



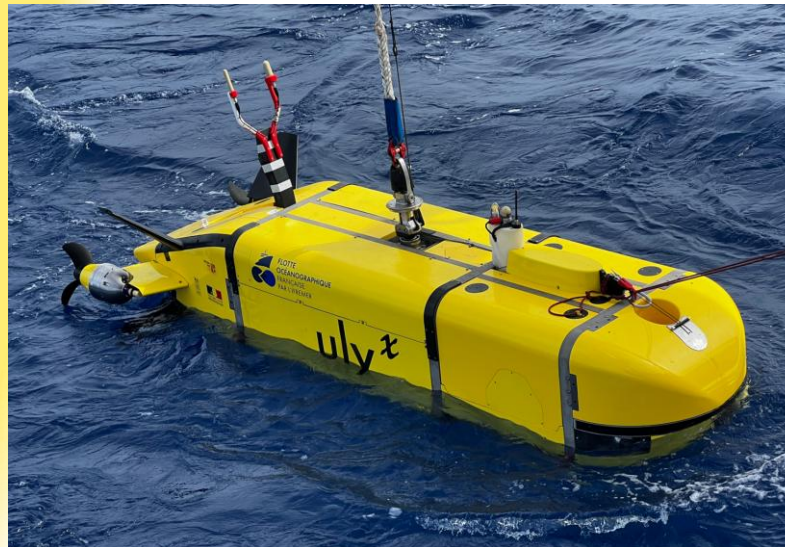
HCTISN

Réunion du 08/10/2026

NODSSUM

*Nuclear Ocean Dump Site Survey and Monitoring
2025-2026*

P. Chardon & J. Escartín (CNRS, France)





Partenaires et financements

Porteur : CNRS (INSU, IN2P3, INEE)

Consortium : Universités et laboratoires de recherche français, ASNR, IFREMER, U. Bergen (N), Thünen-Institut für Fischereiökologie (D), Memorial Univ. (C), U. de Girona (SP), DSA (N), U. de Sevilla (SP)

NODSSUM 2025-2026 financement & soutien :

- Flotte Océanographique Française : ~55 jours de bateau, support opérationnel de bord, AUV, HOV, carottiers, camera SCAMPI
- DT INSU (Rosettes, pompes, logistique)
- CNRS MITI
- Laboratoires des équipes impliquées

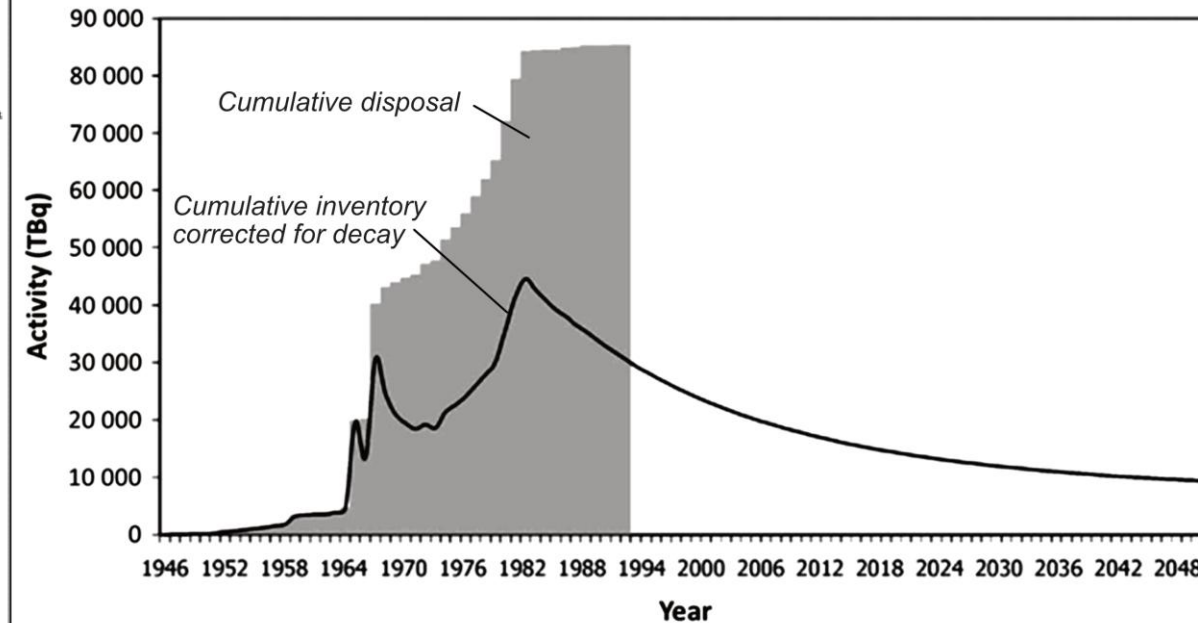
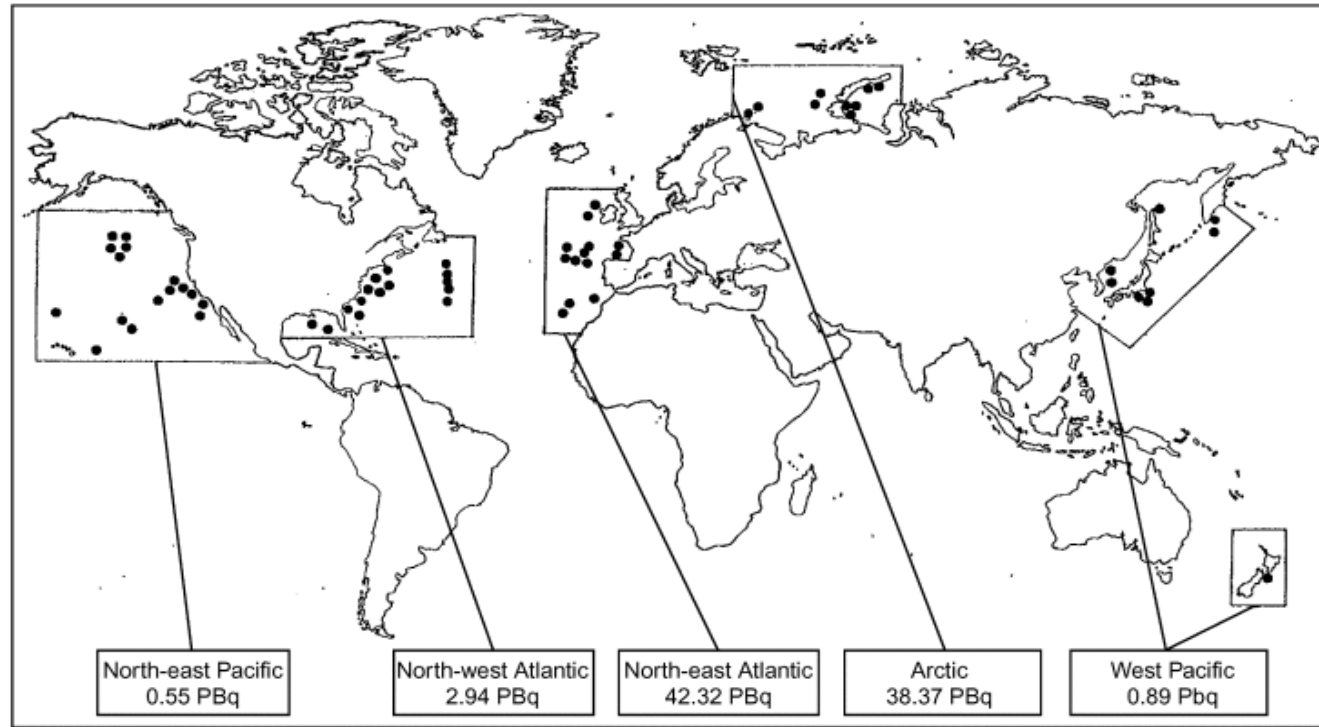


Contacts : Javier Escartin CNRS/INSU-ENS (escartin@geologie.ens.fr) - Laboratoire de Géologie UMR 8538
Patrick Chardon CNRS/IN2P3-UCA (patrick.chardon@clermont.in2p3.fr) Laboratoire de Physique de Clermont Auvergne UMR 6533



Context

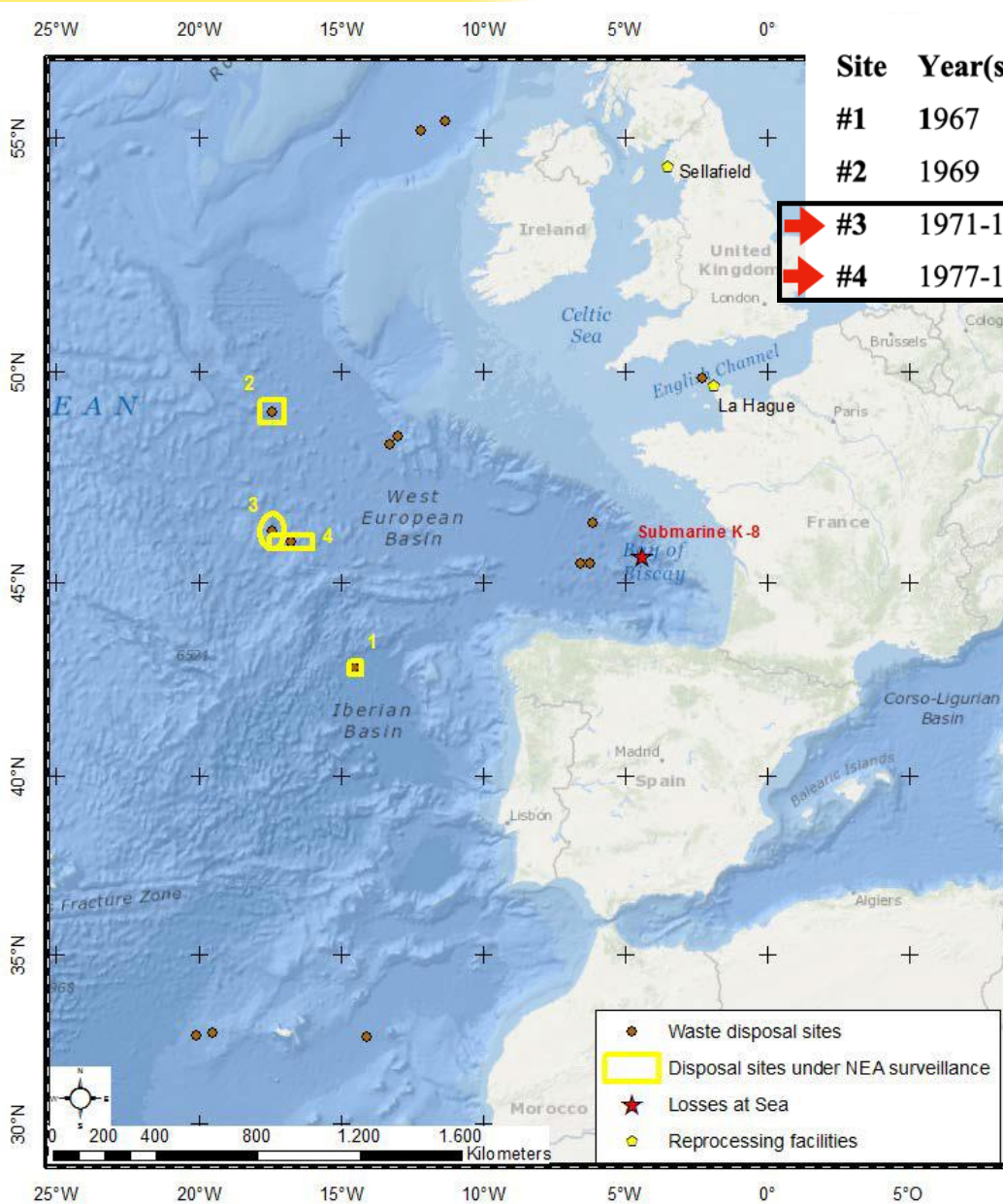
L'immersion était l'une des méthodes de gestion des déchets radioactifs utilisée de la fin des années 40 au début des années 80 (moratoire en 1980 et interdiction en 1993 par la convention de Londres)



Activité immergée globale cumulée et corrigée de la décroissance à l'échelle de l'ensemble des océans.

Les déclarations des Etats mentionnent des déchets de faible / moyenne activité (déchets de laboratoires, résidus de recherche et de mise au point technologiques du nucléaire, usages médicaux,...)

Sites d'immersion de l'AEN



Site	Year(s)	Location	Activity	# Barrels	Minimum density	Surface
#1	1967	42 °50'N, 14°30'W, 50x50 km square	291 TBq	>35000	14 barrels/km ²	2500 km ²
#2	1969	49° 05'N, 17°05'W, 50x50 nm square	843 Tbq	>20000	2.4 barrels/km ²	8556 km ²
➔ #3	1971-1976	46°15'N, 17°25'W, 35 nm radius circle	9550 TBq	>70000	5.3 barrels/km ²	13273 km ²
➔ #4	1977-1982	45°50'-46°10'N, 16°00'-17°30'W	26330 TBq	>85000	27 barrels/km ²	4255 km ²



- ≈250 000 fûts métalliques ou en béton
- Matrice de remplissage : bitume, cimentaire, résine
=> confinement attendu de 15 à 20 ans
- ≈ 42PBq

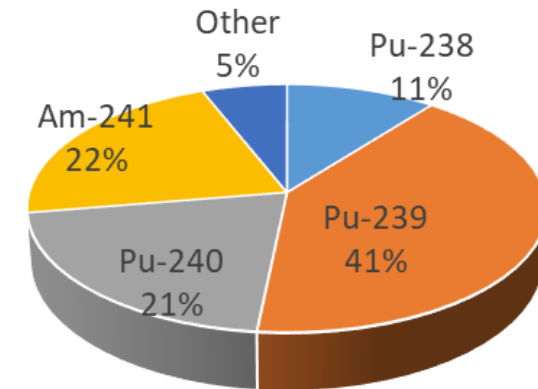
Sites d'immersion de la AEN

alpha : 2%

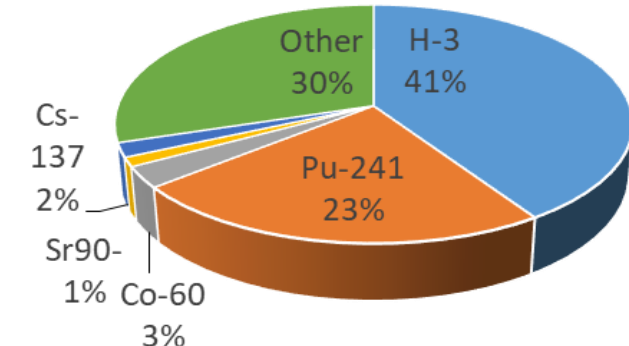
Beta/gamma : 98%

Alpha	Half-life	Range of annual beta/gamma composition %	Bêta / gamma	Half-life	Range of annual beta/gamma composition %
²¹⁰ Po	1,40E+02 d	0,4-1	³ H	1,23E+01 y	39-82
²²⁶ Ra	1,60E+03 y	0,3-5	¹⁴ C	5,70E+03 y	0,21,5
²³⁴ U	2,46E+05 y	0,01-0,2	³⁵ S	9,20E+01 d	0,051,1
²³⁵ U	7,04E+08 y	0,6-1,8	⁵⁴ Mn	3,12E+02 d	0,0001-0,3
²³⁸ U	4,47E+09 y	0,01-0,2	⁵⁵ Fe	2,75E+00 y	0,0001-1
²³⁷ Np	2,14E+06 y	0,00007-1,2	⁵⁸ Co	7,09E+01 d	0,001-1,5
²³⁸ Pu	8,80E+01 y	6-12	⁶⁰ Co	5,27E+00 y	1,3-8,7
²³⁹ Pu	2,41E+04 y	40-66	⁹⁰ Sr	2,88E+01 y	1,2-2,6
²⁴⁰ Pu	6,56E+03 y	12-23	¹²⁵ I	5,90E+01 d	0,09-1,2
²⁴² Pu	3,73E+05 y	0,3-0,6	¹³⁴ Cs	2,06E+00 y	0,1-1,3
²⁴¹ Am	4,33E+02 y	13-24	¹³⁷ Cs	3,01E+01 y	1,5-3,7
²⁴⁴ Cm	1,81E+01 y	0,1-0,2	²⁴¹ Pu	1,44E+01 y	12-47

alpha emitters



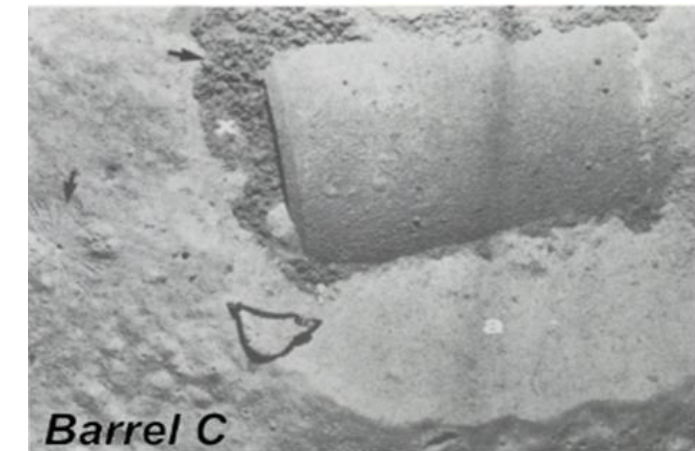
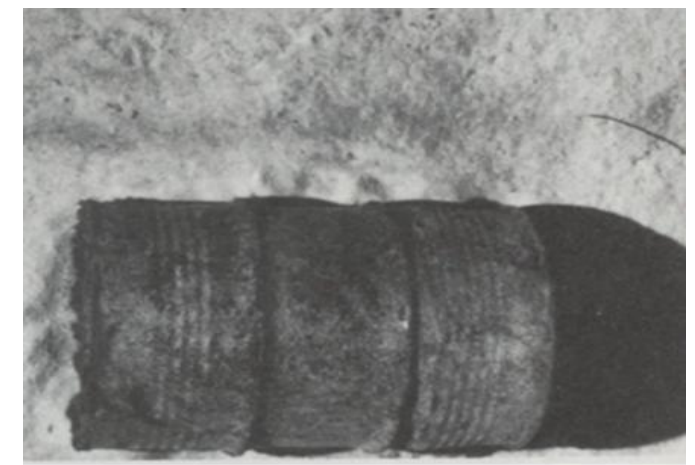
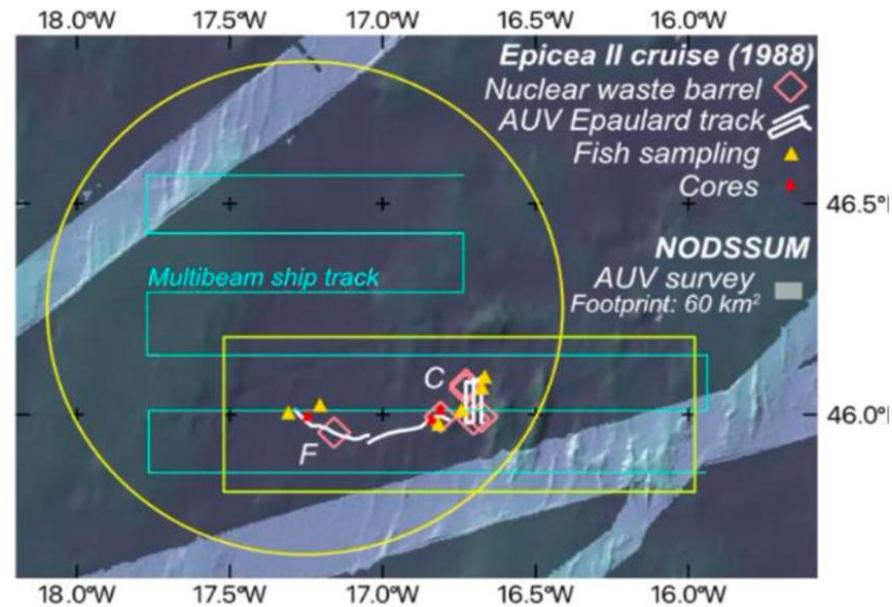
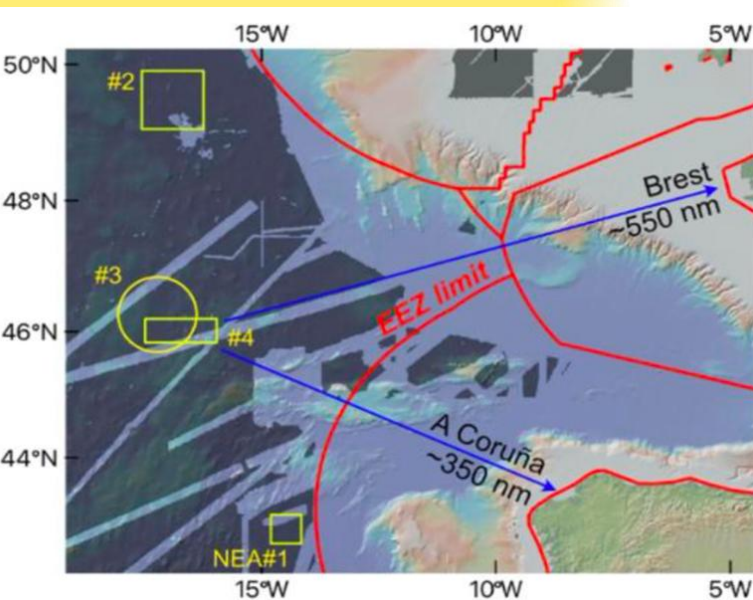
beta/gamma emitters



Composition radiologique globale des déchets radioactifs immergés entre 1949 et 1982

NODSSUM Zone d'étude

Site	Year(s)	Location	Activity	# Barrels	Minimum density	Surface
#1	1967	42 °50'N, 14°30'W, 50x50 km square	291 TBq	>35000	14 barrels/km ²	2500 km ²
#2	1969	49° 05'N, 17°05'W, 50x50 nm square	843 Tbq	>20000	2.4 barrels/km ²	8556 km ²
#3	1971-1976	46°15'N, 17°25'W, 35 nm radius circle	9550 TBq	>70000	5.3 barrels/km ²	13273 km ²
#4	1977-1982	45°50'-46°10'N, 16°00'-17°30'W	26330 TBq	>85000	27 barrels/km ²	4255 km ²



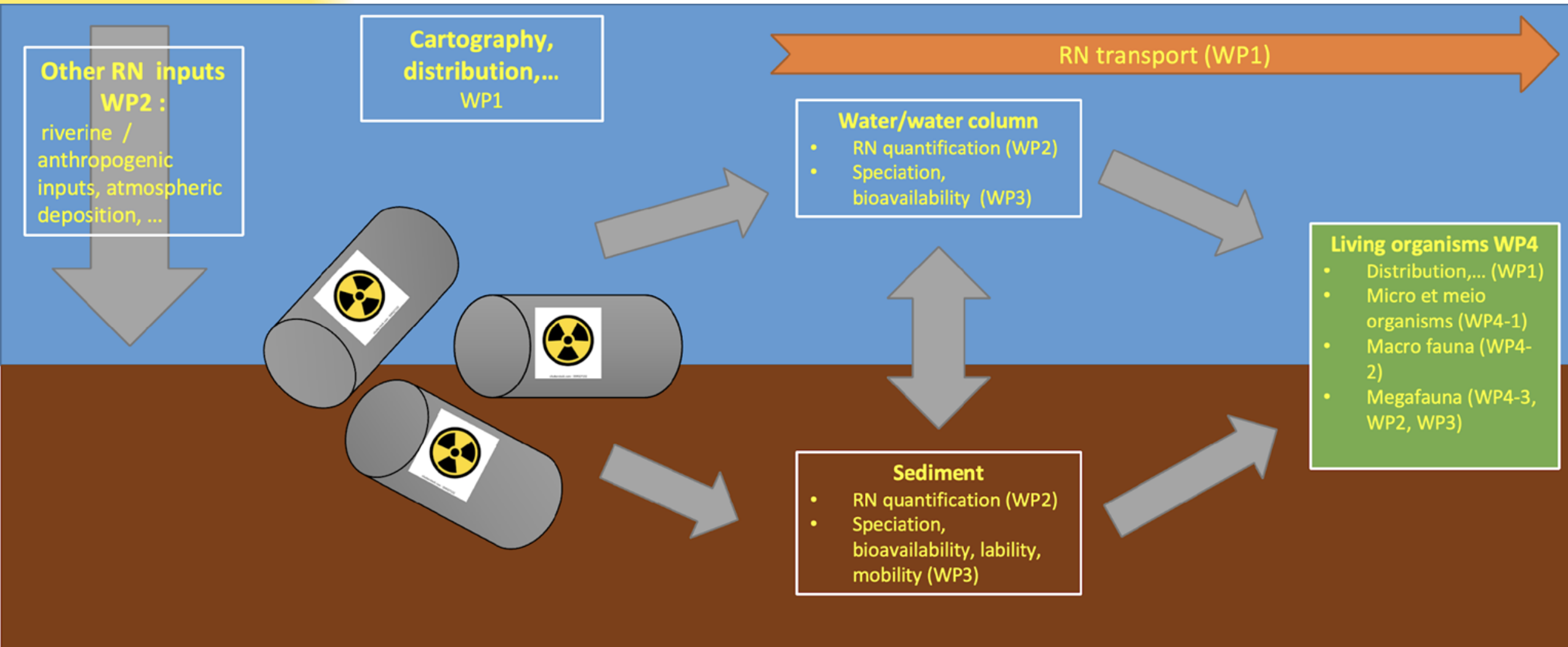
Les operations précédentes d'évaluation (DORA, EPICEA, CRESP, 81-95) :

- Transfert de radionucléides à l'environnement
- Impact minimal sur l'environnement
- Aucun impact significatif attendu à long terme pour l'Homme

=> **Surveillance stopée au début des années 90**

Mais : peu de temps après la fin des immersions, écosystème profonds peu connu, méconnaissance du contexte des prélèvements

NODSSUM – Objectifs scientifiques



NODSSUM – Stratégie

2 campagnes (2x1 mois 2025&2026) avec pour objectifs :

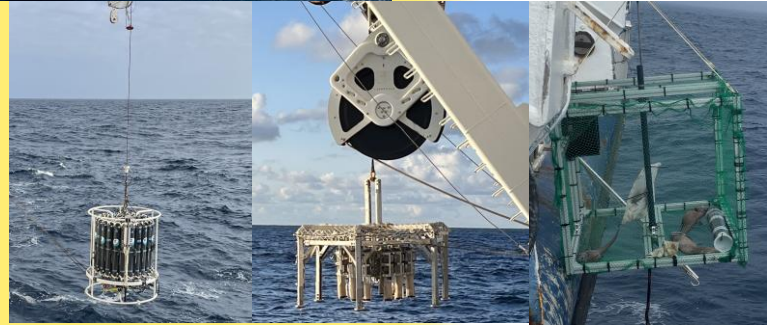
- 
- 2025: cartographier et déterminer de la distribution des barils (1^{ère} mission scientifique d' Uly^x équipé d'un sonar à très haute définition)
 - Images (2025:AUV UlyX+caméras; 2026: Nautil+caméras+SCAMPI)
 - Evaluer l'état des fûts,
 - Réalisation de modèle 3D pour les inventaires biologiques et l'interprétation des résultats
 - Réaliser des prélèvements de sédiment, eau, faune (depuis le bateau ou avec Nautil)
 - Variation spatiale de concentration d'activité, détermination de leur origine
 - Identifier les fuites et comprendre la dispersion des RN
 - Aborder différentes échelles spatiales (locale/régionale)
 - Evaluation de l'écosystème profond
 - Egalement : perturbation physique et processus géologiques

2025

N/O l'Atalante



AUV Uly^x



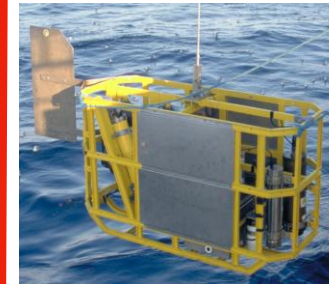
CTD- carottier multitubes- Nasse à poissons

Eaux, sédiments, poissons,

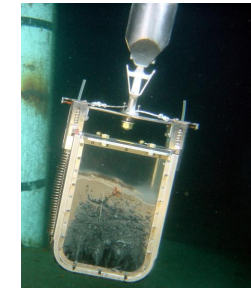
AUV Uly^x: Cartographie Sonar + images (limitées)

2026

N/O Pourquoi Pas?

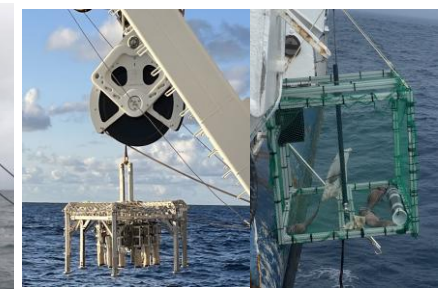


SCAMPI Image

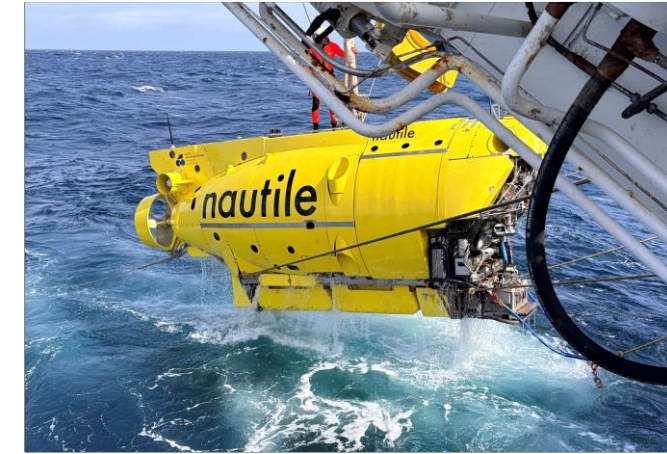


Carottier lame - Pompes- carottier multitubes-Nasse à poissons

Eaux filtrées, sédiments, poissons, anémones, ...



HOV Nautille: Prélèvements in situ, observations, images (reconstruction 3D)

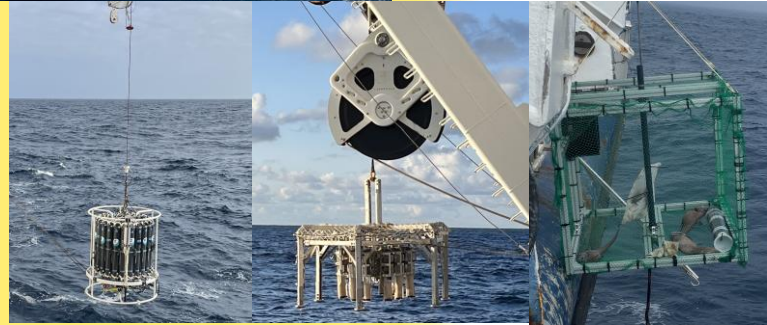


2025

N/O l'Atalante



AUV Uly^x



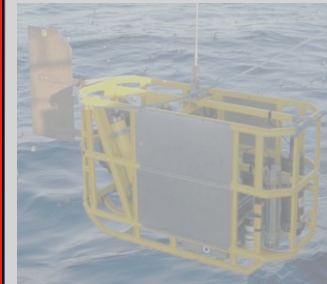
CTD- carottier multitubes- Nasse à poissons

Eaux, sédiments, poissons,

AUV Uly^x: Cartographie Sonar + images
(limitées)

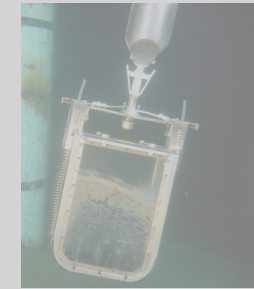
2026

N/O Pourquoi Pas?



SCAMPI

Image



Carottier lame - Pompes- carottier multitubes-Nasse à poissons

Eaux filtrées, sédiments, poissons, anémones, ...

HOV Nautille: Prélèvements in situ, observations, images (reconstruction 3D)



AUV Uly^x

AUV: Autonomous Underwater Vehicle

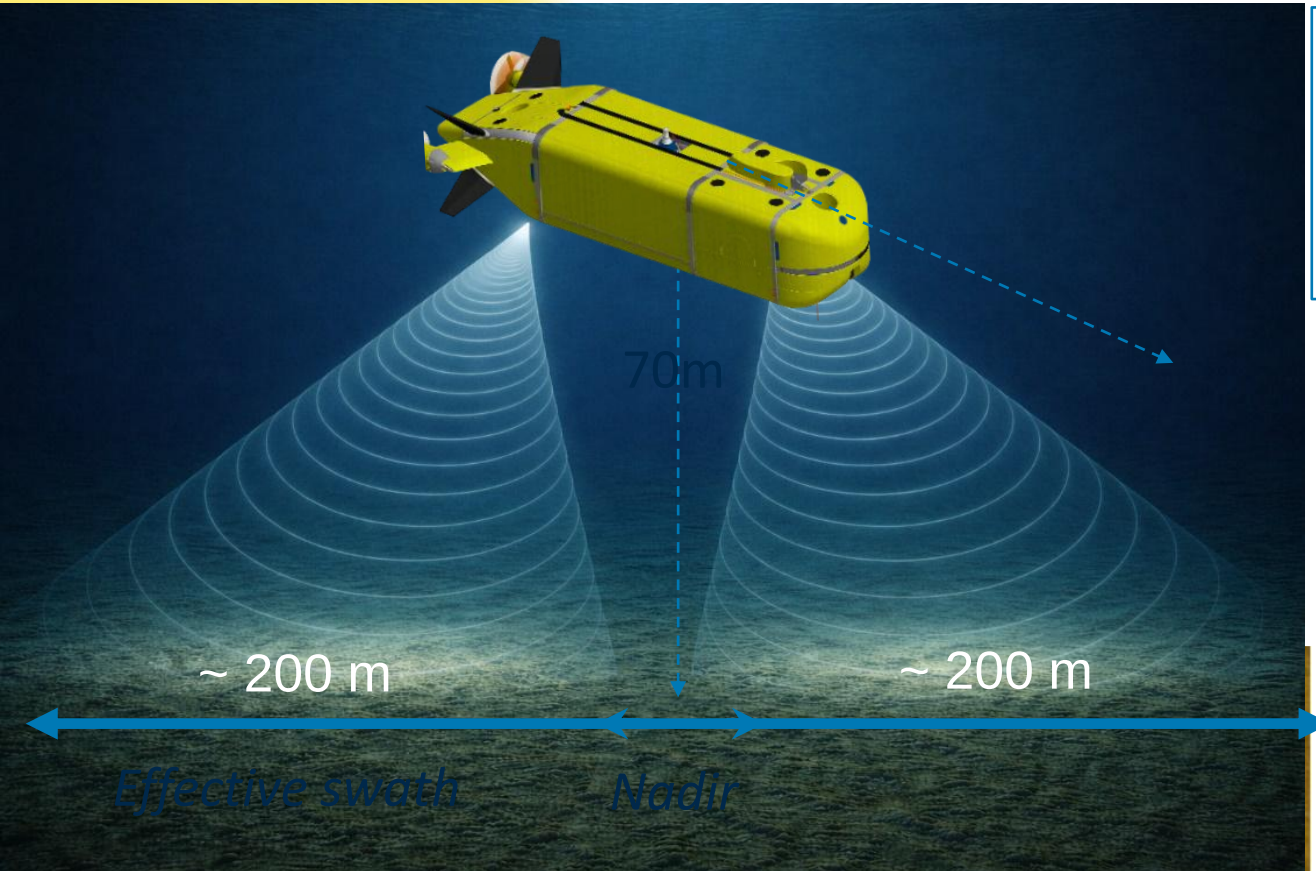
Masse: 2.7 T, **Longueur :** 4,5m - **Autonomie :** 10-16h (selon opérations)
Vitesse: ~6 km/h (sonar et bathymétrie) - 0.6 km/h (photo)



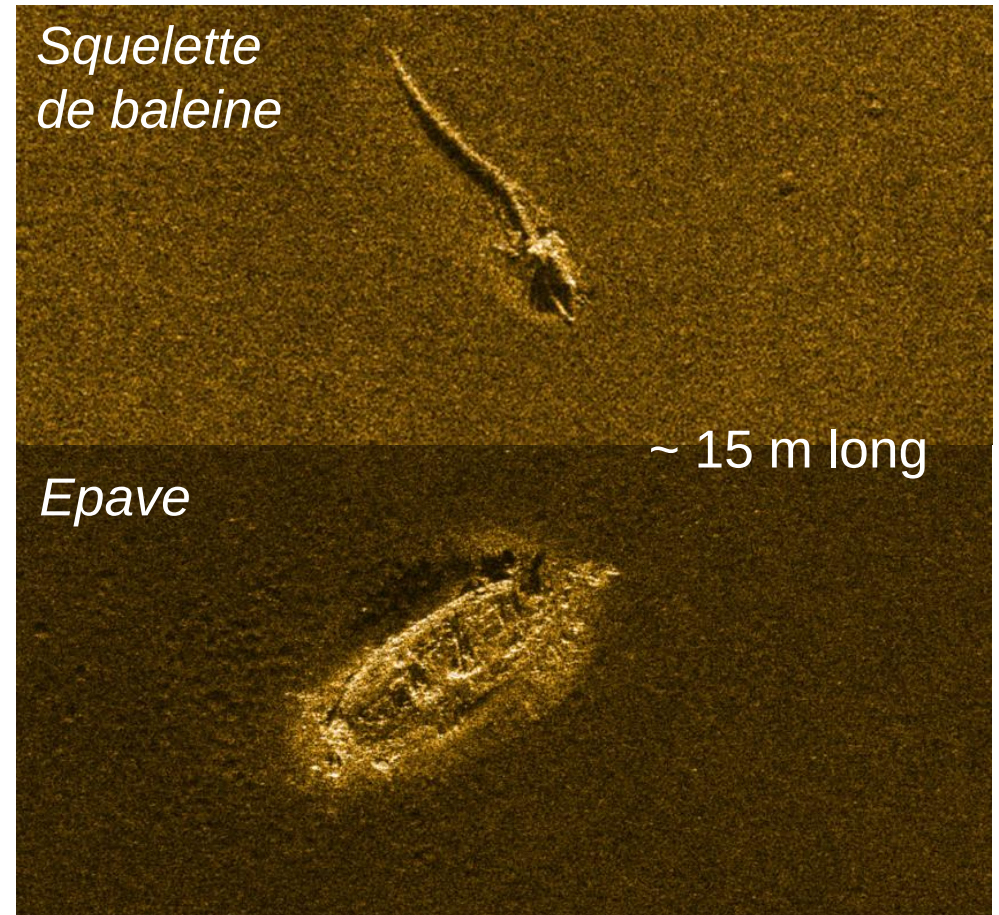
Détection des futs : Sonar SAS Interférométrique
Fauchée : 400 m - **Résolution:** 5 cm

Copyright: Flotte Océan'25ographique Française –
Campagne NODSSUM'25

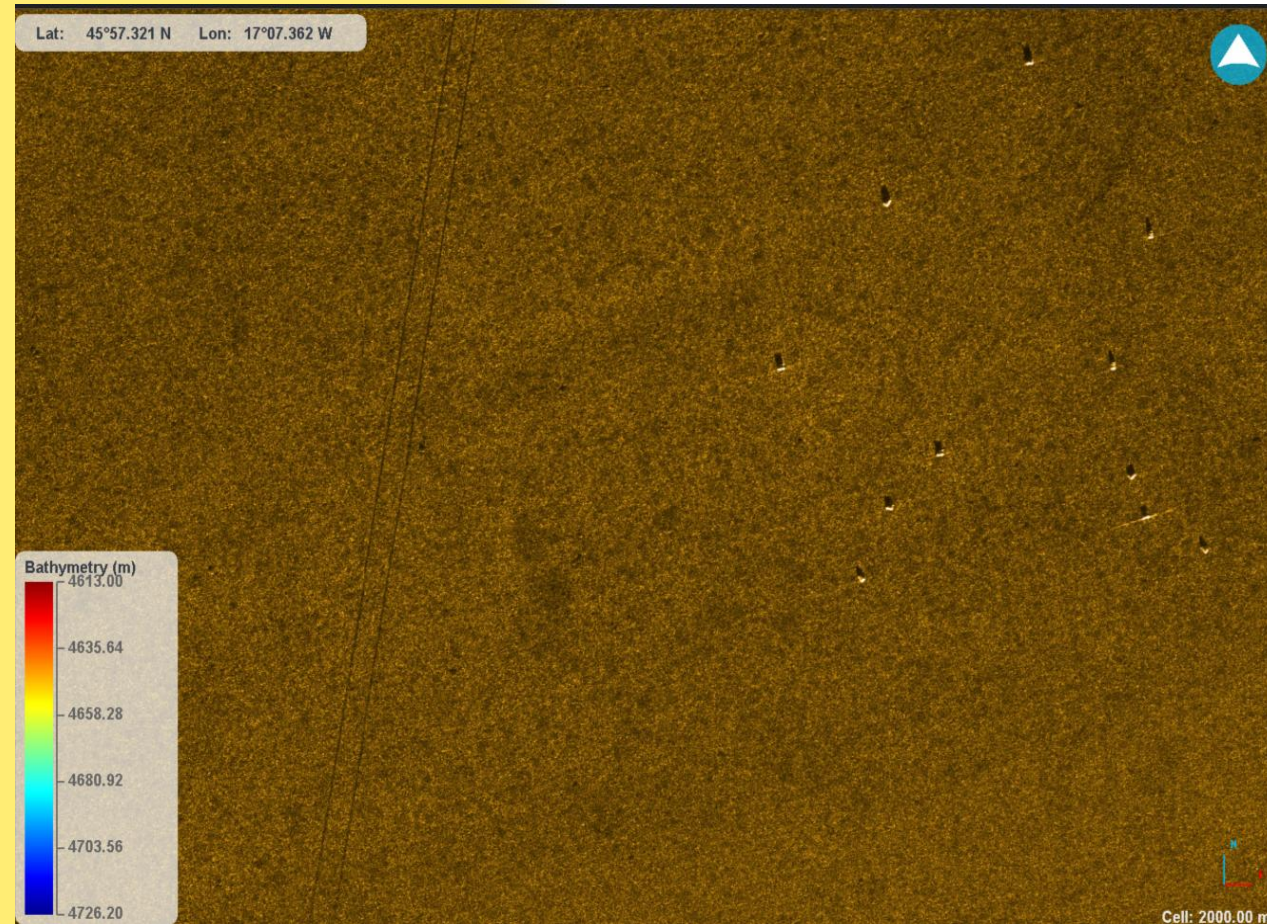
AUV Uly^x – SAMS cartographie



Survol à 1.5 m/s et 70 m du plancher océanique
Résolution de 5 cm avec une fauchée de 400 m
Performance: ~2 km²/h de surface illuminée

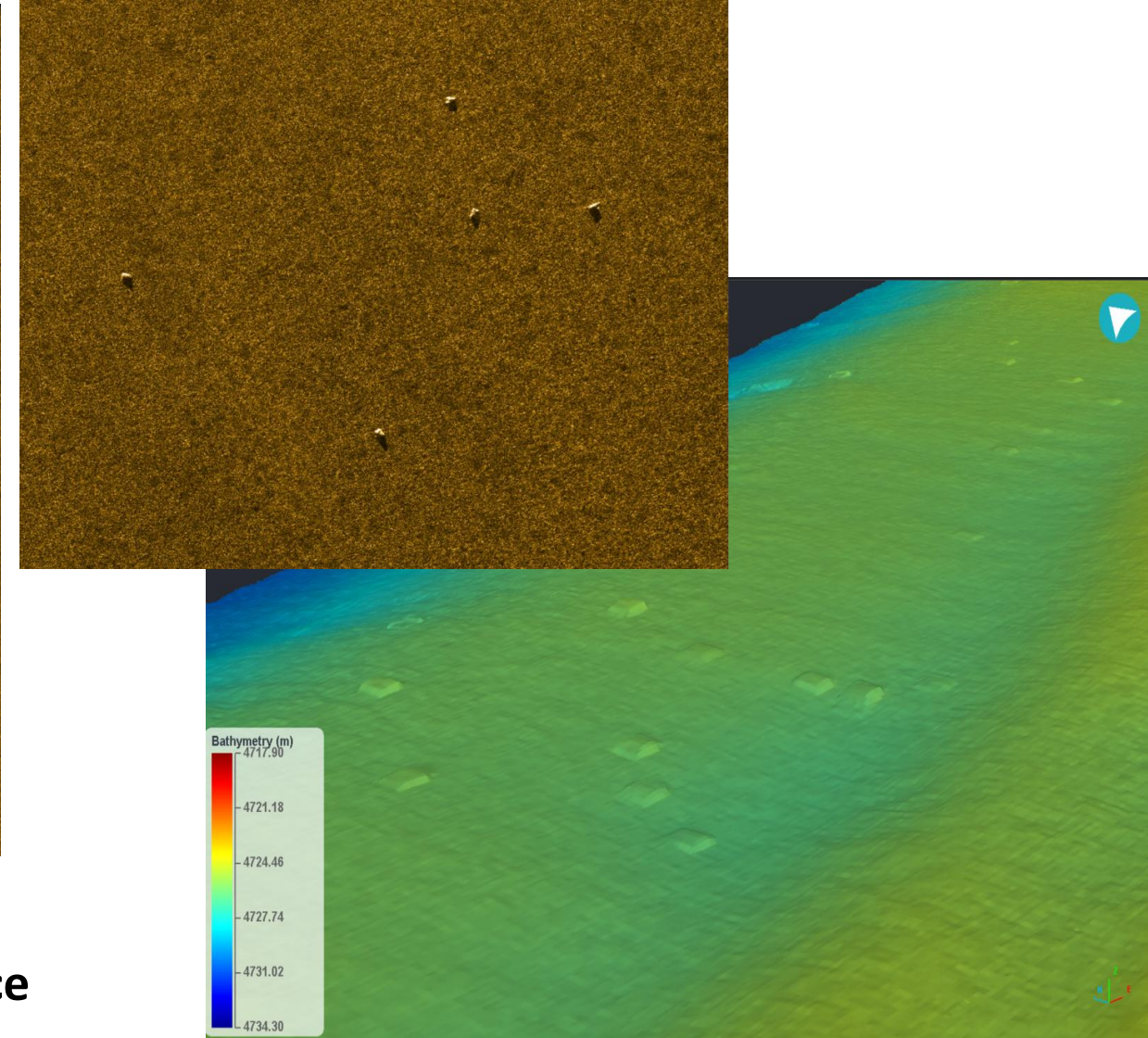


SAMS SAS & bathymetry - detecting barrels



Barrils: 90 cm de longueur, 70 cm de diameter

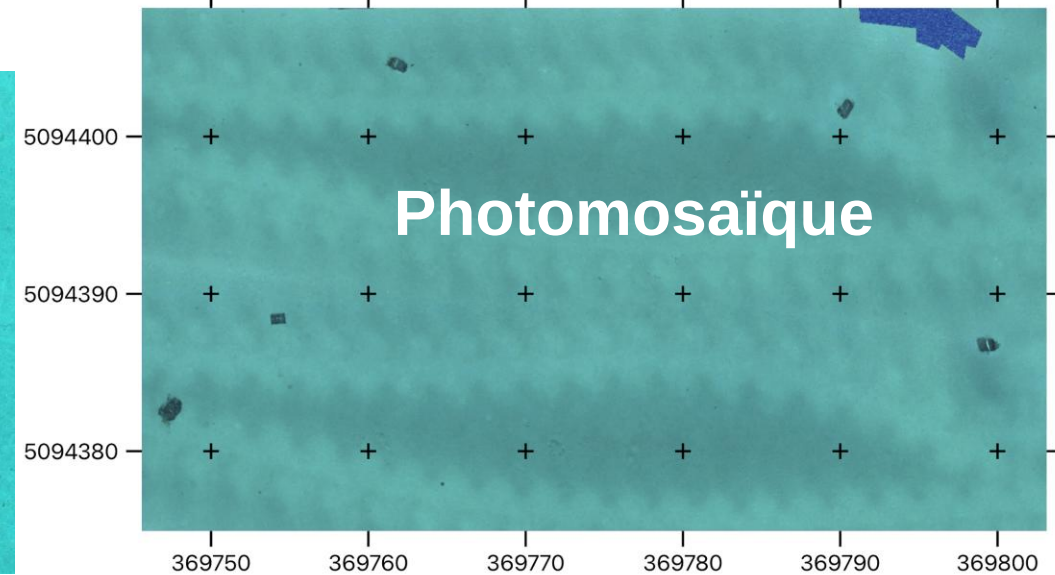
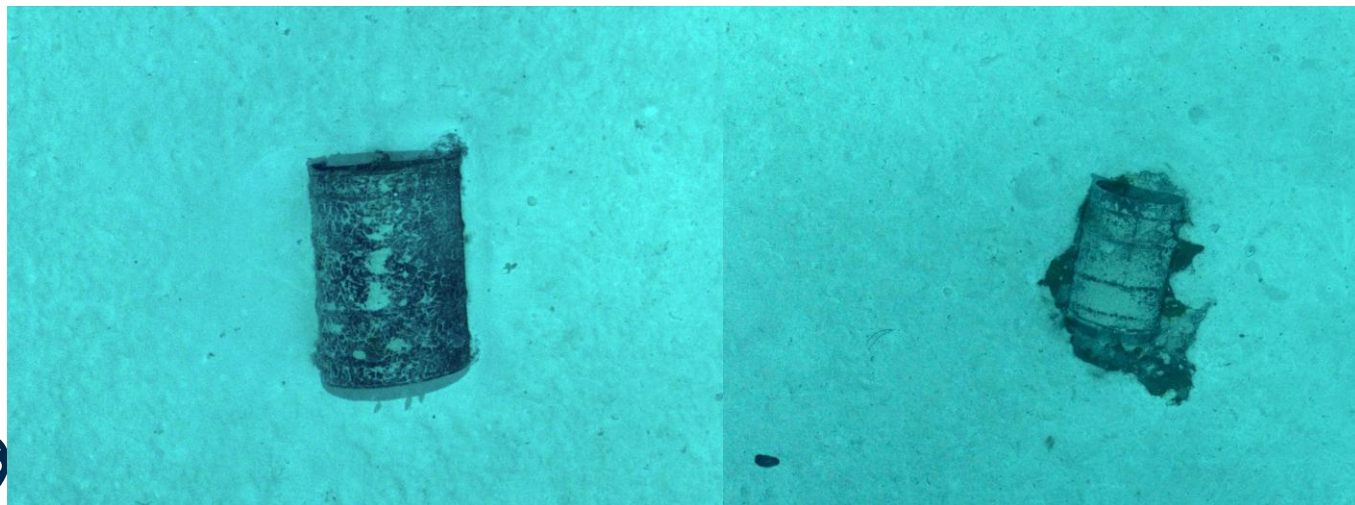
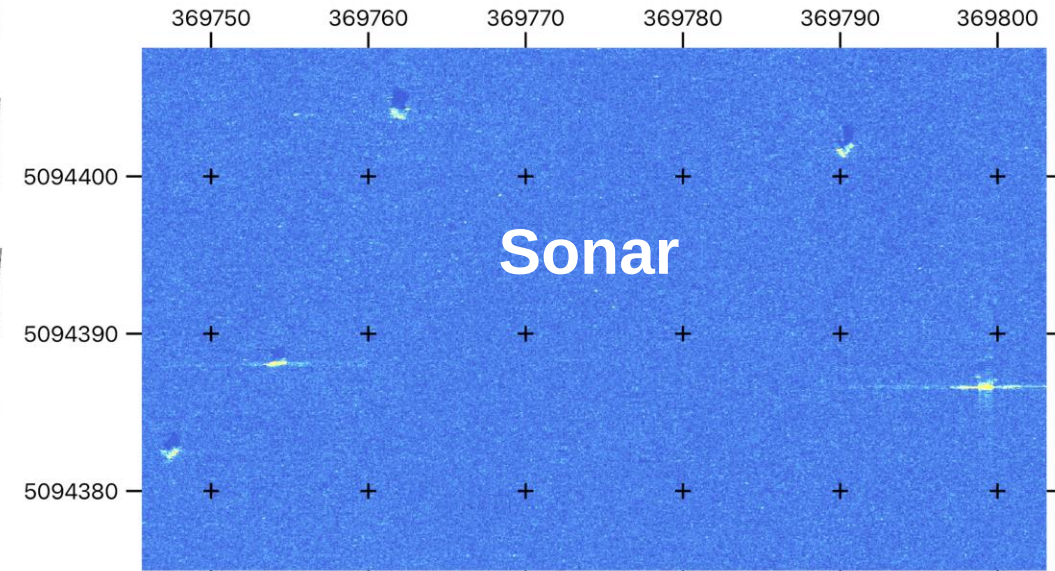
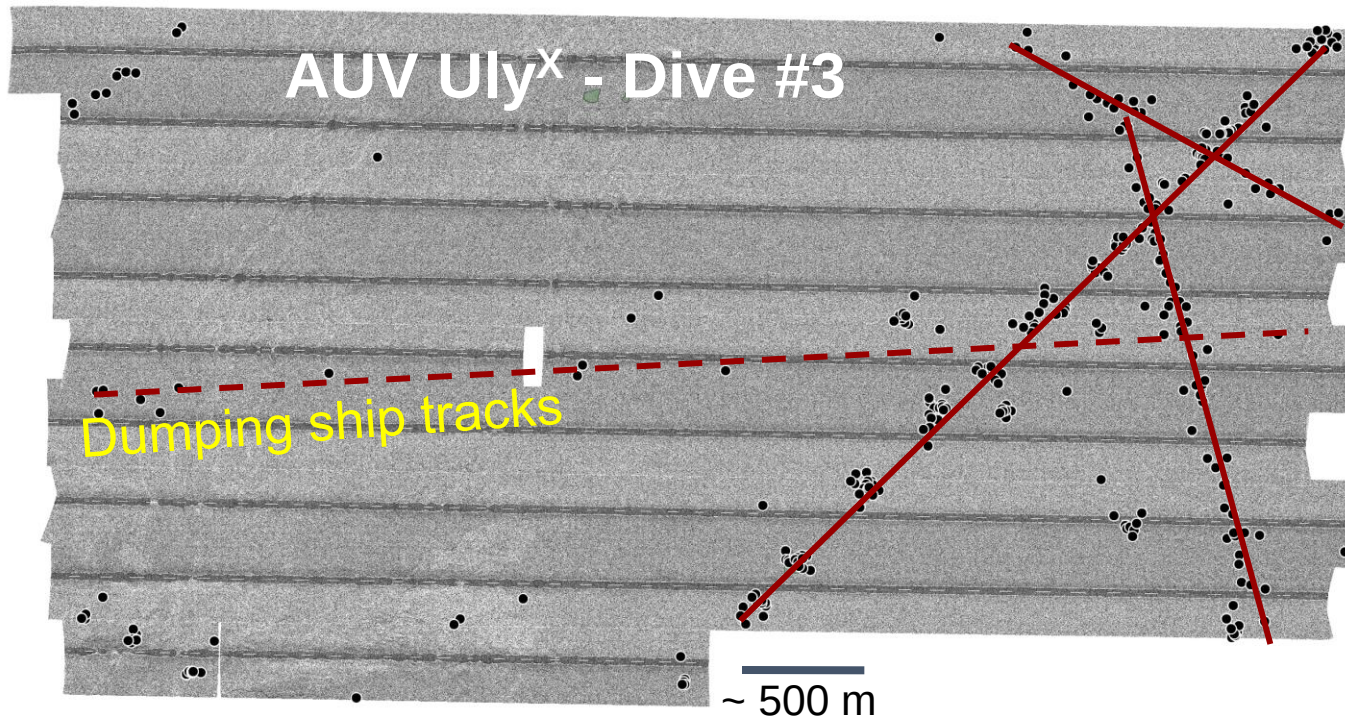
Traces : Programme écologique allemand (ressource benthique)



Bathymétrie sonar: relief lié aux barils visible

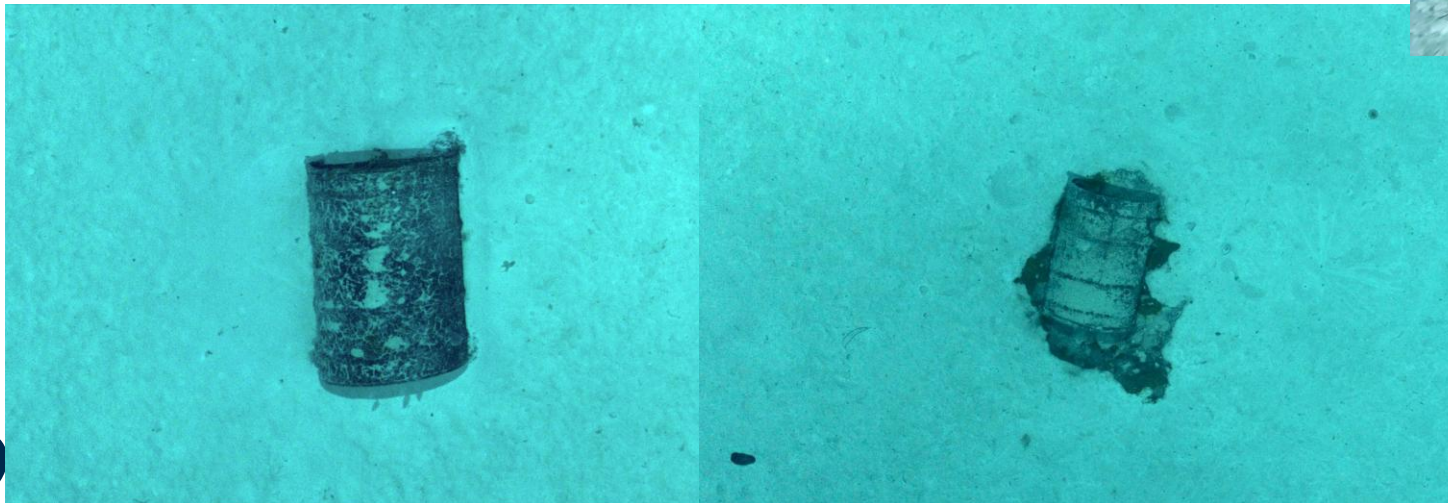
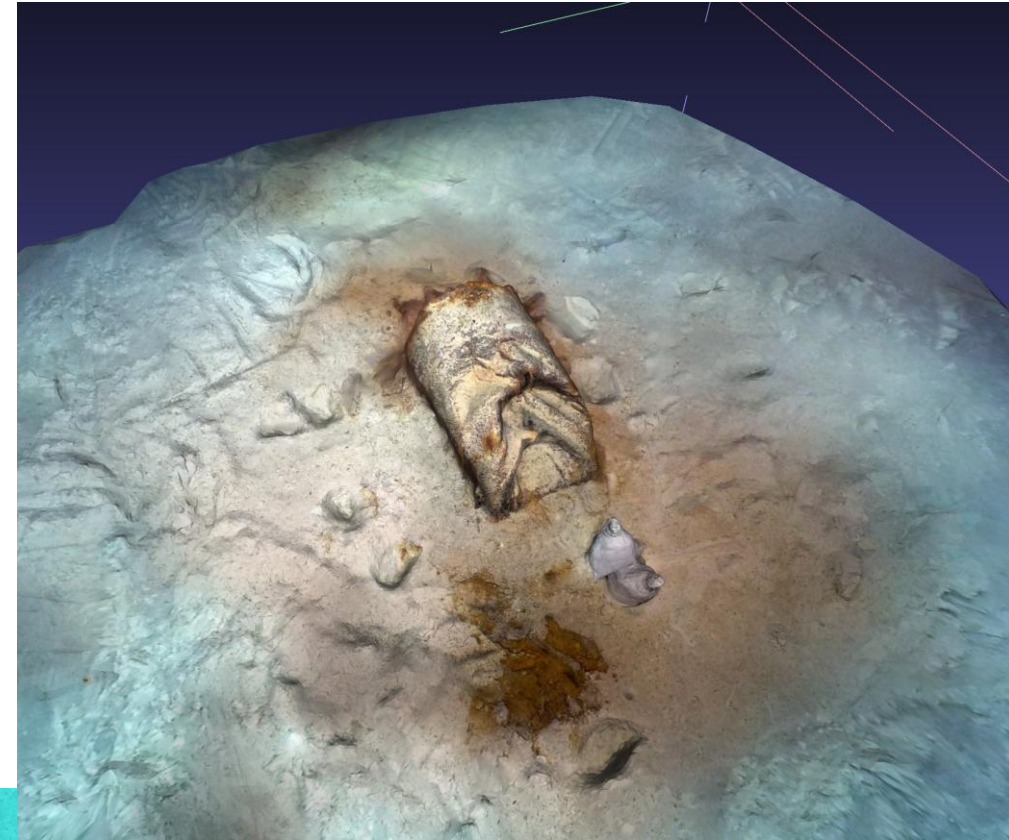
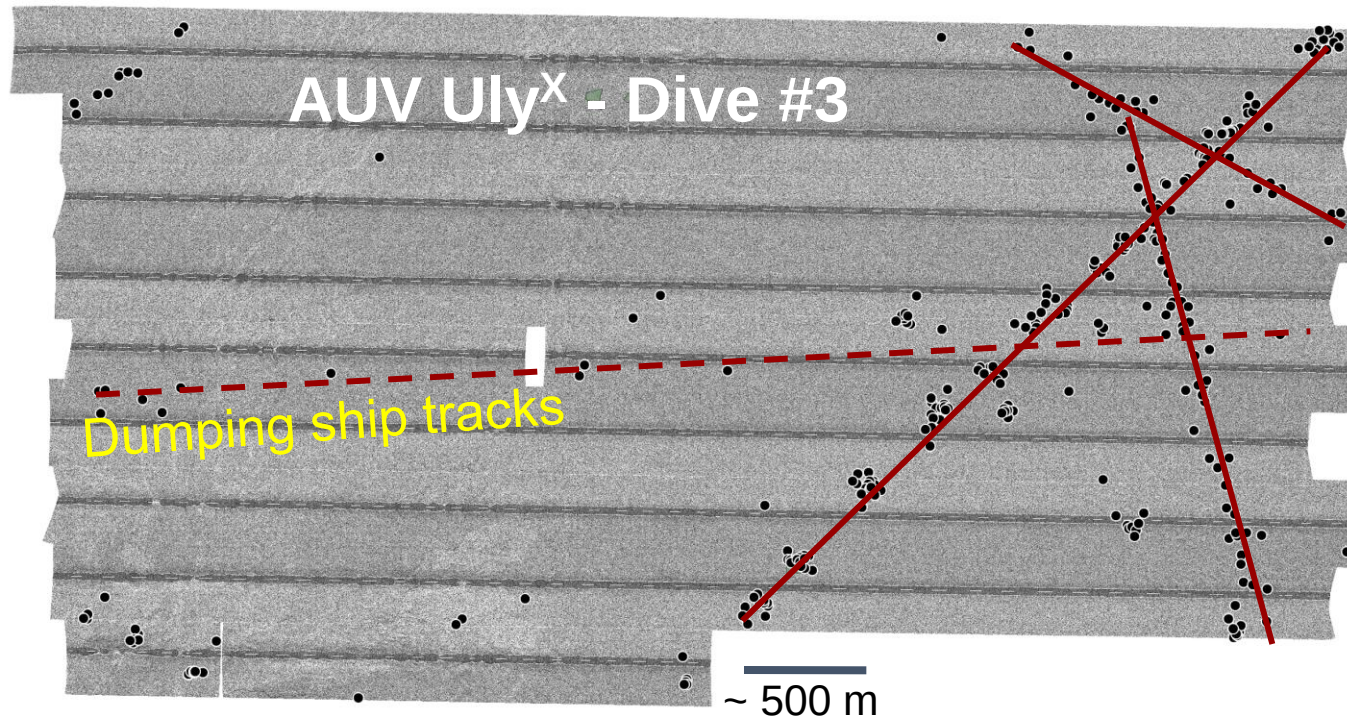
Cartographie : distribution des fûts & stratégie d'immersion

Surface : ~6x3 km²

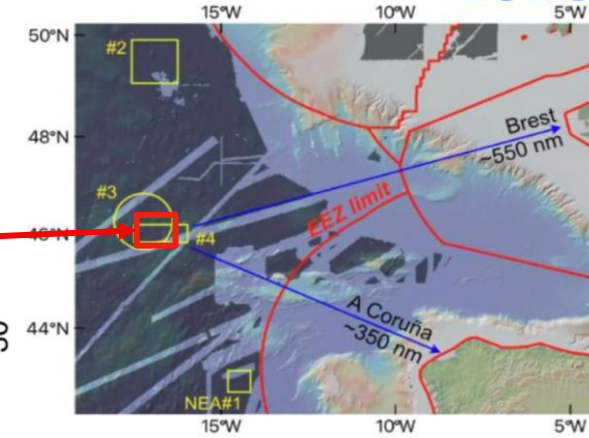
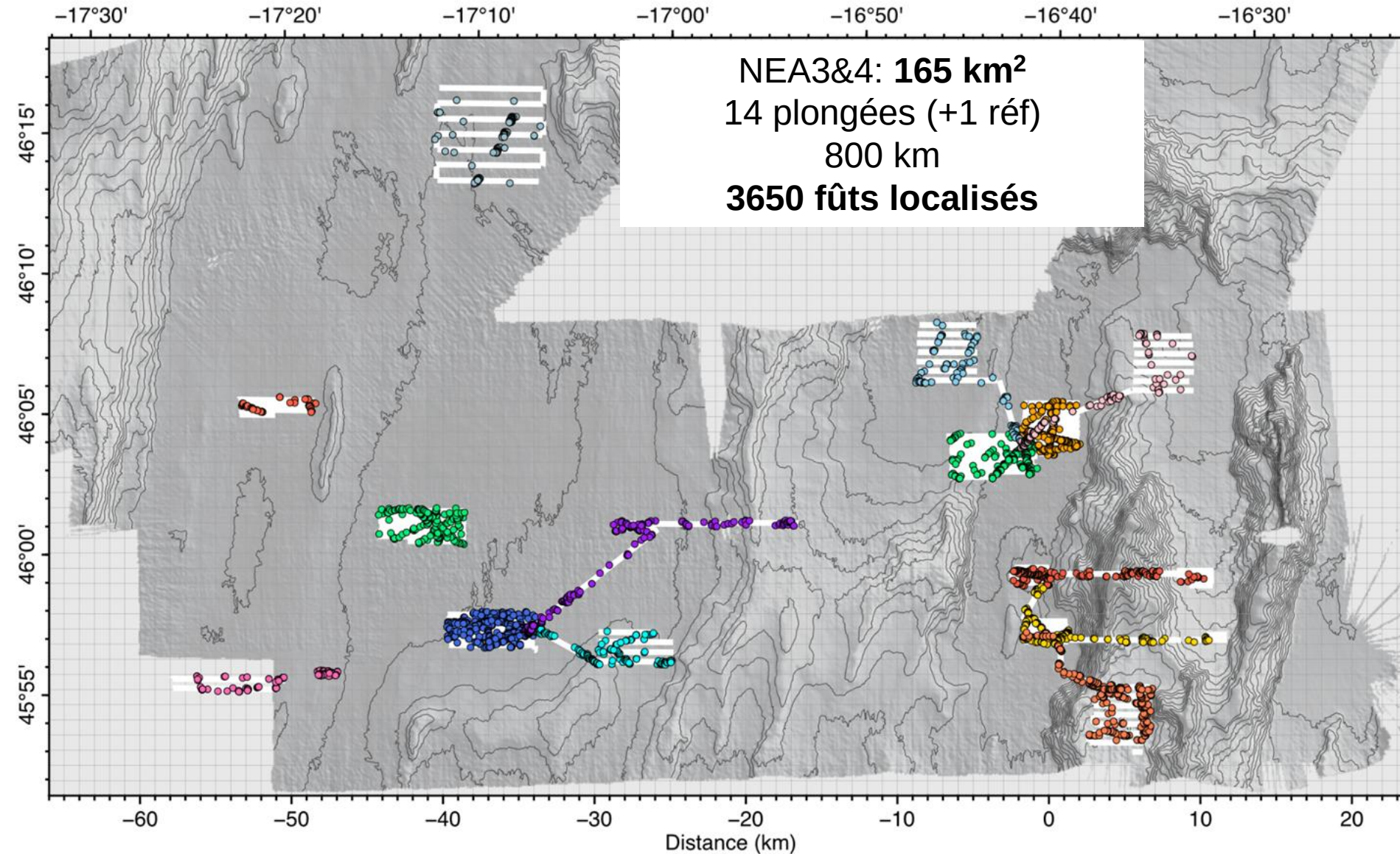


Cartographie : Reconstruction 3D et échantillonnage

Surveys: ~6x3 km²



Cartographie Sonar

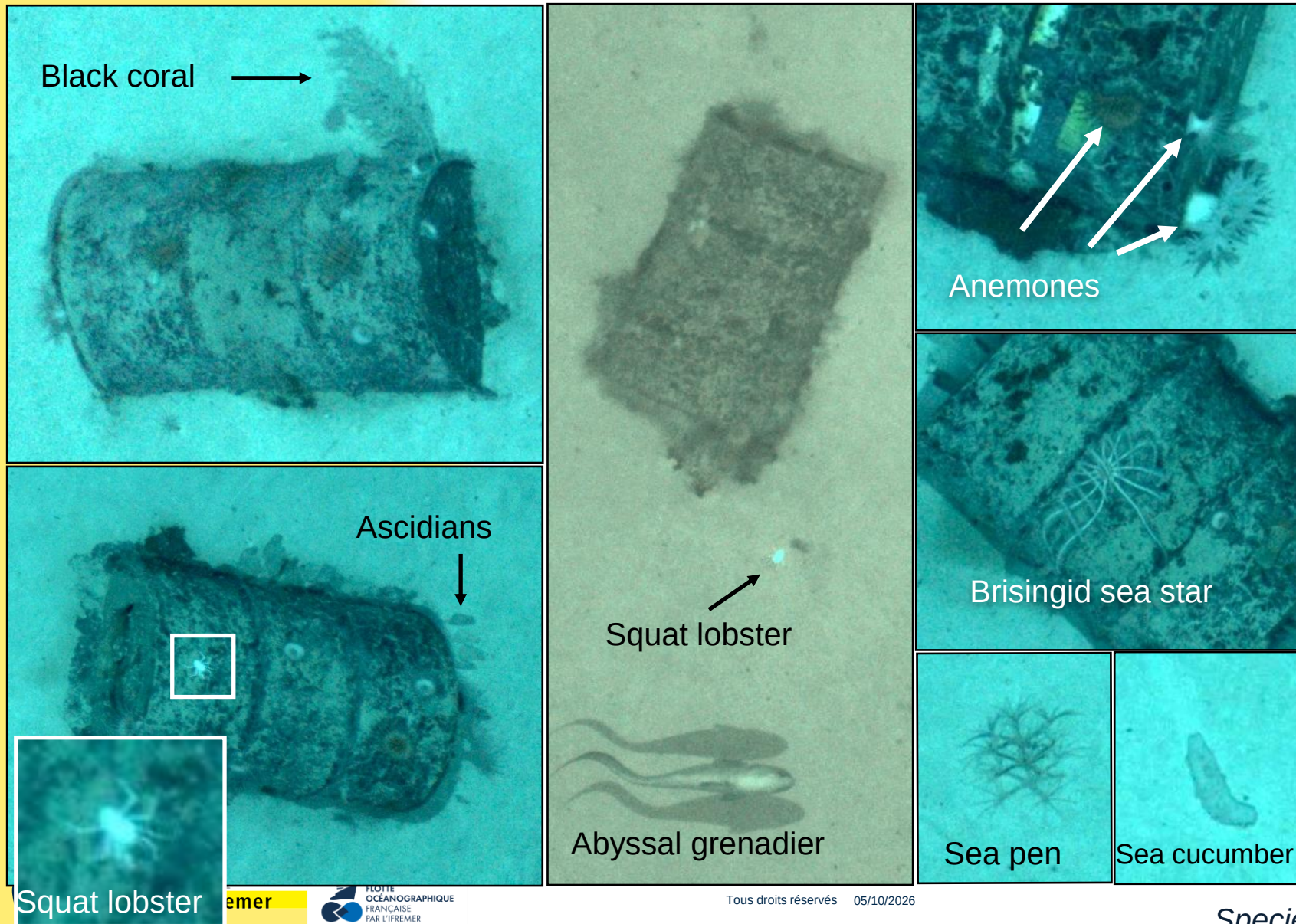


Trajectoires des bateaux
lors des immersions

Distribution hétérogène

Densité cohérente avec
les ordres de grandeur
attendus (déclarations)

Fûts et fond marin environnant colonisés par la faune



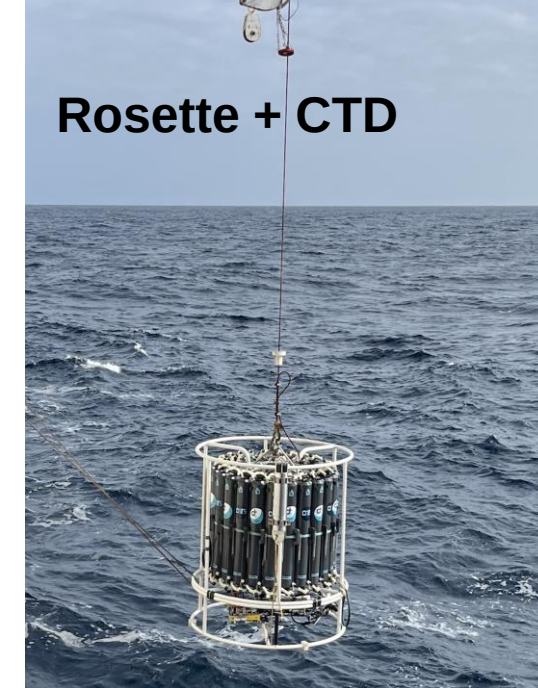
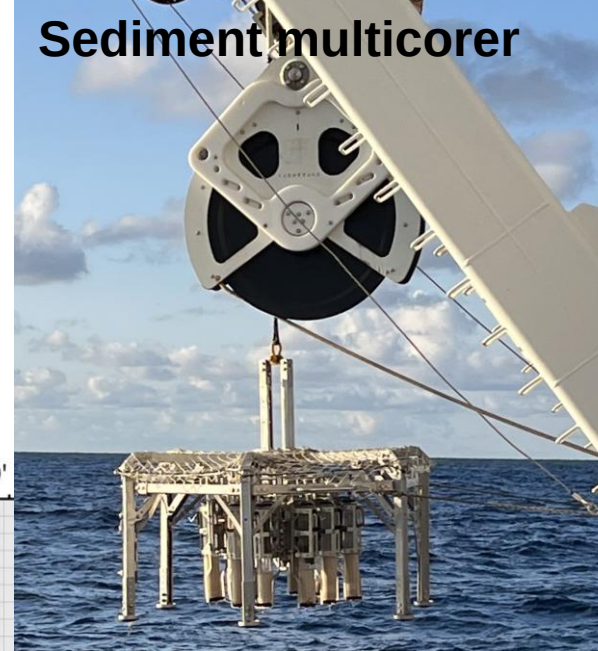
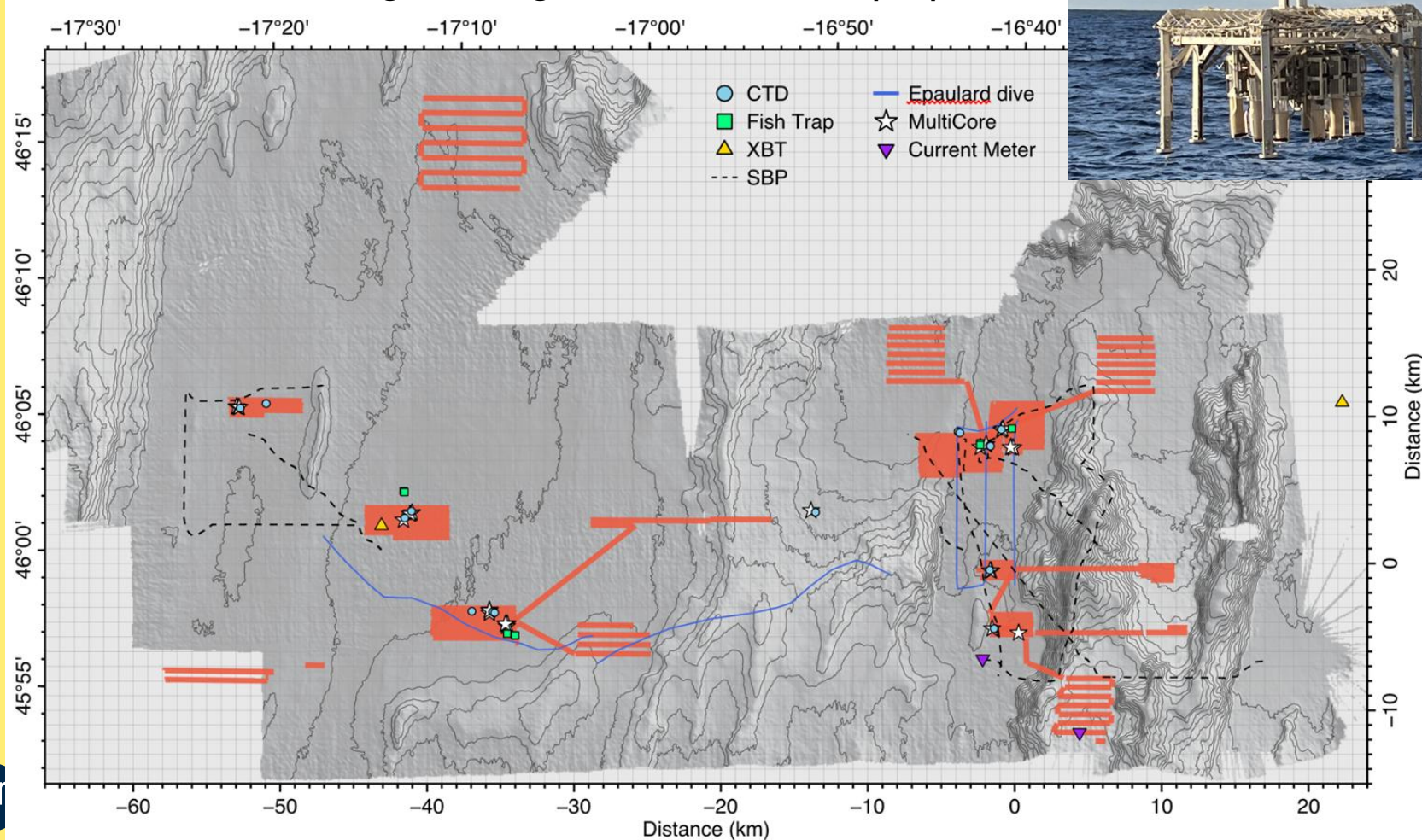
- **Au moins 18 espèces** identifiées
- **Nombreux groupes**
 - Coraux, plumes de mer
 - Anémones
 - Crustacés
 - Concombres de mer
 - Etoiles de mer
 - Vers
 - Tuniciers
 - Poissons
- **Différents niveaux trophiques**
 - Filtreurs
 - Détritivores
 - Nécrophages
 - Prédateurs

NODSSUM 2025 prélèvements

Sédiments : 23 sites, 345 échantillons

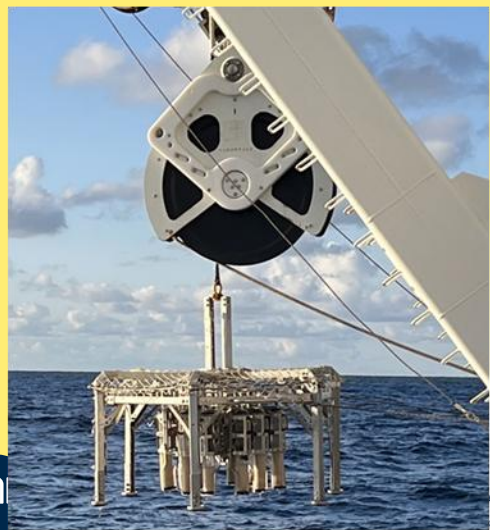
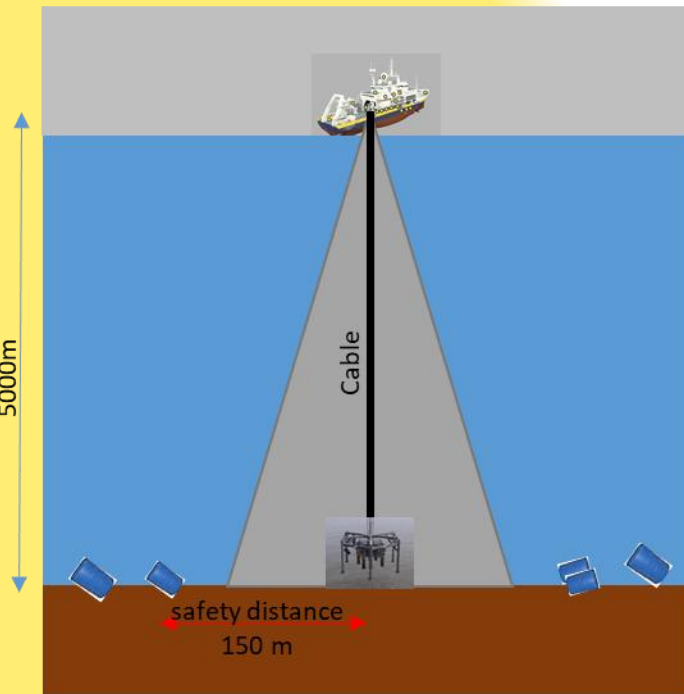
Eaux : 17 Rosettes, 5 000 litres d'eau filtrée

Poissons: 7 mouillages, 19 grenadiers, 17 amphipodes



Copyright: Flotte Océanographique
Française – Campagne NODSSUM

Sediment



Radioprotection



Other :

- Archive,
- Granulometry,
- Mineralogy

RN analysis



Sediment	21 MC	Surface
		1-5mm
		5-10mm
		10-15mm
		15-20mm
		20-25mm
		25-30mm
		30-35mm
		35-40mm
		40-45mm
		45-50mm
		50-60mm
		60-70mm
		70-80mm
		80-90mm
		90-100mm

Sample storage :

- -24°C : OBT, C-14
- <5°C : gamma, alpha (Pu, Am Cm), beta (Sr-90)

≈336 samples

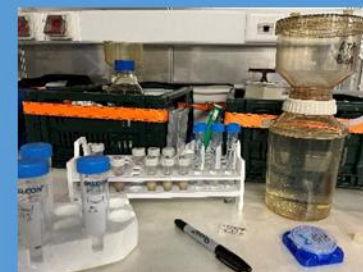
Organic matter



Water (supernatant and poral water) + sediment

Sample storage : -24°C

μorganisms

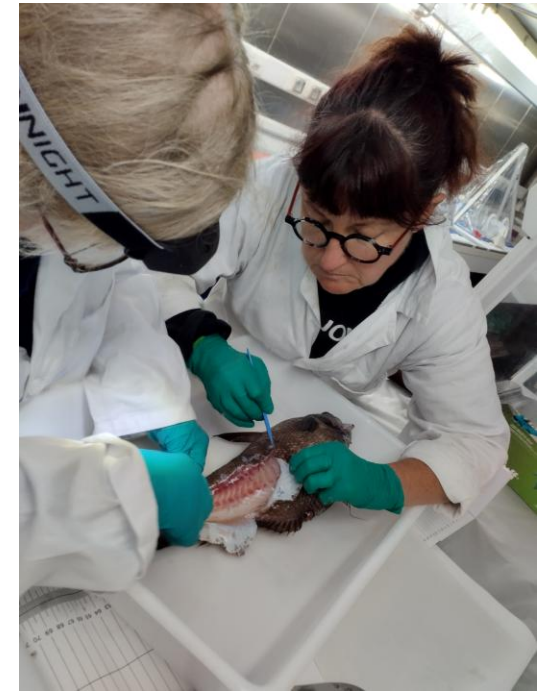
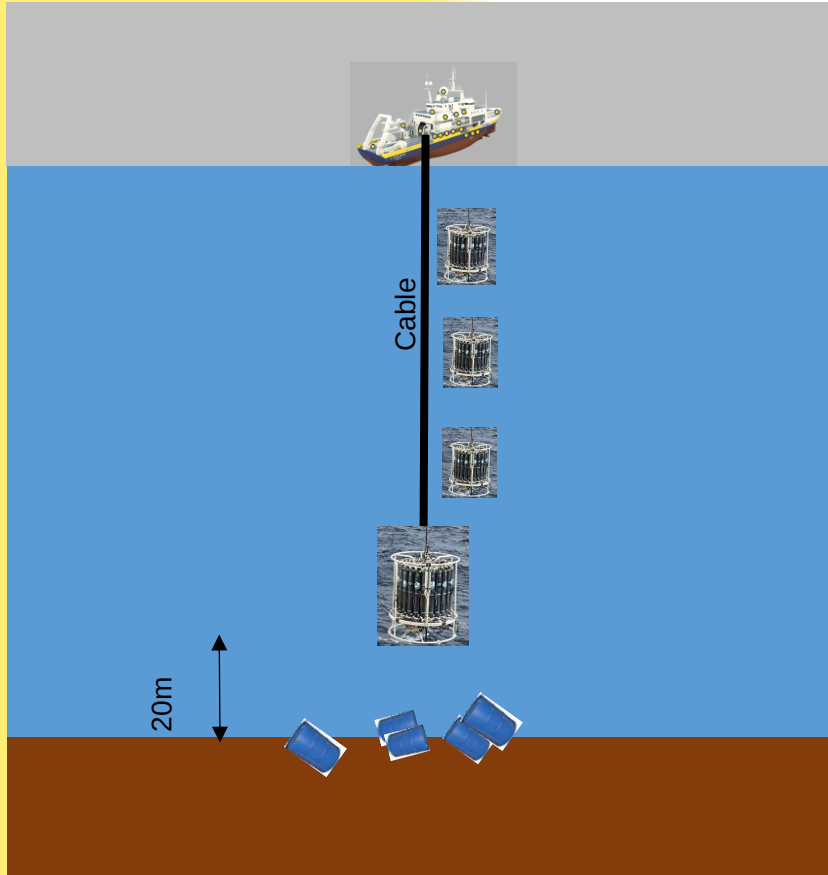


Supernatante water + sediment

Sample storage :

-80°C (sediment)

Eau + Macrofaune



Biota	4 spots (19 fishes)	muscle
		skeleton
		liver
		gonads
		stomach and intestines
		spleen
		gallbladder

EAU
Filtration :

- $\text{MnO}_2 \Rightarrow \text{Ra, Th, Am}$
- Résine 1 $\Rightarrow \text{Cs-137}$
- Résine 2 $\Rightarrow \text{Sr-90}$
- Microorganismes

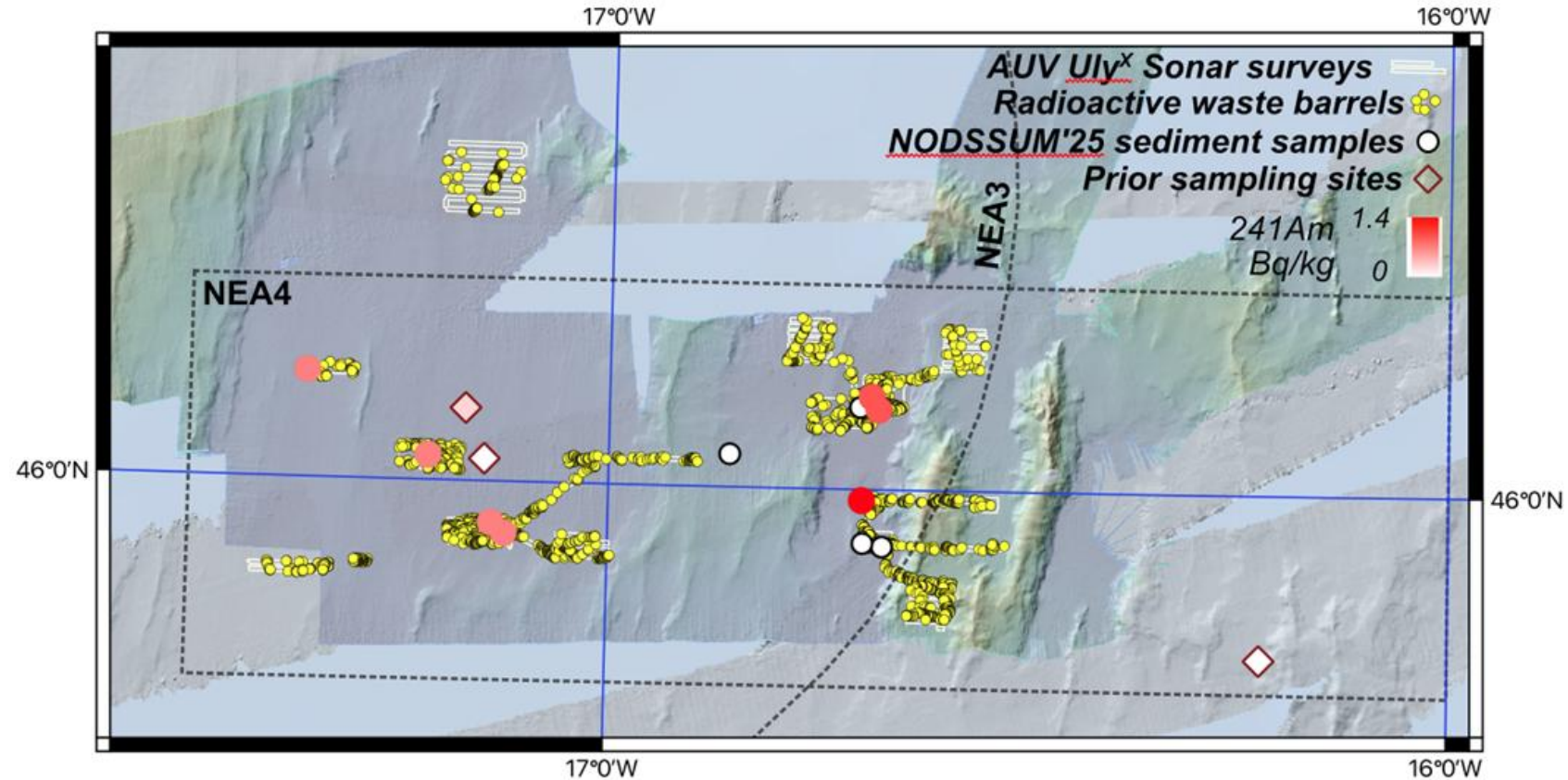
≈88 échantillons d'eau
≈28 échantillons biologiques



Résultats partiels 2025

- Détection systématique du Cs-137 et d'Am-241 dans les sédiments
- Détection systématique des isotopes alpha du plutonium
- Des rapports isotopiques Pu ou Pu-Am indiquant une origine différente de celle des retombées d'essai aérien d'arme nucléaire
- Des activités faibles
- Des particules « chaudes » détectées

N.B. : les sédiments de 2025 analysés sont éloignés des fûts (>150m) en raison du mode de prélèvement opéré depuis le bateau.



2025

N/O l'Atalante



AUV Uly^x



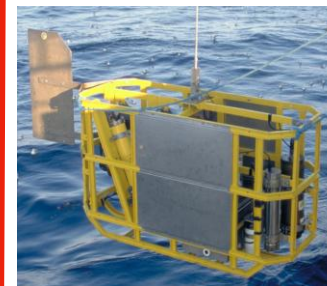
CTD- carottier multitubes- Nasse à poissons

Eaux, sédiments, poissons,

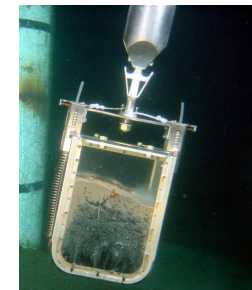
AUV Uly^x: Cartographie Sonar + images (limitées)

2026

N/O Pourquoi Pas?

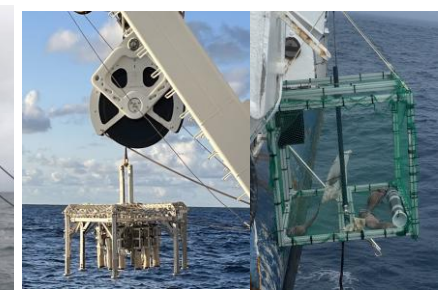


SCAMPI
Image

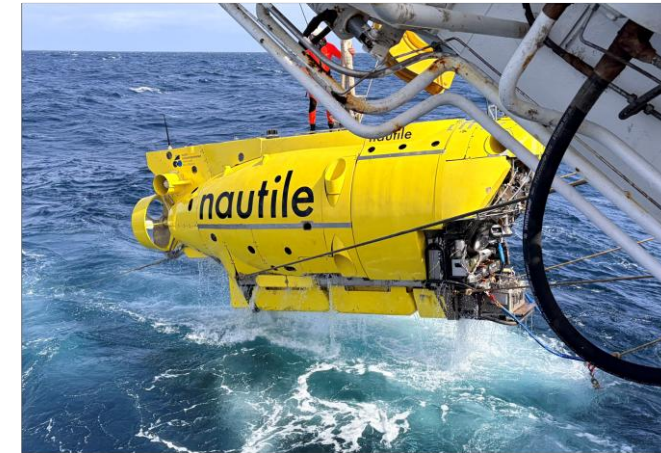


Carottier lame - Pompes- carottier multitubes-Nasse à poissons

Eaux filtrées, sédiments, poissons, anémones, ...



HOV Nautille: Prélèvements in situ, observations, images (reconstruction 3D)



2026 : 5 sites pilotes (+ ref.) + explorations

Water :

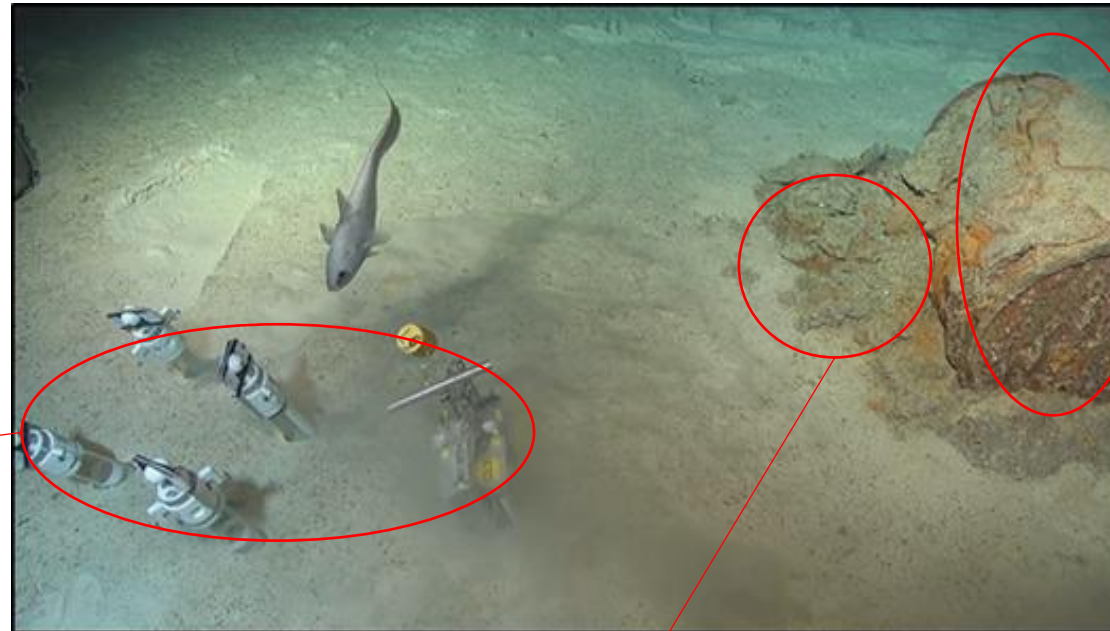
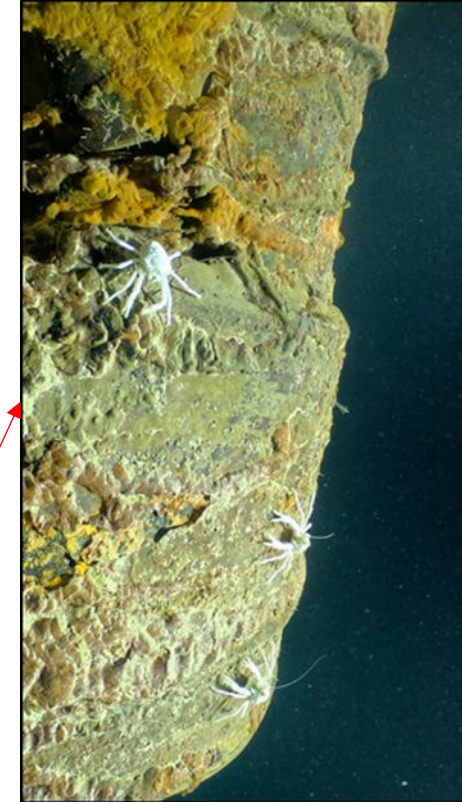
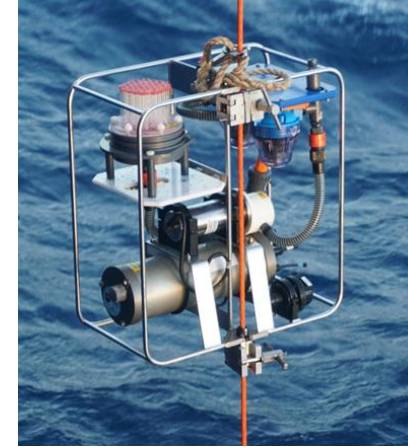
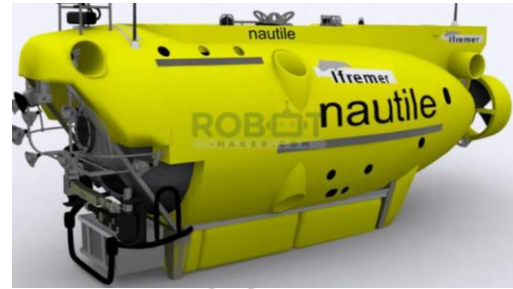
- Pompes MacLane (10m du fond):
MnO₂ (Am, Ra, Th)
Fraction insoluble (0,45µm)
- Prél. d'eau par NAUTILE
- Rhizon : Eau porale des sédiments
- Carottier lame (eau surnageante)

Sediment :

- prélèvement (RNs, µorganisms)
- In-situ DET/DGT

Autre : courants (+DGT)

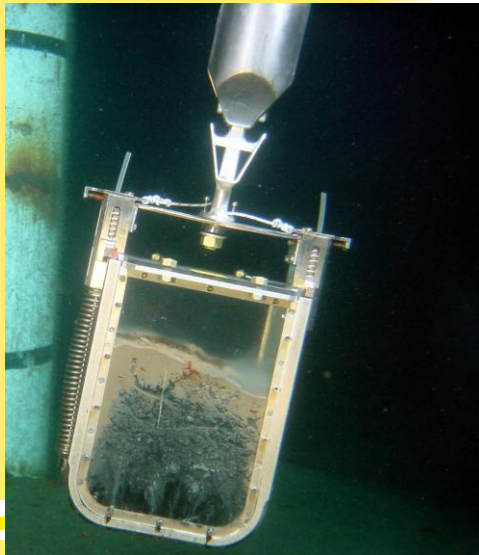
Matière organique
Mobilité
Biodisponibilité
=> K_d vs K_d labile



Faune :

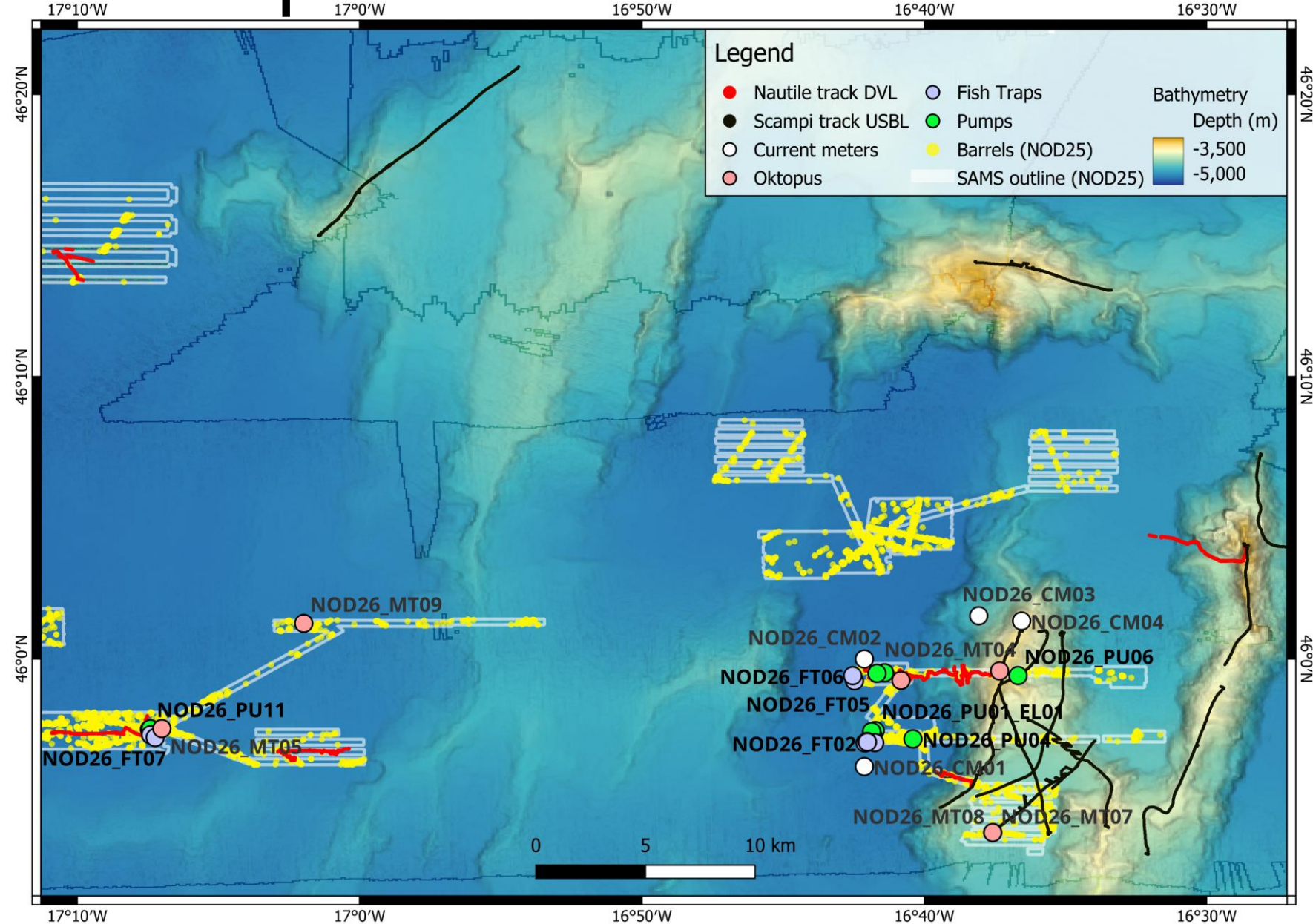
- Inventaire (images haute résolution)
- Prélèvement : Anémones, biofilm, concombre de mer,...

Bitumen/concrete sampling



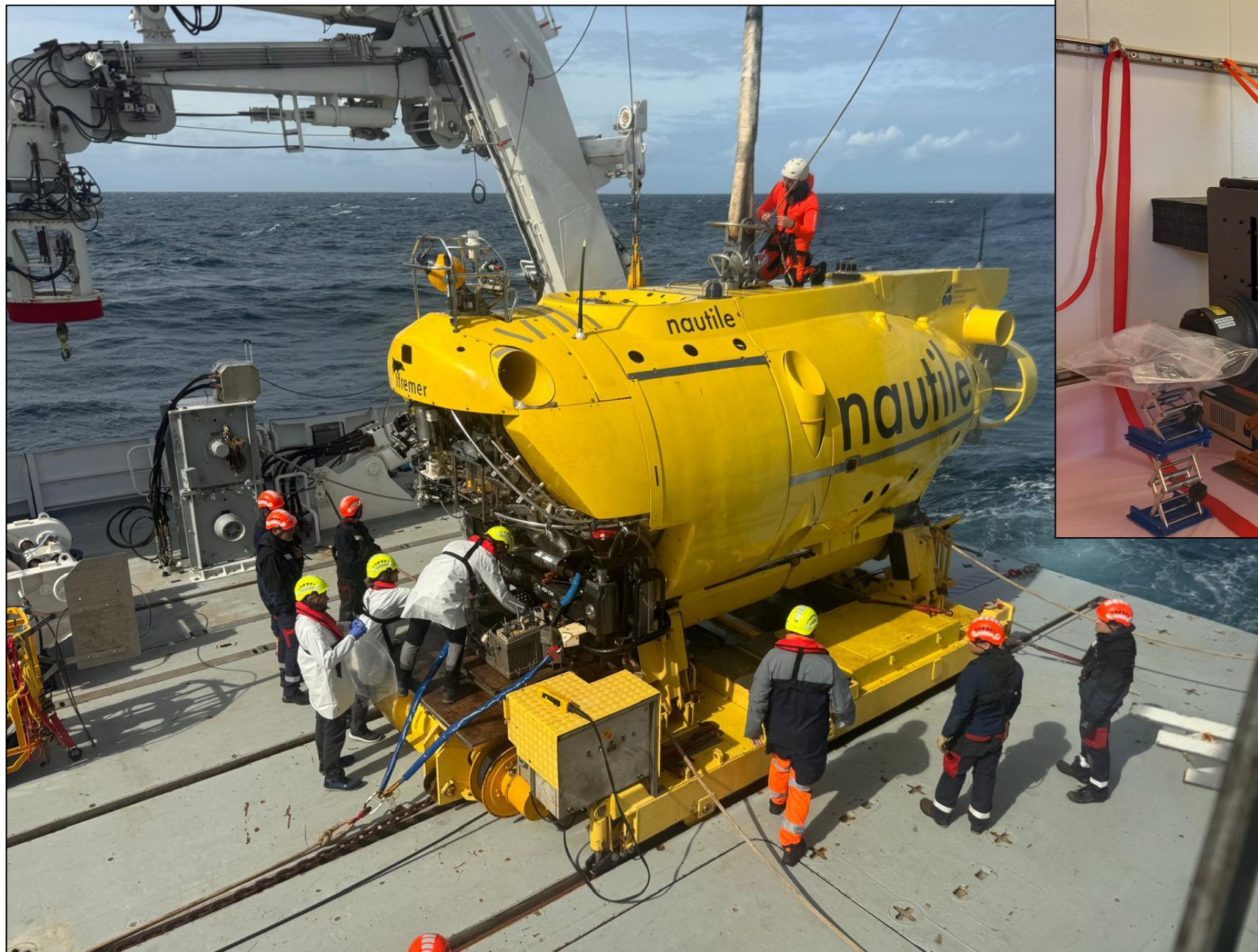
NODSSUM 2026 : opérations réalisées

- 19 Plongées NAUTILE
 - 28 Fragments métalliques de fûts
 - 4 matrices industrielles (béton, bitume, résine, brique)
 - Carottage de sédiment:
 - 10 multitubes
 - 53 lames
 - 16 tubes
 - Eau:
 - 14 x 2 pompes McLane
 - 49 Poches
 - 20 Eaux surnageantes
 - Faune
 - 9 Poissons
 - 14 concombres de mer
 - 100 anémones
 - Divers (coraux, éponges, amphipodes, organismes...)
- 4 courantomètres



Travaux scientifiques ultérieurs basés sur les échantillons et données recueillies

Plongées Nautille	Inventaire biologique			
Fraction de fûts	Mesure des RN			
Matrices « industrielles »	Mesure des RN			
Sédiment	Mesure des RN	DET/DGT		
Eau	Mesure des RN	Matière organique	Inventaire μ organismes	DGT
Faune	Mesure des RN	ADN	Transfert (chaîne trophique)	
Vidéos, images,...	Inventaire biologique	Reconstructions 3D		
Courantomètres	Modèle de transport			



Radioprotection et mesures
avec les outils de terrain :

- Equipe RP
- Détection de Cs-137, Co-60, Am-241, Nb-84
- des valeurs parfois élevées (plusieurs 10aine de kBq/kg)

Au final

Bilan :

- Mise en évidence d'une grande biodiversité et d'un écosystème très riche dans un milieu jusque là très peu étudié (fosses abyssales)
- Une très importante collection d'échantillons et de données couvrant tous les enjeux scientifiques
- Un marquage radioactif de la zone d'immersion et des activités importantes au niveau des fûts
- Des méthodes et outils opérationnels déclinables pour d'autres situations (sous marins nucléaires qui ont sombrés, bateaux transportant des déchets radioactifs coulés par la mafia en Méditerranée, nodules polymétalliques radioactifs, Polynésie...)

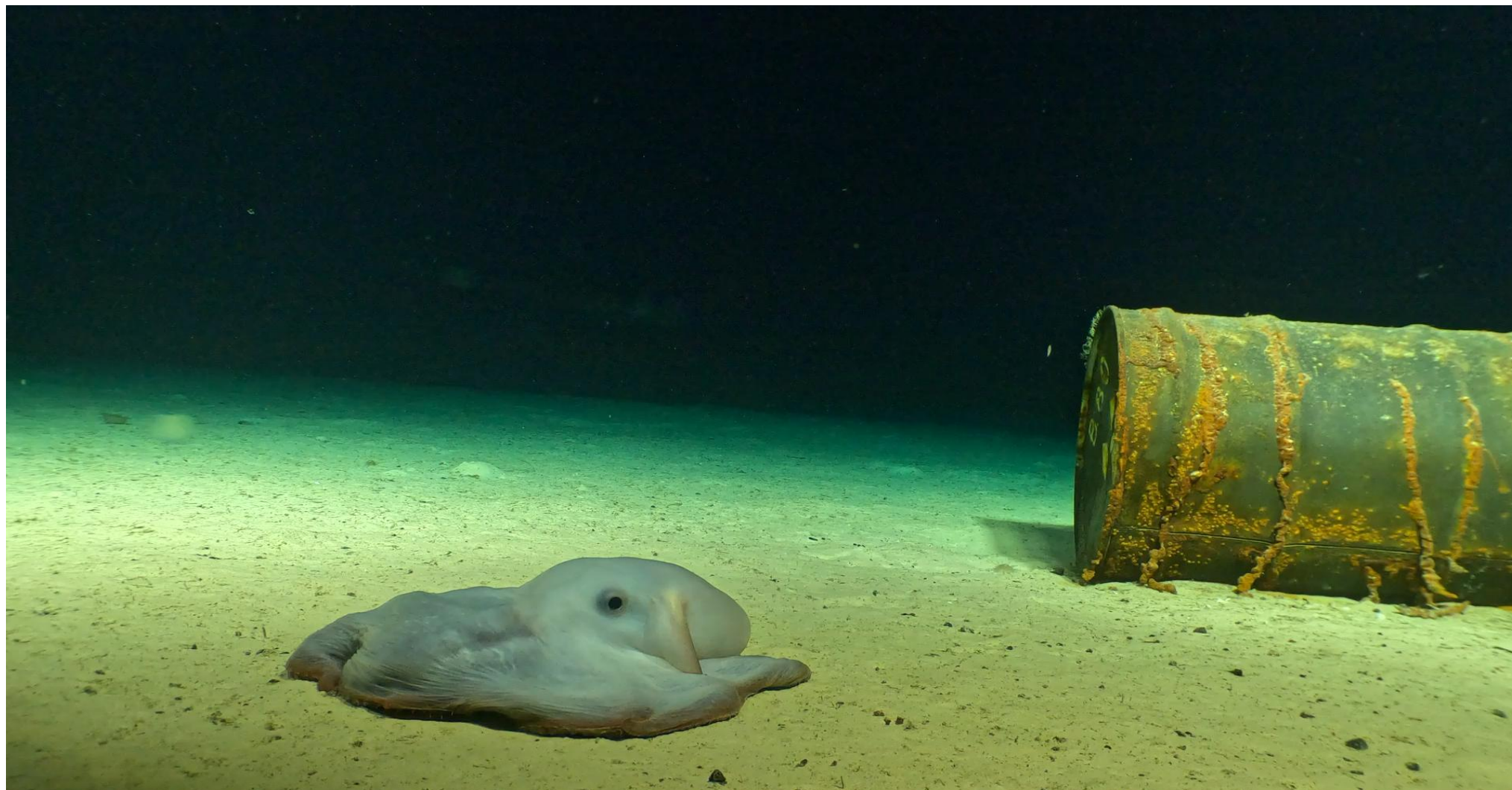
La suite :

- Mesurer, rechercher, comprendre
- Intérêt pour la zone NEA1 (plus ancienne 1967) et approfondissement de l'étude des zones NEA 3&4.
- Réponse à l'appel à projets **PEPR Grands Fonds Marin** qui prévoit constitution d'un Comité des Parties Prenantes (participation ouverte)

Merci

Javier Escartin CNRS T&U - ENS (escartin@geologie.ens.fr) - Laboratoire de Géologie UMR 8538

Patrick Chardon CNRS N&P - UCA (patrick.chardon@clermont.in2p3.fr) Laboratoire de Physique de Clermont Auvergne UMR 6533



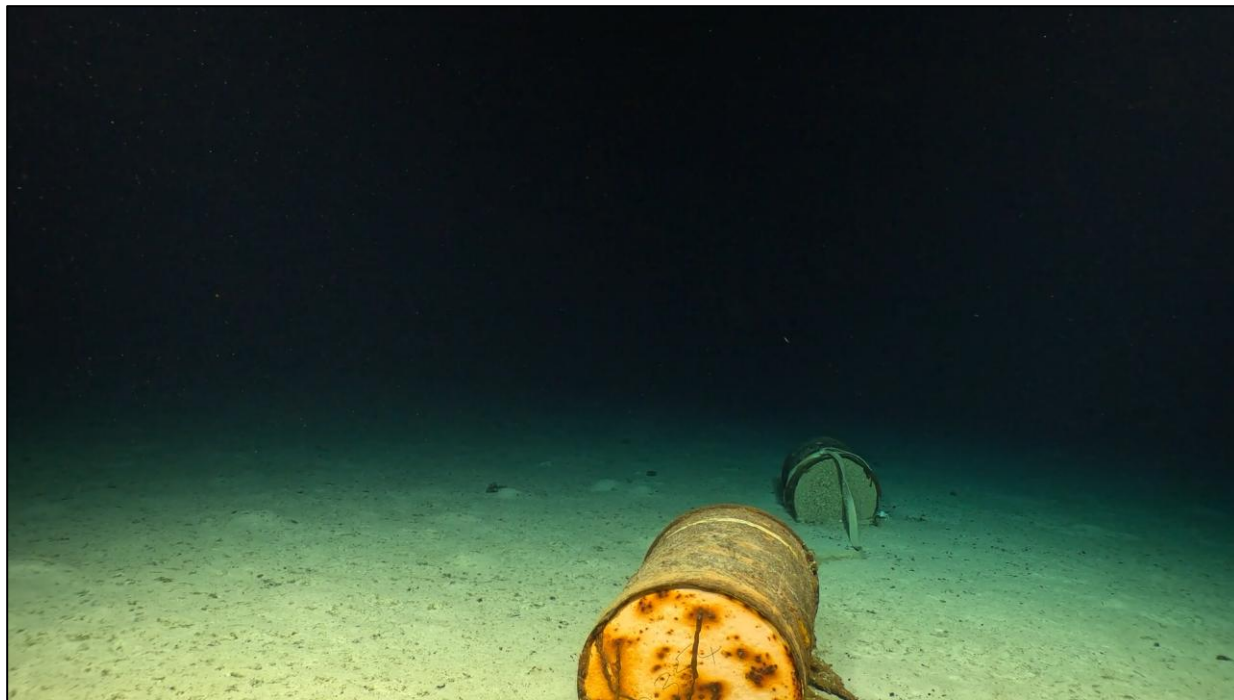




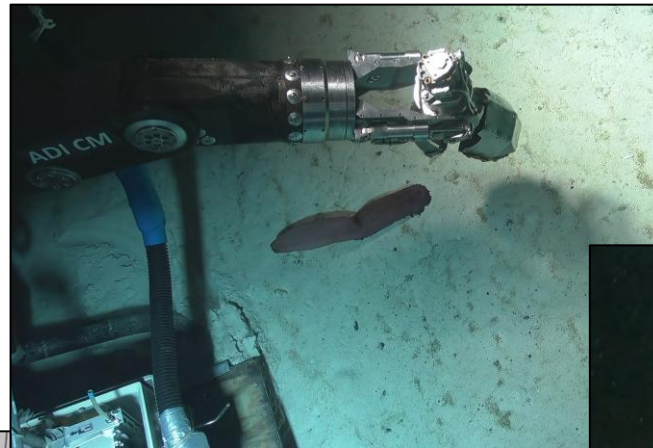
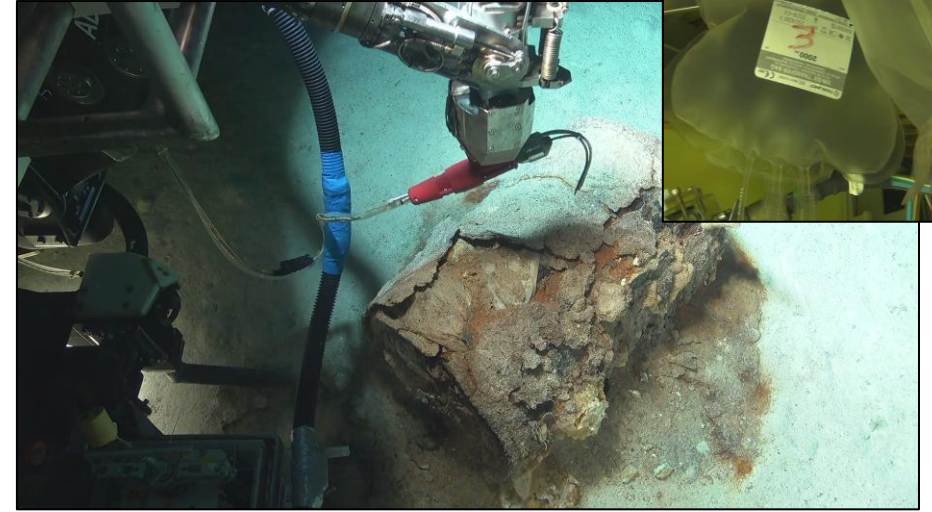
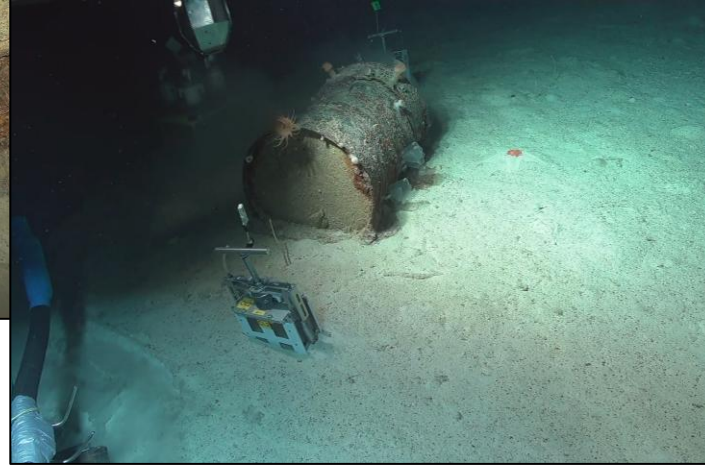




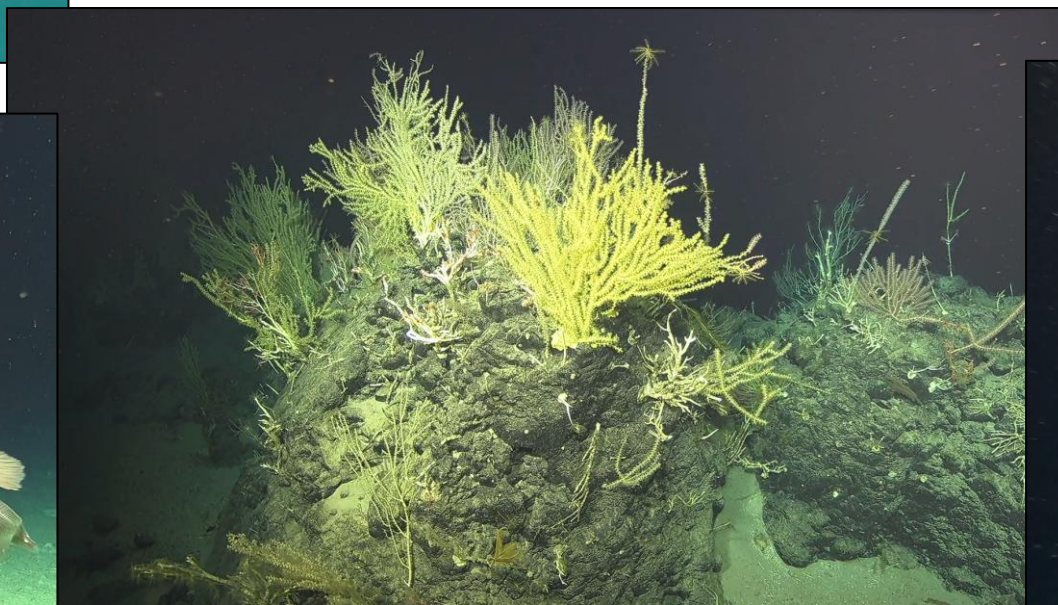
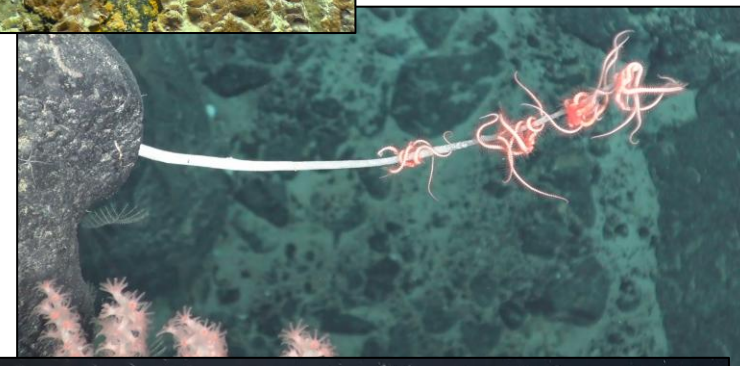
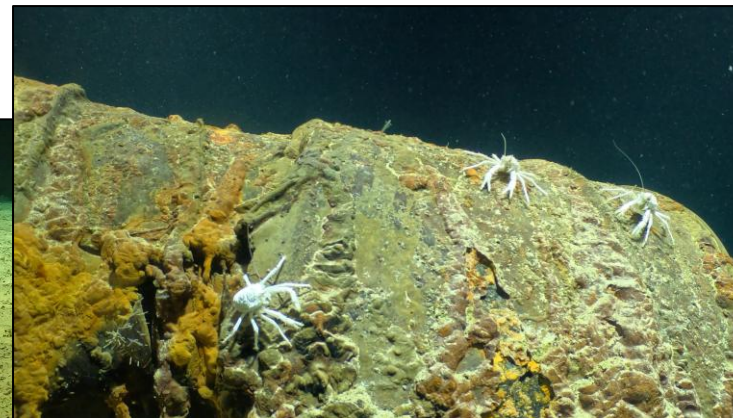
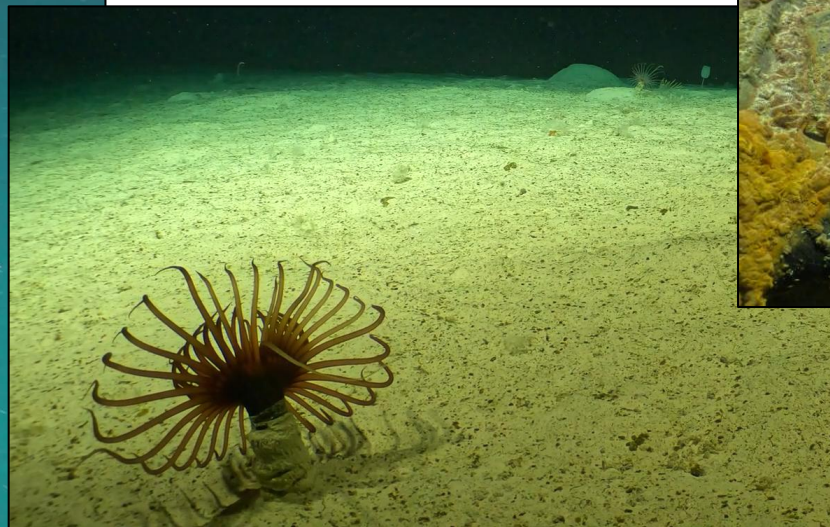
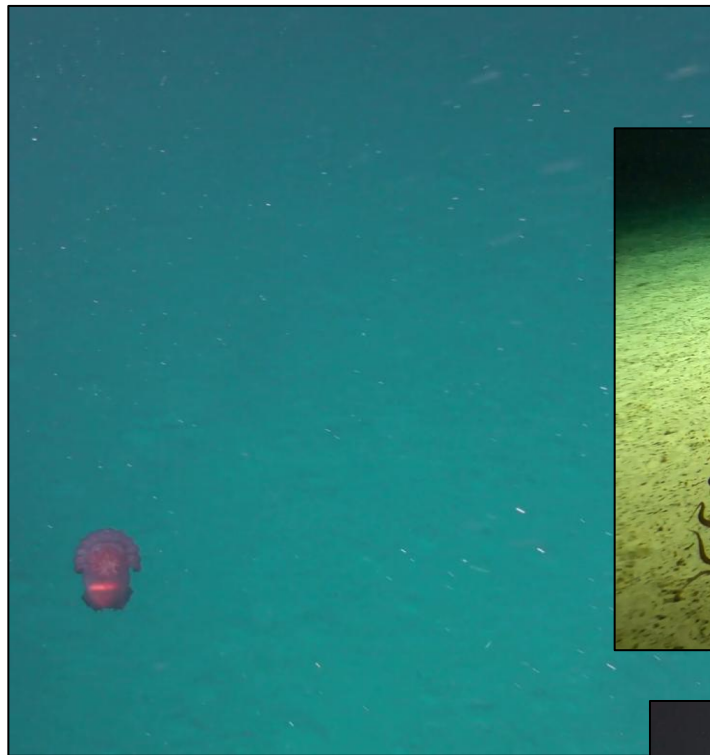




Sediment, water, and fauna samples for lab measurement

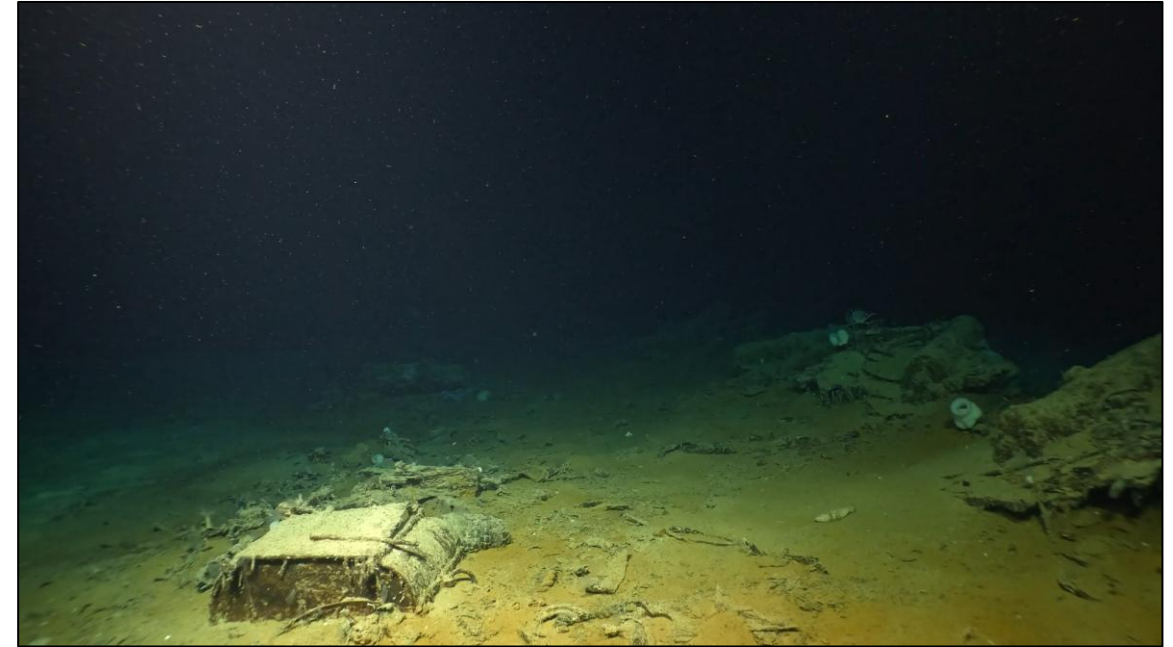
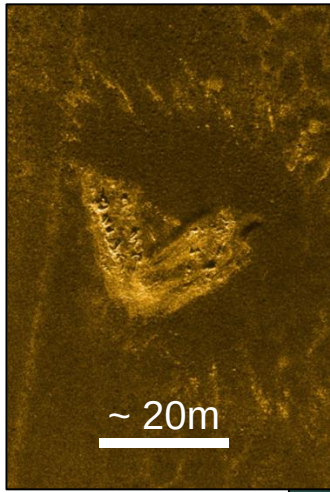








Visiting a ship wreck



~ 15 m long

Visiting a whale drop

