conventions** (Habitats Faune-Flore, OSPAR...):

**Morphologie** et **nature du fond** = **paramètres fondamentaux**, influant sur la présence et le développement des **communautés benthiques** (Blanchet et al., 2014).

### Problématiques:

- Méthodes de cartographie sédimentaire/benthique en milieu marin et côtier déjà largement documentées mais peu testées dans les domaines estuariens.

- Domaine estuarien = domaine de **transition continent-océan**, complexe (grandes diversités de substrats et variations fines dans les mélanges sédimentaires) et soumis à une forte pression anthropique.

**Projet AUPASED**, dans le cadre de la mission inter-estuaires (OFB):

« *Etude de faisabilité de la détermination automatique de paramètres sédimentaires en domaine estuarien subtidal à partir de sondeurs acoustiques* »

1) Détermination des données essentielles et capteurs les plus performants, pour le suivi de la variabilité morphologique et sédimentaire dans les domaines subtidaux des petits à moyens estuaires.

2) Evaluation de la faisabilité de cartographie morpho-sédimentaire automatique en domaines estuariens.

Etude réalisée sur deux estuaires aux caractéristiques morpho-sédimentaires différentes; l'estuaire de l'Orne et l'estuaire du Belon.

## Morphologie du fond de mer

Délimitation **manuelle** d'entités par **interprétation d'expert** (Fig. 1).

- Interprétation basée sur l'étude de:

- La bathymétrie et ses dérivées (pente, courbure et rugosité VRM).
- Mosaïques sonar à balayage latéral.

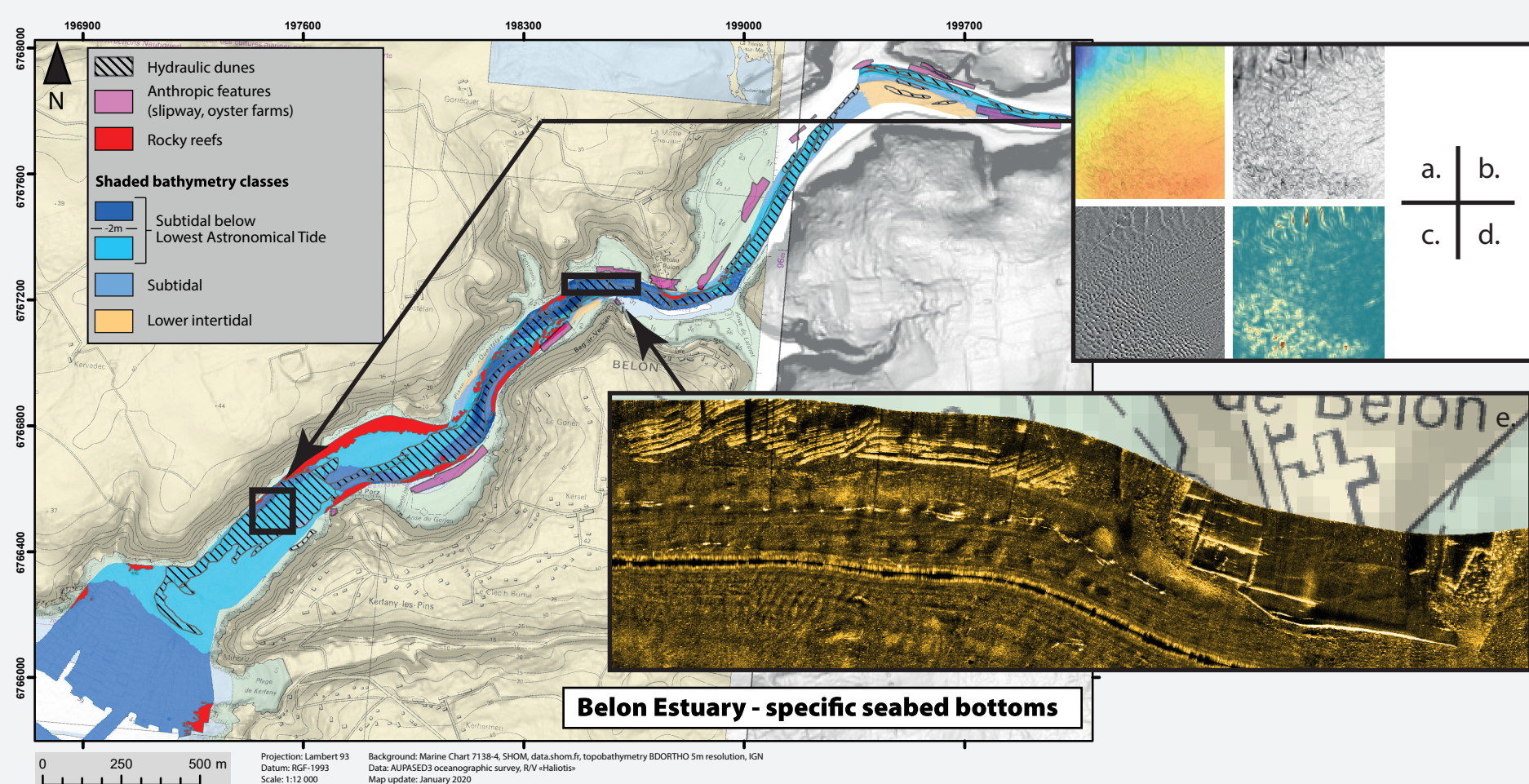


Fig. 1 : Carte des fonds particuliers, fonds mobiles et étagement bathymétrique de l'estuaire du Belon (AUPASED3) interprétés manuellement à partir de la donnée de bathymétrie (a.), mosaïques sonar à balayage latéral (e.) et des variables, b. pente, c. courbure et d. rugosité VRM. Les zooms a., b., c. et d. illustrent une zone de dunes hydrauliques de différentes morphologies, interprétées comme fonds mobiles. Le zoom e. représente une mosaïque sonar à balayage latéral dans le port du Belon où sont identifiées les fondations de bâtiments, tables à huîtres et lignes de mouillages. Les zooms présentés a., b., c., d., e. sont localisés dans les emprises délimitées par les rectangles noir. L'étagement bathymétrique a été calculé en classant la bathymétrie à partir des données de marées annuelles accessibles dans le RAM (référentiel d'altimétrie marine, diffusion.shom.fr).

Cartographie **automatisée** des **morphologies estuariennes** (Fig. 2); utilisation de la boîte à outils ESRI 'Benthic Terrain Modeler' (Wright et al., 2012).

- Calcul des Bathymetric Position Index (BPI) à partir des données de bathymétrie.

- Mise en place d'un classeur de classification applicable à différents estuaires sans modifications des classes BPI.

- Les classes BPI établies sont suffisamment précises pour établir une cartographie morphologique des domaines estuariens.

- Une information de bathymétrie peut être ajoutée pour affiner la classification des morphologies dans les domaines subtidaux et intertidaux. Cependant, cette information doit alors être adaptée à chaque estuaire.

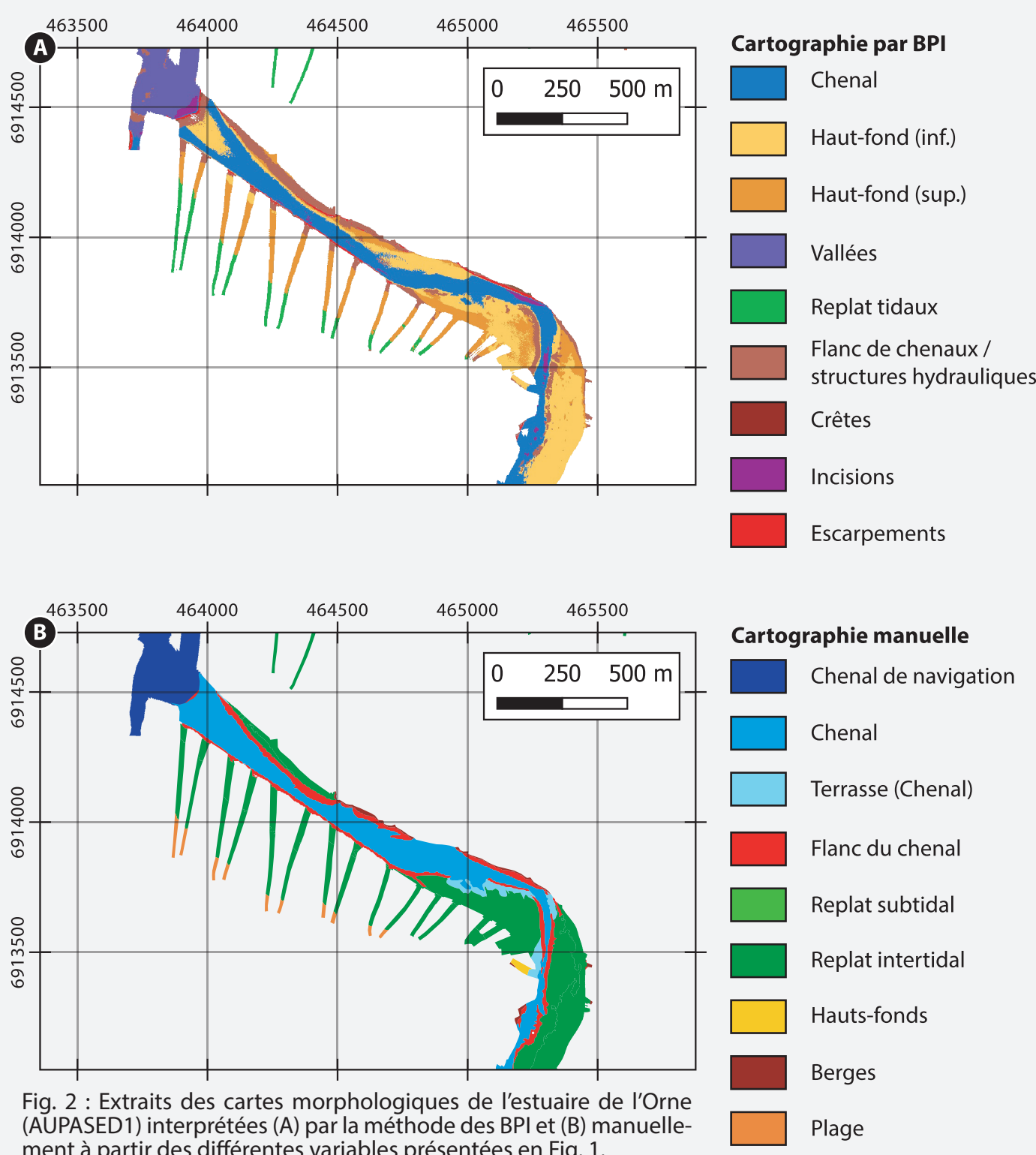


Fig. 2 : Extraits des cartes morphologiques de l'estuaire de l'Orne (AUPASED1) interprétées (A) par la méthode des BPI et (B) manuellement à partir des différentes variables présentées en Fig. 1.

L'établissement de critères de classification se fait de manière logique et évidente à partir des données et variables disponibles (Michel et al., 2019). Les méthodes de cartographies supervisées et pseudo-supervisées (Stephens and Diesing et al., 2014) sont aussi des méthodes viables pour la cartographie des morphologies estuariennes. Notamment les BPI qui permettent une cartographie entièrement automatisée, reproductible et répétable sur les estuaires.

**Perspectives: Des tests doivent être effectués pour évaluer les performances des BPI sur des estuaires aux morphologies particulières.**

## Nature de fond

Cartographie **manuelle** des faciès acoustiques et caractérisation avec vérités de terrains (vidéos et échantillons) (Fig. 3).

- Interprétation basée sur l'étude des données de rétrodiffusion fond de mer et analyses granulométriques.

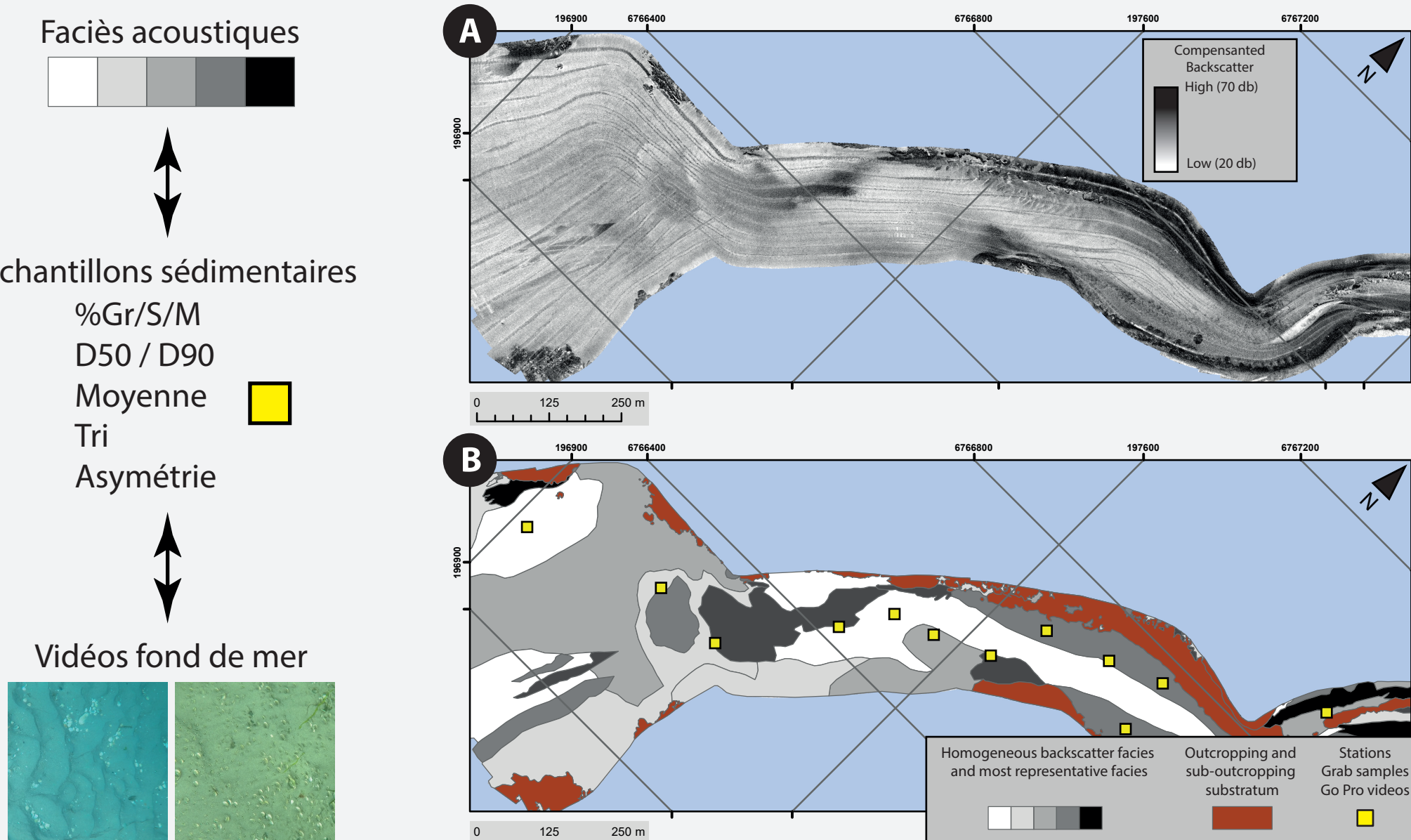


Fig. 3 : Extraits de cartes de l'estuaire du Belon, (A) de la rétrodiffusion fond de mer (sonar interférométrique GEOSWATH, 250 kHz) et (B) des faciès acoustiques interprétés homogènes, faciès non-homogènes étiquetté avec le faciès acoustique dominant, substratum affleurant et sub-affleurant et stations d'échantillonnages et profils vidéos Go Pro.

Cartographie sédimentaire **automatisée** par **analyse statistique** (Fig. 4).

Recherche de relations statistiques:

- Pseudo relations entre D50 (phi) et rétrodiffusion moyenne (dB).

- Cartographie automatique sur la base de cette relation statistique.

- 70% des cellules ont une classe prédite correspondant à la classification manuelle (Fig. 4C).

- En réalité, la classification automatique (Fig. 4D) semble plus précise que la classification manuelle (Fig. 4C), car cette dernière ne détaille pas les petits patches sédimentaires.

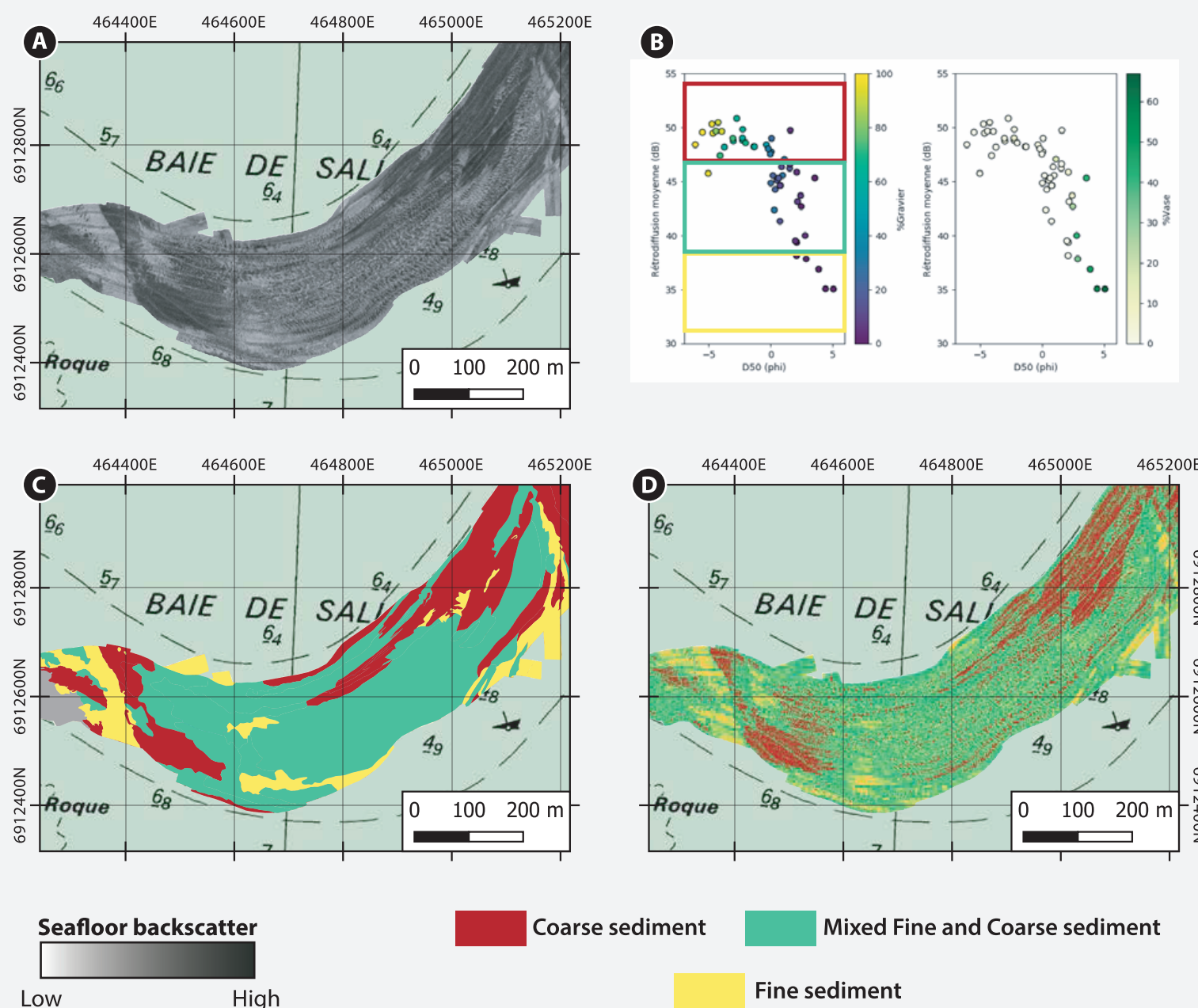


Fig. 4 : Extraits de cartes dans l'estuaire de l'Orne, (A) de la rétrodiffusion fond de mer (sonar interférométrique GEOSWATH, 250 kHz), (B) graphique de la répartition statistique des valeurs de D50 (phi) des échantillons sédimentaires en fonction de la rétrodiffusion moyenne et avec représentation en code couleur, des pourcentages de gravier et vase. Les encadrés correspondent aux seuils de rétrodiffusion définissant les classes sédimentaires exploitées pour la cartographie automatique, (C) faciès sédimentaires interprétés manuellement à partir des échantillons sédimentaires, (D) faciès sédimentaires issus de la classification par seuillage des points présentés en (B).

**La cartographie automatique est plus rapide et plus reproductible que la classification manuelle (Michel et al., 2020). Cependant, dans le cas d'estuaires complexes (cas des rias), il n'est pas toujours possible d'établir de relations statistiques.**

**Perspectives: La classification par relation statistique doit pouvoir être améliorée en explorant des méthodes de segmentation plus fines que le seuillage.**

### Références :

Blanchet, H., et al., 2014. Multiscale patterns in the diversity and organization of benthic intertidal fauna among French Atlantic estuaries. J. Sea Res. 90, 95–110.  
Michel, G., Pellerin Le Bas, X., Le Bot, S., Froideval, L., Lesourd, S., Lafite, R., 2019. Rapport n°1 - Etude bibliographique - Projet AUPASED.  
Michel, G., Pellerin Le Bas, X., Le Bot, S., Froideval, L., Lesourd, S., Lafite, R., 2020. Rapport n°2 - Bilan de préconisations - Projet AUPASED.  
Stephens, D., Diesing, M., 2014. A Comparison of Supervised Classification Methods for the Prediction of Substrate Type Using Multibeam Acoustic and Legacy Grain-Size Data. PLoS One 9, 14.  
Wright, D.J., et al., 2012. ArcGIS Benthic Terrain Modeler (BTM), v. 3.0, Environmental Systems Research Institute, NOAA Coastal Services Center, Massachusetts Office of Coastal Zone Management. ESRI.