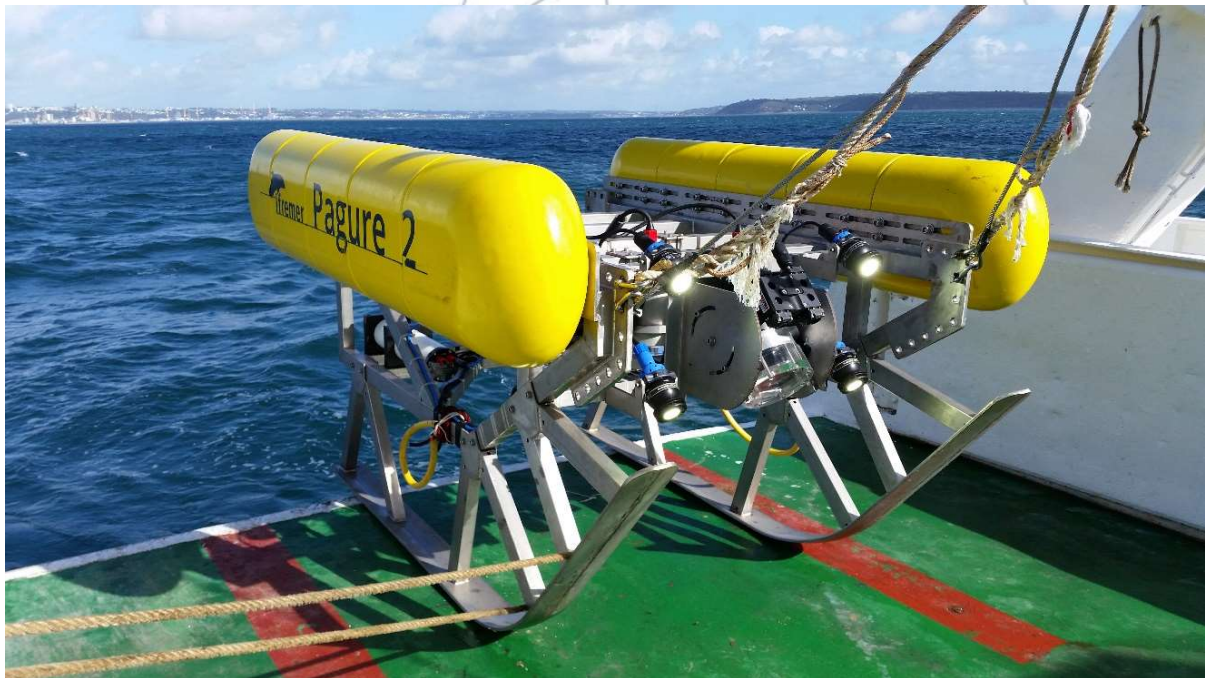
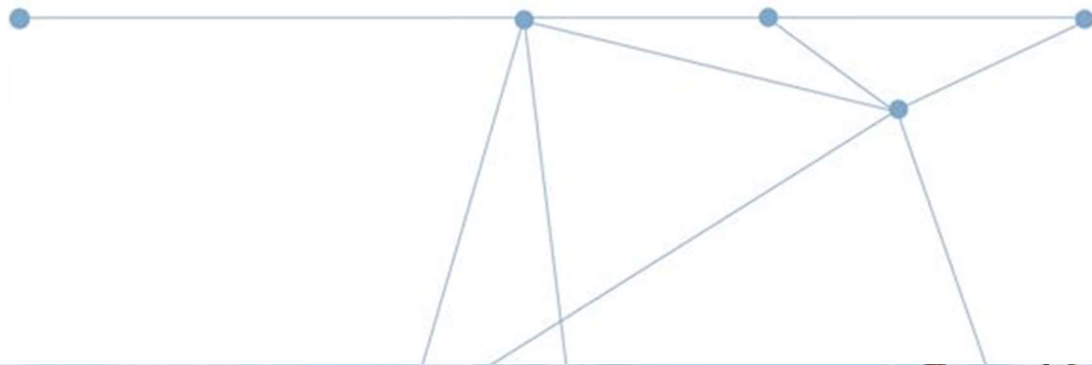


L'outil PAGURE

Résultats et perspectives après 10 ans
d'utilisation



Fiche documentaire

Titre du rapport : Outil PAGURE : Résultats et perspectives après 10 ans d'utilisation	
Référence interne : PDG/REM/RDT/LHyMar 14LHYMARBL23 Diffusion : <input checked="" type="checkbox"/> libre (internet) <input type="checkbox"/> restreinte (intranet) – <input type="checkbox"/> interdite (confidentielle) – date de levée de confidentialité : AAA/MM/JJ	Date de publication : 2023/06/13 Version : 1.0.0 Référence de l'illustration de couverture JV FACQ/PAGURE 2 pont Thalia/Avril 2017 Langue(s) : Français
Résumé/ Abstract : Ce document retrace le développement de l'outil PAGURE permettant de faire de la photo et vidéo des fonds marins. Il décrit également les résultats obtenus pendant les 10 années d'utilisation ainsi que les besoins et perspectives.	
Mots-clés/ Key words : Vidéo, Photo, traîneau, PAGURE, remorqué	
Comment citer ce document :	
Disponibilité des données de la recherche :	
DOI : https://doi.org/10.13155/95331	

Commanditaire du rapport :	
Nom / référence du contrat :	
<input type="checkbox"/> Rapport intermédiaire (réf. bibliographique : XXX) <input type="checkbox"/> Rapport définitif (réf. interne du rapport intermédiaire : R.DEP/UNIT/LABO AN- NUM/ID ARCHIMER)	
Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit (programme européen, campagne, etc.) :	
Auteur(s) / adresse mail	Affiliation / Direction / Service, laboratoire
Jean-Valéry Facq	PDG-REM-RDT-LHYMAR
Sandrine Vaz	PDG-RBE-MARBEC-LHM
Pascal Laffargue	PDG-RBE-HALGO-EMH
Antoine Carlier	PDG-ODE-DYNECO-LEBCO
Encadrement(s) :	
Destinataire :	
Validé par :	

Sommaire

Table des matières

1	Le concept PAGURE	5
1.1	Besoins et objectifs	5
1.2	L'idée et possibilités d'équipement	5
2	Deux versions de PAGURE.....	7
2.1	PAGURE 1	7
2.2	PAGURE 2	7
3	Essais en bassin	8
4	Financement	9
4.1	PAGURE 1	9
4.2	PAGURE 2	9
5	Résultats et valorisations	11
6	Evolution et perspectives.....	14
6.1	Jouvence nécessaire du PAGURE 2	14
6.2	Perspectives	15
7	Conclusion.....	17

1 Le concept PAGURE

1.1 Besoins et objectifs

La connaissance du fonctionnement de nos mers et océans a été facilité par l'explosion du nombre et de la diversité de capteurs et sondes que nous plaçons à sa surface, mais également en pleine eau ou au fond. Ces données sont essentielles pour la compréhension et la préservation de ce monde sous-marin. De plus, depuis un certain nombre d'années, il est tout aussi essentiel de corrélérer ces données à de la vidéo ou des photos directement prises dans le milieu considéré et étudié. C'est pourquoi, des ROV et autres AUV existent et font un travail remarquable en offrant aux scientifiques une vision précise et en direct de ce qu'ils étudient. Cependant, ces outils sont souvent très onéreux et demandent des moyens humains importants. Une gamme d'outils plus petits, moins coûteux et plus « opportunistes » doit être développée à l'Ifremer pour aider les scientifiques de notre institut à répondre à leurs nouvelles problématiques et à des coûts beaucoup plus restreints.

La conception du traineau PAGURE répond à un besoin croissant de caractérisation et de suivi des habitats et des espèces benthiques, dans le but d'assurer le suivi de la biodiversité au sein des réseaux d'aires marines protégées par exemple, mais aussi, plus généralement, pour tout suivi des indicateurs benthiques et des espèces exploitées.

Ainsi les développements de PAGURE ont été dictés par la volonté de l'utiliser comme un outil complémentaire des méthodes de suivi déjà mises en œuvre, notamment en matière d'évaluation des stocks. Robustesse et simplicité de mise en œuvre sont par conséquent recherchées pour assurer le caractère opérationnel dans différentes conditions de profondeurs, de compositions des fonds, de courants et de climats. En outre, les facilités d'utilisation et de déploiement permettent de s'affranchir du recours à un personnel spécialisé. Plus important encore, il a été conçu pour produire des photographies verticales et des vidéos du fond marin, et ce en haute définition et de face. Il génère ainsi de l'information précise et de qualité sur le biote et les fonds marins, permettant des mesures de la diversité taxonomique, la taille et la densité des individus ainsi que des indicateurs d'impact environnemental sur le fond marin.

1.2 L'idée et possibilités d'équipement

L'idée est née en 2013 d'une collaboration entre le Laboratoire Comportement des Structures (LCSM) en Mer et le Laboratoire Ressources Halieutiques (LRH) du Centre Manche Mer du Nord de Boulogne sur Mer. Sandrine VAZ, chercheuse du LRH, est venue solliciter le LCSM du bassin à houle et courant de Boulogne-sur-Mer afin de concevoir un engin tracté depuis un navire permettant de faire de la photo et de la vidéo sous-marine dont la mise en œuvre serait simple et opportune. Celui-ci devait être capable d'inspecter les fonds jusqu'à la limite du plateau continental. Il a donc été conçu et dimensionné pour atteindre une profondeur de 500 mètres.

Cette collaboration nous a également amené à engager des discussions avec Richard Laroque, chercheur Canadien de l'Institut Maurice-Lamontagne (IML) et « pionnier » dans les prises de vues photo et vidéo par châssis « trainé ». Cette collaboration nous a permis de bénéficier de son expérience et de s'affranchir des erreurs à ne pas reproduire lors de la définition de notre futur outil, notamment dans le choix des appareils photos numériques et de leurs contrôles en mode « autonome ».

Les divers échanges autour de son concept, nous ont permis d'optimiser au maximum notre prototype et d'imaginer de nouvelles possibilités d'utilisation d'un tel outil comme :

- L'utilisation d'un laser ligne couplé à une caméra permettant de faire des relevés topographiques du fond et ainsi de le cartographier par reconstruction mathématique ;
- L'ajout d'une sonde multi-paramètres permettant de qualifier le milieu durant le trait ;
- Le positionnement d'une pompe eDNA afin de prélever l'ADN « *in situ* » et ainsi être capable de faire de la corrélation entre espèces pêchées et ADN présent dans le milieu considéré.

Cette liste d'intégration de nouveaux instruments ou de nouveaux capteurs sur le PAGURE est loin d'être exhaustive.

2 Deux versions de PAGURE

2.1 PAGURE 1

En mai 2013, le Laboratoire Comportement des Structures en Mer de Boulogne-sur-Mer lance la conception de la première version du prototype PAGURE. Celle-ci a duré environ 1 mois pendant lequel il a fallu :



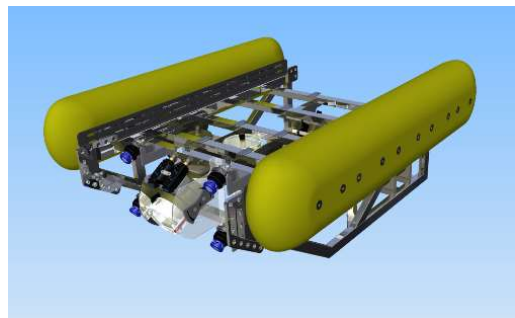
PAGURE 1 TEST EN BASSIN

- Concevoir le Châssis en inox,
- Définir l'instrumentation, à savoir un appareil photo numérique Canon G15 et une caméra Panasonic HC-V700,
- Définir l'éclairage nécessaire de l'engin pour une bonne qualité d'image,
- Définir la manière d'étalonner le champ de vision : pointeurs laser,
- Définir le pack énergie pour l'éclairage et les lasers,
- Définir le câblage pour relier et faire fonctionner les différentes instrumentations,
- Tester ce prototype dans le bassin à houle et courant de Boulogne sur mer pour vérifier son comportement dans le courant et étalonner ses instruments.

Aujourd'hui, le PAGURE 1 n'est pas complet par manque de moyen et est utilisé uniquement sur des navires de pêche professionnelle du fait de sa plus petite taille et non par la flotte Ifremer. Son utilisation requière cependant un « déshabillage » du PAGURE 2 concernant l'instrumentation et donc les deux versions ne peuvent en aucun cas être utilisées simultanément.

2.2 PAGURE 2

En mars 2016, la conception de la version 2 du PAGURE est lancée sur la base de la version 1. Les principaux axes d'amélioration du concept sont :



VUE DE SYNTHESE PAGURE 2

- Définition d'un châssis un peu plus large, plus haut et adaptable avec un mode de fonctionnement à flottabilité neutre pour un « survol » du fond (<50m).
- Conception de flotteur dédié résistant à une pression de 50Bar, afin de limiter l'impact de l'engin au sol dû à son poids apparent.
- Ajout de deux phares supplémentaires pour la vision en champ lointain.
- Ajout d'un pack d'énergie supplémentaire pour un gain d'autonomie.
- Définition d'un système de repérage d'angle de la caméra oblique fiable et reproductible.
- Ajout d'un laser ligne afin de réaliser des cartographies 2D par vidéo et reconstruction mathématique.



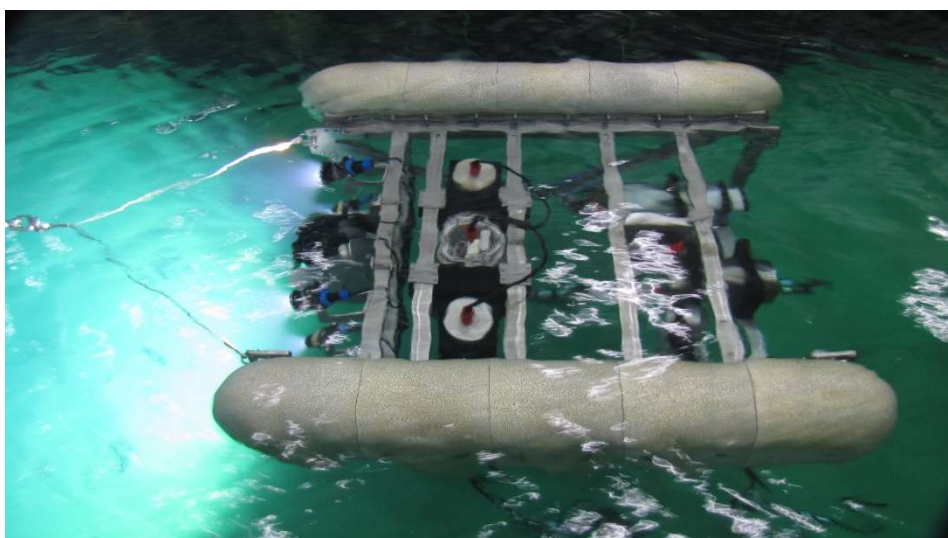
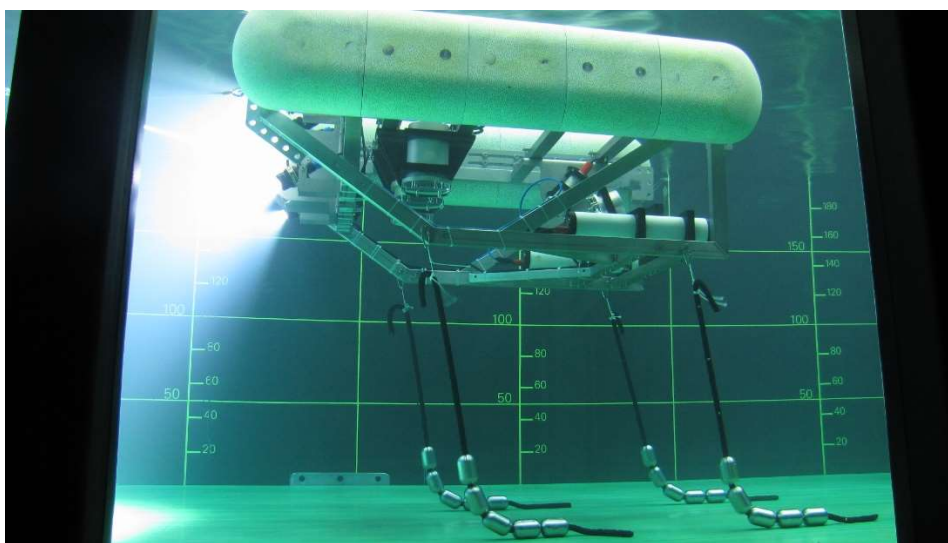
PAGURE 2 VERSION « SEMI-VOLANTE »
EN RADE DE BREST

3 Essais en bassin

Les deux versions de PAGURE ont pu bénéficier du bassin d'essais notamment pour la phase de test en immersion afin de s'assurer du fonctionnement de toute l'instrumentation en condition de plongée mais également la vérification de l'étanchéité de tous les caissons au moins à faible profondeur.

L'autre phase importante a été la calibration des champs de vision de la caméra oblique ET de l'APN (Appareil Photo Numérique) à l'aide d'une mire spécialement conçue pour les champs en question.

Le « laser ligne » permettant de faire des relevés topologiques du fond a également été étalonné au bassin à l'aide de cales de hauteur définies et connues. Au passage de la ligne laser sur ces cales, une caméra filmait la déformation de cette ligne et permettait de faire une corrélation entre la déformation de la ligne en pixel et l'élévation du sol en millimètre au moyen d'une fonction de transfert.



ESSAI EN BASSIN PAGURE 2 VERSION « SEMI-VOLANTE »

4 Financement

4.1 PAGURE 1

La première version du PAGURE a été rendue possible grâce au financement INTERREG IV du projet PANACHE (**P**rotected **A**rea **N**etwork **A**cross the **C**hannel **E**cosystem), qui est une collaboration entre organismes/instituts marins Français et Britanniques visant la mise en réseau des aires marines protégées de l'espace Manche pour une protection cohérente de l'environnement marin.

Tous les partenaires du projet, dont l'Ifremer, ont pu bénéficier de ce financement afin de développer ou d'améliorer des outils d'observation pertinents afin de répondre aux problématiques du projet.

Ceux-ci ont été présentés et comparés lors d'une campagne en mer côté Anglais au large de Brighton. Les différents engins, dont le PAGURE, ont été testés sur différentes zones de granulométrie faible jusqu'à très élevée.

<https://www.panache.eu.com/accueil-panache>

L'Ifremer a bénéficié d'une enveloppe d'environ 30K€ pour le développement et la réalisation du PAGURE version 1.

Celui-ci a également bénéficié de quelques milliers d'euros complémentaires venant des projets BENTHIS (EU-FP7 project n°312088, <https://archimer.ifremer.fr/doc/00425/53649/>) et GALION (Gestion Alternative du Golfe du Lion, projet FFP, 2016-2017, <https://doi.org/10.13155/72088>) pour l'acquisition de l'APN et du micro-topolaser.

4.2 PAGURE 2

La version 2 du PAGURE, quant à elle, a été développée en 2016 dans le cadre du WP3 tache 3.6 du projet JERICO-NEXT. Cette nouvelle configuration (pratiquement non destructive) avait pour but d'étudier et de cartographier la biodiversité benthique épifaunique ainsi que les impacts des espèces benthiques envahissantes (ou proliférantes), et de surveiller les changements écologiques dans les écosystèmes benthiques côtiers.

Dans ce projet, le PAGURE 2 a bénéficié d'une enveloppe de 45k€, principalement pour le développement de flotteurs dédiés afin de limiter à quelques kilos la pression au sol de sa structure durant les phases de remorquage sur le fond. Mais également pour le développement d'une version sans patin appelée « semi-volante » pour les fonds accidentés et/ou fragiles des aires marines protégées. Elle permet d'avoir un impact extrêmement minime sur les habitats grâce à un « chapelet » de masse qui rattrape le faible poids apparent restant et lui confère une flottabilité neutre. Cependant, cette version n'est utilisable que par faible fond (<50m). En effet, le PAGURE est généralement tracté au moyen d'un câble acier qui présente un poids important au fur et à mesure du filage (donc à mesure de la profondeur) et vient modifier le poids apparent du PAGURE, dont l'assiette se trouve grandement affectée. Pour remédier à cela, nous utilisons un câble textile en « dyneema » dont le poids est négligeable dans l'eau. Cependant, les navires ne sont pas équipés de ce type de câble sur les enrouleurs et, seul, l'ajout d'une grosse centaine de mètres de câble « dyneema » est possible et de façon très occasionnelle.

<https://www.jerico-ri.eu/previous-project/jerico-next/work-packages/wp3/task-3-6/>

Dans le cadre du projet inter-centre OPTIPAG, le PAGURE 2 a bénéficié également d'un financement de 20K€ afin de remplacer la caméra oblique grand public par une caméra professionnelle 4K avec

caisson étanche dédié et commandes extérieures. Ce nouveau financement a permis de faire évoluer le PAGURE à un niveau de technologie qui est encore pérenne à ce jour en offrant une qualité d'images assez époustouflantes de nos fonds marins.

5 Résultats et valorisations

Les recherches initiées en 2013 grâce au développement et au déploiement opérationnel du traineau de vidéo benthique « PAGURE¹ » ont permis le suivi de la biodiversité des habitats marins et l'étude des impacts anthropiques sur ces derniers². Ces développements techniques se sont d'abord poursuivis dans le cadre du projet JERICO-NEXT³, puis du projet inter-centre OPTIPAG⁴, ce qui a permis d'améliorer encore les qualités de l'optique de cet engin.

Plusieurs campagnes dédiées à l'acquisition d'images sous-marines^{5,6,7} ou de recherche alliant d'autres moyens d'observation à l'imagerie sous-marine^{8,9,10,11,12} (Fig. 2 ci-après) et de nombreuses campagnes d'opportunité^{13,14,15,16,17,18,19} ont été réalisées avec l'aide du PAGURE.

Depuis 2013, les différentes versions de PAGURE ont été utilisées sur bon nombre de campagnes côtières ou hauturières et ont fourni plusieurs milliers de photos et centaines de vidéos faisant suite à environ 500 plongées d'une heure chacune validées. L'essentiel de ces plongées sont d'ores et déjà archivées au sein du SISMER, sur le portail « Vidéo Sciences Marines », suivant un format standardisé permettant leur traitement et le partage avec une large communauté scientifique²⁰.

L'exploitation des données acquises par caméras benthiques remorquées a nécessité des développements technologiques pour en faciliter l'exploitation quantitative. Ainsi plusieurs outils, dont l'outil d'annotation AviNotes qui facilite la détection, le dénombrement et les mesures de la faune benthique observée avec le traineau vidéo PAGURE (Fig. 2), ont été testés ou développés. Ces

1

<https://embed.ifremer.fr/videos/2/1/218d3cc729314752a442eedf85c12733/e38f65193a47477cb65ec451c4018167.mp4>

² Sheehan et al. (2016). An experimental comparison of three Towed Underwater Video Systems using species metrics, benthic impact and performance. *Methods In Ecology And Evolution*, 7(7), 843-852. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12540>

³ Projet JERICO-NEXT (2015-2019), Marine coastal observatories, facilities, expertise and data for Europe, financé par l'UE Horizon 2020, 2M€ pour Ifremer

⁴ Projet OPTIPAG (2018-2019), OPTImisation du PAGure, Projet inter-centre de la direction scientifique Ifremer, 20k€

⁵ Vaz (2016-2017) VIDEO GALION, FV JULIARTH, <https://doi.org/10.18142/238>

⁶ Vaz (2018) IDEM-VIDEO cruise, FV JULIARTH, <https://doi.org/10.17600/18000654>

⁷ Carlier Antoine (2018) PAGURE-NEXT 2018 cruise, RV Thalia, <https://doi.org/10.17600/18000413>

⁸ Labrune Céline (2018) APPEAL MED 2018 cruise, RV Téthys II, <https://doi.org/10.17600/18000598>

⁹ Vaz (2018) EPIBENGOL 2018 cruise, RV L'Europe, <https://doi.org/10.17600/18000589>

¹⁰ Labrune Céline (2021) IMPEC cruise, RV L'Europe, <https://doi.org/10.17600/18001594>

¹¹ Le Loc'h François, Grall Jacques (2018) APPEAL ATL 18-1 cruise, RV Côtes De La Manche, <https://doi.org/10.17600/18001061>

¹² LAFFARGUE Pascal (2013) FEBBE, <https://doi.org/10.18142/239>

¹³ Verin Yves (2014) IBTS 2014 cruise, RV Thalassa, <https://doi.org/10.17600/14001300>

¹⁴ Travers-Trolet Morgane, VERIN Yves (2014) CAMANOC cruise, RV Thalassa, <https://doi.org/10.17600/14001900>

¹⁵ Jadaud Angélique, Metral Luisa (2015) MEDITS 2015 cruise, RV L'Europe, <https://doi.org/10.17600/15006300>

¹⁶ Tomasino Corinne (2015) DCE 4-2 cruise, RV L'Europe, <https://doi.org/10.17600/15006700>

¹⁷ Travers-Trolet Morgane (2016) CGFS2016 cruise, RV Thalassa, <https://doi.org/10.17600/16002800>

¹⁸ Goascoz Nicolas, Le Roy Didier (2019) CGFS2019 cruise, RV Thalassa, <https://doi.org/10.17600/18000877>

¹⁹ LAFFARGUE Pascal, SALAUN Michèle, GARREN François, BELLAIL Robert, MAHE Jean-Claude, POULARD Jean-Charles (1987) EVHOE EVALUATION HALIEUTIQUE OUEST DE L'EUROPE, <https://doi.org/10.18142/8> (2018-2022)

²⁰ <https://video.ifremer.fr/>

développements se poursuivent aujourd’hui encore, notamment pour permettre la détection automatique de taxon ou d’habitat par intelligence artificielle, dans le cadre d’un sujet d’alternance pour tester des algorithmes de traitement d’images ou encore dans le cadre du projet PPR FUTUROBS²¹ où une base de données d’images de référence doit être produite.

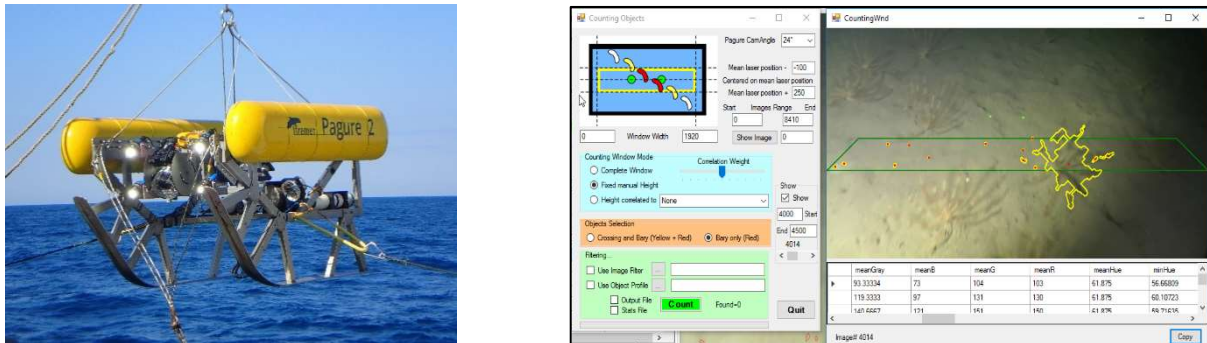


Figure 2 : Traineau de vidéo sous-marine « PAGURE » sur la campagne EPIBENGOL (à gauche) et Analyse quantitative des vidéos acquises par le PAGURE à l’aide d’AviNotes (à droite)

Les études réalisées jusqu’à présent ont permis de caractériser de façon quantitative la typologie sédimentaire et surtout la composition faunistique des écosystèmes benthiques étudiés²²,²³. L’exploitation des données a également révélé l’importance de la pression de la pêche dans la structuration des habitats et des communautés benthiques. Elles ont généralement confirmé l’importance de l’impact des arts trainants sur les habitats benthiques du plateau et de leur niveau d’«anthropisation». Cependant, il est difficile d’évaluer a posteriori l’impact de ces bouleversements, n’ayant plus de points de référence sur l’état antérieur. En outre, il est probable que le contexte hydrodynamique ou sédimentaire puisse masquer l’impact du chalutage. C’était l’objet du projet Benthchal²⁴ dont l’objectif était de détecter l’impact des activités de pêche aux arts trainants dans les contextes hydrodynamiques et sédimentaires contrastés de la Manche et du Golfe du Lion. Dans ce cadre, des méthodes et des indicateurs du bon état écologique des habitats benthiques relatifs à cette pression ont été mis au point, y compris sur la base de vidéos acquises par le biais du PAGURE²⁵, et ont permis d’obtenir des évaluations de l’état des fonds sur les zones observées²⁶. Ces résultats ont

²¹ <https://www.sorbonne-universite.fr/actualites/ocean-lagence-nationale-de-recherche-soutient-un-projet-porte-par-sorbonne-universite>

²² Projet Galion (2016-2018), Gestion Alternative de la ressource du Golfe du Lion, financé par France Filière Pêche, 1M€ dont 328k€ pour Ifremer, <http://galion.amop.fr/> et <https://fr-fr.facebook.com/Projet-Galion-910339892354202/>

²³ Puillat Ingrid, Carlier Antoine, Facq Jean-Valery, Rubio Anna, Lazure Pascal, Delauney Laurent, Petihakis George, Karlson Bengt, Artigas Felipe, Farcy Patrick (2018). Deployment of new observing systems within the JERICO-RI. Operational Oceanography serving Sustainable Marine Development. Proceedings of the Eight EuroGOOS International Conference. 3-5 October 2017, Bergen, Norway. E. Buch, V. Fernández, D. Eparkhina, P. Gorringer and G. Nolan (Eds.) EuroGOOS. Brussels, Belgium. 2018. pp.43-51. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00437/54866/>

²⁴ Projet Benthchal (2018-2019), Impact du chalutage sur le benthos, financé par EC2CO-DRIL, 592k€.

²⁵ Jac Cyrielle, Desroy Nicolas, Duchêne Jean-Claude, Foveau Aurelie, Labrune Céline, Lescure Lyvia, Vaz Sandrine (2021). Assessing the impact of trawling on benthic megafauna: comparative study of video surveys vs. scientific trawling. *Ices Journal Of Marine Science*, 78(5), 1636-1649. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsab033>, Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00689/80143/>

²⁶ Jac Cyrielle, Desroy Nicolas, Certain Gregoire, Foveau Aurelie, Labrune Céline, Vaz Sandrine (2020). Detecting adverse effect on seabed integrity. Part 2: How much of seabed habitats are left in good environmental status by fisheries? *Ecological Indicators*, 117, 106617 (13p.). Publisher's official version :

notamment démontré l'efficacité de la vidéo benthique acquise via le PAGURE pour le suivi d'impact sur les communautés benthiques dans les eaux européennes. Le PAGURE a également montré sa versatilité en permettant l'ajout de modules d'observation complémentaires à ceux en place de façon standard. Il s'agit par exemple de l'utilisation d'un micro-topographe laser qui a permis de caractériser la morphologie fine des fonds (résolution millimétrique) et de mesurer notamment les effets du chalutage de fond sur les remaniements sédimentaires²⁷.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106617>, Open Access version :
<https://archimer.ifremer.fr/doc/00634/74575/>

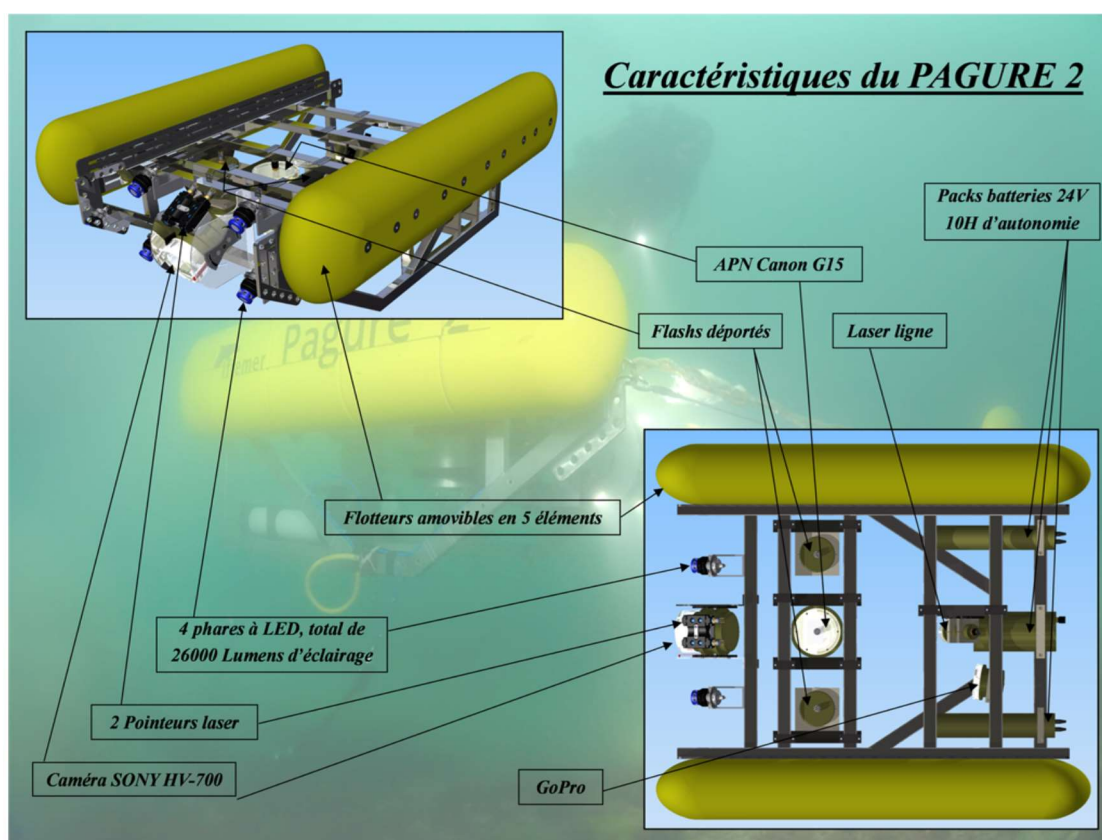
²⁷ Mengual, B., et al. (2016). "Influence of bottom trawling on the sediment dynamics in the "Grande-Vasière" area (Bay of Biscay, France)." *Ocean Dynamics* 66(9): 1181–1207

6 Evolution et perspectives

6.1 Jouvence nécessaire du PAGURE 2

Le PAGURE 2 nécessite aujourd'hui une révision importante et une remise à niveau technologique. En effet, après 7 ans de service, il devient urgent de changer le système de prises de vues constitué d'un appareil photo numérique et de ses flashes associés qui ne sont aujourd'hui plus opérationnels, ni supportés. De plus, il est primordial de suivre la technologie pour être toujours compatible avec l'évolution constante des divers formats informatiques par exemple, mais aussi afin de fournir des images de meilleure qualité permettant un traitement fin et optimisé.

C'est pourquoi, il est envisagé le remplacement de l'appareil photo numérique 4K avec ses flashes déportés et de leurs caissons étanches respectifs qui devront être capables de résister à une profondeur de 1000 mètres.



Les batteries nécessitent également une maintenance générale car les connecteurs présentent une corrosion très importante et pour cette raison, deux d'entre elles ne sont plus opérationnelles.

Le même constat demeure sur les câbles se fixant aux batteries.

La prévision de l'enveloppe pour la réfection complète et optimisation minimale du PAGURE est estimée à 30K€.

6.2 Perspectives

Aujourd'hui, l'utilité du PAGURE n'est pas à remettre en cause puisqu'il est mis à contribution régulièrement au cours de l'année et à minima un mois et demi par an sur diverses grandes campagnes hauturières telles que CGFS, EVHOE ou encore IBTS, mais aussi sur d'autres campagnes ciblées en méditerranée telles que GALION, IDEM VIDEO ou IMPEC. A l'heure actuelle, le PAGURE ou les données qu'il a produit restent très sollicitées dans plusieurs projets en cours (FUTUROBS, IMPEC) ou en montage (réponse à l'AO HORIZON-CL6-2023-BIODIV-01-6 Restoration of deep-sea habitats). Au-delà des objectifs et résultats scientifiques, le PAGURE constitue un formidable outil de communication sur les paysages marins et les pressions qui les menacent^{28, 29, 30}.

Cependant, la grande majorité des utilisateurs et utilisateurs potentiels déplore un mode de fonctionnement uniquement en « aveugle » du PAGURE. En effet, il n'y a pas de retour direct de vidéo. Même si l'outil offre des données et clichés intéressants, ceci est effectivement un inconvénient majeur pour plusieurs raisons :

- Le pilotage du PAGURE est incertain avec l'incapacité de réagir face à un obstacle.
- Le réglage des paramètres de filage est rendu difficile et aléatoire vis-à-vis des conditions de mer, de météo et de bathymétrie bien que des abaques existent.
- L'obligation de mettre en marche l'enregistrement de la vidéo et de l'appareil photo depuis le pont du navire avant mise à l'eau, ce qui engendre une quantité non négligeable de clichés indésirables et inintéressants qui sont stockés sur les disques informatiques.

Pour pallier à ces problèmes et bien d'autres, il serait judicieux et très pertinent de poursuivre le développement du PAGURE en l'équipant d'un câble électro-porteur. En effet, cette technologie apporterait énormément d'avantages à l'utilisation de l'outil. Cependant, il nous faut dresser la liste des avantages et des inconvénients, et des risques de mauvaises manipulations à la fermeture des caissons.

Avantages :

- Retour vidéo en « live ».
- Possibilité de réglage en direct des paramètres photo et vidéo pour une qualité d'image optimisée.
- Déclenchement des enregistrements photo et vidéo à la demande donc aucune donnée inutile et gain de place sur les disques informatiques.
- Possibilité d'anticiper l'évitement d'obstacles.
- Suppression des caissons de batteries Lithium-Ion qui sont onéreux et posent également de plus en plus problèmes de sécurité lors des transports y compris sur les navires scientifiques.
- Réglage des paramètres de filage de façon optimale de l'engin lors du trait.
- Possibilité de récupérer en direct les données des différentes sondes ou instrumentations greffées au PAGURE.

²⁸ Vaz Sandrine, Cheret Isabelle, Dugornay Olivier (2018). Découverte des fonds marins du Golfe du Lion en Méditerranée. Ifremer. <https://image.ifremer.fr/data/00653/76531/>

²⁹ Vaz Sandrine (2019). Impact du chalutage dans le golfe du Lion. Les dossiers d'AGROPOLIS International. Compétences de la communauté scientifique en région Occitanie, (24), 52. Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00486/59727/>

³⁰ Vaz Sandrine, Laffargue Pascal (2021). Pêche : ce que la science nous dit de l'impact du chalutage sur les fonds marins. *The Conversation*, 172325 (14p.). Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00744/85618/>

Inconvénients :

- Coût câble électro-porteur+treuil ~ 250K€.
- Logistique plus lourde en raison du transport du câble et d'un treuil dédié.

Un PAGURE équipé d'un câble électro-porteur aurait, à coup sûr, un intérêt beaucoup plus important et pertinent qu'aujourd'hui et pourrait être également proposé et partagé à l'ensemble de la communauté scientifique marine, le cadre légal restant encore à définir. Cette demande est d'ailleurs présente et croissante. Une discussion est en cours actuellement avec GENAVIR pour pouvoir utiliser du matériel déjà disponible et tout particulièrement des câbles électro-porteurs. Cela permet d'envisager une réduction des coûts et de concentrer le budget essentiellement sur le développement de la connexion aux systèmes et instrumentation du PAGURE.

7 Conclusion

Le PAGURE est un outil incontournable pour les scientifiques travaillant sur les problématiques benthiques en offrant des images de qualité à un coût dérisoire par rapport à un AUV ou un ROV. La logistique autour de cet outil reste, elle aussi, très simple et peu onéreuse.

Les axes d'amélioration du concept évoqués au chapitre précédent, notamment avec la technologie de câble électro-porteur, pourraient le propulser bien plus loin sur la scène scientifique marine et en faire un outil extrêmement polyvalent qui pourrait être proposé à l'ensemble de la communauté scientifique au-delà de l'IFREMER.

En interne, il pourrait notamment servir dans le suivi de l'exploration des sites pressentis pour l'accueil de dispositifs d'énergie marine renouvelable. L'implantation de fermes d'hydroliennes (projet FLOWATT avec HydroQuest) ou de déploiements d'éoliennes offshores, par exemple, va nécessiter ce genre d'études préliminaires dans lesquelles PAGURE pourrait apporter, dans une certaine mesure, une aide à faible coût sur ces sujets.