

PROJET ACROPORA

BILAN ET PERSPECTIVES



RAPPORT D'ACTIVITÉ 2023

Soutiens financiers



Direction
de l'environnement,
de l'aménagement et du logement

Partenaires techniques



Partenaires scientifiques







Projet Acropora, bilan et perspectives

Rapport d'activité 2023
RA2024-02-L'ASSO-MER

Rédaction :

Louise CHOUROT, Chloé THERET, Gwenaël QUENETTE, Gipsy TRAMONI

Relecture :

Franck DOLIQUE

Citation du présent rapport document :

Chourot, L., Theret, C., Quenette, G., Tramoni, G. (2023). *Projet Acropora : bilan et perspectives. Rapport d'activité 2023*. RA2024-02-L'Asso-Mer.



SOMMAIRE

Liste des acronymes.....	4
1. Contexte du projet.....	5
1.1. Historique 2016-2022.....	5
1.2. Questions fin 2022.....	10
1.3. Bilan fin 2023.....	11
2. Action 1 : Sensibilisation et communication.....	15
2.1. Animations grand public et en milieu scolaire.....	15
2.2. Communication.....	15
3. Action 2 : Suivis des colonies des pouponnières, transplantées et du récif naturel.....	18
3.1. Suivis biométriques et état de santé.....	18
3.1.1. Phase de terrain en plongée.....	18
3.1.2. Résultats des suivis des coraux.....	20
3.2. Caractérisation génétique.....	22
3.2.1. Matériel et méthodes (succinct).....	22
3.2.2. Résultats des analyses génétiques.....	24
3.3. Suivi de la reproduction sexuée.....	27
3.3.1. Matériel et méthodes pour les suivis de reproduction.....	27
3.3.2. Résultats des observations des campagnes 2022 et 2023.....	28
3.3.3. Discussion sur la reproduction des coraux en Martinique et Caraïbes.....	29
3.4. Épisode de blanchissement 2023 : opération HEAT et suivis post-HEAT.....	32
4. Action 3 : Cartographie bathymétrique des zones de conservation à Sainte-Luce.....	33
5. Coordination territoriale du projet.....	36
5.1. Comités Locaux IFRECOR (2023).....	36
6. Conclusion du projet.....	37
6.1. Leçons apprises.....	37
6.2. Perspectives.....	39
7. Bibliographie.....	40
7.1. Littérature scientifique.....	40
7.2. Rapports (littérature grise).....	41
7.3. Documentation juridique.....	42
8. Annexes.....	43
8.1. Annexe 1 : Avis du CNPN du 5 octobre 2021.....	43
8.2. Annexe 2 : Fiches terrain pour les suivis mensuels.....	45
8.3. Annexe 3 : Protocole génétique.....	46
8.3. Annexe 4 : Résultats des campagnes de suivis de reproduction sexuée.....	51

Liste des acronymes

Abréviations	Noms complets et définitions
AOT	L'Autorisation d'Occupation Temporaire est un permis délivré par l'autorité compétente pour pouvoir occuper une partie de l'espace public. Pour le milieu marin, c'est la Direction de la Mer qui le délivre. Le demandeur doit payer une redevance.
CNPN	Le Conseil National de Protection de la Nature est une instance d'experts scientifiques sur la biodiversité. Il donne un avis sur la réglementation et les projets mis en place en lien avec les espèces ou espaces naturels protégés.
CSRPN	Le Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel est une instance consultative de gouvernance scientifique en matière de patrimoine naturel.
DCE	La Directive Cadre sur l'Eau est une Directive européenne adoptée en 2000, qui établit le cadre d'une politique globale dans le domaine de l'eau. Son objectif est notamment de prévenir et réduire la pollution de l'eau, protéger l'environnement aquatique, promouvoir l'utilisation durable des ressources en eau, et limiter les effets des inondations et des sécheresses.
DEAL	La Direction de l'Environnement, l'Aménagement et du Logement est un service déconcentré de l'État français. Elle élabore, anime et évalue les politiques sur la biodiversité, les paysages, et les espaces naturels terrestres et aquatiques, ainsi que sur l'urbanisme, la construction et le logement.
DEP	La Dérogation Espèce Protégée est une demande faite pour déroger aux dispositions prises pour la protection des espèces selon plusieurs conditions.
ODE	L'Office De l'Eau est un établissement public local à caractère administratif, rattaché à la région de Martinique. Ses missions portent sur l'acquisition de connaissances et l'amélioration des milieux aquatiques terrestres et marins.
OVSM-IPGP	L'Observatoire Volcanique et Sismologique de la Martinique est rattaché à l'Institut de Physique du Globe de Paris. Ses missions consistent principalement à suivre l'activité volcanique de la Montagne Pelée et la sismicité locale et régionale des Petites Antilles.



1. Contexte du projet

Les récifs côtiers des Caraïbes sont caractérisés par une diversité d'espèces coralliennes relativement faible (70 espèces de coraux durs connues, dont trois espèces d'Acroporidés : *Acropora palmata*, *A. cervicornis* et *A. prolifera*) et des niveaux élevés d'endémisme, ce qui les rend uniques dans le monde (Reyes-Bonilla & Jordán-Dahlgren, 2017). Depuis plusieurs dizaines d'années, les écosystèmes coralliens caribéens montrent des signes de dégradations majeures avec notamment une réduction de la couverture corallienne incluant une diminution drastique des populations d'*Acropora* spp. La perte massive de ce taxon dans toutes les Caraïbes entre le milieu des années 1970 et les années 1980 en raison de la maladie des bandes blanches a ensuite été accentuée par un ensemble de facteurs anthropogéniques et naturels (Jackson *et al.*, 2014 ; Léocardie *et al.*, 2020). La quasi-disparition de ce taxon dans certains territoires caribéens impacte donc la biodiversité et la dynamique trophique des récifs coralliens et compromet ainsi la survie des écosystèmes coralliens et les services écosystémiques qui y sont associés (Cramer *et al.*, 2021).

Ainsi, de nombreux travaux de recherche et de conservation sur les espèces du genre dans la Caraïbe ont vu le jour à travers des projets de restauration active (Bostrom-Einarsson *et al.*, 2020). Depuis la redécouverte d'une population isolée et éparse d'*Acropora cervicornis* vivants dans le récif martiniquais en 2013, le projet « Acropora » voit le jour pour mettre en place une expérimentation de restauration d'espèces coralliennes et sensibiliser les populations humaines sur la fragilité et l'importance des communautés coralliennes.

1.1. Historique 2016-2022

Le projet expérimental « Acropora » en Martinique a débuté en 2015. Des boutures (fragments de 5 cm) de coraux Corne de cerf (*Acropora cervicornis*) et Corne d'élan (*Acropora palmata*) ont été prélevées sur des colonies mères situées au nord de la Presqu'île de la Caravelle sur le site de Loup Caravelle par le bureau d'étude Impact Mer (sur commande de la DEAL Martinique). Les boutures prélevées ont été installées sur des structures de type arbre à coraux (Nedimyer *et al.*, 2011) sur le site de la Caye d'Olbian



(Commune du Diamant). Les pépinières ont été installées en pleine eau, entre 8 et 12 m de fond à des profondeurs similaires au site des colonies mères dont elles étaient issues. La Caye d'Olbian est un site particulièrement intéressant pour l'installation des pépinières puisqu'il présente des traces historiques des espèces du genre *Acropora* et un bon état de santé de la masse d'eau (Desrosiers et De Bettignies, Impact Mer/ODE 2021). Entre 2015 et 2017, chaque bouture placée en pépinière a été méticuleusement suivie afin d'évaluer sa croissance et son état de santé (Vedie, F. et Martin, A., DEAL Martinique 2017). Suite à un incident avec un filet de pêche dérivant en juin 2019, les boutures d'*A. palmata* ne se sont pas aussi bien développées que celles d'*A. cervicornis* et leur bouturage a dû être abandonné. Cet incident a aussi compromis le suivi d'identification des boutures qui permettait de tracer les populations en présence sur les arbres.

Entre 2016 et 2017, l'association L'Asso-Mer, à laquelle la DEAL a confié la gestion de la pépinière et le suivi de l'état de santé des boutures de *A. cervicornis*, a alors commencé les prospections sous-marines afin de trouver des sites pouvant accueillir des boutures à transplanter en milieu naturel (Vedie, F. et Martin, A., DEAL Martinique 2017). Le choix s'est porté sur trois sites receveurs au sein de la Grande Caye de Sainte-Luce. C'est l'un des récifs coralliens des plus connus par les clubs de plongée et régulièrement suivis dans le cadre des mesures de qualité de l'eau (DCE) réalisés par les bureaux d'études du territoire (Impact Mer, CREOCEAN) pour le compte de l'Office de l'Eau de Martinique. Le choix de ce grand plateau corallien comme site receveur a notamment été encouragé par la perspective de mise en place d'une Aire Marine Concertée, appelée WALIWA, portée par la Ville de Sainte-Luce en 2017 avec notamment pour objectif une diminution des pressions directes sur la zone. Trois sites ont ainsi été désignés suite aux différents échanges et réunions de concertation : le site de Caye Est, le site de Caye Ouest et le site de Corps de Garde. La cartographie ci-dessous (Figure 1) permet de situer l'emplacement actuel des dômes.

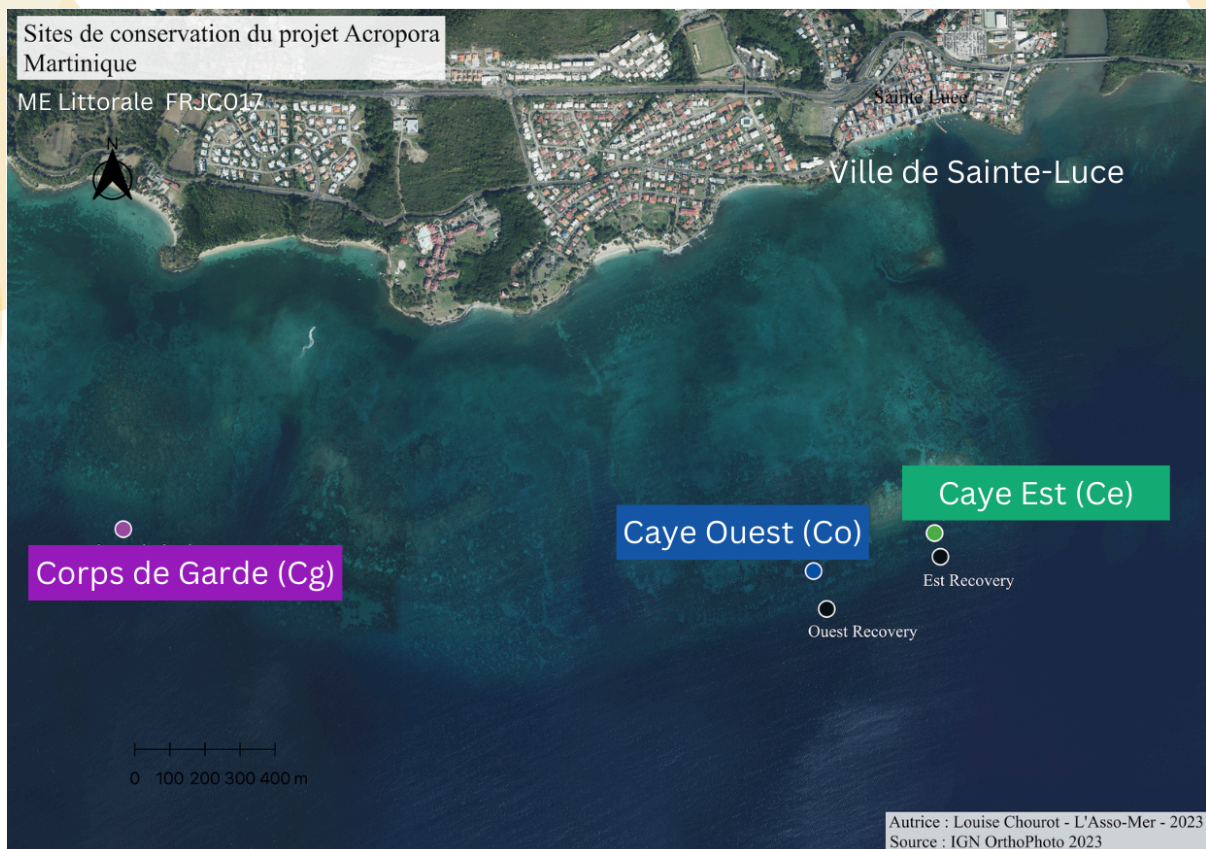


Figure 1 : Cartographie des sites de conservation où se trouvent les coraux restaurés dans l'Aire Marine Waliwa portée par la Ville de Sainte-Luce.

Cette expérimentation a débuté avant la promulgation de l'arrêté ministériel du 25 avril 2017 sur la protection des coraux (dont les coraux du genre *Acropora* spp.) aux Antilles Françaises. Suite à la nouvelle réglementation, un dossier de dérogation d'espèces protégées (DEP) a été soumis aux services compétents (DEAL, CSRPN, CNPN) pour les prélèvements, la manipulation et le transport d'espèces du genre *Acropora* spp. L'arrêté n°R-02-2018-03-08-010 autorise du 8 mars 2018 au 31 décembre 2019 « à prélever, manipuler et réimplanter dans les eaux territoriales de la Martinique des spécimens vivants de corail corne de cerf (*Acropora cervicornis*) et corail corne d'élan (*Acropora palmata*) protégés par l'arrêté du 25 avril 2017. » L'autorisation a été prolongée jusqu'en juin 2020 par l'arrêté n°R-02-2019-12-18-002.

En 2019, après l'obtention de l'Autorisation d'Occupation Temporaire (AOT) par la Ville de Sainte Luce (Arrêté n°R-02-2019-10-30-002), le déplacement et la phase d'installation des



boutures sur des structures métalliques appelées « dômes » vers les trois sites receveurs a pu être opérée. La majorité des pépinières de la Caye d’Olbian (arbres) ont été démantelées.

Entre juin 2020 et fin 2021, une structure artistique nommée « Souffle Océan 1 » réalisée par Sidney RÉGIS (partenariat avec We Were Water & Air) a été installée pour accueillir des boutures de coraux. Représentant l’air et l’eau (hydrocaedon), cette œuvre d’art est inédite tant sur le plan artistique que pour la préservation de la biodiversité. Fin 2021, l’œuvre s’est décrochée de son mouillage et a été perdue.

Entre 2019 et 2022, la gestion des 3 pépinières dômes a été réalisée régulièrement par les équipes de L’Asso-Mer et de la DEAL, avec l’appui de la Ville de Sainte-Luce et avec le soutien technique des clubs de plongée partenaires. La croissance et l’état de santé des boutures « filles » sur les dômes ont été suivis par la prise de photographies avec une échelle centimétrique (L’Asso-Mer, 2020). La ramification et la croissance de ces boutures en colonies ont supposé également la présence d’*A. prolifera* parmi les fragments transférés sur les dômes. Cette espèce hybride semble aussi avoir été observée sur le site de Loup Caravelle, site de prélèvement initial des *Acropora cervicornis* (Biotope, 2021). Les coraux présents sur les 3 dômes depuis 2019 continuent à se développer et à être suivis (L’Asso-Mer, 2022). Des réimplantations de colonies en milieu naturel sont effectuées jusqu’en juin 2020 (fin de l’arrêté n°R-02-2019-12-18-002).

Après cette date, les colonies sur les pépinières ont continué à se développer. La capacité d’accueil des structures allait bientôt être dépassée. La forte densité des boutures de coraux peut freiner le développement, voire entraîner de la mortalité, s’il n’y a pas de transplantation au fur et à mesure en milieu naturel (Johnson *et al.*, 2011). C’est pourquoi en 2022, les dômes de restauration corallienne ont été dédoublés afin de démultiplier le travail de bouturage et permettre aux boutures de continuer leur développement dans de bonnes conditions, tout en étudiant les possibilités de réimplantation de cette espèce dans le milieu naturel. À cette occasion, le RSMA (Régiment du Service Militaire Adapté de la Martinique) a rejoint la liste des partenaires impliqués au projet par la fabrication de trois nouveaux dômes.



En 2021, L'Asso-Mer et les partenaires du projet ont voulu obtenir une autorisation pour prélever de nouveaux fragments de coraux sur le site des colonies-mères afin d'augmenter le pool génétique. L'avis négatif du Conseil National de Protection de la Nature (CNP) délivré le 21 octobre 2021 a révoqué la démarche. Suite à cela, lors du Comité Local IFRECOR du 14 février 2022, il a été décidé de continuer le bouturage sur les nouveaux dômes à partir des colonies en développement sur les pépinières déjà installées. Aucun corail ne pouvait cependant faire l'objet de prélèvement dans le milieu naturel. La figure suivante (Figure 2) relate les éléments clés de l'historique du projet « Acropora ».

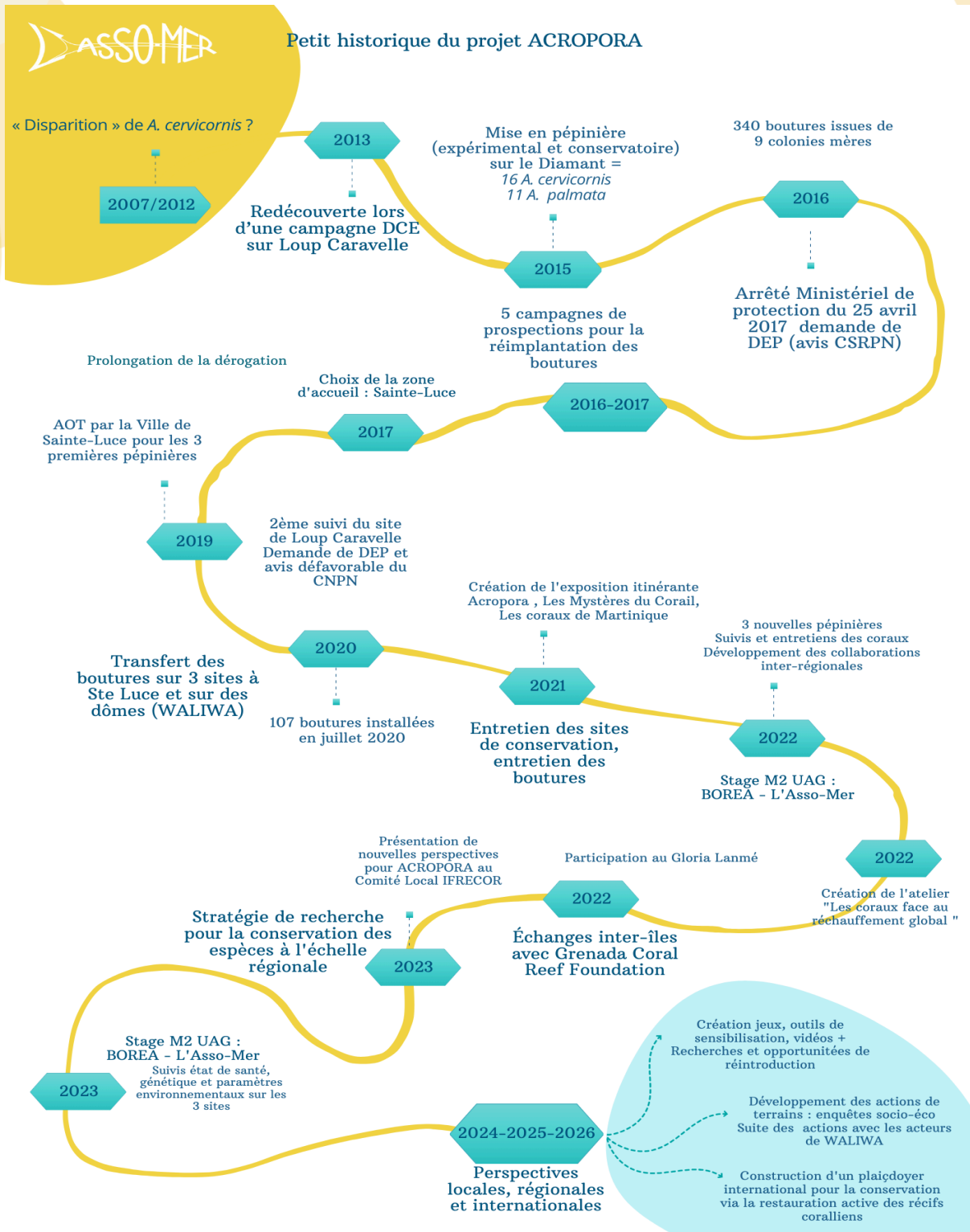


Figure 2 : Historique des moments clés entre 2007 et 2023 concernant les coraux du genre *Acropora* spp. en Martinique et le projet Acropora porté par la DEAL Martinique et L'Asso-Mer.

1.2. Questions fin 2022

Grâce aux travaux entrepris au sein de L'Asso-Mer (en interne et lors d'un stage de Master 2 en 2022), plusieurs questionnements scientifiques sont nés et ont façonné les perspectives



d'actions et de travaux pour l'année 2023. Ces questionnements ont également été soulevés lors du Comité Local IFRECOR du 14 février 2022 et dans l'avis du 5 octobre 2021 du CNPN sur le projet :

- Quelle est la diversité génétique de *Acropora cervicornis* sur le territoire de la Martinique (sur les dômes et dans le milieu naturel) ? L'hypothèse avancée par les experts énonce que la population d'*A. cervicornis* présente sur les dômes est monoclonale.
- Comment évoluent les coraux sur les dômes (état de santé et développement) ?
- Quels sont les effectifs et l'état de santé des populations *Acropora* spp. dans le milieu naturel en Martinique ?

1.3. Bilan fin 2023

L'année 2023 est marquée par un effort pour continuer la sensibilisation sur le projet Acropora, ainsi que la communication sur certains événements marquants et inoubliables ([2. Action 1 : Sensibilisation et communication](#)). Côté sciences, il s'agit de structurer les suivis scientifiques participatifs, réviser et mettre à jour les protocoles d'évaluation de l'état de santé et de la croissance des coraux installés sur les pépinières, et répondre aux questions soulevées par le Comité Local IFRECOR en 2022. Autour du projet s'est donc constituée une équipe de collaborateurs du monde de la recherche, avec le laboratoire BOREA, le bureau d'expertise Sealens, l'OVSM-IPGP, ainsi qu'un soutien technique local par les gestionnaires du Comité local IFRECOR. Ainsi, l'équipe de L'Asso-Mer a pu bénéficier d'un soutien scientifique et technique sans précédent pour mener à bien les actions scientifiques du projet Acropora.

Les suivis participatifs se sont poursuivis pour évaluer l'état de santé des colonies, leur croissance ([3.1. Suivis biométriques et état de santé](#)). Les analyses génétiques sur les pépinières ont été menées sur les coraux des dômes ([3.2. Caractérisation génétique](#)). Une campagne de terrain avec l'OVSM-IPGP, dans le cadre du projet européen PREST, a pu avoir lieu pour caractériser la géomorphologie et la bathymétrie de la Grande Caye ([4. Action 3 : Cartographie bathymétrique des zones de conservation à Sainte-Luce](#)).



Au-delà des aspects scientifiques, le projet « Acropora » a permis de continuer les actions de sensibilisation auprès du grand public, des scolaires ([2.1. Animations grand public et en milieu scolaire](#)). L'Asso-Mer a pu également intégrer des réunions de concertation régionale avec les acteurs de l'environnement marin pour discuter d'une stratégie globale en faveur des récifs coralliens ([5. Coordination territoriale du projet](#)).

L'année 2023 a été marquée par l'observation de la ponte des coraux *Acropora cervicornis* transplantés en milieu naturel à Sainte-Luce (cf. [3.3. Suivi de la reproduction sexuée](#)). C'était la première fois lors des suivis nocturnes effectués dans le cadre de ce projet. Suite à cela, la vague de chaleur marine qui a touché l'ensemble du bassin caribéen a eu raison des coraux, en les faisant d'abord blanchir pendant quelques mois, jusqu'à une issue inéluctable de mortalité totale ([3.4. Épisode de blanchissement 2023 : opération HEAT et suivis post-HEAT](#)).

Un réseau de collaborateurs scientifiques et de partenaires multidisciplinaires s'est consolidé autour du projet qui permet de proposer les différents axes de recherche, d'actions participatives, de valorisation et de sensibilisation composant ainsi l'action de conservation des récifs coralliens et des espèces du genre *Acropora* spp. (Figure 3). Si ce projet avait pour but la sensibilisation et le conservation, c'est aussi un levier pour construire des partenariats entre plusieurs types d'organisations.



UN PROJET MULTI-PARTENARIAL

Partenariats institutionnels



Partenariats techniques



Concertation acteurs locaux



Partenaires scientifiques



Adeline POUGET-CUVELLIER

Biologiste marin



Anthony POTTIER

Chargé de projet PREST

Collaborations internationales



Figure 3 : Présentation des partenaires.

Au cours des années, L'Asso-Mer a soulevé des fonds pour pouvoir structurer et renforcer l'équipe salariée qui travaille sur le projet. La figure suivante (Figure 4) dresse le bilan des aides publiques collectés selon les types de financeurs, dont le total en 8 ans de projet revient à 138 572,97 €.

Montant total d'aides publiques

de 2016 à 2023

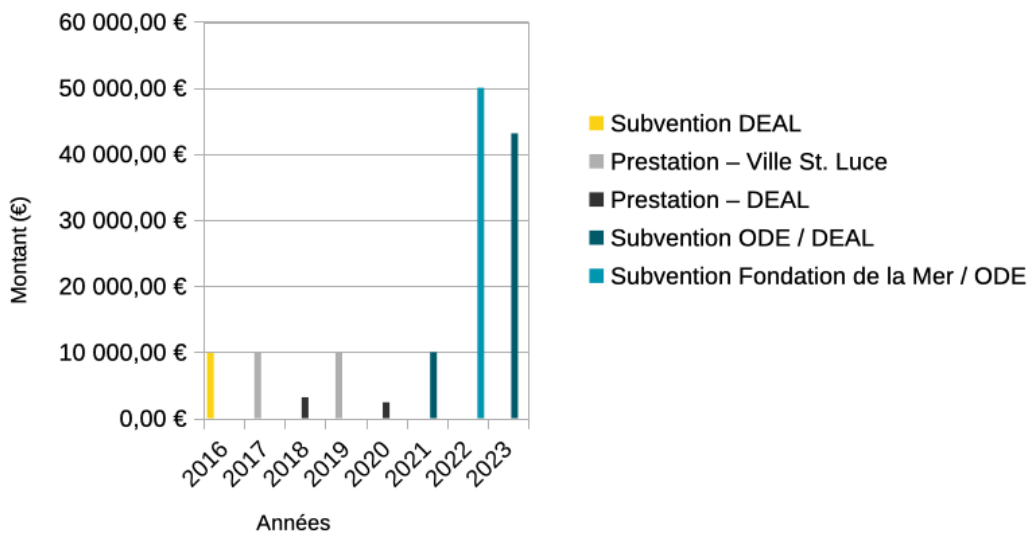


Figure 4 : Bilan budgétaire du projet entre 2016 et 2023.



La figure suivante présente la répartition du budget total du projet par financeurs (Figure 5). Au-delà de l'aide publique, L'Asso-Mer a également contribué au projet via ses fonds propres (cotisations, dons) mais également via les contributions volontaires en nature (temps des bénévoles, investissements financiers des bénévoles notamment pour payer les plongées d'entretiens). Cette part est estimée à environ 8% sur l'ensemble du projet (12 049,83 €). Le montant total du projet est donc d'environ 154 069,52 €.

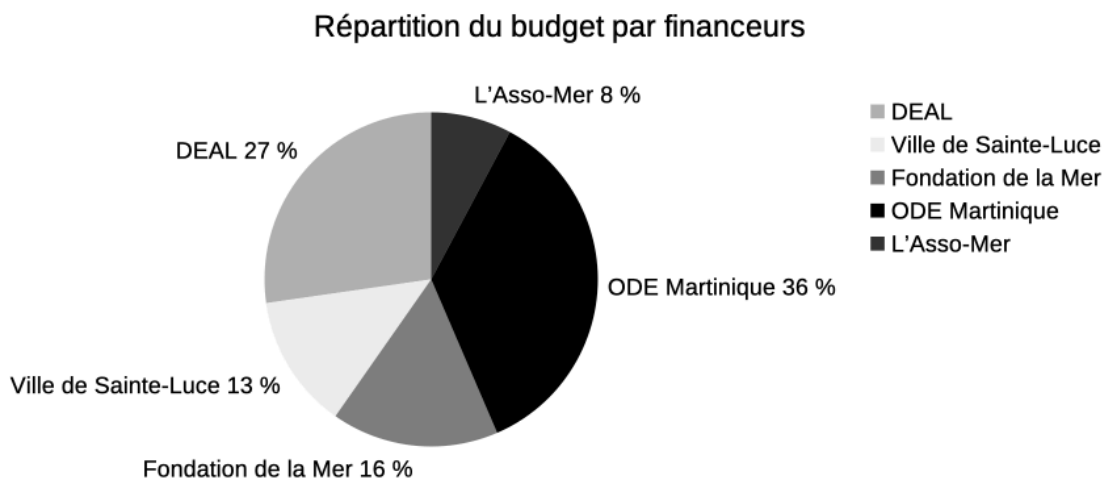


Figure 5 : Bilan budgétaire du projet entre 2016 et 2023.



2. Action 1 : Sensibilisation et communication

2.1. Animations grand public et en milieu scolaire

Les animations auprès du grand public ou en milieu scolaire ont toujours fait partie de l'un des objectifs premiers du projet Acropora. Le tableau suivant (Tableau 1) fait le bilan des animations effectuées en 2023

Tableau 1 : Bilan des animations Acropora en 2023.

QUI	DATE	LIEU	THÉMATIQUE	PUBLICS (NOMBRE)	COMMUNICATION
L'Asso-Mer D'Antilles et D'Ailleurs	20 janvier 2023	Village du développement durable, Malecon, Fort-de-France	Impacts du changement climatique sur les coraux et pollution plastique	Adultes (11) Classes de CP : Enfants (60)	Newsletter L'Asso-Mer Story et posts sur Facebook et Instagram

2.2. Communication

L'année 2023 a été marquée par deux événements majeurs et presque paradoxaux pour ce projet. La ponte des coraux a pu être observée au mois d'août, alors qu'en septembre, les coraux ont subi un stress sans précédent dû à l'augmentation des températures. Année riche en émotions ! Pour revivre ces moments, voici les liens vers les publications (Tableau 2).

Pour ces deux événements, la presse a été particulièrement active pour relayer les informations envoyées par L'Asso-Mer dans des communiqués de presse. Ceux-ci sont disponibles sur demande à l'adresse : info@lassomer.fr

Tableau 2 : Bilan des publications journalistiques en 2023 sur le projet Acropora.

	RADIO	T.V.	PRESSE ÉCRITE
PONTE DES CORAUX	La 1ère		La 1ère France Antilles



Lors de ces deux événements, les médias ont été parfaitement attentifs à relayer les informations du communiqué de presse envoyé par L'Asso-Mer (accessibles sur demande).

En plus des publications dans la presse, L'Asso-Mer publie également sur ses comptes [Facebook](#)[®] et [Instagram](#)[®]. En 2023, environ 11 600 personnes ont été touchées par les publications sur les réseaux sociaux sur les thématiques concernant les coraux et le projet Acropora. Le tableau suivant (Tableau 3) présente les nombres de vues des publications et des *stories* en fonction de 3 thématiques principales : la ponte des coraux, le blanchissement et la sensibilisation sur les coraux (Figure 6). Le nombre de vues correspond à la couverture, c'est-à-dire le nombre d'utilisateurs uniques qui ont vu la publication (à différencier de l'impression qui correspond au nombre total de fois que la publication a été vue). Cela correspond à environ 50% de notre visibilité sur les réseaux sociaux.

Tableau 3 : Résultats des statistiques de couverture extraites des pages Facebook[®] et Instagram[®] de L'Asso-Mer

Thématique	Instagram [®]	Facebook [®]
Ponte des coraux	1 104	2 625
Blanchissement corallien	1 523	3 093
Sensibilisation	952	2 320
Sous-total	3 579	8 038
TOTAL	11 617	

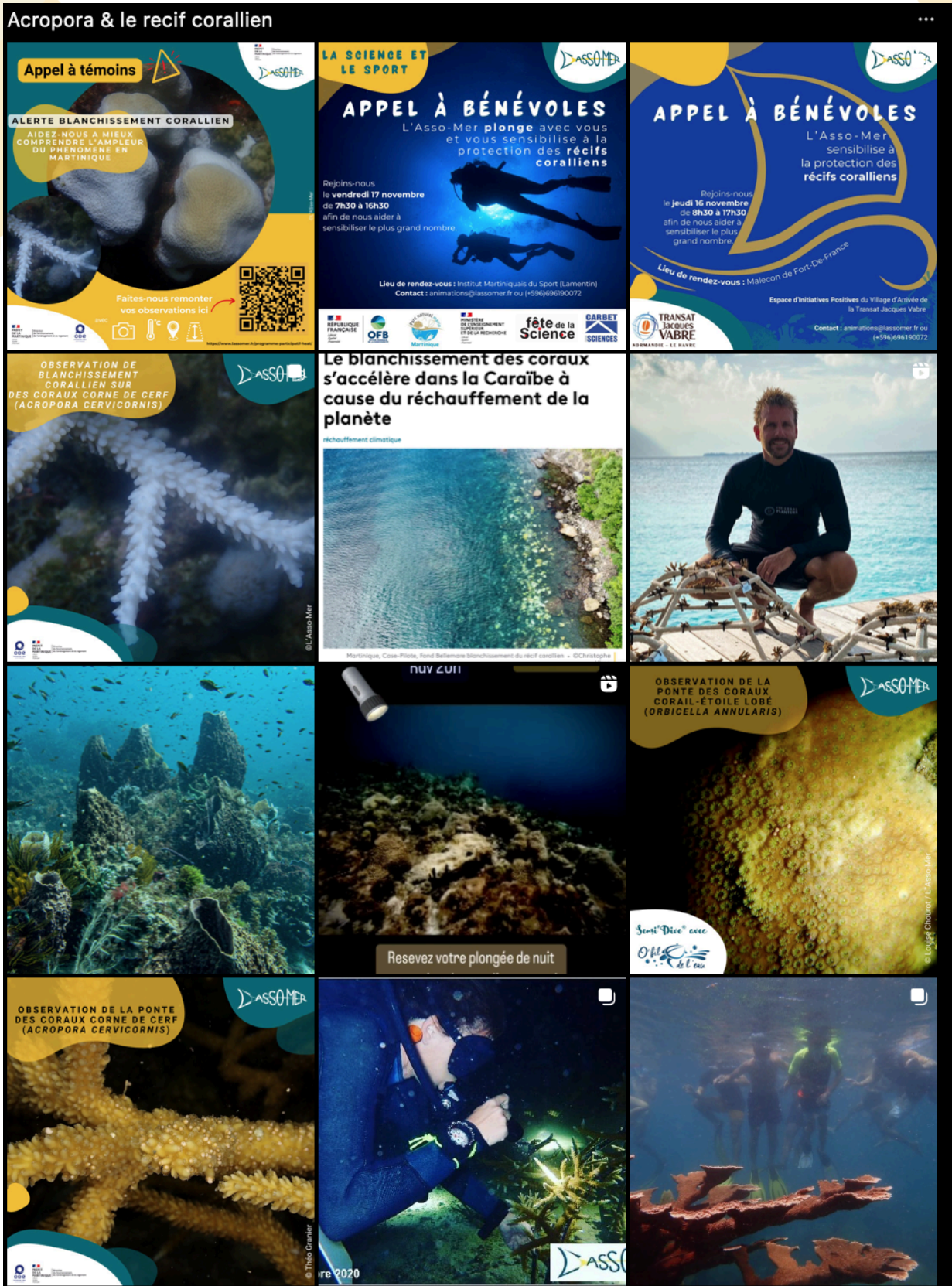


Figure 6 : Illustration des publications des thématiques coraux et projet Acropora sur Facebook® et Instagram®



3. Action 2 : Suivis des colonies des pouponnières, transplantées et du récif naturel

3.1. Suivis biométriques et état de santé

L'un des objectifs scientifiques du projet consiste dans le suivi des colonies de coraux installées sur les dômes, transplantées ou dans le milieu naturel. Ce chapitre centralise les résultats des suivis sur les dômes réalisés dans le cadre du stage de Master 2 de Biologie Marine réalisé par Louise Chourot, co-encadrement L'Asso-Mer/ BOREA. Les travaux présentés ici ont été initiés lors du stage et au-delà par l'équipe de L'Asso-Mer en partenariat avec BOREA. Les résultats de ces suivis permettent de visualiser l'évolution des fragments de coraux selon les conditions environnementales et en lien avec la caractérisation génétique. Des suivis réguliers mensuels sont organisés pour suivre le développement des coraux sur les dômes de janvier 2023 à mai 2023. La méthodologie globale des suivis consiste (1) à se rendre sur le terrain en plongée pour relever des paramètres biotiques et abiotiques, (2) compiler les données et alimenter une base de données, (3) traiter les données (visualisation et analyse). Le protocole de suivi est détaillé en Annexe 2.

3.1.1. Phase de terrain en plongée

Une équipe de plongeurs s'immerge pour se rendre sur les 3 sites de conservation (*i.e.* Caye Est, Caye Ouest et Corps de Garde). Sur chaque site, une évaluation environnementale est menée par l'un des plongeurs pour relever les paramètres (température de l'eau, turbidité, état de la mer) pouvant influencer le développement des coraux (Johnson *et al.*, 2011). Chaque colonie suivie est identifiée grâce à un code indiquant le site, le dôme considéré et un numéro unique (ex : COD2-005). Pour chacune d'entre-elles, une base de données est renseignée mensuellement : état de santé global, conditions de santé (maladies, blanchissement, prédation, casse, mortalité, etc.) et la croissance estimée à partir de la mesure de chaque branche de colonies (Johnson *et al.*, 2011; Lirman *et al.*, 2014). Au total, 50 colonies ont été suivies, dont 20 à Caye Ouest (COD1 et COD2) et Caye Est (CED1 et CED2), 10 à Corps de Garde (CGD2). Le dôme 1 de Corps de Garde (CGD1) contient des coraux très développés, avec de nombreuses ramifications enchevêtrées qui rendent difficile la prise de mesure. Après chaque suivi sur le terrain, les données ont été



compilées, nettoyées et bancarisées dans une base de données (tableur). Le traitement des données consiste principalement à visualiser les résultats de croissance et d'état de santé des coraux.

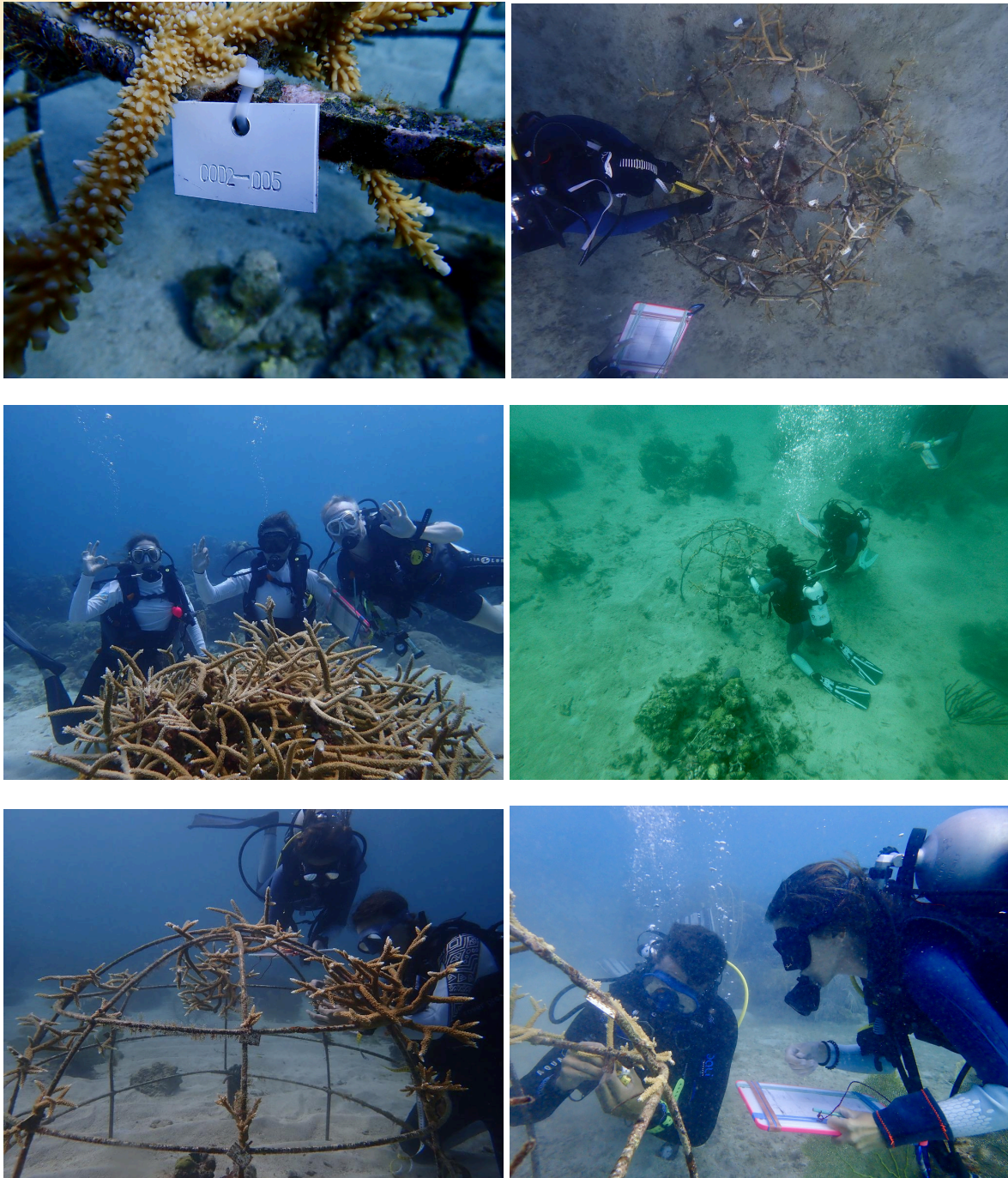
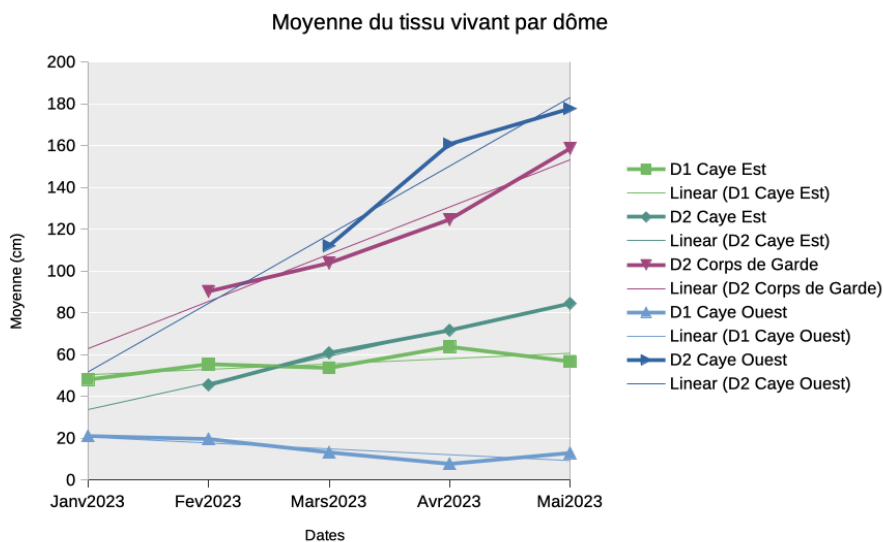


Figure 7 : Photographies des actions en plongée réalisées par l'équipe salariée et les bénévoles de L'Asso-Mer pour assurer les suivis mensuels des coraux. Crédits : L'Asso-Mer.



3.1.2. Résultats des suivis des coraux

La figure (Figure 8) ci-dessous indique la moyenne du tissu vivant corallien par dôme par site. La moyenne est calculée à partir des coraux suivis ($n = 10$ par dôme) sur les différents dômes (D1 = dôme n°1 et D2 = dôme n°2) sur les sites suivant le code couleur suivant : violet pour Corps de Garde (D2), vert pour Caye Est (D1 et D2), bleu pour Caye Ouest (D1 et D2).. À Caye Ouest, sur le dôme 1, la croissance de la plupart des coraux est quasiment nulle, ce qui indique qu'il y a de la mortalité. Cependant, on observe que sur le dôme 2 de Caye Ouest, les coraux sont en croissance. À Caye Est, la courbe de croissance du D1 indique de la mortalité, alors que le D2 indique un développement croissant du tissu vivant. Le site de Corps de Garde, sur le D2, les coraux se développent bien par la pente de la courbe qui montre des mesures très grandes et en forte augmentation.



	Valeur de la pente arrondie	R^2
D1 Caye Est	2,6	0,51
D2 Caye Est	12,8	0,99
D2 Corps de Garde	22,6	0,96
D1 Caye Ouest	-2,81	0,66
D2 Caye Ouest	32,82	0,92

Figure 8 : Graphique : évolution de la moyenne du tissu vivant par dôme et selon les sites (code couleur) et tableau : valeurs de la pente de croissance arrondie et valeurs de R^2



Les graphiques ci-dessous (Figure 9) représentent l'état des coraux selon une échelle allant de 1 (= très bon) à 5 (= mort). Le graphique A représente l'état de santé moyen des 10 colonies suivies par dômes de janvier à juin 2023. Le graphique B représente l'état de santé moyen des 20 colonies suivies par site de janvier à juin 2023.

On constate que le site de Caye Ouest (co) porte le plus de coraux en mauvaise santé et/ou morts (Graph B = 2,5 en juin). À l'opposé, le site de Corps de Garde (cg) montre des coraux qui se développent bien (Graph B = 1 en juin). Les colonies sur les deux dômes du site de Corps de Garde montrent des états de santé stables au cours des 5 mois de suivis. En moyenne (Graph B), c'est le site qui présente le meilleur état de santé (bon état = 1). Pour Caye Est (ce), l'état de santé des colonies varie selon les mois, avec notamment une chute depuis le mois d'avril sur le dôme 1 (Graph A = CED1). La courbe de dôme 2 (Graphe A = CED2) montre que les coraux se sont rétablis : cela correspond à un épisode de blanchissement qui n'a pas entraîné de mortalité. Ce type d'évaluation permet en partie de caractériser la réponse des coraux à leur environnement. On peut observer que la taille moyenne des coraux est moins élevée sur le site de Caye Ouest, des taux de croissance négatifs dus à de nombreuses mortalités, et que l'état de santé des colonies est également plus faible sur ce site. Ce résultat suggère que les coraux en mauvaise santé se développent moins vite. En revanche, le site de Corps de Garde montre des grandes tailles, des taux de croissance élevés, et des coraux en très bon état de santé. Ce résultat suggère que les coraux en bonne santé se développent mieux en croissance. Il y aurait un lien entre l'état global des colonies et leur développement.

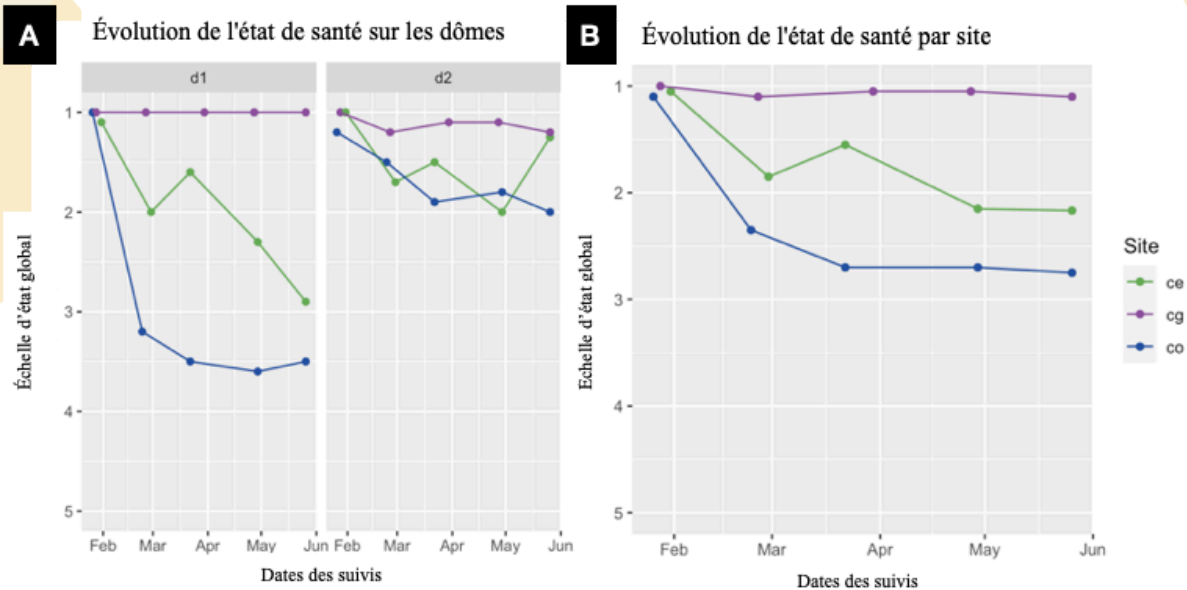


Figure 9 : Évolution de la moyenne de l'état de santé par dôme (A) et selon les sites (B) avec le code couleur.

3.2. Caractérisation génétique

Dans le cadre de programme de restauration, la génétique est un outil pour la gestion des populations en restauration qui permet d'assurer un suivi génétique des individus mais aussi de favoriser le brassage des gènes (Baums, 2008). Le contexte de la présente étude porte donc sur les coraux installés sur les dômes depuis 2016. Les coraux ont cependant subi de la mortalité depuis leur installation, or les suivis n'ont pas été réalisés auparavant à l'échelle d'une colonie. L'échantillonnage pour la génétique cible donc les coraux survivants, installés sur les dômes depuis le commencement du projet, sans être représentatifs de la population naturelle d'*Acropora cervicornis* située à Loup Caravelle en Martinique.

3.2.1. Matériel et méthodes (succinct)

L'objectif des analyses génétiques menées est de déterminer la diversité génotypique et génétique des coraux installés sur les dômes. L'échantillonnage doit être donc le plus représentatif de la diversité supposée. La variabilité phénotypique déjà observée permet de faire l'hypothèse d'une diversité génétique sur les 3 sites. Le plan d'échantillonnage a été élaboré compte tenu de l'effectif d'individus installés sur chacun des dômes en 2019. À partir des 16 fragments d'*Acropora cervicornis* issus des colonies-mères naturelles, les boutures ont été démultipliées sur les pépinières de la Caye d'Olbian malgré la perte de



traçabilité (comme décrit dans l'[historique 1.1.](#)). Entre décembre 2019 et janvier 2020, puis en juillet 2020, les fragments ont été installés sur les dômes situés sur les trois sites de la Caye de Sainte-Luce :

- **Caye Est** : 12 fragments ont été installés en janvier 2020 puis 29 en juillet 2020, soit **41 fragments** au total.
- **Caye Ouest** : 14 fragments ont été installés en décembre 2019 puis 14 fragments en juillet 2020, soit **28 fragments** au total.
- **Corps de Garde** : 16 fragments ont été installés en janvier 2020 puis 22 fragments en juillet 2020, donc **38 fragments** au total. Suite à un incident sur la pouponnière en 2021 (renversement du dôme, voir historique), une grande partie des coraux a été perdue.

Tableau 4 : Échantillonnage prévu sur sites

Île	Site	Code	N
Martinique	Caye Est	ce	35
Martinique	Caye Ouest	co	25
Martinique	Corps de Garde	cg	35
			95

Le nombre d'échantillons prélevés (*N*) a été adapté afin d'avoir la plus grande représentativité à l'échelle des individus/colonies au sein de chacune des trois pouponnières. Les fragments de coraux ont été prélevés à l'aide d'une pince coupante puis placés dans des tubes Falcon de 50ml remplis d'eau de mer. Une fois la plongée terminée, les tissus ont été conservés dans de l'éthanol +95% vol. jusqu'à leur traitement en laboratoire.

Au sein du laboratoire BOREA de l'Université des Antilles, l'extraction d'ADN des échantillons a été réalisée. Les solutions d'ADN ont été envoyées au service du laboratoire de services génomiques *CD Genomics*, afin de procéder au génotypage des marqueurs microsatellites. Les données de génotypage ont permis de déterminer les allèles détectées (Geneious 10.2.3.) et de procéder à des analyses sur des logiciels spécialisés (MicroChecker,



GenAlEx, Genetix 4.05.2. et Arlequin 3.5.2.2.). Le protocole détaillé se trouve en Annexe 3 de ce document.



Figure 10 : Photographies des prélèvements sur le terrain et des étapes de l'extraction d'ADN en laboratoire.

3.2.2. Résultats des analyses génétiques

Sur les 95 échantillons de coraux, 5 n'ont pas pu être correctement génotypés et leurs résultats ne sont pas pris en compte par les analyses. Le nombre de colonies concernées par les analyses s'élève donc à $N = 90$. Sur l'ensemble des sites de conservation, les échantillons ($N = 90$) de l'espèce *Acropora cervicornis* ont permis d'identifier 7 génotypes distincts.

Pour chaque *locus*, l'équilibre d'Hardy-Weinberg ainsi que l'hétérozygotie observée et attendue ont été calculés sur Genetix (selon Belkhir *et al.*, 2000) et montre une population qui n'est pas significativement à l'équilibre. Le coefficient de consanguinité F_{IS} est estimé et est négatif, ce qui indique un excès d'hétérozygotie. Le tableau suivant (Tableau 5) montre les valeurs obtenues après les analyses sur les individus échantillonnés sur tous les sites de conservation. Aucune valeur n'est significative (p -value = 0,9231), ce qui suggère une faible influence de la consanguinité sur les individus concernés.



Tableau 5 : Valeurs d'hétérozygotie observée et attendue, coefficient F_{IS}

	Espèce	N	H_o	H_E	F_{IS}
Martinique	<i>Acropora cervicornis</i>	90	0,5217	0,5800	-0,10631

La figure suivante (11) représente le nombre de génotypes distincts par nombre d'échantillons collectés et par site. À **Corps de Garde**, le nombre de génotypes distincts s'élève à 4, à **Caye Ouest**, il est de 5 et à **Caye Est**, 6 ont été dénombrés. Ce graphique permet de voir le nombre d'individus ayant le même génotype par site et par génotype. Le génotype 2 comporte le plus grand nombre d'individus, comptant 24 colonies à **Caye Est**, 19 à **Corps de Garde**, et 5 à **Caye Ouest**. On remarque que certains génotypes ne sont présents que sur un site : le génotype 4 est présent à **Corps de Garde** (10 individus), le génotype 5 à **Caye Ouest** (1 individu), le génotype 6 à **Caye Est** (2 individus).

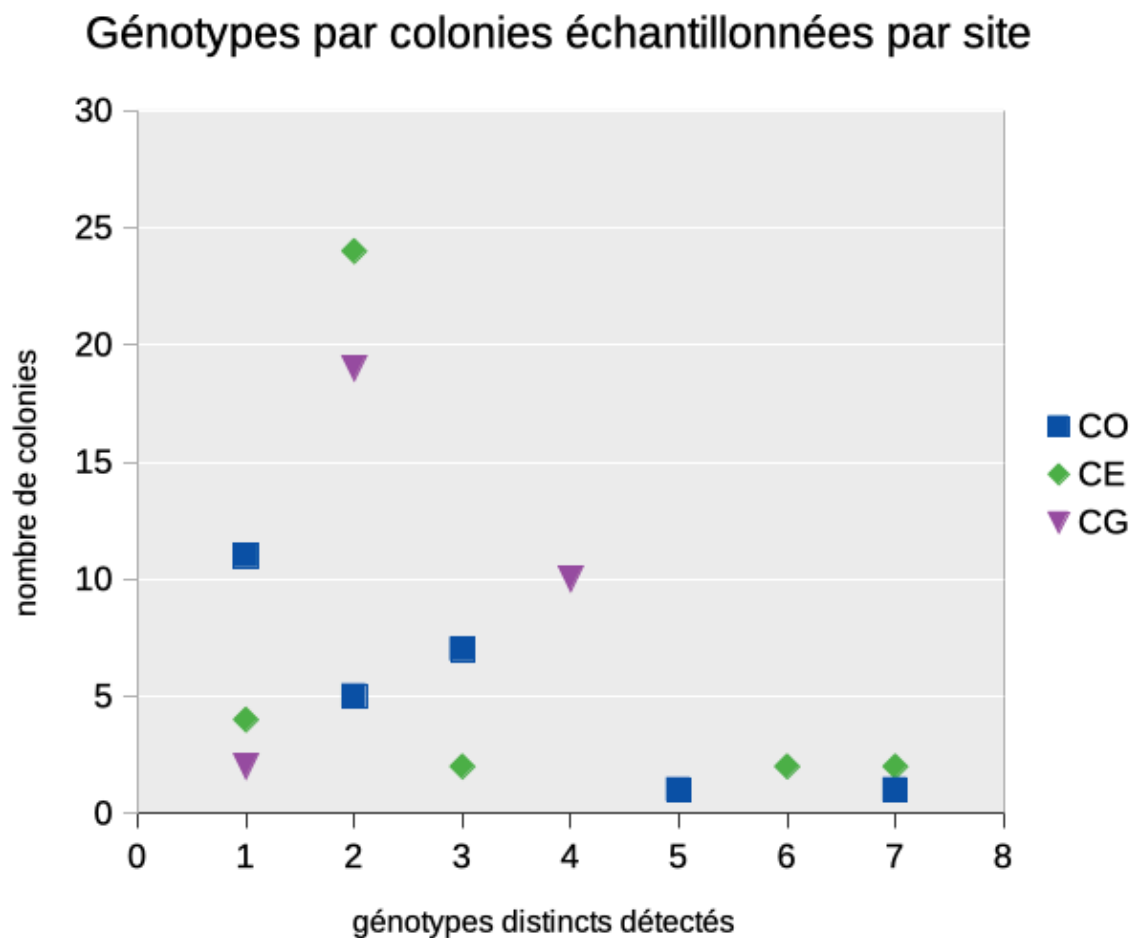


Figure 11 : Répartition des génotypes distincts identifiés selon les sites et le nombre d'individus par site.



Pour aller plus loin, il est possible de mettre en corrélation les génotypes identifiés et les résultats d'état de santé caractérisés au paragraphe 3.1.2. La figure suivante (Figure 12) présente l'évolution de l'état de santé des colonies suivies entre janvier et novembre 2023 et analysées génétiquement (code couleur pour chaque génotype distinct). On peut observer que le génotype 1 a le meilleur état de santé (moyenne = 2,7), alors que le génotype 5 a le moins bon (moyenne = 3,7). Le génotype 5 est présent uniquement à Caye Ouest, où les coraux du dôme génotypés (D1) ont une croissance négative et une faible moyenne d'état de santé, comme vu précédemment. La moyenne d'état de santé des autres génotypes est assez similaire (entre 3 et 3,2).

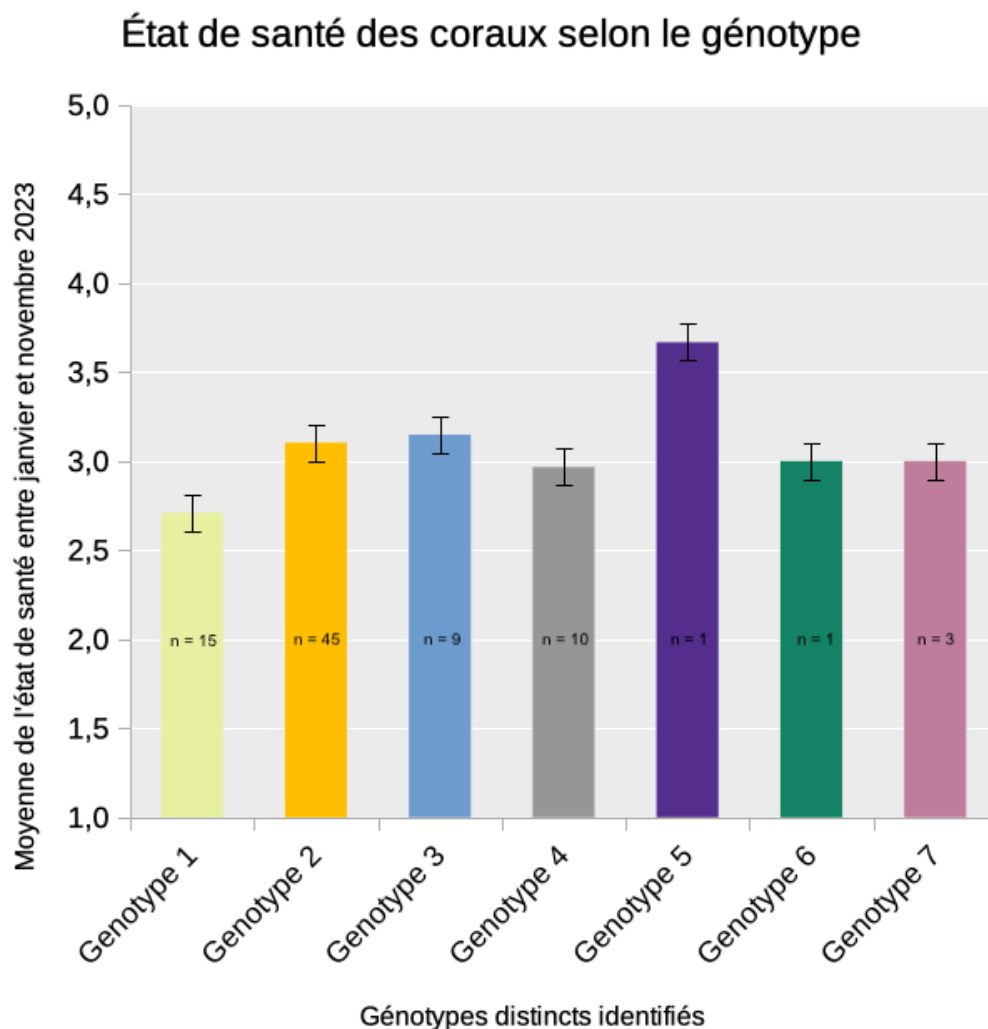


Figure 12 : Moyenne de l'état de santé des coraux selon les génotypes identifiés entre janvier et novembre 2023.



3.3. Suivi de la reproduction sexuée

Le projet de conservation d'espèces récifales en Martinique s'inscrit dans le cadre de programmes de restauration par l'ingénierie écologique. Son objectif est de maintenir des espèces protégées et en voie critique d'extinction dans un environnement adapté et permettre leur développement fonctionnel physiologique (individus viables et féconds). Au-delà des indicateurs de suivi de développement (croissance et survie), l'observation de la reproduction sexuée permet d'avoir une indication écologique plus large quant au développement des colonies restaurées (Hein *et al.*, 2017). Obtenir des informations sur la reproduction sexuée des colonies permet d'acquérir des données sur l'écologie de ces espèces et ainsi pouvoir améliorer la gestion des écosystèmes récifaux (Baird *et al.*, 2021). En Martinique, le manque de données sur la reproduction sexuée des coraux scléactiniaires ne favorise pas la prise de décision pour leur gestion et ne permet pas d'avoir une base de données de référence pour identifier tout changement qui pourrait être associé à des perturbations (d'origine naturelle ou anthropique). Les observations faites dans le cadre du programme de restauration corallienne initié par la DEAL Martinique et L'Asso-Mer avec le soutien de la Ville de Sainte Luce et des partenaires techniques (clubs de plongée Kariba, Kawan et Natiyabel) et scientifiques (BOREA, Université des Antilles) apportent des informations précieuses sur le développement biologique des coraux *Acropora cervicornis* restaurés.

3.3.1. Matériel et méthodes pour les suivis de reproduction

Deux des trois sites de conservation ont pu être suivis : Caye Est (sur la carte : 3) et Caye Ouest (2). Pour des raisons techniques et de moyens humains, le site de Corps de Garde (1) n'a pas été suivi. L'un des binômes plongeurs est équipé d'appareils photo et d'éclairage afin de pouvoir documenter les observations. L'autre binôme se focalise sur des observations in situ. Un parcours d'observation a été mis en place afin d'assurer une veille permanente des colonies (Figure 13). Les dates des sorties de nuit sont prévues lors des prédictions faites par la Fondation CARMABI (Marhaver *et al.*, 2023). La plage horaire inclut celles des prédictions, en s'immergeant 30 minutes avant et après, afin d'augmenter les chances d'observation des pontes. Les temps d'immersion en plongée sont de 60 ± 30 minutes, en fonction des consignes données par les clubs de plongée. Pour tenter de comprendre les facteurs



environnementaux influençant la reproduction sexuée, des paramètres abiotiques ont été pris en compte. L'état de la mer a été apprécié par les plongeurs in situ et confirmé par les modèles de Windguru (Bouchon et al., rapport de campagne 2022). La température de l'eau a été relevée avec les ordinateurs de plongée et confirmée par ces mêmes modèles.

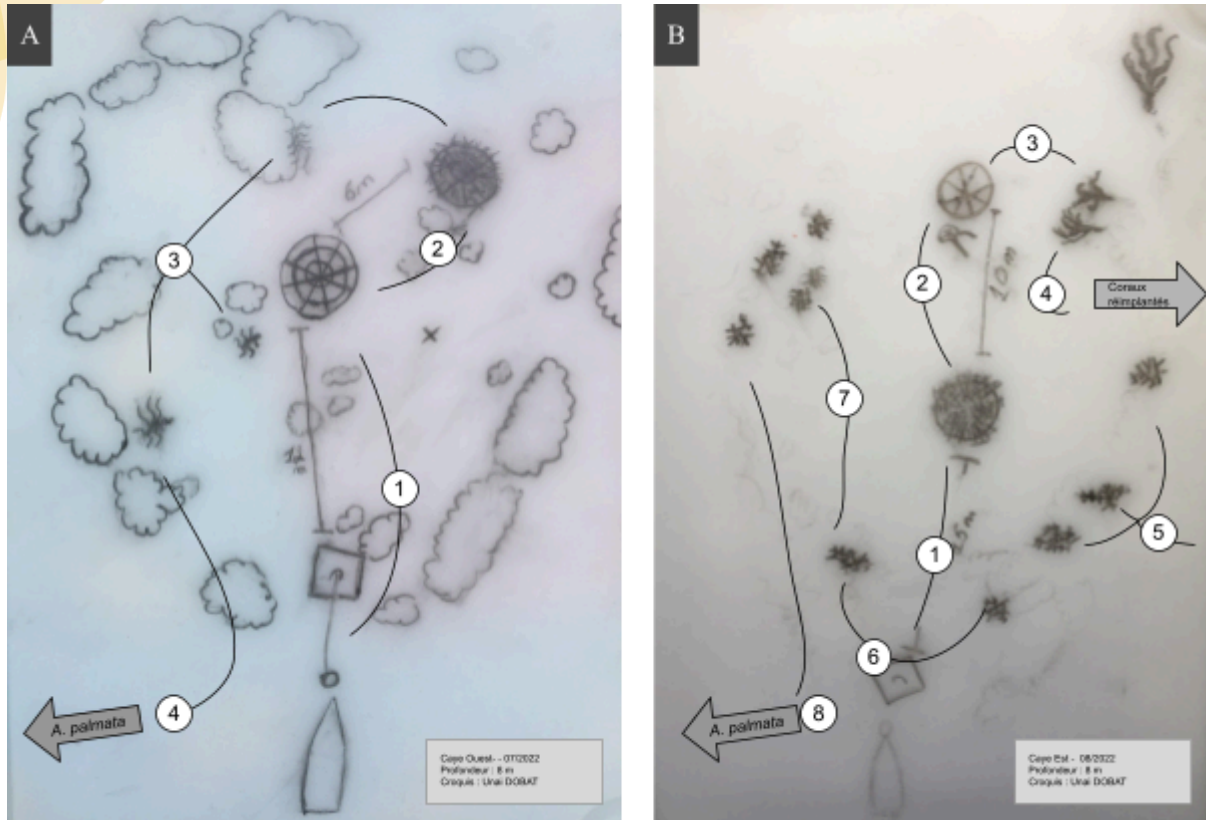


Figure 13 : Croquis des sites lors de la plongée d'observation des pontes de coraux avec le parcours que devait suivre chaque palanquée.

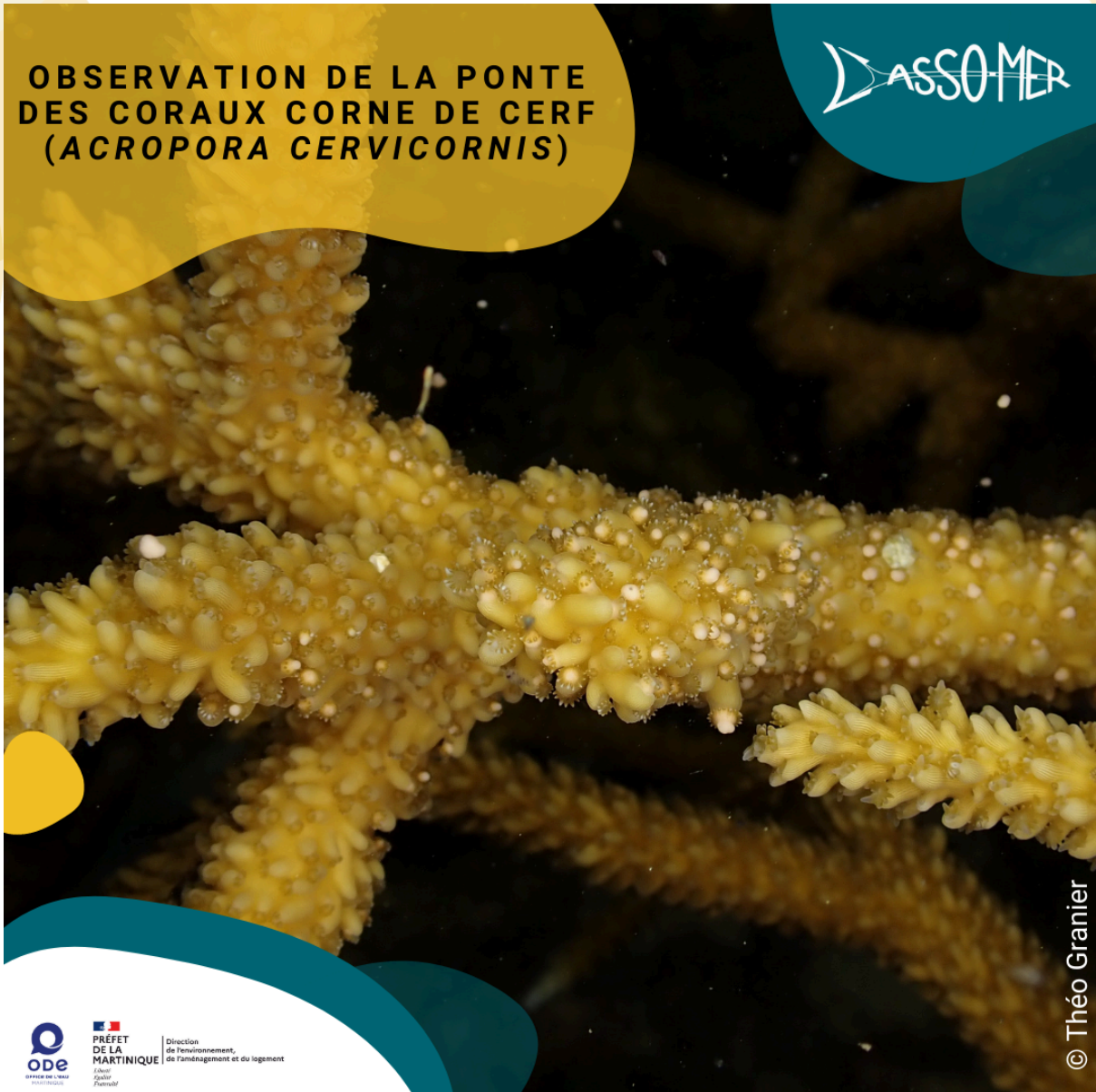
3.3.2. Résultats des observations des campagnes 2022 et 2023

Les résultats d'observations de ponte de coraux restaurés *Acropora cervicornis* sont présentés dans l'Annexe 4. Le 5 août 2023, les colonies implantées ($N=11$) dans le récif depuis 2018-2020 ont pondu (Figure 14). Aucune observation n'a été faite sur les colonies naturelles ni sur les pouponnières. La température prise par les ordinateurs de plongée affichait 30°C. Les conditions de mer étaient calmes, avec très peu de houle de surface.



OBSERVATION DE LA PONTE DES CORAUX CORNE DE CERF (*ACROPORA CERVICORNIS*)

L'ASSO-MER



© Théo Granier

Figure 14 : Photographie de la ponte d'une colonie d'*Acropora cervicornis* transplantée dans le récif à Caye Est.
Crédit photo : Théo GRANIER, bénévole plongeur à L'Asso-Mer.

3.3.3. Discussion sur la reproduction des coraux en Martinique et Caraïbes

Les efforts d'observation ont permis de documenter la ponte en 2023. Les années précédentes, l'effort d'échantillonnage n'était pas le même : seulement une palanquée avait été mobilisée sur un site. La multiplication des plongées organisées pour les pontes augmenterait le succès d'observation.

Les observations de ponte d'*Acropora cervicornis* faites en Martinique ont eu lieu le 5 août 2023. D'après les publications sur les réseaux sociaux (*i.e.* groupe Facebook Coral Spawning



Research), plusieurs observations de reproduction sexuée des coraux multi-espèces ont eu lieu à travers la grande région Caraïbe. La liste est non-exhaustive mais permet de donner un aperçu de l'intérêt du suivi de la reproduction sexuée des coraux. La majorité des observations (64%) ont lieu aux États Unis d'Amérique (Figure 15). Plus de 35 observations ont été réalisées en milieu naturel *in situ*. Grâce aux observations nocturnes faites par L'Asso-Mer, la Martinique peut participer à ce réseau de prises d'informations sur la reproduction sexuée. Documenter les pontes de coraux permet de mieux comprendre le comportement des colonies de coraux dans leur milieu, pouvoir déterminer une tendance commune, et anticiper les changements par rapport à cette tendance afin d'adapter les mesures de gestion (Harrison, 2011).

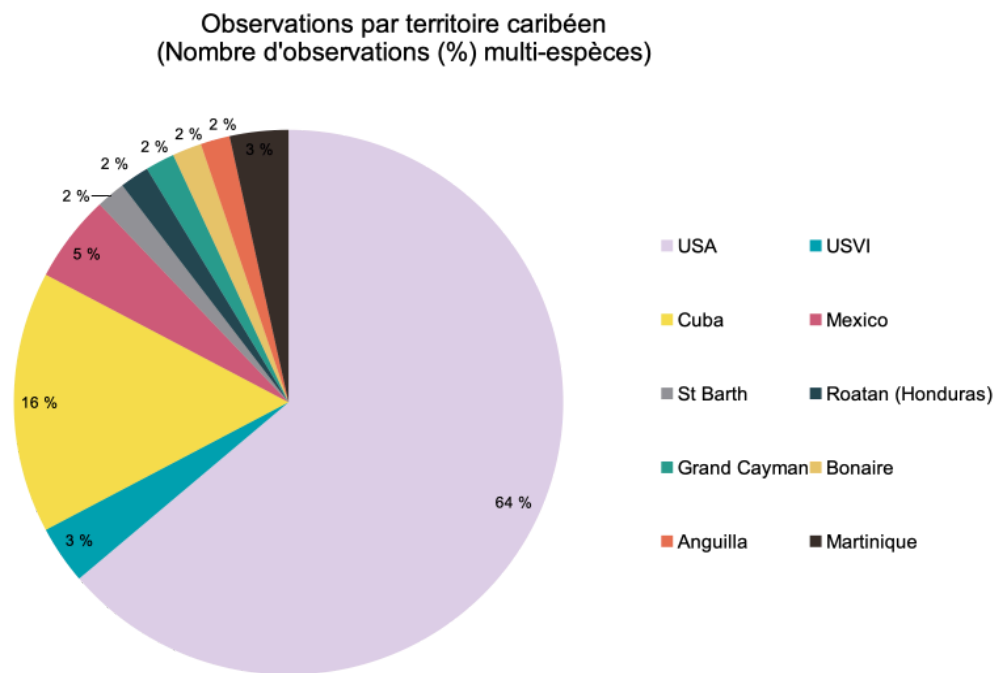


Figure 15 : Pourcentage des observations de pontes coralliennes par territoire dans le bassin caribéen selon les publications sur les réseaux sociaux.

Dans le cadre de projet de conservation de coraux via des techniques de restauration d'espèces, rendre compte de la reproduction des individus dans leur milieu naturel après transplantation ou sur les structures de développement (*i.e.* pouponnières) est un indicateur de succès qui permet d'assurer une diversité génétique au sein du pool restauré (Johnson *et al.*, 2011). C'est un indicateur qui reste cependant peu suivi par manque de moyens divers



(humains, financiers, temporels, techniques, etc.) (Hein *et al.*, 2017). Les observations faites en Martinique permettent de pallier le manque de données et de compléter les indicateurs de succès du programme de restauration.

Pour les coraux du genre *Acropora spp.*, les dates de reproduction sexuée ont été relevées entre le 1er août (+0 jour après la pleine lune) au 10 août 2023 (+9 jours après la pleine lune), avec un pic d'observations de ponte les 3 et 4 août pour *A. palmata* et 5 août pour *A. cervicornis* (Figure 16). Pour les coraux *A. cervicornis*, l'heure de début de ponte observée le plus tôt a eu lieu à 21h30 à Grand Cayman (Îles Caïmans) et le plus tard à 23h25 dans un laboratoire aux États Unis d'Amérique (*ex situ*). Selon le calendrier de CARMABI (Marhaver *et al.*, 2023), les pontes d'*Acropora cervicornis* devaient avoir lieu entre 21h31 et 22h11. Nos observations ont suivi les horaires indiquées, cependant la ponte des coraux avait déjà commencé, ce qui suggère une légère avance du début de ponte par rapport aux prédictions.

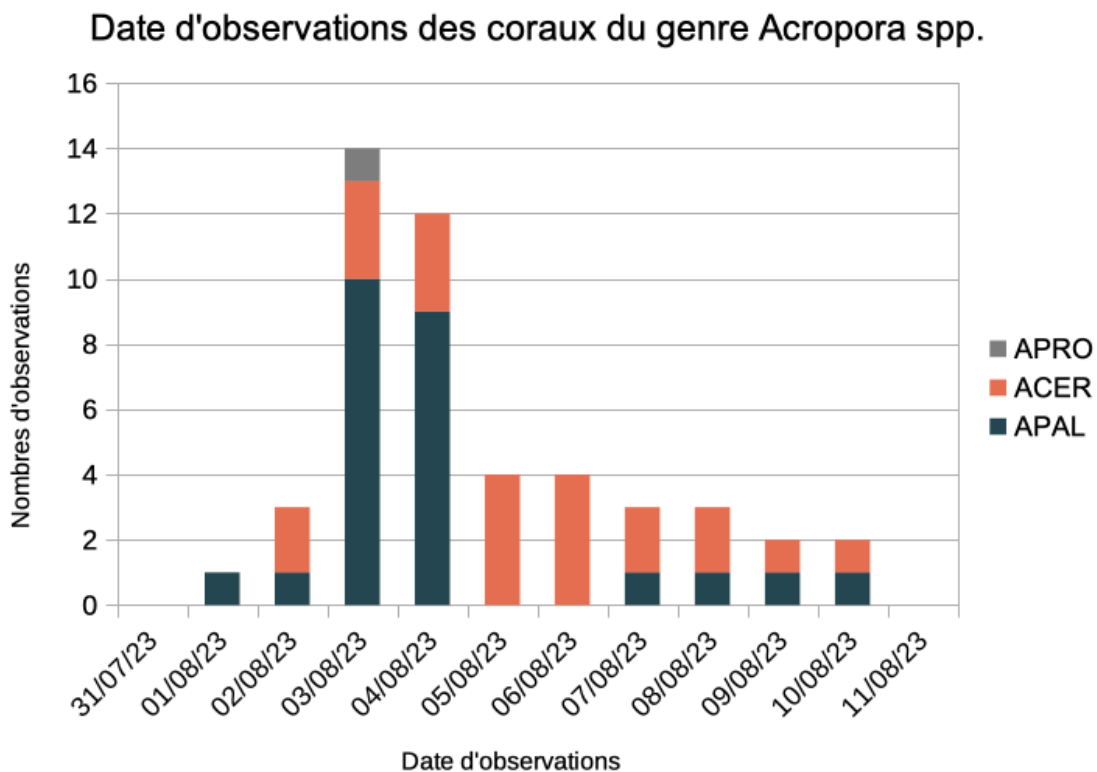


Figure 16 : Dates des observations de reproduction sexuée des coraux sur les espèces du genre *Acropora spp.* dans le bassin caribéen selon les publications sur les réseaux sociaux.



3.4. Épisode de blanchissement 2023 : opération HEAT et suivis post-HEAT

L'année 2023 a été traversée par une forte augmentation des températures de l'eau de mer, ce qui a entraîné un blanchissement corallien généralisé à toute la région caraïbe. La Martinique n'a pas été épargnée. De nombreuses espèces de coraux ont subi un blanchissement important. Face à cela, L'Asso-Mer, en partenariat avec la DEAL Martinique, l'ODE Martinique, le soutien de la Ville de Sainte-Luce et les partenaires scientifiques et techniques, ont mis en place le programme HEAT.

Ce dernier consiste à déclencher une opération d'urgence de déplacement des dômes vers une plus grande profondeur dans le but de diminuer l'intensité lumineuse.

Toutes les informations détaillées et les résultats du programme sont consultables dans le document *Programme HEAT, Compte-rendu de missions septembre-décembre 2023* joint à ce rapport. Une version anglaise existe également sur demande à L'Asso-Mer.



4. Action 3 : Cartographie bathymétrique des zones de conservation à Sainte-Luce

Dans le cadre d'une campagne avec l'Observatoire Volcanologique et Sismologique de la Martinique (OVSM), des relevés de la bathymétrie ont pu être effectués à l'aide d'un sondeur multifaisceaux Teledyne Reson SeaBat T50-P. Connecté à une antenne GNSS avec position RTK, l'appareil émet des ondes acoustiques qui se propagent dans la masse d'eau et qui rebondissent sur le fond pour repartir en surface vers l'émetteur-récepteur. Ce balai d'ondes acoustiques permet de mesurer la profondeur des fonds marins. Les données ont été enregistrées sur le logiciel NavAQ. Les données brutes ont été traitées par Anthony Pottier (IPGP), responsable de la mission.



Figure 15 : Photographie du matériel déployé à bord

La cartographie ci-dessus (Figure 16) représente les tracés de l'imagerie acoustique prise sur les fonds marins de la Grande Caye de Sainte-Luce en Martinique ainsi que les impressions



3D des sites de conservation de coraux et des zones d'intérêt. La résolution des cartes est de 50 cm. On peut voir que les sites de conservation de coraux sont situés dans des zones de 10 mètres de profondeur, comme la majorité des sites alentours (échelle : en rouge) jusqu'au tombant (échelle : jaune, vert, bleu). Sur les modèles 3D (MNB : Modèle Numérique Bathymétrique), le site de Corps de Garde n'est pas à la même échelle que les autres (10 m = bleu clair). On y distingue la pouponnière de coraux, qui est la plus colonisée, contrairement aux autres pouponnières, moins colonisées, invisibles sur l'image acoustique.

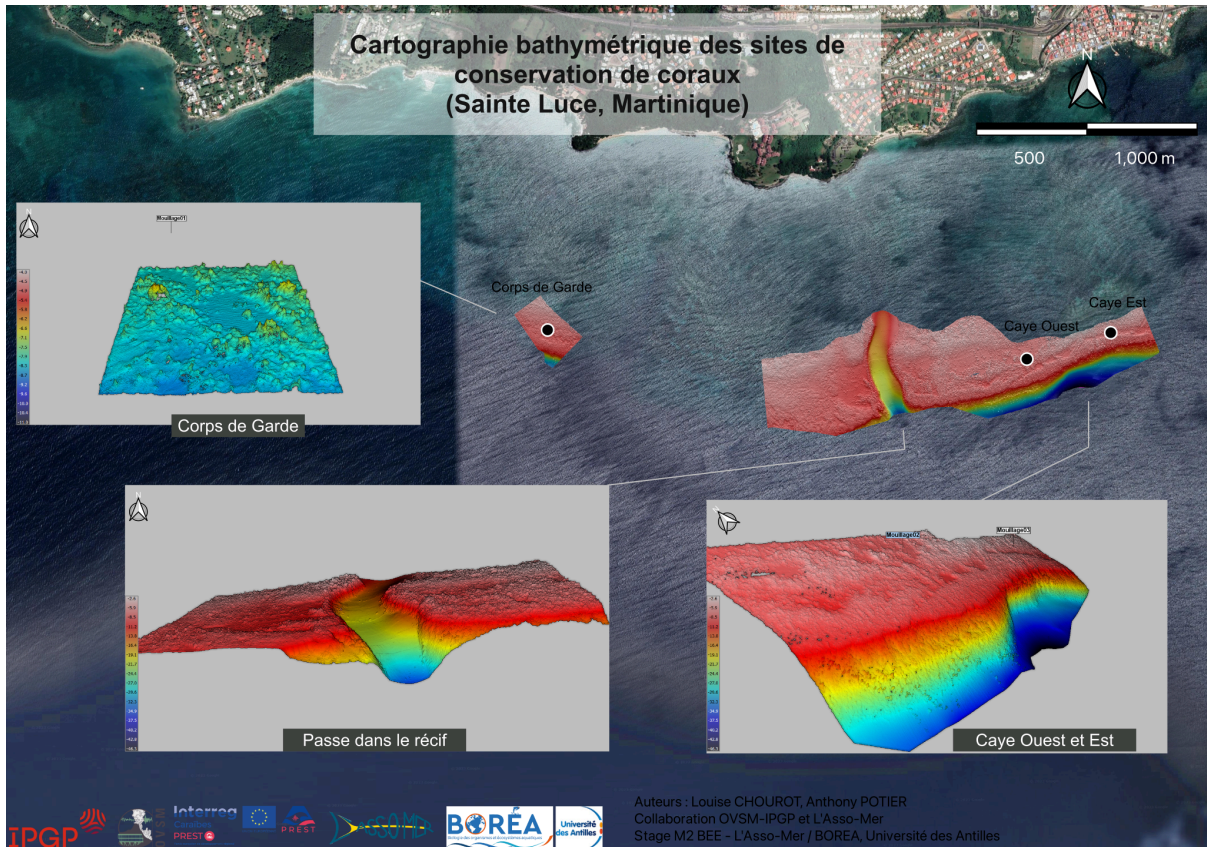


Figure 16 : Cartographie 2D et 3D de la bathymétrie et morphologie des sites de conservation de coraux

La géomorphologie des sites est mise au jour : on peut y voir de la complexité, avec un relief irrégulier. La connaissance des sites par observation visuelle en plongée permet de confirmer qu'il s'agit en effet de sites très colonisés par des organismes. Les profils bathymétriques rendent compte de la rugosité de la zone. L'exploration de la zone vers l'ouest a permis de détecter une dépression linéaire dans le récif frangeant, qui était connue des images satellites aériennes. Cette dépression correspondrait à un écoulement ancien (*i.e.* paléo-vallée, certainement pléistocène, à une époque où le niveau marin était plus bas). Par l'aspect textural peu granuleux et régulier, les résultats suggèrent qu'il s'agit d'une zone



sableuse (com. pers. Franck Dolique). La vérité terrain réalisée en plongée par une équipe de DELTA Oceanology - UMR BOREA - Université des Antilles confirme cette tendance. Il s'agit d'un talweg creusé sur une période glaciaire (Würm et antérieures) sur le platier carbonaté lorsque celui-ci était émergé et subissait précipitations et écoulements. Ce talweg est composé de deux versants dissymétriques particulièrement bien colonisés par les coraux vifs. Le versant est est assez doux, le versant ouest est raide, sub-vertical composé de quelques anfractuosités karstiques. Le fond de la vallée est tapissé d'un sédiment fin sablo-vaseux avec quelques surfaces ponctuelles de graminées *Thalassia testudinum*. La partie centrale est occupée par un nombre significatif de jeunes lambis. La reconnaissance de ces structures permettra, en complément de mesures hydrodynamiques à venir (capteurs de pression, pièges à sédiments...) dans le cadre du projet WALIWAVE du LabEx CORAIL, de mieux caractériser les conditions de forçage des courants sur la surface récifale, ce qui peut avoir pour effet d'expliquer les tendances de dispersion larvaire ou encore le degré des pressions hydro-physiques sur les colonies et se rendre compte du potentiel de fourniture et de transport vers la plage de la matière carbonatée. (com. pers. Franck Dolique).



5. Coordination territoriale du projet

5.1. Comités Locaux IFRECOR (2023)

L'Asso-Mer a participé à deux Comités Locaux IFRECOR en février et décembre 2023. C'est l'occasion de retrouver l'ensemble des partenaires locaux pour aborder les problématiques liées aux récifs coralliens et leur protection.

Lors du Comité de février 2023, l'objectif de la réunion était de concerter les acteurs sur les perspectives du projet Acropora en matière de conservation et de restauration de coraux. Plusieurs points ont été soulevés :

- Protéger le site de Loup Caravelle et plus généralement les sites à *Acropora* spp. : comme il s'agit de l'une des dernière population connue d'*Acropora cervicornis* en milieu naturel en Martinique, cette population doit faire l'objet d'une protection renforcée. Une mise à jour de la cartographie de la répartition des coraux du genre *Acropora* spp. en Martinique est nécessaire à mettre en œuvre.
- Aucun prélèvement de coraux du genre *Acropora* spp. en milieu naturel n'est envisageable, au vu de leur statut d'espèces en voie critique d'extinction.
- Les perspectives du projet et le maintien de structure artificielle (ex: les dômes) comme nurseries de coraux fait encore débat. Il est non seulement essentiel de connaître la diversité génétique des coraux en présence sur les nurseries (travaux initiés dans le stage de Master 2 de Louise Chourot) mais également de développer des échanges avec d'autres projets dans la région caribéenne.

Le Comité de décembre 2023 a eu lieu en plein épisode de blanchissement généralisé et intense dans toute la région de la Caraïbe. Lors du Comité, les résultats des travaux portant sur les suivis de croissance, d'état de santé et de caractérisation génétique des coraux *Acropora cervicornis* maintenus en pépinière ont été présentés par l'équipe de L'Asso-Mer. Un focus sur le blanchissement et l'opération HEAT de déplacement des dômes a également fait l'objet de discussions. D'autres résultats de suivis de blanchissement corallien ont été présentés par d'autres structures (Impact Mer). Enfin, L'Asso-Mer a présenté les perspectives du projet « Acropora, s'engager pour nos récifs ».



6. Conclusion du projet

6.1. Leçons apprises

Mené sur 8 ans, le projet Acropora a permis de mettre en place le premier et unique projet de restauration corallienne en Martinique. Le tableau suivant (Tableau 6) relate les succès et les échecs du projet.

Tableau 6 : Bilan des points positifs et négatifs du projet Acropora entre 2016 et 2023

Quelques points positifs
Sensibilisation via le projet de bouturage : c'est un projet où les citoyennes et citoyens se sentent concernés en faisant une action concrète (bouturage en plongée) ou directement touchés par l'aspect participatif et immersif de la restauration de coraux. Les coraux sont des organismes qui attirent facilement l'attention du tout public, et peuvent permettre d'aborder d'autres problématiques, notamment les pressions d'origine anthropique qui s'exercent sur eux. C'est un préambule à tout message de sensibilisation qui promeut la protection des milieux marins.
Implication des clubs de plongée : les clubs partenaires Kawan, Kariba et Natiyabel ont pris leur rôle de surveillance à cœur. Ce sont eux qui faisaient remonter à L'Asso-Mer l'état global des coraux (croissance, santé), les alertes (blanchissement, incident). Par leur présence quotidienne sur site, ils sont de véritables yeux de la mer pendant plusieurs années. En plus de la confiance accordée, les clubs ont activement participé à la communication sur le projet et à la sensibilisation sur ces écosystèmes fragiles et essentiels.
Implication des bénévoles plongeurs pour les suivis : c'est autour de ce projet fédérateur que L'Asso-Mer a pu constituer un groupe solide et dynamique de plongeuses et plongeurs bénévoles qui ont consacré du temps pour réaliser des actions sous l'eau. Chaque intervention en mer et sous-marine a toujours été l'occasion de sensibiliser sur les coraux, rappeler la réglementation, et diffuser les bonnes pratiques à adopter dans les espaces naturels récifaux. Les actions de sciences participatives, comme sont les suivis des coraux, rendent les citoyens acteurs de leur territoire et permettent de faire prendre conscience de la réalité du terrain. Cette démarche associe la diffusion des connaissances sur les milieux naturels tout en portant un message engagé en faveur de la protection du milieu marin.
Croissance et multiplication des coraux : les coraux se sont multipliés et ont pu se développer pendant 8 ans à partir des prélèvements initiaux (de 25 boutures du genre <i>Acropora</i> spp. prélevées en 2015 à 300 boutures en 2020). L'objectif de productivité a été atteint par l'efficacité des pépinières mises en place et l'effort d'entretien réalisé fréquemment, dans la mesure des moyens alloués, par l'équipe de L'Asso-Mer et ses partenaires techniques (clubs de plongée).
Renforcement de partenariats locaux : <ul style="list-style-type: none">• partenariats techniques et financiers principaux, la DEAL et l'ODE Martinique, qui nous ont accompagnés et soutenus tout au long du projet.• partenariat scientifique avec l'Université des Antilles et le laboratoire BOREA, au sein duquel une équipe de chercheurs s'est impliquée dans le suivi des études scientifiques entreprises par L'Asso-Mer (stages de Master 2).



- partenariats techniques avec (1) le RSMA qui a été d'un grand soutien pour la fabrication des dômes et des plaquettes d'identification des coraux pour les suivis, et (2) TSM Karayb qui est intervenu pour déplacer les dômes avec les coraux vivants en toute sécurité lors de l'épisode de blanchissement de l'année 2023.
- partenariat scientifique et technique avec l'Observatoire Sismologique et Volcanologique de la Martinique (OVSM-IPGP), dans le cadre du projet Interreg PREST, sur l'action de cartographie de la morphologie et bathymétrie des fonds marins.
- partenariats inter-îles et internationaux : L'Asso-Mer s'est très vite rapprochée d'autres associations de la Caraïbe ou au-delà pour collecter des retours d'expérience, discuter des protocoles de suivis mis en place et envisager des actions communes. Ces échanges sont très fructueux non seulement pour le projet mais aussi pour la cohésion inter-territoriale.

La pluralité des structures partenaires enrichit d'autant plus la qualité du partenariat au sein du projet. Ce type de gouvernance est essentiel si nous voulons avancer dans le bon sens.

Quelques points négatifs

Manque de vision claire à long terme : confronté au manque d'une stratégie territoriale unique sur la problématique des récifs coralliens, notamment en matière de conservation et de restauration des coraux, le projet a eu du mal à évoluer en respectant une direction logique et durable. Par ailleurs, ce manque de vision peut venir du fait que le projet a été créé et porté par plus d'une structure et qu'il s'agissait au démarrage de répondre à l'urgence de protection des populations relictuelles de coraux *Acropora cervicornis* présentes en Martinique. Sans avoir établi une stratégie stable et méthodique ni défini d'étapes de progression, des freins internes et externes (changement d'équipe, blocages réglementaires, financements, etc.) ont desservi les méthodes mises en œuvre dans le projet. Par exemple, les pépinières de coraux sont des structures temporaires sur lesquelles des organismes se développent avant d'être ré-ensauvagés en milieu naturel. Les coraux n'ont pas pu être réensauvagés à partir de 2018, ce qui a altéré leur état de santé dû à la surpopulation sur les pépinières. Autre exemple : les analyses génétiques sur les fragments collectés sont intervenues tardivement (2023) sur un cheptel corallien au sein duquel il y a déjà eu de la sélection (survie/ mortalité de certains), or l'outil génétique peut être déterminant pour la méthodologie de restauration.

Budgets incertains et fluctuants : les maigres années n'ont pas permis de mettre du personnel permanent sur le projet, ce qui a diminué considérablement les activités de restauration et empêcher parfois la mise en place d'études qui auraient pu servir à obtenir des résultats intéressants pour orienter la stratégie territoriale en matière de conservation et la direction du projet lui-même. Il est bien sûr à noter que L'Asso-Mer a été créée en 2016, elle s'est donc structurée en partie grâce et avec ce projet. Il est évident qu'un projet porté par des salariés compétents et permanents apporte une solidité nécessaire à ce type d'action.

Manque d'implication politique : la présence d'un site dédié à la restauration corallienne aurait pu permettre la mise en protection effective sur la zone et la diminution des pressions pour renforcer la préservation des récifs coralliens. La Caye de Sainte-Luce est composée de coraux durs ingénieurs de récifs (ordre : *Scleractinia*), faisant office de nurseries et d'habitats pour les organismes marins, mais aussi d'atténuateur de vagues pouvant déferler sur les côtes. À ce jour en Martinique, il n'y a aucune zone de protection forte sur les barrières récifales coralliennes de l'île. Les projets de restauration corallienne ne peuvent fonctionner qu'avec une implication politique forte, en termes de protection et de diminution des pressions. L'implication politique aurait permis de faciliter le lien avec les autres acteurs du territoire (ex: marins pêcheurs, entreprises et industries, acteurs du tourisme etc). Les difficultés de collaboration entre le projet *Acropora* et les



autres projets sur le territoire (ex: Waliwa porté par la Ville de Sainte-Luce) ainsi que le manque de soutien par des acteurs du milieu marin (ex: Parc Naturel Marin de la Martinique), se sont ajoutés des freins à la mise en place du projet.

Pressions sur le milieu marin toujours présentes : les stations d'épuration ne sont pas au norme sur la zone, sans compter les zones non-raccordées au réseau d'assainissement, les pollutions issues des activités humaines (agriculture, urbanisation) n'ont pas diminué, et l'année 2023 a été marquée par un épisode de blanchissement intense et généralisé sur toutes les espèces de coraux. L'accumulation des pressions sur les écosystèmes les fragilisent d'autant plus. Les résultats du nouveau rapport de l'ODE relatif à l'année 2021 indiquent que la qualité des communautés coralliennes est passée de "moyen" à "médiocre" (Desrosiers et De Bettignies, 2023). Tout cela menace toujours nos récifs, il reste donc beaucoup à faire pour améliorer la situation.

6.2. Perspectives

L'Asso-Mer compte continuer à s'intéresser aux récifs coralliens et aux liens qu'entretiennent les sociétés civiles avec ces écosystèmes marins de la région Caraïbe. Ciblant deux principaux objectifs à l'horizon 2026, le projet Acropora devient « Acropora, s'engager pour nos récifs ». Il s'agit de mettre en place des actions de sciences participatives en faveur de la conservation, des actions de valorisation et de sensibilisation pour faire découvrir l'importance des récifs coralliens. Une équipe de collaborateurs venant de l'associatif et de la recherche a co-construit le projet en apportant son expertise et ses moyens d'actions respectifs. Les résultats attendus permettront de valoriser les données sous un format accessible et ludique afin de les communiquer auprès des populations locales (sensibilisation, animation) et des décideurs (conférences, retours d'expérience). Les objectifs de ce projet visent (1) la conservation des récifs coralliens, (2) l'accompagnement aux changements de pratique en faveur de la protection des récifs, (3) l'implication des sociétés humaines pour protéger les récifs de demain.



7. Bibliographie

7.1. Littérature scientifique

- Baird, AH, Guest JR, Edwards AJ, Bauman AG, Bouwmeester J, Mera H, ... & Yusuf S. (2021). An Indo-Pacific coral spawning database. *Scientific data*, 8(1), 35.
- Baums IB. (2008). A restoration genetics guide for coral reef conservation. *Molecular ecology*, 17(12), 2796-2811.
- Belkhir K, Borsa P, Chikhi L, Raufaste N, Bonhomme F. (2004). GENETIX 4.05, logiciel sous Windows TM pour la génétique des populations. Laboratoire Génome, Populations, Interactions, CNRS UMR 5000, Université de Montpellier II, Montpellier (France).
- Boström-Einarsson L, Babcock RC, Bayraktarov E, Ceccarelli D, Cook N, Ferse SCA, et al. (2020). Coral restoration – A systematic review of current methods, successes, failures and future directions. *PLoS ONE* 15(1): e0226631. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226631>
- Cramer KL, Donovan, MK, Jackson, J. B., Greenstein, B. J., Korpany, C. A., Cook, G. M., & Pandolfi, J. M. (2021). The transformation of Caribbean coral communities since humans. *Ecology and Evolution*, 11(15), 10098-10118.
- Harrison PL, Dela Cruz DW, Cameron KA, Cabaitan PC. (2021). Increased coral larval supply enhances recruitment for coral and fish habitat restoration. *Frontiers in Marine Science*, 8, 750210.
- Hein MY, Willis BL, Beeden R, Birtles A. (2017). The need for broader ecological and socioeconomic tools to evaluate the effectiveness of coral restoration programs. *Restoration ecology*, 25(6), 873-883.
- Jackson JBC, Donovan MK, Cramer KL, Lam VV (editors). (2014) Status and Trends of Caribbean Coral Reefs: 1970-2012. Global Coral Reef Monitoring Network, IUCN, Gland, Switzerland.
- Japaud A. (2017). *Les coraux du genre Acropora sur les récifs des Petites Antilles: approches génétiques, écologiques et de conservation* (Doctoral dissertation, Antilles).
- Johnson, M. E., Lustic, C., Bartels, E., Baums, I. B., Gilliam, D. S., Larson, E. A., ... & Schopmeyer, S. (2011). Caribbean Acropora restoration guide: best practices for propagation and population enhancement.



- Léocadie A, Pioch S, & Pinault M. (2019). Guide d'ingénierie écologique: la réparation des récifs coralliens et des écosystèmes associés.
- Lirman D, Schopmeyer S, Galvan V, Drury C, Baker AC, Baums IB. (2014). Growth dynamics of the threatened Caribbean staghorn coral *Acropora cervicornis*: influence of host genotype, symbiont identity, colony size, and environmental setting. *PLoS one*, 9(9), e107253.
- Marhaver KL, Chamberland VF, Vermeij MJA. (2023). Coral Spawning Predictions, Southern Caribbean, 2007–2023. CARMABI, Curacao
- Nedimyer K, Gaines K. et Roach S. (2011). Coral Tree Nursery® : An innovative approach to growing corals in an ocean-based field nursery. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation, International Journal of the Bioflux Society* Vol. 4, Issue 4, pp 442-446.
- Reyes-Bonilla H, Jordán-Dahlgren E. (2017). Caribbean coral reefs: Past, present, and insights into the future. *Marine animal forests*, 31-32.

7.2. Rapports (littérature grise)

- Bouchon C, De Lavigne S, Cordonnier S, Bouchon-Navaro Y. (2022). Observation de ponte de coraux de l'espèce *Acropora cervicornis* – Parc National de la Guadeloupe – Rapport de campagne d'observation d'août 2022.
- Desrosiers C, De Bettignies F. (2017). Directive Cadre européenne sur l'Eau. Suivi physico-chimique, biologique et chimique des stations du réseau de surveillance des Masses d'Eau Côtières et de la Masse d'Eau de Transition de la Martinique au titre de l'année 2021. Etat écologique et chimique. Rapport de Synthèse. Impact Mer/ ODE Martinique.
- Tramoni G, Chourot L. (2022). Bilan des actions réalisées dans le cadre du projet ACROPORA 2022. L'Asso-Mer/Rapport d'Activité-202212-1. 21 p.
- Vedie F, Martin A. (2017). Projet Acropora. Restauration des populations de coraux du genre *Acropora* sur la côte caraïbe de la Martinique (*Acropora cervicornis* et *Acropora palmata*). Note explicative demande de dérogation espèce protégée. DEAL Martinique



7.3. Documentation juridique

Arrêté du 25 avril 2017 fixant la liste des coraux protégés en Guadeloupe, en Martinique et à Saint-Martin et les modalités de leur protection (JOFR n° 0100 du 28 avril 2017).



8. Annexes

8.1. Annexe 1 : Avis du CNPN du 5 octobre 2021

1/2

AVIS DU CONSEIL NATIONAL DE LA PROTECTION DE LA NATURE

art. L411-1 et L411-2 du livre IV du code de l'environnement

Référence Onagre du projet : n°2021-07-34x-00779 Référence de la demande : n°2021-00779-031-001

Dénomination du projet : Ferme des coraux Martinique

Lieu des opérations : -Département : Martinique

Bénéficiaire : Munier Sabrina

MOTIVATION ou CONDITIONS

La présente demande de dérogation porte sur la collecte de boutures de corail appartenant à l'espèce *Acropora cervicornis* (Lamarck, 1816). C'est une espèce de corail sclérectiniaire protégée, tout comme l'autre espèce du même genre dans les Antilles : *A. palmata* (Lamarck, 1816), ainsi que leur hybride : *A. prolifera* (Lamarck, 1816) (arrêté ministériel du 27 avril 2017 (NOR : DEVL1710040A)).

Acropora cervicornis est une espèce classée en « danger critique d'extinction » par l'IUCN.

Elle est souvent choisie pour les projets de bouturage en vue de restauration corallienne, car la croissance des branches de ses colonies est très rapide (jusqu'à 30 cm par an).

Acropora cervicornis est présentée dans la demande comme jouant « un rôle majeur dans l'édification des récifs bioconstruits ». Cette affirmation est inexacte pour *A. cervicornis*, dont les colonies sont très fragiles et n'est valable que pour *A. palmata* qui a été un bioconstructeur important des récifs caraïbes actuels.

La présente demande de dérogation porte donc sur :

- le prélèvement de boutures d'*A. cervicornis* sur le site de Loup Caravelle, sur la côte atlantique de la Martinique ;
- l'implantation de ces boutures sur deux dômes en treillis métallique, servant de support provisoire de croissance aux boutures, sur la côte caraïbe de l'île sur le site de « Corps de Garde » et deux autres sites sur la commune de Sainte-Luce ;
- un des buts affichés de l'opération est d'augmenter la biodiversité génétique des *A. cervicornis* présents sur les dômes supportant les boutures actuelles.

Le site de Loup Caravelle, situé au large de la commune de Sainte-Marie, entre 14 et 18 m de profondeur, semble être actuellement le seul site où l'espèce est encore présente en Martinique. La demande est accompagnée de deux rapports portant sur l'état des populations d'acropores de Loup Caravelle : étudié en 2013 (rapport 1 : Impact Mer) et revisité en 2019 (rapport 2 : Biotope). Ces deux rapports font apparaître la caye de Loup Caravelle comme le seul site où il existe encore des *Acropora cervicornis*. Deux missions scientifiques ayant prospecté les fonds marins autour de la Martinique (Mission IRD « PACOTILLES » en 2015 et mission MNHN « MADIBENTHOS » en 2016) ont souligné la quasi-disparition de l'espèce sur les côtes de l'île.

Les deux études de 2013 et 2019 présentent une étude intéressante de la population d'*A. cervicornis* du site de Loup Caravelle. L'étude porte sur 79 colonies en 2013 et 82 en 2021. Les auteurs suggèrent que la plupart des colonies du site ont pour origine une reproduction asexuée par fragmentation. Cela conférerait une diversité génétique très faible à cette population. La vitesse de croissance moyenne des colonies durant cette période (de l'ordre de 7 cm sur près de 7 ans) est faible pour cette espèce (dont les branches peuvent croître de 30 cm par an). En 2013, neuf des colonies recensées présentaient des signes d'« affection » et 49 d'entre elles en 2019. Ces faits témoignent de conditions environnementales difficiles pour la survie de cette population.

Les auteurs envisagent de prélever des fragments cassés de branches d'acropores gisant au fond (« boutures de substitution »). La proportion par rapport aux boutures prélevées directement sur les colonies en place n'est pas précisée. Les auteurs arguent que cela ne présente pas de dangers pour les coraux donneurs. Cette assertion est inexacte, car toute blessure infligée à un corail, surtout ceux aussi sensibles à la pollution que les acropores, est susceptible d'amorcer un début de nécrose des tissus coralliens qui peut gagner le reste de la colonie.



MOTIVATION ou CONDITIONS		
<p>Ce site à <i>Acropora</i> devrait plutôt être protégé et mis en défens plutôt que de servir de source de boutures pour des opérations de restauration dont l'efficacité demeure problématique compte tenu de la qualité médiocre des eaux côtières de la Martinique.</p> <p>En effet, les auteurs de la demande soulignent ce phénomène et indiquent qu'il est préférable de conserver les boutures sur les dômes servant de pépinière plutôt que de les réimplanter sur les récifs avec des résultats peu concluants.</p> <p>À plusieurs reprises dans le dossier, il est question de diversifier et d'augmenter le pool génétique des populations. Malheureusement, cette argumentation n'est étayée par aucune étude génétique des <i>A. cervicornis</i> présents sur les pépinières, ni de celle de la population naturelle relictuelle. D'une façon générale, mis à part en Guadeloupe (où la diversité génétique de l'espèce est très faible), il n'existe pas d'études génétiques de cette espèce dans les Antilles françaises qui permettraient d'envisager des échanges potentiels inter-îles dans le but d'accroître la diversité génétique des populations.</p> <p>Le CNPN recommande de subordonner les autorisations de prélèvement de boutures d'<i>Acropora cervicornis</i> à la réalisation d'une étude sur la biodiversité génétique des populations naturelles des Antilles françaises, ainsi que de celle des nombreuses pépinières à <i>A. cervicornis</i> existant dans ces îles.</p> <p>Par ailleurs, l'examen de photos concernant les pépinières d'acropores montrent, qu'en dehors d'une majorité de boutures d'<i>A. cervicornis</i>, celles-ci abritent également des colonies de l'hybride <i>A. prolifera</i>. Or, celui-ci, hybride de première génération est censé être stérile. L'emploi de telles boutures dans un programme de restauration pose problème.</p> <p>Enfin, et cela constitue une critique générale des programmes de restauration corallienne, il existe de nombreux projets, des rapports sur le prélèvement des boutures et leur mise en culture et des rapports moins nombreux sur leur réimplantation en milieu naturel et les techniques mises en œuvre. En revanche, les rapports sur le suivi temporel de ces essais de restauration et sur leur succès éventuel (survie des coraux réimplantés, taux de croissance, impact des prédateurs et de maladies...) sont très rares.</p> <p>Le projet sur les Acropores avait débuté en 2015. Il s'agissait de transplanter des boutures d'<i>A. cervicornis</i> et d'<i>A. palmata</i>. Des boutures prélevées en avril 2015 sur le site de Loup Ministre ont été installées sur cinq « arbres à coraux », situé sur la caye d'Olbian. Les boutures provenant de ces arbres ont ensuite été ré-installées en décembre 2020 sur trois dômes (sites de Corps de Garde, Grande Caye ouest et Grande Caye Est). Pour ce qui concerne cette opération en Martinique qui a débuté en 2015, il n'existe aucun rapport sur le devenir des colonies coralliennes.</p> <p>Compte-tenu des remarques précédentes, le CNPN émet un avis défavorable pour ce qui concerne le prélèvement de boutures supplémentaires sur le site de Loup Caravelle.</p>		
Par délégation du Conseil national de la protection de la nature : Nom et prénom du délégataire : Michel Métais		
AVIS : Favorable []	Favorable sous conditions []	Défavorable [X]
Fait le : 5 octobre 2021		Signature : 



8.2. Annexe 2 : Fiches terrain pour les suivis mensuels

ACROPORA	
INFORMATIONS GÉNÉRALES	
Date (jj/mm/aa)	
Lieu (Commune/ site de plongée)	
Heure d'entrée / sortie de l'eau	
CONDITIONS DE PLONGÉE	
Température (T°C)	
État de la mer (échelle de Beaufort)	
Turbidité	
Visibilité	
Hydrodynamisme	
Autres remarques	

DÔME 1		DÔME 2	
État global (1 à 5)		État global (1 à 5)	
Blanchissement (1 à 5)		Blanchissement (1 à 5)	
Enalgement (1 à 5)		Enalgement (1 à 5)	
Mortalité (1 à 5)		Mortalité (1 à 5)	
Prédation (1 à 5)		Prédation (1 à 5)	
Traces maladie (1 à 5)		Traces maladie (1 à 5)	
Incident		Incident	
Remarques		Remarques	

ACROPORA	DÔME N° :	DATE :
CODE bouture TLE (cm) État global (1 à 5) Blanchissement (oui/ non) --> mesure (cm) Enalg/ Mortalité (oui / non) --> mesure (cm) Prédation (oui / non) --> type : Traces maladie (oui / non) Remarques		
CODE bouture TLE (cm) État global (1 à 5) Blanchissement (oui/ non) --> mesure (cm) Enalg/ Mortalité (oui / non) --> mesure (cm) Prédation (oui / non) --> type : Traces maladie (oui / non) Remarques		

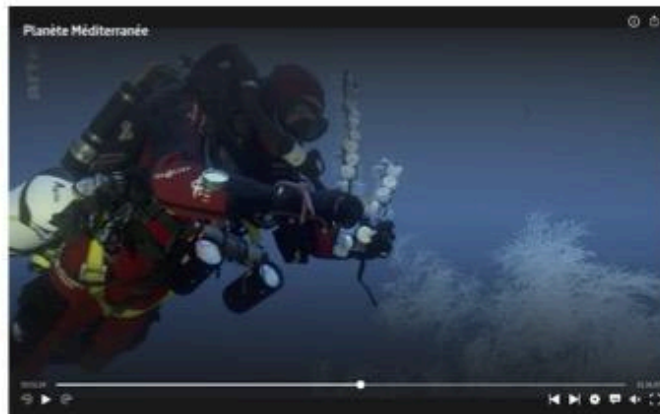


8.3. Annexe 3 : Protocole génétique

8.3. Annexe 3 : Protocole génétique

1-GÉNÉTIQUE	
1.1-Phase terrain	
Moyen humain	Matériel en plongée
3 plongeurs - 1 prélève les organismes - 1 attache les plaquettes ID - 1 photo et outils	<input type="checkbox"/> Équipement de plongée <input type="checkbox"/> Équipement sécurité hyperbare <input type="checkbox"/> Appareil photo Olympus TG5

1.1.1-Préparation des tubes d'échantillonnage	
Matériel	Méthodes
<input type="checkbox"/> Tubes falcon (50 mL, 15 mL, 5mL) <input type="checkbox"/> Scotch 3M transparent <input type="checkbox"/> Marqueur noir permanent <input type="checkbox"/> Liste de codes d'identifiants uniques <input type="checkbox"/> Bout 2mm <input type="checkbox"/> Mousqueton	Établir une liste d'identifiants uniques pour les échantillons (Annexe XX) Code comme suit : initial du site suivi de no. 000 Labelliser les tubes de manip et de conservation (si différents) les codes d'identifiants uniques Couvrir les codes d'un bout de scotch pour protéger l'inscription pendant les plongées Attacher des élastiques pour cheveux autour des tubes, reliés à une garcette, pour former des ribambelles de tubes Accrocher la ribambelle à un mousqueton qui sera fixé au gilet stabilisateur



Extrait du film de G. Gébailli Planète Méditerranée : inspiration pour préparer le terrain.

1.1.2-Prélèvement des organismes dans l'eau	
Matériel	Méthodes
<input type="checkbox"/> Tube falcon (50 mL ou 15 mL) <input type="checkbox"/> Pinces coupantes	Dans le tube falcon, introduire la pointe apicale des organismes et casser la pointe d'un mouvement de poignet (Japaud, 2017) Prélever 2-3 cm (Japaud 2017; Baums 2005, 2006, 2008, 2013, 2014 prennent 1cm minimum)



Si la technique du poignet n'est pas efficace (ex: si la branche est trop épaisse), couper à l'aide d'une pince coupante de jardinage.	
Ne pas utiliser de scalpel pour des raisons de sécurité.	
1.1.3-Marquage des organismes prélevés dans l'eau	
<i>Matériel</i>	<i>Méthodes</i>
<input type="checkbox"/> Plaquette d'identification aluminium avec code frappé. Fabrication par le RSMA <input type="checkbox"/> Serflex <input type="checkbox"/> Pince coupante	<p>Pour les organismes sur le dôme : fixer le serflex le plus proche possible de l'organisme, en appuyant le câblage plastique sur la structure en acier, en évitant de gêner l'expansion encroûtante.</p> <p>Pour les organismes dans le récif (à ne pas prioriser) : fixer le serflex au pied de la branche principale.</p> <p>Couper le reste du serflex avec une pince coupante</p>
1.1.4-Embarquement des organismes à bord et transport	
<i>Matériel</i>	<i>Méthodes</i>
<input type="checkbox"/> Glacière <input type="checkbox"/> Thermomètre <input type="checkbox"/> Porte-tube	<p>Ramener les tubes contenant les organismes à bord du bateau</p> <p>Déposer les tubes contenant les organismes dans une glacière</p>
1.1.5-Conservation des tissus jusqu'à extraction d'ADN	
<i>Matériel</i>	<i>Méthodes</i>
<input type="checkbox"/> Glacière <input type="checkbox"/> Tubes falcon contenant les organismes <input type="checkbox"/> Ethanol pur 95% (2L) <input type="checkbox"/> Thermomètre <input type="checkbox"/> Seringue	<p>Après chaque plongée, retirer l'eau de mer</p> <p>Ajouter l'Ethanol dans les tubes</p> <p>Tous les 2-3 jours, changer l'Ethanol</p> <p>Conserver dans glacière (T 20°C-25°C)</p>
1.2-Phase labo	

Accueil dans les locaux du laboratoire BOREA pendant 20 jours. Objectif : préparation des échantillons pour l'extraction de l'ADN génomique total.

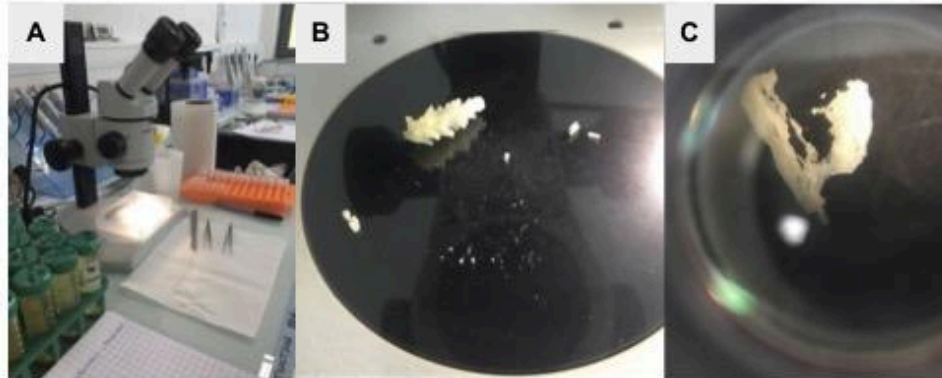
Reflexe labo : à chaque manip, les paillasse et outils ont été dûment désinfectés avec de l'ethanol et séché avec du papier absorbant. Pour éviter tout retard dans les manips, les appareils électriques ont été vérifiés et allumés avant utilisation. Pour éviter les risques de contamination, les tubes ont systématiquement été centrifugés avec la centrifugeuse de paillasse avant ouverture.

1.2.1. Préparation de l'échantillon	
<i>Matériel</i>	<i>Méthodes</i>
<input type="checkbox"/> Tissus coralliens issus des prélèvements <input type="checkbox"/> Scalpel <input type="checkbox"/> Pince forte à disséquer <input type="checkbox"/> Binoculaire	<p>Récupérer l'échantillon de tissu dans le tube Falcon à l'aide de pince à disséquer.</p> <p>Disposer l'échantillon quelques secondes sur du papier absorbant.</p> <p>Installer l'échantillon sur la plateforme de la binoculaire.</p> <p>Japaud, 2017 prélève 0.5 cm² de tissu contenant les polypes et Drury et al., 2017 prélèvent 2-3 polypes à l'aide d'un scalpel et d'une pince. Pour ce travail, le polype apical a été sélectionné prioritairement (car souvent plus grand), avec 5 autres calices avec leur polype. Si l'apex n'était pas présent, une dizaine de polypes avec leur calices ont été préparés.</p>



À l'aide de la binoculaire, d'un scalpel et d'une pince, les calices apicaux et/ou épicorniques ont été fendus en deux.

Les morceaux de squelettes des calices et les tissus ont été placés dans un tube de 2mL pour la lyse.



Préparation des polypes. A/ Poste de dissection. B/ Coraux en cours de dissection. C/ Vue d'un calice apical fendu (Binoculaire WILD M3X, grossissement 6,5).

1.2.2. Rinçage des tissus	
Matériel	Méthodes

<input type="checkbox"/> Tissus préparés dans tubes Falcon de 2mL <input type="checkbox"/> Tampon PBS (Phosphate Buffer Saline) <input type="checkbox"/> Pipette distributrice (Multipette Eppendorf ?) <input type="checkbox"/> Vortex <input type="checkbox"/> Centrifugeuse de paillasse	<p>À l'aide d'une pipette distributrice, ajouter 300 µl de PBS pour effectuer un rinçage de l'excédent de mucus.</p> <p>Mélanger à l'aide d'un Vortex et centrifuger avec la centrifugeuse de paillasse.</p> <p>Récupérer le surnageant.</p>
---	--

1.2.3. 1ère lyse cellulaire	
Matériel	Méthodes

<input type="checkbox"/> Tissus préparés dans tubes Falcon de 2mL <input type="checkbox"/> Tampon ATL <input type="checkbox"/> Protéinase K <input type="checkbox"/> Pipette distributrice (Multipette Eppendorf) <input type="checkbox"/> Thermo incubateur <input type="checkbox"/> Thermo agitateur	<p>À l'aide de la pipette distributrice, ajouter 300 µl de tampon ATL et 30 µl de protéinase K préalablement chauffée à 56 °C dans le thermo incubateur.</p> <p>Laisser incuber toute la nuit dans un thermo-agitateur à 56 °C .</p> <p>Préparer les tubes pour toutes les étapes du lendemain.</p>
---	---

1.2.3. 2ème lyse cellulaire	
Matériel	Méthodes

<input type="checkbox"/> Tampon AL <input type="checkbox"/> Centrifugeuse de paillasse <input type="checkbox"/> Vortex de paillasse <input type="checkbox"/> Thermo incubateur	<p>Récupérer les tubes avec les tissus en 1ère lyse.</p> <p>Centrifuger avec la centrifugeuse de paillasse avant d'ouvrir les tubes.</p> <p>Ajouter 330 µl de tampon AL.</p>
---	--



Mélanger par vortex.

Laisser incuber dans le thermo incubateur pendant 10 minutes à 70° C .

1.2.4. Récupération du jus de lyse (Cambrone et al., 2022)	
Matériel	Méthodes
<input type="checkbox"/> Tubes de 0,5 mL coupé sur la partie basse <input type="checkbox"/> Tubes de 2 mL "récupérateurs" <input type="checkbox"/> Centrifugeuse <input type="checkbox"/> Pince à disséquer <input type="checkbox"/> Matériel de désinfection et nettoyage <input type="checkbox"/> Pipette à cône <input type="checkbox"/> Nouveaux tubes de 2 mL	<p>Centrifuger les tubes contenant les lyses et récupérer le surnageant à l'aide d'une pipette à cône unique, transférer le liquide dans un nouveau tube.</p> <p>À l'aide de pinces, transférer les morceaux de squelettes dans le tube de 0,5 mL disposé que le tube de récupération de 2 mL.</p> <p>Centrifuger avec la centrifugeuse les tubes contenant les morceaux de squelettes à 6000 rpm pendant 2 minutes.</p> <p>Transférer le liquide de lyse récupéré des squelettes (entre 100 µl à 200 µl habituellement) dans les tubes de 2 mL (i.e. "nouveaux tubes")</p>



Tube de 05,ml avec les fragments de squelettes et les tissus lysés disposé dans un tube "récupérateur"



Récupération du jus de lyse après centrifuge.

1.2.5. Précipitation d'ADN	
Matériel	Méthodes
<input type="checkbox"/> Pipette distributrice <input type="checkbox"/> Ethanol <input type="checkbox"/> Vortex <input type="checkbox"/> Centrifugeuse de paillasse	<p>Ajouter au jus de lyse 330 µl d'éthanol réfrigéré avec une pipette distributrice.</p> <p>Bien mélanger par Vortex et centrifuger avec la centrifugeuse de paillasse.</p>

1.2.5. Précipitation d'ADN	
Matériel	Méthodes
<input type="checkbox"/> Colonnes DNeasy Mini Spin <input type="checkbox"/> Tubes de récupération 2mL (Waste Tubes)	<p>Transférer le liquide de précipitation dans la colonne DNeasy mini spin placée sur un tube de récupération (Waste Tubes). Rq: mettre 700 µl max par opération dans la colonne</p>



- Pipette à cône
- Pipette distributrice
- Centrifugeuse
- Tampon AW1
- Tampon AW2
- Matériel de nettoyage (sopalin)

700 µl max par opération dans la colonne.

Centrifuger à 10000 rpm pendant 1 minute. Jeter l'écoulement du Waste Tube et le réutiliser.

Répéter l'opération jusqu'à avoir passé toute la solution de précipitation dans la colonne.

Ajouter 500 µl de tampon AW1 avec une pipette distributrice dans la colonne placée sur le Waste Tube.

Centrifuger à 10000 rpm pendant 1 minute. Jeter l'écoulement du Waste Tube et le réutiliser.

Ajouter 500 µl de tampon AW2 avec une pipette distributrice dans la colonne placée sur le Waste Tube.

Centrifuger à 10000 rpm pendant 1 minute. Jeter l'écoulement du Waste Tube et le réutiliser.

1.2.6. Éluion de l'ADN	
Matériel	Méthodes
<input type="checkbox"/> Tubes définitifs et labellés <input type="checkbox"/> Tampon AE <input type="checkbox"/> Pipette à cône <input type="checkbox"/> Thermo incubateur	<p>Chauffer préalablement la solution de tampon AE à 70°C pendant 10 minutes.</p> <p>Placer la colonne DNeasy Mini Spin dans un nouveau tube définitif et correctement libellé.</p> <p>Ajouter 100 µl de tampon AE à l'aide d'une pipette à cône jetable. Bien imbiber le culot de la colonne avec le tampon AE.</p> <p>Centrifuger à 14000 rpm pendant 2 minutes.</p>

1.2.7. Conservation de l'ADN extrait et transport	
Matériel	Méthodes
<input type="checkbox"/> Réfrigérateur <input type="checkbox"/> Plaque jupée	<p>Conservier l'ADN extrait au congélateur</p> <p>Préparer les échantillons pour le transport en les plaçant dans une plaque jupée, bien fermée hermétiquement</p>

1.3-Génotypage

L'amplification (PCR) et le génotypage des fragments amplifiés d'ADN est effectué par le laboratoire CD_Genomics. Les conditions de PCR sont les mêmes que dans Japaud, 2017.

Genotyping Condition from A.Japaud

PCR Mix : TYPE-IT® MICROSATELLITE PCR KIT (QIAGEN)		PCR Program		
Product	MICROSATELLITE PCR KIT ; QIAGEN, Germantown, États-Unis	Temperature MPlex_1	Temperature MPlex_2	Time
MasterMix (2x)	5µl	Phase PCR		
RNAseFreeWater	2,5µl	Denaturation	95°C	5 min.
Q Solution	1µl		95°C	30 sec.
PrimerMix	0,5µl	Hybridation (28 cycles)	57°C	1 min. 30 sec.
ADN	1µl		72°C	30 sec.
		Final elongation	60°C	30 min.



8.3. Annexe 4 : Résultats des campagnes de suivis de reproduction sexuée

SITE	DATE	COUCHER SOLEIL	H. IMMERSION	CONDITIONS ENVIR.	ESPÈCES SUIVIS	PONTES ESPÈCES	DÉBUT PONTE	FIN PONTE	DURÉE
Caye Est, Mtq	13/08/2022	18H26	21H00-22H30	Beaufort : 2 T°: 26°C	APAL (récif) ACER (transpl. et nurseries)	/	/	/	/
Caye Ouest, Mtq	14/08/2022	18H27	21H00-23H00	Beaufort : 2 T°: 26°C	APAL (récif) ACER (transpl. et nurseries)	/	/	/	/
Caye Ouest, Mtq	15/08/2022	18H27	21H00-23H00	Beaufort : 2 T°: 26°C	APAL (récif) ACER (transpl. et nurseries)	/	/	/	/
Caye Ouest, Mtq	03/08/2023	18H32	21H20-22H20	Beaufort : 2 T°: 29°C	APAL (récif) ACER (transpl. et nurseries)	/	/	/	/
Caye Ouest, Mtq	04/08/2023	18H32	21H20-22H20	Beaufort : 3 T°: 29°C	APAL (récif) ACER (transpl. et nurseries)	/	/	/	/
Caye Est, Mtq	04/08/2023	18H32	21H30-23H00	Beaufort : 3 T°: 29°C	APAL (récif) ACER (transpl. et nurseries)	/	/	/	/
Caye Ouest, Mtq	05/08/2023	18H32	21H20-22H20	Beaufort : 2 T°: 29°C	APAL (récif) ACER (transpl. et nurseries)	ACER transpl. (N = 1)	/	22H22	/
Caye Est, Mtq	05/08/2023	18H32	21H20-22H50	Beaufort : 2 T°: 30°C	APAL (récif) ACER (transpl. et nurseries)	ACER transpl. (N = 10)	21H32	22H00	28mn