

BEST

VOLUNTARY SCHEME
FOR BIODIVERSITY AND
ECOSYSTEM SERVICES
IN TERRITORIES OF
EUROPEAN OVERSEAS



LIFE4BEST 2019-01-51

*Life*4BEST



Rapport final

Durée : 14 mois

Date de départ : 01/09/2020

Date de fin : 31/10/2021

Auteur : Emmanuel CORSE (CUFR

Mayotte) & Manuella Grimault (Mayotte

Nature Environnement)

Informations générales

Titre du projet :	MAYSPONGE
Référence du projet :	2019-IO-51
Région :	Mayotte, Ouest Ocean Indien
Nom du bénéficiaire coordinateur :	Mayotte Nature Environnement
Date de début et date de fin du projet :	01/09/2020 à 31/10/2021
Durée totale :	14 mois
Montant total du budget du projet (€) à la fin du projet:	39 336,48 €
Noms des co-bénéficiaires :	CUFR Mayotte
Date de soumission du rapport :	08/12/2021
Nom de la personne contact du projet :	Emmanuel CORSE
Adresse e-mail de la personne contact du projet :	emmanuel.corse@univ-mayotte.fr

Table of Contents

Informations générales.....	1
Liste des Acronymes et Abréviations.....	3
I. Panorama du projet.....	4
II. Réalisations par rapport aux résultats et objectif du projet.....	6
IV. Implication des parties prenantes.....	9
V. Renforcement des capacités	10
VI. Communication et visibilité.....	10
VII. Durabilité et potentiel de répliquabilité	11
VIII. Leçons apprises / retours sur expérience.....	11
IX. Informations complémentaires.....	12
ANNEXES	13
Annexe 1 Livrable.....	14
Annexe 2 : Photos des activités et résultats.....	33
ANNEXE 3 Liste des personnes présentes lors de la rencontre CUFR/DEAL/PNMM	39
ANNEXE 4 Cadre Logique du projet	0

Liste des Acronymes et Abréviations

ADN	Acide Désoxyribonucléique
AFD	Agence Française du Développement
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
CUFR	Centre universitaire de formation et de recherche de Mayotte
DEAL	Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
IFRECOR	Initiative Française pour les Récifs Coralliens
IMBE	Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale
MNE	Mayotte Nature Environnement
OFB	Office français de la biodiversité
PNMM	Parc Naturel Marin de Mayotte
POCIS-T	Polar Organic Chemical Integrative Sampler
STEP	Station d'Épuration des eaux usées
UICN	Union International pour la Conservation de la Nature

I. Panorama du projet

L'objectif général du projet MAYSPONGE était d'initier le développement de méthodologies innovantes basées sur l'utilisation des éponges marines en tant qu'organismes auxiliaires pour l'évaluation de l'impact des eaux usées sur le lagon de Mayotte et la caractérisation des services écosystémiques qu'elles rendent. Pour cela le projet s'est attaché à réaliser une preuve de concept de l'utilisation de deux espèces d'éponges, *Xestospongia testudinaria* et *Styllissa massa* pour les suivis environnementaux (Résultat 1) et à faire connaître les éponges auprès du public mahorais (Résultat 2).

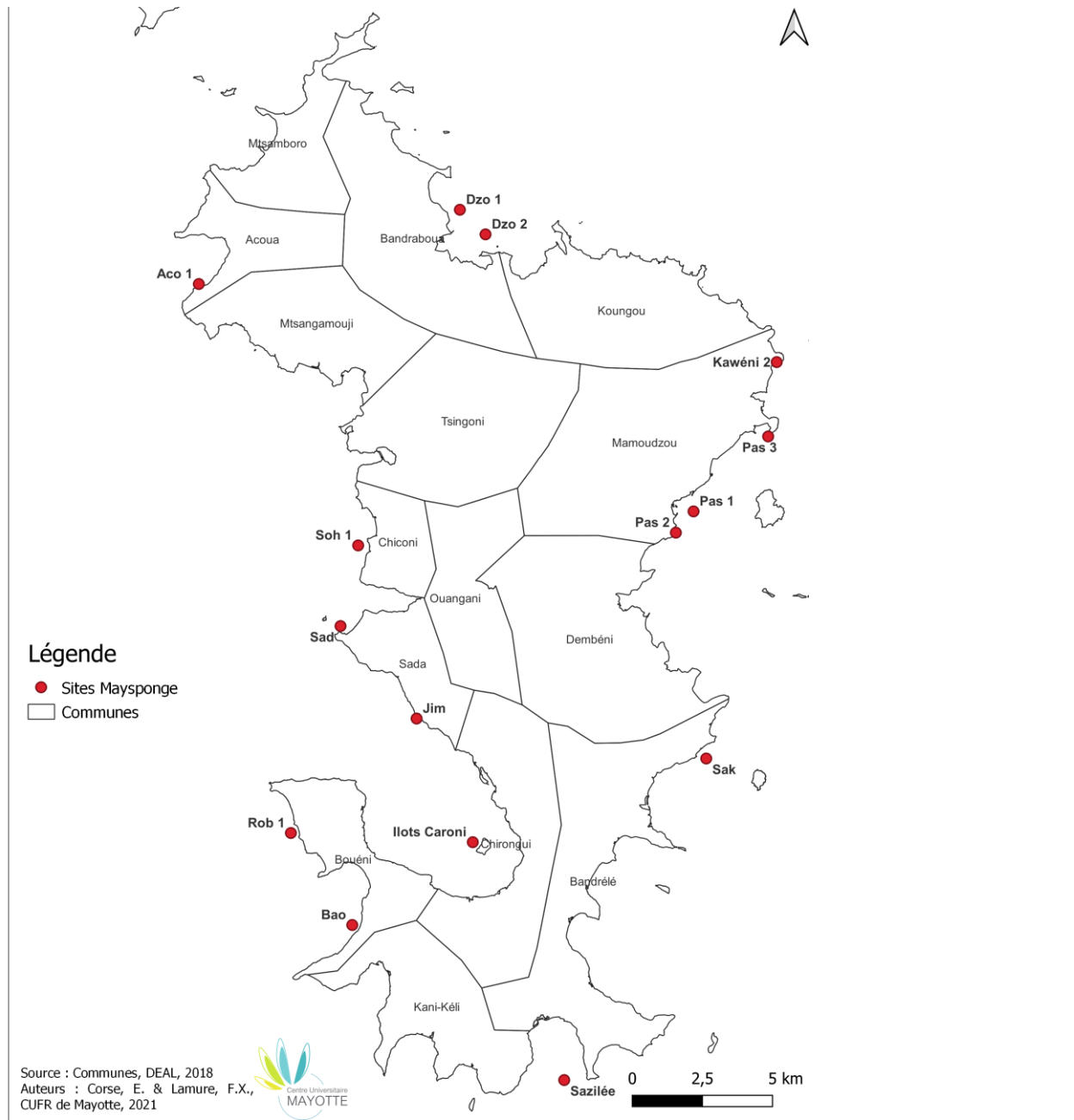
La preuve de concept s'est organisée autour de trois axes d'investigations :

- 1) Caractérisation du rôle focalisateur de pollution des éponges par l'analyse d'éléments chimiques captés par des échantillonneurs passifs placés en position distales et proximales des éponges barriques.
- 2) Caractérisation des réponses fonctionnelles des éponges en réponse aux eaux usées par la comparaison de leur microbiote le long de gradient environnementaux.
- 3) Caractérisation de la capacité épuratrice des éponges par l'analyse d'éléments chimiques captés par des échantillonneurs passifs en entrée et sortie du brassage d'eau d'éponges barriques.

Les démarches de diffusion du savoir et des résultats du projet ont ciblé deux types de publics:

- 4) Communication sur la biodiversité des éponges et de leur rôle auprès du grand public. Ces actions se sont appuyées sur le développement de supports de communication (ex. maquettes, films). En sensibilisant les utilisateurs du lagon, cette démarche a visé à faire connaître et à améliorer la préservation des éponges.
- 5) Diffusion des résultats auprès des professionnels de l'environnement et continuité du projet. Les rencontres organisées ont été l'occasion (i) d'initier un déploiement des méthodologies employées dans le projet dans des procédures de suivis de l'impact des eaux usées à Mayotte et (ii) de discuter de l'efficacité des méthodologies utilisées pour caractériser les capacités d'épuration des éponges pour, à terme, permettre une monétisation de leur service écosystémique (ex. équivalent STEP).

L'ensemble du projet s'est déroulé sur le territoire de Mayotte. La carte des activités des stations d'échantillonnages des activités du premier axe d'investigation (résultat 1 du cadre logique) est visible ci-dessous :



II. Réalisations par rapport aux résultats et objectif du projet

L'objectif a été globalement atteint car (i) toutes les activités ont été conduites et réalisées (ii) on peut affirmer à l'issue du projet que la preuve de concept de l'utilisation des éponges en tant qu'organismes auxiliaires pour le suivi du lagon mahorais a été validée sur une des activités du résultat 1* (iii) la continuité des démarches entreprises dans ce projet s'est concrétisé par le financement d'un nouveau projet (EpoDic) par un « financeur » local à vocation pérenne (financement DEAL Mayotte, fonds IFRECOR).

Nous rappelons que l'objectif du résultat 1 était de réaliser une preuve de concept pour l'utilisation des éponges pour de la bio indication. Plus particulièrement les activités du résultat 1.3 portaient sur les variations spatio-temporelles du microbiote chez deux espèces d'éponges.

Le microbiote comme bio indicateur pour le suivi des effets de l'anthropisation du littoral ?

Les résultats des variations spatiales du microbiote de *S.massa* et de *X.testudinaria* suggèrent que la recherche de singleton (identification de taxa de bactérie d'occurrence égale à 1) a permis d'identifier des bactéries spécifique à certaines stations (ie retrouvées uniquement sur un site), signant donc une origine spatiale de l'éponge. A titre d'exemple, cette démarche a révélé six genres de bactéries chez *S.massa* détectées uniquement dans la station *Pas1*, station supposée la plus anthropisée (littoral de Mamoudzou/Passamainty). Une telle démarche permettrait donc d'identifier des taxa potentiellement informatifs de conditions environnementales. Le lien entre ces taxa candidats et l'anthropisation pourra faire l'objet de futures études.

Par ailleurs, ce projet a révélé d'importantes lacunes de connaissance sur les éponges à Mayotte. En initiant l'acquisition de connaissance et la montée en compétence du CUFR Mayotte sur ce modèle, le projet a ouvert un large champ d'investigation de la biodiversité pour les prochaines années à venir.

III. Travail accompli par activités du projet

Le cadre logique est disponible en annexe 4.

Activité 1.1

La campagne terrain s'est déroulée en deux phases, une phase de prospection et une phase d'expérimentation. Durant ces deux phases, nous avons acquis des images photos et vidéos en vue des supports nécessaires pour le résultat 2.

Phase de prospection

Les assemblages d'éponges (c'est-à-dire l'ensemble des espèces d'éponges) à Mayotte étant mal connus, une phase de prospection des platiers récifaux du littoral de Mayotte a été conduite. Cette phase avait pour objectif d'identifier les sites et les espèces d'éponges des expérimentations des activités du résultat 1. Les espèces devaient répondre à certains critères de sélection incluant notamment une distribution suffisamment importante pour répondre aux exigences des activités du résultat 1 (ie être en grand nombre dans des zones à la fois anthropisées et faiblement anthropisées).

Nous avons donc effectué la reconnaissance de **19 stations [indicateur 1]** (ie platier récifal et pied du frangeant) réparties autour de l'île de Mayotte en palmes masques tuba (PMT) de juin à septembre 2020. Durant ces phases nous avons identifiés cinq morphotypes (ie individus présentant des caractéristiques morphologiques similaires) d'éponges régulièrement identifiées sur les différents sites de prospection. Ces morphotypes ont ensuite été reconnus à l'aide de la bibliographie et par analyse ADN (barcoding). Il s'agissait de *Styllissa massa*, *Styllissa carterii*, *Ectyoplasia coccinea*, *Parratetilla bacca* et *Xestospongia testudinaria*. D'autres espèces ont été observées et identifiées par barcoding. Au total **350** spécimens ont été prélevés **[indicateur 1]**, **94** d'entre eux ont été barcodés (24 par procédure de barcoding et 70 par procédure de meta barcoding, voir annexe « livrable ») **[indicateur 1]**.

Sur ces 19 stations, 14 stations ont été retenues pour les phases expérimentales du projet en lien avec les activités 1.2 à 1.4 (détails voir annexe livrable voir tableau 1). Les espèces retenues pour le projet étaient *Styllissa massa* (*S.massa*) et *Xestospongia testudinaria* (*X. testudinaria*) au vu de leurs occurrences importantes le long du littoral et leur facilité d'observation in situ (voir figure 1 de l'annexe « livrable »).

Phase d'expérimentations

La phase d'expérimentation a commencé par l'échantillonnage de biopsies durant plusieurs campagnes commençant en début de projet en septembre 2020 et s'est terminée en avril 2021 (voir tableau 2). Au total, plus de 350 échantillons ont été prélevés, dont 173 de *S.massa* et 44 de *X. testudinaria*.

Activité 1.4

Au total, **165 microbiotes** d'éponges ont été analysés [**indicateur 1**] (125 *S.massa* et 40 échantillons de *X.testudinaria*) par méta barcoding, à l'aide de trois marqueurs ADN en triplicats (au total ~1500 échantillons séquencés). Plus spécifiquement, sur les 3 marqueurs ADN : deux marqueurs ADN ciblant le gène 16S des bactéries et un marqueur ADN ciblant le cytochrome oxydase I afin d'obtenir une séquence ADN de l'éponge hôte en vue de s'assurer de sa correcte identification. Les manipulations ont été effectuées à cheval dans les locaux du CUFM Mayotte (Extraction ADN), dans les locaux de l'IMBE (Endoume, Marseille) et les réactions de séquençage haut débit (NovaSeq) ont été effectuées par un prestataire de service (plateforme iGenSeq de l'institut du Cerveau, Paris). Il est à rappeler que la mise en place des protocoles de méta barcoding s'est également faite en collaboration avec le laboratoire CHROME de l'Université de Nîmes. Certains estimateurs proposées en début de projet et qui ont pu être testés ne permettent pas de rendre compte du niveau d'anthropisation supposés comme le niveau de richesse, de diversité ou bien la proportion de taxa photosynthétique dans les microbiotes d'éponges [**Moyen de vérification Résultats 1**]. Un des estimateurs pressentis (analyse fonctionnel de taxa « opportunistes ») n'a pu être testé en raison des contraintes de calendrier. En revanche, d'autres pistes permettent d'envisager des estimateurs qui répondent au niveau d'anthropisation (voir question précédente, ie singleton).

Activité 1.2 & 1.4

Les phases d'expérimentations de ces deux activités étaient liées et leur reportage est donc réuni dans ce même paragraphe. C'est au total **24 POCIS-T** qui ont été déployés [**indicateur 1**], dans, autour et éloigné de trois éponges barriques *Xestospongia testudinaria*, dans la zone jugée la plus anthropisée, au large de Mamoudzou. Cette manipulation s'est déroulée en collaboration avec les plongeurs du PNMM.

Les analyses de ces échantillonneurs passifs ont permis de mettre en évidence que (i) le flux inhalant des éponges a un effet minime par rapport aux courants de marée, (ii) les quantités restantes de PRC associés au POCIS-T pourraient permettre d'informer du flux exhalé par les éponges (iii), l'absence de détection de polluants et de traceurs d'urbanisation (ex. caféine) par les POCIS-T suggère que l'outil n'est pas adapté à la finesse de détection requises pour les objectifs visés par l'activité 1.2 et 1.4.

De nouvelles expérimentations prenant en compte les points d'amélioration qui ont pu être identifiées sur la base des résultats précédents sont envisagées en collaboration avec la DEAL Mayotte, service eaux usées, intéressé par la démarche proposé en vue du suivi de l'efficacité de la station d'épuration du « Baobab » dont l'exutoire se trouve dans notre zone d'expérimentation.

Activité 2.1 Sensibilisation du grand public au modèle éponge

Un cahier des charges a été rédigé pour la création de la maquette pédagogique. Il a été diffusé à des maquettistes intéressés par le projet. Nous avons sélectionné le prestataire, CHMaquettiste situé en métropole. Deux outils pédagogiques complémentaires ont été créés. Un outil représente une éponge sous-marine dans son milieu naturel et permet de démontrer son aspect filtrateur. La deuxième partie concerne une éponge en 3D et avec des compartiments permettant de comprendre sa composition et les interactions avec le milieu extérieur. **La maquette a été finie** en mars 2021 [**Indicateur 2**]. Il était prévu un rapatriement à Mayotte par l'un des collaborateurs du projet. Hors avec la pandémie liée au Covid 19, les transports aériens ont été difficiles d'accès. Depuis nous essayons de faire venir le colis. Cela

est toujours en cours. Le colis a été récupéré par un collaborateur sur Bordeaux. La maquette devrait pouvoir être à Mayotte d'ici le premier trimestre 2022.

Une vidéo pédagogique a été créée pour présenter de manière ludique le projet avec ses objectifs et ses activités [Indicateur 2]. La vidéo dure 3 minutes 20. Les images sont issues de photos et vidéos des manipulations sous-marines de l'équipe terrain. La vidéo a été présentée au Congrès mondial de la nature à Marseille ainsi que sur des événements de sensibilisation à l'environnement à Mayotte. La vidéo est à retrouver [sur ce lien](#).

Activité 2.2 Diffusion des résultats auprès de professionnels locaux de l'environnement

Des échanges par écrit ont été réalisés avec les partenaires du projet tel que la DEAL ou encore le PNMM. La réalisation des objectifs de cette activité a engendré une journée de rencontre entre le PNMM, le DEAL Mayotte pôle Biodiversité, et différents chercheurs du CUFR **[Indicateur 2.2]**. A l'initiative de cette rencontre il y a eu la volonté des membres du projet de communiquer auprès des acteurs de la biodiversité locale (*ie* opérateurs et gestionnaires) sur les activités du projet Maysponge. Cette journée a permis notamment d'initier un second projet nommé EpoDic (Suivi spatio-temporel des communautés d'éponges à Mayotte financement DEAL/IFRECOR) qui se base sur les observations réalisées durant le projet Maysponge et dont l'objectif global est le même que celui de Maysponge **[Indicateur 2.2]**. En revanche les réunions prévues pour le lancement et la restitution du projet n'ont pu être effectuées car le séminaire prévu qui devait en servir de cadre (Groupe de Travail ELITE organisé par le PNMM) a été annulé les deux années de suite en raison de la crise sanitaire.

IV. Implication des parties prenantes

Le CUFR a assuré toutes les activités du résultat 1 d'ordre recherche et développement en ingénierie écologique.

La MNE a assuré les activités du résultat 2, et a joué le rôle de soutien administratif (rapportages mensuels, relais avec les gestionnaires IUCN) essentiels à la bonne conduite du projet.

Le PNMM a participé lors des activités du résultat 1 en assurant les plongées sous-marines nécessaire aux dépôts des POCIS-T des activités 1.2 et 1.4 mais également en facilitant la transmission de données lors des analyses de l'activité 1.3.

Le projet a révélé un partenariat fertile entre le CUFR et la MNE ayant des champs d'activité complémentaires, qui pourra être renouvelé à l'avenir.

L'ensemble des co-bénéficiaires et autres parties prenantes du projet ont assuré le rôle qu'ils avaient annoncé au départ. Parmi les parties prenantes du projet il y a eu le CUFR qui est un (organisme public), ainsi que le la MNE (association environnementale). Les échanges avec la DEAL Mayotte, organisme public non partie prenante, a été très satisfaisante puisque intéressée par le côté opérationnel des objectifs de Maysponge a initié le subventionnement du nouveau projet pour assurer la continuité du projet Maysponge.

Nous pouvons regretter le faible nombre de réunions en présentiel du projet à cause de la crise sanitaire.

V. Renforcement des capacités

Le projet a permis de mieux connaître les assemblages d'éponges à Mayotte. Lors du début du projet, aucune personne en locale n'était en capacité d'identifier les éponges marines à Mayotte sachant que ce compartiment biologique y est très peu documenté. A l'issue du projet, les participants du CUFR ont été en mesure de reconnaître une dizaine de morphotypes (voir activité 1.1 et 1.3). Cette expertise se poursuit désormais à travers de nouveaux projets, et la mise en contact avec des spécialistes (ex. T.Perez, CNRS, IMBE, Marseille) et les activités de Maysponge auront joué un rôle initiateur essentiel. Il est envisagé notamment de suivre les assemblages d'éponges dans le temps, dans le cadre des réseaux et financements IFRECOR. Le CUFR aura pour objet de diffuser cette expertise auprès d'autres opérateurs locaux (associations, PNMM).

Le projet a abouti dans le cadre du résultat 2 à la production de supports visuels et d'une maquette dont l'utilisation se pérennisera dans le temps lors de manifestations scientifiques ouvertes au public ou bien dans le cadre d'enseignement à plusieurs niveaux (du primaire à l'université). En effet la conception de la maquette a été pensée de manière à pouvoir simplifier ou complexifier le fonctionnement d'une éponge.

VI. Communication et visibilité

La communication a été faite sur différents médias. Dans un premier temps cela a été réalisé sur le site internet de Mayotte Nature Environnement. Un article présentant le projet a été publié le 31 août 2020. Il met notamment en avant la contribution du LIFE4BEST. Cet article a été vu 59 fois (au 26 octobre 2021).

De plus, cinq communications sur la page Facebook ont été réalisées. La première publiée le 4 septembre 2020 portait sur la présentation du projet. Elle a permis de toucher 446 personnes et d'orienter les gens vers l'article du site internet. La deuxième publication a été réalisée le 17 décembre 2020. Elle mettait en lumière le travail en laboratoire. Elle a permis de toucher 460 personnes. La troisième publication était sur la maquette pédagogique. Elle a été publiée le 4 mars 2021, elle a permis de toucher 307 personnes. La quatrième publication a touché 456 personnes. Elle portait sur les axes d'intervention et a été publiée le 10 mai 2021. La cinquième publication a été faite à l'occasion du Congrès mondial de la Nature organisé par l'UICN à Marseille pour annoncer la présentation du projet sur le stand Life4Best. Cela a été publié le 6 septembre et a touché 486 personnes. Sur chacune des publications, LIFE4BEST, UICN, l'OFB ainsi que l'AFD ont été cités.

Enfin à l'occasion du Congrès Mondial de la Nature à Marseille qui s'est tenu du 4 au 11 septembre 2021, le projet Maysponge a pu être présenté le lundi 6 septembre 2021. Cela s'est fait sous forme d'une présentation orale avec la diffusion de la vidéo pédagogique sur le stand du Life4Best.

Un article présentant les résultats sera diffusé d'ici la fin de l'année 2021 ainsi que la diffusion de la vidéo relative au projet.

VII. Durabilité et potentiel de répliquabilité

Le projet Maysponge a permis d'initier une thématique de recherche à visées appliquées dans le cadre de la bioindication. Les observations et résultats faites durant Maysponge activité 1.1 ont initié une nouvelle étude sur les assemblages d'éponges autour du littoral (projet EpoDic, financé par la DEAL-IFRECOR). Dans le cadre de ce projet, deux membres du CUFR suivent apprennent en collaboration avec T. Perez ((Dr CNRS, IMBE, Marseille) les méthodes de description et d'identification des éponges de manière à recenser de manière plus exhaustive la diversité des éponges à Mayotte. Toujours suite aux observations des activités 1. 1, un stagiaire viendra durant six mois travaillé sur la croissance et les morphotypes de *S.massa* à Mayotte. Le CUFR envisage d'autres projets sur les éponges dans les années à venir, permettant d'assurer le suivi des assemblages des éponges en réponse aux changements globaux.

La maquette pédagogique sera ajoutée aux outils pédagogiques du camion pédagogique environnemental de Mayotte. Cela permettra de sensibilisation l'ensemble de la population mahoraise à l'existence des éponges marines et leurs rôles écosystémiques. Elle sera reprise lors d'événements de sensibilisation ayant lieu sur le territoire mahorais comme la Fête de la Nature ou la Fête des sciences.

VIII. Leçons apprises / retours sur expérience

Nous soulignons la difficulté de fonctionnement du LIFE4BEST sous la formule co-bénéficiaire lors des reportages budgétaires par le MNE des activités assurées par le CUFR. Pour rappel, le CUFR a refacturé les dépenses des activités du résultat 1 à la MNE qui a ensuite transmis à l'IUCN. Identifier qu'un seul bénéficiaire des subventions LIFE4BEST a rajouté dans notre cas un intermédiaire (MNE) lors du reportage budgétaire ralentissant le processus.

Nous pensons également que contraindre à découper en deux parties budgétaires des projets courts (12 mois) peut s'avérer très contraignant (le processus de reportage financier est long). Dans la mesure où les co-bénéficiaires possèdent un fond de roulement suffisant pour avancer les frais du projet, le versement en une ou deux parties de la subvention pourrait être au choix.

Enfin la courte durée du projet nécessite une vraie anticipation des parties prenantes. Ceci est d'autant plus important sur Mayotte car les délais de livraisons sont très importants (en moyenne quatre mois désormais, soit 1/3 de la durée du projet).

IX. Informations complémentaires

www.life4best.org



LIFE4BEST is funded by the LIFE Programme of the European Commission together with OFB and AFD.

ANNEXES

Annexe 1 : Livrable(s)

Annexe 2 : Photos des activités et résultats (contenant une légende et les crédits)

Annexe 3 : Copies des activités de communication et visibilité (publications, articles, etc.)

Annexe 1 Livrable

I. Contexte et objectifs

La problématique de la gestion des eaux de surface à Mayotte est un enjeu majeur pour le développement durable de l'île. Les carences du réseau d'assainissement se traduisent par une diffusion des eaux de surface souillées augmentant le risque de pollution anthropique dans le lagon mahorais. Dans le cadre législatif imposé par la Directive Cadre sur l'Eau, il apparaît primordial d'être en mesure d'identifier les pressions qu'exercent ces eaux sur la biodiversité et d'évaluer les services écosystémiques du lagon en lien avec ces forçages anthropiques.

A cet effet, les organismes filtreurs comme les éponges sont remarquables, d'une part par leur surexposition à la pollution (ie rôle sentinelle) et d'autre part parce par leur rôle présomptif d'épurateur des eaux (ie service écosystémique). L'objectif général du projet MAYSPONGE est donc d'initier le développement de méthodologies innovantes basées sur l'utilisation des éponges en tant qu'organismes auxiliaires pour l'évaluation de l'impact des eaux usées sur le lagon mahorais et la caractérisation des services écosystémiques qu'elles rendent. Pour cela le projet cherchera à réaliser une preuve de concept de l'utilisation des éponges pour les suivis environnementaux (**Résultat 1**) et à faire connaître les éponges et les résultats du projet auprès du public mahorais (**Résultat 2**).

La preuve de concept s'est organisée autour de quatre activités:

- 1.1 Campagne terrain. Les assemblages d'éponges à Mayotte sont largement méconnus. Une campagne de prospection était donc nécessaire avant de passer aux phases d'expérimentation.
- 1.2 Caractérisation du rôle focalisateur de pollution des éponges par l'analyse d'éléments chimiques captés par des échantillonneurs passifs placés en position distales et proximales des éponges barriques.
- 1.3 Caractérisation des réponses fonctionnelles des éponges en réponse aux eaux usées par la comparaison de leur microbiote le long de gradient environnementaux.
- 1.4 Caractérisation de la capacité épuratrice des éponges par l'analyse d'éléments chimiques captés par des échantillonneurs passifs en entrée et sortie du brassage d'eau d'éponges barriques.

Les démarches de diffusion du savoir et des résultats du projet cibleront deux types de publics:

- 2.1 Communication sur la biodiversité des éponges et de leur rôle auprès du grand public. Ces actions s'appuieront sur le développement de supports de communication (ex. maquettes, films). En sensibilisant les utilisateurs du lagon, cette démarche visera à améliorer la préservation des éponges.
- 2.2 Diffusion des résultats auprès des professionnels de l'environnement et continuité du projet. Les rencontres organisées seront l'occasion (i) d'initier, s'il y a lieu, un déploiement des méthodologies employées dans le projet dans des procédures de suivis de l'impact des eaux usées à Mayotte et (ii) de discuter de l'efficacité des méthodologies utilisées pour caractériser les capacités d'épuration des éponges pour,

à terme, permettre une monétisation de leur service écosystémique (ex. équivalent STEP).

L'organisation de cette synthèse reprendra l'ordre des activités énumérées ci-dessus, à l'exception du regroupement des activités 1.2 et 1.4 qui se sont déroulées sur une même manipulation. Les indicateurs et moyen de vérification annoncés dans la proposition du projet seront rappelés dans le texte.

II. Campagne terrain

La campagne terrain s'est déroulée en deux phases, une phase de prospection et une phase d'expérimentation. Durant ces deux phases, nous avons acquis des images photos et vidéos en vue des supports graphiques nécessaires pour le résultat 2.

Phase de prospection

Les assemblages d'éponges à Mayotte étant mal connus, une phase de prospection des platiers récifaux du littoral de Mayotte a été conduite. Cette phase avait pour objectif d'identifier les sites et les espèces d'éponges des expérimentations des activités du résultat 1. Les espèces devaient répondre à certains critères de sélection incluant notamment une distribution suffisamment importante pour répondre aux exigences des activités du résultat 1 (ie être en grand nombre dans des zones à la fois anthropisées et faiblement anthropisées). Nous avons donc effectué la reconnaissance de 18 stations (ie platier récifal et pied du frangeant) réparties autour de l'île de Mayotte en palmes masques tuba (PMT) de juin à septembre 2020 (voir **tableau 1**). Durant ces phases nous avons identifiés 5 morphotypes d'éponges régulièrement identifiées sur les différents sites de prospection. Ces morphotypes ont ensuite été reconnu à l'aide de la bibliographie et par analyse ADN (barcoding). Il s'agissait de *Styllissa massa*, *Styllissa carterii*, *Ectyoplasia coccinea*, *Parratetilla bacca* et *Xestospongia testudinaria*. D'autres espèces ont été observées et identifiées par barcoding. Un total de 58 produit de séquençage provenant d'une plus de 24 spécimens différents sont en cours d'analyse pour aider à l'identification des espèces (Figure 1).

Sur ces 18 stations, 12 + 1 stations ont été retenues pour les phases expérimentales du projet en lien avec les activités 1.2 à 1.4 (voir tableau 1). Ces stations englobent des zones dont le littoral adjacent est fortement anthropisé (ex. Pas1 Pas2 et Pas3, Dzo1 et Dzo2) et d'autres dont le littoral est plus ou moins anthropisé (ex. Ngo) offrant un gradient d'anthropisation. Les espèces retenues pour le projet étaient *Styllissa massa* (*S.massa*) et *Xestospongia testudinaria* (*X. testudinaria*) au vu de leurs occurrences importantes le long du littoral et leur facilité d'observation *in situ* (voir **figure 2**).

Localité	Code site	latitude	longitude	Exp. activités 1.3	Exp. activités 1.2 et 1.4
Baie de Longoni	Dzo 1	-12.7143787321271	45.133580043194 2	x	
Baie de Longoni	Dzo 2	-12.722314008428	45.142003426101 7	x	
Baie d'Acoua	Aco 1	-12.7383807916145	45.047865649844 3	x	
Baie d'Acoua	Aco 2	-12.7306477172747	45.055058565963 4		
Baie de Soha	Soh 1	-12.8227631173231	45.100223144342 3	x	
Baie de Soha	Soh 2	-12.8191367891237	45.100627167023 2		

Mbouanatsa	Bao	-12.945306	45.098325	x	
Mtsanga Boudroni	Rob 1	-12.9156130237808	45.078154157192 1	x	
Mtsaga Dzienguizi	Jim	-12.8786486533009	45.119444525778 7	x	
Sada	Sad1	-12.847364	45.092519		
Sada	Sad2	-12.8487904917758	45.094436579621 3		
sakpuli	Sak	-12.891485	45.214625	x	
Passamainty	Pas1	-12811713	45210381	x	
Tsountsou	Pas2	-12.81858	45.204586		x
Pointe Mahabou	Pas3	-12.787495	45.234876	x	
Hamaha	Kaw	-12.763489	45.237661		
Pointe Saziley	Saz	-12.995325	45.168022		
Baie de Bouéni	Car	-12.918547	45.137926	x	
N'Gouja	Ngo	-12.962811	45.0828548158768	x	

Tableau 1 : Récapitulatifs des stations prospectées durant la première phase du projet. Les stations retenues pour les expérimentations des activités 1.2 à 1.4 sont précisées. Pour les dates de prospection se referer au tableau 2.

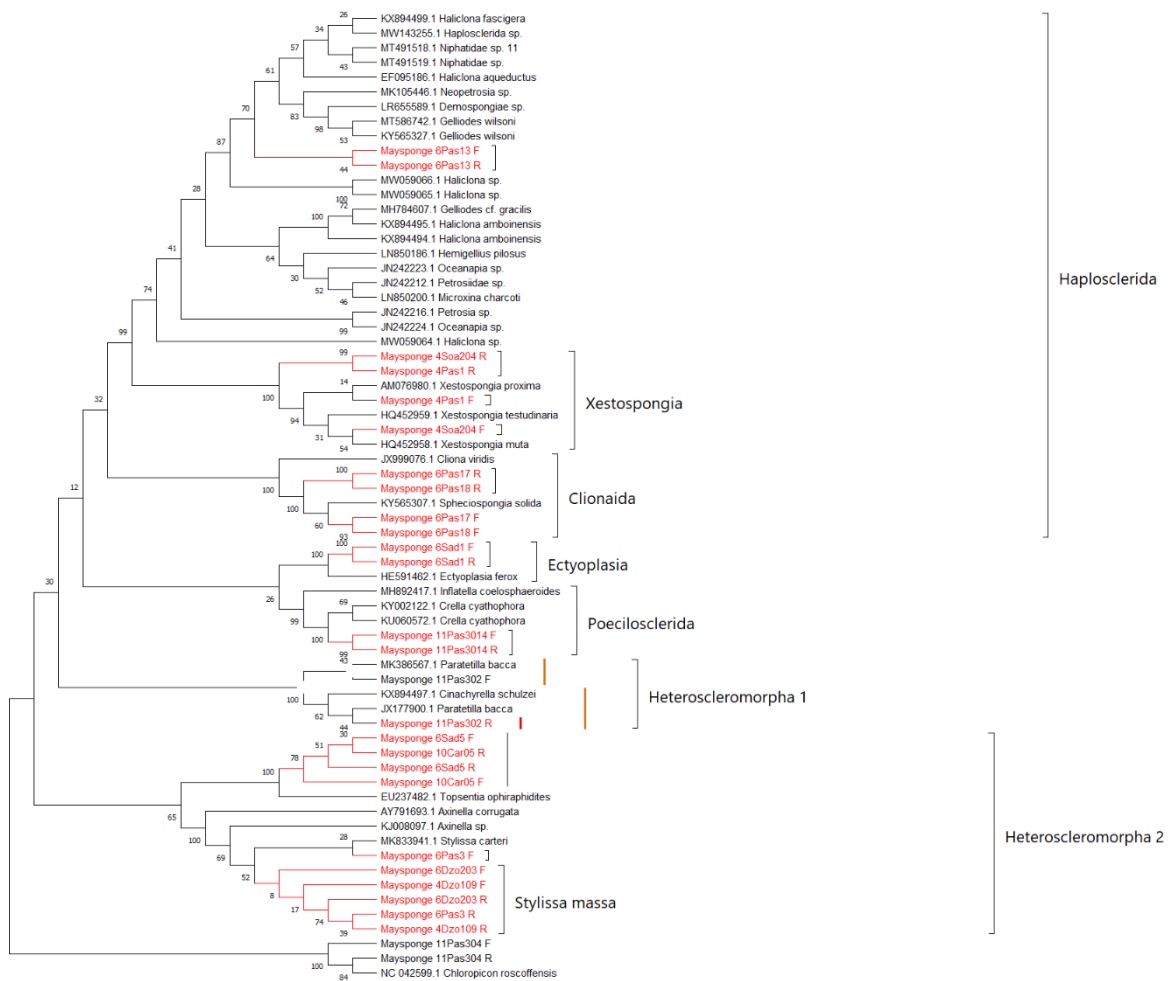


Figure 1 Analyse de *barcoding* des éponges. Il s'agit d'une reconstruction phylogénétique réalisée à partir des séquences de Cytochrome Oxidase I prélevées dans le projet. Les séquences obtenues dans le projet sont en rouge. Ces analyses permettent d'aider à l'identification des morphotypes sur la bse de données ADN.

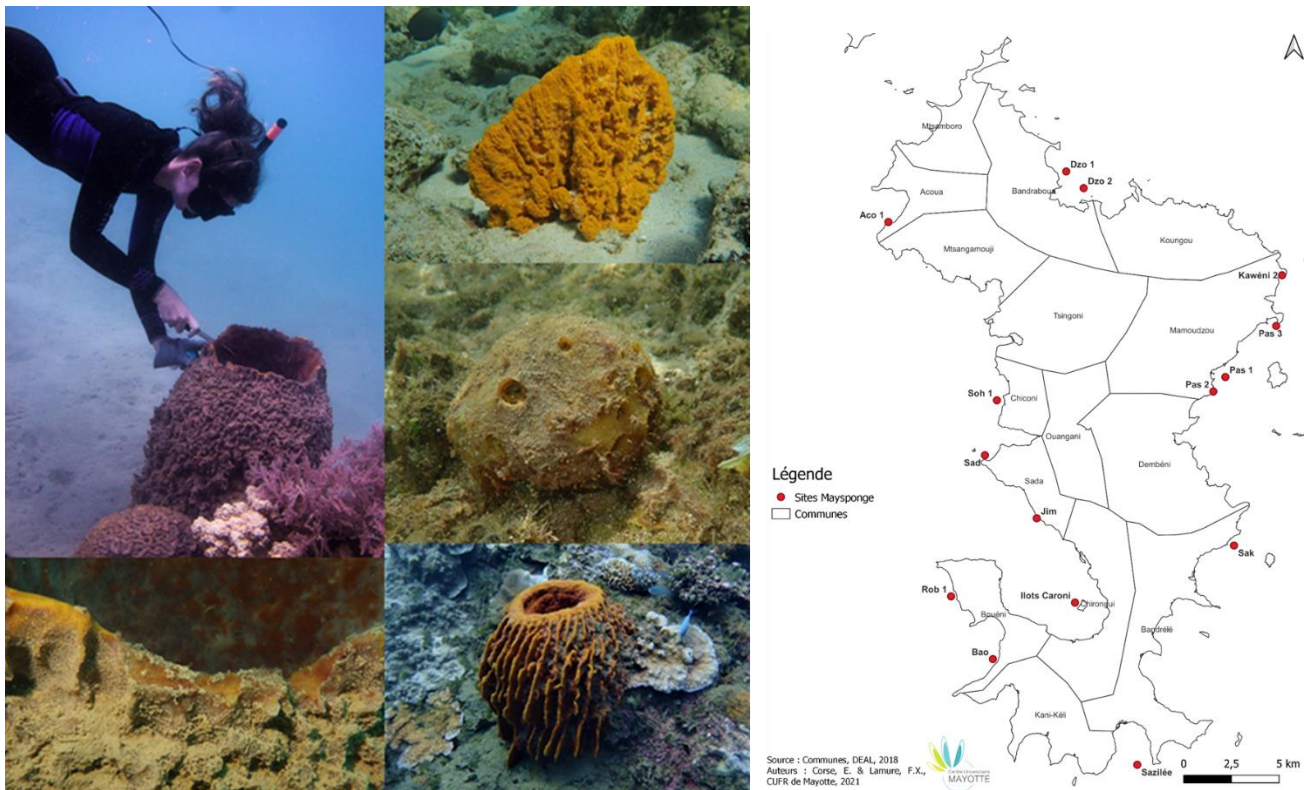


Figure 2 Panorama des campagnes d'exploration et d'expérimentations de l'activité 1.1. En haut à gauche un spécimen de *Xestospongia testudinaria* en cours d'échantillonnage pour analyse de microbiote. Une photo de la zone de biospécie a été prise une semaine après prélèvement en bas à gauche. En haut à droite un spécimen de *Styllissa massa* et au milieu à droite de *Parratetilla bacca*. A droite la carte des stations prospectées dans le cadre de l'activité 1.1.

Phase d'expérimentations

La phase d'expérimentation a commencé par l'échantillonnage de biopsies durant plusieurs campagnes commençant en début de projet en septembre 2020 et s'est terminée en avril 2021 (voir **tableau 2**). Au total, plus de 350 échantillons ont été prélevés, dont 173 de *S.mass*a et 44 de *X. testudinaria*.

Tableau 2 Calendrier des campagnes du projet.

Date	Bao	Car	Ngo	Rob	Pas1, 2 &3	Aco1 & 2	Dzo1 & 2	Jim	Kaw	Soa 1 & 2	Saz	Sad 1 & 2	Sak
28/06/2020					X								
30/06/2020													
09/09/2020					X								
16/09/2020					X	X	X	X	X	X			
20/10/2020	X	X	X	X			X				X		
28/10/2020					X				X				
16/11/2020					X								
27/11/2020	X	X	X	X									
06/11/2020								X					
07/11/2020						X	X			X			
01/04/2021	X	X	X	X								X	
02/04/2021							X	X		X			X

Résultat 1 Activités 1.3 Caractérisation des réponses du microbiote des éponges à l'anthropisation

La bibliographie rapporte que la santé des éponges peut être reliée aux patrons des communautés bactériennes qui vivent en symbiose avec elles, que l'on appelle microbiote. Par ailleurs des modifications environnementales liées de près ou de loin à l'activité humaine peut modifier la santé des éponges, celle-ci pouvant se caractériser par des variations du microbiote. C'est pourquoi nous avons cherché à caractériser les variations spatio-temporelles du microbiote de *S.massa* *X.testudinaria* afin de voir dans quelle mesure elles permettaient de rendre compte de l'état d'anthropisation du littoral mahorais.

Au total, 165 microbiote d'éponges ont été analysés (125 *S.massa* et 40 échantillons de *X.testudinaria*) par metabarcoding (voir tableau 3). Plus spécifiquement, chaque échantillon a été analysé à l'aide de trois marqueurs ADN : deux marqueurs ADN ciblant le gène 16S des bactéries et un marqueur ADN ciblant le cytochrome oxydase I afin d'obtenir une séquence ADN de l'éponge hôte en vue de s'assurer de sa correcte identification. Chaque marqueur a été analysé en triplicat. Les manipulations ont été effectuées à cheval dans les locaux du CUFR Mayotte (Extraction ADN), dans les locaux de l'IMBE (Endoume, Marseille) et les réactions de séquençage haut débit (NovaSeq) ont été effectuées par un prestataire de service (plateforme iGenSeq de l'institut du Cerveau, Paris). Il est à rappeler que la mise en place des protocoles de metabarcoding s'est faite en collaboration avec le laboratoire CHROME de l'Université de Nîmes (Axelle Cadière, maître de conférences) pour optimiser les protocoles d'extraction ADN des éponges et le choix des marqueurs ADN. Le marqueur COI a permis d'identifier l'ADN de l'hôte dans 70 échantillons (38 *S.massa* et 32 *X.testudinaria*).

Station	Juin 2020*	Septembre- Octobre 2020	Novembre 2020	Avril 2021
Dzo1	4	6	3	2/1
Dzo2	2		3	3
Aco2			3	
Soh1	6	3	3	6
Bao	3	3	3/2	4
Rob	3	3/3	3/3	3/2
Jim	3	3	3	3
Sak	3	3	3	3
Pas1		6		
Pas2	4	2	4	
Pas3		2	4	
Car		2/2	3/4	3/3
Ngo		3/3	3/2	5/3

Tableau 3. Bilan des effectifs des échantillons d'éponges analysés par metabarcoding 16S & COI par campagne. En noir sont indiqués les effectifs de *S.massa* et en jaune pour *X.testudinaria*. * Ces individus prélevés en juin 2020

Analyse de diversité taxonomique

Nous avons détecté plus de genres de bactérie en moyenne dans *X.testudinaria* (Richesse= 32 +/-5.8, au total 111 genres différents) que dans *X.massa* (richesse = 9.5 +/-4.8, au total 55 genres différents). Nous avons observé un fort effet temporel (ie effet campagne) pour l'espèce *S.massa* qui explique 48% de la variance de l'intercept, mais pas d'effet spatiale significatif (ie entre les stations). C'est durant les campagnes d'avril 2020 que la richesse de bactéries était minimale, et ce dans toutes les stations étudiées. La richesse du microbiote de *X.testudinaria* est stable à travers les stations et les campagnes (ie aucun effet campagne et station n'est significatif). Ces tendances se retrouvent lorsque l'on considère la diversité des genres estimée par l'indice de Shannon. En revanche, lorsque l'on regroupe les stations en fonction de leur niveau d'anthropisation supposée, la richesse et la diversité de Shannon est plus faible à Passamainty pour *X.testudinaria*.

Pour *S.massa* très peu de genres de bactéries sont spécifiques à une station (ie retrouvé que dans une seule station) (voir tableau 4). Il y a une exception pour la station Pas3 (pointe Mahabou - zone la plus fortement anthropisée) où sept genres spécifiques ont été détectés que dans cette station. En revanche, de nombreux genres sont spécifiques à chacune des stations pour *X.testudinaria* indiquant que les assemblages de bactéries chez cette espèce présentent un fort potentiel discriminant spatiale (tableau 5). Notons que pour les deux espèces, le nombre de "singleton" (ie spécifique à une station) était très élevé dans la station la plus anthropisée (au niveau de Mamoudzou, Pas1 et Pas3).

En revanche, lorsque l'on considère la betadiversité, qui prend en compte les différences de nature de microbiote (voir figure 2 pour les différences entre les espèces), les résultats montrent que la nature du microbiote est différente entre les espèces (voir figure 3) campagnes mais également entre les stations pour *S.massa* et *X.testudinaria*. Ces deux effets sont significatifs à la fois lorsque l'on considère la nature qualitative du microbiote (indice de jaccard) et la nature quantitative du microbiote (indice de Bray-curtis). Le niveau des effets station et campagne sont assez proche pour *S.massa* même si la variance expliquée par l'effet station est légèrement plus élevée (respectivement 14 et 16%) que celles de l'effet campagne (respectivement 10 et 10%). En revanche, l'effet campagne est deux fois plus élevée (variance expliquée pour Jaccard=24% et Bray-Curtis=30%) que l'effet station (respectivement 13 et 15%) pour *X.testudinaria*.

Les variations de microbiote pour *S.massa* sont principalement dues à des variations de l'importance relative des Proteobacteria, phylum le plus abondant dans les stations (voir Figure 4). Leur importance diminue au profit d'autres bactéries autotrophes comme des Thaumarchaeota, Cyanobacteria et Nitrospirae pour la station anthropisée Dzo2. L'augmentation des Thaumarchaeota est marquée dans les autres stations dont le littoral est le plus anthropisé, Pas2, Pas3 et Dzo2 et plus curieusement à Aco2. Pour *X.testudinaria* l'effet spatiale est moins simple car il n'y a pas de phylum prépondérant chez cette espèce. Ce qui est notable c'est que Pas1 et Ngo sont assez similaires et à la limite Pas1 est caractérisé par très peu d'Acidobacteria.

Cependant, pour S.massa seulement, les analyses de dispersion montrent que le niveau de variabilité intra-campagne change, alors que le niveau de variabilité intra-station est stable (à la fois sur l'aspect quantitatif et qualitatif). Plus particulièrement les variations inter-campagnes sont en partie expliquées par le fait que la dispersion observée durant la campagne d'avril 2021 est plus élevée par rapport à celle des autres campagnes.

Analyse en coordonnées principales

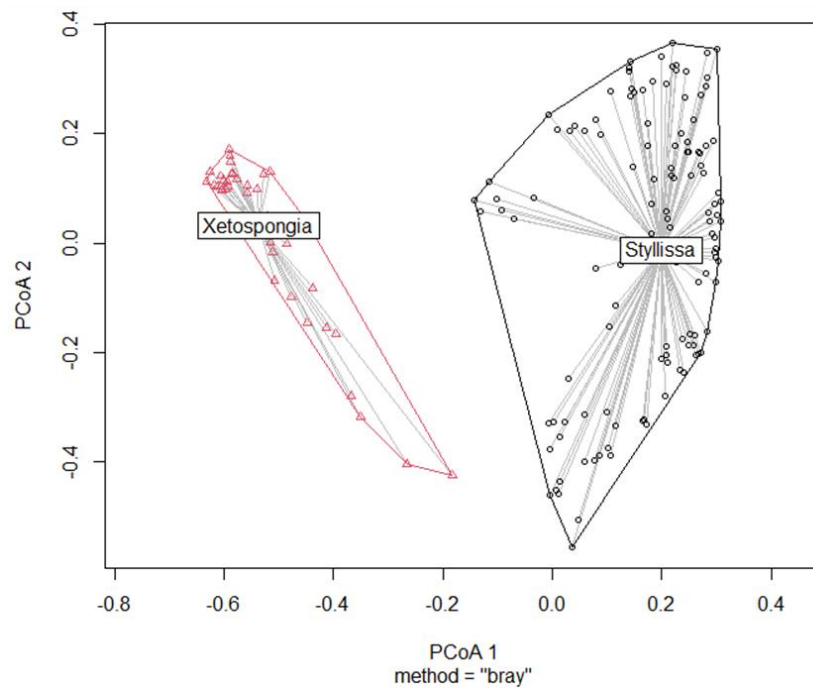


Figure 3 Analyse en coordonnées principales des données de microbiote d'éponges du projet



Figure 4 Abondance relative des différents phylums de bactéries chez *S.massa*

	Dzo1	Dzo2	Aco2	Soh1	Bao	Rob	Jim	Sak	Pas1	Pas2	Pas3	Car	Ngo
<i>Ethanoligenens</i>												2/8	
<i>Polycyclovorans</i>													1/11
<i>Tagaea</i>													2/11
<i>Occidentia</i>							1/12						
<i>Oceanibaculum</i>					1/10								
<i>Candidatus.Pelagibacter</i>											1/6		
<i>Congregibacter</i>											1/6		
<i>Halodesulfovibrio</i>											1/6		
<i>Methyloceanibacter</i>											1/6		
<i>Prochlorococcus</i>											1/6		
<i>Pseudoeredinibacter</i>											1/6		
<i>Wukongibacter</i>											1/6		
<i>Kofleria</i>						1/11							
<i>Bacyllariophyta</i>	1/15												
<i>Cellulophaga</i>		1/8											

Tableau 4 des genres détectés dans une seule station (ie spécifiques à une station) pour **S.massa**. Les valeurs données correspondent au nombre d'occurrence et au nombre total d'individus échantillonne dans la station.

	Dzo1	Bao	Rob	Pas1	Car	Ngo
<i>Aggregatilinea</i>					1/9	
<i>Dasania</i>					4/9	
<i>Exilibacterium</i>					1/9	
<i>Heliothrix</i>					1/9	
<i>Iamia</i>					1/9	
<i>Magnetospira</i>					1/9	
<i>Methylostratum</i>					2/9	
<i>Pseudobacteriovorax</i>					1/9	
<i>Roseithermus</i>						
<i>Aminiphilus</i>						1/8
<i>Arenicella</i>						1/8
<i>Halofilum</i>						1/8
<i>Marinibaculum</i>						1/8
<i>Perspicuibacter</i>						2/8
<i>Caldilinea</i>		1/8				
<i>Endothiovibrio</i>		1/8				
<i>Ketobacter</i>		1/8				
<i>Luteitalea</i>		1/8				
<i>Caldinitratiruptor</i>			1/8			
<i>Cucumibacter</i>			1/8			

Galliscardovia			1/8			
Saccharibacteria			1/8			
Sediminispirochaeta			1/8			
Sulfurivirga			1/8			
Thiohalophilus			1/8			
Pseudoalteromonas	1/1					
Albimonas				1/6		
Brockia				1/6		
Desulfothermobacter				1/6		
Desulfoviregula				1/6		
Jahnella				2/6		
Ornatilinea				1/6		
Paroceanicella				2/6		
Thermoflexus				2/6		
Truepera				1/6		

Tableau 5 des genres détectés dans une seule station (ie spécifiques à une station) pour *X.testudinaria*. Les valeurs données correspondent au nombre d'occurrence et au nombre total d'individus échantillonné dans la station.

Analyse de diversité fonctionnelle

Deux estimateurs fonctionnelles étaient proposées pour estimer la preuve de concept (voir cadre logique) en début de projet: estimation des proportions relatives de taxa (ie regroupement d'espèces proches) ayant une activité photosynthétique; taxa supposée "opportunistes". Le premier estimateur a pu être exploré, tandis que le second nécessite d'autres analyses qui n'ont pu être réalisées dans le temps imparti du projet, principalement parce qu'elles nécessitaient une importante expertise bioinformatique.

Globalement, le pourcentage de taxa photosynthétiques (reconnu parce que la séquence est affiliée à de l'ADN chloroplastique, organelle cellulaire de la photosynthèse) plus élevée chez *S.massa* que *X.testudinaria* (13% contre 3%). Il n'y a pas de différence significative entre les stations de niveaux supposés d'anthropisation différents. Il y a un effet campagne significatif sur cette proportion avec des valeurs très disparates en fin de période de pluie pour *S.massa* et en début de période de pluie pour *X.testudinaria*.

En résumé, **la nature du microbiote chez *S.massa* et *X.testudinaria* change entre les campagnes et les stations à la fois parce qu'il y a des variations au niveau des genres de bactéries, mais également au niveau de leurs abondances relative dans l'éponge** (estimée ici par le nombre de « reads » des données de séquençage haut débit). Les variations spatiales correspondent à des variations du ratio Proteobacteria vs autres bactéries pour *S.massa*.

Certains genres ont été détectés que dans une seule campagne. Deux différences notables entre les deux espèces cependant ont été observées: (i) l'homogénéité des microbiotes varie entre les campagnes **pour *S.massa*, avec une « instabilité » marquée à la fin de la période**

des pluies (ii) les variations temporelles sont deux fois plus importantes que l'effet station pour *X.testudinaria*.

Le microbiote comme bioindicateur pour le suivi des effets de l'anthropisation du littoral ?

Nous rappelons que l'objectif de cette activité était d'être une preuve de concept pour l'utilisation du microbiote d'éponge en tant que bioindicateur de l'anthropisation du milieu. D'après nos résultats, comment les variations spatiales du microbiote de *S.massa* et de *X.testudinaria* sont corrélées au niveau de l'anthropisation du littoral?

- ⇒ **Efficacité des estimateurs de diversité** : Les indices de richesse du microbiote ne sont pas informatifs pour caractériser les variations spatiales (elles le sont pour caractériser les variations temporelles) et ne permettent donc pas de refléter des différences entre station plus ou moins anthropisées.
- ⇒ **Recherche de singleton** Les résultats suggèrent que la recherche de singleton (identification de taxa d'occurrence égale à 1) pourrait permettre d'identifier des bactéries informatives à une station (ie capable de signer une origine spatiale). A titre d'exemple, cette démarche a révélé six genres de bactérie détectée que dans la station Pas 1 chez *S.massa*. Une telle démarche permet donc de circonscrire les taxa potentiellement informatifs. Le lien entre ces taxa candidats et l'anthropisation se confirme dans les études à venir.

Perspectives

En perspective, le suivi spatio-temporel des bactéries identifiées comme singleton dans les stations les plus anthropisées dans ce projet pourrait permettre de confirmer leur association avec l'anthropisation du milieu. Si tel est le cas, alors leur suivi pourrait jouer le rôle de bioindication de l'anthropisation du lagon.

Par ailleurs, des analyses fonctionnelles du microbiote pourrait permettre de mieux comprendre les relations entre potentiels métaboliques de chaque microbiote et niveau d'anthropisation, ce qui permettrait de comprendre plus finement les processus à l'œuvre (ex. Est-ce les eaux usées plutôt que la sédimentation qui affecte le microbiote ?).

Enfin, les campagnes de terrain Maysponge ont révélé une structuration spatiale des éponges en termes d'assemblage d'espèce. Notamment les densités de *S.massa* et de *X.testudinaria* varient énormément à travers les stations. A partir de ces constats, un nouveau projet est né avec comme objectif d'essayer de caractériser les assemblages que l'on retrouve dans les zones anthropisées, une nouvelle fois pour voir dans quelle mesure les éponges, cette fois les assemblages, peuvent permettre de rendre compte de l'anthropisation du littoral.

Résultat 1 Activités 1.2 Amélioration de la caractérisation de la pollution par les éponges & 1.4 Caractérisation des capacités épuratrices des éponges

Le projet Maysponge incluait le déploiement de duplicatas d'échantillonneurs passifs de type POCIS-T dans l'oscule et à la base des trois éponges déjà décrites. Les POCIS-T ont un taux d'échantillonnage optimal pour des molécules organiques d'hydrophobicité modérée ($\text{Log}_{10}K_{ow}$ entre 2 et 3,5) qui les privilégie pour le suivi des micropolluants organiques tels que les émergents, les médicaments, la plupart des stupéfiants et des pesticides épandus depuis une quarantaine d'année. L'éventail des molécules ciblées correspond donc aux molécules utilisées en contexte domestique ou qui exposent les populations puis se retrouvent dans leurs effluents. Les POCIS-T ont été sélectionnés du fait de leur petite taille (environ 1.5cm de large pour 4 cm de long, épaisseur 1mm environ) et leur absence de carter métallique contrairement aux POCIS conventionnels. Cette caractéristique nous évitait de déployer des supports (métalliques eux aussi). Ces déploiements ont été complétés par celui d'un duplicata à plus d'un mètre des éponges étudiées, de telle sorte à évaluer en parallèle la contamination de la masse d'eau avec des POCIS-T sans l'assistance du flux induit par les éponges. De même, des blancs d'expérience ont été réalisés pour assurer de la stabilité du signal de base.

Le déploiement s'est opéré de façon très satisfaisante par deux plongeurs qui ont lesté les duplicatas par un plomb de plongée (chaque POCIS-T étant libre dans le courant, enclos dans un filet individuel). Composés d'OasisHLB (une poudre blanche) enclose entre deux lames de polyethersulfone, les POCIS-T défectueux se manifestent par une perte de ladite poudre. Un seul exemplaire a dû être retiré de l'expérience, ce qui ne l'a pas entaché d'erreur. Les difficultés analytiques sont aussi identifiées au travers des blancs expérimentaux, qui ont assuré que le transport depuis l'Université Bordeaux 1 et le stockage des POCIS-T ont été conformes aux conditions nominales.

Les échantillonneurs passifs étaient dopés par des **composés de performance** (PRC) qui permettent d'estimer le volume d'eau suivi au cours du déploiement. La désorption des PRC informe donc du passage du flux d'eau à la surface de l'outil. Les duplicatas représentant peu ou prou les mêmes conditions de flux, ils devaient être cohérents que des tendances de désorption permettent d'arbitrer entre les différents positionnements, notamment pour illustrer l'intensité de la ventilation ; le faible nombre de duplicatas interdit, en dehors de résultats très tranchés, toute interprétation doit être prise avec circonspection. Or, dans le présent jeu de données concernant les PRC, aucun résultat très net ne ressort.

Trois remarques peuvent, néanmoins, être faites :

- 1) Les PRC ont subi une désorption du même ordre dans toutes les conditions (extérieur, base, oscule). Cela peut être associé au fort courant de marée qui marque le littoral mahorais : avec 4 mètres de marnage, flot et jusant sont puissants et le problème observé dans le milieu marin pour le déploiement des échantillonneurs passifs (milieu lentique impliquant un temps de déploiement long) est relativisé. Il

était impossible d'anticiper ce résultat puisque l'effet de l'inhalation des PRC par les éponges était inconnu.

- 2) Sur les trois éponges pour lesquelles les échantillonneurs passifs suivaient quatre PRC suivis (caféine C13, salbutamol D3, DIA D5 et isoproturon D6), il n'y a qu'une occurrence d'un reliquat de PRC supérieur dans les POCIS-T déployés dans l'oscule aux quantités observées pour leurs homologues posées à la base des éponges. En d'autres termes, cette observation suggère que le flux d'eau circulant à la surface des échantillonneurs passifs est plus supérieur ou égal dans l'oscule que dans toutes les autres conditions sauf une.
- 3) En comparant le reliquat de PRC dans les POCIS avec les quantités initiales de PRC, il est possible de constater une homogénéité notable des reliquats par type de PRC (de 1 à 6%) dans les échantillonneurs passifs déployés au niveau de la base des éponges par rapport à ce qui est observé dans l'oscule. Les POCIS-T déployés à la base sont soumis à la fois au courant marin (flot et jusant) circulant autour de l'éponge qu'à l'inhalation par l'éponge elle-même. Cette variabilité suggère une relative indifférence au spécimen, donc que **le flux inhalant spécimen-dépendant a un effet minime face aux courants de marée**. A l'inverse, la variabilité est cinq fois plus forte pour les POCIS-T déployés dans les oscules (de 11 à 20%) qu'aux bases des éponges, **ce qui peut être associé à une réponse spécimen-dépendant**. Ce point pourrait être illustré par la différence entre les rapports base/oscule des PRC en fonction des trois éponges.

		Caféine C13	Salbutamol D3	DIA D5	Isoproturon D6
Oscule	<i>Moyenne</i>	39%	22%	43%	84%
	<i>Ecart-type</i>	20%	11%	19%	11%
Base	<i>Moyenne</i>	49%	21%	57%	82%
	<i>Ecart-type</i>	4%	6%	1%	3%

Moyenne de reliquat de PRC dans les POCIS-T en fonction de leur localisation et de la molécule

Sur la base de ces constatations, qui mériteraient d'être répétées pour être étayées davantage, il apparaît donc que les **PRC peuvent être interprétés comme informant du flux exhalé par les éponges**. Cette caractéristique pourrait être améliorée en optimisant la hauteur de déploiement des POCIS-T dans le cône que forme l'oscule : les placer au fond comme ici les prive peut-être du flux de siphons exhalant sur les côtés du cône.

Concernant les concentrations en micropolluants, aucun n'a été retrouvé. Etant donné le site, sous l'influence de la principale station d'épuration de Mayotte, non loin de l'exutoire de cours d'eau fortement anthropisés et sachant le faible taux de raccordement des populations locales, l'absence de quantification de molécules traceurs de l'urbanisation comme la caféine ou le paracétamol pose **le problème de la fiabilité de l'outil**, notamment au regard de l'efficacité de la désorption des PRC, donc du bon fonctionnement des échantillonneurs passifs d'une façon générale. Il conviendra de tester avec d'autres types d'échantillonneurs passifs (à commencer par le POCIS conventionnel) et les performances de la station d'épuration pour l'abattement des micropolluants mais aussi de mieux étudier cette masse d'eau, pour comprendre notamment les possibles effets de chasse liés aux

courants de marée. Des études sont programmées dans ce sens (contact DEAL Mayotte, Service Eau usées).

			Caféine	Salbutamol		Isoproturon
			C13	D3	DIA D5	D6
			ng.g-1	ng.g-1	ng.g-1	ng.g-1
Valeur ref T0		MAY / 16-11-20 / Tem / / 1 Pest	7 682	4 099	5 852	899
		MAY / 16-11-20 / Tem / / 2	8 218	4 790	5 475	896
Extérieur			7 950	4 445	5 664	898
		MAY / 16-11-20 / 2 / E / 3	1 713	370	1 523	714
		MAY / 16-11-20 / E / E / 2	2 896	534	2 973	625
		Pourcentage moyen de reliquat	29%	10%	40%	75%
	Pourcentage Ecart-type	11%	3%	18%	7%	
Eponge 1	Oscule	MAY / 16-11-20 / 1 / O / 1	882	471	810	715
		MAY / 16-11-20 / 1 / O / 3	1 918	525	1 657	784
		Pourcentage moyen de reliquat	18%	11%	22%	84%
		Pourcentage écart-type	9%	1%	11%	5%
	Base	MAY / 16-11-20 / 1 / B / 3	4 219	1 013	3 466	735
		MAY / 16-11-20 / 1 / B / 2	4 163	1 217	2 896	772
Pourcentage moyen de reliquat		53%	25%	56%	84%	
	Pourcentage écart-type	0%	3%	7%	3%	
Eponge 2	Oscule	MAY / 16-11-20 / 2 / O / 1	4 516	1 361	3 529	832
		MAY / 16-11-20 / 2 / O / 2	4 470	1 564	3 005	883
		Pourcentage moyen de reliquat	57%	33%	58%	96%
		Pourcentage écart-type	0%	3%	7%	4%
	Base	MAY / 16-11-20 / 2 / B / 1	4 219	1 013	3 466	735
		MAY / 16-11-20 / 2 / B / 2	3 664	1 006	3 176	740
Pourcentage moyen de reliquat		50%	23%	59%	82%	
	Pourcentage écart-type	5%	0%	4%	0%	
Eponge 3	Oscule	MAY / 16-11-20 / 3 / O / 1	4 969	1 379	4 039	932
		MAY / 16-11-20 / 3 / O / 2	4 261	1 063	3 636	813
		Pourcentage moyen de reliquat	44%	22%	50%	73%
		Pourcentage écart-type	6%	5%	5%	9%
	Base	MAY / 16-11-20 / 3 / B / 1	3 696	666	3 260	695

MAY / 16-11-20 / 3 / B / 2	3 366	593	3 101	720
Pourcentage moyen de reliquat	44%	14%	56%	79%
Pourcentage écart-type	3%	1%	2%	2%

Bleu : Pas de différence significative entre la désorption des PRC déployés dans l'oscule et sur la base. Rouge : Moins de désorption des PRC déployés dans l'oscule et sur la base.

Annexe 2 : Photos des activités et résultats



Figure 1 - Maquette en construction
©CHMaquettiste



Figure 2 - Module de la maquette
en cours d'élaboration
©CHMaquettiste

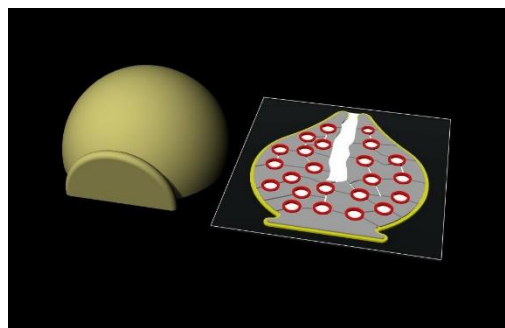


Figure 3 - Modélisation 3D de la maquette
pédagogique éponge marine ©CHMaquettiste



Figure 4 - *Stylissa massa* baie de Soha (Mayotte). ©Y.Mercky



Figure 5 - Eponges barriques, baie de Sazilée (Mayotte). ©E.Sucré



Figure 6 - Conditionnement des échantillons sur le bateau. ©E.Corse

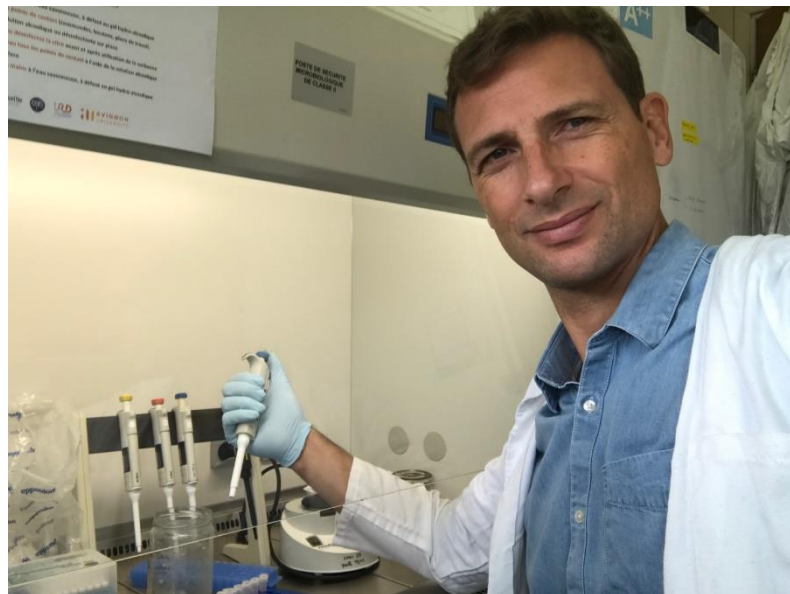


Figure 7 - Manipulation de metabarcoding des éponges dans les locaux de l'IMBE (Marseille) ©E.Corse

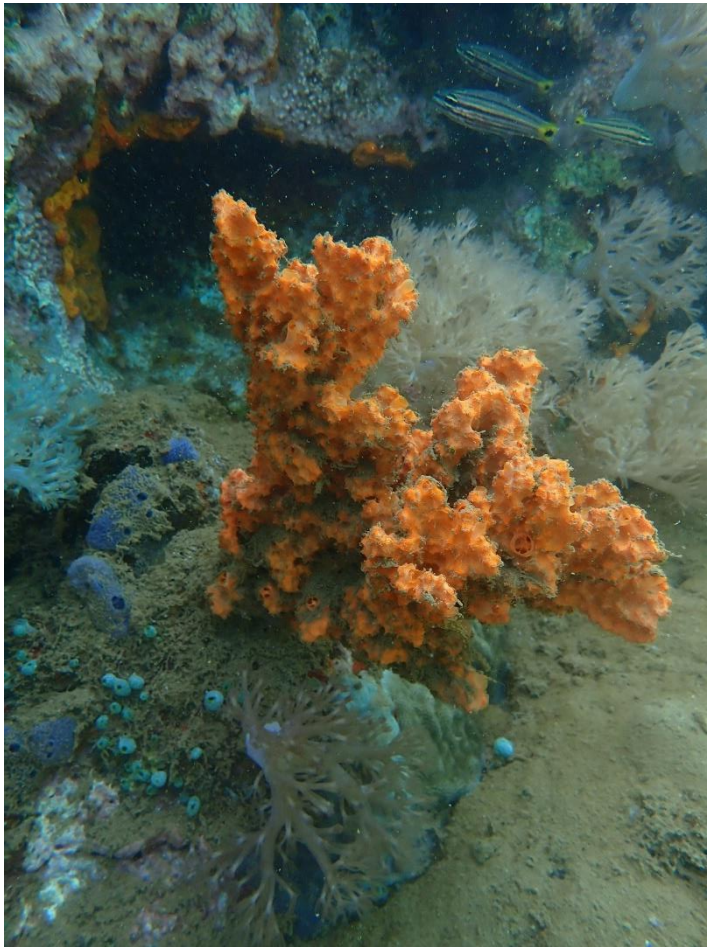


Figure 8 - *Stylissa carterii* Ilot MBouzi (Mayotte). ©C.LeBozec



Figure 9 - Eponge non identifiée Ilot MBouzi (Mayotte). ©C.LeBozec



Figure 10 – Eponge non identifiée Ilot MBouzi (Mayotte). ©C.LeBozec



Figure 11 – *Liosina paradoxal* Ilot MBouzi (Mayotte). ©C.LeBozec



Figure 12 – Eponge non identifiée Passes du Nord (Mayotte). ©E.Corse

ANNEXE 3 Liste des personnes présentes lors de la rencontre CUFR/DEAL/PNMM

Nom	Affiliation
Mathieu Jeanson	CUFR
Matthieu Le Duff	CUFR
Aline Aubry	CUFR
Damien Devault	CUFR
Emmanuel Corse	CUFR
Claire Golléty	CUFR
Thomas Claverie	CUFR
Esméralda Longépée	CUFR
Elliot Sucré	CUFR
Rémi Brosse	CUFR
Sarah Charroux	CUFR
Sophie Morisseau	CUFR
Anliati Ahmed Abdallah	CUFR
Laura Mégevand	CUFR
André Lechiguero	DEAL
Julie Richard	DEAL
Dhoiffari Said Hachim	DEAL
Christophe Fontfreyde	PNMM
Clément Lelabousse	PNMM
Naomi Scholten	PNMM
Cyrielle Jac	PNMM

ANNEXE 4 Cadre Logique du projet

Objectif Général Développement d'outils de suivi des pressions anthropiques majeurs et caractérisation des services écosystémiques du lagon mahorais

Objectif spécifique / but Développement de méthodologies innovantes basées sur l'utilisation des éponges en tant qu'organismes auxiliaires pour l'évaluation de l'impact des eaux usées sur le lagon et la caractérisation des services écosystémiques

	Activités	Livrable/Jalon	Indicateur	Moyen de vérification
Résultat 1 Preuve de concept	Activité 1.1 Campagne terrain	Livrable/Jalon 1.1 -Reconnaissance des stations - Echantillonnage stations - Identification taxonomiques des éponges échantillonnées - Prise vidéos	Indicateur 1 - Nombre d'échantillons: <u>350</u> /station: <u>19</u> - <u>5</u> espèces identifiées et <u>4</u> barcodées non identifiées - Nombre POCIS-T déployés et analysés répondant au contrôle qualité: <u>25</u>	Moyen de vérification 1 - Comparaison avec les conditions de validation (programme concomitant Continuum Terre Mer dans la colonne d'eau)* - Comparaison avec autres méthodes de bioindication (ex. DCE, CTM) * - Comparaison alpha diversité du microbiote entre les conditions environnementales - Comparaison beta diversité du microbiote entre les conditions environnementales - Comparaison diversité taxa photosynthétiques du microbiote entre les conditions environnementales - Comparaison diversité taxa opportuniste du microbiote entre les conditions environnementales**
	Activité 1.2 Amélioration de la caractérisation de la pollution par les éponges	Livrable/Jalon 1.2 Analyse POCIS-T (prx vs dis) 3 éponges * Comparaison listes polluants attendus versus observés autour de l'éponge**		
	Activité 1.3 Caractérisation des réponses fonctionnelles des éponges à l'environnement	Livrable/Jalon 1.3 <u>165</u> éponges analyse microbiote		
	Activité 1.4 Caractérisation des capacités épuratrices des éponges	Livrable/Jalon 1.4 Analyse POCIS-T (prx vs dis) 3 éponges (8)*		
Résultat 2 Vulgarisation des éponges et de leur potentialité pour la gestion du lagon	Activité 2.1 Sensibilisation du grand public au modèle éponge	Livrable/Jalon 2.1 - Développement de supports maquette - Développement de supports vidéos - Participation aux événements publics (ex. fête de la science) Intervention dans les écoles Mise en place d'une page internet	Indicateur 2.1 - Nombre de participations à des événements environnementaux : <u>0</u> ² - Nombre de personnes sensibilisées : <u>0</u> - Fréquentation de la page web : <u>59</u>	Moyen de vérification 2 - Rapport d'activité sur les événements de sensibilisation - Résumé de la session de travail, précisant les perspectives potentielles ouvertes par le projet pour la surveillance du lagon et l'évaluation du rôle écosystémiques des éponges
	Activité 2.2 Diffusion des résultats auprès de professionnels locaux de l'environnement	Livrable/Jalon 2.2 - Réunion lancement projet*** - Session de restitution des données du projet auprès des acteurs locaux de l'environnement***	Indicateur 2.2 - Nombre de personnes/organismes locaux présentes lors de la restitution du projet : <u>0</u>	

* Modification du déploiement POCIS-T (plus d'échantillons distales= dis)
** Analyse impossible car polluants en dessous des seuils de détection significatifs

* Analyse impossible car polluants en dessous des seuils de détection significatifs ** Analyse fonctionnelle du microbiote non réalisée à ce jour (On a cependant comparé les proportions archées vs Eubacteria)

*** Annulation par le Parc Marin du groupe de travail ELITE en 2020 et 2021 en raison de la crise sanitaire qui devait servir de cadre pour le lancement et de restitution du projet. Une rencontre entre la DEAL, el CUFR et le Parc Marin a été organisé le 03/06/2021. Il est envisagé de renouveler cette rencontre en juin 2022

Les éléments surlignés en rouge sont des livrables ou moyen de vérification qui n'ont pu être effectués pour différentes raisons, précisées par des astérisques.

www.life4best.org



LIFE4BEST is funded by the LIFE Programme of the European Commission together with OFB and AFD.

