

FUTURE-OBS

Observatoire augmenté pour les socio-écosystèmes côtiers

ANR-22-POCE-0004

Défi 6

« Développer des programmes d'observation et de modélisation innovants, pluridisciplinaires, multi-paramètres, multi-échelles et multi-acteurs »



Objectifs

Fournir des **solutions innovantes et durables**, co-construites avec les différentes parties prenantes, pour la mise en place **d'observatoires augmentés** capables d'analyser et de prédire les **trajectoires des socio-écosystèmes** face aux changements environnementaux

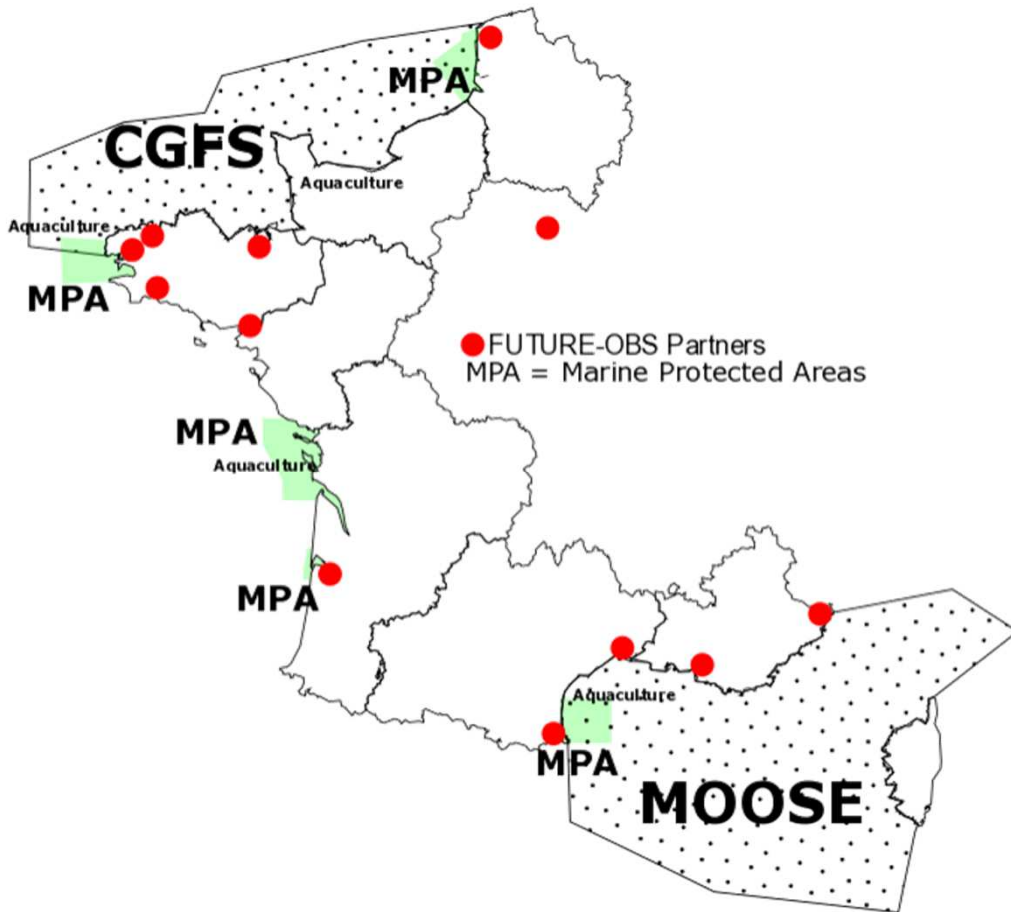


-> Comprendre la dynamique des socio-écosystèmes côtiers

-> Développer des approches innovantes et opérationnelles permettant une gestion des espaces côtiers basée sur la connaissance

- ✓ **Approche multi-paramètres**
- ✓ **Approche multidisciplinaire**
- ✓ **Approche multi-acteurs**
- ✓ **Approche multi-échelles**

Emprise spatiale



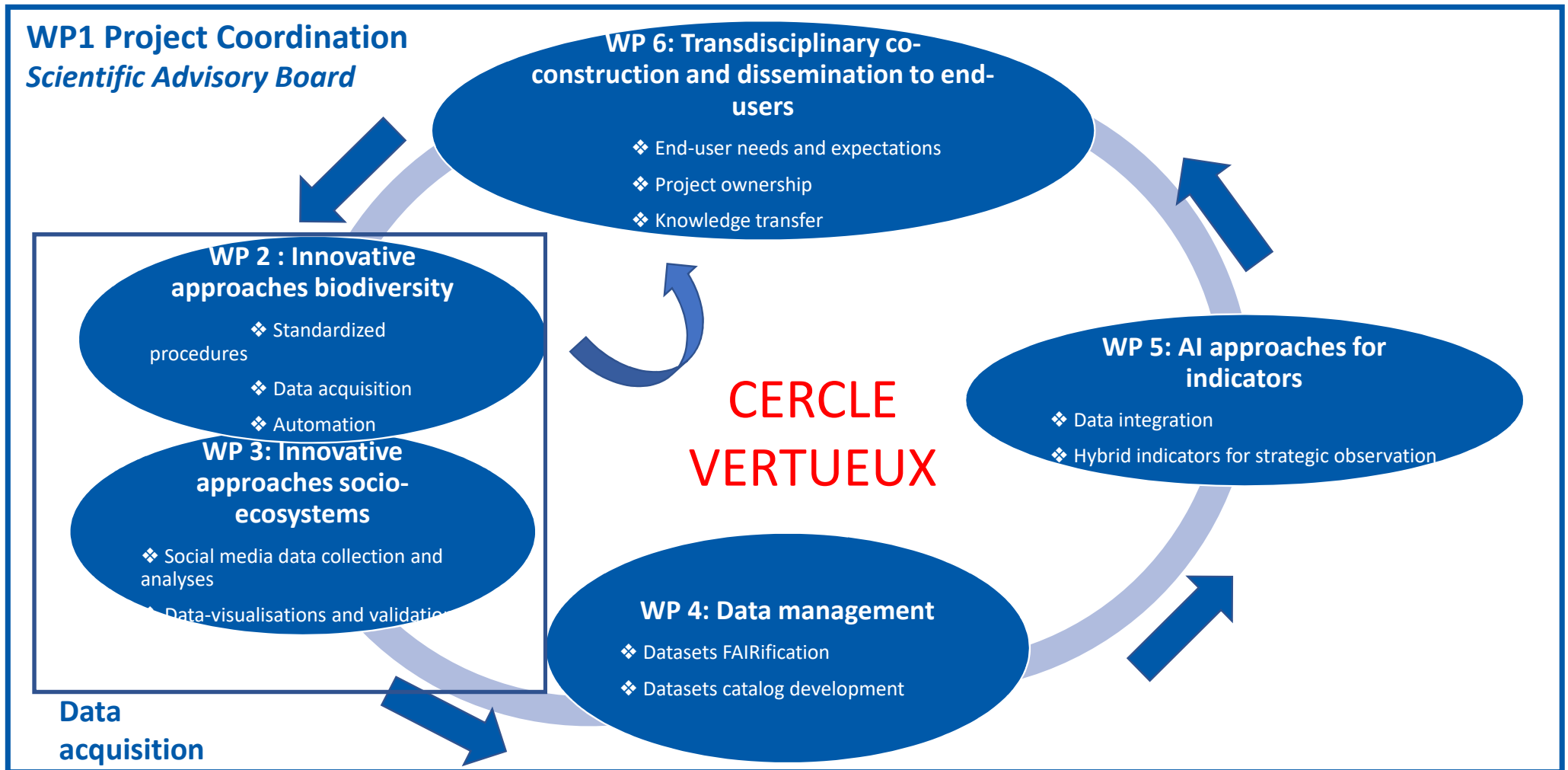
✓ 3 échelles spatiales d'observation :

- *Méditerranée Nord-occidentale*
- *Parc marin du Golfe du Lion*
- *Zone aquacole de l'étang de Thau*

✓ Données issues de plusieurs SNO :

- ✓ MOOSE
- ✓ SOMLIT
- ✓ COAST-HF
- ✓ BENTHOBS

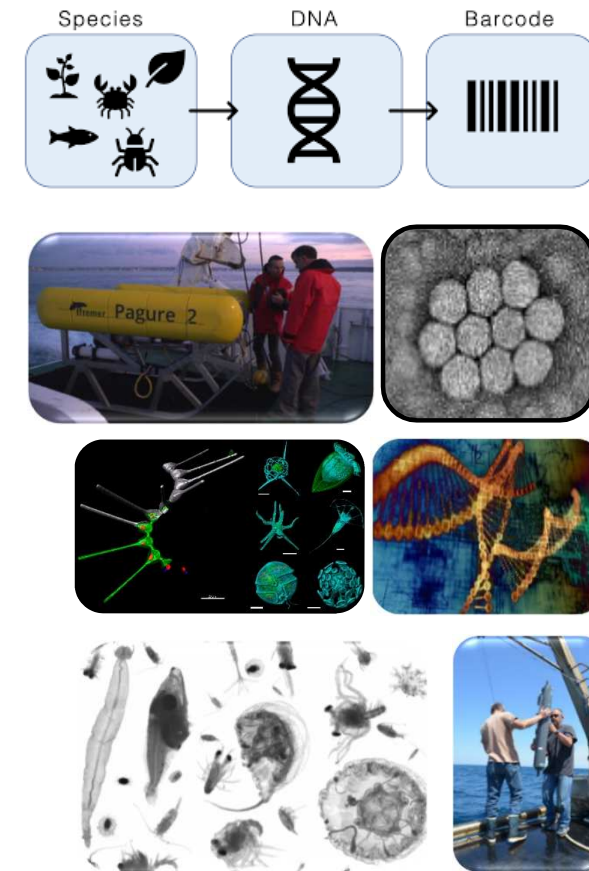
Organisation



WP2 : Approches innovantes pour le suivi de la biodiversité côtière

Objectif : Acquisition de données de biodiversité des virus aux métazoaires, des communautés marines pélagiques et benthiques

- ✓ Déploiement de **nouvelles méthodes d'acquisition des données** de biodiversité : imagerie et génomique
 - Formations
 - Workshops
 - Harmonisation des méthodes
- ✓ Développement de **nouvelles méthodes d'acquisition des données** de biodiversité:
 - intelligence artificielle pour le traitement des images
 - métagénomés et métatranscriptomes pour la diversité fonctionnelle microbienne
- ✓ Combinaison d'outils innovants et traditionnels (calibration)



WP2 : Approches innovantes pour le suivi de la biodiversité côtière

Approches innovantes pour l'observation de la biodiversité pélagique : Imagerie automatisée



EcoTaxa. Un intégrateur de données qui permet le tri taxinomique par des opérateurs avec l'assistance d'IA

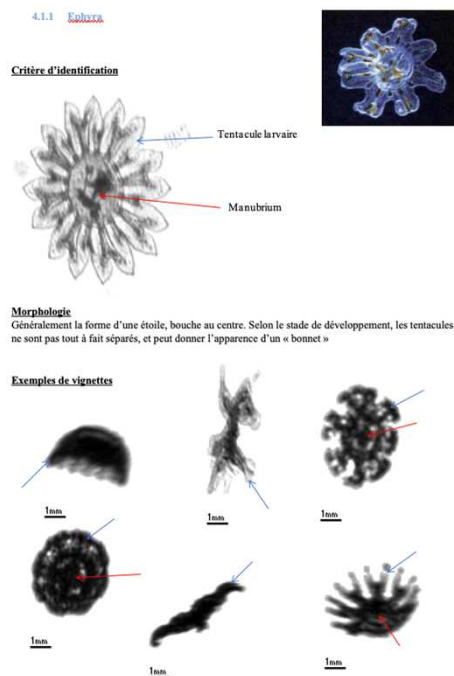
Delivrable 2.2 (M24) : faciliter l'import de données d'instruments récents (prob. CytoSense et PlanktoScope) → Recrutement ingénieur(e) 12 mois

Delivrable 2.3 (M36) : réaliser des guides taxinomiques pour aider les opérateurs à être homogènes. → Recrutement ingénieur(e) 12 mois



WP2 : Approches innovantes pour le suivi de la biodiversité côtière

Approches innovantes pour l'observation de la biodiversité pélagique : Imagerie automatisée



13

EcoTaxa. Un **intégrateur** de données qui permet le tri taxinomique par des opérateurs avec l'assistance d'IA

Delivrable 2.2 (M24) : faciliter l'**import** de données d'instruments récents (prob. CytoSense et PlanktoScope) → Recrutement ingénieur(e) 12 mois

Delivrable 2.3 (M36) : réaliser des **guides** taxinomiques pour aider les opérateurs à être homogènes. → Recrutement ingénieur(e) 12 mois

Action 3: formation des opérateurs aux instruments et au tri taxinomique

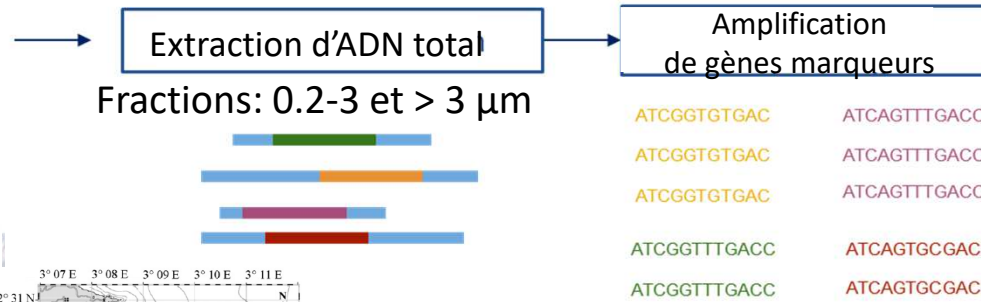
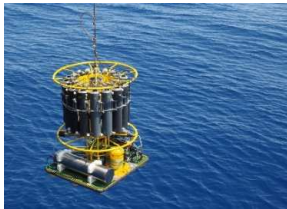
Milestone 2.2 (M12) Atelier de formation à l'acquisition d'images de plancton avec différents outils

Interactions avec **IFREMER** (hébergement d'EcoTaxa), **LOG** et **EMBRC** (guides et formation)

Delivrable 2.6 (M36). Mise à disposition des données et métadonnées d'imagerie pélagique

WP2 : Approches innovantes pour le suivi de la biodiversité côtière

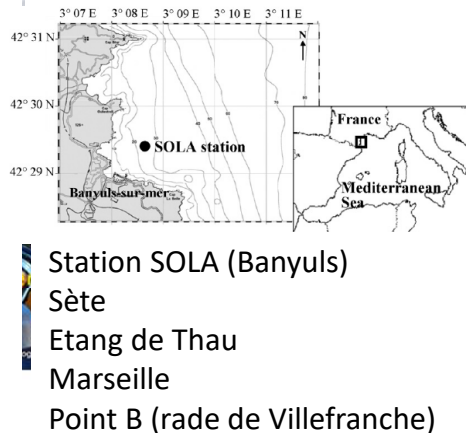
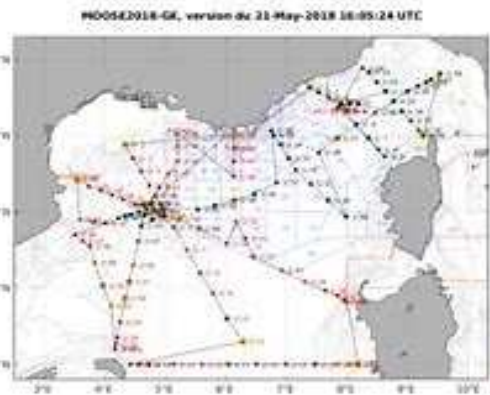
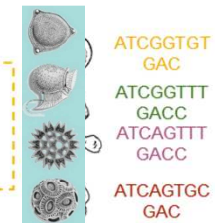
Approches innovantes pour l'observation de la biodiversité pélagique : génomique environnementale



- Métazoaires COI**
- ARNr 18S V1-V2, V4, V9**
- ARNr 16S Procaroyotes**

Séquençage haut débit

Pipeline bioinformatique flexible des procaroyotes aux métazoaires

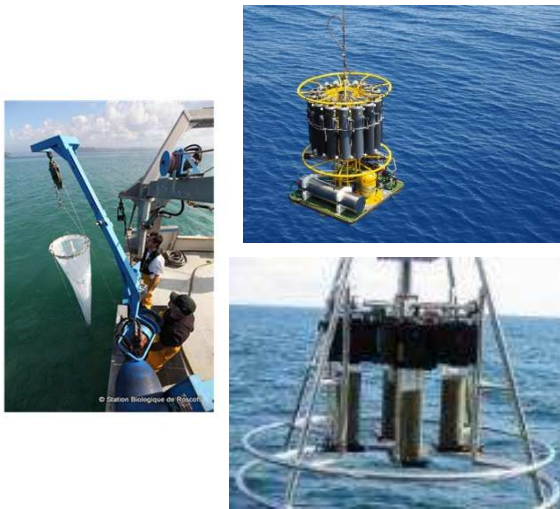
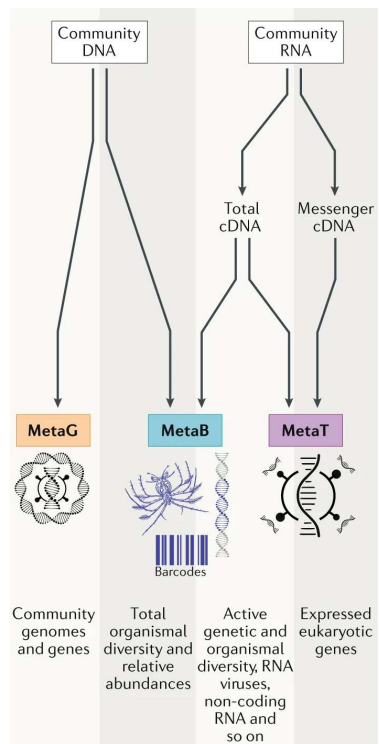


Milestone 2.3 (M12). Atelier sur les techniques d'échantillonnage et d'analyse de l'ADN environnemental
Deliverable 2.6 (M36): fournir des nouvelles données (WP5) et métadonnées (WP4) d'imagerie et de metabarcodes

WP2 : Approches innovantes pour le suivi de la biodiversité côtière

Approches innovantes pour l'observation de la biodiversité pélagique : génomique environnementale

Description taxonomique et fonctionnelle des communautés microbiennes



- Métagénomomes et métatranscriptomes (virus, 0.2-3 μm , >3 μm)
- Métabarcodes procaryotes, eucaryotes et métazoaires (0.2-3 μm , >3 μm , >20 μm & > 200 μm)
- Couplage benthos-pelagos (métagénomomes pélagiques et benthiques)

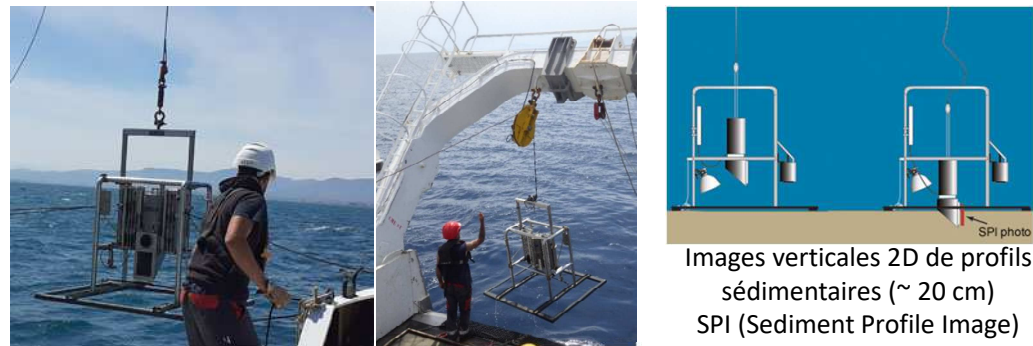
Delivrable 2.7 (M60). Mise à disposition de métadonnées métagénomiques (taxonomiques et fonctionnels)

WP2 : Approches innovantes pour le suivi de la biodiversité côtière

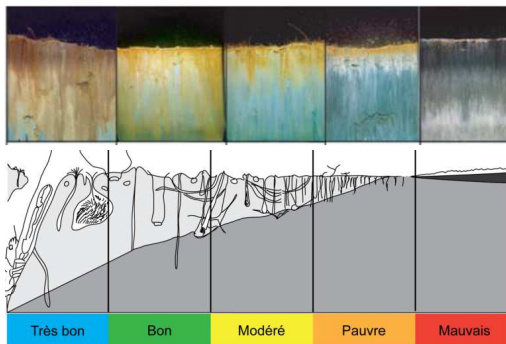
Approches innovantes et développements pour l'observation de la biodiversité benthique côtière : Imagerie automatique *in situ*



Imagerie sédimentaire

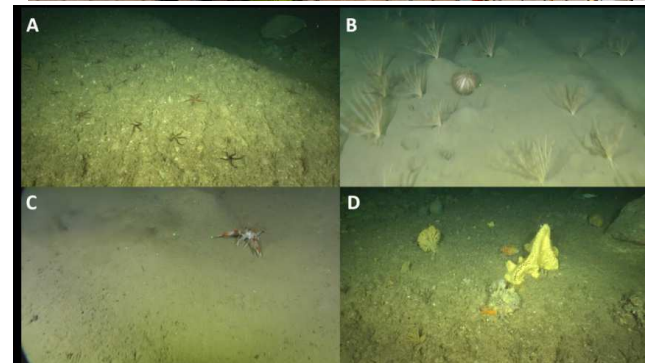


Images verticales 2D de profils sédimentaires (~ 20 cm)
SPI (Sediment Profile Image)



Rosenberg *et al.* (2004)

Imagerie habitats benthiques



Vidéos de transects remorqués sur le fond
PAGURE

- Description des communautés et habitats benthiques
- Indicateurs d'impacts (DCSMM)

Jac *et al.* (2021)

Milestone 2.1 (M2) : Atelier expert sur les spécifications des données et outils d'analyses des transects vidéo

- Statut de qualité écologique de la DCE => BHQ (Benthic Habitat Quality) est un indice dérivé de l'imagerie sédimentaire

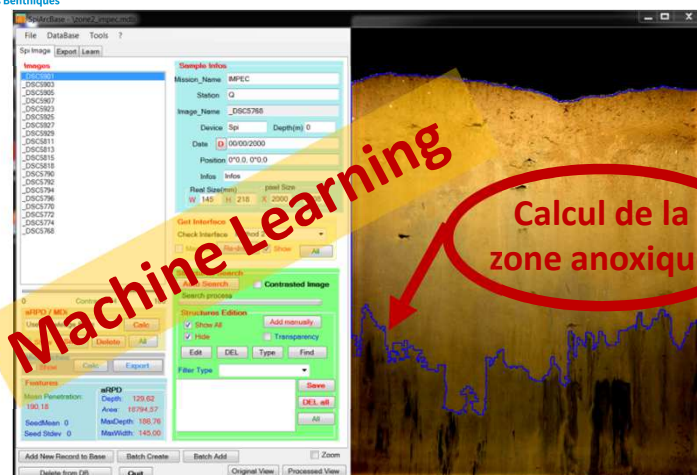
Milestone 2.4 (M30) : recueil d'images benthiques *in situ* terminé

WP2 : Approches innovantes pour le suivi de la biodiversité côtière

Approches innovantes et développements pour l'observation de la biodiversité benthique côtière : Imagerie automatique *in situ*

LECOB
UMR 8222 - SU - CNRS
Ecogéochimie des
Environnements Benthiques

Imagerie sédimentaire



Delivrable D2.1 (M36)

- Développement de l'éclairage UV sur le SPI (activité et remaniement du sédiment)
- Développement d'un logiciel d'analyse automatisée => métriques quantitatives pour évaluer l'activité benthique et le remaniement sédimentaire
→ Recrutement ingénieur(e) 24 mois

Imagerie habitats benthiques

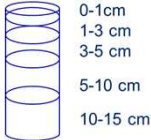


- Delivrable D2.1 (M36) : Création d'un outil générique opérationnel produisant des métriques standardisées (classification d'habitats, annotation, dénombrement, ...)
 - Delivrable D2.4 (M48): L'outil servira à produire des données et à construire une base de données d'images pour entraîner l'IA
→ Recrutement ingénieur(e) 17 mois
- (Delivrable D2.5 (M70) : utilisation de la base de données par IA pour l'identification automatique d'espèces indicatrices)



WP2 : Approches innovantes pour le suivi de la biodiversité côtière

Approches innovantes et développements pour l'observation de la biodiversité benthique côtière : génomique environnementale

Ifremer



eDNAbyss



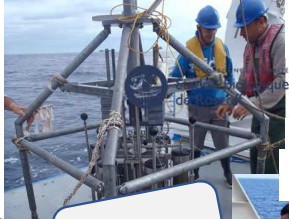



- Métazoaires COI
- ARNr 18S V1-V2, V4, V9
- ARNr 16S Procaryotes

Mise en place d'approches de métabarcodes pour le compartiment benthique
=> micro-, méio- et macrofaune
=> détection précoce des espèces exotiques et invasives (DCSMM)

campagne IMPEC août 2021, Golfe du Lion

Ifremer



Imagerie

eDNA

LECOCB
UMR 8222 SU - CNRS
Ecogéochimie des Environnements Benthiques

marbec
marine biodiversity
exploitation & conservation

EPOC

Imagerie benthique: SPI et PAGURE
Prélèvements: bennes et carottes

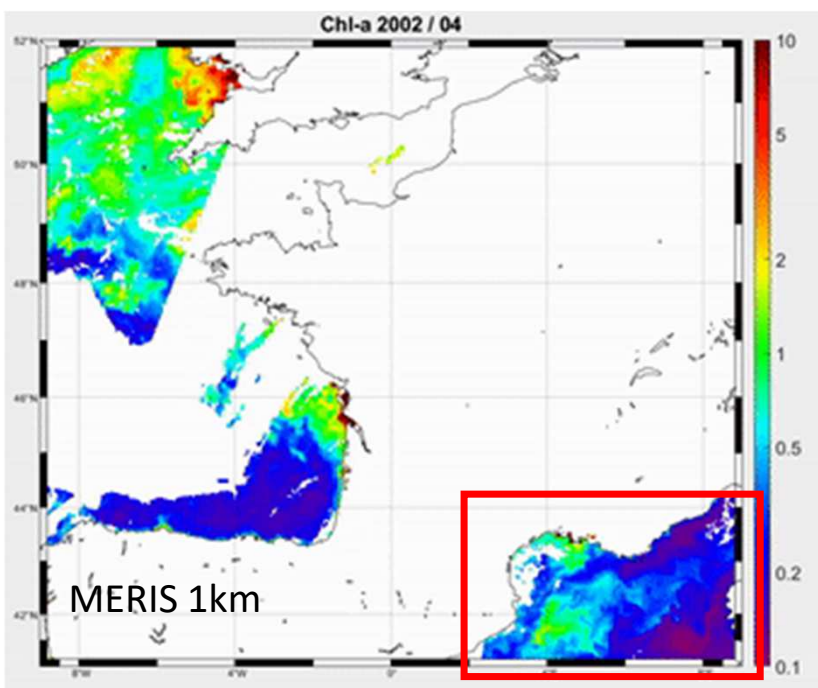
Evaluer la complémentarité entre méthodes d'imagerie et de métabarcodes et modes de prélèvements

Milestone 2.3 (M12): Atelier sur l'échantillonnage et l'analyse de l'ADN environnemental

Deliverable 2.6 (M36): fournir des nouvelles données (WP5) et métadonnées (WP4) d'imagerie et de métabarcodes

WP2 : Approches innovantes pour le suivi de la biodiversité côtière

Analyse des archives de télédétection de la couleur de l'océan pour caractériser la dynamique biogéochimique de la Méditerranée



- ✓ Caractériser le modèle de variabilité temporelle des descripteurs dérivés de la couleur de l'océan à différentes échelles de temps
 - Description générale des dynamiques temporelles
 - Focus sur les dynamiques saisonnières (indices phénologiques)
 - Révéler l'influence des forçages naturels et anthropogéniques sur les patterns observés
 - Corrélation avec des descripteurs de forçage environnemental (température de surface, rejets des fleuves, paramètres hydrodynamiques)
- D'une vue synoptique à une approche locale (résolution de 1 km)
- Des changements à long terme (25 ans de données) aux événements épisodiques (données quotidiennes).

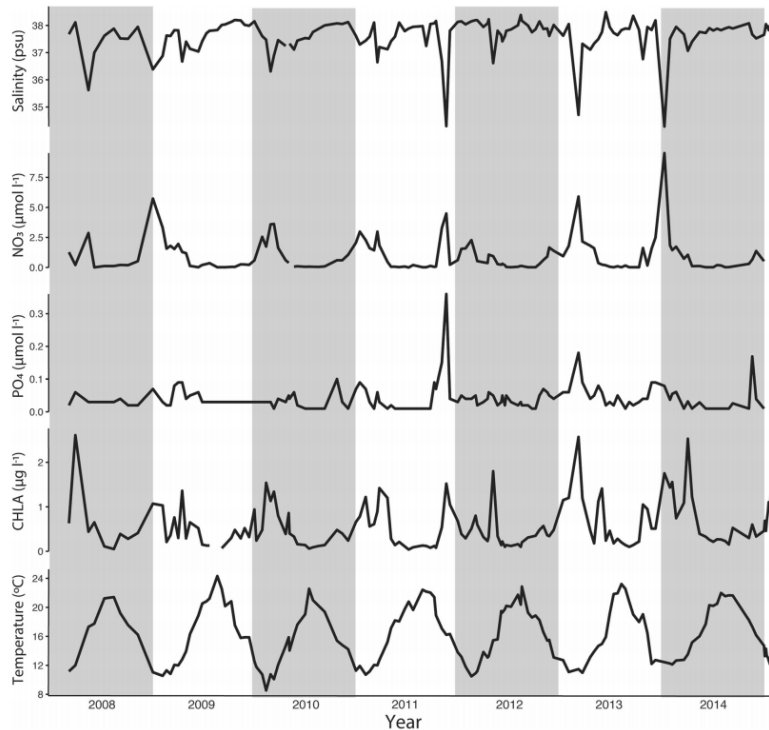


→ Recrutement ingénieur(e) 12 mois

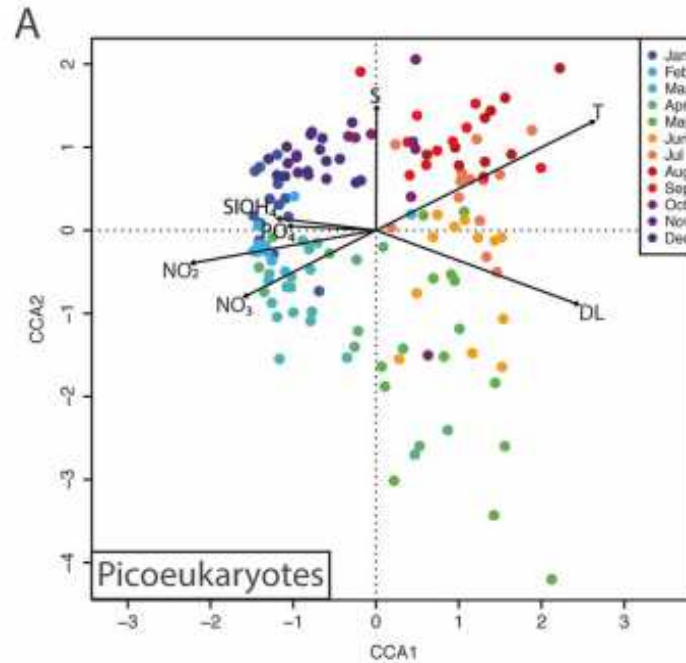
Delivrable 2.6 (M36). Mise à disposition des données et métadonnées d'imagerie satellitaire

Quelques exemples de données génomiques

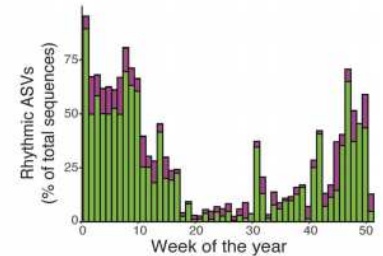
Variations saisonnières des communautés de picoeukaryotes (< 2 µm), bactéries et archae planctoniques



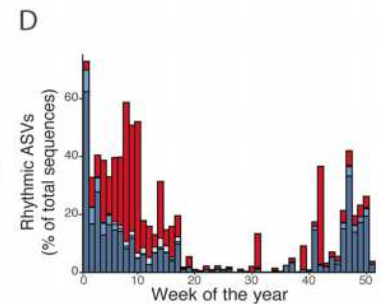
✓ Un environnement avec des fluctuations erratiques



Dictyochophyceae
Dinophyceae
Mamiellophyceae



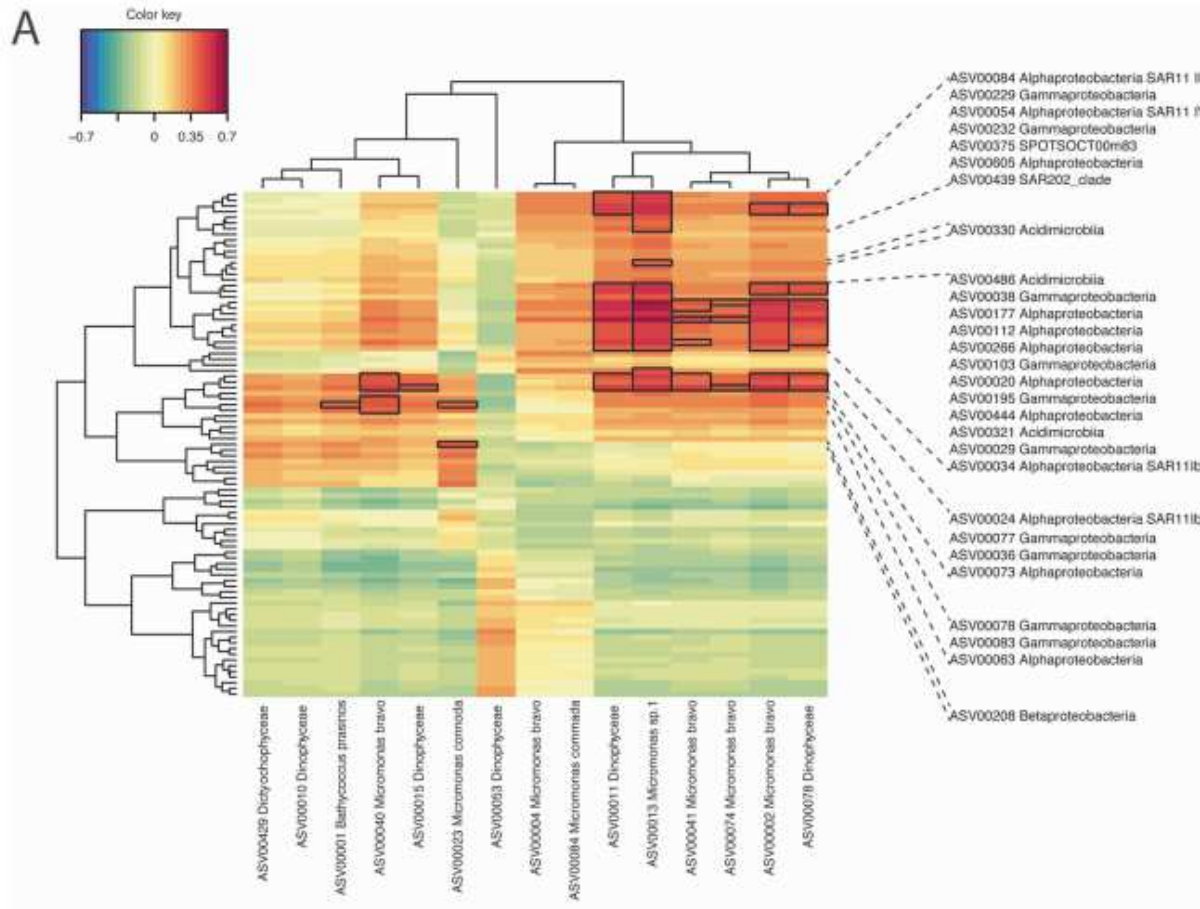
Bathycoccus prasinos
Micromonas commoda
Micromonas sp.1
Micromonas bravo



✓ Forte saisonnalité des variations de structure des communautés très partiellement expliquées par les variables environnementales

Quelques exemples de données génomiques

Variations saisonnières des communautés de picoeukaryotes (< 2 µm), bactéries et archae planctoniques



- ✓ Mise en évidence de relations entre phytoplancton et bactéries
- ✓ Mêmes besoins environnementaux ? Même niche écologique ?
- ✓ Interactions biologiques ?

Quelques exemples de données génomiques

Génomique dans le réseau MOOSE

- ✓ Initiée en 2017 : obtenir une série à long terme de la diversité biologique du plancton dans un contexte océanographique en Méditerranée nord-occidentale
 - Organisation des communautés
 - Expression de gènes spécifiques à certaines fonctions biologiques
 - Détection d'espèces non-indigènes ou nouvellement introduites

- ✓ Campagnes en 2017, 2018, 2019, 2021 et 2022
 - 16 stations in 2017** 421 samples
 - 15 stations in 2018** 400 samples
- ✓ Projet d'articles sur les données de 2017 couplant données océanographiques/données génomiques/données d'imagerie
 - 18 stations in 2019** 400 samples
 - 19 stations in 2021** 400 samples

- ✓ **Description de la diversité moléculaire microbienne pour 2 fractions de taille (bactéries/pico-eucaryotes et phytoplancton/petit zooplancton (prélèvement à la bouteille))**

- ✓ **Description de la diversité moléculaire du mésozooplancton**
- ✓ **Lien avec les données d'imagerie**

WP4 : La gestion des données FAIR



Données produites par FUTURE-OBS

WP2 – Biodiversité « contextualisée »

- Génomique environnementale
- Données bio-géochimiques
- Imagerie *in situ* + satellite
- Vidéo



WP3 – Données socio-économiques

- Réseaux sociaux
- Méthodes participatives
- Données du RESOBLO



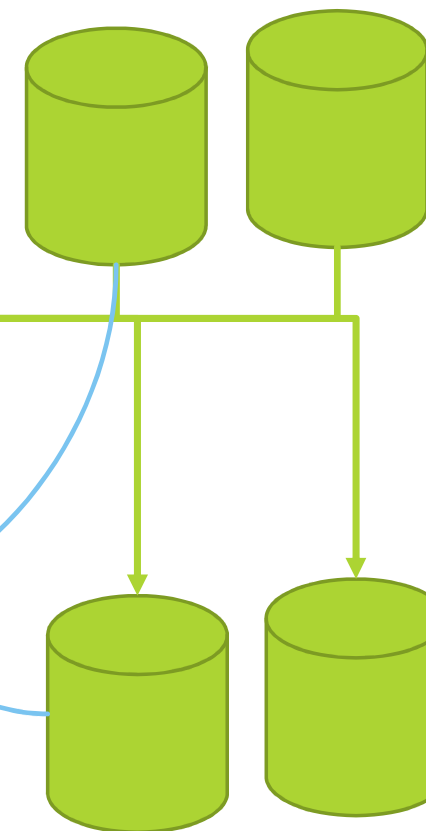
WP6 – Transdisciplinarité & dissémination

WP4 – FAIR

WP5 – AI & Construction d'indicateurs

- Workflows d'analyse de données

Entrepôts & Catalogues existants



Métadonnées



Données



WP4 : La gestion des données FAIR

- ✓ Inventaire complet des jeux de données disponibles et à venir sur les sites dédiés
- ✓ Qualification de chaque jeu de données selon son profil FAIR

- ✓ Fairisation d'une partie des jeux de données
- ✓ Sensibilisation des producteurs de données (e.g. outil de gestion des métadonnées)

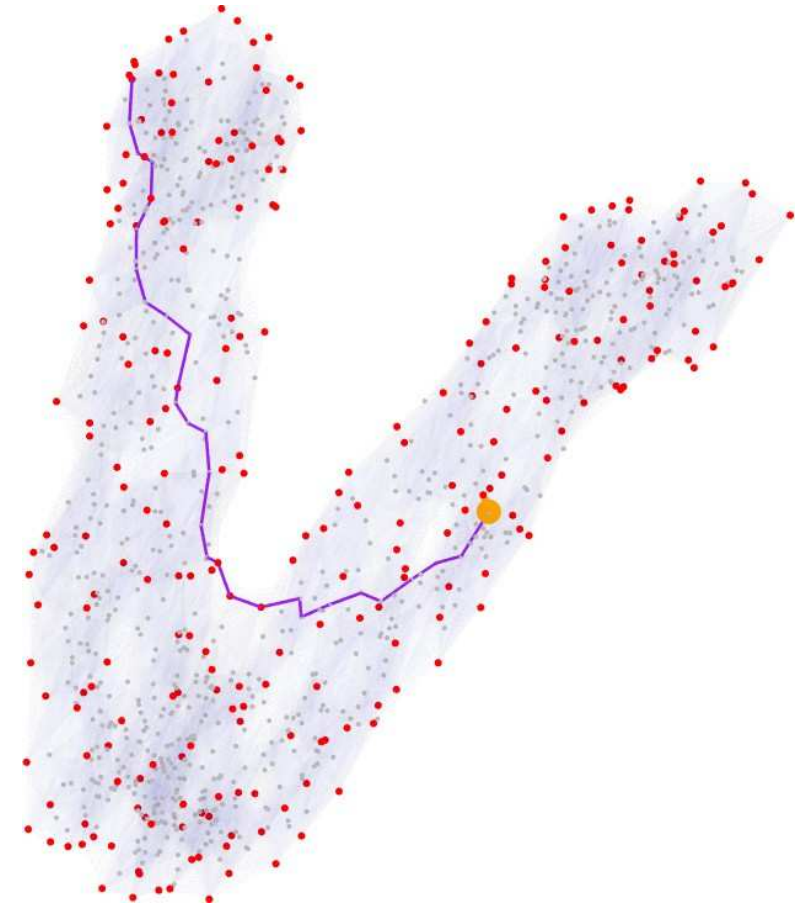
- ✓ Mise en place d'un catalogue de jeux de données

- ✓ Développement de « points de moissonnage » adossés aux bases de données primaires

- ✓ Liens avec d'autres initiatives :
 - ✓ ILICO
 - ✓ Data Terra – projet Gaia Data
 - ✓ EMBRC – projet EMOBON et MARCO BOLO

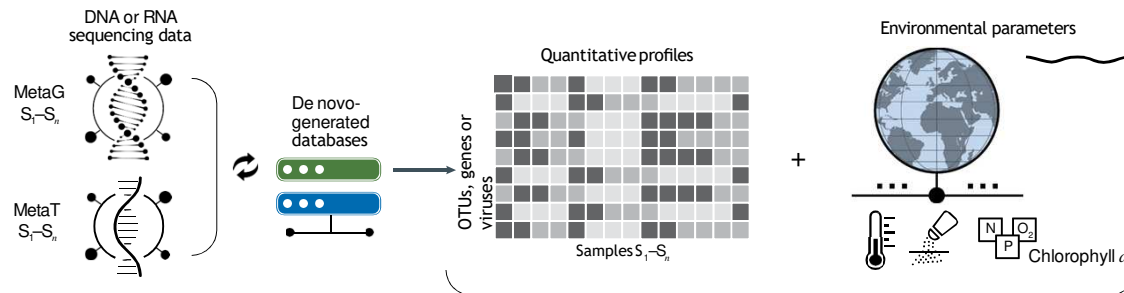
WP5 : Développement d'indicateurs basés sur l'IA

- ✓ Heterogeneous data set: environmental data, omics, imaging
- ✓ Building a « data scape » with combination of topological analysis and convex hull estimation
- ✓ Monitoring the state of a given site within the data scape (i.e. approaching critical state in the n-dimensional space)

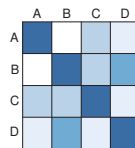


WP5 : Développement d'indicateurs basés sur l'IA

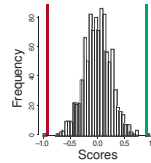
✓ Multi-layer network analysis [From matrices to graphs]



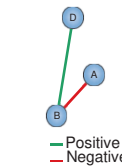
1. Pairwise similarity matrix



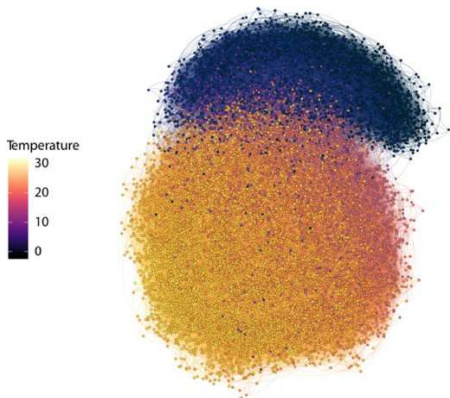
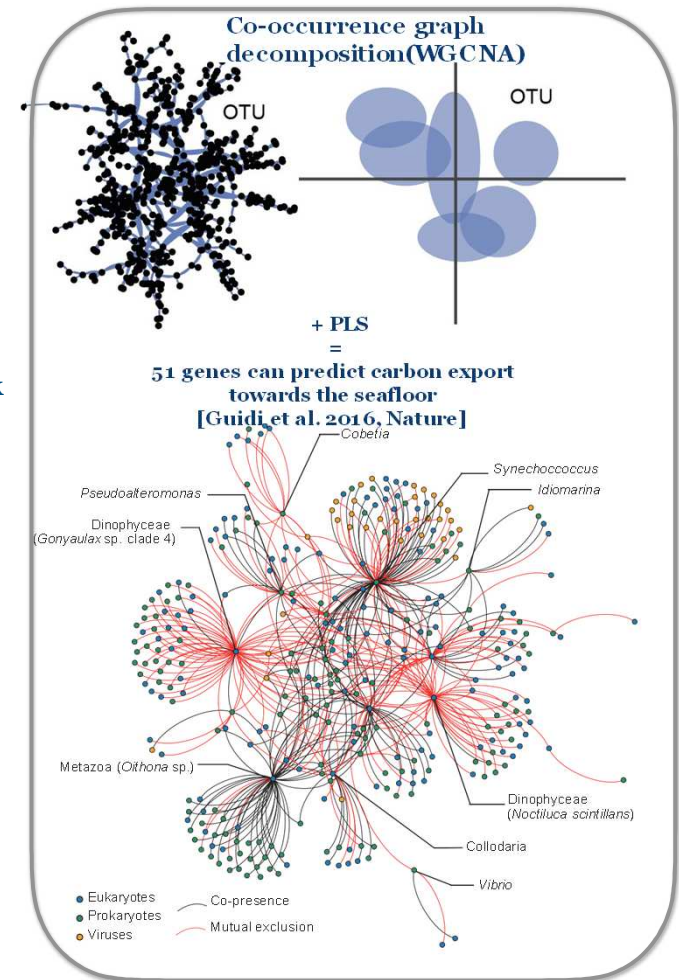
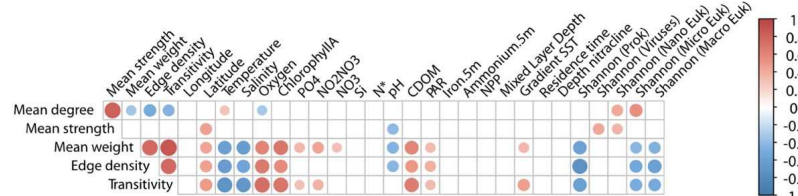
2. Score filtering



3. Co-occurrence network



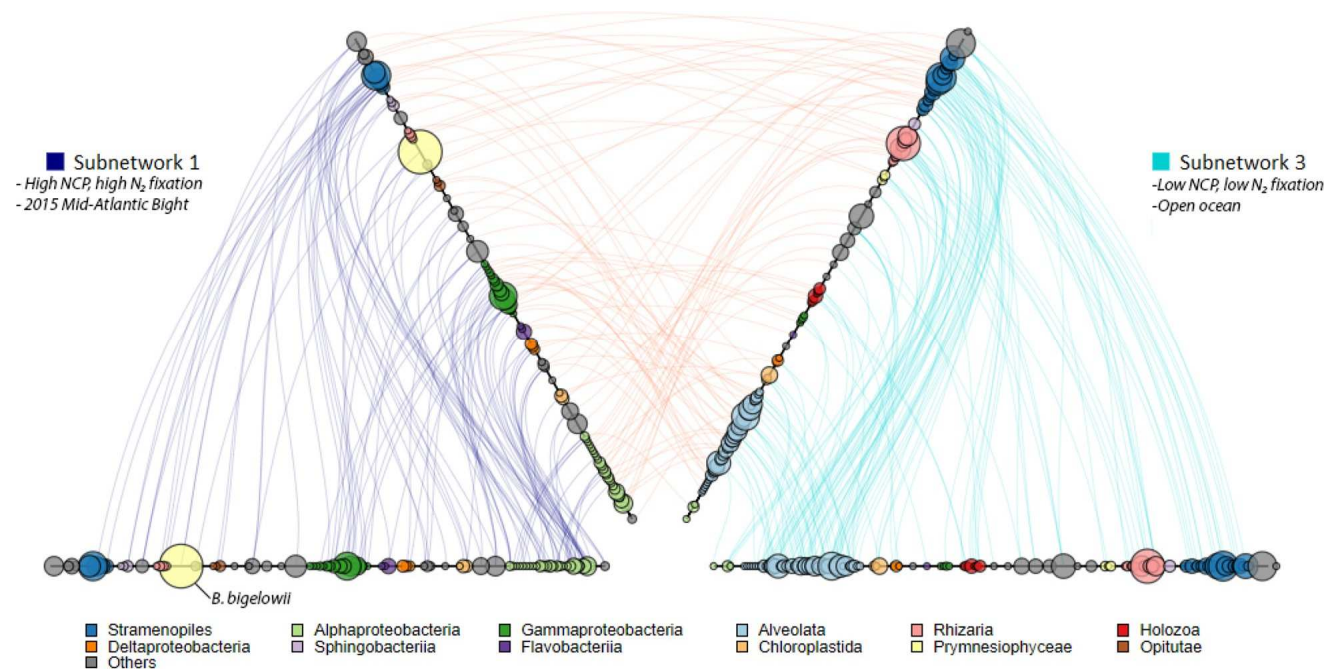
+ Markov blanket for compositional data



[Chaffron et al. 2021, Science Advances]

WP5 : Développement d'indicateurs basés sur l'IA

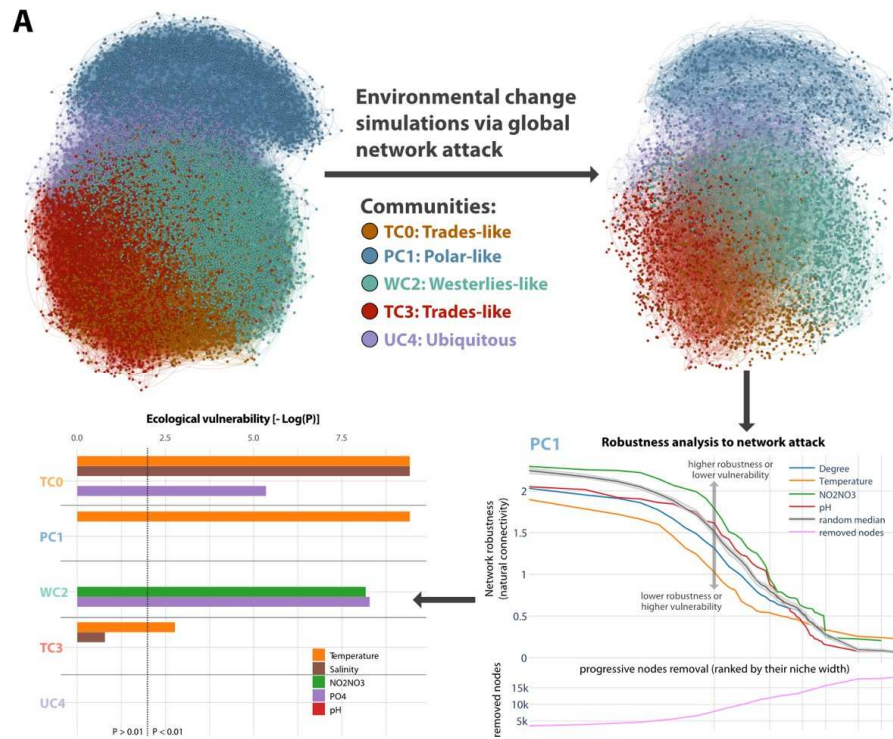
Comparing co-occurrence network from different sites via graph-let decomposition and 16S homology



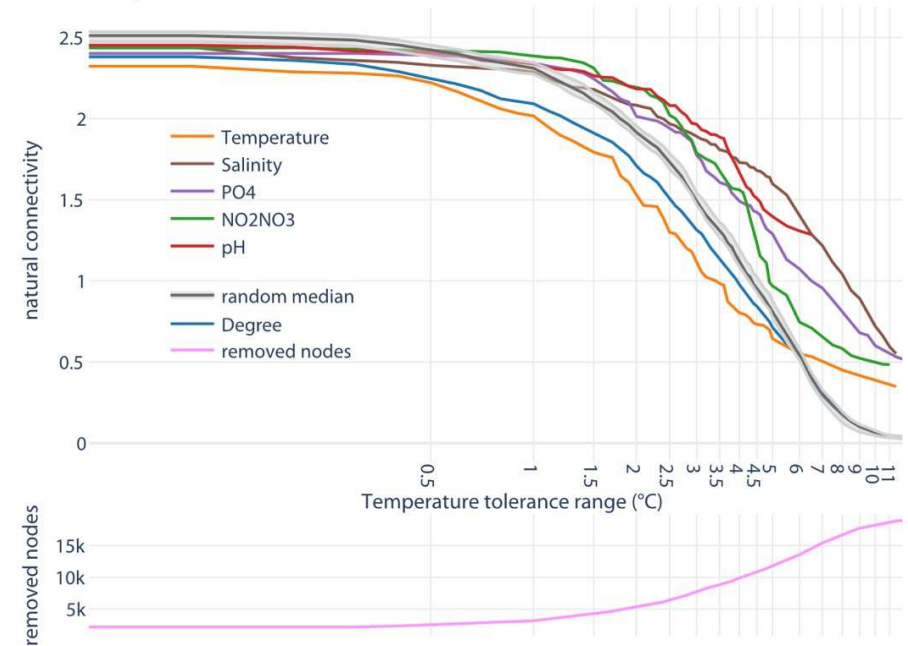
Ongoing work to compare benthos & pelagos community with AWI

WP5 : Développement d'indicateurs basés sur l'IA

Predicting perturbation via graph stability



B Community PC1 (Polar-like)



[Chaffron et al. 2021, Science Advances]

MERCI DE VOTRE ATTENTION

