



HAL
open science

Impact du changement global sur le benthos et les habitats marins côtiers des Iles Kerguelen

Thomas Saucède, Aurélie Tasiemski, Céline Boidin-Wichlacz, Sébastien Motreuil

► **To cite this version:**

Thomas Saucède, Aurélie Tasiemski, Céline Boidin-Wichlacz, Sébastien Motreuil. Impact du changement global sur le benthos et les habitats marins côtiers des Iles Kerguelen. 1044, IPEV. 2020. hal-04058148

HAL Id: hal-04058148

<https://cnrs.hal.science/hal-04058148>

Submitted on 4 Apr 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/357515722>

Rapport de la 8ème campagne du programme IPEV n°1044 PROTEKER aux Iles Kerguelen 2019–2020

Technical Report · January 2020

DOI: 10.13140/RG.2.2.26918.04169

CITATIONS

0

READS

129

4 authors:



Thomas Saucède

University of Burgundy

205 PUBLICATIONS 1,731 CITATIONS

SEE PROFILE



Aurélie Tasiemski

University of Lille Nord de France

99 PUBLICATIONS 1,809 CITATIONS

SEE PROFILE



Céline Boidin-Wichlacz

CNRS

32 PUBLICATIONS 565 CITATIONS

SEE PROFILE



Sébastien Motreuil

University of Burgundy

73 PUBLICATIONS 1,392 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



FISH-MOMA: Personality, mate choice, parental care and their transgenerational effects in the monogamous convict cichlid *Amatitlania siquia* [View project](#)



Biogeographic Atlas of the Southern Ocean [View project](#)



BIOGÉOSCIENCES



PROTEKER



Impact du changement global sur le benthos et les habitats marins côtiers des Iles Kerguelen

Programme IPEV n°1044
2019-2022



Rapport de campagne d'été
7 novembre 2019 - 3 janvier 2020

Thomas Saucède
Chef de mission - responsable de programme



1. Présentation de la campagne

Programme n°1044 : Impact du changement global sur le benthos et les habitats marins côtiers des Iles Kerguelen (PROTEKER) - Durée : 2019-2022

Convention n° 2019 - R34 (IPEV, CNRS, université de Bourgogne)

Laboratoire UMR 6282 Biogéosciences

Responsable Thomas Saucède (MCU HDR, université de Bourgogne)

District : Kerguelen

Campagne : été 2019-2020 (année 1/4, phase 3)

Chef de mission : Thomas Saucède

Coordinateur logistique : Yann Le Meur

Chef de district : Stéphane Defranoux

Personnels

L'équipe de terrain était composée de 6 personnes, 4 personnels de laboratoire IPEV dont 1 personnel du programme n°136 venu en appui (AT) accompagnés de 2 agents de la réserve naturelle des Terres australes françaises (Tableau 1).

Tableau 1. Personnels composant l'équipe de terrain de la campagne

Nom	Statuts	Employeur / Affectation	Fonctions
Sébastien Motreuil	Personnel laboratoire Ingénieur d'étude	CNRS UMR 6282 Biogéosciences	<ul style="list-style-type: none">plongée scientifiquechef d'opérations hyperbaresinstrumentationprises de vue sous-marinesmaintien des organismes
Thomas Saucède	Personnel laboratoire Maître de conférences	Université de Bourgogne UMR 6282 Biogéosciences	<ul style="list-style-type: none">plongée scientifiquechef de mission/programmeprises de vue sous-marineséchantillonnage
Céline Wichlacz-Boidin	Personnel laboratoire Ingénieur d'étude	CNRS Institut Pasteur Lille CIIL U1019 UMR8204	<ul style="list-style-type: none">traitement et maintien des organismesexpérimentation
Aurélié Tasiemski (IPEV 136 Subanteco)	Personnel laboratoire Maître de conférences	Université de Lille Institut Pasteur Lille CIIL U1019 UMR8204	<ul style="list-style-type: none">échantillonnagetraitement et maintien des organismesexpérimentation
Thibaut Thellier	Agent contractuel Service marin Australes	Taaf Réserve Naturelle Nationale des Taf	<ul style="list-style-type: none">plongée scientifiqueinstrumentationsuivi température/CTD/pH
Yoann Sabathe	Agent contractuel	Taaf Réserve Naturelle Nationale des Taf	<ul style="list-style-type: none">plongée scientifiqueinstrumentationsuivi température/CTD/pHprises de vue

Rappel des objectifs scientifiques de la campagne

La campagne d'été 2019-2020 avait pour objectifs (1) d'assurer les suivis aux différents sites d'étude par la relève et le renouvellement des instruments précédemment installés, en complétant les enregistrements des paramètres abiotiques par des mesures ponctuelles de paramètres physiques dans la colonne d'eau au droit des sites, (2) de caractériser et cartographier les habitats par une série de quadrats photos et vidéos pris selon des transects de profondeur, (3) de compléter les analyses phylogéographiques et d'écologie trophique déjà en cours par des échantillonnages supplémentaires d'eau, de sédiment et d'espèces cibles et (4) de réaliser une première analyse exploratoire de la résistance d'espèces indicatrices choisies parmi les polychètes par approche immuno-écologique.

1. Relève des instruments et mesures des paramètres abiotiques

Thermo-enregistreurs, conductimètres et placettes de recrutement installés aux huit stations de suivi au cours des campagnes précédentes ainsi que le thermo-enregistreur installé à Port-aux-Français doivent être relevés, changés et l'installation complétée aux mêmes sites en plongée tout en assurant leur maintenance et l'acquisition des données stockées. Les observations de la dernière campagne ayant montré que les systèmes de fixation des placettes étaient oxydés, certaines placettes étant devenues très difficiles à relever, d'autres au contraire ayant été arrachées par les tempêtes ou perdues, il était urgent de renouveler l'ensemble des systèmes de fixation par un système neuf et plus pratique (racks et boulonneries en inox) et de compléter les jeux de placettes perdues.

En complément et en préparation de la future campagne dédiée en 2020-2021, des mesures ponctuelles du pH de l'eau de mer doivent être réalisées en subsurface et en profondeur lors du passage aux sites à l'aide d'une sonde pH 3100 WTW. Ces mesures doivent être complétées par des profils verticaux réalisés au droit des sites à l'aide d'une sonde multiparamètres Horiba U-53 mesurant température, salinité, oxygène dissous, potentiel rédox et turbidité.

2. Prises de vue sous-marines (ROV et plongée)

En complément des échantillonnages et prises de vue déjà réalisés, la caractérisation des habitats et peuplements de chaque site doit être réalisée grâce à un ensemble de prises de vue définies le long d'un transect de profondeur établi depuis les instruments installés sur les tombants jusqu'en limite du peuplement de *Macrocystis* en profondeur. Des transects de prises de vue vidéos complétés par des quadrats photos pris le long du transect seront réalisés en plongée. Ces transects seront complétés en profondeur grâce au déploiement du ROV en deça des 20 m de profondeur.

3. Echantillonnage

Systématique et structuration génétique.

L'inventaire de la biodiversité marine des Iles Kerguelen et l'étude de sa structuration génétique doit permettre de comprendre son origine et sa diversification, notamment en identifiant les rôles respectifs joués par les facteurs historiques (dernières glaciations), contemporains (climat, océan) et les traits d'histoire de vie (incubation, dispersion) d'espèces modèles. Ces connaissances scientifiques sont essentielles pour peser sur les politiques de conservation, la vulnérabilité des espèces aux changements environnementaux étant dépendante de la connectivité entre populations et des dynamiques démographiques. Des collectes ciblées d'espèces modèles seront donc réalisées à Crozet et Kerguelen afin d'en préciser la systématique et en comprendre la structuration génétique à l'échelle des îles et du

subantarctique en complément des échantillonnages précédemment réalisés. Les taxons cibles seront les suivantes : la macro-algue du genre *Adenocystis*, les octocoralliaires alcyonnaires et primnoellidés, les mollusques *Neobuccinum*, *Margarella*, et *Aequiyoldia*, le brachiopode *Aerothyris*, les étoiles de mer, les oursins *Abatus*, *Ctenocidaris* et *Sterechinus* et le poisson nothothénoïde *Harpagifer*.

Caractérisation des communautés.

Les *Macrocytis* constituent des éléments structurants et déterminants des communautés benthiques côtières à Kerguelen et en particulier, leurs crampons constituent des pièges naturels qui concentrent la diversité benthique présente localement dans et sur le sédiment environnant, attirant juvéniles et petites espèces du benthos. L'analyse de la faune associée aux crampons peut donc constituer un indicateur efficace, facilement et rapidement réalisable de la diversité benthique locale comme démontré par la cohérence des travaux de Arnaud et co-auteurs en 1974, protocole reproduit lors de la campagne d'été 2017-2018 du programme. En vue de la caractérisation des habitats et d'une estimation de la diversité présente à chaque site, un échantillonnage ciblé de crampons de *Macrocytis* sera donc réalisé à chaque site. La faune associée aux crampons sera comptabilisée, triée et fixée (éthanol) pour analyses génétiques et déterminations précises ultérieures. Dans un premier temps, les morphotypes seront inventoriés, déterminés à la classe et dénombrés pour une première étude préliminaire.

Ecologie trophique.

Afin de compléter les prélèvements réalisés les années précédentes, des échantillons supplémentaires d'eau, de sédiment et d'organismes ciblés seront récoltés aux stations de Suhm et Haute. Les échantillons seront préparés et lyophilisés à Biomar afin de finaliser l'analyse des principaux éléments des réseaux trophiques par approche isotopique ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$).

4. L'immunité pour suivre l'état de santé des organismes benthiques d'intérêt trophique et structurant

L'immunité des organismes côtiers s'avérant être un marqueur sensible aux variations environnementales, une approche éco-immunologique couplée aux suivis de données physicochimiques (analyse des sédiments, température, pH..) sera entreprise. Il s'agira de comparer l'état de santé (i.e. capacité à lutter contre une infection bactérienne contrôlée et provoquée expérimentalement) des individus d'une même espèce, prélevés sur les sites du programme, en corrélation avec les paramètres mesurables de l'habitat. Les vers marins polychètes, de par leur biomasse, leur importance dans les réseaux trophiques (source alimentaire des poissons de fond, des oiseaux marins comme les cormorans.), leur rôle structurant dans les habitats et leur importance dans la bioturbation du sédiment apparaissent comme des modèles bio-indicateurs de choix pour cette approche.

Dans ce but, des espèces de polychètes associées aux crampons de *Macrocytis*, déjà décrites dans les environnements côtiers de l'archipel de Kerguelen (travaux de Duchène, 1981) seront identifiées et systématiquement prélevées à chaque site de suivi. Pour chaque site, les vers collectés seront maintenus en aquarium, infectés expérimentalement et leur survie à une infection bactérienne sera évaluée au cours de la mission. Ce travail doit être réalisé par Céline Wichlacz-Boidin en étroite collaboration avec Aurélie Tasiemski du prog. 136 Subanteco.

2. Mise en œuvre

2.1. Hébergement

Pendant toute la durée de la campagne, les personnels IPEV et Réserve de la campagne ont été logés sur base à Port-aux-Français dans les bâtiments L6 et *Ker Avel* ainsi qu'à bord de *La Curieuse* lors de l'accès aux sites situés hors du Golfe du Morbihan. La proximité entre les personnes s'est avérée essentielle pour la bonne organisation des séances de travail, la préparation et la mise en œuvre des opérations sur le terrain et des expérimentations à Biomar.

2.2. Locaux scientifiques et techniques

Laboratoire Biomar

Les membres du programme se sont installés dans le bâtiment Biomar pour le travail sur les spécimens récoltés et l'expérimentation en immunologie. L'équipe a disposé de la petite pièce située au fond à gauche du bâtiment ainsi que de la première pièce du laboratoire EcoBio pour le travail sur ordinateur, stockage du consommable et des échantillons fixés dans l'éthanol. Le laboratoire humide situé à l'entrée du bâtiment a été utilisé pour le tri de la macrofaune, les dissections, la fixation et la préparation des échantillons ainsi que le maintien des organismes récoltés (polychètes) et leur suivi post-infection dans des bassins équipés de bulleurs. Une loupe binoculaire et un microscope droit installés au laboratoire EcoBio ont été utilisés respectivement pour le tri de la meiofaune des sédiments et l'observation des cellules immunitaires des vers. La microbiologie a été effectuée dans la pièce où se trouve la hotte à flux laminaire. Au niveau de la grande pièce centrale : l'autoclave a été utilisée pour la stérilisation du matériel nécessaire aux infections microbiennes des polychètes. Les bactéries ont été mises en croissance dans l'un des incubateurs et le lecteur de densité optique a été utilisé pour leur dosage. La préparation des solutions a nécessité de l'eau distillée. Les solutions de glutaraldéhyde et de paraformaldéhyde ont été préparées sous la sorbonne. Enfin, étuves et lyophilisateur ont été utilisés pour déshydrater les échantillons destinés aux analyses trophiques ultérieures (analyses isotopiques).

Les congélateurs -80°C , -20°C et réfrigérateurs $+4^{\circ}\text{C}$ disponibles à l'entrée ont été utilisés pour la conservation des échantillons dédiés aux analyses génétiques, isotopiques et immunologiques. Les échantillons congelés sont restés stockés à Biomar (-80°C et -20°C) dans l'attente d'être expédiés vers Dijon et Lille à OP1 (2020). Les échantillons conservés à $+4^{\circ}\text{C}$ ont été chargés sur le RV *Marion Dufresne* pour un retour anticipé vers les laboratoires.

Flotille

Les locaux de la Flotille ont été utilisés pour le stockage du matériel de plongée et le gonflage des bouteilles. L'alimentation en eau douce disponible à proximité, indispensable pour le rinçage du matériel après plongée est très pratique. Finalement, la proximité de la mise à l'eau du *Commerçon* s'est avérée très pratique pour le transport du matériel à bord.

Bâtiments de stockage

Le bâtiment "Chez Peter" permet le stockage de l'ensemble du matériel et des équipements du programme restant sur base pour la prochaine campagne d'été. Une partie du matériel est également stockée à Biomar dans un placard dédié au programme. L'inventaire détaillé du matériel et des équipements est fourni en annexe de ce rapport. Les produits dangereux (éthanol absolu) sont stockés dans le conteneur blanc à proximité de BIOMAR.

2.3. Moyens à la mer

Le Commerson

Le semi-rigide *Le Commerson* a été utilisé exclusivement pour l'accès et le support surface des plongées réalisées aux quatre sites du Golfe du Morbihan. Il a permis un accès rapide aux sites de plongée, une mise à l'eau aisée et une récupération de tous les plongeurs (Fig. 1). Les caractéristiques du *Commerson* ont permis aux plongeurs de patienter à bord entre deux plongées en toute sécurité (mouillage dans des secteurs protégés) mais dans des conditions de confort très limitées. *Le Commerson* était piloté par **Mathieu Compère** assisté de **Fred Corre** (agents contractuels de la réserve naturelle).



Figure 1. Equipe des quatre plongeurs à bord du *Commerson*

F/V La Curieuse

L'accès aux quatre sites situés hors du golfe a été possible à bord du F/V *La Curieuse* au cours de 2 séjours : les quatre premiers jours de la campagne, après OP3 et les cinq derniers jours de campagne, avant OP4. Les sites ont été visités selon le calendrier joint en annexe. Toutes les plongées ont été réalisées grâce au support et depuis l'annexe de *La Curieuse*. L'ensemble des transects ROV aux 8 sites ont été réalisés à partir de *La Curieuse* au mouillage à proximité immédiate des sites. Le ROV était piloté depuis la passerelle et déployé à bâbord ou tribord en fonction du positionnement du navire.

La coursive centrale a permis le traitement des échantillons et le maintien des organismes vivants en aquarium. Le tri des polychètes issus des crampons de *Macrocystis* prélevés lors des campagnes à l'extérieur du Golfe du Morbihan a été effectué à bord de *La Curieuse*. Une paillasse complète (dessus et dessous) disposant d'un accès aux prises électriques a été mobilisée pour le tri et la disposition de 4 aquariums équipés de bulleurs pour le maintien des animaux jusqu'à leur retour à Biomar. Les échantillons de sédiments ont été conservés à +4°C ou à -20°C dans le congélateur situé sur le pont arrière. Les échantillons congelés ainsi que les aquariums contenant les vers vivants ont ensuite été transférés grâce à l'annexe pilotée par l'équipage de *La Curieuse* à Biomar au retour de transit. Par contre, l'expérimentation était réalisée au retour à Biomar.

L'équipage de la *Curieuse* était composé de 7 marins : son capitaine **Michel Le Glatin**, le second **Dominique Rollant**, le chef de quart **Simon Godard**, le chef machine

André Voka, second mécanicien **Jean-Yves Le Gac**, le cuisinier **Jacques Quirin** et le matelot **Josselin Yan Ping Yuen**.



Figure 2. Campagnards et équipage à bord de *La Curieuse*

R/V *Marion Dufresne* (MD)

Quatre plongées ont été réalisées depuis le workboat du RV *Marion Dufresne* commandé par le capitaine **Adrien Eyssautier**. Le workboat était piloté par le lieutenant **Karen Carpentier** assistée du matelot **Jimmy Andriantsalama**. Malheureusement, la propulsion jet de cette embarcation ne permettait pas d'envisager une approche sereine dans les *Macrocyctis* et l'aspiration de ces algues dans la turbine a posé problème à plusieurs reprises. Une embarcation de type semi-rigide hors bords s'avèrerait indispensable à l'avenir pour envisager des plongées depuis le *Marion Dufresne*. Une plongée a été réalisée à la Crique du Sphinx (Ile de la Possession), une plongée à Saint Paul (une équipe sur la Roche Quille puis une équipe dans le cratère) et deux plongées à Amsterdam à Ribault. La pièce rosette et les laboratoires humides positionnés en enfilade ont été utilisés pour le stockage et la préparation du matériel de plongée ainsi que pour le traitement des échantillons d'eau, de sédiment et le tri des organismes collectés. Du fait d'un embarquement sur le MD à OP4 anticipé de deux jours, deux aquariums avec bulleurs ont été transférés par hélicoptère de PAF sur le MD dans une cage située sur le pont arrière du navire, afin de terminer à bord le suivi expérimental des vers débuté à PAF. A l'issue de l'expérience, les polychètes ont été conservés à -20°C dans le congélateur de la pièce « congélateurs science » située au pont D du MD pour un transfert à La Réunion avant un envoi en métropole.

2.4. Autres moyens techniques

Gonflage des bouteilles de plongée

En l'absence de compresseur habituellement fourni par l'IPEV, les opérations de gonflage des bouteilles de plongée ont été réalisées à l'aide du compresseur électrique mis à disposition par les marins de la flotille à Port aux Français. Sur *La Curieuse*, le gonflage des bouteilles a été assuré par l'équipage grâce au compresseur fixe présent à bord. L'absence du compresseur de plongée habituellement présent à bord du RV *Marion Dufresne* a également, significativement impacté les opérations de gonflage. Il faudrait donc envisager de le remplacer.

Communications

Sur la base de Port aux Français, la mise à disposition d'une radio VHF et d'une boîte mail par l'IPEV se sont avérées indispensables. L'accès à la boîte mail a permis d'organiser, de planifier et d'informer le chef de district et les services concernés (BCR, médecin, cuisines) des opérations de plongée à réaliser dans le golfe en coordination avec l'équipage du *Commerson* et sous l'autorité du chef de district. La VHF a également facilité la communication entre le *Commerson* et les plongeurs entre les sorties en mer et permis notamment aux plongeurs d'être informés en temps réel des horaires de retour de l'embarcation pour se tenir prêt à l'embarquement.

La présence de prises réseau et l'installation du wifi à Biomar et dans les bâtiments d'habitation a grandement facilité le travail sur base (accès aux documents administratifs sur l'intranet, échange de courriels professionnels sur base et avec l'extérieur...).

Véhicules

Nous avons pu utiliser ponctuellement les véhicules de l'IPEV, indispensables pour le transport du matériel à Biomar et à la flotille en début et en fin de campagne.

3. Déroulement des opérations

3.1. Sites d'étude

Crozet, Crique du Sphinx (Possession), le 18 novembre 2019

L'exploration en zone intertidale réalisée à la Crique du Sphinx (Ile de la Possession) à OP3 en 2017 a révélé l'importance de ce site pour la caractérisation des habitats côtiers de La Possession (zone biologiquement riche, diversifiée et accessible) et les spécimens prélevés alors se sont montrés d'un grand intérêt pour les analyses phylogéographiques en cours. Une plongée d'exploration de la zone subtidale avait donc été demandée au passage du *Marion Dufresne* à OP3 pour l'exploration du site et la collecte d'espèces cibles. La plongée (tableau 2, figure 3) réalisée à partir du workboat du RV *Marion Dufresne* a permis la réalisation de prises de vues sous-marines pour une première cartographie préliminaire de la zone ainsi que la collecte de spécimens d'étoiles de mer, d'oursins *Sterechinus diadema*, de gastéropodes *Nacella* et *Margarella* ainsi que des poissons *Harpagifer* et *Nothothenia* (PTK8_1 à 6). Ces spécimens seront étudiés par séquençage moléculaire au retour des échantillons pour compléter les études phylogéographiques en cours (collaborations avec E Poulin, A Diaz, C Gonzalez-Wevar et C Moreau).

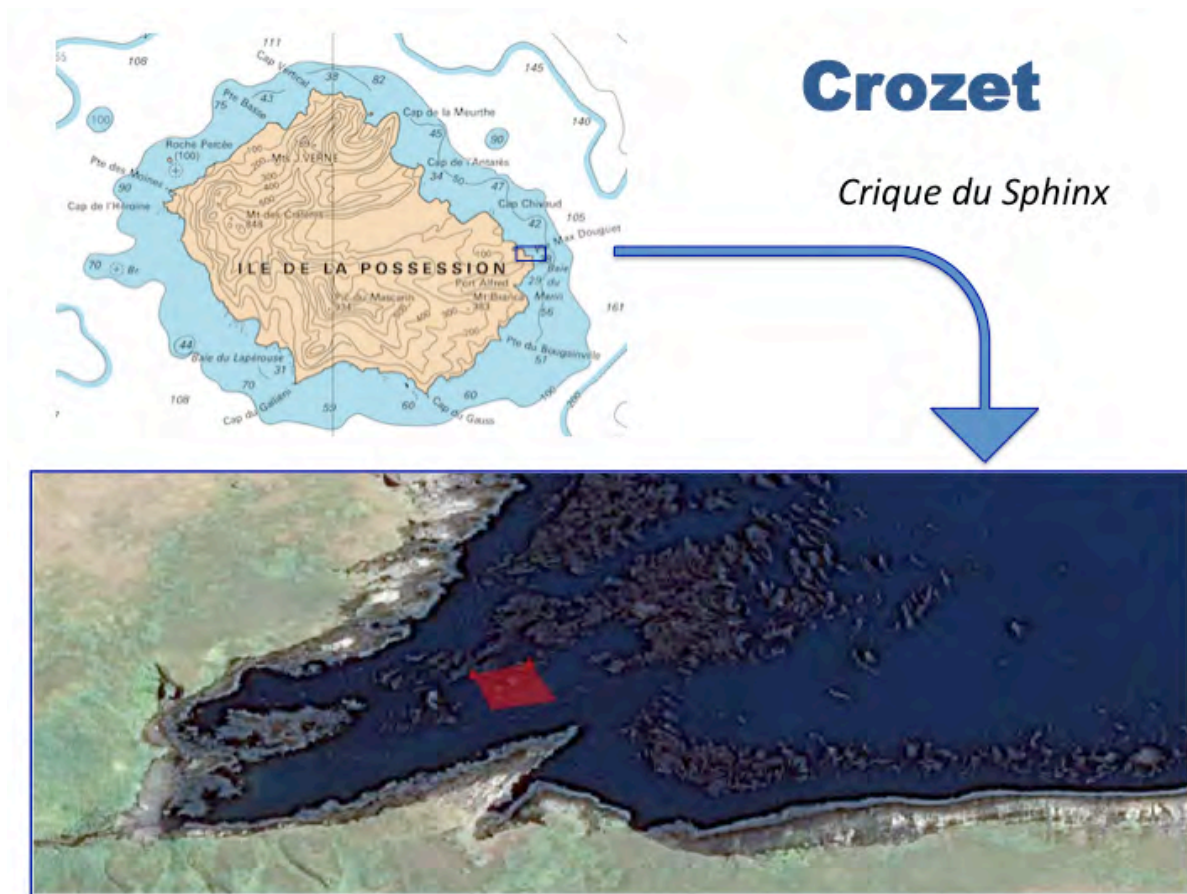


Figure 3. Zone de la Crique du Sphinx explorée en plongée (polygone rouge)

Kerguelen, Port-aux-Français, du 23 novembre 2019 au 22 décembre 2019

L'ensemble des opérations réalisées à Kerguelen est détaillé dans la suite de ce rapport. Les plongées ont eu lieu à Port-aux-Français face à la flotille avec accès depuis le port. Les quatre autres sites de suivi du Golfe du Morbihan, Ilot Channer et îles Suhm, Longue et Haute ont été atteints à l'aide du semi-rigide *Le Commerson* lors de sorties à la journée depuis la base. Les quatre sites situés hors golfe, l'Ilot des Trois Bergers, Port Christmas, Fjord des Portes Noires et Iles du Prince de Monaco ont été atteints à l'aide de *La Curieuse* (figure 4, annexe 1).



Figure 4. Localisation des sites de suivi et d'étude du programme Proteker à Kerguelen.

Saint-Paul et Amsterdam du 26 au 28 décembre 2019

L'opportunité du passage et de l'arrêt du Marion Dufresne à Saint Paul nous a permis d'installer deux loggers : un thermo-enregistreur Hobo U22-001 et un conductimètre Hobo U24-002-C au SE de la Roche Quille (figure 5) à 14 m de profondeur (GPS: -38.71186; 77.53561 - coordonnées relevées d'après la carte SHOM et non pas directement sur le terrain). Suivant le protocole suivi à Kerguelen, les deux loggers ont été synchronisés entre eux et programmés pour 1 mesure toutes les heures (U22-001) ou toutes les deux heures (U24-002-C; heures impaires UTC+4). Des prélèvements d'eau, de sédiment et d'étoiles de mer (PTK8_126, 127 et 128) ont été réalisés en 3 points à l'intérieur du cratère (Figure 5) ainsi qu'à proximité des loggers à la Roche Quille (PTK8_129) pour préciser la chimie des eaux et la composition faunistique du sédiment. La chimie des eaux sera analysée par P Dubois (ULB, Bruxelles). Les sédiments et la micro et meiofaune par K. Worsaae (Université de Copenhague) et E Armynot du Châtelet (Université de Lille). Pour une première visualisation des habitats, deux transects vidéo ont été réalisés en plongée dans le cratère entre 16 m et 2 m de profondeur et des vidéos (GoPro) ont été prises à proximité de la Roche Quille.

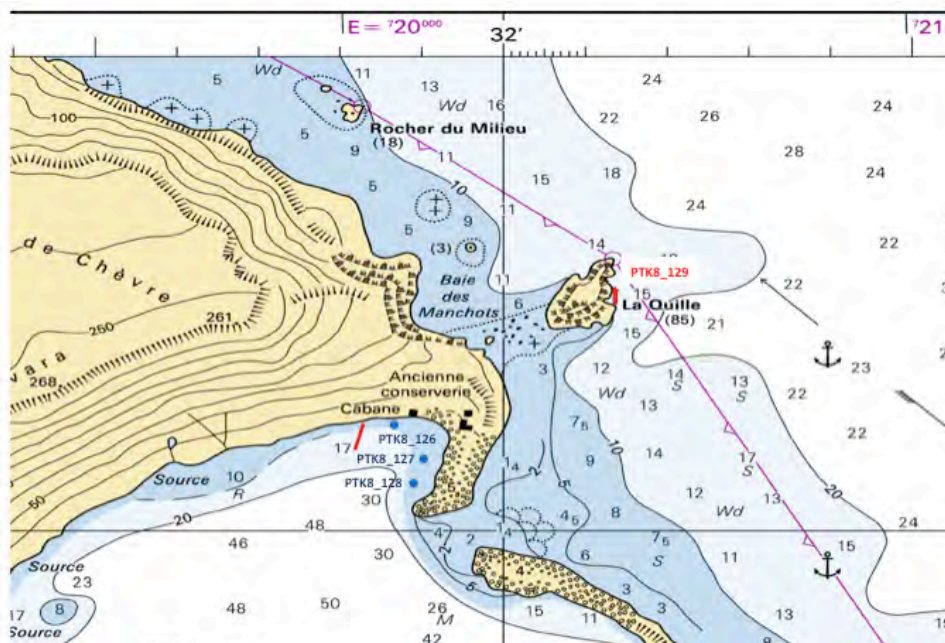


Figure 5. Transects (ligne rouge). prélèvements (points bleus) et installation des loggers (flèche rouge) à Saint Paul.

Les deux plongées réalisées à Amsterdam (mouillage Ribault) n'ont pas permis de retrouver les loggers de température et de conductivité installés l'année précédente (fort vent et houle) malgré une immersion au point indiqué par le GPS. Des haptères de *Macrocystis* et du sédiment ont été prélevés à proximité du site afin d'en étudier la composition faunistique. Les juvéniles d'oursin et d'étoile de mer trouvés dans les haptères seront séquencés (C Moreau et Q Jossart) et la micro et meiofaune du sédiment étudiées par K Warsaae et E Armynot du Châtelet.

3.2. Plongées

Les plongées ont permis la relève et le renouvellement des loggers et des placettes de recrutement et de leurs systèmes de fixation ainsi que l'installation de nouveaux conductimètres aux stations de référence. Les plongées étaient également dédiées à la réalisation de transects photos et vidéos ainsi qu'à des échantillonnages ciblés. Les opérations ont nécessité la réalisation de 2 à 4 plongées par site.

Chaque plongée a été réalisée en palanquée constituée de 2 à 4 plongeurs. Toutes les plongées ont été réalisées en suivant la réglementation en vigueur dans les TAAF à savoir : plongée sans palier dans la courbe de sécurité, plongée limitée au mieux à 20 m, utilisation des tables MT92 pour la décompression, présence systématique d'un plongeur certifié et prêt à intervenir à bord de l'embarcation pour la sécurité surface. Le matériel de sécurité acquis par l'IPEV était à bord : matériel d'oxygénothérapie, eau et aspirine ainsi que scaphandre de secours opérationnel. Un temps minimum de deux heures a été systématiquement respecté entre deux plongées successives. Toutes les opérations de plongée ont pu être réalisées dans de bonnes conditions de sécurité et en accord avec les médecins et le bord. Au final, 34 plongées en palanquée ont été réalisées pour un total de 123 plongées individuelles cumulées (tableau 2). Aucun incident n'est à déplorer.

Tableau 2. Détail des plongées effectuées durant la campagne.

N	Plongeurs	Prof (m)	Tps (min)	Date	Sites	Position (WGS 84)	
						latitude	longitude
1	Motreuil/Saucède/Thellier	13	41	18/11/19	Crique du Sphinx (CRO)	-46.41312	51.86822
2	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	7	40	25/11/19	Port aux Français	-49.35326	70.2196
3	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	4	30	27/11/19	Port aux Français	-49.35326	70.2196
4	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	26	42	29/11/19	Ilot des Trois Bergers	-49.28996	69.71132
5	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	15	28	29/11/19	Ilot des Trois Bergers	-49.28996	69.71132
6	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	5	38	30/11/19	Port Couvreur	-49.2845	69.6964
7	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	26	30	30/11/19	Ilot des Trois Bergers	-49.28996	69.71132
8	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	18	44	01/12/19	Port Christmas	-48.6819	69.0327
9	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	17	43	01/12/19	Port Christmas	-48.6819	69.0327
10	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	21	44	04/12/19	Ile Haute	-49.38755	69.94131
11	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	20	35	04/12/19	Ile Haute	-49.38755	69.94131
12	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	25	48	06/12/19	Ile Suhm	-49.49338	70.16131
13	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	17	40	06/12/19	Ile Suhm	-49.49338	70.16131
14	Motreuil/Saucède	28	46	07/12/19	Ile Suhm	-49.49338	70.16131
15	Sabathe/Thellier	15	45	07/12/19	Ile Suhm	-49.5006	70.15452
16	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	22	28	07/12/19	Ile Haute	-49.38755	69.94131
17	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	1	30	07/12/19	Ile Haute	-49.38453	69.94025
18	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	14	52	09/12/19	Ilot Channer	-49.38311	70.18559
19	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	15	38	11/12/19	Ilot Channer	-49.38311	70.18559
20	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	9	12	11/12/19	Port aux Français	-49.35469	70.21924
21	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	17	49	12/12/19	Ile Longue	-49.53853	69.88418
22	Motreuil/Sabathe/Saucède	1.5	15	12/12/19	Anse du Halage	-49.5464	69.79538
23	Motreuil/Sabathe/Saucède	7	20	12/12/19	Ile Longue	-49.53853	69.88418
24	Motreuil/Sabathe/Saucède	17	33	13/12/19	Ile Léon Lefèvre	-49.5687	69.7306
25	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	16	46	14/12/19	Iles du Prince de Monaco	-49.6003	69.24027
26	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	14	35	14/12/19	Iles du Prince de Monaco	-49.6003	69.24027
27	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	17	30	15/12/19	Fjord des Portes Noires	-49.49424	69.14956
28	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	10	21	15/12/19	Fjord des Portes Noires	-49.4843	69.09348
29	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	15	24	15/12/19	Fjord des Portes Noires	-49.49424	69.14956
30	Motreuil/Sabathe/Thellier	21	35	16/12/19	Iles du Prince de Monaco	-49.6003	69.24027
31	Sabathe/Thellier	15		26/12/19	La Roche Quille (SP)	-38.71186	77.53561
32	Motreuil/Saucède	17	46	26/12/19	Cratère de Saint Paul	-38.7145	77.5311
33	Motreuil/Sabathe/Saucède/Thellier	14	34	27/12/19	Mouillage Ribault (AMS)	-37.79988	77.58322
34	Motreuil/Sabathe/Thellier	14	48	28/12/19	Mouillage Ribault (AMS)	-37.79988	77.58322

3.3. Instrumentation

Thermo-enregistreurs et conductimètres :

Avant chaque plongée, les thermo-enregistreurs Hobo U22-001 et les conductimètres Hobo U24-002-C ont été programmés pour une prise de mesure différée toutes les heures pour les thermo-enregistreurs, toutes les deux heures pour les conductimètres. Le temps de référence est UTC+4 (heure de La Réunion) et la première mesure est prise plusieurs heures avant la plongée. Tous les loggers d'un même site sont calés pour une première mesure synchronisée suivant le protocole établi les années précédentes (voir anciens rapports de campagne). Les conductimètres ont été préalablement calibrés : plongés dans un seau d'eau de mer prélevée localement (pour une salinité proche du lieu de suivi), au moins 2h avant la plongée, la conductivité est mesurée à l'aide d'une sonde WTW 3100 (valeur de référence pour 25°C), la température de l'eau et l'heure précise notées pour étalonnage. La mesure est prise à une heure fixe synchronisée avec la première prise de mesure du logger conductimètre. Lors de la relève des conductimètres installés l'an dernier, la même procédure est suivie pour la correction de la dérive : le conductimètre est plongé dans un seau d'eau de mer locale pendant au moins 2

heures et la conductivité mesurée à l'aide de la sonde WTW 3100 (réf. 25°C) de façon synchronisée avec la mesure du conductimètre. Calibration et dérive sont ensuite corrigées directement dans le logiciel Hoboware Pro (fonctions assistant de données et tracé).

Placettes de recrutement :

Les observations de la dernière campagne ayant montré que les systèmes de fixation des placettes étaient oxydés, certaines placettes étant devenues très difficiles à relever, d'autres ayant été arrachées par les tempêtes ou perdues, il était urgent de renouveler l'ensemble des systèmes de fixation par un système neuf et plus pratique (racks et boulonneries en inox) et de compléter les jeux de placettes perdues.

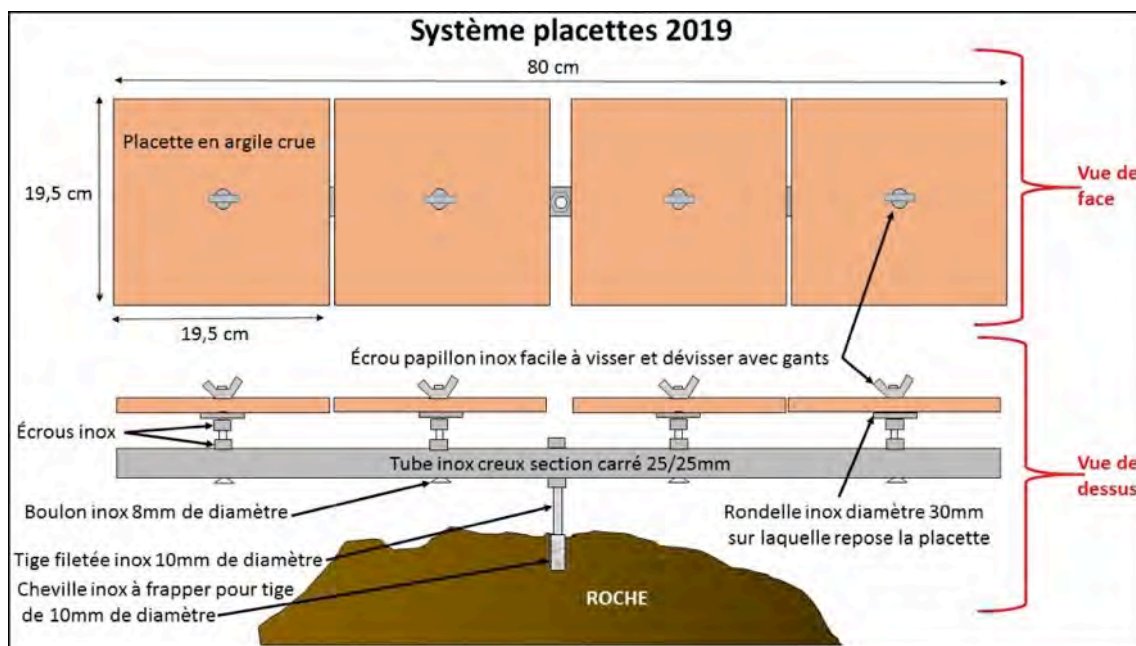


Figure 6. Nouveau système de fixation des placettes installé sur l'ensemble des sites en 2019.

Les nouvelles placettes ont été percées au préalable. Lors de leur maintenance, l'ensemble des placettes a été photographié *in situ*. Les placettes à renouveler ont été prélevées puis placées dans des sacs à échantillon avant leur remontée en surface, les autres placettes ont été délicatement retirées de leur support par une première équipe de 2 plongeurs puis confiées à l'autre équipe en charge de réinstaller le dispositif en respectant l'agencement initial. L'ensemble de l'opération a nécessité une plongée dédiée sur chaque site. Au retour sur base ou sur la *Curieuse*, chaque placette prélevée a été grattée méticuleusement puis les organismes fixés dans l'éthanol et conservés à +4°C pour leur séquençage futur. Le remplacement des placettes a suivi au mieux le protocole initialement établi en l'adaptant à chaque site (sites non visités depuis plusieurs années, placettes arrachées et perdues).

3.4. Prises de vue

Protocole de réalisation des transects vidéo et photos quadrats

Afin de caractériser plus finement les habitats et peuplements de chaque site ainsi que pour en assurer le suivi à venir, un protocole de prises de vue sous-marines reproductible a été établi. Un à deux transects vidéo ont été réalisés depuis la côte, au droit des instruments installés à faible profondeur, en direction du large jusqu'en limite du peuplement de *Macrocystis* (tableau 6). Les transects ont été réalisés à l'aide du dispositif de planche vidéo conçu pour l'occasion : baptisé MOB3D, le dispositif consiste en trois caméras comprenant deux GoPro Héro 7 et une PARALENZ, deux phares, trois lasers et une boussole (figure 7). Les points de

début et de fin de chaque transect ont été repérés grâce à des bouées de marquage lâchées depuis le fond vers la surface (figure 8), la position GPS des bouées étant prise depuis la surface à l'issue de la plongée. Les transects ont été réalisés au mieux selon une ligne droite perpendiculaire aux isobathes en partant du point le plus profond. Un transect au moins a été réalisé pour chaque site, deux transects ayant été réalisés pour les sites des Trois Bergers, de Haute et de Suhm (tableau 6). Durant le déplacement du plongeur le long du transect, la distance entre les caméras et le fond est maintenue à environ 50 cm, la planche bien parallèle au fond (contrôle grâce aux lasers) et la vitesse de déplacement est maintenue constante à environ 10 mètres minute.

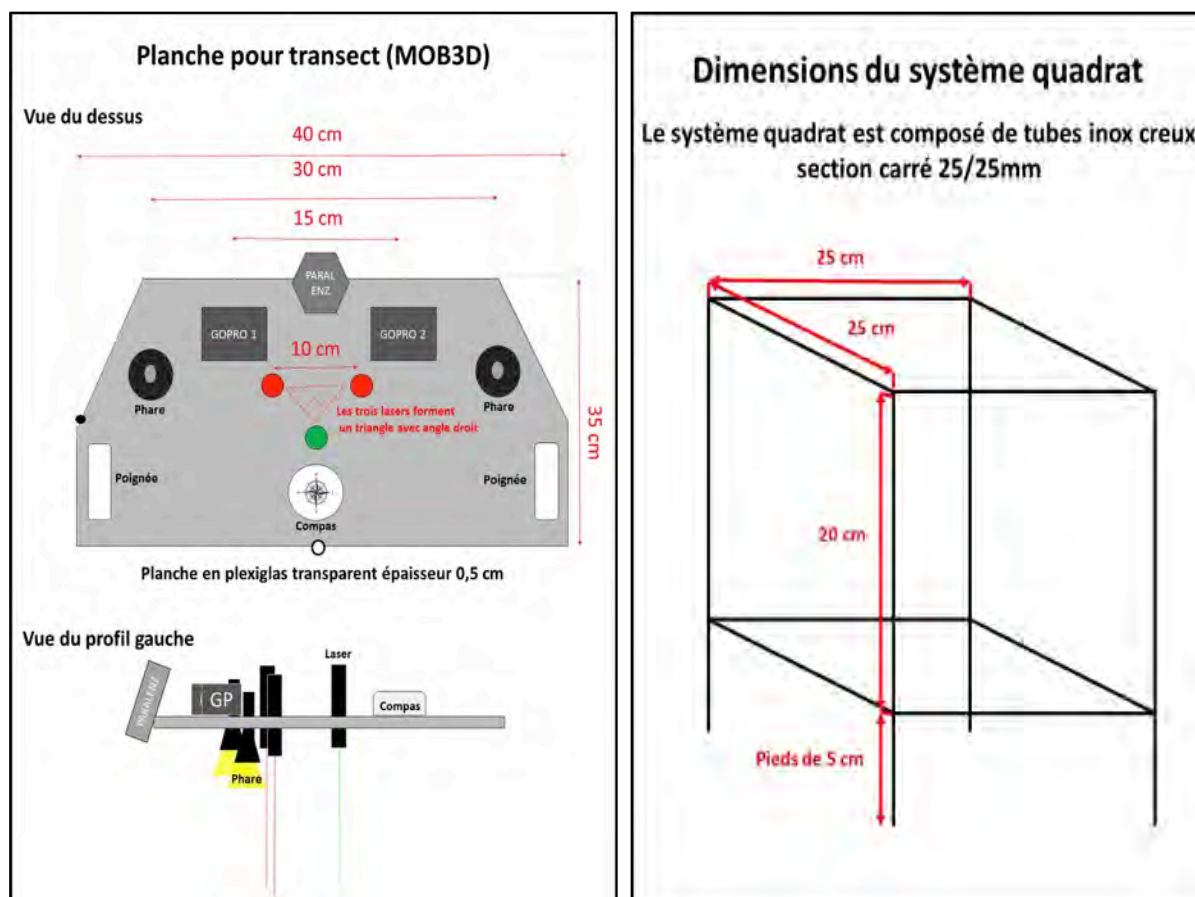


Figure 7. Prototypes de planche vidéo (MOB3D) et de quadrat utilisés pour la réalisation des transects photos et vidéos

Des quadrats photos ont été réalisés le long de chaque transect ainsi qu'à proximité immédiate des placettes à l'aide d'un dispositif composé d'une structure rigide graduée de 25cm de côté en inox équipée d'une Gopro Héro 7 et de 4 phares (figure 7). Les photos sont prises selon une méthode d'échantillonnage dite "aléatoire systématique" : une première photo est prise aléatoirement et détermine la position de 8 autres photos connexes prises de façon à couvrir une surface carrée de 75cm de côté en formant un S, la première photo étant à la base du S (9 images au total). Un deuxième jeu de 9 images est pris aléatoirement de façon à constituer un réplikat pour une zone donnée. Ces quadrats photos sont réalisés à proximité des placettes de façon à renseigner la couverture biologique du tombant et le long du transect vidéo à raison de deux jeux d'images (18 images en tout) par habitat.

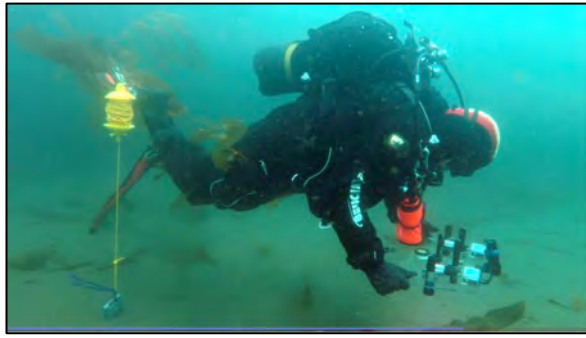


Figure 8. Système de planche vidéos en départ de transect marqué par la bouée jaune (gauche) et quadrat photo (droite).

En profondeur, au-delà de la limite d'habitat des *Macrocystis* vers 20-25m, les transects ont été complétés par des prises de vue réalisées au moyen du MiniROV Observer 3.2 de Seanet déployé depuis le bord de la *Curieuse* et piloté depuis sa passerelle. Quatre personnes se sont avérées nécessaires pour le déploiement du ROV : un pilote, une personne en charge de suivre le positionnement GPS et chargée de passer les instructions du pilote aux deux autres personnes en charge de déployer le ROV et son câble en s'assurant de ne pas le prendre dans les hélices et le mouillage, en charge aussi du transpondeur et de son bon positionnement (trait jaune vers l'extérieur de la coque). Tous les déploiements ont eu lieu avec la *Curieuse* au mouillage, les trajets du ROV étant réalisés depuis la *Curieuse* en direction du site de suivi (figure 9). L'équipement du ROV a été complété par la fixation de la caméra Paralenz sur son propulseur tribord, en position verticale, équilibrée par le positionnement d'un phare sur son propulseur bâbord (figure 9).



Figure 9. Poste de pilotage du ROV depuis la passerelle de la *Curieuse*, côté bâbord (gauche haut), armement du ROV avec la caméra HD Paralenz, un phare, le pinger pour sa localisation par le transpondeur (gauche bas), et déploiement du ROV depuis bâbord (droite).

Deux enregistrements vidéo ont donc été réalisés indépendamment durant toutes les plongées du ROV avec des prises de vue vers l'avant par la caméra interne au ROV et des prises de vue

HD du fond par la Paralenz. Le positionnement du ROV sous l'eau était suivi depuis la *Curieuse* par la communication entre un pinger fixé sur le ROV et un transpondeur immergé contre la coque de la *Curieuse* à 1m sous la surface, le tout géré depuis le logiciel Seanet Pro installé sur un ordinateur portable. Le logiciel permet de suivre le positionnement acoustique du ROV en temps réel par rapport au transpondeur, d'enregistrer sa trace par rapport au transpondeur et de la cartographier.

Réglage des caméras

Le bon réglage des caméras et du ROV s'est avéré complexe mais déterminant pour assurer de bonnes prises de vue exploitables (images non déformées). Afin d'en assurer la reproductibilité pour les suivis futurs, en voici le détail ci-dessous.

Caméra GoPro Hero 7 Black (capteur 1/2.3" - 12 MP)

Vidéo

Résolution 2.7K (2704x2028) => pour prise de vue fixe

Format 4:3 => capture une plus grande partie de la scène

24 images par seconde (IPS) => plans fixes avec mouvement lent

Faible Luminosité Automatique

Champ de vision Large (CDV) => assure une perspective sans déformation sous l'eau

Stabilisation vidéo HyperSmooth => correction du tremblement de la caméra

Mode paysage verrouillé sur la position haut

Mode veille de l'écran désactivé

Photos quadrats

Mode Photo : toutes les photos sont en 12 MP au format 4:3 => photo unique puis photo continue

Superphoto activé : mode HDR activé (imagerie à grande gamme dynamique)

Vitesse Auto

Champ De Vision Large

Caméra Paralenz (capteur 1/2.5" - 8 MP)

Résolution vidéo 4K

Images par seconde : 30FPS

Balance des blancs WB Auto

Mode vidéo

Mode DCC (correction de la couleur) éteint à cause de l'utilisation d'un éclairage par les phares

Stabilisation d'image électronique (EIS) activée

Superposition visuelle (Overlay) activée

Enregistrement automatique 0.3 m pour le ROV ?

Bien étalonner la profondeur (ZERO-DEPTH) avant immersion (en fonction des conditions météorologiques locales)

MiniROV Observer 3.2

Résolution 1280x768 pixels

Fluidité 30 Fps

Débit Vidéo : taux de compression des images Idéal (6 Mb)

3.5. Echantillonnage en plongée

Une partie des plongées a été consacrée à l'échantillonnage de spécimens et de sédiment en vue (1) d'analyses immunologiques et de diversité (crampons de *Macrocystis*), (2) d'analyses isotopiques et (3) d'études de systématique et de phylogéographie. Les crampons de *Macrocystis* ont été prélevés en 8 sites distincts entre 5 et 20 m de profondeur afin d'y échantillonner les spécimens de polychètes utilisés pour les analyses d'immunologie. Les spécimens de taxons suivants ont été échantillonnés pour les analyses génétiques et la systématique : la macro-algue du genre *Adenocystis*, les octocoralliaires alcyonnaires et primnoellidés, les mollusques *Neobuccinum*, *Margarella*, et *Aequiyoldia*, le brachiopode *Aerothyris*, les étoiles de mer, les oursins *Abatus*, *Ctenocidaris* et *Sterechinus* et le poisson nothothénoïde *Harpagifer*. Enfin, des macro-algues *Codiaceae* et *Lithothamniaceae*, des biofilms et du sédiment ont été prélevés aux îles Haute et Suhm afin de compléter les récoltes de 2015 et 2017 en vue des analyses isotopiques. La collecte de sédiment a aussi permis l'étude de la meiofaune et des foraminifères dans le cadre de la collaboration avec les collègues des programmes IPEV n°136 et n°1200.

3.6. Expérimentations réalisées à Biomar

Identification des polychètes

Les animaux triés à partir des crampons de *Macrocystis* ont été identifiés sur la base de critères morphologiques, photographiés et dénombrés. Le sédiment a été tamisé (500µm) afin de rechercher les vers capitellidés. La méthode a été abandonnée du fait de leur inhabituelle grande taille qui permet de les visualiser directement à l'œil nu dans le sédiment accroché aux crampons des algues. Par site, plusieurs spécimens de chaque espèce ont été conservés en Ethanol 96 pour une identification moléculaire future (barcoding).

Suivi immunitaire des vers

Pour chaque site, les individus de chaque espèce ont été regroupés par lot : un lot témoin, un lot contrôle (individus recevant une injection de 10µl de PBS salin), un lot infecté (individus recevant une injection de 10 µl de bactéries tuées à 10^9 ou 1.10^{10} CFU/ml de PBS salin). Les bactéries *Bacillus hwajinpoensis* ont été préparées de la façon suivante : Une colonie a été ensemencée dans du milieu de culture LB salin stérile sous hotte puis mis en culture pendant 16h dans un incubateur à 37°C. La concentration a ensuite été mesurée par lecture de la densité optique à une longueur d'onde de 600nm. Les bactéries ont été centrifugées (5000 rpm pendant 10min) puis le culot microbien a été repris dans une solution de PBS salin dans un volume ajusté pour obtenir les deux concentrations choisies. Les bactéries ont ensuite été tuées en chauffant les solutions microbiennes à 100°C. Les solutions ont ensuite été aliquotées et congelées à -80°C. Un aliquot est décongelé extemporanément lorsqu'une infection est prévue, cet aliquot est à usage unique. Tous les produits et plastiques contaminés ont été placés dans une poubelle particulière qui a été incinérée.

Un suivi de mortalité des individus de chaque lot (comportant le même nombre d'individus) est effectué à 6h post-infection, puis 12h, suivi d'un dénombrement toutes les 24h. Les individus sont considérés comme morts lorsque l'on constate une décoloration, un arrêt de mobilité et de réaction à la manipulation. Les individus morts sont stockés au -80°C pendant plusieurs jours avant élimination.

Pour l'étude des effecteurs moléculaires, 6h après l'infection plusieurs individus de chaque lot sont stockés en RNAlater et congelés à sec à -80°C pour une analyse ultérieure en biologie moléculaire.

Pour l'étude des effecteurs cellulaires un ou plusieurs individus de chaque espèce a été conservé entier et fixé soit en glutaraldehyde 2,5% soit en paraformaldehyde 4% à +4°C. Un prélèvement du liquide cœlomique de chaque espèce a été effectué et également conservé en

glutaraldehyde 2,5% ou en paraformaldehyde 4% à +4°C. Une analyse morpho-structurale des cellules immunitaires pourra ainsi être réalisée ultérieurement.

Tableau 3. Tableau récapitulatif du nombre d'individus par site et par espèce.

Site de collecte \ Espèces	<i>Capitella perarmata</i>	<i>Platynereis magalhaensis</i>	<i>Thelepus setosus</i>	<i>Harmothoe magellanica</i>
Port Christmas	1	5	3	100
Port Couvreux	30	20	20	3
Port aux Français	30	56	40	30
Fjord des Portes Noires	0	3	85	30
Ilot Channer	6	1		9
L'Île du Prince de Monaco	0	2	30	20
L'Île Suhm	0	3	2	0
Leon Levefre	0	5	5	4
Nombre total d'individus	67	95	185	196

4. Résultats

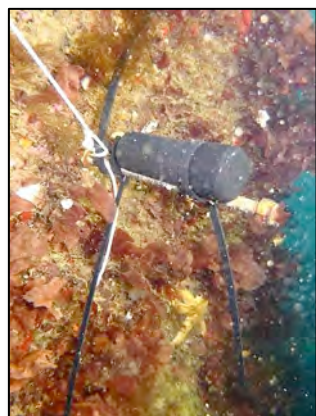
4.1. Mesures abiotiques

Sur les 24 relèves de loggers nécessaires, 22 ont pu être effectuées (tableau 4).

Tableau 4. Dates d'instrumentation de dernière relève et de renouvellement des thermo-enregistreurs, conductimètres et placettes de recrutement aux 9 sites de suivi. Les **cases rouges** indiquent que le logger n'a pu être retrouvé ou remonté en 2019. La date indique la dernière relève.

		Golfe du Morbihan					Secteur Nord		Secteur Sud	
		Port-aux-Français	Haute	Longue	Suhm	Channer	Trois Bergers	Port Christmas	Portes Noires	Monaco
T° 5 m	Installation	2017	2011	2011	2013	2014	2013	2014	2013	2013
	Relève	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	
	Renouvellement	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	
T° 15 m	Installation		2011	2011	2013	2014	2011	2011	2011	2011
	Relève		2019	2019	2019	2019	2018	2017	2019	2018
	Renouvellement		2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019
Sal.	Installation		2017	2017	2017	2017	2018	2019	2018	2018
	Relève		2019	2019	2019	2019	2019		2019	2019
	Renouvellement		2019	2019	2019	2019	2019		2019	2019
Placettes	Installation		2013	2013	2013	2014	2013	2014	2013	2013
	Relève		2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019
	Renouvellement		2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019

Thermo-enregistreurs :



Les données de température de 13 thermo-enregistreurs de Kerguelen ont été récupérées (tableau 4), traitées et compilées à l'aide du logiciel Hoboware. Un rapide aperçu des valeurs semble indiquer (figure 10) :

- une absence du pic chaud observé dans de nombreux sites en février 2018, ou tout du moins, les pics sont moins marqués (maximales de 1° à 1,5°C de moins), avec des maximales estivales moins fortes (8°C), en particulier dans les sites hors golfe de Port Christmas et de Monaco sous plus forte influence du large. Exception toutefois faite pour l'Ile Haute et Port aux Français (pics à 11°C fin janvier-début février). La moyenne des minimales hivernales est proche de +2°C dans le golfe, +2,5°C à l'extérieur, exception faite encore une fois à Port aux Français où des minimales de +0,5°C sont enregistrées.
- Le site de Port aux Français se démarque nettement de tous les autres sites par ses fortes amplitudes de température. Les forts pics estivaux (+11°C fin janvier) ne se retrouvent qu'à l'Ile Haute, mais les minimales hivernales (+0,5°C) observées mi-septembre sont de 2°C inférieures à celles des autres sites. Les mêmes tendances sont observées au cours des deux années de mesure, avec toutefois un retard d'un mois en 2019 par rapport à 2018.
- A l'inverse, le site de Port Christmas présente les plus faibles amplitudes de température (2,5°C à 6,5°C). Le pic de maximales observé mi-février 2018 (7,4°C) n'est pas visible en 2019. Le site des îles du Prince de Monaco présente également de faibles amplitudes (2,6 à 7°C), les maximales estivales étant décalées d'un mois par rapport à Port Christmas.

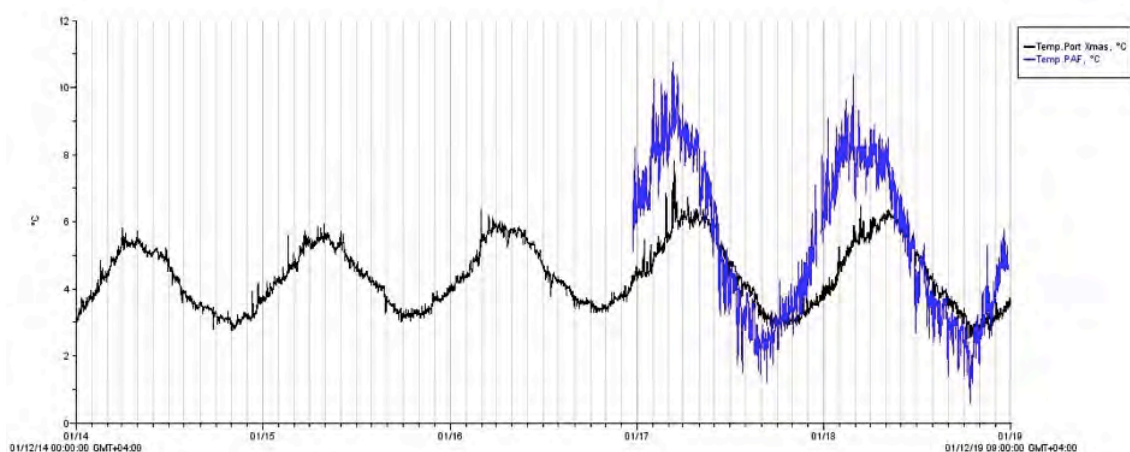


Figure 10. Températures enregistrées à Port Christmas (courbe noire) depuis 2014 et à Port aux Français (courbe bleue) depuis 2017 par les loggers Hobo U22-001.

Loggers de conductivité :

Les sept conductimètres précédemment installés à Kerguelen ont été relevés et les données récupérées. Deux nouveaux conductimètres ont été installés, l'un à Port Christmas et l'autre au bas de la Roche Quille à Saint Paul (tableau 4, figure 11). Le conductimètre installé en 2018 à Amsterdam (Ribault) n'a pu être retrouvé et n'a pas été remplacé. A Kerguelen, les valeurs de salinité varient de façon importante, entre 32 (hiver) et 37 (été). De façon inattendue, le site du Fjord des Portes Noires présente une grande stabilité des valeurs de salinité (comprises

entre 35 et 36). Le faible développement des *Macrocystis* et sa position en fond de canyon avec de forts tombants verticaux à plus de 50m pourraient expliquer les faibles variations observées du fait de l'inertie thermique des grandes masses d'eau présentes.

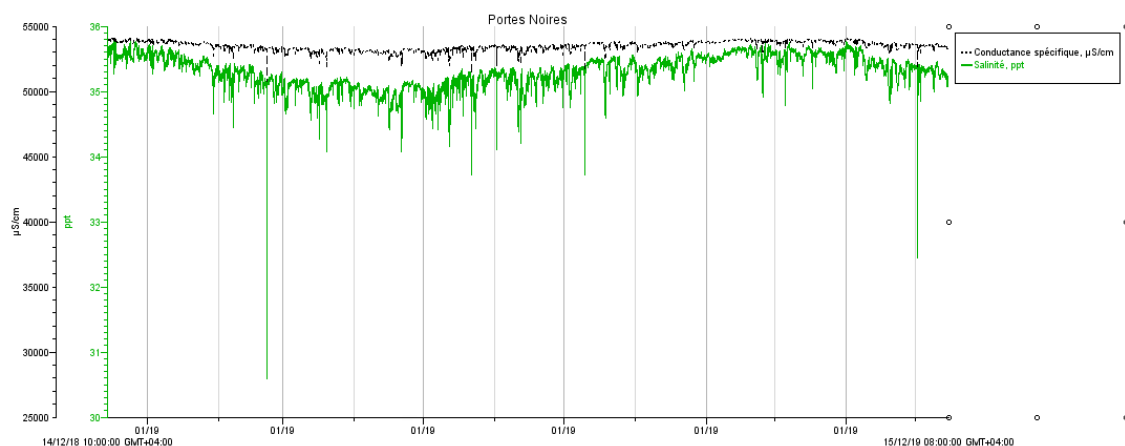


Figure 11. Données de salinité (courbe verte) et de conductance spécifique (courbe noire) enregistrées par le logger Hobo U24-002-C au fjord des Portes Noires en 2019.

Placettes de recrutement :

Toutes les placettes ont été relevées, photographiées *in situ* et renouvelées suivant le protocole établi pour les huit sites (tableau 3, annexe 2). Le protocole de renouvellement a été adapté aux stations hors golfe qui n'avaient pas été relevées depuis plusieurs années pour certaines. Les dispositifs de fixation des placettes (supports et fixations) ont été entièrement renouvelés sur l'ensemble des 8 sites de suivi : racks inox neufs et visserie papillon inox pour faciliter la relève. Une fois relevées, les placettes ont été immédiatement grattées et les organismes fixés dans l'éthanol et conservés à +4°C. Leur retour a eu lieu dès OP4.

Mesures ponctuelles de pH :

Des mesures ponctuelles du pH de l'eau de surface et de fond ont été réalisées à quatre sites à l'aide d'un pH mètre portable WTW IP67 3110 calibré à chaque fois avec trois solutions tampon (pH 4.01, 7.00 et 10.00). Les échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide d'une bouteille Niskin depuis l'embarcation *Le Commerson* au droit des sites en subsurface et près du fond. En raison d'une défaillance de l'électrode, probablement due aux secousses répétées à bord du *Commerson*, seuls deux sites à l'intérieur du Golfe, Suhm et Haute, et deux sites au Nord de l'archipel, l'Îlot des Trois Bergers et Port Christmas, ont pu être suivis pour ce paramètre (tableau 5).

Tableau 5. Valeurs de pH et de température mesurées dans l'eau de mer durant la campagne en subsurface et près du fond à l'aide d'une sonde pH WTW 3100 à quatre sites de suivi.

Site	Date	Heure (UTC+4)	pH de surface	Température de surface (°C)	pH de fond	Température de fond (°C)	Profondeur de la mesure au fond (m)
Îlot des Trois Bergers	30/11/2019	16:00	8,348	5,5			
Port Christmas	01/12/2019	15:50	8,269	4,2			
Île Haute	04/12/2019	17:00	8,231	5,2	8,185	4,5	20
Île Suhm	07/12/2019	09:00	8,355	5	8,465	4,3	16

Mesures ponctuelles Horiba:

Des profils verticaux ont été réalisés sur l'ensemble des stations à l'exception des îles Haute et Longue depuis la *Curieuse* ou le *Comerson* de la surface à 15m. Les paramètres de température, salinité, oxygène dissous et potentiel rédox ont été relevés, mais la sonde de turbidité et la sonde pH fournissaient des valeurs aberrantes malgré plusieurs essais d'étalonnage tentés.

4.2. Prises de vue

Transects Vidéo

Tableau 6. Position des débuts et fins de transects vidéo réalisés en plongée en scaphandre autonome ainsi qu'avec le ROV opéré depuis la *Curieuse*.

Site	Date	Evènement	Transect	Lat 1	Long 1	Lat 2	Long 2
Crique du Sphinx	18/11/2019	plongée 1	Transect 1	-46.4131	51.8682	-46.4130	51.8686
Port aux Français	25/11/2019	plongée 2	Transect 2	-49.3524	70.2185	-49.3533	70.2196
Ilot des Trois Bergers	29/11/2019	plongée 4	Transect 3	-49.2900	69.7113	-49.2897	69.7113
Ilot des Trois Bergers	30/11/2019	ROV 2	Transect 4	-49.2891	69.7117	-49.2895	69.7117
Ilot des Trois Bergers	30/11/2019	plongée 7	Transect 5	-49.2900	69.7119	-49.2902	69.7118
Port Christmas	01/12/2019	plongée 8	Transect 6	-48.6819	69.0327	-48.6816	69.0327
Port Christmas	01/12/2019	ROV 3	Transect 7	-48.6776	69.0263	-48.6776	69.0263
Ile Haute	02/12/2019	ROV 4	Transect 8	-49.3880	69.9420	-49.3881	69.9425
Ilot Channer	02/12/2019	ROV 5	Transect 9	-49.3864	70.1844	-49.3869	70.1843
Ile Haute	04/12/2019	plongée 10	Transect 10	-49.3875	69.9412	-49.3876	69.9417
Ile Haute	04/12/2019	plongée 10	Transect 11	-49.3875	69.9412	-49.3876	69.9417
Ile Suhm	06/12/2019	plongée 12	Transect 12	-49.4934	70.1613	-49.4934	70.1620
Ile Suhm	06/12/2019	plongée 12	Transect 13	-49.4934	70.1613	-49.3864	70.1843
Ilot Channer	11/12/2019	plongée 18	Transect 14	-49.3831	70.1856	-49.3839	70.1870
Ile Longue	12/12/2019	plongée 20	Transect 15	-49.5385	69.8842	-49.5387	69.8841
Ile Suhm	12/12/2019	ROV 6	Transect 16	-49.4949	70.1626	-49.4947	70.1625
Iles du Prince de Monaco	13/12/2019	ROV 7	Transect 17	-49.5994	69.2418	-49.5996	69.2416
Iles du Prince de Monaco	14/12/2019	plongée 24	Transect 18	-49.6003	69.2403	-49.6003	69.2404
Fjord des Portes Noires	14/12/2019	ROV 8	Transect 19	-49.4936	69.1509	-49.4938	69.1506
Fjord des Portes Noires	15/12/2019	plongée 26	Transect 20	-49.4942	69.1496	-49.4941	69.1494
Ile Longue	17/12/2019	ROV 9	Transect 21	-49.5404	69.8842	-49.5401	69.8842

21 transects vidéo ont été réalisés couvrant l'ensemble des sites : 13 transects vidéo réalisés aux sites d'étude en plongée à l'aide de la planche vidéo MOB3D et 8 transects ROV réalisés depuis la *Curieuse*.

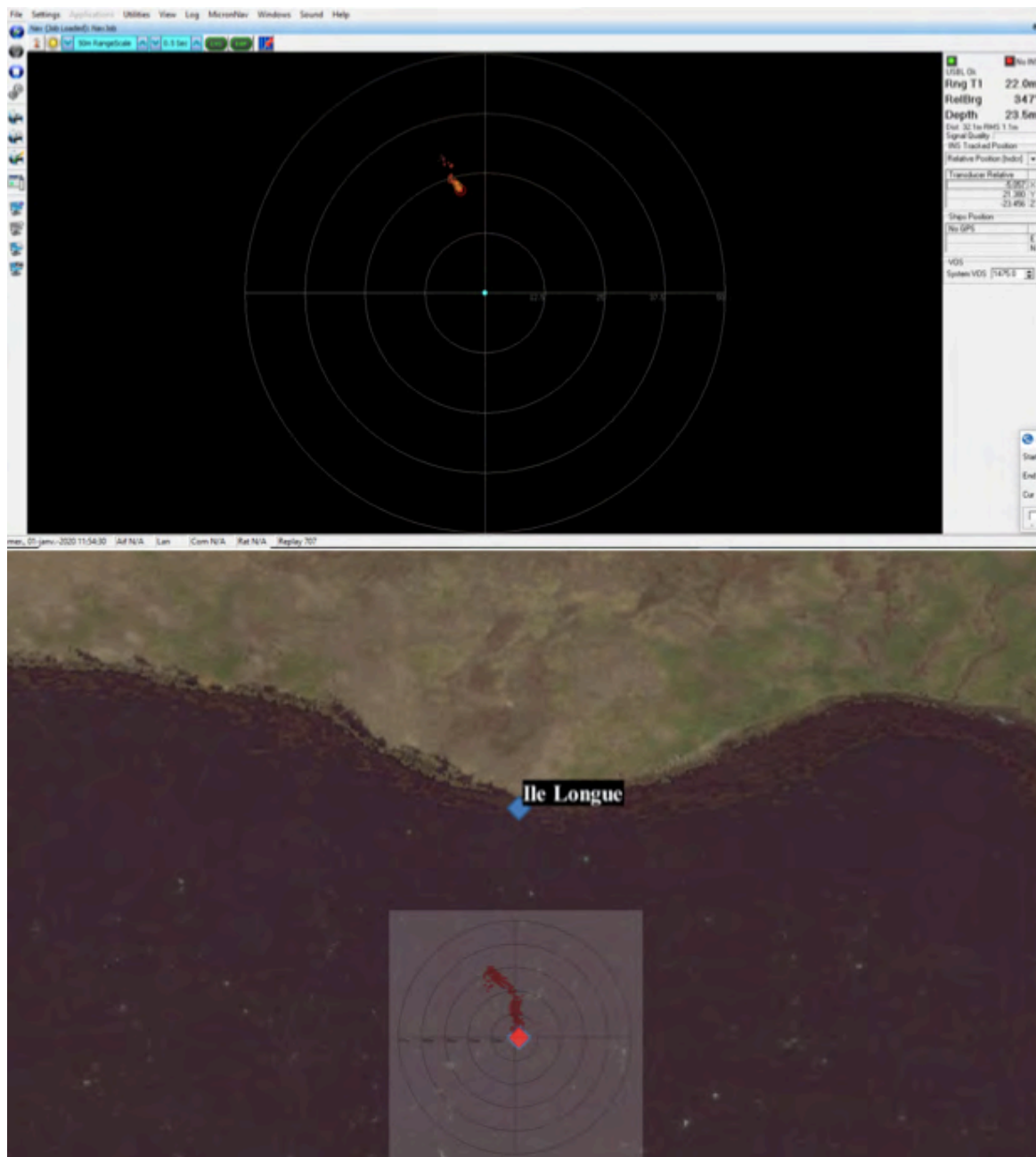


Figure 12. Transect 21 (ROV9 - 30m) réalisé avec le ROV au droit du site de l'île Longue. Suivi de la position du ROV avec le logiciel Seanet Pro (haut), le centre de la mire correspond à la position du transpondeur (le navire). Trace enregistrée des positions du ROV (bas), le losange rouge au centre de la mire indique la position de la *Curieuse*.

4.3. Echantillonnage

Crampons de *Macrocystis*

10 crampons de *Macrocystis* ont été prélevés en huit sites distincts, entre 5 et 20 m de profondeur, afin d'y échantillonner les spécimens de polychètes utilisés pour les analyses d'immunologie. Une première estimation de la diversité faunistique associée et de la composition des communautés associées aux crampons a été faite. Les morphotypes de tous les invertébrés marins présents dans les crampons ont été identifiés et comptabilisés. Des échantillons de sédiment (un flacon de 1L et 3 Falcon de 50ml) étaient directement prélevés sous les crampons quand cela était possible. Les spécimens de terrébélidés, néréides, et capitellidés ont été prélevés puis mis en aquarium pour expérimentation (voir santé immunitaire). Les autres organismes ont été fixés dans l'éthanol après tri et comptage. Une

partie des sédiments (flacon de 1L) a été tamisée (500 μm) et les organismes présents comptés et identifiés. L'autre partie (3 Falcon de 50 ml par site) a été conservée à -80°C en vue d'analyses géochimiques ultérieures (métaux lourds, sulfures, granulométrie) qui seront réalisées en collaboration avec Gabriel Billon et Ludovic Lesven de l'université de Lille.

Tableau 7. Echantillons de crampons de la laminaire *Macrocystis pyrifera* échantillonnés pour inventaire de la faune associée.

Site	Ile Suhm	Iles du Prince de Monaco	Port Christmas	Port Couvreur	Fjord des Portes Noires	Port Aux Français	Port Christmas	Port Couvreur	Ilot Channer	Ile Léon Lefèvre
n°-	PTK8_50	PTK8_105	PTK8_37	PTK8_32	PTK8_108	PTK8_8	PTK8_38	PTK8_33	PTK8_81	PTK8_102
prof. (m)	20	9	15	6	5	5	15	5	13	8



Figure 13. Sites d'échantillonnage des crampons de *Macrocystis pyrifera* (points rouges) et sites de suivi non échantillonnés (points blancs).

Un rapide aperçu de la diversité des communautés observées dans les crampons indique un minimum de 16 classes identifiées, 8 à 11 d'entre elles étant présente sur chaque crampon, pour un nombre de 33 à 16 morphotypes présents à chaque fois. La richesse la plus élevée a été notée à l'Ile Suhm (33). La diversité semble pour partie corrélée à la profondeur (figure 15) et à la maturité des crampons mais l'environnement immédiat des crampons (nature et composition du substrat) semble être le facteur déterminant en accord avec les observations réalisées précédemment. Les annélides sont à la fois le taxon le mieux représenté en termes de richesse et d'abondance. Viennent ensuite les crustacés, les gastéropodes, les ophiures, les ascidies puis les astéries par ordre de richesse décroissante. La diversité des annélides collectés varie d'un site à un autre, elle est plus importante à Port aux Français et à Port Couvreur en comparaison des autres sites (figure 10). La biomasse la plus élevée est clairement celle observée au fjord des Portes Noires, ce qui est conforté par les vidéos prises en profondeur avec le ROV. Des prélèvements de *Macrocystis* n'ont pas pu être effectués dans certains sites (Ile Haute et Ile longue) ou l'ont été dans des zones plus profondes que dans les autres sites (Suhm, Port Christmas 20m, 15m et 13m au lieu des 5-6m des autres lieux), ce qui peut expliquer la faible et/ou la différence de représentativité des polychètes dans ces derniers sites.

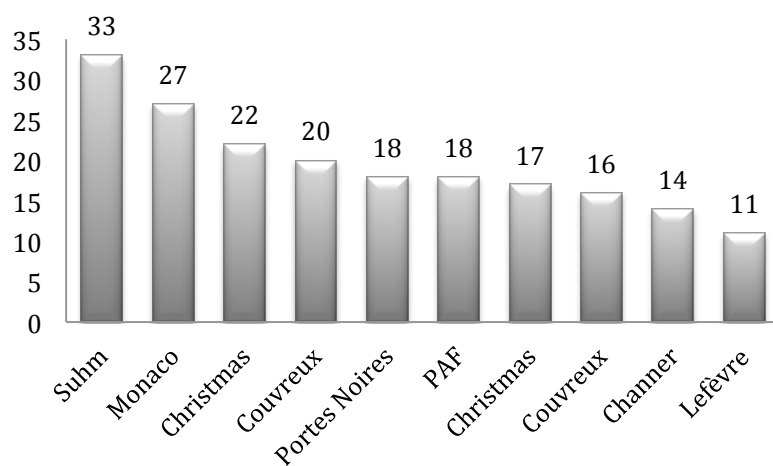


Figure 14. Richesse taxinomique de la faune associée aux crampons de *Macrocytis* pour chaque site.

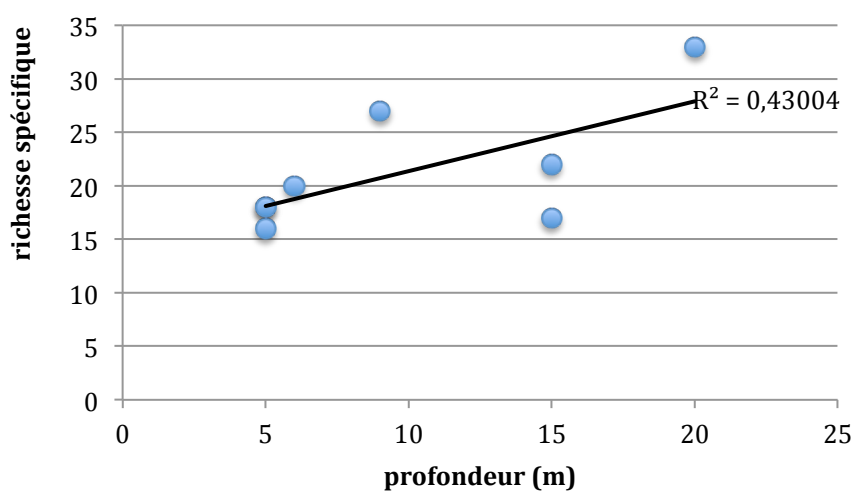


Figure 15. Richesse taxinomique et profondeur

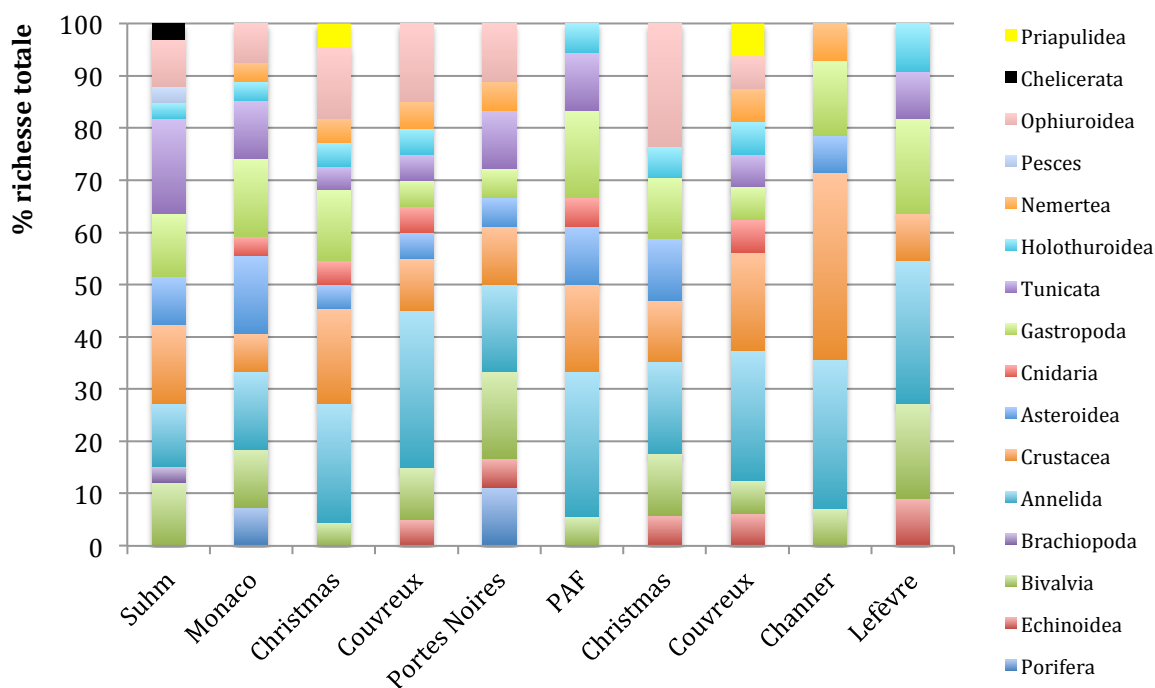


Figure 16. Composition de la richesse des crampons de *Macrocytis* pour chaque site (% richesse taxinomique par classe).



Figure 17. Représentativité par site des quatre espèces de polychètes identifiées dans les crampons de *Macrocystis*.

Phylogéographie et identification moléculaire des espèces

Des échantillonnages spécifiques d'étoiles de mer ont été réalisés à Crozet et Kerguelen afin de préciser la systématique et la phylogénie de ce groupe tout en contribuant à l'inventaire des espèces marines côtières. Les spécimens seront étudiés par C Moreau et Q Jossart (Université Libre de Bruxelles).

Les autres échantillons de génétique récoltés lors de la campagne seront analysés au Chili dans le cadre de thèses doctorales et de différents projets financés par l'agence de recherche chilienne (CONICYT) et par l'Institut National Antarctique Chilien (INACH). Les spécimens ont été échantillonnés à Crozet et à Kerguelen dans la zone intertidale ou subtidale en plongée sous-marine. Ces récoltes permettront de comparer les représentants de ces genres avec ceux trouvés à Kerguelen et dans d'autres secteurs de l'océan Austral.

Une identification génétique par barcoding des polychètes collectés sera réalisée à l'université de Lille à l'exception des *Harmothoe magellanica* qui seront traités par Katrine Worsaae (Université de Copenhague, Danemark).

Ecologie trophique

Des échantillons de macro-algues *Codiaceae* et *Lithothamniaceae*, des biofilms, de l'eau et du sédiment ont été prélevés aux îles Haute et Suhm afin de compléter les récoltes de 2015 et 2017 réalisés à ces deux sites (tableau 8). Les échantillons ont été ensuite préparés à Biomar directement après leur prélèvement.

- Macro-algues : les échantillons ont été prélevés en fin de plongée aux deux sites (6 individus par site). Ils ont été rincés, grattés et nettoyés à l'eau douce. Pour les coussins de *Codiaceae* massifs, deux prélèvements de tissus ont été réalisés sur chaque individu (réplicats a et b) puis les prélèvements ont été broyés et homogénéisés à l'aide d'un Homogenizer IKA T10 basic. Les six individus de *Lithothamniaceae* ont été conservés en entier. Broyats de *Codiaceae* et individus de *Lithothamniaceae* ont été mis au

congélateur à -80°C pendant 24h puis lyophilisés pendant 48h dans le lyophilisateur Heto Power Dry LL 3000 de Biomar pour leur conservation.

- Eau de mer : chaque échantillon d'eau de mer a été prélevé indépendamment à l'aide d'une bouteille Niskin depuis le bord du *Commerson* au droit des sites, en sub-surface (à 2 m de profondeur) et en profondeur (20m à Haute et 16m à Suhm). Chaque échantillon (3L) a été filtré sur un filtre Whatman GF/C préalablement brûlé et pesé à l'aide d'une pompe à vide N86 Laboport. Chaque filtre a été rincé à l'eau distillée à raison de 500 ml par filtre. Les filtres ont été ensuite mis à l'étuve à 40°C pendant 24h.

- Biofilms : afin d'obtenir des échantillons de biofilms, six grandes lames de *Macrocystis pyrifera* ont été prélevées à chaque site puis tamponnées sans rinçage avec un filtre Whatman GF/C jusqu'à ce que le filtre soit suffisamment chargé. Les filtres n'ont pas été rincés à l'eau distillée et n'avaient pas été pré-pesés ni brûlés. Ils ont été ensuite mis à l'étuve à 40°C pendant 24h.

- Sédiment : trois échantillons de 50 ml de sédiment ont été prélevés en limite inférieure des laminaires ainsi qu'au milieu des laminaires, soit six échantillons par site. Chaque échantillon a été étalé sur une boîte de Pétri puis mis au congélateur à -80°C pendant 24h avant d'être lyophilisé pendant 48h à l'aide du lyophilisateur Heto Power Dry LL 3000 de Biomar.

L'ensemble des échantillons sera analysé au laboratoire Biogéosciences fin janvier-début février 2020.

Tableau 8. Echantillons prélevés et préparés en vue des analyses isotopiques

	Ile Haute			Ile Suhm		
	prof.	échantillon	nombre	prof.	échantillon	nombre
Macro-algues						
<i>Codiaceae</i>	5	PTK8_70. 1a-6b	12	5	PTK8_60. 1a-6b	12
<i>Lithothamniaceae</i>	5	PTK8_71. 1-6	6	10	PTK8_61. 1-6	6
Biofilm	12	PTK8_69. 1-6	6	13	PTK8_62. 1-6	6
Eau surface	2	PTK8_46. 1-2	2*3L	2	PTK8_48. 1-3	3*3L
Eau fond	20	PTK8_47. 1-3	3*3L	16	PTK8_49. 1-3	3*3L
Sédiment milieu	12	PTK8_73	3*50ml	10	PTK8_64	3*50ml
Sédiment profond	20	PTK8_72	3*50ml	25	PTK8_63	3*50ml

4.4. Santé immunitaire des polychètes

Les *Harmothoe magellanica* sont apparues très sensibles au stress (visible par une perte des écailles) lors du maintien en aquarium avec une mortalité hétérogène y compris chez les animaux non infectés. Pour cette raison, cette espèce pourtant en nombre dans plusieurs sites, ne constitue pas de prime abord un bon candidat pour l'expérimentation.

Pour les trois autres espèces, *Capitella perarmata*, *Platynereis magalhaensis* et *Thelepus setosus* le maintien et l'infection microbienne ont bien fonctionné, la bactérie choisie pour l'étude et la dose injectée s'avérant pathogènes dans les trois cas. Un suivi de mortalité post-injection a donc pu être effectué et la résistance à l'infection par site et par espèce est estimée en calculant le temps nécessaire pour que 50% des individus soient tués (Figure 18).

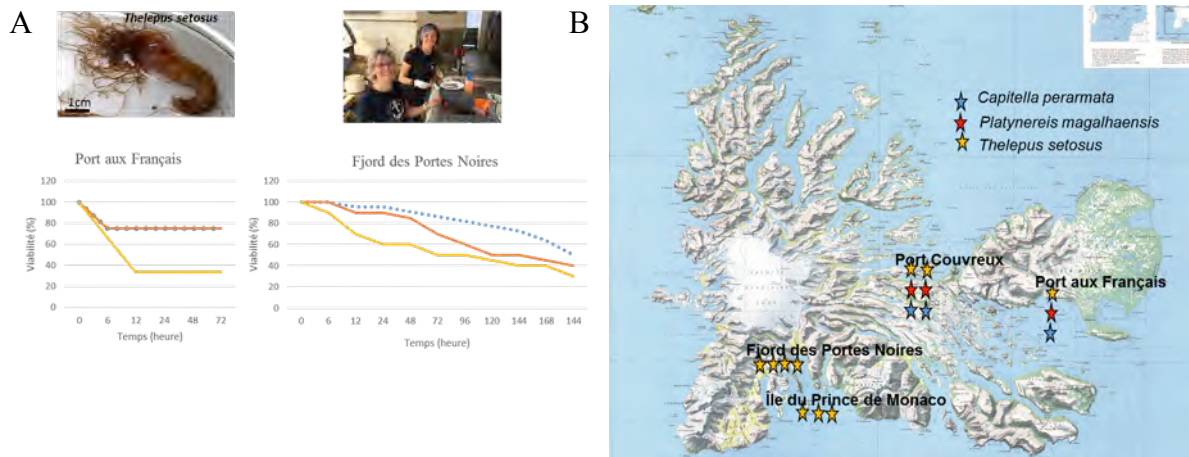


Figure 18. A: Pourcentage de survie au cours du temps des *Thelepus setosus* issus de Port aux Français (PAF) et de Portes Noires. Individus non injectés (bleu), injectés par une solution saline (rouge), injectés par des bactéries (jaune). B : Capacité de résistance à l'infection par site et par espèce : une étoile = 15 jours, deux étoiles = 25 jours, trois étoiles = 32 jours et quatre étoiles = 70 jours.

On remarque que les espèces de PAF sont les moins résistantes à l'infection en comparaison de celles de Port Couvreur, puis de l'Ile du Prince de Monaco, les *Thelepus setosus* du fjord des Portes Noires étant de loin les plus résistantes.

Les mécanismes immunitaires sous-jacents à cette réponse différentielle seront étudiés au laboratoire de Lille. L'analyse géochimique des sédiments combinée aux données de température, de salinité et de pH nous permettront d'éventuellement corréliser ces données aux caractéristiques physicochimiques de l'habitat des vers.

5. Inventaire du matériel

L'inventaire détaillé du matériel et des équipements restés sur base à Port-aux-Français et dédiés au programme PROTEKER a été établi. Il est fourni en annexe 3 de ce rapport. Le bâtiment "Chez Peter" a permis le stockage de l'ensemble du matériel et des équipements. Les produits dangereux (éthanol) sont stockés dans le conteneur blanc à proximité de BIOMAR.

6. Collaborations

6.1. Collaborations scientifiques

IPEV n°136 Subanteco

Immunologie

Aurélie Tasiemski (Université de Lille)

L'immunité des organismes est très sensible aux variations environnementales et son étude chez certaines espèces permet d'en faire des bio-indicateurs des diverses sources de stress environnemental (changement climatique, impact anthropique) tout en révélant la santé des populations et leurs capacités d'expansion (cas des espèces invasives). Cette approche d'immunologie écologique est abordée dans les deux programmes IPEV n°136 et n°1044 et porte sur des systèmes (terrestre et marin) et des modèles biologiques (carabe du genre *Merizodus* et vers polychètes) très différents. Elle est développée sur le district de Kerguelen par Aurélie Tasiemski et Céline Wichlacz-Boidin de l'Institut de Pasteur de Lille et comprend à la fois une phase d'inventaire, d'observation et d'échantillonnage sur le terrain ainsi que de l'expérimentation au Biomar à Port aux Français. Cette approche commune a motivé le choix d'une mutualisation de personnels entre les deux programmes puisque Céline Wichlacz-Boidin est venue sur le programme 1044 et Aurélie Tasiemski sur le programme 136. Elles ont étroitement collaboré tout au long de la campagne sur les objectifs des deux programmes.

Meiofaune marine

Katrine Worsaae (Université de Copenhague)

L'un des objectifs scientifiques de la campagne d'été 2019-2020 du programme 136 concernait l'étude de la meiofaune d'eau douce des îles subantarctiques, travaux réalisés en collaboration avec Katrine Worsaae & Peter Rask Møller de l'Université de Copenhague. A leur demande, des échantillons de sédiment marin ont été prélevés par les plongeurs du programme Proteker pour y étudier la meiofaune et avoir un point de comparaison en domaine marin. Ce sont surtout des échantillons de sédiment prélevés à Saint Paul à l'intérieur et à l'extérieur du cratère, ainsi qu'à Amsterdam, au mouillage Ribault (figure 5), entre 8 et 16m de profondeur qui ont pu être observés à bord du *Marion Dufresne* au passage à OP4.

Les échantillons prélevés à Saint Paul dans le cratère sont des sédiments mixtes de sables grossiers à boueux, très riches en détritux et diatomées, mais assez peu en méiofaune, sans doute du fait de la nature hétérogène du sédiment et de son manque d'oxygénation. Seuls les taxons de la meiofaune capables de supporter ces conditions ont été observés tels que les Gnathostomulida, Nematoda, et annélides cirratulides. Les échantillons se caractérisent aussi par la forte prédominance des Tanaidacea, crustacés de la macrofaune.

Les sédiments d'Amsterdam sont des sables grossiers mieux triés et bien oxygénés, prélevés à 10m sous condition plus exposée. La meiofaune y est bien représentée et fortement diversifiée comparé à Saint Paul. Outre les copépodes harparctoïdes, les échantillons sont dominés par les gastrotriches et les annélides représentés par un grand nombre de genres et familles, dont des annélides très rares : les Psammodrilidae et les Diurodrilidae. A l'inverse, les annélides Pisioninae, Syllidae, Dorvilleidae et les gastrotriches macrodasyides sont beaucoup plus abondants. Trois espèces au moins, *Pisione sp.*, *Diurodrilus sp.*, et *Psammodrilus sp.* ont d'ores et déjà pu être identifiées comme de potentielles nouvelles espèces, leur identité et leurs relations phylogénétiques seront examinées et précisées par Katrine Worsaae à l'Université de Copenhague par méthodes microscopiques, barcoding et analyses de phylogénie moléculaire.

Foraminifères

Eric Arminot du Châtelet (Université de Lille)

Le programme 1200 EnviKer a pour objectif de caractériser les environnements et paléo-environnements des Iles Kerguelen à partir de l'étude des amibes à thèque (protistes) pour la mise en place d'un outil de caractérisation et de suivi des changements environnementaux. Pour atteindre cet objectif, il faut établir l'inventaire des amibes et circonscrire leurs environnements de vie. Ces amibes à théques sont les thécamoebiens dans les milieux continentaux et les foraminifères dans les milieux marins. Dans les milieux saumâtres, les deux groupes sont présents. Le programme EnviKer s'appuie sur un protocole d'échantillonnage défini selon des gradients altitudinaux océan-continent. Les milieux côtiers à sédiment fin sont les plus propices au développement et à la vie des amibes. Lors de la campagne Proteker, des sédiments fins ont été prélevés en cinq sites autour des Kerguelen entre 0,5 à 6 m de profondeur à Port aux Français, Port Couvreur, Ile Haute, Anse du Halage et Fjord des Portes Noires. Pour le groupe des foraminifères, ces prélèvements sont essentiellement exploratoires et permettront de combler une lacune scientifique. En effet, l'existence de foraminifères n'a jamais été mentionnée que dans les rapports de mission sur des prélèvements profonds réalisés dans la baie de la Table à plus de 100 m de profondeur, le groupe n'étant autrement mentionné que sous le terme de protozoaires. L'étude de ces échantillons permettra donc de préciser la diversité spécifique des foraminifères présents dans les environnements côtiers peu profonds.

Des échantillons supplémentaires ont été prélevés à l'occasion des plongées réalisées aux îles Saint Paul et Amsterdam. Là encore, ils permettront de préciser la diversité des amibes présentes en zone côtière. Les observations préliminaires indiquent une grande densité de foraminifères benthiques pour certaines des espèces courantes, mais aussi d'autres aux distributions plus restreintes. A titre indicatif, les formes courantes sont bien représentées par les bolivinidés (benthiques à test carbonaté), des formes rares comme celles du genre *Astrorhiza* ont également été observées (test agglutiné). Ces observations seront complétées par des mesures granulométriques, des analyses minéralogiques (proportion de carbonates et de silicates) géochimiques (matière organique : C, H, N, S) des sédiments prélevés dans le cratère et à la roche Quille.

Autres collaborations scientifiques du programme Proteker

Phylogéographie

Angie Diaz (Université de Concepción), Elie Poulin (Université du Chili), Claudio Gonzalez-Wevar (Université Australe du Chili, Valdivia)

Ce volet du programme porte sur l'étude de la structuration génétique, la phylogéographie et la phylogénie de taxons cibles des habitats marins côtiers des Kerguelen. Il est réalisé en étroite collaboration avec les collègues chiliens des universités de Concepción, du Chili à Santiago et de Valdivia. A ce titre, le professeur Elie Poulin avait participé à deux campagnes d'été sur le terrain à Kerguelen, en 2013-2014 et 2017-2018, en tant que collaborateur invité. Le principal objectif du projet est de comprendre l'origine et l'évolution de la faune marine de l'océan Austral. Le projet s'appuie sur les situations géographiques très complémentaires entre bases et terrains de recherche français et chiliens dans l'est et l'ouest de l'océan Austral pour reconstruire l'histoire évolutive de plusieurs groupes d'organismes marins qui possèdent une ample distribution géographique incluant généralement le continent Antarctique, la Patagonie et la majorité des îles subantarctiques. Les organismes ciblés incluent la macroalgue du genre *Adenocystis*, les mollusques des genres *Neobuccinum*, *Margarella*, et

Aequiyoldia, les oursins *Abatus*, *Ctenocidaris* et *Sterechinus*, et le poisson nothothénoïde *Harpagifer*.

Cette collaboration franco-chilienne permet à ce volet de Proteker de bénéficier des financements des programmes de recherche chiliens de l'agence de recherche chilienne (CONICYT) et de l'Institut National Antarctique Chilien (INACH) pour l'étude et l'analyse des échantillons. A ce titre, les échantillons de Crozet et Kerguelen alimentent les travaux de trois thèses de doctorat et de deux projets de recherche chiliens en cours (FONDECYT regular 1151336, INACH DG_03-16, projet CONICYT "Genomics Antarctic Biodiversity").

Evolution des micro-organismes du microbiote

Elie Poulin (Université du Chili, Santiago), Léa Cabrol (IRD - Santiago), Guillaume Schwob (Université du Chili, Santiago)

A l'interface entre biologie moléculaire et écologie microbienne, ce projet s'appuie sur le programme chilien du CONICYT "Genomics Antarctic Biodiversity" porté par E Poulin. Il a pour objectif de comprendre si les processus évolutifs à l'origine des spéciations sont analogues chez les macro-organismes et leurs micro-organismes associés. Les résultats doivent permettre d'identifier la contribution respective de l'hôte et des facteurs environnementaux pour expliquer la composition des communautés bactériennes associées au système digestif de deux hôtes cibles : le genre de poisson nothothénoïde *Harpagifer* et l'oursin spatangue *Abatus*. Dans ce but, des échantillons du poisson *Harpagifer* ont été prélevés en plongée à Kerguelen et Crozet ainsi que des échantillons de sédiment et des spécimens de l'oursin endémique du plateau des Kerguelen *Abatus cordatus*. Ces échantillons seront analysés à Santiago du Chili dans le cadre du post-doctorat de G Schwob.

Systématique

Octocoralliaires - Paulina Brüning (Université de Buenos Aires, Buenos Aires)

Dans le cadre de la thèse de doctorat de P Brüning portant sur la phylogénie des octocoralliaires antarctiques et subantarctiques, *Alcyonium* et *Primnoella*, des spécimens ont été récoltés aux îles Suhm et Prince de Monaco. Les espèces seront identifiées et des travaux de barcoding réalisés.

Mollusques - Sebastian Rosenfeld (Université de Magellan, Punta Arenas)

Dans le cadre de l'inventaire faunistique des zones côtières de Kerguelen, les mollusques bivalves et gastéropodes échantillonnés lors des plongées seront identifiés par S Rosenfeld de l'université de Magellan à Punta Arenas au Chili. L'objectif est d'arriver à produire un atlas des espèces communes de l'archipel et de leur distribution. Les analyses moléculaires réalisées permettront également de réviser la systématique des groupes et leurs affinités phylogénétiques et phylogéographiques.

Biominéralisation

Danièle Gaspard (Muséum national d'Histoire naturelle)

Plutôt rare en zone cotière, le brachiopode *Aerothyris kerguelenensis* est communément trouvé en zone profonde autour des archipels de Crozet et de Kerguelen. En zone côtière, des spécimens ont cependant été trouvés fixés sur les coquilles de la moule striée *Aulacomya atra*, à l'île Suhm à 15m de profondeur ainsi que dans les crampons de *Macrocystis pyrifera*. Il s'agit du seul site où le groupe a été documenté en zone peu profonde, les autres spécimens trouvés provenant de chalutages réalisés en 2013 au large de l'île Suhm et dans la baie de l'Oiseau au nord de l'archipel. Grâce aux suivis de température et de salinité réalisés à Suhm,

D Gaspard va pouvoir étudier les processus de biominéralisation et la géochimie des coquilles en fonction de ces deux paramètres. Une précédente étude portant sur les spécimens récoltés en 2013 avait permis de mettre en évidence l'effet de la température, bien qu'un fort facteur vital soit aussi présent.

Analyses géochimiques

Gabriel Billon et Ludovic Lesven (université de Lille).

Les sédiments prélevés sous les crampons de *Macrocystis* seront analysés en collaboration avec Gabriel Billon et Ludovic Lesven de l'université de Lille pour avoir la composition en métaux lourds, sulfures, et granulométrie. Les résultats obtenus permettront de mieux caractériser les conditions physio-chimiques de ces micro-habitats et l'immunologie des espèces de polychètes étudiées.

6.2. Partenariat avec la Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises

A l'occasion du renouvellement du programme Proteker (2019-2022), la Réserve naturelle nationale des Taf a ré-affirmé son engagement et son soutien dans le cadre du partenariat historique qui la lie aux activités de ce programme de l'IPEV. Ce partenariat est pleinement justifié par la forte contribution du programme aux objectifs du plan de gestion de la Réserve (2018-2027) portant sur l'amélioration des connaissances et le suivi des écosystèmes marins côtiers des Îles Australes ainsi que sur la définition des mesures à prendre pour la bonne gestion et la protection de ces écosystèmes. A l'occasion de la campagne d'été 2019-2020, ce partenariat s'est concrétisé par la participation de deux agents plongeurs scientifiques, Thibaut Thellier et Yoann Sabathe aux activités de terrain du programme (tableau 1). Les deux agents maîtrisent parfaitement les techniques et protocoles nécessaires à l'instrumentation et au suivi à long terme : installation, relève et renouvellement des loggers et placettes, acquisition et traitement des données de température et de conductivité. La réserve a également mis à disposition son semi-rigide le *Commerson*, ainsi que son pilote Mathieu Compère et son copilote Frédéric Corre pour les accès aux sites et les plongées dans le Golfe du Morbihan.

7. Conclusions : difficultés rencontrées et suggestions

L'absence de plusieurs compresseurs (trois!) habituellement disponibles a significativement impacté les opérations de gonflage des blocs de plongée (compresseurs IPEV, du RV *Marion Dufresne* et des Taaf). Si des solutions (compresseurs de la Marine) ont été trouvées pour les plongées aux Kerguelen, les plongées du bord du MD ont été plus que problématiques. Il serait souhaitable qu'un nouveau compresseur soit acquis par le bord.

Les plongées du bord du MD ont aussi été rendues difficiles du fait de l'utilisation du nouveau workboat comme annexe et support de surface qui s'avère être un mauvais choix comme en témoignent les incidents à répétition rencontrés depuis son acquisition. Cette embarcation à propulsion jet est inadaptée aux travaux en zone côtière et ne permet pas de conduire les plongeurs sur les sites de plongée en assurant la surveillance de surface en toute sécurité. En effet, la propulsion jet de cette embarcation ne permettait pas d'envisager une approche sereine dans les laminaires et l'aspiration de ces algues dans la turbine a posé problème à plusieurs reprises (propulsion bloquée et embarcation dérivante ayant nécessité des assistances extérieures répétées). Une problématique similaire avait déjà été rencontrée durant l'OP Eparses du fait de la présence de bancs de sable, l'embarcation ayant aussi dérivé et ayant été secourue *in extemis* à PAF lors d'une OP précédente. Au delà même de la plongée, il semble donc urgent qu'une embarcation de type semi-rigide hors bords soit acquise, comme cela était encore le cas il y a 2 ans, embarcation qui permettrait de réaliser des plongées en toute sécurité depuis le *Marion Dufresne*.

Le semi-rigide *Commerson* assure parfaitement l'accès aux sites de suivi du golfe et constitue un bon support pour des plongées sécurisées. Le seul inconvénient est l'attente des plongeurs entre deux plongées successives, d'autant plus délicate par gros temps. Une solution pourrait consister à permettre l'attente des plongeurs dans des abris côtiers présents à proximité des stations.

Côté Biomar de Kerguelen, quelques améliorations techniques et un complément d'équipements permettraient d'augmenter rapidement et significativement le potentiel scientifique de ces locaux dont le plan d'aménagement initial avait été très bien conçu. A titre d'exemple, l'installation d'une arrivée d'eau de mer pérenne, directement à Biomar est fortement souhaitable. Durant la campagne, le maintien des animaux (20L d'eau par aquarium dont les 2/3 étaient à renouveler quotidiennement), le tamisage des sédiments, la préparation de solutions à base d'eau de mer, a représenté une réelle difficulté. Il a fallu effectuer quotidiennement et parfois plusieurs fois par jour ces tâches en allant chercher l'eau au niveau du rivage avec des seaux, ce qui est éprouvant physiquement, parfois difficile lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises et peut perturber la faune locale installée sur le rivage. Un inventaire/suivi complet des équipements présents permettrait d'envisager les jouences et compléments nécessaires aux activités des nombreux programmes qui en dépendent (lyophilisateurs, étuves, distillateur, etc...) et à l'inverse, éviter le coût d'achats redondants entre programmes.

Enfin, de nombreuses mutualisations sont à envisager entre le programme Proteker et d'autres programmes de l'IPEV (Salmevol 1041, ImmunotoxKer 409, Subanteco 136, EnviKer 1200,...) pour privilégier l'accès à des zones d'étude communes, l'achat d'équipements communs, et l'instrumentation de terrain (stations météo, etc...).

8. Capture d'espèces protégées

Aucun des organismes prélevés durant la campagne n'appartient à une espèce protégée.

9. Impact sur l'environnement

Les prélèvements effectués durant cette campagne représentent une biomasse extrêmement faible et leur impact sur l'environnement est négligeable.

Annexes

Annexe 1

Calendrier général des opérations du programme réalisées durant la campagne 2019-2020.

NOVEMBRE 2019

						7 Départ domiciles et de Paris CDG	8 La Réunion Embarquement MD	9 MD	10 MD
11 MD	12 MD	13 MD	14 MD	15 MD Crozet	16 MD Crozet	17 MD Crozet	18 MD Crozet 1 Plongée Crique du Sphinx	19 MD Crozet	20 MD
21 MD	22 MD	23 Kerguelen PAF Débarquement MD	24 Kerguelen PAF	25 Kerguelen 1 Plongée PAF	26 Kerguelen PAF	27 Kerguelen 1 Plongée PAF	28 Kerguelen Embarquement Curieuse	29 Curieuse 2 Plongées POC	30 Curieuse 2 Plongées POC

DECEMBRE 2019

1 Curieuse 2 Plongées PX	2 Curieuse ROV Haute. Channer	3 Kerguelen PAF	4 Kerguelen 2 Plongées Haute	5 Kerguelen PAF	6 Kerguelen 2 Plongées Suhm	7 Kerguelen 4 Plongées Haute/Suhm	8 Kerguelen PAF	9 Kerguelen 1 Plongée Channer	10 Kerguelen PAF
11 Kerguelen 2 Plongées Channer/PAF	12 Kerguelen 3 Plongées Longue/Halage Curieuse ROV Suhm	13 Curieuse 1 Plongée L Lefèvre / ROV Monaco	14 Curieuse 2 Plongées Monaco / ROV Portes Noires	15 Curieuse 3 Plongées Portes Noires	16 Curieuse 1 Plongée Monaco	17 Curieuse ROV Longue	18 Kerguelen PAF	19 Kerguelen PAF	20 Kerguelen PAF
21 Kerguelen PAF	22 Embarquement MD	23 MD	24 MD	25 MD	26 MD Saint Paul 1 Plongée	27 MD Amsterdam 1 Plongée	28 MD Amsterdam 1 Plongée	29 MD	30 MD
31 MD									

JANVIER 2020

1 MD	2 La Réunion débarquement MD	3 Paris CDG et retour domiciles							
----------------	--	---	--	--	--	--	--	--	--

Annexe 2

Situation et âge des différentes placettes de recrutement à l'issue de la campagne

Ile Haute

6	6	1	0
0	0	0	2

Port Christmas

5	5	5	5
0	0	0	2

Ile Longue

0	6	6	2
0	0	0	0

Ilot des Trois Bergers

0	0	0	0
6	6	6	6

Ile Suhm

0	6	6	1
2	0	0	0

Fjord des Portes Noires

6	6	6	6
0	0	0	0

Ilot Channer

0	1	2	1
0	5	5	3

Iles du Prince de Monaco

6	6	6	6
0	0	0	0

Annexe 3

Inventaire détaillé des équipements et consommables du programme PROTEKER restés sur base à Port-aux-Français en vue de leur utilisation pour la campagne d'été 2019-2020.

1/ Chez Peter

Matériel	Quantité
Aquarium avec couvercle et 1 passe paroi 45X30X30	16
Bac 30l avec deux passes paroi	4
Seau 30l avec deux passes paroi	2
seaux simples	4
Carton refroidisseur TEKA500	6
Placettes non percées	15
Pompe eau de mer labo	2
Système de pompage en eau de mer avec 40m de tuyaux 40mm	1
Tamis en métal	11
Caisse plastique grise 40/35/30	1
Bac plastique blanc de tri 80/60/10	1
Bac plastique blanc de tri 50/40/10	2
Bac plastique blanc de tri 60/20/10	10
Bac plastique blanc de tri 40/25/10	1
Bac plastique blanc de tri 40/20/10	3
Bac plastique blanc de tri 20/20/10	4
Système complet pour chalutage (Agassiz)	1
Cantine verte métal 65/35/40 contenant :	1
- filtres 20 microns	15
- tubes 5 ml bouchon blanc	50
- seringues 6 ml avec aiguilles	8
- carottiers plastique	4
- Falcon 50 ml	25
- flacons couvercle rouge 100 ml	30
- flacons couvercle jaune 120 ml	20
- flacons couvercle jaune 20 ml	15
- bouteille couvercle rouge 1 l	1
- cryotubes	100
- bouteille 1.5 l	1
- rouleau parafilm	1
- flacon transparent 200 ml bouchon noir	1
- boîtes de Pétri 10cm	25
- tubes 1.5 ml bouchons à visse	60
- flacons transparent 1000 ml avec 7 couvercles jaunes	29
- flacons couvercles rouges 500 ml	2
- pipette 500 ml	1
- bécher 500 ml et 250 ml	2
Carton de flaconnage 80x40x40 cm contenant :	1
- paquet de 25 Falcon bouchon bleu 50 ml	5

- paquet de 50 Falcon bouchon orange 15 ml	2
- paquet de 50 Falcon bouchon bleu 15 ml	2
- Eppendorf 1.5 ml	200
- tubes à essais bouchon rouge 5 ml	50
- flacon couvercle rouge 30 ml	30
Carton de flaconnage 80x40x40 cm contenant :	1
- flacons blancs couvercle rouge 100 ml	200
- paquet de 250 Eppendorf 1.5 ml	2
- boîtes de Pétri carrées	8
- barquette plastiques	25
- boîtes de Pétri rondes petites	6
Touque blanche couvercle rouge H45 D 30 avec 12kg de plombs	1
Touque bleue H60 diam 40	2
Touque blanche bouchon rouge H40 diam35	1
Touque blanche bouchon rouge moyenne	1
Touque blanche bouchon rouge petite	2
Statif Seafet	1
Caisse ajourée bleue 60/45/45	6
Caisse bleue avec couvercle 60/40/35 et mousse	2
Sceau noir 20 l	2
Sac vermiculite 100 litres	1
Corps-mort en béton 15 kg	2
filets	2
bouteille Niskin avec messenger et cordage plombé	1
Paire de bottes renforcées taille 43-44	1
Etagères bois pour mettre au-dessus de la paillasse salle humide BIOMAR	1

2/ Placard situé à Biomar dans le couloir principal (étiquettes PROTEKER sur les portes)

Matériel aquario et divers	Quantité
Aquarium avec couvercle 45X30X30	2
Résistance chauffante 300Wat	11
Filtre à eau	1
Compresseur à air 50lh	1
Compresseur à air 300lh	1
Compresseur à air 4000lh	3
Pompe à eau 2400lh	1
Logger température Lascar non étanche	1
Programmeur électriques	3
Rampe de distribution air	7
Grand Bulleur	1
Raccord en T diamètre 12/16	26
Robinet eau 12/16	19
Adaptateur raccord tuyau 20/38	4
Kit raccord réducteur 20/40	1

Kit distributeur Y avec robinet 19/50	1
Tuyau air 6mm	65 m
Raccord en T diamètre 13/16	24
Raccord en coude diamètre 13/16	20
Rouleau téflon	7
Tuyau eau 20mm	19 m
Tuyau eau 16mm	50m
Tubes super glue 2X3g	2
Colle aquarium 300ml	1
Pray Silicone 400ml	1
Raccord robinet double	2
Raccord tuyau d'eau 16/22	1
Raccord robinet 16/22	20
Sceau noir 20 l	2
Bouée de marquage jaune 120mm (2 drisses 25m + 2 plombs 1 kg)	3
Diffuseur Air50X25X25 mm	10
Collier métallique 24/36 mm	4
Collier métallique 32/52 mm	2
Collier métallique 16/25 mm	9
Collier métallique 18/28 mm	12
Collier métallique sur mesure 8têtes	1
Ruban adhésif électrique	4
Raccords PVC 19X15 mm	10
Racloir rasoir vitre 61mm	1
Rouleau tendeur 5mm	16m
Rouleau cordelette 3mm	100m
Pompe à eau 1200lh	1
Kit pompe à alcool	2
Serre câble petits	2
Cordelette nylon 1.5mm	50 m
Joint Silicone 290ml	1
Rouleau Scotch argenté	1
Robinet à air inox 6mm	30
Robinet à air Plastique 6mm	24
Bulleurs petit (sucre)	40
Raccord en X air 6mm	20
Raccord T à air 6mm	31
Raccord Y à air 6mm	2
Pistolet eau Self 2000 diamètre 40	1
Kit Scie à onglet	1
Rouleau Scratch mâle	1X15m
Rouleau Scratch femelle	1X15m
Thermostat Inkbird	9
Multiprise X6	3
Multiprise X4	1
Rallonge électrique 10m	2
Rallonge électrique sur touret 20m	1

Refroidisseurs TK500	6
Pompe à eau EHEIM 400-1000ml/h	6
Multiprise doubles	6
Tuyau à eau annelé noir 25mm	6m
Tuyau à eau silicone 15mm	5m
Épuisette aquarium 10X10	1
Élastiques latex	100
Rallonge électrique sans femelle	5m
Sac vermiculite 100 litres	0.5
Perceuse avec mèches 10-5 mm	2
Malette FACOM complète	1
Silicagel	500 g
Soudeuse à sac	1
Gaine plastique à souder 30 cm de large	50m
Gaine plastique à souder 15 cm de large	70m
Boite plastique transparente 40/45/20 papeterie avec	1
- étiquettes colisage blanches retour IPEV	30
- trousse à dissection	2
- cahier de labo	2
- pinces 40cm	2
- pieds à coulisse	2
- boîte gants à latex	1
- piles 11 LR06	13
- trousse crayons papèterie	1
- rouleaux de scotch entamés divers	6
- rouleau de parafine	1
- flacon de RNAlater	400 ml
Entonnoirs diam 25 à 10 cm	3
Thermo soudeuse	1
Imprimante avec une cartouche de rechange	1
Caisse plastique transparente 60/45/35 avec	1
- boîte plastique vide 10*10 cm	1
- rouleau d'aluminium	1
- paire de gants rembourrés de tri	2
- paire de gants de manutention	1
- lames en verre divers	100
Caisse plastique transparente 60/45/35 avec	1
- sacs Zipp de différentes tailles	20
- pompe filtration eau + tuyaux + réceptacle	1
Ardoises de plongée	4
Racks inox tout équipés pour placettes	2
Outillage pour placettes avec 3 tiges filtées inox et boulonnerie	1
Moulinet+ drisse de plongée	1

3/ Container blanc situé à l'extérieur de Biomar

Ethanol UN1170	3L
----------------	----