



PROTEGE



RESOLAG, Réseau d'observation pour les lagons perlicoles de Polynésie française

Rapport final

Direction des ressources
marines de Polynésie française

Février 2024



Le projet régional océanien des territoires pour la gestion durable des écosystèmes, PROTEGE, est un projet intégré qui vise à réduire la vulnérabilité des écosystèmes face aux impacts du changement climatique en accroissant les capacités d'adaptation et la résilience. Il cible des activités de gestion, de conservation et d'utilisation durables de la diversité biologique et de ses éléments en y associant la ressource en eau. Il est financé par le 11^{ème} Fonds européen de développement (FED) au bénéfice des territoires de la Nouvelle-Calédonie, de la Polynésie française, de Pitcairn et de Wallis et Futuna.

L'objectif général du projet est de construire un développement durable et résilient des économies des pays et territoires d'Outre-mer (PTOM) face au changement climatique en s'appuyant sur la biodiversité et les ressources naturelles renouvelables.

Le premier objectif spécifique vise à renforcer la durabilité, l'adaptation au changement climatique et l'autonomie des principales filières du secteur primaire. Il est décliné en deux thèmes :

- Thème 1 : la transition agro-écologique est opérée pour une agriculture, notamment biologique, adaptée au changement climatique et respectueuse de la biodiversité ; les ressources forestières sont gérées de manière intégrée et durable.
 - Thème 2 : les ressources récifo-lagonaires et l'aquaculture sont gérées de manière durable, intégrée et adaptée aux économies insulaires et au changement climatique.

Le second objectif spécifique veut renforcer la sécurité des services écosystémiques en préservant la ressource en eau et la biodiversité. Il se décline également en 2 thèmes :

- Thème 3 : l'eau est gérée de manière intégrée et adaptée au changement climatique
- Thème 4 : les espèces exotiques envahissantes sont gérées pour renforcer la protection, la résilience et la restauration des services écosystémiques et de la biodiversité terrestre.

La gestion du projet a été confiée à la Communauté du Pacifique (CPS) pour les thèmes 1, 2 et 3 et au programme régional océanien pour l'environnement (PROE) pour le thème 4, par le biais d'une convention de délégation signée le 26 octobre 2018 entre l'Union européenne, la CPS et le PROE. La mise en œuvre du projet est prévue sur 4 ans.

Ce rapport est cité comme suit :

Direction des ressources marines de Polynésie française, 2024, RESOLAG : Réseau d'observation pour les lagons perlicoles de Polynésie française : Rapport final

Bilan d'activité, Polynésie française, 53 pages

Cette publication a été produite avec le soutien financier de l'Union européenne. Son contenu relève de la seule responsabilité de la Direction des ressources marines de Polynésie française et ne reflète pas nécessairement les opinions de l'Union européenne.

Partenaires

Ce projet s'est épanoui grâce à l'étroite collaboration de quatre principaux partenaires d'exception, dont l'engagement et l'expertise ont été des piliers essentiels à sa réussite :

La Direction des Ressources Marines (DRM) : Gardienne et gestionnaire des ressources marines en Polynésie Française, la DRM a joué un rôle primordial en mettant à disposition des fonds et des moyens logistiques et humains indispensables pour la réussite et le bon déroulement des missions RESOLAG dans les atolls éloignés. Ce soutien financier et logistique, a permis d'assurer la planification, la coordination et l'exécution efficace de nos opérations sur le terrain.

Le Service National d'observation Reeftemps de l'IRD : Dans cette vaste entreprise, l'IRD a été un partenaire clé, offrant son savoir-faire dans l'observation minutieuse des milieux lagunaires. Leur contribution a été déterminante dans la collecte et l'analyse méticuleuse des données environnementales, jetant ainsi les bases solides de notre projet.

SEANOE : Telle une vigie dans le monde marin, SEANOE, créé par The French NODC, a apporté une solution novatrice pour la publication des données environnementales scientifiques marines. Grâce à leur système de DOI, nous avons pu consigner nos découvertes avec rigueur et les partager dans la communauté scientifique avec une crédibilité indéniable.

GALATEA : C'est avec ingéniosité que l'entreprise locale Galatea a facilité la mise en place d'un serveur dédié à la centralisation et à la gestion de nos précieuses données. Leur savoir-faire technologique a été indispensable pour stocker, organiser et analyser les informations collectées, assurant ainsi la pérennité et la cohérence de notre base de données.

L'alliance de ces quatre partenaires a non seulement enrichi notre projet de leur expertise respective, mais elle a également conféré une dimension collaborative et synergique à notre réseau d'observation. Leur engagement exemplaire et leur contribution, soutenus par le Fonds Européen de Développement, ont été les fondations sur lesquelles repose notre succès. Nous leur sommes infiniment reconnaissants pour leur soutien indéfectible tout au long de ce périple scientifique.

Remerciements

À tous les professionnels de l'activité Perlicole des îles et atolls de Polynésie française ayant participé au bon fonctionnement du RESOLAG,

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude, et spécialement à ceux issus des 7 îles et atolls (Ahe, Arutua, Takapoto, Takaroa, Mangareva, Tahaa, Tahiti) de trois différents archipels (Société, Tuamotu, Gambier) de Polynésie française, sans qui tout cela n'aurait pas été possible.

Votre générosité, votre soutien et votre coopération ont été inestimables pour la réussite de notre projet. En mettant à disposition vos concessions maritimes pour la pose des sondes et en offrant vos moyens logistiques pour nous accompagner en mer sur les sites d'intervention, vous avez contribué de manière significative à la réalisation de nos objectifs communs.

Votre engagement envers la préservation et la gestion durable de vos lagons est une source d'inspiration pour nous tous. Votre collaboration exemplaire témoigne de votre attachement profond à la protection de notre environnement marin et insulaire, et de votre volonté de participer activement à la recherche et à la mise en œuvre de solutions innovantes pour relever les défis auxquels nous sommes confrontés.

Nous tenons également à exprimer notre reconnaissance envers les communautés locales des îles et atolls, ainsi qu'envers les autorités locales et les communes qui ont soutenu et facilité notre travail tout au long du projet.

Ensemble, nous avons réalisé des progrès significatifs dans notre quête commune pour accroître nos connaissances mais aussi préserver et protéger nos lagons et nos écosystèmes marins. Nous sommes fiers de ce que nous avons accompli ensemble, et nous sommes reconnaissants pour votre partenariat précieux.

Nous espérons que notre collaboration se poursuivra dans les années à venir, et que nous continuerons à travailler main dans la main pour assurer un avenir durable pour nos îles, nos lagons et la perliculture.

Avec toute notre gratitude et notre respect,

Table des matières

I. Le Réseau d’Observation des Lagons de Polynésie française	9
1.1 <i>Création du RESOLAG</i>	9
II. Activité du RESOLAG de 2019 à 2023	10
2.1 - RESOLAG 2019-2020.....	10
2.2 - RESOLAG 2021	11
2.1 - RESOLAG 2022	12
2.2 - RESOLAG 2023	19
III. Données du RESOLAG	28
3.1 <i>Mangareva</i>	30
3.1.2 Bilan des 6 années de données à Mangareva	31
3.2 <i>Ahe</i>	32
3.3 <i>Arutua / Takapoto</i>	35
3.3.1 Arutua	36
3.3.2 Takapoto.....	37
3.4 <i>Comparatifs des Tuamotu</i>	38
3.5 <i>Tahaa / Tahiti (Vairao)</i>	40
3.5.1 Tahaa	41
3.5.2 Tahiti (Vairao)	42
3.6 <i>Bilan</i>	44
3.6.1 Bilan environnemental	44
3.6.2 Bilan Financier	46
IV. Perspectives pour 2024 et la fin du programme	47
4.1 Evolution et pérennisation du réseau	47
4.2 Evolution des indicateurs	48
4.3 Capitalisation de la donnée et valorisation du RESOLAG	49
Utilisation totale des crédits sur la période 2019-2023	51

Résumé exécutif

Titre de l'action	Mise en place d'un réseau d'observation du milieu marin dans un contexte de suivi de l'activité aquacole en Polynésie française (Action 5A.2.1 du plan de mise en œuvre PROTEGE)
Auteurs	Direction des ressources marines de Polynésie française (Thomas TROPHIME, Vetea LIAO)
Collaborateurs	
Editeurs	
Année d'édition du rapport	2024

Objectif de l'action	<p>L'objectif de l'action est d'assurer la mise en place d'un réseau d'observation permettant de suivre l'évolution des milieux lagunaires et de prévenir des dommages liés aux activités perlicoles en Polynésie afin de prendre des mesures de gestion adéquates.</p> <p>Cette démarche s'inscrit dans la volonté de développer une perliculture durable en Polynésie française et d'aider à sa planification en fonction des pressions qui s'exerce sur les milieux.</p>
Contexte	<p>Avec 118 îles réparties en 5 archipels, la Polynésie française possède 15 047 km² de surface lagunaire dont l'environnement est propice au développement de l'aquaculture. Historiquement, la perliculture est le secteur aquacole le plus développé et représente le deuxième secteur économique du Pays.</p> <p>Les lagons d'atolls et îles hautes sont des milieux complexes et fragiles dont l'équilibre peut être perturbé par ces activités perlicoles. Face à l'importance socio-économique du secteur de la perliculture en Polynésie française, le milieu naturel où s'exerce l'activité tend déjà vers une surexploitation dans certains atolls, risquant ainsi à moyen terme un déséquilibre de l'écosystème lagunaire, dommageable à l'ensemble de la profession et des habitants. Il est donc nécessaire de renforcer le suivi pour prévenir toutes perturbations liées aux activités d'élevage en mer et, plus globalement, disposer d'un état des milieux récifo-lagunaires.</p> <p>Jusqu'en 2019, la Polynésie française ne disposait pas d'outils de suivi et d'évaluation de la qualité des eaux lagunaires ; il n'y a donc pas à proprement parler de gestion environnementale de ces activités.</p> <p>Dans le cadre de ses missions, la Direction des Ressources marines (DRM), chargée d'assurer la gestion et la préservation des ressources aquatiques relevant de sa compétence en vue d'une exploitation responsable et durable, a souhaité la mise en place de dispositifs de surveillance permettant l'évaluation de la qualité des écosystèmes soumis à la pression perlicole.</p>
Méthodologie	<p>La mise en œuvre d'un réseau d'observation du milieu marin devait être opérée en différents volets :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Définition d'un plan du réseau du suivi - Mise en place du réseau - Définition de seuils de qualité des eaux marines

	<ul style="list-style-type: none"> - Bancarisation, publication et communication des données - Optimisation du réseau <p>Cette action a été menée en parallèle d'une autre action du projet PROTEGE qui a permis l'élaboration d'un guide pour le suivi du milieu marin soumis aux activités aquacoles et perlicoles en Polynésie française. Ce guide permet à terme d'améliorer le réseau de suivi mis en place tant au niveau du plan de ce réseau que des paramètres relevés (nature, fréquence...).</p>
<p>Résultats et conclusions</p>	<p>Après cinq années d'existence, la mise en place d'un réseau d'observation visant à suivre l'évolution des milieux lagunaires et à prévenir les dommages liés aux activités perlicoles en Polynésie a porté ses fruits. L'accumulation de plus de 100 Go de données environnementales sur les milieux lagunaires sous pression perlicole témoigne de l'efficacité et de la pertinence de cette initiative. Ces données sont désormais stockées et bancarisées sur plusieurs data centers à l'international, garantissant ainsi leur accessibilité pour la recherche et la gestion.</p> <p>Le réseau, initialement complexe avec des données en temps réel et l'utilisation de sondes multi paramètres, a évolué pour prendre en compte les contraintes techniques, les ressources humaines limitées et la pertinence des indicateurs. Des compromis ont dû être faits entre la qualité des données collectées et le coût des instruments, ainsi qu'entre la stratégie de déploiement et le nombre de paramètres suivis.</p> <p>Malgré ces défis, l'ambition de la DRM est de maintenir et de pérenniser la collecte de données environnementales minimale des lagons perlicoles prioritaires. Un projet de recherche en cours de développement devrait permettre d'évaluer de nouveaux types d'indicateurs, offrant ainsi de nouvelles perspectives pour améliorer la surveillance et la gestion des milieux lagunaires.</p> <p>En conclusion, la mise en place de ce réseau d'observation représente une avancée significative dans la compréhension et la préservation des écosystèmes lagunaires en regard de l'activité perlicole. Malgré les défis rencontrés, l'engagement continu des parties prenantes et l'évolution constante des méthodes et des technologies permettront de renforcer encore davantage la surveillance et la gestion de ces précieux écosystèmes marins.</p>
<p>Limites de l'action</p>	<p>Le réseau ne peut pas s'appuyer uniquement sur le suivi par instrumentation classique. Il est nécessaire aussi de s'ouvrir sur de nouvelles techniques, telles que les données satellites. La température et la chlorophylle a étant deux paramètres pouvant être mesurés par satellite.</p>

Table des figures et tableaux

- Figure 1** : Test des sondes Aquatroll 600
- Figure 2** : Emplacement des deux sites de suivi à Mangareva (google earth)
- Figure 3** : Emplacement des sites de suivi à Ahe
- Figure 4** : Emplacement des sites de suivi à Apataki
- Figure 5** : Capteur Open source
- Figure 6** : Déploiement biomatériaux sur Vairao
- Figure 7** : Récupération de l'ADCP de la passe de Takarua
- Figure 8** : Carte des zones réensemencées avec le nombre total de nacres par zone
- Figure 9** : Entretien et pose de instruments du RESOLAG / OpenLagoon à Ahe
- Figure 10** : Entretien et pose de instruments du RESOLAG / Evaluation du réensemencement
- Figure 11** : Réunion publique pour restitution / Opération de ramassage de déchets perlicole
- Figure 12** : Profilage verticaux et installation de capteur dans lagon de REAO
- Figure 13** : Ramasse des déchets perlicole dans lagon de REAO
- Figure 14** : Entretien du Valvomètre de Takapoto / Collage des électrodes sur les HP
- Figure 15** : Installation en cage des HP connectée / Cage et valvomètre avant installation
- Figure 16** : Installation d'une sonde multi paramètre sur Mangareva
- Figure 17** : Carte des sites de prélèvement génétique sur holothurie titi noir « *Holothuria whitmaei* »
- Figure 18** : Prélèvement génétique sur holothurie titi noir « *Holothuria whitmaei* »
- Figure 19** : Carte des sites d'observation du RESOLAG 2023
- Figure 20** : Données de température de Mangareva Ouest 2018-2022
- Figure 21** : Emplacement des sites de suivi à Ahe (Ouest et Est)
- Figure 22** : Données de température de Ahe Est 2022-2023
- Figure 23** : Emplacement du site de suivi à Takapoto / Arutua
- Figure 24** : Données de température d'Arutua 2018-2022
- Figure 25** : Données de température de Takapoto 2020-2022
- Figure 26** : Données de température entre Takapoto, Arutua et Ahe 2020-2023
- Figure 27** : Emplacement du site de suivi à Tahaa / Vairao
- Figure 28** : Données de température de Tahaa 2019 et 2021-2023
- Figure 29** : Données de température de Vairao 2021-2022
- Figure 30** : Exemple de bouée autonome spotter
- Figure 31** : Comptage de nacres et pipi sur collecteur à Mangareva

- Tableau 1** : Sites de suivis du RESOLAG et année d'activité (en rose) de 2018 à 2023
- Tableau 2** : Localisation des sites actifs de suivi (point GPS) en décembre 2023 et la date de démarrage pour chaque île
- Tableau 3** : Résumé du pourcentage de données utilisables par paramètres environnementaux sur ~ 4 ans
- Tableau 4** : Maximum de température (°C) de saison à Mangareva (Ouest)
- Tableau 5** : Maximum et minimum de température (°C) de saison à Ahe
- Tableau 6** : Maximum de température de saison à ARUTUA
- Tableau 7** : Maximum de température de saison à Takapoto
- Tableau 8** : Maximum de température de saison à Tahaa
- Tableau 9** : Maximum de température de saison à Vairao
- Tableau 10** : Résumé des paramètres de température (°C) pour les différents sites suivis
- Tableau 11** : Tableau récapitulatif des coûts des instruments du RESOLAG
- Tableau 12** : Tableau des coûts du réseau d'observation des lagons
- Tableau 13** : Tableau récapitulatif des coûts globaux du réseau d'observation des lagons (4 ans)

I. Le Réseau d'Observation des Lagons de Polynésie française

1.1 Création du RESOLAG

En 2014, le lagon de l'atoll de Takaroa aux Tuamotu a subi une crise dystrophique de grande ampleur provoquant le déséquilibre du lagon et l'arrêt de la perliculture. Bien que les causes de la crise restent inconnues, on sait que l'activité perlicole de l'île y était très forte avec près de 70 % du lagon utilisé pour le collectage ou l'élevage d'huîtres perlières. Malheureusement durant cette période, aucune mesure environnementale n'a été réalisée et de ce fait les causes de cette crise dystrophique reste de l'ordre de l'hypothèse.

En 2017 la Polynésie française ne dispose d'aucun outil de suivi et d'évaluation de la qualité des eaux lagunaires, il n'y a donc pas de gestion durable de ces activités. L'encadrement du secteur de l'aquaculture nécessite notamment (i) une compréhension des capacités de charge des lagons, c'est-à-dire la biomasse maximale de produits aquacoles définis que peut accepter un lagon, sans perturbation du milieu, (ii) des plans intégrés de zonages des installations aquacoles lagunaires et (iii) une définition plus précise des conditions d'octroi et de suivi des « Installations Classées Pour l'Environnement » (ICPE), notamment de 1ère classe (liés à la réalisation d'une étude d'impact).

Dès 2017, la Direction des ressources marines (DRM) investit dans de l'instrumentation océanographique afin de mieux comprendre le fonctionnement des îles perlicoles. Des sondes multiparamètres de modèle NKE sont acquises dans le but de suivre les variations annuelles et interannuelles de paramètres du lagon tels que la température, la chlorophylle a, l'oxygène, la salinité et la turbidité. L'objectif est de pouvoir éventuellement relier l'évolution de ces paramètres à l'apparition des blooms algaux ou autres phénomènes indiquant un dysfonctionnement du lagon afin de soutenir le développement de la filière perlicole sans compromettre l'intégrité des écosystèmes lagonaire fragile. En complément, des instruments permettant de mesurer les courants et variations du niveau de la mer sont aussi acquis pour la réalisation d'études hydrodynamiques en collaboration avec les centres de recherche tels que l'IRD et l'IFREMER. L'objectif est de mieux comprendre les mouvements des masses d'eau dans les lagons perlicoles en fonction des paramètres météorologiques (vent, houle, marée).

Un suivi du succès du collectage avait été amorcé en 2018 dans certaines îles perlicoles puis répété en 2019, 2020 et 2021. Les informations concernant le collectage sont apparues comme cruciales pour suivre l'évolution d'un lagon, à l'exemple de Mangareva, et ce paramètre devrait intégrer le suivi du RESOLAG. Cependant les méthodologies testées sont encore à affiner. Et l'implication du perliculteur reste primordial.

La gestion du parc d'instrumentation est alors assurée par un ingénieur de la DRM accompagné d'un VSC de l'IFREMER. En vue d'un futur réseau d'observation, dès 2018 la DRM envisage de maintenir le déploiement des sondes multi-paramètres sur des suivis à long terme. Ainsi le besoin en ressources humaines pour le bon fonctionnement du réseau devient indispensable et à partir de décembre 2019. Grâce au programme PROTEGE, la DRM embauche un technicien pour assurer la gestion du parc d'instrumentation. En 2020 est alors officiellement créé le « Réseau d'observation des lagons de Polynésie française » (RESOLAG). PROTEGE permet aussi d'apporter le financement nécessaire au fonctionnement du réseau (frais de missions, de logistique, d'entretien des

instruments et de services support de bancarisation de la donnée), d'achat de nouveaux instruments pour renforcer le parc et de projet de recherche. Le programme permet également de développer l'identité graphique du RESOLAG et des supports de communication dont des vidéos de sensibilisation qui permettent de faire connaître les enjeux liés à l'usage du plastique et la réponse apportée par RESOLAG.

II. Activité du RESOLAG de 2019 à 2023

2.1 - RESOLAG 2019-2020

Entre 2018 et 2020, les sondes multi paramètres sont déployées sur six différentes îles (Arutua, Takapoto, Takarua, Mangareva, Tahaa et Raivavae) avec un site par île. Ces sites ont été dans un premier temps choisis pour assurer le suivi environnemental d'expérimentation de greffe sur le projet de recherche AMELIGEN en collaboration avec l'IFREMER. Tandis que le reste du parc d'instrumentation est mis à disposition du programme MANA pour de l'acquisition de données nécessaires à la réalisation de modèles hydrodynamiques des lagons cibles.

Les missions de l'année 2019 ne rentrent pas dans le cadre du programme PROTEGE, mais sont liées au RESOLAG. En tout sept missions ont été effectuées en 2019, principalement pour l'entretien des sondes multiparamètres en place dans les îles. A cela, s'ajoute l'évaluation du succès du collectage des larves d'huîtres à Mangareva et Takarua.

En décembre 2019, le recrutement de Yann Follin en tant que technicien DRM du RESOLAG grâce au financement PROTEGE permet à la DRM d'être autonome sur le déploiement des instruments. En 2020 (période de janvier à Juin), six missions concernant le RESOLAG ont été effectuées dont quatre ont été financé par le programme Protege (Takapoto, Takarua, Mangareva, Raivavae et Arutua). L'installation de la sonde multiparamètres à Raivavae a été effectuée par un technicien de l'IFREMER dans le cadre du projet AMELIGEN.

Au-delà du déploiement des instruments océanographiques, les agents DRM du RESOLAG (Vetea LIAO et Yann FOLLIN) se renseignent sur le développement d'organismes invasifs pouvant être signe de déséquilibre dans l'écosystème. Ainsi en plus de l'entretien des sondes, la mission à Takapoto de Février a permis d'étudier la dispersion du remu ofa'i, un bryzoaire retrouvé en abondance sur les coquilles des huîtres d'élevage. Alerté par certains perliculteurs, cette mission a ainsi permis de faire le point sur la situation. Les missions effectuées dans le cadre de RESOLAG doivent ainsi permettre à la DRM d'être réactive face aux anomalies environnementales constatées par les professionnels.

Au deuxième semestre 2020, deux missions concernant le RESOLAG ont été effectuées ; Takapoto/Takarua en aout et Arutua en septembre.

La mission Takapoto/Takarua de juin a permis de réaliser l'entretien des sondes de chaque île, mais aussi de tenter de relancer un comptage de collecteur à Takapoto. Cependant on s'est rendu compte qu'aucun perliculteur n'avait installer de ligne de collectage en 2020 car la demande en huîtres est en forte baisse depuis juillet 2019. Une rencontre avec le comité de gestion de Takapoto a permis d'aborder cette situation préoccupante pour l'île et la problématique des déchets que leur activité engendre.

La mission de septembre à Arutua a aussi permis de réaliser un premier comptage de collecteur, imprévu car Arutua est une île où le collectage est très faible, mais le perliculteur partenaire du réseau venait de faire des tests de collectage. De plus cette mission aura permis de visiter une ferme poly-activité. En effet, certains perliculteurs de l'île ont commencé depuis l'année dernière une démarche de diversification de leurs activités, qui prend tout son sens suite aux récents événements de crise sanitaire car la perliculture est sévèrement touchée par la pandémie du COVID. Ainsi la ferme visitée, en plus de l'élevage d'huître, produit également des œufs de poules certifiés bio pour la population de l'île et bientôt des légumes. Ce perliculteur se veut le plus autonome possible et tente au maximum de revaloriser les déchets produits (coquilles d'huîtres, fientes de poules...).

2.2 - RESOLAG 2021

En 2021, une restructuration du RESOLAG est opérée. Certaines sondes multiparamètres étaient en fin de vie. L'entretien et les réparations étant coûteux, une partie du parc de sondes multiparamètres n'était donc plus disponible. Il a été décidé de diminuer le nombre d'îles de déploiement des sondes multiparamètres et de placer au moins deux sondes par lagon pour une meilleure couverture spatiale intra-lagon. Cette même année, le suivi à Raivavae est abandonné car le choix de ce site était lié à un projet de l'Ifremer de test de greffe d'huîtres perlières dans cette île mais elle n'a pas vocation à développer une filière perlicole. Le suivi de ce site fut intéressant pour comparer le climat des Gambier à celui des Australes. Le site de Takarua est mis en suspens à partir de 2021 par manque d'instruments. Cependant dans le cadre d'un projet avec l'Ifremer, des capteurs de température et chlorophylle appartenant à l'Ifremer ont été déployés. Aussi, les sondes multiparamètres des sites de Arutua, Takapoto et Tahaa sont remplacées par des capteurs de température simples et robustes afin de maintenir un suivi minimal.

Au premier semestre 2021, trois missions concernant le RESOLAG ont été effectuées ; Takapoto-Takarua en février, Arutua en mars et Mangareva en juin.

La mission à Takapoto-Takarua avait pour but principal l'initialisation du nettoyage des lagons. Une association dédiée à la gestion des déchets perlicoles a été créée dans chaque île. En tout, trois réunions publiques se sont tenues, deux à Takarua et une à Takapoto. Par ailleurs, les sondes multiparamètres de chaque site ont été rapatriées sur Tahiti pour une importante opération de maintenance. Faute d'instruments disponibles, seuls deux capteurs de température ont été installés à Takapoto afin de garder au moins la continuité de la donnée pour ce paramètre-là. Le prestataire Marama Production a fait partie de la mission. Choisi par la CPS pour la réalisation de capsules documentaires sur les projets PROTEGE en Polynésie française, elle était sur place pour documenter les actions en rapport avec le RESOLAG ainsi que les opérations de nettoyage des lagons.

À Arutua, la sonde sur place a été remplacée par une autre qui venait de revenir d'une remise à niveau en France. Le perliculteur référent sur place avait reçu l'année dernière des collecteurs « coupelles » pour effectuer des tests. Cette mission a permis de voir sur place la méthode d'installation choisie ainsi que de faire un premier bilan du succès du collectage. Enfin une première exploration du stock sauvage a été réalisée lors de cette mission avec l'observation de plusieurs karena. Une deuxième mission plus complète devrait avoir lieu en août.

La mission à Mangareva avait pour objectif principal l'initialisation de la gestion des déchets perlicoles. Deux réunions se sont tenues sur l'île ; la première pour restituer les résultats des travaux scientifiques réalisés en 2019-2020 sur le stock sauvage de nacres. La deuxième pour faire émerger un plan d'action pour le rapatriement des déchets sur Tahiti. Enfin une nouvelle sonde, elle aussi de retour de France après remise à niveau a été installée sur le site de suivi.

En août 2021, le RESOLAG est renforcé avec l'arrivée de Thomas TROPHIME, un nouveau technicien en contrat CVD (Corps des Volontaires au Développement) qui sera formé à l'instrumentation par Yann FOLLIN. Ainsi pendant le 2^e semestre 2021, trois missions ont été effectuées par les deux techniciens du RESOLAG :

Une mission s'est déroulée en octobre à Mangareva afin de changer la sonde multiparamètres en place et effectuer un comptage des nacres sur des échantillons de collecteurs. Des tests de collecteurs coupelles sont en cours dans le lagon de l'île et la mission avait pour objectif de déterminer le potentiel de ce nouveau système.

En novembre, la mission s'est déroulée à Takapoto. La mission a permis de faire l'évaluation du stock sauvage de nacres dans le lagon de l'atoll. Ce travail était piloté par le Dr Andréfouet de l'IRD (projet MANA) et financé entièrement par la DRM. Une dizaine d'instruments de mesure a aussi été déployé dans le lagon afin d'apporter des connaissances supplémentaires sur l'hydrodynamisme du lagon.

En décembre la mission s'est déroulée à Arutua. La sonde multiparamètres a été remplacée par un capteur de température. De plus l'évaluation du succès du collectage par la méthode des collecteurs coupelles a aussi été réalisée.

2.1 - RESOLAG 2022

En 2022, avec l'acquisition sur le programme PROTEGE de trois nouvelles sondes multiparamètres de modèle AQUATROLL de la marque IN-SITU, le réseau de sonde multiparamètres est redéployé sur Mangareva et Ahe. Le parc de sonde multiparamètres fonctionnelles se compose de quatre sambat (NKE) et trois Aquatroll (IN-SITU). Après quelques tests à Vairao, les nouvelles sondes Aquatroll sont à éprouver sur le terrain et deux sondes sont donc déployées sur Ahe. En parallèle deux Sambat sont déjà sur Mangareva. Sur chacune de ces îles, deux sondes sont déployées afin de comparer des sites intra-lagon.

En 2022, le parc d'instrumentation de la DRM représentait 42 instruments de mesure océanographique acquis sur différents financements en 6 ans. Ce parc comprend 13 sondes multiparamètres, 10 capteurs de température simple, 10 capteurs de température et pression, 6 courantomètres ADCP et 4 courantomètres de surface (voir annexe 1).

Au début de l'année 2022, un bilan des sondes disponibles a été dressé. Celles-ci ont subi des entretiens plus ou moins approfondis en fonction de leurs états afin de préparer les déploiements futurs. Par ailleurs, trois nouvelles sondes multi-paramètres (Aquatroll 600 de la marque IN-SITU) ont été acquises à la fin de l'année 2021. Le début de l'année 2022 a permis de se familiariser avec ces nouveaux instruments.



Figure 1 : Test des sondes Aquatroll 600

En février 2022, une mission à Mangareva a permis de faire la maintenance de la sonde en place et de créer un nouveau site de suivi dans la zone de collectage. Deux sites de suivi existent désormais sur l'île, l'un dans la zone d'élevage, l'autre dans la zone de collectage. De plus, un formulaire de suivi bénévole du collectage a été présenté aux agents municipaux et à certains perliculteurs. L'objectif de la démarche est d'inclure les perliculteurs dans un suivi participatif pour mieux comprendre les variations du collectage.

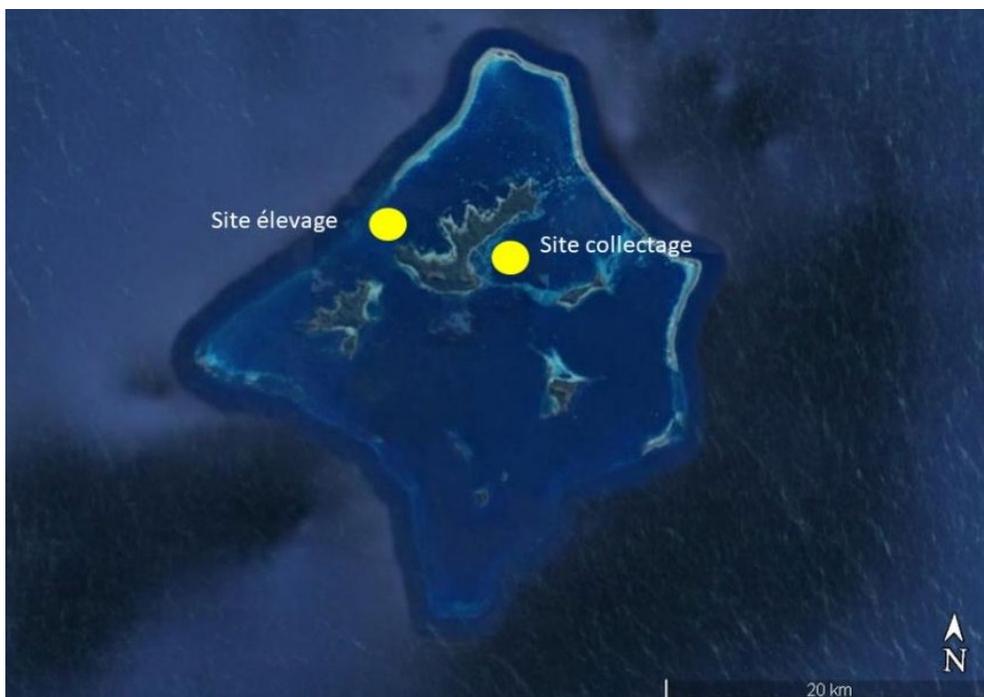


Figure 2 : Emplacement des deux sites de suivi à Mangareva (google earth)

En mars, c'est à Takapoto que l'équipe du RESOLAG s'est rendue pour récupérer les onze instruments déployés en 2021. Ceux-ci avaient été déployés pour collecter des données d'hydrodynamisme du lagon, et permettre ainsi de

mieux comprendre le fonctionnement particulier du lagon de Takapoto qui ne possède pas de passe. Ces données ont été collectées dans le cadre d'un projet en partenariat avec l'IRD sur les lagons de Takaroa et Takapoto.

En mars encore, l'équipe du RESOLAG s'est rendue pour la première fois à Ahe, l'un des principaux atolls perlicoles. L'objectif de la mission était de relancer un suivi du lagon de Ahe et ainsi mettre en place deux sites de suivi dans le lagon, aux deux extrémités de celui-ci. Les études hydrodynamiques du lagon ont démontré l'existence de 2 masses d'eau aux extrémités du lagon en fonction des conditions météorologiques. Dans chaque site, une sonde multiparamètres Aquatroll600 a été déployée (température, salinité, fluorescence, oxygène et turbidité). De plus, les formulaires de suivi bénévole du collectage ont été présentés à certains perliculteurs et déposés à la mairie de l'île. Les données récoltées via les sondes (disponibles en temps réel) ont déjà permis de montrer certaines différences entre les deux sites. En effet, la zone nord est plus fraîche et mieux oxygénée que la zone sud. La zone sud qui concentre une grande partie de l'activité perlicole est donc relativement sensible à des périodes de vent faible.



Figure 3 : Emplacement des sites de suivi à Ahe

En avril, l'équipe du RESOLAG s'est rendue à Apataki pour installer vingt-deux capteurs, pour la réalisation d'un modèle hydrodynamique du lagon. Cette mission s'inscrit encore une fois dans le cadre d'un projet en partenariat avec l'IRD et l'Ifremer. En effet, une deuxième mission à Apataki se déroulera en juillet sur le bateau océanographique Alis (Campagne MALIS 3). Cette deuxième mission aura pour objectif, entre autres, de faire des comptages du stock sauvage d'huitres perlières et de récupérer les capteurs en place.

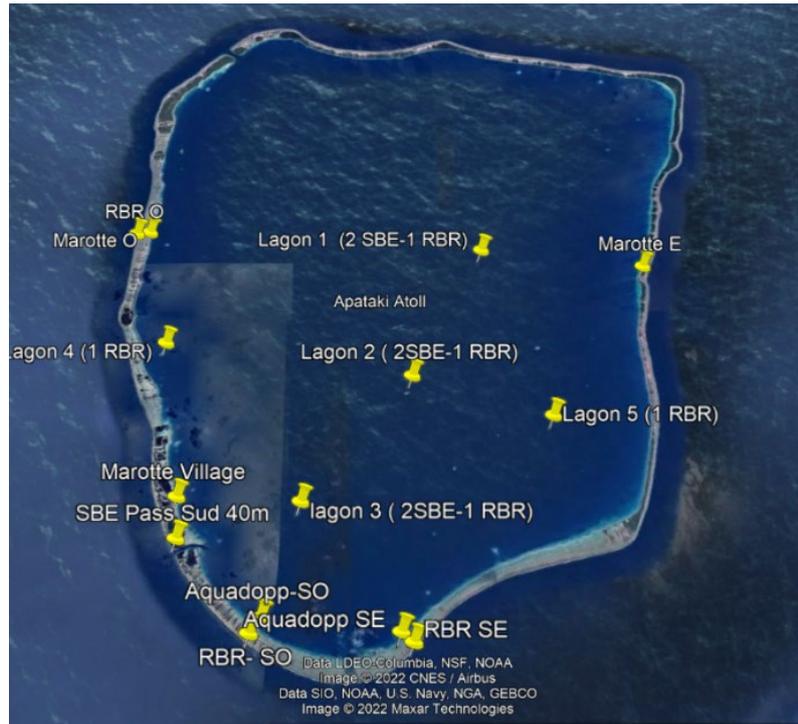


Figure 4 : Emplacement des sites de suivi à Apataki

En mai et juin, l'équipe du RESOLAG était occupée à l'organisation logistique du programme MALIS. A cette même période a eu lieu le Conseil de la perliculture. Les grandes conclusions du conseil de la perliculture sont :

- Engagement fort des perliculteurs pour l'adhésion à une charte de bonne pratique (en cours de rédaction) et présentation obligatoire d'un plan de gestion des déchets (réglementation en cours de rédaction)
- Poursuite du programme de rapatriement des déchets perlicoles pour les 3 prochaines années à venir
- Annulation des concessions inutilisées et mise en place d'un seuil minimal de production de perle par hectare (2500 perles/ha)
- Mise en place de formations de greffeurs adaptées au contexte local
- Mise en place d'une nouvelle campagne de promotion de la perle

Dans la même période, s'est tenu un atelier de concertation sur les suivis lagonaires. Cet atelier avait pour but de réunir les chercheurs des différents organismes (Ifremer, IRD, ILM, CRIOBE) pour définir un programme de recherche pluridisciplinaire dont l'objectif est de définir des indicateurs pertinents permettant de suivre l'évolution de la qualité du milieu marin d'un lagon liée à la pérennité de l'activité perlicole. Ce programme de recherche est envisagé de 2023 à 2026 et financé en partie par la DRM. La fin du semestre a donc été dédiée à l'organisation de ces différents événements. Les résultats de ce programme devraient permettre de mettre à jour et compléter la partie perliculture du Guide pour le suivi de la qualité du milieu marin soumis aux activités aquacoles, produit dans le cadre de PROTEGE en 2022.

Toujours en juin, une nouvelle solution de bancarisation a été choisie pour compléter ce qui avait été fait l'année dernière. Pour l'instant, seules les données liées au suivi de base du réseau étaient bancarisées (sondes multiparamètres et capteurs simples de température) sur les plateformes d'accès REEFTEMPS (IRD) et SEANOE. Les données liées aux différents programmes de recherche associés, comme les mesures d'hydrodynamisme, étaient

sauvegardées uniquement en local sur un serveur DRM et un disque dur externe. Afin de sécuriser la sauvegarde de ces données, la DRM a ainsi souscrit à un abonnement cloud via le prestataire Galatea. L'ensemble des données est maintenant bancarisé sur plusieurs data centers dans le monde et accessible en permanence à l'équipe du RESOLAG. Les données ne sont cependant pas en libre accès par ce moyen contrairement aux plateformes REEFTEMPS et SEANOE.

Globalement, le RESOLAG associé aux efforts de l'ensemble de la DRM a permis de tisser une relation de confiance avec certains perliculteurs. Ceux-ci sont de plus en plus nombreux à comprendre l'intérêt des suivis lagonaires et sont de plus en plus favorables à la mise en place de mesures de gestion durable de la perliculture. Cette bonne entente avec les professionnels de la filière est un facteur important pour l'application de pratiques vertueuses qui limitent les impacts sur le lagon.

En juillet 2022, une bonne partie du parc d'instrumentation océanographique a été utilisé dans le cadre d'une mission scientifique (MALIS 3) menée par l'IRD sur les atolls d'Apataki et Takaroa. Les études de l'hydrodynamisme des lagons perlicoles menées dans le cadre de convention de collaboration entre la DRM et les organismes de recherche (IRD et IFREMER) permettent de mieux comprendre le fonctionnement des lagons. Un restockage des batteries utilisées lors de la mission MALIS pour le fonctionnement des instruments a été réalisé pour anticiper les futures missions du RESOLAG.

Le 27 juillet, une mission RESOLAG a eu lieu à Taha'a afin de récupérer les données de température d'un capteur sur site. Cette mission a permis la maintenance du SBE56 et la validation du protocole d'entretien pouvant être réalisées par le perliculteur référent. Enfin, l'équipe RESOLAG s'est mobilisée pour développer des protocoles d'essais de matériaux alternatifs au plastique en collaboration avec des perliculteurs à Ahe et Mangareva.

En août 2022, l'équipe du RESOLAG s'est consacrée à la préparation des tests de biomatériaux à mener en collaboration avec les perliculteurs. Trois îles ont été sélectionnées pour la phase expérimentale des biomatériaux, dont Ahe, Fakarava et Mangareva. Pour chacune d'entre elles, un perliculteur référent est mobilisé pour effectuer des tests dans sa ferme.

Un protocole propre à chaque île a été établi et validé par les perliculteurs. Les tests ont commencé en septembre 2022 pour Ahe et Fakarava mais restent en lancement à Mangareva. Pour les biomatériaux à fin d'aquaculture (huîtres et bénitiers), la DRM attend des prototypes pour améliorer et affiner les stratégies de déploiement.

En Septembre 2022, L'équipe du RESOLAG s'est rendue à Mangareva et Ahe dans le but de réaliser l'entretien des sondes sur place. A Ahe en plus de l'entretien des sondes, la mission était aussi l'occasion de vérifier la mise en eau de matériaux alternatifs aux plastiques (corde et grillage de protection) testés par des perliculteurs dans le cadre d'un autre projet PROTEGE. Une des deux sondes a été remplacée et rapatriée sur Tahiti pour des soucis de qualité de données et de transmission. A mangareva, durant la mission d'entretiens des instruments, l'équipe du RESOLAG en a profité pour lancer des essais de tests préliminaires de réensemencement de nacres dans le milieu naturel afin de préparer un test à grande échelle.

Enfin, la DRM a reçu le premier prototype de capteur low-cost de fluorescence du thésard Cédric Courson dans le cadre de la convention « OPEN LAGOON » financé par PROTEGE. Ce premier prototype a rencontré des

problèmes d'étanchéité mais principalement due au transport du capteur de la France vers Tahiti. Le problème a été identifié et rectifié pour les prochains prototypes. Une mission de Cédric Courson est prévue pour février-mars 2023 afin d'affiner le développement des prochains prototypes et de les tester en conditions réelles au Tuamotu.

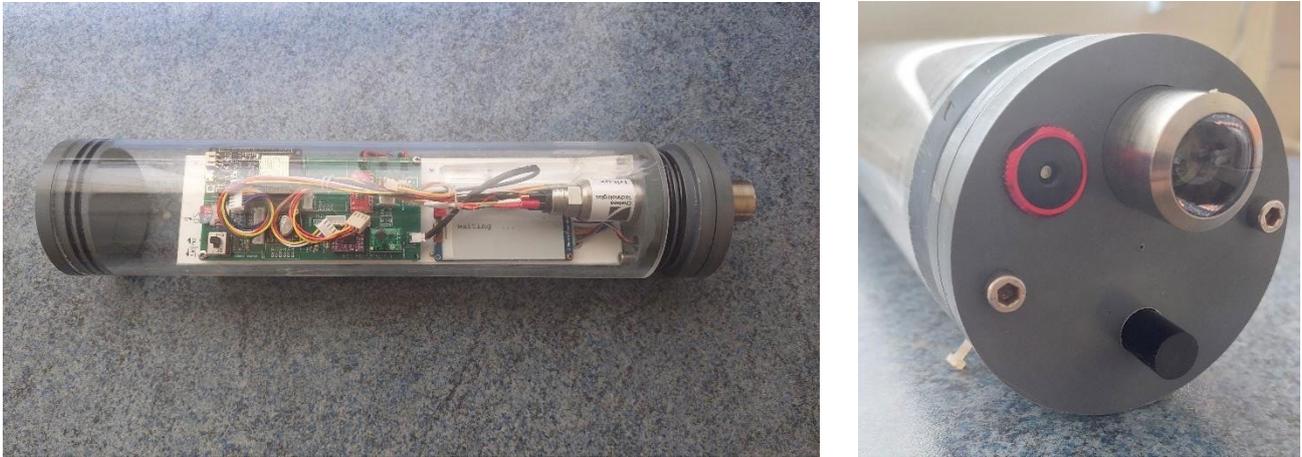


Figure 5 : Capteur Open source

En Octobre 2022, l'équipe du RESOLAG change. Un nouveau technicien, Thomas TROPHIME, anciennement stagiaire en CVD, remplace Yann FOLLIN en poste depuis fin 2019. Un travail important de maintenance et d'entretien du matériel est effectué. Dans la même période des instruments Seabird ont été envoyés en Europe (France et Allemagne) pour entretien. Enfin, des installations sont déployées en plongée sous-marine pour les essais de biomatériaux sur le site du centre aquacole de Vairao (corps morts et bio-matériaux).



Figure 6 : Déploiement biomatériaux sur Vairao

En Novembre 2022, une grosse préparation est réalisée sur les dernières missions du RESOLAG de l'année, avec tout d'abord une mission de récupération et d'entretien d'instruments à Takapoto/Takaroa fin novembre et par la suite une mission de réensemencement d'huîtres à Mangareva mi-décembre

Des fûts d'essence sont envoyés à Takapoto, Arutua et Mangareva en compensation aux efforts des perliculteurs partenaires du réseau. Le travail de commande et maintenance des sondes se poursuit avec le restockage de batteries en provenance de métropole pour les courantomètres ADCP Sentinel.

Une réalisation d'essais sur les modems d'Aquatroll 600 après retour de mission d'AHE et changement par le prestataire ASSYSTEM est réalisée en prévision d'une installation de contrôle sur le site de Vairao, en couplage avec les tests de croissance de macro-algues sur les caquettes subsurface de l'ACTION 5B.1.5 : Développement de la culture de macro-algues en soutien des filières aquacoles (pf).

En Décembre 2022, le technicien du RESOLAG s'est rendue à Takapoto et Takarua lors d'une mission d'une semaine afin de réaliser l'entretien, le changement et la récupération de deux instruments de mesure, un courantomètre dans la passe de Takarua et un capteur température SBE56 dans le lagon de Takapoto.



Figure 7 : Récupération de l'ADCP de la passe de Takarua

Durant la mission à Takarua un phénomène de bloom de phytoplancton à grande échelle a été remarqué, et un échantillon a pu être prélevé pour analyse (identification des micro-algues présentes). Bien que les sondes du RESOLAG aient été retirées, un suivi a été maintenu par une sonde de fluorescence de l'Ifremer dans le cadre d'un projet sous convention avec la DRM mais ce capteur n'était pas dans la zone d'influence du bloom.

Mi-Décembre l'équipe RESOLAG accompagnée de l'animatrice PROTEGE en Polynésie Française s'est déplacée à Mangareva dans le but de lancer un 1er projet pilote de réintroduction d'huîtres géniteurs dans le milieu naturel mais issues des élevages perlicoles de Mangareva. Les perliculteurs des Gambier sont dépendants du collectage assuré par la reproduction des huîtres "sauvages" locales. Depuis quelques années, le captage de larves de nacres connaît une forte diminution à Mangareva. Dans un premier temps observé par les perliculteurs, la Direction des ressources marines (DRM) a confirmé cette diminution grâce à une évaluation annuelle du collectage menée sur trois ans.

Dès 2019, la DRM avait financé une étude en collaboration avec les laboratoires de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) et de l'IFREMER regroupés au sein de l'UMR Entropie pour évaluer les stocks sauvages d'huîtres perlières et modéliser la circulation des masses d'eau dans le lagon afin de mieux comprendre la dispersion des larves d'huîtres issues des nacres sauvages. Ces études viennent en parallèle, du RESOLAG qui permet de suivre l'évolution des phénomènes climatiques tels que « El Niño » ou « La Niña ».

Suite aux résultats de ces études, qui avaient démontré un faible stock de nacres sauvages, une équipe de la DRM s'est rendue à Mangareva du 13 au 17 décembre pour initier avec les perliculteurs un réensemencement d'huîtres perlières adultes dans le lagon de Mangareva. Grâce à la mobilisation de perliculteurs engagés (Benoît URARII,

Thomas ESSEN, James GOODING, Puea TAEREA, Hoarai URARII et Joseph TEAKAROTU) et de leurs employés, 3500 nacres mises à disposition par les professionnels ont été réintroduites dans le milieu naturel en deux jours sur des sites préconisés par les chercheurs de l'IRD et IFREMER

Enfin, la mission a été l'occasion de réaliser l'entretien et récupérer les données de la sonde SAMBAT multiparamètres du RESOLAG située sur la ferme REGAHIGA PEARL.



Figure 8 : Carte des zones réensemencées avec le nombre total de nacres par zone

2.2 - RESOLAG 2023

En 2023, suite à l'augmentation des coûts d'entretien des sondes multiparamètres vieillissantes et en fin de vie pour certaines, à l'arrêt du poste de technicien RESOLAG fin 2023 et un potentiel événement « El Nino » en 2024, la stratégie de déploiement est de nouveau revue dans l'objectif de maintenir le suivi environnemental dans l'ensemble des sites mais aussi d'approfondir les connaissances de l'impact d'un phénomène El Niño à forte intensité sur ces écosystèmes lagonaire en regard de l'activité perlicole. Des capteurs de température simple installés à différentes profondeurs remplacent petit à petit les sondes multi-paramètres afin de maintenir à minima les données de température. En parallèle un projet de recherche visant à identifier des nouveaux indicateurs de suivi est mis en place. Au début de l'année 2023, un bilan des sondes disponibles et de leurs états a été dressé, plusieurs tâches de maintenance ont été réalisées dont l'envoi d'une sonde multiparamètres sambat à un prestataire local pour réparation d'un problème d'alimentation (TahitiRobotics), ainsi que plusieurs travaux de calibration et d'essais de nouveaux instruments de mesure (Fluorimètre) avec l'ifremer pour les prochains achats d'instruments du réseau d'observation du lagon. Une bancarisation des dernières données environnementales 2022 sur les différents supports de stockage internationaux est aussi réalisée.

En février 2023, différents travaux de logistique et de laboratoire sont réalisés en préparation de la mission sur l'atoll de Ahe dans le cadre du RESOLAG ainsi que de la convention OPEN LAGOON du thésard Cédric COURSON pour les essais terrain de la sonde open source de fluorescence/température.

Mi-février l'équipe RESOLAG, accompagnée de l'animatrice PROTEGE, d'une prestataire vidéaste et du thésard Cédric Courson, se sont déplacés sur l'atoll d'Ahe. La première partie de la mission était principalement centrée sur le RESOLAG et la pose des différentes sondes chez les deux perliculteurs. L'objectif est dans un premier temps de poser et d'entretenir les différents instruments du RESOLAG situé sur l'atoll. Puis dans un second temps d'évaluer sur le terrain en condition réelle la qualité des données, ainsi que la robustesse des différents capteurs des sondes Open source de Cédric COURSON. Les sondes OSO couplées aux instruments du RESOLAG permettront d'évaluer la qualité des données. L'arrivée de Camille GALL (DRM/PROTEGE) et Mélissa CHONGUE (Marama Production) a permis d'entamer la deuxième partie de la mission sur la prise d'images des fermes et d'images sous-marines des tests sur les biomatériaux, ainsi que la réalisation des différentes interviews nécessaires à la production des vidéos de valorisation de PROTEGE. Les interviews ont été tournées sur la ferme de Maeva WANE (représentante au conseil de la perliculture et au CESEC) pour le sujet des biomatériaux et du RESOLAG et chez Makiroto MAIFANO (Président du comité de gestion de Ahe) pour les tests in-situ de biomatériaux. Ces déplacements ont été l'occasion d'échanger plus longuement avec eux sur divers sujets et notamment la charte de bonnes pratiques. D'autres perliculteurs ont pu se joindre à la discussion, notamment Josh Umbert, gérant de la ferme Kamoka Pearl, qui est sur une démarche éco-responsable. Le déplacement sur les fermes a aussi été l'occasion d'échanger avec Heinui POLTASEEF, formateur en greffe, en visite pour le suivi des élèves ayant reçu la 1ère formation de greffeur mise en place par le CMMPF.



Figure 9 : Entretien et pose de instruments du RESOLAG / OpenLagoon à Ahe

En mars 2023, l'équipe RESOLAG se déplace en Nouvelle-Calédonie pour participer à un atelier d'échange sur les réseaux d'observation du Pacifique initié sous la tutelle nationale de l'Infrastructure de recherche littorale

et côtière (ILICO). Cet atelier permet d'échanger et de rencontrer les différents acteurs du suivi environnemental dans le Pacifique Sud et notamment les services labellisés SNO (Service National d'Observation).

L'objectif de l'atelier était d'aborder les enjeux scientifiques sur l'études des milieux littoraux et côtier insulaires du Pacifique Sud, de présenter la stratégie des IR (Infrastructure de recherche) dans le cadre de réseaux d'observations et de définir la stratégie du SNO « ReefTEMPS » pour la prochaine labellisation 2025-2030.

Pour la DRM les enjeux étaient de présenter le RESOLAG et les problématiques spécifiques au suivi des lagons perlicoles aux principaux acteurs des réseaux d'observation dans le Pacifique. L'objectif principal étant que les centres de recherches basés en Polynésie puissent développer une activité de suivi environnemental labellisée SNO en intégrant la problématique de gestion des lagons perlicoles.

Ce déplacement en Nouvelle-Calédonie est aussi l'opportunité de rencontrer l'équipe de BLUECHAM, prestataire avec lequel la DRM collabore pour développer des méthodes de suivi de la chlorophylle par satellite (Sentinel 2). Les échanges sur un bloom observé en Novembre/Décembre 2022 lors d'une mission RESOLAG sur Takaroa permet de tester et d'affiner un nouvel outil mis en place par BLUECHAM pour mesurer les taux de chlorophylle a.

En avril 2023, le technicien était en charge de préparer la prochaine mission RESOLAG à Mangareva ainsi que la préparation des instruments océanographique nécessaire à la mission sur l'atoll de REAO dans le cadre du projet de l'ANR GAIA sur les bénitiers dirigé par Simon Van Wynsberge (Ifremer Nouvelle-Calédonie) en partenariat avec la DRM. Plusieurs devis sont lancés pour du matériels d'entretien (Liquide de calibration) ainsi qu'une calibration par RBRFrance de 9 RBRduet. Sur la même période un calcul du coût carbone total du RESOLAG est réalisé dans le cadre d'un reporting PROTEGE.

En mai 2023 l'équipe du RESOLAG se déplace sur Mangareva avec trois objectifs principaux, premièrement le remplacement et l'entretien des sondes multiparamètres situées respectivement dans les élevages d'huîtres de Dominique DEVAUX (Baie de Gnatavake) et d'Emile REHUA (Baie de Rikitea).

Dans un second temps, il s'agit de faire la 1^{ère} évaluation du taux de survie de l'opération de réensemencement d'huître perlières réalisé en décembre 2022 où plus de 3500 individus ont été répartis sur 4 zones dans le lagon de Mangareva. Et enfin le dernier objectif était l'exploration pour la recherche d'holothurie à titi noire (*Holothuria witmaei*) afin de prélever du matériel biologique pour des analyses de population génétique dans le cadre d'un projet d'élevage de cette espèce.



Figure 10 : Entretien et pose de instruments du RESOLAG / Evaluation du réensemencement

En Juin / juillet 2023 une note technique et financière est réalisée pour évaluer les coûts totaux du réseau et faire le bilan du réseau d'observation. Sur la même période on retrouve le retour des instruments seabird (SBE19+) en entretien depuis plus d'un an en Allemagne ainsi que les instruments de la mission GAIA Ifremer de REAO. Fin juillet l'ingénieur chargé du réseau s'est déplacé sur Tahaa afin de récupérer et changer les instruments sur place. La grande partie de la fin du mois de juillet a été dédiée à la bancarisation de toutes les données environnementales enregistrées jusque-là.

En août 2023 l'équipe du RESOLAG se déplace sur l'Atoll d'Ahe avec encore une fois divers objectifs. La première partie de la mission était principalement centrée sur le RESOLAG avec la récupération des différentes sondes chez les deux perliculteurs (Ahe Royal Pearl et SCA Poe Mana) ainsi que la pose de nouveaux capteurs. Notre déplacement sur la ferme de la SCA Poe Mana a été l'occasion de réaliser des images sur la ferme avec la participation de ses employés pour illustrer la charte de bonnes pratiques dans laquelle la ferme s'est engagée. En effet la SCA Poe Mana est la 1ère ferme à avoir adhéré officiellement à la charte de bonnes pratiques et la DRM souhaiterait mettre en avant son engagement. Un point de situation a été effectué sur les tests effectués par ferme Poe Mana sur l'utilisation de biomatériaux. Des derniers tests étaient encore en cours sur du cordage en fibres végétal (chanvre de manille, corde de coco) et des collecteurs sur un nouveau type de matériel. L'arrivée de la goélette DORY le jeudi a permis aux agents de la DRM de suivre aussi les opérations de rapatriement et de ramassage de déchets perlicoles, de discuter avec les agents de la commune des difficultés rencontrées et de faire des photos de toute l'opération. Et enfin la réunion publique en fin de mission a permis de présenter les résultats des différentes études sur le collectage à Ahe financées par la DRM et réalisées par les centres de recherche (IRD et IFREMER).

En Septembre 2023 l'objectif des équipes du RESOLAG est de préparer le Conseil de la perliculture, la mission de REAO d'octobre pour la récupération des instruments posé en avril 2023, ainsi qu'une partie de la logistique



Figure 11 : Réunion publique pour restitution / Opération de ramassage de déchets perlicole

d'une mission Takapoto/Takaroa au mois de novembre avec le professeur Jean-Charles MASSABUAU pour le projet de suivi des nacres par valvométrie.

En octobre 2023 le technicien du RESOLAG se déplace sur Reao pour venir en support au projet GAIA qui nécessite l'utilisation des instruments du parc d'instrumentation de la DRM. Ainsi la mission était principalement centrée sur la mission GAIA (ANR - Evaluation des stratégies de gestion pour les pêcheries artisanales des lagons d'atolls) avec la récupération, la maintenance et le redéploiement des différentes sondes, ainsi que la pose de nouveaux capteurs. En parallèle, une estimation du stock sauvage de bénéitiers était menée par une équipe de l'IRD.



Figure 12 : Profilage verticaux et installation de capteur dans lagon de REAO

A cette même période a eu lieu le Conseil de la perliculture. Les grandes conclusions du conseil de la perliculture sont :

- Le sujet des greffeurs « chinois » (accélérer les procédures de renouvellement au Sefi, et adapter le quota en fonction des petite concession)
- Quota de production (il a été décidé de maintenir le quota à 2500 perles par Ha)

- Formation (mettre en place des formations pour la vente de perle afin d’avoir une force de négociation avec l’acheteur)
- Valorisation des nacres et des perles (Demande forte de l’artisanat / Interdiction de la vente de perles traitées)
- Représentant des écloseries dans le conseil (Validé)
- Modification de la loi de pays pour le développement des écloseries (Transfert en CTN ou collecteur ? / Création de concession pour le pré-grossissement de naissains issus d’écloserie / Obligation de déclaration de ventes pour les écloseries)

En Novembre 2023 les équipes du RESOLAG se sont déplacé sur Arutua, la première partie de la mission était principalement centrée sur le RESOLAG avec la récupération des différentes sondes chez le perliculteur (Poe Maeva) ainsi que la pose de nouveaux capteurs de température simple à 5 et 20 m. La mission a été aussi l’occasion de réaliser une pré-évaluation du stock sauvage d’huître perlière sur plusieurs karena situés de l’aéroport au sud-est de l’atoll. Et enfin l’arrivée de la goélette Cobia le jeudi a permis aux agents de la DRM de suivre aussi les opérations de ramassage de déchets perlicoles et de se rendre compte des problématiques sur place.



Figure 13 : Ramasse des déchets perlicole dans lagon de REAO

Mi-novembre le technicien du RESOLAG est parti en Mission sur Takapoto et Takaroa dans un premier temps afin de venir en soutien à l’équipe du CNRS qui se rend sur place pour remettre en état le système de valvométrie ainsi que collecter toutes les données stockées et non transmises dans le cadre du projet du suivi des huîtres perlières par valvométrie.



Figure 14 : Entretien du Valvomètre de Takapoto / Collage des électrodes sur les HP



Figure 15 : Installation en cage des HP connectée / Cage et valvomètre avant installation

Cette mission est aussi l'occasion d'entretenir l'instrumentation du lagon de Takapoto dans le cadre du réseau d'observation des lagons perlicoles (RESOLAG) mais aussi de réinstrumenter l'atoll de Takaroa.

En Décembre 2023 l'objectif prioritaire des équipes du RESOLAG est la rédaction du rapport final du programme européen PROTEGE. Mi-décembre l'équipe RESOLAG se déplace pour la dernière fois sur Mangareva. L'objectif principale de la mission est d'entretenir les instruments du RESOLAG situés sur les concessions de Dominique Devaux et d'Emile Rehua, avec le remplacement d'une des sondes multiparamètres (site Est) par des capteurs de température simple.



Figure 16 : Installation d'une sonde multi paramètre sur Mangareva

La mission sera aussi l'occasion de finaliser l'évaluation de la survie des nacres de l'opération de réensemencement réalisé sur l'île en décembre 2022, ainsi qu'une rencontre avec les principaux acteurs de la perliculture au sujet du potentiel futur site d'écloserie, et de la prochaine convention RESOLAG-2 qui débutera sur les Gambier en Septembre 2024.

Ça a été aussi l'opportunité de remettre en place une opération de prospection d'holothurie « *Holothuria whitmaei* » pour la caractérisation de la diversité génétique de l'espèce en Polynésie française, une précédente prospection avait été réalisée sur 7 sites (Aukena x 2 / Mekiro / Akamaru / Makarua / Manui / Kamaka) mais sans succès.

Les recherches sur les sites plus au Nord le long du récif barrière lors de cette mission ont quant à elles portées leurs fruits, 8 individus ont été trouvés et des prélèvements génétiques ont été réalisés sur chacun d'eux.

Le développement d'une activité de reproduction et d'élevage d'holothurie pourrait permettre de diversifier les activités. En effet les conditions climatiques aux Gambier permettent la ponte et la reproduction uniquement durant la saison chaude, la production d'holothuries serait une bonne alternative économique en saison froide. Cela a été aussi l'occasion de faire un rapide contrôle du stock sauvage nacres sur un des sites évalués en 2020.



Figure 17 : Carte des sites de prélèvement génétique sur holothurie titi noir « *Holothuria whitmaei* »



Figure 18 : Prélèvement génétique sur holothurie titi noir « *Holothuria whitmaei* »

III. Données du RESOLAG

À la fin de l'année 2023, le réseau de suivi environnemental RESOLAG compte neuf sites actifs répartis sur sept îles, à la fois hautes et basses. Ces sites sont situés à Mangareva (Est/Ouest), Ahe (Est/Ouest), Tahaa, Tahiti (Vairao), Takapoto, Takaroa, et Arutua. Chaque site est équipé d'outils de suivi spécifiques, tels que des sondes multiparamètres ou des capteurs simples de température.

Le site de Mangareva est équipé d'une sonde multiparamètre, tandis que les sites de Tahaa, Takapoto, Takaroa, Ahe et Arutua sont équipés exclusivement de sondes de température, notamment les modèles SBE56 et RBRduet. Depuis 2023 chaque site est équipé de capteur de température supplémentaire en profondeur afin d'appréhender le phénomène El Niño à venir.

Le choix de ces îles pour l'emplacement des sites de suivi s'est basé sur l'importance de l'activité perlicole, tant en termes de production de perles que de collectage. Cette sélection stratégique souligne l'engagement du RESOLAG à suivre de près les environnements marins liés à l'activité perlicole, permettant ainsi une surveillance approfondie et ciblée. Cette configuration variée d'équipements et de sites reflète l'approche proactive du RESOLAG dans la collecte de données environnementales, contribuant ainsi à une compréhension plus approfondie et nuancée des écosystèmes lagonaire de ces îles perlicole.

Le RESOLAG demeure ainsi un acteur clé dans la préservation et la gestion durable des ressources marines, en fournissant des données cruciales pour orienter les initiatives de conservation, de gestion et de développement de la filière.

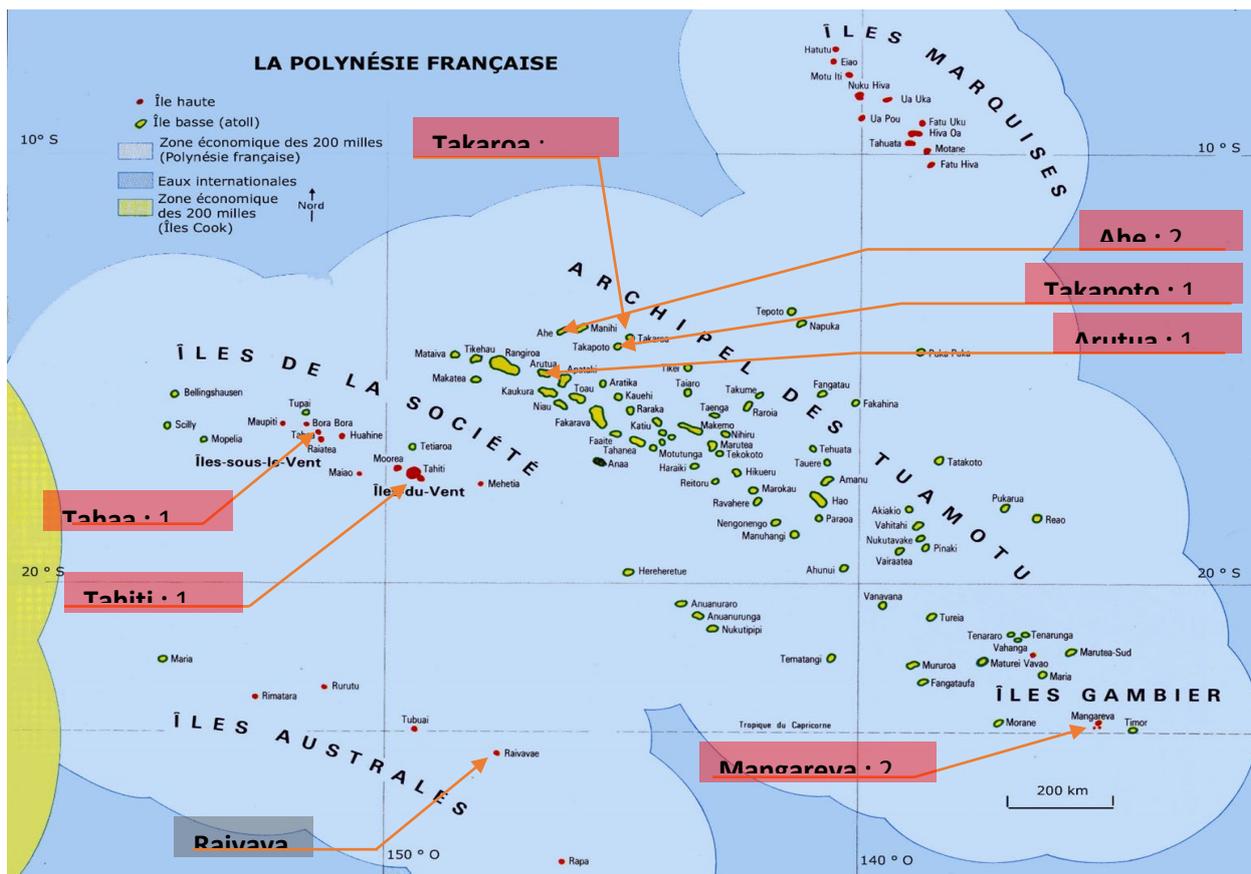


Figure 19 : Carte des sites d'observation du RESOLAG 2023

Archipel	Île	Nbr de site	Nom de site	Année de suivi	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Tuamotu	Ahe	2	AHE01_Sonde	2						
			AHE02_Sonde	2						
	Arutua	1	ARX_Sonde	6						
	Takapoto	1	TKP_SBE14	4						
	Takaroa	1	TKR01_Sonde	2.5						
Gambier	Mangareva	2	MGR01_Sonde	6						
			MGR02_Sonde	2.5						
Société	Tahaa	1	THA_Sonde	4						
	Tahiti	1	Baie Ifremer	3						
Australe	Raivavae	0	Raivavae 1	1						

Tableau 1 : Sites de suivis du RESOLAG et année d'activité (en rose) de 2018 à 2023

Archipel	Site	Latitude	Longitude	Instruments	Début du suivi	Profondeur
Tuamotu	Ahe Est	-14.52627	-146.37909	SBE56	23/03/2022	4 m / 20 m
	Ahe Ouest	-14.43740	-146.27409	SBE56	22/03/2022	4 m / 20 m
	Arutua	-15.26491	-146.61671	SBE56	14/06/2018	4 m / 20 m
	Takapoto	-14.7034	-145.2458	SBE56	06/02/2020	4 m / 20 m
	Takaroa	-14.45973	-144.95947	SBE56	18/11/2023	4 m / 20 m
Gambier	Mangareva Est	-23.090222	-135.004833	SBE56	23/05/2018	4 m / 20 m
	Mangareva Ouest	-23.114670	-134.944520	Sambat NKE	24/02/2022	4 m / 20 m
Société	Tahaa	-16.595408	-151.556225	SBE56	16/10/2018	4 m
	Vairao	-17.80646	-149.29330	SBE56	10/01/2021	4 m

Tableau 2 : Localisation des sites actifs de suivi (point GPS) en décembre 2023 et la date de démarrage pour chaque île

Après plus de quatre années de déploiement de sonde multiparamètres, on constate que le déploiement sur des périodes longues (6 à 8 mois) occasionne de nombreuses contraintes sur l'intégrité des instruments. On retiendra principalement les problèmes de dérives des capteurs, la défaillance du système antifouling et les seuils de sensibilité des capteurs parfois inadaptés.

Sur l'ensemble des données collectées par les sondes, une partie est inutilisable ainsi le tableau 3 recense le pourcentage de données utilisables par type de capteurs.

Paramètres	% Données utilisables
Température	97 %
Salinité	35,65 %
Turbidité	85,28 %
Oxygène	82,12 %
Fluorescence	86,68 %

Tableau 3 : Résumé du pourcentage de données utilisables par paramètres environnementaux sur ~ 4 ans

On observe un pourcentage supérieur à 80% pour quatre paramètres, la turbidité (85%), l’oxygène dissous (82%), la fluorescence (86%) et la température (97%) et uniquement 35,6% pour la Salinité.

Le choix de l’instrument ainsi que le site de suivi impacteront obligatoirement ces résultats (robustesse des capteurs et des moyens systèmes antifouling ainsi que l’hostilité du milieu). Ici les données utilisées sont issues de la sonde SAMBAT/SMATCH NKE sur le site de Mangareva.

Ces informations permettent de recentrer les besoins du RESOLAG sur les paramètres à la fois les plus pertinents et dont la collecte de données est la plus fiable. Ceci explique le choix du paramètre de température pour les bilans de données.

3.1 Mangareva

Mangareva est une île haute grandement ouverte sur l’océan du fait d’un récif en grande partie immergé. Son lagon est particulier et propice à l’élevage des huîtres perlières. Elle compte 160 perliculteurs en 2022. Toutes les activités sont exercées sur l’île, du collectage à l’élevage, jusqu’à la greffe. L’île représente 33% de la production de perle en Polynésie Française en 2021.

Dans le cadre de RESOLAG Mangareva est l’île avec le suivi le plus long. Le site « Mangareva ouest » présente près de quatre ans de données. « Mangareva ouest » représente le site principal d’élevage tandis que « Mangareva est » est le site principal de collectage. En 2022, une deuxième sonde est déployée sur « Mangareva est » afin de comparer les paramètres des deux zones.

En effet grâce aux études menées par l’IRD et l’Ifremer, le bassin de « collectage » situé en face du village de Rikitea se trouve être une zone prioritaire pour la filière. Le stock de nacres sauvages se trouve principalement dans cette zone et toute l’activité de collectage est dépendante de cette zone. Depuis plus de trois ans l’activité de collectage est en baisse et il est intéressant de suivre les variations environnementales de cette zone pour en définir les liens.

Au vu des faibles variations entre les deux sites, un bilan unique de six années de suivi a été fait pour le site « Mangareva ouest ».

3.1.2 Bilan des 6 années de données à Mangareva

Données de température de Mangareva 2018-2023

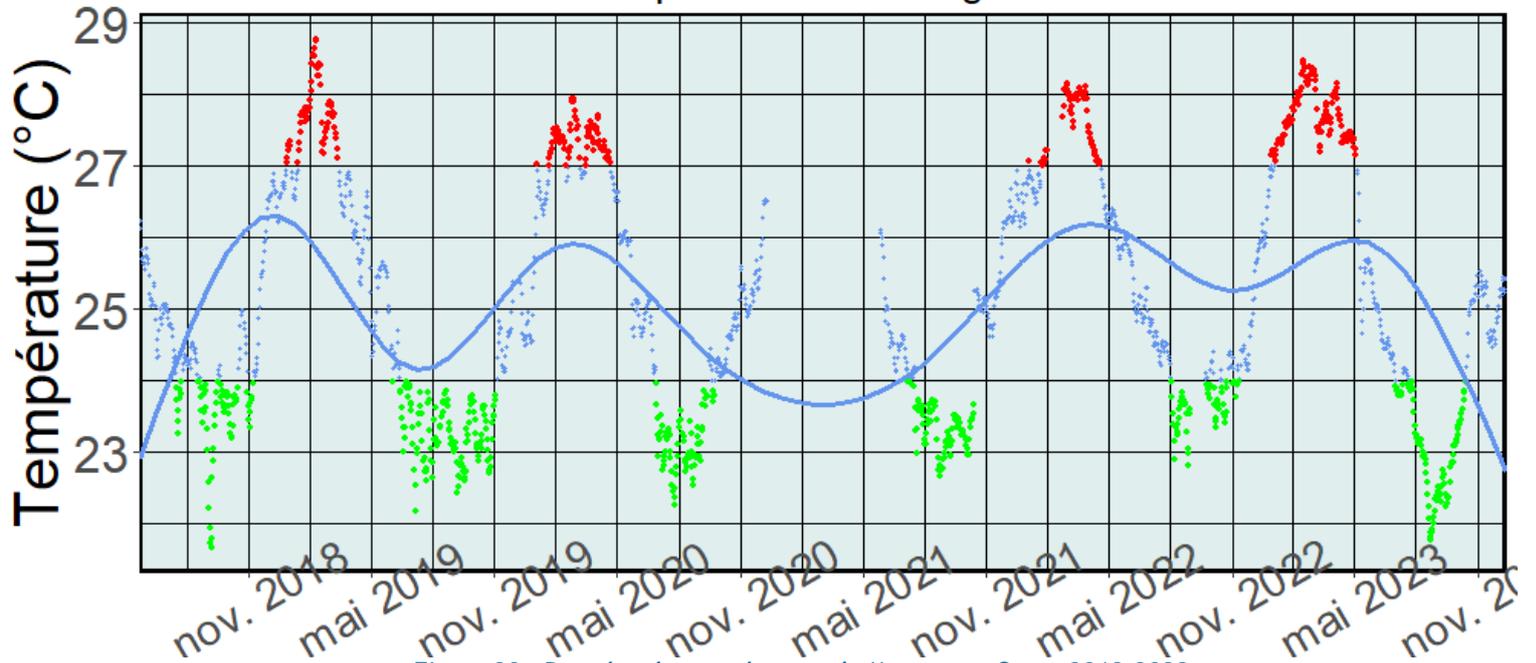
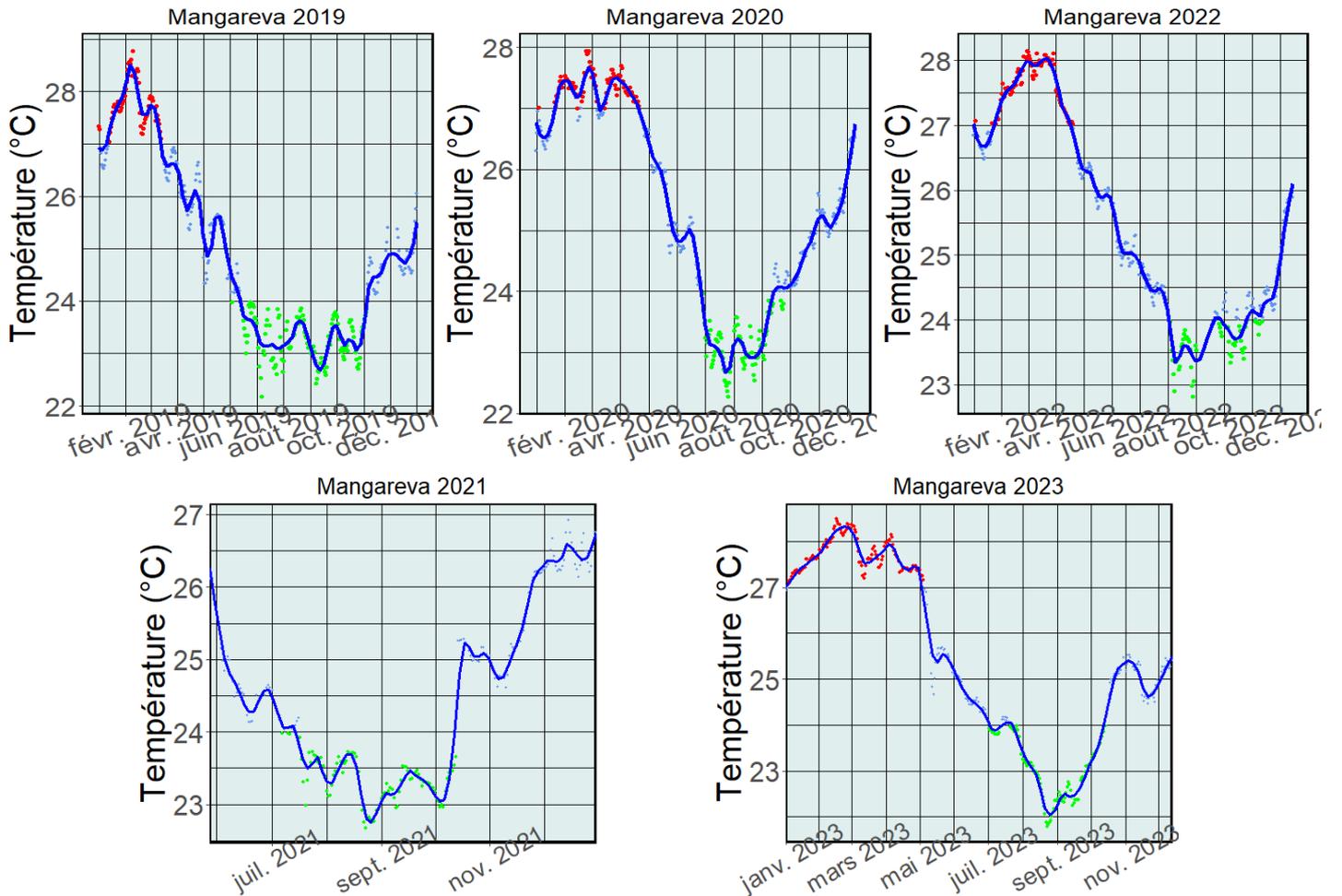


Figure 20 : Données de température de Mangareva Ouest 2018-2022



Saison Chaude	Max	Date	Nombre de jour > 27 °C
2018-2019	28,77	09/02/2019	67
2019-2020	27,94	24/02/2020	81
2020-2021	-	-	-
2021-2022	28,15	28/02/2022	89
2022-2023	28,48	15/02/2023	124

Saison Froide	Min	Date	Nombre de jour < 24 °C
2018	21,67	06/09/2018	72
2019	22,17	07/07/2019	133
2020	22,27	26/07/2020	81
2021	22,67	23/08/2021	92
2022	22,81	28/08/2022	78
2023	21,77	23/08/2023	97

Tableau 4 : Maximum de température (°C) de saison à Mangareva (Ouest)

Sur la figure 20 on peut observer l'évolution de la température à Mangareva de 2018 à 2023 avec des points de température en vert pour une valeur inférieure à 24°C et en rouge si supérieur à 27°C, avec manque de données de décembre 2020 à mars 2021 dû à un entretien des sondes. Sur les quatre ans d'observation, on remarque que le seuil de température entre la saison chaude et froide se situe autour de 25°C. La saison chaude est répartie de novembre à avril tandis que la saison froide s'étale de mai à octobre.

Au niveau des saisons chaudes le pic de température se retrouve majoritairement en fin février avec un maximum de température allant de 28,77°C à 28,48°C sur cinq ans (-0,29°C) et ne dépassant jamais les 29°C en moyenne journalière, quant aux saisons froides on les retrouve entre juillet et août allant de 22,17°C en 2019 à 21,77°C en 2023 (-0,4°C). Sur ces quatre dernières années, aucun événement particulier n'a été observé en saison chaude, cependant la saison froide 2019 a été exceptionnellement longue avec 133 jours consécutifs durant lesquels la température est restée en dessous de 24°C, elle ne remonte au-dessus de 25°C qu'à partir de fin novembre.

3.2 Ahe

Ahe est un atoll perlicole des Tuamotu nord-ouest. Malgré son unique passe, il reste peu ouvert sur l'océan puisque protégé des houles. Suivi par différents programmes de l'IRD depuis 2007, cet atoll est l'un des sites principaux sur lequel des projets de recherche en perliculture ont été menés.

C'est un atoll majeur en collectage ainsi qu'en production de perles. Deux sondes multiparamètres Aquatroll 600 de la marque In-Situ ont été déployées en 2022. La première sonde a été installée à l'Est du lagon dans la concession Ahe Royal Pearl. La deuxième sonde a été placée à l'Ouest dans la concession Poe Mana.

Le premier déploiement a été réalisé fin mars 2022 pour une durée de 182 jours, les sondes ont été remplacées en fin septembre 2022 lors d'une mission d'entretien. Ce premier déploiement d'aquatroll 600 dans les îles a révélé une certaine faiblesse des sondes vis-à-vis du fouling (faible capacité des balais nettoyeurs).

Seulement 30 jours après le deuxième déploiement de la sonde situé sur le site de Ahe Ouest, des traces de fouling sur les capteurs via le réseau GPRS furent constatées, induisant ainsi un rapatriement de l'instrument par le biais de la perlicultrice référente de ce site. Après études des deux sites et la faible variabilité des paramètres physico-chimiques, uniquement les données du site Ahe Est sont présentées sur deux années de suivi.



Figure 21 : Emplacement des sites de suivi à Ahe (Ouest et Est)

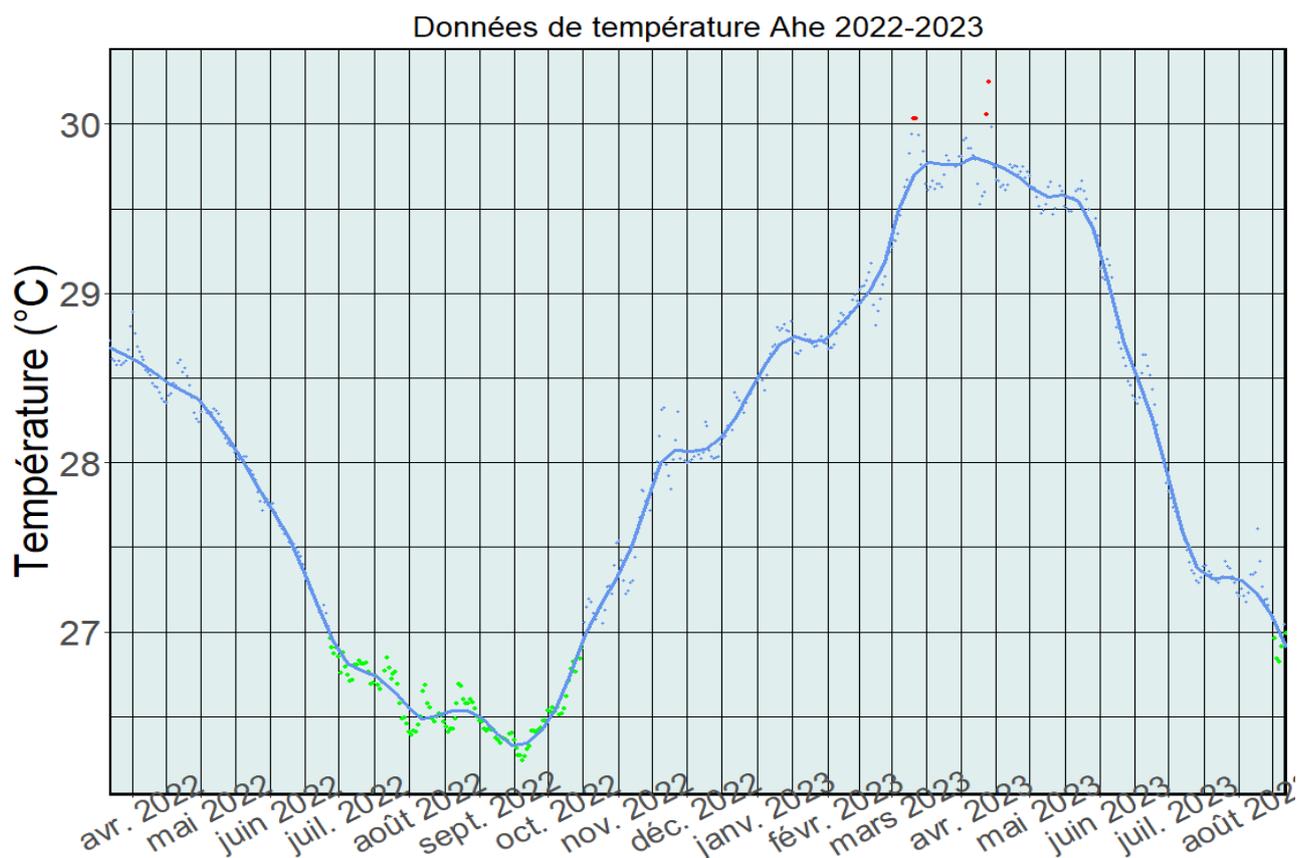


Figure 22 : Données de température de Ahe Est 2022-2023

Saison Chaude	Max	Date	Nombre de jour > 30 °C
2021-2022	28,9	01/04/2022	0
2022-2023	30,2	13/04/2023	4
Saison Froide	Min	Date	Nombre de jour < 27 °C
2022	26,22	20/09/2022	85

Tableau 5 : Maximum et minimum de température (°C) de saison à Ahe

L'observation de l'évolution de la température à Ahe sur la figure 22, de début 2022 à août 2023, révèle une tendance significative sur le retour aux températures classiques de saison avec un passage du maximum de saison de 28,9 à 30,20°C (+1,3°C). Cependant, il est important de souligner la complexité de l'interprétation des variations saisonnières en raison de certaines contraintes liées aux faibles données disponibles sur ce site et aux procédures de collecte difficile liée à l'éloignement.

3.3 Arutua / Takapoto

Ces deux sites des Tuamotu restent d'importance prioritaire dans le suivi du RESOLAG, mais ne sont plus qu'étudier par capteurs de température. Arutua fait partie des plus gros atolls producteurs de perles et exportateurs de poissons, un suivi par sonde multiparamètres a déjà été réalisé ce qui facilite la compréhension des phénomènes physico-chimiques du lagon.

Takapoto en plus d'être un atoll fermé à aussi la particularité d'avoir été étudié depuis longtemps, après le crash de Takaroa. Une partie des perlicuteurs se sont déplacés sur l'atoll renforçant la pression sur le milieu. Il est notamment le deuxième atoll collecteur majeur avec Ahe

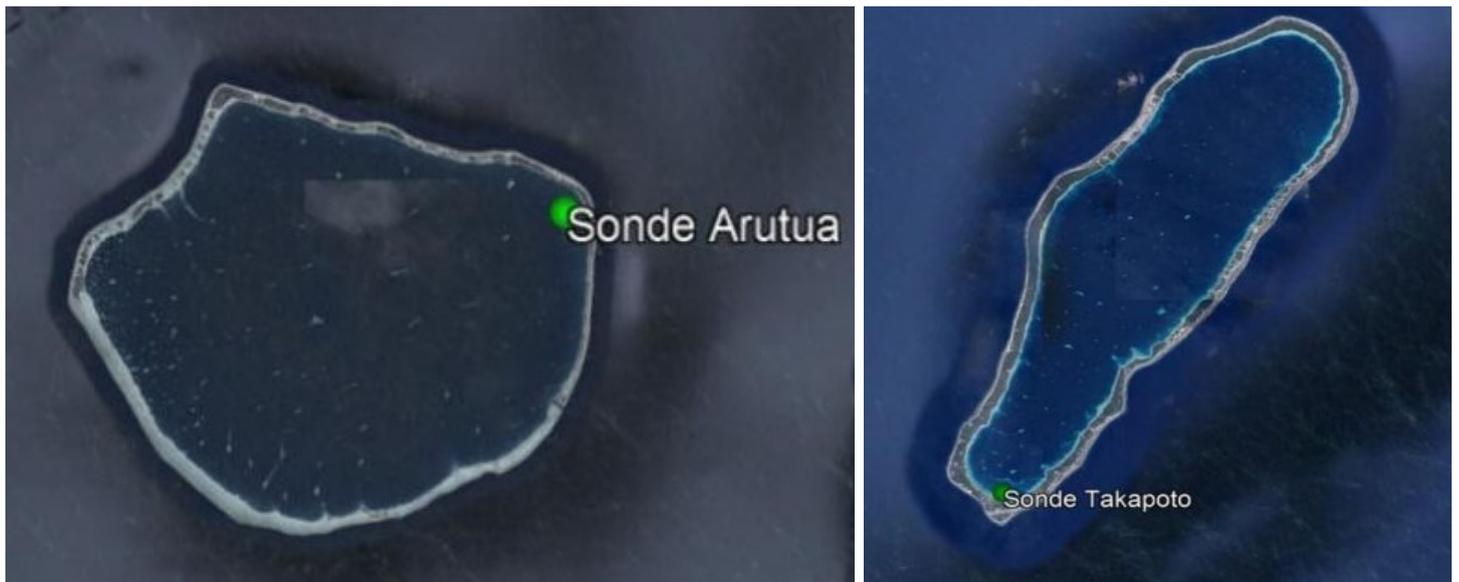
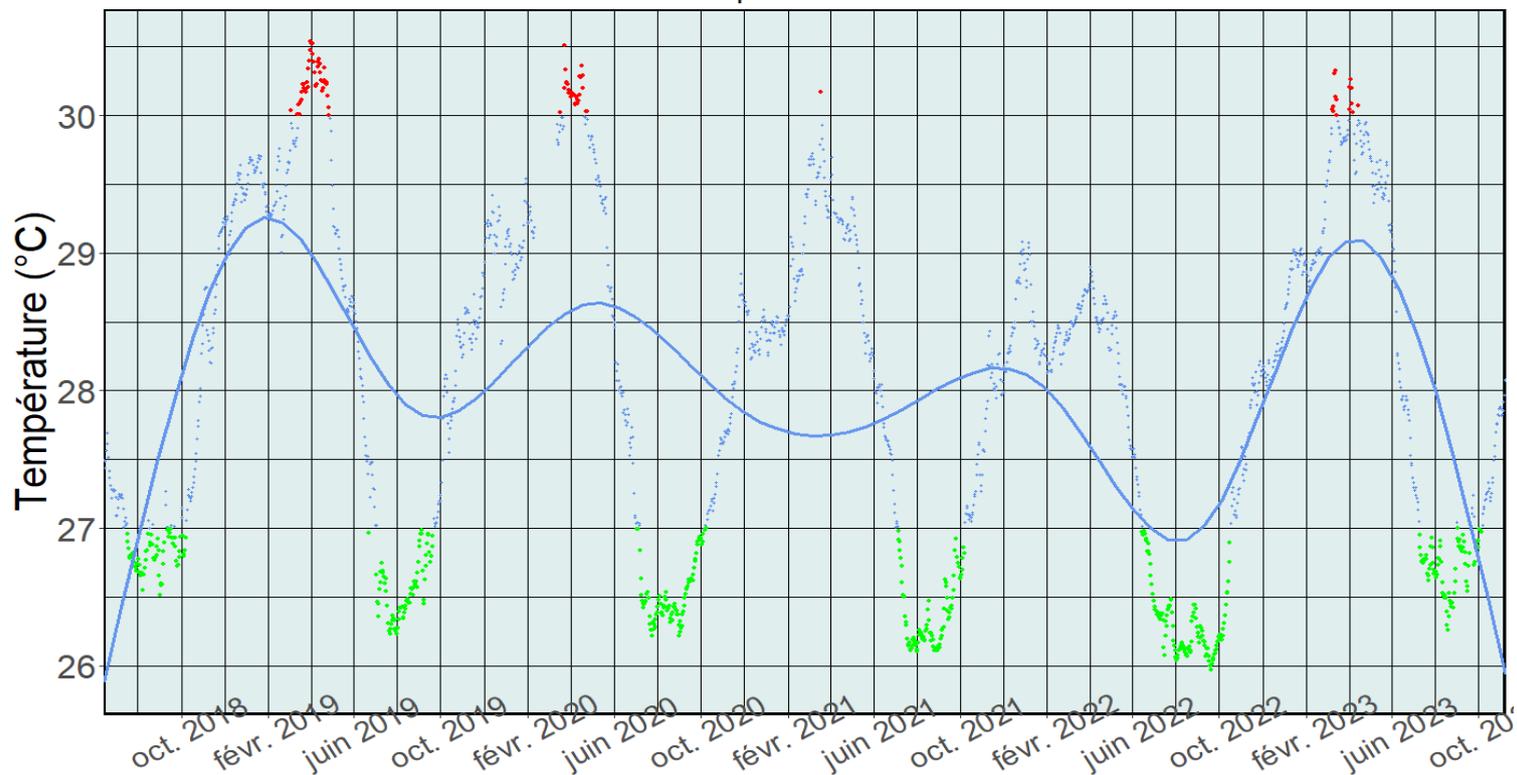


Figure 23 : Emplacement du site de suivi à Takapoto / Arutua

Données de température Arutua 2018-2023



3.3.1 Arutua

Figure 24 : Données de température d'Arutua 2018-2023

Saison Chaude	Max	Date	Nombre de jour > 30 °C
2018-2019	30,53	31/03/2019	46
2019-2020	30,51	24/03/2020	31
2020-2021	30,16	19/03/2021	2
2021-2022	29,07	05/01/2022	0
2022-2023	30,32	13/03/2023	15

Saison Froide	Min	Date	Nombre de jour < 27 °C
2018	26,51	01/09/2018	72
2019	26,22	22/07/2019	81
2020	26,21	01/09/2020	94
2021	26,10	02/08/2021	94
2022	25,96	20/09/2022	111+
2023	26,2	19/08/2023	81

Tableau 6 : Maximum de température de saison à ARUTUA

Sur la figure 24 on observe des données de température lagonaire d'Arutua de 2018 à 2023, une diminution des maximums de températures en saison chaude d'année en année est constatée jusqu'à 2022. Ainsi depuis 2018, les saisons chaudes sont de moins en moins marquées. On remarque sur le tableau 5 une diminution du nombre de jours possédants des moyennes de températures journalières supérieures à 30 °C (allant de 46 jours en 2018/2019 à 0 jours en 2021/2022) et une perte de -1,43 °C (passant de 30,5 °C à 29,7 °C en 4 ans). En parallèle, la saison froide s'intensifie avec une augmentation du nombre de jours où la température est inférieure à 27 °C (allant de 72 jours en 2018 à plus de 111 jours en 2022). Dès 2023 la dynamique s'inverse et l'on retrouve les moyennes de saison. Au niveau des pics de saison, on retrouve pour la saison chaude un maximum majoritaire en mars, à l'exception de la saison chaude 2021-2022 où le pic de chaleur est atteint en janvier 2022 mais reste néanmoins en dessous de 30 °C. En saison froide le pic minimum de température est généralement atteint entre août et septembre

Les années 2020, 2021 et 2022 ont été marquées par le phénomène « La Niña » dont l'impact est clairement visible sur la température du lagon au Tuamotu. Ce graphique permet de constater un impact plus important du refroidissement du bassin pacifique centre, sur l'écrasement des maximums de saison chaude, avec un retour en normal de saison dès 2023.

3.3.2 Takapoto

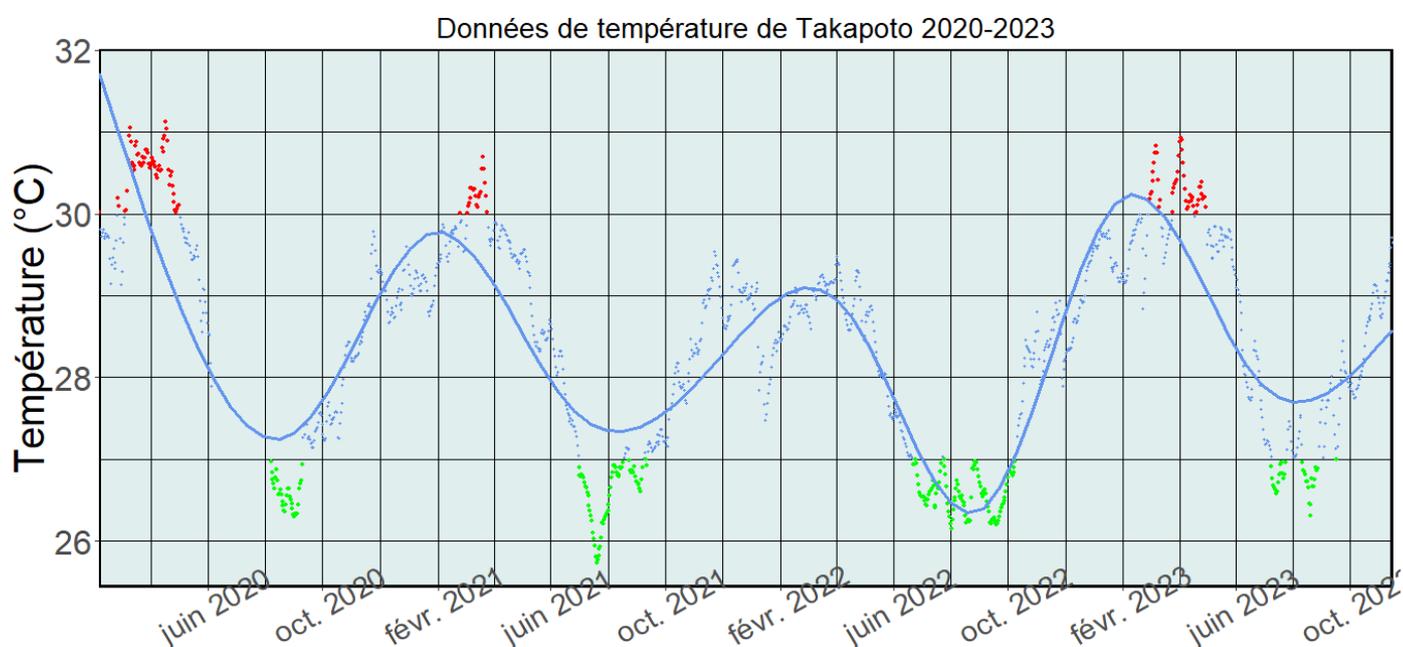


Figure 25 : Données de température de Takapoto 2020-2023

Saison Chaude	Max	Date	Nombre de jour > 30 °C
2019-2020	31,13	17/04/2020	61
2020-2021	30,68	21/03/2021	23
2021-2022	29,47	02/04/2022	0
2022-2023	30,93	03/04/2023	49

Saison Froide	Min	Date	Nombre de jour < 27 °C
2020	26,29	01/09/2020	34
2021	25,73	20/07/2021	65
2022	26,15	02/08/2022	107
2023	26,31	19/08/2023	34

Tableau 7 : Maximum de température de saison à Takapoto

Sur la Figure 25 on retrouve les données de température de Takapoto de 2020 à 2023. Une diminution progressive des températures similaire au lagon d'Arutua est observée. Au fur et à mesure des saisons, on constate une réduction du nombre de jours durant lesquels la température dépassait les 30°C (allant de 61 jours en 2019/2020 à 0 jours en 2021/2022). En parallèle, la saison froide s'intensifie avec une augmentation du nombre de jours où la température est inférieure à 27°C (allant de 34 jours en 2020 à 107 jours en 2022).

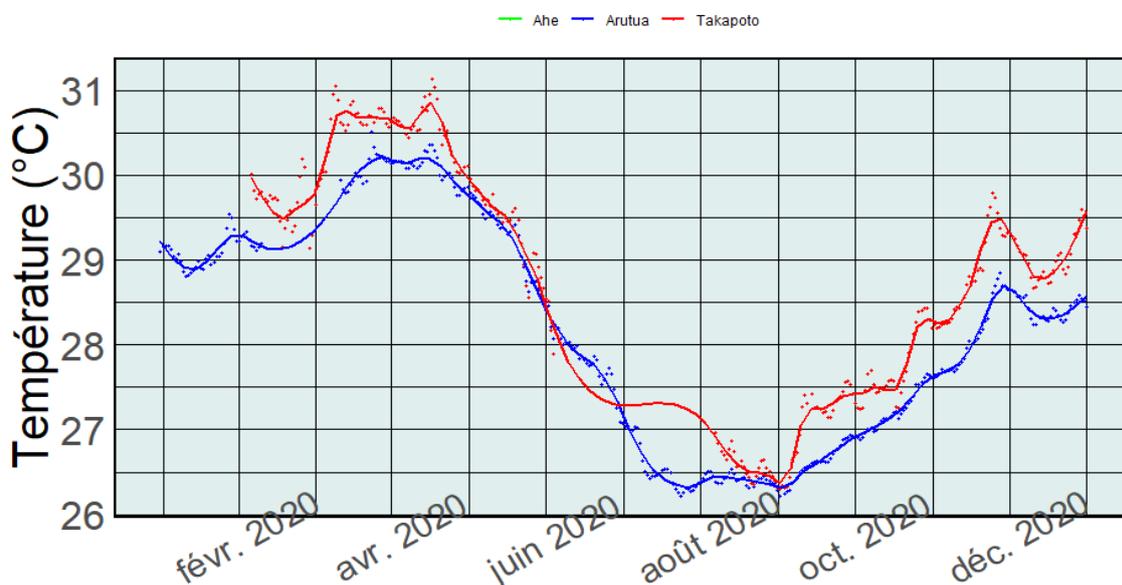
Ainsi en 2022, l'hiver austral n'est pas particulièrement plus frais mais reste plus longtemps sous les moyennes de saison. A l'instar d'Arutua dès 2023 on observe un retour aux moyennes de saison avec un nombre de jours >30°C qui passe de 0 à 49 jours ainsi qu'une durée des minimums de saison qui passe de 107 jours à 34 en dessous de 27°C (moyenne journalière).

Pour les valeurs extrêmes de saison de même qu'Arutua, durant la période « la niña » on retrouve pour la saison chaude un maximum en mars/avril qui passe de 31,13°C à 29,47°C en trois ans (-1,66°C). Et pour la saison froide un minimum entre août et septembre avec des valeurs palier sur quatre ans (+ ou - 0,5°C)

3.4 Comparatifs des Tuamotu

La comparaison des températures entre atolls offre un aperçu d'ensemble précieux des variations locales de température, permettant ainsi de mieux comprendre les facteurs environnementaux influençant ces différences. De plus, elle permet de détecter les tendances à long terme telles que le réchauffement climatique, facilitant ainsi la prise de décision en matière de gestion des ressources marines et de conservation.

Comparaison des températures entre îles des Tuamotu



Comparaison des températures entre îles des Tuamotu

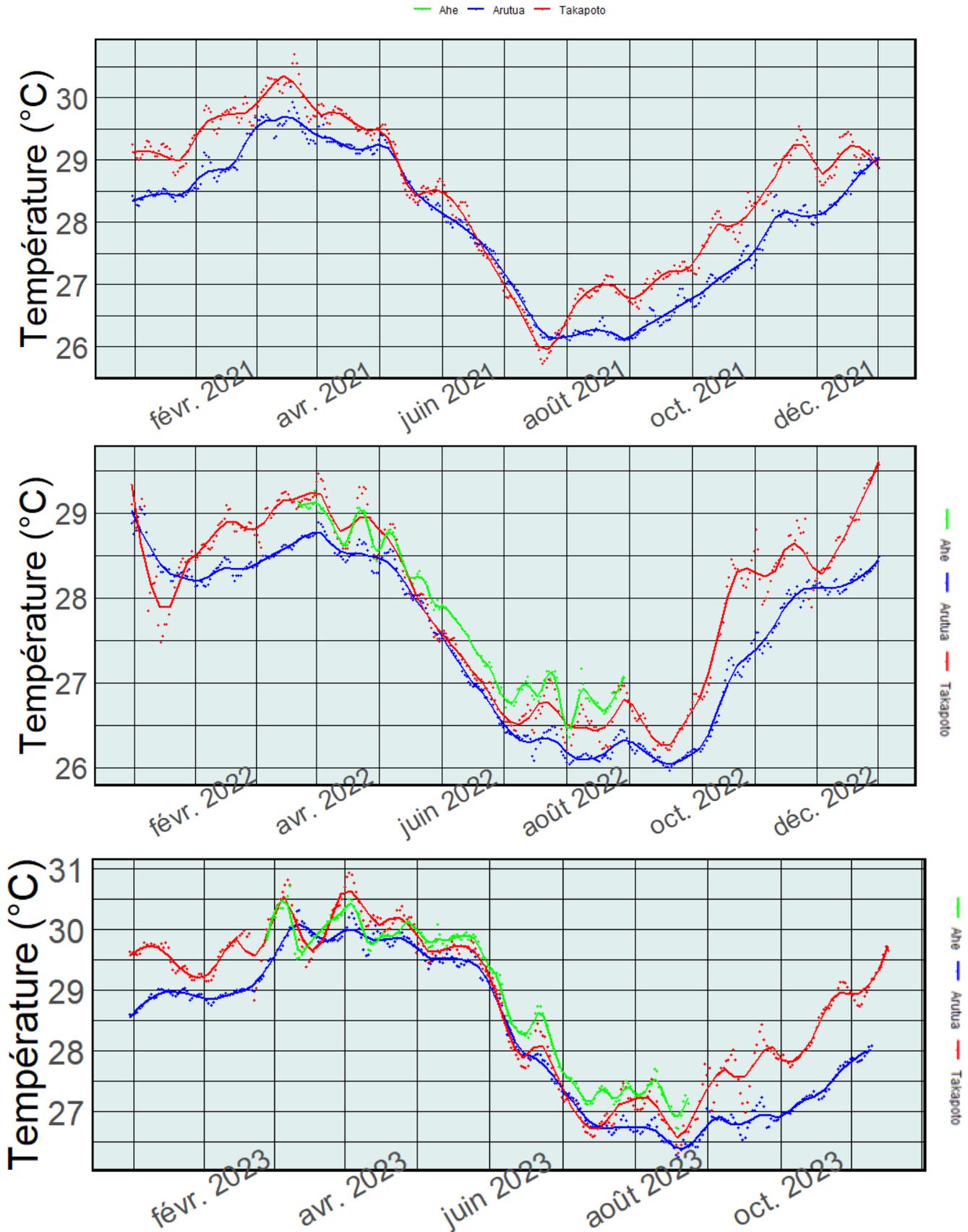


Figure 26 : Données de température entre Takapoto, Arutua et Ahe 2020-2023

La figure 26 présente les données de températures entre Takapoto, Arutua et Ahe de 2020 à 2023, avec les données d'Ahe commençant seulement en 2022. On constate rapidement que l'atoll d'Arutua affiche les températures les plus basses, avec des écarts pouvant atteindre jusqu'à -1°C .

Bien qu'il manque encore de recul sur les données d'Ahe pour une comparaison complète avec Takapoto et Arutua, on peut néanmoins observer que Takapoto reste plus chaud pendant les saisons chaudes et plus froid pendant les saisons froides. Ces observations pourraient être expliquées par les différences dans l'ouverture des lagons : Arutua étant très ouvert, Ahe est semi-ouvert et Takapoto est fermé. De plus, un léger décalage des saisons est également remarqué, se produisant légèrement plus tard dans le calendrier.

3.5 Tahaa / Tahiti (Vairao)

Tahaa et Tahiti (Vairao) sont les seuls sites permettant de suivre l'évolution des paramètres physico-chimiques des lagons de l'archipel des îles sous le vent (Raro maitai). Tahaa représente la principale île productrice des îles de la société, elle est suivie pour la première fois de novembre 2018 à novembre 2019 par le biais d'une sonde multiparamètre SMATCH (NKE) avant d'être arrêtée par manque de moyen, puis reprise de juillet 2021 à juillet 2022 par capteur simple de température.

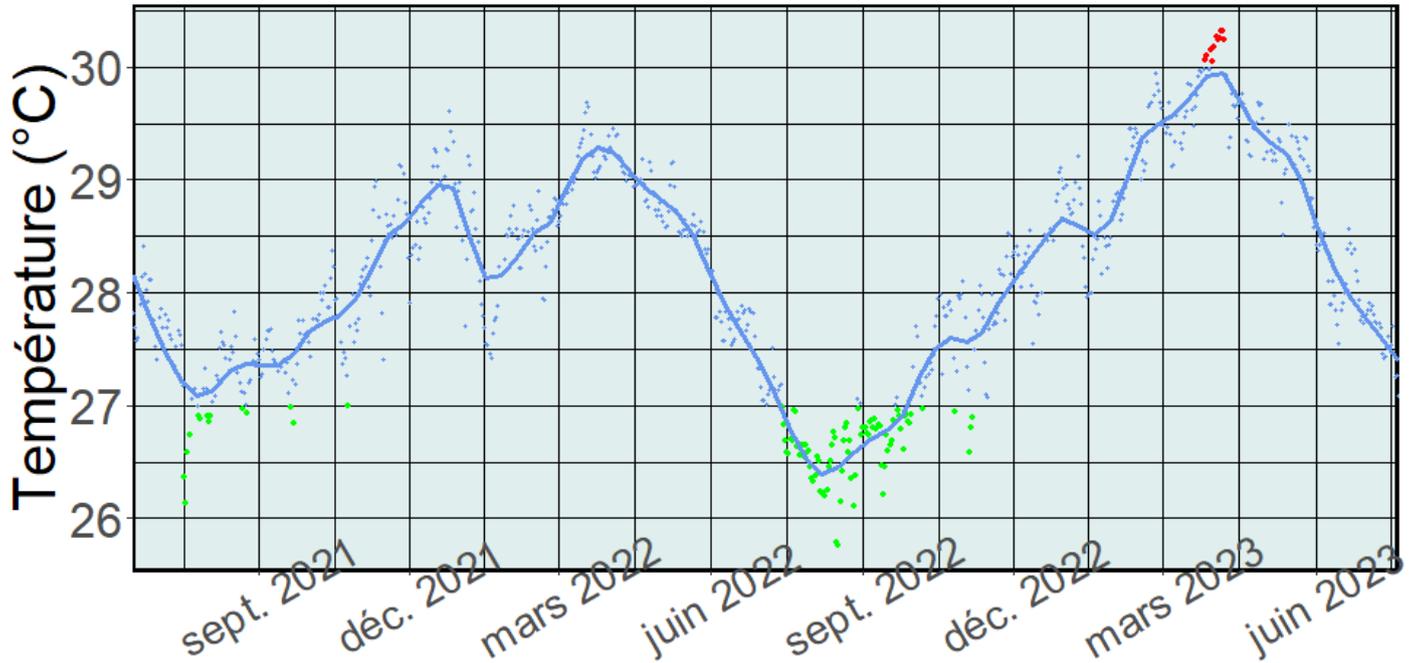
Quant à Vairao, ce site est suivi régulièrement dans le cadre d'essais d'instruments car il est à proximité du laboratoire de métrologie du technicien RESOLAG. Divers déploiements permettent d'observer la dynamique d'évolution des températures lagonaire de janvier 2021 à novembre 2022.



Figure 27 : Emplacement du site de suivi à Tahaa / Vairao

3.5.1 Tahaa

Données de température de Tahaa 2021-2023



Données de température Tahaa 2019

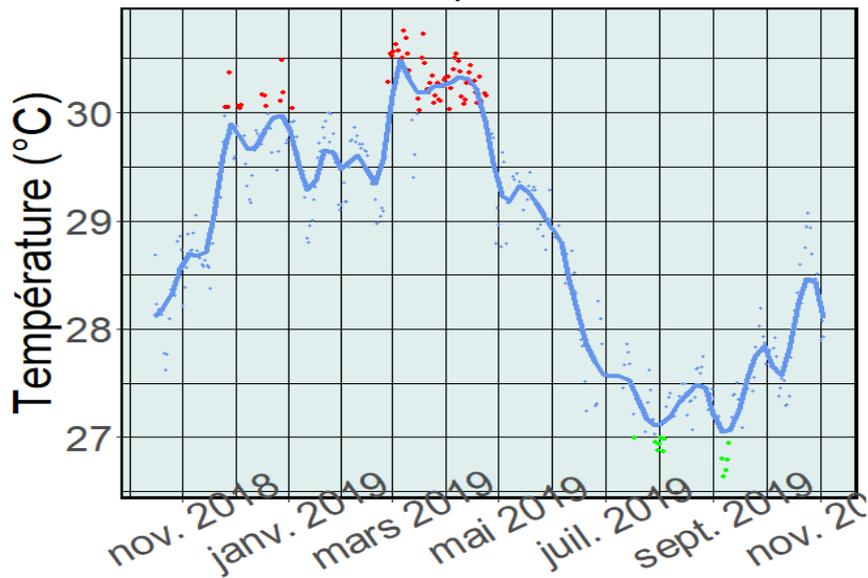


Figure 28 : Données de température de Tahaa 2019 et 2021-2023

Saison Chaude	Max	Date	Nombre de jour > 30 °C
2018-2019	30,75	08/03/2019	66
2021-2022	29,68	18/03/2022	0
2022-2023	30,32	05/04/2023	11

Saison Froide	Min	Date	Nombre de jour < 27 °C
2019	26,63	07/09/2019	12
2021	26,13	19/07/2021	22
2022	25,76	17/08/2022	80

Tableau 8 : Maximum de température de saison à Tahaa

Sur la Figure 27 on retrouve les données de température de Tahaa de 2019 et 2021/2022. Un premier déploiement a été réalisé avec une sonde multiparamètre en 2019 puis abandonné, avant de reprendre le suivi via un capteur de température simple dès juin 2021. Malgré le manque de données à long terme, on retrouve une évolution de la température du lagon similaire à celle des Tuamotu avec une diminution des températures en saison chaude et froide. De même on retrouve une diminution du nombre de jours durant lesquels la température journalière est supérieure à 30 °C (allant de 66 jours en 2018/2019 à 0 jours en 2021/2022), ainsi qu’une augmentation du nombre de jour durant lesquels la température est inférieure à 27 °C (allant de 12 jours en 2019 à 22 jours en 2021).

Les pics de saison se situent sur les mêmes périodes que les Tuamotu. Pour la saison chaude, ils se retrouvent en mars avec une légère diminution d’1,07 °C entre 2018 à 2022 (30,75 °C à 29,68 °C en trois ans). Pour la saison froide, le pic de température minimum arrive entre août et septembre avec une légère tendance décroissante de 26,63 °C à 26,13 °C en trois ans (-0,17 °C).

Le manque de données sur Tahaa rend l’interprétation compliquée sur le comparatif avec les autres sites de suivi, mais il permet de confirmer la tendance de refroidissement des eaux du Pacifique centre sur l’archipel des îles sous le vent.

3.5.2 Tahiti (Vairao)

Données de température de Vairao 2020-2023

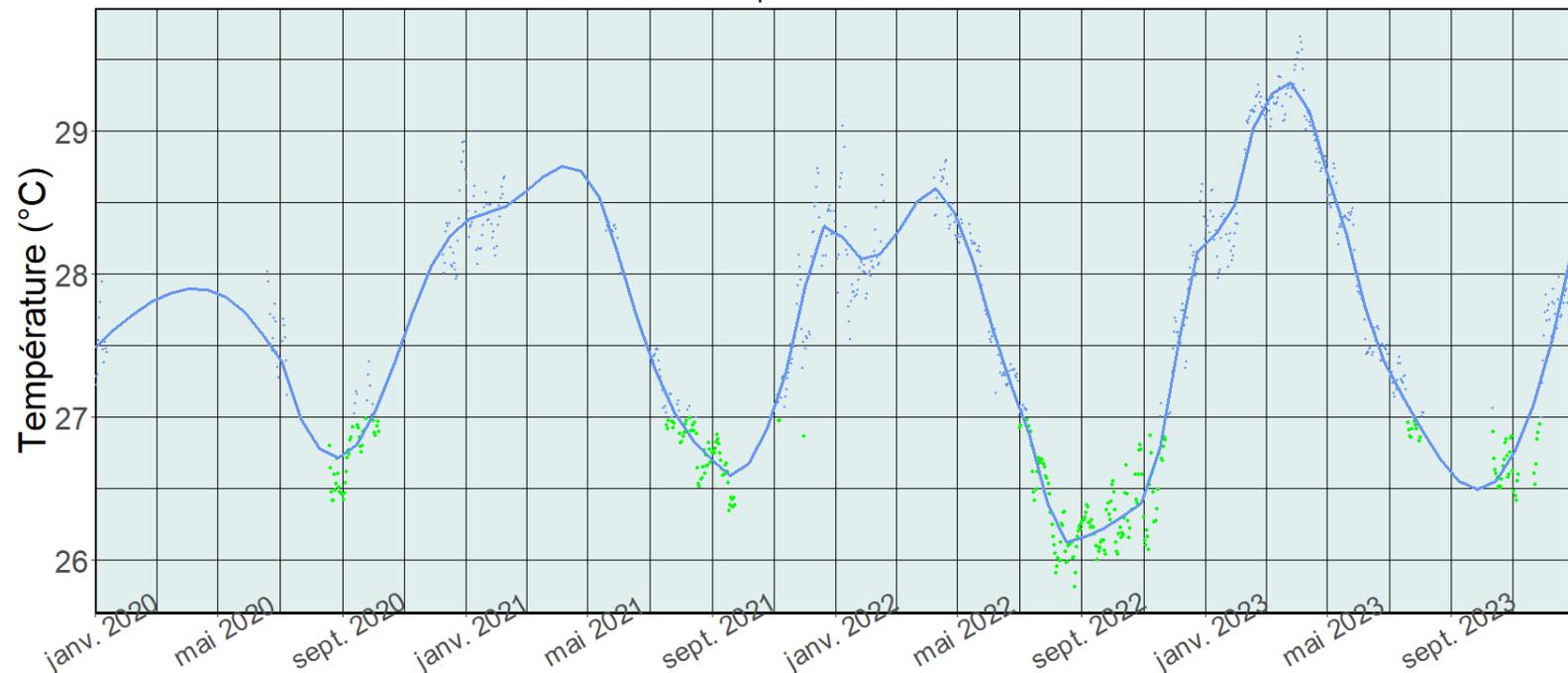


Figure 29 : Données de température de Vairao 2021-2023

Saison Chaude	Max	Date	Nombre de jour > 30 °C
2021-2022	29,04	08/01/2022	0
2022-2023	29,66	04/04/2023	0

Saison Froide	Min	Date	Nombre de jour < 27 °C
2021	26,34	18/09/2021	+61
2022	25,81	25/08/2022	137
2023	-	-	-

Tableau 9 : Maximum de température de saison à Vairao

Sur la figure 28 on observe les données de température lagonaire du site de la commune de Vairao de Tahiti sur la période de janvier 2020 à décembre 2023. Malgré le manque de données à long terme on remarque les mêmes tendances environnementales avec une diminution croissante des températures avec une année 2022 marqué par un hiver austral particulièrement long (137 jours en 2022), tendance qui revient aux moyennes de saison dès 2023 avec la fin du phénomène La Niña.

Pour les pics de saisons, on retrouve légèrement plus tôt en janvier 2022 sur le site de Vairao un maximum de température de 29,04 °C par rapport à Tahaa (mars). Sur l'année 2022-2023, on retrouve des moyennes journalières de température qui passe au-dessus des 30 °C uniquement sur le site de Tahaa, contrairement à Vairao avec un pic à 29,66 en avril. Pour la saison froide, on observe en 2022 un minimum entre août et septembre avec une légère décroissance de 26,34 °C à 25,81 °C en 1 an (-0,53 °C). Bien que les données sur la saison froide de 2023 soient limitées, une tendance émerge indiquant un possible retour à des hivers austraux moins longs et moins intenses.

Le manque de données sur Vairao et Tahaa rend l'interprétation compliquée sur le comparatif à long terme, mais il permet de compléter les données de variations de températures sur l'année 2023 pour les îles de la société.

3.6 Bilan

Saison chaude	MGR*	Date	Ahe	Date	Arutua	Date	TKP*	Date	Tahaa	Date	Vairao	Date
2018-2019	28,77	09/02/19	-	-	30,53	31/03/19	-	-	30,75	08/03/19	-	-
2019-2020	27,94	24/02/20	-	-	30,51	24/03/20	31,13	17/04/20	-	-	-	-
2020-2021	-	-	-	-	30,16	19/03/21	30,68	21/03/21	-	-	-	-
2021-2022	28,15	28/02/22	29,26	31/03/22	29,07	05/01/22	29,47	02/04/22	29,68	18/03/22	29,0	08/1/22
2022-2023	28,48	15/02/23	30,2	13/03/23	30,32	13/03/23	30,93	03/04/23	30,32	05/04/23	29,7	04/4/23
Saison froide	MGR*	-	Ahe	-	Arutua	-	TKP*	-	Tahaa	-	Vairao	-
2018	21,67	06/09/18	-	-	26,51	01/09/18	-	-	-	-	-	-
2019	22,17	07/07/19	-	-	26,22	22/07/19	-	-	26,63	07/09/19	-	-
2020	22,27	26/07/20	-	-	26,21	01/09/20	26,29	01/09/20	-	-	-	-
2021	22,67	23/08/21	-	-	26,10	02/08/21	25,73	20/07/21	26,13	19/07/21	26,3	18/9/21
2022	22,81	28/08/22	26,5	20/09/22	25,96	20/09/22	26,15	02/08/22	-	-	25,8	25/8/22
2023	21,77	23/08/23	-	-	26,2	19/08/23	26,31	19/08/23	-	-	-	-

Tableau 10 : Résumé des paramètres de température moyenne (°C) pour les différents sites suivis (MGR : Mangareva / TKP : Takapoto)

3.6.1 Bilan environnemental

Grâce aux suivis environnementaux des six sites d'observation avec respectivement deux ans pour Ahe, trois ans pour Tahiti et Tahaa, quatre ans pour Takapoto et six ans pour Arutua et Mangareva, il est désormais possible de mettre en évidence et appréhender les variations annuelles (saison froide) et inter-annuelles (saison chaude) des différents paramètres dont la température, vis-à-vis des grands mécanismes environnementaux à l'exemple d'ENSO, d'El Niño et de La Niña. Mais aussi d'identifier à différentes échelles (îles, archipel) les périodes de saison ainsi que leurs pics d'extrêmes.

Le comptage du nombre de jours au-dessus de 30 °C et en dessous de 27 °C (Tuamotu) ou 27 °C et 24 °C (Mangareva) est en rapport direct avec les extrêmes de saison et leurs durées. Sur tous les sites observés aucune donnée de température supérieure à 30 °C n'a été enregistrée sur l'année 2022, ce qui est une information importante sachant qu'elle représente une valeur seuil pour de nombreux phénomènes physiologiques notamment la séparation de la zooxanthelle symbiotique du corail (Blanchissement).

Des périodes de changement de saison assez similaires sont observées sur les trois différents archipels suivis (Société, Tuamotu et Gambier) avec un passage en saison froide qui se retrouve majoritairement en juin suivi d'un retour en saison chaude aux alentours de novembre.

Ces périodes peuvent se décaler en fonction des grands phénomènes atmosphériques El Niño, La Niña en augmentant les durées de saisons ainsi que leurs intensités, sans forcément faire varier les périodes de pics extrêmes de saison.

Contrairement à ces périodes, les valeurs d'inter-saison ne varient pas, elles représentent la valeur de température à laquelle on considère le changement de saison, elles sont intrinsèques à leurs archipels. On retrouve pour la Société et les Tuamotu : **28 °C** et les Gambier : **25 °C**

Au niveau des pics de saison on observe un maximum entre février et mars, avec des valeurs allant de **27 à 28 °C** pour les Gambier et **29-30 °C** pour les Tuamotu et la Société.

Les minimums de saison se situent entre août et septembre, avec des valeurs qui se retrouvent entre **21 et 22 °C** pour les Gambier et **25-26 °C** pour les Tuamotu et la Société.

Le bassin Pacifique a été soumis à un épisode « La Niña » particulièrement long, qui débute en septembre 2020 et reste actif en janvier 2023, ce phénomène qui ne dure généralement qu'un an est ressenti sur le suivi de la température. On observe une tendance au niveau des données récoltées et bancarisées depuis plus de quatre ans sur certains sites, avec une baisse croissante des températures particulièrement marquées sur l'archipel des Tuamotu. Phénomène d'autant plus visible avec le retour des températures hautes fin 2023.

Ces données permettent de faire un état des lieux de la diminution des maximums de saison chaude en période « La Niña » de plus d'un degré, Takapoto se retrouve à **- 1,66 °C** en trois ans sur la même période, de même pour Arutua et Tahaa avec **- 1,43 °C** et **- 1,07 °C**. Au niveau de Mangareva cette tendance est similaire mais avec des variations de température moindre (**- 0,5 °C**). Une tendance qui s'inverse dès 2023 avec une augmentation des maximums de température sur les trois archipels, Mangareva (**+0,32 °C**), Ahe (**+1 °C**), Arutua (**+1,3 °C**), Takapoto (**+1,46 °C**), Tahaa (**+0,64 °C**) et Vairao (**+0,6 °C**)

De même sur la saison froide, on retrouve sur la période « La Niña » une diminution du maximum d'intensité, ainsi qu'une augmentation de la durée, avec une année 2022 où l'on retrouve un hiver austral particulièrement long pour les Tuamotu et la Société (Pour Takapoto on passe de 65 jours en dessous de 27 °C à 107 jours en 2022). Contrairement au Gambier qui a eu une année exceptionnellement froide en 2019 avec 133 jours en dessous de 24 °C contre seulement 78 en 2022 (possiblement liée au début de la diminution du collectage). Plus précisément, on observe de 2020 à 2022, **-0,55 °C** pour Arutua, **-0,14 °C** pour Takapoto, **-0,17 °C** pour Tahaa et **-0,53 °C** en un an pour Tahiti, avec une augmentation de **+1,14 °C** pour Mangareva. A l'instar de la saison chaude dès 2023 les minimums de température remonte légèrement sur tous les sites à plus ou moins **0,5 °C** sauf l'archipel de Mangareva où l'on observe une augmentation significative du maximum d'intensité avec un passage de **22,81 °C** à **21,77 °C** soit plus d'un degré de moins (**-1,04 °C**).

Il est trop tôt sur le suivi d'Ahe pour en déduire de grandes tendances. Sur les autres sites on remarque donc un impact différent du phénomène prolongé La Niña, sur les différents archipels de Polynésie Française, avec premièrement un écrasement plus important des maximums de saison chaude sur quatre ans, ainsi qu'une augmentation de la durée des extrêmes de saison froide. Cette diminution des températures est fortement marquée sur l'archipel des Tuamotu, légèrement plus faible sur les îles-sous-le-vent et moindre aux Gambier mais avec une inertie qui perdure plus longtemps dans le temps.

Un passage en période El Niño est prévu pour fin 2023, début 2024. La suite du suivi pour les prochaines années sera l'occasion de répondre aux questions de transition sur les grands phénomènes environnementaux et leurs impacts sur les écosystèmes lagunaires des îles et atolls du bassin Pacifique centre, et leurs liens sur l'activité perlicole.

L'ajout d'un site de suivi supplémentaire dans un lagon à l'exemple de Mangareva et Ahe, a permis dans un premier temps de démontrer la portée de phénomène localisé à l'ensemble d'un lagon. On retrouve plusieurs exemples dont les apports en oxygène, produit par des phénomènes de bloom localisé, et qui se retrouve à l'échelle du lagon, témoignant d'une hydrodynamique lagunaire particulière.

Cela permet également la comparaison et la corrélation de deux sites pouvant présenter des variations localisées. On a observé sur Mangareva des variations très localisées avec l'exemple du taux de Chlorophylle a. mais au vu des

faibles variations intra-lagonaire et des fortes contraintes liées à ce type de suivi, un seul site par île sera privilégié à l'avenir.

Malheureusement, notre réseau ne dispose pas actuellement d'un suivi biométrique permettant de corrélérer nos données de température avec des paramètres de croissance ou de ponte. Bien que nous envisagions l'intégration de telles variables avec le déploiement de suivi par valvométrie et par le biais de la convention RESOLAG-2, ces mesures ne seront pas disponibles à court terme. Pour l'instant, les seuls rapprochements que nous pouvons effectuer sur nos échelles temporelles, en l'absence d'incidents majeurs dans le lagon, sont liés aux impacts observés sur le collectage

On remarque une corrélation entre la baisse progressive de la température au cours des trois dernières années, associée à l'événement La Niña, et la diminution du succès du collectage. Bien que nous manquions encore de données précises sur les données de collectage par île pour confirmer cette relation de manière définitive, les rapports des perliculteurs convergent vers une crise actuelle au niveau des besoins en huîtres perlières issues des atolls collecteurs. Cette situation met une pression significative sur le développement d'écloseries commerciale et territorial en Polynésie Française.

Toutefois, avec le retour à des conditions climatiques plus normales et l'amorce d'un phénomène El Niño, on constate déjà une reprise de l'activité de collectage sur certaines îles. L'obtention de données précises sur le collectage permettra une analyse plus approfondie de cette relation. Il est également important de souligner que le vent, influencé par ces variations climatiques, joue un rôle crucial dans les activités de collectage.

3.6.2 Bilan Financier

Grâce au soutien du programme PROTEGE dans la mise en œuvre d'un programme de suivi environnemental des lagons perlicoles, nous pouvons maintenant évaluer précisément les coûts nécessaires au fonctionnement d'un tel réseau d'observation. Sur 4 ans, le RESOLAG a coûté **96 667 253 XPF, incluant les ressources humaines, le fonctionnement, l'achat de matériel (Tableau 11) et autres dépenses ponctuelles comme le soutien à la recherche.**

En dehors des coûts d'investissement et les coûts de programme de recherche, qui tous deux représentent des dépenses ponctuelles, la période de mise en œuvre de 4 ans, de juin 2019 à décembre 2023, a permis d'évaluer les coûts de fonctionnement d'un tel réseau d'observation (Tableau 12) et donc déduire les coûts annuels.

Type	Qt	Instrument	Marque	Date d'achat	Prix (XPF)	Budget
Multiparamètres	4	Smatch	NKE	10/2015	10 169 630	DRM
	4	Sambat	NKE	11/2017	9 274 463	DRM
	3	Aquatroll	In-Situ	11/2021	6 315 763	PROTEGE
	2	SBE 19+	Seabird	12/2017	9 558 831	DRM
Température	10	RBRDuet	RBR	10/2017	3 632 610	DRM
	9	SBE56	Seabird	10/2017	706 644	DRM
Courantomètre	2	SV20	Teledye RDI	11/2017	4 160 559	DRM
	2	SV50	Teledye RDI	11/2017	4 160 559	DRM
	2	Aquadopp	Nortek	08/2017	3 582 140	DRM
Bouée dérivante	4	REEF	Pacific Gyre	07/2017	1 247 440	DRM
Total					52 781 639	

Tableau 11 : Tableau récapitulatif des coûts des instruments du RESOLAG

		Décembre 2019 - Décembre 2023	Coût par an	% sur le total
Ressources humaines	1 technicien à 100% et 1 ingénieur à 20%	23 027 699	5 756 924	60,1 %
Fonctionnement	Logistique	6 975 586	1 743 986	18,2 %
	Entretien des instruments	4 465 703	1 116 426	11,7 %
	Gestion du réseau	3 816 626	954 157	10 %
TOTAL		38 285 614	9 571 404	100

Tableau 12 : Tableau des coûts du réseau d'observation des lagons

IV. Perspectives pour 2024 et la fin du programme

4.1 Evolution et pérennisation du réseau

Ces années d'expérience nous permettent aujourd'hui de définir une stratégie de suivi et un choix d'instruments optimum selon les critères suivants : données de bonne qualité, robustesse du capteur, coût d'achat et entretien et autonomie. Pour des suivis à long terme sur de nombreux sites, les sondes multiparamètres ne sont finalement pas encore assez robustes pour subir des déploiements de plus de six mois et les coûts d'investissements et d'entretien sont trop importants.

Les sondes multiparamètres seront déployées pour des objectifs plus spécifiques (ex : comparaison de site, campagne de mesure ponctuelle etc..). En déploiement constant, la durée de vie d'une sonde est d'environ quatre ans. Ainsi sur les treize sondes multiparamètres acquises par la DRM entre 2015 et 2021, seules sept sont encore utilisables.

Le RESOLAG est en évolution constante depuis sa création notamment afin de trouver le meilleur ratio entre le coût de fonctionnement, la qualité des données enregistrées et la pertinence des indicateurs.

Malgré l'importance du paramètre d'oxygène dissous et de turbidité indispensable au suivi de la qualité du milieu de développement de l'huître perlière et de la mise en place d'une possible crise dystrophique, il est impossible avec les moyens actuels de maintenir ces paramètres.

Le réseau d'observation actuel se reconcentrera sur seulement 2 paramètres de l'eau (température et chlorophylle a) et 2 paramètres biologiques (Etat des stocks sauvages et succès du collectage). Le réseau des sondes multi paramètres sera remplacé par des capteurs mono paramètre de température et de chlorophylle a plus robustes, précis et fiables dans le temps.

Pour la température, le modèle de capteur SBE56 nous paraît idéal du fait de sa grande autonomie (jusqu'à deux ans pour une mesure par heure) et de sa fiabilité. Les bouées "smart mooring" de type Spotter (SOFAR Ocean) pourraient être une bonne option pour maintenir le suivi de la température en "live" avec moins de précision mais avec une lecture et utilisation forte des professionnels.

Pour la fluorescence, plusieurs types d'instruments sont en cours de test en partenariat avec l'IFREMER : Seabird Eco-FLSB et JFE advantech-Infinity. Ces capteurs restent néanmoins chers à l'achat. En parallèle, un projet de

développement de capteur de chlorophylle “low-cost” et open source est en cours avec la thèse de Cédric COURSON financée sur la convention OPEN LAGOON en collaboration avec le laboratoire LOCEAN .

Le réseau ne peut pas s’appuyer uniquement sur le suivi par instrumentation classique. Il est nécessaire aussi de s’ouvrir sur de nouvelles techniques, telles que les données satellites. La température et la chlorophylle a sont deux paramètres pouvant être mesurés par satellite. Maintenir la collecte de données sur deux paramètres permettrait in-fine de calibrer les données issues des mesures par satellite et ainsi seraient l’occasion d’obtenir un suivi à grande échelle au sein des lagons.

L’acquisition des données par satellite permettrait de réduire de manière conséquente le budget de fonctionnement du réseau de suivi, tout en augmentant le nombre d’îles surveillées. Ce suivi fiable à long terme servira à récolter des informations environnementales sur l’effet du changement climatique sur le milieu marin lagonaire en Polynésie française. Il permettra aussi de déterminer plus rapidement les liens entre les activités humaines et les apparitions des crises dystrophiques.



Figure 30 : Exemple de bouée autonome spotter

4.2 Evolution des indicateurs

En parallèle des données physico-chimiques du lagon, le suivi d’indicateurs biologiques sera développé pour les prochaines années. L’huître étant un animal filtreur, il est directement dépendant de la qualité de l’eau du lagon. Dans un premier temps, le suivi du succès du collectage par les perliculteurs et une évaluation de l’état des stocks sauvages vont permettre de mieux comprendre la dynamique des populations d’huîtres dans chaque lagon et donne une indication sur la qualité du lagon et sur les menaces potentielle (charge en microparticules de plastiques, espèces phytoplanctoniques nocives, déséquilibre trophique, perturbation climatique...).

A ce jour ces suivis restent ponctuels mais devraient être plus systématiques et devenir de réels indicateurs. L’évaluation des stocks sauvages devrait être réalisée tous les cinq ans. Ces dernières années, avec la collaboration de l’IRD et de l’IFREMER (UMR ENTROPIE) des campagnes ont été réalisées à Raroia (2018), Mopelia (2018), Mangareva (2019), Takapoto (2021) et Apataki (2022) et Takaroa (2022). La prochaine est prévue à Ahe en 2024.

Le suivi du collectage assure l’évaluation de la quantité de naissains captés par les stations de collectage, posés par les perliculteurs sur une saison spécifique. De 2018 à 2020, des essais d’échantillonnages et comptage de collecteurs ont été réalisés par la DRM sur Mangareva, Takaroa et Takapoto.

Les collecteurs posés par des perliculteurs entre novembre et janvier sont échantillonnés au hasard entre juin et septembre, soit environ 6 mois après la pose, pour compter le nombre d’huîtres perlières et de pipi (*Pinctada maculata*) qui s’y sont fixés. Ce genre d’échantillonnage est réalisé en routine par les perliculteurs.

L’objectif serait de mettre en place la collecte de ces données avec quelques perliculteurs volontaires. Cependant le comptage de pipi ne fait pas partie du comptage des professionnels.



Figure 31 : Comptage de nacres et pipi sur collecteur à Mangareva

Il y a, à ce jour, très peu d'études environnementales sur les lagons perlicoles et donc peu de recul sur l'évolution de ceux-ci. Les événements majeurs tels que les grandes crises dystrophiques sont rares et de ce fait difficiles à étudier.

Définir des indicateurs de santé environnementale d'un lagon est un challenge de recherche, mais de fort intérêt pour les gestionnaires. Ces indicateurs doivent être facilement mesurables (et interprétables), suffisamment sensibles pour détecter des changements du milieu et doivent pouvoir être mesurés/collectés à des coûts raisonnables pour maintenir un suivi sur du long terme.

Dans le but de développer des indicateurs fiables d'indice de bonne santé d'un lagon face aux pressions anthropiques (Perlicole) des programmes de recherches sont mis en place afin d'orienter le RESOLAG vers un suivi pertinent et efficace.

Actuellement un programme de recherche RESOLAG 2.0 tripartite (Direction des ressources, Ifremer, Institut Louis Malardé et L'école pratique des hautes études (EPHE) sur l'évaluation d'autres indicateurs de suivi des lagons sont en cours de réalisation.

L'objectif du RESOLAG 2.0 est de faire évoluer le réseau en prenant en compte les contraintes techniques, des ressources humaines limitées, la pertinence des indicateurs et le rapport entre la qualité des données collectées et le coût des instruments Tandis qu'un projet de recherche en cours de développement devrait permettre d'évaluer d'autres types d'indicateur.

L'ambition de la DRM est toutefois de maintenir et pérenniser la collecte de données environnementales minimale des lagons perlicoles prioritaires. Des choix ont dû être faits sur différentes composantes du réseau, dont la stratégie de déploiement et le nombre de paramètres suivis

4.3 Capitalisation de la donnée et valorisation du RESOLAG

L'un des grands objectifs de la fin du programme est la capitalisation des données du réseau afin de mettre en valeur le travail effectué jusqu'à présent. Vis-à-vis de cet axe l'une des grandes réussites du RESOLAG et la bancarisation fiable des données environnementales accumulées depuis plus de quatre ans.

En 6 ans d'existence le suivi a permis d'accumuler plus de 100 Go de data environnementales sur les milieux lagunaires. Ces données sont stockées et bancarisées sur plusieurs data centers à l'international.

Ces données sont disponibles sur trois supports différents :

- **GALATEA**

- **ReefTemp** (<https://www.reeftemps.science/donnees/>)

- **SEANOE**
(<https://www.seanoe.org/data/00711/82291/>).



Désormais, l'ensemble des données bancarisées sur Galatea sont dispersées sur plusieurs data centers répartis dans le monde, afin de sécuriser de façon durable les données (Risque de perte total lors d'incendie d'un DataCenter). Le travail de bancarisation des données se poursuit notamment par une prochaine bancarisation des données de vent et de pluie, qui renseigne notamment l'intensité du mélange des couches d'eau supérieur du lagon.

Enfin un clip vidéo sur le RESOLAG réalisé par PROTEGE permet de faire mieux connaître aux perliculteurs et grand public ce réseau. La gestion du RESOLAG repose entièrement sur le travail d'un technicien dédié à temps plein et pour le moment financé par PROTEGE. Une création de poste sera nécessaire pour pérenniser la gestion du RESOLAG, cependant une mutualisation des ressources humaines sera à envisager avec le réseau de veille sanitaire de la DRM.