



OFB
OFFICE FRANÇAIS
DE LA BIODIVERSITÉ



Directive Cadre européenne sur l'Eau

**Suivi physico-chimique, biologique et
chimique des stations du réseau de
surveillance des Masses d'Eau Côtieres et
de la Masse d'Eau de Transition de la
Martinique au titre de l'année 2021. Etat
écologique et chimique.
Rapport de Synthèse**

Rapport final Version 1-benthos

**Catherine DESROSIERS (Impact Mer), Florian DE BETTIGNIES
(Impact Mer)**

Janvier 2023

Document élaboré dans le cadre de : Directive Cadre sur l'Eau

- **AUTEURS**

Catherine DESROSIERS, Chef de projet (Impact Mer), cdesrosiers@impact-mer.fr

Florian de Bettignies, Chargé d'étude (Impact Mer), fdebettignies@impact-mer.fr

- **CORRESPONDANTS**

René LALEMENT (OFB), Responsable DCE , rene.lalement@ofb.gouv.fr

Hélène UDO (OFB/MNHN), Chef de projet Coordination des programmes de connaissance de l'eau et des milieux aquatiques pour l'Outre-mer, helene.udo@ofb.gouv.fr

Christophe GROS (DEAL Martinique), Chargé de mission Qualité des milieux aquatiques, christophe.gros@developpement-durable.gouv.fr

Eric ABADIE (Ifremer Martinique), Chargé de mission DCE milieu marin, eric.abadie@ifremer.fr

Alexandre ARQUE (ODE Martinique), Chargé de Mission Qualité des milieux aquatiques alexandre.arque@eaumartinique.fr

- **AUTRES CONTRIBUTEURS**

Jerôme LETELLIER, Chargé d'études (Impact Mer), jletellier@impact-mer.fr
Terrain physico-chimie et benthos

Guillaume TOLLU, Chef de projet (Impact Mer), gtollu@impact-mer.fr
Terrain benthos

Paul-Alexis CUZANGE, Chargé d'études (Impact Mer), cuzange@impact-mer.fr
Terrain physico-chimie

Florian Labadie, Chef de projet (Pareto), labadie@creocean.fr
Terrain benthos

Droits d'usage : accès libre
Niveau géographique : régional
Couverture géographique : Martinique
Niveau de lecture : professionnels

| | | |
|---|---|---|
|  OFB <small>OFFICE FRANÇAIS DE LA BIODIVERSITÉ</small> | Suivi DCE 2021 pour les eaux côtières et de transition de Martinique Suivi physico-chimique, biologique et chimique <small>Version finale</small> <small>Desrosiers, C., de Bettignies, F.</small> |  <small>www.impact-mer.fr</small> |
|---|---|---|

• RESUME

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) établit un cadre pour la protection des masses d'eau (ME) de l'ensemble des pays européens. La Martinique, puis la Guadeloupe, ont été les premiers DOM à avoir mis en place un suivi DCE dans leurs masses d'eau littorales. Cela a nécessité le développement de méthodologies « DCE compatibles » adaptées au contexte insulaire antillais ainsi que l'élaboration de grilles de qualité. Avec l'aquisition des données au cours des années, plusieurs indicateurs ont pu être validés tandis que certains protocoles et indicateurs sont toujours en cours de développement. L'Arrêté du 2 juillet 2018 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique et de l'état chimique décrit la méthodologie pour définir un niveau de confiance à l'**état écologique** et à l'**état chimique**, sur la base de données collectées ou de dire d'experts et selon le nombre de paramètres utilisés pour l'évaluation.

Cette étude a pour objet :

- de réaliser le suivi hydrologique et biologique sur 19 masses d'eau côtières et une masse d'eau de transition
- de discuter l'approche relative aux indicateurs (métriques/indices, grilles, agrégation...).

Elle s'inscrit dans la continuité des études DCE antérieures (Impact Mer, 2006, 2010-2012, 2014-2018, 2019-2020) et de l'étude spécifique de 2011 sur le phytoplancton (CREOCEAN, 2015).

Ce rapport présente les résultats de l'année 2021 et l'**état global partiel** calculé sur 6 années glissantes, soit de 2016 à 2021.

La qualité physico-chimique est établie à partir des **indicateurs température, turbidité et oxygène dissous**. Les nutriments ne sont pas inclus dans l'analyse car les valeurs ont été qualifiées comme « douteuses », suite à une étude spécifique réalisée en 2017. Le polluant spécifique de l'état écologique (PSEE), le chlordécone, a été mesuré dans l'eau par la méthode d'échantillonnage passif et mesuré dans le biote (poissons et mollusques). Les résultats ont été comparés à la norme de qualité environnementale exprimée en valeur moyenne annuelle (NQE-MA) applicable à partir du 27 juillet 2018. Pour les échantilleurs passifs, la limite de quantification (LQ) de la méthode étant supérieure à la NQE-MA, les ME pour lesquelles le résultat est inférieur à la LQ ne peuvent être évaluées. Les données physicochimie (éléments généraux) sont recueillies bimestriellement pour tous les sites et mensuellement sur deux sites.

La qualité biologique est établie à partir des indicateurs **phytoplancton** (abondance et biomasse) et **communautés coralliniennes**. Le calcul de l'indice abondance a évolué en 2018, avec la modification du seuil de bloom à 25 000 cellules/l. L'élément de qualité herbier fait l'objet de travaux et des métriques et une grille de qualité devraient être proposés prochainement pour l'intégrer à l'état écologique. Le phytoplancton est suivi selon le même calendrier que la physico-chimie. Les communautés coralliniennes et les herbiers sont suivis une fois par an. Certains paramètres sont mesurés mais non intégrés aux indicateurs : c'est le cas du pico-nanoplancton (partie abondance du phytoplancton), des oursins (paramètre suivi avec les communautés coralliniennes), etc. **La qualité hydromorphologique** des ME défini par Brivois & Fontaine (2012) a été revue en 2018 et intégrée à l'état écologique partiel. **L'état chimique** est évalué à partir des données des échantilleurs passifs de la dernière campagne de suivi, réalisée en 2019.

Plusieurs indices doivent être améliorés par le biais: d'une grille d'évaluation de l'indice corail permettant de comparer les ME entre elles ; du développement d'un indice multi-facteurs prenant en compte les facteurs affectant les communautés coralliniennes (turf, algues encroûtantes calcaires, nécroses, maladies...) ; du développement de l'indice herbier ; d'un indice nutriments basé sur des paramètres traduisant mieux les apports au milieu.

La qualité biologique obtenue est Médiocre pour deux ME, Moyenne pour huit ME, Bonne pour sept ME et Très Bonne pour une ME. La qualité physico-chimique avec PSEE est Moyenne pour 17 ME (une non suivie et une non évaluée). L'état écologique avec PSEE, résultant des deux premiers selon le principe de l'élément déclassant, est identique à la qualité physico-chimique sauf pour deux ME qui passent de Moyen à Médiocre.

L'état chimique basé sur la dernière année de suivi (2019) est Bon pour toutes les ME.

Depuis 2018, les indicateurs physico-chimiques et phytoplancton qui ne demandent plus d'adaptations ont été calculés de façon automatisée par l'Ifremer.

MOTS CLES : BIOINDICATEURS, COMMUNAUTES BENTHIQUES, DCE, MARTINIQUE, PHYSICO-CHIMIE, PHYTOPLANCTON

| | | |
|---|---|---|
|   | <p>Suivi DCE 2021 pour les eaux côtières et de transition de Martinique</p> <p>Suivi physico-chimique, biologique et chimique</p> <p>Version finale</p> <p>Desrosiers, C. de Bettignies, F.</p> |  |
|---|---|---|

- **WATER FRAMEWORK DIRECTIVE: MONITORING OF SURVEILLANCE SITES OF MARTINIQUE (FWI) COASTAL AND TRANSITIONAL WATERS IN 2021. BIOLOGICAL, PHYSICO-CHEMICAL AND CHEMICAL SURVEYS. SYNTHESIS REPORT**

ABSTRACT

The WFD establishes a framework for every European country. Martinique followed by Guadeloupe was the first overseas department to set up a WFD monitoring program in its coastal waters. In order to do so, methodologies adapted to the tropical insular context were and are still developed. As methodologies are not all validated, a confidence level is attributed to ecological et chemical status according the Order of 2 July 2018 on methods and criteria for assessing ecological and chemical status.

This study aimed at:

- Monitoring the hydrologic and biological quality in nineteen Martinique coastal water bodies, and one transitional water body
- Discussing the bioindicators (grids, metrics, aggregation...).

This study follows the work carried out since 2007 by Impact Mer and the specific studies conducted on phytoplankton in 2011 by Creocean.

The present report focuses on the results obtained in 2020, the « **partial global status** » is calculated over a 6 years period from 2016 to 2021.

Regarding the **physicochemical quality**, parameters studied are **temperature, turbidity and dissolved oxygen**. Nutrients data are not used as the analysis of their quality proved that it was doubtful values. Data are collected on a bimonthly basis for every site but two for which the survey is on a monthly basis. The specific pollutant, chlordenecone, was measured in water by the passive sampling technique and in biota (fishes and shellfishes), and results compared to the EQS applied from July 2018. However, for the passive sampling technique the LOQ is higher than the EQS so all water bodies which result is lower than the LOQ will not be evaluated. The physicochemical quality with chlordenecone is « **Moderate** » for all water bodies with a survey.

Regarding the **biological quality**, its determination is based on **phytoplankton** (abundance and biomass) and **coral communities**. Phytoplankton is monitored following the same rhythm than physicochemistry and the WFD status is determined by biomass index (Chl a) and abundance index (microphytoplankton). Some parameters (such as abundance of piconanoplankton) are measured but not integrated yet to the indicator. The abundance index have evolved in 2018, with a bloom level abundances tested and approved at 25 000 cell/l. Benthic communities are monitored once a year. Some parameters are measured but not integrated to indicators. This is the case for the sea urchins and other sessile organisms on coral reefs (turf algae, gorgonians, sponges...), and seagrass beds (many metrics measured). Coral community indicator is currently only based on the presence of corals and macroalgae. Seagrass indicator will be soon available. The biological quality is « **Mediocre** » for two water bodies, « **Moderate** » for eight water bodies, « **Good** » for seven water bodies and « **Very good** » for one water body. Sites' hydromorphological quality (Brivois & Fontaine, 2012) reviewed in 2018 was integrated.

The ecological status is obtained by the worst status between the physicochemical and the biological ones.

The chemical status obtained by the last data available is « **Good** » for all the water bodies.

Several indices require improvements by the way of: a coral index quality grid which is adapted for comparison between water bodies; the development of multi-factors index including parameters influencing coral communities (turf, crustose coralline algae, sedimentation, diseases, necroses...); the development of a seagrass bed index; a nutrient index based on new parameters reflecting in a better way the inputs in marine environment.

Since 2018, physicochemical and phytoplankton indicators which needs no more adjustments were calculated by the Ifremer existing model.

- **KEY WORDS: BIOINDICATORS, BENTHIC COMMUNITIES, WFD, MARTINIQUE (FWI), PHYSICO-CHEMISTRY, PHYTOPLANKTON**

| | | | |
|---|---|---|---|
|  OFB <small>OFFICE FRANÇAIS DE LA BIODIVERSITÉ</small> |  ODE <small>OFFICE DE L'EAU MARTINIQUE</small> | Suivi DCE 2021 pour les eaux côtières et de transition de Martinique – Suivi physico-chimique, biologique et chimique Version finale Desrosiers, C., de Bettignies, F. |  Impact Mer <small>www.impact-mer.fr</small> |
|---|---|---|---|

- **SYNTHESE POUR L'ACTION OPERATIONNELLE**

Contexte

Dans les Antilles, la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau a débuté en 2006 avec l'état des lieux du district hydrographique de la Martinique qui a permis de délimiter les Masses d'Eau (ME) littorales et les a classées en différents types (DIREN & ODE, 2004). La **Martinique** a ainsi été **le premier DOM** à mettre en place un suivi spécifique DCE pour les eaux littorales. Tout comme pour la délimitation des ME, les sites ont été initialement présélectionnés sur la base d'une analyse bibliographique, des suivis existants en Martinique (RNO, GCRMN/IFRECOR) et à dire d'expert. Les connaissances du milieu marin martiniquais s'étant avérées insuffisantes, ces sites et leur positionnement ont dû être adaptés/ajustés au cours des années en fonction des observations *in situ* et de l'acquisition de connaissances (études spécifiques et prospections).

Parallèlement, un travail de mise au point de méthodologies « DCE compatibles » adaptées au contexte insulaire antillais a été réalisé localement sur :

- la sélection des éléments de qualité biologique et physico-chimique, des paramètres et des protocoles de suivi (en collaboration avec la Guadeloupe) ;
- le choix des métriques, indices et indicateurs (traitement des données et méthodologie d'agrégation) ;
- l'élaboration de grilles de qualité (+ valeurs de référence) utilisées pour l'évaluation de l'état des masses d'eau.

Depuis 2011/2012, des évolutions de méthodologies ont été également réalisées à l'échelle nationale en collaboration avec l'IFREMER (convention ONEMA/IFREMER : phytoplancton et physicochimie générale) et des groupes d'experts tropicaux (convention ONEMA/MNHN : herbiers et communautés coralliniennes) afin d'assurer une meilleure cohérence entre les DOM. Un séminaire a eu lieu en avril 2017, faisant le bilan des avancées et des points nécessitant la création de groupes de travail.

Bien que d'importantes avancées aient été développées en 2017 et 2018, la plupart des indicateurs biologiques sont toujours en cours de développement. Aussi, certains critères définis pour l'évaluation de l'état écologique dans l'Arrêté du 27 juillet 2018 ne sont pas encore évalués en Martinique. Pour cette raison, **l'état écologique est évalué avec un niveau de confiance moyen et l'état chimique avec un niveau de confiance faible**.

Méthodologie générale

En 2021, 19 sites ont été suivis en masses d'eau côtières et un site en masse d'eau de transition pour les paramètres physico-chimiques et biologiques. Quatre sites ont été ajoutés en 2017 afin de suivre l'intégralité des masses d'eau (sauf FRJC015-Nord baie FdF et suivi partiel pour FRJC016 – Ouest baie FdF). Les évaluations des masses d'eau ne sont donc pas toutes basées sur le même nombre d'années de suivi.

Pour l'évaluation de la qualité physico-chimique sur la période 2016-2021, les paramètres pris en compte sont la température, la turbidité, l'oxygène dissous et le polluant spécifique chlordécone. Les nutriments ne sont pas inclus dans l'analyse car les valeurs ont été qualifiées comme « douteuses » dans Quadrige, suite à une étude spécifique réalisée en 2017. Les données sont recueillies bimestriellement pour tous les sites et mensuellement sur deux sites.

Pour l'évaluation de la qualité biologique, les paramètres pris en compte sont le phytoplancton (abondance et biomasse) et les communautés coralliniennes. Le phytoplancton est suivi selon le même calendrier que la physico-chimie. Les communautés coralliniennes sont suivies une fois par an. Certains éléments sont échantillonnés mais ne font pas encore partie de l'évaluation de la qualité biologique : c'est le cas du pico-nanoplancton (partie abondance du phytoplancton), des oursins (paramètre suivi avec les communautés coralliniennes) et des herbiers (qui comprend l'échantillonnage de nombreux paramètres).

L'état hydromorphologique (Brivois & Fontaine, 2012) a été révisé en 2018 et intégré à l'évaluation.

L'état chimique a été évalué à partir des données obtenues lors de la campagne d'échantilleurs passifs en 2019.

Synthèse par élément de qualité et pistes d'améliorations

La qualité biologique

❖ Faune et flore benthique

Il comprend le suivi annuel des communautés corallines et des herbiers de phanérogammes.

Seul l'**indicateur communautés corallines** est utilisé. Il résulte de l'**agrégation** de l'**indice corail** - rapport couverture corallienne vivante / substrat dur colonisable - et de l'**indice macroalgues** - rapport couverture macroalgale (molle + calcaire érigées) / substrat total.

De nombreux métriques sont inexploités et pourraient servir à l'indicateur (évolution temporelle des couvertures, groupes fonctionnels d'algues, turf, cyanophycées, niveau de vulnérabilité des colonies..).

Le projet SCORE REEF en cours, demandé par l'OFB, aurait pour objectif d'apporter un indicateur plus complet.

Indicateur herbiers : en cours de validation.

❖ Phytoplancton

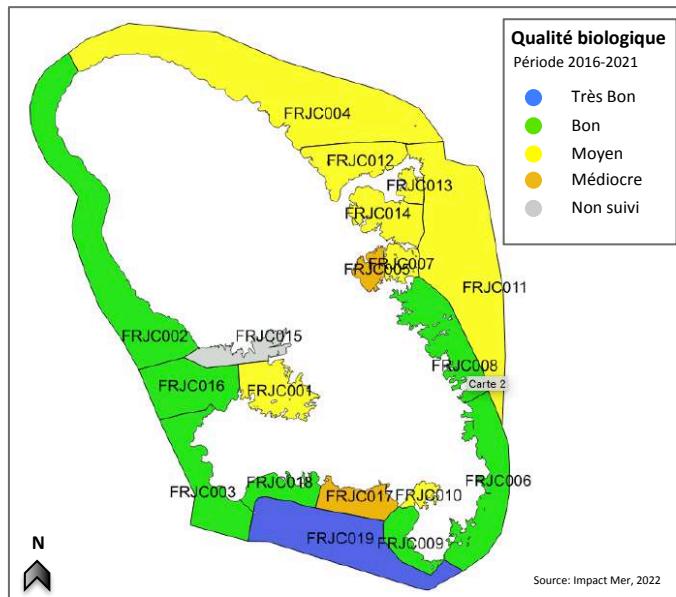
L'**indicateur phytoplancton** est la *moyenne* des EQR (Ecological Quality Ratio ou écart à la référence : rapport entre un état observé et l'état que devrait avoir le milieu en absence de perturbation) des indices **biomasse** – concentration en chlorophylle a – et **abondance du microphytoplancton** - % d'échantillons avec au moins un taxon présent à une concentration supérieure à 25 000 cellules/l.

→ Des données sont collectées pour développer l'indice abondance du nano-picoplancton.

⇒ Les indices et indicateurs de l'état biologique restent à affiner : macroalgues, oursins, herbiers, nano-picoplancton...

Sur 19 masses d'eau, une est en « Très Bon », six sont en « Bon », huit sont en « Moyen » et deux sont en « Médiocre ».

Ces deux dernières sont FRJC014 – Baie du Galion et FRJC017 – Baie de St-Luce, déclassées respectivement par le phytoplancton et les macroalgues.



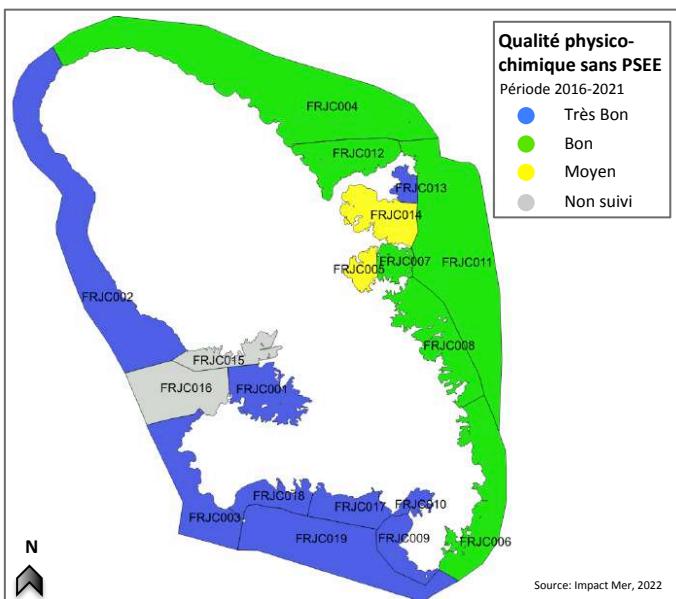
La qualité physico-chimique

Cette qualité est établie sur le principe de l'élément déclassant entre les indicateurs **température**, **turbidité**, **oxygène dissous**. L'indicateur nutriments n'est jusqu'à présent pas validé.

Le **polluant spécifique chlordécone** mesuré dans l'eau et dans le biote (mollusques- suivi ROCCH) est intégré dans l'évaluation des masses d'eau. Les NQE-MA utilisées pour l'eau et les poissons sont celles fixées par l'arrêté du 27 juillet 2018. L'INERIS propose une NQE-MA spécifique aux mollusques.

→ une étude est en cours pour diminuer la limite de détection des échantillonneurs passifs, afin qu'elle soit inférieure à la NQE-MA de l'arrêté.

Les masses d'eau sont en « Très Bon » ou « Bon », sauf FRJC014 – Baie du Galion et FRJC005 – Baie du Robert en « Moyen ».



L'Etat écologique

L'état écologique est obtenu par l'agrégation de la qualité biologique et de la qualité physico-chimique, selon l'arbre de décision donné dans l'annexe 2 de l'Arrêté du 27 juillet 2018. L'état hydromorphologique (Brivois & Fontaine, 2012), révisé en 2018, a été intégré et ne déclasse aucun site.

L'état **écologique** sans PSEE est Médiocre pour 2 masses d'eau, Moyen pour 8 masses d'eau, Bon pour 6 masses d'eau et Très Bon pour une masse d'eau. Le niveau de confiance est moyen (niveau 2) du fait de plusieurs indices non finalisés. La masses d'eau FRJC016-Ouest Baie de FdF est non évaluées car ne possède pas de suivi physico-chimique et FRJC015 est non suivie mais une étude des pressions à permis de définir un site à suivre à partir de 2022.

L'état **écologique** avec PSEE est Médiocre pour 2 masses d'eau et Moyen pour toute les autres masses d'eau pouvant être évaluées.

Evolution par rapport à 2020 (comparaison sans PSEE)

Par rapport à 2020, deux masses d'eau se sont améliorées : FRJC014 – Baie du Galion est passée de Médiocre à Moyen et FRJC019 – Large Diamant passée de Bon à Très Bon.

Une masse d'eau s'est dégradée, FRJC017 – Baie de St Luce, passant de Moyen à Médiocre (indice macroalgues). Cette masse d'eau oscille entre Moyen et Médiocre selon les périodes.

14 masses d'eau ont un état identique à 2020.

L'état chimique

L'état chimique a été évalué à partir des données obtenues lors de la dernière campagne d'échantilleurs passifs en 2019. Il est Bon pour toutes les masses d'eau.

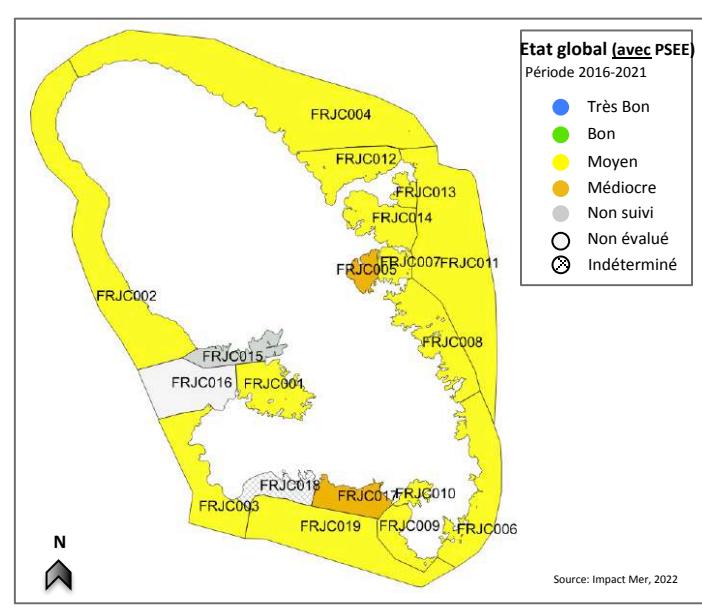
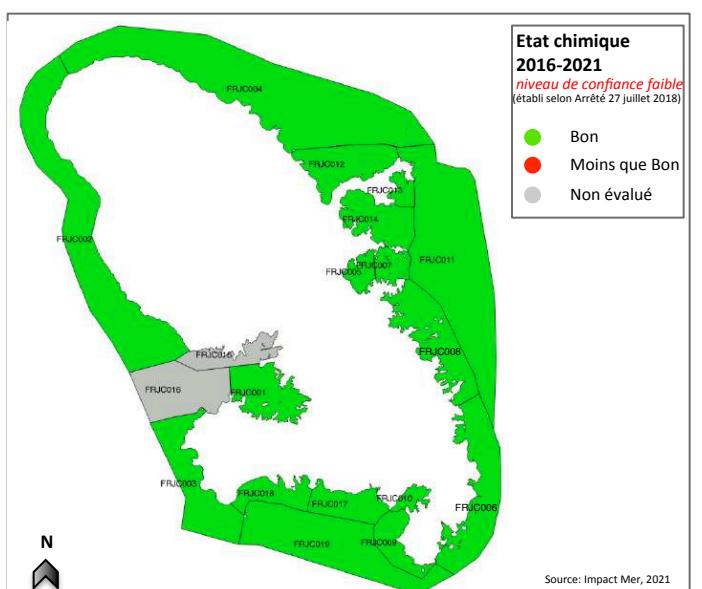
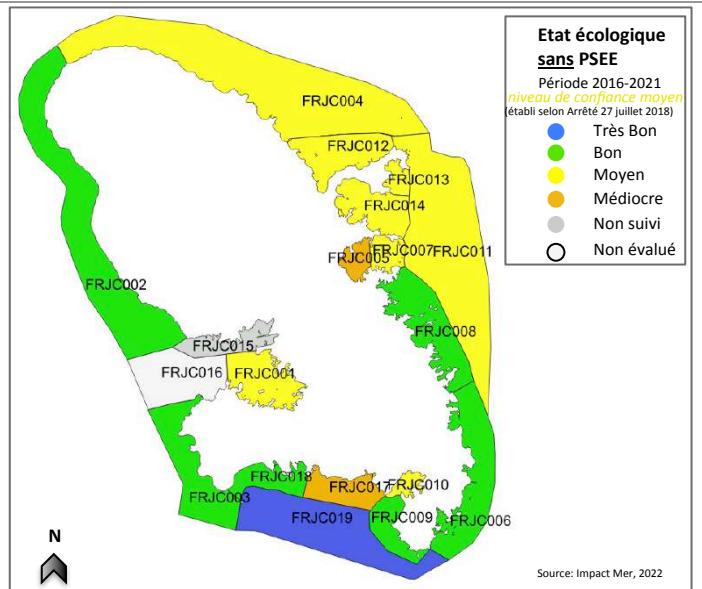
Cependant cet état à un niveau de confiance faible car il est basé sur moins de 50% des molécules listées dans l'Arrêté du 27 juillet 2018 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique.

L'état global

Il est obtenu par la règle de l'élément déclassant entre l'état écologique et l'état chimique. L'état chimique étant Bon pour toutes les masses d'eau, l'état global correspond donc à l'état écologique.

La comparaison de l'état global sans PSEE (= état écologique) avec les objectifs SDAGE fait ressortir que l'objectif Bon état a été atteint pour 6 masses d'eau en 2021.

Par contre, en prenant en compte le polluant Chlordécone, l'objectif SDAGE ne sera probablement pas atteint en 2027, quelle que soit la masse d'eau.



Bibliographie : ODE Martinique, 2019 ; Allenou et al., 2019 ; Allenou & Amouroux, 2019 ; AFB et al, 2017 ; METS, 2018 ; DIREN & ODE, 2004 ; Gaillard-Rocher et al, 2012; Impact Mer 2006, 2010, 2011, 2012 ; MEDDE 2015; Parlement Européen, 2000.

- **PREAMBULE**

DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU – SUIVI PHYSICO-CHIMIQUE, BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE DES STATIONS DU RESEAU DE SURVEILLANCE DES MASSES D'EAU COTIERES ET DE LA MASSE D'EAU DE TRANSITION DE LA MARTINIQUE AU TITRE DE L'ANNEE 2021. ETAT ECOLOGIQUE ET CHIMIQUE. RAPPORT DE SYNTHESE

Au titre du marché N° M009-18- lot 1, ce document constitue le rendu final attendu pour la troisième année de suivi : l'année 2021. Ce document comprend l'analyse des données annuelles et historiques ainsi que l'évaluation des masses d'eau sur la période 2016-2021. Les données brutes collectées par Impact Mer sont intégrées à Quadrige (via Quadrilabo) et BD Récif (corail et herbier).

La totalité de ces documents est livrée sur support numérique.

Le suivi DCE en Martinique a été marqué par les principales étapes suivantes :

- 2004 à 2006 : mise en place du réseau avec la définition des masses d'eau, le choix des sites et des protocoles, proposition de seuils de référence
- 2007 et 2008 : premier suivi complet du réseau,
- 2009 à 2014 : propositions de grilles de qualités, adaptations progressives des grilles, protocoles, réseau...
- 2016 : travail sur le positionnement des sites dans les masses d'eau et premières évaluations par masse d'eau
- 2017 : base de données BDRécif opérationnelle pour la saisie des données de communautés corallieennes ; première prise en compte du polluants spécifique de l'état écologique (chlordécone) dans l'état écologique des mases d'eau ;
- 2018 : travail conjoint avec l'Ifremer pour le rendu d'évaluations automatisées pour les paramètres physico-chimiques et la chlorophylle a ;
- 2019 : précision des critères pour le calcul de i) l'indice abondance phytoplancton, ii) l'indicateur communautés corallienne pour les masses d'eau avec plusieurs sites.

Les principaux éléments de discussions avancés dans le présent rapport sont des pistes de réflexion pour le développement de l'indicateur corail, présentées à partir de 2018 et complétées. Des premiers résultats de l'indice oursin sont présentés. Enfin, l'état écologique et l'état chimique obtenus sont comparés aux objectifs d'atteinte du Bon Etat du SDAGE.

Ce rapport comporte des éléments issus des documents suivants :

- Allenou J.P., Sechaud, A. 2021. Règles de traitements pour les évaluations DCE Phytoplancton et Physico-Chimique pour les Antilles – Période 2014-2019.
- Allenou J.P., Sechaud, A. 2021. Règles de traitements pour les évaluations DCE Communautés Benthiques Corallieennes pour les Antilles – Période 2014-2019.
- Allenou, J.P., Cimiterra, N., De Rock, P. 2019. Rapport d'expertise et d'accompagnement à l'analyse de l'état des masses d'eau littorales, pour la réalisation de l'Etat des lieux Martinique de 2019, pp 25.
- MTES, 2018. Guide relatif aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales dans le cadre de la DCE.
- AFB, Ifremer, ODE Martinique. 2017. Séminaire science et gestion DCE-IFRECOR: compte rendu du groupe de travail récifs coralliens, Antilles Françaises. Schoelcher, Martinique, 4-10 avril 2017, 43 pp.
- AFB, ODE Martinique, Ifremer. 2017. Analyses des données échantillonneurs passifs sur la Martinique, années 2012 à 2016.
- Brivois, O., Fontaine, M., 2012. Résultats du classement de l'état hydromorphologique des masses d'eau littorales DCE dans deux DOM : Mayotte et la Martinique. BRGM, 139 pp.

Le principal changement mis en application en 2021 concerne le changement de laboratoire pour les nutriments (Ifremer).

Guide de lecture

Ce type d'encadré présente les informations clés à retenir



Les évolutions du suivi sont présentées afin d'en faciliter la gestion au fil du temps:

Evolutions par rapport à l'année n-1

- Ex : Prospective pour le suivi des communautés benthiques dans les nouvelles masses d'eau, si pertinent : **non effectué**

Evolutions attendues pour l'année n+1

- Ex : Prospective pour le suivi des communautés benthiques et des herbiers dans les nouvelles masses d'eau FRJC005, 009 et 014, si pertinent

- **SOMMAIRE**

| | |
|---|------------|
| 1 La Directive Cadre sur l'Eau appliquée aux Masses d'Eau Côtières et de Transition de la Martinique : contexte règlementaire et mise en œuvre | 10 |
| 1.1 Contexte réglementaire et suivi réel | 11 |
| 1.2 Le suivi 2021 dans le cycle de gestion | 14 |
| 1.3 Définition de l'état d'une ME à partir de l'état écologique (état biologique, physicochimique et hydromorphologique) et de l'état chimique | 14 |
| 1.4 Réseau de suivi 2021 | 17 |
| 1.4.1 Masses d'eau et types | 17 |
| 1.4.2 Sites DCE | 17 |
| 1.4.3 Fréquences d'échantillonnage et paramètres | 19 |
| 1.4.4 Protocoles de suivi | 20 |
| 1.5 Données générales | 21 |
| 1.5.1 Données météorologiques | 21 |
| 1.5.2 Déroulement des campagnes | 22 |
| 1.5.3 Paramètres physico-chimiques généraux | 23 |
| 2 Indicateurs : résultats annuels et historiques, évaluation de qualité | 24 |
| 2.1 Qualité biologique : Indicateur communautés corallieennes | 25 |
| 2.1.1 Protocole communautés corallieennes - résumé | 25 |
| 2.1.2 Bancarisation des données communautés corallieennes | 26 |
| 2.1.3 Résultats 2021 et comparaisons historiques | 26 |
| 2.1.4 Evaluation DCE 2016-2021 | 72 |
| 2.1.4.1 Grilles de qualité | 72 |
| 2.1.4.2 Qualité des communautés corallieennes : résultats des indices corail et macroalgues et de l'indicateur communautés corallieennes | 75 |
| 2.1.4.3 Evolution des notes des indices corail et macroalgues depuis 2010 | 77 |
| 2.1.5 Discussion générale communautés corallieennes | 79 |
| 2.1.5.1 Commentaires globaux sur les observations de 2021 | 79 |
| 2.1.5.2 Evaluation de l'état écologique général et évaluation des pressions : pistes de métriques et indices | |
| | 80 |
| 2.2 Qualité biologique : Indicateur herbiers de phanérogames marines (en cours de développement) | 87 |
| 2.2.1 Protocole pour les herbiers de phanérogames marines – résumé | 87 |
| 2.2.2 Bancarisation des données herbier | 87 |
| 2.2.3 Résultats 2021 et comparaison historique | 88 |
| 2.2.4 Evaluation DCE 2016-2021 | 111 |
| 2.2.4.1 Grilles de qualité et Indicateur herbiers de phanérogames marines | 111 |
| 2.2.4.2 Indicateur herbiers de phanérogames marines | 111 |
| 2.3 Qualité biologique: Indicateur phytoplancton | 112 |
| 2.3.1 Protocoles pour le phytoplancton - résumé | 112 |
| 2.3.2 Bancarisation des données planctoniques | 113 |
| 2.3.3 Evaluations, calcul des indicateurs | 113 |
| 2.3.4 Résultats 2021 et comparaison historique | 113 |
| 2.3.4.1 Biomasse chlorophyllienne : Chlorophylle a | 113 |
| 2.3.4.2 Diversité phytoplanctonique : pigments | 115 |
| 2.3.4.3 Abondance nano et pico-planctonique | 118 |
| 2.3.4.4 Abondance microphytoplanctonique | 120 |
| 2.3.5 Evaluation DCE 2016-2021 | 124 |
| 2.3.5.1 Grilles de qualité | 124 |
| 2.3.5.2 Qualité par le phytoplancton: résultats des indices biomasse et abondance et de l'indicateur phytoplancton | |
| | 125 |
| 2.4 Qualité physico-chimique : Indicateur température | 132 |
| 2.4.1 Protocole pour les paramètres physico-chimiques in situ | 132 |
| 2.4.2 Bancarisation des données physico-chimiques | 132 |
| 2.4.3 Evaluations, calcul des indicateurs | 132 |
| 2.4.4 Résultats 2021 et comparaison historique | 132 |
| 2.4.5 Evaluation DCE 2016-2021 | 133 |
| 2.4.5.1 Grilles de qualité | 133 |
| 2.4.5.1 Indicateur température | 133 |

| | |
|--|------------|
| 2.5 Qualité physico-chimique : Indicateur oxygène | 135 |
| 2.5.1 Protocole pour les paramètres physico-chimiques <i>in situ</i> | 135 |
| 2.5.2 Résultats 2021 et comparaison historique | 135 |
| 2.5.3 Evaluation DCE 2016-2021 | 137 |
| 2.5.3.1 Grilles de qualité | 137 |
| 2.5.3.2 Indicateur oxygène | 137 |
| 2.6 Qualité physico-chimique : Indicateur transparence | 140 |
| 2.6.1 Protocole pour le paramètre Turbidité | 140 |
| 2.6.2 Résultats 2021 et comparaison historique | 140 |
| 2.6.3 Evaluation DCE 2016-2021 | 142 |
| 2.6.3.1 Grilles de qualité | 142 |
| 2.6.3.2 Indicateur transparence | 142 |
| 2.7 Qualité physico-chimique : Indicateur nutriments | 145 |
| 2.7.1 Protocole pour les nutriments | 145 |
| 2.7.2 Résultats 2021 et comparaison historique | 145 |
| 2.8 Qualité physico-chimique : polluant spécifique de l'état écologique | 147 |
| 2.8.1 Protocole pour le polluant spécifique de l'état écologique (PSEE) | 147 |
| 2.8.2 Evaluation DCE | 147 |
| 3 Etat des masses d'eau DCE sur la période 2016-2021 | 150 |
| 3.1 Etat écologique des masses d'eau DCE sur la période 2016-2021 | 151 |
| 3.1.1 Qualité biologique | 152 |
| 3.1.2 Qualité physico-chimique (partielle) | 155 |
| 3.1.3 Qualité hydromorphologique | 158 |
| 3.1.4 Etat écologique | 159 |
| 3.2 Etat chimique des masses d'eau DCE sur la période 2016-2021 à partir des données de 2019 | 164 |
| 3.3 Etat global des masses d'eau DCE sur la période 2016-2021 | 166 |
| 4 Comparaison des états écologiques sur les cinq dernières périodes et comparaison avec les objectifs SDAGE 2016-2021 | 168 |
| 4.1 Comparaison des états écologiques | 169 |
| 4.2 Comparaison des états écologiques 2016-2021 avec les objectifs du SDAGE | 172 |
| 5 Discussion et recommandations | 175 |
| 5.1 Réseau | 177 |
| 5.2 Traitement des données pour les évaluations DCE | 178 |
| 5.3 Elément de qualité phytoplancton | 178 |
| 5.3.1 Indice biomasse : Chlorophylle <i>a</i> | 178 |
| 5.3.2 Indice abondance : Flore totale | 179 |
| 5.3.3 Indice abondance : Pico-nanophytoplancton | 179 |
| 5.4 Elément de qualité communautés corallieennes | 180 |
| 5.5 Elément de qualité herbier | 180 |
| 5.6 Elément de qualité « physico-chimie » | 180 |
| 5.6.1 Indicateur Turbidité | 180 |
| 5.6.2 Indicateur Nutriments | 180 |
| 5.7 Qualité chimique et polluant spécifique de l'état écologique | 181 |
| 5.8 Paramètres complémentaires d'aide à l'interprétation des données et la compréhension des pressions | 181 |
| 6 Conclusion générale | 182 |
| 7 Bilan Pression / Etat des masses d'eau : Fiches synthèse | 184 |
| 8 Glossaire | 186 |
| 9 Sigles & Abréviations | 187 |
| - Bibliographie | 188 |
| 10 Table des illustrations | 193 |
| 11 Annexes | 199 |

| | |
|---|------------|
| 11.1 Annexe 1 : Représentation graphique des valeurs ponctuelles de physico-chimie sur la période 2017-2021, par paramètre et par masse d'eau | 199 |
| 11.2 Annexe 2 : Liste des taxons du microphytoplancton retenus ou non pour le calcul de l'indice abondance, mise à jour par la cellule REPHY en 2020 (T :taille ; 1 :<20 µm ; 2 :>20 µm) | 217 |
| 11.3 Annexe 3 : Résultats du phytoplancton (concentration en pigments, abondances pico, nano et microplanctoniques) par masse d'eau | 222 |
| 11.4 Annexe 4 : Calcul de l'indicateur nutriment et évaluation des masses d'eau incluant cet indicateur | 240 |
| 11.4.1 Evaluation DCE 2016-2021 | 240 |
| 11.4.1.1 Grilles de qualité | 240 |
| 11.4.1.2 Indicateur nutriments | 240 |
| 11.4.2 Evaluation DCE 2016-2021 | 245 |
| 11.4.2.1 Grilles de qualité | 245 |
| 11.4.2.2 Indicateur nutriments | 246 |

1 La Directive Cadre sur l'Eau appliquée aux Masses d'Eau Côtières et de Transition de la Martinique : contexte règlementaire et mise en œuvre

1.1 Contexte réglementaire et suivi réel

La Directive Cadre sur l'Eau (ou DCE : Parlement Européen & Conseil De l'Union Européenne 2000) a été publiée au Journal Officiel de la Communauté européenne le 22 décembre 2000 et est donc entrée en vigueur à cette date. La Directive établit un cadre pour la protection de l'ensemble des eaux des pays européens.

Les objectifs environnementaux de la DCE pour toutes les masses d'eau de surface sont (Article 4) :

- prévenir la détérioration de l'état de toutes les masses d'eau de surface ;
- protéger, améliorer et restaurer afin de parvenir à un « bon état » des eaux de surface ;
- mettre en œuvre les mesures nécessaires afin de réduire progressivement la pollution due aux substances prioritaires et d'arrêter ou de supprimer progressivement les émissions, les rejets et les pertes de substances dangereuses prioritaires.

Pour évaluer si les États membres répondent à ces objectifs, il est notamment nécessaire de :

- caractériser le district hydrographique et identifier les différentes masses d'eau (Article 5) et leur typologie ;
- définir ce qu'est le « bon état » pour un type de masse d'eau donné ;
- évaluer à partir de ce référentiel, l'évolution de l'état des masses d'eau c'est-à-dire conduire un programme de surveillance de l'état des eaux (Article 8).

Pour le suivi de l'année 2021, le texte servant de référence à :

- la mise en place des réseaux de suivi est l'arrêté du 17 octobre 2018 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux: il décrit les protocoles et fréquences d'échantillonnage du réseau de surveillance et les critères de décisions entre les différents indicateurs pour aboutir à l'état écologique. Le programme de surveillance est repris localement dans l'arrêté préfectoral n°R02-2016-11-28-02 du 28 novembre 2016.
- l'évaluation de l'état des masses d'eau est l'arrêté du 27 juillet 2018 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface: il rapporte les valeurs de référence des masses d'eau pour les divers indicateurs, décrit les éléments de qualité à prendre en compte dans l'évaluation de l'état, définit les valeurs seuils des classes d'état pour les différents éléments de qualité. **Cependant, pour les eaux côtières des DOM, ce texte n'apporte que des définitions mais aucune valeur de référence ni valeur seuil.**

Comparaison du contexte réglementaire et du suivi réellement effectué

Les conditions d'application de la DCE en Martinique, plus précisément les protocoles utilisés et les fréquences de suivi, sont comparés avec les méthodologies décrites dans l'arrêté du 17 octobre 2018 relatif au programme de surveillance et dans l'arrêté préfectoral n°R02-2016-11-28-02 du 28 novembre 2016.

L'annexe IV - section 3 intitulée « Description des outils, méthodes d'échantillonnage, de traitement et d'analyse des échantillons pour les eaux littorales » de l'arrêté du 17 octobre 2018 ne précise pour les Antilles que la méthodologie pour le benthos récifal. L'arrêté préfectoral juge le suivi des invertébrés de substrat meuble non faisable à ce jour et demande une adaptation pour le suivi de cet élément. L'arrêté du 17 octobre 2018 n'inclus plus cet élément dans le suivi des Antilles.

L'annexe VI intitulée « Paramètres et fréquences pour le programme de contrôle de surveillance des eaux de surface » du même arrêté contient un tableau spécifique aux eaux côtières de Martinique et Guadeloupe.

Un premier tableau récapitule les informations pour les éléments biologiques (Tableau 1), un second pour la physico-chimie (Tableau 2) et un troisième pour les éléments chimiques (Tableau 3).

Concordance du suivi réalisé vis à vis du contexte réglementaire :

En ce qui concerne les **éléments biologiques** et les **éléments physico-chimiques**, le suivi réalisé est **conforme** à ce qui est demandé dans les textes réglementaires.

En ce qui concerne les **éléments chimiques**, le suivi n'est pas conforme au texte car adapté par l'Office de l'Eau Martinique en accord avec l'Ifremer (AMO sur la DCE) :

- substances de l'état chimique : le suivi dans l'eau devrait être de 12 fois / année, 1 fois/ SDAGE. La méthode intégratrice des échantillonneurs passifs a été préférée, avec un suivi 1 fois / année, 1 fois/ SDAGE ;
- polluant spécifique de l'état écologique : le suivi dans l'eau devrait être de 4 fois/ année, 1 fois/ SDAGE. La méthode intégratrice des échantillonneurs passifs a été préférée car plus efficiente, avec un suivi 1 fois / année, 1 fois / SDAGE
- substances pertinentes : il n'y a pas de suivi spécifique pour l'instant. Il est probable que certaines molécules soient incluses dans le suivi « Echantillonneurs passifs »



Tableau 1 : Comparaison des protocoles et fréquences de suivi des éléments biologiques décrits dans l'arrêté du 17 octobre 2018 avec ceux appliqués pour la DCE Martinique (compilation de l'annexe IV et VI de l'arrêté)

| Arrêté du 17 octobre 2018 et Arrêté préfectoral n°R02-2016-11-28-02 du 28 novembre 2016 | | | | | Effectivement réalisé pour la DCE Martinique | | | | | | |
|---|-----------------------------|----------------------|--|--|--|----------------------|-----------------------------|----------------------|---|---|---------------------------------|
| Eléments biologiques | localisation du prélèvement | Nbre d'années /SDAGE | Fréquence /année | paramètre | méthode | Eléments biologiques | localisation du prélèvement | Nbre d'années /SDAGE | Fréquence/année | paramètre | méthode |
| Phytoplancton (biomasse et abondance) | Sub-surface | 6 | 6 minimum pour tous sites 12 pour 2 sites | Biomasse : Chlorophylle a | Spectrophotométrie Fluorométrie Chromatographie Images satellites | Phytoplancton | Sub-surface | 6 | 6 pour tous sites depuis 2019, 4 depuis 2014 12 pour 2 sites | Chlorophylle a | Chromatographie |
| | | | | Abondance : Pico et nanoplancton Phytoplancton | Cytométrie en flux Uthermöhl | | | | | Abondance : Pico et nanoplancton Phytoplancton | Cytométrie en flux Uthermöhl |
| | | | | | | | | | | Composition taxinomique | Uthermöhl |
| Angiospermes | | 2 | 1 | protocole Méditerranée: limite inférieure herbier nombre de faisceaux dans quadrats | biométrie des feuilles pesée des feuilles épibionthes | Angiospermes | | 1 | 1 fois/an – début saison des pluies | composition sp. / couverture / biométrie des feuilles / épibioses (en cours de développement) | LIT BELT Quadrat |
| Benthos récifal | | 2 | 1 | composition et abondance relative corail + autres organismes benthiques | 6 PIT 10m | Benthos récifal | | 1 | 1 fois/an – début saison des pluies | occurrence CV + autre benthos densité oursins + maladies | PIT Quadrat |

Tableau 2 : Comparaison des protocoles et fréquences de suivi des éléments physico-chimiques décrits dans l'arrêté du 17 octobre 2018 avec ceux appliqués pour la DCE Martinique (compilation de l'annexe IV et VI de l'arrêté)

| Arrêté du 17 octobre 2018 et Arrêté préfectoral n°R02-2016-11-28-02 du 28 novembre 2016 | | | | | Effectivement réalisé pour la DCE Martinique | | | | |
|---|-----------------------------|----------------------|--|---|--|-----------------------------|----------------------|---|---------------------------|
| Eléments physico-chimiques | localisation du prélèvement | Nbre d'années /SDAGE | Fréquence /année | méthode | Eléments physico-chimiques | localisation du prélèvement | Nbre d'années /SDAGE | Fréquence /année | méthode |
| Température, salinité, oxygène dissous | sub-surface et fond | 6 | 6 min pour tous sites 12 pour 2 sites | <i>in situ</i> | Température, salinité, oxygène dissous | sub-surface et fond | 6 | 6 pour tous sites depuis 2019, 4 depuis 2014 12 pour 2 sites | <i>in situ</i> |
| Turbidité | sub-surface | | | <i>in situ</i> ou laboratoire dans délais acceptables | Turbidité | sub-surface | | | laboratoire (Impact Mer) |
| Nutriments | sub-surface | | | flux continu ou « manuelle » | Nutriments | sub-surface | | | Adapté de Aminot &Kerouel |

Tableau 3 : Comparaison des protocoles et fréquences de suivi des éléments chimiques décrits dans l'arrêté du 17 octobre 2018 et dans l'arrêté préfectoral avec ceux appliqués pour la DCE Martinique (compilation de l'annexe II et III de l'arrêté)

| Arrêté du 17 octobre 2018 et Arrêté préfectoral n°R02-2016-11-28-02 du 28 novembre 2016 | | | | | Effectivement réalisé pour la DCE Martinique | | | | |
|---|--|--------------------------|--------------------|-------------|--|------------|-------------|--------------------|-------------|
| Eléments chimiques | Paramètres | Matrice | Nbre années /SDAGE | Fréq /année | Eléments chimiques | Paramètres | Matrice | Nbre années /SDAGE | Fréq /année |
| Substances de l'état chimique (Annexe II) | Tableau 23 | biote eau | non imposé | | Substances de l'état chimique (Annexe II) | pas tous | biote | 6 | 2 |
| | | | 1 | 12 | | | eau | 2 | 1 |
| | substances 2, 5, 6, 7, 12, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 26, 28, 30, 34, 35, 36, 37, 43 et 44 de l'annexe X directive 2000/60/CE | sédiments | 2 | 1 | | | | | 0 |
| Poluant spécifique de l'état écologique | Chlordécone | biote en priorité ou eau | 1 | 4 | Poluant spécifique de l'état écologique | | eau + biote | 2 | 1 |
| Substances pertinentes (Annexe III) | liste A commune et complémentaire DOM | eau sédiments | 2 | | Substances pertinentes (Annexe III) | pas tous | eau | 1 | 1 |
| | | eau sédiments | | | | | sédiments | | 0 |

1.2 Le suivi 2021 dans le cycle de gestion

Le suivi 2021 s'inscrit dans le cycle du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) et du Programme de Surveillance (PDS) 2016-2021. En 2019 a eu lieu la réalisation de l'Etat des Lieux (EDL) du programme de surveillance, en vue d'établir le prochain SDAGE 2022-2027 (Figure 1).

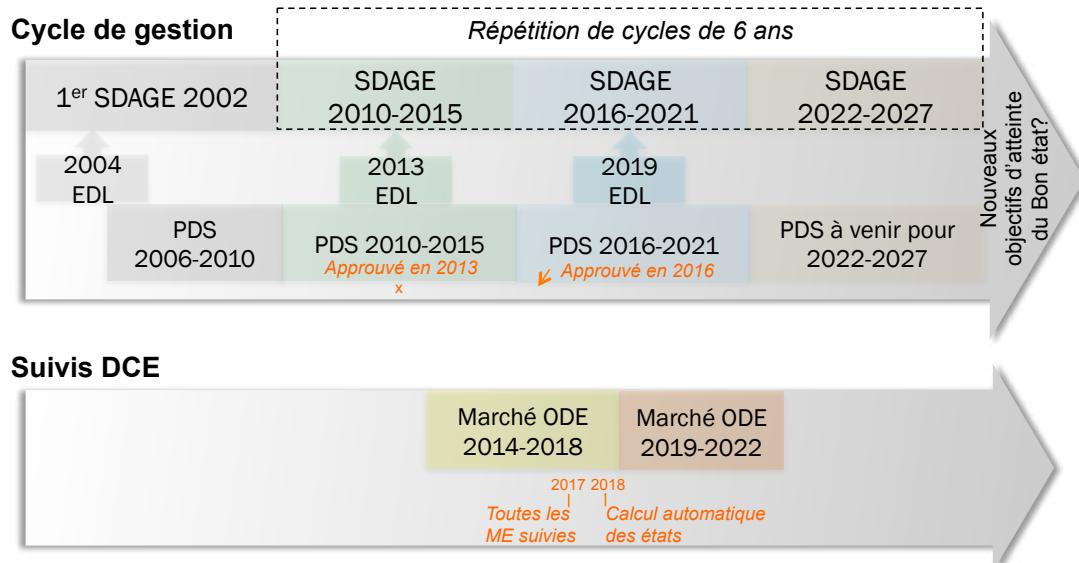


Figure 1 : Schéma organisationnel du suivi DCE dans le cycle SDAGE

Le suivi 2021 s'inscrit dans le marché de l'Office de l'Eau Martinique pour le suivi DCE des eaux littorales, reconductible jusqu'en 2022.

Dans le cadre du marché 2019-2022, des évolutions par rapport au marché précédent sont apparues en 2019 : féquence de suivi des sites qui devient bimestrielle, changement de laboratoire pour les nutriments et le microphytoplancton. En 2021, la modification majeure concerne encore une fois un changement de laboratoire pour les nutriments.

1.3 Définition de l'état d'une ME à partir de l'état écologique (état biologique, physicochimique et hydromorphologique) et de l'état chimique

L'état global de la masse d'eau est déterminé selon le principe de l'élément déclassant entre l'état écologique et l'état chimique.

L'état écologique est défini par des éléments de qualité biologique, des éléments physico-chimiques généraux et les substances prioritaires de l'état écologique.

L'état chimique de la masse d'eau dépend de la concentration des substances prioritaires mesurées.

Si la masse d'eau présente un état chimique mauvais, ce résultat déclasse l'état global de la masse d'eau en « non atteinte du bon état » (Figure 2).



Figure 2 : Schéma d'évaluation de l'état des eaux de surface à partir de l'état écologique et de l'état chimique

Nota bene : Adapté de la DCE, Arrêté du 27 juillet 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique

L'état écologique est défini selon le schéma suivant (Figure 3) qui explicite le rôle respectif (arbre de décision) de la qualité biologique, physicochimique et hydromorphologique dans la classification **d'une masse d'eau (ME)**.

D'après l'arrêté et les guides européens, la règle d'agrégation des éléments de qualité biologique ou physicochimique est le principe de **l'élément de qualité déclassant**. Au sein de chaque catégorie, c'est l'élément qui est dans le « moins bon état » qui détermine l'état de la masse d'eau.

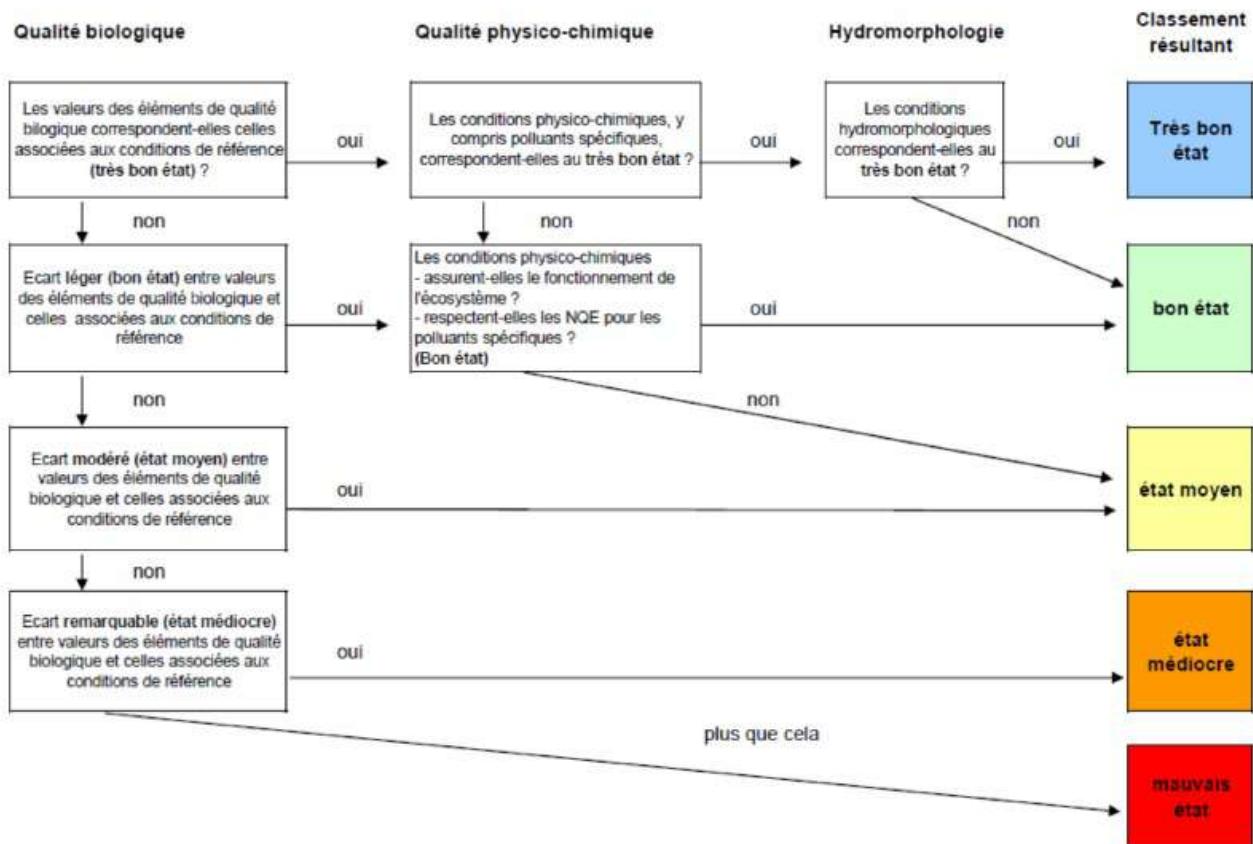


Figure 3 : Arbre de décision pour l'évaluation de l'état écologique d'une masse d'eau à partir des éléments de qualité biologique, physico-chimique et hydromorphologique

Source : Arrêté du 27 juillet 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, Annexe 2, 1

Les indices et indicateurs DCE retenus pour la Martinique sont synthétisés à la Figure 4. Sont également présentées les méthodes d'agrégations entre les **éléments de qualité biologique** pour obtenir la **QUALITE BIOLOGIQUE** et entre les **éléments de qualité physico-chimique** pour obtenir la **QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE**. Enfin l'obtention de **l'ETAT ECOLOGIQUE** se fait grâce à un arbre de décision impliquant la qualité biologique, la qualité physico-chimique et la qualité hydromorphologique (Figure 3).

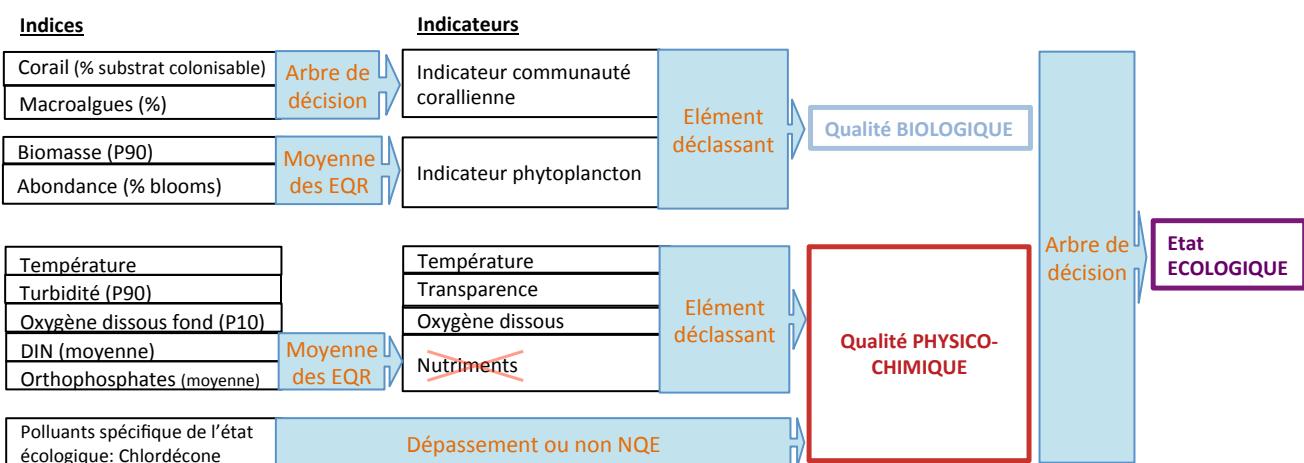


Figure 4 : Synthèse des règles d'agrégation des éléments de qualité afin d'évaluer l'état écologique des ME, pour l'évaluation 2021

L'état chimique est évalué en utilisant les concentrations dans l'eau et dans le biote (lorsque la NQE existe). Pour les concentrations dans l'eau, l'arrêté d'évaluation du 27 juillet 2018 précise que la NQE-CMA (norme de qualité environnementale en concentration maximale admissible) est comparée à la concentration maximale mesurée dans l'année. Pour les concentrations dans le biote, la moyenne des valeurs mesurées sur l'ensemble du cycle est comparée à la NQE. L'état chimique se voit déclassé en mauvais état si une seule substance prioritaire dépasse la NQE-CMA.

Extrapolation spatiale : cas des ME de la baie de Fort-de-France FRJC015 et FRJC016

Les règles concernant l'extrapolation spatiale sont définies dans l'annexe 10 de l'arrêté d'évaluation du 27 juillet 2018 (MEDDE, 2015) et précisées dans le Guide d'évaluation 2018 (MTES, 2018).

Ces règles sont destinées à la définition de l'état écologique et chimique pour les masses d'eau non suivies au titre de la DCE.

Dans le cas d'un groupe homogène de masses d'eau présentant un contexte similaire du point de vue de la typologie des milieux et des pressions, l'état de la masse d'eau peut être estimé par rapprochement à des masses d'eau évaluées à partir des données de suivi.

Une expertise réalisée dans le cadre de l'état des lieux 2019 a mis en évidence des différences de qualité physico-chimique entre les trois masses d'eau, et préconise de ne pas faire une évaluation groupée.

Règles d'aggrégation : cas des ME avec plusieurs sites de suivi

Généralement, lorsqu'une masse d'eau est munie de plusieurs sites de suivi représentatifs de l'état de la masse d'eau, la classe d'état écologique de la masse d'eau est déterminée par la classe d'état la plus pénalisante de ces sites. Le guide d'évaluation (MTES, 2018) précise que le calcul de l'indicateur se fait en **conservant la valeur la plus pénalisante, par masse d'eau et par mois**.

Cependant, pour le calcul de l'indicateur communautés corallienne, les données sur les coraux et les macroalgues ne pouvant être dissociées, pour chaque site sont calculés les indices corail et macroalgues. L'indicateur communautés coralliniennes est ainsi obtenu pour chaque site et c'est le site ayant l'indicateur le plus pénalisant qui est retenu pour représenter la qualité de la masse d'eau.

Règle de calcul : cas des ME avec plusieurs valeurs/campagne

En cas de mesure en réplicat sur un site, c'est la moyenne des valeurs qui est conservée pour l'évaluation.

Chronique de données à utiliser pour l'état 2016-2021

Pour les eaux littorales, sont utilisées les données des six années consécutives les plus récentes pour lesquelles on dispose de données qualifiées. Seules des données qualifiées en « Bon » ou non encore qualifiées sont retenues pour les évaluations. A défaut de celles-ci, sont utilisées les données disponibles et validées de la ou des années les plus récentes (Annexe 9.2 arrêté évaluation 27 juil. 2015).

1.4 Réseau de suivi 2021

1.4.1 Masses d'eau et types

Sur la base des critères de délimitation retenus, la zone littorale de la Martinique a été découpée en 19 Masses d'Eau Côtieres (MEC ; FRJC001 à FRJC019) et une masse d'eau de transition (MET ; FRJT001)(Comité de Bassin, 2004 ; ODE, 2019).

Ces masses d'eau définies appartiennent à 7 types de masses d'eau côtières présentant des types littoraux et un niveau d'exposition différents (Figure 5 ; Tableau 4) (SDAGE 2010-2015):

- Type 1 : Baie. Il regroupe les masses d'eau de la baie de Fort-de-France (FRJC001, 015 et 016), du Robert (FRJC005 et 007), du Marin (FRJC010), du Trésor (FRJC013) et du Galion (FRJC014). Baies urbanisées ou non, plus ou moins envasées, présentant des mangroves, des herbiers de mangrove et des cayes. Les fonds de baies, généralement envasés, peuvent être distingués des sorties de baie, généralement plus préservées.
- Type 2 : Récifs frangeants et lagons atlantiques. Il englobe les masses d'eau des côtes du François (FRJC006) à Sainte-Anne (FRJC008) et la baie de la Trinité (FRJC012). Ce type présente de grands herbiers de phanérogames, incluant de petites baies à mangroves.
- Type 3 : Récif barrière atlantique. Il correspond à la masse d'eau du large, à l'est de la Martinique (FRJC011). Les peuplements présents sont de type algo-coralliens.
- Type 4 : Côte rocheuse très exposée et plateau insulaire atlantique. Il correspond à la masse d'eau FRJC004 entre Cap Saint-Martin à l'extrémité nord de la Martinique et le nord de la baie de la Trinité. Les milieux subissent les pollutions agricoles et urbaines entre Le Lorrain et Grand Rivière
- Type 5 : Côte rocheuse protégée Caraïbes. Il englobe les masses d'eau protégées des houles et vents dominants, sur la façade Nord-Ouest (FRJC002) et Sud-Ouest de la Martinique (FRJC003), hors baie de Fort-de-France. Les peuplements coralliens des tombants côtiers sont vulnérables aux houles cycloniques aux faibles profondeurs.
- Type 6 : Côte abritée à plate-forme corallienne. Il concerne les masses d'eau côtières du sud Martinique (FRJC009, 017 et 018). Les milieux subissent des pressions urbaines fortes (Sainte-Luce, Diamant, Rivière Pilote) et sont exposé aux houles cycloniques.
- Type 7 : Eaux du large de la baie méridionale de St-Luce au Diamant. Il correspond à la masse d'eau du large, au delà de la plate-forme corallienne, au sud de la Martinique (FRJC019).

1.4.2 Sites DCE

Le réseau correspond au réseau de surveillance définitif du programme de surveillance 2016-2021 publié dans l'arrêté préfectoral de surveillance n°201611-0011 (Impact Mer, 2016) : il comprend 20 sites hydrologiques, 15 sites communautés corallierennes et 9 sites herbiers répartis dans les différentes masses d'eau. Le réseau de suivi 2021 est identique à celui de 2017, 2018, 2019 et 2021 (Figure 5, Tableau 4).

Les sites de suivi communautés corallierennes et herbiers sont restés inchangés depuis 2016.

Pour le suivi hydrologique, quatre sites ont été ajoutés en 2017 afin de compléter le réseau et suivre l'ensemble des masses d'eau : FRJC014 : Baie du Galion, FRJC005 : Baie du Robert, FRJC009 : Pointe Catherine et FRJT001 : Etang des Salines Centre. Ce dernier concerne la masse d'eau de transition (MET).

La Baie de Fort-de-France, compte trois masses d'eau. Seule la masse d'eau FRJC001 possède un suivi complet. La masse d'eau FRJC016 possède uniquement un suivi « communautés corallierennes » et FRJC015 n'est pas suivie.

L'ajout de sites de suivi physico-chimique et phytoplancton est à l'étude pour les masses d'eau FRJC015 et 016, afin de les inclure dans le prochain programme de surveillance 2022-2027. Avec l'ajout de ce sites, l'ensemble des masses d'eau seront suivies.

L'ensemble des suivis réalisés en 2021 et les coordonnées des sites sont présentés Figure 5 et Tableau 4.

Evolutions par rapport à 2020 concernant le réseau de suivi

- Ajout d'un site et utilisation des sites du « Suivi de la Baie de Fort-de-France » avec ajout de paramètres, pour les masses d'eau FRJC015 et 016 : **début 2^{ème} semestre 2022**

Evolutions attendues en 2022 concernant le réseau

- Aucun évolution attendue pour 2022. L'ajout d'un site et utilisation des sites du « Suivi de la Baie de Fort-de-France » avec ajout de paramètres, pour les masses d'eau FRJC015 et 016 est mis en place au 2^{ème} semestre 2022



DCE - Martinique - Cartographie des masses d'eau et sites

Sites

- Communautés corallines
- Communautés Coralliniennes + physicochimie & phytoplancton
- Herbiers
- Physicochimie & phytoplancton

Masses d'eau côtières

- Baies
- Côte abritée à plate-forme corallienne
- Côte rocheuse protégée caraïbe
- Côte rocheuse très exposée et plateau insulaire atlantique
- Eaux du large de la Baie Méridionale de Sainte-Luce au Diamant
- Récifs barrières atlantiques
- Récifs frangeants et lagons atlantiques

0 5 10 15 20 km

Sources : ODE Martinique
Réalisation M. Thabard, Impact Mer

© Impact Mer

Figure 5 : Cartographie des sites DCE du réseau et de surveillance pour les années 2017 à 2021

Tableau 4 : Description des sites de surveillance des MEC et de la MET et type de suivi réalisé en 2021. Les coordonnées GPS sont données en WGS 84/UTM 20N. ME= masse d'eau, CC= Communautés corallieennes, H= Herbiers, PP= Physico-chimie et phytoplancton, C=Chimie

| Masse d'eau | Code | Type ME | Site | Code Q ² | Sandre | Type de suivi | WGS 84/UTM 20N | |
|---|---------|---------|--------------------------|---------------------|----------|---------------|----------------|---------|
| | | | | | | | X | Y |
| Baie du Trésor | FRJC013 | 1 | Baie du Trésor | 125-P-046 | 60002391 | CC_PP | 727672 | 1632538 |
| Baie du Trésor | FRJC013 | 1 | Baie du Trésor Herbier | 125-P-020 | 60008813 | H | 727527 | 1632795 |
| Baie du Galion | FRJC014 | 1 | Baie du Galion | 125-P-017 | 60008811 | PP | 724020 | 1629706 |
| Baie de Génipa | FRJC001 | 1 | Banc Gamelle | 125-P-005 | 49130203 | PP | 711026 | 1612750 |
| Baie de Génipa | FRJC001 | 1 | Caye à Vache | 125-P-021 | 60008814 | H | 712377 | 1610818 |
| Ouest de la Baie de Fort-de-France | FRJC016 | 1 | Caye Grande Sèche | 125-P-022 | 60008815 | CC | 709188 | 1612903 |
| Est de la Baie du Robert | FRJC007 | 1 | Illets à rats | 125-P-040 | 60002385 | CC_PP | 726464 | 1624462 |
| Est de la Baie du Robert | FRJC007 | 1 | Illets à rats Herbier | 125-P-029 | 60008820 | H | 726223 | 1624537 |
| Baie du Marin | FRJC010 | 1 | Baie du Marin | 125-P-043 | 60002388 | CC_PP_H | 727136 | 1598633 |
| Fond Ouest Baie du Robert | FRJC005 | 1 | Baie du Robert | 125-P-018 | 60008812 | PP | 723643 | 1622950 |
| Littoral du Vauclin à Sainte-Anne | FRJC006 | 2 | Caye Pariadis | 125-P-039 | 60002384 | H_PP | 736099 | 1608396 |
| Littoral du François au Vauclin | FRJC008 | 2 | Pinsonnelle | 125-P-041 | 60002386 | PP | 733489 | 1615014 |
| Littoral du François au Vauclin | FRJC008 | 2 | Baie des Mulets | 125-P-016 | 60008810 | H | 732799 | 1612028 |
| Récif Barrière Atlantique | FRJC011 | 3 | Caye Pinsonnelle | 125-P-025 | 60008817 | CC | 734534 | 1617635 |
| Baie de la Trinité | FRJC012 | 2 | Loup Ministre | 125-P-045 | 60002390 | CC_PP | 721102 | 1634819 |
| Récif Barrière Atlantique | FRJC011 | 3 | Loup Garou | 125-P-044 | 60002389 | PP | 731657 | 1624164 |
| Récif Barrière Atlantique | FRJC011 | 3 | Loup Garou Corail | 125-P-034 | 60008822 | CC | 732092 | 1624320 |
| Nord Atlantique, plateau insulaire | FRJC004 | 4 | Loup Caravelle | 125-P-037 | 60002382 | CC_PP | 722347 | 1637696 |
| Nord Atlantique, plateau insulaire | FRJC004 | 4 | Cap St Martin | 125-P-038 | 60002383 | CC_PP | 692970 | 1643915 |
| Nord Caraïbes | FRJC002 | 5 | Fond Boucher | 125-P-035 | 60002380 | CC_PP | 698461 | 1621194 |
| Anses d'Arlet | FRJC003 | 5 | Cap Salomon | 125-P-036 | 60002381 | CC_PP | 704604 | 1604755 |
| Anses d'Arlet | FRJC003 | 5 | Grande Anse | 125-P-028 | 60008819 | H | 705906 | 1604568 |
| Baie du Diamant | FRJC018 | 6 | Caye d'Olbian | 125-P-014 | 60007995 | CC_PP | 713536 | 1600022 |
| Baie de Sainte-Luce | FRJC017 | 6 | Corps de Garde | 125-P-047 | 60002392 | CC_PP | 721650 | 1599300 |
| Baie de Sainte-Luce | FRJC017 | 6 | Corps de Garde Herbier | 125-P-026 | 60008818 | H | 722039 | 1600025 |
| Baie de Sainte-Luce | FRJC017 | 6 | Jardin Tropical | 125-P-044 | 60004517 | CC | 723707 | 1599082 |
| Baie de Sainte-Luce | FRJC017 | 6 | Pointe Borgnesse | 125-P-042 | 60002387 | CC_PP | 725712 | 1598329 |
| Baie de Sainte-Luce | FRJC017 | 6 | Pointe Borgnesse Herbier | 125-P-075 | 60008824 | H | 726068 | 1598825 |
| Baie de Sainte Anne | FRJC009 | 6 | Pointe Catherine | 125-P-076 | 60008825 | PP | 727066 | 1593936 |
| Eaux côtières du Sud et Rocher du Diamant | FRJC019 | 7 | Banc du Diamant | 125-P-015 | 60007996 | PP | 712770 | 1597140 |
| Etang des Salines | FRJT001 | MET | Etang Salines - centre | 125-P-062 | 60006910 | PP | 729624 | 1593450 |

1.4.3 Fréquences d'échantillonnage et paramètres

L'ensemble des suivis réalisés pour l'année 2021 est présenté dans le Tableau 5.

A partir de 2019, le suivi est devenu bimestriel sur 18 sites, contre trimestriel les années précédentes.

Banc Gamelle et Pinsonnelle font toujours l'objet d'un suivi mensuel.

Ces fréquences concernent :

- les paramètres physico-chimiques généraux : *in situ* (température, salinité, oxygène dissous et à saturation, pH), nutriments (ammonium, nitrites, nitrates, orthophosphates) et turbidité ;
- le plancton : la biomasse phytoplanctonique (pigments dont chlorophylle a) et l'abondance (microphytoplancton et pico-nano plancton).

15 sites font l'objet d'un suivi annuel (saison sèche) des communautés corallieennes et 9 d'un suivi annuel des herbiers de phanérogames.

Il n'y a pas eu de suivi chimique en 2021.

Tableau 5 : Fréquences d'échantillonnage des paramètres DCE sur les sites DCE des MEC et MET

| Sites | Physico-chimie | Phytoplancton (abondance et biomasse) | Benthos | |
|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|-----------|
| | | | Com. Coralliniennes | Herbiers |
| Banc Gamelle | Jan. 21 à Déc. 21 | Jan. 21 à Déc. 21 | | |
| Caye Grande Sèche | | | Juin 2021 | |
| Caye à Vache | | | Juin 2021 | |
| Fond Boucher | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Juin 2021 | |
| Cap Salomon | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Juin 2021 | |
| Grande Anse | | | | Juin 2021 |
| Loup Caravelle | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Juin 2021 | |
| Cap St Martin | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Juin 2021 | |
| Caye Pariaïdis | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | | Juin 2021 |
| Illet à Rats | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Juin 2021 | |
| Illet à Rats Herbier | | | | Juin 2021 |
| Baie du Robert | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | | |
| Pinsonnelle | Jan. 21 à Déc. 21 | Jan. 21 à Déc. 21 | | |
| Caye Pinsonnelle | | | Juin 2021 | |
| Baie des Mulets | | | Juin 2021 | |
| Pointe Borgnesse | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Juin 2021 | |
| Pointe Borgnesse Herbier | | | | Juin 2021 |
| Pointe Catherine | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | | |
| Baie du Marin | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Juin 2021 | Juin 2021 |
| Loup Garou | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | | |
| Loup Garou Coral | | | | Juin 2021 |
| Loup Ministre | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Juin 2021 | |
| Baie du Trésor | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Juin 2021 | |
| Baie du Trésor Herbier | | | | Juin 2021 |
| Baie du Galion | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | | |
| Corps de Garde | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Juin 2021 | Juin 2021 |
| Jardin Tropical | | | | Juin 2021 |
| Caye d'Olbian | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | | Juin 2021 |
| Banc du Diamant | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | | |
| Etang des Salines-centre | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | Fév., Avr., Juin, Aout, Oct., Déc. 21 | | |

L'évaluation de l'état se fait sur les résultats obtenus au cours des 6 dernières années de suivi. En Martinique, le choix des indicateurs biologiques adaptés au suivi de l'état écologique des masses d'eau s'est fait au fur et à mesure et est toujours en cours pour certains (Tableau 6).

Tableau 6 : Bilan des paramètres biologiques suivis de 2007 à 2021

| Elément de qualité | paramètres | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 2020 2021 |
|----------------------------|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------------|
| Phytoplancton | Biomasse (chla-spectro) | x | x | x | x | x | x | x | | | | | | |
| | Biomasse (chla-HPLC) | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x |
| | Abondance microphytoplancton | x | x | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | Abondance nano et pico-phytoplancton | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Communautés coralliniennes | Occurrence corallienne | x* | x* | x* | x* | x* | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | Occurrence en macroalgues | x* | x* | x* | x* | x* | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | Densité des oursins diadèmes | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | Sédimentation globale | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | Stress corallien | | | | | | x | | | | | | | |
| Herbiers | Structure et composition de l'herbier | x | x | x | x | | | | x | x | x | x | x | x |
| | Sédiments (triplicats) | | | | | | | | x | | | | | x |

* suivi mais résultat exploité uniquement sur les sites avec transect pérenne

1.4.4 Protocoles de suivi

Les protocoles relatifs aux différents éléments de qualité sont détaillés dans le « Rapport de Campagne complet 2021 ». Un résumé des protocoles est donné dans les parties du présent rapport relatives à chaque élément de qualité.

Pour 2021, les changements dans les protocoles concernent :

- l'analyse des nutriments. Le laboratoire devient Ifremer Nantes en remplacement de LABEO Manche.

Depuis 2019 (marché 2019-2022), les changements dans les protocoles concernent :

- l'analyse de la turbidité. Réalisée directement par Impact Mer en remplacement du LTA Martinique ;
- l'analyse de microphytoplancton. Le prestataire devient Sylvain Coulon (Ikosistema, puis Hydrexco), le même prestataire que pour la DCE Guadeloupe, en remplacement de Hydrô Réunion les nutriments. Changement de laboratoire chaque année : IPG, Labeo Manche, Ifremer.

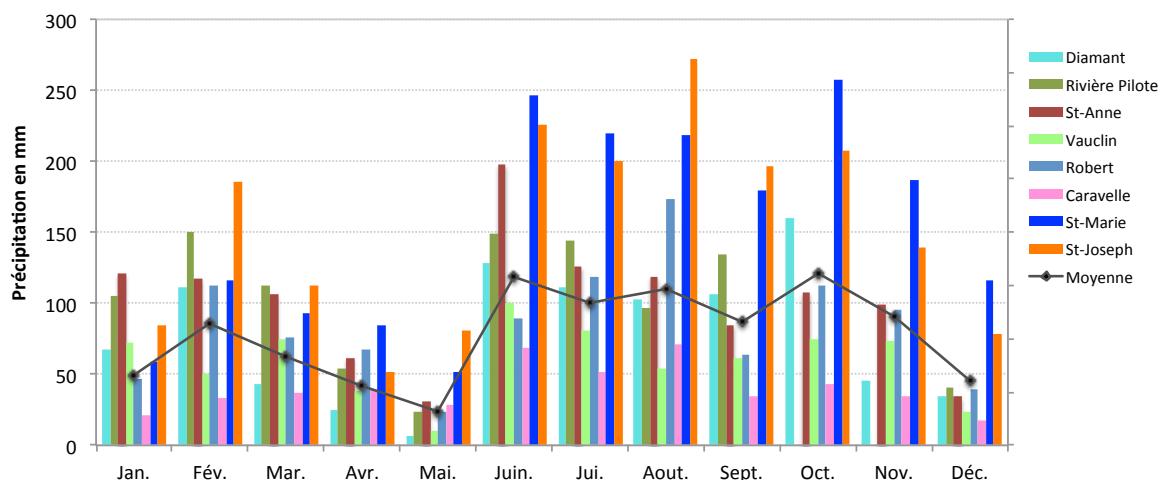
1.5 Données générales

1.5.1 Données météorologiques

Les données météorologiques intégrées à l'interprétation des résultats sont extraites des bulletins climatiques mensuels de Météo France pour l'année 2021.

Tableau 7 : Précipitations mensuelles aux stations pluviométriques pertinentes pour l'interprétation des résultats DCE

| Noms des Stations météorologiques | Sites d'étude |
|-----------------------------------|--|
| DIAMANT | Caye d'Olbian |
| RIVIERE PILOTE | Corps de garde/Pointe borgnesse |
| ST-ANNE | Baie du Marin/Pointe Catherine |
| VAUCLIN | Caye Pariadis |
| ROBERT | Baie du Robert/ Illet à Rats /Loup Garou |
| CARAVELLE | Baie du Trésor |
| ST-MARIE | Loup Ministre |
| ST-JOSEPH | Banc Gamelle |



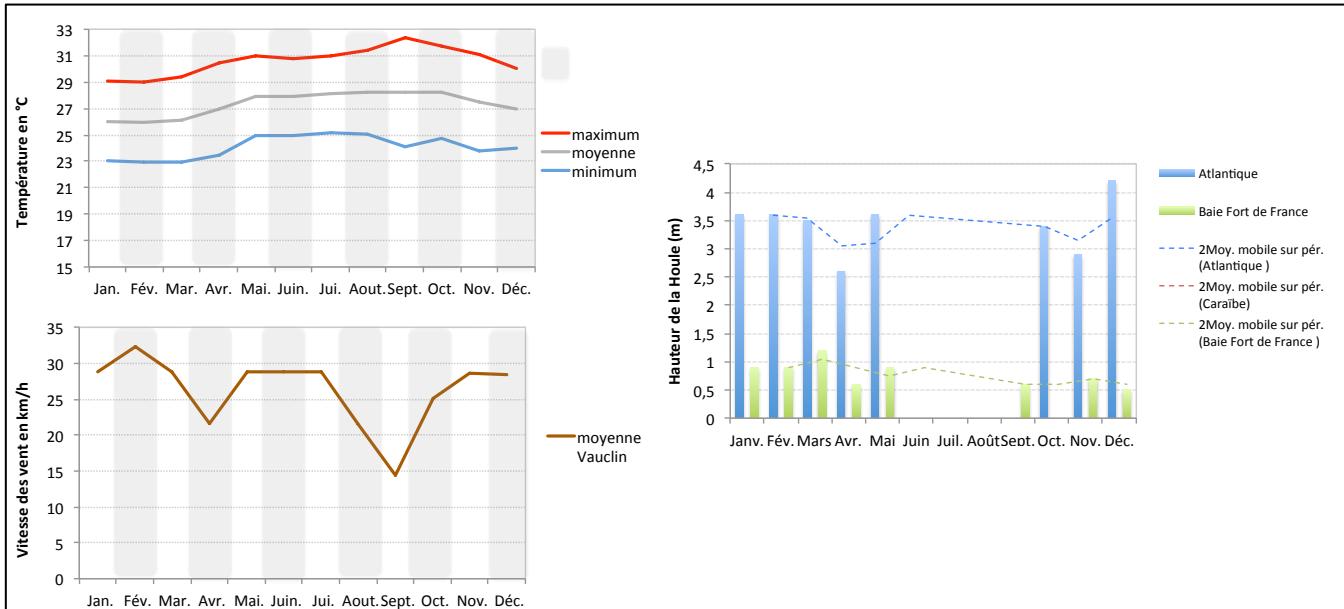
Les conditions météorologiques pour l'année 2021 sont résumées dans le Tableau 7 et la Figure 6.

En termes de précipitations, la distinction entre le carême et la saison des pluies est peu marquée du fait d'un carême assez humide et d'une saison des pluies plutôt modérée. Les mois les plus secs sont avril, mai et décembre, et les plus humides juin et octobre.

Les températures de l'air de l'année 2021 étaient comprises entre 29,1 °C et 32,4 °C pour les maximums et 23°C et 25,2°C pour les minimums, ce qui en fait une année moins chaude que 2020. Le gradient de température moyenne est peu marqué entre les saisons, avec un maximum de 2°C d'écart.

Les données concernant le régime des vents révèlent un régime d'alizés à son maximum en février avec une moyenne au Vauclin de 32,4 km/h. Le vent décroît fortement en avril pour remprendre assez fort entre mai et juillet. L'alizé disparaît en septembre et reprend dès le mois d'octobre. La saisonnalité au niveau du vent est donc également peu marquée.

Aucune tempête ni houle cyclonique de forte ampleur n'affecté la Martinique pour la saison 2021.



Source des données : Météo France

Figure 6 : Evolution mensuelle en 2021 de la température (°C), du vent (km/h) et de la hauteur de la houle (m, houlographes de Basse Pointe –Atlantique et de la baie de Fort de France)

En complément des données météorologiques, des données environnementales sont apportées pour faciliter la compréhension des valeurs mesurées ou des phénomènes biologiques observés : il s'agit de l'intensité des nappes de sargasses à proximité de la Martinique et de l'intensité de la brume de sable les jours précédents et pendant la campagne d'échantillonnage, ainsi que l'évolution annuelle de l'intensité de dispersion du panache d'eau douce provenant des grands fleuves Sud-Américains (Orénoque et Amazone principalement) qui induit une baisse de salinité des eaux (Figure 7).

Les plus fortes densités de sargasses à proximité des côtes sont observées en avril et juin. Les densités décroissent ensuite jusqu'en décembre.

La brume de sable est bien présente en février et avril puis s'estompe entre mai et août, pour reprendre septembre et octobre.

Le panache d'eau douce s'avance de façon très progressive sur l'arc Antillais à partir de février/mars, pour une dessalure maximale en août au niveau de la Martinique. Elle reste forte jusqu'en octobre, puis le panache s'estompe rapidement jusqu'en décembre. L'année 2021 se démarque par une avancée très marquée, en volume et vers le Nord, du panache de l'Orénoque, entraînant une dessalure importante de la zone Caraïbe.

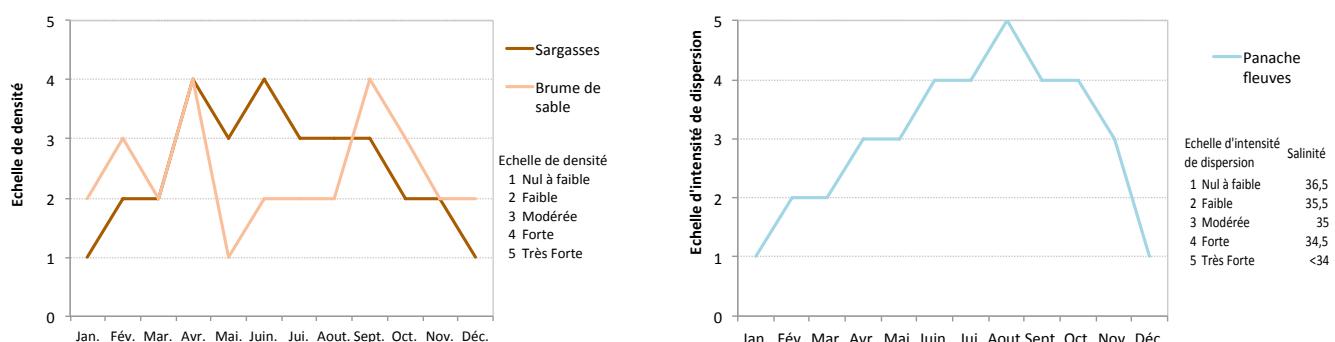


Figure 7 : Données semi-quantitatives de densité de sargasses (Univ. Of South Florida) et de brume de sable (Univ. Of Athens) et d'intensité de dispersion du panache d'eau douce des fleuves Sud-Américain (NASA) autour de la Martinique au moment des échantillonnages mensuels.

1.5.2 Déroulement des campagnes

Les campagnes physico-chimiques se sont déroulées conformément au protocole.

La campagne de suivi du benthos a été décalée deux mois plus tôt, afin de permettre le suivi des herbiers par Fanny Kerninon. Les conditions météorologiques ont été calmes en Caraïbe et plus agitées en Atlantique. La maladie à croissance rapide « Stony coral tissue loss disease » (SCTLD) a été observée sur les sites Caye Grande Sèche, Fond Boucher, Cap Salomon, Caye d'Olbian, Corps de Garde et Pointe Borgnesse et suspectée sur les sites Baie du Marin, Loup Caravelle et Loup Ministre.

1.5.3 Paramètres physico-chimiques généraux

La température moyenne de l'eau sur les sites de suivi DCE (en excluant Etang des Salines qui présente des valeurs trop extrêmes) pour l'année 2021 varie de 26,1°C en février à 29,5°C en septembre (Figure 8). La différence saisonnière est marquée. Aucune valeur ne dépasse 30°C, la température jugée par les experts scientifiques comme étant à risque pour la survie des coraux.

La salinité moyenne est en constante diminution entre janvier, mois de la valeur moyenne maximale (37,24) et août, la plus basse valeur (34,3). Les valeurs restent basses jusqu'en novembre puis retrouvent des valeurs plus « classiques » en décembre (35,6) (Figure 8). La baisse observée est bien corrélée à l'intensité de la remontée du panache des grands fleuves Sud-Américains (Figure 7). Les valeurs mesurées en 2021 sont globalement plus élevées que les années précédentes, avec une médiane plus proche de 36, par rapport aux années précédentes (Figure 9).

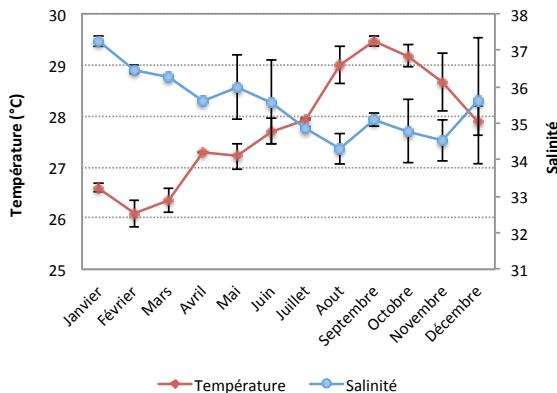


Figure 8 : Moyennes mensuelles des paramètres température et salinité sur l'année 2021, pour les sites côtiers DCE (n=19 en février, avril, juin, août, oct. et déc., sinon n=2)

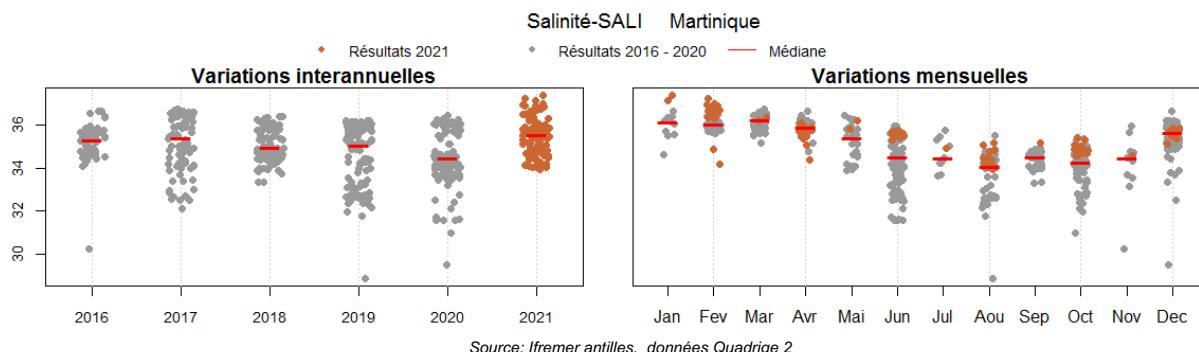


Figure 9 : Valeurs annuelles et mensuelles de la salinité sur l'année 2021, pour les sites DCE (n=19 en février, avril, juin, août, oct. et déc., sinon n=2)

Le pH moyen des sites suivis est stable autour de 8,1 sur les périodes janvier à avril et novembre et décembre (Figure 10). La sonde YSI 6600 V2 a montré des dysfonctionnements pour la mesure du pH à partir de mai, malgré le remplacement du capteur. La nouvelle sonde YSI EXO 3 a été mise en fonctionnement en novembre, ce qui a permis de récupérer des valeurs normales de pH.

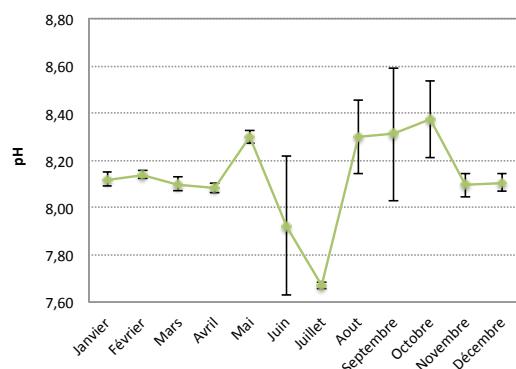


Figure 10 : Moyennes mensuelles du paramètre pH sur l'année 2021, pour les sites côtiers DCE (n=19 en février, avril, juin, août, oct. et déc., sinon n=2)

2 Indicateurs : résultats annuels et historiques, évaluation de qualité

2.1 Qualité biologique : Indicateur communautés corallieennes

2.1.1 Protocole communautés corallieennes - résumé

Le suivi annuel des communautés benthiques corallieennes se compose (Figure 11):

- d'un relevé de type « **point intercept** » (PIT), sur 6 transects successifs de 10 m. La nature du substrat et les taxons présents sont notés **tous les 20 cm**. L'effort d'échantillonnage est donc de 50 points par transect de 10 m, soit 300 points par station. Pour chaque colonie corallienne relevée, les pourcentages de nécrose et de blanchissement, ainsi que les perturbations présentes (maladies, organismes encroutants, morsures) sont notés. Le relevé des perturbations a été ajouté au protocole en 2019. Les résultats du PIT permettent de calculer l'**indice « corail »** et l'**indice « macroalgues »** (calcul détaillé en 2.1.4.1).

Ces indices « corail » et « macroalgues » sont utilisés pour l'évaluation DCE.

- d'un suivi sur quadrats de 1 m x 1 m positionnés tous les mètres sur 60m (soit 60 quadrats par station correspondant à 60 m²). Au sein de chacun des quadrats, **les oursins présents sont identifiés et dénombrés**. Ces résultats permettent de calculer l'**indice « oursins »** (calcul détaillé en 2.1.4.1).
L'« indice oursin » est en cours de réflexion et pourra servir à l'élaboration d'un éventuel indice multimétrique. Il n'est pas utilisé actuellement pour l'évaluation DCE.

L'état de santé n'est pas utilisé pour l'évaluation DCE.

- d'un suivi de type « BELT » d'1 m de large sur 10 m de long pour chacun des six transects. Pour chaque section, une évaluation de l'**état de santé visuel général** de l'écosystème récifal (note de 1 à 6) est réalisée ainsi qu'un relevé des **maladies et nécroses** des colonies corallieennes.

L'état de santé n'est pas utilisé pour l'évaluation DCE.

- d'un suivi photographique à partir de photoquadrats de 1m x 1m réalisés à chaque début de transect (*premier suivi en 2019*). Il permet une comparaison interannuelle de la couverture de la communauté benthique du site mais n'est actuellement pas encore exploité.

Dans la mesure où l'indicateur communautés corallieennes ne donne pas encore une évaluation représentative de l'état des sites, Impact Mer propose au fil des années de suivi, des adaptations et ajouts au protocole afin d'élargir le nombre de métriques disponibles pour l'amélioration de l'indicateur.

L'échantillonnage de ces paramètres se déroule en plongée sous-marine (scaphandre autonome). Le suivi est réalisé sur des transects permanents.

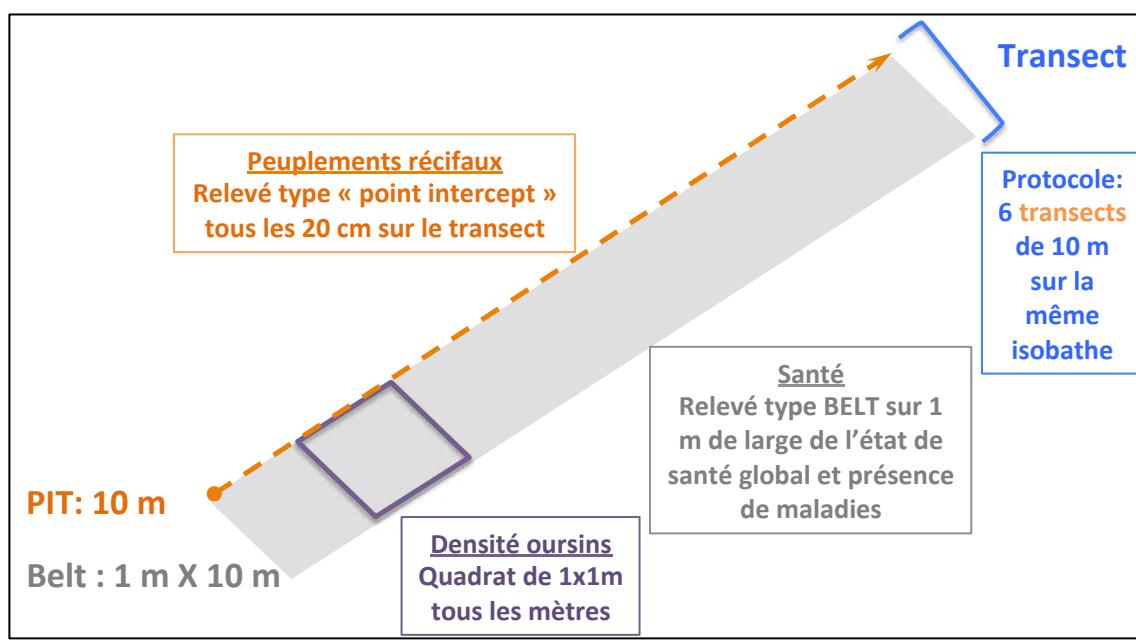


Figure 11 : Schéma de la mise en œuvre du suivi des peuplements récifaux

Le détail des protocoles de suivi est décrit dans le rapport de campagne complet 2021 : Impact Mer, 2022. Directive Cadre européenne sur l'Eau : Suivi physico-chimique et biologique des eaux littorales de la Martinique au titre de l'année 2021 – Rapport de campagne complet.

2.1.2 Bancarisation des données communautés corallieennes

La base de données BDRécif est opérationnelle pour la saisie directe depuis fin 2017 et des adaptations de la base se font au fil des ans selon les évolutions apportées au protocole.

Un des objectifs reste de permettre la valorisation des données pour la production d'éléments de rapportage (graphes et évaluations).

2.1.3 Résultats 2021 et comparaisons historiques

Le suivi des communautés corallieennes s'est déroulé, conformément aux protocoles décrits ci-dessus, en avril et mai 2021. Le suivi a été réalisé plus tôt qu'habituellement (juin) de façon à permettre la mise en œuvre du protocole complet herbier par Fanny Kerninon.

Les graphiques présentant les résultats des différentes stations sont décrits ci-dessous et expliqués dans une fiche page suivante.

Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats

Les **proportions des différents éléments du benthos et du substrat** indiquées sur les graphiques (e.g. Figure 12) correspondent aux proportions moyennes sur les 6 transects (PIT de 50 points/transect soit 300 points par station) de chaque catégorie.

L'**histogramme « Substrat de la station »** représente ces éléments selon qu'ils soient :

- Colonisables par les coraux (roche, corail mort récemment, débris coralliens [lorsque agrégés par des algues rouges encroutantes, alors considérés comme substrat rocheux]) ;
- Non colonisables par les coraux (débris coralliens non agrégés, sable, vase).

Le **diagramme circulaire** (de type camembert) précise la répartition des éléments inventoriés sur le PIT :substrat nu et peuplement benthique sur substrat colonisable ou non colonisable par les coraux.

Les pourcentages d'organismes vivants qui apparaissent dans le diagramme sont détaillés dans **l'histogramme « Détails peuplement benthique »** (en dessous). Sur cet histogramme, le pourcentage total des algues correspond à la somme des algues sur substrat colonisable et non colonisable du diagramme circulaire.

Les **indices corail et macroalgues** présentés dans cette section – en rouge et en vert en haut à droite – correspondent aux résultats de l'année 2021 uniquement et sont la moyenne des indices calculés pour chaque transect. Les éléments qui sont pris en compte dans les calculs sont surlignés en rouge et en vert dans le graphique « Détails peuplement benthique » et les calculs sont détaillés dans la section 2.1.4.1.

[Attention : les valeurs d'indices présentées dans l'encadré peuvent être différentes des valeurs obtenues en réalisant le calcul avec les valeurs moyennes (présentées sur le graphique), notamment si les valeurs d'indice diffèrent grandement entre chaque transect.]

Remarque : le **turf**, défini comme un tapis algal multispécifique composé d'algues filamenteuses de tailles inférieures à 3 cm n'est pas pris en compte dans le calcul de l'indice macroalgue

L'**indice de l'état de santé général** de la station est obtenu en moyennant l'indice visuel (classification adaptée de Bouchon) sur les 6 transects (indice « informatif » non inclus dans l'évaluation DCE).

Tableau 8 : État de santé général des communautés corallieennes réparti en cinq classes

| Note de l'État de Santé | Peuplement Corallien |
|-------------------------|--|
| 1 = Très bon état | Coraux non nécrosés avec gazon algal et absence de macroalgues |
| 2 = Bon état | Coraux peu nécrosés ou quelques macroalgues ou sédimentation |
| 3 = État moyen | Coraux avec nécroses, peuplement dominé par les macroalgues ou hypersédimentation |
| 4 = État médiocre | Coraux nécrosés avec macroalgues et/ou hypersédimentation et envasement |
| 5 = Mauvais état | Coraux morts ou envahis de macroalgues ou totalement envasés, aucune espèce sensible |

La classe moyenne de blanchissement et la classe moyenne de nécrose du corail vivant est une note moyenne des classes attribuées à chaque colonie rencontrée sur chaque transect PIT. Le pourcentage de surface blanche ou nécrosée de la colonie est réparti en 5 classes : 0 = 0%, 1 = entre 1 et 10 %, 2 = entre 11 et 50%, 3 = entre 51 et 90% et 4 = entre 91 et 100% (éléments utilisés pour l'indice « vulnérabilité » qui sert d'avis d'expert pour compléter l'indicateur communautés corallieennes, non inclus dans l'évaluation DCE).

La classe de perturbation du corail vivant est une note moyenne des classes attribuées à chaque colonie rencontrée sur chaque transect PIT. Une perturbation correspond à un élément qui vient impacter négativement la croissance ou affaiblir la colonie, tels que la présence d'une maladie, le recouvrement par une espèce envahissante, les lésions. Le niveau de perturbation est réparti en trois classes, 0= aucune perturbation, 1= une

perturbation, 2 = plus d'une perturbation (éléments utilisés pour l'indice « vulnérabilité » qui sert d'avis d'expert pour compléter l'indicateur communautés corallieennes, non inclus dans l'évaluation DCE).

Evolution du peuplement benthique et des substrats sur les 6 dernières années

La **comparaison interannuelle** présente l'évolution des couvertures des éléments du benthos : corail, algues, autres invertébrés et substrat abiotique. Certaines stations suivies depuis peu n'ont pas un historique de données aussi important.

L'évolution des groupes d'algues et des formes coraliennes est présenté dans deux graphiques séparés.

Les groupes de formes coraliennes sont composés des genres suivants:

Solitaire : *Scolymia*, *Mycetophyllia*, *Mussa*

Branchu : *Acropora*

Digité : *Porites* (sauf *P.astreoides*), *Madracis*, *Dichocoenia*

Massif : *Siderastrea*, *Colpophyllia*, *Pseudodiploria*, *Diploria*, *Montastrea*, *Stephanocoenia*, *Solenastrea*, *Orbicella*, *Dendrogyra*, *Favia*

Folicacé : *Agaricia*

Encroutant : *Porites astreoides*, *Meandrina*

Sur le graphique, la forme est mentionnée suivi des principaux ou uniques genres la composant.

Concernant les groupes d'algues, le groupe macroalgues molles comprend les algues vertes, brunes et rouges non calcaires et le groupe macroalgues calcaires comprend les algues vertes et rouges présentant du calcaire soit pour les algues vertes le genres *Halimeda*, pour les algues rouges le genres *Jania*, *Amphiroa*, *Galaxaura*, *Dichotomaria*

Les indices écologique du peuplement corallien sont présentés. La richesse spécifique (R) correspond au nombre de taxons inventoriés au sein de la station ; l'indice de diversité de Shannon (H', de base logarithme népérien) permet de connaître la représentation des différents taxons présents dans la population (Equation 1) ; l'indice d'équitable de Pielou (J') est un complément à l'indice de diversité (Equation 2). Il permet de mesurer la dispersion de l'abondance totale entre les espèces sur une échelle entre 0 et 1, et ainsi identifier si un peuplement est équilibré ou avec des dominances d'espèces.

Indice de diversité de Shannon (H')

L'indice de Shannon-Wiener est le plus couramment utilisé (e.g. Grall et Coïc, 2005) et est donné par la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad (\text{Equation 1})$$

Où :

p_i = abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce : $p_i = n_i/N$;

S = nombre total d'espèces;

n_i = nombre d'individus d'une espèce;

N = nombre total d'individus de toutes les espèces.

Indice d'équitable de Pielou (J')

L'indice d'équitable permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique.

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \quad (\text{Equation 2})$$

Où :

$H'_{max} = \ln(S)$

Evolution des densité moyenne des espèces d'oursins sur les 6 dernières années

Le graphique présente les densités moyenne par m^2 des oursins *Diadema antillarum*, *Echinometra viridis* et *E. lucunter* sur les 60 m échantillonnés.

Les oursins Diadèmes vont jouer un rôle important dans l'équilibre récifal en broutant le turf et les macroalgues qui entrent en compétition avec le corail pour l'espace. Ils vont également servir d'abri aux larves de poissons et aux invertébrés. Il a été démontré qu'une densité de 1 diadème/ m^2 permet d'assurer un équilibre (McField et al. , 2007).

Histogramme « Substrat de la station »

= proportion des éléments du substrat par rapport à la couverture totale

- **Substrats colonisables par les coraux** : roche, corail mort récemment, débris coralliens (si agrégés par des algues rouges encroûtantes = substrat rocheux)

- **Substrats non colonisables par les coraux** (débris coralliens non agrégés, sable, vase)

Indices Corail et Macroalgues

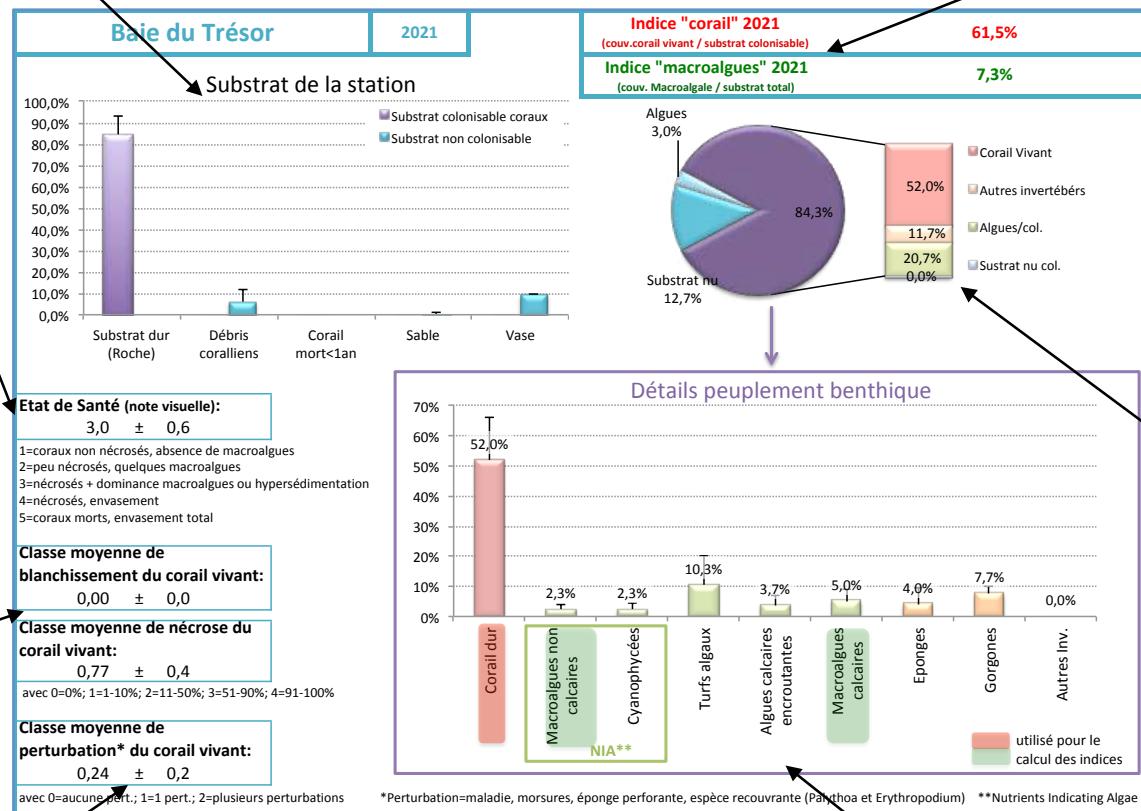
= résultats de l'année 2021 uniquement et sont la moyenne des indices calculés pour chaque transect.

Les éléments qui sont pris en compte dans les calculs sont soulignés en rouge et en vert dans le graphique « Détails peuplement benthique » et les calculs sont détaillés dans la section 2.1.4.1

[Attention : les valeurs d'indices présentées dans l'encadré peuvent être différentes des valeurs obtenues en réalisant le calcul avec les valeurs moyennes (présentées sur le graphique), notamment si les valeurs d'indice diffèrent grandement entre chaque transect.]

Indice « État de Santé »
= note visuelle
(Bouchon et al., 2004)

Correspond à la moyenne de l'indice visuel sur les 6 transects
(indice informatif non inclus dans la DCE).



Classe moyenne de perturbation
= note moyenne des classes attribuées à chaque colonie sur le PIT

Perturbation = élément qui impacte négativement la croissance ou affaiblit la colonie (maladie, recouvrement par une espèce envahissante, lésions), trois classes :

0 = 0 perturbation, **1** = 1 perturbation, **2** = ≥ 2 perturbations

Diagramme circulaire (de type camembert)

= proportion des éléments du PIT (substrat et peuplements benthiques)

Substrat nu et algues sur substrat non colonisable, coraux vivants, autres invertébrés, algues sur substrat colonisable, substrat nu colonisable

La catégorie algues comprend:

- macroalgues: algues > 3 cm, découpées en macroalgues molles et calcaires, c'est à dire rigides car calcifiées
- turf: cortège de macroalgues < 3 cm formant un gazon algal
- cyanophycées
- algues calcaires encroûtantes: elles forment une couche qui agit comme ciment corallien et facilite l'implantation des larves de corail

Histogramme « Détails peuplement benthique »
= pourcentage des différents éléments du peuplement benthique fixés sur substrat colonisable par les coraux et algues fixées sur substrat non colonisable par les coraux

Type 1 – Baie. Il regroupe les masses d'eau de fond de baie de Génipa (FRJC001), du Robert (FRJC005 et 007), du Marin (FRJC010), du Trésor (FRJC013), du Galion (FRJC014) et de Fort-de-France (FRJC015 et 016). Elles sont caractérisées par des fonds de faible profondeur avec des côtes peu exposées aux houles. La nature des fonds est très majoritairement meuble, de nature sablo-vaseuse.

FRJC001 et FRJC016 : Caye Grande Sèche (anciennement Banc Gamelle) (type 1)

- Description générale

La station **Caye Grande Sèche (CGS)**, anciennement nommée Banc Gamelle, est une station **hypersédimentée** présentant une **succession de massifs du genre *Orbicella***, entrecoupés par des bancs de **sédiment sablo-vaseux** à environ 7 m de fond.

- Description du substrat et des peuplements benthiques pour l'année 2021

Au total, **73,3% du substrat de la station Caye Grande Sèche est colonisé** (Figure 12). Le substrat non colonisé est essentiellement constitué de **vase**.

Les **coraux représentent 18,0%** de la couverture totale du substrat. Le genre ***Orbicella*** est largement majoritaire (11,7%). Les **trois espèces**, *O. annularis*, *O. faveolata* et *O. franksi*, semblent présentes sur la station mais sont **difficilement différenciables**. Des cas d'hybridation entre ces trois espèces ont été mesurées au sein des récifs coralliens de Floride (Szmant et al., 1997) et cela pourrait être le cas sur ce site. Aussi, lorsqu'un doute est apparu sur le terrain, il a été choisi de ne renseigner que le genre. ***Porites asteroïdes*** est le second taxon le plus présent (3,3%). Les **nécroses** sont abondantes pour tous les genres coralliens, avec une note moyenne de 1,42 pour la station. La note de perturbation du corail vivant est de 0,17 pour la station. Trois colonies sur le PIT présentaient des lésions dues à la SCTLD (*C. natans*, *O. franksi* et *M. cavernosa*).

Les algues dominent le peuplement benthique avec une couverture de 44% pour la station. Ces dernières sont essentiellement représentées par le **turf** (32,7%) et dans une moindre mesure par les macroalgues non calcaires (6,3%) et les algues encroûtantes (3,7%). Les taxons ***Gelidium*** et ***Dictyota*** composent les macroalgues non calcaires. De nombreuses zones présentent un tapis de turf long recouvert de sédiments. Les cyanobactéries occupent une part non négligeable du peuplement benthique (1,3%). La note de l'indice macroalgue est faible pour CGS (6,3%) alors que le site est fortement algal. La non-inclusion du turf dans l'indice macroalgue est particulièrement préoccupant pour ce site fortement « **turfé** ». **Voir la section Discussion (p80) pour la réflexion autour de cette problématique.**

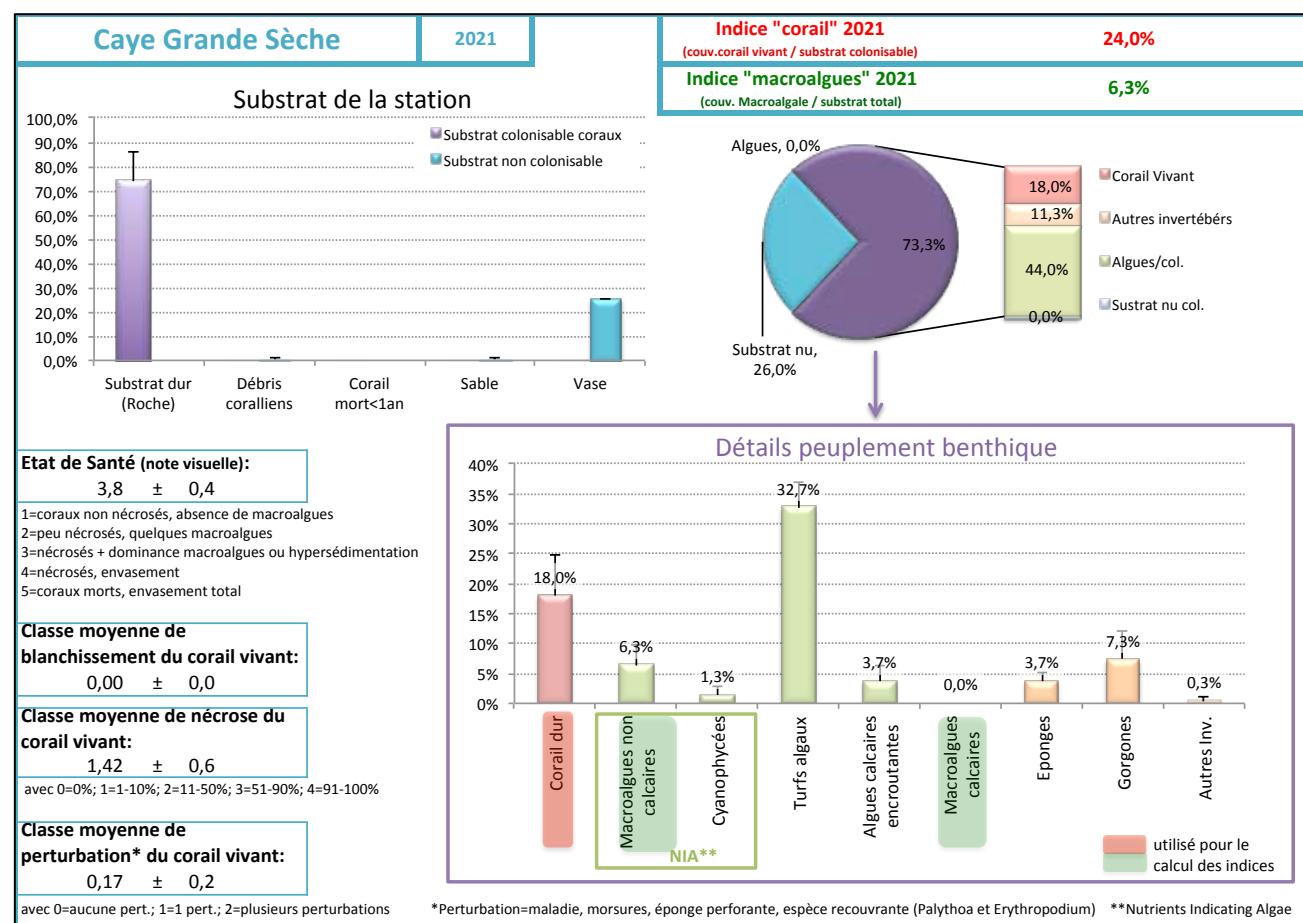


Figure 12 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Caye Grande Sèche en 2021

Le groupe **autres invertébrés benthiques** représentent 11,3% de la couverture totale avec une dominance des **gorgones** (7,3%). L'espèce *Erythropodium caribaeorum* dont l'abondance avait augmentée entre 2015 et 2020 a montré une forte diminution en 2021.

L'état de santé de cette station est entre moyen et médiocre (note de 3,8).

- Evolution temporelle (2016 à 2021) des peuplements benthiques

La **couverture corallienne est stable**, autour de 20% du recouvrement total, avec une richesse spécifique également stable (10 taxons identifiés en 2021). La diversité est stable durant la période 2016-2021 avec cependant un maximum en 2018 ($H' = 1,91$) et minimale en 2014 ($H' = 1,48$). La diversité est moyenne en 2021 ($H' = 1,72$).

La **couverture en algues est relativement stable** entre 2016 et 2021, autour de 40%.

Le groupe **autres invertébrés benthiques** a montré une augmentation constante de couverture entre 2016 et 2020, passant de 9,7% en 2016 à 20,3% en 2020. L'année 2021 montre une diminution de la couverture (12,0%).

La couverture du **substrat abiotique** (vase) est stable et importante sur la station, autour de 25%.

Remarque : Le site CGS est à surveiller avec attention du fait : de l'importante couverture en algues (turf), des nombreuses nécroses et perturbations sur les coraux dont la couverture est faible, de la présence en abondance de *E. caribaeorum*, de l'hypersédimentation du site et de la localisation soumise à de nombreuses perturbations.

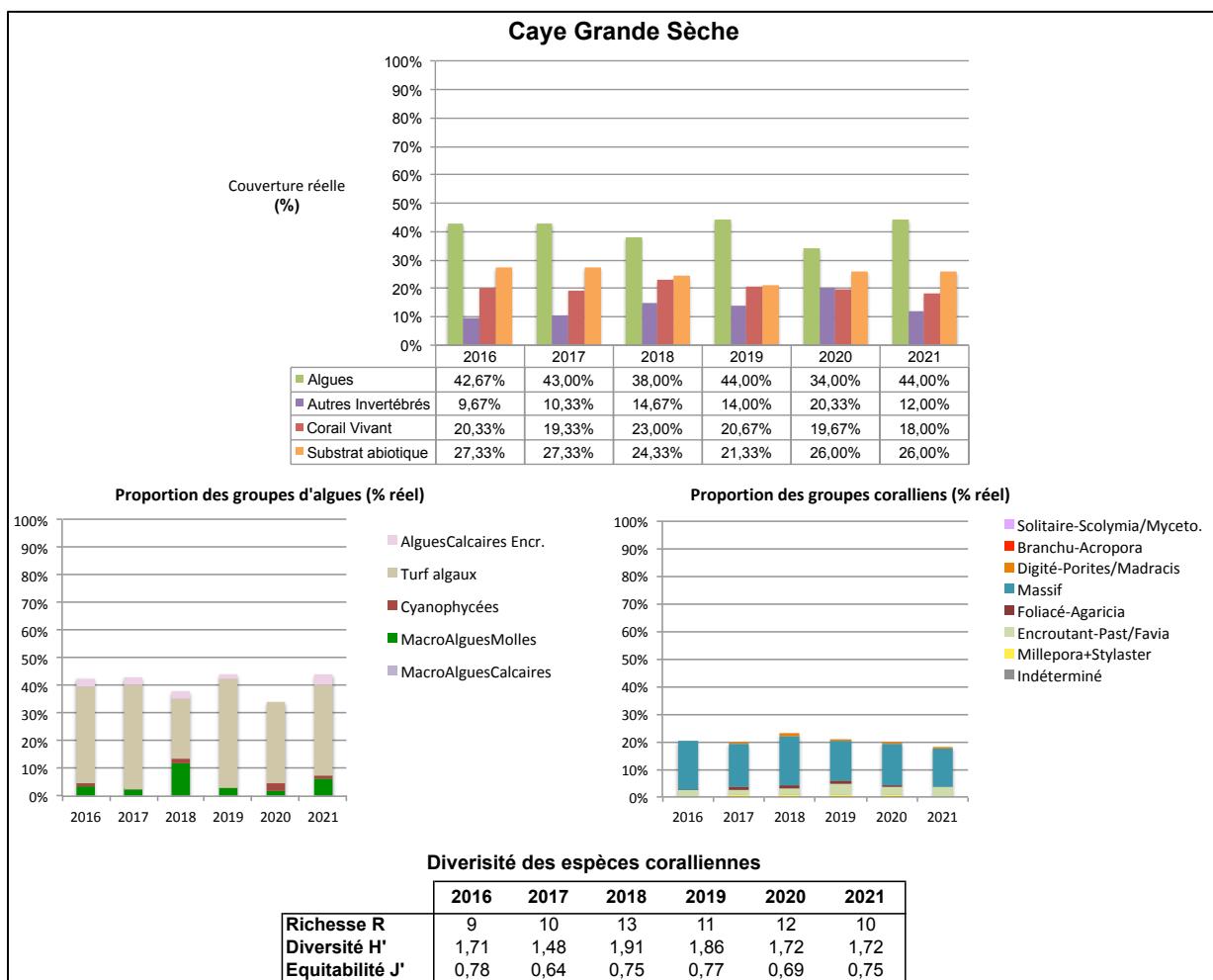


Figure 13 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Caye Grande Sèche : années 2016 à 2021

Pendant la période 2016-2021, la densité des oursins à Caye Grande Sèche est faible et varie entre 0,03 ind/m² et 0,45 ind/m². En 2019 et 2021, aucun diadème n'a été observé, seul l'espèce d'oursin vert (*Echinometra viridis*) a été observée. En 2020, la densité était à un niveau très faible mais bien plus élevée que les autres années (Figure 14). Ces plus fortes valeurs pourraient être liées à un biais opérateur : le comptage se fait sur les individus

visibles sans rechercher dans les cavités. Ce site étant très turbide et avec beaucoup de relief, il se peut que le comptage puisse varier selon la visibilité le jour du suivi, surtout pour l'espèce *E. lucunter* plus difficile à repérer.

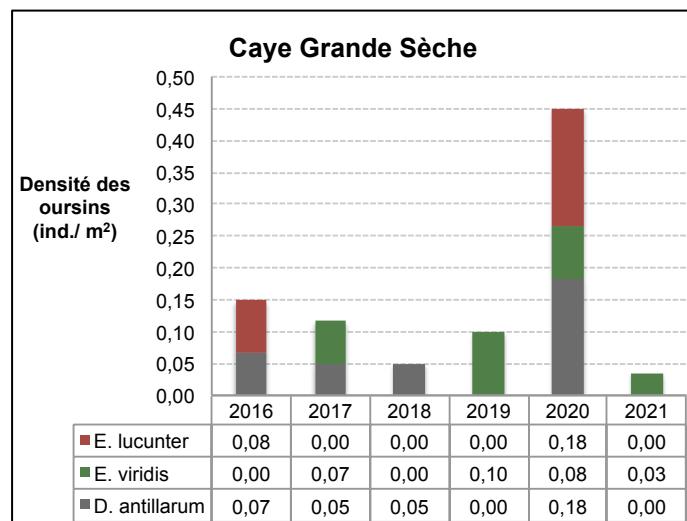


Figure 14 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Caye Grande Sèche : années 2016 à 2021

FRJC010 : Baie du Marin (type 1)

- Description générale

La station **Baie du Marin (BMA)** est localisée sur un tombant abrupt hypersédimenté à environ **8-9 m de fond**. Cette station présente des **communautés coralliennes dégradées**, plus ou moins **envasées**, avec une **proportion de macroalgues importante**.

- Description du substrat et des peuplements benthiques pour l'année 2021

Au total, **89,6% du substrat de la station Baie du Marin est colonisé** (Figure 15). Sur cette station fortement sédimentée, la proportion de substrat non colonisable par les coraux est importante (19%) et constituée de **sable et débris coralliens**.

Les **coraux sont les organismes minoritaires et représentent 12,7% de la couverture totale de la station**. Les genres coralliens majoritaires sont *Madracis* (3,7%) et *Siderastrea* (2,3%). Les colonies corallines, tous genres confondus, présentent des **nécroses** et sont souvent **couvertes de sédiments**. La note moyenne de nécrose des colonies est donnée à 0,69. La note des perturbations sur les colonies de la station est de 0,12. La présence de la maladie SCTLD est suspectée sur une colonie *O. annularis* dans le Belt.

Les **algues sont les organismes majoritaires avec 58,9% de la couverture totale**. Elles sont principalement constituées de **macroalgues non calcaires** (41,0%), de **turf** (9,7%) et de **macroalgues calcaires** (5,3%). Les genres les plus représentés sont *Dictyota* (brune non calcaire) et *Lobophora* (brune non calcaire). En 2021, les **cyanobactéries** sont moins abondantes (1,3%) qu'en 2019 et 2020 (3,7% et 2,7% respectivement). Leur présence est notée sur plusieurs zones de substrat nu (sable ou vase).

Le groupe **autres invertébrés benthiques représentent 18,1% avec 16,3% d'éponges** (presque deux fois plus qu'en 2018) et 0,7% de gorgones. L'espèce d'éponge la plus abondante est *Pseudoceratina crassa* (tubes jaunes/violets).

L'état de santé cette station est entre moyen et médiocre (note de 3,8).

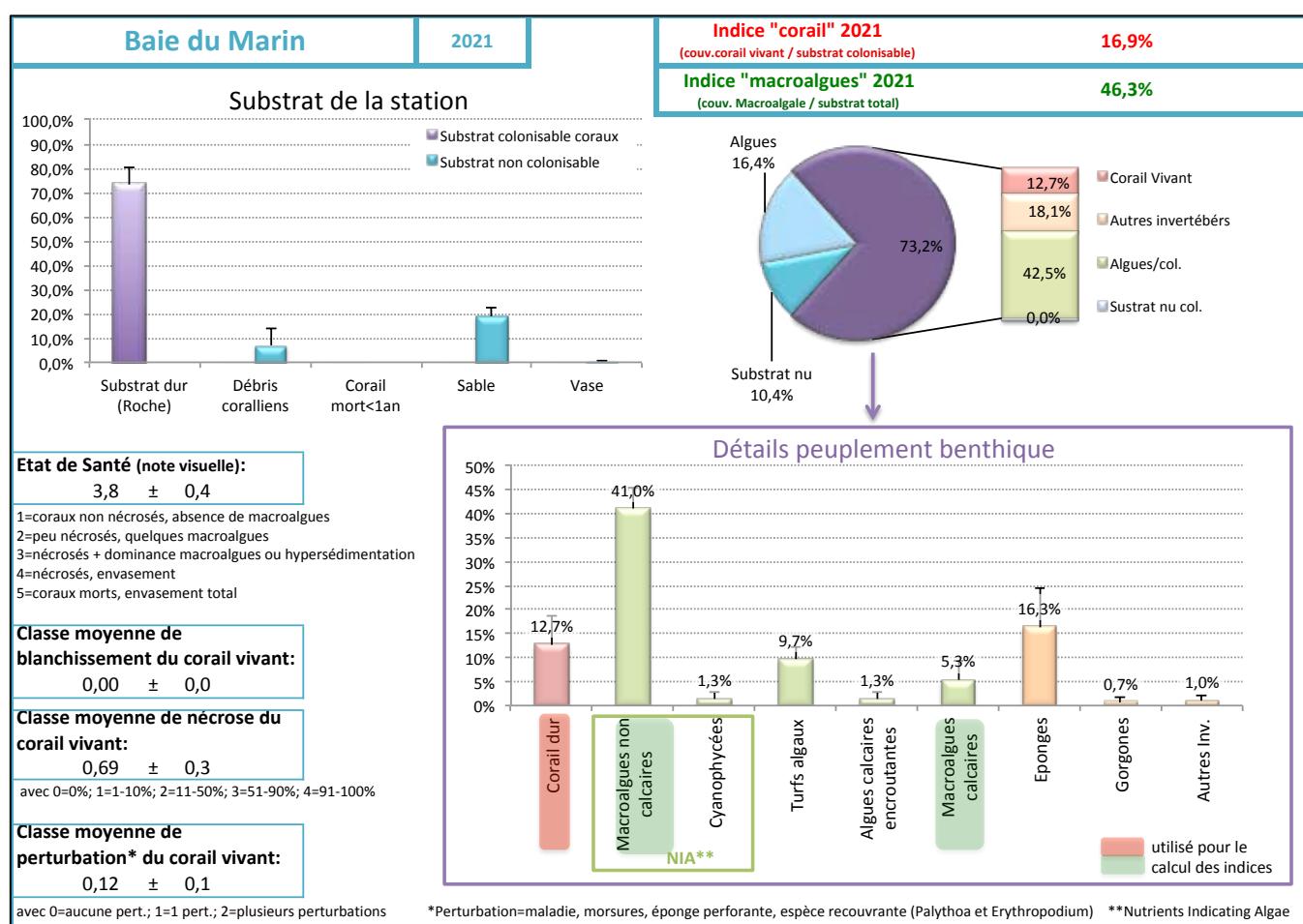


Figure 15 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Baie du Marin en 2021

- Evolution temporelle (2016 à 2021) des peuplements benthiques

La **couverture corallienne**, bien que restant très faible, tend à augmenter depuis 2016, passant de 8,3% à 12,7% de la couverture totale en 2021. L'amélioration de la couverture est liée à l'augmentation des formes « massives » et des formes « digitées » (Figure 16). La diversité a augmenté entre 2016 ($R = 9$ espèces et $H' = 2,05$) et 2021 ($R = 14$ espèces et $H' = 2,31$), reflétant également une amélioration du site.

La **couverture algale** est fluctuante sur la période 2016-2021, avec des valeurs plus faibles en 2016 et 2019 (environ 48%) et la plus forte en 2017 et 2021 (58,7%). L'année 2021 est une année forte pour la couverture en algues et est caractérisée par une forte augmentation des macroalgues molles, passant de 19% en 2019 à 41% de la couverture totale en 2021. Cette augmentation est à surveiller car **elle peut indiquer une eutrophisation du site**.

La couverture du groupe **autres invertébrés benthiques** augmente légèrement depuis 2016, passant de 12,7% en 2016 à 18,3% en 2021. L'augmentation est principalement expliquée par l'extension de la couverture en éponge.

La couverture du substrat abiotique (sable fin et débris coralliens) montre une diminution progressive importante depuis 2016, passant de 31,3% en 2016 à 12,7% en 2021. La stabilisation du taux d'envasement est un bon signe pour l'état de santé globale du site. Le substrat abiotique est à surveiller avec attention.

Remarque : Le site Baie du Marin, montre quelques signes d'amélioration depuis 6 ans avec une légère augmentation de la couverture corallienne et une augmentation de la diversité, ainsi qu'une baisse du substrat abiotique.. Cependant, la très faible couverture corallienne, les importantes nécroses, la très forte couverture en macroalgues, l'hypersédimentation, le cumul de pressions anthropiques au niveau de la Baie du Marin sont autant de signes de fragilisation de la station.

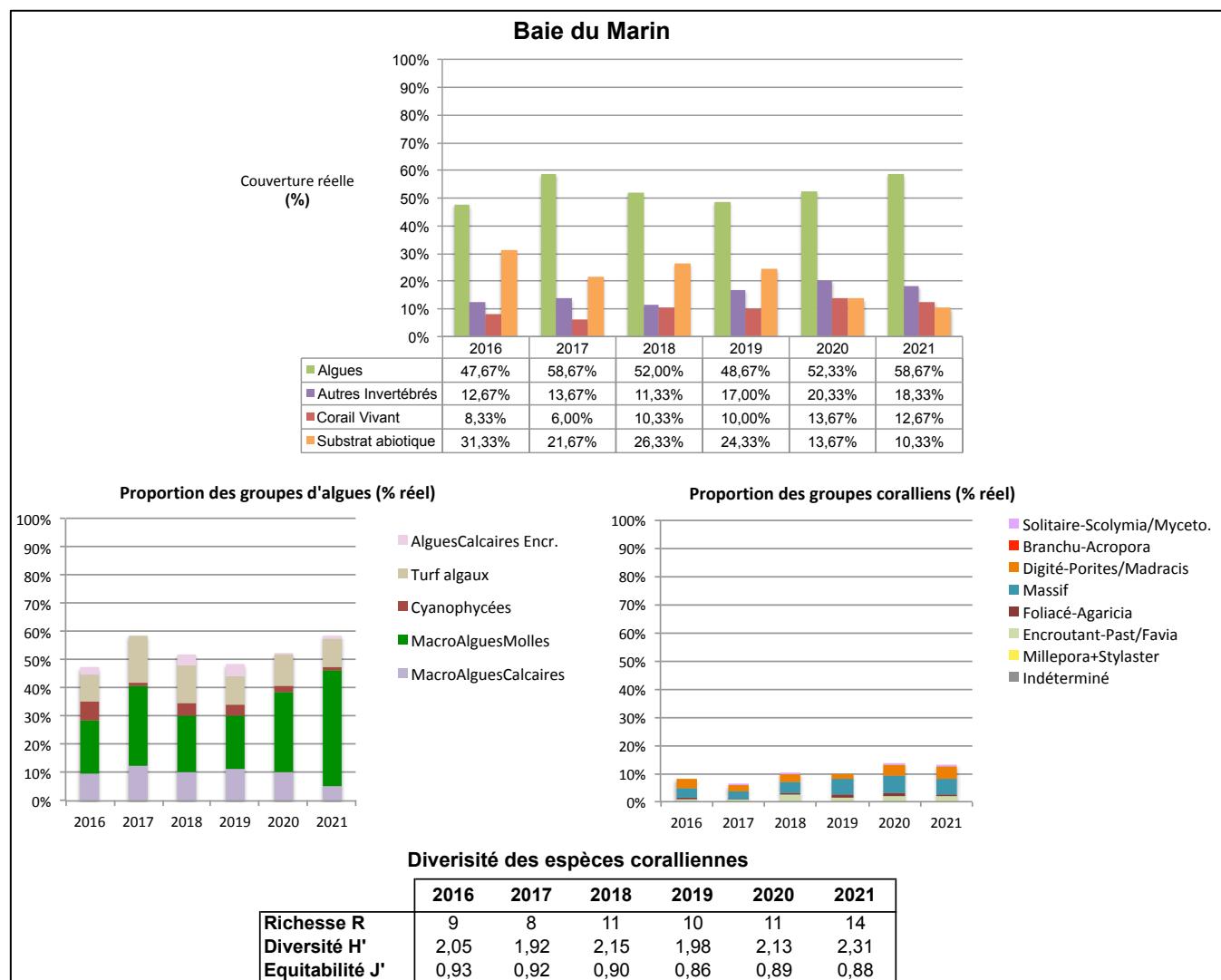


Figure 16 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Baie du Marin : années 2016 à 2021

La densité en oursins est très faible voire quasi inexistante entre 2016 et 2019 (Figure 17). Les années 2020 et 2021 montrent une augmentation de la densité en oursins bien que celle-ci reste très faible avec respectivement 0,13 et 0,08 ind.m⁻².

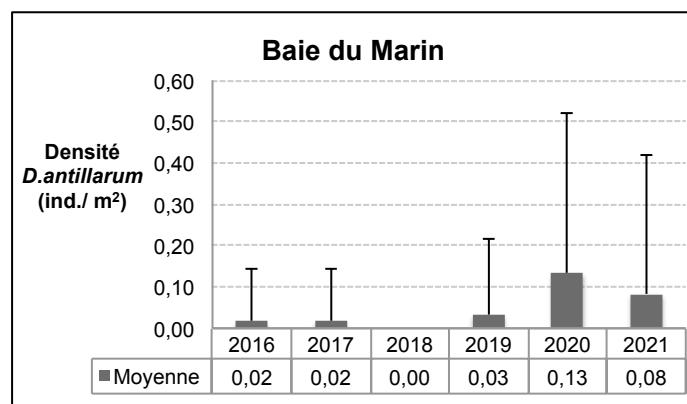


Figure 17 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Baie du Marin : années 2016 à 2021

FRJC007 : Ilet à Rats (type 1)

- Description générale

La station Ilet à Rats (IRA) est localisée sur un **petit tombant au vent de l'îlet à Rats, dans la baie du Robert**, à environ **5 m de profondeur**. La communauté benthique est mixte avec beaucoup de gorgones (surtout aux faibles profondeurs), des coraux et des macroalgues calcaires (*Halimeda*). Le récif est soumis à une **forte sédimentation** et présente de nombreux signes de **dégradation** (nécroses, cyanophycées) et **perturbations** (gorgones et éponges encroûtantes et perforantes). Cette station est pérennisée par un transect de suivi IFRECOR fixe mais en très mauvais état.

- Description du substrat et des peuplements benthiques pour l'année 2021

Au total, **99,4% du substrat de la station Ilet à Rats est colonisé** (Figure 18).

Les **coraux** représentent **36,7% de la couverture totale**. Les taxons majoritaires sont *Orbicella faveolata* (13,3%), *Porites astreoides* (10,3%) et *Orbicella annularis* (4,0%). De nombreux types de perturbations sont présents sur les colonies : gorgones encroûtantes (*Erythropodium spp.*), éponges perforantes (*Cliona delitrix* et *Siphonodictyon spp.*), cyanobactéries, tâches blanches sur *Orbicella spp.* qui pourraient être des agressions (morsures de poissons ?). La **note des perturbations** sur les colonies de la station est significative (0,26). La plupart des colonies sont également nécrosées, avec une note moyenne de 0,89.

Les **algues** sont les organismes majoritaires et représentent 42,0% de la couverture totale de la station. Parmi celles-ci, le **turf** est le groupe majoritaire (28,0%) suivi par les algues calcaires encroûtantes (6,0%) et les macroalgues calcaires (6,0%). Les macroalgues calcaires sont essentiellement représentées par le genre ***Halimeda***, observées en grande partie au niveau du transect 6 dont la couverture est majoritairement algale. La couverture des macroalgues molles en 2021 (0,7%) est la plus basse des six dernières années.

Les **autres organismes sessiles** représentent 20,7% de la couverture totale avec 13,3% de **gorgones**, 6,3% d'éponges et 1,0% d'autres invertébrés (ascidies et anémones). L'**ophiure invasive *Ophiotela mirabilis*** (Thé de Araujo et al., 2018) a été aperçue sur plusieurs gorgones éventail et arborescentes.

L'état de santé cette station est moyen (note de 3,3).

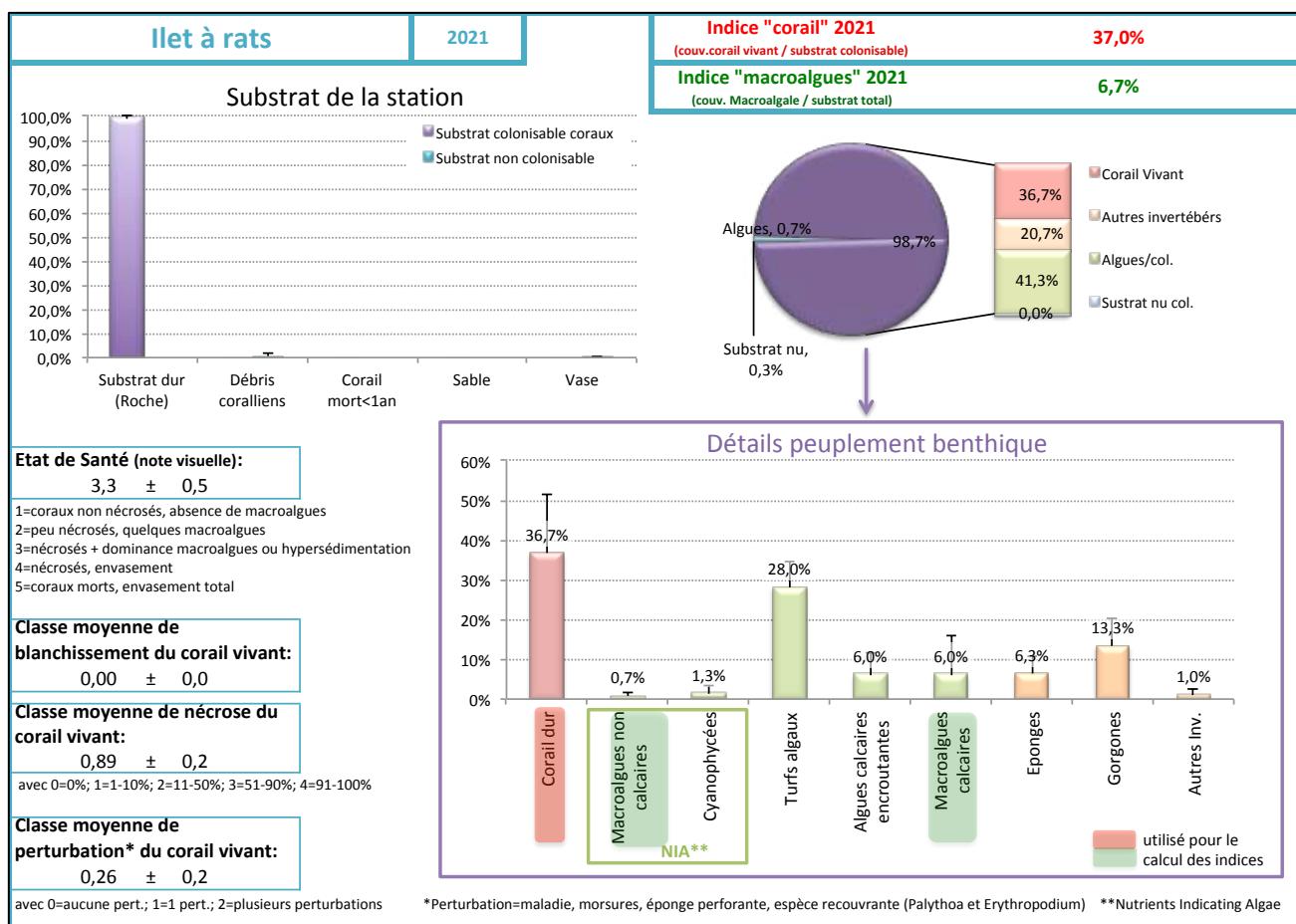


Figure 18 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de l'îlet à Rats en 2021

- Evolution temporelle (2016 à 2021) des peuplements benthiques

Pendant la période 2016-2021, les proportions des différents éléments du peuplement benthique et du substrat ont évolué (Figure 19).

La **couverture des coraux** a montré une légère augmentation pendant la période 2016-2021, passant de 32,3% en 2016 à 36,7% en 2021, avec une période de stagnation entre 2016 et 2018. La répartition des formes coralliniennes est stable depuis 2016, sauf pour le groupe *Millepora* et le groupe des foliacés (genre *Agaricia*), dont la couverture a augmentée depuis 2019. La diversité a légèrement augmenté entre 2016 ($R = 9$ espèces et $H' = 1,56$) et 2021 ($R = 11$ espèces et $H' = 1,77$).

La **couverture en algues** a montré deux tendances au cours de la période 2016-2021. Entre 2016 et 2017, la couverture algale a légèrement augmenté, passant de 54,7% à 56,0%. Puis entre 2017 et 2021, la couverture algale a fortement diminué passant de 56,0% à 42,0%. A noter que les algues calcaires encroutantes sont en augmentation, ce qui est un facteur favorable à l'implantation de recrues coralliniennes. L'année 2021, montre une **forte diminution en cyanobactéries par rapport à 2020** passant de 7,7% à 1,3% de la couverture totale en 2021.

La couverture du groupe **autres invertébrés benthiques** a augmentée au cours de la période 2016-2021, passant de 11,7% à 21,0% de la couverture totale.

Remarque : Ce site semble globalement en amélioration, avec une augmentation légère de la couverture corallienne et notamment la présence d'algues calcaires encroutantes en proportion non négligeable. Cependant, le site présente des faiblesses, avec des nécroses et des perturbations nombreuses sur les colonies, reflétant les pressions issues de la Baie du Robert..

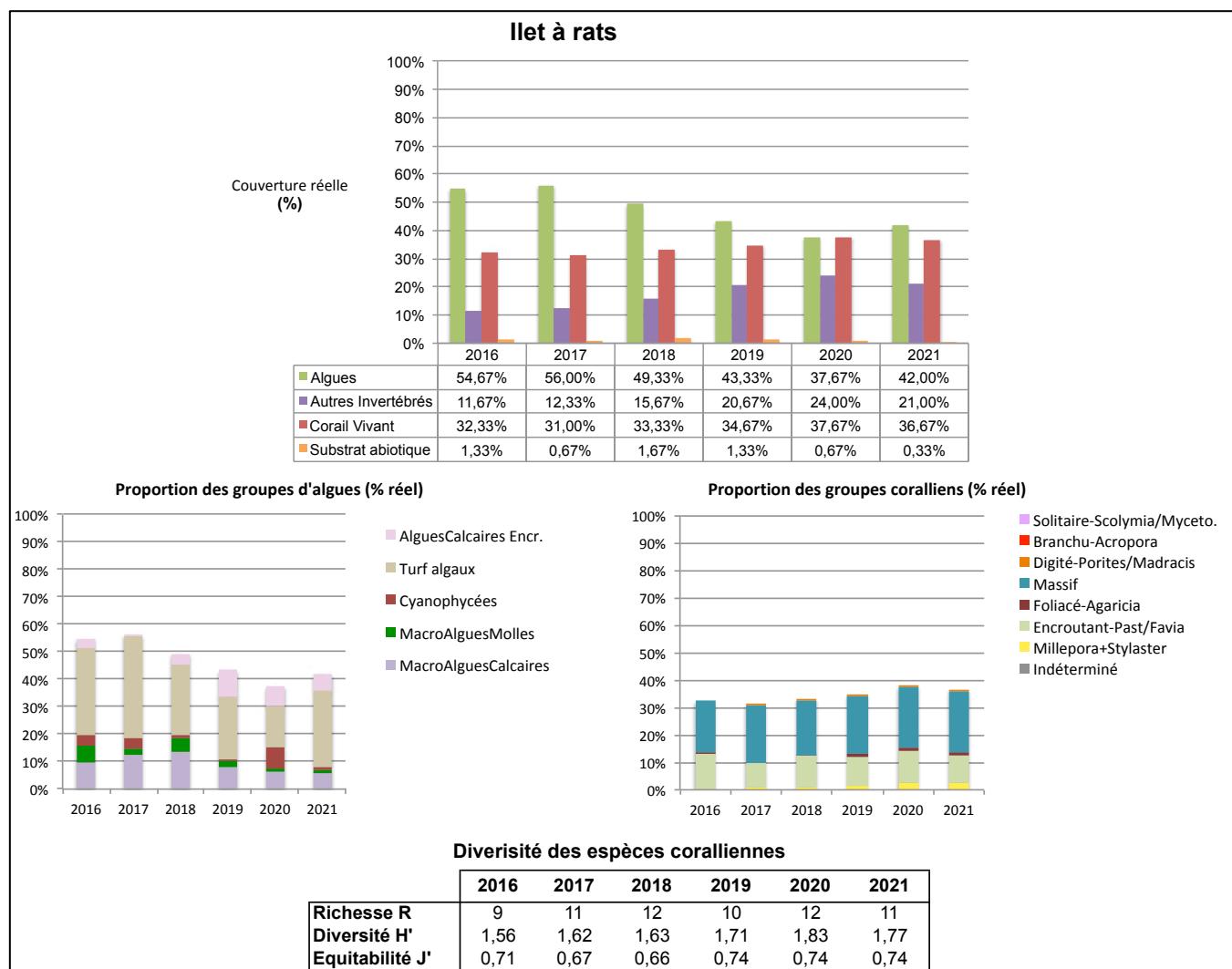


Figure 19 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de llet à Rats: années 2016 à 2021

La densité en oursins est fluctuante au cours de la période 2016 et 2021 avec des valeurs variant entre 0,15 et 0,77 ind. \cdot m $^{-2}$ (Figure 20). L'année 2021 est l'année avec la plus forte densité en oursins (0,77 ind. \cdot m $^{-2}$).

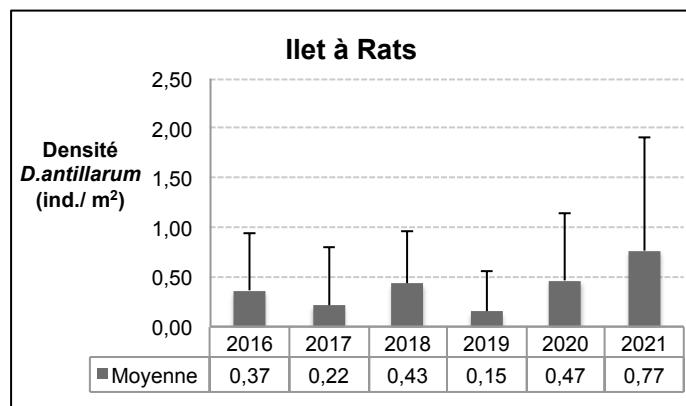


Figure 20 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Ilet à Rats : années 2016 à 2021

FRJC013 : Baie du Trésor (type 1)

- Description générale

La station Baie du Trésor (BTR) est située au sein d'un cantonnement de pêche et est bordée par la réserve naturelle de la presqu'île de la caravelle. Les pressions sont donc théoriquement limitées sur la zone. Il s'agit d'un tombant corallien majoritairement colonisé par des espèces coraliennes au niveau de la partie haute et essentiellement vaseux au niveau de la partie basse. Le transect quant à lui est fixé sur une zone intermédiaire plutôt corallienne à environ 7-8 m de fond. Ce site présente de très grands massifs de Madrace jaune (*Madracis auretenra*) et de Porite (*Porites spp.*), qui peuvent couvrir une surface de plusieurs m². Les gorgones éventail sont nombreuses.

- Description du substrat et des peuplements benthiques pour l'année 2021

Au total, **87,3% du substrat de la station de Baie du Trésor est colonisé** (Figure 20). Le substrat non colonisé (12,7%) est essentiellement constitué de vase et de débris coralliens.

Le **corail vivant domine** et représente 52,0% de la couverture totale. Les espèces majoritaires sont ***Madracis auretenra*** (25,0% de la couverture totale) et ***Porites spp.*** (*P. astreoides* 5,0% et *P. porites* : 9,0%).

Le site présente une **hypersédimentation** importante et des **nécroses** visibles sur les colonies corallines (note de 0,77) et les gorgones. Les **perturbations sur les colonies corallines restent modérées**, avec une note de 0,24.

Les **algues** couvrent 23,7% du substrat de la station. Ce sont majoritairement du **turf** (10,3%), des **macroalgues calcaires** (5,0%) du genre ***Halimeda*** et des algues calcaires encroûtantes (3,7%). Les **cyanophycées** représentent 2,3% de la couverture, ce qui est non négligeable. Elles forment principalement des plaques sur le sable ou la vase.

Les **invertébrés sessiles**, autres que les coraux, représentent 11,7% du substrat avec 7,7% de gorgones et 4,0% d'éponges.

L'état de santé global de cette station est moyen (note de 3,0).

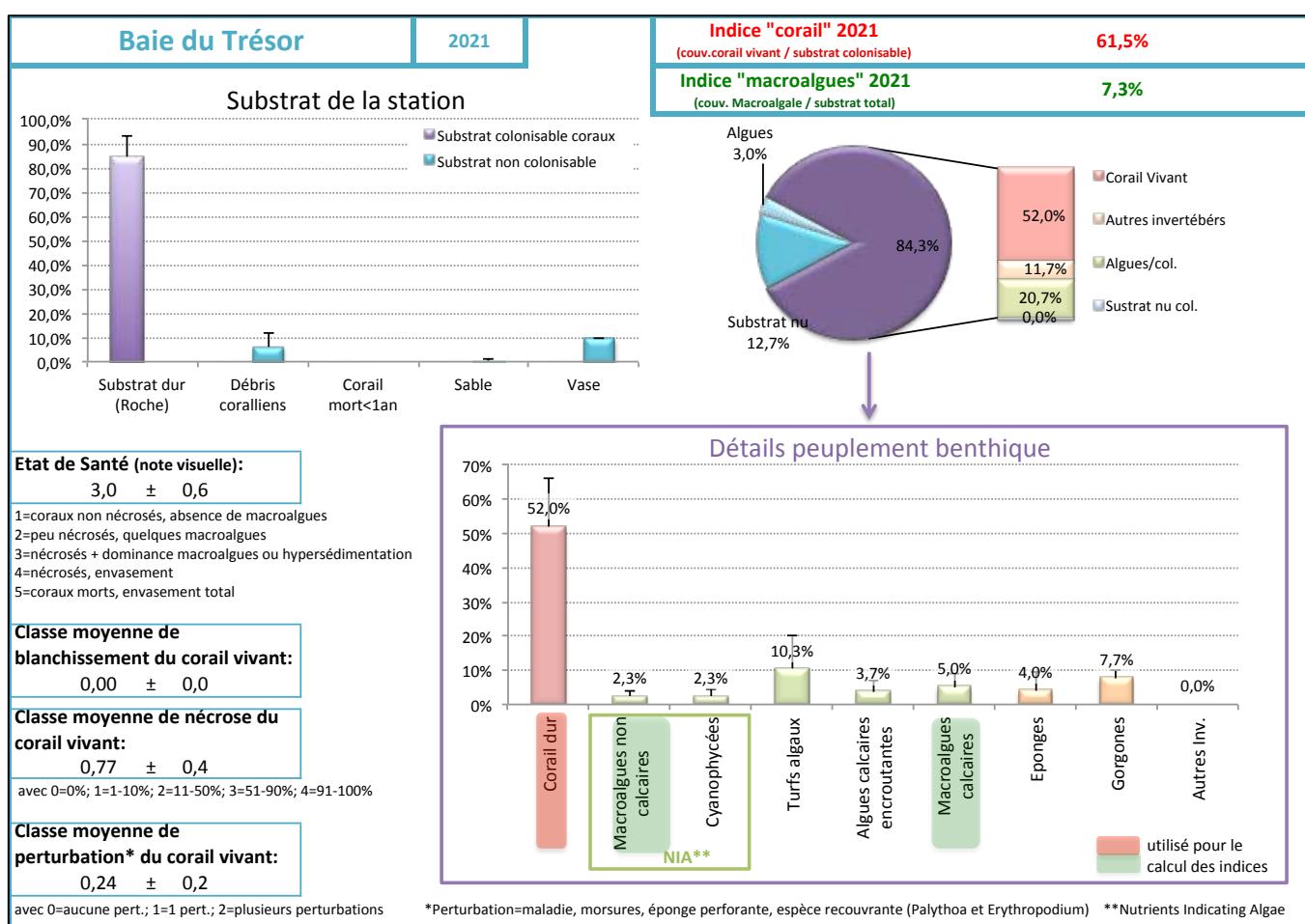


Figure 21 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de la Baie du Trésor en 2021

- Evolution temporelle (2016 à 2021) des peuplements benthiques

Au cours de la période 2016-2021, la couverture des différents éléments du benthos et du substrat a fortement évolué.

La **couverture corallienne** a montré une augmentation depuis 2016 (sauf pour l'année 2018), passant de 44,7% en 2016 à 54,30% en 2020, puis un léger recul en 2021 (52%) (Figure 22). Cependant, cette importante couverture corallienne reste vulnérable puisqu'elle est assurée majoritairement par l'espèce *M. auretenra* très fragile aux intempéries et aux casiers de braconnage présents sur la zone. La diversité a légèrement augmenté entre 2016 ($H' = 1,56$) et 2021 ($H' = 1,77$).

La **couverture en algues** a montré deux tendances au cours de la période 2016-2021. Elle a augmenté entre 2016 et 2018, passant de 31,7% à 39,7%. Puis entre 2018 et 2021, elle a fortement diminué passant de 39,7% à 23,7%. Cette diminution depuis 4 ans est liée à une baisse de la couverture en turf. Les variations des proportions entre les groupes d'algues sont à surveiller. Une diminution du turf est un signe positif dans un site hypersédimenté et peut être liée à une augmentation de la pression de broutage par les poissons herbivores et les oursins. Cependant la présence des cyanobactéries peut être un signe d'une concentration en nutriments élevée (apports terrigènes ou courant océaniques).

La proportion du groupe **autres invertébrés benthiques**, groupe surtout représenté par les gorgones, a augmenté depuis 2018 passant de 6,7% à 11,7%.

La proportion du substrat abiotique non colonisable par les coraux est relativement stable et représente 12,7% de la couverture totale en 2021.

*Remarque : La station présente une couverture corallienne en augmentation mais fragile car dominée par *Madracis auretenra*. La station est à surveiller avec attention étant donné la couverture en cyanobactéries, l'hypersédimentation et l'année 2018 où l'indice visuel était de 4. Le site semble subir de fortes variations de l'abondance et de la composition du peuplement benthique qui expliquent les variations de l'état de santé.*



Figure 22 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de la Baie du Trésor : années 2016 à 2021

La densité en oursins est très faible au cours de la période 2016-2021, avec des valeurs autour de $0,05 \text{ ind.m}^{-2}$, sauf pour l'année 2021 où une augmentation a été observée avec une densité de $0,17 \text{ ind.m}^{-2}$ (Figure 23).

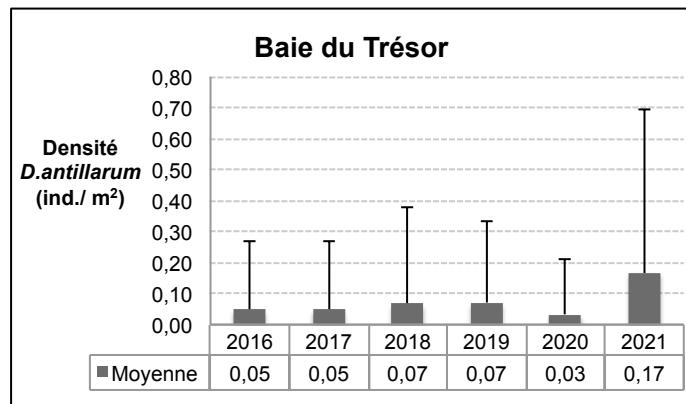


Figure 23 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Baie du Trésor : années 2016 à 2021

Type 5 : Côte rocheuse protégée Caraïbes. Il englobe les masses d'eau protégées des houles et vents dominants, sur la façade Nord-Ouest (FRJC002) et Sud-Ouest de la Martinique (FRJC003) en dehors de la baie de Fort-de-France. Le renouvellement des eaux à ce niveau est fort et les houles, généralement d'Est sont très réduites. Les peuplements coralliens des tombants côtiers sont vulnérables aux houles cycloniques aux faibles profondeurs.

FRJC002 : Fond Boucher (type 5)

- Description générale

La **station Fond Boucher (FBO)** est un flanc de falaise qui plonge dans la mer. De nombreuses colonies corallines ainsi que des éponges y sont observées. Le site présente des coulées de sable. Cette station est séparée en deux : un premier transect de 30 m localisé entre 2 coulées sableuses, puis un second transect selon le même schéma.

Cette station est pérennisée par un transect de suivi IFRECOR à 7-11 m de fond qui a presque totalement disparu. Seuls subsistent les piquets. Les transects Ifrecor positionnés initialement étaient formés de gros piquets et d'une corde sur toutes la longueur du transect.

- Description du substrat et des peuplements benthiques pour l'année 2021

Au total, **91,6% du substrat de la station de Fond Boucher est colonisé** (Figure 24). Le substrat non colonisé est essentiellement constitué de sable et de quelques débris coralliens.

Les **coraux** représentent 31,3% de la couverture totale et les espèces dominantes sont **Porites astreoides** (8,7%), **Agaricia humilis** (5,7%) et **Madracis auretenra** (4,0%). Les nécroses sur les colonies sont nombreuses (0,98) et les perturbations sont modérées (0,20). La station est affectée par la maladie SCTLD et présentait cinq colonies atteinte sur le PIT (Tableau 16).

Les **algues** sont les organismes majoritaires avec 50,0% de recouvrement dont 18,3% de **macroalgues non calcaires** (*Dictyota spp.* principalement), 18,0% d'**algues calcaires encroûtantes** et 13,0% de **turf**. Les cyanobactéries sont présentes sur 0,7% du transect, ce qui représente une forte diminution par rapport à 2019 (8,7%). Elles forment des plaques essentiellement sur le sable et le turf.

Les autres organismes sessiles représentent 10,3%. Les organismes majoritaires sont les **éponges** (7,0%) et les **gorgones** (3,0%). Diverses formes d'éponges sont observées, avec une dominance de l'éponge barrique *Xestospongia muta*. La couverture en **gorgone** a augmenté par rapport à 2019 (1%), principalement expliqué par la colonisation de la gorgone *Erythropodium caribaeorum*.

L'état de santé global de cette station est bon (note de 2,0).

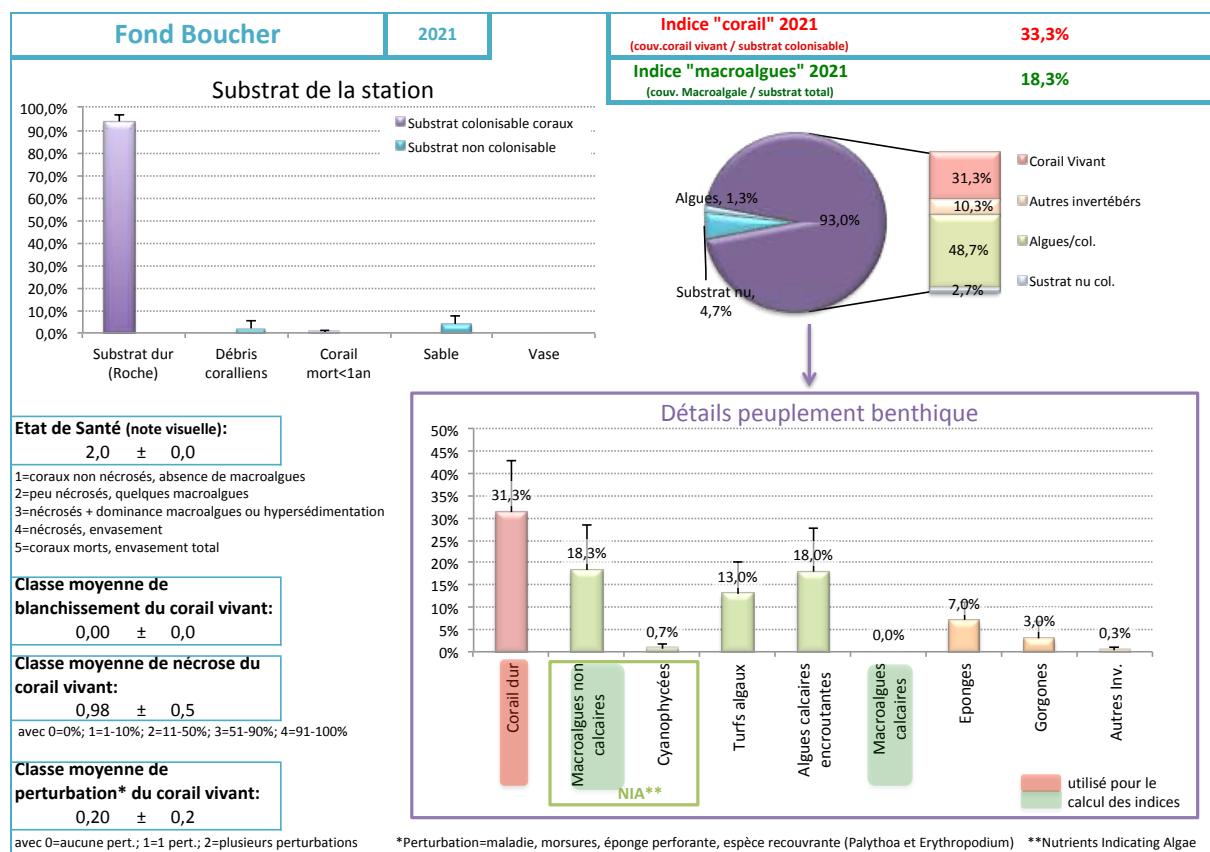


Figure 24 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Fond Boucher en 2021

- Evolution temporelle (2016 à 2021) des peuplements benthiques

Au cours de la période 2016-2021, la couverture des différents éléments du benthos et du substrat ne suit pas de tendance nette (Figure 25).

La **couverture corallienne** a fluctué légèrement entre 2016 et 2018, puis a fortement augmenté entre 2018 et 2020, passant de 22,6 à 36,0% en 2020. En 2021, la couverture corallienne montre une diminution passant à 31,3% de la couverture totale. L'augmentation en 2020 était principalement liée à l'amélioration de la couverture des formes digitées (*P. porites*, *Madracis spp.*), des formes foliacées (e.g. *A. humilis*) et des formes encroûtantes. Il faut noter la présence de plusieurs colonies d'*Agaricia lamarcki* sur le transect. La diversité a montré une augmentation en 2019 ($R = 14$ espèces et $H' = 2,27$) et 2020 ($R = 15$ espèces et $H' = 2,28$) comparativement aux autres années. En 2021, la baisse de la couverture pourrait s'expliquer par la mortalité liée à la maladie SCTLD.

La **couverture algale** a fluctuée pendant la période 2016-2021. Les années 2016 et 2020 montrent une couverture plus faible avec respectivement 48,0% et 36,7 % de la couverture totale. Les autres années montrent une couverture supérieure à 50% de la couverture totale. L'année 2021 montre une couverture algale de 50,0%. Les proportions des groupes algaux ont évoluées avec, depuis 2017, une baisse de la couverture en turf contre une augmentation de la couverture en macroalgues molles. Cette tendance peut indiquer un changement de la qualité du milieu, difficilement interprétable dans la mesure où le caractère indicateur du genre *Dictyota*, qui forme l'essentiel des macroalgues molles, n'est pas connu. La couverture en turf n'est pas corrélée à la densité d'oursins, puisqu'en 2017 les deux paramètres présentaient des valeurs élevées.

La couverture du groupe **autres invertébrés benthiques** a fluctué pendant la période 2016-2021. L'année 2021 est moyenne et présente une couverture en autres invertébrés benthiques de 11,3%.

Remarque : La station présente un bon état général, avec cependant une couverture algale plus élevée que la couverture corallienne. Le fait qu'aucune tendance ne se dégage emmène à rester vigilant sur l'évolution de l'état de ce site. Un point négatif : la maladie corallienne SCTLD est présente sur la station et un point positif: la densité d'oursins est en augmentation régulière.

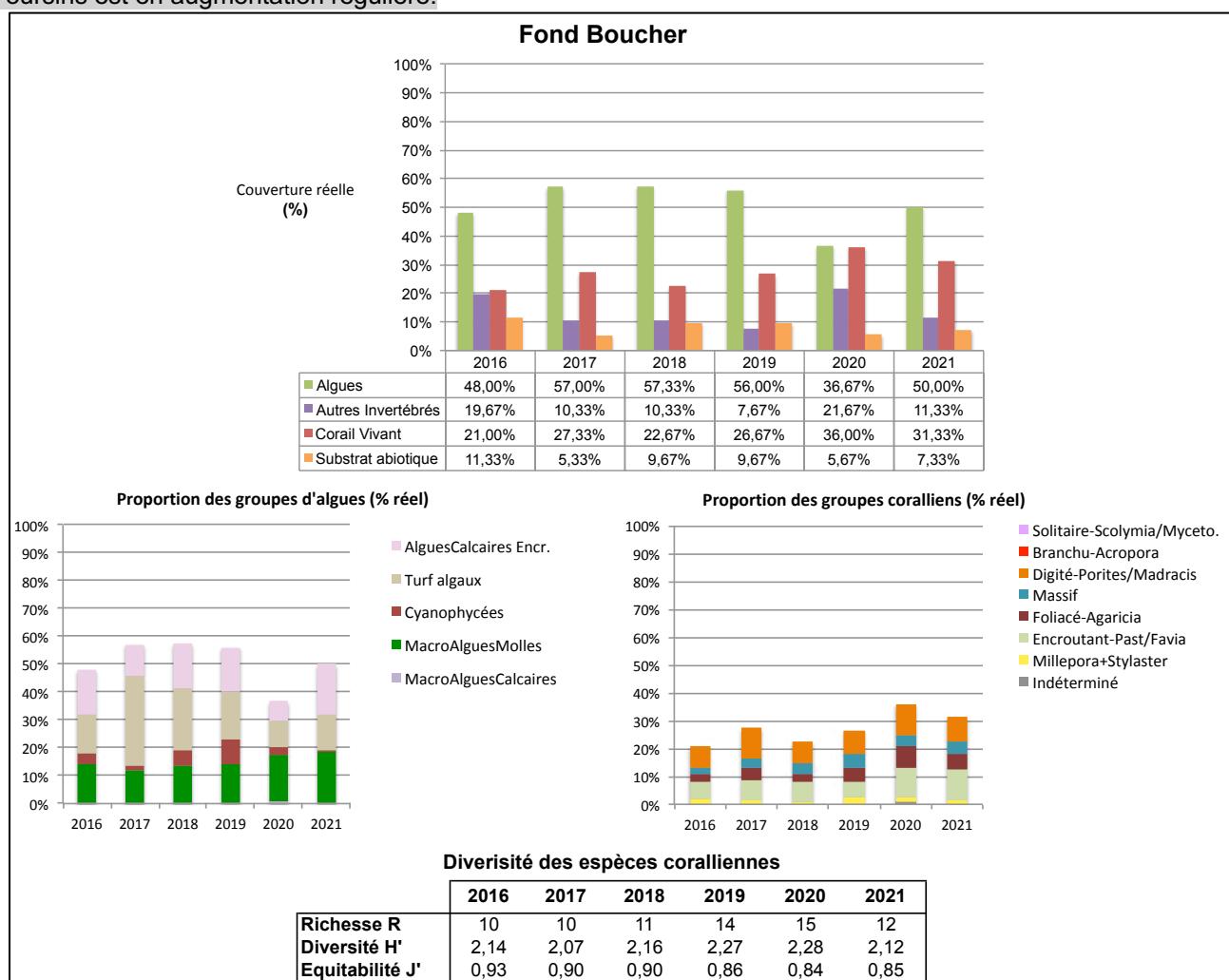


Figure 25 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Fond Boucher: années 2016 à 2021

La densité en oursins est forte et a augmenté au cours de la période 2016-2021, passant de 1,47 ind.m⁻² en 2016 à 2,65 ind.m⁻² en 2021 (Figure 26).

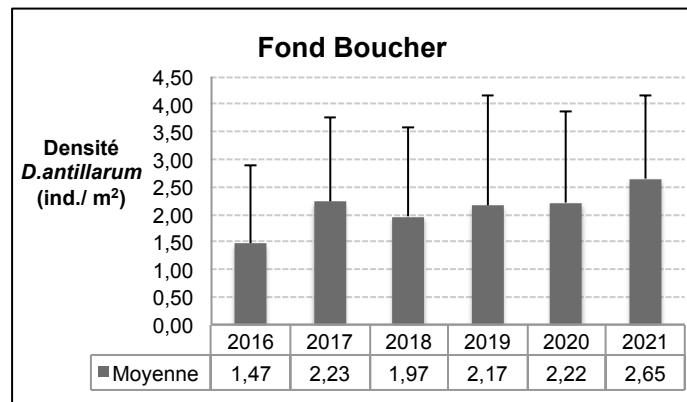


Figure 26 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Fond Boucher : années 2016 à 2021

FRJC003 : Cap Salomon (type 5)

- Description générale

La station **Cap Salomon (CSA)** est composée d'un champ de gros éboulis rocheux sur 9 m de profondeur.

Le site n'est pas composé de communautés coraliennes bioconstruites, mais d'espèces majoritairement encroûtantes qui se développent sur les blocs rocheux. Ce site, très fréquenté par les plongeurs, est caractérisé par un fort hydrodynamisme (courant très fréquent).

- Description du substrat et des peuplements benthiques pour l'année 2021

Au total, **84,4% du substrat de la station Cap Salomon est colonisé** (Figure 27). Le **substrat non colonisé** (colonisable ou non par les coraux) (15,7%) est composé de roche nue, de sable et de quelques débris coralliens.

Les **coraux** représentent 27,0% de la couverture totale de la station et le genre ***Millepora*** (corail de feu) est majoritaire (15,7%). Les coraux de cette station sont globalement peu nécrosés (0,27) et peu perturbés (0,11). La station est fortement affectée par la maladie SCTLD et présentait 10 colonies atteinte sur le PIT (Tableau 16). De nombreuses colonies étaient déjà entièrement mortes et recouvertes de turf, signe que l'infection était présente sur la zone depuis plusieurs semaines.

Les **algues** représentent 32,7% de la couverture totale : 17,0% d'algues calcaires encroûtantes, 9,3% de turfs et 6,0% de macroalgues non calcaires.

Le groupe **autres invertébrés benthiques** (24,7%) est essentiellement composé d'**éponges encroûtantes**. Elles représentent 23,7% de la couverture totale, ce qui est une couverture inhabituellement élevée pour des éponges et typique de ce site.

Le substrat nu colonisable, ici de la roche nue, représente 6,3% de la couverture. Il est souvent difficile de voir si cette roche de couleur grisâtre est nue car elle présente des zones plus claires qui semblent être des traces de colonisation ancienne par des algues calcaires encroûtantes ou par le corail encroûtant du genre *Millepora*. La couverture en lien avec ces trois groupes (roche nue, AC, *Millepora*) peut donc entraîner une variabilité interannuelle de leurs catégories respectives.

L'état de santé global de cette station est bon (note de 2,0).

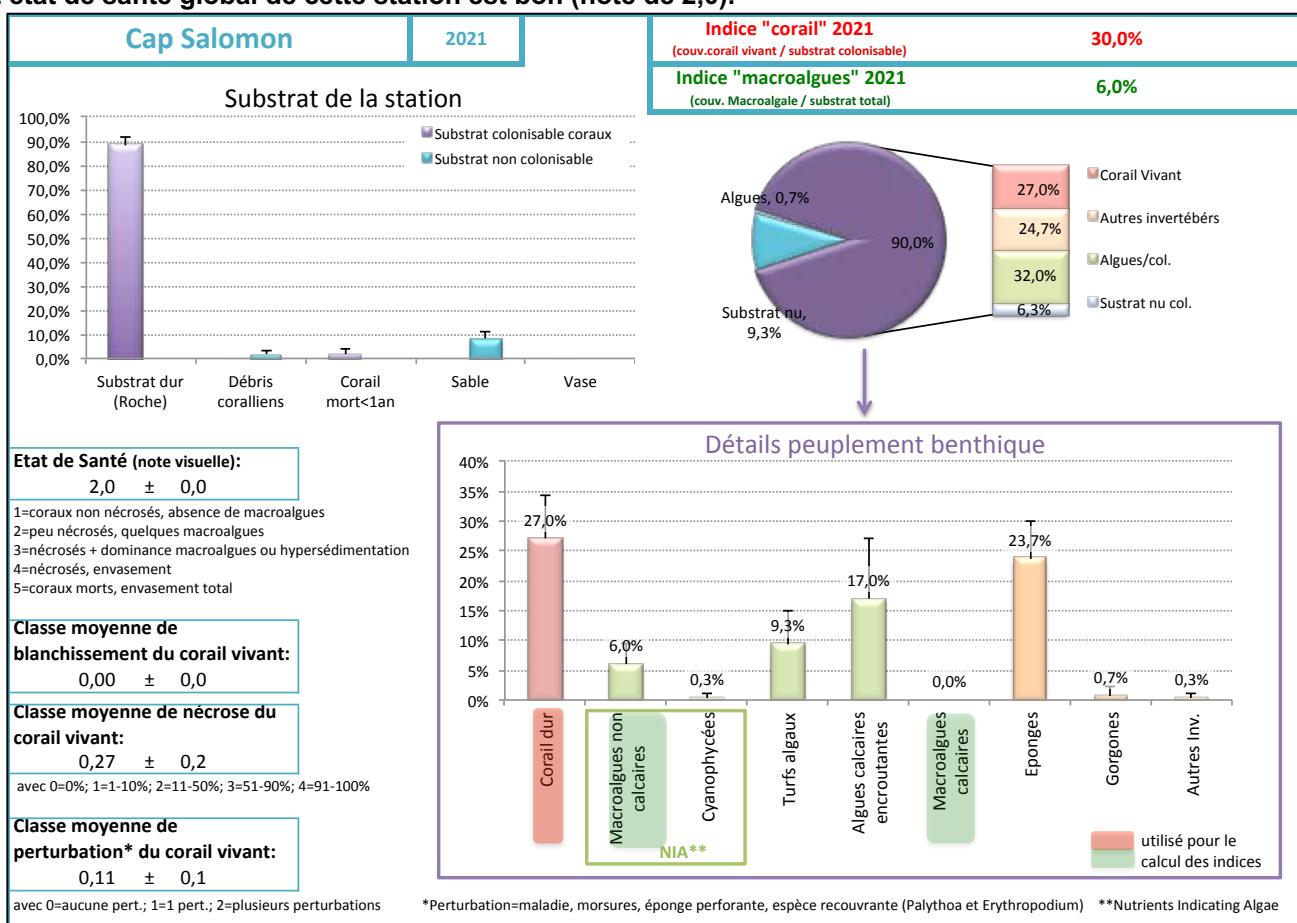


Figure 27 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Cap Salomon en 2021

- Evolution temporelle (2016 à 2021) des peuplements benthiques

Pendant la période 2016-2021, la proportion des différents éléments du benthos et du substrat a fluctué (Figure 28). Ceci est notamment lié à une variabilité interannuelle importante de la couverture des **algues calcaires encroûtantes, du turf, du genre de corail *Millepora* et de substrat dur « nu »**. Ces éboulis semblent être régulièrement « nettoyés » (pressions potentielles : qualité de l'eau, abrasion, fort hydrodynamisme, forte pression des herbivores ou des prédateurs, roulement des blocs). La surface de substrat mise à nue peut être colonisée par des algues calcaires qui deviennent des plaques blanches calcifiées (noté comme substrat dur « nu »). Un biais observateur peut également être considéré, étant donné les difficultés de distinction mentionnées plus haut.

La **couverture corallienne** a augmenté au cours de la période 2016-2021 passant de 18,0% en 2016 à 27,0% en 2021. La diversité corallienne et l'équitabilité semblent stables pendant la période 2016-2019. L'année 2020 montre une plus haute diversité et une meilleure dispersion des espèces, tandis qu'en 2021 l'équitabilité en baisse révèle un peuplement plus déséquilibré.

Les **algues montrent** une variabilité interannuelle importante, fluctuant entre 21,3% et 33,7%, au cours de la période 2016-2021. L'année 2021 montre une couverture algale de 32,7% avec une part importante en algues calcaires encroûtante.

Sur ce site, les **éponges** sont le deuxième groupe d'organisme le plus abondant (23,7%), en compétition directe pour le substrat avec les coraux.

Remarques :

L'état général du site est bon mais la forte variabilité de la couverture des peuplements benthiques et du substrat montre qu'une attention particulière doit être portée à l'évolution du site et aux pressions.

Une calibration inter-opérateurs, réalisée avant chaque suivi, est donc essentielle pour cette station pour limiter les variabilités liées à l'interprétation de la colonisation de la roche par les algues calcaires.

La maladie corallienne SCTLD étant présente sur la station, l'évolution des paramètres coralliens seront à surveiller.

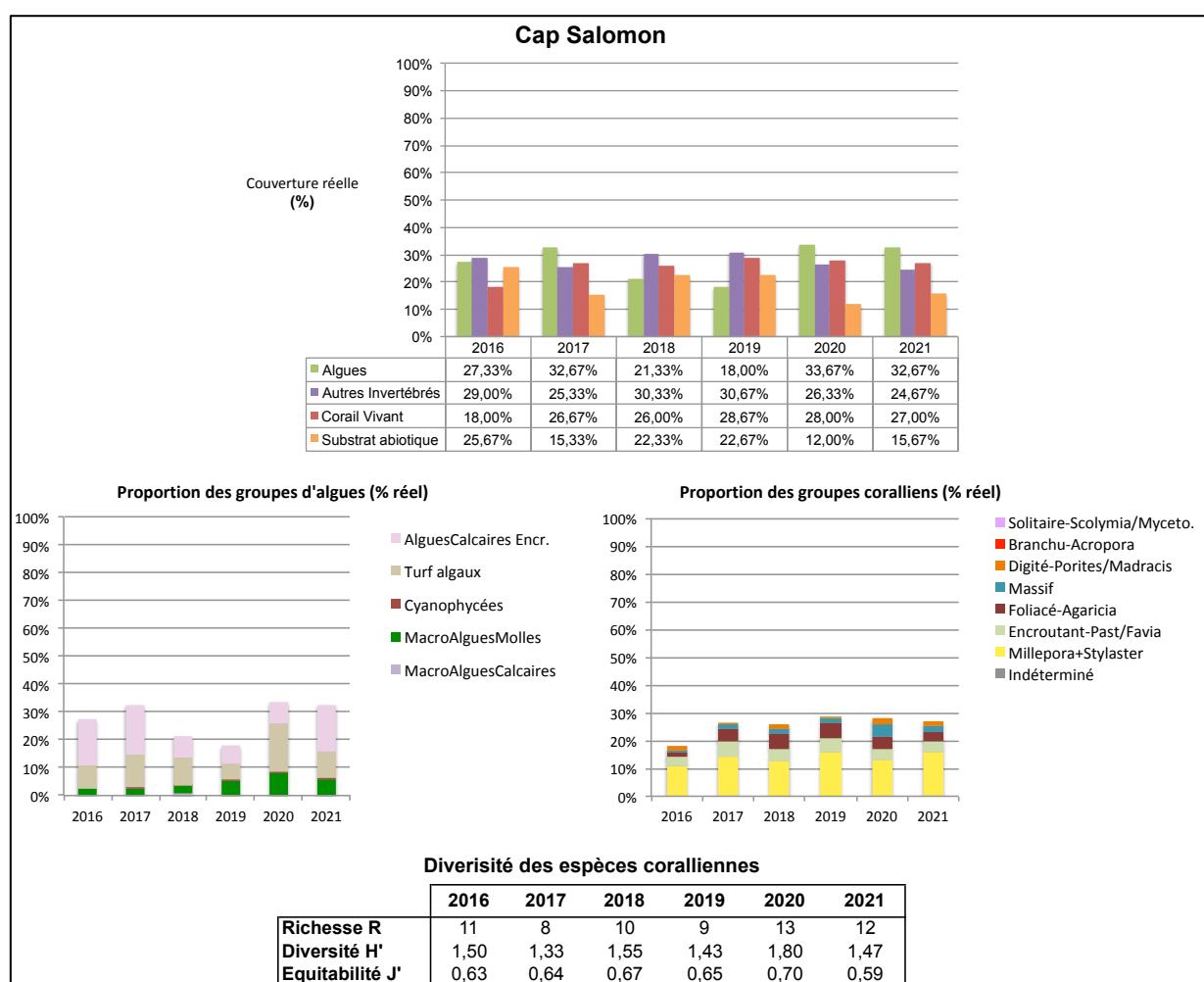


Figure 28 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Cap Salomon: années 2016 à 2021

La densité en oursins est très forte à Cap Salomon et a fluctué au cours de la période 2016-2021, entre 2,23 ind.m⁻² et 4,43 ind.m⁻² (Figure 29). En 2021, la densité en oursins est moyenne avec 3,58 ind.m⁻².

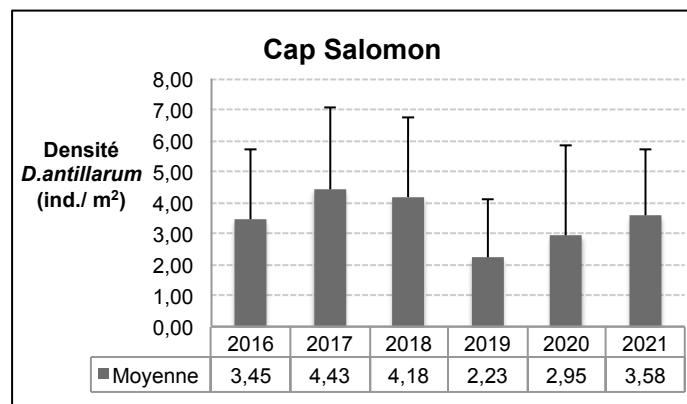


Figure 29 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Cap Salomon : années 2016 à 2021

Type 6 : Côte abritée à plate-forme corallienne. Il concerne les masses d'eau côtières du sud Martinique (FRJC009, 017 et 018). Les milieux subissent des pressions urbaines fortes (Sainte-Luce, Diamant, Rivière Pilote) et sont exposé aux houles cycloniques.

FRJC018 : Caye d'Olbian (type 6)

- Description générale

La station Caye d'Olbian (COL) est localisée à 11 m de fond sur un « plateau » du récif frangeant (zone bioconstruite) de la Baie du Diamant. Caye d'Olbian présente le meilleur état de santé des stations suivies dans le cadre de la DCE récifs coralliens. Cette station IFRECOR n'est suivie dans le cadre DCE que depuis 2015. Elle n'est pas matérialisée par un transect pérenne type IFRECOR mais seulement par quelques piquets légers type DCE qui ont été posés en 2015 pour « pérenniser » spatialement cette station.

- Description du substrat et des peuplements benthiques pour l'année 2021

Au total, **90,4% du substrat de la station Caye d'Olbian est colonisé** (Figure 30). Le **substrat non colonisé** est essentiellement constitué de débris coralliens et de sable.

Les **coraux** sont les **organismes dominants** et représentent 57,3% de la couverture totale de la station. Cette station possède la plus importante couverture corallienne observée au sein des stations DCE. Les genres majoritaires sont *Orbicella* (18,3%), *Madracis* (17,7%) et *Porites* (11,3%) mais de nombreux autres taxons sont présents dans de plus faibles proportions. La richesse spécifique en coraux est la plus forte de tous les sites suivis avec 18 espèces inventoriées en 2021. De nombreuses nécroses ont été observées (note moyenne : 0,87), ainsi que quelques perturbations sur les coraux (note moyenne : 0,22), dont l'agression des colonies d'*O. faveolata* par un gastéropode, vraisemblablement *Corallophila erosa* (Bouchon et Bouchon, 2017) et la maladie SCTLD apparue en 2021 sur la station. Le relevé sur le PIT a dénombré 17 colonies atteintes, ce qui fait de Caye d'Olbian le site DCE le plus contaminé par la maladie (Tableau 16).

Les **algues** représentent 30,0% de la couverture du substrat avec 10,0% d'**algues encroûtantes calcaires**, 10,0% de **macroalgues non calcaires** (presque exclusivement du genre *Dictyota*) et 8,7% de turfs algaux. Les cyanobactéries représentent 1,3% en 2021.

Les autres invertébrés sessiles (3,0%) sont représentés exclusivement par les éponges.

L'état de santé global de cette station est bon (note de 1,8).

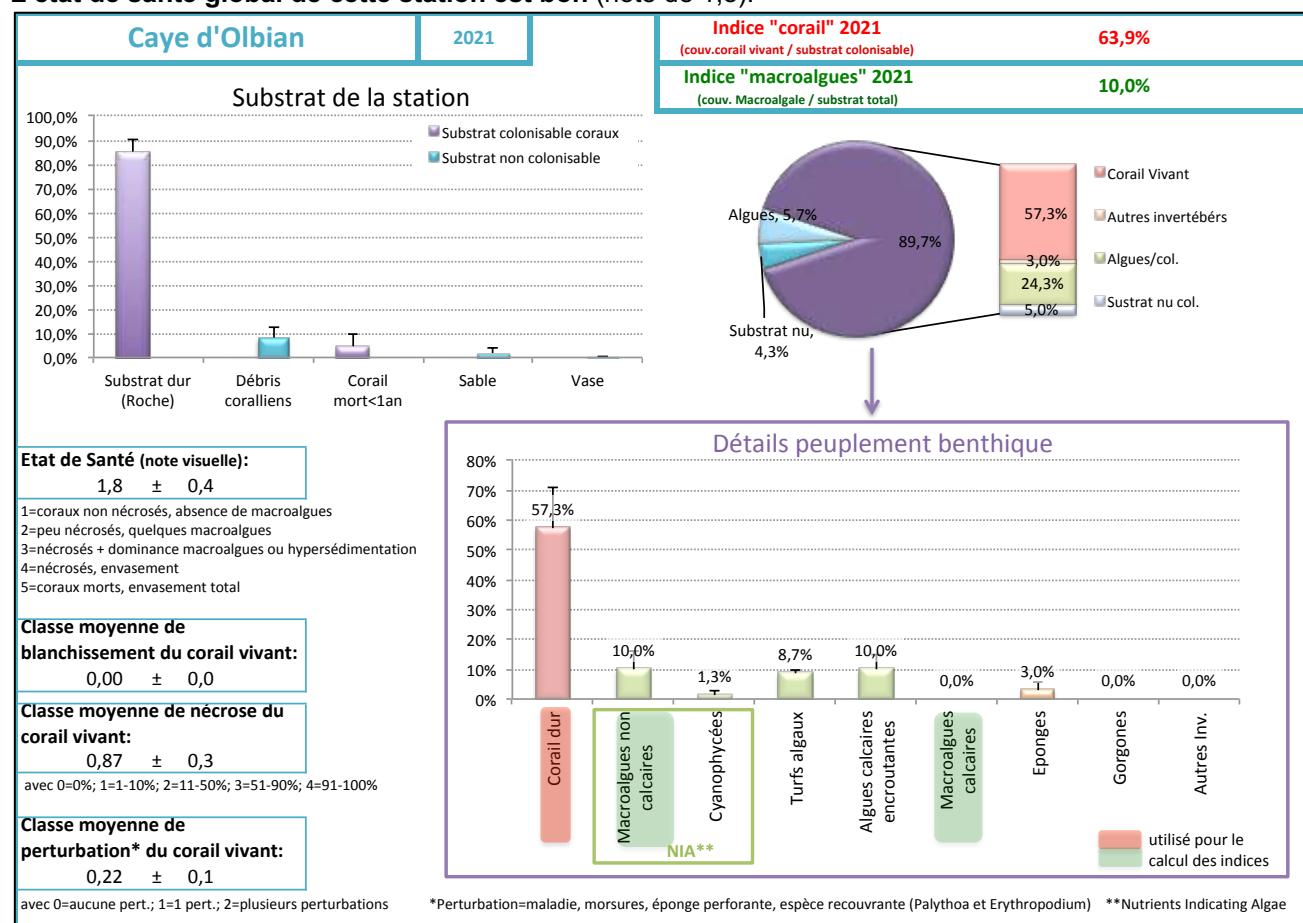


Figure 30 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Caye d'Olbian en 2021

- Evolution temporelle (2016 à 2021) des peuplements benthiques

Depuis 2016, la **couverture corallienne** montre une fluctuation interannuelle (Figure 31). Entre 2019 et 2021, la couverture corallienne a baissé passant de 70,0% en 2019 à 57,3% en 2021. Les proportions des groupes coralliens montrent très peu de variations depuis 2016. La diversité corallienne et l'équitabilité sont relativement stables au cours de la période 2016-2021.

La **couverture algale** est relativement stable depuis 2015 oscillant entre 22,3% et 30,0%. Une augmentation est cependant observée entre 2019 et 2021, passant de 22,7% en 2019 à 30,0% en 2021. La tendance est liée à une augmentation de la couverture en macroalgues non calcaires.

Le **substrat abiotique** non colonisable, constitué de débris coralliens et de sable, est relativement stable depuis 2016. Les débris coralliens sont constitués sur ce site de branches de *M. auretenra* et *P. porites* mortes.

Remarque : La station montre plusieurs signes de dégradation en 2021, dont une baisse de la couverture corallienne, de nombreuses colonies malades par la SCTLD et l'augmentation de la couverture en macroalgues. Elle reste cependant la station la plus corallienne, avec une menace sur ce statut si les pressions sur les maladies corallines ne sont pas maîtrisées..

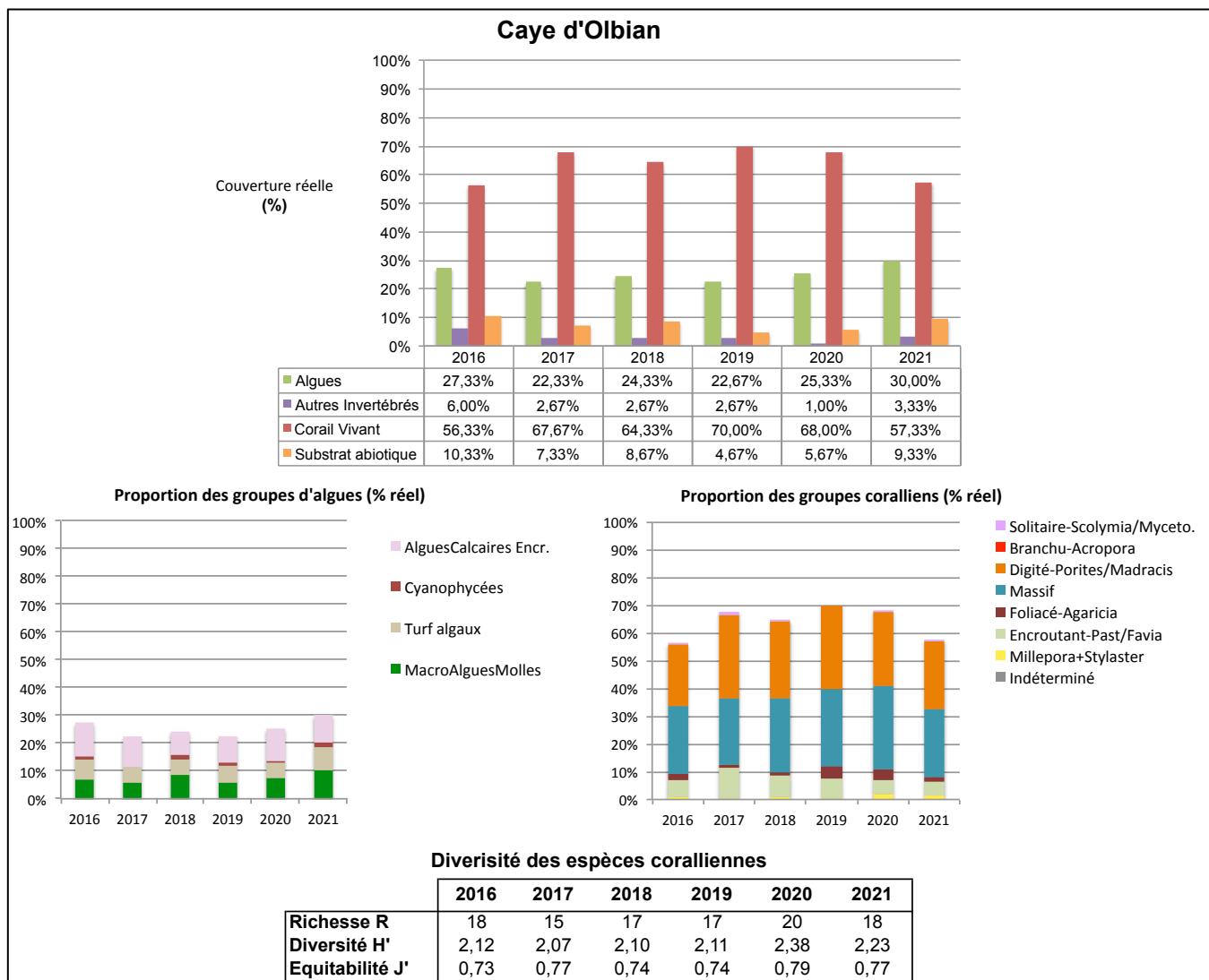


Figure 31 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Caye d'Olbian : années 2016 à 2021

La densité en oursins est forte à Caye d'Olbian au cours de la période 2016-2021 mais montre une diminution, passant de 1,63 ind.m⁻² en 2016 à 0,98 ind.m⁻² en 2021 (Figure 32).

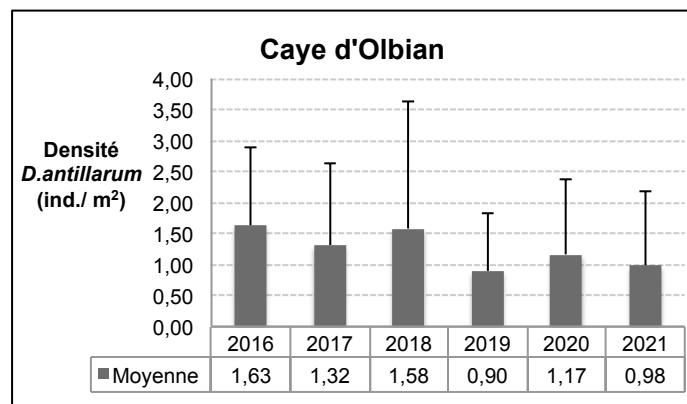


Figure 32 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Caye d'Olbian : années 2016 à 2021

FRJC017 : Corps de Garde, Pointe Borgnesse et Jardin Tropical (type 6)

Les trois stations, bien que localisées au sein de la même masse d'eau (FRJC017) possèdent des peuplements benthiques et des caractéristiques différentes.

FRJC017-a : Corps de Garde

- Description générale - Corps de Garde

La station Corps de Garde (CGA) est localisée sur un plateau en bordure de tombant à 10-11 m de fond et semble dans son ensemble assez homogène. Corps de Garde présente d'importants massifs d'*Orbicella annularis* sur certaines zones.

- Description du substrat et des peuplements benthiques pour l'année 2021

Au total, **80,0% du substrat de la station Corps de Garde est colonisé** (Figure 33). Le **substrat non colonisé** est essentiellement constitué de sable et dans une moindre mesure de roches non colonisées et de débris coralliens.

Les **coraux** représentent 37,7% de la couverture totale et les genres ***Orbicella*** (10,7%), ***Porites*** (7,3%) et ***Montastraea*** (6,3%) sont dominants. Les colonies de ce site sont moyennement nécrosées (0,76) et présentent divers types de perturbations tels que le recouvrement par *Palythoa caribaeorum*, *Erythropodium caribaeorum*, et la colonisation par l'éponge perforante *Clione*...Les perturbations sont diverses mais le nombre de colonies touchées est faible puisque la note de perturbation est faible (0,04).

La proportion en **algues** est de 33,3%. Le peuplement algal est constitué de 18,7% de **turf** et de 7,7% d'algues encroûtantes calcaires. Les macroalgues identifiées appartiennent exclusivement au genre *Dictyota*.

Les **autres invertébrés benthiques** représentent 9,0% du substrat total avec 5,3% d'**éponges**, 2,7% de gorgones et 1,0% d'autres invertébrés (le zoanthaire *Palythoa caribaeorum*). Parmi les éponges, les **Cliones** représentent plus de la moitié des observations (en particulier *Cliona caribea* qui est un taxon perforant qui recouvre et entraîne la mort du corail).

L'état de santé global de cette station est bon (note de 1,3).

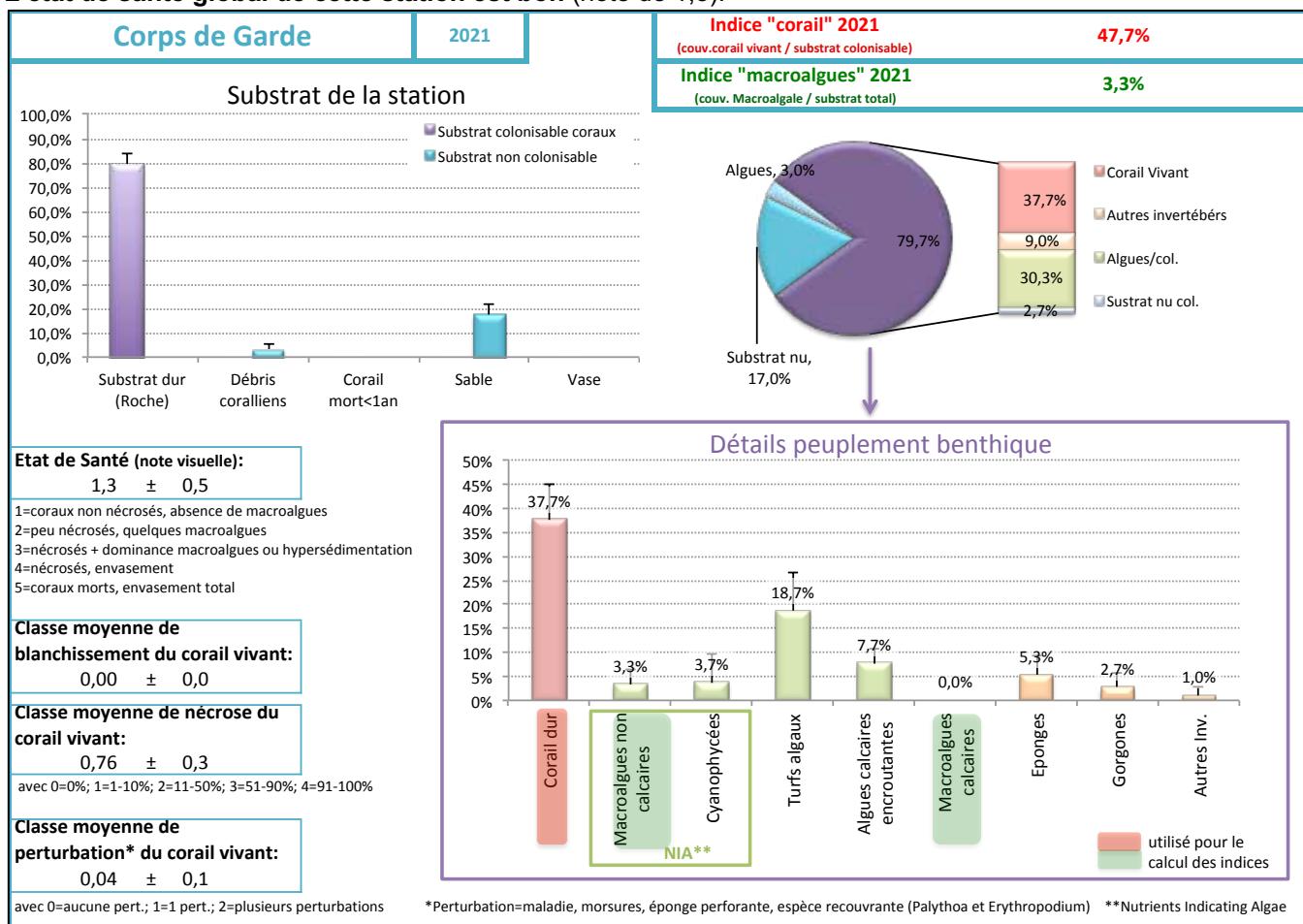


Figure 33 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Corps de Garde en 2021

- Evolution temporelle (2016 à 2021) des peuplements benthiques

La **couverture corallienne** a montré une augmentation entre 2016 et 2020 passant de 34,3% en 2016 à 43,7% en 2020 (Figure 34). L'année 2021 montre une baisse de recouvrement avec 37,7% de couverture totale. Cette diminution en 2021 est principalement lié à la baisse de la couverture des formes digitées (-2,3%) et des formes foliciacées (-2,0%). La diversité spécifique des espèces coralliennes est relativement haute pendant la période, oscillant entre 15 et 20 espèces. La diversité corallienne et l'équitabilité sont relativement stables au cours de la période 2016-2021.

Entre 2016 et 2020, la **couverture algale** a montré une diminution passant de 32,0% en 2016 à 26,3 % en 2020. L'année 2021 montre une ré-augmentation de la couverture algale avec 33,3% de la couverture totale. L'année 2021 est marquée par une forte augmentation de la couverture en cyanophycées passant de 0,7% en 2020 à 3,7% de la couverture totale en 2021.

La couverture des autres invertébrés a quasiment doublé depuis 2016, passant de 5,3% en 2016 à 9,3% en 2021.

Remarque : Le site est en bon état de santé avec une note de 1,3 et une couverture corallienne qui est bonne bien que repartie à la baisse en 2021. Il faut cependant surveiller avec attention le recouvrement en cyanophycées, la présence de Cliones et l'occurrence de différentes perturbations. La tendance à la baisse de la densité d'oursins pourrait devenir préoccupante.

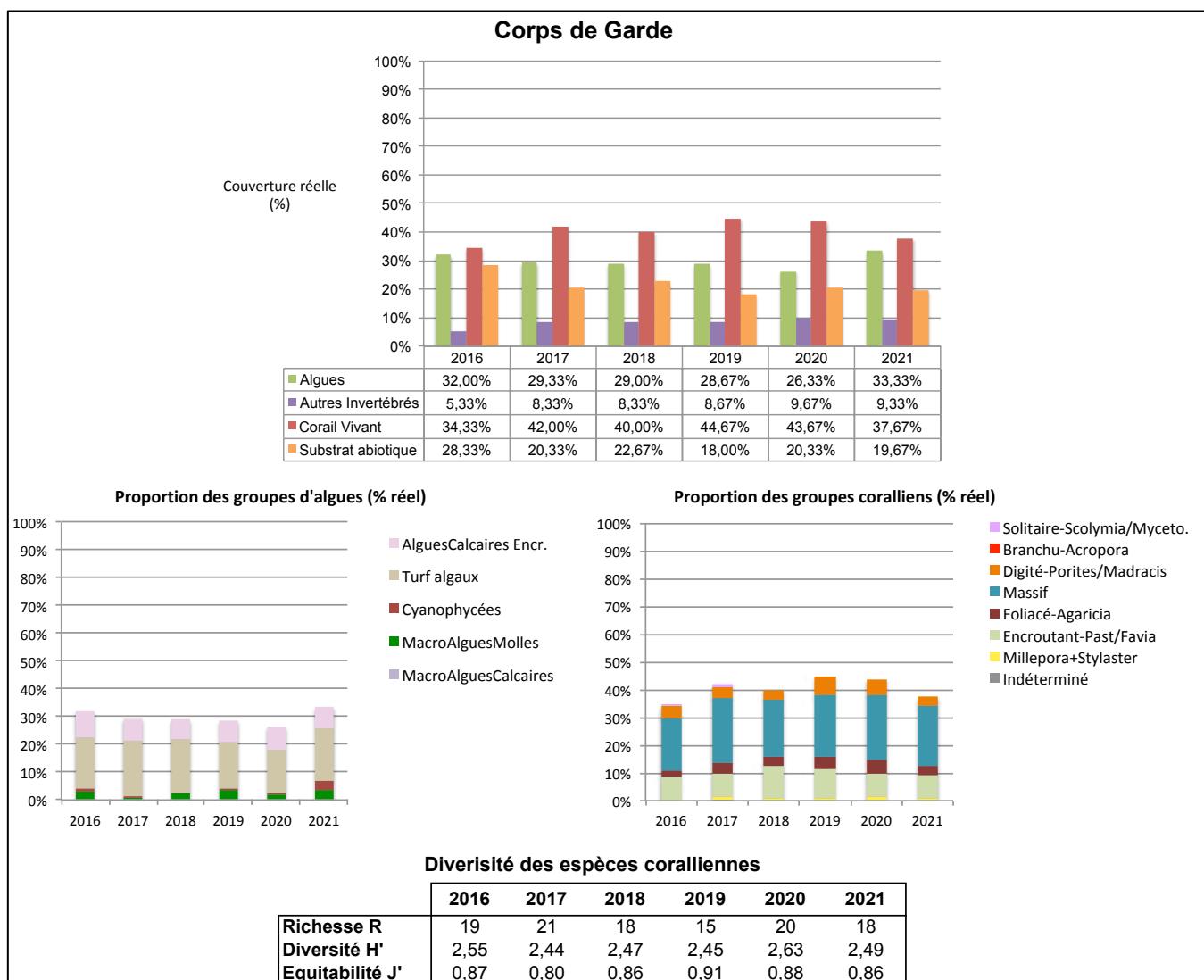


Figure 34 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Corps de Garde : années 2016 à 2021

La densité en oursins est forte à Corps de Garde pendant la période 2016-2021 mais est en diminution progressive passant de 2,13 ind.m⁻² en 2016 à 1,37 ind.m⁻² en 2021 (Figure 35).

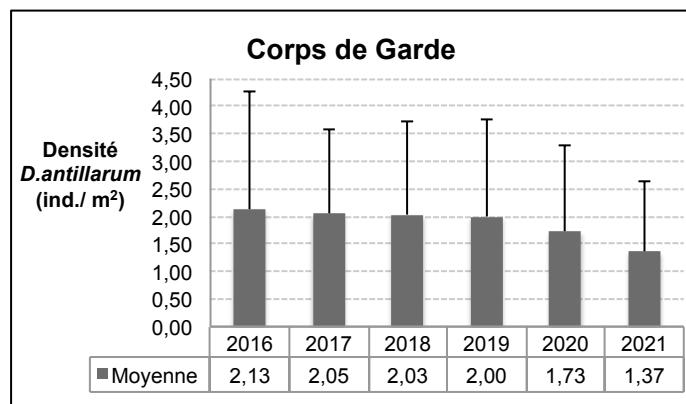


Figure 35 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Corps de Garde : années 2016 à 2021

FRJC017-b : Pointe Borgnesse

- Description générale Pointe Borgnesse

La station **Pointe Borgnesse (PBO)** est localisée sur un plateau de 10 m de fond constitué d'une succession d'imposants **massifs d'*Orbicella*** en mauvais état de santé et colonisés par du **turf** et des **macroalgues**. C'est une station représentative de la zone et fortement fréquentée, notamment pour les apprentissages de la plongée sous-marine. La station se situe dans l'ancien cantonnement de pêche de la Pointe Borgnesse, ouvert en 2016.

Cette station est pérennisée par un transect IFRECOR qui est encore relativement visible mais en mauvais état avec la corde incrustée en plusieurs endroits dans le substrat bioconstruit.

- Description du substrat et des peuplements benthiques pour l'année 2021

Au total, **95,3% du substrat de la station Pointe Borgnesse est colonisé** (Figure 36). Le **substrat non colonisé** est essentiellement constitué de sable et de débris coralliens.

Les **coraux** représentent 17,3% de la couverture totale et les genres ***Orbicella*** (9,7%) et ***Porites*** (4,0%) dominent. Les massifs d'*Orbicella annularis*, et les coraux plus généralement, présentent de nombreuses **nécroses** (note : 1,12) et quelques perturbations (note : 0,07). La maladie SCTLD a été observée sur deux colonies (*C. natans* et *M. meandrites*). Les massifs sont séparés par des zones sableuses, qui constituent l'essentiel du substrat abiotique non colonisé de la station.

Les **algues sont les organismes majoritaires** de la station avec 73,7% de couverture totale. Ces dernières sont représentées à 48,7% par les **macroalgues non calcaires**, puis à 14,3% par le **turf** et à 8,3% par les algues calcaires encroûtantes. Les cyanophycées (1,7%) sont principalement observées en plaque sur le sable. Les macroalgues non calcaires sont essentiellement composées des genres ***Dictyota*** et ***Lobophora***. Ce dernier genre est peu rencontré sur les autres stations de la DCE et est donc caractéristique du peuplement benthique de Pointe Borgnesse.

Les **autres invertébrés benthiques** représentent 4,3% de la couverture totale et ce groupe est représenté principalement par les éponges (3,3%).

L'état de santé global de cette station est médiocre (note de 4,0).

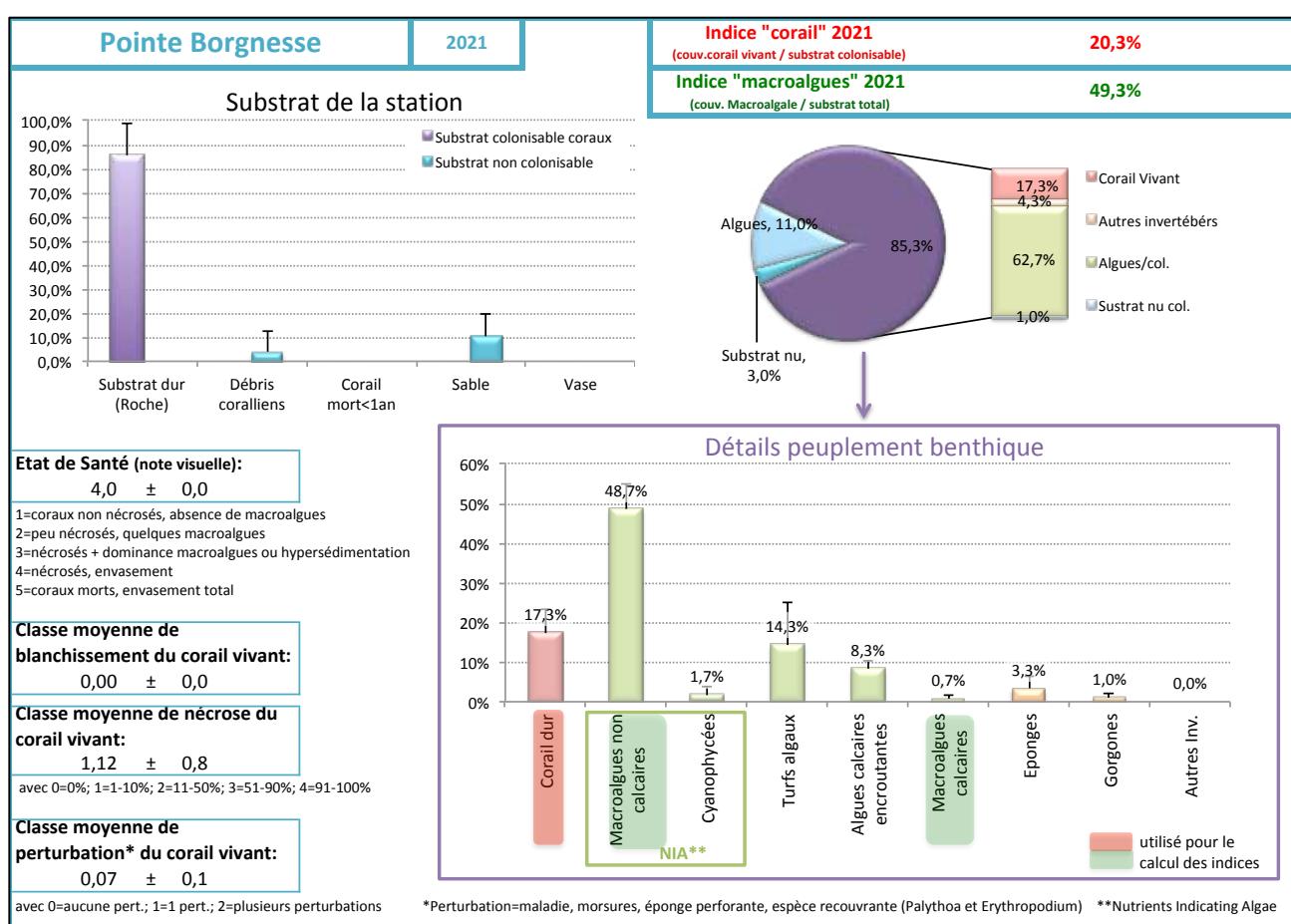


Figure 36 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Pointe Borgnesse en 2021

- Evolution temporelle (2016 à 2021) des peuplements benthiques

La **couverture corallienne** est faible durant la période 2016-2021 (Figure 37). Bien que l'année 2020 montre une couverture corallienne plus forte (23,7%) celle-ci oscille entre 12,7 et 18,0% pour les autres années. L'année 2021 est une année moyenne et les coraux représentent 17,3% de la couverture totale. Les groupes coralliens montrent quelques changements de proportion depuis 2016 avec notamment une augmentation des formes encroûtantes (e.g. *Porites asteroides*), l'apparition en 2018 des formes foliacées (e.g. *Agaricia humilis*) et l'augmentation de la présence des coraux solitaires (e.g. *Scolymia sp.*). Il ne semble pas y avoir de reprise des formes massives du genre *Orbicella* qui sont à l'origine de la morphologie particulière de ce site. La diversité spécifique des coraux est en augmentation depuis 2016 passant de 8 espèces en 2016 à 11 espèces en 2021. D'une manière générale, ce site est soumis à une forte pression de la qualité de l'eau car situé entre la baie du Marin et l'embouchure de la Rivière Pilote. La diversité corallienne et l'équitabilité sont stables pendant la période 2016-2021 sauf pour l'année 2020 qui montre une plus haute diversité et une meilleure dispersion des espèces.

Les **algues**, fortement majoritaires, montrent une fluctuation interannuelle de leur couverture, oscillant entre 65,3% et 74,67% au cours de la période 2016-2021. Les proportions des différents groupes d'algues sont relativement constantes avec : une dominance des macroalgues molles, suivis des turfs et des algues calcaires encroûtantes. Les cyanophycées sont plus ou moins abondantes en fonction des années, avec une couverture autour de 3% en 2019 et 2020. La station ne montre pas d'augmentation particulière de la couverture en algues depuis 2016, qui aurait pu être liée à la diminution des poissons herbivores en lien avec l'ouverture du cantonnement.

Remarque : les massifs présents sur ce site sont très dégradés. Ils ne montrent pas de signes de rétablissement et sont remplacés par d'autres formes corallines. La forte présence des macroalgues molles ne prédit pas d'amélioration quant à l'état de santé général de ce site.

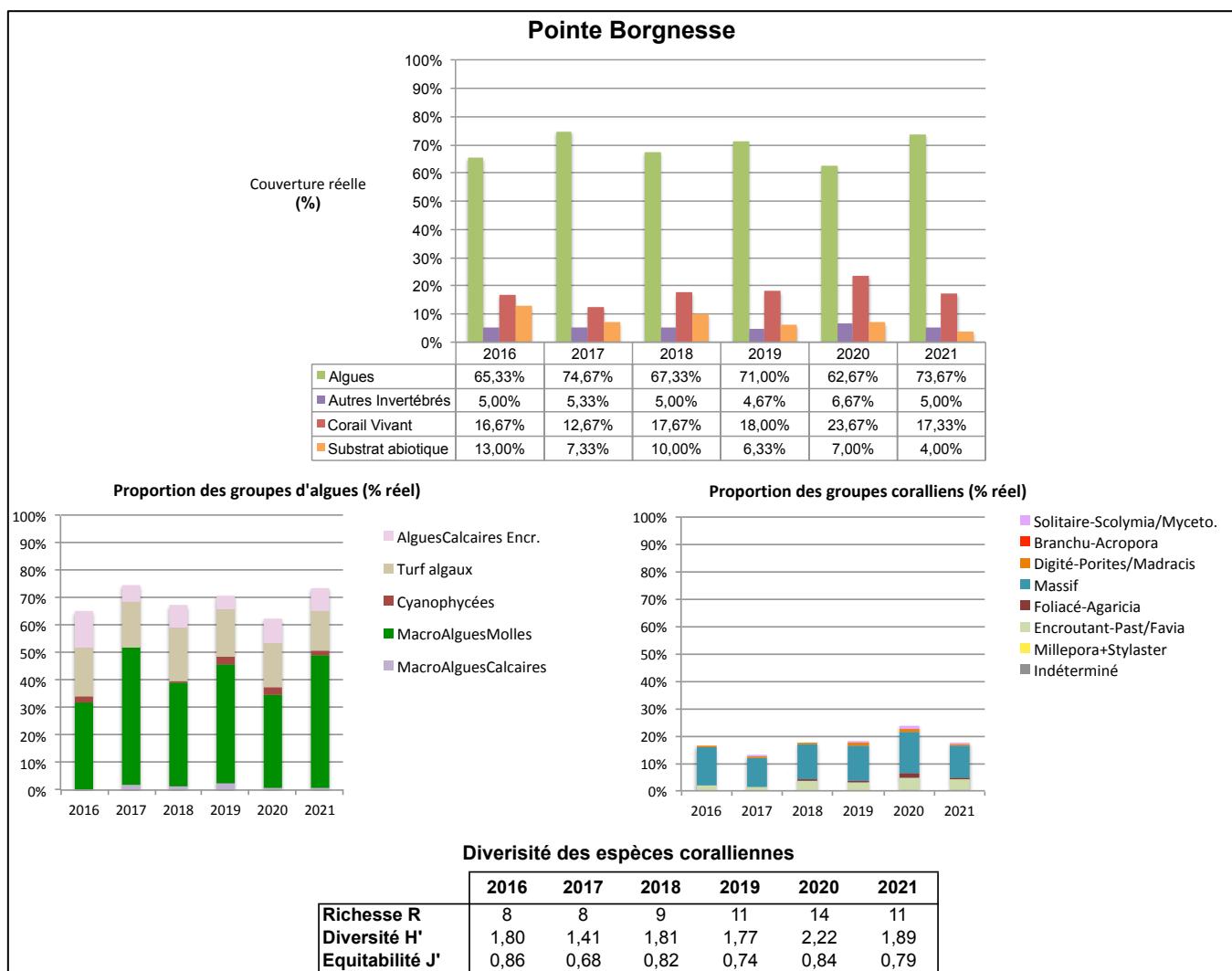


Figure 37 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Pointe Borgnesse : années 2016 à 2021

La densité en oursins est faible à Pointe Borgnesse au cours de la période 2016-2021 mais celle-ci tend à augmenter passant de 0,15 ind.m⁻² en 2016 à 0,58 ind.m⁻² en 2021 (Figure 38).

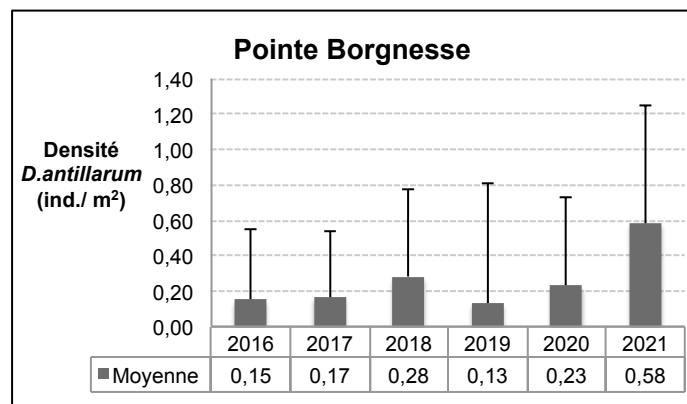


Figure 38 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Pointe Borgnesse : années 2016 à 2021

FRJC017-c : Jardin Tropical

- Description générale Jardin Tropical

La **station Jardin Tropical (JTR)** est située sur une pente externe (réef bioconstruit) en bas d'un petit tombant entre 11 et 13 m. Cette station IFRECOR est suivie dans le cadre DCE depuis 2015. Elle avait été échantillonnée en 2007 (protocole IFRECOR de l'époque) mais son suivi n'avait pas été maintenu.

La station est matérialisée par un transect pérenne en très mauvais état avec la présence d'une corde est incrustée dans le corail à plusieurs endroits. Les communautés en début de transect sont dans un état correct, et se dégradent progressivement avec de l'envasement et des massifs de *Madracis auretenra* cassés. Lors de notre exploration de la station en 2017, deux masses d'eaux se mélangeaient (influence du panache de la rivière Pilote et/ou courant de fond arrivant jusqu'au tombant ?) provoquant une thermocline vers 11m de profondeur. Au-dessus d'elle, l'eau était chaude et turbide et en-dessous froide et claire.

- Description du substrat et des peuplements benthiques pour l'année 2021

Au total, **94,7% du substrat de la station Jardin Tropical est colonisé** (Figure 39). Le **substrat non colonisé (5,3%)** est constitué principalement de débris coralliens et d'une faible part de sable. Les débris sont essentiellement composés de branches cassées de *M. auretenra*.

Les **coraux** représentent 25,3% de la couverture totale de la station. Les taxons majoritaires sont *Orbicella* (7,3%) *Porites astreoides* (6,0%) et *Madracis* (3,0%). Dans des proportions moindres, mais bien représenté par rapport aux autres sites, on retrouve le taxon *Colpophillya natans* (1,7%). Sur le PIT, une colonie porteuse de la maladie SCTLD a été observée (Tableau 16).

Les **algues sont dominantes sur la station (58,0%)** avec 24,3% de **turfs**, 23,3% de **macroalgues non calcaires** et 6,0% d'algues encroûtantes calcaires. Quelques plaques de **cyanophycées** sont observées (3,3%). Les macroalgues non calcaires sont représentées principalement par le genre *Dictyota*, mais il faut également noter la présence de l'algue encroûtante *Lobophora* en fin de transect, qui correspond à la zone la plus dégradée. Le turf de cette station est de type long, avec des espèces fines et très enchevêtrées qui rendent difficiles l'identification.

Le groupe **autres invertébrés benthiques** représente 11,3% de la couverture totale et est représenté principalement par les éponges (6,0%) et les gorgones (4,7%).

L'état de santé global de cette station est entre bon et moyen (note de 2,7).

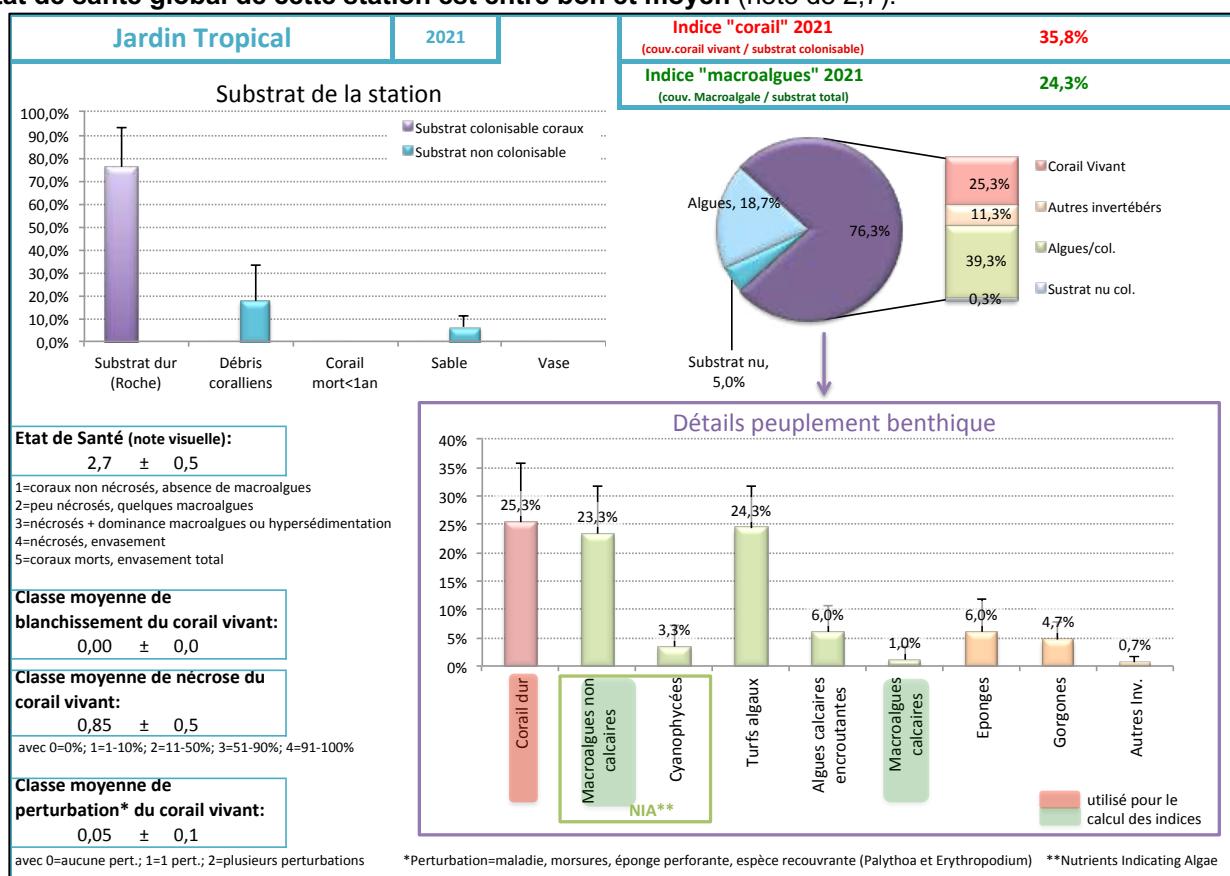


Figure 39 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Jardin Tropical en 2021

- Evolution temporelle (2016 à 2021) des peuplements benthiques

Au cours de la période la **couverture corallienne** a augmenté dans un premier temps, passant de 27,7% en 2016 à 34,3% en 2020 (Figure 40). L'année 2021 montre une forte diminution de la couverture corallienne passant de 34,3% en 2020 à 25,3% en 2021. La diminution de 2021 est principalement liées à une baisse de la couverture des formes digitées (-4%) et encroûtantes (-1,7%). La diversité corallienne a baissé entre 2016 ($R = 15$ espèces et $H' = 2,12$) et 2017 ($R = 12$ espèces et $H' = 1,96$). Depuis 2017, la diversité a constamment augmenté jusqu'en 2021 ($R = 16$ espèces et $H' = 2,32$).

La **couverture algale** montre des fluctuations importantes, sans tendance de hausse ou de baisse sur les 6 dernières années. Les années 2017 et 2021 se démarquent par une couverture plus importante, respectivement de 54% et 58% contre 43 à 47 % pour les autres années. Depuis 2016, la couverture des macroalgues non calcaires a très fortement augmenté passant de 4% en 2016 à 23% en 2021 de la couverture totale. Deux hypothèses majeures peuvent être avancées, qui sont l'enrichissement des eaux en nutriments (apports par le bassin versant de la Rivière Pilote) et une pression plus faible des poissons herbivores sur le site.

Le groupe **autres invertébrés benthiques** montre une légère augmentation de la couverture sur la période 2016-2021 passant de 8,0% en 2016 à 11,3% en 2020.

La couverture du **substrat abiotique** montre une forte diminution sur la période 2016-2021 passant de 20,3% en 2016 à 5,3% en 2021, avec des variations interannuelles.

Remarque : La station JTR est à surveiller. En effet, les importantes fluctuations, la dominance en algues, l'augmentation de la couverture des macroalgues non calcaires, la présence non négligeable des cyanophycées et les nombreuses nécroses sont des signes de perturbations importantes auxquelles la station est soumise.

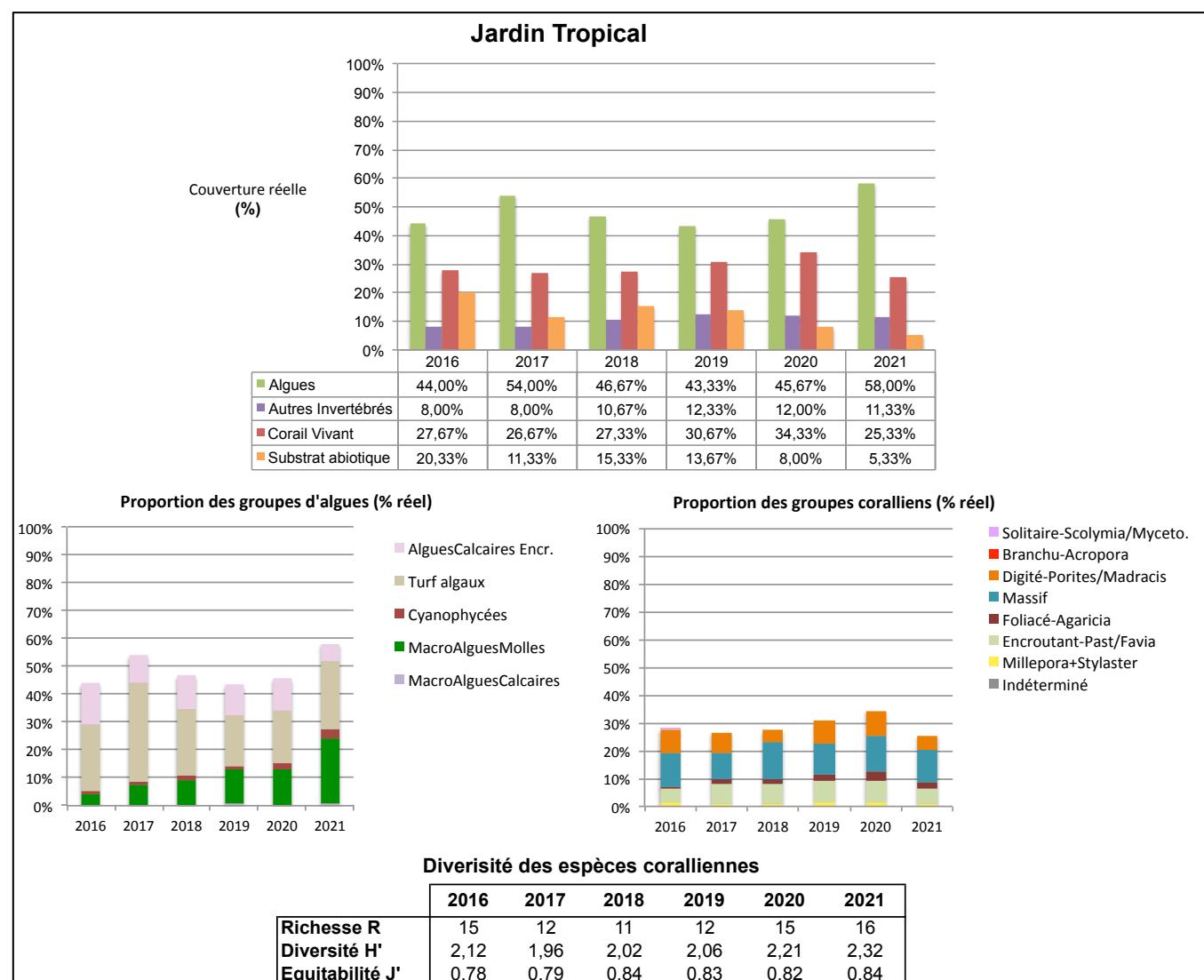


Figure 40 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Jardin Tropical : années 2016 à 2021

La densité en oursins est moyenne à Jardin Tropical au cours de la période 2016-2021. La densité est stable (autour de 1,10 ind.m⁻²) entre 2016 et 2020 (Figure 41). En 2021, la densité en oursins montre une augmentation passant à 1,58 ind.m⁻².

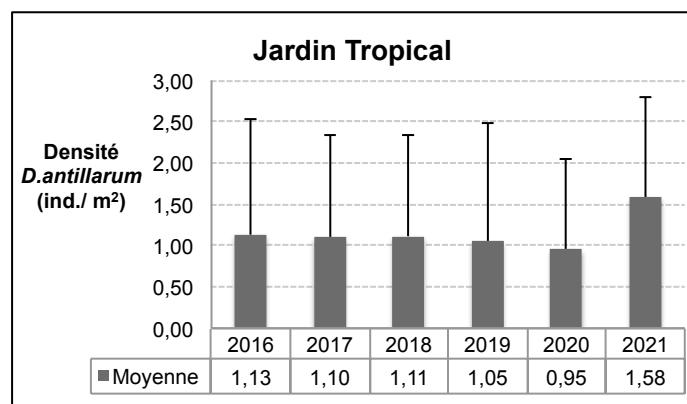


Figure 41 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Jardin Tropical : années 2016 à 2021

Type 3 : Récif barrière atlantique. Il correspond à la masse d'eau du large, à l'est de la Martinique (FRJC011). A l'extérieur, les pentes externes descendent profondément. La houle et le renouvellement des eaux y sont généralement importants. Les peuplements présents sont de type algo-coralliens.

FRJC011 : Caye Pinsonnelle et Loup Garou (type 3)

FRJC011-a : Caye Pinsonnelle

- Description générale

La station **Caye Pinsonnelle** (CPI) est localisée en surplomb d'un tombant à 9 m de fond au Nord de la Caye Pinsonnelle, soumis à la houle Atlantique. Le site est enalgué et présente de nombreuses colonies d'*Acropora palmata* mortes.

- Description du substrat et des peuplements benthiques pour l'année 2021

La station **Caye Pinsonnelle** présente presque uniquement du substrat dur et est colonisée à 99,4% (Figure 42).

Les **coraux** représentent 29,3% de la couverture totale du substrat. Les taxons dominants sont ***Pseudodiploria strigosa*** (13,7%) suivi du genre ***Porites*** (10,7%). Les colonies présentent peu de perturbations (note : 0,03) et les nécroses sont présentes (note : 0,70).

Les **algues** sont les organismes majoritaires avec une couverture de 67,3% du substrat. Elles sont principalement composées de **macroalgues non calcaires** (37,3%) et de turf (10,7%). Les algues calcaires encroûtantes (9,3%) et les macroalgues calcaires (9,3%) sont présentes en proportions équivalentes. Les macroalgues sont dominées par les genres *Dictyota*, *Halimeda* et *Sargassum* (respectivement 46,2%, 11,1% et 4,8% de la couverture totale). Les *Dictyota* de petite taille et le turf forment un tissu algal assez uniforme. Cette présence importante de *Dictyota* est préoccupante car récurrente et peut-être le signe d'une source d'apports en nutriments (origine difficile à définir étant donné l'éloignement à la côte) ou d'un déséquilibre dans la chaîne trophique (surpêche, mortalité corallienne, diminution des oursins).

Remarque : Loup Ministre, ci-après, répond au « même type de schéma » concernant le peuplement algal.

Le groupe **autres invertébrés benthiques** (principalement gorgones) représentent 2,7% de la couverture totale.

L'état de santé global de cette station est entre bon et moyen (note de 2,3).

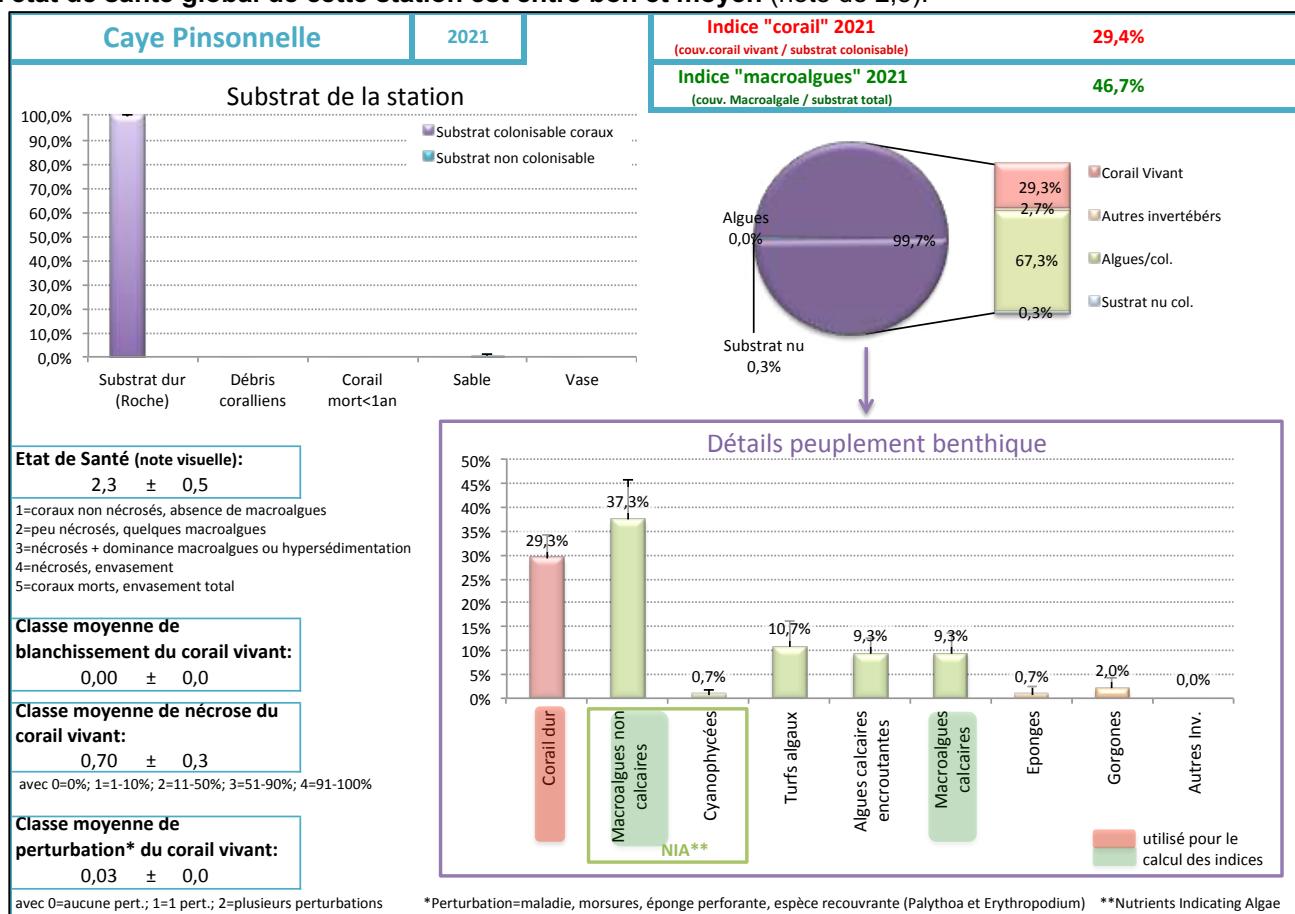


Figure 42 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Caye Pinsonnelle en 2021

- Evolution temporelle (2016 à 2021) des peuplements benthiques

Depuis 2016, la **couverture corallienne** a augmenté (même tendance depuis 2012, date de l'installation du transect pérenne à une nouvelle station), passant de 22,3% en 2016 à 29,3% en 2021 (Figure 43). Le groupe des coraux encroûtants est principalement responsable de l'augmentation progressive de la couverture corallienne (*Porites astreoides*). *Pseudodiploria* est le genre dominant tout au long de la période. L'année 2020 était marquée par une diminution de l'espèce protégée *Orbicella faveolata*, passant de 4,4% à 0,6% de la couverture totale. En 2021 l'espèce a augmenté sa couverture totale sans revenir au niveau de 2019. La diversité corallienne montre une diminution entre 2016 (R = 10 espèces et H' = 1,68) et 2021 (R = 8 espèces et H' = 1,41).

A l'inverse, la **couverture algale** a diminué de façon progressive, passant de 74,3% en 2016 à 67,3% en 2021. La composition en algues évolue significativement au cours des 6 dernières années. Les algues calcaires encroûtantes ont globalement augmenté leur couverture au détriment des macroalgues calcaires. Les macroalgues non calcaires qui montraient une diminution entre 2016 et 2017 ont augmenté leur couverture depuis 2017 jusqu'en 2021. Les cyanophycées, très faiblement présentes depuis 2016, représentaient en 2020 4,3% de la couverture totale mais sont très peu présentes en 2021.

Depuis le début du suivi, la station montre des signes d'amélioration de l'état de santé de la communauté corallienne. La rupture de cette amélioration en 2019 pourrait être liée à une variation de transect. En effet, le suivi a été réalisé sur un transect très mobile du fait de la houle et de l'absence du piquet servant de repère à la distance de 30m. En 2020, de nouveaux repères plus résistants ont pu être posés et le transect a retrouvé plus de stabilité. Le site étant soumis à la houle, cela n'empêche pas une mobilité du transect entre les piquets.

Remarque : Malgré l'augmentation de la couverture corallienne, la station est à surveiller du fait de : la diminution de l'espèce *Orbicella faveolata*, de la forte dominance des algues et des fortes fluctuations des groupes algaux.

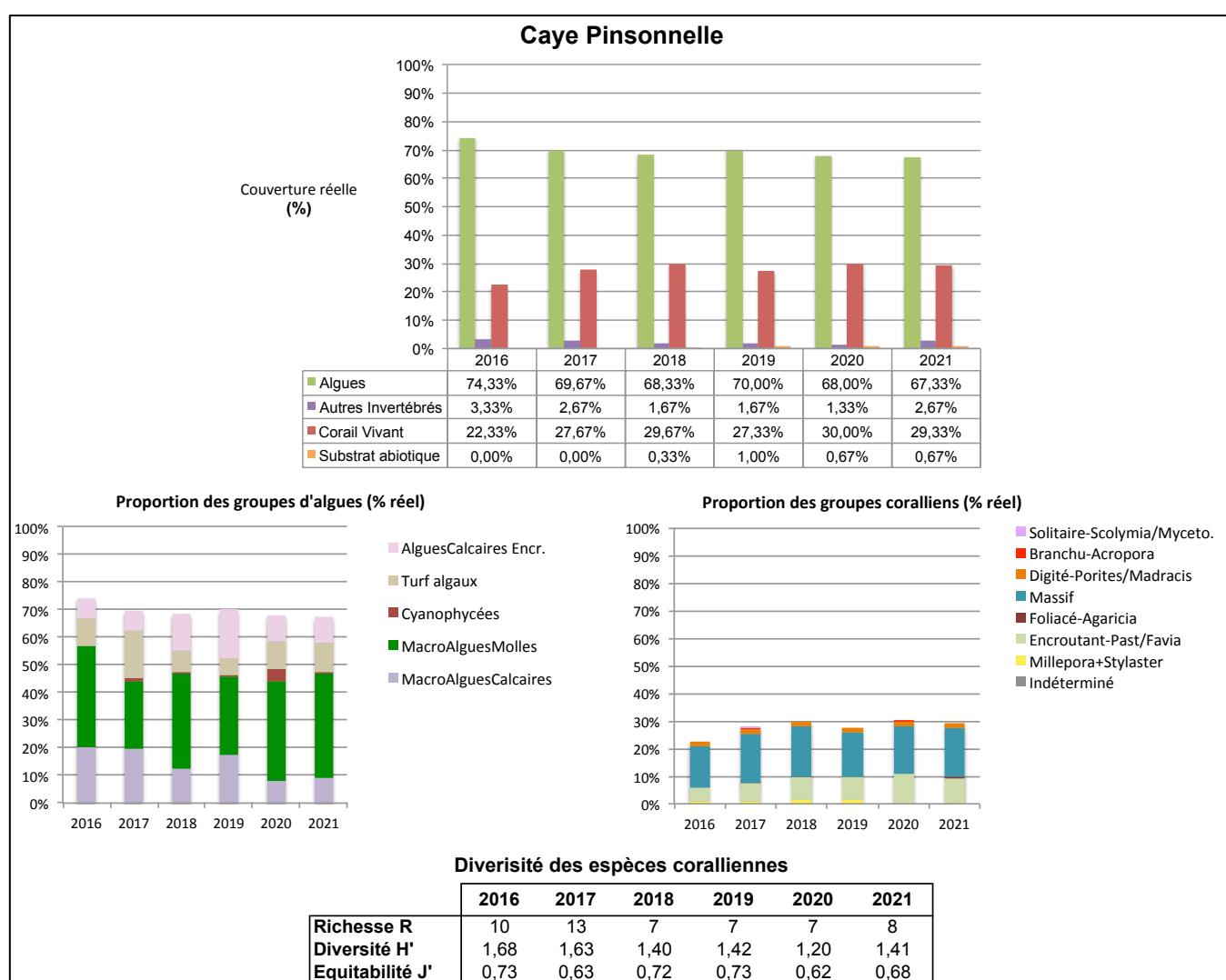


Figure 43 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Caye Pinsonnelle : années 2016 à 2021

Aucun oursin n'a été observé à Caye Pinsonnelle pendant la période 2016-2021.

FRJC011-b : Loup Garou

- Description générale

La station **Loup Garou (LGA)** est localisée au vent de l'îlet Loup Garou, sur un tombant à 7-9 m de fond. Le site est très exposé et les conditions hydrodynamiques y sont très fortes (houle et courant), rendant parfois l'accès à la station difficile voire impossible. De nombreuses colonies corallines sont présentes, dont l'espèce *Acropora palmata*.

- Description du substrat et des peuplements benthiques pour l'année 2021

Au total, **98,4% du substrat de la station Loup Garou est colonisé** (Figure 44). Le substrat de la station, presque essentiellement rocheux, est quasi entièrement colonisé.

Les **coraux sont les organismes majoritaires** et représentent 48,3% de la couverture totale (2^{ème} plus forte couverture après Caye d'Olbian). Le genre **Porites** (*P. porites* = 20,3% et *P. astreoides* = 17,7% de la couverture totale) domine largement la couverture corallienne. Les colonies présentent un taux de nécroses non négligeable (note de 0,66) et de nombreuses colonies de *P. astreoides* présentaient des taches blanches d'origine indéterminée (maladie ou morsures?).

Les **algues** représentent 42,7% de la couverture totale et sont représentées majoritairement par les algues calcaires encroûtantes (19,7%) puis minoritairement par le turf (9,3%), les macroalgues calcaires (7,0%) et les macroalgues non calcaires (6,7%). Les cyanophycées sont absentes du transect en 2021.

Le groupe **autres invertébrés benthiques** représentent 7,3% de la couverture du substrat de la station et sont composés de gorgones (4,7%) et d'éponges perforantes de type clione (2,7%).

L'état de santé général de la station est bon (note de 2,0) pour l'année 2021.

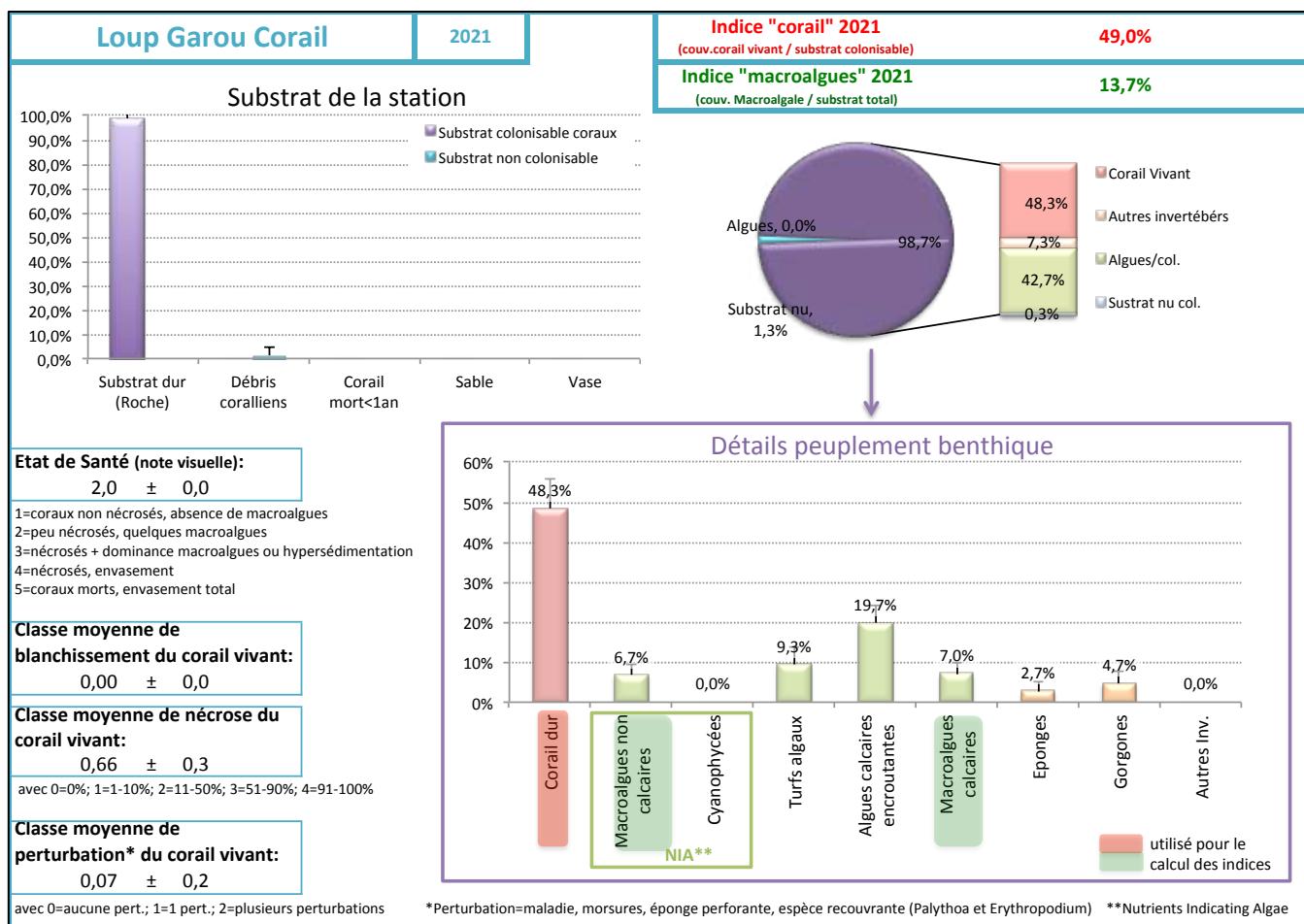


Figure 44 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Loup Garou en 2021

- Evolution temporelle (2016 à 2021) des peuplements benthiques

La période 2016-2021 est marquée par une augmentation de la couverture corallienne passant de 37,0% à 48,3% au détriment de la couverture algale qui a chuté de 54,7% à 42,67%.

La **couverture des différents groupes coralliens** a également évolué au cours des 6 dernières années avec : une augmentation des formes encroûtantes (+4,7%) et des formes digitées (+3,3%), et une apparition puis une augmentation légère de *A. palmata* (1,3% de la couverture totale en 2021). La diversité corallienne et l'équitabilité sont stables pendant la période 2016-2021.

La **couverture des différents groupes algues** a également fortement évolué au cours des 6 dernières années. La variation est majoritairement expliquée par les fluctuations des turfs qui ont augmenté de 2016 à 2017 puis diminué de 2017 à 2021. En 2021 la couverture totale est principalement dominée par les algues calcaires encroûtantes.

La couverture du groupe **autres invertébrés benthiques**, éponges et gorgones, est restée à un niveau relativement stable pendant la période 2016-2021 entre 4,3% et 8,3% du recouvrement total.

Remarques : la station Loup Garou est très dynamique tant du point de vue de l'hydrodynamisme que de la couverture des différents éléments du benthos et du substrat. Bien que la couverture corallienne soit élevée et en progression, la diversité corallienne reste faible (7 espèces recensées en 2021) et la couverture en algue importante.

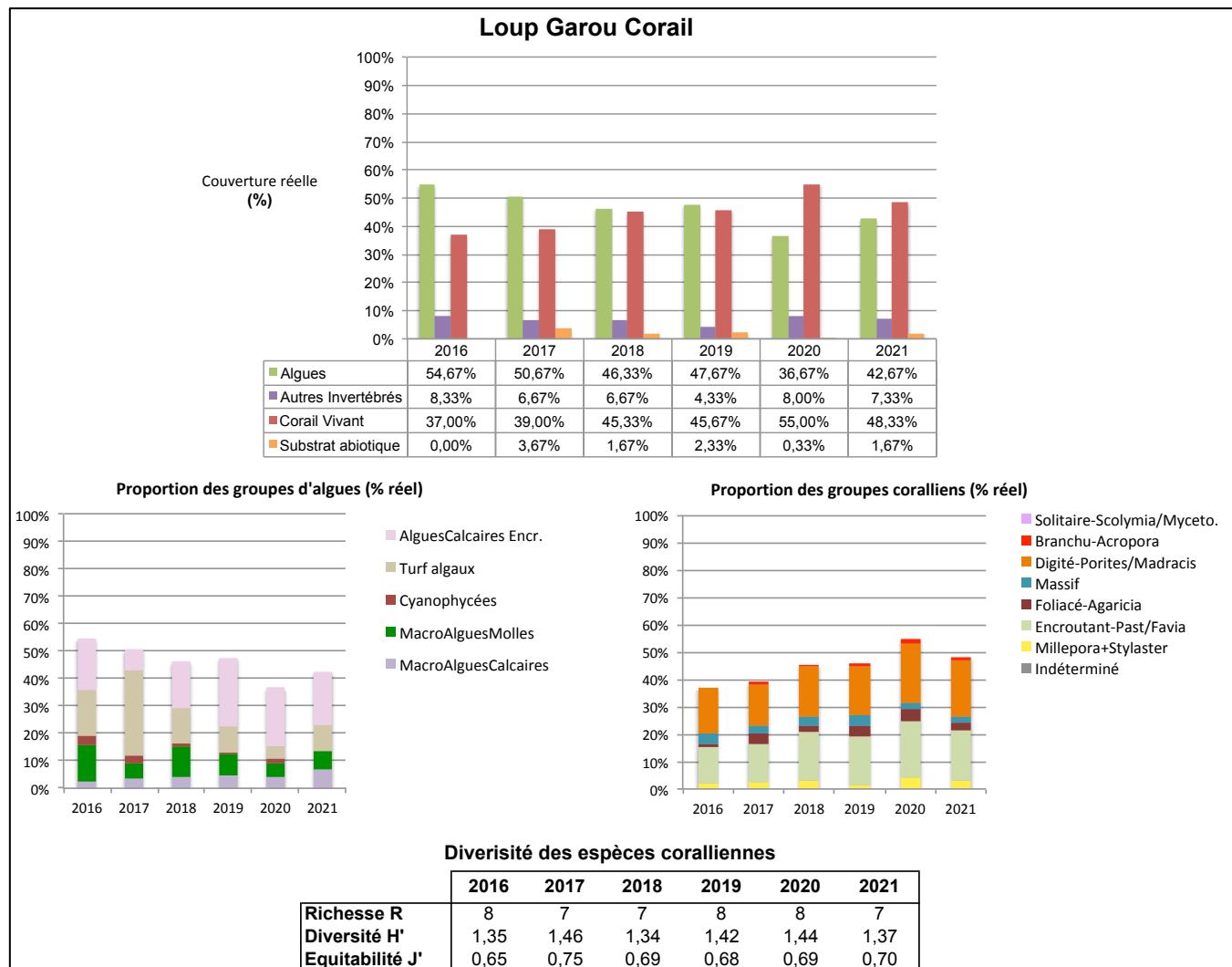


Figure 45 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Loup Garou : années 2016 à 2021

La densité en oursins est forte à Loup Garou et variable au cours de la période 2016-2021 avec une densité fluctuant entre 1,25 et 2,05 ind.m⁻² (Figure 46). En 2021, la densité en oursins est de 2,05 ind.m⁻².

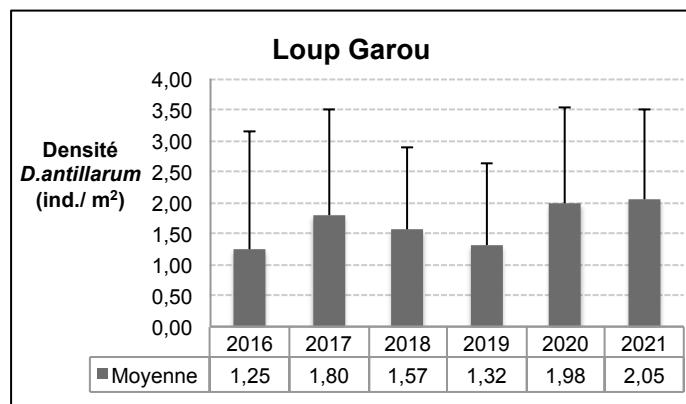


Figure 46 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Loup Garou : années 2016 à 2021

- Type 2 : Récifs frangeants et lagons atlantiques. Il englobe les masses d'eau des côtes du François (FRJC006) à Sainte-Anne (FRJC008), et la baie de la Trinité (FRJC012). Le substrat est hétérogène : sédiments fins à grossiers avec des affleurements rocheux et des zones corallliennes à la côte. Les récifs frangeants sont exposé aux houles cycloniques et les lagons présentent de grands herbiers de phanérogames, incluant de petites baies à mangroves.

FRJC012 : Loup Ministre (type 2)

- Description générale

La station Loup Ministre (LMI) est localisée à 9 m de fond sur le plateau d'une petite caye. Loup Ministre est une station particulière du suivi DCE car elle présente de nombreuses colonies *d'Acropora palmata*. La station a été repositionnée en 2014 car elle présentait un recouvrement en macroalgues très important et ne pouvait plus être considérée comme « corallienne ».

- Description du substrat et des peuplements benthiques pour l'année 2021

La station Loup Ministre présente presque uniquement du substrat dur et est colonisée à 99,7%.

Les **coraux** représentent 33,3% de la couverture totale. Les colonies *d'Acropora palmata* sont nombreuses et représentent 13,0% de la couverture totale. Les deux autres espèces les plus abondantes sont *Orbicella faveolata* (7,7%) et *Pseudodiploria strigosa* (7,3%). Les colonies d'*A. palmata* semblent être touchées par la maladie « **white patch disease** » et sont également attaquées par les polychètes. Cependant les recrues d'*A. palmata* sont nombreuses et la couverture a doublé depuis 2018 avec **+4,7% de couverture totale**. Les nécroses sont importantes (note : 1,00) et les perturbations moyennes (note : 0,26). La présence de la maladie SCTLD est suspectée sur *P. strigosa*, sur le Belt.

Les **algues** sont les organismes majoritaires de la station (60,3%), composées principalement de : 28,7% de macroalgues non calcaires, 18,3% d'algues calcaires encroûtantes et 6,7 % de turfs. Les macroalgues sont dominées par le genre *Dictyota*. Les **Dictyota de petites tailles et le turf forment un enchevêtrement algal assez uniforme**. Cette présence importante de *Dictyota* est également préoccupante car récurrente et peut-être le signe d'une source d'apports en nutriments ou d'un déséquilibre dans la chaîne trophique (surpêche, mortalité corallienne, diminution des oursins). Le genre *Sargassum*, n'est pas représenté sur la station en 2021.

Remarque : Caye Pinsonnelle, ci-avant, répond au « même type de schéma » concernant le peuplement algal.

Le groupe **autre invertébré benthique**, dominé par les gorgones, occupe 6,0% du substrat benthique.

L'état de santé global de cette station est bon (note de 2,0).

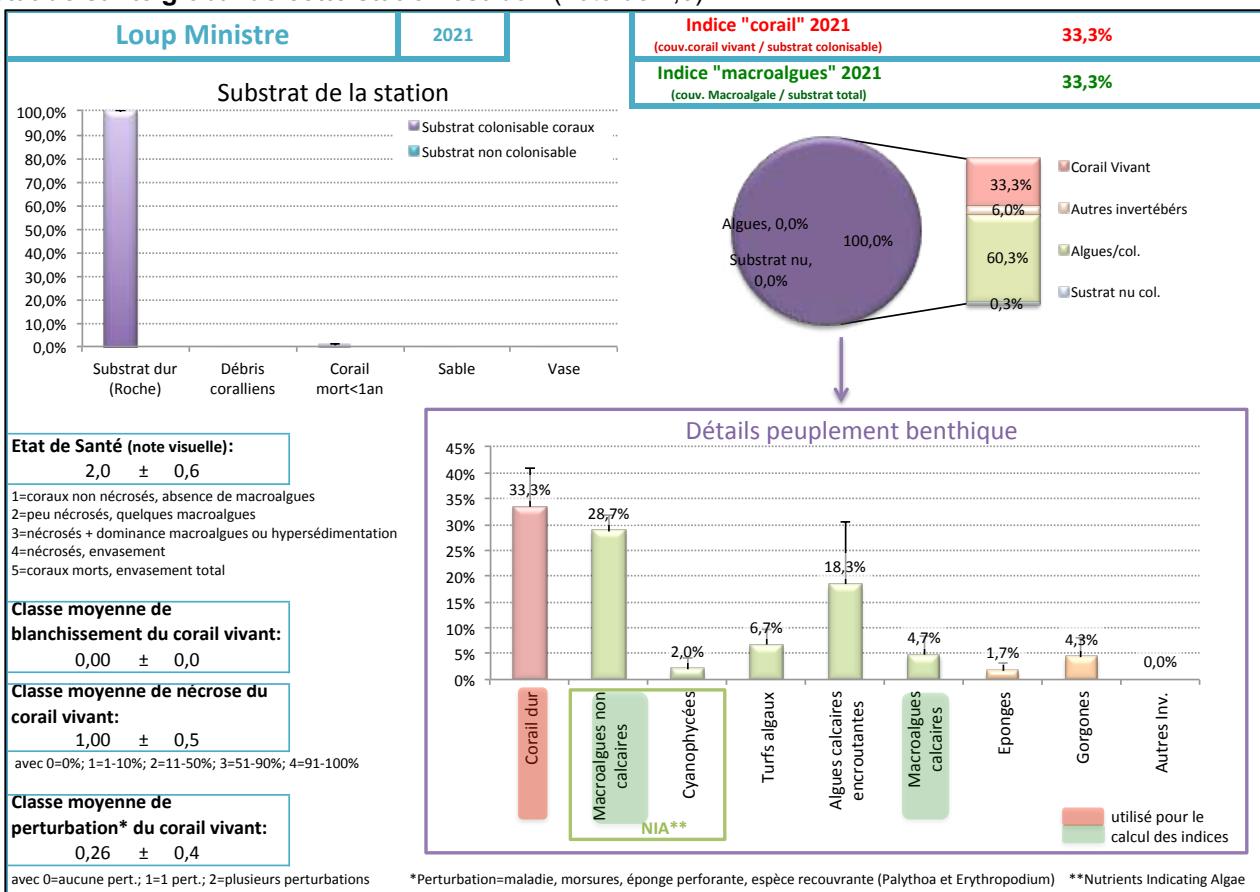


Figure 47 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Loup Ministre en 2021

- Evolution temporelle (2016 à 2021) des peuplements benthiques

La **comparaison interannuelle** (2016-2021) révèle d'importantes fluctuations dans la composition et la couverture des peuplements benthiques (Figure 48).

La **couverture corallienne** montre deux tendances pendant cette période de 6 années. La couverture montre une forte diminution entre 2016 et 2018 passant de 29,3% en 2016 à 22,67% en 2018. Depuis 2018 la couverture a augmenté passant de 22,67% en 2018 à 33,3% en 2021. Les variations de couvertures sont majoritairement expliquées par l'augmentation de la couverture d'*A. palmata* (+4,7% entre 2018 et 2021) et des formes massives (+6% entre 2017 et 2021). Entre 2016 et 2021 le nombre d'espèces identifiées a augmenté de 7 espèces en 2016 à 9 espèces en 2021. La diversité et l'équitabilité sont stables pendant la période 2016-2021.

La **couverture algale** est fortement corrélée aux fluctuations de la couverture corallienne. En effet, pendant la période de faible couverture corallienne (2017-2019), les algues ont montré une forte couverture. Depuis 2018 et jusqu'à 2021 la couverture en algue montre une diminution passant de 70,3% en 2018 à 60,3% en 2021. La forte couverture en cyanophycées remarquée en 2020 (13%) n'a pas été observée en 2021 (2,0%).

La couverture des **autres invertébrés benthiques** et du **substrat abiotique** a très peu évolué depuis 2016.

Remarques : la station montre une augmentation de la couverture corallienne depuis 3 années. Cette couverture reste sensible car liée aux *Acropora palmata* dont la structure fragile peut être cassée par la houle ou les casiers. Cette station est à surveiller avec beaucoup d'attention étant donné : l'historique de changement de site pour cause de colonisation des algues, la forte dominance des algues, l'explosion inquiétante des cyanophycées en 2020 ainsi que la présence de nombreuses nécroses.

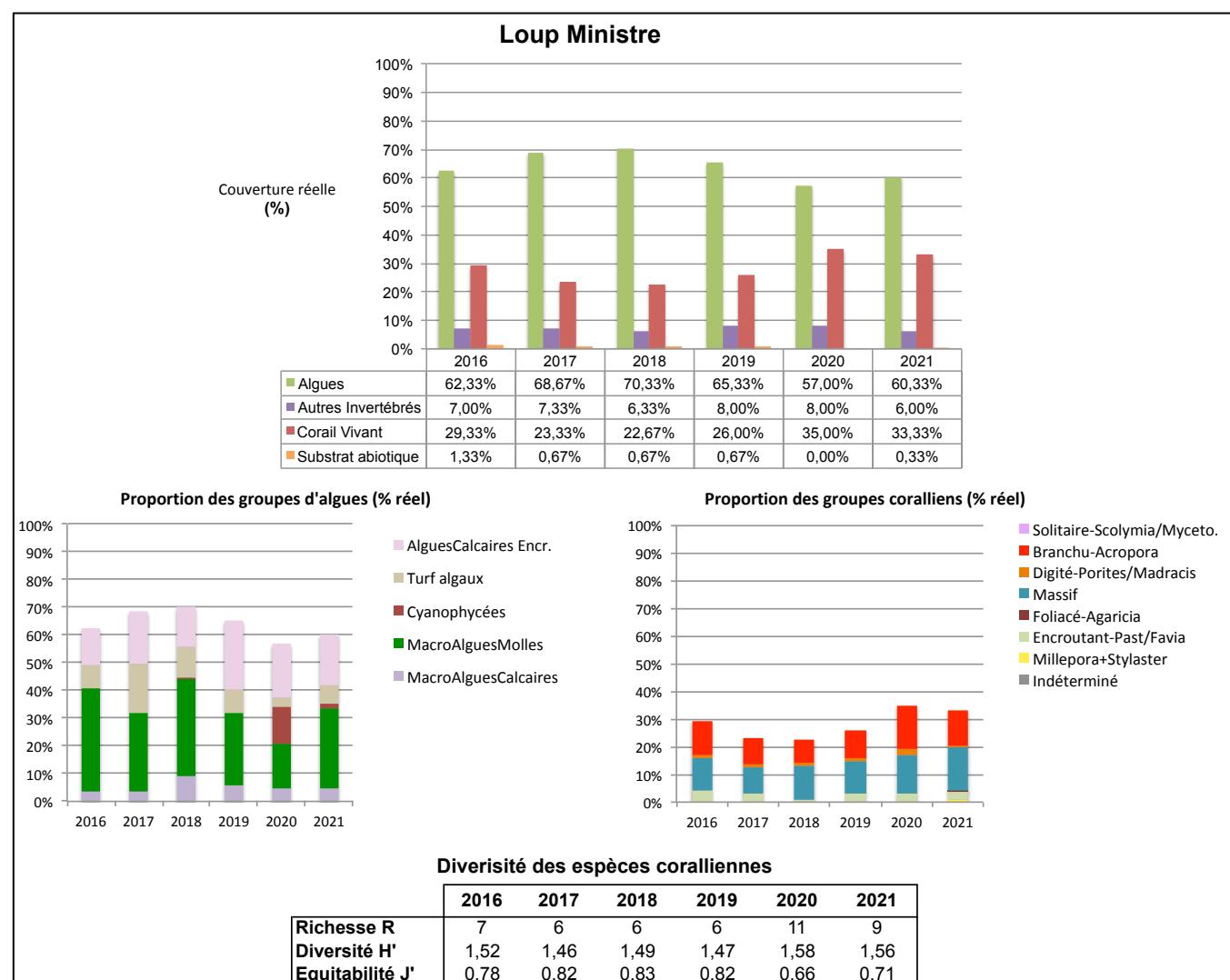


Figure 48 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Loup Ministre : années 2016 à 2021

La densité en oursins est nulle à Loup Ministre au cours de la période 2016-2021, sauf en 2016 où un oursin a été observé sur le transect (Figure 49).

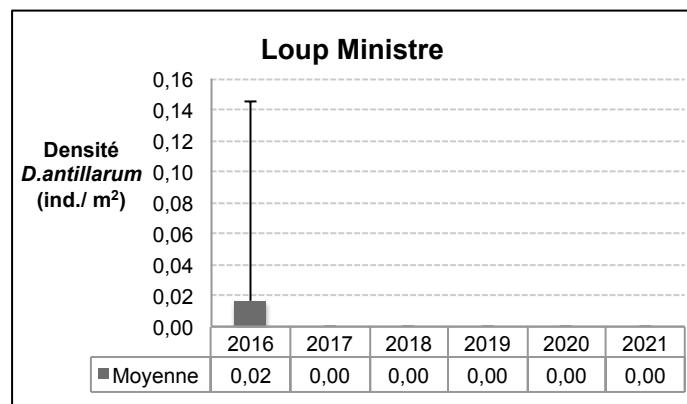


Figure 49 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Loup Ministre : années 2016 à 2021

Type 4 : Côte rocheuse très exposée et plateau insulaire Atlantique. Il correspond à la masse d'eau entre Cap Saint-Martin à l'extémité Nord de la Martinique et le nord de la baie de la Trinité (FRJC011). La côte est exposée aux houles. Les milieux subissent les pollutions agricoles et urbaines entre Le Lorrain et Grand Rivière

FRJC004 : Loup Caravelle et Cap St-Martin (type 4)

FRJC004-a : Loup Caravelle

- Description générale

La station Loup Caravelle (LCA) est localisée à 17 m de fond sur une caye. La caye est constituée d'un plateau à macroalgues alors que les pourtours, correspondant à la station DCE, présentent de nombreuses colonies coraliennes (essentiellement encroûtantes, mais aussi quelques *Acropora cervicornis*). Les gorgones arborescentes et éventails caractérisent également bien ce site profond et battu par la houle. De par sa profondeur, cette station DCE est peu comparable avec les autres stations, notamment avec Cap St Martin qui est située dans la même masse d'eau.

- Description du substrat et des peuplements benthiques pour l'année 2021

Au total, **95,0% du substrat de la station Loup Caravelle est colonisé** (Figure 50). Le **substrat non colonisé (5,0%)** est exclusivement constitué de sable.

Les **coraux sont les organismes majoritaires et représentent 48,0%** de la couverture totale. Le genre corallien largement majoritaire est *Pseudodiploria* (31,3%). Les genres *Meandrina* (4,3%) et *Montastrea* (3,0%), peu présents aux autres stations, ont une couverture importante à Loup Caravelle. L'espèce protégée *Acropora cervicornis* est présente sur la station (0,3%). La présence de la maladie SCTLD est suspectée sur *P. strigosa*, sur le Belt.

Les **algues représentent 41,7%** de la couverture totale, avec 25,3% de **macroalgues non calcaires** (majoritairement le genre *Dictyota*), 6,7% d'algues calcaires encroûtantes et 5,0% de turfs. Les sargasses (macroalgue non calcaire) recouvrent 1,5% du substrat et il s'agit de l'espèce *Sargassum hystrix* de morphologie rase.

Le groupe **autres invertébrés benthiques** représente 5,3% de la couverture totale, représenté par les gorgones (2,3%), éponges (2,3%) et quelques autres taxons.

L'état de santé global de cette station est bon (note de 1,7).

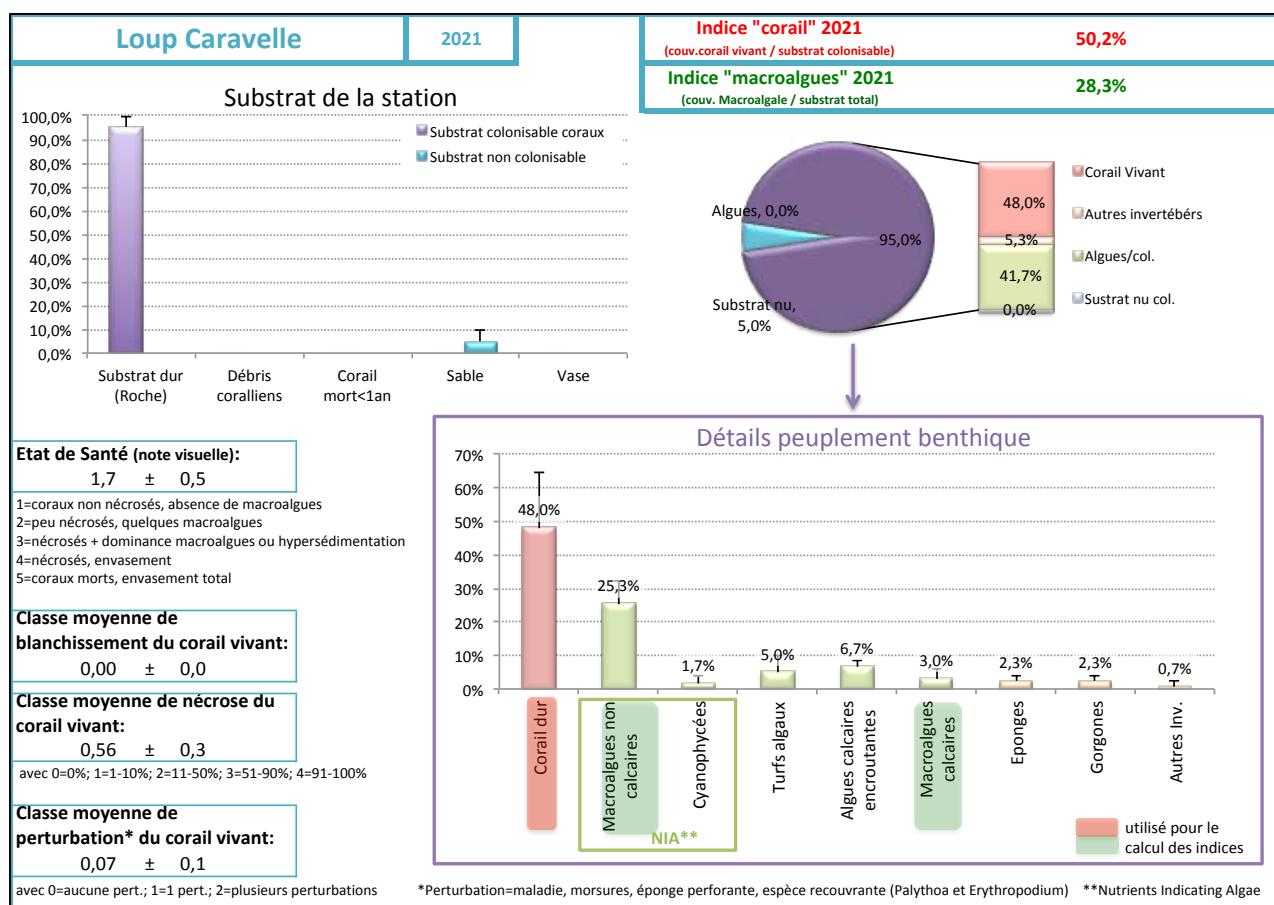


Figure 50 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Loup Caravelle en 2021

- Evolution temporelle (2016 à 2021) des peuplements benthiques

La **comparaison interannuelle** (2016-2021) révèle des fluctuations dans la composition et la couverture des peuplements benthiques (Figure 51), peut-être liées au fort hydrodynamisme de la zone. Deux types d'années peuvent être différenciés :

- (i) les années où la couverture en algues (environ 50%) est supérieure à la couverture en coraux (environ 40%) – 2017 et 2018.
- (ii) les années où les coraux (environ 50%) ont une couverture supérieure aux algues (environ 40%) – 2016, 2019, 2020 et 2021.

Les **couvertures corallienes** des années 2019 (52,0%), 2020 (51,0%) et 2021 (48,0%) sont ainsi plus élevées que la couverture de 2017 (42,3%) et 2018 (43,3%). L'augmentation, pour certaines années, de la couverture corallienne est principalement liée aux formes massives (e.g *P. strigosa*). Le corail branchu (*A. cervicornis*) montre une présence fluctuante sur le transect. Il semble que les quelques colonies présentes ne parviennent pas à se développer. La diversité et l'équitabilité sont relativement stables pendant la période 2016-2021.

La **couverture algale** est fluctuante sur la période 2016-2021 avec un recouvrement plus faibles depuis 2019. Les cyanophycées, le turf et les macroalgues non calcaires montrent de fortes variations. Les cyanophycées sont peu présentes certaines années (1,3 et 1,7 % pour 2017 et 2019), alors qu'elles sont largement présentes d'autres années (7,3% et 12,3% pour 2018 et 2020). Leur couverture est faible en 2021 (1,7%). Il semble qu'un facteur favorisant le développement des cyanophycées ait affecté la zone en 2020. Le recouvrement en turf a été très élevé en 2017 (18,3%) mais cette valeur est exceptionnelle pour la période 2016-2021.

Remarques : Loup Caravelle connaît des alternances de dominance entre couverture corallienne et couverture algale. L'espèce *Acropora cervicornis* est présente sur le site mais peine à se développer. La très forte augmentation des cyanophycées en 2020 est à surveiller.

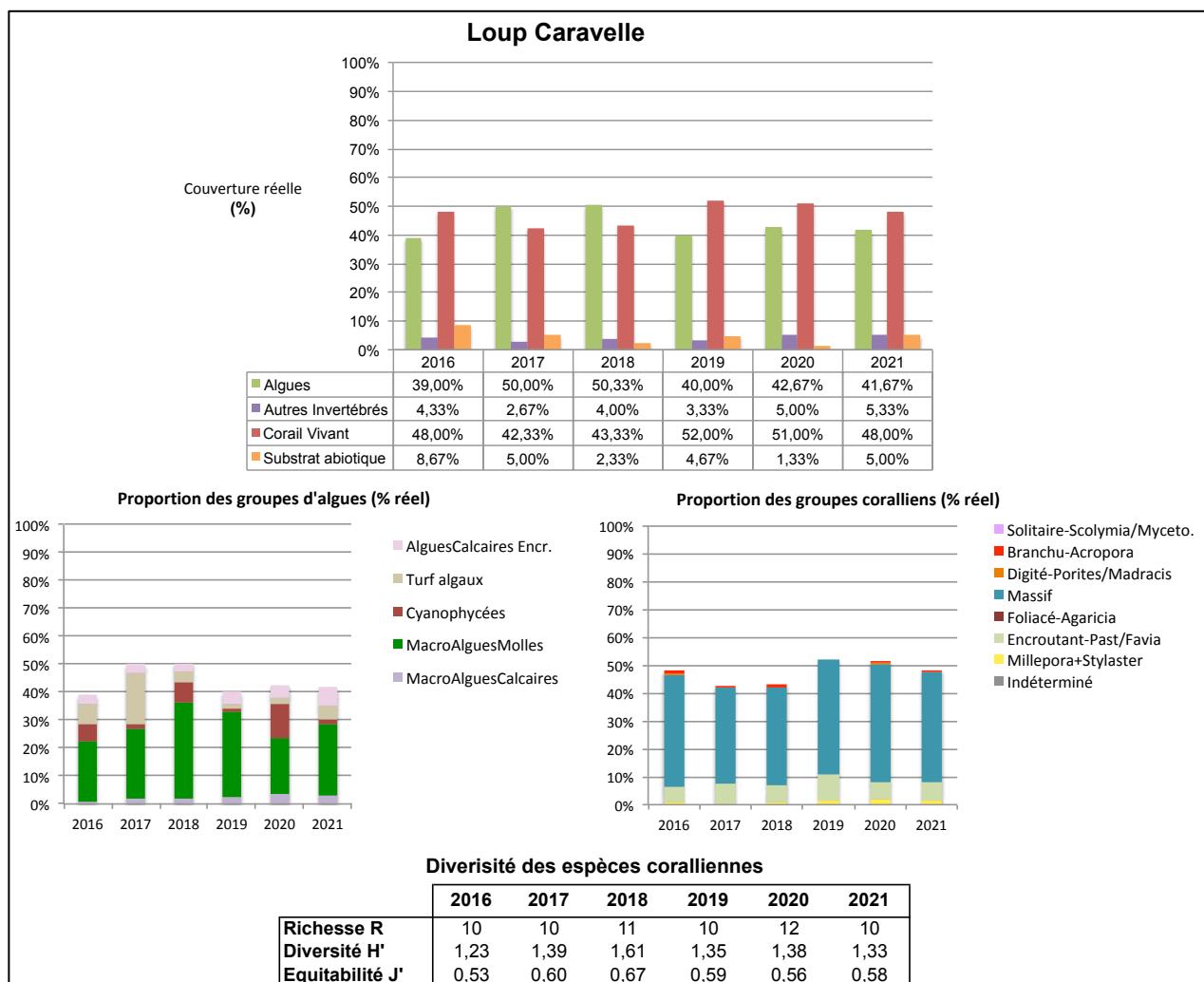


Figure 51 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Loup Caravelle : années 2016 à 2021

Aucun oursin n'a été observé à Loup Caravelle pendant la période 2016-2021.

FRJC004-b : Cap St-Martin

- Description générale

La station **Cap St-Martin (CSM)** est localisée à environ 7 m de profondeur sur une zone d'éboulis rocheux entourée de fonds sableux. Le turf se développe sur l'ensemble de la station et forme un « tapis » qui est souvent couvert de sédiment fin. Le site se caractérise également par la présence de l'hydraire noir (*Macrorhynchia robusta*).

- Le turf de la station est relativement haut et à la limite entre la catégorie *Turf* et *Macroalgues*. Il a été choisi de le classer en *turf* car la plupart du temps, plusieurs espèces difficilement identifiables sont enchevêtrées.

- En 2019, la fin du transect T2 ainsi que les T3 et T4 ont été repositionnés de façon à avoir une longueur de 60m. En effet en 2018, le tracé exact de ces transects n'avait pas pu être retrouvé et le T6 n'avait pas pu être positionné faute de place (fin de la zone rocheuse après l'apparition d'une coulée de sable).

- Description du substrat et des peuplements benthiques pour l'année 2021

Au total, **96,0% du substrat de la station Cap St-Martin est colonisé** (Figure 52). Le **substrat non colonisé (4,0%)** est constitué de sable.

La **couverture corallienne de la station est faible et représente 14,7%** de la couverture totale, avec une dominance des espèces *Pseudodiploria strigosa* (6,3%) et *Montastrea cavernosa* (2,7%). Les colonies sont moyennement nécrosées (note : 0,54) et plusieurs perturbations sont observées (note : 0,17). La diversité et l'équitabilité sont relativement stables pendant la période 2016-2021.

Les **algues sont les organismes majoritaires avec 60,7%** de la couverture totale. La couverture algale est principalement constituée de : 18,3% de **macroalgues calcaires**, 18,3% de **macroalgues non calcaires** et 18,0% de **turfs**. Les algues « molles » sont courtes et souvent au milieu du turf long. Il est donc difficile, dans certains cas (en particulier s'il y a de la houle), de les isoler et donc de les quantifier de manière rigoureuse. Les genres identifiables sont *Dictyota* et *Martensia*, ainsi que possiblement *Gelidium* et *Wrangelia* (avis du MNHN). Le taxon de macroalgues calcaires le plus rencontré est le genre *Jania* qui est **souvent enchevêtré dans le « tapis de turf »**. Une calibration inter-opérateurs est donc essentielle pour cette station pour limiter les variabilités liées à l'interprétation.

Le groupe **autres invertébrés benthiques** représentent 20,7% de la couverture totale avec 11,3% d'éponges et 7,0% de gorgones. Le site se caractérise par la présence de nombreuses plaques de la gorgone encroûtante *Erythropodium caribaeorum*, du zoanthaire *Palythoa caribaeorum*, ainsi que d'hydriaires.

L'état de santé global de cette station est moyen (note de 3,2).

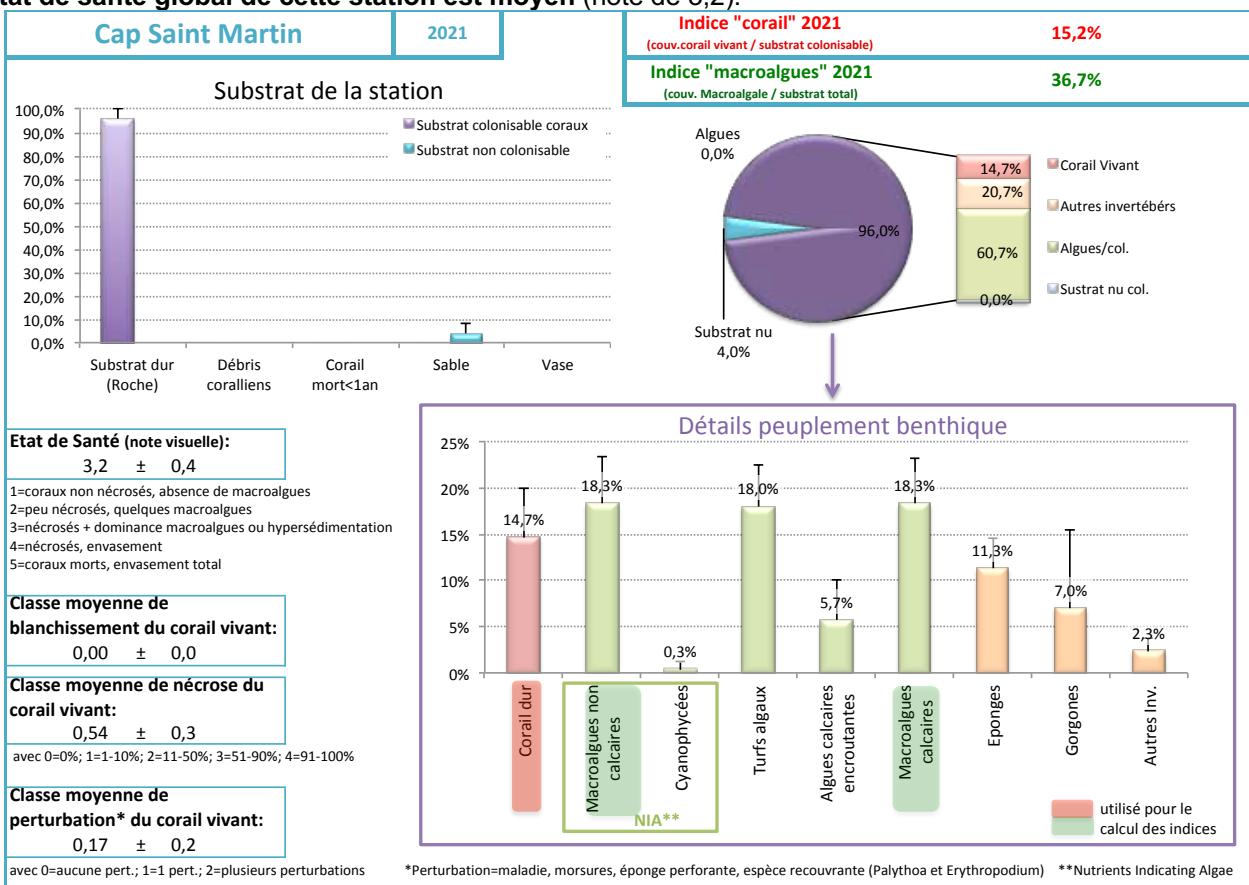


Figure 52 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Cap St-Martin en 2021

- Evolution temporelle (2016 à 2021) des peuplements benthiques

La **couverture corallienne** est oscillante sur la période 2016-2021, avec les plus fortes couvertures observées aux années 2017 (18,3%) et 2019 (17,7%) et des plus faibles couvertures en 2016 (12,7%) et 2018 (12,3%). L'année 2021 montre une couverture moyenne pour la station avec 14,7% de la couverture totale.

La **couverture en algues** était en constante progression entre 2016 et 2018 sur cette station passant de 62,3% en 2016 à 70,1% en 2018. En 2019, peut-être du fait de la modification de certains transects, la couverture repasse à 59,7% (Figure 59) et celle-ci est restée constante jusqu'en 2021 (60,7%). L'évolution des groupes d'algues montre bien l'effort d'identification des macroalgues qui sont entrelacées dans le turf long, puisque la proportion de turf diminue fortement entre 2017 et 2018 tandis que les proportions des macroalgues non calcaires et calcaires doublent. Les cyanophycées sont quasiment absentes de la station.

Remarques : la station Cap St-Martin est assez atypique du fait du turf long qui s'y retrouve. Son suivi nécessite une intercalibration des opérateurs de façon à bien noter les espèces de macroalgues enchevêtrées. La sédimentation et le recouvrement des coraux par la gorgone encroûtante *Erythropodium caribeaorum* et le zoanthaire *Palythoa caribeaorum* sont les principales agressions sur ce site.

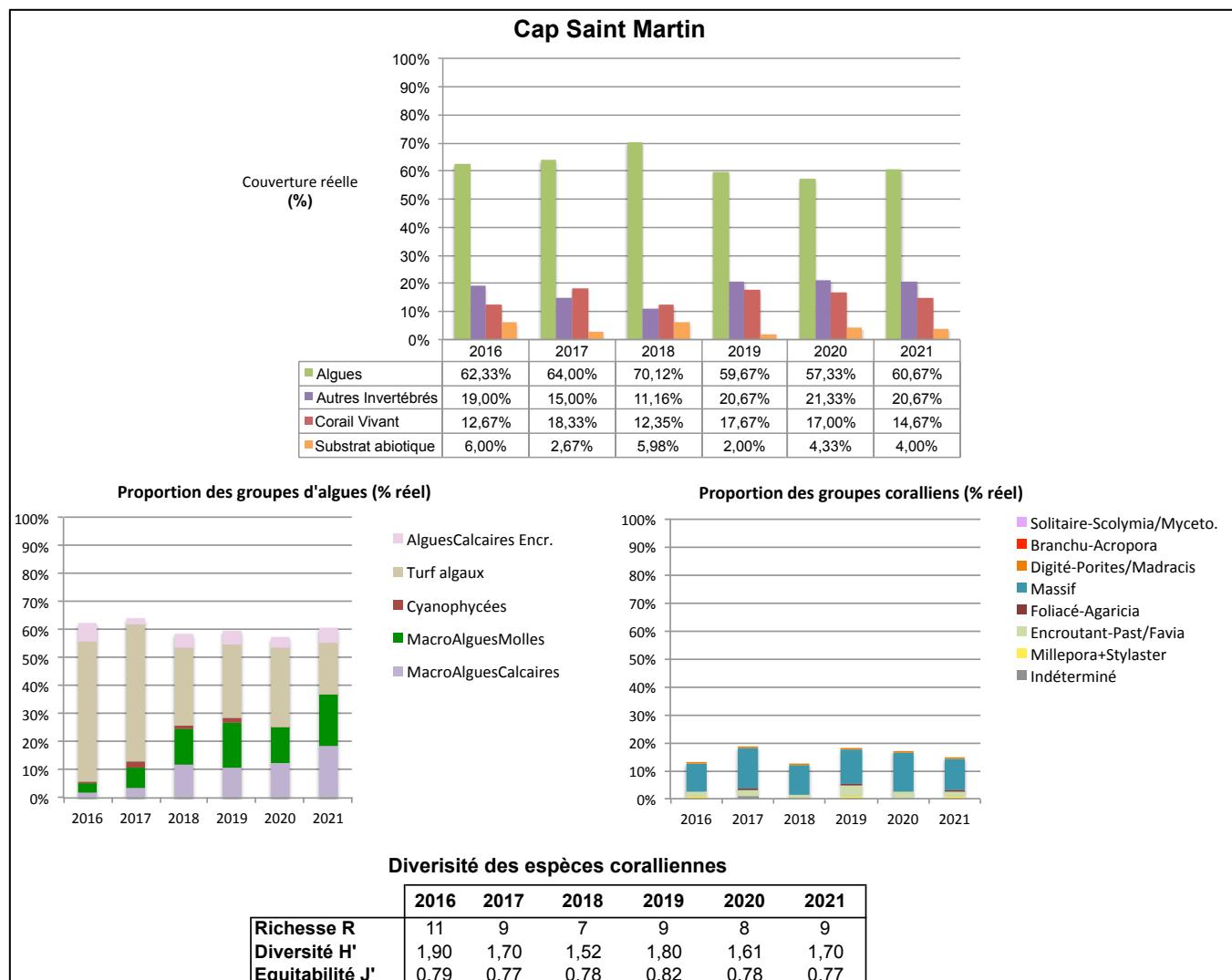


Figure 53 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Cap St-Martin : années 2016 à 2021

Aucun oursin n'a été observé à Cap St-Martin pendant la période 2016-2021.

2.1.4 Evaluation DCE 2016-2021

2.1.4.1 Grilles de qualité

Indice « corail »

L'indice « corail » est le **rapport « couverture corallienne vivante / substrat colonisable par les coraux »**.

L'indice est calculé pour chaque transect (une station de 60m = 6 transects de 10m, qui sont des réplicats) puis la moyenne des réplicats est réalisée pour l'ensemble des années.

Le substrat colonisable correspond au substrat dur : RC + RKC + AC. (RC = roche, RKC = corail mort récemment, AC = Algues calcaires encroûtantes).

Remarques :

1. Suite à l'intercalibration entre opérateurs (GT IFRECOR-DCE récifs coralliens Antilles Françaises, 2017), les débris coralliens (RB) ont été retirés du substrat colonisable car considérés comme trop instables. Ils sont considérés colonisables lorsqu'ils sont agrégés entre eux par des algues calcaires encroûtantes, mais notés RC dans ce cas.

2. Du fait du point 1, les AC sont toujours sur du substrat RC. Le substrat colonisable se réduit donc à RC et RKC et exclus le RB, SD (sable) et SI (vase).

Tableau 9 : Grilles de qualité DCE pour l'indice « corail » (% du substrat colonisable)

| Type de ME | Valeur de référence | Très bon | Bon | Moyen | Médiocre | Mauvais |
|------------|---------------------|----------|----------|----------|----------|---------|
| 1 à 3 et 5 | 50 | 40] |] 40-20] |] 20-10] |] 10-5] | <5 |
| 4, 6 et 7 | 60 | 50] |] 50-25] |] 25-12] |] 12-5] | <5 |

METRIQUE : Moyenne des indices « coraux » par transect sur 6 années glissantes

La pertinence de cet indice a été débattue au séminaire Science et Gestion DCE-IFRECOR d'avril 2017. Les sites de suivi DCE présentent des communautés benthiques variables, qui ont une valeur de référence et une grille de qualité commune. L'indice corail correspond à un pourcentage de recouvrement et il n'apparaît pas satisfaisant de comparer les valeurs obtenues à une valeur de référence. Un indice basé sur l'évolution interannuelle de la couverture corallienne serait plus approprié.

Indice « macroalgues »

L'indice « macroalgues » est le **rapport « couverture macroalgale (molles + calcaires érigées) / substrat total »**. Il est exprimé en % de substrat total. L'indice est calculé pour chaque transect (soit 6 réplicats par an) puis la moyenne des réplicats est réalisée pour l'ensemble des années.

Remarque : le turf n'est pas pris en compte dans cet échantillonnage. D'où l'importance de définir au mieux ce groupe, afin d'éviter les variations interannuelles dues aux différences de notation sur le terrain.

Les macroalgues sont généralement peu présentes dans un écosystème corallien en bon état de santé (McField, 2007) et ce, quelle que soit leur configuration géomorphologique. Il a par conséquent été décidé qu'une seule grille de lecture serait définie pour l'ensemble des masses d'eau. Cette grille a été définie à dire d'expert en s'appuyant sur la littérature existante.

Tableau 10 : Grilles de qualité DCE pour l'indice « macroalgues » (% du substrat total)

| Type de ME | Valeur de référence (%) | Très bon | Bon | Moyen | Médiocre | Mauvais |
|------------|-------------------------|----------|----------|----------|----------|---------|
| Toutes | 5 | 10] |] 10-20] |] 20-40] |] 40-60] | >60 |

METRIQUE : Moyenne des indices « macroalgues » par transect sur 6 années glissantes

Il faut rappeler que cet indice permet simplement de qualifier le niveau de colonisation de la station par les algues, un site avec peu d'algues étant considéré en meilleur état qu'un site avec une importante couverture macroalgale, où les algues seront en compétition avec les coraux pour l'espace. Les résultats ne peuvent être interprétés comme un effet de la pression d'eutrophisation en lien avec des apports par les bassins versants (présentées dans la section 6.3.3 Indicateurs nutriments). Pour cela, il faudrait connaître les genres ou groupes d'algues sensibles vs opportunistes vis-à-vis de l'enrichissement.

Indice oursins

L'indice « oursins » est défini comme étant la densité des oursins échantillonnés (en nbre d'individus/m²).

Des grilles de qualité existent dans la littérature pour les diadèmes (Tableau 10). Les oursins sont échantillonnés depuis 2010 en Martinique, la quantité de données permettrait donc de réaliser/tester des grilles de qualité adaptées à la Martinique.

Tableau 11 : Exemple de grille de qualité « Diadèmes »

| Classes | Très bon | Bon | Moyen | Médiocre | Mauvais |
|--|----------------|---------|---------|-----------|---------|
| Densité de Diadèmes (nbre /m²) | > 2,5 mais < 7 | 1,1-2,5 | 0,5-1,0 | 0,25-0,49 | <0,25 |

Source : {McField, 2007}



Indice non intégré à l'indicateur

Grille et métrique en cours de test sur les données

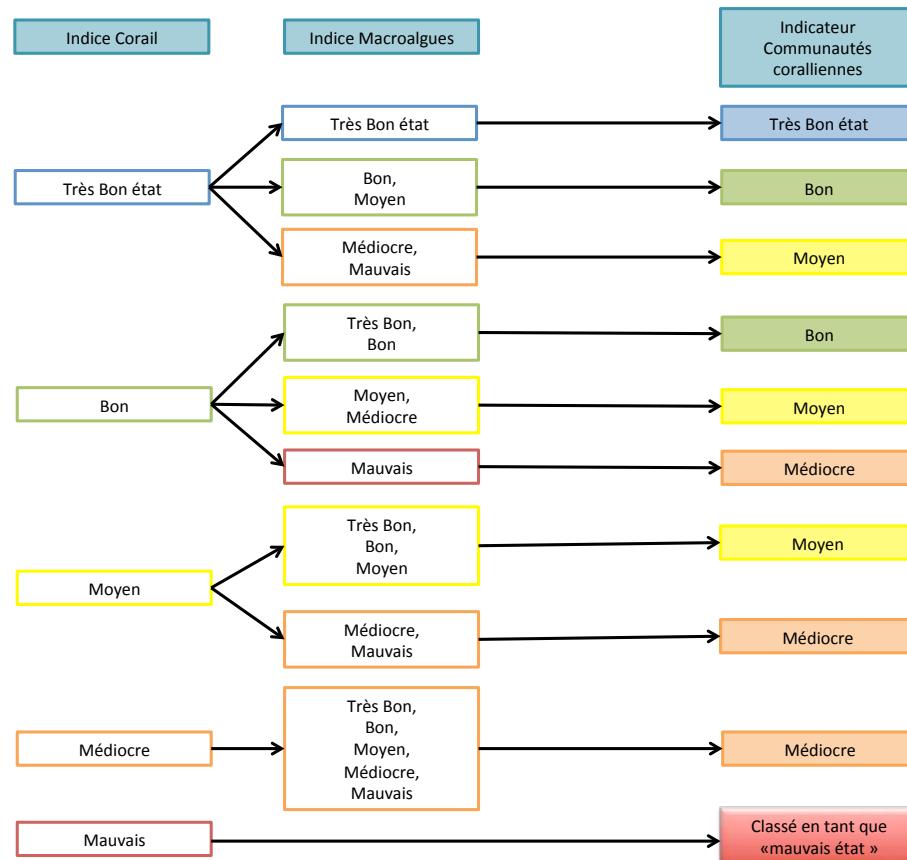
Cette grille est en cours de test à partir des données récoltées depuis 2010. D'après McField et al (2007) une trop forte densité en oursins diadèmes pourrait éroder et endommager la structure du récif, c'est pourquoi la classe Très Bon s'arrête au-delà de 7 diadèmes/m².

Indicateur communautés corallieennes : agrégation des indices

En 2012, un arbre de décision a été mis au point par Impact Mer afin d'agréger les indices et ainsi pouvoir donner une qualité à l'indicateur « communautés corallines » (Figure 61, Impact Mer, 2012). Les règles de décision sont les suivantes :

- L'indice « corail » a le plus de poids dans cette classification, suivi par l'indice « macroalgues ».
 - L'indice « macroalgues » peut déclasser la qualité de la masse d'eau pour cet indicateur (de maximum 2 niveaux).
 - La qualité de la communauté corallienne ne peut être qualifiée de mauvaise que si l'indice « corail » est mauvais.

Cet indicateur transcrit uniquement les couvertures corallienne et macroalgale et ne tient pas compte de l'état global du site (perturbations de l'équilibre de l'écosystème).



© Impact Mer

Figure 54: Arbre de décision pour la classification des communautés corallieennes.

Indicateur communautés coralliennes : cas des masses d'eau avec plusieurs sites de suivis

Dans le cas des masses d'eau à plusieurs sites, l'indicateur communautés coralliennes est calculé pour chacun des sites. Puis, selon le principe de l'élément déclassant, le site ayant obtenu la qualité la plus faible est retenu pour représenter la qualité de la masse d'eau.

Ce traitement diffère de celui effectué jusqu'en 2018 et a été acté par l'Ifremer (après concertation entre l'Ifremer, Impact Mer et Créocean) pour l'évaluation de 2019. Cette méthodologie doit être traduite dans le prochain Guide Relatif aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales dans le cadre de la DCE.

Evolutions par rapport à 2020 pour le suivi des communautés coralliennes

Traitement des données (détails en discussion):

- travail sur l'indice oursin (ou intégration à un indice multimétrique comprenant par exemple le turf) : **uniquement calcul effectué**
- indicateur communautés coralliennes: développement des indices et indicateurs dans le cadre du projet Score-Reef (2019-2021) : **en cours**

Evolutions attendues pour le suivi et l'évaluation 2022 des communautés coralliennes

Traitement des données (détails en discussion):

- travail sur l'indice oursin : tout travail sur l'indicateur communautés coralliennes (en l'occurrence ScoreReef actuellement) devrait étudier la pertinence d'y intégrer cette indice ou de créer un nouvel indicateur.
- indicateur communautés coralliennes: développement des indices et indicateurs dans le cadre du projet Score-Reef (2019-2021)
- proposition par Impact Mer d'une fiche projet sur l'indice macroalgues (introduire la notion de groupes fonctionnels)

2.1.4.2 Qualité des communautés coralliennes : résultats des indices corail et macroalgues et de l'indicateur communautés corallientes

Indice « corail »

Pour l'indice corail, la grille et la méthode de calcul (moyenne des couvertures corallientes) sont celles proposées par Impact Mer en 2011. La couverture corallienne d'un transect est rapportée à la proportion de substrat colonisable, c'est-à-dire en excluant les portions de transect comportant du sable, de la vase ou des débris.

Le nombre de valeurs disponibles pour le calcul de l'indice est de six par année, correspondant aux réplicats mesurés sur un site. L'évaluation est réalisée sur six années pour les sites pérennes depuis 2016, soit 36 valeurs.

Trois masses d'eau comportent plus d'un site de suivi. L'indicateur communautés corallientes est donc défini comme décrit ci-dessus.

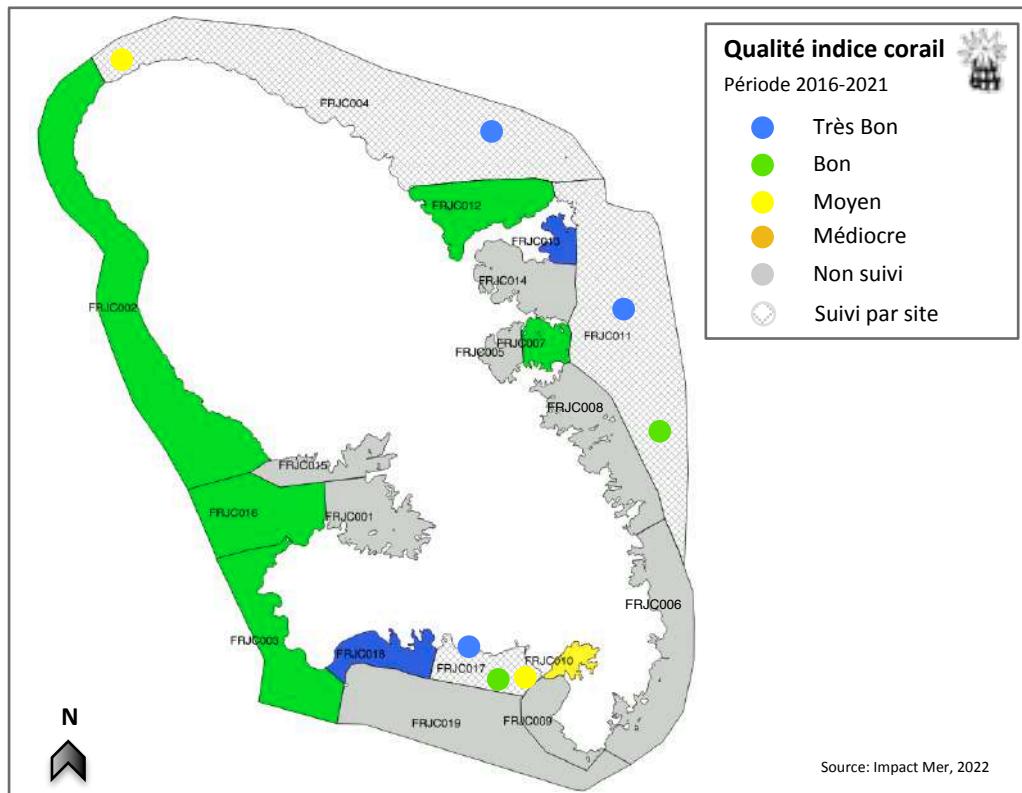


Figure 55 : Qualité des masses d'eau DCE au regard de l'indice corail, évalué selon la grille de qualité Impact Mer.

Indice « macroalgues »

Pour l'indice macroalgues, la grille et la méthode de calcul (moyenne des couvertures macroalgales) sont celles proposées par Impact Mer en 2011. La couverture macroalgale d'un transect concerne les macroalgues molles et calcaires et exclut le turf et les algues calcaires encroûtantes.

Le nombre de valeurs disponibles pour le calcul de l'indice est le même que pour l'indice corail (données corail et macroalgues relevées sur les mêmes transects).

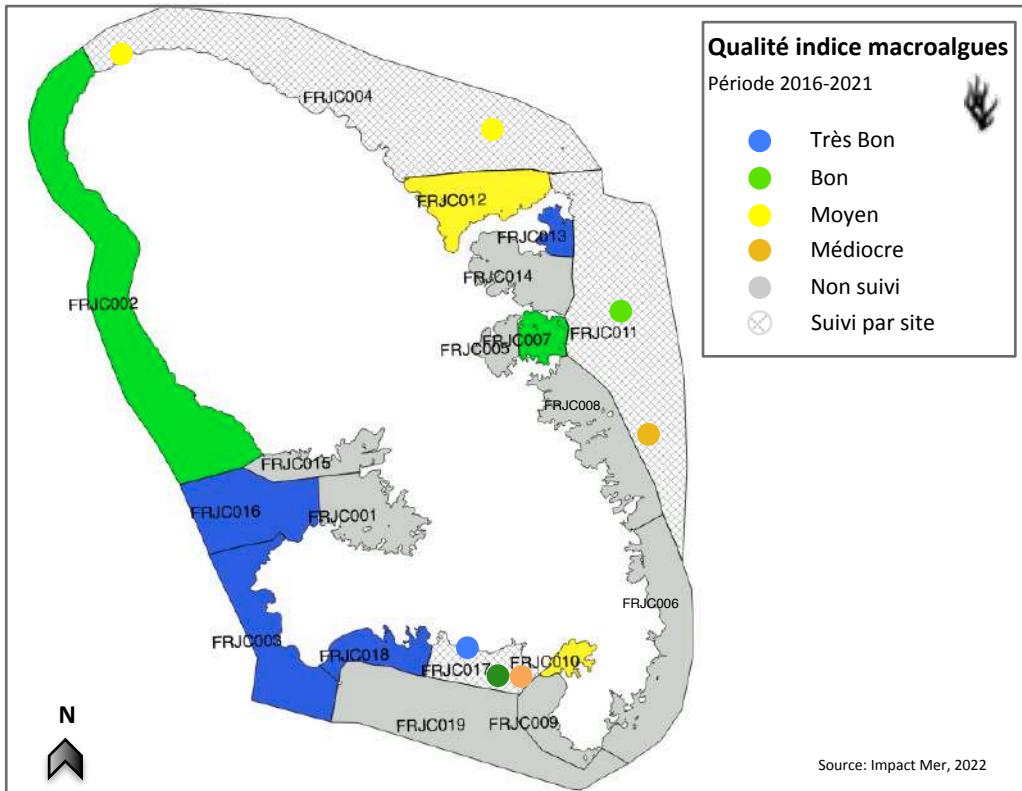


Figure 56 : Qualité des masses d'eau DCE au regard de l'indice macroalgues, évalué selon la grille de qualité Impact Mer.

Indicateur « communautés corallieennes »

L'indicateur communautés corallieennes résulte de la combinaison des deux indices, corail et macroalgues, par le biais d'un arbre de décision (Figure 61). Ce dernier donne un plus grand poids à l'indice corail.

Les valeurs et qualités obtenues pour chaque indice sont reprises dans le Tableau 12 et la qualité de l'indicateur communautés corallieennes résultant de ces deux indices est présentée.

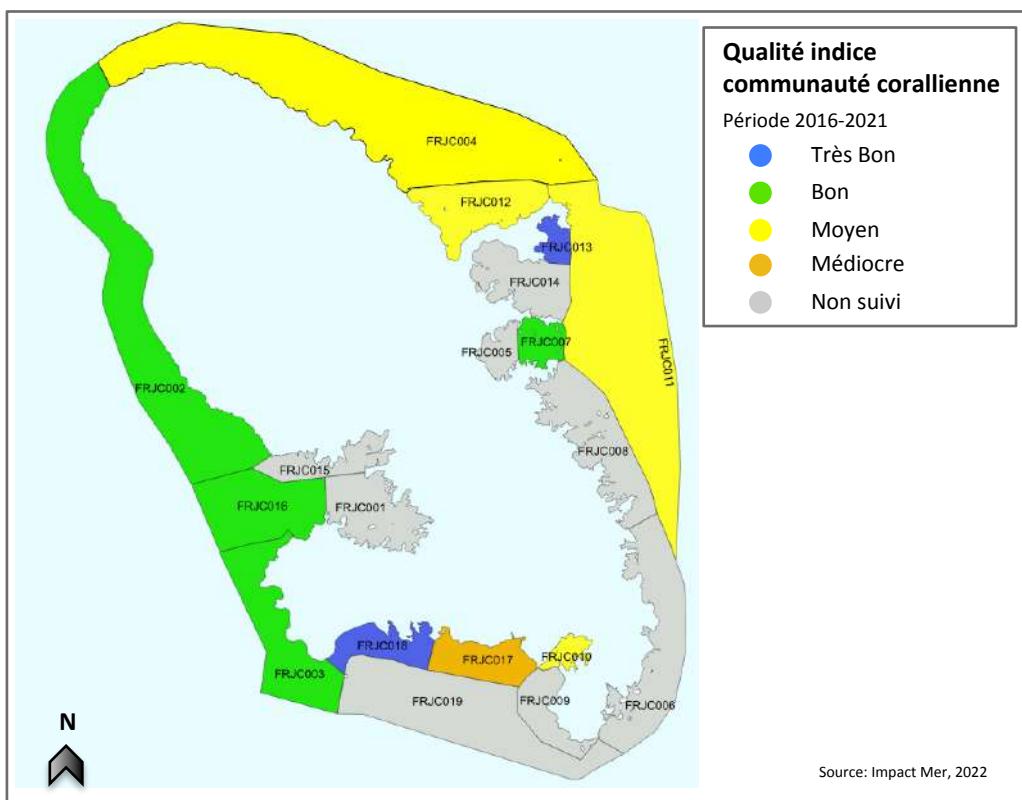
Du point de vue de la couverture corallienne et macroalgale mesurée entre 2016 et 2021, la qualité des masses d'eau est donnée comme suit :

- Très bonne (bonne couverture corallienne et faible couverture macroalgues) : FRJC013-Baie du Trésor et FRJC018-Caye d'Olbian
- Bonne : FRJC007-Illet à Rats, FRJC016-Caye Grande Sèche, FRJC003-Cap Salomon, FRJC002-Fond Boucher
- Moyenne : FRJC010-Baie du Marin, FRJC012-Loup Ministre, FRJC011-Loup Garou / Caye Pinsonnelle, FRJC004-Loup Caravelle / Cap Saint-Martin
- Médiocre : FRJC017-Corps de Garde / Jardin Tropical / Pointe Borgnesse

Huit masses d'eau ne présentent pas de communautés corallieennes ou ne sont pas évaluées pour ce paramètre.

Tableau 12 : Qualité des masses d'eau DCE au regard de l'indicateur communautés corallieennes évalué selon la grille de Impact Mer, 2011. (ME= Masse d'Eau, TB = Très Bonne ; Moy = Moyenne ; Méd = Médiocre et Mauv = Mauvaise)

| Type | Code ME | Site | Indice corail | Qualité (IM, 2011) | Ind. Macro algues | Qualité (IM, 2011) | Qualité indicateur com. corallienne (IM, 2011) par site | Qualité indicateur com. corallienne (IM, 2011) par ME | n valeurs | années |
|------|---------|-------------------|---------------|--------------------|-------------------|--------------------|---|---|-----------|-----------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 59% | TB | 7% | TB | TB | TB | 36 | 2016-2021 |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | 35% | Bon | 12% | Bon | Bon | Bon | 36 | 2016-2021 |
| | FRJC016 | Caye Grande Sèche | 28% | Bon | 5% | TB | Bon | Bon | 36 | 2016-2021 |
| | FRJC010 | Baie du Marin | 14% | Moy | 36% | Moy | Moy | Moy | 36 | 2016-2021 |
| 2 | FRJC012 | Loup Ministre | 28% | Bon | 34% | Moy | Moy | Moy | 36 | 2016-2021 |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | 47% | TB | 13% | Bon | Bon | Moy | 36 | 2016-2021 |
| | | Caye Pinsonnelle | 28% | Bon | 47% | Méd | Moy | | | |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle | 50% | TB | 28% | Moy | Bon | Moy | 36 | 2016-2021 |
| | | Cap St Martin | 16% | Moy | 22% | Moy | Moy | | | |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 28% | Bon | 5% | TB | Bon | Bon | 36 | 2016-2021 |
| | FRJC002 | Fond Boucher | 30% | Bon | 15% | Bon | Bon | Bon | 36 | 2016-2021 |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde | 51% | TB | 3% | TB | TB | Méd | 36 | 2016-2021 |
| | | Jardin Tropical | 39% | Bon | 12% | Bon | Bon | | | |
| | | Pointe Borgnesse | 20% | Moy | 42% | Méd | Méd | | | |
| | FRJC018 | Caye D'Olbian | 72% | TB | 7% | TB | TB | TB | 36 | 2016-2021 |



Il est rappelé que l'« indicateur communautés corallieennes » transcrit uniquement les couvertures corallieennes (« indice corail ») et macroalgues (« indice macroalgues ») et ne tient pas compte de l'état global du site (perturbations de l'équilibre de l'écosystème). Des travaux sont en cours (projet Score Reef) pour développer un indicateur plus pertinent pour traduire les pressions sur l'écosystème récifal (cf. 2.1.4.2).

2.1.4.3 Evolution des notes des indices corail et macroalgues depuis 2010

En ce qui concerne l'indice corail calculé sur les 7 dernières périodes de 6 ans (Tableau 13), la majorité des sites présentent une augmentation de la couverture corallienne (moyennée sur 6 ans) d'environ 2%, perceptible ou non par la classe de qualité. Aucun site ne voit sa couverture diminuer.

Aucune évolution de classe de qualité n'a été observée entre les périodes 2015-2020 et 2016-2021

Tableau 13 : Evolution des indices corail entre 2010 et 2021 sur les sites du réseau de suivi

| | | | 2010-2015 | 2011-2016 | 2012-2017 | 2013-2018 | 2014-2019 | 2015-2020 | 2016-2021 | | | | | | | |
|------|---------|-------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|-----|-----|
| Type | Code ME | Site | Indice corail | Qualité (IM, 2011) | | |
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 44% | TB | 49% | TB | 50% | TB | 53% | TB | 55% | TB | 57% | TB | 59% | TB |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | 29% | Bon | 30% | Bon | 30% | Bon | 31% | Bon | 33% | Bon | 34% | Bon | 35% | Bon |
| | FRJC016 | Caye Grande Sèche | 22% | Bon | 25% | Bon | 26% | Bon | 27% | Bon | 29% | Bon | 29% | Bon | 28% | Bon |
| | FRJC010 | Baie du Marin | 8% | Méd | 8% | Méd | 8% | Méd | 10% | Méd | 11% | Moy | 13% | Moy | 14% | Moy |
| 2 | FRJC012 | Loup Ministre | 29% | Bon | 29% | Bon | 28% | Bon | 27% | Bon | 26% | Bon | 28% | Bon | 28% | Bon |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | 34% | Bon | 37% | Bon | 37% | Bon | 22% | Bon | 42% | TB | 45% | TB | 47% | TB |
| | | Caye Pinsonnelle | 16% | Moy | 18% | Moy | 19% | Moy | | | 24% | Bon | 26% | Bon | 28% | Bon |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle | 44% | Bon | 47% | Bon | 47% | Bon | 17% | Moy | 50% | Bon | 50% | TB | 50% | TB |
| | | Cap St Martin | 20% | Moy | 18% | Moy | 18% | Moy | | | 17% | Moy | 17% | Moy | 16% | Moy |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 20% | Bon | 21% | Bon | 22% | Bon | 23% | Bon | 26% | Bon | 28% | Bon | 28% | Bon |
| | FRJC002 | Fond Boucher | 19% | Moy | 20% | Moy | 22% | Bon | 23% | Bon | 26% | Bon | 29% | Bon | 30% | Bon |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde | 36% | Bon | 38% | Bon | 40% | Bon | 17% | Moy | 48% | Bon | 50% | TB | 51% | TB |
| | | Jardin Tropical | 26% | Bon | 28% | Bon | 30% | Bon | | | 38% | Bon | 40% | Bon | 39% | Bon |
| | | Pointe Borgnesse | 17% | Moy | 17% | Moy | 16% | Moy | | | 19% | Moy | 21% | Moy | 20% | Moy |
| | FRJC018 | Caye D'Olbian | 68% | TB | 64% | TB | 67% | TB | 69% | TB | 70% | TB | 71% | TB | 72% | TB |

En ce qui concerne l'indice macroalgues, la couverture est en augmentation sur la majorité des sites (9 sites : Baie du Trésor, Caye Grande Sèche, Baie du Marin, Loup Garou, Cap St-Martin, Cap Salomon, Corps de Garde, Jardin Tropical, Pointe Borgnesse). La couverture est stable pour 2 sites et en légère baisse pour 4 sites (de 1 à 3 %, moyennée sur 6 ans).

Les évolutions de qualités sont :

- Cap Saint Martin qui est passé de qualité Bonne à Moyenne (16% à 22%)
- Jardin Tropical qui est passé de qualité Très Bonne à Bonne (9% à 12%)
- Pointe Borgnesse qui est passé de qualité Moyenne à Médiocre (39% à 42%).

Tableau 14 : Evolution de l'indice macroalgues entre 2010 et 2021 sur les sites du réseau de suivi

| | | | 2010-2015 | 2012-2016 | 2012-2017 | 2013-2018 | 2014-2019 | 2015-2020 | 2016-2021 | | | | | | | |
|------|---------|-------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----|-----|
| Type | Code ME | Site | Indice macro - algues | Qualité (IM, 2011) | Indice macro - algues | Qualité (IM, 2011) | Indice macro - algues | Qualité (IM, 2011) | Indice macro - algues | Qualité (IM, 2011) | Indice macro - algues | Qualité (IM, 2011) | Indice macro - algues | Qualité (IM, 2011) | | |
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 6% | TB | 6% | TB | 6% | TB | 7% | TB | 6% | TB | 6% | TB | 7% | TB |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | 20% | Bon | 19% | Bon | 18% | Bon | 17% | Bon | 14% | Bon | 13% | Bon | 12% | Bon |
| | FRJC016 | Caye Grande Sèche | 4% | TB | 4% | TB | 3% | TB | 5% | TB | 5% | TB | 4% | TB | 5% | TB |
| | FRJC010 | Baie du Marin | 35% | Moy | 38% | Moy | 38% | Moy | 37% | Moy | 35% | Moy | 34% | Moy | 36% | Moy |
| 2 | FRJC012 | Loup Ministre | 44% | Méd | 43% | Méd | 40% | Méd | 41% | Méd | 39% | Moy | 35% | Moy | 34% | Moy |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | 16% | Bon | 17% | Bon | 15% | Bon | 58% | Méd | 13% | Bon | 12% | Bon | 13% | Bon |
| | | Caye Pinsonnelle | 67% | Mauvais | 65% | Mauvais | 62% | Mauvais | | | 53% | Méd | 50% | Méd | 47% | Méd |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle | 32% | Moy | 29% | Moy | 29% | Moy | 28% | Moy | 29% | Moy | 29% | Moy | 28% | Moy |
| | | Cap St Martin | 6% | TB | 6% | TB | 7% | TB | | | 13% | Bon | 16% | Bon | 22% | Moy |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 3% | TB | 3% | TB | 3% | TB | 3% | TB | 4% | TB | 4% | TB | 5% | TB |
| | FRJC002 | Fond Boucher | 15% | Bon | 14% | Bon | 14% | Bon | 14% | Bon | 14% | Bon | 15% | Bon | 15% | Bon |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde | 2% | TB | 2% | TB | 2% | TB | | | 2% | TB | 2% | TB | 3% | TB |
| | | Jardin Tropical | 6% | TB | 5% | TB | 6% | TB | 41% | Méd | 8% | TB | 9% | TB | 12% | Bon |
| | | Pointe Borgnesse | 39% | Moy | 39% | Moy | 41% | Méd | | | 41% | Méd | 39% | Moy | 42% | Méd |
| | FRJC018 | Caye D'Olbian | 4% | TB | 6% | TB | 6% | TB | 6% | TB | 6% | TB | 7% | TB | 7% | TB |

Indice « oursins »

Pour l'indice oursin, la grille et la méthode de calcul (moyenne des densités de *Diadema antillarum*) sont celles proposées par Impact Mer en 2011. Cet indice n'est pas utilisé pour l'évaluation DCE.

Les densités moyennes sur 6 ans sont faibles, variant entre 0 et 0,7 *Diadema antillarum/m²*. Ces densités classent ainsi la plupart des stations en mauvaise qualité.

Cinq stations sont en qualité médiocre : Loup Garou, Fond Boucher, Corps de Garde, Jardin Tropical et Caye d'Olbian.

Une station est en qualité moyenne : Cap Salomon.

La grille proposée est basée sur la bibliographie. Les densités correspondent aux valeurs de densités historiques, de « référence », avant la maladie de 1983 qui a décimé la population d'oursins diadèmes. Pour une régulation

du turf et des macroalgues par le broutage, une densité minimum de 1 oursin/m² serait nécessaire. En considérant cette valeur, les sites DCE sont tous largement en déficit.

Etant donné qu'il n'y a pas d'augmentation massive au fil des ans de la couverture en algues, il est possible que cette densité puisse être revue à la baisse ou qu'il y ait un autre facteur de régulation pour compenser les faibles densités, telle que la pression de broutage par les poissons herbivores.

Cependant, il est clair qu'une densité plus importante d'oursins diadèmes serait bénéfique à l'état de santé des sites.

Tableau 15 : Qualité des masses d'eau DCE au regard de l'indice oursin évalué selon la grille de Impact Mer, 2011. (ME= Masse d'Eau)

| Type | Code ME | Site | Indice oursins (moyenne densités) | n valeurs | années | Etat (IM, 2011) |
|------|---------|-------------------|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 0,014 | 36 | 2016-2021 | Mauvais |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | 0,078 | 36 | 2016-2021 | Mauvais |
| | FRJC016 | Caye Grande Sèche | 0,012 | 36 | 2016-2021 | Mauvais |
| | FRJC010 | Baie du Marin | 0,009 | 36 | 2016-2021 | Mauvais |
| 2 | FRJC012 | Loup Ministre | 0,001 | 36 | 2016-2021 | Mauvais |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | 0,280 | 36 | 2016-2021 | Médiocre |
| | | Caye Pinsonnelle | 0,000 | 36 | 2016-2021 | Mauvais |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle | 0,000 | 36 | 2016-2021 | Mauvais |
| | | Cap St Martin | 0,000 | 36 | 2016-2021 | Mauvais |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 0,693 | 36 | 2016-2021 | Moyen |
| | FRJC002 | Fond Boucher | 0,423 | 36 | 2016-2021 | Médiocre |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde | 0,377 | 36 | 2016-2021 | Médiocre |
| | | Jardin Tropical | 0,233 | 36 | 2016-2021 | Mauvais |
| | | Pointe Borgnesse | 0,051 | 36 | 2016-2021 | Mauvais |
| | FRJC018 | Caye D'Olbian | 0,252 | 36 | 2016-2021 | Médiocre |

2.1.5 Discussion générale communautés corallieennes

2.1.5.1 Commentaires globaux sur les observations de 2021

Aucun phénomène lié à un événement climatique, tel qu'un blanchissement généralisé (élévation de la température) ou de la casse de colonie (houle cyclonique), n'a été observé sur le pourtour de la Martinique en 2021. Cette année, aucun site n'était ou n'avait été récemment affecté par les sargasses.

L'ophiure invasive (*Ophiotela mirabilis*) (Thé de Araujo et al., 2018) a été aperçue sur quelques sites de la côte Atlantique, sur des gorgones éventail et arborescentes.

La maladie à croissance rapide « Stony coral tissue loss disease » (SCTLD) a été identifiée sur plusieurs colonies lors du suivi PIT au niveau des sites : Caye d'Olbian, Cap Salomon, Fond Boucher, Caye Grande Sèche, Baie du Marin, Loup Caravelle, Loup Ministre, Pointe Borgnesse (Tableau 16). Des investigations ont également été menée début 2021 sur plusieurs sites du sud de la Martinique.

| Sites | SCTLD présente sur la station (BELT) | Nombre de colonies infectées (PIT) |
|-------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| Caye d'Olbian | X | 17 |
| Cap Salomon | X | 10 |
| Fond Boucher | X | 5 |
| Caye Grande Sèche | X | 3 |
| Baie du Marin | X | 0 |
| Loup Caravelle | X | 0 |
| Loup Ministre | X | 0 |
| Pointe Borgnesse | X | 0 |

Tableau 16 : Sites présentant la maladie SCTLD observable sur le BELT et nombre de colonies coraliennes infectées et dénombrées lors du suivi PIT.

Les détails concernant la campagne de suivi sont présentés dans le Rapport de campagne complet 2021.

2.1.5.2 Evaluation de l'état écologique général et évaluation des pressions : pistes de métriques et indices

Les suivis DCE visent à définir la qualité du milieu et à faire le lien avec des pressions anthropiques sur lesquelles une action est *a priori* possible. Or, les métriques descripteurs des communautés coralliniennes peuvent également être influencées par des facteurs « naturels » (comme par ex. épisodes climatiques, hydrodynamisme, etc.), complexifiant de ce fait l'évaluation DCE pouvant être obtenue à partir de ces métriques.

Ce point avait été abordé lors des ateliers DCE (2012, 2013 et 2014) et soulevé à nouveau lors du séminaire de 2017.

Lors du séminaire, voici ce qui a été rappelé de ce que l'on attend d'un outil de bioindication « DCE » (texte de la première colonne extrait du compte rendu du séminaire), avec pour chaque point l'ajout de commentaires vis-à-vis de la situation de la DCE Antilles:

| Outil de bioindication DCE | Commentaires | Actions et idées à développer |
|---|---|--|
| 1. reflète l'état de santé d'un milieu en se basant sur les caractéristiques des communautés (biocénotique) | 1a. mesures sur le PIT adaptées 1b. interprétation à améliorer : les indices de couverture corallienne et algale sont adaptés pour évaluer l'évolution d'un site et il n'est pas adéquat de les comparer entre eux ou à une valeur de référence 1c. Étudier les paramètres non analysés | 1bi. l'évolution du recouvrement corallien au cours des années pourrait être un indicateur plus pertinent que la couverture corallienne à un temps donné (type Ifrecor) 1bii. Analyses des données existantes et propositions d'indices 1c. Proposition par Impact Mer de la note de « vulnérabilité » des communautés |
| 2. capable de rendre compte de l'impact des différentes pressions anthropiques + intégrateur de la variabilité naturelle spatiale et temporelle, pour séparer le fonctionnement naturel du milieu, de ce qui est imputable aux activités humaines | 2a. le protocole et le plan d'échantillonnage actuel du Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS) ne sont pas adaptés à l'évaluation de pressions spécifiques. 2b. Recherche bibliographique sur les paramètres adaptés à l'évaluation des pressions : les indicateurs benthos récifal et macroalgues sont en cours de développement pour le 3ème cycle DCE (2022-2027) | 2ai. Analyser toutes les données long terme récoltées dans la Caraïbes (DCE, GCRMN...) avant de décider d'une stratégie d'échantillonnage 2aii. Stations ciblant des pressions spécifiques, afin de tester les indicateurs sur la base de pressions connues 2bi. Test des paramètres sur les stations définies en 2aii |
| 3. évaluation exprimée par rapport à un état de référence décliné selon une typologie des masses d'eau | | pour 1bi : définir des seuils de classes pour une métrique d'évolution en valeur absolue, c'est-à-dire classer une métrique par rapport à la valeur de son évolution entre deux mesures |

Les indicateurs benthos récifal et macroalgues sont en cours de développement pour le 3ème cycle DCE (2022-2027). Le groupe de travail « Indicateur » envisagé lors du séminaire d'avril 2017 ne sera finalement pas créé, par décision de l'AFB. Cependant le projet SCORE Reef a démarré début 2019, regroupant des chercheurs internationaux pour travailler sur le développement de l'indicateur. Le protocole de suivi des communautés coralliniennes permet de noter un grand nombre de paramètres dont les abondances et diversités coralliniennes et macroalgales, les abondances des invertébrés benthiques, le turf, les oursins, l'hypersédimentation, l'état de santé global. Pour le moment, seules les abondances de corail vivant et de macroalgues servent au calcul de deux indices : l'indice « corail » et l'indice « macroalgues ».

Indice corail

La pertinence de l'indice corail a été débattue au séminaire de 2017. En effet, les paysages sous-marins martiniquais sont très riches et variés. Plusieurs « typologies » peuvent être observées parmi lesquelles la barrière corallienne sud atlantique, les récifs frangeants méridionaux, les cayes, les constructions coralliniennes sur substrat rocheux (dont éboulis de Cap Salomon). L'expérience acquise au fil des années a permis de mettre en évidence plusieurs incohérences dans le réseau de suivi, de proposer des modifications et de repositionner plusieurs stations. Cela a été notamment le cas pour les communautés coralliniennes qui ont connu un phénomène de phase-shift vers des communautés de type algueraies (et ce bien avant les premiers suivis).

L'évaluation de l'indice corail est pour le moment basée sur deux grilles de qualité, chacune regroupant plusieurs types de masses d'eau. Cependant, certains sites présentent des conditions hydro-morphologiques particulières (fort brassage à Cap St-Martin, éboulis rocheux à Cap Salomon, envasement à Caye Grande Sèche...) qui vont modeler les communautés présentes.

L'indice « corail », tel qu'il est calculé actuellement, n'apparaît pas satisfaisant pour comparer les sites à une valeur de référence, d'où le problème de la bonne qualité obtenue pour les sites envasés ou pour les sites ayant une hydro-morphologie particulière. La valeur calculée, qui correspond à un taux de recouvrement, est plus appropriée pour observer la tendance évolutive des sites. Cette évolution serait ensuite comparée à une évolution de référence (proche de la stabilité ?).

Il a été suggéré de travailler soit sur un indice multimétrique (e.g. EBQI) incluant d'autres paramètres pris en compte dans les suivis, soit de travailler sur des grilles basées sur l'évolution interannuelle.

- **Indice de l'évolution interannuelle de la couverture corallienne**

Dans sa revue des couvertures coraliennes sur l'ensemble de la Caraïbe, Jackson (2014) propose une note de changement proportionnel. Il considère des couvertures moyennes sur trois périodes de plus de 10 ans et calcule le changement proportionnel.

Le calcul a été testé cette année sur les données de 2016 à 2021 : la différence de couverture corallienne moyenne d'un site (moyenne des transects) est calculée entre l'année n+1 et l'année n, sur les six dernières années. Puis la moyenne des différences est calculée pour obtenir l'indice (Tableau 17).

Tableau 17 : Calcul pour l'indice évolution interannuelle de la couverture corallienne

| Type | Code ME | Site | 2017-2016 | 2018-2017 | 2019-2018 | 2020-2019 | 2021-2020 | Indice évolution couverture |
|------|---------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 1% | -1% | 4% | 6% | -3% | 1% |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | -2% | 2% | 2% | 3% | -1% | 1% |
| | FRJC016 | Caye Grande Sèche | 1% | 5% | -7% | 0% | -3% | -1% |
| | FRJC010 | Baie du Marin | -4% | 6% | -1% | 3% | 0% | 1% |
| 2 | FRJC012 | Loup Ministre | -6% | -1% | 3% | 9% | -2% | 1% |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | -3% | 7% | 0% | 9% | -6% | 1% |
| | | Caye Pinsonnelle | 5% | 2% | -2% | 3% | -1% | 1% |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle | -7% | -2% | 9% | -2% | -2% | -1% |
| | | Cap St Martin | 5% | -6% | 5% | 0% | -3% | 0% |
| | | | | | | | | |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 9% | -1% | 3% | -1% | 0% | 2% |
| | FRJC002 | Fond Boucher | 7% | -4% | 4% | 9% | -5% | 2% |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde | 7% | -3% | 3% | 1% | -7% | 0% |
| | | Jardin Tropical | -9% | 7% | 0% | 3% | -8% | -1% |
| | | Pointe Borgnesse | -5% | 6% | -1% | 6% | -6% | 0% |
| | FRJC018 | Caye D'Olbian | 9% | -3% | 5% | 1% | -9% | 1% |

Les notes d'évolution moyenne obtenues varient selon les sites entre une régression de la couverture (-1%) et une augmentation de 2%. Les comparaisons interannuelles sont quant à elles plus contrastées, avec des régressions jusqu'à 9 % (ex. Jardin Tropical entre 2016 et 2017 et Caye d'Olbian entre 2020 et 2021) et des augmentations jusqu'à 9 % (ex. Loup Ministre, Loup Garou et Fond Boucher entre 2019 et 2020). On constate que pour un même site, les différences interannuelles peuvent être totalement opposées d'une année à l'autre.

Le mode de calcul de l'indice évolution de la couverture est à approfondir en fonction de la bibliographie disponible et sera probablement amené à évoluer. Cet indice aurait vocation à remplacer ou compléter l'Indice corail.

Indice macroalgues

Concernant l'indicateur basé sur les groupes fonctionnels, il n'y a pas eu d'avancées concernant la définition de catégories telles que proposées au séminaire de 2017 (algues brune/vertes calcifiées/vertes non calcifiée/rouge/etc.). Pour rappel en France métropolitaine, l'indice macroalgues est basé sur les groupes fonctionnels. Le Moal et Payri (2015) ont proposé d'identifier les algues au niveau du genre pour les suivis DCE et de les classer en trois grandes catégories : algues pérennes, saisonnières ou opportunistes. La question des catégories à définir a été débattue au séminaire, avec la suggestion d'autres catégories telles que algues brunes, algues vertes calcifiées/non calcifiées, encroûtantes/non encroûtantes...

Le tapis algal multispecifique composé d'algues filamenteuses de tailles inférieures à 3 cm est appelé turf. Le turf n'est pas considéré dans l'indice macroalgues, car c'est un duvet algal omniprésent qui recouvre presque systématiquement toute surface dure nue.

Cependant, deux types de turf se retrouvent sur les stations suivies pour la DCE : du turf assez long formé de plusieurs espèces de macroalgues enchevêtrées et du turf ras dans lequel les espèces ne sont pas identifiables.

La non prise en compte du recouvrement en turf pour le calcul de l'indice macroalgues questionne sur la pertinence de l'indice pour le site Caye Grande Sèche par exemple, et pour les autres sites riches en turf. En effet, pour reprendre l'exemple de Caye Grande Sèche, les « macroalgues non calcaires » présentent un recouvrement de seulement 6,3% du PIT. Ainsi, l'indice macroalgues reflète un site en très bon état alors que le turf représente 32,7% du recouvrement du site, pourcentage particulièrement élevé.

Ecologiquement, l'installation d'un tapis de turf sur un milieu rocheux entraîne une retenue accrue des sédiments (Harris, 2015). Cet impact est d'autant plus important que le site de Caye Grande Sèche est soumis à une hypersédimentation. De plus, les tapis de turf entraînent une miniaturisation et une homogénéisation de l'habitat, soutenant ainsi une plus faible diversité de faune associée (Pessarrodona *et al.*, 2021).

Ignorer le pourcentage de turf pour la qualification d'un site revient donc à sous-estimer l'impact négatif de son abondance sur le fonctionnement de l'écosystème : retenue des sédiments, simplification de l'habitat, diminution de la diversité associée et compétition pour le substrat avec les coraux (Harris, 2015). Bien que la distinction entre turf long et court ait déjà été discutée au séminaire de 2017, il conviendrait peut-être d'inclure le turf long dans la catégorie « macroalgues » ou de donner un statut indicateur au turf étant donné son rôle écologique, en l'incluant par exemple dans l'indice macroalgues.

Etat écologique général

Les indices calculés reflètent uniquement les couvertures en corail et macroalgues des sites. Cependant, un site peut présenter de nombreux signes « d'agressions » sans pour autant avoir une faible couverture corallienne.

Pour intégrer l'état global des sites, de nombreux autres paramètres observés, tels que la présence de nécroses et de maladies sur les colonies corallines, les cyanobactéries, les organismes encroûtants ou bioérodeurs, témoignent du niveau de vulnérabilité des communautés.

- **Indice « vulnérabilité »**

Dans l'optique d'une future intégration à l'indicateur communautés corallines, quatre paramètres ont été choisis pour établir un indice de « vulnérabilité » :

- les cyanophycées,
- le blanchissement,
- les nécroses
- les perturbations (organismes encroûtants, organismes perforants, blessures, présence de maladies).

Les quatre métriques établies à partir de ces paramètres sont présentées ci-dessous, ainsi que les réflexions sur leur évolution depuis leur création en 2017 (Tableau 17).

| CYANOPHYCEES | |
|------------------|---|
| 2017 proposition | couverture en cyanophycées des transects (moyenne entre 2014 et 2019) |
| 2017 remarque | le poids apporté par la présence de cyanophycées par rapport à l'impact réel qu'elles peuvent avoir sur les communautés : |
| 2018 proposition | impact non négligeable selon la bibliographie (De Bakker <i>et al.</i> , 2017 ; Brocke <i>et al.</i> , 2015) |
| 2019 remarque | - |

| BLANCHISSEMENT | |
|------------------|--|
| 2017 proposition | le pourcentage d'occurrence de colonies blanchies à 1% et plus / nombre de colonies observées (moyenne entre 2014 et 2019) |
| 2017 remarque | - |
| 2018 proposition | il est difficile lors d'une plongée ponctuelle de définir si les zones blanches d'une colonie correspondent à du blanchissement, à une maladie ou à une attaque (morsures, vers...). Il faudrait pouvoir réaliser des photographies macro de toutes les colonies suspectes, ce que ne permet pas un suivi de type Point Intercept avec un nombre important de points à réaliser en un temps de plongée limitée. Il semblerait que les données portant sur ce critère soient peu fiables et dépendantes de l'observateur. Il serait plus juste de donner une note de blanchissement par transect, qui s'appliquerait dans ce cas à un événement majeur et clairement identifiable comme étant du blanchissement. Le critère blanchissement peut également être remis en cause car trop dépendant de la saison d'observation. Une campagne de suivi réalisée en septembre donnerait un taux de blanchissement fort probablement plus important que l'actuel suivi réalisé en juin. |
| 2019 remarque | ce questionnement serait-il le même en cas de vrai épisode de blanchissement ? |

| NECROSES | |
|------------------|--|
| 2017 proposition | le pourcentage d'occurrence des colonies nécrosées à plus de 50% / nombre de colonies observées (moyenne des transects en 2018 et 2019) |
| 2017 remarque | l'évaluation de l'importance des nécroses sur un site, notées de 0 à 2 alors que ce devrait être une abondance relative puisque leur abondance dépend de la couverture corallienne : |
| 2018 proposition | suite à ce problème, le protocole de suivi a été modifié en 2018 de façon à noter les nécroses selon le même protocole que le blanchissement. Ce paramètre a donc pu être traité cette année en abondance relative. Les nécroses étant présentes sur la quasi-intégralité des colonies, il a été décidé de considérer uniquement les nécroses occupant plus de 50 % de la colonie. |
| 2019 remarque | Il pourrait être intéressant de traiter les résultats concernant les nécroses d'un point de vue inverse, c'est-à-dire le pourcentage de colonies non nécrosées. Ce type de traitement permettrait d'avoir une information sur la capacité de résilience du récif, dans la mesure où plus il y a de colonies saines, moins il y a d'entrées possibles pour divers pathogènes par exemple. |
| 2020 proposition | le pourcentage d'occurrence des colonies non nécrosées / nombre de colonies observées, avec une proposition de grille d'évaluation basée sur les valeurs obtenues |

| PERTURBATIONS | |
|------------------|---|
| 2017 proposition | le pourcentage d'occurrence des colonies présentant une ou plusieurs perturbations (valeurs de 2019). Ces dernières sont définies comme étant liées à des organismes encroûtants (gorgone <i>E. caribaeorum</i> , zoanthaire <i>P. caribaeorum</i> , cyanobactéries), à des organismes perforants (éponges), à des blessures (morsures et broutage), à la présence de maladies. |

La compilation de ces quatre métriques donne la qualité de l'indice « vulnérabilité » (Tableau 19). Cet indice est ensuite relié à l'indicateur communautés corallieennes (Tableau 20).

| GRILLES DE QUALITE et CALCUL DE L'INDICE | |
|--|--|
| 2017 proposition | 1 ^{ère} proposition |
| 2017 remarque | il faudrait envisager la construction d'une grille de qualité par paramètre et le calcul de la moyenne des notes pour avoir l'indice global, plutôt que de travailler avec les valeurs brutes |
| 2018 proposition | des grilles sont proposées pour chaque métrique sur la base de données bibliographiques, mais des notes d'EQR ne peuvent pas être envisagées sans une étude bibliographique approfondie et une analyse complète des données ; Les qualités de chaque métrique sont compilées sous forme d'indice global selon le principe de l'élément déclassant |
| 2019 remarque | il y a un effet cumulatif des perturbations. Plus il y a de métriques déclassées, plus l'indice doit être mauvais. Par exemple Baie du Marin devrait avoir un indice de vulnérabilité plus déclassant que Loup Caravelle. |

| Révision de l'INDICATEUR COMMUNAUTES CORALLIENNES par l'INDICE VULNERABILITE | |
|--|---|
| 2017 proposition | l'indicateur communautés corallieennes est révisé par l'indice vulnérabilité selon le principe de l'élément déclassant entre l'indicateur communautés corallieennes et l'indice vulnérabilité |
| 2017 remarque | le déclassement de plus d'un niveau est probablement trop sévère et donne trop de poids à l'indice vulnérabilité. Le déclassement pourrait être appliqué uniquement sur les sites classés en qualité Très Bonne et Bonne |
| 2018 proposition | Il pourrait également être envisagé d'utiliser l'indice « vulnérabilité » comme un élément surclassant. Dans le cas où un site présente peu ou pas de signes d'agression, il est possible de supposer que les colonies corallieennes trouveront des conditions favorables à leur développement. |
| 2019 remarque | - |
| 2020 proposition | l'indice de vulnérabilité 2 est évalué avec la métrique zéro nécrose et par site |

Tableau 18 : Détails de l'évaluation des qualités des quatre métriques composant l'indice de vulnérabilité (% de couverture en cyanophycées, % d'occurrence de colonies blanchies à 1% et plus, % d'occurrence de colonies non nécrosées, % d'occurrence de colonies avec présence de perturbation)

| Type | Code ME | Site | Couverture cyanophycées (moyenne transects) | n valeurs | années | Qualité (IM, 2018) |
|------|---------|-------------------|--|-----------|-----------|--------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 2,7% | 36 | 2016-2021 | |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | 3,2% | 36 | 2016-2021 | |
| | FRJC016 | Caye Grande Sèche | 1,2% | 36 | 2016-2021 | |
| | FRJC010 | Baie du Marin | 3,2% | 36 | 2016-2021 | |
| 2 | FRJC012 | Loup Ministre | 2,6% | 36 | 2016-2021 | |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | 1,5% | 36 | 2016-2021 | |
| | | Caye Pinsonnelle | 1,2% | 36 | 2016-2021 | |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle | 5,1% | 36 | 2016-2021 | |
| | | Cap St Martin | 1,1% | 36 | 2016-2021 | |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 0,4% | 36 | 2016-2021 | |
| | FRJC002 | Fond Boucher | 3,9% | 36 | 2016-2021 | |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde | 1,1% | 36 | 2016-2021 | |
| | | Jardin Tropical | 1,8% | 36 | 2016-2021 | |
| | | Pointe Borgnesse | 1,7% | 36 | 2016-2021 | |
| | FRJC018 | Caye D'Olbian | 0,8% | 36 | 2016-2021 | |
| Type | Code ME | Site | % d'Occurrence de colonies blanchies à 1% et plus (moyenne transects) | n valeurs | années | Qualité (IM, 2018) |
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 2,80 | 36 | 2016-2021 | |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | 1,15 | 36 | 2016-2021 | |
| | FRJC016 | Caye Grande Sèche | 2,09 | 36 | 2016-2021 | |
| | FRJC010 | Baie du Marin | 3,45 | 35 | 2016-2021 | |
| 2 | FRJC012 | Loup Ministre | 0,00 | 36 | 2016-2021 | |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | 0,35 | 36 | 2016-2021 | |
| | | Caye Pinsonnelle | 1,78 | 36 | 2016-2021 | |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle | 0,12 | 36 | 2016-2021 | |
| | | Cap St Martin | 1,24 | 36 | 2016-2021 | |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 0,49 | 36 | 2016-2021 | |
| | FRJC002 | Fond Boucher | 0,00 | 36 | 2016-2021 | |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde | 0,96 | 36 | 2016-2021 | |
| | | Jardin Tropical | 0,16 | 36 | 2016-2021 | |
| | | Pointe Borgnesse | 1,58 | 36 | 2016-2021 | |
| | FRJC018 | Caye D'Olbian | 0,10 | 36 | 2016-2021 | |
| Type | Code ME | Site | % d'Occurrence de colonies non nécrosées | n valeurs | années | Qualité (IM, 2018) |
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 41,27 | 24 | 2018-2021 | |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | 26,49 | 24 | 2018-2021 | |
| | FRJC016 | Caye Grande Sèche | 28,44 | 24 | 2018-2021 | |
| | FRJC010 | Baie du Marin | 33,33 | 24 | 2018-2021 | |
| 2 | FRJC012 | Loup Ministre | 35,25 | 24 | 2018-2021 | |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | 41,26 | 24 | 2018-2021 | |
| | | Caye Pinsonnelle | 37,57 | 24 | 2018-2021 | |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle | 33,39 | 24 | 2018-2021 | |
| | | Cap St Martin | 39,84 | 24 | 2018-2021 | |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 69,90 | 24 | 2018-2021 | |
| | FRJC002 | Fond Boucher | 39,42 | 24 | 2018-2021 | |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde | 38,22 | 24 | 2018-2021 | |
| | | Jardin Tropical | 37,39 | 24 | 2018-2021 | |
| | | Pointe Borgnesse | 30,98 | 24 | 2018-2021 | |
| | FRJC018 | Caye D'Olbian | 31,96 | 24 | 2018-2021 | |
| Type | Code ME | Site | % d'Occurrence de colonies avec présence de perturbation (moyenne transects) | | | Qualité (IM, 2019) |
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 22,2 | | | |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | 35,1 | | | |
| | FRJC016 | Caye Grande Sèche | 22,6 | | | |
| | FRJC010 | Baie du Marin | 18,2 | | | |
| 2 | FRJC012 | Loup Ministre | 27,6 | | | |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | 10,9 | | | |
| | | Caye Pinsonnelle | 9,7 | | | |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle | 9,3 | | | |
| | | Cap St Martin | 10,4 | | | |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 7,3 | | | |
| | FRJC002 | Fond Boucher | 15,1 | | | |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde | 11,0 | | | |
| | | Jardin Tropical | 13,3 | | | |
| | | Pointe Borgnesse | 13,3 | | | |
| | FRJC018 | Caye D'Olbian | 19,1 | | | |

Tableau 19 : Note d'indice issue de la compilation de paramètres complémentaires indicateurs de la vulnérabilité des communautés

| Type | Code ME | Site | Couverture cyanophycées (moyenne transects) | % d'Occurrence de colonies blanchies à 1% et plus (moyenne transects) | % d'Occurrence de colonies non nécrosées | % d'Occurrence de colonies avec présence de perturbation (moyenne transects) | Indice "vulnérabilité 2" par site | Indice "vulnérabilité 2" par ME |
|------|---------|-------------------|---|---|--|--|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | | | | | Moy | Moy |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | | | | | Méd | Méd |
| | FRJC016 | Caye Grande Sèche | | | | | Moy | Moy |
| | FRJC010 | Baie du Marin | | | | | Moy | Moy |
| 2 | FRJC012 | Loup Ministre | | | | | Méd | Méd |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | | | | | Bon | |
| | | Caye Pinsonnelle | | | | | Moy | Moy |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle | | | | | Moy | |
| | | Cap St Martin | | | | | Bon | Moy |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | | | | | TB | TB |
| | FRJC002 | Fond Boucher | | | | | Moy | Moy |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde | | | | | Bon | |
| | | Jardin Tropical | | | | | Bon | Moy |
| | | Pointe Borgnesse | | | | | Moy | |
| | FRJC018 | Caye D'Olbian | | | | | Bon | Bon |

Le complément d'analyse qu'apporte l'indice vulnérabilité vient modifier les qualités de l'indicateur communautés corallines obtenues par les seuls indices macroalgues et corail (Tableau 17). Ces derniers indices, bien qu'étant ceux retenus officiellement pour l'évaluation DCE, sont démontrés comme étant insatisfaisants (2.1.5.2). L'indice vulnérabilité modifie les qualités de l'indicateur de :

- Très bonne à Bonne : Baie du Trésor, Caye d'Olbian
- Bonne à Moyenne : Ilet à Rats, Caye Grande Sèche, Fond Boucher
- Moyenne à Médiocre : Loup Caravelle / Cap Saint Martin

Tableau 20 : Indicateur communautés corallines révisé par l'indice vulnérabilité et comparaison aux dires d'experts (non inclus dans l'évaluation DCE)

| Type | Code ME | Site | Qualité indicateur com. corallienne (IM, 2011) par ME | Indice "vulnérabilité 2" pas ME | Qualité révisée à dire d'expert |
|------|---------|-------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | TB | Moy | Bon |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | Bon | Méd | Moy |
| | FRJC016 | Caye Grande Sèche | Bon | Moy | Moy |
| | FRJC010 | Baie du Marin | Moy | Moy | Moy |
| 2 | FRJC012 | Loup Ministre | Moy | Méd | Méd |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | Moy | | |
| | | Caye Pinsonnelle | | Moy | Moy |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle | Moy | | |
| | | Cap St Martin | | Moy | Moy |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | Bon | TB | Bon |
| | FRJC002 | Fond Boucher | Bon | Moy | Moy |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde | Moy | | |
| | | Jardin Tropical | | Moy | Moy |
| | | Pointe Borgnesse | | | |
| | FRJC018 | Caye D'Olbian | TB | Bon | Bon |

Evaluation des pressions

• Quels paramètres pour l'évaluation des pressions ?

Les indicateurs benthos récifal et macroalgues sont en cours de développement pour le 3ème cycle DCE (2022-2027). Le groupe de travail « Indicateur » envisagé lors du séminaire d'avril 2017 semblait essentiel pour définir dès que possible des indicateurs adaptés, qui puissent être testées avant le début du 3ème cycle. Pour ce faire, un investissement dans la recherche fondamentale devait être mené. Des appels à manifestation d'intérêt (AMI) ont bien été lancés par l'Agence Française de la Biodiversité (AFB) en 2017. Outre le développement d'un indicateur basé sur les macroalgues, les autres points abordés au séminaire et résumés dans le tableau ci-dessus ne faisaient pas partie des objectifs de l'AMI. Le groupe de travail « Indicateur » n'a pas vu le jour et aucun indicateur n'est en phase de test pour une application sur le 3ème cycle.

Voici quelques propositions d'indicateurs coralliens ou non coralliens, issus des discussions du séminaire (2017), de la synthèse de Jameson & Ketty (2004) et de Cooper & Fabricius (2007) :

Coralliens

- maladies coralliniennes/cyanophycées
- morphologie corallienne
- bioérodeurs (clones)
- macro-bioérodeurs (polychètes, bivalves, bernacles) sur les colonies massives : organismes filtreurs dont la densité augmente avec la charge en particules de l'eau.

Non coralliens

- Groupes fonctionnels de macroalgues : partir d'un niveau taxon très fin et dégrader l'information au fur et à mesure pour voir avec quels groupes plus généraux on retrouve la même information et un lien avec les pressions. Les groupes généraux pourraient être pérennes/ saisonnières/ opportunistes ou algues brunes/ vertes calcifiées/non calcifiées/ rouges calcifiées/non calcifiés, encroûtantes/ non encroûtantes + turf + jeunes pousses ;
- Isotopes sur macroalgues ou sédiment : signatures isotopiques différentes selon la source d'enrichissement du milieu. Les inconvénients sont la lourdeur de mise en œuvre et les confusions possibles lorsque les sources sont multiples ;
- FORAM ou FOBIMO : des travaux récents ont eu lieu en Méditerranée pour adapter l'indice FORAM à une application DCE. Le FORAM est un indicateur basé sur la forme et la taille des foraminifères ;
- Eponges et ascidies : nombreux travaux réalisés mais le lien avec les pressions semble difficile à établir.

• Indice équilibre des communautés benthiques

Plusieurs études récentes traitent des changements qui ont été observés sur les communautés benthiques au cours des dernières décennies et émettent des hypothèses pour expliquer la mauvaise résilience, suite aux agressions, des communautés coralliniennes dans la caraïbe (De Bakker *et al.*, 2017 ; Pawlik *et al.*, 2016 ; Brocke *et al.*, 2015).

De Bakker *et al.* (2017) traitent de l'équilibre entre les organismes calcaires (coraux et algues calcaires coralliniennes) et le groupe des cyanophycées et des éponges. La dominance des deux derniers groupes réduisant les possibilités d'accrétion corallienne.

Pawlik *et al.* (2016) évoquent le rôle des éponges et des macroalgues dans la non résilience des coraux, par le biais du carbone organique réfractaire dissous apporté par le panache des rivières. Les éponges favoriseraient la transformation du carbone organique réfractaire dissous en nutriments. Ces derniers alimenteraient les macroalgues et les microorganismes, et créerait une chaîne alimentaire en faveur des éponges et des macroalgues.

Enfin Brocke *et al.* se sont penchés sur l'importance, en terme de couverture, des cyanophycées dans le paysage récifal. Ils ont démontré que l'enrichissement en matière organique des sédiments favorise le développement des films cyanobactériens. Cet enrichissement en matière organique est pour sa part issu de la dégradation des blooms phytoplanctoniques qui résultent de l'enrichissement des eaux côtières en nutriments (très peu quantifiables car directement consommés).

2.2 Qualité biologique : Indicateur herbiers de phanérogames marines (en cours de développement)

2.2.1 Protocole pour les herbiers de phanérogames marines – résumé

Le suivi annuel des herbiers de phanérogames se compose :

- d'un relevé de type « **line intercept** » (LIT), sur 3 transects parallèles de 50 m. Sont notées les distances correspondant à un changement de la **composition spécifique des phanérogames**, à une zone de **fragmentation** (>2m) ou de **mitage** (entre 0,5-2m).
- d'un suivi de type « **belt** » de **1m**, pour chacun des trois transects. Sont notés le **nombre d'oursins par espèce**, le **nombre de coraux par espèces**, les signes de bioturbation, l'état de santé général, le type de substrat ainsi que la présence de cyanophycées, de débris de feuilles d'algues dérivantes et de macroalgues épiphytes.
- d'un suivi sur quadrats **de 50 x 50 cm**. Les quadrats, **3 par transect**, sont positionnés le long du transect de façon aléatoire autour de 5m, 25m et 45m de distance. Sont notés la classe de recouvrement du substrat par les phanérogames, les macroalgues et les cyanophycées, les taxons dominants de phanérogames et de macroalgues, la nature des épibioses présentes, la floraison des phanérogames et la présence/absence de sénescence ou maladies sur les feuilles.
- de prélèvements de sédiments, au niveau de chaque transect, pour l'analyse de la granulométrie et de la matière organique.

L'état de santé des transects est obtenu selon l'indice visuel (classification adaptée de Bouchon) suivant :

Tableau 21 : Détail des classes du paramètre « état de santé » (adaptées de Bouchon et al., 2003)

| Classe | Caractéristique de l'herbier de phanérogames |
|--------|--|
| 1 | Herbier de TT pur |
| 2 | Herbier mixte à TT et SF ou Herbier à SF pur |
| 3 | Signe d'eutrophisation ou de sédimentation |
| 4 | Herbier avec macroalgues ou envasé. Eutrophisation ou hypersédimentation marquée |
| 5 | Herbier envahi par les macroalgues ou envasé |

Le suivi de l'élément biologique de type herbier est effectué lorsqu'un site propice à la réalisation du protocole d'échantillonnage est présent dans la masse d'eau.

Le suivi se déroule en plongée sous-marine (scaphandre autonome) sur un secteur comprenant une zone d'herbier homogène (*Thalassia testudinum* pur ou mixte c'est-à-dire avec du *Syringodium filiforme*) en évitant la périphérie de l'herbier (conditions écologiques différentes).

Le début et la fin des **trois transects sont géoréférencés**. Leur position est stable, mais pas exactement identique, d'une année à l'autre.

*Remarque : A noter que la présence de la phanérogame marine envahissante *Halophila stipulacea* a beaucoup modifié le paysage sous-marin ces dernières années. Aussi, certains sites présentent aujourd'hui une population d'*Halophila* importante.*

Les paramètres notés pour le suivi herbier ne sont pas utilisés pour l'évaluation DCE.

Les détails des protocoles de suivi sont apportés dans le rapport de campagne complet 2021.

2.2.2 Bancarisation des données herbier

Les données Herbier ont pu être intégrées sur BD Récif par Impact Mer, suite à la formation dispensée par l'Ifremer en novembre 2021. La base de données est actuellement configurée pour la bancarisation des données recueillies en suivant le protocole DCE.

Les recouvrement réels notés selon le protocole de Fanny Kerninon (cf. 2.2.3) ont dû être reconvertis en classes pour être bancarisés (perte de précision).

Lexique des initiales utilisées:

- TT : *Thalassia testudinum*
- SF : *Syringodium filiforme*
- HS : *Halophila stipulacea*
- HW : *Halodule wrightii*
- T1 : Transect 1

2.2.3 Résultats 2021 et comparaison historique

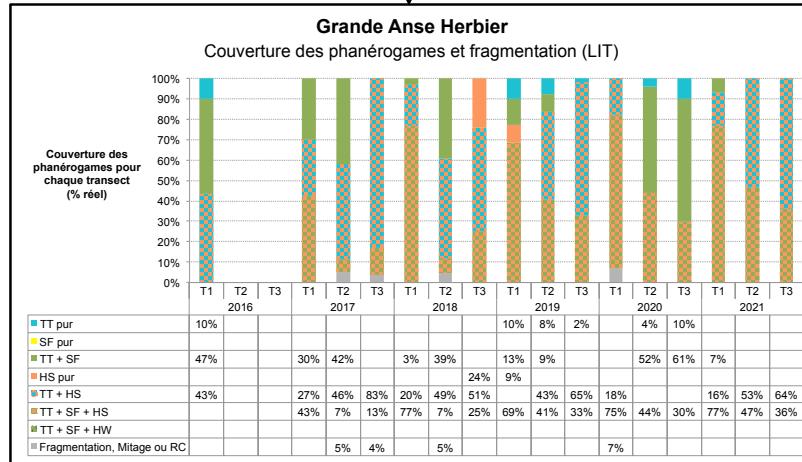
Le suivi des herbiers s'est déroulé en avril et mai 2021. Le suivi a été réalisé plus tôt qu'habituellement (juin) de façon à permettre la mise en œuvre du protocole complet herbier par Fanny Kerninon.

Les protocoles décrits ci-dessus ont été appliqués, avec pour le protocole quadrat, le recouvrement en pourcentage réel plutôt qu'en classes de couverture.

Les graphiques présentant les résultats des différentes stations sont décrits dans une fiche page suivante.

Histogramme « Couverture des phanérogames et fragmentation »

= Proportions de la couverture des différents assemblages de phanérogames et des zones fragmentées, mesurées au cours du LIT. Les pourcentages des différents assemblages sont précisés dans le tableau pour chaque transect.



Epibiose associées aux phanérogames

| Epibioses | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Dominante | Algues calc. | Film bio-séd. | Algues calc. | Film bio-séd. | Film bio-séd. |
| Secondaire | Hydriaires | Algues calc. | Algues filam. | Algues calc. | Algues calc. |

Tableau « Epibioses associées aux phanérogames »

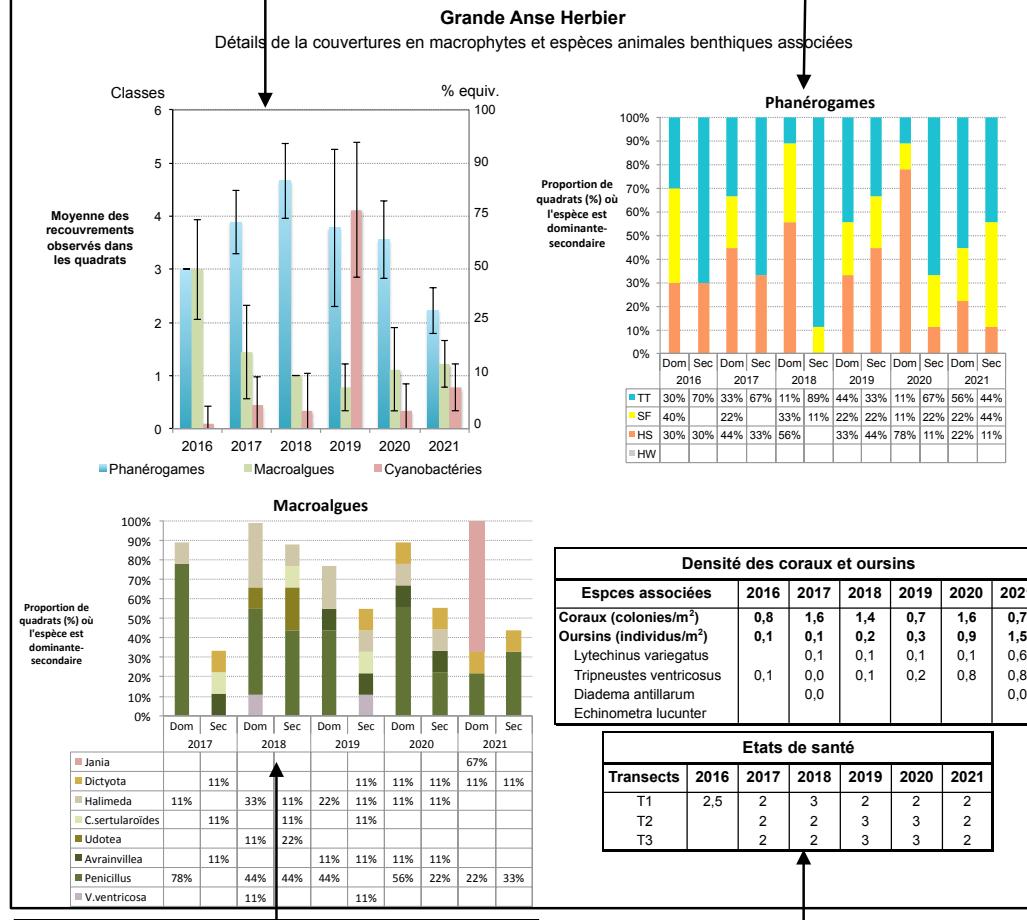
= Catégories d'épibioses (dominantes et secondaires) sur la surface des feuilles de phanérogames

Histogramme « Recouvrement des peuplements dans les quadrats »

= Proportions de la couverture des différents peuplements (phanérogame, macroalgues, cyanobactéries) mesurées dans les quadrats.

Histogramme « Dominance des espèces de phanérogames dans les quadrats »

= Proportion des quadrats dans lesquels les espèces sont dominantes/secondaires.
Par exemple en 2021, dans 56% des quadrats l'espèce *T. testudinum* est dominante.



Histogramme « Dominance des espèces de macroalgues dans les quadrats »

= Proportion des quadrats dans lesquels les espèces sont dominantes/secondaires.
Par exemple en 2021, dans 22% des quadrats le genre *Penicillius* est dominant.

Densité des coraux et oursins

| Espèces associées | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Coraux (colonies/m ²) | 0,8 | 1,6 | 1,4 | 0,7 | 1,6 | 0,7 |
| Oursins (individus/m ²) | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,9 | 1,5 |
| Lytechinus variegatus | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,6 |
| Tripeustes ventricosus | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,8 | 0,8 |
| Diadema antillarum | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,8 | 0,0 |
| Echinometra lucunter | | | | | | |

Etat de santé

| Transects | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|
| T1 | 2,5 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| T2 | | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| T3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 |

Tableaux « Densité des coraux et oursins » et « Etat de santé »

FRJC001: Caye à Vache (type 1)

- Description générale

La station **Caye à Vache** est un herbier qui se situe **en fond de baie de Fort-de-France**. La zone étudiée est peu profonde (autour de 1 m) et l'herbier est **moyennement dense** et **monospécifique**. Le **substrat se compose de sable fin à grossier**.

- Description de l'herbier, fragmentation et comparaison interannuelle

L'herbier est **composé exclusivement de l'espèce *Thalassia testudinum* (TT)** (Figure 57). La fragmentation de l'herbier est assez faible avec quelques variations interannuelles. En 2016, un petit pourcentage de fragmentation/mitage a été observé au niveau du T1, alors qu'en 2017 l'herbier était continu. En 2021, le T1 montre un fort pourcentage de fragmentation avec 55% du transect fragmenté. Le début du T3 est positionné sur la caye, les variations du pourcentage de fragmentation dépendent donc des petites variations dans la position du début du transect.

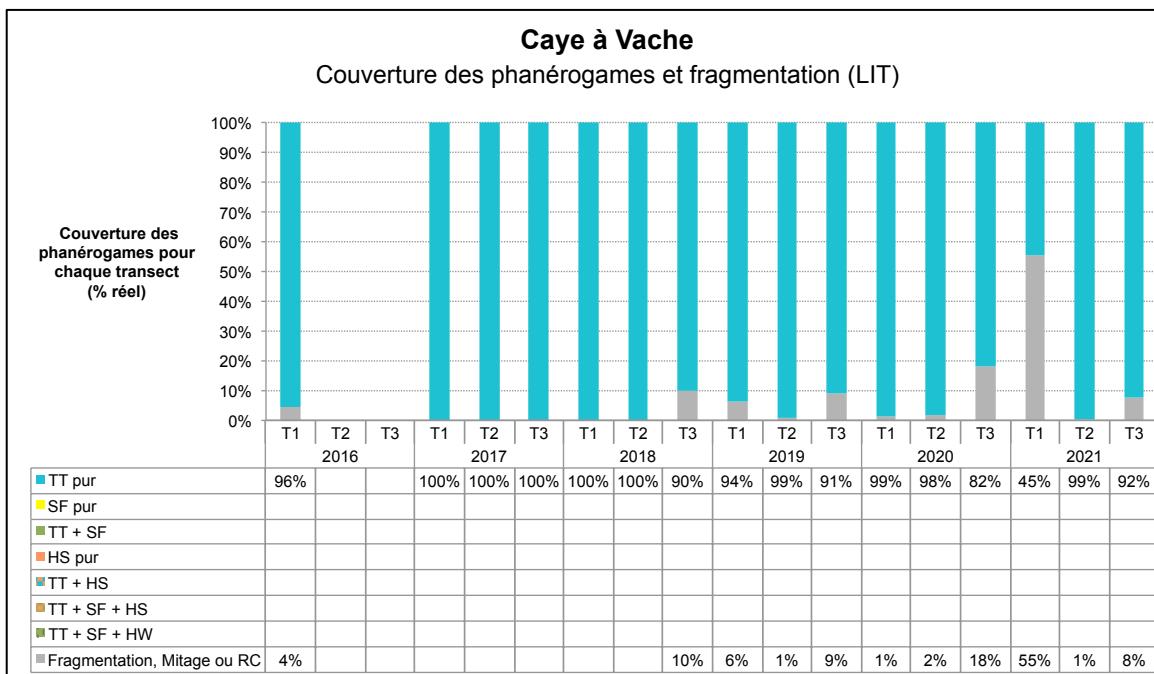


Figure 57 : Proportions des différentes catégories d'assemblages de phanérogames rencontrées sur les LIT de l'herbier Caye à Vache entre 2016 et 2021

- Composition de l'herbier et espèces associées

Les épibioses dominantes et secondaires sur les feuilles des phanérogames sont respectivement le film bio-sédimentaire et les algues rouges calcaires sauf pour 2021 où les hydriaires sont l'épibiose secondaire (Figure 64).

| Epibioses associées aux phanérogames | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|--|---------------|--|---------------|---------------|---------------|
| Epibioses | 2017 | | 2018 | | 2019 | 2020 | 2021 |
| Dominante | Film bio-séd. | | Film bio-séd. | | Film bio-séd. | Film bio-séd. | Film bio-séd. |
| Secondaire | Algues calc. | | Algues calc. | | Algues calc. | Algues calc. | Hydriaires |

Figure 58 : Groupes dominants et secondaires d'épibioses présents sur la surface des feuilles de phanérogames

En 2021, la couverture moyenne en phanérogames dans les quadrats de l'herbier est similaire aux années précédentes, sauf pour 2020 où la couverture avait montré une augmentation. En 2021, elle se situe au niveau de la classe 3, soit entre 25 et 50 % d'herbier sur 0,5 m². Il s'agit donc d'un herbier peu dense, avec l'espèce *T. testudinum* dominante dans tous les quadrats. Aucune macroalgue n'avait été observée dans les quadrats entre 2017 et 2019. En 2020 et 2021, une couverture de moins de 5% par le genre *Dictyota* a été observée. Aucune cyanobactéries n'a été observée en 2020 et 2021 (Figure 59).

La densité moyenne en coraux en 2021 est de 0,3 colonies/m², valeur la plus faible pour la période 2016-2021. La densité moyenne en oursins en 2021 est de 1,0 individus/m² avec l'espèce *Lytechinus variegatus* qui domine. Cette densité est la plus faible observée pour la période 2016-2021 et représente une baisse d'un facteur dix par rapport à celle mesurée en 2018 (14,3 individus/m²), cette dernière étant la densité la plus forte mesurée depuis

2016. Cette importante variation de la densité est remarquable mais aucun changement majeur n'a été observé au niveau de l'herbier qui permettrait de l'expliquer.

L'état de santé global est donné à 1, correspondant à un herbier pur à *Thalassia testudinum*. Malgré sa position en fond de baie de Fort-de-France, il n'apparaît pas hypersédimenté. Il semble être suffisamment éloigné de la Rivière Lézarde et de la Rivière Salée et "protégé" de l'apport sédimentaire par d'autres hauts fonds en amont ainsi que par l'hydrodynamisme au niveau de cette zone.

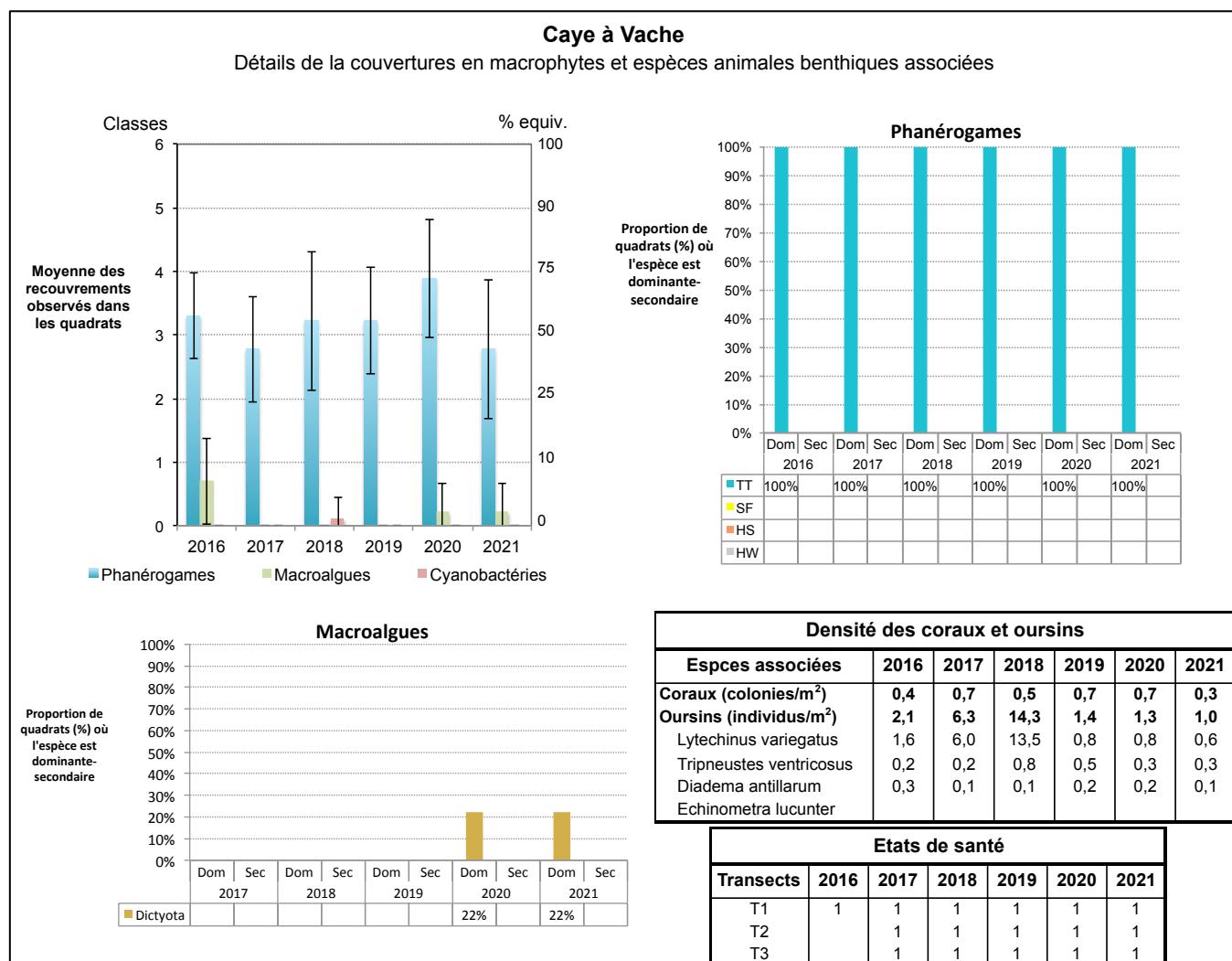


Figure 59 : Description de la biocénose de Caye à Vache : (1) couverture des quadrats en phanérogames, macroalgues et cyanobactéries, (2) identification des espèces de phanérogames dominantes et secondaires & (3) des macroalgues dominantes et secondaires au sein des quadrats, (4) densité de la macrofaune benthique associée et état de santé des transects.

FRJC010 : Baie du Marin (type 1)

- Description générale

La station **Baie du Marin** est un herbier qui se situe **entre le tombant récifal et la côte**. La zone étudiée est peu profonde (entre 0,5 et 1,2 m) et **l'herbier est continu et assez dense**. Le substrat se compose de sable fin.

- Description de l'herbier, fragmentation et comparaison interannuelle

L'herbier est **composé de deux espèces**, *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme* (Figure 60). Du récif vers la côte (T1 vers T3), la proportion en *S. filiforme* augmente mais cette espèce reste en mélange avec *T. testudinum*. Globalement, sur la période 2016-2021, le recouvrement des phanérogames sur le T1 est resté similaire. Une légère augmentation du recouvrement en *T. testudinum* pur est observée en 2017 et à l'inverse une légère diminution de ce même recouvrement en 2018. En 2017, le T3 était composé à 100% d'herbier mixte TT+SF. A partir de 2018 est apparue une portion de TT pur.

L'herbier n'a présenté aucune zone de fragmentation au sein des transects au cours de la période 2016-2021.

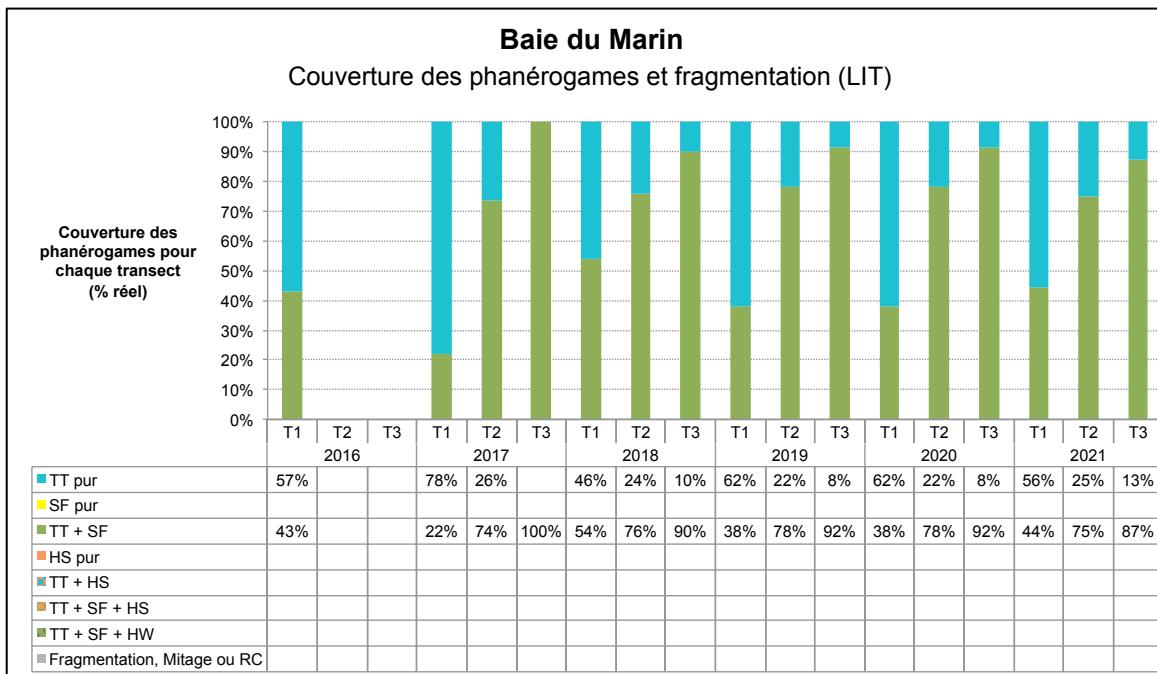


Figure 60 : Proportions des différentes catégories d'assemblage de phanérogames rencontrées sur les LIT de l'herbier Baie du Marin entre 2016 et 2021

- Composition de l'herbier et espèces associées

Les épibioses dominantes et secondaires sur les feuilles des phanérogames sont respectivement le film bio-sédimentaire et les algues rouges calcaires, sauf pour 2021 où les épibioses secondaires sont les hydriaires (Figure 61).

| Epibioses associées aux phanérogames | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Epibioses | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| Dominante | Film bio-séd. |
| Secondaire | Algues calc. | Algues calc. | Algues calc. | Algues calc. | Hydriaires |

Figure 61 : Groupes dominants et secondaires d'épibioses présents sur la surface des feuilles de phanérogames

En 2021, la couverture moyenne en phanérogames dans les quadrats de l'herbier est similaire à 2020 mais inférieure à celle de 2019, passant de la classe 5 (95 % d'herbier sur 0,5 m²) en 2019 à la classe 4 (entre 75 et 90% d'herbier sur 0,5 m²) en 2020 et 2021. L'herbier qui était en progression depuis 2016 jusqu'en 2019 a montré une diminution du recouvrement entre 2019 et 2021. Il s'agit cependant d'un herbier très dense, avec l'espèce *T. testudinum* dominante dans 100% des quadrats. En ce qui concerne les macroalgues en 2021, la couverture est faible et se situe au niveau de la classe 2, soit entre 10% et 25%. Les genres dominants retrouvés le plus souvent dans les quadrats en 2021 sont *Jania* et *Penicillllus*. L'algue dominante forme des boules d'algues rouges enchevêtrées et est en fait difficilement identifiable, d'où la dénomination *Amphiroa* en 2019 et 2020. Il s'agit probablement d'un cortège des deux espèces. Aucune cyanobactéries n'a été observée dans les quadrats

en 2021. Les cyanobactéries n'ont été observées qu'en 2017. Globalement, les macroalgues ont fortement diminué entre 2017 et 2018 pour retrouver une couverture intermédiaire entre 2019 et 2021 (Figure 62).

En 2021, la densité en coraux est de 1,6 colonies/m², ce qui correspond aux densités moyennes observées sur le site pendant la période 2016-2021.

La densité en oursins est de 0,2 individus/m² en 2021 et les deux espèces *Lytechinus variegatus* et *Tripneustes ventricosus* sont présentes. La densité en 2021 est faible par rapport aux 6 dernières années.

L'état de santé global est donné à 2 pour les T1 et T2, correspondant à un herbier mixte à *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme*. Le T3 présente des signes d'hypersédimentation et est noté à 3.

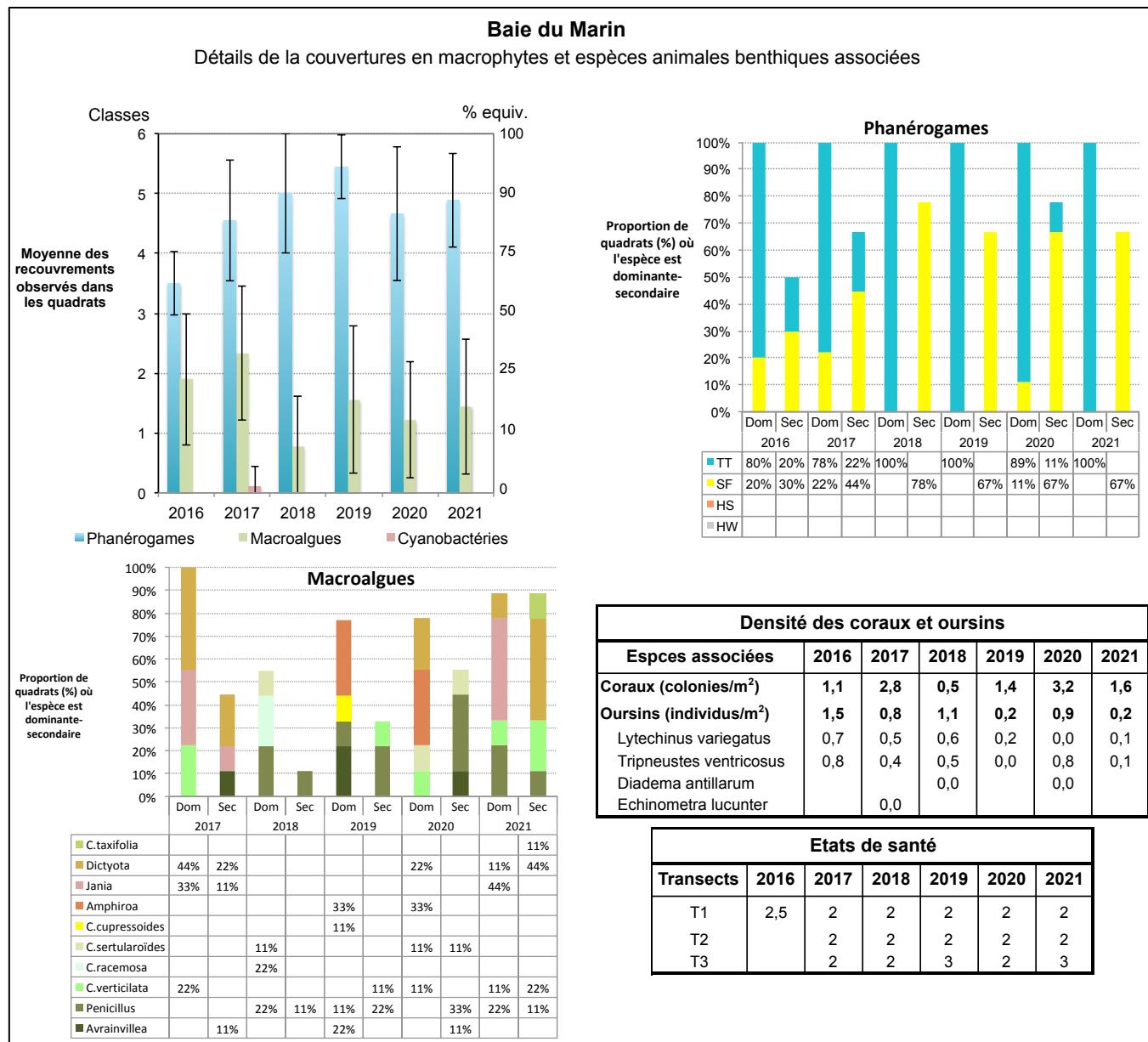


Figure 62 : Description de la biocénose de Baie du Marin : (1) couverture des quadrats en phanérogames, macroalgues et cyanobactéries, (2) identification des espèces de phanérogames dominantes et secondaires & (3) des macroalgues dominantes et secondaires au sein des quadrats, (4) densité de la macrofaune benthique associée et état de santé des transects.

FRJC007 : Ilet à Rats Herbier (type 1)

- Description générale

La station **Ilet à Rats** est un herbier qui se situe **entre deux îlets** de la baie du Robert, à **proximité de la barrière récifale**. La zone étudiée est très peu profonde (autour de 0,6 m) et difficilement accessible à marée basse. **L'herbier est dense** et se mélange avec le platier corallien adjacent. Sur une moitié du T3, le genre corallien *Porites* domine par rapport à l'herbier. Sur cette portion, la zone étudiée n'est donc plus à proprement parler un herbier. Le **substrat se compose de débris coralliens**.

- Description de l'herbier, fragmentation et comparaison interannuelle

L'herbier est **composé de deux espèces**, *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme* (Figure 63). Sur les trois transects, la couverture en phanérogames est mixte sur plus de 50% du linéaire observé et le reste est composé de *T. testudinum* pur. La couverture de l'herbier mixte et de l'herbier à *T. testudinum* est restée globalement stable pendant la période 2016-2021. En 2018, le T3 a montré une portion de 14% composée exclusivement de *S. filiforme*. Cette portion n'a pas été relevée depuis 2018. Aucune fragmentation ou mitage n'ont été remarqués au cours de ces 6 dernières années au niveau des transects étudiés.

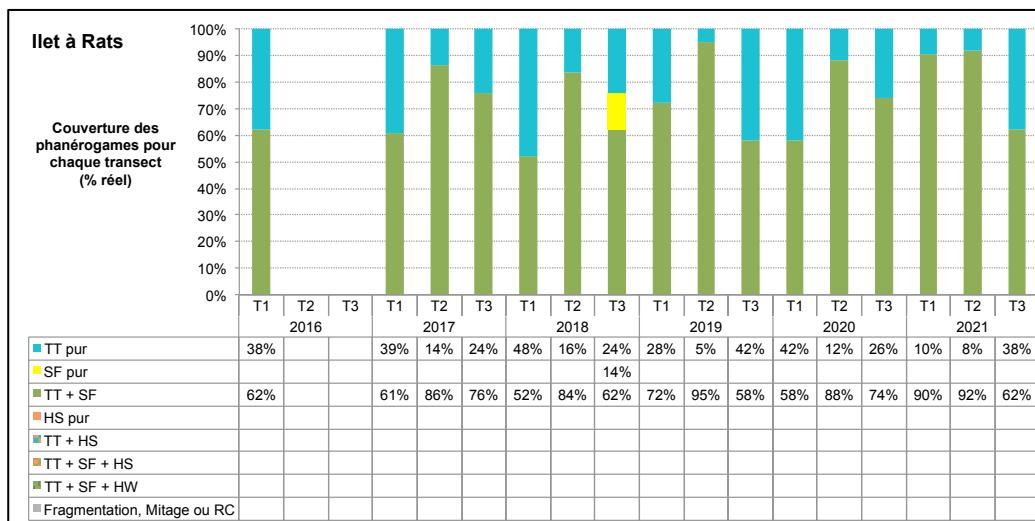


Figure 63 : Proportions des différentes catégories d'assemblage de phanérogames rencontrées sur les LIT de l'herbier Ilet à Rats entre 2016 et 2021

- Composition de l'herbier et espèces associées

Les épibioses dominantes et secondaires sur les feuilles des phanérogames sont respectivement les algues rouges calcaires, et le film bio-sédimentaire (Figure 64).

| Epibioses associées aux phanérogames | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Epibioses | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| Dominante | Algues calc. | Film bio-séd. | Algues calc. | Algues calc. | Algues calc. |
| Secondaire | Film bio-séd. | Algues calc. | Film bio-séd. | Film bio-séd. | Film bio-séd. |

Figure 64 : Groupes dominants et secondaires d'épibioses présents sur la surface des feuilles de phanérogames

En 2021, la couverture moyenne en phanérogames dans les quadrats de l'herbier est entre la classe 3 et la classe 4, soit environ 75 % de couverture d'herbier en moyenne sur 0,5 m². Il s'agit donc d'un herbier moyennement dense, avec l'espèce *T. testudinum* dominante dans tous les quadrats. La couverture en phanérogames qui augmentait progressivement depuis 2016 a montré une stagnation depuis 2019. En 2021, aucune macroalgue et aucune cyanobactéries n'a été observée (Figure 65).

La densité moyenne en coraux a été estimée à 110,9 colonies/m². C'est la densité des coraux branchus de type *Porites* qui a été estimée, sachant qu'il est difficile de distinguer les colonies entre elles. Cette estimation est une extrapolation d'un comptage réalisé sur 0,5 m² au début de chaque transect. Le but de ce comptage est simplement d'illustrer le caractère très corallien de cet herbier. Sans tenir compte des *Porites*, la densité corallienne serait de 0,7 colonies /m². Cette estimation est supérieur à celles réalisées entre 2017 et 2020.

La densité moyenne en oursins est de 5,5 individus/m², correspondant presque uniquement à l'espèce *Lytechinus variegatus*.

L'état de santé global est donné à 2, correspondant à un herbier mixte à *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme*.

Ilet à Rats Herbier

Détails de la couvertures en macrophytes et espèces animales benthiques associées

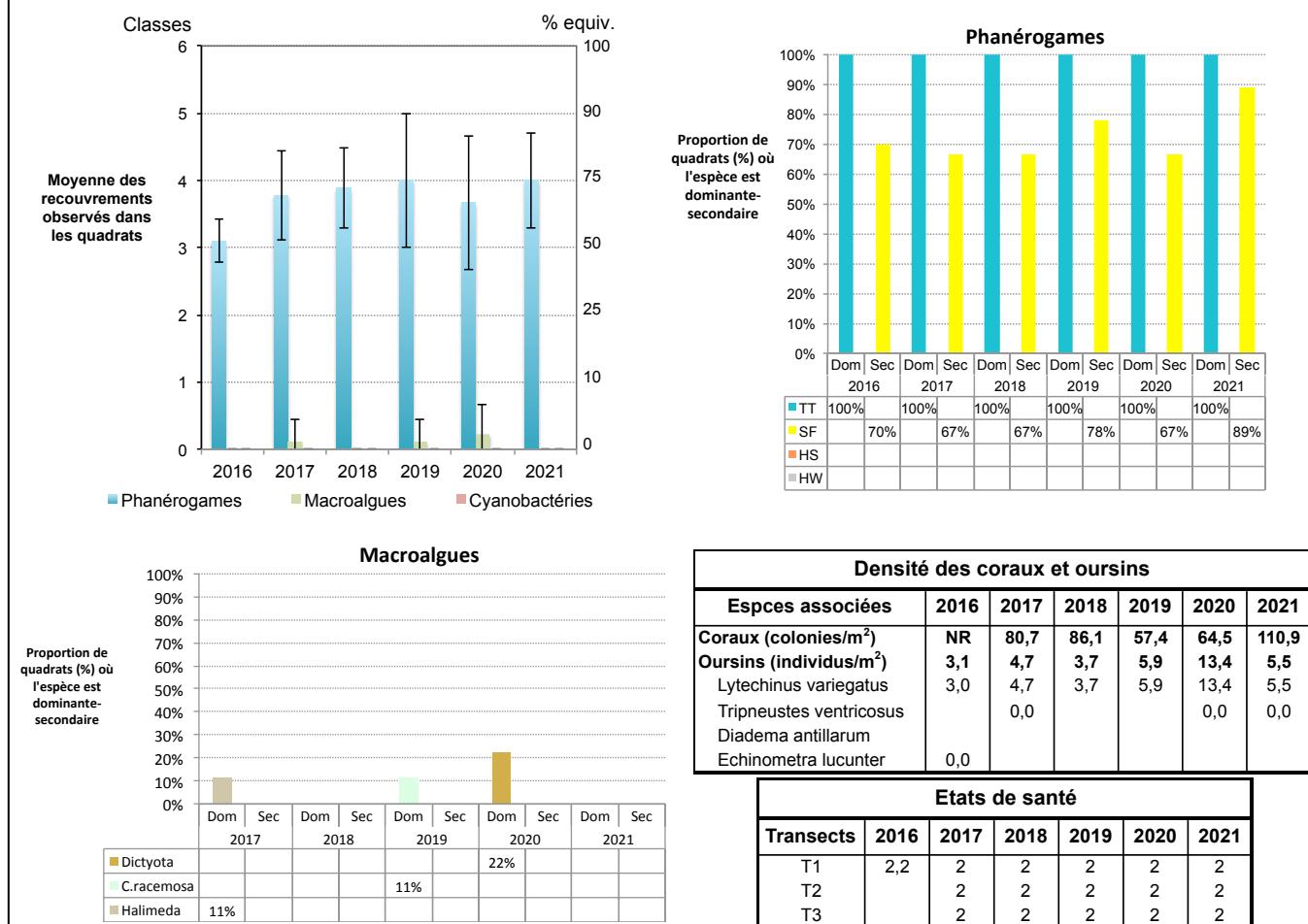


Figure 65 : Description de la biocénose de l'Ilet à Rats : (1) couverture des quadrats en phanérogames, macroalgues et cyanobactéries, (2) identification des espèces de phanérogames dominantes et secondaires & (3) des macroalgues dominantes et secondaires au sein des quadrats, (4) densité de la macrofaune benthique associée et état de santé des transects.

FRJC013 : Baie du Trésor Herbier (type 1)

- Description générale

La station **Baie du Trésor** est un herbier qui se situe entre le **tombant récifal et la côte**. La zone étudiée est peu profonde (entre 1 et 1,3 m) et l'herbier est **relativement dense et parsemé de petites patates corallliennes**. Le **substrat se compose de sable fin et de débris coralliens**. Cet herbier est le seul parmi ceux étudiés qui présente l'espèce *Halodula wrightii*. En 2018, l'herbier a été impacté par un échouement de sargasses peu avant le suivi annuel (eau verdâtre et malodorante, poissons morts). En 2019, 2020 et 2021, aucune perturbation n'a été constatée.

- Description de l'herbier, fragmentation et comparaison interannuelle

L'herbier est **composé des quatre espèces *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme*, *Halodula wrightii* et *Halophila stipulacea*** (Figure 66). Les trois transects sont caractérisés par des proportions de couverture en phanérogames marines différentes. Le T1 est composé principalement de deux types de couverture, les zones à *T. testudinum* pur et les zones à *T. testudinum* et *S. filiforme* en mélange. En 2021, le T2 est composé d'un mélange de 4 types de couvertures : *T. testudinum* pur, mélange de *T. testudinum* et *S. filiforme*, mélange de *T. testudinum* et *H. stipulacea* et mélange de *T. testudinum*, *S. filiforme* et *H. wrightii*. En 2021, le T3 est composé d'un mélange de *T. testudinum* et *S. filiforme* et d'un mélange de *T. testudinum*, *S. filiforme* et *H. wrightii*. Après 2018, la couverture *T. testudinum* pur a diminuée sur le site. Cette tendance peut être liée à l'impact des dépôts de sargasses. Sur le T1, la couverture en TT pur est en augmentation entre 2016 et 2018 puis en forte diminution depuis 2018. L'espèce *H. wrightii*, observée pour la première fois en 2017 montre une couverture importante sur le site. Les transects montrent une fragmentation variable pendant la période 2016-2021, passant de 0% à 8% suivant les transects et suivant les années.

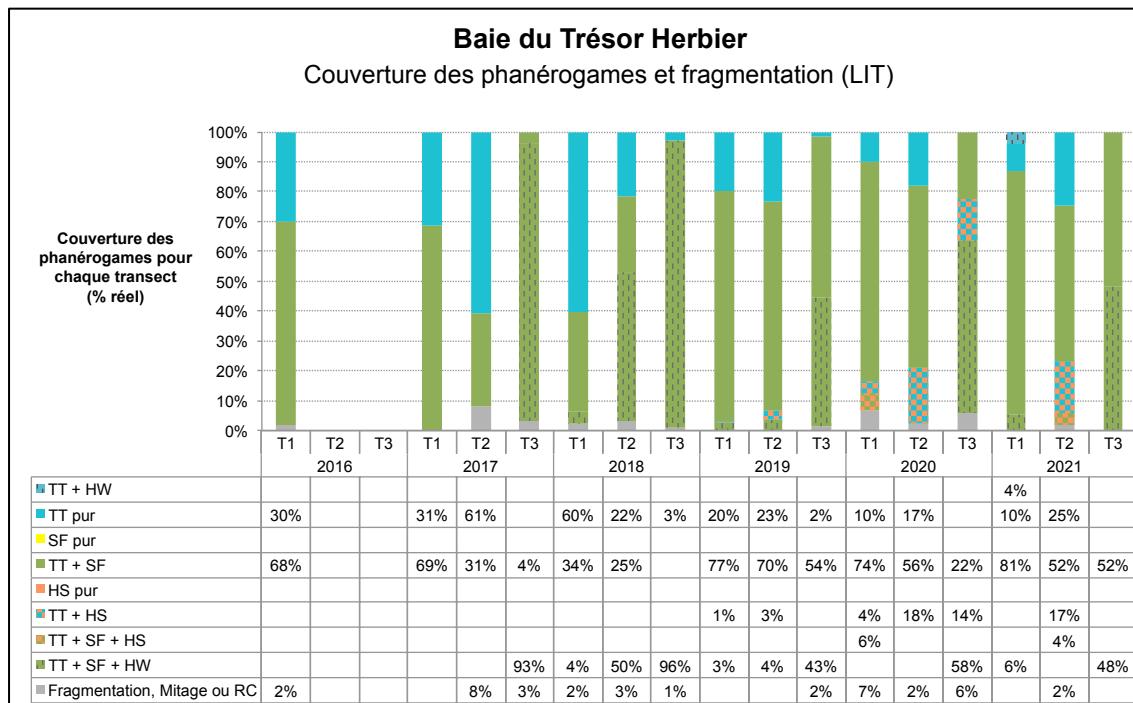


Figure 66 : Proportions des différentes catégories d'assemblage de phanérogames rencontrées sur les LIT de l'herbier Baie du Trésor entre 2016 et 2021

- Composition de l'herbier et espèces associées

Les épibioses dominantes et secondaires sur les feuilles des phanérogames sont respectivement le film bio-sédimentaire et les algues calcaires (Figure 67). Aucune floraison de *T. testudinum* n'a été observée en 2021, contrairement à 2018.

| Epibioses associées aux phanérogames | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Epibioses | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| Dominante | Film bio-séd. | Film bio-séd. | Algues calc. | Film bio-séd. | Film bio-séd. |
| Secondaire | Algues calc. | Macroalgues | Film bio-séd. | Algues calc. | Algues calc. |

Figure 67 : Groupes dominants et secondaires d'épibioses présents sur la surface des feuilles de phanérogames

En 2021, la couverture moyenne en phanérogames dans les quadrats de l'herbier se situe au niveau de la classe 4, soit entre 50 et 75% d'herbier sur 0,5 m². Il s'agit donc d'un herbier moyennement dense, avec l'espèce *T. testudinum* qui domine dans 67% des quadrats et les espèces *S. filiforme* et *H. stipulacea* dominent dans 22% et 11% des quadrats respectivement.

En ce qui concerne les macroalgues, la couverture se situe dans la classe 2, soit entre 10 et 25%. Les genres dominants sont *Dictyota* et *Jania*, présent dans 67% et 11% des quadrats respectivement. Aucune cyanobactéries n'a été observée en 2021 (Figure 68).

La densité moyenne en coraux, en progression constante depuis 2016 est de 3,1 colonies/m² en 2021.

La densité moyenne en oursins est de 0,07 individus/m², et seule l'espèce *T. ventricosus* est présente. Une diminution progressive de la densité d'oursins a été observée depuis 2016.

L'état de santé global est de 3 correspondant à un herbier mixte avec des signes de dégradation. L'herbier a subi quelques modifications entre 2018 et 2019, avec une baisse de la couverture en *T. testudinum* et une augmentation de la couverture en algues. Difficile cependant de dire si ces changements sont une conséquence des échouements de sargasses qui se sont produits en 2018.

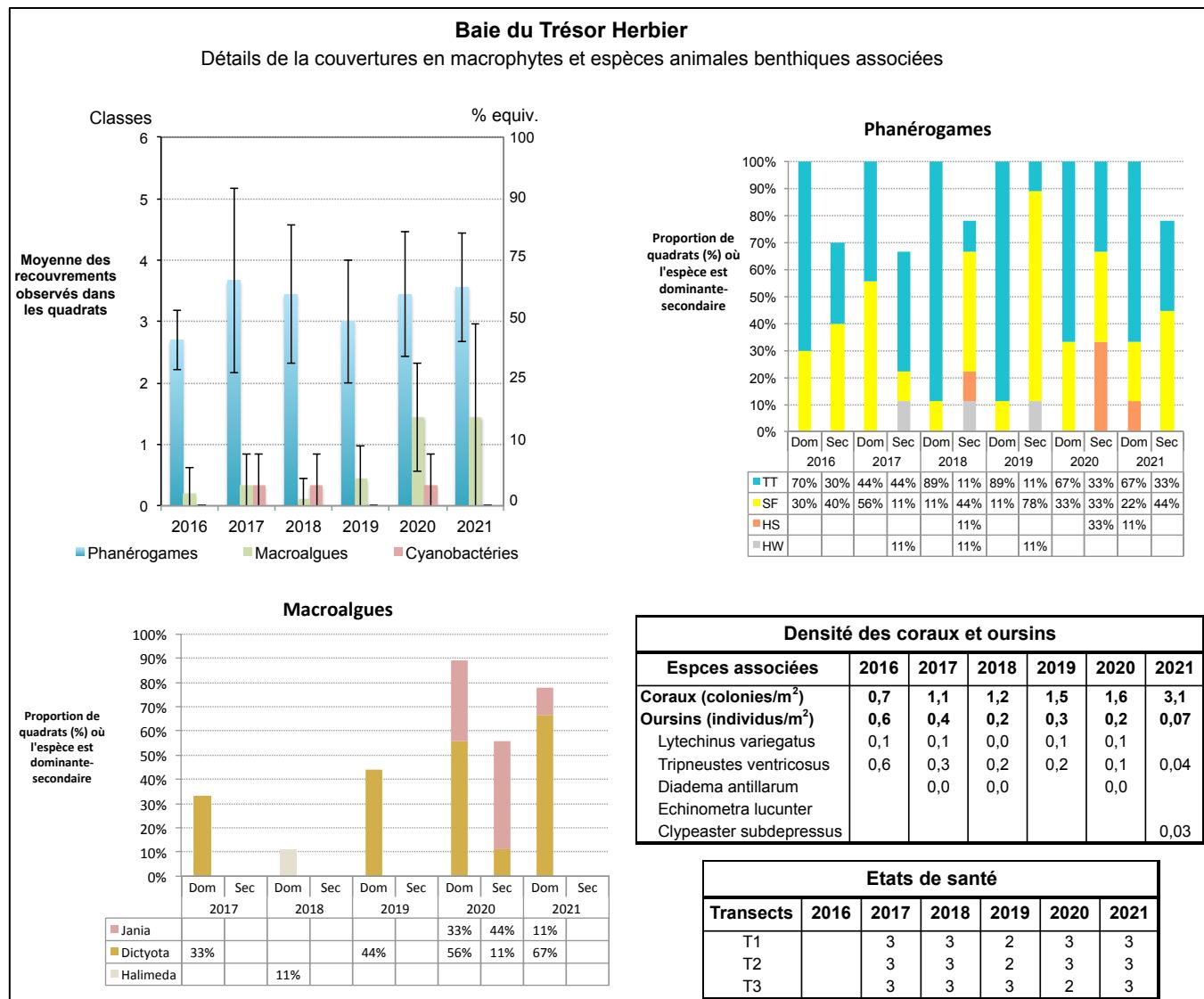


Figure 68 : Description de la biocénose de Baie du Trésor : (1) couverture des quadrats en phanérogames, macroalgues et cyanobactéries, (2) identification des espèces de phanérogames dominantes et secondaires & (3) des macroalgues dominantes et secondaires au sein des quadrats, (4) densité de la macrofaune benthique associée et état de santé des transects.

FRJC003 : Grande Anse Herbier (type 5)

- Description générale

La station **Grande Anse** est un herbier qui se situe sur une **large zone de fond sableux**. La zone étudiée est assez profonde (**entre 4,8 et 5,5 m**) et l'herbier est **envahi par *H. stipulacea***. Le substrat **se compose de sable fin**.

- Description de l'herbier, fragmentation et comparaison interannuelle

L'herbier est composé d'un mélange des **trois espèces *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* et *Halophila stipulacea*** (Figure 69). Le mélange des trois espèces est présent sur les trois transects suivis en 2021. Sur les trois transect, il n'y a presque plus de zone exempte d'*H. stipulacea*. Une petite proportion de mélange de *T. testudinum* et *S. filiforme* subsiste sur le T1 et il n'y a plus aucune section avec du *T. testudinum* pur contrairement à 2020. Cette forte progression de *H. stipulacea* n'est pas un signe de bonne santé. L'herbier est peu fragmenté au cours de la période 2016-2021. Aucune fragmentation n'est observée en 2021.

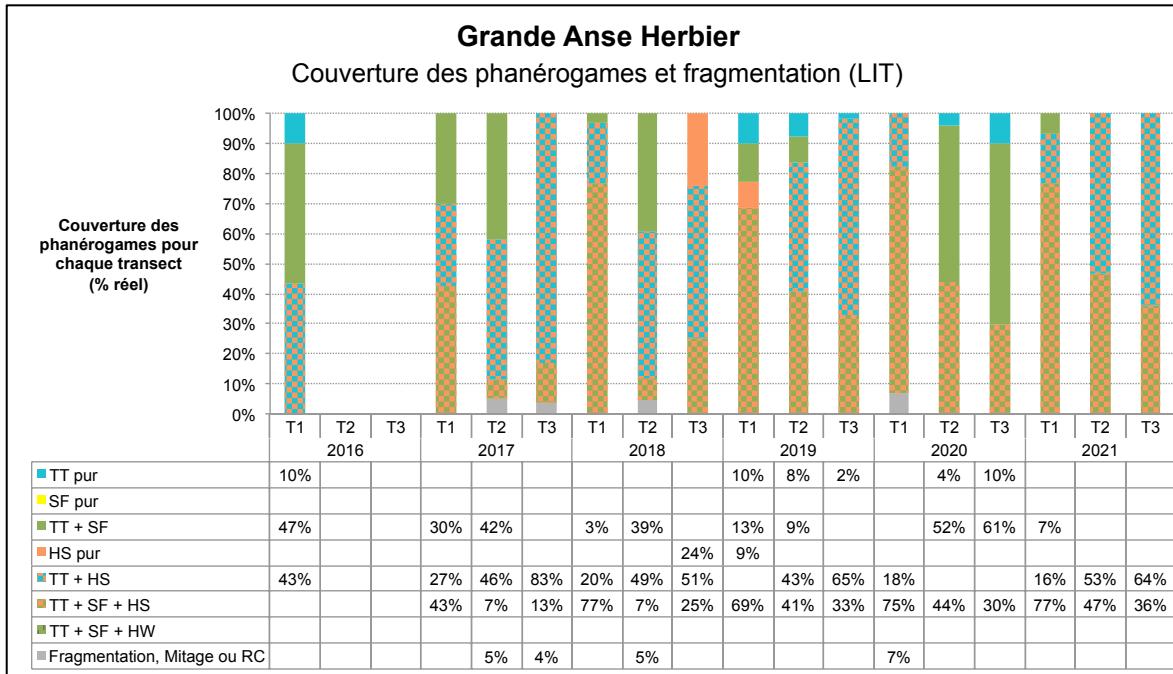


Figure 69 : Proportions des différentes catégories d'assemblage de phanérogames rencontrées sur les LIT de l'herbier Grande Anse entre 2016 et 2021

- Composition de l'herbier et espèces associées

Les épibioses dominantes et secondaires sur les feuilles des phanérogames sont respectivement le film bio-sédimentaire et les algues rouges calcaires (Figure 70).

| Epibioses associées aux phanérogames | | | | | |
|--------------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Epibioses | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| Dominante | Algues calc. | Film bio-séd. | Algues calc. | Film bio-séd. | Film bio-séd. |
| Secondaire | Hydriaires | Algues calc. | Algues filam. | Algues calc. | Algues calc. |

Figure 70 : Groupes dominants et secondaires d'épibioses présents sur la surface des feuilles de phanérogames

En 2021, la couverture moyenne en phanérogames dans les quadrats de l'herbier se situe entre les classes 2 et 3, soit entre 25 et 50% d'herbier sur 0,5 m². Il s'agit donc d'un herbier peu dense, avec parmi les phanerogamme la dominance de *T. testudinum* dans 56% des quadrats. Il s'agit d'une forte baisse de couverture par rapport à 2020, par contre bien qu'il n'y ait plus de zone de *T. testudinum* pur (cf. résultat LIT), l'espèce est dominante dans plus de quadrats par rapport à 2020. Ce qui signifie que la matte d'*H. stipulacea* s'est dispersée mais est moins dense.

En ce qui concerne les macroalgues, la couverture se situe au niveau de la classe 1 et 2 soit entre 10% et 25% de macroalgues sur 0,5 m². Les genres dominants sont *Jania*, *Penicilllus* et *Dictyota*. De plus, **les macroalgues épiphytes**, se caractérisant sur cet herbier par une matte composée d'algues calcaires rouges fines difficilement identifiables à l'œil nu accrochée à la base des phanérogames, **présentaient une couverture de plus de 75% dans quasiment tous les quadrats**. Tout comme en 2017, 2018 et 2020, des cyanobactéries ont été observées avec un recouvrement entre 0 et 10% en 2021 (Figure 72), contrairement à 2019 où le recouvrement était de 75%.

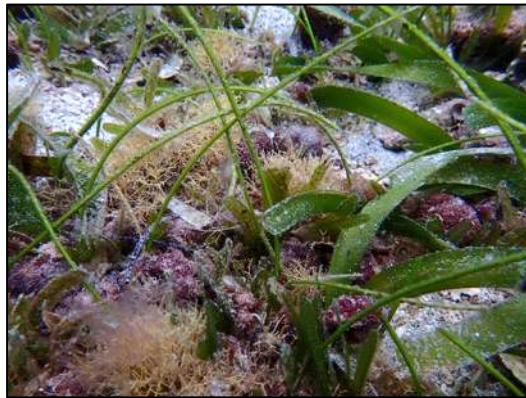


Figure 71 : Photographie de la matte de macroalgues rouges épihytes

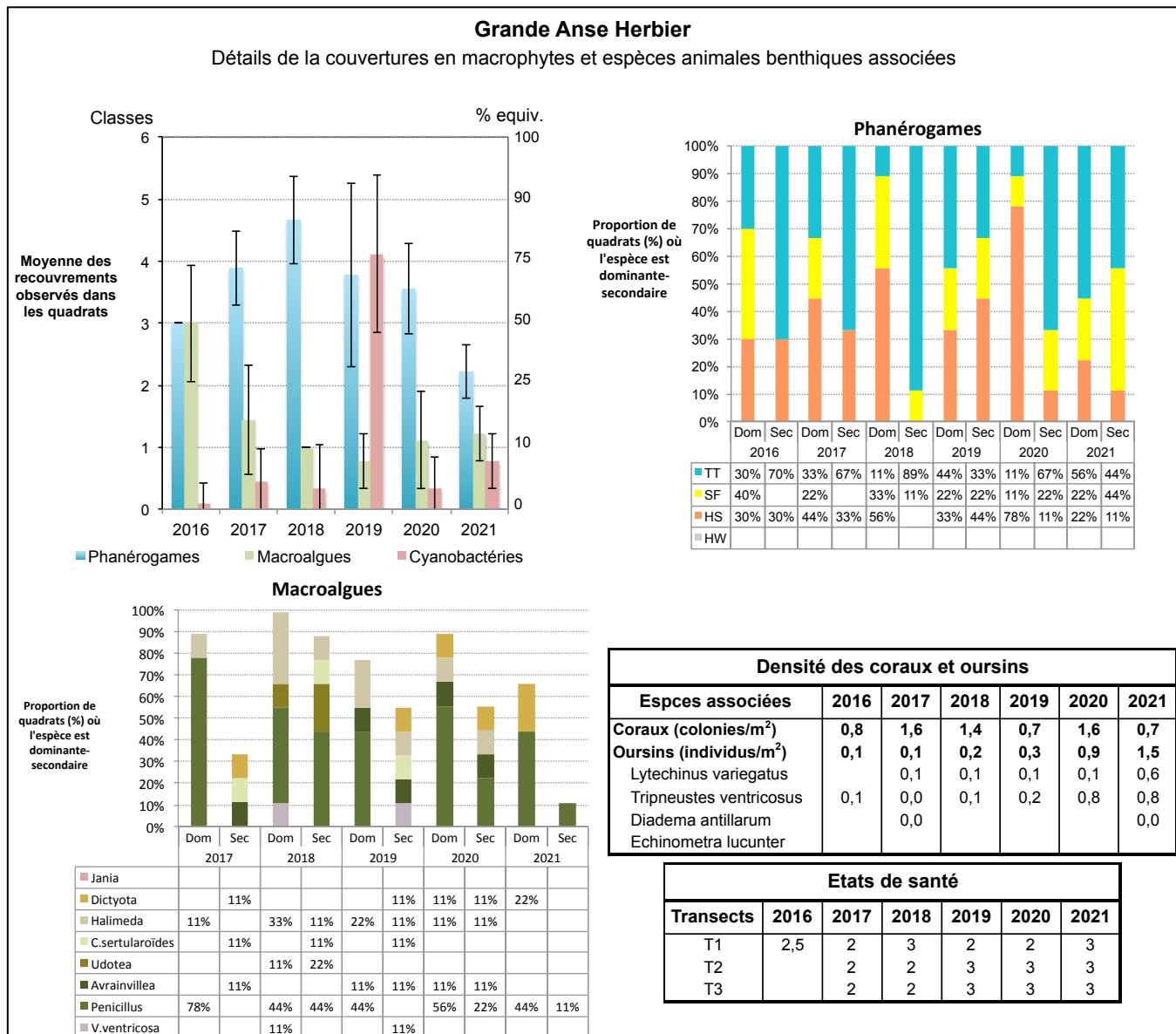


Figure 72 : Description de la biocénose de Grande Anse : (1) couverture des quadrats en phanérogames, macroalgues et cyanobactéries, (2) identification des espèces de phanérogames dominantes et secondaires & (3) des macroalgues dominantes et secondaires au sein des quadrats, (4) densité de la macrofaune benthique associée et état de santé des transects.

La couverture en phanérogames a augmenté entre 2016 et 2018 puis a diminué jusqu'en 2021 tandis que la couverture en macroalgues a été divisée par trois par rapport à 2016. Si on suppose que la matte d'algues rouges a été prise en compte dans la couverture macroalgale des quadrats en 2016, la baisse est moins importante mais néanmoins observée. La couverture en cyanophycées de 2019 représente une augmentation d'un facteur 15 par rapport à 2018, mais celle-ci est revenue à un niveau bas en 2020 et 2021 (moins de 10%).

La densité moyenne en coraux est de 0,7 colonies/m², ce qui est la densité minimale pour la période 2016-2021. La densité moyenne en oursins, en augmentation significative, est de 1,5 individus/m², portée principalement par *Tripneustes ventricosus* suivi de l'espèce *Lytechinus variegatus*.

L'état de santé global est donné à 3, correspondant à un herbier mixte à *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme* avec présence de l'espèce envahissante *Halophila stipulacea* sur la quasi totalité des transects, et un envahissement par les macroalgues épiphytes (agglomérat d'algues calcaires rouges).

FRJC017 : Corps de Garde Herbier, Pointe Borgnesse Herbier (type 6)

- Corps de Garde Herbier

- Description générale

La station **Corps de Garde** est un herbier qui se situe sur une **zone sableuse en bord de plage**. La zone étudiée est **peu profonde** (entre **2 et 2,7 m**) et l'herbier est assez **dense et long**. Le substrat **se compose de sable fin**.

- Description de l'herbier, fragmentation et comparaison interannuelle

L'herbier est composé des **deux espèces**, *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme*, **en mélange** sur les trois transects (Figure 73). Entre 2016 et 2020, l'herbier est stable, avec un mélange des deux espèces sur la totalité du linéaire étudié. En 2021, une petite portion (<5 %) de *T. testudinum* est observée sur les T2 et T3. L'herbier ne présente pas de fragmentation le long des transects.

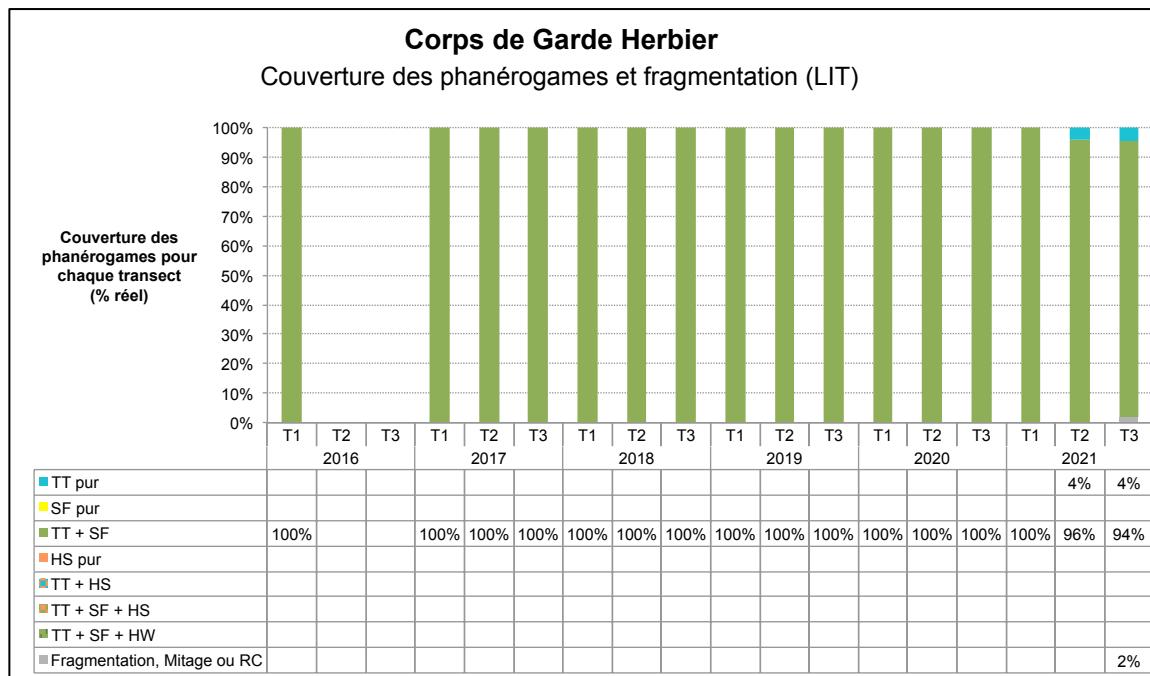


Figure 73 : Proportions des différentes catégories d'assemblage de phanérogames rencontrées sur les LIT de l'herbier Corps de Garde entre 2016 et 2021

- Composition de l'herbier et espèces associées

Les épibioses dominantes et secondaires sur les feuilles des phanérogames sont respectivement les algues rouges calcaires et le film bio-sédimentaire (Figure 74).

| Epibioses associées aux phanérogames | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| Epibioses | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| Dominante | Film bio-séd. | Algues calc. | Algues calc. | Algues calc. | Algues calc. |
| Secondaire | Algues calc. | Film bio-séd. | Hydriaires | Film bio-séd. | Algues filam. |

Figure 74 : Groupes dominants et secondaires d'épibioses présents sur la surface des feuilles de phanérogames

En 2021, la couverture moyenne en phanérogames dans les quadrats de l'herbier se situe entre les classes 4 et 5, soit entre 75% et 90% d'herbier sur 0,5 m². Il s'agit donc d'un herbier dense, avec l'espèce *T. testudinum* dominante dans tous les quadrats.

En ce qui concerne les macroalgues, la couverture correspond à la classe 1, soit inférieur à 10%. Il n'y a que deux types d'algues présents : le genre dominant est *Penicillus* suivi du genre *Avrainvillea*. Il n'y a pas eu de cyanobactéries observées dans les quadrats (Figure 75).

La couverture en phanérogames est oscillante entre 2016 et 2021 en restant sur des valeurs élevées, tandis que celle des macroalgues a diminué légèrement entre 2016 et 2017 puis est restée constante jusqu'en 2021.

Concernant les coraux, aucune colonie n'a été observée en 2021.

La densité moyenne en oursins est de 0,1 individus/m² et est représentée par l'espèce *T. ventricosus*. La densité des oursins est peu variable selon les années.

L'état de santé global est donné à 2, correspondant à un herbier mixte à *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme*.

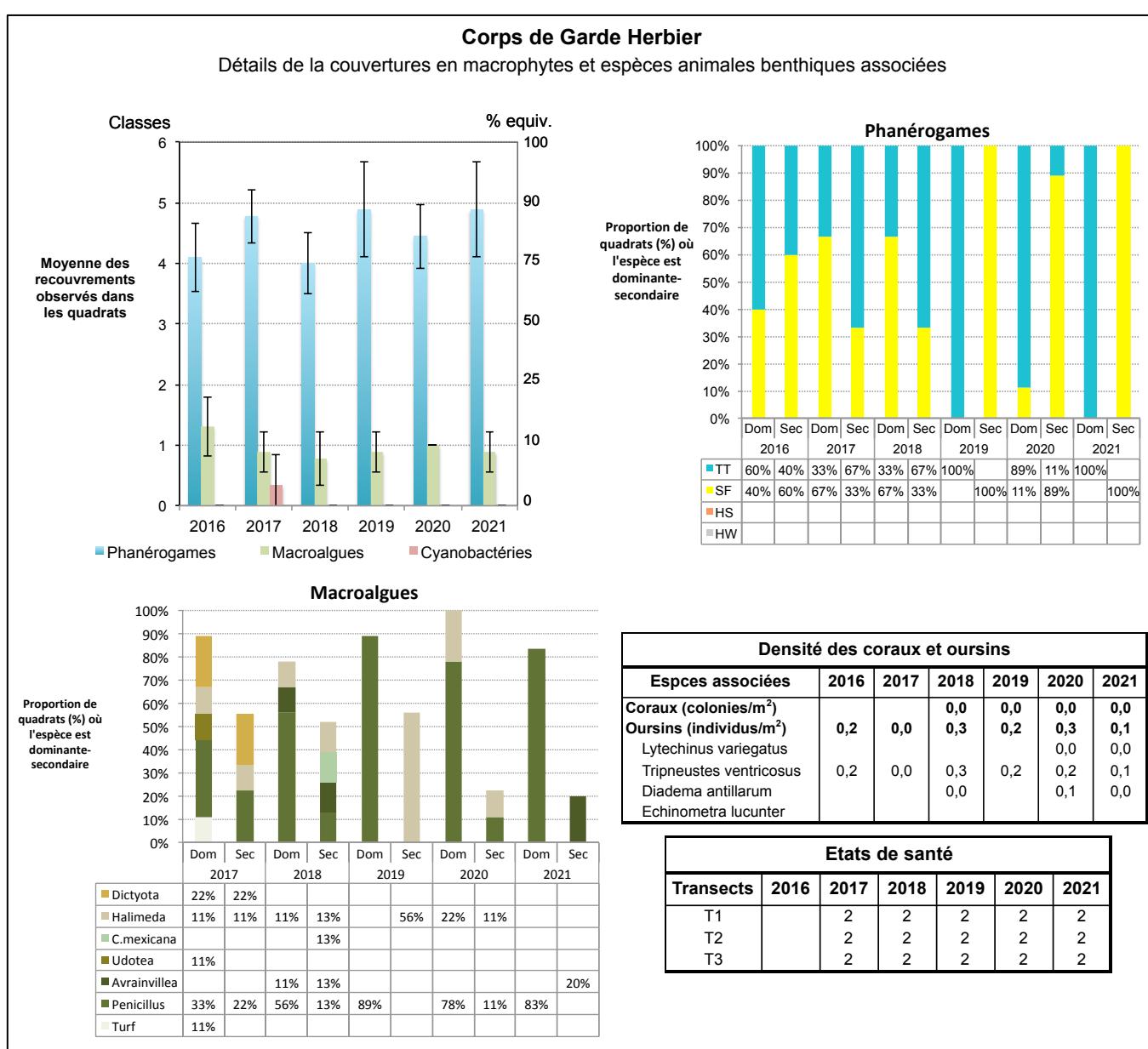


Figure 75 : Description de la biocénose de Corps de Garde : (1) couverture des quadrats en phanérogames, macroalgues et cyanobactéries, (2) identification des espèces de phanérogames dominantes et secondaires & (3) des macroalgues dominantes et secondaires au sein des quadrats, (4) densité de la macrofaune benthique associée et état de santé des transects.

- **Pointe Borgnesse Herbier**

- Description générale

La station **Pointe Borgnesse** est un herbier qui se situe **au large de la plage**. La zone étudiée est moyennement profonde (entre **2,1 et 3,7 m**) et l'herbier est **moyennement dense et se caractérise par une forte bioturbation (monts et entonnoirs)**. Le substrat se **compose de sable fin**.

- Description de l'herbier, fragmentation et comparaison interannuelle

L'herbier se compose des trois espèces ***Thalassia testudinum*** et ***Halophila stipulacea*** (Figure 76). La majorité de l'herbier est composé d'un **mélange de *T. testudinum* et *H. stipulacea***. L'année 2016 est marquée par une proportion importante de la couverture en *T. testudinum* pur (45%). Cette couverture a diminué en 2017 (8%) pour disparaître à partir de 2018 sur le T1. En 2021, une petite partie du T1 présente encore du *T. testudinum* pur. L'herbier montre une fragmentation importante en 2020 avec respectivement des couvertures de 29%, 3% et 6% pour les transects T1, T2 et T3. En 2021, seul le T1 montre un peu de fragmentation avec 12% du linéaire.

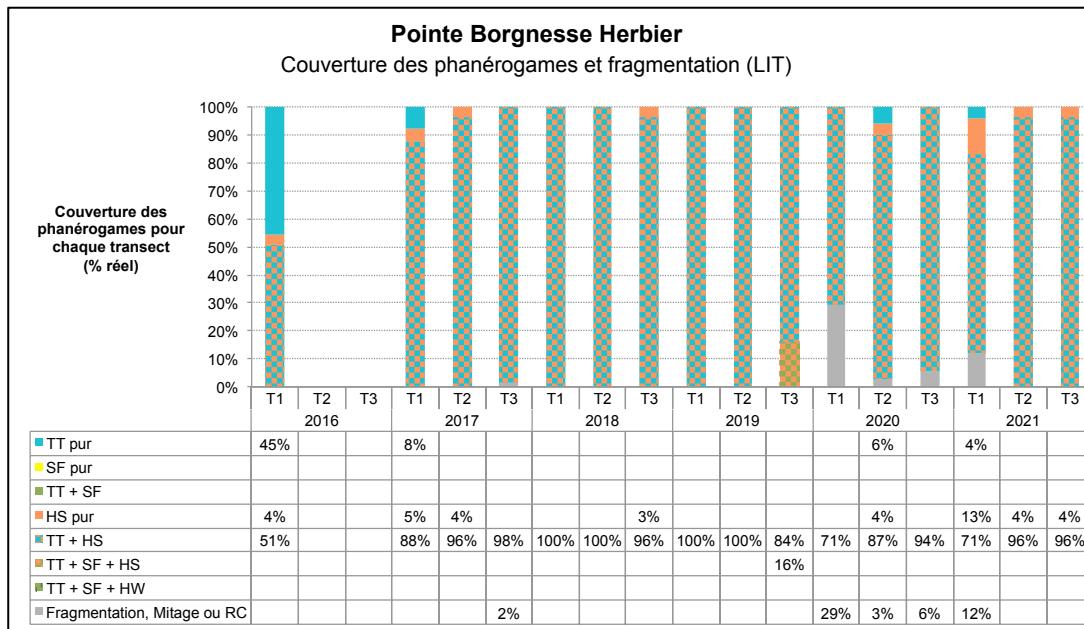


Figure 76 : Proportions des différentes catégories d'assemblage de phanérogames rencontrées sur les LIT de l'herbier Pointe Borgnesse entre 2016 et 2021

- Composition de l'herbier et espèces associées

Les épibioses dominantes et secondaires sur les feuilles des phanérogames sont respectivement le film bio-sédimentaire et les algues rouges calcaires (Figure 77). En 2021, seul le film bio-sédimentaire a été observé à la surface des feuilles de phanerogamme.

| Epibioses associées aux phanérogames | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Epibioses | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| Dominante | Film bio-séd. |
| Secondaire | Algues calc. |

Figure 77 : Groupes dominants et secondaires d'épibioses présents sur la surface des feuilles de phanérogames

En 2021, la couverture moyenne en phanérogames dans les quadrats de l'herbier se situe entre les classes 4 et 5, soit entre 75 et 90% d'herbier sur 0,5 m². Il s'agit donc d'un herbier dense, avec l'espèce dominante *H. stipulacea* dans près de 90% des quadrats. En ce qui concerne les macroalgues, aucune espèce n'a été observée. En 2021, les cyanobactéries ne sont pas présentes dans les quadrats alors que leur couverture était proche de 25% en 2020 (Figure 78). Quelques taches ont été observées sur le sable et l'herbier dans les trois belts.

La couverture en phanérogames a augmenté entre 2016 et 2017, et est en diminution progressive depuis 2017 et jusqu'à 2020. En 2021, la couverture en phanérogamme a montré une hausse pour revenir au niveau de 2017.

Aucune colonie corallienne n'a jamais été observée sur la zone suivie.,

La densité moyenne en oursins est de 0,9 individus/m² et uniquement l'espèce *Tripneustes ventricosus* est présente.

L'état de santé est donné à 2, correspondant à un herbier mixte, théoriquement à *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme*. Pour Pointe Borgnesse il s'agit d'un herbier mixte à *T. testudinum* et *Halophila stipulacea*.

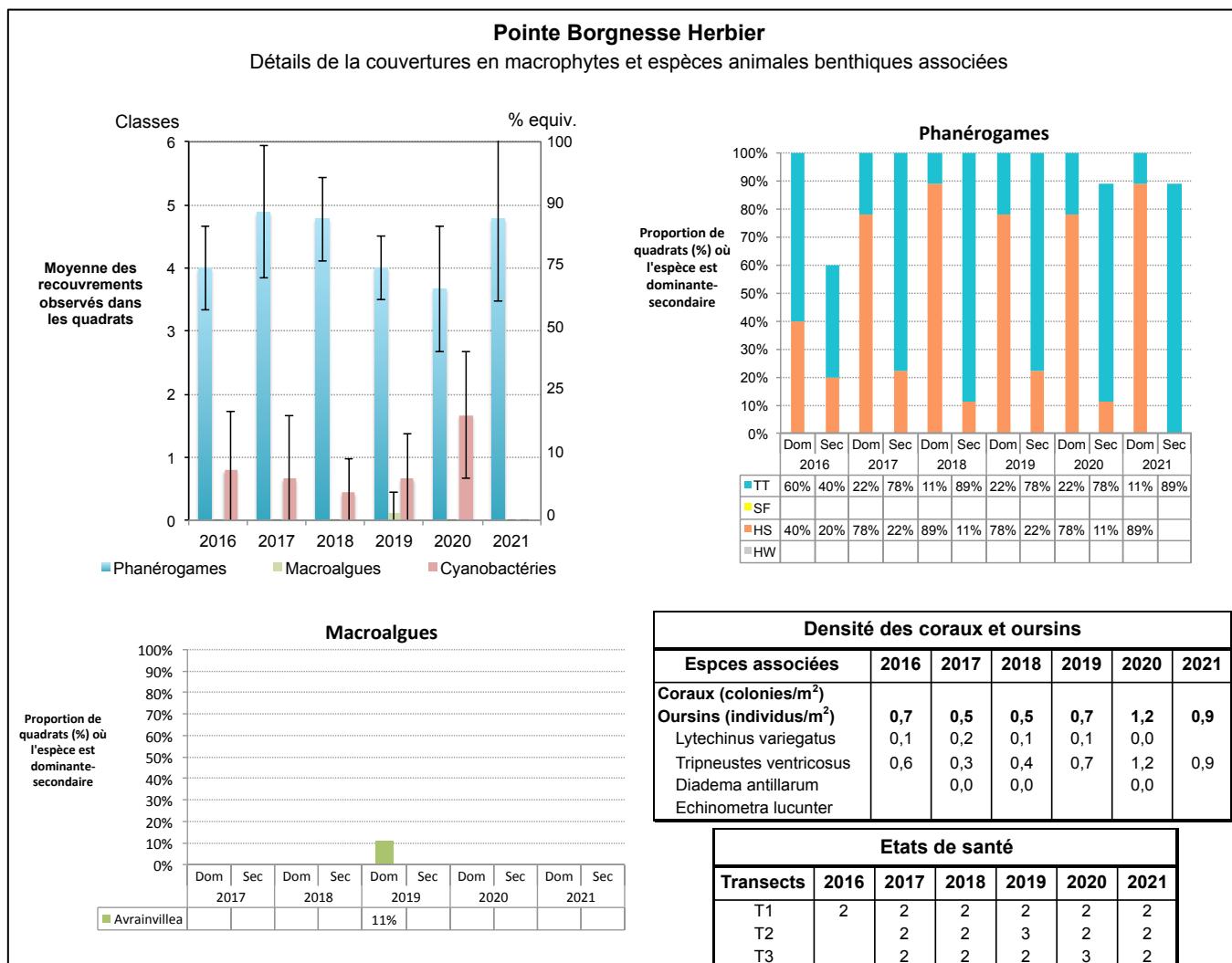


Figure 78 : Description de la biocénose de Pointe Borgnesse: (1) couverture des quadrats en phanérogames, macroalgues et cyanobactéries, (2) identification des espèces de phanérogames dominantes et secondaires & (3) des macroalgues dominantes et secondaires au sein des quadrats, (4) densité de la macrofaune benthique associée et état de santé des transects.

FRJC006 : Caye Pariadis Herbier (type 2)

- Description générale

La station **Caye Pariadis** est un herbier qui se situe à l'arrière d'une caye en direction du tombant. La zone étudiée est **profonde** (entre **6,5 et 9,8 m**). L'herbier est caractérisé par la présence régulière (mais non systématique) **d'algues vertes filamentueuses** (*Chaetomorphe* et *Bryopsis*) et des macroalgues rouges en épiphytes dont les densités sont variables selon les années. Ces algues sont difficiles à catégoriser entre épiphytes et dérivantes. L'herbier présente des zones d'érosion dans lesquelles s'accumulent les algues dérivantes. Le substrat se compose de **sable fin**.

- Description de l'herbier, fragmentation et comparaison interannuelle

L'herbier se compose essentiellement des deux espèces, *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* (Figure 79). Sur quelques zones en 2020 et 2021, l'espèce *Halophila stipulacea* ou l'espèce *Halophila decipiens* vient s'ajouter à l'assemblage courant. Entre 2018 et 2021, quelques zones de petite importance de *S. filiforme* pur sont présentes sur les transects. L'espèce *T. testudinum* étant relativement clairsemée sur la station, certaines zones on pu parfois être distinguée en zone de *S. filiforme* pur. *H. decipiens*, espèce absente des autres stations DCE, a été observée sur le T3 en 2018, puis sur les trois transects en 2019 et enfin sur deux transects en 2020. L'herbier montre une fragmentation légère en 2021 avec respectivement 8% et 5% pour les T2 et T3.

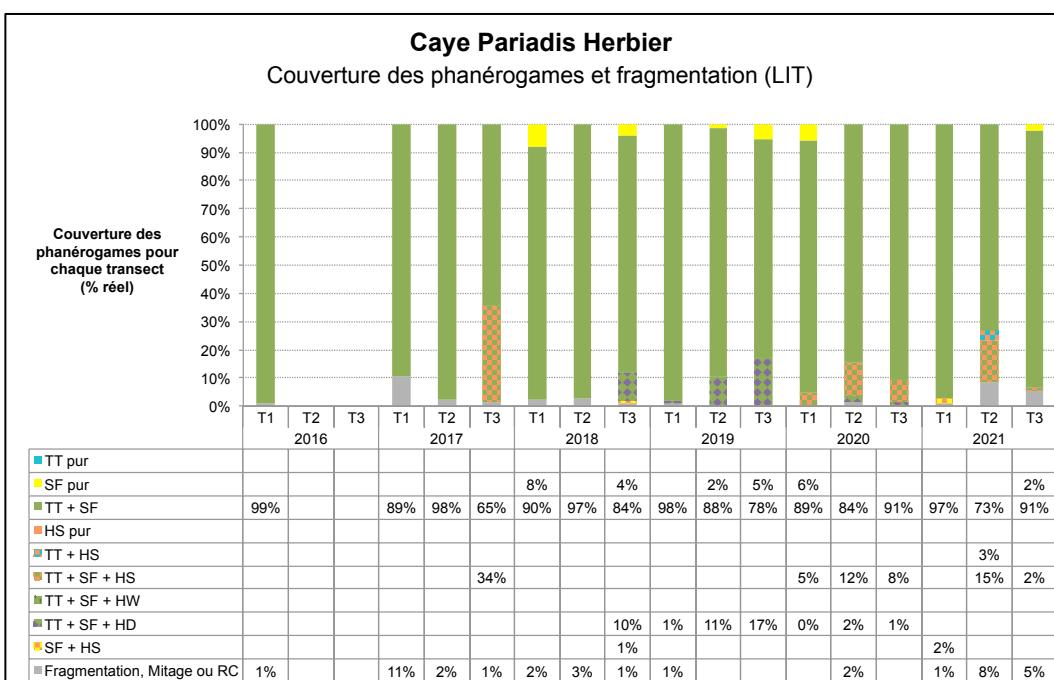


Figure 79 : Proportions des différentes catégories d'assemblage de phanérogames rencontrées sur les LIT de l'herbier Caye Pariadis entre 2016 et 2021

- Composition de l'herbier et espèces associées

Les épibioses dominantes sur les feuilles des phanérogames sont les macroalgues (épiphytes) en 2017 et 2018 et les algues calcaires en 2019, 2020 et 2021 (Figure 80).

| Epibioses associées aux phanérogames | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|------|------|
| Epibioses | 2017 | | 2018 | | 2019 | 2020 | 2021 |
| Dominante | Macroalgues | Macroalgues | Algues calc. | Algues calc. | Algues calc. | | |
| Secondaire | Algues filam. | Algues calc. | Algues filam. | | | | |

Figure 80 : Groupes dominants et secondaires d'épibioses présents sur la surface des feuilles de phanérogames

En 2021, la couverture moyenne en phanérogames dans les quadrats de l'herbier se situe au niveau de la classe 4, soit entre 50% à 75% d'herbier sur 0,5 m². Il s'agit donc d'un herbier moyennement dense, avec l'espèce *S. filiforme* dominante dans la totalité des quadrats.

En 2021, la couverture en macroalgues qui se situe dans la classe 1 soit inférieure à 10% et est représentée par les deux genres *Halimeda* et *Penicillus* présents. Des cyanobactéries ont été observées dans plusieurs quadrats avec un recouvrement inférieur à 4%. (Figure 82).

La couverture en phanérogames est assez stable entre 2016 et 2020. L'année 2021 montre une diminution importante de la couverture en phanérogamme de près de 25%. Des cyanobactéries sont apparues en 2017, puis non observées en 2018 et 2019, pour réapparaître en 2020 et 2021. La couverture en macroalgues de 2016 n'est pas comparable car la forte densité en macroalgues filamenteuses vertes appartenant au genre *Chaetomorpha* avait été prise en compte dans le recouvrement : ces algues formaient une véritable « canopée » empêchant de voir l'herbier. En 2017 et 2018, des macroalgues filamenteuses vertes étaient également présentes mais plutôt épiphytes et en densité beaucoup moins importante. Ces algues semblent appartenir au genre *Chaetomorpha* et *Bryopsis* (avis du MNHN), mais une observation microscopique aurait été nécessaire pour le confirmer. En 2021, les macroalgues montrent une couverture faible et les macroalgues épiphytes présentent jusqu'à 30 % de couverture sur certains quadrats et plusieurs genres sont présents (algues rouges identifiée comme *Dasya*, algues vertes *Chaetomorpha* et *Bryopsis*) (Figure 81).

Aucune colonie corallienne n'a été observée sur la zone suivie depuis 2016. En 2021, aucun oursin a été observé sur le site.

L'état de santé global est donné à 2, correspondant à un herbier mixte à *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme*, avec développement de macroalgues.



Figure 81 : Photographie de la matte de macroalgues épiphytes présentes sur l'herbier Caye Pariadis

Caye Pariadis Herbier

Détails de la couvertures en macrophytes et espèces animales benthiques associées

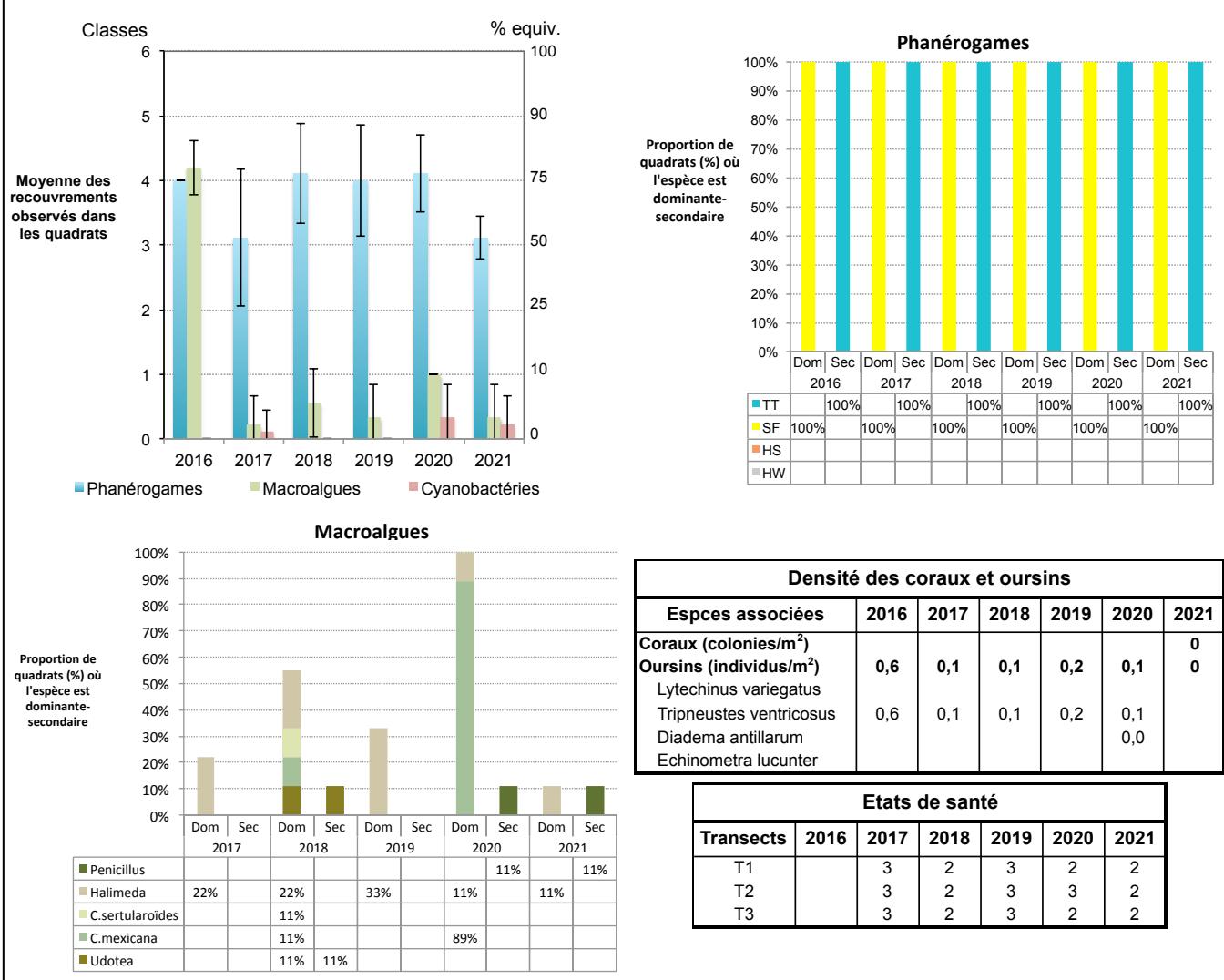


Figure 82 : Description de la biocénose de Caye Pariadis : (1) couverture des quadrats en phanérogames, macroalgues et cyanobactéries, (2) identification des espèces de phanérogames dominantes et secondaires & (3) des macroalgues dominantes et secondaires au sein des quadrats, (4) densité de la macrofaune benthique associée et état de santé des transects.

FRJC008 : Baie des Mulets (type 2)

- Description générale

La station **Baie des Mulets** se situe sur le haut-fond au nord de l'îlet. La zone étudiée est **peu profonde** (entre **1,1 et 2,3m**) et **turbide**. Le substrat se compose d'un sédiment **sablo-vaseux**.

- Description de l'herbier, fragmentation et comparaison interannuelle

L'herbier est composé des deux espèces ***Thalassia testudinum*** et ***Syringodium filiforme*** (Figure 83). La couverture en ***T. testudinum* pur** est globalement supérieure à l'herbier mixte à ***T. testudinum* et *S. filiforme*** et en 2021 ce rapport est plus marqué au niveau du T1 comparativement au T2 et T3. Cependant, depuis 2017 la couverture en herbier mixte a augmenté au détriment de l'herbier pur à ***T. testudinum***, indiquant ainsi une augmentation du recouvrement en ***S. filiforme***. L'herbier ne présente pas de fragmentation le long des transects.

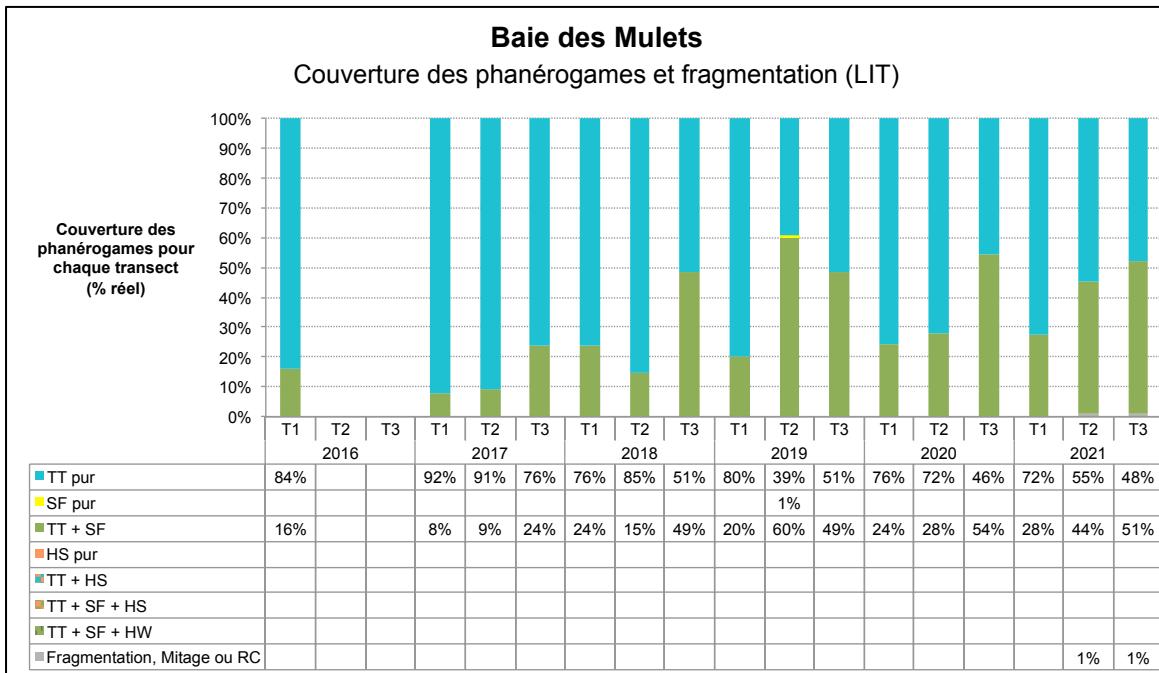


Figure 83 : Proportions des différentes catégories d'assemblage de phanérogames rencontrées sur les LIT de l'herbier Baie des Mulets entre 2016 et 2021

- Composition de l'herbier et espèces associées

Les épibioses dominantes et secondaires sur les feuilles des phanérogames sont respectivement le film bio-sédimentaire et les algues rouges calcaires ou les hydriaires en 2021 (Figure 84).

| Epibioses associées aux phanérogames | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Epibioses | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| Dominante | Film bio-séd. |
| Secondaire | Algues calc. | MAE | Algues calc. | Algues calc. | Hydriaires |

Figure 84 : Groupes dominants et secondaires d'épibioses présents sur la surface des feuilles de phanérogames

En 2021, la couverture moyenne en phanérogames dans les quadrats de l'herbier se situe entre les classes 4 et 5, soit entre 75% et 90% d'herbier sur 0,5 m². Il s'agit donc d'un herbier dense, avec l'espèce ***T. testudinum*** dominante dans presque 90% des quadrats. En ce qui concerne les macroalgues, la couverture se situe entre les classes 0 et 1, soit entre 0 et 10%. Les espèces dominantes sont ***C. mexicana*** et ***C. cupressoides*** (Figure 85).

La couverture en phanérogames était en augmentation entre 2016 et 2019 mais a significativement baissé en 2020. En 2021, la couverture est revenue au niveau de 2019. La couverture en macroalgues est en diminution progressive depuis 2016 avec cependant un léger rebond en 2020.

La densité moyenne en coraux est de 0,01 colonies/m² en 2021.

La densité moyenne en oursins est de 2,7 individus/m² en 2021 et correspond exclusivement à l'espèce ***Lytechinus variegatus***. Cette densité est la plus faible depuis 2016.

L'état de santé global est donné à 2, correspondant à un herbier mixte à *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme*.

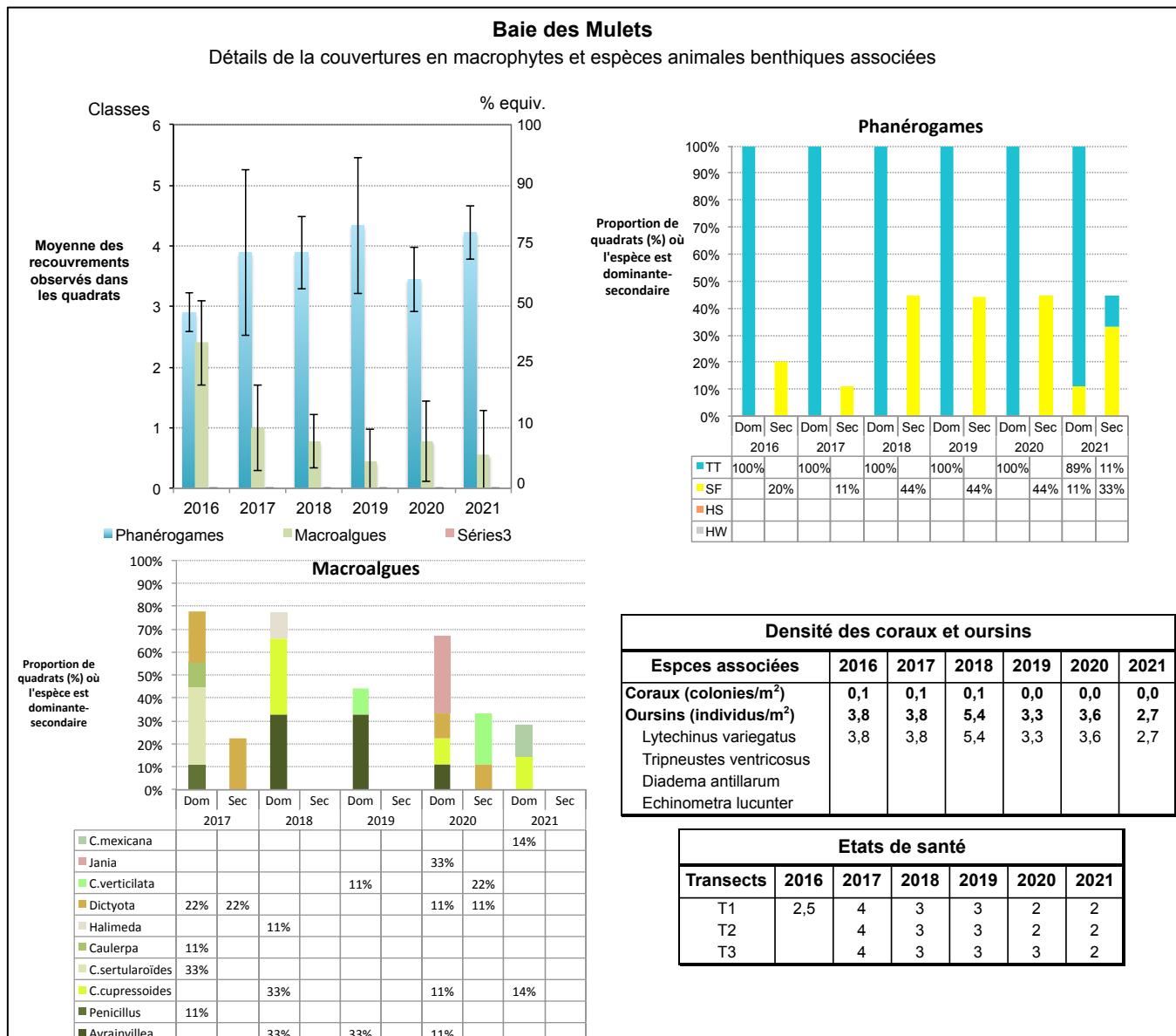


Figure 85 : Description de la biocénose de Baie des Mulets : (1) couverture des quadrats en phanérogames, macroalgues et cyanobactéries, (2) identification des espèces de phanérogames dominantes et secondaires & (3) des macroalgues dominantes et secondaires au sein des quadrats, (4) densité de la macrofaune benthique associée et état de santé des transects.

Teneur en matière organique dans les sédiments : comparaison inter-sites

La teneur en matière organique des sédiments peut révéler un changement dans les apports terrigènes souvent en lien avec l'anthropisation du milieu. Ce paramètre montre peu de variation interannuelle entre 2019 et 2021 au sein de chacun des sites (Figure 86). Deux sites de baie (Baie du Marin, Baie des Mulets) montrent une teneur en matière organique plus élevée que les autres sites, avec des valeurs situées entre 4,4 et 6,9% de la masse du sédiment. Les autres sites ont une teneur en matière organique entre 2,9 et 4,2 %. Le site Baie des Mulets montre une augmentation de la matière organique passant de 5,3 à 6,9% entre 2019 et 2021. Cette tendance est à surveiller avec attention et peut être un signe de dégradation de l'herbier. Trois autres sites présentent des tendances à l'augmentation, cependant faiblement marquée: Caye Pariadis, Caye à Vache et Corps de Garde.

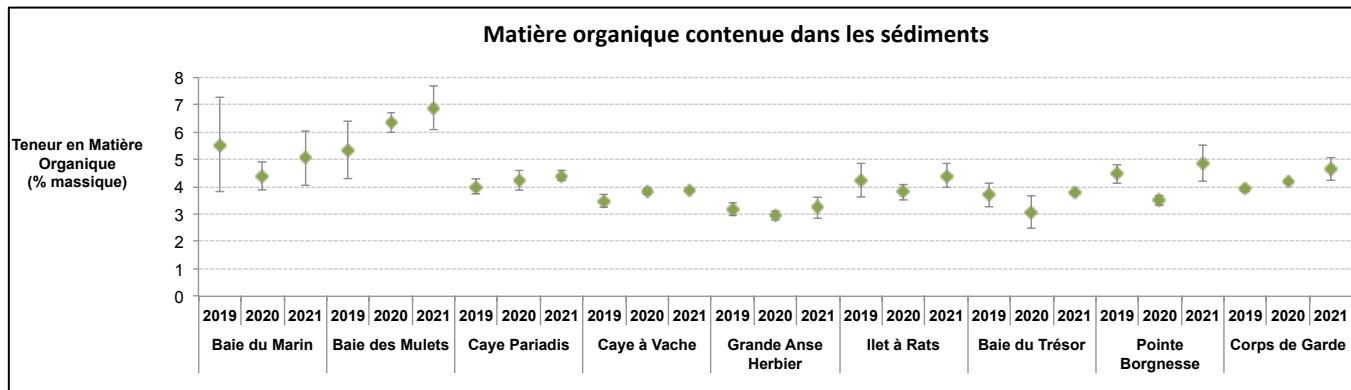


Figure 86 : Teneur en matière organique dans les sédiments des 9 sites de suivi DCE-Herbier. Les données entre 2019 et 2021 sont représentées pour chaque site (moyenne \pm écart type).

Conclusion générale pour les herbiers

Sur les neuf herbiers suivis, il y a comme en 2020, un seul est un herbier pur à *Thalassia testudinum* (Caye à Vache) et quatre présentent l'espèce invasive *Halophila stipulacea* (Baie du Trésor, Grande Anse, Pointe Borgnesse et Caye Pariadis).

L'état de santé est de niveau 1 pour un herbier, de niveau 2 pour six herbiers et de niveau 3 pour deux herbiers. Le pourcentage de couverture en phanérogames se situe entre 75 et 90 % pour quatre herbiers (Baie du Marin, Corps de Garde, Pointe Borgnesse et Baie des Mulets), entre 50 et 75% pour trois herbiers (Ilet à Rats, Baie du Trésor et Caye Pariadis) et entre 25 et 50 % pour deux herbiers (Caye à Vache et Grande Anse).

Enfin pour conclure, en prenant en compte les différents paramètres relevés, l'évolution des herbiers est :

- en amélioration : pour Baie des Mulets, avec moins de macroalgues et un meilleur état de santé général ; pour Pointe Borgnesse du fait de l'absence de cyanophycées
- constante : pour Corps de Garde, Baie du Marin, Ilet à Rats et Baie du Trésor
- fluctuante : pour Caye Pariadis selon la présence de cyanophycées et de macroalgues épiphytes
- en régression : pour Grande Anse avec une baisse de la couverture globale en herbier et peu de zones dépourvues d'*H. stipulacea* combiné à une augmentation de la couverture en cyanophycées et macroalgues ; pour Caye à Vache avec une légère baisse de la couverture en *T. testudinum* et une baisse de la densité d'oursins.

2.2.4 Evaluation DCE 2016-2021

2.2.4.1 Grilles de qualité et Indicateur herbiers de phanérogames marines

Les métriques qui serviront au calcul de l'indicateur ainsi que les grilles pour l'évaluation de la qualité sont en cours de validation par Fanny Kerninon.

2.2.4.2 Indicateur herbiers de phanérogames marines

L'évaluation DCE ne prend pas en compte l'élément de qualité Herbier pour le moment.

Evolutions par rapport à 2020 pour le suivi des herbiers de phanérogames marines

Traitement des données :

- Fanny Kerninon a terminé sa thèse sur le développement de protocoles et d'un indicateur Herbier. Un suivi des sites DCE avec le protocole de la thèse de F.Kerninon devait être testé en 2020 mais a du être reporté du fait du COVID. **Effectué**
- adapter la BDRécif pour la bancarisation des données herbier. **Effectué**

Evolutions attendues pour le suivi et l'évaluation 2022 des herbiers de phanérogames marines

Traitement des données :

- Fanny Kerninon procède au test des métriques et à l'élaboration des grilles de qualité, avec les données complémentaires récoltées en 2021. Faire un premier test de l'indicateur et des grilles.
- BDRécif : amélioration de la base suite aux premières expériences de saisie en 2021

2.3 Qualité biologique: Indicateur phytoplancton

2.3.1 Protocoles pour le phytoplancton - résumé

Depuis 2019, le suivi est bimestriel (6 fois/an ; fév., avril, juin, août, oct., déc.) sauf sur deux sites où il est toujours mensuel (Banc Gamelle et Pinsonnelle).

Les paramètres suivis ainsi que les méthodologies utilisés sont les suivants :

- pigments phytoplanctoniques (dont chlorophylle a) par la méthode HPLC
- micro-phytoplancton : flore totale en microscopie inversée, méthode Uthermöhl
- pico et nano-phytoplancton : abondances par cytométrie en flux

Pigments phytoplanctoniques (dont chlorophylle a) par la méthode HPLC

La méthode par HPLC (chromatographie en phase liquide à haute performance) est la méthode retenue depuis 2014, elle permet de quantifier les différents types de pigments présents dans l'échantillon. Les analyses sont réalisées par le Laboratoire d'Océanographie de Villefranche (plateforme SAPIGH).

La concentration en Chlorophylle a est utilisée pour le calcul de l'indice « biomasse » qui est utilisé pour l'évaluation DCE.

Micro-phytoplancton : flore totale en microscopie inversée, méthode Uthermöhl

La stratégie de dénombrement flores totales prescrite dans le manuel REPHY (Manuel d'observation du phytoplancton, document de prescription REPHY). (Neaud-Masson, 2020) est la suivante :

« C'est l'identification et le dénombrement de toutes les cellules phytoplanctoniques présentes dans la chambre de sédimentation et pouvant être identifiées dans les conditions d'observation, c'est à dire globalement toutes les cellules dont la taille est supérieure à 20 µm, et celles dont la taille est inférieure mais qui sont en chaîne ou colonie. Les cellules plus petites sont dénombrées seulement quand elles sont potentiellement toxiques ou qu'elles présentent de fortes abondance (> 100 000 cellules/L). » Les résultats sont exprimés en nombre de cellules par litre.

Pour l'échantillon Etang des Salines, très concentré en particules, le temps de sédimentation a été raccourci et le volume de comptage restreint au volume de la chambre.

Les comptages ont connu une évolution en avril 2021, avec une correction de la méthode utilisée par Sylvain Coulon pour correspondre au protocole.

Les résultats des comptages du microphytoplancton sont utilisés pour le calcul de l'indice « abondance » qui est utilisé pour l'évaluation DCE.

Pico et nano-phytoplancton : abondances par cytométrie en flux

Les abondances du pico- et nano-phytoplancton sont déterminées par cytométrie en flux (bleu 488nm, vert 561nm et UV 351nm) et la discrimination des différents groupes phytoplanctoniques est réalisée à partir de graphiques.

La discrimination entre le Pico- et Nanophytoplancton se fait sur la base des signaux de diffusion aux petits angles (FSC, en relation avec la taille des particules) (laser bleu 488nm) en utilisant des billes fluorescentes de 2µm de diamètre (Picophytoplancton < 2µm < Nanophytoplancton). Au sein des 2 classes pico- et nanophytoplancton, des groupes de cellules sont recherchés sur la base de leurs propriétés d'autofluorescence induite par les pigments photosynthétiques : fluorescence Rouge de la chlorophylle a ; et fluorescence orange de la Phycoérythrine (cyanobactéries).

Le protocole a connu une évolution en février 2018, afin d'éliminer en tout début d'analyse certains événements pouvant correspondre à des cellules non autotrophes (prédateurs ayant consommé du phytoplancton ou débris autofluorescents (other). Ainsi, au niveau de l'étape de séparation entre le Pico et le Nanoplancion, il y avait auparavant un groupe qui comprenait des Nanocyanobactéries et des cyanobactéries filamentueuses associées à des prédateurs ou encore des sédiments. Depuis février 2018, avec l'élimination des éléments faiblement fluorescents, ce groupe correspond plus strictement à des Nanocyanobactéries et des cyanobactéries filamentueuses.

Les abondances obtenues pour le pico-nanoplancion ne sont pas encore exploitées pour le calcul de l'indicateur phytoplancton.

Les détails des protocoles de suivi sont apportés dans le rapport de campagne complet 2021.

2.3.2 Bancarisation des données planctoniques

Les données sont bancarisées dans la base Quadrige² (Q2), via le fichier Excel de bancarisation nommé « Quadrilabo », qui utilise les codifications SANDRE.

Lorsque de nouvelles catégories de pico-nanoplancton sont créées ou de nouveaux taxons du microphytoplancton sont observés, de nouveaux codes SANDRE doivent être créés par la cellule Quadrige.

2.3.3 Evaluations, calcul des indicateurs

Les évaluations pour les indices biomasse, abondance et pour l'indicateur phytoplancton ont été réalisées:

- par le service VIGIES de l'Ifremer avec des scripts de portée nationale adaptés pour les Antilles
- à partir des résultats bancarisés et qualifiés dans la base nationale Quadrige 2.

Cas des masses d'eau avec plusieurs sites de suivis : Pour les masses d'eau comportant plusieurs sites, chaque indice (abondance et biomasse) est calculé à partir de l'ensemble des données disponibles pour la masse d'eau, en retenant la valeur la plus pénalisante par mois. Puis l'indicateur est calculé à partir des EQR. Cette méthode diffère de celle appliquée pour l'indicateur communauté corallienne, qui calcule l'indicateur par site, puis retient le plus pénalisant de la masse d'eau.

Tous les mois sont pris en compte dans l'évaluation, et non plus uniquement les mois théoriquement dédiés aux campagnes (février, avril, juin, août, octobre, décembre). Par exemple en 2020, la campagne d'avril a dû être décalée en mai du fait du premier confinement lié au covid-19.

Evolutions par rapport à 2020 pour le paramètre phytoplancton

Traitement des données :

- pour le pico-nanoplancton : analyse statistique du jeu de données pour mettre au point une grille adaptée : **non résolu**
- pour le microphytoplancton, valider le seuil à 25 000 cellules/l au niveau national : ce seuil a été proposé en 2019, après notamment étude comparative des comptages du sous-traitant commun (Ikosistema) entre Martinique et Guadeloupe. **non transcrit au niveau réglementaire**.
- pour le microphytoplancton, baisse du niveau de résolution des identifications : **résolu** par une formation de l'expert auprès des experts REPHY, suite à l'expertise menée en 2020-2021 par l'Ifremer (Séchaud et al. 2021)
- ME de transition Etang des Salines : grilles à établir (étude Ifremer/AFB, résultats attendus fin 2019) : **non résolu**

Evolutions attendues pour le suivi et l'évaluation 2022 du phytoplancton

Traitement des données :

- pour le pico-nanoplancton : pas d'avancée prévue.
- pour le microphytoplancton : valider le seuil à 25 000 cellules/l en comparant les comptages du sous-traitant commun (Ikosistema) entre Martinique et Guadeloupe
- ME de transition Etang des Salines : grilles à établir (étude Ifremer/OFB, étude rendue, en attente de validation)

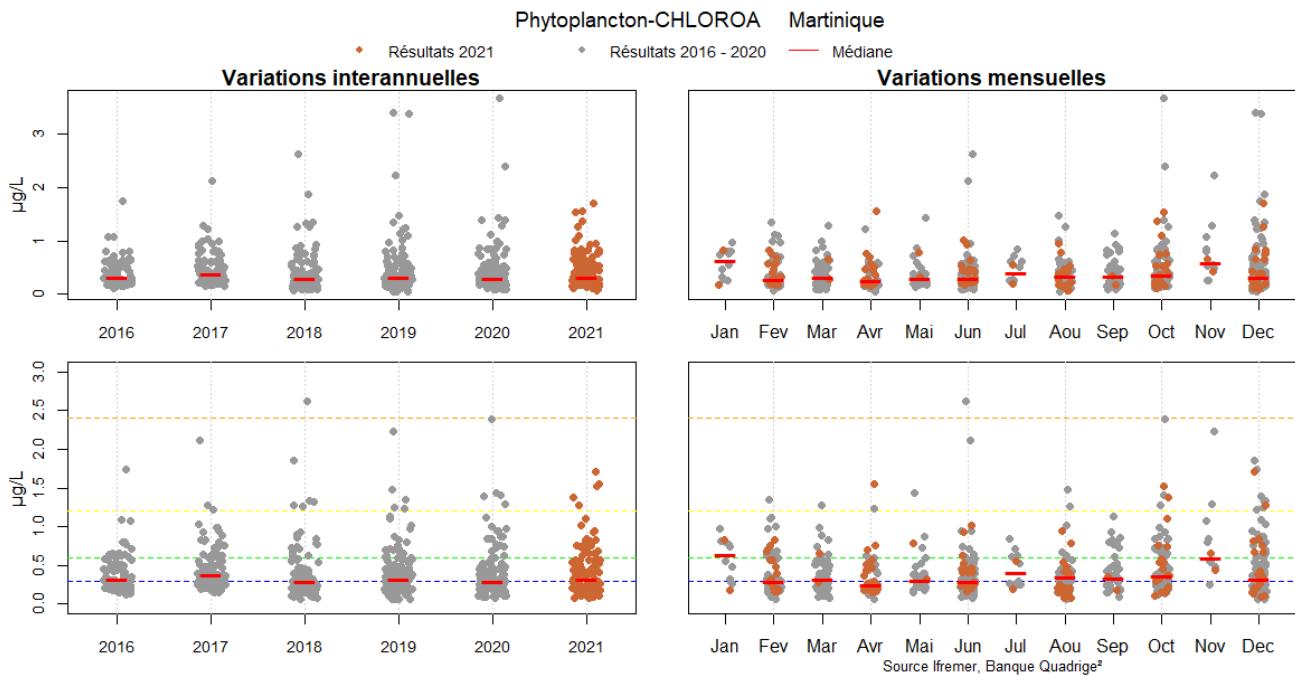
2.3.4 Résultats 2021 et comparaison historique

2.3.4.1 Biomasse chlorophyllienne : Chlorophylle a

La méthode HPLC permet de quantifier la chlorophylle a mais également l'ensemble des pigments présents dans un échantillon. La chlorophylle a est le seul pigment présenté en détail, car le seul utilisé comme indicateur de qualité pour la DCE.

Les valeurs mesurées en 2021 (Figure 87) sont comparées aux valeurs des années précédentes (gauche) et présentées par mois (droite). Les valeurs de la masse d'eau de transition sont exclues pour ne pas influencer les médianes des masses d'eau côtières. Les graphiques du haut comprennent les valeurs extrêmes et ceux du bas présentent les valeurs sans les extrêmes (s'il y en a) avec les seuils de la grille de qualité « biomasse ».

La médiane de 2021 est similaire à celle de 2020 et des années précédentes. Les mois présentant les médianes les plus fortes en 2021 sont ceux de janvier et novembre et les valeurs individuelles les plus élevées (> 2 µg/l) sont mesurées en avril, octobre et décembre.

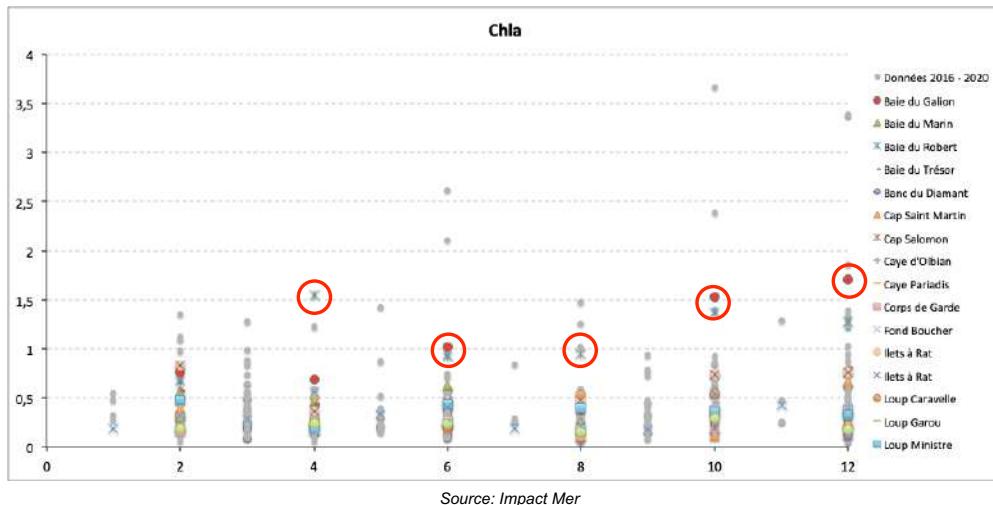


Source: Ifremer antilles, données Quadrigé 2

Figure 87 : Valeurs de chlorophylle a pour l'ensemble des sites DCE des masses d'eau côtières sur la période 2016-2021, variations interannuelles et mensuelles (points rouges : valeurs de 2021 ; trait rouge : médiane ; pointillés de couleur : seuil de la grille de qualité)

En vue de la qualification des données 2021 dans Quadrigé, les données ont été analysées afin d'identifier les valeurs s'écartant de la médiane et du percentile 90 (Impact Mer, 2021). Une interprétation est proposée afin de juger de la qualité BONNE, DOUTEUSE ou MAUVAISE de la donnée (Figure 88).

Suite à cette analyse, aucune valeur de chlorophylle a n'a été écartée pour 2021.



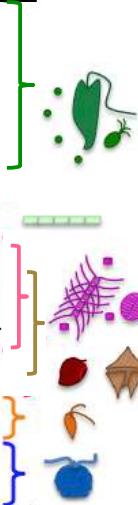
| Masse d'eau et site | Valeur 2021 | Commentaire | Qualif. |
|-----------------------------------|------------------------------|--|---------|
| FRJC014 : Baie du Galion (type 1) | presque toutes les campagnes | pas d'enrichissement détecté par la mesure des nutriments plus fortes valeurs de piconanoplancton par rapport aux autres sites | BONNE |
| FRJC005 : Baie du Robert | presque toutes les campagnes | valeurs d'ammonium supérieures à celles mesurées sur les autres sites plus fortes valeurs de piconanoplancton par rapport aux autres sites | BONNE |

Figure 88 : Commentaires sur les valeurs de chlorophylle a pour l'année 2021

2.3.4.2 Diversité phytoplanctonique : pigments

L'ensemble des pigments phytoplanctoniques présents dans les échantillons est quantifié par la méthode HPLC et les résultats sont bancarisés dans le fichier Quadrilabo. Les pigments peuvent être associés à un type d'organisme ou groupe d'organismes (Figure 89), permettant ainsi de connaître la diversité phytoplanctonique (Bec et al., 2016 ; Delmas & Siano, 2014).

| Pigment | Groupe phytoplanctonique |
|---------------------|---|
| Chlorophylle b | Chlorophytes, Prasinophytes, Euglénophytes |
| Néoxantine | Chlorophytes, Prasinophytes |
| Lutéine | Chlorophytes |
| Violaxanthine | Chlorophytes, Prasinophytes, Eustigmatophytes |
| Prasinoxanthine | Prasinophytes |
| Zeaxanthine | Cyanobactéries , Prochlorophytes, Rodophytes |
| Divinyl-Chla | Prochlorophytes |
| Fucoxanthine | Diatomées |
| Chlorophylle C2 | Diatomées, Dinoflagellés, Haptophytes |
| Diadinoxanthine | Diatomées, Dinoflagellés, Haptophytes, Euglénophytes. |
| Péridinine | Dinoflagellés |
| Chlorophylle C3 | Haptophytes, Chrysophytes |
| Alloxanthine | Cryptophytes |
| 19'But-fucoxanthine | Haptophytes, Chrysophytes |
| 19'Hex-fucoxanthine | Haptophytes |



© Impact Mer (adapté de Bec et al., 2016)

Figure 89 : Les pigments phytoplanctoniques et les organismes associés (adapté de Bec et al. 2016 et de Delmas et Siano, 2014)

Les **sites Banc Gamelle et Pinsonnelle** sont suivis mensuellement et permettent ainsi d'avoir une visibilité sur l'évolution des pigments sur l'année (Figure 90).

Au site Banc Gamelle, type 1 – Baies, en 2021 les biomasses totales les plus élevées sont observées en avril, août et octobre avec la plus faible valeur en septembre. Les variations de biomasses ne semblent pas corrélées aux apports saisonniers du bassin versant de la baie, qui pourraient induire une plus forte productivité phytoplanctonique.

Les pigments dominants de ce site sont la Zeaxanthine caractéristique des cyanobactéries ou la Fucoxanthine caractéristique des diatomées (Goffart, 2013). Comme en 2020, le mois d'octobre diffère par la dominance du total Chlorophylle b qui correspond à un bloom d'algues vertes. La campagne du mois d'octobre correspond au plus gros apport d'eau douce, associé à une campagne de prélèvement, observé sur l'année 2021.

Au site Pinsonnelle, type 2 - Récifs frangeants et lagons Atlantiques, il n'y a pas comme en 2020 de gros bloom mesuré sur les derniers mois de l'année. La biomasse est un peu plus élevée aux mois d'avril, octobre, novembre et décembre. A l'inverse, les biomasses les plus faibles se retrouvent respectivement en septembre et janvier. Une analyse multi-annuelle serait nécessaire pour comprendre si les facteurs environnementaux, tels que les sargasses, la présence du panache d'eau douce, la brume de sable et les apports des bassins versants, peuvent influencer la biomasse des différents pigments.

Les pigments majoritaires sont la Fucoxanthine, la Chlorophylle b et la Zeaxanthine, avec des dominances variables selon les mois. Les algues vertes (Chlorophylle b) ainsi que les prasinophytes (Prasinoxanthine) sont bien présentes en avril, octobre, novembre et décembre et participent donc aux plus fortes abondances observées. Le mois d'avril se caractérise par une biomasse importante en cyanophycées (Zeaxanthine).

Les deux sites de suivi annuel présentent des différences marquées, avec des concentrations en pigments plus fortes à Banc Gamelle (autour de 0,6 µg/l contre 0,3 µg/l à Pinsonnelle et peu de différence de composition entre les mois à Banc Gamelle par rapport à Pinsonnelle).

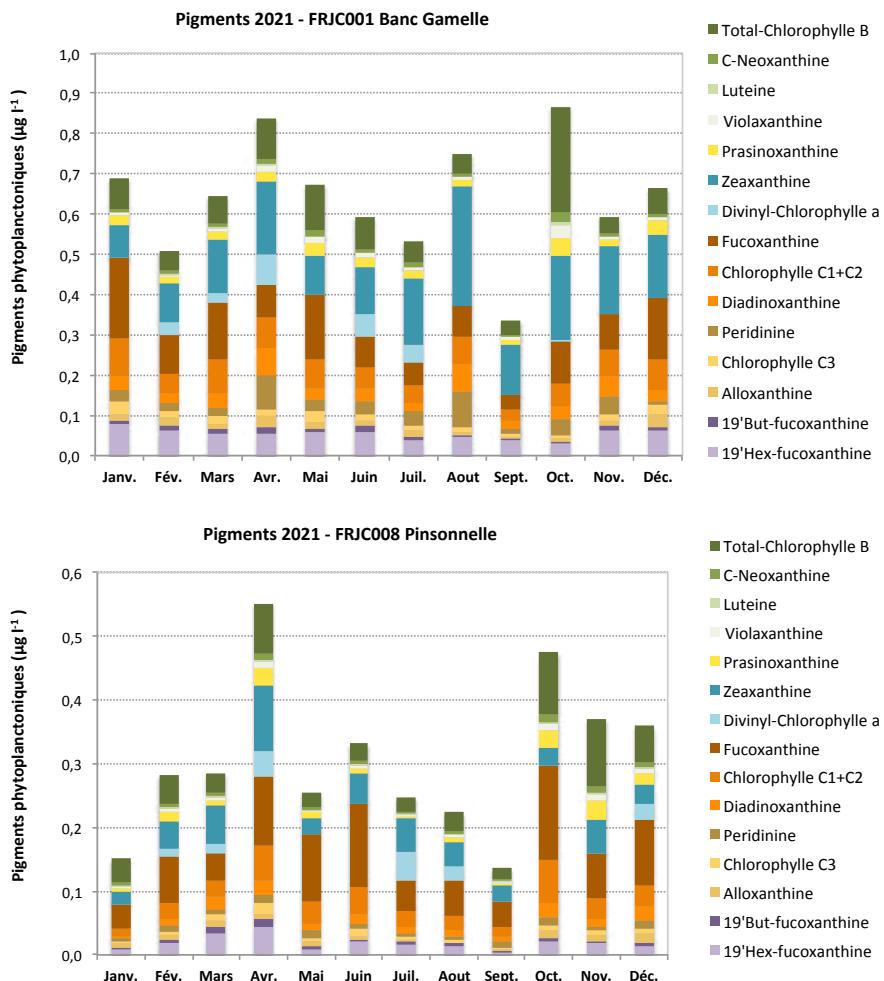


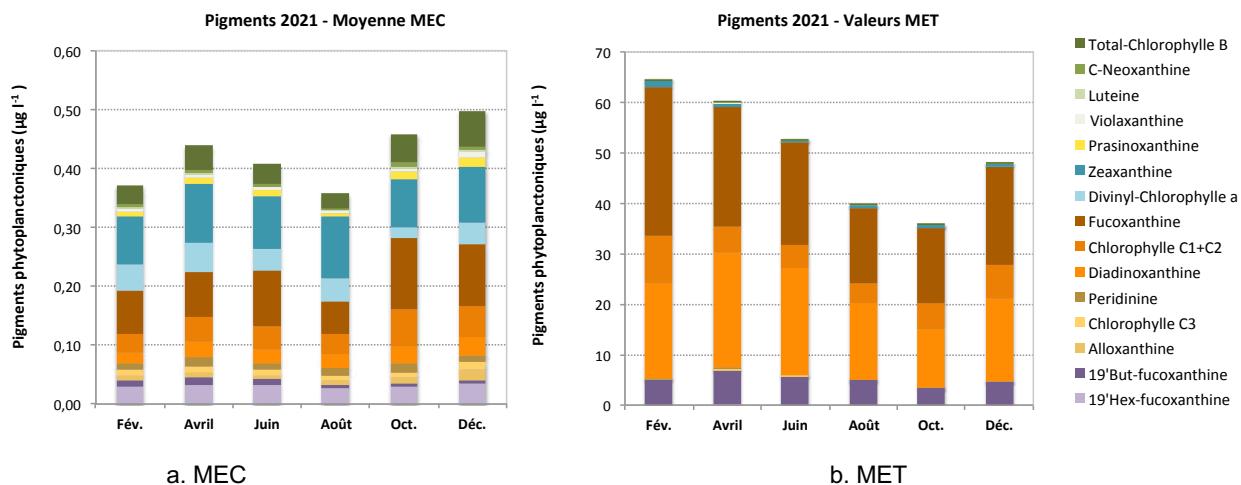
Figure 90 : Concentrations mensuelles des pigments phytoplanctoniques (hors Chla) pour Banc Gamelle – type 1 et Pinsonnelle –type 2, en 2021

Les valeurs bimestrielles moyennes, tous sites côtiers confondus (Figure 91), démontrent en 2021 une biomasse phytoplanctonique assez stable autour de 0,4 µg/l au cours de l'année contrairement à 2020, avec des valeurs un peu plus élevées en octobre-décembre. Les proportions des différents pigments évoluent peu au cours de l'année.

Pour la masse d'eau de transition, la biomasse décroît de 65 µg/l de pigments en février à 35 µg/l octobre, puis réaugmente légèrement en décembre. Il n'y a pas de gros bloom comme observé en 2020.

Les valeurs de biomasse sont autour de cent fois plus élevées au niveau de l'étang par rapport aux masses d'eau côtières.

Contrairement à 2019 où les cyanobactéries (Zeaxanthine) dominaient le peuplement une bonne partie de l'année, en 2020 et 2021 ce sont les diatomées qui sont majoritaires toute l'année (Fucoxanthine, Chlorophylle C1+C2 et Diadinoxanthine). Le pigment 19'Hex-fucoxanthine est bien présent alors que dans les eaux côtières il s'agit du pigment 19'But-fucoxanthine : les deux correspondent aux Haptophytes mais le 19'Hex serait plus affilié aux Chrysophytes.



L'évolution des concentrations pigmentaires entre 2015 et 2021 pour les sites côtiers (Figure 92) révèle que les diatomées dominent les peuplements (Fucoxanthine, et partiellement Chlorophylle c et Diadinoxanthine) suivies par les cyanobactéries (Zéaxanthine). Viennent ensuite les algues vertes (Chlorophylle b, C-Neoxantine, Luteine) et les haptophytes (19'Hex-fucoxanthine). L'année 2019 se distingue par une part plus importante de dinoflagellés (Peridinine) par rapport aux autres années.

La biomasse totale en pigments oscille autour de 0,4 µg/l entre 2015 et 2021 et ne montre aucune tendance d'évolution à la hausse ou à la baisse.

La comparaison interannuelle des concentrations pigmentaires pour la masse d'eau de transition (MET) révèle une augmentation progressive de la biomasse entre 2017 et 2019, puis un doublement de la biomasse en 2020 accompagné d'un changement majeur de population. En 2021, la biomasse a diminué sans revenir au niveau de 2019 et la population est restée similaire à 2020.

La composition pigmentaire de 2017 donne un peuplement codominé par les algues vertes (Chlorophylle b, Neoxantine, Luteine), les diatomées (Fucoxanthine, et partiellement Chlorophylle c et Diadinoxanthine) et les cyanobactéries (Zéaxanthine). En 2018 et 2019 il est dominé par les cyanobactéries (Zéaxanthine). En 2019, il faut noter la présence des chrysophytes (19'-But-fucoxanthine). En 2020, le peuplement est largement dominé par les diatomées (Fucoxanthine, et partiellement Chlorophylle c et Diadinoxanthine). La part de chrysophytes (19'-But-fucoxanthine) a augmenté par rapport à 2019 tandis que les algues vertes sont quasi absentes. En 2021, le peuplement est à nouveau dominé par les diatomées et la part de chrysophytes est légèrement supérieure à celle de 2020.

Pour résumé, la population est passée d'une dominance cyanobactéries avec présence d'algues vertes à une dominance diatomées avec présence de chrysophytes, entre 2019 et 2020.

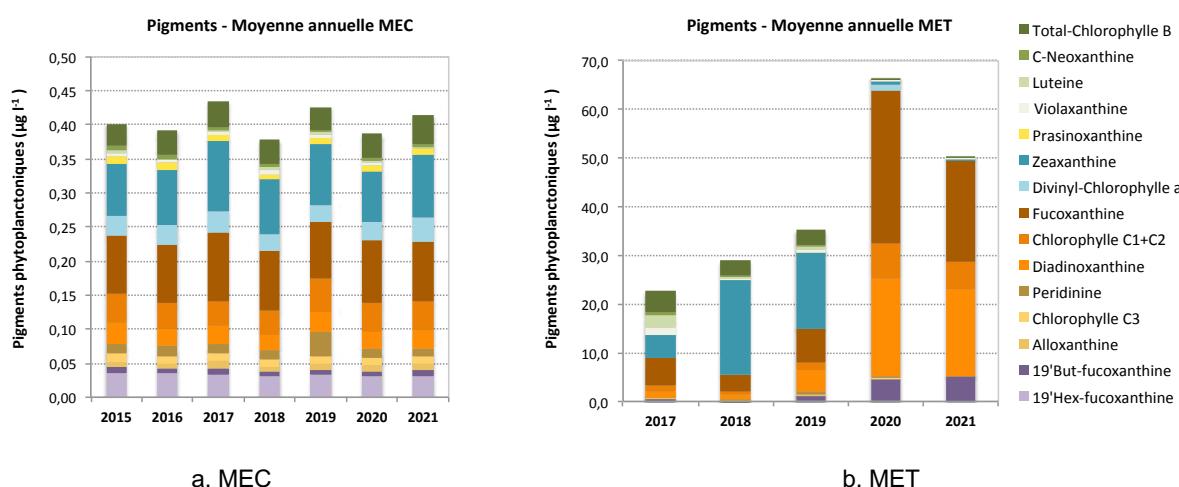


Figure 92 : Concentrations moyennes annuelles en pigments (hors Chla) des MEC entre 2015 et 2021 (n=84) et de la MET de 2017 à 2021 (n=4, n=6 pour 2019-2021)

2.3.4.3 Abondance nano et pico-planctonique

Comme pour les pigments, les résultats des sites Banc Gamelle et Pinsonnelle suivis mensuellement, sont observés en début d'analyse afin d'avoir une visibilité sur l'évolution des abondances sur l'année (Figure 93).

Pour les deux sites, le nanoplancton se compose majoritairement d'eucaryotes. Les cryptophycées représentent moins d'un quart du nanoplancton et les cyanobactéries filamentueuses sont en très faible abondance. Pour les deux sites, le picoplancton se compose majoritairement de cyanobactéries de type *synechococcus*. Les eucaryotes sont présents en très faible abondance et les cyanobactéries de type *prochlorococcus* peuvent apparaître certains mois.

L'abondance est plus forte au site Banc Gamelle qu'au site Pinsonnelle et les périodes de fortes ou faibles abondances sont différentes selon le site.

Au site **Banc Gamelle**, type 1 – Baies, les abondances de nanoplancton se situent autour de 1,5 millions de cellules/l. Les mois d'avril et décembre présentent des abondances plus élevées de respectivement 3 et 2,7 millions de cellules/l, alors que la plus faible abondance est mesurée en juin. Pour le picoplancton, les abondances oscillent autour de 100 millions de cellules/l avec des abondances plus fortes en août, juillet et mars et plus faible en juin.

Au site **Pinsonnelle**, type 2 - Récifs frangeants et lagons Atlantiques, les abondances de nanoplancton se situent autour de 0,5 millions de cellules/l, avec un pic de plus forte abondance à 1,9 millions de cellules/l en avril. La plus faible abondance est mesurée en janvier. Pour le picoplancton, les abondances se situent entre 20 et 50 millions de cellules/l, avec un pic à 125 millions de cellules/l également en avril. Le pic observé pour le pico-nanoplancton en avril est retrouvé également à travers la biomasse des pigments planctoniques.

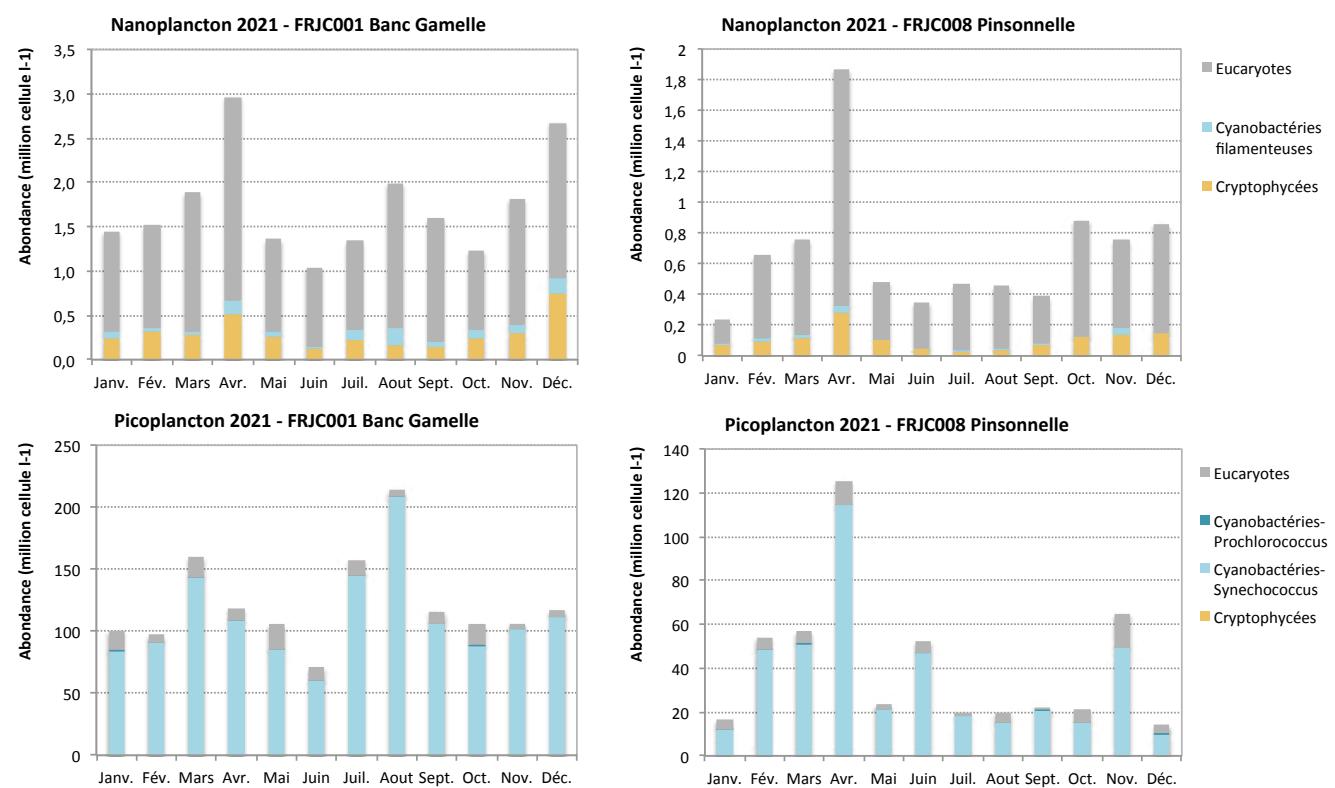


Figure 93 : Abondances mensuelles du nano et pico-plancton total pour Banc Gamelle – type 1 et Pinsonnelle – type 2, en 2021

Les valeurs bimensuelles moyennes, tous sites côtiers confondus, font ressortir que les plus fortes abondances sont mesurées en avril et décembre pour le nanoplankton et au premier semestre pour le picoplankton (Figure 94). Les eucaryotes dominent le peuplement nanoplanktonique et les cyanophycées de type *synechococcus* dominent le peuplement picoplanktonique.

Pour la masse d'eau de transition, Etang des Salines, les abondances de nanoplankton sont quatre fois plus élevées en février, puis décroissent entre avril et août pour se stabiliser en fin d'année. Les cryptophycées dominent sur le premier semestre puis codominent avec les cyanobactéries filamenteuses. La très forte abondance en cryptophytes en février est retrouvée par une concentration totale en pigments plus élevée à ce mois.

Les abondances du picoplankton, totalement dominé par les eucaryotes, décroissent fortement au cours de l'année, passant de 4 500 millions de cellules/l en février, à 250 millions de cellules/l en décembre. Il y a une scission entre le niveau d'abondance des échantillons du premier semestre et le niveau du second semestre. Les deux semestres correspondent à deux séries d'analyses différentes et la différence marquée entre les deux séries pourrait laisser penser à un biais dans la partie traitement des échantillons (conservation, transport, analyse...).

Les abondances du nanoplankton sont autour de 5 fois supérieures à celles des masses d'eau côtières (hors mois de février), et celles du picoplankton entre 5 et 50 fois supérieures selon la période.

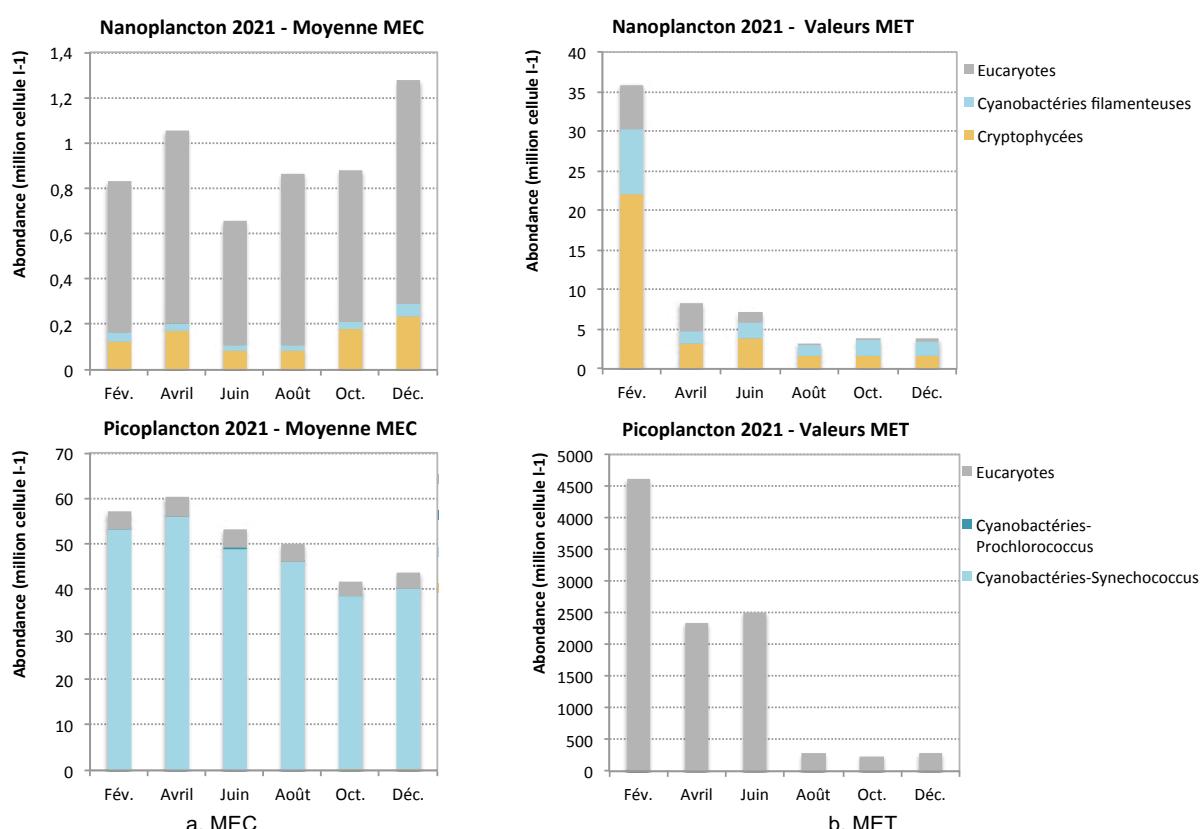


Figure 94 : Abondances bimensuelles du nano et pico-plancton total des MEC (a) (moyenne, $n=19$) et de la MET (b) et des groupes d'organismes qui le composent en 2021

Enfin, les abondances moyennes de l'année 2021, tous sites côtiers confondus, sont comparées aux valeurs des années précédentes (Figure 95).

Pour le nanoplancton, la comparaison doit se faire sans tenir compte des cyanobactéries filamentueuses étant donné l'évolution du protocole depuis 2018. Les abondances de cryptophycées sont similaires entre les années. Celles des eucaryotes sont variables entre 2016 et 2018, puis diminuent jusqu'en 2020. Pour le picoplancton, l'abondance totale oscille en fonction des années, elle est maximale en 2017 et minimale en 2021.

Pour l'étang des salines, l'abondance totale du nanoplancton est maximale en 2019 et est 10 fois inférieure en 2021. En 2017 et 2018, le peuplement nanoplanctonique est dominé par les eucaryotes alors qu'en 2019 et 2020 il est dominé par les cryptophycées.

Le tendance évolutive de l'abondance du picoplancton est inverse à celle du nanoplancton pour la plus faible valeur, qui se retrouve en 2019. La plus forte abondance est celle de 2018.

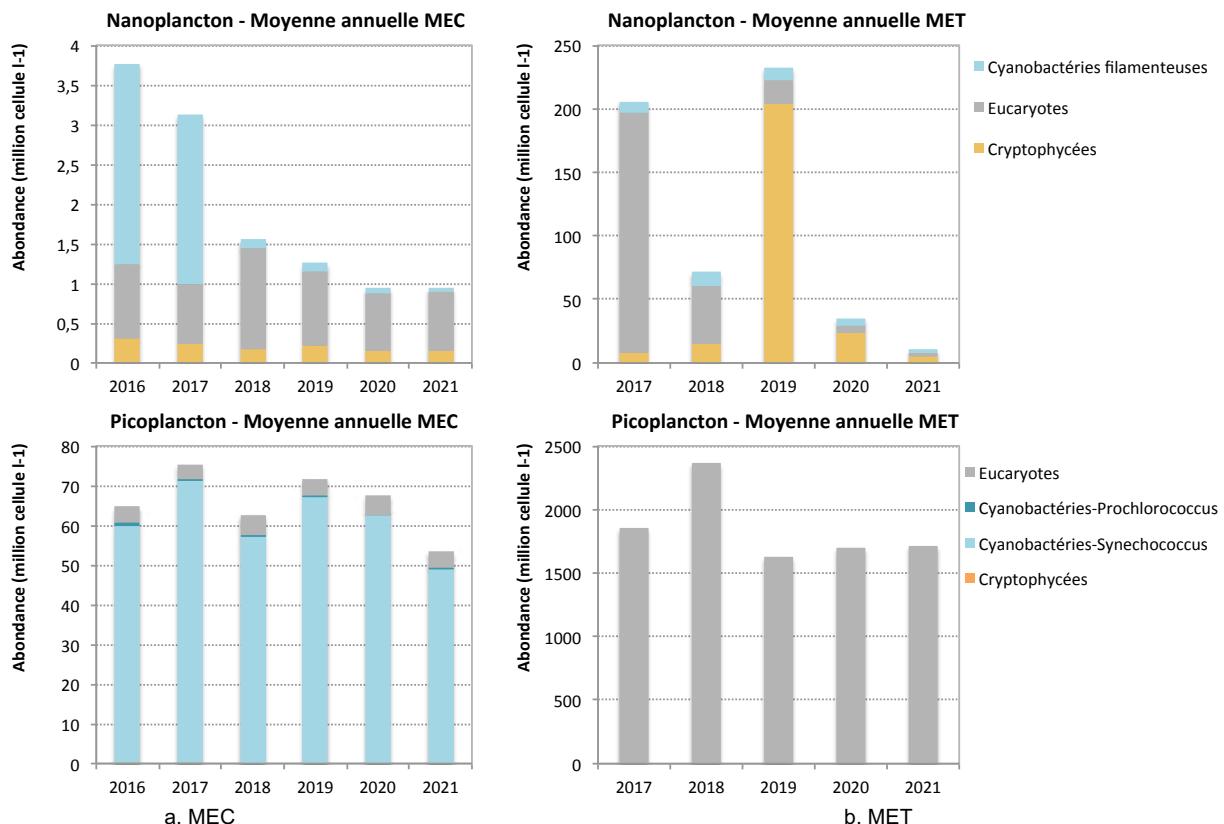


Figure 95 : Abondances moyennes annuelles du nano et pico-plancton des MEC (a) et de la MET (b) et des groupes d'organismes qui le composent, entre 2016 et 2021 (MEC, n=84, n=126 en 2019 ; MET, n=4, n=6 en 2019-2021)

2.3.4.4 Abondance microphytoplanctonique

Pour l'analyse des données, les organismes sont classés selon trois catégories : diatomées, dinoflagellés, et autres. Dans la catégorie « Autres » se retrouvent les chlorophytes, cyanobactéries, cryptophytes, euglénophytes et haptophytes.

L'analyse des données du microplancton porte **uniquement sur les organismes pris en compte dans le calcul de l'indicateur**, soit les organismes de taille $> 20 \mu\text{m}$. La liste des organismes a été établie par le service VIGIES de l'Ifremer et **revue en 2021** (cf. Annexe 2) (Séchaud et al., 2021, Allenou et al., 2019, expertise N°2). **Depuis avril 2021, les comptages sont réalisés à objectif X 20 (sauf pour Etang des Salines) et les taxons < 20 μm ne sont plus comptabilisés** (Séchaud et al., 2021). Ces éléments sont bancarisés dans Quadrige.

L'évolution annuelle du microphytoplancton est donnée par les résultats des sites Banc Gamelle et Pinsonnelle (Figure 96). La baisse de précision dans les comptages à partir du mois d'avril n'entraîne pas de différence dans les abondances totales présentées puisque seules les abondances des taxons indicateurs > 20 µm sont comprises dans les graphiques.

Pour Banc Gamelle, les abondances totales les plus faibles sont respectivement mesurées en septembre puis juillet et la plus forte en avril. En avril, la forte abondance est due à un bloom du dinoflagellé *Heterocapsa psammophila* (cf. Annexe 3). Ce bloom se retrouve à travers la concentration en pigment Peridinine (caractéristique des dinoflagellés) en avril (Figure 96). Les peuplements microphytoplanctoniques sont dominés par les diatomées la plupart des mois de l'année sauf en février, avril et août où la tendance est inversée en faveur des dinophycées.

Pour Pinsonnelle, les abondances sont plus élevées entre février et juin. Un pic isolé est observé en octobre et correspond à un bloom de la diatomée *Pseudo-nitzschia, complexe americana*, alors qu'il n'y a pas de bloom associé aux fortes abondances de début d'année

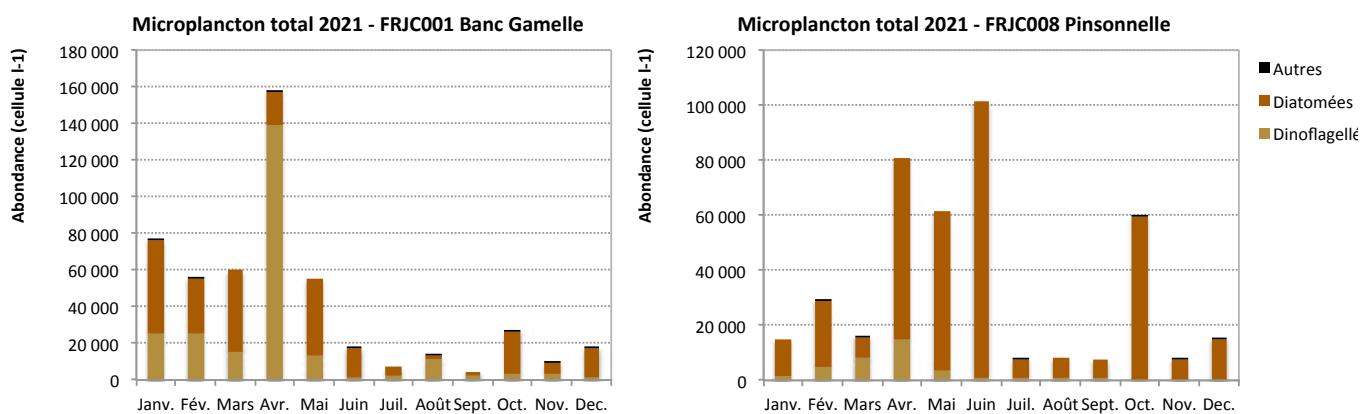


Figure 96 : Abondances mensuelles du microphytoplancton total pour Banc Gamelle – type 1 et Pinsonnelle – type 2, en 2021

En 2021, l'abondance moyenne du microphytoplancton total pour toutes les masses d'eau côtières, se situe entre 25 000 et 75 000 cellules/l aux différentes campagnes de suivi, sauf en octobre où l'abondance totale atteint presque 200 000 cellules/l (Figure 97). Le peuplement microphytoplanctonique est dominé par les diatomées. Les fortes abondances microphytoplanctoniques du mois d'octobre ne sont pas traduites par les biomasses en pigments (Figure 91).

Pour la masse d'eau de transition (site Etang des Salines) les abondances sont entre 10 et 120 fois plus élevées que celles des masses d'eau côtières. Les plus fortes abondances sont retrouvées en juin et août et la plus faible en décembre.

Le peuplement microplanctonique est dominé par les dinophycées en août. Cette dominance ne transparaît pas à travers les pigments qui caractérisent le mieux les dinophycées (Péridinine, Chlorophylle C2 et Diadinoxanthine). Le groupe « Autre » est composé de cellules de taille < 20 µm présentes dans l'échantillon. Bien que ne faisant pas partie de l'indicateur, elles sont représentées dans un graphique séparé car nombreuses par rapport aux masses d'eau côtières. Il est intéressant de les analyser pour comprendre le peuplement. Ce groupe comprend essentiellement des cyanophycées, majoritaires, ainsi que des chlorophytes. Les abondances varient d'environ 3 millions à près de 16 millions de cellules/l. Ces fortes abondances sont liées à la présence de cyanophycées des genres *Planktothrix*, *Chroococcus* et *Limnothrix*.

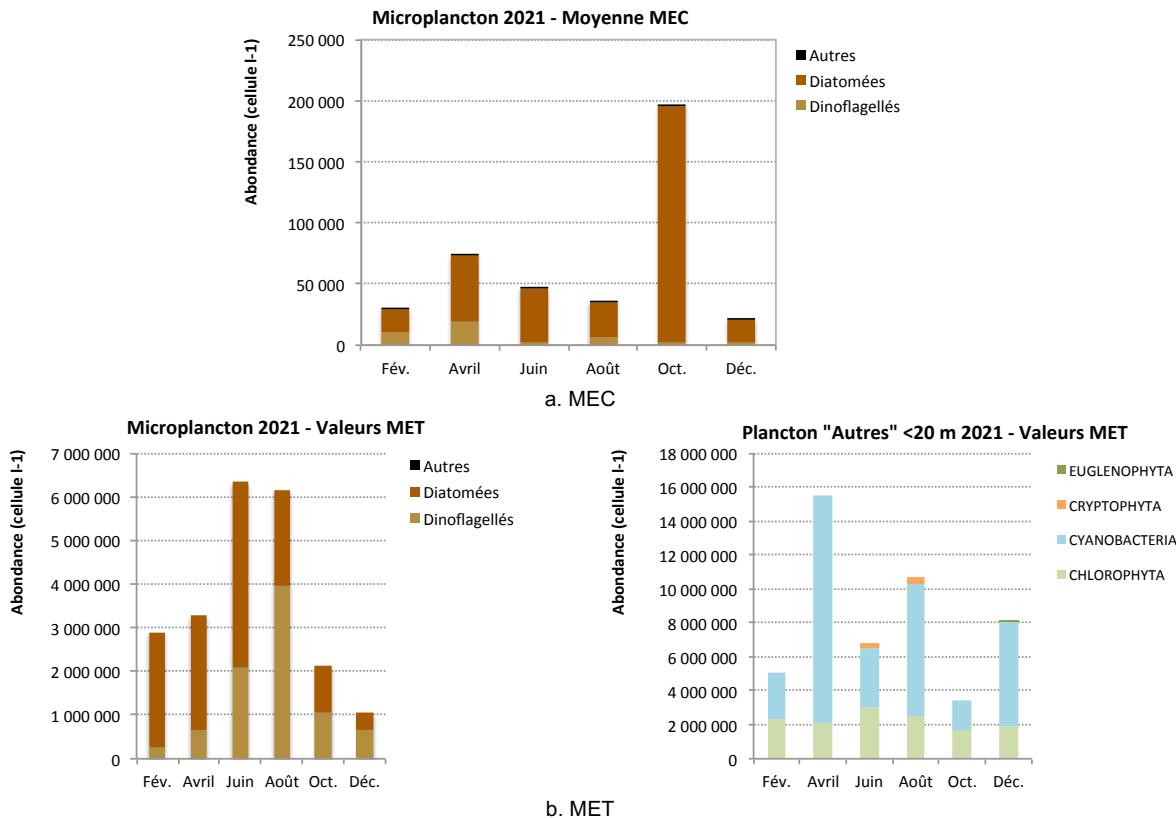


Figure 97 : Abondances bimensuelles du microphytoplancton des MEC (a) (moyenne, n=19 ou moins si données manquantes) et de la MET (b) et des groupes d'organismes qui le composent, en 2021

De 2014 à 2018, l'expertise taxonomique était réalisée par Alina Tunin-Ley. A partir de 2019, celle-ci a été réalisée par Sylvain Coulon. En 2019 et 2020, les abondances sont beaucoup plus élevées pour certains taxons. Suite à l'expertise menée en 2020-2021 par l'Ifremer (Séchaud et al. 2021), le protocole d'identification a été modifié à partir d'avril 2021 avec une baisse du niveau de résolution des identifications.

L'abondance microphytoplanctonique moyenne des sites côtiers est en constante évolution entre 2016 et 2018 (Figure 98).

En 2019 et 2020, les abondances ont presque doublé, principalement du fait de la méthode de comptage (en 2019, l'abondance du groupe dinoflagellés a doublé, et celle du groupe « Autre » présente une très forte augmentation).

En 2021, l'abondance totale se situe entre la valeur de 2017 et 2018.

Concernant la masse d'eau de transition, les abondances totales les plus faibles sont retrouvées en 2017 et 2018. En 2021, l'abondance totale est un peu plus du double de celle de 2018. A voir si cette tendance à l'augmentation se maintient dans les années à venir.



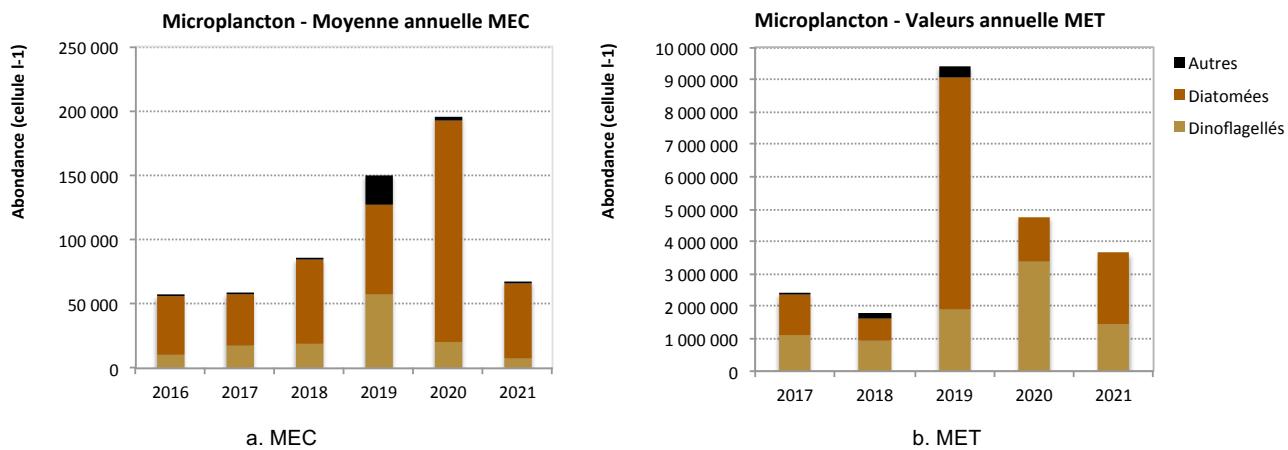


Figure 98 : Abondances moyennes annuelles du microphytoplancton des MEC (a) et de la MET (b) et des groupes d'organismes qui le composent, entre 2016 et 2021 (2014-2018 : MEC, n=84 ; MET, n=4. 2019- 2021 : MEC, n=126 ; MET, n=6)

Sur les 20 sites échantillonnés, neuf sites ne présentent pas d'organisme en bloom (> 25 000 cellules/l) sur l'ensemble des campagnes (Tableau 22). Le mois d'octobre est celui qui présente la plus grande fréquence de blooms (10 sites/19 sans bloom), contrairement aux deux années précédentes où le mois d'août était celui avec le plus de blooms. Hormis Etang des Salines, le plus fort bloom est mesuré au mois d'octobre au site Baie du Galion (1 197 000 cellules/l) puis également au mois d'octobre au site Ilet à Rats (1 144 000 cellules/l). A Etang des Salines, l'abondance la plus forte atteint 3 millions de cellules/l. Le détail des blooms par site est présenté en annexe 3.

Tableau 22 : Abondances maximales des taxons indicateurs mesurées aux sites à chacune des campagnes en 2021
(En rouge : abondances maximales dépassant le seuil de 25 000 cell/l)

| | Janv. | Fév. | Mars | Avril | Mai | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|----------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|-------|-----------|--------|---------|--------|
| Baie du Galion | | 6 900 | 37 200 | | 21 700 | | 6 200 | | 1 197 000 | | 20 300 | |
| Baie du Marin | | 9 500 | 24 000 | | 15 700 | | 3 200 | | 115 800 | | 4 400 | |
| Baie du Robert | | 8 200 | 586 200 | | 5 500 | | 83 800 | | 103 000 | | 10 500 | |
| Banc du Diamant | | 4 500 | 2 600 | | 4 800 | | 1 200 | | 5 800 | | 2 100 | |
| Banc Gamelle | 8 400 | 9 000 | 15 000 | 84 900 | 11 400 | 3 200 | 1 400 | 2 700 | 1 000 | 8 600 | 2 700 | 4 800 |
| Cap Saint Martin | | 3 400 | 2 900 | | 16 400 | | 5 100 | | 900 | | 4 100 | |
| Cap Salomon | | 4 200 | 1 300 | | 4 000 | | 1 100 | | 2 300 | | 5 700 | |
| Caye d'Olbian | | 2 400 | 3 200 | | 5 200 | | 1 000 | | 4 600 | | 1 400 | |
| Caye Pariadis | | 2 100 | 7 100 | | 7 700 | | 620 | | 1 900 | | 1 700 | |
| Corps de Garde | | 3 400 | 1 300 | | 7 800 | | 1 900 | | 20 800 | | 12 000 | |
| Etang des Salines - Centre | | 1 056 000 | 1 980 000 | 3 168 000 | 2 200 000 | | | | 924 200 | | 264 100 | |
| Fond Boucher | | 2 400 | 1 600 | 6 400 | 970 | | | | 1 200 | | 2 200 | |
| Loup Caravelle | | 2 600 | 3 200 | 12 600 | 13 400 | | | | 109 100 | | 2 300 | |
| Loup Garou | | 5 300 | 2 900 | 2 700 | 2 700 | | | | 38 800 | | 1 400 | |
| Loup Ministre | | 7 700 | 8 700 | 12 100 | 9 100 | | | | 86 800 | | 2 800 | |
| Pinsonnelle | 2 900 | 9 000 | 4 400 | 13 700 | 12 100 | 23 600 | 1 800 | 1 400 | 1 600 | 33 800 | 2 500 | 3 100 |
| Pointe Borgnesse | | 2 100 | 3 200 | 5 300 | 1 600 | | | | 41 600 | | 4 500 | |
| Pointe Catherine | | 4 800 | 1 800 | 8 800 | 2 300 | | | | 157 700 | | 2 500 | |
| Ilets à rats | | 7 900 | 5 300 | 7 800 | 37 400 | | | | 1 144 000 | | 4 800 | |
| Baie du Trésor | | 14 800 | | 8 400 | 17 700 | | | | 5 200 | 59 400 | | 11 300 |

2.3.5 Evaluation DCE 2016-2021

Pour l'évaluation de l'indicateur biologique phytoplancton, la DCE prévoit trois indices:

- la biomasse : mesure de la chlorophylle *a* par spectrophotométrie, fluorimétrie ou HPLC
- l'abondance : identification taxinomique et dénombrement des cellules par microscopie inversée (méthode Uthermühl) et/ou cytométrie en flux
- la composition (espèces nuisibles pour l'écosystème).

En Martinique, depuis 2012 l'indicateur phytoplancton se compose des indices biomasse et abondance. L'indice composition, en cours d'étude en métropole, est également en attente pour la Martinique.

2.3.5.1 Grilles de qualité

Indice biomasse

Le paramètre choisi pour l'évaluation de l'indice biomasse est la **concentration en chlorophylle *a*** ($\mu\text{g.l}^{-1}$).

La grille de qualité retenue par Gailhard-Rocher *et al.* (2012) pour cet indice en Martinique est la suivante (Tableau 23).

Le guide d'évaluation 2018 (MTES, 2018) met en avant les limites d'application du calcul de l'indice biomasse avec les résultats obtenus par la méthode d'analyse en spectrophotométrie. Cette méthode donne des résultats peu fiables à des concentrations inférieures à $0,3 \mu\text{g.l}^{-1}$. Pour la Martinique, cette méthode a été utilisée jusqu'en 2013, puis a été remplacée par le méthode en Chromatographie Liquide Haute Performance (HPLC) à partir de 2014. **L'indice biomasse est calculé uniquement avec les données obtenues par HPLC.**

La méthode HPLC donne les résultats pour la totalité des pigments phytoplanctoniques. Il existe un paramètre TotChloa qui comprend la chlorophylle *a* et ses allomères et épimères, soit la somme Chla+divinyl-Chla+chlorophylide *a*. Pour le calcul de l'indice, il faut retenir uniquement le paramètre Chl *a*.

Tableau 23 : Grille de qualité DCE retenue pour l'indice biomasse en Martinique

| Type de ME | Référence ($\mu\text{g.l}^{-1}$) | Très bon | Bon | Moyen | Médiocre | Mauvais |
|------------|------------------------------------|----------|--------------|--------------|--------------|---------|
| 1 à 8 | 0,2 | 0,3] |] 0,3-0,6] |] 0,6-1,2] |] 1,2-2,4] |] 2,4 |
| EQR | | 0,67] |] 0,67-0,33] |] 0,33-0,17] |] 0,17-0,08] |] 0,08 |

Source : Gailhard-Rocher *et al.*, 2012

Métrique : Percentile 90 des concentrations en chlorophylle *a*, sur 6 années glissantes

Le percentile 90 permet la prise en compte de la majorité des données, y compris celles des pics, tout en excluant les valeurs extrêmes de ces pics (= valeurs potentiellement liées à des phénomènes exceptionnels ou à des erreurs analytiques). **Le percentile 90 a été retenu comme la métrique la plus adaptée pour le calcul de l'indice biomasse chlorophyllienne dans le cadre de la DCE**, en métropole et en Martinique.

Indice abondance

L'indice abondance vient compléter l'indice biomasse en apportant des informations sur la fréquence des efflorescences phytoplanctoniques, élément lui aussi pouvant être caractéristique d'éventuels dysfonctionnements de l'écosystème (Gailhard-Rocher *et al.*, 2012).

- En métropole :

Le paramètre choisi pour l'évaluation de l'indice abondance repose sur la proportion de blooms pour l'ensemble des ME sauf les lagunes méditerranéennes. Le seuil de définition d'un bloom phytoplanctonique est fixé à 100 000 cellules/l. Les abondances sont obtenues à partir de données d'observations microscopiques du micro-phytoplancton.

Dans le cas des lagunes méditerranéennes, masses d'eau les plus oligotrophes, l'indice est basé sur des analyses en cytométrie en flux du nano et pico-phytoplancton (concentrations en millions de cellules par litre).

- En Martinique :

Deux paramètres ont été suivis :

- (1) la proportion de blooms du micro-phytoplancton
- (2) la concentration (en millions de cellules / litre) en nano et pico-phytoplancton.

Pour le moment, seuls les résultats du micro-phytoplancton sont utilisés.

Dans l'état actuel des connaissances, la DCE se focalise sur les organismes dont l'abondance est anormalement

élevée indiquant une production inhabituelle (bloom) pouvant être due à un enrichissement du milieu. L'abondance correspondant à un bloom était jusqu'à maintenant définie provisoirement pour les Antilles comme supérieure à 10 000 cellules/l. L'Ifremer a mené une expertise visant à tester de nouveaux seuils afin d'obtenir des résultats de qualité cohérents entre la Guadeloupe et la Martinique. En effet, le seuil à 10 000 cellules/l se révélait très pénalisant pour la Guadeloupe. **Un seuil de bloom à 25 000 cellules/l a été préconisé pour les eaux littorales Antilles**, et devra être validé au niveau national (De Rock et al., 2019, expertise N°2). La composition taxonomique ou l'abondance globale des échantillons sont des éléments qui ne sont pas pris en compte dans l'évaluation DCE (Indice composition toujours en cours d'élaboration en métropole).

La grille de qualité définie pour l'indice abondance repose sur le pourcentage d'échantillons avec blooms.

Tableau 24 : Grille de qualité DCE retenue pour l'indice abondance (micro-phytoplancton)

| Type de ME | Référence (%) | Très bon | Bon | Moyen | Médiocre | Mauvais |
|------------|---------------|----------|--------------|--------------|--------------|---------|
| 1 à 8 | 16,7 | 20] |] 20-40] |] 40-70] |] 70-90] |] 90 |
| EQR | 1 | 1] |] 0,84-0,43] |] 0,43-0,24] |] 0,24-0,19] |] 0,19 |

Source Belin et Lamoureux, 2015.

Métrique : Pourcentage d'échantillons pour lesquels au moins un taxon est en « état bloom », sur 6 années glissantes

Agrégation des indices pour l'indicateur phytoplancton

Le calcul de l'indicateur « phytoplancton » est réalisé en **moyennant les valeurs des EQR** obtenues pour les indices **biomasse et abondance – proportion de blooms** (Belin, 2015). La grille de l'indicateur a également été construite en moyennant les valeurs seuils de ces deux indices. Ainsi, les valeurs de l'indicateur correspondent déjà à des EQR.

Tableau 25 : Grille de qualité DCE retenue pour l'indicateur « phytoplancton » en Martinique, exprimé sous forme d'EQR

| Type de ME | Référence (%) | Très bon | Bon | Moyen | Médiocre | Mauvais |
|------------|---------------|----------|--------------|--------------|--------------|---------|
| EQR | 1 | 0,75] |] 0,75-0,38] |] 0,38-0,20] |] 0,20-0,13] |] 0,13 |

Source Belin & Lamoureux, 2015 (IFREMER)

2.3.5.2 Qualité par le phytoplancton: résultats des indices biomasse et abondance et de l'indicateur phytoplancton

Indice biomasse

L'indice biomasse phytoplanctonique est utilisé pour l'évaluation DCE. Il est calculé selon le percentile 90 des valeurs de concentration ($\mu\text{g.l}^{-1}$) en chlorophylle a, qualifiées « Bon » et « Non qualifié », obtenues par la méthode HPLC.

Le paramètre biomasse phytoplanctonique est étudié depuis 2012. Pour la biomasse mesurée par la méthode HPLC, les données sont cumulées depuis mi-2014 pour tous les sites du réseau.

Le nombre de valeurs disponibles pour le calcul du percentile 90 varie selon les masses d'eau (Tableau 26). Sur l'intervalle 2016-2021, il y a théoriquement :

- 30 valeurs attendues pour les masses d'eau au suivi trimestriel, puis bimestriel depuis 2019 ;
- 72 valeurs attendues pour les sites au suivi mensuel : Banc Gamelle et Pinsonnelle ;
- 26 valeurs attendues pour les sites ajoutés en 2017 : Pointe Catherine, Baie du Galion et Baie du Robert.

Le nombre de valeurs disponibles pour le calcul de l'indicateur peut varier du nombre de valeurs attendues en cas de données absentes ou qualifiées en FAUSSES ou DOUTEUSES.

Il y a une valeur manquante à Pinsonnelle en 2020 car la campagne d'avril s'est déroulée début mai (décalage confinement COVID).

Tableau 26 : Nombre de données disponibles pour le paramètre chlorophylle a sur les sites DCE pour la période 2016-2021 (ME = Masse d'Eau)

| Type | Code ME | Site | Campagne | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | Nbre total valeurs |
|---------|----------------|----------------|-----------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 30 |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| FRJC007 | Illet à Rats | Illet à Rats | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 30 |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| FRJC001 | Banc Gamelle | Banc Gamelle | Janvier | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 30 |
| | | | Février | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Mai | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Juillet | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Novembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| FRJC010 | Baie du Marin | Baie du Marin | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 30 |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| FRJC005 | Baie du Robert | Baie du Robert | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 30 |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| FRJC014 | Baie du Galion | Baie du Galion | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 26 |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| FRJC008 | Pinsonnelle | Pinsonnelle | Janvier | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 71 |
| | | | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | | | | | | | |
| | | | Avril | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Mai | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Juillet | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | | | | | | | | |
| FRJC006 | Caye Pariadis | Caye Pariadis | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 30 |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| FRJC012 | Loup Ministre | Loup Ministre | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 30 |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 30 |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 30 |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 30 |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| FRJC002 | Fond Boucher | Fond Boucher | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 30 |
| | | | Avril | | | | | | | |

Les résultats du paramètre biomasse obtenus en 2021 n'ont pas entraîné de changement de qualité des masses d'eau par rapport à 2020.

L'indice biomasse classe globalement les masses d'eau en Bon ou Moyen (Figure 99). Deux masses d'eau sont classées en Médiocre, ce sont FRJC014 - Baie du Galion et FRJC005 - Baie du Robert.

La chlorophylle *a* étant un indicateur intégrateur, les qualités obtenues pour l'indice biomasse dans les baies se montrent cohérentes avec les enrichissements qui peuvent provenir du milieu terrestre. De surcroit, pour les baies du Galion et du Robert, il peut également s'agir d'un enrichissement lié à l'échouage des algues sargasses.

La masse d'eau de transition est classée en Mauvais, mais cette évaluation est donnée à titre indicatif car il n'y pour l'instant pas de grille adaptée. En effet, les résultats présentés plus haut mettent en avant des biomasses largement plus élevées pour l'Etang des Salines par rapport aux masses d'eau côtières.

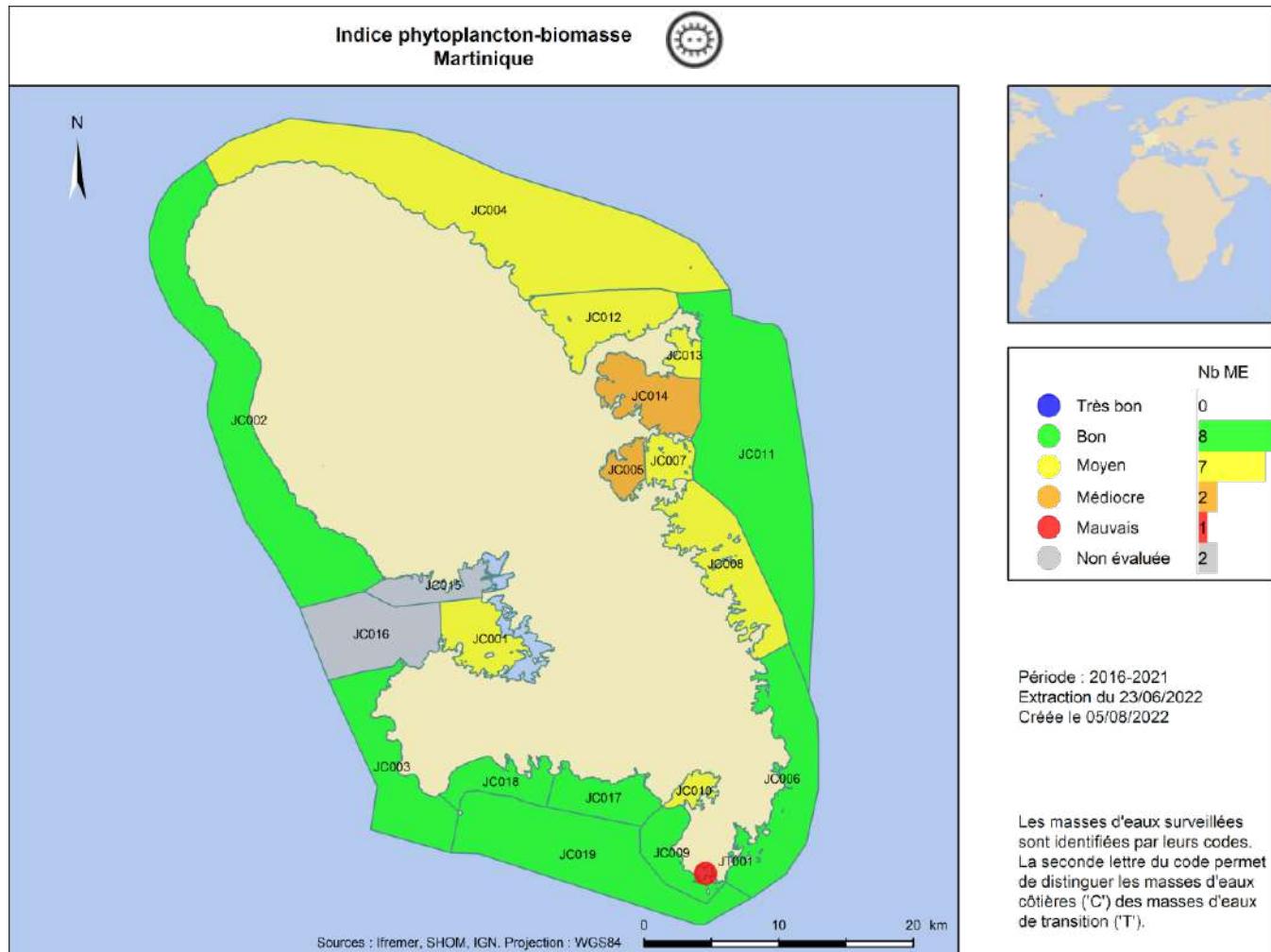


Figure 99 : Qualité des masses d'eau DCE au regard de l'indice de biomasse (chlorophylle a), évaluée selon la grille de qualité Gailhard-Rocher, 2012.

Indice abondance

L'indice abondance phytoplanctonique est utilisé pour l'évaluation DCE. Il est calculé à partir des données de bloom du microphytoplancton et correspond au % d'échantillons avec au moins un taxon dont l'abondance est supérieure à 25 000 cellules/l (seuil de bloom). Le taxon doit appartenir au microplancton, soit avoir une taille supérieure à 20 µm. Les données utilisées sont celles qualifiées en « Bon » et « Non qualifié ».

La liste des taxons retenus pour le calcul de l'indice d'abondance a été révisée en 2021 par Sylvain Coulon et la cellule REPHY. Cette liste comprend les taxons dont la taille est strictement supérieure à 20 µm. Les taxons dont la valeur inférieure de la gamme de taille est en dessous de 20 µm ont été exclus, ainsi que les petites cellules formant des filaments (cyanobactéries).

Le paramètre abondance du phytoplancton est étudié depuis 2012. Jusqu'en 2018, les comptages étaient réalisés par Hydrô Réunion. Depuis le renouvellement du marché en 2019, les comptages sont maintenant réalisés par le même opérateur que pour la DCE Guadeloupe, soit Sylvain Coulon.

Le nombre de valeurs disponibles pour le calcul du percentile 90 varie selon les masses d'eau (Tableau 26). Sur l'intervalle 2016-2021, il y a théoriquement :

- 30 valeurs attendues pour les masses d'eau au suivi trimestriel, puis bimestriel depuis 2019 ;
- 72 valeurs attendues pour les sites au suivi mensuel : Banc Gamelle et Pinsonnelle ;
- 26 valeurs attendues pour les sites ajoutés en 2017 : Pointe Catherine, Baie du Galion et Baie du Robert.

Le nombre de valeurs disponibles pour le calcul de l'indicateur peut varier du nombre de valeurs attendues en cas de données absentes ou qualifiées en FAUSSES ou DOUTEUSES.

Il y a eu de nombreuses valeurs manquantes en 2020 du fait d'un problème de transport.

Tableau 27 : Nombre de données disponibles pour le paramètre abondance (microphytoplancton) sur les sites DCE pour la période 2016-2021. (ME = Masse d'Eau)

| Type | Code ME | Site | Campagne | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | Nbre total valeurs |
|---------|------------------|------------------|------------------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | | | | | | | | 30 |
| FRJC007 | Ilet à Rats | Ilet à Rats | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| FRJC001 | Banc Gamelle | Banc Gamelle | Janvier | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Février | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Mai | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Juillet | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Novembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| FRJC010 | Baie du Marin | Baie du Marin | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| FRJC005 | Baie du Robert | Baie du Robert | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | | | | | | | | 28 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| FRJC014 | Baie du Galion | Baie du Galion | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| FRJC008 | Pinsonnelle | Pinsonnelle | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | | | | | | | | 24 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| FRJC006 | Caye Pariadis | Caye Pariadis | Janvier | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Février | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Juillet | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| FRJC012 | Loup Ministre | Loup Ministre | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | | | | | | | | 30 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | | | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | | | | | | | | 29 |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle | Février | | | | | | | |
| | | | Cap Saint Martin | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | | | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | | | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | | | | | | | | 30 |
| FRJC002 | Fond Boucher | Fond Boucher | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | | | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | | | | | | | | 27 |
| FRJC017 | Corps de Garde | Corps de Garde | Février | | | | | | | |
| | | | Pointe Borgnesse | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | | | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| FRJC018 | Caye d'Olbian | Caye d'Olbian | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | | | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | | | | | | | | 29 |
| FRJC009 | Pointe Catherine | Pointe Catherine | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | | | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | | | | | | | | 23 |
| FRJC019 | Banc du Diamant | Banc du Diamant | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |

Depuis le changement d'opérateur pour les comptages en 2019, les abondances sont beaucoup plus élevées pour certains taxons en 2019 et 2020. Suite à l'expertise menée en 2020-2021 par l'Ifremer (Séchaud et al. 2021), le protocole d'identification a été modifié à partir d'avril 2021 avec une baisse du niveau de résolution des identifications.

Depuis 2019, les qualités obtenues pour l'indice abondance sont déclassées pour une grande partie des masses d'eau par rapport à 2018 (Figure 100).

En 2021 par rapport à 2020, la qualité s'est améliorée sur trois masses d'eau (Baie du Robert FRJC005 ; Large Baie du Robert FRJC007 et sud Caraïbe FRJC019) et dégradée sur une masse d'eau (large Atlantique FRJC011).

La plupart des masses d'eau sont classées en Bon sauf :

- trois masses d'eau sont classées en Très Bon : la masse d'eau du sud Atlantique (FRJC006), celle du sud Caraïbe (FRJC019) et celle des Anses d'Arlet (FRJC003).
- quatre masses d'eau sont classées en Moyen : Baie du Robert FRJC005 ; Large Baie du Robert FRJC007 ; Baie du Trésor FRJC013 et Baie du Galion FRJC014.

La masse d'eau de transition est classée en Mauvais, mais cette évaluation est donnée à titre indicatif car il n'y pour l'instant pas de grille adaptée. En effet, les résultats présentés plus haut mettent en avant des abondances bien plus élevées pour l'Etang des Salines.

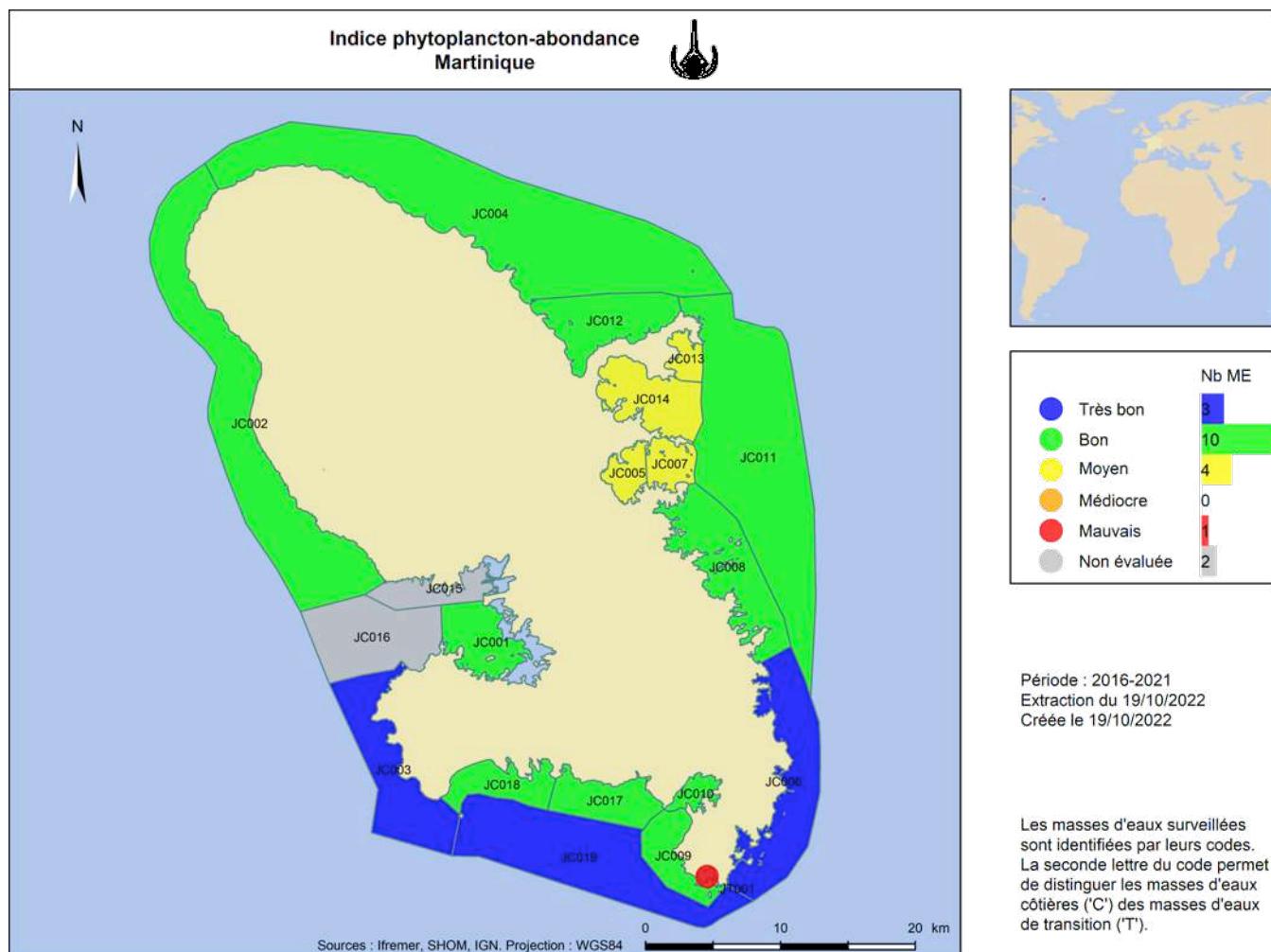


Figure 100 : Qualité des masses d'eau DCE au regard de l'indice d'abondance (microphytoplancton), évalué selon la grille de qualité Belin & Lamoureux, 2015 et le seuil Allenou, 2019.

Indicateur phytoplancton

L'indicateur phytoplancton résulte de la combinaison des résultats :

- de biomasse, représentée uniquement par la concentration en chlorophylle a et ;
- d'abondance, représentée uniquement par les concentrations du microplancton et leur dépassement du seuil de 25 000 cellules/l.

La moyenne des EQR de ces deux indices permet d'obtenir la note de qualité de l'indicateur phytoplancton (Figure 101).

La combinaison des indices pour donner l'indicateur phytoplancton donne (Figure 101) :

- Deux masses d'eau en Très Bon : FRJC003 – Cap Salomon et FRJC019 – Banc du Diamant
- Dix masses d'eau en Bon
- Quatre masses d'eau en Moyen : FRJC013 - Baie du Trésor, FRJC014 – Baie du Galion, FRJC007 – Illet à Rats et FRJC001 – Banc Gamelle
- Une masse d'eau en Médiocre, FRJC005 - Baie du Robert.

Par rapport à 2020, cela représente une amélioration pour deux masses d'eau FRJC014 – Baie du Galion et FRJC019 – Banc du Diamant.

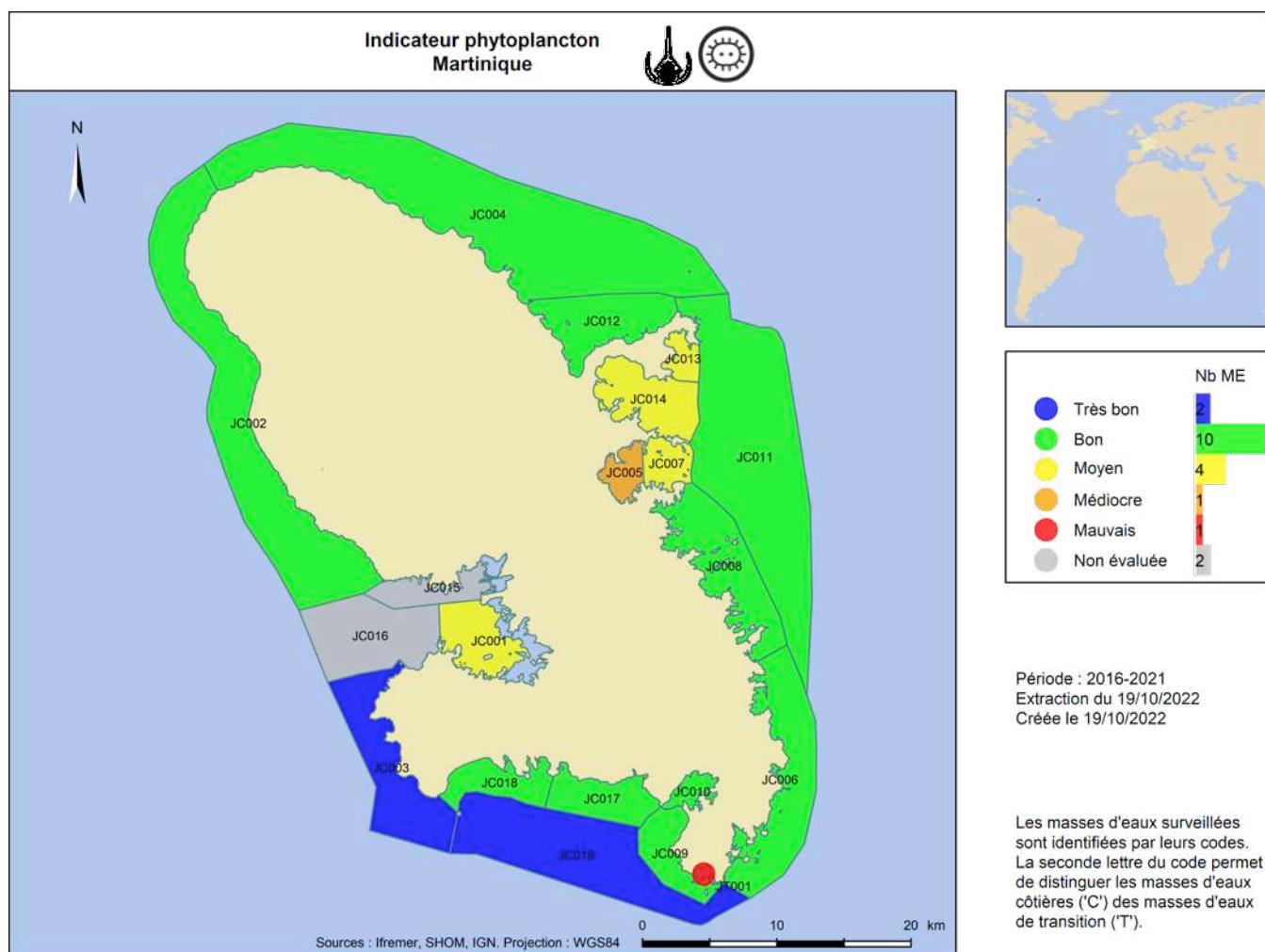


Figure 101 : Qualité des masses d'eau DCE au regard de l'indicateur phytoplancton, évalué selon la grille de qualité Belin & Lamoureux, 2015.

2.4 Qualité physico-chimique : Indicateur température

2.4.1 Protocole pour les paramètres physico-chimiques *in situ*

Depuis 2019, le suivi des paramètres *in situ* est bimestriel (6 fois/an : fév., avril, juin, août, oct., déc.), sauf sur deux sites où il est mensuel (Banc Gamelle et Pinsonnelle).

Des mesures *in situ* (température, salinité, pH, oxygène dissous et saturation en oxygène) sont réalisées à l'aide d'une sonde multiparamètres (YSI 6600), calibrée avant la prise de mesures. Les paramètres de calibration sont fournis dans le « Rapport de campagne » (Impact Mer, 2022). Les mesures sont réalisées de la sub-surface jusqu'à un mètre au-dessus fond.

Les détails des protocoles de suivi des paramètres *in situ* sont apportés dans le rapport de campagne complet de l'année 2021.

2.4.2 Bancarisation des données physico-chimiques

Les résultats des paramètres physico-chimiques sont intégrés à Quadrige 2 via deux fichiers « Quadrilabo » : un pour les paramètres *in situ* et le second pour les nutriments et la turbidité.

En 2021, les données ont été intégrées par Impact Mer dans Quadrige. La conformité du fichier Quadrilabo est d'abord testée via le site WEB de la cellule Q2, les erreurs (codes SANDRE, stratégies, PSFMU..) sont corrigées avec l'aide de l'assistance Quadrige de l'Ifremer, puis le fichier est intégré dans Quadrige.

Les données 2021 sont pré-qualifiées par Impact Mer, l'Ifremer et l'ODE afin d'éliminer les données aberrantes et donner des avis sur les valeurs douteuses. L'Ifremer procède par la suite à une qualification automatisée des données dans Quadrige 2.

2.4.3 Evaluations, calcul des indicateurs

Les évaluations pour la température, l'oxygène dissous et la turbidité ont été réalisées :

- par le service VIGIES de l'Ifremer avec des scripts de portée nationale adaptés pour les Antilles
- à partir des résultats bancarisés et qualifiés dans la base nationale Quadrige 2.

Pour les masses d'eau comportant plusieurs sites, c'est la valeur la plus pénalisante de chaque mois qui est conservée pour le calcul de l'indicateur.

Tous les mois sont pris en compte dans l'évaluation.

2.4.4 Résultats 2021 et comparaison historique

Les valeurs mesurées en 2021 (Figure 102) sont comparées aux valeurs des six dernières années (gauche) et présentées par mois (droite). Les valeurs de la masse d'eau de transition sont exclues pour ne pas influencer les médianes des masses d'eau côtières.

La médiane des données de température est en légère diminution entre 2019 et 2021 et l'étendue des valeurs de 2021 va de 26 à 29,7 °C. Les températures du mois d'avril sont supérieures à la médiane, alors que celles du mois de juin sont inférieures à la médiane. En 2021, le mois le plus frais est février et les plus chauds sont août et septembre.

En 2021, aucune valeur n'a été mesurée au-delà de 30°C.

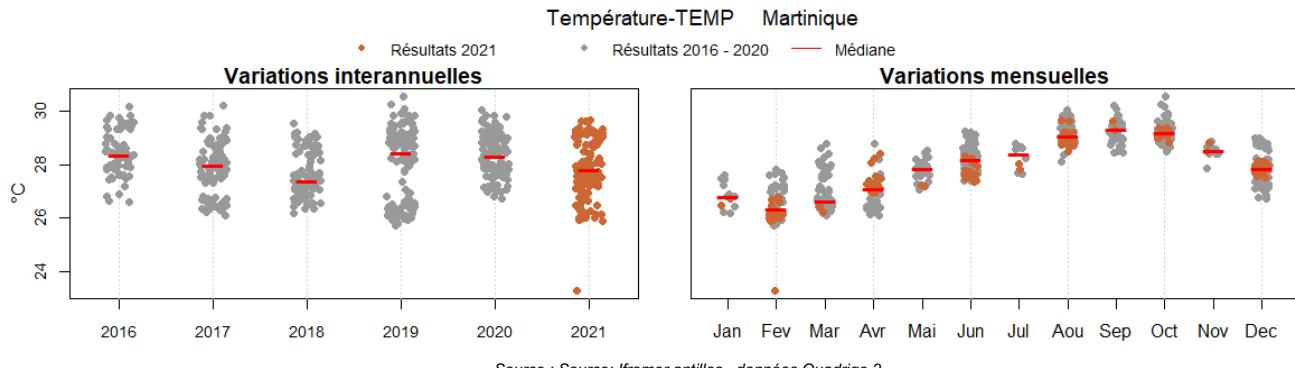


Figure 102 : Valeurs de température pour l'ensemble des sites DCE des masses d'eau côtières sur la période 2016-2021, variations interannuelles et mensuelles (points rouges : valeurs de 2021 ; traits rouges : médiane)

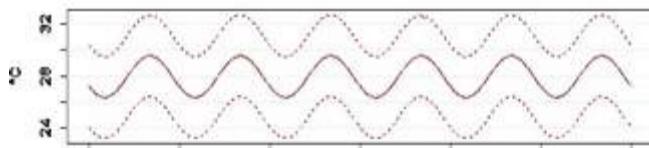
2.4.5 Evaluation DCE 2016-2021

2.4.5.1 Grilles de qualité

Pour la température, la sinusoïde de référence a été établie par l'Ifremer en 2018 à partir des données de sub-surface de masses d'eau côtières suivies en Martinique et en Guadeloupe sur la période antérieure au dernier état des lieux, soit les années 2007 à 2011.

Une évolution de la grille de qualité a également été proposée par Allenou et al. en 2019 afin que la meilleure qualité possible pour le paramètre température corresponde à Très Bon, plutôt que Bon comme inscrit dans les règles d'évaluation 2018 (MTES, 2018a).

Tableau 28 : Sinusoïde de référence pour les masses d'eau côtières proposée pour l'indicateur température en Martinique



Source Ifremer, 2018.

Tableau 29 : Grille de qualité pour l'indicateur température (écart à la sinusoïde en %)

| Type de ME | Très Bon | Inf. à T.Bon |
|------------|----------|--------------|
| 1 à 7 | [0-5[| [5 |

Allenou et al., 2019.

Métrique : % de valeurs de surface mensuelles en dehors d'une enveloppe de référence, sur 6 années glissantes.

L'indicateur température est abouti pour les DOM, il n'y a plus d'évolution attendue

2.4.5.1 Indicateur température

L'indicateur température est utilisé pour l'évaluation DCE. Les valeurs de sub-surface qualifiées en « Bon » et « Non qualifié » sont utilisées pour l'évaluation. Un pourcentage de données en dehors de l'enveloppe de référence pour un mois donné est établi. Puis la qualité est évaluée à partir de la grille Allenou et al. 2019.

Le nombre de valeurs disponibles pour le calcul du pourcentage varie selon les masses d'eau (Tableau 30). Sur l'intervalle 2016-2021, il y a théoriquement :

- 30 valeurs attendues pour les masses d'eau au suivi trimestriel, puis bimestriel depuis 2019 ;
- 72 valeurs attendues pour les sites au suivi mensuel : Banc Gamelle et Pinsonnelle ;
- 26 valeurs attendues pour les sites ajoutés en 2017 : Pointe Catherine, Baie du Galion et Baie du Robert.

Le nombre de valeurs disponibles pour le calcul de l'indicateur peut varier du nombre de valeurs attendues en cas de données absentes ou qualifiées en FAUSSES ou DOUTEUSES.

Il y a une valeur manquante pour la température, il s'agit de Pinsonnelle en avril 2020, dont le prélèvement a dû être décalé en mai en raison du confinement COVID.

L'évaluation pour l'indicateur température classe toutes les masses d'eau en Très Bon (Figure 103).

Il n'y a pas d'évaluation pour la masse d'eau de transition, faute d'un nombre suffisant de données et de sinusoïde et grille de qualité adaptées.

Tableau 30 : Jeu de données température sub-surface utilisées pour l'évaluation des masses d'eau sur la période 2016-2021 (ME = Masse d'Eau)

| Type | Code ME | Site | Campagne | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | Nbre total valeurs |
|------|---------|---------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | | | | |
| | | | Avril | | | | ● | ● | | |
| | | | Mai | | | | ● | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| | | | Septembre | ● | ● | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | | 30 |
| | FRJC007 | Illet à Rats | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | | | | |
| | | | Avril | | | | ● | ● | | |
| | | | Mai | | | | ● | ● | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| | | | Septembre | | ● | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | | ● | | | | | 30 |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | Janvier | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Février | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | ● | ● | ● | |
| | | | Mai | | | | ● | ● | ● | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Juillet | | | | | | | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | | | | | | | |
| | | | Octobre | | | | | | | |
| | | | Novembre | | | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 72 |
| | FRJC010 | Baie du Marin | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | | | | |
| | | | Avril | | | | ● | ● | | |
| | | | Mai | | | | ● | ● | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | ● | ● | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 30 |
| | FRJC005 | Baie du Robert | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | | | | |
| | | | Avril | | | | ● | ● | | |
| | | | Mai | | | | ● | ● | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | | ● | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 26 |
| | FRJC014 | Baie du Galion | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | | | | |
| | | | Avril | | | | ● | ● | | |
| | | | Mai | | | | ● | ● | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | | ● | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 26 |
| 2 | FRJC008 | Pinsonnelle | Janvier | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | ● | ● | ● | |
| | | | Mai | | | | ● | ● | ● | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Juillet | | | | | | | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | | | | | | | |
| | | | Octobre | | | | | | | |
| | | | Novembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 71 |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | | | | |
| | | | Avril | | | | ● | ● | | |
| | | | Mai | | | | ● | ● | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | | ● | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 30 |
| | FRJC012 | Loup Ministre | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | | | | |
| | | | Avril | | | | ● | ● | | |
| | | | Mai | | | | ● | ● | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | | ● | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 30 |
| | FRJC011 | Loup Garou | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | | | | |
| | | | Avril | | | | ● | ● | | |
| | | | Mai | | | | ● | ● | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | | ● | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 30 |
| | FRJC004 | Loup Caravelle | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | | | | |
| | | | Avril | | | | ● | ● | | |
| | | | Mai | | | | ● | ● | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | | ● | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 30 |
| | FRJC003 | Cap Salomon | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | | | | |
| | | | Avril | | | | ● | ● | | |
| | | | Mai | | | | ● | ● | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | | ● | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 30 |
| | FRJC002 | Fond Boucher | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | | | | |
| | | | Avril | | | | ● | ● | | |
| | | | Mai | | | | ● | ● | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | | ● | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 30 |
| | FRJC017 | Corps de Garde | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | | | | |
| | | | Avril | | | | ● | ● | | |
| | | | Mai | | | | ● | ● | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | | ● | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 30 |
| | FRJC018 | Caye d'Olbian | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | | | | |
| | | | Avril | | | | ● | ● | | |
| | | | Mai | | | | ● | ● | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | | ● | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 30 |
| | FRJC009 | Pointe Catherine | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | | | | |
| | | | Avril | | | | ● | ● | | |
| | | | Mai | | | | ● | ● | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | | ● | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 30 |
| | FRJC019 | Banc du Diamant | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | | | | |
| | | | Avril | | | | ● | ● | | |
| | | | Mai | | | | ● | ● | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | | ● | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 26 |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines - | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | | | | |
| | | | Avril | | | | ● | ● | | |
| | | | Mai | | | | ● | ● | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | | ● | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 26 |

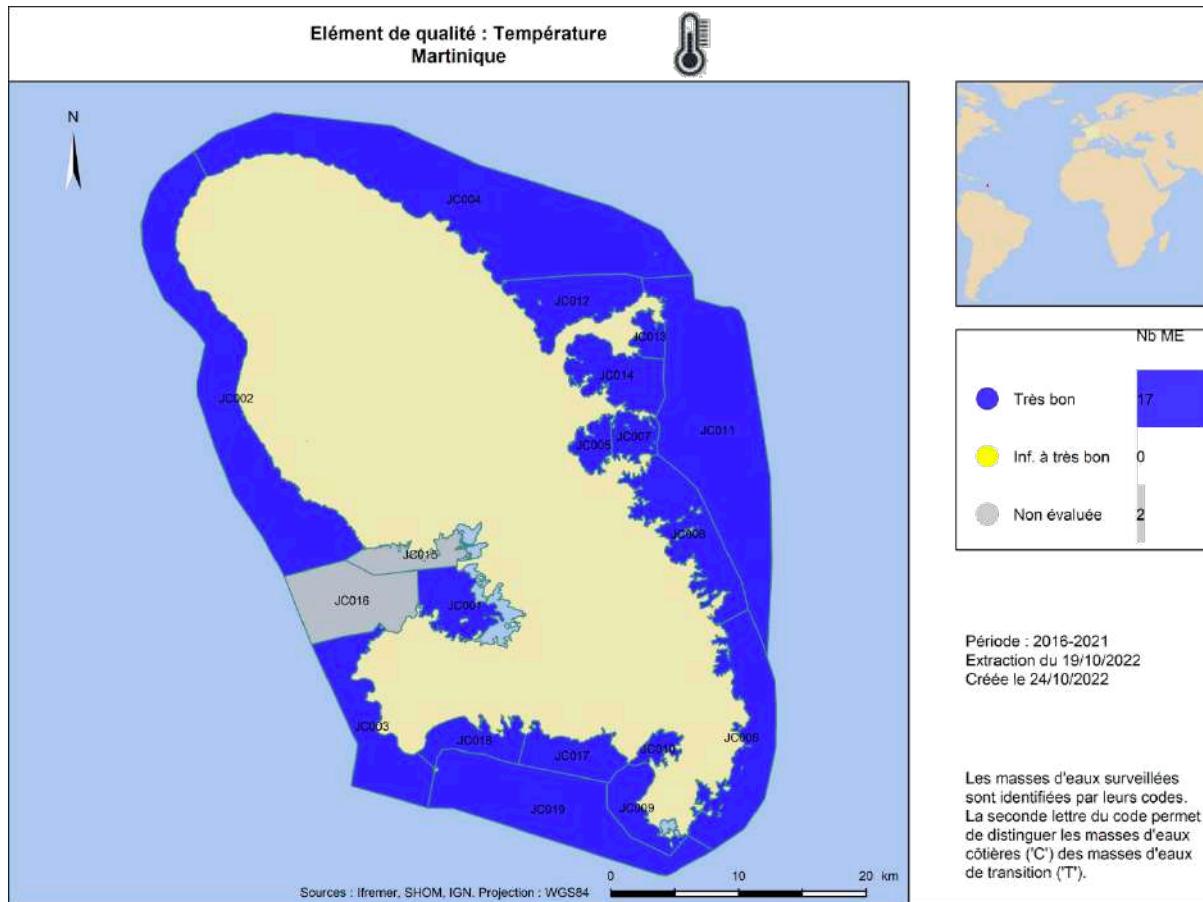


Figure 103 : Qualité des masses d'eau DCE au regard de l'indicateur température, évaluée selon la sinusoïde et la grille de qualité Allenou, 2019. (ME = Masse d'Eau)

2.5 Qualité physico-chimique : Indicateur oxygène

2.5.1 Protocole pour les paramètres physico-chimiques *in situ*

Pour l'oxygène, c'est la valeur d'oxygène dissous mesurée au fond qui est bancarisée.

2.5.2 Résultats 2021 et comparaison historique

Les valeurs mesurées en 2021 (Figure 104) sont comparées aux valeurs des années précédentes (gauche) et présentées par mois (droite). Les valeurs de la masse d'eau de transition sont exclues pour ne pas influencer les médianes des masses d'eau côtières. Les graphiques du haut comprennent les valeurs extrêmes et ceux du bas présentent les valeurs sans les extrêmes (s'il y en a) avec les seuils de la grille de qualité. La limite entre qualité Très Bonne et Bonne correspondent à la valeur de 5 mg/l.

La médiane de 2021 est similaire à celles des cinq années précédentes. Les valeurs les plus faibles sont mesurées en avril et les plus fortes en juin, août et octobre.

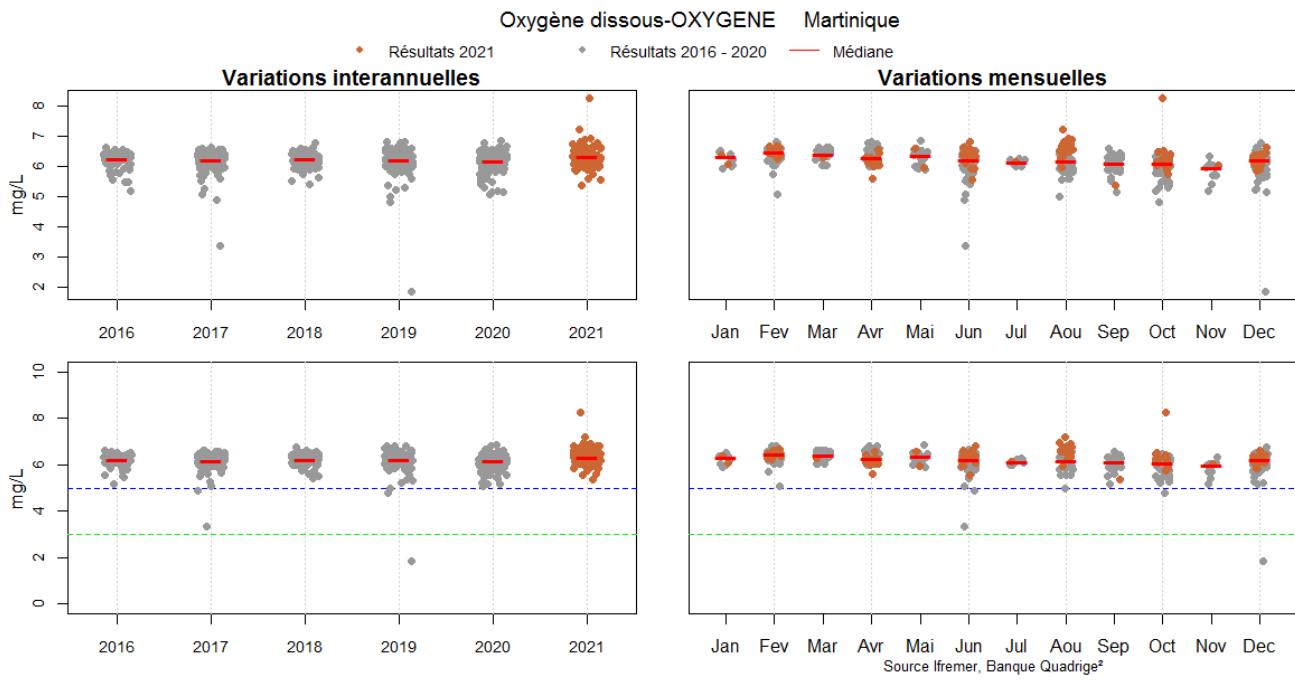
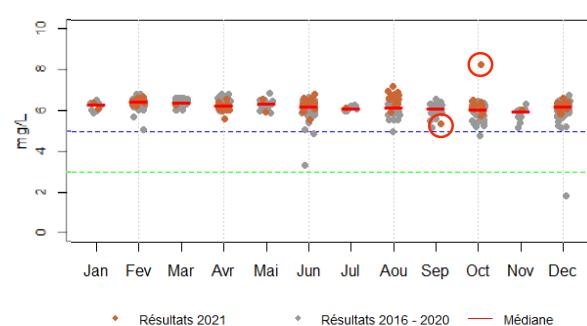


Figure 104 : Valeurs d'oxygène dissous (fond) pour l'ensemble des sites DCE des masses d'eau côtières sur la période 2016-2021, variations interannuelles et mensuelles (points rouges : valeurs de 2021 ; traits rouges : médianes ; pointillés couleur : seuil de la grille de qualité)

En vue de la qualification des données 2021 dans Quadrigé, les données ont été analysées afin d'identifier les valeurs proches ou inférieures à 5 mg/l et les valeurs élevées. Une interprétation est proposée afin de juger de la qualité BONNE, DOUTEUSE ou MAUVAISE de la donnée.



Les valeurs les plus faibles ont été mesurées à :

| Masse d'eau et site | Valeur 2021 | Commentaire | Qualification |
|--------------------------------|-----------------------|--|---------------|
| FRJC008 : Pinsonnelle (type 2) | septembre (5,38 mg/l) | heure de mesure similaire aux autres campagne, pas de facteur explicatif | BONNE |
| FRJC007 : Ilet à Rats (type 1) | octobre (8,25 mg/l) | erreur de notation, vraie valeur = 6,25 mg/l | BONNE |

Suite à cette analyse, aucune valeur d'oxygène n'a été écartée pour 2021.

2.5.3 Evaluation DCE 2016-2021

2.5.3.1 Grilles de qualité

L'indicateur oxygène est abouti pour les masses d'eau côtières des DOM, il n'y a plus d'évolution attendue.

Evolutions attendues en 2023 pour la masse d'eau de transition : la grille reste à valider

Deux paramètres sont mesurés lors des suivis DCE : l'oxygène dissous et le pourcentage de saturation en oxygène. Le paramètre retenu pour l'évaluation de l'indicateur oxygène est la **concentration en oxygène dissous du fond (mg/l)**.

Une grille commune est proposée, dans le guide d'évaluation (MTES, 2018), pour les masses d'eaux côtières et de transition de métropole et des DOM (Tableau 31). Les seuils sont basés sur une étude bibliographique considérant que quel que soit le milieu, un niveau minimum de 5 mg/L d'oxygène dissous est nécessaire pour la vie aquatique (Daniel et Lamoureux, 2015a ; Gao et Song, 2008). Lorsque la concentration baisse à 3 mg/L, la plupart des organismes sont stressés. Au-dessous de 2 mg/L, les espèces mobiles recherchent des zones à plus forte concentration d'oxygène pour survivre alors que la plupart des espèces immobiles périssent.

Comme les indicateurs physico-chimiques sont considérés comme des paramètres de soutien, ils ne peuvent pas déclasser une masse d'eau en-deçà de la classe « Moyen » (MTES, 2018).

Tableau 31 : Grille de qualité pour l'indicateur oxygène en Martinique (mg.l⁻¹)

| Type de ME | Référence (mg/l) | Très bon | Bon | Moyen |
|-------------|------------------|----------|------------|-------|
| 1 à 7 (MEC) | | 5,0] |] 5,0-3,0] |] 3,0 |

MTES, 2018

Métrique : Percentile 10 des concentrations mensuelles en oxygène dissous au fond, sur 6 années glissantes

2.5.3.2 Indicateur oxygène

Il est utilisé pour l'évaluation DCE.

La qualité est évaluée à partir du percentile 10 des données de fond des mois pour lesquels il y a des données, qualifiées « Bon » et « Non qualifié » et de la grille MTES 2018.

Le nombre de valeurs disponibles pour le calcul du percentile 10 varie selon les masses d'eau (Tableau 32).

Sur l'intervalle 2016-2021, il y a théoriquement :

- 30 valeurs attendues pour les masses d'eau au suivi trimestriel, puis bimestriel depuis 2019 ;
- 72 valeurs attendues pour les sites au suivi mensuel : Banc Gamelle et Pinsonnelle ;
- 26 valeurs attendues pour les sites ajoutés en 2017 : Pointe Catherine, Baie du Galion et Baie du Robert.

Le nombre de valeurs disponibles pour le calcul de l'indicateur peut varier du nombre de valeurs attendues en cas de données absentes ou qualifiées en FAUSSES ou DOUTEUSES.

Pour l'évaluation sur la période 2016-2021, la plupart des masses d'eau ont une valeur manquante (problème du capteur oxygène), Banc Gamelle et Pinsonnelle ont quatre valeurs manquantes.

**Tableau 32 : Jeu de données oxygène fond utilisées pour l'évaluation des masses d'eau sur la période 2016-2021.
(ME= Masse d'Eau)**

| Type | Code ME | Site | Campagne | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | Nbre total valeurs |
|---------|---------|----------------|-----------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | | | | | | | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 29 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| FRJC007 | FRJC007 | Ilet à Rats | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 29 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| FRJC001 | FRJC001 | Banc Gamelle | Janvier | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Février | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Mai | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Juillet | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Novembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 68 |
| FRJC010 | FRJC010 | Baie du Marin | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 29 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| FRJC005 | FRJC005 | Baie du Robert | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 26 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| FRJC014 | FRJC014 | Baie du Galion | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 26 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| FRJC008 | FRJC008 | Pinsonnelle | Janvier | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Février | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Mai | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Juillet | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 68 |
| | | | | | | | | | | |
| FRJC006 | FRJC006 | Caye Pariadis | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 29 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| FRJC012 | FRJC012 | Loup Ministre | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 29 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | | | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 29 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle | Février | | | | | | | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 29 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | | | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 29 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| FRJC002 | FRJC002 | Fond Boucher | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | | | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

L'indicateur oxygène classe les masses d'eau en Très Bon, sauf FRJC005- Baie du Robert qui est en Bon (Figure 105).

Les qualités obtenues pour l'indicateur oxygène dissous sont cohérentes dans la mesure où aucune masse d'eau ne démontre de signe d'eutrophisation pouvant induire une réduction de la disponibilité en oxygène. Les masses d'eau de type Baie peuvent avoir des zones réduites en oxygène au fond de la colonne d'eau en fond de baie. Souvent les baisses d'oxygène au fond sont dues à une surconsommation d'oxygène par les bactéries, liées i) à la dégradation de la matière organique (phytoplancton) et ii) à une stratification de la masse d'eau (saline ou thermique), qui limite les échanges gazeux.

Pour la masse d'eau de transition FRJT001 – Etang des Salines, l'indicateur oxygène donne une valeur de 5,69 mg/l, ce qui classe la masse d'eau en Très Bon. L'évaluation est satisfaisante avec cette grille, malgré qu'en métropole elle ne soit pas utilisée pour les lagunes.

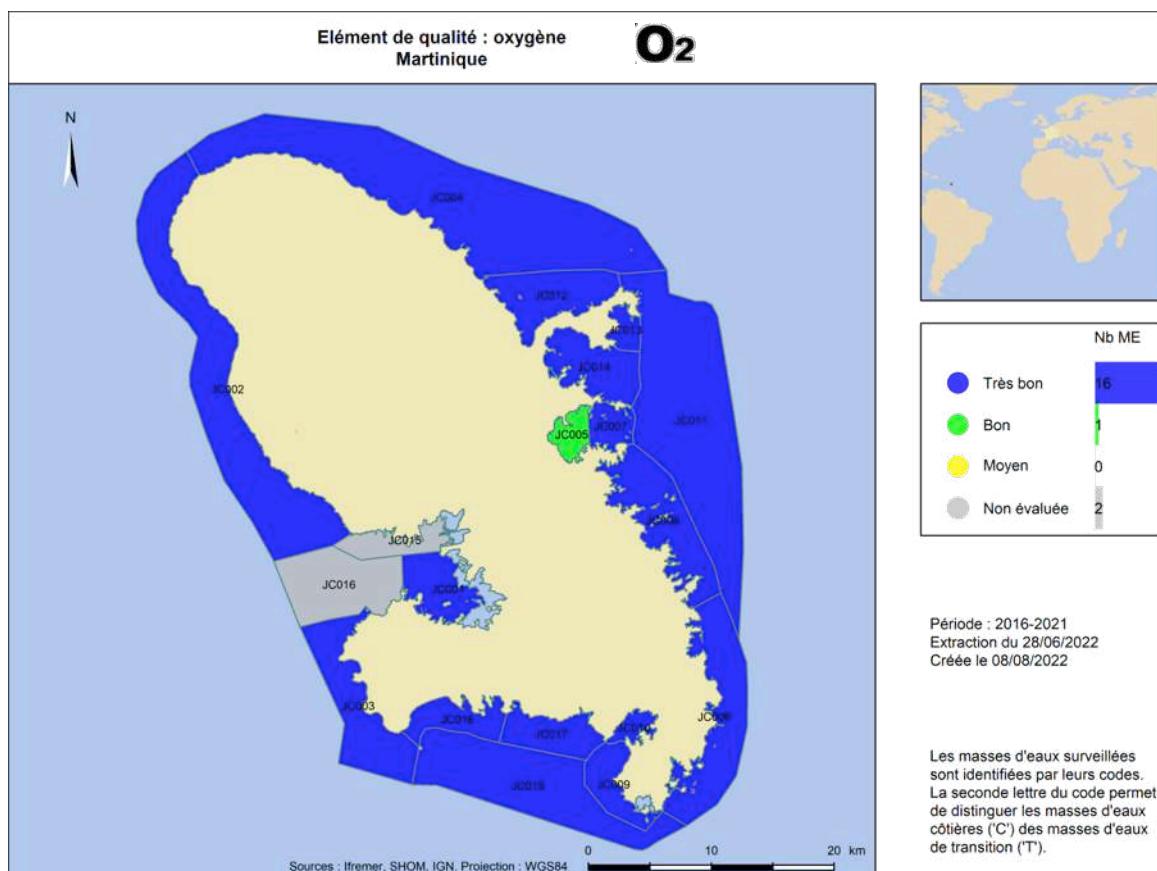


Figure 105 : Qualité des masses d'eau DCE au regard de l'indicateur oxygène, évaluée selon la grille de qualité MTES, 2018. (ME = Masse d'Eau)

2.6 Qualité physico-chimique : Indicateur transparence

2.6.1 Protocole pour le paramètre Turbidité

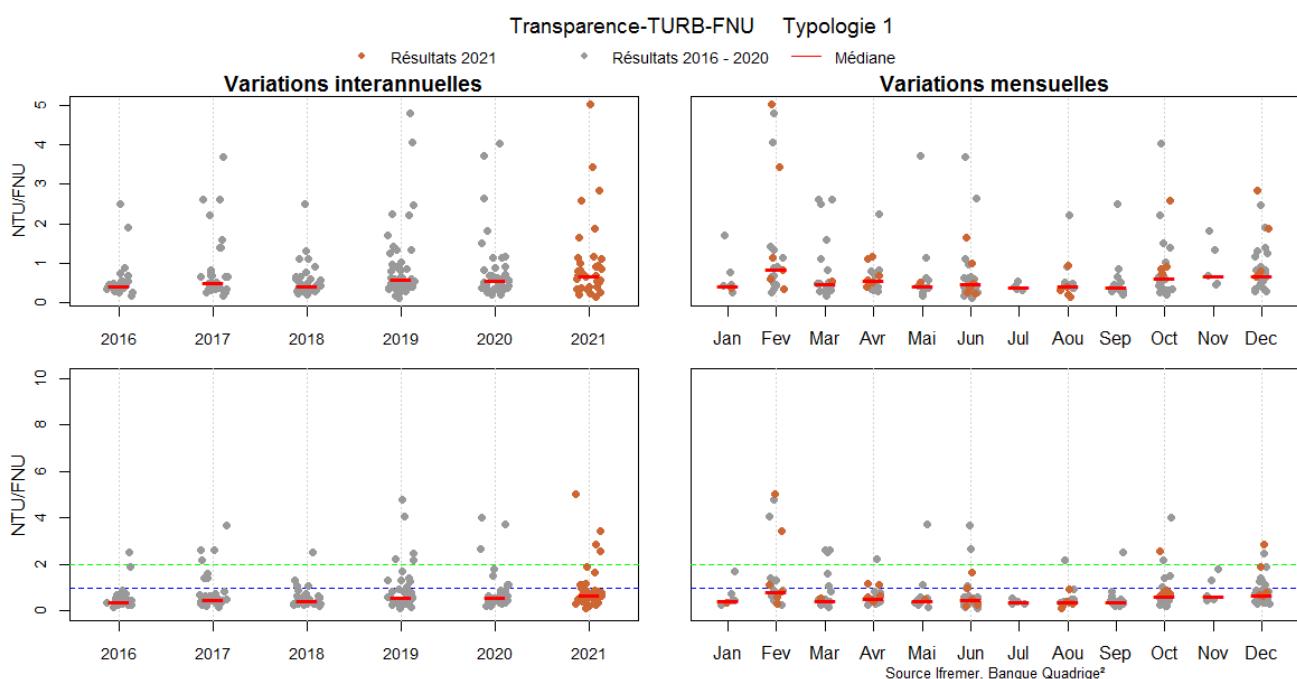
Depuis 2019, les mesures sont réalisées par Impact Mer sur un turbidimètre de paillasse étalonné mensuellement.

2.6.2 Résultats 2021 et comparaison historique

Les valeurs mesurées en 2021 (Figure 106) sont comparées aux valeurs des six dernières années (gauche) et présentées par mois (droite). Les valeurs de la masse d'eau de transition sont exclues pour ne pas influencer les médianes des masses d'eau côtières. Les graphiques du haut comprennent les valeurs extrêmes et ceux du bas présentent les valeurs sans les extrêmes (s'il y en a) avec les seuils de la grille de qualité.

Les résultats sont présentés en séparant les données des baies (Type 1) de celles des autres types, afin de permettre une comparaison avec les valeurs seuils différentes des grilles de qualité.

La médiane des données de 2021 pour la typologie 1 (baies) est légèrement plus élevée que celles des années précédentes. La médiane la plus basse correspond au mois de septembre et la plus élevée au mois de février. Pour les typologies 2 à 7, la médiane de 2021 est similaire à celle de 2020. La médiane la plus basse est celle du mois de juin et la plus élevée celle du mois de novembre.



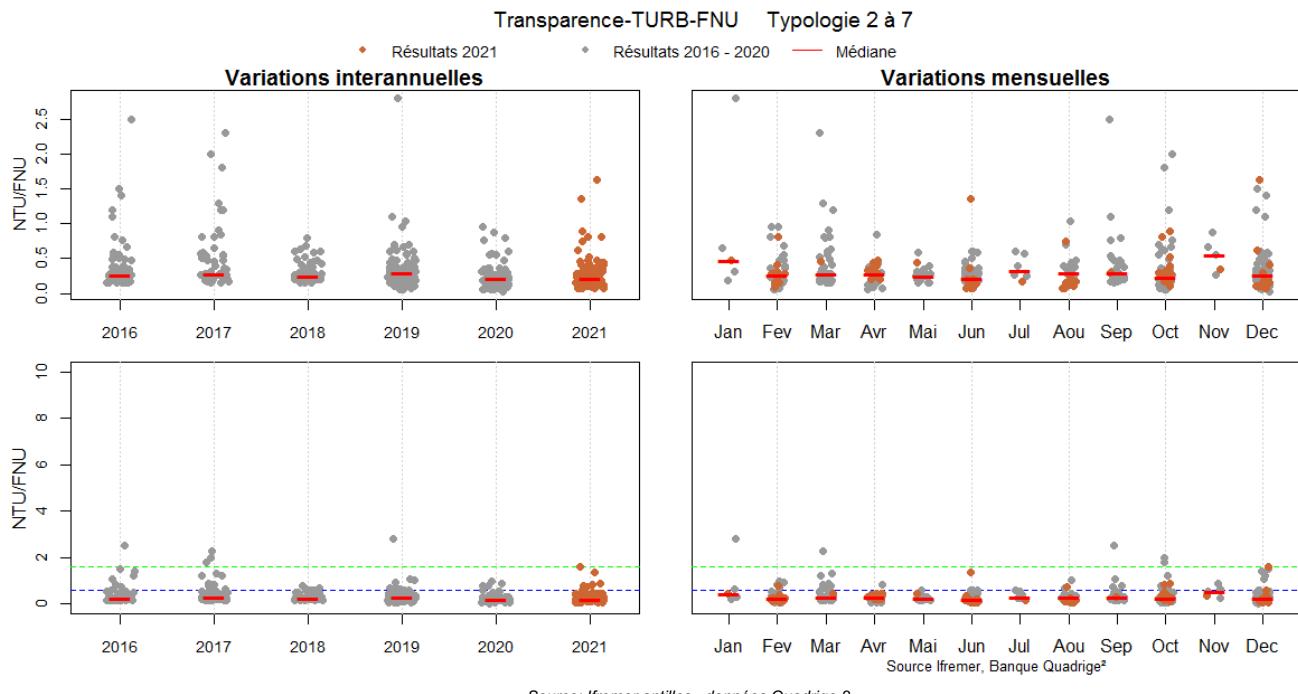
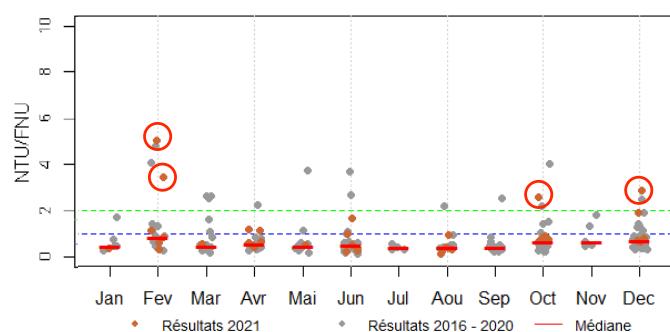


Figure 106 : Valeurs de transparence pour les sites DCE des masses d'eau côtières de type 1 (baies) et les sites des types 2 à 7, sur la période 2016-2021, variations interannuelles et mensuelles (points rouges : valeurs de 2021; traits rouges : médianes ; pointillés couleur : seuil de la grille de qualité)

En vue de la qualification des données 2021 dans Quadrige, les données ont été analysées afin d'identifier les valeurs supérieures ou proches de 2 NTU. Une interprétation est proposée afin de juger de la qualité BONNE, DOUTEUSE ou MAUVAISE de la donnée (Figure 107). L'analyse et la qualification finale sont validées par l'ODE et l'Ifremer.

Suite à cette analyse, aucune valeur de turbidité n'a été écartée de l'évaluation pour 2021.



| Masse d'eau et site | Valeur 2021 | Commentaire | Qualification |
|-----------------------------------|---|--|---------------|
| FRJC007 : Baie du Robert (type 1) | fév. (3,42 NTU) | précipitations 72h modérées, houle et vent FORTS, concentration normale en Chla -> agitation de la masse d'eau | BONNE |
| FRJC014 : Baie du Galion (type 1) | fév. (5,02 NTU) oct. (2,58 NTU) déc. (2,84 NTU) | précipitations 72h modérées, houle et vent FORTS, concentration normale en Chla en fév. et élevée en oct. et déc. -> valeurs normales pour ce site | BONNE |

Figure 107 : Commentaires sur les valeurs de turbidité pour l'année 2021

2.6.3 Evaluation DCE 2016-2021

2.6.3.1 Grilles de qualité

L'indicateur transparence est abouti pour les masses d'eau côtières des DOM, il n'y a plus d'évolution attendue.

Evolutions attendues en 2023 pour la masse d'eau de transition : la grille est à créer

L'Ifremer Martinique a travaillé sur la métrique et la grille la plus pertinente à utiliser pour l'évaluation des données. Le percentile 90 a été retenu pour la métrique à utiliser, comme en France métropolitaine. Ce mode de calcul est plus pénalisant que la moyenne, qui était utilisée jusqu'en 2016 avec la grille Impact Mer. Sur la base des données de la Guadeloupe et de la Martinique, des grilles communes ont été proposées en conservant la distinction entre masse d'eau de type 1 (Baies) et les autres types (Tableau 33). Les valeurs de la station de référence Large Désirade ont été utilisées pour définir le seuil de référence.

Comme les indicateurs physico-chimiques sont considérés comme des paramètres de soutien, ils ne peuvent pas déclasser une masse d'eau en-deçà de la classe « Moyen » (MTES, 2018).

Tableau 33 : Grille de qualité pour l'indice turbidité

| Type de ME | Référence (FNU) | Très bon | Bon | Moyen |
|------------|-----------------|----------|-----------|-------|
| 1 | 0 | [0-1[| [1-2[| >2 |
| 2 à 7 | 0 | [0-0,6[| [0,6-1,6[| >1,6 |

Source MTES, 2018

Métrique : Percentile 90 des valeurs mensuelles de turbidité mesurées en surface (FNU), sur 6 années glissantes

2.6.3.2 Indicateur transparence

L'indice « turbidité » est utilisé pour l'évaluation DCE. La qualité est évaluée à partir du percentile 90 des données de sub-surface des mois pour lesquels il y a de données qualifiées « Bon » et de la grille MTES 2018.

Le nombre de valeurs disponibles pour le calcul du percentile 90 varie selon les masses d'eau (Tableau 34). Sur l'intervalle 2016-2021, il y a théoriquement :

- 30 valeurs attendues pour les masses d'eau au suivi trimestriel, puis bimestriel depuis 2019 ;
- 72 valeurs attendues pour les sites au suivi mensuel : Banc Gamelle et Pinsonnelle ;
- 26 valeurs attendues pour les sites ajoutés en 2017 : Pointe Catherine, Baie du Galion et Baie du Robert.

Le nombre de valeurs disponibles pour le calcul de l'indicateur peut varier du nombre de valeurs attendues en cas de données absentes ou qualifiées en FAUSSES ou DOUTEUSES.

Toutes les masses d'eau ont une valeur manquante en août 2020, Pinsonnelle en a cinq manquantes en tout et Banc Gamelle deux manquantes.

Tableau 34 : Jeu de données transparence de surface utilisées pour l'évaluation des masses d'eau sur la période 2016-2021. (ME = Masse d'Eau)

| Type | Code ME | Site | Campagne | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | Nbre total valeurs |
|------|---------|---------------------|------------------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | ● | | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 29 |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | ● | | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 29 |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | Janvier | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Juillet | | | | | | | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | | | | | | | |
| | | | Octobre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 70 |
| | FRJC010 | Baie du Marin | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | ● | | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 29 |
| | FRJC005 | Baie du Robert | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | | | | | | | |
| | | | Octobre | ● | | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 25 |
| | FRJC014 | Baie du Galion | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | | | | | | | |
| | | | Octobre | ● | | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 25 |
| 2 | FRJC008 | Pinsonnelle | Janvier | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Juillet | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Septembre | | | | | | | |
| | | | Octobre | ● | | | | | | |
| | | | Novembre | | | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 67 |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | ● | | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 29 |
| | FRJC012 | Loup Ministre | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | ● | | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 28 |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | ● | | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 29 |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle | Février | | | | | | | |
| | | | Cap Saint Martin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | ● | | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 29 |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | ● | | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 28 |
| | FRJC002 | Fond Boucher | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | | | | | | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | ● | | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 28 |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde | Février | | | | | | | |
| | | | Pointe Borgnesse | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | ● | | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 29 |
| | FRJC018 | Caye d'Olbian | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | ● | | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 29 |
| | FRJC009 | Pointe Catherine | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | | | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 25 |
| 7 | FRJC019 | Banc du Diamant | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Mai | | | | | | | |
| | | | Juin | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | ● | | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 29 |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines - | Février | | | | | | | |
| | | | Mars | | | | | | | |
| | | | Avril | | | | | | | |
| | | | Juin | | | | | | | |
| | | | Août | | | | | | | |
| | | | Septembre | | | | | | | |
| | | | Octobre | | ● | | | | | |
| | | | Décembre | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 17 |

L'indicateur turbidité (Figure 108) classe en :

- Très Bon toutes les masses d'eau de la côte caraïbes et la FRJC013-Baie du Trésor,
- Bon presque toutes les masses d'eau de la côte Atlantique y compris la FRJC007 – Ilet à Rats,
- Moyen les baies FRJC014-Baie du Galion et FRJC005-Baie du Robert.

La turbidité plus importante des masses d'eau de la côte Atlantique peut s'expliquer par l'agitation liée à l'exposition pour les zones sans barrière corallienne, et liée au confinement des apports terrigènes pour les zones protégées par une barrière corallienne.

La masse d'eau sud de la baie de Fort-de-France est classée en Très Bon, probablement grâce à la circulation des courants dans la baie permettant un bon renouvellement des eaux et en partie grâce au rôle de filtration exercé par la mangrove qui permet de maintenir une partie des sédiments. Le réseau de suivi de la baie de Fort-de-France démontre cependant de plus fortes turbidités en fond de baie par rapport à sa partie ouest.

La qualité de la masse d'eau de transition FRJT001 – Etang des Salines n'est pas donnée par le script car la grille d'évaluation n'est pas adaptée aux niveaux de turbidité mesurés qui peuvent aller au delà de 100 FNU.

Jusqu'en 2018, la transparence a été mesurée par le LTA972, qui possède une limite supérieure de quantification à 40 FNU. Ainsi plus de la moitié des données disponibles sont qualifiées en « DOUTEUX » ou « FAUX ».

A titre indicatif, l'indicateur transparence calculé à partir des 17 valeurs disponibles de 2021 donne une valeur de 142,6 FNU.

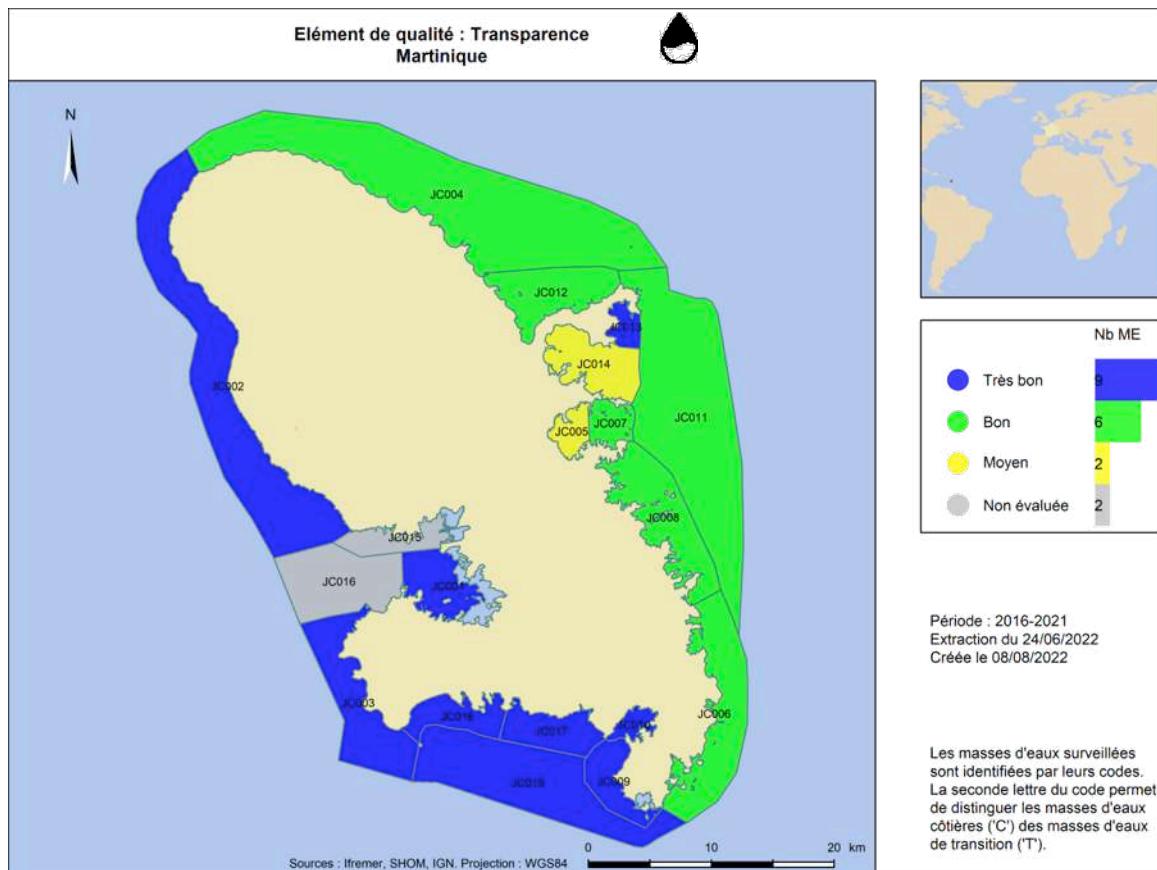


Figure 108 : Qualité des masses d'eau DCE au regard de l'indicateur transparence, évaluée selon la grille de qualité MTES, 2018. (ME = Masse d'Eau)

2.7 Qualité physico-chimique : Indicateur nutriments

2.7.1 Protocole pour les nutriments

Les méthodes de prélèvement, d'échantillonnage et d'analyse sont conformes aux préconisations de l'Ifremer (Aminot, 2004) et aux normes en vigueur (NF EN ISO 5667, FD T90 523-1, notamment).

En 2021, les nutriments ont été analysés par la laboratoire Ifremer Nantes, à partir de février. En 2020, les échantillons ont été analysé par LABEO, en 2019, par l'Institut Pasteur de Guadeloupe (IPG) et par LABEO, tandis qu'avant 2018, les échantillons ont été analysé par le LTA Martinique. Les limites de quantification sont pour l'ammonium de 0,1 µmol/l (LTA et IPG), 0,3 µmol/l (LABEO) et 0,05 µmol/l (Ifremer), pour les nitrates de 0,05 µmol/l (LTA, IPG et LABEO), 0,03 µmol/l pour les nitrites (LTA, IPG et LABEO), pour la somme nitrates+nitrites de 0,2 µmol/l (Ifremer) et pour les orthophosphates de 0,05 µmol/l (LTA, IPG et LABEO, Ifremer),

Les détails des protocoles de suivi des paramètres nutriments sont apportés dans le rapport de campagne complet 2021.

L'indicateur « nutriments » est établi à partir des indices « orthophosphate » et « DIN », calculés à partir des résultats de chaque paramètre (calcul détaillé en Annexe 4). Il n'est pas utilisé pour l'évaluation DCE.

Evolutions par rapport à 2020 pour les paramètres nutriments

Protocole :

- étudier avec l'Ifremer la possibilité de prise en charge des analyses : résolu pour 2021 mais non pérenne
- proposition de paramètres autres permettant de mesurer l'enrichissement du milieu : **non résolu**

Traitement des données :

- proposition d'une grille pour l'indicateur nutriments à partir des données de Guadeloupe et de la bibliographie : **non résolu**

Evolutions attendues pour le suivi et l'évaluation 2022 des paramètres nutriments

Protocole :

- trouver un laboratoire qui réponde aux critères DCE Antilles, qui puisse faire une prise en charge perenne
- proposition de paramètres autres permettant de mesurer l'enrichissement du milieu : nouveau projet proposé par Anne Daniel en 2022

Traitement des données :

- proposition d'une grille pour l'indicateur nutriments à partir des données de Guadeloupe et de la bibliographie

2.7.2 Résultats 2021 et comparaison historique

Les résultats des prélèvements en doublons réalisés en 2017, pour permettre une analyse conjointe LTA-Ifremer, ont révélés que les valeurs du LTA étaient toujours supérieures de 0,5 µmol/l en moyenne à celles mesurées par le laboratoire Ifremer (méthode Technicon). Ces résultats font l'objet d'un rapport (Allenou et Le Merrer, 2018).

Du fait de ces résultats, l'ensemble des données nutriments antérieurs à 2017 a été qualifié en DOUTEUX ou FAUX dans Quadrige. **Cette qualification rend les données inutilisables pour le calcul des indices « orthophosphates » et « DIN », et prive l'évaluation de l'indicateur « Nutriments ».**

Les valeurs mesurées en 2021 (Figure 109) sont représentées graphiquement à titre informatif. En l'absence d'historique de données et d'éléments de jugement sur la qualité des données, il a été décidé de laisser les données en « NON QUALIFIEES ». La comparaison des données de 2021 avec celles de 2020 (Labeo), 2019 (IPG) et 2017 (Ifremer) permet de relever les éléments suivants :

- pour les nitrites + nitrates, les résultats obtenus en 2021 par Ifremer Nantes sont dans la même gamme de valeurs que ceux obtenus en 2020 par LABEO. La médiane de 2017 est plus faible, la limite de quantification plus faible semblant être à l'origine de cette différence. Pour l'IPG en 2019, les valeurs sont plus dispersées ;
- pour l'ammonium, les valeurs obtenues en 2021 sont très similaires à celles de 2017 en terme d'étendue des valeurs et de médiane. Celles de l'IPG (2019) sont souvent du même ordre de grandeur que celles obtenues par l'Ifremer mais une partie sont plus élevées pour la même station à la même période, ce qui donne une médiane autour de 0,3 µmol/l. Les données de LABEO (2020) sont les plus élevées, avec une médiane autour de 0,7 µmol/l.
- pour les orthophosphates, les valeurs de LABEO et de l'IPG sont similaires entre elles et se situent globalement dans un ordre de grandeur au-dessus des valeurs obtenues par l'Ifremer.

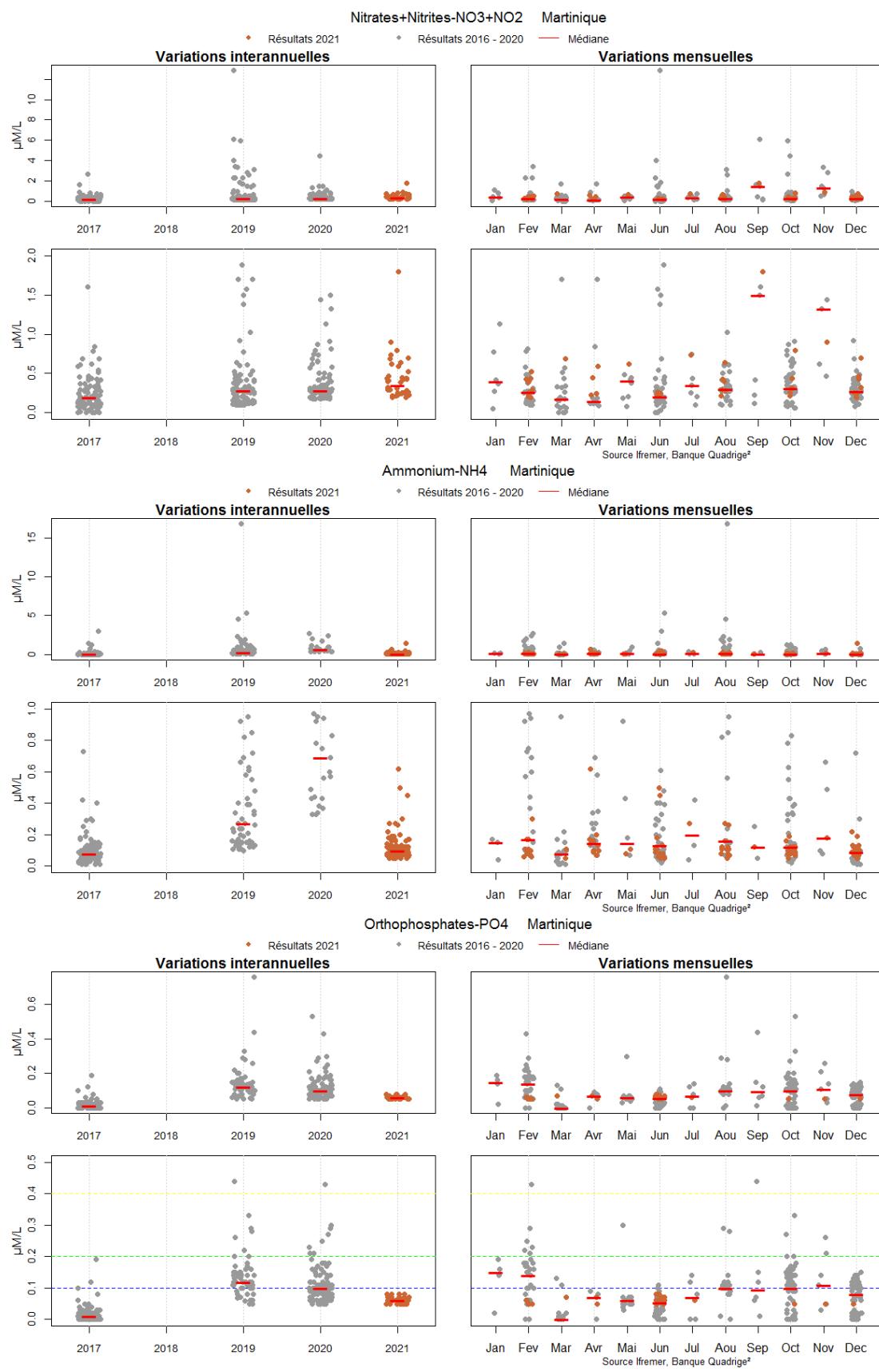


Figure 109 : Valeurs de nitrates + nitrites, ammonium et orthophosphates pour l'ensemble des sites DCE des masses d'eau côtières en 2017 (Ifremer), 2019 (IPG), 2020 (LABEO) et 2021 (Ifremer) (gauche) et valeurs mensuelles (droite) (points rouges : valeurs de 2021 ; trait rouge : médiane)

2.8 Qualité physico-chimique : polluant spécifique de l'état écologique

2.8.1 Protocole pour le polluant spécifique de l'état écologique (PSEE)

Le Chlordécone est le seul polluant spécifique de l'état écologique pour la Martinique.

Dans l'eau, il a été recherché par la méthode POCIS pour la première fois en 2017, puis en 2019.

Le chlordécone est également recherché dans le biote :

- dans les huîtres de palétuvier deux fois par an dans le cadre du Réseau d'Observation de la Contamination Chimique (ROCCH) ;
- dans la chair de poisson dans le cadre du projet Chlohal qui s'est déroulé de 2009 à 2015.

2.8.2 Evaluation DCE

Il n'y a pas de nouvelles données depuis la campagne de 2019, l'évaluation reste donc identique à celle de 2019.

Selon l'arrêté d'évaluation et l'arrêté préfectoral qui en découle, le polluant spécifique chlordécone doit être suivi préférentiellement dans le biote, sinon dans l'eau à une fréquence trimestrielle sur une année pendant la période du SDAGE (extrait du Tableau 3 pour rappel ci-dessous).

L'arrêté précise que lorsque le suivi a été réalisé dans le biote, la norme biote s'applique et suffit à évaluer l'état. L'arrêté ne précise pas quelles données doivent être utilisées pour le calcul de la NQE.

En Martinique, le PSEE est suivi:

- dans l'eau, en 2017 et 2019, dans toutes les masses d'eau côtières et la masse d'eau de transition. Le dosage est réalisé par la méthode POCIS qui intègre la contamination sur 21 jours. La méthode n'est pas considérée DCE compatible car ne permet pas de faire une moyenne;
- dans le biote (mollusque) deux fois par an, pour quatre masses d'eau (suivi ROCCH). Ce suivi est réalisé dans le chair des huîtres de palétuviers, prélevées sur les racines de palétuviers formant la mangrove à la limite terre/mer des masses d'eau. Les concentrations mesurées ne sont donc pas représentatives de l'ensemble de la masse d'eau ;
- dans le biote (chair de poisson) dans le cadre du projet Chlohal qui s'est déroulé de 2009 à 2015. Ces données ne sont plus comprises dans la période d'évaluation 2016-2021 et sont donc écartées.

| Arrêté du 17 octobre 2018 et Arrêté préfectoral n°R02-2016-11-28-02 du 28 novembre 2016 | | | | Effectivement réalisé pour la DCE Martinique | | | |
|---|-------------|--------------------------|-------------------------|--|------------|-------------|--|
| Eléments chimiques | Paramètres | Matrice | fréquence SDAGE / année | Eléments physico-chimiques | Paramètres | Matrice | fréquence SDAGE / année |
| Polluant spécifique de l'état écologique | Chlordécone | biote en priorité ou eau | 1/4 | Polluant spécifique de l'état écologique | | eau + biote | Biote: campagnes entre 2015-2017 Eau: 2/1 |

Pour l'évaluation des masses d'eau au regard du PSEE, il y a donc une adaptation des données utilisées par rapport aux éléments de l'arrêté préfectoral et de l'arrêté du 17 octobre 2018 :

-eau : une valeur intégrée deux fois par sdage au lieu de quatre valeurs ponctuelles sur toute la période du sdage
-biote : deux valeurs par an (uniquement sur quelques masses d'eau) au lieu de quatre valeurs sur toute la période du sdage.

L'ensemble des données disponibles sont utilisées. La qualité physico-chimique de la masse d'eau est déclassée en MOYEN dès qu'une valeur (biote ou eau) dépasse la NQE fixée.



Les normes de qualité environnementales (NQE) données dans l'arrêté du 27 juillet 2018 (MTES, 2018) sont données en moyenne annuelle (NQE-MA) :

- $5 \times 10^{-7} \mu\text{g/l}$ (soit 0,0005 ng/l) dans les eaux côtières et de transition. La méthode POCIS étant une méthode intégratrice, le résultat est considéré comme pouvant correspondre à une moyenne annuelle. Il est donc comparé à la NQE-MA de l'arrêté. La limite de quantification (LOQ) de la méthode est fixée à $22 \times 10^{-7} \mu\text{g/l}$ (soit 0,022 ng/l). Cette LOQ étant supérieure à la NQE-MA, tout résultat inférieur à la LOQ ne peut donc être utilisé pour l'évaluation ;
- 3 µg/kg dans le biote. Une note Ifremer/INERIS (Allenou et Amouroux, 2019) précise que la NQE de 3 µg/kg s'applique aux poissons prédateurs supérieurs (niveau trophique 4) et préconise un seuil mollusque à 0,3 µg/kg de poids frais.

L'évaluation pour le polluant spécifique est réalisée en compilant les résultats sur eau et sur biote (Tableau 35). Pour le biote mollusques, les résultats utilisés sont ceux qui ont été traités et présentés dans le rapport Allenou et Amouroux (2019).

Le chlordécone est quantifié dans l'eau et/ou dans le biote pour l'ensemble des masses d'eau suivies de la DCE et il déclasse 19 masses d'eau en Moyen.

Pour la masse d'eau FRJC018-Caye d'Olbian, le dépassement de la NQE est indéterminé car la valeur pour la matrice « eau » est <LOQ, soit inférieur à 0,022 ng/l. La méthode ne permet pas de savoir si la valeur est supérieure ou inférieure à la NQE-MA à 0,0005 ng/l.

Bien que les résultats des mesures dans l'eau par les échantilleurs passifs ne soient pas DCE compatibles, les résultats obtenus pour les poissons viennent confirmer la tendance d'une contamination des masses d'eau par la molécule.

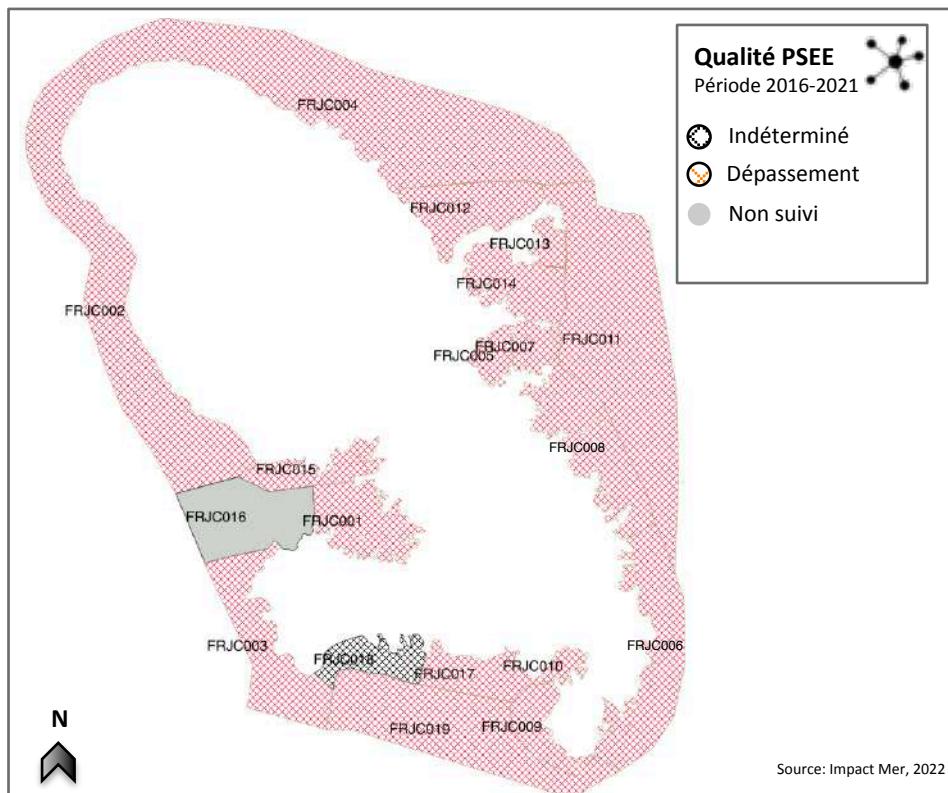
De ce fait, les résultats obtenus par la méthode des échantilleurs passifs ont été retenus pour la révision de l'Etat des lieux 2019 du district de la Martinique (Allenou et al., 2019). Ils sont donc également retenus pour la définition de l'état écologique 2016-2021.

Tableau 35 : Qualité des masses d'eau DCE au regard du polluant spécifique de l'état écologique, mesuré sur l'eau et dans le biote (ME = Masse d'Eau). Données poissons Allenou et Amouroux, 2019. Valeur en rouge supérieure à la NQE-MA.

| Type | Code ME | Site | Valeur 2019 eau | Valeur 2017 eau | Valeur moyenne 2015-2017 mollusques | NQE dépassée |
|------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|--------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 0,00091 | 0,00095 | pas de donnée | oui |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | 0,00030 | 0,00024 | | oui |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | 0,00103 | 0,00044 | | oui |
| | FRJC015 | Rivière Lézarde | pas de donnée | pas de donnée | | 144 |
| | FRJC010 | Baie du Marin | 0,00003 | <LOQ | | 1 |
| | FRJC005 | Baie du Robert | 0,00056 | 0,00023 | pas de donnée | oui |
| | FRJC014 | Baie du Galion | 0,00155 | 0,00034 | pas de donnée | oui |
| 2 | FRJC008 | Pinsonnelle | 0,00022 | 0,00007 | pas de donnée | oui |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | 0,00007 | 0,00002 | pas de donnée | oui |
| | FRJC012 | Loup Ministre | 0,00045 | 0,00022 | pas de donnée | oui |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | 0,00014 | <LOQ | pas de donnée | oui |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle | 0,00014 | 0,00005 | pas de donnée | oui |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 0,00004 | 0,00002 | pas de donnée | oui |
| | FRJC002 | Fond Boucher | 0,00007 | 0,00007 | pas de donnée | oui |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde | 0,00009 | 0,00002 | pas de donnée | oui |
| | FRJC018 | Caye d'Olbian | pas de donnée | <LOQ | pas de donnée | |
| | FRJC009 | Pointe Catherin | 0,00003 | pas de donnée | pas de donnée | |
| 7 | FRJC019 | Banc du Diamant | 0,00003 | <LOQ | pas de donnée | |
| MET | FRJT001 | Etang des Salin | <LOQ | 0,00017 | pas de donnée | oui |

NQE

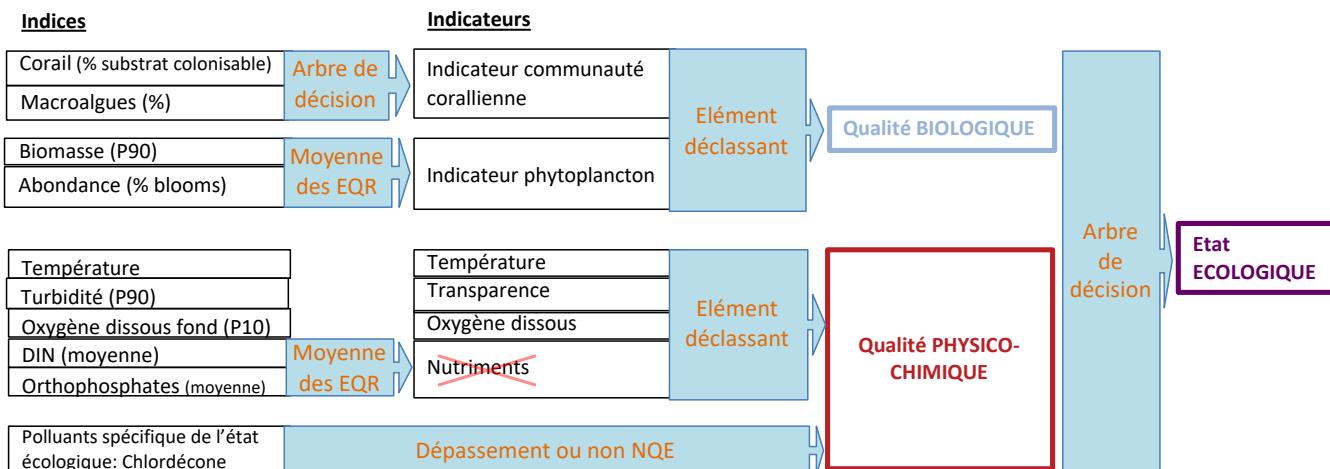
0,0000005 µg 0,3 µg/kg



3 Etat des masses d'eau DCE sur la période 2016-2021

3.1 Etat écologique des masses d'eau DCE sur la période 2016-2021

L'état écologique résulte d'un arbre de décision qui attribue les rôles respectifs des éléments de qualité et accorde plus d'importance à la qualité biologique alors que la qualité physico-chimique et la qualité hydromorphologique interviennent en tant qu'éléments déclassants. La qualité hydromorphologique (§3.1.3) peut uniquement déclasser les masses d'eau qui sont en Très bon état (Figure 110).



Etat écologique: arbre de décision de l'arrêté du 27 juillet 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique

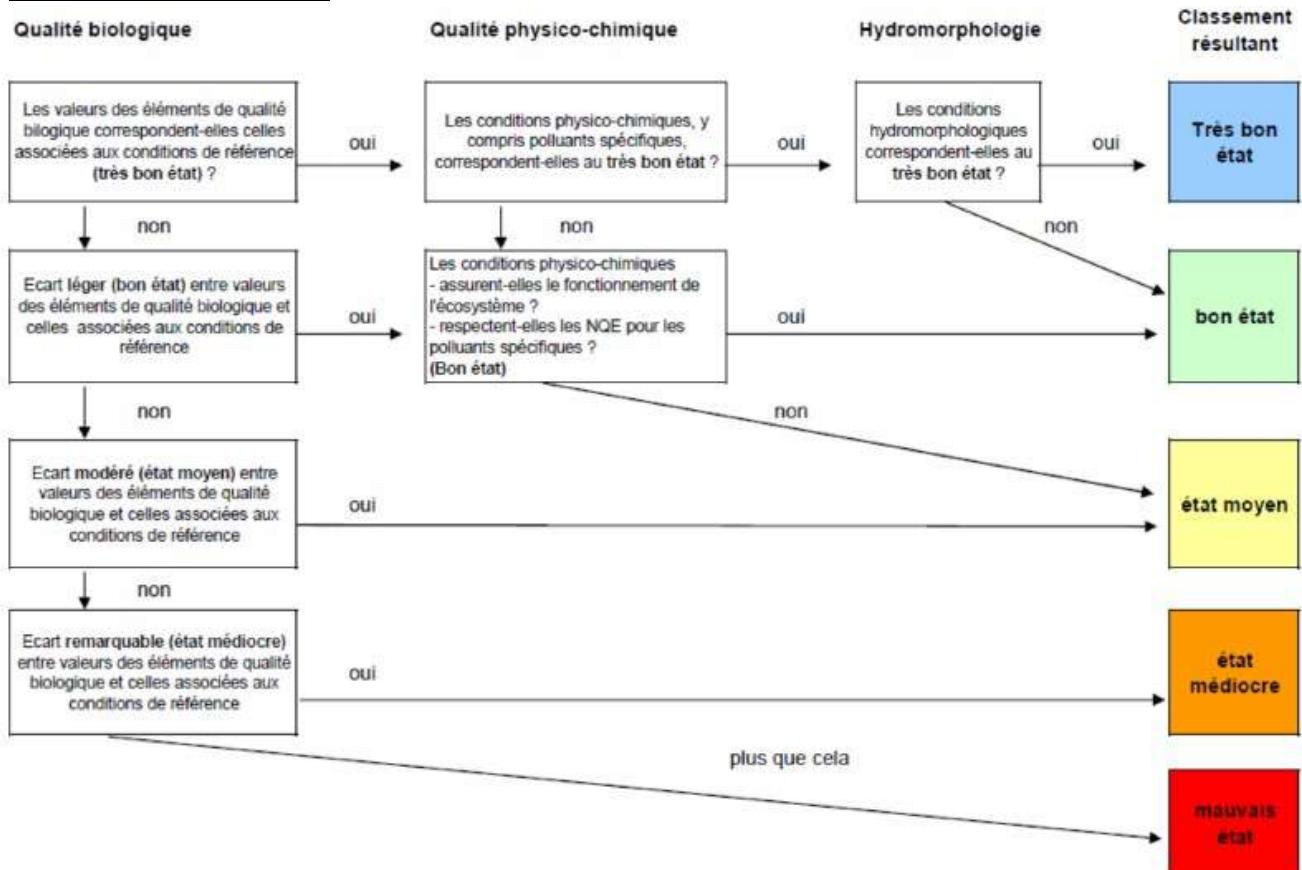


Figure 110 : Rappel des étapes pour définir l'état écologique des masses d'eau

3.1.1 Qualité biologique

La qualité biologique d'une masse d'eau se définit à partir de la qualité obtenue par l'indicateur « Phytoplancton » et de celle obtenue par l'indicateur « Communautés corallieennes », lorsque pertinent pour la masse d'eau considérée, selon le principe de l'élément déclassant.

Ces deux indicateurs sont toujours en cours de construction, avec la nécessité :

- pour le phytoplancton : d'intégrer les résultats du pico-nanoplancton ; de valider au niveau national la nouvelle valeur seuil à 25 000 cellules/l de microphytoplancton de l'indice abondance ;
- pour les communautés corallieennes : d'adapter et d'enrichir les indices «Corail » et « Macroalgues » actuels. Impact Mer propose des adaptations dans le présent rapport (cf 2.1.5.2) et le projet Score Reef commandé par l'OFB est en cours;
- d'inclure à terme l'indicateur « Herbier » qui est en cours de finalisation.

La qualité biologique de certaines masses d'eau est évaluée à partir d'un seul indicateur biologique :

- phytoplancton (abondance et biomasse) uniquement : FRJC001-Banc Gamelle, FRJC005-Baie du Robert, FRJC014-Baie du Galion, FRJC008-Pinsonnelle, FRJC006-Caye Pariadis, FRJC009-Pointe Catherine, FRJC019-Banc du Diamant ;
- communautés corallieennes (corail et macroalgues) uniquement : FRJC016-Caye Grande Sèche.

Les qualités biologiques obtenues (Figure 111, Tableau 36) sont de niveau :

- Médiocre pour deux masses d'eau (FRJC005 – Baie du Robert et FRJC017-Baie de St-Luce) ;
- Moyen sur les masses d'eau de la côte Atlantique (sauf FRJC008 et FRJC006) et pour les deux baies FRJC010 – Baie du Marin et FRJC001 – Banc Gamelle ;
- Bon sur les masses d'eau de la côte Caraïbe et du Sud Atlantique FRJC008-Pinsonnelle et FRJC006 – Caye Pariadis.
- Très Bon pour la masse d'eau du large du sud Caraïbe (FRJC019 – Banc du Diamant)

Par rapport à 2020, une masse d'eau s'est dégradée, FRJC017 est passée de Moyen à Médiocre. Deux masses d'eau se sont améliorée, FRJC019 qui est passée de Bon à Très Bon et FRJC014 qui est passée de Médiocre à Moyen.

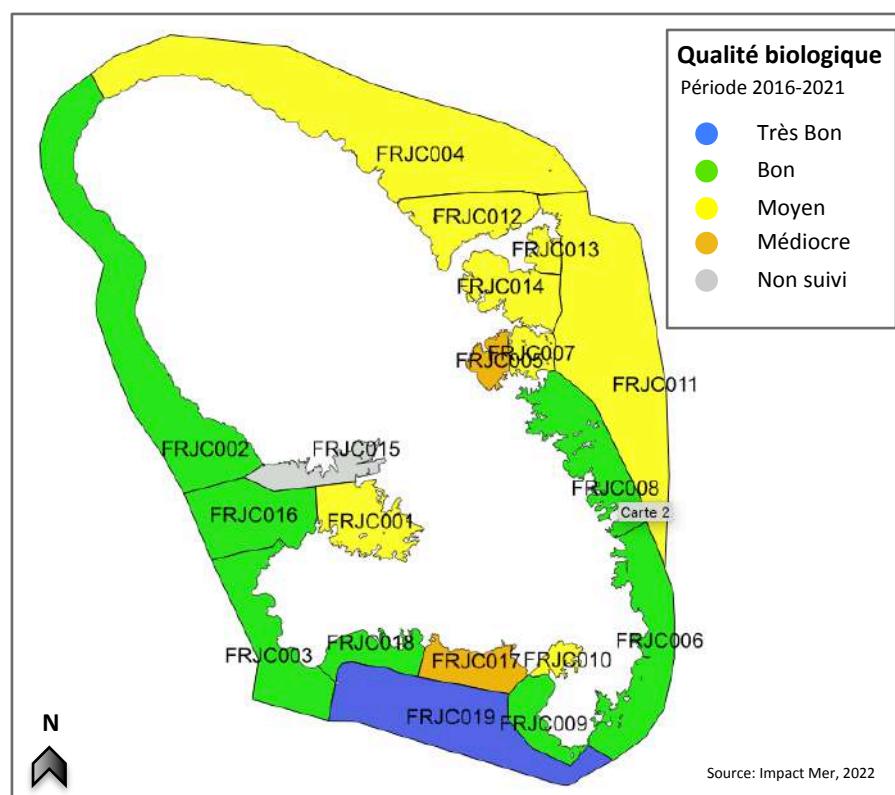


Figure 111 : Qualité biologique des masses d'eau DCE pour la période 2016 à 2021

Tableau 36 : Qualité biologique des masses d'eau DCE obtenue après agrégation des indicateurs « phytoplancton » et « communautés corallieennes » pour les données disponibles de 2016 à 2021. En rouge : les indicateurs actuellement utilisés pour l'évaluation de la qualité biologique

| Type | Masse d'eau | Site | Indice/Indicateur | Qualité par ind. | Qualité biologique | Type | Masse d'eau | Site | Indice/Indicateur | Qualité par ind. | Qualité biologique | | | |
|------|-------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|--------------------|------------------|-------------|-------------|-------------------------------|------------------|--------------------|--|--|--|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | Biomasse ($\mu\text{g/l}$) | Moyen | Moyen | 5 | FRJC003 | Cap Salomon | Biomasse ($\mu\text{g/l}$) | Bon | Bon | | | |
| | | | Abondance (cellules/l) | Moyen | | | | | Abondance (cellules/l) | Très Bon | | | | |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | Phytoplancton | Moyen | Moyen | | | | Phytoplancton | Très Bon | Bon | | | |
| | | | Corail | TB | | | | | Corail | Bon | | | | |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | Macroalgues | TB | Moyen | | | | Macroalgues | TB | | | | |
| | | | Communauté corallienne | TB | | | | | Communauté corallienne | Bon | | | | |
| | FRJC016 | Caye Grande Sèche | Biomasse ($\mu\text{g/l}$) | Moyen | Moyen | Moyen (phyto) | | | Biomasse ($\mu\text{g/l}$) | Bon | Médiocre | | | |
| | | | Abondance (cellules/l) | Bon | | | | | Abondance (cellules/l) | Bon | | | | |
| | FRJC010 | Baie du Marin | Phytoplancton | Moyen | Bon | Moyen | | | Phytoplancton | Bon | Bon | | | |
| | | | Corail | Bon | | | | | Corail | TB | | | | |
| | FRJC005 | Baie du Robert | Macroalgues | Bon | Moyen | Médiocre (phyto) | | | Macroalgues | TB | Médiocre | | | |
| | | | Communauté corallienne | Bon | | | | | Communauté corallienne | TB | | | | |
| | FRJC014 | Baie du Galion | Biomasse ($\mu\text{g/l}$) | Médiocre | Moyen | Moyen (phyto) | | | Biomasse ($\mu\text{g/l}$) | Bon | Bon (phyto) | | | |
| | | | Abondance (cellules/l) | Moyen | | | | | Abondance (cellules/l) | Bon | | | | |
| | FRJC008 | Pinsonnelle | Phytoplancton | Moyen | Bon | Bon (phyto) | | | Phytoplancton | Bon | Médiocre | | | |
| | | | Corail | Bon | | | | | Corail | TB | | | | |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | Macroalgues | Bon | Bon | Bon (phyto) | | | Macroalgues | TB | Médiocre | | | |
| | | | Communauté corallienne | Bon | | | | | Communauté corallienne | TB | | | | |
| | FRJC012 | Loup Ministre | Biomasse ($\mu\text{g/l}$) | Moyen | Bon | Moyen | | | Biomasse ($\mu\text{g/l}$) | Bon | Bon (phyto) | | | |
| | | | Abondance (cellules/l) | Bon | | | | | Abondance (cellules/l) | Bon | | | | |
| | FRJC011 | Loup Garou/Caye Pinsonnelle | Phytoplancton | Moyen | Bon | Moyen | | | Phytoplancton | Bon | Médiocre | | | |
| | | | Corail | Bon | | | | | Corail | TB | | | | |
| | FRJC004 | Loup Caravelle/Cap St-Martin | Macroalgues | Bon | Moyen | Moyen | | | Macroalgues | TB | Médiocre | | | |
| | | | Communauté corallienne | Bon | | | | | Communauté corallienne | TB | | | | |
| | MET | FRJT001 | Biomasse ($\mu\text{g/l}$) | Moyen | Bon | Non évalué | | | Biomasse ($\mu\text{g/l}$) | Bon | Non évalué | | | |
| | | | Abondance (cellules/l) | Bon | | | | | Abondance (cellules/l) | Bon | | | | |
| | | | Phytoplancton | Moyen | | | | | Phytoplancton | Bon | | | | |
| | | | Corail | Bon | | | | | Corail | TB | | | | |
| | | | Macroalgues | Bon | | | | | Macroalgues | TB | | | | |
| | | | Communauté corallienne | Bon | | | | | Communauté corallienne | TB | | | | |

En parallèle des qualités biologiques obtenues avec les indicateurs « classiques », les qualités biologiques incluant l'indice de vulnérabilité corallienne sont également présentées (Tableau 37). Ces qualités ne sont pas à retenir pour le rapportage officiel mais viennent donner plus de crédibilité à l'indicateur communautés corallieennes, démontré comme étant peu pertinent.

Pour les communautés corallieennes, l'application de l'indice vulnérabilité permet de mieux prendre en compte les observations réalisées sur le terrain, dans un contexte où les indicateurs utilisés pour l'évaluation des sites sont en cours d'évolution et ne prennent pas en compte tous les paramètres mesurés.

Les masses d'eau dont la qualité est modifiée par l'ajout de l'indice « vulnérabilité corallienne » sont (en gras dans le tableau) :

- FRJC016 – Caye Grande Sèche déclassée en Moyen (nombreuses colonies présentant des perturbations, notamment du recouvrement par la gorgone *Erythropodium caribaeorum*).
- FRJC012 – Loup Ministre déclassée en Médiocre (nombreuses colonies présentant des perturbations, notamment présence de maladie sur les colonies d'*Acropora palmata*).
- FRJC002 – Fond Boucher déclassée en Moyen (conversion importante en cyanophycées).

Les modifications sont retrouvées sur les mêmes masses d'eau par rapport à 2020.

Ces évaluations à dire d'expert ne sont pas présentées graphiquement.

Tableau 37 : Qualité biologique des masses d'eau DCE avec prise en compte de l'indice « vulnérabilité » des communautés coraliennes, pour les données disponibles de 2016 à 2021. En rouge les indicateurs actuellement utilisés pour l'évaluation de la qualité biologique

| Type | Masse d'eau | Site | Indice/Indicateur | Qualité par ind. | Qualité revisée par "vulnérabilité corallienne" | Qualité biologique | Type | Masse d'eau | Site | Indice/Indicateur | Qualité par ind. | Qualité revisée par "vulnérabilité corallienne" | Qualité biologique |
|------|-------------|-------------------|-------------------------------|------------------|---|----------------------|------|-------------|---|-------------------------------|------------------|---|--------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | Biomasse ($\mu\text{g/l}$) | Moyen | | | 5 | FRJC003 | Cap Salomon | Biomasse ($\mu\text{g/l}$) | Bon | | |
| | | | Abondance (cellules/l) | Moyen | | | | | | Abondance (cellules/l) | Très Bon | | |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | Phytoplancton | Moyen | | | | FRJC002 | Fond Boucher | Phytoplancton | Très Bon | | |
| | | | Corail | TB | | | | | | Corail | Bon | | |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | Macroalgues | TB | | | | FRJC017 | Corps de Garde / Jardin Tropical / Pointe Borgnesse | Macroalgues | TB | | |
| | | | Communauté corallienne | TB | Bon | Moyen | | | | Communauté corallienne | Bon | | |
| | FRJC016 | Caye Grande Sèche | Biomasse ($\mu\text{g/l}$) | Moyen | | | | FRJC018 | Caye d'Olbian | Biomasse ($\mu\text{g/l}$) | Bon | | |
| | | | Abondance (cellules/l) | | | | | | | Abondance (cellules/l) | Bon | | |
| | FRJC010 | Baie du Marin | Phytoplancton | Bon | | | | FRJC009 | Pointe Catherine | Phytoplancton | Bon | | |
| | | | Corail | Moyen | | | | | | Corail | TB | | |
| | FRJC005 | Baie du Robert | Macroalgues | Moyen | | | | FRJC019 | Banc du Diamant | Macroalgues | TB | | |
| | | | Communauté corallienne | Bon | Moyen | Moyen (phyto) | | | | Communauté corallienne | Bon | | |
| | FRJC014 | Baie du Galion | Biomasse ($\mu\text{g/l}$) | Médiocre | | | | MET | FRJT001 | Biomasse ($\mu\text{g/l}$) | Bon | | |
| | | | Abondance (cellules/l) | Moyen | | | | | | Abondance (cellules/l) | Très Bon | | |
| | FRJC008 | Pinsonnelle | Phytoplancton | Bon | | | | FRJC006 | Caye Pariadis | Phytoplancton | Bon | | |
| | | | Corail | Bon | | | | | | Corail | Bon | | |
| | FRJC012 | Loup Ministre | Macroalgues | Bon | | | | FRJC011 | Loup Garou/Caye Pinsonnelle | Macroalgues | Bon | | |
| | | | Communauté corallienne | Bon | Moyen | Moyen (phyto) | | | | Communauté corallienne | Bon | | |
| | 4 | FRJC004 | Biomasse ($\mu\text{g/l}$) | Moyen | | | | FRJC004 | Loup Caravelle/Cap St-Martin | Biomasse ($\mu\text{g/l}$) | Moyen | | |
| | | | Abondance (cellules/l) | Moyen | | | | | | Abondance (cellules/l) | Moyen | | |
| | 3 | FRJC011 | Phytoplancton | Bon | | | | FRJC004 | Loup Caravelle/Cap St-Martin | Phytoplancton | Bon | | |
| | | | Corail | Bon | | | | | | Corail | Bon | | |
| | | | Macroalgues | Bon | | | | | | Macroalgues | Bon | | |
| | | | Communauté corallienne | Bon | Moyen | Moyen | | | | Communauté corallienne | Bon | | |

3.1.2 Qualité physico-chimique (partielle)

La qualité physico-chimique d'une masse d'eau se définit théoriquement à partir de la qualité obtenue par les indicateurs « **Température** », « **Turbidité** », « **Oxygène dissous** » et « **Nutriments** », selon le principe de **l'élément déclassant**, ainsi que par le dépassement ou non de la NQE pour le polluant spécifique de l'état écologique (PSEE), le Chlordécone.

L'évaluation 2021, comme les précédentes, ne comporte pas d'indicateur **nutriments**. Tous les résultats avant 2017 ont été **qualifiés en douteux ou faux**, suite aux résultats de l'exercice d'inter-comparaison entre le LTA972 et le laboratoire Ifremer de Nantes (Allenou et Le Merrer, 2018).

Cependant, les **Résultats des indices DIN et orthophosphates sont présentés en Annexe 3**.

La qualité physico-chimique est obtenue pour la période 2016-2021 à partir de l'élément le plus déclassant entre la température, la turbidité et l'oxygène dissous. Cette qualité est confrontée au résultat du chlordécone pour la masse d'eau, qui déclasse la masse d'eau en qualité Moyenne lorsque la valeur dépasse la NQE MA.

En l'absence d'évaluation pour l'indicateur nutriments, la qualité physico-chimique est PARTIELLE.

La qualité physico-chimique est donnée avec et sans PSEE.

La qualité avec PSEE est celle qui sera présentée lors du rapportage.

Cependant, comme le PSEE déclasse la plupart des masses d'eau en qualité moyenne, la présentation de la qualité sans PSEE permet de ne pas occulter - lors de l'aggrégation avec la qualité biologique pour obtenir l'Etat Ecologique- les efforts fournis pour améliorer la qualité des paramètres biologiques.

Qualité Physico-chimique avec PSEE

En incluant le polluant spécifique de l'état écologique dans l'arbre de décision, **la qualité physico-chimique est équivalente à la qualité des masses d'eau évaluée pour le PSEE** (Tableau 35), avec le niveau **MOYEN** lorsqu'il y a dépassement.

Les masses d'eau FRJC015 et 016 sont en « non suivi » car il n'y a pas de suivi physico-chimique.

La masse d'eau FRJC018 reste en indéterminé comme sur la carte du PSEE.

La qualité est Moyenne pour l'ensemble des masses d'eau où le PSEE a été quantifié (Figure 112, Tableau 38).

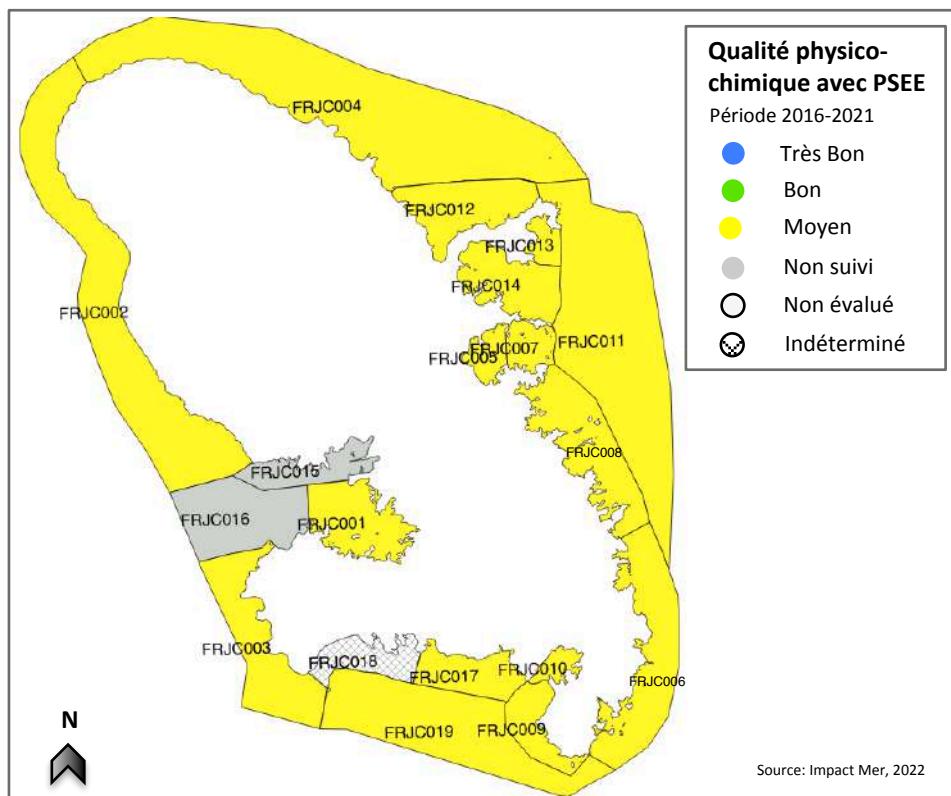


Figure 112 : Qualité physico-chimique calculée des masses d'eau DCE pour la période 2016 à 2021, avec polluant spécifique de l'état écologique

Tableau 38 : Qualité physico-chimique des masses d'eau DCE issues des indicateurs « température », « turbidité », « oxygène dissous » et « polluant spécifique chlordécone » pour les données disponibles de 2016 à 2021. En rouge : indicateurs utilisés pour l'évaluation de la qualité physico-chimique ; N.e. pour Non évalué

| Type | Masse d'eau | Site | Indice/Indicateur | Données | | | Type | Masse d'eau | Site | Indice/Indicateur | Données | | |
|------|-------------|------------------------------|------------------------|------------------|-------------------|-------------------------------|------|-------------|------------------------------|------------------------|------------------|-------------------|-------------------------------|
| | | | | Qualité par ind. | Qualité sans PSEE | Qualité avec PSEE eau + biote | | | | | Qualité par ind. | Qualité sans PSEE | Qualité avec PSEE eau + biote |
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | Température | TB | | | 5 | FRJC003 | Cap Salomon | Température | TB | | |
| | | | Turbidité (FNU) | TB | | | | | | Oxygène dissous (mg/l) | TB | | |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | Oxygène dissous (mg/l) | TB | | | | FRJC002 | Fond Boucher | DIN (µM) | TB | | |
| | | | DIN (µM) | - | | | | | | Phosphates (µM) | - | | |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | Phosphates (µM) | - | | | | FRJC017 | Corps de Garde/Pte Borgnesse | Nutriments | - | | |
| | | | Nutriments | - | | | | | | Poll.spé: Chlordécone | Moyen | | |
| 2 | FRJC010 | Baie du Marin | Température | TB | | | | FRJC018 | Caye d'Olbian | Température | TB | | |
| | | | Turbidité (FNU) | TB | | | | | | Oxygène dissous (mg/l) | TB | | |
| | FRJC005 | Baie du Robert | Oxygène dissous (mg/l) | TB | | | | FRJC009 | Pointe Catherine | DIN (µM) | - | | |
| | | | DIN (µM) | - | | | | | | Phosphates (µM) | - | | |
| | FRJC014 | Baie du Galion | Phosphates (µM) | - | | | | FRJC019 | Banc du Diamant | Nutriments | - | | |
| | | | Nutriments | - | | | | | | Poll.spé: Chlordécone | N.e. | | |
| 3 | FRJC008 | Pinsonnelle | Température | TB | | | 7 | FRJC019 | Banc du Diamant | Température | TB | | |
| | | | Turbidité (FNU) | Bon | | | | | | Oxygène dissous (mg/l) | TB | | |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | Oxygène dissous (mg/l) | TB | | | | MET | Etang des Salines | DIN (µM) | - | | |
| 4 | FRJC012 | Loup Ministre | DIN (µM) | - | | | | | | Phosphates (µM) | - | | |
| | | | Phosphates (µM) | - | | | | | | Nutriments | - | | |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | Poll.spé: Chlordécone | Moyen | | | | FRJT001 | Etang des Salines | Poll.spé: Chlordécone | Moyen | | |
| | | | Température | TB | | | | | | Turbidité (FNU) | N.e. | | |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle/Cap St-Martin | Turbidité (FNU) | Bon | | | | | | Oxygène dissous (mg/l) | N.e. | | |
| | | | Oxygène dissous (mg/l) | TB | | | | | | DIN (µM) | TB | | |
| | | | DIN (µM) | - | | | | | | Phosphates (µM) | - | | |
| | | | Phosphates (µM) | - | | | | | | Nutriments | - | | |
| | | | Nutriments | - | | | | | | Poll.spé: Chlordécone | Moyen | | |

Qualité Physico-chimique sans PSEE

La qualité physico-chimique sans polluant spécifique de l'état écologique classe en (Figure 113) :

- **Très Bon les masses d'eau de la côte Caraïbe;**
- **Bon les masses d'eau de la côte Atlantique sauf FRJC013 – Baie du Trésor en Très Bon ;**
- **Moyen les baies FRJC014 –Baie du Galion et FRJC005 – Baie du Robert.**

Deux masses d'eau ont changé de qualité par rapport à l'évaluation 2015-2020 :

- FRJC012 passe de Très Bon à Bon;
- FRJC017 passe de Bon à Très Bon;

Pour toutes les masses d'eau, l'élément déclassant est l'indicateur transparence (Tableau 39).

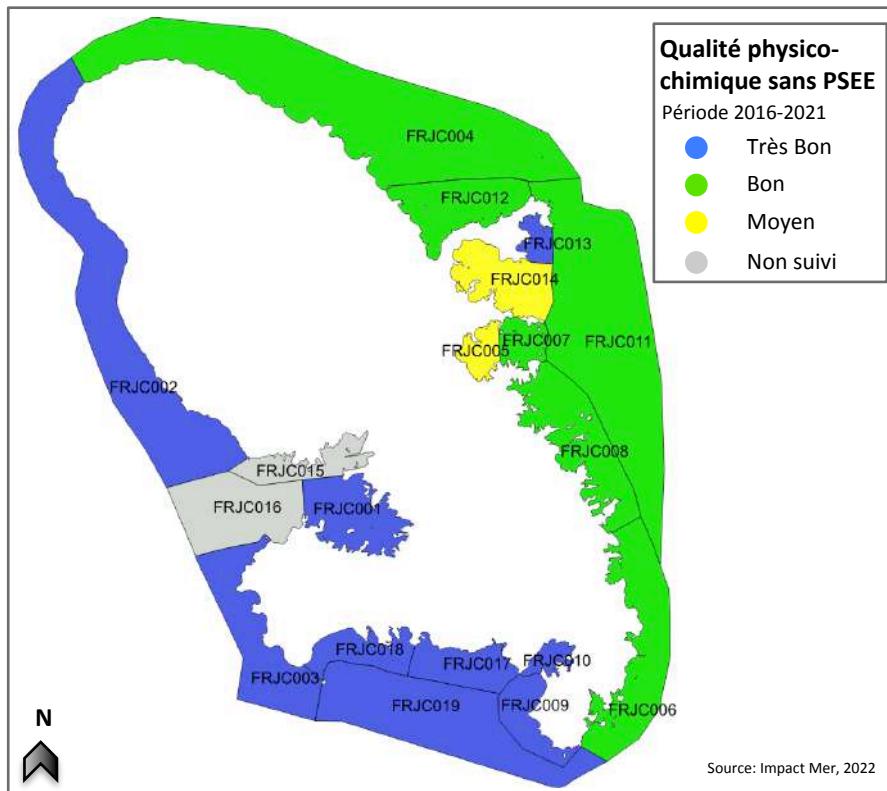


Figure 113 : Qualité physico-chimique calculée des masses d'eau DCE, sans polluant spécifique de l'état écologique, période 2016 à 2021

3.1.3 Qualité hydromorphologique

L'indicateur de qualité hydromorphologique est mis en œuvre sur la base méthodologique définie au niveau national par le BRGM (Delattre et Vinchon, 2009).

Chaque masse d'eau est ainsi décrite selon :

- les pressions qui s'y exercent,
- le niveau de connaissance des perturbations induites par ces pressions sur l'hydromorphologie.

La qualité hydromorphologique des masses d'eau littorales de la Martinique a été définie initialement par le BRGM en 2012 (Brivois, 2012). Une actualisation a été réalisée en 2018 suite à une réunion du groupe de travail du BRGM.

En Martinique, sur les 19 masses d'eau côtières, **14 masses d'eau sont classées en Très Bon Etat (TBE)** et **5 masses d'eau sont classées en Non Très Bon Etat** (non TBE). La masse d'eau de transition est en Non Très Bon (Tableau 38). Les critères permettant le classement en TBE ou non TBE sont décrits dans l'Etat des Lieux 2019 (ODE Martinique, 2019).

Tableau 39 : Synthèse de la qualité hydromorphologique des masses d'eau côtières et de transition de Martinique (source ODE Martinique, 2019)

| Code masse d'eau | Nom de la masse d'eau | Etat Hydromorphologique | Code masse d'eau | Nom de la masse d'eau | Etat Hydromorphologique |
|------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------|---|-------------------------|
| FRJC001 | Baie de Génipa | non Très Bon état | FRJC011 | Récif Barrière Atlantique | Très Bon |
| FRJC002 | Nord Caraïbes | Très Bon | FRJC012 | Baie de la Trinité | Très Bon |
| FRJC003 | Anses d'Arlet | Très Bon | FRJC013 | Baie du Trésor | Très Bon |
| FRJC004 | Nord Atlantique, plateau insulaire | Très Bon | FRJC014 | Baie du Galion | non Très Bon état |
| FRJC005 | Fond Ouest de la baie du Robert | non Très Bon état | FRJC015 | Nord Baie de Fort-de-France | non Très Bon état |
| FRJC006 | Littoral du Vauclin à Sainte-Anne | Très Bon | FRJC016 | Ouest Baie de Fort-de-France | Très Bon |
| FRJC007 | Est de la Baie du Robert | Très Bon | FRJC017 | Baie de Sainte-Luce | Très Bon |
| FRJC008 | Littoral du François au Vauclin | Très Bon | FRJC018 | Baie du Diamant | Très Bon |
| FRJC009 | Baie de Sainte-Anne | Très Bon | FRJC019 | Eaux côtières du Sud et Rocher du Diamant | Très Bon |
| FRJC010 | Baie du Marin | non Très Bon état | FRJT001 | Etang des Salines | non Très Bon état |

La qualité hydromorphologique est déclassante uniquement pour les masses d'eau à la fois en Très bonne qualité biologique ET en Très bonne qualité physico-chimique. Tel que présenté à la (Figure 116), aucune masse d'eau ne répond à ce critère, de ce fait **aucune ne peut être déclassée du point de vue de l'hydromorphologie.**

3.1.4 Etat écologique

L'état écologique des masses d'eau est obtenu à partir de la qualité Biologique, de la qualité Physico-chimique et de la qualité Hydromorphologique, selon le principe de l'élément déclassant.

L'état écologique est donné AVEC et SANS prise en compte du polluant spécifique de l'état écologique (PSEE), le chlordécone.

La qualité avec PSEE est celle qui sera présentée lors du rapportage.

Cependant, comme le PSEE déclasse la plupart des masses d'eau en qualité moyenne, la présentation de la qualité sans PSEE permet d'identifier les autres sources de pression et de ne pas occulter les efforts fournis pour améliorer la qualité des paramètres suivis.

Niveau de confiance

Le niveau de confiance de l'état écologique se détermine de façon globale, tous éléments de qualité confondus et non par regroupement du niveau de confiance attribué à chaque élément de qualité. Trois niveaux de confiance sont possibles : 3 (élevé), 2 (moyen), 1 (faible). (Annexe 11 de l'arrêté évaluation du 27 juillet 2015 (MEDDE, 2015)) (Figure 114).

Pour la Martinique, plusieurs éléments de qualité utilisés pour la détermination de l'état écologique sont en cours d'évolution, basés sur des données collectées : l'indicateur nutriments pour la définition de la qualité physico-chimique, l'indicateur herbier pour la définition de la qualité biologique.

Le niveau de confiance est donc de 2, donc moyen, pour toutes les masses d'eau.

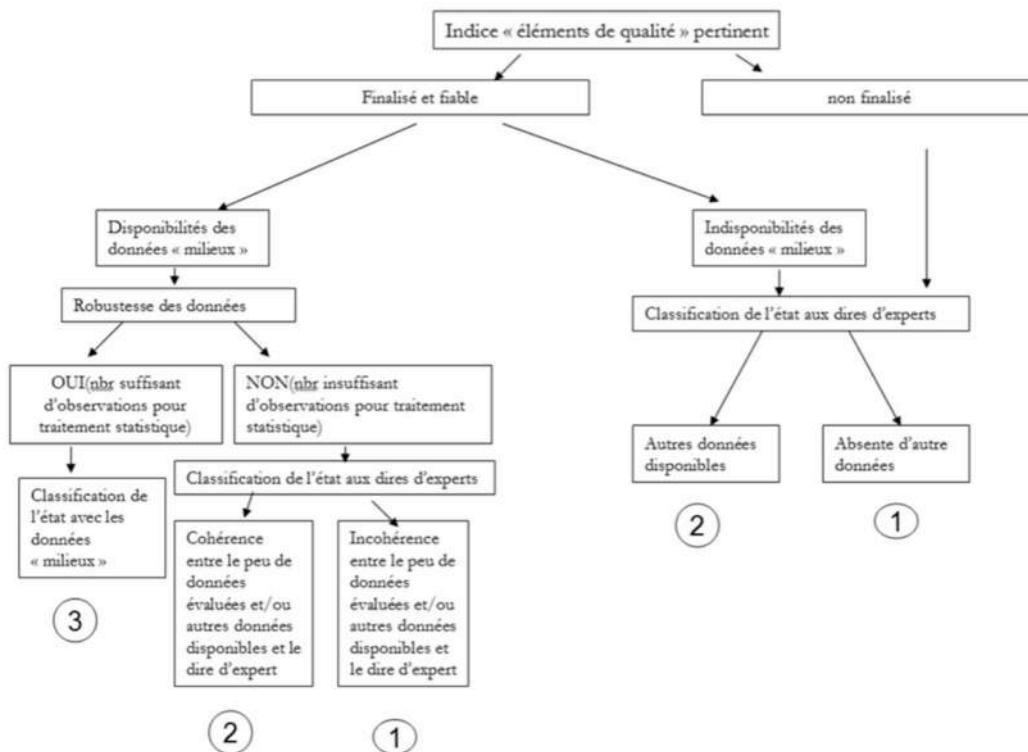


Figure 114 : Arbre de décision pour établir le niveau de confiance de l'état écologique. 3=elevé, 2=moyen, 1=faible (MEDDE, 2015).

L'état écologique AVEC PSEE est (Figure 115):

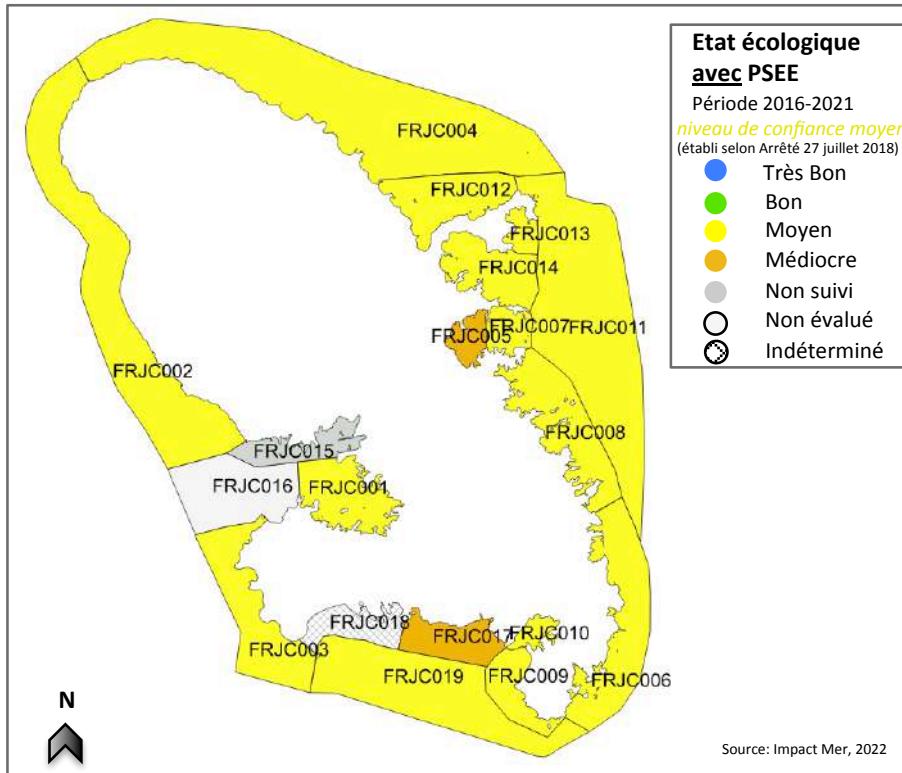
- Médiocre pour FRJC005 – Baie du Robert et FRJC017 – Baie de St-Luce, déclassées par la qualité biologique (respectivement phytoplancton et macroalgues).
- Moyen pour 14 masses d'eau
- Indéterminé pour FRJC018 – Baie du Diamant, du fait d'un résultat inférieur à la limite de quantification pour le PSEE;

La masse d'eau **FRJC016 – Ouest baie de Fort-de-France** n'est pas évaluée, du fait de l'absence de qualité physico-chimique et la masse d'eau **FRJC015 – Nord baie de Fort-de-France** n'est pas suivie. Il avait été convenu jusqu'à l'évaluation de 2017 de considérer comme homogène l'ensemble des masses d'eau de la baie de Fort-de-France. Une expertise réalisée dans le cadre de l'état des lieux 2019 a mis en évidence des différences de qualité physico-chimique entre les trois masses d'eau, et préconise de ne pas faire une évaluation groupée. **Une modélisation de la dispersion des pressions dans la baie a été réalisée par le BRGM, de façon à positionner au mieux la station de suivi de chacune des masses d'eau de la baie.**

La masse d'eau de transition n'est pas évaluée faute de grilles de qualité adaptées.

L'état écologique avec PSEE est celui qu'il convient de retenir du fait de la contamination réelle du milieu. Du point de vue des objectifs d'atteinte du Bon Etat du SDAGE, la prise en compte du PSEE dans l'évaluation de l'état écologique est problématique : la molécule chlordécone est extrêmement stable et très peu biodégradable dans l'environnement (INERIS, 2013). De ce fait, l'objectif de Bon Etat sera assurément Non Atteint. De plus, les efforts qui pourront être fournis pour améliorer la qualité des autres paramètres (physico-chimie et biologie) seront masqués.

Figure 115 : Etat écologique calculé des masses d'eau pour les données disponibles de 2016 à 2021, en prenant en compte l'état physico-chimique avec le polluant spécifique de l'état écologique

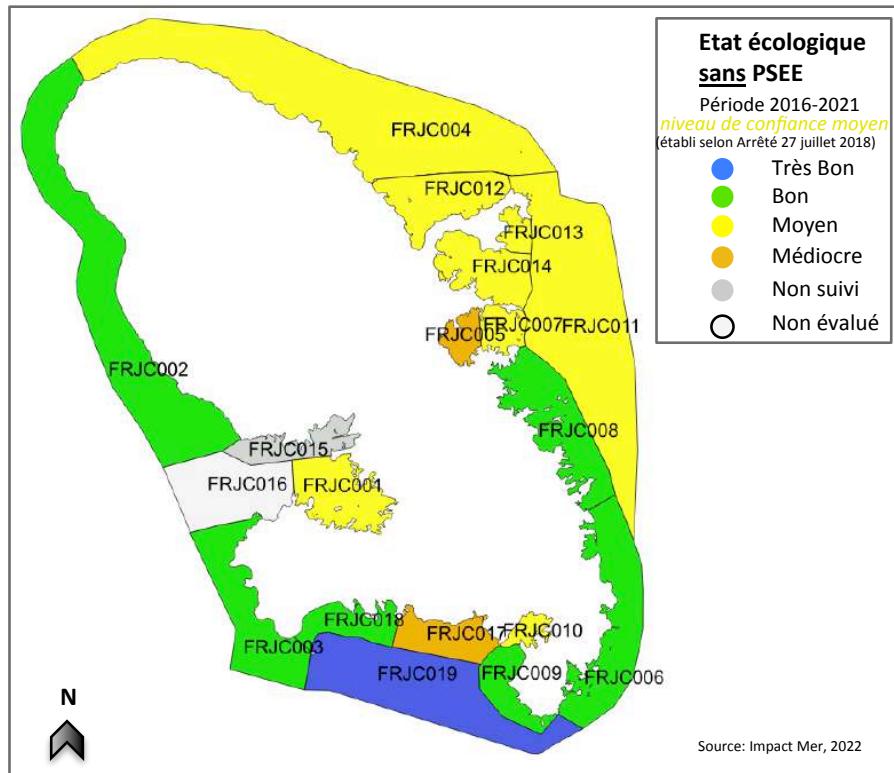


| Type | Masse d'eau | Site | Qualité Biologique | Qualité Physico-Chimique (partielle) AVEC PSEE | Qualité hydro morphologique 2018 | Etat écologique AVEC PSEE | Effet de la prise en compte du chlordécone sur l'état écologique |
|------|-------------|---|--------------------|--|----------------------------------|---------------------------|--|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | Moyen | Moyen | TBE | Moyen | Sans effet |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | Moyen | Moyen | TBE | Moyen | Sans effet |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | Moyen (phyto) | Moyen | Non TBE | Moyen | Sans effet |
| | FRJC016 | Caye Grande Sèche | Bon (corail) | Non suivi | TBE | N.e. | ne s'applique pas |
| | FRJC010 | Baie du Marin | Moyen | Moyen | Non TBE | Moyen | Sans effet |
| | FRJC005 | Baie du Robert | Médiocre (phyto) | Moyen | Non TBE | Médiocre | Sans effet |
| | FRJC014 | Baie du Galion | Moyen (phyto) | Moyen | Non TBE | Moyen | Sans effet |
| 2 | FRJC008 | Pinsonnelle | Bon (phyto) | Moyen | TBE | Moyen | Passe de Bon à Moyen |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | Bon (phyto) | Moyen | TBE | Moyen | Passe de Bon à Moyen |
| | FRJC012 | Loup Ministre | Moyen | Moyen | TBE | Moyen | Sans effet |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou / Caye Pinsonnelle | Moyen | Moyen | TBE | Moyen | Sans effet |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle / Cap St Martin | Moyen | Moyen | TBE | Moyen | Sans effet |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | Bon | Moyen | TBE | Moyen | Passe de Bon à Moyen |
| 6 | FRJC002 | Fond Boucher | Bon | Moyen | TBE | Moyen | Passe de Bon à Moyen |
| | FRJC017 | Corps de Garde/Jardin Tropical/Pointe Borgnesse | Médiocre | Moyen | TBE | Médiocre | Sans effet |
| | FRJC018 | Caye d'Olbian | Bon | Indéterminé | TBE | Indéterminé | Indéterminé |
| | FRJC009 | Pointe Catherine | Bon (phyto) | Moyen | TBE | Moyen | Passe de Bon à Moyen |
| | 7 | FRJC019 | Banc du Diamant | Très Bon (phyto) | Moyen | TBE | Moyen |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines -Centre | N.e. | Moyen | Non TBE | N.e. | ne s'applique pas |

L'état écologique SANS PSEE est (Figure 116):

- Médiocre pour FRJC005 – Baie du Robert et FRJC017 – Baie de St-Luce, déclassées par la qualité biologique (respectivement phytoplancton et macroalgues);
- Moyen pour huit masses d'eau, celles du centre et du nord Atlantique, les baies du Marin (FRJC010) et de Génipa (FRJC001) ;
- Bon sur les masses d'eau de la côte Caraïbe et du Sud Atlantique FRJC008-Pinsonnelle et FRJC006 – Caye Pariadis.
- Très Bon pour la masse d'eau du large du sud Caraïbe (FRJC019 – Banc du Diamant).

Ainsi, l'état écologique sans PSEE, des masses d'eau pour la période 2016-2021 place deux masses d'eau en état Médiocre, huit masses d'eau en état Moyen, six masses d'eau en état Bon et une masse d'eau en état Très Bon. Il n'y a pas de masse d'eau en état Mauvais.



| Type | Masse d'eau | Site | Qualité Biologique | Qualité Physico-Chimique (partielle) SANS PSEE | Qualité hydro morphologique 2018 | Etat écologique SANS PSEE |
|------|-------------|---|--------------------|--|----------------------------------|---------------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | Moyen | Très Bon | TBE | Moyen |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | Moyen | Bon | TBE | Moyen |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | Moyen (phyto) | Très Bon | Non TBE | Moyen |
| | FRJC016 | Caye Grande Sèche | Bon (corail) | Non suivi | TBE | N.e. |
| | FRJC010 | Baie du Marin | Moyen | Très Bon | Non TBE | Moyen |
| | FRJC005 | Baie du Robert | Médiocre (phyto) | Moyen | Non TBE | Médiocre |
| 2 | FRJC014 | Baie du Galion | Moyen (phyto) | Moyen | Non TBE | Moyen |
| | FRJC008 | Pinsonnelle | Bon (phyto) | Bon | TBE | Bon |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | Bon (phyto) | Bon | TBE | Bon |
| 3 | FRJC012 | Loup Ministre | Moyen | Bon | TBE | Moyen |
| | FRJC011 | Loup Garou / Caye Pinsonnelle | Moyen | Bon | TBE | Moyen |
| | FRJC004 | Loup Caravelle / Cap St Martin | Moyen | Bon | TBE | Moyen |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | Bon | Très Bon | TBE | Bon |
| | FRJC002 | Fond Boucher | Bon | Très Bon | TBE | Bon |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde/Jardin Tropical/Pointe Borgnesse | Médiocre | Très Bon | TBE | Médiocre |
| | FRJC018 | Caye d'Olbian | Bon | Très Bon | TBE | Bon |
| | FRJC009 | Pointe Catherine | Bon (phyto) | Très Bon | TBE | Bon |
| 7 | FRJC019 | Banc du Diamant | Très Bon (phyto) | Très Bon | TBE | Très Bon |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines -Centre | N.e. | N.e. | Non TBE | N.e. |

Figure 116 : Etat écologique calculé des masses d'eau pour les données disponibles de 2016 à 2021, en prenant en compte l'état physico-chimique SANS le polluant spécifique de l'état écologique

L'état écologique obtenu à partir de la qualité biologique modifié par l'indice de « vulnérabilité corallienne » (Tableau 40) est formulé à titre indicatif dans la mesure où l'indicateur communauté corallienne est amené à évoluer. Le travail du projet Score Reef en cours a pour objectif d'établir un indicateur communauté corallienne plus complet.

La prise en compte de la vulnérabilité corallienne modifie l'état écologique de deux masses d'eau :

- **FRJC012 – Loup Ministre: qui passe de Moyen à Médiocre ;**
- **FRJC002 – Fond Boucher, qui passe de Bon à Moyen.**

Tableau 40 : Etat écologique des masses d'eau établi avec la qualité biologique modifiée par l'indice « vulnérabilité » pour les données disponibles de 2016 à 2021, en prenant en compte l'état physico-chimique SANS le polluant spécifique de l'état écologique

| Type | Masse d'eau | Site | Qualité Biologique avec indice "vulnérabilité" | Qualité Physico-Chimique (partielle) SANS PSEE | Qualité hydro morphologique 2018 | Etat écologique SANS PSEE |
|------|-------------|---|--|--|----------------------------------|---------------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | Moyen | Très Bon | TBE | Moyen |
| | FRJC007 | Illet à Rats | Moyen | Bon | TBE | Moyen |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | Moyen (phyto) | Très Bon | Non TBE | Moyen |
| | FRJC016 | Caye Grande Sèche | Moyen (corail) | Non suivi | TBE | N.e. |
| | FRJC010 | Baie du Marin | Moyen | Très Bon | Non TBE | Moyen |
| | FRJC005 | Baie du Robert | Médiocre (phyto) | Moyen | Non TBE | Médiocre |
| | FRJC014 | Baie du Galion | Moyen (phyto) | Moyen | Non TBE | Moyen |
| 2 | FRJC008 | Pinsonnelle | Bon (phyto) | Bon | TBE | Bon |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | Bon (phyto) | Bon | TBE | Bon |
| | FRJC012 | Loup Ministre | Médiocre | Bon | TBE | Médiocre |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou / Caye Pinsonnelle | Moyen | Bon | TBE | Moyen |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle / Cap St Martin | Moyen | Bon | TBE | Moyen |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | Bon | Très Bon | TBE | Bon |
| | FRJC002 | Fond Boucher | Moyen | Très Bon | TBE | Moyen |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde/Jardin Tropical/Pointe Borgnesse | Médiocre | Très Bon | TBE | Médiocre |
| | FRJC018 | Caye d'Olbian | Bon | Très Bon | TBE | Bon |
| | FRJC009 | Pointe Catherine | Bon (phyto) | Très Bon | TBE | Bon |
| 7 | FRJC019 | Banc du Diamant | Très Bon (phyto) | Très Bon | TBE | Très Bon |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines -Centre | N.e. | N.e. | Non TBE | N.e. |

3.2 Etat chimique des masses d'eau DCE sur la période 2016-2021 à partir des données de 2019

Il n'y a pas de nouvelles données depuis la campagne de 2019, l'évaluation reste donc identique à celle de 2020.

En Martinique, les substances de l'état chimique sont suivies uniquement dans l'eau, à un pas de temps variable, dans toutes les masses d'eau côtières et la masse d'eau de transition. La mesure est réalisée par les méthodes intégratrices POCIS et DGT, et la méthode de mesure directe SBSE.

| Arrêté du 17 octobre 2018 et Arrêté préfectoral n°R02-2016-11-28-02 du 28 novembre 2016 | | | | Effectivement réalisé pour la DCE Martinique | | | |
|---|--|-----------|-------------------------|--|-------------------|-----------|-------------------------|
| Eléments chimiques | Paramètres | Matrice | fréquence SDAGE / année | Eléments physico-chimiques | Paramètres | Matrice | fréquence SDAGE / année |
| Substances de l'état chimique (Annexe II) | Tableau 23 | biote eau | non imposé 1/12 | Substances de l'état chimique (Annexe II) | pas tous pas tous | biote eau | 6/2 2/1 |
| | substances 2, 5, 6, 7, 12, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 26, 28, 30, 34, 35, 36, 37, 43 et 44 de l'annexe X directive 2000/60/CE | sédiments | 2/1 | | | | 0 |

Pour l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau, il y a donc une adaptation des données utilisées par rapport aux éléments de l'arrêté préfectoral et de l'arrêté du 17 octobre 2018 :

-eau : une valeur intégrée ou ponctuelle une ou deux fois par SDAGE au lieu de 12 valeurs ponctuelles sur une année de la période du sdage
-sédiment : pas de suivi.

Les données de la dernière année sont utilisées pour l'évaluation. L'état chimique de la masse d'eau est déclassée en MOINS QUE BON dès qu'un paramètre dépasse la NQE fixée.

Les trois techniques d'échantillonnage passif ont permis de rechercher en tout 208 molécules, sur les quatre campagnes réalisées entre 2014 et 2019. Cette liste couvre 23 des 45 molécules de la liste des polluants concernés par l'évaluation de l'état chimique (MTEs, 2018b).

Entre 2014 et 2019, il y a eu un total de 86 molécules quantifiées sur la totalité des masses d'eau. Parmi ces molécules, 19 sont sur la liste des polluants pris en compte pour l'évaluation de l'état chimique et possèdent une valeur norme de qualité environnementale (NQE).

En fonction de la technique utilisée, le résultat obtenu est comparé à la valeur de la norme correspondant à la moyenne annuelle (NQE-MA), ou à la norme correspondant à la concentration maximale admissible (NQE-CMA). La masse d'eau FRJC008 est la seule présentant une molécule qui dépasse la norme de qualité environnementale : le **benzo(ghi)pérylène** mesuré en 2015 à Pinsonnelle (Tableau 41). La molécule dosée par la technique SBSE dépasse la NQE-CMA (Concentration Maximale Admissible) avec une valeur de 0,0014 µg/l pour une NQE à 0,00082 µg/l. Cependant, cette molécule fait partie du groupe des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) (n°28 de la liste). L'arrêté précise que seul le benzo(a)pyrène, en tant que marqueur des autres HAP, doit faire l'objet d'une surveillance aux fins de la comparaison avec la NQE pour le biote et la NQE-MA dans l'eau. Il n'est rien précisé concernant la NQE-CMA, et le benzo(ghi)pérylène possède sa propre valeur de NQE-CMA. En conclusion, cette molécule apparaît obligatoire pour l'évaluation. La masse d'eau **FRJC008** est déclassée en **Mauvais Etat** au regard de la chimie de l'eau.

Deux molécules dosées par la méthode des SBSE présentent des valeurs entre la NQE-MA et la NQE-CMA, il s'agit du **benzo(a)pyrène** dans la masse d'eau FRJC004 et du **Fluoranthène** dans la masse d'eau FRJC003. Il y a donc une alerte sur le **risque de Mauvais Etat** pour ces deux masses d'eau.

L'analyse complète des résultats du suivi chimique des masses d'eau est présentée dans le rapport « Impact Mer. 2021. Suivi chimique des eaux littorales de la Martinique- Année 2019 ».

Niveau de confiance

Selon l'annexe 11 de l'arrêté du 27 juillet 2018 modifiant celui du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface (MTEs, 2018b), le niveau de confiance associé au bon état dépend du nombre de molécules recherchées et incluant les polluants benzo+indeno et DEHP.

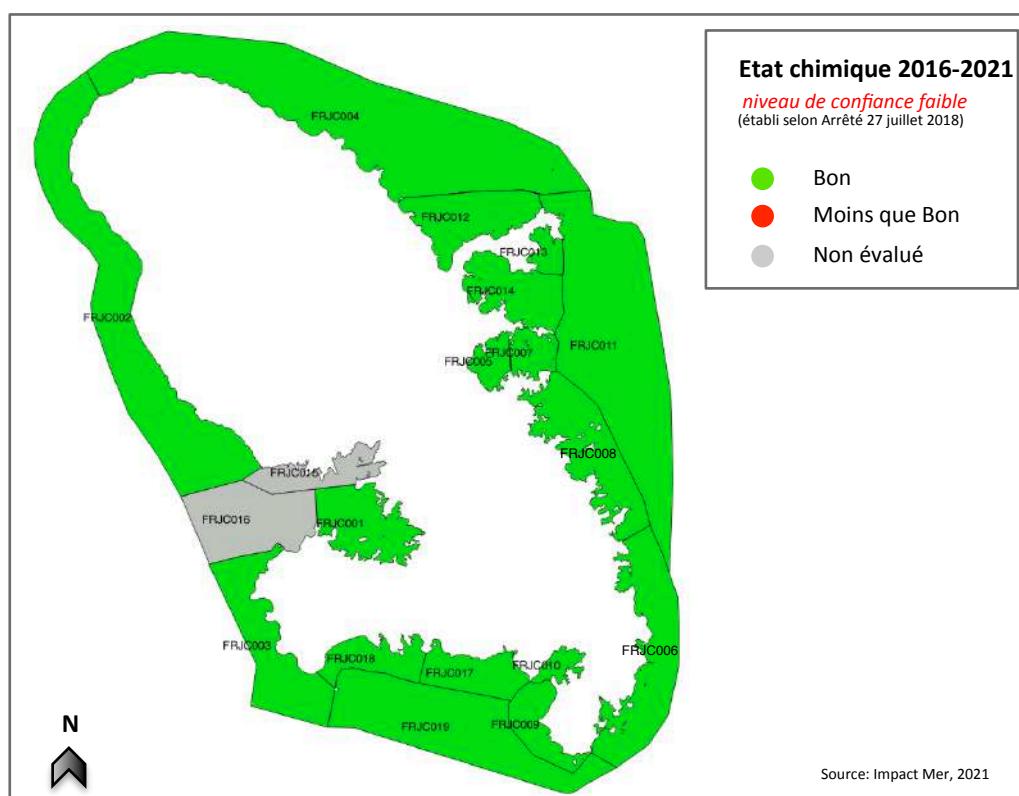
Le nombre de polluants ou de groupe de polluants recherchés est de 19 sur un total de 45, soit 42% des polluants de la liste. En dessous de 50% de molécules pour lesquelles la valeur correspond au bon état, le niveau de confiance associé est faible.

Bilan de l'évaluation chimique (Tableau 41) :

- pas de masse d'eau déclassée en Moins que Bon en considérant uniquement les résultats du dernier suivi
- sur les 6 dernières années, FRJC008 Littoral du François au Vauclin en Moins que Bon pour la molécule benzo(ghi)pérylène, mesurée en 2015.
- 19 molécules ou groupe de molécules recherchées / 45 molécules de la liste (ou 30/59 molécules et dérivés) (Annexe 8, liste 1.2 de l'arrêté du 27 juillet 2018 relatif aux méthodes et aux critères d'évaluation de l'état écologique), soit un niveau de confiance faible associé à l'évaluation.

Tableau 41 : Etat chimique des masses d'eau DCE basé sur le dosage des polluants par échantillonnage passif, années 2014 à 2019 et année 2019

| Type | Code ME | Site | Dépassement NQE | Etat 2014-2019 | Etat 2019 | Niveau de confiance | Commentaire |
|------|---------|-----------------------------------|--------------------|----------------|-----------|---------------------|-------------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | | Bon | Bon | Faible | |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | | Bon | Bon | Faible | |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | | Bon | Bon | Faible | |
| | FRJC010 | Baie du Marin | | Bon | Bon | Faible | |
| | FRJC005 | Baie du Robert | | Bon | Bon | Faible | |
| | FRJC014 | Baie du Galion | | Bon | Bon | Faible | |
| 2 | FRJC008 | Pinsonnelle | Benzo[ghi]pérylène | Moins que Bon | | Bon | Faible |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | | Bon | Bon | Faible | |
| | FRJC012 | Loup Ministre | | Bon | Bon | Faible | |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | | Bon | Bon | Faible | |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle / Cap St-Martin | | Bon | Bon | Faible | A risque Benzo(a)pyrène |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | | Bon | Bon | Faible | A risque Fluoranthène |
| | FRJC002 | Fond Boucher | | Bon | Bon | Faible | |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde / Pointe Borgnesse | | Bon | Bon | Faible | |
| | FRJC018 | Caye d'Olbian | | Bon | Bon | Faible | |
| | FRJC009 | Pointe Catherine | | Bon | Bon | Faible | |
| 7 | FRJC019 | Banc du Diamant/Rocher Diamant | | Bon | Bon | Faible | |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines - Centre | | Bon | Bon | Faible | |



3.3 Etat global des masses d'eau DCE sur la période 2016-2021

L'état global des masses d'eau est obtenu selon le principe de l'élément déclassant entre l'état écologique et l'état chimique.

L'état chimique n'étant déclassant pour aucune masse d'eau, **l'état global correspond donc à l'état écologique.**

Si on considère le niveau de confiance, celui de l'état chimique est faible et celui de l'état écologique est moyen. **Le niveau de confiance de l'état global pourrait donc être considéré comme faible.**

L'état global calculé, sans PSEE, est donc Médiocre pour deux masse d'eau, Moyen pour huit masses d'eau, Bon pour six masses d'eau et Très Bon pour une masse d'eau (Figure 117).

L'état global ne peut être donné pour la masse d'eau de transition, faute de grilles de qualité adaptées.

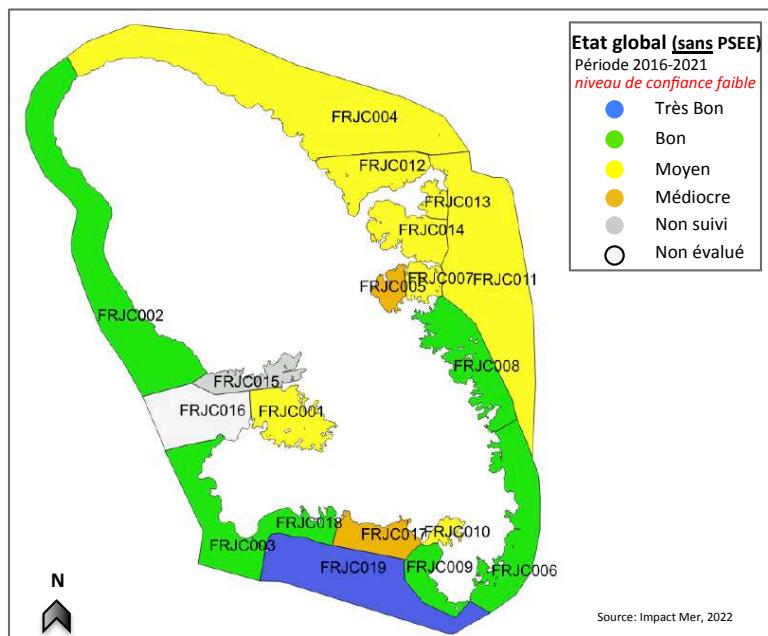


Figure 117 : Etat global sans PSEE des masses d'eau côtières de la Martinique

Enfin, l'état global calculé avec PSEE est Médiocre pour deux masses d'eau, Moyen pour quatorze masses d'eau et Indéterminé pour une masses d'eau (

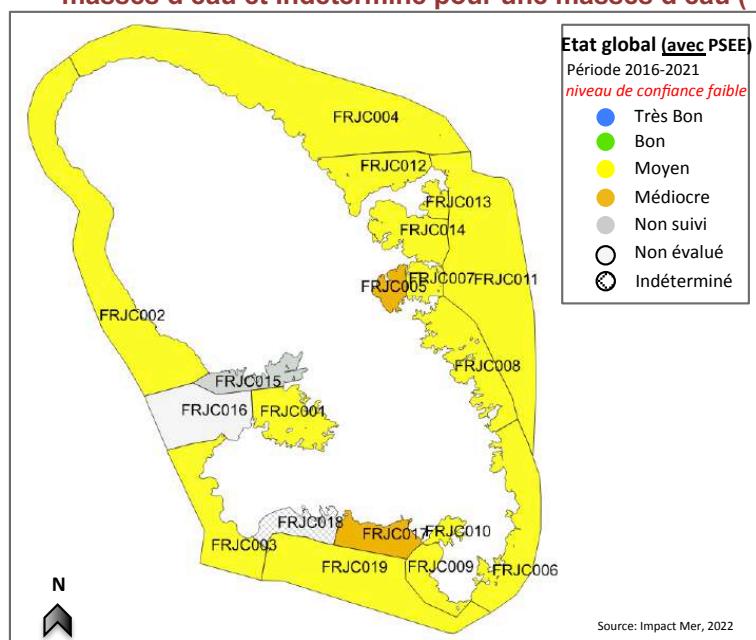


Figure 118).

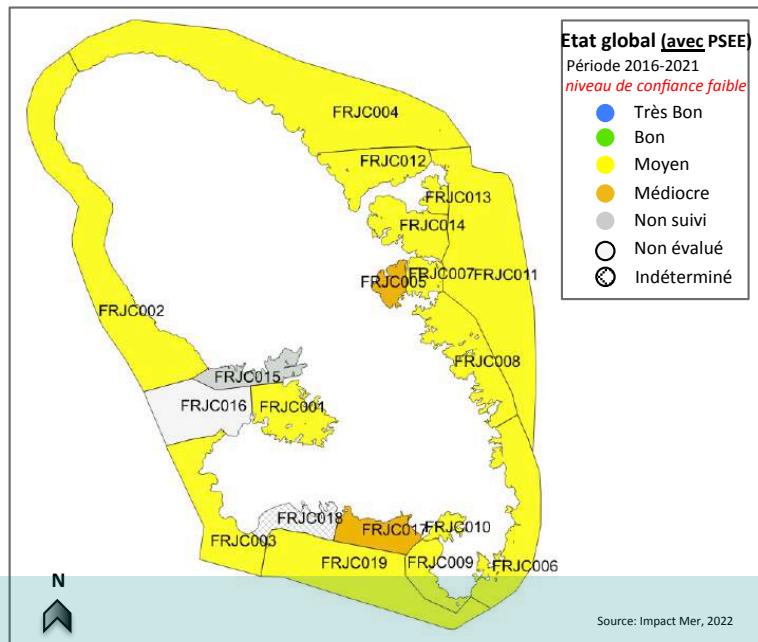


Figure 118 : Etat global avec PSEE des masses d'eau côtières de la Martinique

4 Comparaison des états écologiques sur les cinq dernières périodes et comparaison avec les objectifs SDAGE 2016-2021

4.1 Comparaison des états écologiques

Une comparaison des qualités et états calculés sur les sept périodes glissantes 2009-2014, 2010-2015 et 2011-2016 par site puis 2012-2017, 2013-2018, 2014-2019, 2015-2020 et 2016-2021 par masse d'eau est présentée au Tableau 42.

Toutefois, la comparaison peut être biaisée :

- pour l'évaluation 2013-2018 par i) des modifications dans les méthodes de calcul des indices/indicateurs, notamment l'automatisation des calculs avec mois spécifiques retenus (mars, juin, septembre, décembre), ii) un changement de seuil de bloom pour l'indice abondance du phytoplancton ;
- pour l'évaluation 2014-2019 par le changement de l'opérateur pour la détermination des abondances microphytoplanctoniques.

Les qualités obtenues sur 2016-2021 sont comparées avec celles de 2015-2020.

La qualité biologique est :

- **améliorée** FRJC014 – Baie du Galion et FRJC019 – Banc du Diamant.
- **dégradée** pour FRJC017 – Baie de St-Luce (macroalgues).

La qualité **physico-chimique sans PSEE** est :

- **améliorée** pour FRJC017 – Baie de St-Luce (turbidité);
- **dégradée** pour FRJC012 – Baie de La Trinité (turbidité).

Par rapport à 2015-2020, l'état écologique évalué pour la période 2016-2021 est amélioré pour deux masses d'eau – FRJC014 et FRJC019 et dégradé pour une masse d'eau – FRJC017.

Decryptage :

- FRJC017 : la note de l'indice macroalgues de Pointe Borgnesse est proche de la limite entre médiocre et moyen, faisant basculer la masse d'eau d'une classe à l'autre selon les années. Sur la dernière période, la note s'est dégradée de 3%;
- FRJC014 : les indices phytoplanctoniques biomasse et abondance donnent chacun la même qualité entre 2014-2019, 2015-2020, et 2016-2021 soit « Médiocre » pour la biomasse et « Moyen » pour l'abondance. Cependant la note de l'indicateur phytoplancton oscille car la moyenne des EQR des deux indices est à la limite entre les catégories « Médiocre » et « Moyen ». Sur 2016-2021, la moyenne a permis de repasser en « Moyen ». Le suivi de cette masses d'eau a débuté en 2017, ainsi le note de l'indicateur s'affine avec l'accroissement du nombre de valeurs (5 années en 2021) ;
- FRJC019 : l'indice phytoplanctonique abondance à une valeurs proche de la limite entre « Bon » et « Très Bon », faisant basculer la masse d'eau d'une classe à l'autre selon les années. Sur la dernière période l'indice s'est amélioré, passant de la catégorie « Bon » à la catégorie « Très Bon ». L'indicateur s'en trouve amélioré à l'identique. L'état physico-chimique étant également « Très Bon », l'état écologique s'en trouve amélioré.

Tableau 42 : Evolution des qualités biologiques, qualité physico-chimique et états écologiques partiels des sites/masses d'eau DCE calculés sur les périodes 2009-2014, 2010-2015, 2011-2016, 2012-2017, 2013-2018, 2014-2019, 2015-2020 et 2016-2021 (ph=phyto, co= corail)

| | | | Qualité Biologique | | | | | | | | |
|------|-------------|-------------------|------------------------|---------------|---------------|------------|--|---------------|---------------|---------------|--|
| | | | Nouveau seuil de bloom | | | | Nouveau sous-traitant comptages microphytopl | | | | |
| Type | Masse d'eau | Site | 2009-2014 | 2010-2015 | 2011-2016 | 2012-2017 | 2013-2018 | 2014-2019 | 2015-2020 | 2016-2021 | |
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | Bon | Moyen | Moyen | Moyen | Bon | Moyen | Moyen | Moyen | |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | Moyen | Moyen | Moyen | Médiocre | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | Moyen (ph) | Moyen (ph) | Moyen (ph) | Moyen (ph) | Bon (ph) | Bon (ph) | Moyen (ph) | Moyen (ph) | |
| | FRJC016 | Caye Grande Sèche | Bon (co) | Bon (co) | Bon (co) | Bon (co) | Bon (co) | Bon (co) | Bon (co) | Bon (co) | |
| | FRJC010 | Baie du Marin | Mauvais | Médiocre | Médiocre | Médiocre | Moyen (ph) | Moyen (ph) | Moyen | Moyen | |
| | FRJC005 | Baie du Robert | | | | | Moyen (ph) | Médiocre (ph) | Médiocre (ph) | Médiocre (ph) | |
| | FRJC014 | Baie du Galion | | | | | Médiocre (ph) | Moyen (ph) | Moyen (ph) | Moyen (ph) | |
| 2 | FRJC008 | Pinsonnelle | Bon (ph) | Moyen (ph) | Moyen (ph) | Moyen (ph) | Moyen (ph) | Bon (ph) | Bon (ph) | Bon (ph) | |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | Bon | Très Bon (ph) | Très Bon (ph) | Bon (ph) | Très Bon (ph) | Très Bon (ph) | Bon (ph) | Bon (ph) | |
| | FRJC012 | Loup Ministre | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | Bon | Moyen | Bon | Médiocre | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | |
| | | Caye Pinsonnelle | Médiocre (ph) | Médiocre (ph) | Médiocre (ph) | | | | | | |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | |
| | | Cap Saint Martin | Moyen | Moyen | Moyen | | | | | | |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | Moyen | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| | FRJC002 | Fond Boucher | Moyen | Moyen | Moyen | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde | Bon | Bon | Bon | Médiocre | Médiocre | Médiocre | Moyen | Médiocre | |
| | | Jardin Tropical | | Bon (ph) | Bon (ph) | | | | | | |
| | FRJC018 | Pointe Borgnesse | Médiocre | Moyen | Moyen | | | | | | |
| | | Caye d'Olbian | | | | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 7 | FRJC009 | Pointe Catherine | | | | Moyen (ph) | Très Bon (ph) | Très Bon (ph) | Bon (ph) | Très Bon (ph) | |
| | FRJC019 | Banc du Diamant | | Moyen (ph) | Bon (ph) | Bon (ph) | Très Bon (ph) | Très Bon (ph) | Bon (ph) | Très Bon (ph) | |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines | | | | N.e. | N.e. | N.e. | N.e. | N.e. | |

| | | | Qualité Physico-Chimique SANS PSEE | | | | | | | | |
|------|-------------|-------------------|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| | | | Nouvelle métrique transparence | | | | | | | | |
| Type | Masse d'eau | Site | 2009-2014 | 2010-2015 | 2011-2016 | 2012-2017 | 2013-2018 | 2014-2019 | 2015-2020 | 2016-2021 | |
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | Bon | Bon | Bon | Bon | Très Bon | Très Bon | Très Bon | Très Bon | |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | Moyen | Moyen | Moyen | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | Moyen | Bon | Bon | Bon | Bon | Très Bon | Très Bon | Très Bon | |
| | FRJC016 | Caye Grande Sèche | | | | | | | Non suivi | Non suivi | |
| | FRJC010 | Baie du Marin | Bon | Bon | Bon | Bon | Très Bon | Très Bon | Très Bon | Très Bon | |
| | FRJC005 | Baie du Robert | | | | Moyen | Bon | Moyen | Moyen | Moyen | |
| | FRJC014 | Baie du Galion | | | | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | |
| 2 | FRJC008 | Pinsonnelle | Bon | Bon | Moyen | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | Bon | Bon | Moyen | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| | FRJC012 | Loup Ministre | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Très Bon | Très Bon | Bon | |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | Bon | Bon | Bon | Bon | Très Bon | Bon | Bon | Bon | |
| | | Caye Pinsonnelle | | | | | | | | | |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| | | Cap Saint Martin | | Moyen | Moyen | | | | | | |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | Bon | Bon | Bon | Bon | Très Bon | Très Bon | Très Bon | Très Bon | |
| | FRJC002 | Fond Boucher | Bon | Bon | Bon | Bon | Très Bon | Très Bon | Très Bon | Très Bon | |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde | Bon | Bon | Bon | Bon | Très Bon | Bon | Bon | Très Bon | |
| | | Jardin Tropical | | | | | | | | | |
| | FRJC018 | Pointe Borgnesse | Bon | Bon | Bon | Bon | Très Bon | Très Bon | Très Bon | Très Bon | |
| | | Caye d'Olbian | | | | | Très Bon | Très Bon | Très Bon | Très Bon | |
| 7 | FRJC009 | Pointe Catherine | | | | | Très Bon | Très Bon | Très Bon | Très Bon | |
| | FRJC019 | Banc du Diamant | | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Très Bon | Très Bon | |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines | | | | N.e. | N.e. | N.e. | N.e. | N.e. | |

| Type | Masse d'eau | Site | Etat écologique | | | | | | | |
|------|-------------|-------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|---------------|------------|---------------|-----------|
| | | | 2009-2014 | 2010-2015 | 2011-2016 | 2012-2017 | 2013-2018 | 2014-2019 | 2015-2020 | 2016-2021 |
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | Bon | Moyen | Moyen | Moyen | Bon | Moyen | Moyen | Moyen |
| | FRJC007 | Illet à Rats | Moyen | Moyen | Moyen | Médiocre | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Bon (ph) | Bon (ph) | Moyen | Moyen |
| | FRJC016 | Caye Grande Sèche | | | | Moyen | N.e. | N.e. | N.e. | N.e. |
| | FRJC010 | Baie du Marin | Mauvais | Médiocre | Médiocre | Médiocre | Médiocre | Moyen | Moyen | Moyen |
| | FRJC005 | Baie du Robert | | | | Moyen | Moyen (ph) | Moyen | Médiocre (ph) | Médiocre |
| | FRJC014 | Baie du Galion | | | | Médiocre | Moyen (ph) | Moyen (ph) | Médiocre | Moyen |
| 2 | FRJC008 | Pinsonnelle | Bon | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen (ph) | Bon (ph) | Bon | Bon |
| | FRJC006 | Caye Paradies | Bon | Bon | Moyen | Moyen | Bon (ph) | Bon (ph) | Bon | Bon |
| | FRJC012 | Loup Ministre | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | Bon | Moyen | Bon | Médiocre | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen |
| | | Caye Pinsonnelle | | | | | | | | |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen |
| | | Cap Saint Martin | Moyen | Moyen | Moyen | | | | | |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | Moyen | Bon | Bon | Moyen | Bon | Bon | Bon | Bon |
| | FRJC002 | Fond Boucher | Moyen | Moyen | Moyen | Moyen | Bon | Bon | Bon | Bon |
| | | Corps de Garde | Bon | Bon | Bon | Médiocre | Médiocre | Médiocre | Moyen | Médiocre |
| 6 | FRJC017 | Jardin Tropical | Médiocre | Moyen | Moyen | | | | | |
| | | Pointe Borgnesse | | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon |
| | FRJC018 | Caye d'Olbian | | | | Moyen | Très Bon (ph) | Bon (ph) | Bon | Bon |
| 7 | FRJC009 | Pointe Catherine | | | | | | | | |
| | FRJC019 | Banc du Diamant | | Moyen | Bon | Moyen | Bon | Bon | Bon | Très Bon |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines | | | | N.e. | N.e. | N.e. | N.e. | N.e. |

La tendance sous forme cartographique de l'évolution de l'état des masses d'eau sur les quatre dernières années est présentée ci-dessous (Figure 119) :

Au niveau des Baies :

- la Baie du Trésor n'a pas retrouvé son état « Bon » de 2018,
- la Baie du Robert a perdu en 2018 son état « Moyen » et conserve depuis son état « Médiocre »
- la Baie du Galion est instable entre « Médiocre » et « Moyen »
- la Baie de Génipa a perdu son état « Bon » en 2020 et ne l'a pas retrouvé

Côte Atlantique : pas d'évolution

Côte Caraïbes :

- la Baie de St-Luce oscille entre l'état « Moyen » et « Médiocre »
- les masses d'eau du sud (Eaux côtières du Sud et Rocher du Diamant et Baie de St-Anne) sont entre « Bon » et « Très Bon »

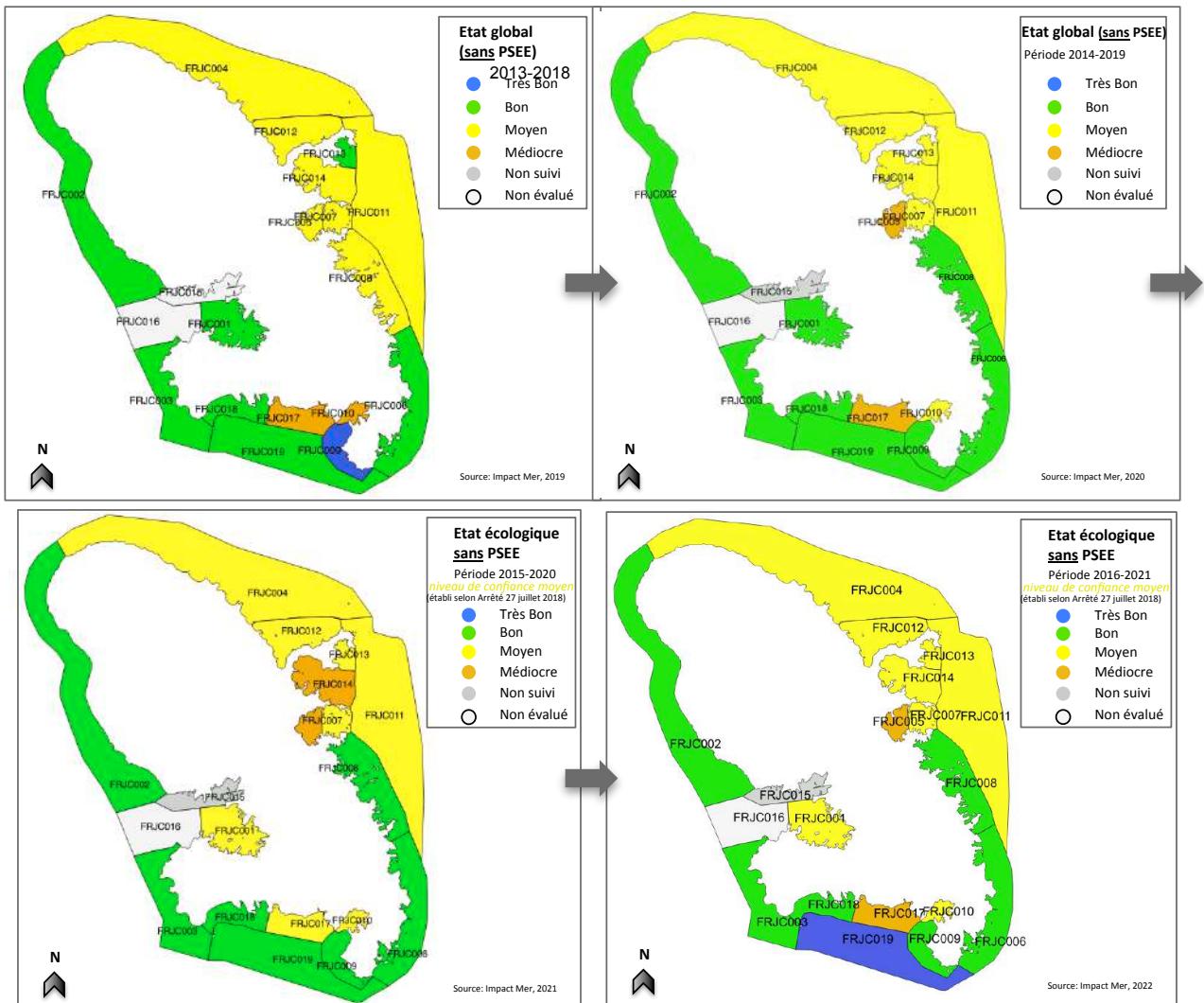


Figure 119 : Evolution de l'état global (ou état écologique) sans PSEE des masses d'eau côtières de la Martinique entre 2018 et 2021

4.2 Comparaison des états écologiques 2016-2021 avec les objectifs du SDAGE

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) fixe des objectifs de qualité des masses d'eau littorales. Une année d'atteinte de Bon Etat est fixée, ainsi qu'un avis (Non Risque, Doute, Risque) sur le risque de non atteinte du Bon état (RNABE) à l'année fixée.

L'évaluation de l'état écologique, sans prise en compte du polluant spécifique de l'état écologique, pour la période 2016-2021, donne six masses d'eau en Bon état et une en Très Bon état (Tableau 43).

Ce résultat signifie que théoriquement pour sept masses d'eau, l'objectif SDAGE a été atteint en 2021, sans prise en compte du PSEE. Ces sept masses d'eau ont été placées en Non Risque.

Pour les masses d'eau dont l'état est inférieur à Bon, un avis Doute ou Risque est donné en fonction de l'évolution par rapport à la précédente évaluation et de l'année d'objectif de Bon état.

Certaines masses d'eau qui était placées en Doute en 2020 ont été mise en Risque en 2021, notamment du fait de l'approche de l'échéance de 2027 (colonne « Objectif Bon Etat SDAGE 2016-2021 » sans signe d'amélioration de l'état écologique depuis plusieurs années ou de l'instabilité de l'amélioration (passage de « Risque » à « Doute » et à nouveau à « Risque »).

Ainsi, **neuf masses d'eau sont placées en Risque.**

Lorsque le PSEE (Chlordécone) est pris en compte dans l'état écologique, toutes les masses d'eau à objectif 2021 sont placées en Risque de Non Atteinte du Bon Etat et toutes les masses d'eau à objectif 2027 sont placées en Doute de Non Atteinte du Bon Etat.

Tableau 43 : Comparaison de l'état écologique sans PSEE 2016-2021 et des objectifs SDAGE 2016-2021

| Type | Masse d'eau | Site | Etat écologique (partiel) SANS PSEE | Objectif Bon Etat SDAGE 2016-2021 | RNABE en 2018 SANS PSEE | RNABE en 2019 SANS PSEE | RNABE en 2020 SANS PSEE | RNABE en 2021 SANS PSEE |
|------|-------------|---|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | Moyen | 2015 | Non Risque | Risque | Risque | Risque |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | Moyen | 2027 | Doute | Doute | Doute | Risque |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | Moyen | 2027 | Non Risque | Non Risque | Doute | Doute |
| | FRJC016 | Caye Grande Sèche | N.e. | 2027 | Risque | Risque | Risque | Risque |
| | FRJC010 | Baie du Marin | Moyen | 2027 | Risque | Doute | Doute | Doute |
| | FRJC005 | Baie du Robert | Médiocre | 2027 | Risque | Risque | Risque | Risque |
| 2 | FRJC014 | Baie du Galion | Moyen | 2027 | Risque | Risque | Risque | Doute |
| | FRJC008 | Pinsonnelle | Bon | 2027 | Risque | Non Risque | Non Risque | Non Risque |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | Bon | 2021 | Non Risque | Non Risque | Non Risque | Non Risque |
| 3 | FRJC012 | Loup Ministre | Moyen | 2027 | Doute | Doute | Doute | Risque |
| | FRJC011 | Loup Garou / Caye Pinsonnelle | Moyen | 2021 | Doute | Risque | Risque | Risque |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle / Cap St Martin | Moyen | 2027 | Doute | Doute | Doute | Risque |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | Bon | 2027 | Non Risque | Non Risque | Non Risque | Non Risque |
| | FRJC002 | Fond Boucher | Bon | 2027 | Non Risque | Non Risque | Non Risque | Non Risque |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde/Jardin Tropical/Pointe Borgnesse | Médiocre | 2027 | Risque | Risque | Doute | Risque |
| | FRJC018 | Caye d'Olbian | Bon | 2027 | Non Risque | Non Risque | Non Risque | Non Risque |
| | FRJC009 | Pointe Catherine | Bon | 2021 | Non Risque | Doute | Doute | Non Risque |
| 7 | FRJC019 | Banc du Diamant | Très Bon | 2021 | Non Risque | Non Risque | Non Risque | Non Risque |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines -Centre | N.e. | 2027 | Risque | Risque | Risque | Risque |

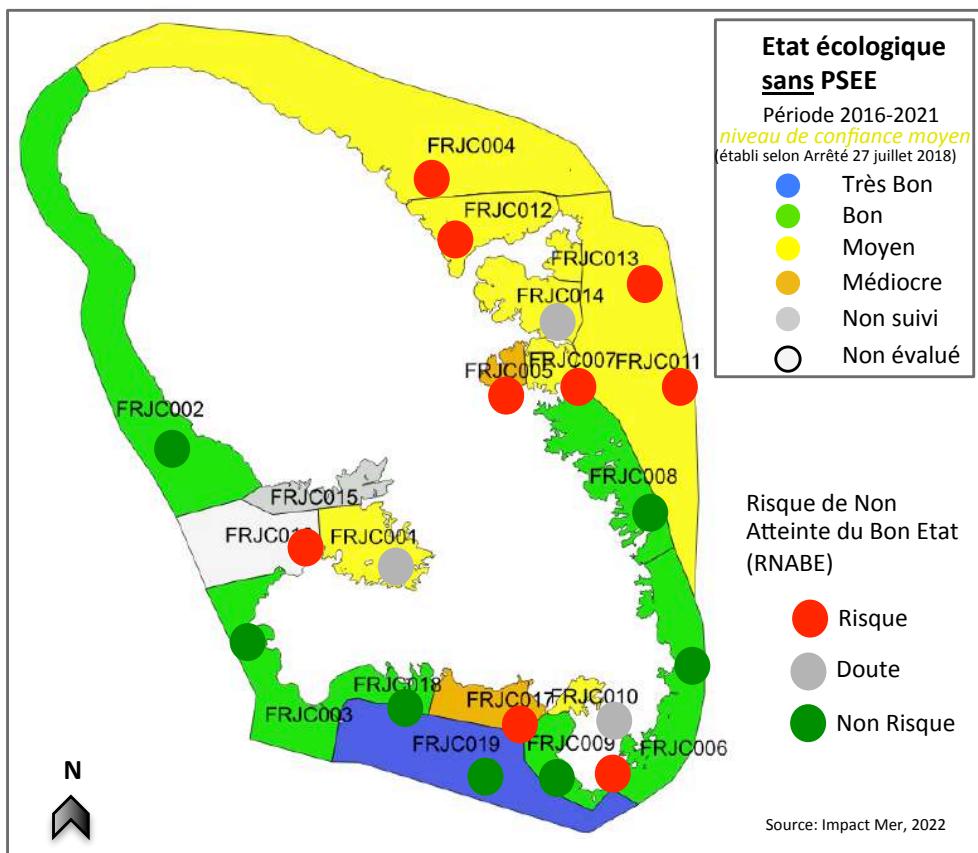


Figure 120 : Etat écologique sans PSEE des masses d'eau côtières de la Martinique sur la période 2016-2021 et niveau de Risque de Non Atteinte du Bon Etat par masse d'eau

Les paramètres responsables du déclassement des masses d'eau sont présentés graphiquement ci-dessous (Figure 121).

Le déclassement des masses d'eau en Moins que Bon est dû à, en ordre d'importance:

1. la biomasse phytoplanctonique (P90 Chl a) pour six masses d'eau
2. la forte couverture en macroalgues sur cinq masses d'eau
3. l'abondance phytoplantonique (Microplancton – bloom 25 000 cell/l) pour deux masses d'eau
4. la faible couverture corallienne sur deux masses d'eau
5. la turbidité sur deux masses d'eau (Transparence – P90)

L'identification des paramètres déclassants, hors PSEE, apporte des éléments pour orienter les actions prioritaires à mener dans le cadre du SDAGE.

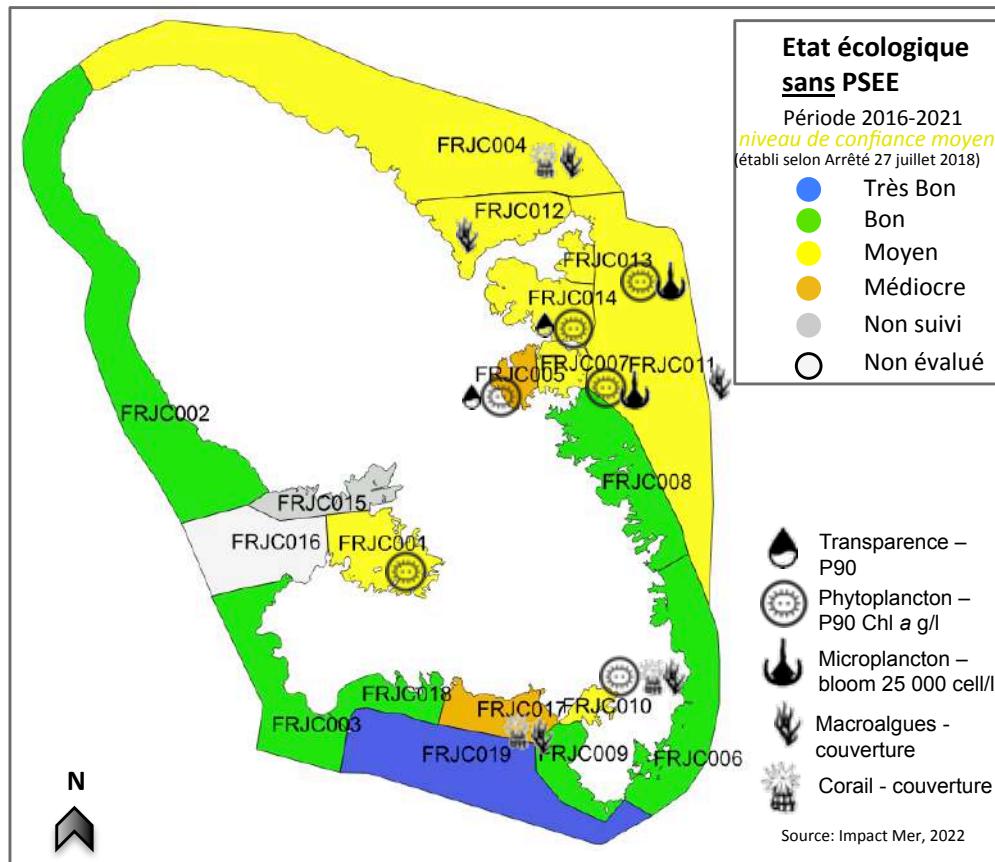


Figure 121 : Paramètres responsables du déclassement de l'Etat écologique sans PSEE sur la période 2016-2021

5 Discussion et recommandations

Cette partie présente les évolutions, effectives en 2021 ou attendues (Tableau 44), sur les points de discussion abordés dans le rapport annuel 2017 (Impact Mer, 2017).

Tableau 44 : Bilan du suivi 2021 et objectifs pour les futurs suivis

| Thème | Action | Echéance |
|--|--|--|
| Réseau | | |
| l'EDL 2019 déconseille l'évaluation par regroupement des trois masses d'eau de la Baie de Fort-de-France | Création de nouveaux lieux de surveillance pour FRJC015 et FRJC016 | 2022 |
| Masse d'eau de transition Etang des Salines | Nécessité d'élaborer des grilles de qualité adaptées pour les divers paramètres basées sur la bibliographie, à tester avec les données en cours d'acquisition Etude ESMAMA de l'Ifremer en 2018 | non définie, résultats Ifremer/OFB traités en 2020 |
| Technique | | |
| Matérialisation surface des points de suivi « communauté corallienne » / « hydrologie » | pas envisagée pour les sites « communauté corallienne », prélèvements sans ancrage sur les points « hydrologie » | abandonné/ résolu 2019 |
| Entretien des sites IFRECOR | Pas d'entretien nécessaire pour le suivi vidéo de l'Ifremer. Possibilité de matérialiser comme les autres sites DCE | progressif à partir de 2019 |
| Elément de qualité « communauté corallienne » | | |
| Réflexion sur un indicateur adapté et complet + test d'une grille de qualité | Annulation du projet de Groupe de travail qui devait être créé à l'issue du séminaire 2017. Projet SCORE Reef par l'AFB 2020-2022 | 2023 ? |
| Eléments turfs, oursins, algues calcaires encroûtantes,... notés mais non exploités | Annulation du projet de Groupe de travail pour la création d'un indice multifacteurs complémentaire à l'indice corail. Eléments intégrés à SCORE Reef ? | 2023 ? |
| Elément de qualité « macroalgues » | | |
| Indice à valider / tester un indice basé sur les groupes fonctionnels | Attribuer un critère sensibilité/tolérance à l'eutrophisation aux taxons. Travail préliminaire pour le développement d'un indicateur macroalgue suite à Madibenthos (Olive, 2017) | suite non définie |
| Elément de qualité « herbier » | | |
| Indices/indicateurs à définir | Post-doc de F.Kerninon, phase de test Mise au point de l'indicateur (Kerninon, 2020) | effectué en 2021 2023 |
| Elément de qualité « phytoplancton » | | |
| Pico nanoplancton analysé mais non exploité | Accumuler de la donnée afin de pouvoir proposer une grille | non définie |
| Evaluation du microphytoplancton | Seuil à 25 000 c/l à valider au niveau national Exploitation des assemblages de taxons | 2023 ? abandonné |
| Elément de qualité « physico-chimie » | | |
| Calcul automatisé des indicateurs basé sur des mois fixes | Modifier les critères pour tenir compte des campagnes bi-mensuelles | résolu |
| Indicateur enrichissement du milieu / indicateur nutriments | Projet sur le thème de l'eutrophisation, piloté par Anne Daniel (Ifremer) en coopération avec La Réunion. Démarrage en 2022. | non définie |
| Elément de qualité « chimie » | | |
| Elargir la liste des paramètres analysés par les EP pour répondre aux exigences DCE (liste Annexe 8) | Etude Aquaref en cours | non définie |
| Adapter les NQE aux techniques d'EP | Etude Aquaref en cours | non définie |

Les thèmes présentés dans le tableau sont discutés dans les parties suivantes.

5.1 Réseau

Le réseau de suivi établi en 2017 permet l'acquisition de données pour 18 masses d'eau côtières sur 19 et pour la masse d'eau de transition.

Les masses d'eau de la baie de Fort-de-France

La baie de Fort-de-France est découpée en trois masses d'eau : FRJC015 au Nord, FRJC001 au Sud et FRJC016 à l'Ouest (Figure 122).

Depuis le début du suivi DCE, il y a un site de suivi « hydrologie » (physico-chimie et phytoplancton) et de suivi « Herbier » au niveau de FRJC001 et un site de suivi « Communautés corallliennes » au niveau de FRJC016. Les sites « hydrologie » et « communautés corallliennes » se situent à proximité de l'intersection des trois masses d'eau (Figure 124). Historiquement, le site de suivi des communautés corallienne a été décalé par rapport au site « hydrologie » car il s'agissait du seul site propice au suivi avec une position au plus près du site « hydrologie ».

Il existe également en baie de Fort-de-France sept sites suivis dans le cadre du Réseau National d'Observation (RNO), pour les paramètres physico-chimie et chlorophylle a (spectrophotométrie) uniquement.

L'arrêté d'évaluation du 27 juillet 2015 (MEDDE, 2015) et le Guide d'évaluation 2018 (MTES, 2018) précisent les règles concernant l'extrapolation spatiale des résultats : dans le cas d'un groupe homogène de masses d'eau présentant un contexte similaire du point de vue de la typologie des milieux et des pressions, l'état de la masse d'eau peut être estimé par rapprochement à des masses d'eau évaluées à partir des données de suivi. A l'issue du comité de pilotage 2016, il avait été convenu de regrouper les résultats des sites « hydrologie » et « communauté corallienne » pour évaluer l'état des trois masses d'eau de la baie.

Dans le cadre de l'Etat des lieux 2019, l'Ifremer a soumis une expertise concernant les évaluations pour la baie de Fort-de-France (Allenou *et al.*, 2019). Une comparaison des résultats de température, oxygène, turbidité et chlorophylle a a conclu que les masses d'eau étaient différentes, en particulier pour la chlorophylle a.

Cette expertise vient donc annuler le traitement par regroupement et pose le problème du suivi complet des masses d'eau FRJC015 et FRJC016.

Suite à la modélisation de la dispersion des nutriments et polluants réalisée par le BRGM à partir de leur modèle de courantologie de la baie de Fort-de-France, deux nouvelles stations ont été définies en 2022 :

- **Fort St-Louis** pour la FRJC015, au sud du Fort St-Louis sur le banc. Des mesures physico-chimiques et des prélèvements de sub-surface y sont réalisées,
- **Atterrissage Rouge** pour la FRJC016, au niveau du point de suivi baie de Fort-de-France déjà existant. Les prélèvements en subs-surface sont complétés pour l'analyse du compartiment phytoplanctonique. La station fait désormais partie des deux réseaux de suivis : baie de Fort-de-France et DCE.

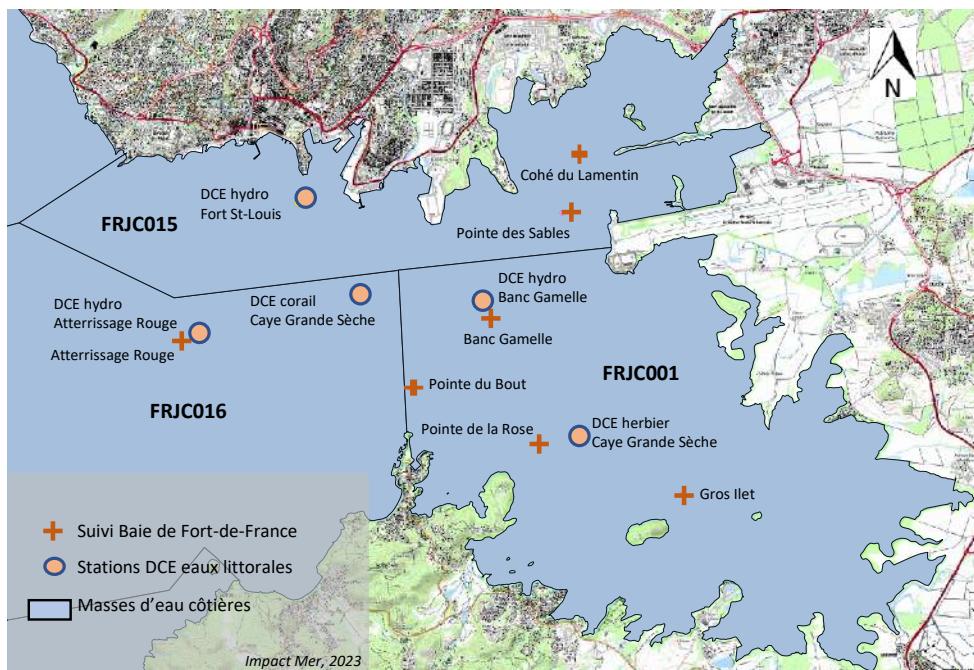


Figure 122 Masses d'eau et sites de suivi de la baie de Fort-de-France

Cas de la masse d'eau de transition

Cette masse d'eau ne peut être actuellement évaluée qu'au regard de l'élément oxygène. Il n'existe de grille pour aucun autre élément de qualité suivi. La priorité est l'acquisition de données afin de couvrir la variabilité temporelle très forte sur cette masse d'eau et permettre la réalisation de statistiques.

En complément de la DCE, un suivi mensuel sur un an a été réalisé par l'Ifremer en 2018 (Ifremer, 2021).

Matérialisation des sites DCE

Le suivi des communautés coralliennes utilise des transects pérennes matérialisés par des piquets qui doivent être changés ou doublés chaque année car partiellement corrodés ou perdus. En 2020 le site Pinsonnelle, qui est le plus exposé à la houle, a pu être rebalisé avec des piquets plus résistants. En 2021, c'est le transect Loup Caravelle qui a été renforcé.

D'autre part pour les sites IFRECOR, les transects matérialisés par une corde présentent des signes de dégradation de plus en plus importants depuis plusieurs années (corde détachée, coupée voire incorporée...). Le suivi Ifreco par vidéo ne nécessite pas que les transects soient remis en état. Impact Mer procèdera donc, au fur et à mesure des campagnes, à l'ajout de piquets pour matérialiser le début de chaque transect, si nécessaire.

La mise en place d'une bouée de mouillage sur les sites de suivi « hydrologique » avait été évoqué les années précédentes. Cependant la modification de la fréquence de suivi en 2019, avec un prélèvement tous les deux mois, a induit un changement dans le protocole. Les prélèvements se font désormais à deux opérateurs et sans ancrage, pour éviter la destruction des fonds et pour un gain de temps.

L'ancrage est toujours pratiqué une fois par an sur les sites de suivi « communautés corallienne », sauf à Caye d'Olbian où un mouillage est présent.

5.2 Traitement des données pour les évaluations DCE

Sélection des données

A partir de 2020, soit pour l'évaluation des données de 2014-2019, une valeur par masse d'eau par mois est retenue pour l'évaluation (Ifremer, 2020).

Etant donné qu'à partir de 2019 le suivi est bimestriel, le filtre sur des mois spécifiques a été retiré. Ceci permet d'exploiter les données d'une campagne qui a dû être dans sa totalité repoussée à un autre mois (pour cause de conditions météorologiques par exemple).

Agrégation spatiale

Pour l'indicateur communautés corallienne, la règle d'agrégation a été précisée dans le cas où il y a plusieurs stations par masse d'eau (Ifremer 2020b).

Lorsqu'il y a plusieurs stations dans une masse d'eau, les indices « corail » et « macroalgues » sont calculés puis agrégés selon l'arbre de décision pour chaque station. L'indicateur « communautés benthiques coralliennes » retenu pour la masse d'eau est le plus pénalisant.

5.3 Elément de qualité phytoplancton

5.3.1 Indice biomasse : Chlorophylle a

Une étude a été menée sur les données de biomasse planctonique, température et turbidité obtenues par les satellites MODIS et VIIRS au moyen de capteurs haute résolution, à l'échelle de la Martinique et de la Guadeloupe (Huguet, 2020). L'objectif était de valider les grilles de qualité mises en place à partir des mesures *in situ* du suivi des masses d'eau côtières. La méthodologie appliquée a été la comparaison d'évaluations sur l'indice biomasse, l'une effectuée à partir des données *in situ* disponibles, l'autre à partir des données satellite sélectionnées sur le même lieu de surveillance (Figure 123).

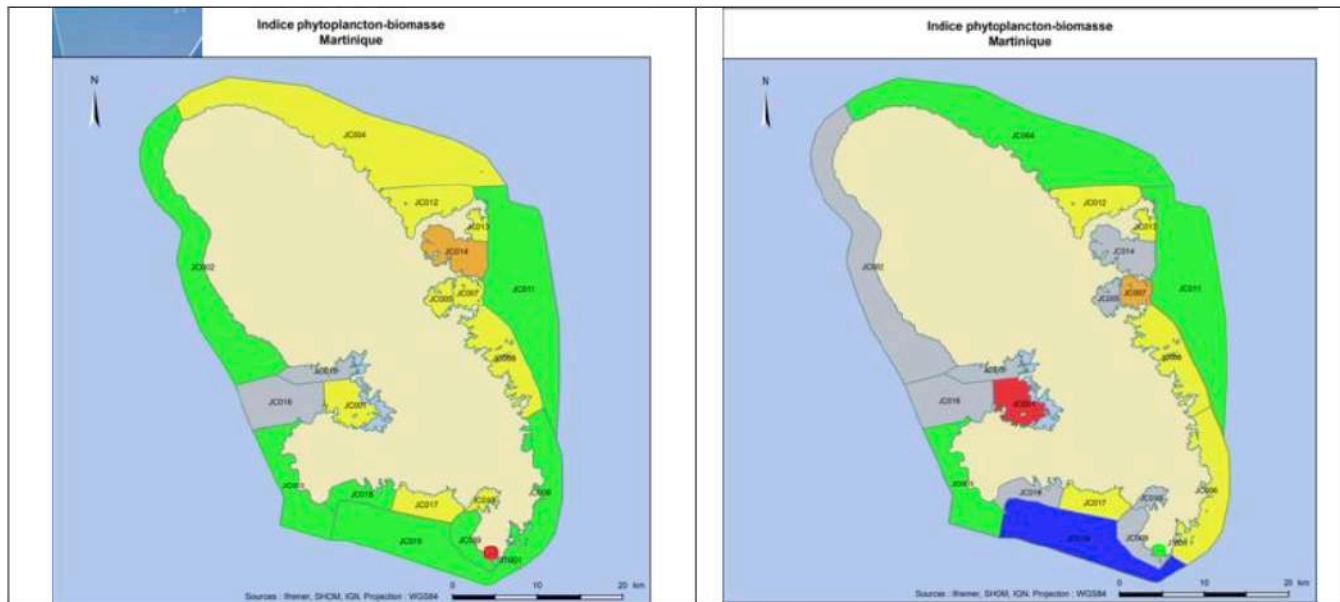


Figure 123 Comparaison des évaluations Martinique indice Biomasse in situ (gauche) vs satellite (droite) (Huguet, 2020)

Les différences observées entre les deux évaluations proviennent de la fréquence des données satellites et du positionnement de la zone tampon autour du lieu de surveillance *in situ*. Les données du capteur MODIS ont été utilisées du fait de la longue série temporelle disponible et de la fréquence journalière des données. Cependant, les eaux très côtières n'ont pu être analysées du fait de sa résolution au kilomètre. De plus, l'algorithme utilisé surestime les faibles valeurs de chlorophylle.

Pour le futur, l'utilisation du capteur VIIRS pourrait être une bonne option car l'étude montre une amélioration significative en terme de résolution. Il n'est cependant pas établi que l'on puisse reconstituer des séries sur tous les points.

5.3.2 Indice abondance : Flore totale

Comme préconisé en 2016, la liste des taxons à prendre en compte dans le calcul de l'indice (taxons $> 20 \mu\text{m}$) a été précisée par la cellule REPHY et révisée en 2021 puis 2022 pour la réalisation de l'évaluation 2016-2021.

Le seuil de bloom a été fixé à 25 000 cellules/l en 2019, suite aux nouveaux tests réalisés en prenant en compte uniquement les taxons de la liste, avec les valeurs de bloom à 10 000, 25 000, 50 000 et 100 000 cellules/litre (De Rock *et al.*, 2019). Le nouveau seuil à 25 000 cellules/litres nécessite une validation au niveau national, afin de pouvoir être intégré à la prochaine version du Guide relatif aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales.

Depuis 2019, les comptages sont assurés par un nouveau prestataire, Sylvain Coulon. Ce prestataire assure également les comptages pour la DCE Guadeloupe. Les abondances obtenues pour certains taxons sont largement supérieures à celles fournies par Hydrô Réunion jusqu'en 2018.

Il en a découlé une baisse de la qualité pour dix masses d'eau pour l'évaluation 2014-2019 par rapport à l'évaluation 2013-2018.

Un travail d'expertise a donc été mené en 2020-2021 par l'équipe Ifremer Antilles en concertation avec les équipes Ifremer impliquées à l'échelle nationale (ODE/VIGIES à Nantes): Quadrige, Coordination REPHY et Valorisation. Les investigations ont montré des écarts entre le protocole prescrit dans le guide REPHY et la méthode appliquée par le prestataire. Ces différences étant maintenant bien identifiées, elles seront corrigées par le prestataire lors de ses lectures (Sechaud *et al.*, 2021).

5.3.3 Indice abondance : Pico-nanophytoplancton

Les grilles existantes pour la Méditerranée avaient été testées sur les résultats de la période 2014-2016. Les valeurs seuils ne semblent pas adaptées à la Martinique. Un traitement des données adapté aux DOM concernant cet élément de qualité biologique est à envisager.

5.4 Elément de qualité communautés corallieennes

Le présent rapport comporte des pistes de développement d'indices et d'indicateurs, et des éléments de discussion spécifiques (§2.1.5).

Ces réflexions seront à prendre en compte par les experts du projet SCORE-Reef.

5.5 Elément de qualité herbier

La thèse (IFRECOR/DCE) de F. Kerninon sur le développement de l'indicateur herbier est finalisée (Kerninon, 2020). Une campagne de test et de validation était prévue en 2020 mais a du être reportée du fait de la crise COVID. Elle a été réalisée en 2021.

La thèse a permis de tester 61 métriques dont sept se distinguent pour leur capacité de bioindication. Certaines métriques ont été identifiées comme étant des indicateurs précoce d'alertes, tel que l'isotope N15, l'azote et le carbone dans les feuilles et racines d'herbier, ainsi que le zinc et le plomb dans les feuilles. Les paramètres structuraux que sont la densité de plants et le taux de recouvrement en herbier du substrat semblent également bien traduire l'état de santé de l'herbier.

Ces paramètres ont été testés avec les résultats de la campagne 2021, et trois niveaux d'indicateurs ont été proposés en réunion technique :

| | Niveau 1 | Niveau 2 | Niveau 3 |
|-----------------------------|---|---|---|
| Paramètres structuraux | recouvrement total phanérogames densité <i>T.testudinum</i> | recouvrement total phanérogames densité <i>T.testudinum</i> | recouvrement total phanérogames densité <i>T.testudinum</i> |
| Paramètres d'alerte précoce | N et C/N feuilles <i>T.testudinum</i> | N, C/N, Pb, Zn, Cd feuilles <i>T.testudinum</i> | N, C/N, Pb, Zn, Cd, Ni, Cu, Fe, Cr, Mn feuilles <i>T.testudinum</i> |

L'isotope N15 n'a pour l'instant pas été intégré à l'indicateur multimétriques du fait de sa réponse non linéaire.

5.6 Elément de qualité « physico-chimie »

5.6.1 Indicateur Turbidité

A partir de l'évaluation 2013-2018, le percentile 90 est utilisé pour le calcul de l'indice (plutôt que la moyenne) et la qualité déterminée à partir d'une grille commune à la Martinique et Guadeloupe. Cette grille a été élaborée par l'Ifremer suite à des tests statistiques sur les données des deux îles (Ifremer, 2017).

5.6.2 Indicateur Nutriments

Suite aux résultats de l'analyse conjointe LTA-Ifremer (Allenou et Le Merrer, 2018), l'ensemble des données nutriments a été qualifié en DOUTEUX ou FAUX dans Quadrige. Cette qualification rend les données du LTA inutilisables pour le calcul des indices « orthophosphates » et « DIN », et prive l'évaluation de l'indicateur « Nutriments ».

A partir de 2019, les analyses ont été confiées à l'Institut Pasteur de Guadeloupe. L'évaluation des données 2019 montre que les résultats semblent cohérents. En 2020, les analyses ont été sous-traitées par l'IPG à LABEO et les résultats sont moyennement satisfaisants notamment du fait de la limite de quantification élevée pour l'ammonium. En 2021, les analyses ont pu être confiées à l'Ifremer, laboratoire de Nantes.

Une évaluation à partir des données 2017 (Ifremer), 2019 (IPG) et 2020 (LABEO Manche) a été réalisée et les qualités incluant l'indicateur nutriments sont présentées en Annexe 3.

Cependant, ces problèmes analytiques posent la question de la pertinence du suivi des nutriments. Les eaux côtières de la Martinique sont oligotrophes, ces éléments sont alors consommés très rapidement dans le milieu. Il y a donc plusieurs arguments à ce questionnement :

- la représentativité des prélèvements : un prélèvement ponctuel aura très peu de chance de capter un éventuel apport d'origine anthropique ;
- leurs très faibles concentrations : les limites de quantification (LQ) proposées par les laboratoires sont souvent supérieures aux concentrations dans les échantillons. Les laboratoires qui pratiquent ces LQ sont rares et, soit la fiabilité des résultats fournis est remise en cause, soit l'expédition des échantillons vers un laboratoire hors département ajoute un risque de dégradation de l'échantillon.

- les risques de contamination : plusieurs facteurs de contamination peuvent faire augmenter fortement les concentrations en nutriments des échantillons. Les étapes de préparation du matériel et de prélèvements doivent suivre strictement les consignes, au risque d'obtenir des valeurs anormalement élevées.

Toutes ces contraintes amènent à ouvrir la réflexion sur d'autres paramètres pouvant permettre de suivre l'enrichissement en nutriments du milieu, tels que le phosphore total, l'azote organique total, les isotopes...

Une première fiche projet présentée par l'Ifremer à l'OFB a été rejetée, puis un nouveau projet a été présenté et accepté. Il sera mené par Anne Daniel à partir de 2022.

5.7 Qualité chimique et polluant spécifique de l'état écologique

Le polluant spécifique de l'état écologique (PSEE), le chlordécone, est quantifié par la méthode des échantillonneurs passifs. Cette méthode n'est pas considérée comme « DCE compatible ». La méthode est en phase d'amélioration pour abaisser la limite de quantification, qui est pour l'instant supérieure à la NQE-MA utilisée pour évaluer les résultats.

Le PSEE a été intégré dans l'évaluation de la qualité physico-chimique pour la première fois en 2017. A partir de 2019, l'évaluation avec et sans PSEE est présentée. En effet, le chlordécone entraînent le déclassement de la physico-chimie de toutes les masses d'eau en qualité Moyen.

Du point de vu des objectifs d'atteinte du Bon Etat du SDAGE, la prise en compte du PSEE dans l'évaluation de l'état écologique est problématique : la molécule chlordécone est extrêmement stable et très peu biodégradable dans l'environnement (INERIS, 2013). De ce fait, l'objectif de Bon Etat sera assurément Non Atteint. De plus, les efforts qui pourront être fournis pour améliorer la qualité des autres paramètres (physico-chimie et biologie) seront masqués.

En ce qui concerne la qualité chimique, son niveau de confiance est faible étant donné le nombre limité de molécules recherchées par rapport à la liste de polluants de l'arrêté d'évaluation.

Des travaux sont en cours par les laboratoires en charge de développer les échantillonneurs passifs.

5.8 Paramètres complémentaires d'aide à l'interprétation des données et la compréhension des pressions

L'étude Carib-Coast lancée en 2019 dans le cadre du projet Interreg menée par le BRGM, porte sur la courantologie fine (résolution 500 m) sur le pourtour de la Martinique et de la Guadeloupe. Elle devrait apporter des informations importantes pour l'interprétation des données de suivi et des pressions. Des données sont disponibles pour la baie de Fort-de-France suite à une étude du BRGM (Lecacheux *et al.*, 2019).

Les échouages de sargasses, de plus en plus importants au fil des ans, peuvent influencer épisodiquement la qualité physico-chimique de l'eau. Il s'agit d'une source de pression « externe » qui a été prise en compte lors de la qualification des données. Cependant, en l'absence de données sur les échouages (volume) et de connaissances sur la dynamique de diffusion dans les masses d'eau, il sera difficile d'intégrer l'effet des sargasses sur la qualité de ces dernières. La thèse de Mathilde Teyssier, qui a débutée fin 2021 sur le thème de l'impact des échouages de sargasses sur les milieux littoraux, devrait apporter des éléments de réponse à ces questions.

La brume de sable pourrait également être un facteur « externe » de modification des valeurs mesurées. Des informations sur la densité de la brume sont collectées à chaque campagne de mesure. Une étude portant sur l'analyse de ces données serait nécessaire pour comprendre si les poussières de sable du Sahara ont un impact sur l'enrichissement des eaux.

La dispersion des eaux douces provenant des panaches des fleuves Orenoque et Amazone est suivie afin d'en connaître l'évolution au cours de l'année. Cela permet de vérifier la cohérence des mesures de salinité *in situ* et de comprendre les éventuels changements de populations micro et nano picoplanctoniques.

6 Conclusion générale

Sur l'ensemble des éléments de qualité suivis pour réaliser l'évaluation des masses d'eau, quatre sont validés et ne demandent plus d'évolution : l'indice biomasse du phytoplancton, l'indicateur température, l'indicateur oxygène et l'indicateur transparence.

L'indice abondance du phytoplancton a évolué avec un seuil d'abondance à 25 000 cellules/l. Une expertise a été menée par l'Ifremer pour comprendre les différences de niveau de qualité entre Martinique et Guadeloupe. Le seuil à 25 000 cellules/l doit être validé au niveau national et transcrit dans les textes réglementaires.

Depuis 2018, les évaluations des masses d'eau pour les paramètres physico-chimie et phytoplancton sont réalisées par le service VIGIES de l'Ifremer avec des scripts de portée nationale adaptés pour les Antilles. Un rendu cartographique présente les résultats des évaluations par indice.

Pour les autres éléments, les métriques et/ou les grilles doivent être développées ou améliorées :

- **nutriments** : l'obtention de résultats qualifiés en « BON » conditionne la création de grille de qualité pour l'indice. Des problèmes de laboratoire ne permettent pas pour le moment l'exploitation des données.
- **benthos corallien** : les évaluations des indices corail et macroalgue ne sont pour l'instant pas automatisées. Ces indices sont encore en cours de réflexion et d'amélioration, avec des métriques susceptibles d'évoluer d'une année sur l'autre. Cependant, la totalité des données est regroupée dans BDRécif, ce qui simplifiera l'automatisation du calcul au moment voulu.
- **Herbiers** : trois niveaux d'indicateur et des grilles de qualité ont été proposés courant 2022 et devront faire l'objet d'une validation scientifique (publication révisée par des pairs) avant d'être transcrits dans les textes.

L'état écologique des masses d'eau obtenu par l'ensemble des indicateurs physico-chimiques et biologiques a beaucoup **gagné en fiabilité depuis 2016 grâce** :

- au travail de validation du positionnement des stations, permettant les évaluations par Masse d'Eau plutôt que par site ;
- à la précision des règles de calculs, par comparaison des résultats non-automatisés d'Impact Mer et des résultats obtenus par les scripts ;
- aux expertises de l'Ifremer sur les grilles de qualité turbidité et température.

Depuis 2017, l'évaluation prend en compte le polluant spécifique de l'état écologique (PSEE), le chlordécone. Le dosage de ce polluant est maintenant opérationnel par la technique des échantilleurs passifs, avec toutefois une limite de quantification supérieure à la valeur de la norme de qualité donnée dans les textes réglementaires.

Dans la mesure où le polluant chlordécone est omniprésent dans l'environnement, celui-ci vient dégrader l'état écologique de la plupart des masses d'eau.

Enfin de pouvoir mesurer l'évolution par rapport aux objectifs SDAGE des différents éléments de qualité biologiques et physico-chimique, il apparaît intéressant de conserver une présentation de l'état écologique sans prise en compte du PSEE.

Etant donné l'ampleur de la contamination de l'environnement par cette molécule, il paraît nécessaire i) de poursuivre les travaux de développement de la technique de dosage permettant une prise en compte adéquate de la molécule dans l'évaluation DCE et en ajoutant des mesures dans le biote ; ii) de repousser les objectifs SDAGE de bon état étant donné la rémanence de la molécule.

Les progrès à faire pour améliorer l'évaluation DCE des Masses d'Eau Côtieres et de Transition concernent:

- le suivi des deux masses d'eau côtières ne possédant pas de suivi Hydro : FRJC015 et FRJC016. En effet jusqu'en 2017, les masses d'eau de la baie de Fort-de-France étaient considérées comme homogènes et de ce fait, les résultats des différents éléments de qualités agrégés pour fournir une évaluation globale ;
Les suivis seront réalisés sur le nouveau point Fort Saint-Louis pour FRJC015 et sur Atterrissage Rouge pour FRJC016 à partir de 2022. Ce dernier point possède déjà un historique de données physico-chimique puisqu'il fait partie du réseau de suivi de la Baie de Fort-de-France ;
- la masse d'eau de transition : un travail sur l'élaboration de grilles de qualité physico-chimiques et phytoplanctonique est à réaliser et l'acquisition progressive de données permettra de tester et à terme valider ces grilles ;
- le niveau de confiance de l'état écologique : étant donné le nombre d'indicateurs non finalisés pour la détermination de l'état écologique, le niveau de confiance est Moyen. Des avancées importantes sont nécessaires concernant les indicateurs « nutriments » et « communautés coralliniennes ».
- le niveau de confiance de l'état chimique : celui-ci est Faible car la technique des échantilleurs passifs recherche seulement 19 molécules sur les 45 molécules de la liste des substances de l'état chimique.

7 Bilan Pression / Etat des masses d'eau : Fiches synthèse

Des fiches de synthèse par masse d'eau sont réalisées afin de mettre en relation les pressions répertoriées et le résultat des évaluations réalisées à partir des mesures *in situ*.

Chaque fiche présente les résultats des évaluations DCE pour les différents indicateurs et reprend les données pressions des fiches de synthèse par masse d'eau de l'état des lieux 2019 (OFB, 2020).

Pour ne pas alourdir le document, ces fiches constituent un document complémentaire au présent rapport final.

8 Glossaire

Autotrophe : Un organisme autotrophe est un organisme capable de générer sa propre matière organique à partir d'éléments minéraux.

Bloom planctonique : efflorescence algale soudaine et rapide

Cytométrie en flux : technique permettant de faire défiler des particules, molécules ou cellules à grande vitesse dans le faisceau d'un laser, en les comptant et en les caractérisant.

Epibiose : type d'association entre deux espèces dans laquelle l'une (l'épibionte) utilise l'autre (l'hôte) comme support

Eucaryotes : domaine regroupant tous les organismes, unicellulaires ou pluricellulaires, qui se caractérisent par la présence d'un noyau

Fluorimétrie : méthode de dosage utilisant la propriété de certaines molécules d'être fluorescente

Glutaraldéhyde : substance utilisée pour la fixation des protéines et la stérilisation mais aussi dans certains processus industriels.

HPLC : L'HPLC est l'une des techniques les plus employées dans les laboratoires d'analyse chimiques. Elle permet l'identification, la séparation et le dosage de composés chimiques dans un mélange. Sa grande précision permet la recherche de traces et il est possible de la coupler à un spectromètre de masse.

Microplancton : est une classe de taille écologique du plancton qui est comprise entre 20µm et 200µm.

Nanoplancton : est une classe de taille écologique du plancton qui est comprise entre 2µm et 20µm.

Oligotrophe : (du grec oligo : « peu » et trophein : « nourrir ») est un terme caractérisant les milieux particulièrement pauvres en nutriment

Phanérogame : plante ayant des organes de reproduction apparents dans le cône ou dans la fleur. La dissémination est assurée par des graines.

Picoplancton : est une classe de taille écologique du plancton qui est comprise entre 0,2 et 2 µm.

Polype : forme benthique et sessile des cnidaires. Le corail est constitué d'une colonie de polypes qui participe à la fabrication de son squelette

Turf : tapis algal multispécifique composé d'algues filamenteuses de tailles inférieures à 3 cm

Zoxanthelle : algue unicellulaire du genre *Symbiodinium* pouvant vivre en symbiose notamment avec le corail

9 Sigles & Abréviations

| | |
|----------------|--|
| DEAL | Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement |
| DIN | Dissolved Inorganic Nitrogen |
| DOM | Départements d'Outre Mer |
| EDL | Etat des lieux, effectué pour la mise à jour du SDAGE |
| EP | Echantillonneur passif |
| EQR | Ecological Quality Ratio |
| FNU | Formazin Nephelometric Unit |
| GPS | Global Positionning System |
| HPLC | Chromatographie en phase liquide à haute performance |
| IFRECOR | Initiative Française pour les REcifs CORalliens |
| IFREMER | Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer |
| IM | Impact Mer |
| IPG | Institut Pasteur de Guadeloupe |
| LD | Limite de détection |
| LIT | Line Intercept |
| LQ | Limite de quantification |
| LTA | Laboratoire Territorial d'Analyse |
| ME | Masse d'Eau |
| MEC | Masse d'Eau Côtier |
| MEDD | Ministère de l'Écologie et du Développement Durable |
| MEDDE | Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer |
| MEDDTL | Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement |
| MEEDDAT | Ministère de l'Écologie de l'Energie du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire |
| MEEDDM | Ministère de l'Ecologie de l'Energie du Développement Durable et de la Mer en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat |
| MET | Masse d'Eau de transition |
| MNHN | Muséum National d'Histoire Naturelle |
| NF | Norme Française |
| NFU | ou FNU pour Formazine Néphéломétric Unit |
| NQE | Norme de Qualité Environnementale |
| NQE-MA | Norme de Qualité Environnementale – concentration Moyenne Annuelle |
| NQE-CMA | Norme de Qualité Environnementale – Concentration Maximale Admissible |
| NR | Non Renseigné |
| NTU | Nephelometric Turbidity Unit |
| ODE | Office De l'Eau |
| OFB | Office Français de la Biodiversité |
| ONEMA | Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques |
| PIT | Point Intercept |
| PSEE | Polluant spécifique de l'état écologique |
| Q2 | Quadrige 2 |
| RCS | Réseau de Contrôle de Surveillance |
| REPHY | réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines |
| RNABE | Risque de Non Atteinte du Bon Etat |
| RNO | Réseau National d'Observation |
| ROCCH | Réseau d'observation de la contamination chimique |
| SANDRE | Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau |
| SDAGE | Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux |
| UA | Université des Antilles |
| UTM | Universal Transverse Mercator |
| WFD | Water Framework Directive |

- Bibliographie

- Airoldi L, 1998. Roles of disturbance, sediment stress, and substratum retention on spatial dominance in algal turf. *Ecology*, 79: 2759-2770.
- AFB, ODE Martinique, Ifremer. à paraître. Analyses des données échantilleurs passifs sur la Martinique, années 2012 à 2016.
- AFB, Ifrecor, ODE Martinique. 2017. Séminaire science et gestion DCE-IFRECOR: compte rendu du groupe de travail récifs coralliens, Antilles Françaises. Schoelcher, Martinique, 4-10 avril 2017, 43 pp.
- Allenou J.P., Sechaud, A. 2021. Règles de traitements pour les évaluations DCE Phytoplancton et Physico-Chimique pour les Antilles – Période 2014-2019.
- Allenou J.P., Sechaud, A. 2021. Règles de traitements pour les évaluations DCE Communautés Benthiques Corallieennes pour les Antilles – Période 2014-2019.
- Allenou, J.P., Cimiterra, N., Batailler, C., Desrosiers, C. 2020. Zone Antilles, Masses d'eaux côtières. Communautés benthiques corallieennes. 6 pp
- Allenou, J.P., Cimiterra, N., De Rock, P. 2019. Rapport d'expertise et d'accompagnement à l'analyse de l'état des masses d'eau littorales, pour la réalisation de l'Etat des lieux Martinique de 2019, pp 25.
- Allenou, J.P., Amouroux, I. 2019. Expertise N°4: Evaluation PSEE Chlordécone. Ifremer, pp 8.
- Allenou, J.P., Huguet, A. 2019. Expertise N°10: Influence des grands fleuves Amazone et Orénoque sur l'enrichissement des masses d'eau côtières de la Martinique et de la Guadeloupe.
- Allenou, J.P., Le Merrer, Y. 2018. Résultats de l'étude de suivi des concentrations de nutriments dans les eaux côtières de Martinique en 2017. Rapport d'étude ODE972.
- Aminot, A., Kérouel, R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Editions IFREMER, Plouzané (France), 336-336 pp.
- Bec, B., Leruste, A., Malet, N., Derolez, V. 2016. Trajectoires d'évolution du phytoplancton dans les lagunes palavasiennes. Présentation Journée Eau & Connaissance, Lagunes Méditerranéennes. 26 mai 2016, Montpellier.
- Belin, C., Lamoureux, A., 2015. Evaluation de la qualité des masses d'eaux pour l'indicateur Phytoplancton en Martinique, selon les exigences de la DCE. Ifremer, 25 pp.
- Bouchon, C., Bouchon-Navaro, Y. 2017. Maladies et agressions affectant les coraux, gorgones et éponges de la Martinique: impacts sur les communautés récifales. Université des Antilles, UMR BOREA. 72 pp.
- Bouchon, C., Bouchon-Navaro, Y., Louis, M., Portillo, P., 2003. Manuel technique d'étude des récifs coralliens de la région Caraïbe. Université des Antilles et de la Guyane, 56 pp.
- Bouchon, C., Bouchon-Navaro, Y., Louis, M., 2004. Critères d'évaluation de la dégradation des communautés corallieennes dans la région Caraïbe. Revue d'Ecologie (la Terre et la Vie), 59 (1-2): 113-121.
- Brivois, O., Fontaine, M., 2012. Résultats du classement de l'état hydromorphologique des masses d'eau littorales DCE dans deux DOM : Mayotte et la Martinique. BRGM, 139 pp.
- Brocke, H.J., Polerecky, L., deBeer, D., Weber, M., Claudet, J., Nugues, M.M. 2015. Organic matter degradation drives benthic cyanobacterial mat abundance on Caribbean coral reefs. PLoS ONE, 10 (5): 1-19.
- Bruckner, A. Com.pers. Recognizing and describing lesions in the field: Module 3. Caribbean coral diseases. The Kaled bin Sultan Living Oceans Foundation. 86 pp.
- Bruno, J.F., Sweatman, H., Precht, W.F., Selig, E.R., Schutte, V.G.W., 2009. Assessing evidence of phase shifts from coral to macroalgal dominance on coral reefs. *Ecology*, 90 (6): 1478-1484.
- Buchet, R., 2014. Mise en oeuvre de la surveillance pour la directive cadre européenne sur l'eau dans les départements d'outre-mer. Volet littoral. ONEMA, 135 pp.
- Carruthers, T., Jacome, G.E., Barbes, P., 2003. Seagrass habitats of Bocas del Toro province: a balance between river, mangrove and coral influences 31st Scientific Meeting of the Association of Marine Laboratories of the Caribbean, July 14-18, 2003, Crowne Plaza Hotel Port of Spain, Trinidad: Poster.
- Cheroske AG, Williams SL, RC, C., 2000. Effects of physical and biological disturbances on algal turfs in Kaneohe Bay, Hawaii. *J Exp Mar Biol Ecol*, 248: 1-34.

- Comité de Bassin Martinique, 2016. Fiches de synthèse qualité et pressions par masse d'eau, SDAGE 2016-2021. District hydrographique de la Martinique, pp 64.
- Cooper, T. and Fabricius, K. E. 2007. Coral-based indicators of changes in water quality on nearshore coral reefs of the Great Barrier Reef. Unpublished report to Marine and Tropical Sciences Research Facility. Reef and Rainforest Research Centre Limited, Cairns, 31pp.
- CREOCEAN, 2015. Suivi physico-chimique et phytoplancton des eaux de Martinique au titre de la Directive Cadre sur l'Eau – Année 2013-2014. 95 pp.
- Raymundo, L.J., Couch, C.S., Bruckner, A.W., Harvell, C.D., Work, T.M., Weil, E., Woodley, C.M., Jordan-Dahlgren, E., Willis, B.L., Sato, Y., Aeby, G.S. 2008. Coral Disease Handbook: Guidelines for assessment, monitoring and management. Coral Reef Targeted Research and Capacity Building for management program. 124 pp.
- Daniel, A., Lamoureux, A., 2015a. Evaluation DCE 2009-2014 de la qualité des masses d'eaux côtières de Martinique. Elément de qualité : oxygène dissous. Ifremer, 25 pp.
- Daniel, A., Lamoureux, A., 2015b. Evaluation DCE 2009-2014 de la qualité des masses d'eaux côtières de Martinique. Elément de qualité : température. Ifremer, 25 pp.
- Daniel, A., Lamoureux, A., 2015c. Evaluation DCE 2009-2014 de la qualité des masses d'eaux côtières de Martinique. Elément de qualité : transparence. Ifremer, 26 pp.
- DEAL, 2012. Cahier des charges pour le suivi physico-chimie et phytoplancton des eaux littorales de Martinique au titre de la Directive Cadre sur l'Eau. DEAL.
- DEAL, 2016. Programme de surveillance de l'état des eaux du Bassin de la Martinique - 2016/2021. Version du 10 novembre 2016. Approuvé par Arrêté préfectoral n°R02-2016-11-28-02 du 28 novembre 2016, 51 pp.
- De Bakker, D.M., van Duyl, F.C., Bak, R.P.M., Nugues, M.M., Nieuwland, G., Meesters, E.H. 2017. 40 years of benthic community change on the Caribbean reefs of Curaçao and Bonaire: the rise of slimy cyanobacterial mats. *Coral Reefs*, 36: 355-367.
- De Rock, P., Brun, M., Neaud-Masson, N., Allenou, J.P. 2019. Expertise n°2: Indice Abondance, pp 13.
- Delmas, D., Siano, R. 2014. Acquisition de données complémentaires aux dénombrements, avec les techniques d'analyses pigmentaires et de diversité génétique. Etat d'avancement et premiers résultats. Action 3.Indice composition. Livrable n°A IV. Ifremer, 30 pp.
- Derolez, V., Fiandrino, A., Munaron, D. 2014. Bilan sur les principales pressions pesant sur les lagunes méditerranéennes et leurs liens avec l'état DCE. Ifremer, 46 pp.
- Diaz-Pulido G, JL, M., 2002. The fate of bleached corals: patterns and dynamics of algal recruitment. *Mar Ecol Prog Ser*, 232: 115-128.
- Gailhard-Rocher, I., Artigas, L.F., Belin, C., Lamoureux, A., 2012. Traitement des données phytoplanctoniques et pigmentaires disponibles dans les DOMs. Analyse complémentaire des nouvelles données acquises et proposition de nouvelles acquisitions et approches complémentaires. Livrable 2 : rapport sur l'application de possibles indices phytoplanctoniques dans les DOMs à partir de l'analyse des données disponibles ; proposition de métriques et seuils. Rapport final. Ifremer, 31 pp.
- Goffart, A., 2013. Méthodes de bio-indication en eaux littorales. Indicateur phytoplancton et physico-chimie. Livrable A4 : Validation de l'indice de composition phytoplanctonique IC Medit dans des masses d'eau côtières méditerranéennes caractérisées par un gradient croissant d'eutrophisation. Rapport intermédiaire d'avancement au 31 décembre 2012. ONEMA, 14 pp.
- GTN Herbiers IFRECOR-DCE, 2017. Compte-rendu de l'atelier national « Herbiers » IFRECOR-DCE. Séminaire Science-gestion, 6,7 & 10 avril 2017, Schoelcher, Martinique. Rapport UBO, 26 pp + annexes.
- Harris, J.L., 2015. The Ecology of Turf Algae on Coral Reefs. UC San Diego (PhD).
- Hay, M., 1981. The functional morphology of turf- forming seaweeds: persistence in stressful marine habitats. *Ecology*, 62: 739-750.
- Heyward, A.J., Negri, A.P., 1999. Natural inducers for coral larval metamorphosis. *Coral Reefs*, 18: 273-279.
- Huguet, A. 2020. Utilisation des données satellite pour la surveillance marine dans les Antilles. Rapport final août 2020. ODE/VIGIES/20-12, 123 pp.

- Ifremer, 2021. Mise en œuvre de l'action ESMAMA (Mise en œuvre de la DCE dans l'Etang des Salines en MArtinique : diagnostic MAcrophytes et premiere application de grilles de qualite « lagunes mediterraneennes »). Action AFB/Ifremer n°27
- Ifremer, 2020. Règles de traitements pour les evaluations DCE phytoplankton et physico-chimique pour les Antilles - Periode 2014-2019
- Ifremer, 2020b. Règles de traitements pour les evaluations DCE communautés benthiques corallieennes pour les Antilles - Periode 2014-2019, 9 pp.
- Ifremer, 2017. Reflexion et rapport d'expertise relative aux évaluations DCE phytoplankton et physico-chimique pour les Antilles, période 2011-2016. Rapport interne, 19 pp
- Impact Mer, 2021. Directive Cadre européenne sur l'Eau. Suivi physico-chimique et biologique des eaux littorales de la Martinique au titre de la DCE pour l'année 2020. Rapport de campagne complet. 51 pp.
- Impact Mer, 2021. Qualification des données physico-chimiques DCE 2020. Présentation en réunion du 25 mai 2021. 38 pp.
- Impact Mer, 2018. Qualification des données physico-chimiques DCE 2017. Présentation orale en comité de pilotage DCE, 31 mai 2018. 19 pp
- Impact Mer, 2016. Directive Cadre Européenne sur l'Eau: Reflexions et propositions sur le repositionnement des stations du réseau de suivi des MEC en Martinique. Rapport pour : DEAL Martinique.
- Impact Mer, 2016. Directive Cadre européenne sur l'Eau: Réflexions et propositions sur le repositionnement des stations du réseau DCE marin en Martinique. Rapport pour la DEAL Martinique. 28 (annexe incluses) pp.
- Impact Mer, 2015. Suivi chimique et biologique des stations des réseaux de référence et de surveillance des Masses d'Eau Côtières au titre de l'année 2014. Etat écologique partiel. Rapport de synthèse. Impact Mer, 218 pp.
- Impact Mer, 2006. Directive Cadre Européenne sur l'Eau. Définition du réseau de surveillance des masses d'eau littorales de la Martinique. Rapport pour: DIREN Martinique, 76 (+ Annexes) pp.
- Impact Mer, Pareto, Equilibre, 2011. Directive Cadre européenne sur l'Eau. Suivi des Stations des Réseaux de Référence et de Surveillance des Masses d'Eau côtières et de Transition au titre de l'année 2010. Volet Biologie. Rapport de synthèse : Réseau de surveillance. Rapport pour: DEAL Martinique, 159 (Annexes incluses) pp.
- Impact Mer, Pareto, Equilibre, 2012. Directive Cadre sur l'eau : Suivi des stations des réseaux de référence et de surveillance des masses d'eau côtières et de transition au titre de l'année 2011. - Volet Biologie. Rapport pour: DEAL Martinique, ODE Martinique.
- Impact Mer, Pareto Ecoconsult, Equilibre, 2010. Directive Cadre européenne sur l'Eau. Suivi des Stations des Réseaux de Référence et de Surveillance des Masses d'Eau côtières et de Transition au titre de l'année 2009. Volet Biologie. Rapport de synthèse : Réseau de référence. Rapport pour: DIREN Martinique, 166 (Annexes incluses) pp.
- INERIS, 2013. Fiche valeur guide environnementale. Chlordecone - n°CAS:143-50-0, pp 19.
- Jackson, J.B.C, Donovan, M.K., Cramer, K.L., Lam, W. 2014. Status and trends of Caribbean coral reefs: 1970-2012. Global Coral Reef Monitoring Network, IUCN, Gland, Switzerland. pp 306.
- Jameson, S.C., R.A. Kelty, 2004. A review of indicators of land-based pollution on coral reefs. EPA/NOAA/USGA/DOI Workshop: Assessing pollution stress on coral reefs. August 31- September 2, 2004 Honolulu, Hawaii
- Kerninon, 2020. Développement d'outils méthodologiques pour le suivi et l'évaluation de l'état de santé des herbiers d'outre-mer français et de leur environnement, dans un contexte de perturbations multiples. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale. 450 pp.
- Kerninon, F., Hily, C., 2015. Compte-rendu technique de la mission Resobs herbiers de l'IFRECOR en Nouvelle-Calédonie du 20 novembre au 5 décembre. TIT Réseau Herbiers. IFRECOR, 46 (+Annexes) pp.
- Knowlton, N., 1992. Thresholds and multiple stable states in coral reef community dynamics. American Zoologist, 32: 674-982.

- Lassus, P., Chomérat, N., Hess, P., Nézan, E. 2016. Toxic and harmful microalgae of the World Ocean. Micro-algues toxiques et nuisibles de l'océan mondial. Denmark, International Society for the study of harmful algae. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. IOC Manuals and Guides, 68 pp.
- Lecacheux, S., Arpaia, L., Pedreros, R., Idier, D., Louisor, J. 2019. Projet HYDROSEDMAR: Modélisation des états de mer et de la courantologie 3D dans la baie de Fort-de-France. Rapport final. BRGM/RP-69025-FR, 108 pp.
- Lecacheux, S., Desmaze, F., Idier, D., Pedreros, R. 2018. Projet HYDROSEDMAR : Synthèse et analyse des mesures hydro-sédimentaires réalisées dans la baie de Fort-de-France (2017-2018). Rapport final. BRGM/RP-68217-FR, 76 p
- Le Moal, M., Kerninon, F., Aish, A., Monnier, O., Dore, A., Witte, I., Payri, C., 2015. Développement d'indicateurs benthiques DCE (benthos récifal et herbiers de phanérogames) dans les DOM : Typologie des herbiers de Martinique. 31 (+ annexes) pp.
- Le Moal, M., Payri, C., 2015. Etat des lieux et perspectives pour l'utilisation des macroalgues comme outil de bioindication DCE dans les DOM. MNHN-IRD, 30 pp.
- Littler, M.M., Littler, D.S., Brooks, B.L., 2006. Harmful algae on tropical coral reefs : Bottom-up eutrophication and top-down herbivory. Harmful algae, 5: 565-585.
- McField, M., Kramer, P.R., 2007. Healthy Reefs for Healthy People: A Guide to Indicators of Reef Health and Social Well-being in the Mesoamerican Reef Region. With contributions by M. Gorrez and M. McPherson. The Smithsonian Institution, 207 p.
- MEDDE, 2015a. Arrêté du 7 août 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du code de l'environnement NOR : DEVL1513988A.
- MEDDE, 2015b. Arrêté du 27 juillet 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R.212-10, R.212-11 et R.212-18 du code de l'environnement NOR : DEVL1513989A.
- MEEDDM, 2010a. Arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du code de l'environnement. Journal Officiel de la République Française NOR : DEVO101031A.
- MEEDDM, 2010b. Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R.212-10, R.212-11 et R.212-18 du code de l'environnement. Journal Officiel de la République Française NOR : DEVO101032A.
- MEEM, 2017. Arrêté du 25 avril 2017 fixant la liste des coraux protégés en Guadeloupe, en Martinique et à Saint-Martin et les modalités de leur protection. Journal Officiel de la République Française NOR: DEVL1710040A.
- MTES, 2018a. Guide relatif aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales (eaux côtières et eaux de transition) dans le cadre de la DCE. 277 pp.
- MTES, 2018b. Arrêté du 2 juillet 2018 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R.212-10, R.212-11 et R.212-18 du code de l'environnement. Journal Officiel de la République Française NOR : DEVO101032A.
- Neaud-Masson, 2016. Observation et dénombrement du phytoplancton marin par microscopie optique photonique - Spécifications techniques et méthodologiques appliquées au REPHY. Ifremer, DYNÉCO: 54 pp.
- OFB, 2020. Qualité et pressions des eaux du district hydrographique de la Martinique – Fiches de synthèse par masse d'eau. Décembre 2020. 60 pp.
- ODE Martinique, 2019. Révision de l'état des lieux 2019 du district hydrographique de la Martinique. Cahier 2: Evaluation de l'état des masses d'eau, 112 pp.
- Olive, Y., 2017. Etude préliminaire des communautés algales de Martinique pour le développement d'un indicateur « macroalgues » de l'état écologique des récifs tropicaux. Mémoire de thèse de master, Université Pierre et Marie Curie. 66pp.

- Philippot, V., 2017. Les gorgones des Petites Antilles : un objet d'étude plurisciplinaire dans une perspective de conservation. These de doctorat, Paris Sciences et Lettres (ComUE).
- Parlement Européen, Conseil de l'Union Européenne, 2000. Directive 2000/60/CE du parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Journal officiel des Communautés européennes n° L 327 du 22.12.2000.
- Pawlik, J.R., D.E., Burkepile, Thurber, R.V. 2016. A vicious circle? Altered carbon and nutrient cycling may explain the low resilience of Caribbean coral reefs. BioScience, XX: 1-7.
- Pessarrodona, A., Filbee-Dexter, K., Alcoverro, T., Boada, J., Feehan, C.J., Fredriksen, S., Grace, S.P., Nakamura, Y., Narvaez, C.A., Norderhaug, K.M., Wernberg, T., 2021. Homogenization and miniaturization of habitat structure in temperate marine forests. Glob Change Biol 27, 5262–5275. <https://doi.org/10.1111/gcb.15759>
- Quan-Young L.I., J., E.-A., 2006. Reduction of zooxanthellae density, chlorophyll a concentration, and tissue thickness of the coral *Montastraea faveolata* (Scleractinia) when competing with mixed turf algae. Limnol Oceanogr, 51: 1159-1166.
- Sechaud, A., Neaud-Masson, N., Gauthier, E., Allenou, J.P. 2021. Expertise sur les données de flores phytoplanktoniques acquises dans le cadre de la DCE aux Antilles. RBE/BIODIENV/21-02. 23 pp.
- Sebens, K.P., Miles, J.S., 1988. Sweeper Tentacles in a Gorgonian Octocoral: Morphological Modifications for Interference Competition. The Biological Bulletin 175, 378–387. <https://doi.org/10.2307/1541729>
- Steneck, R., Dethier, M., 1988. A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. . Oikos, 69: 476-498.
- Szmant, A.M., Weil, E., Miller, M.W., Colón, D.E., 1997. Hybridization within the species complex of the scleractinan coral *Montastraea annularis*. Marine Biology 129, 561–572. <https://doi.org/10.1007/s002270050197>
- Thé de Araujo, J., de Oliveira Soares, M., Matthews-Cascon, H., Correia Monteiro, F.A. 2018. The invasive brittle star *Ophiothela mirabilis* Verrill, 1867 (Echinodermata, Ophiuroidea) in the southwestern Atlantic: filling gaps of distribution, with comments on an octocoral host. Lat.Am.J.Aqua.Res, 46(5): 1123-1127.
- Vermeij MJA, van Moorselaar I, Engelhard S, Hoornlein C, Vonk SM, al., e., 2010. The Effects of Nutrient Enrichment and Herbivore Abundance on the Ability of Turf Algae to Overgrow Coral in the Caribbean. . PLoS ONE, 5 (12): e14312. doi:14310.11371/journal.pone.0014312.
- Wilkinson, C., 2008. Status of coral reefs of the world : 2008. Global coral Reef Monitoring Network, Reef Rainforest Research Center, Townsville, Australia. 296.

10 Table des illustrations

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Schéma organisationnel du suivi DCE dans le cycle SDAGE | 14 |
| Figure 2 : Schéma d'évaluation de l'état des eaux de surface à partir de l'état écologique et de l'état chimique.. | 14 |
| Figure 3 : Arbre de décision pour l'évaluation de l'état écologique d'une masse d'eau à partir des éléments de qualité biologique, physico-chimique et hydromorphologique | 15 |
| Figure 4 : Synthèse des règles d'agrégation des éléments de qualité afin d'évaluer l'état écologique des ME, pour l'évaluation 2021..... | 15 |
| Figure 5 : Cartographie des sites DCE du réseau et de surveillance pour les années 2017 à 2021 | 18 |
| Figure 6 : Evolution mensuelle en 2021 de la température (°C), du vent (km/h) et de la hauteur de la houle (m, houlographes de Basse Pointe –Atlantique et de la baie de Fort de France) | 22 |
| Figure 7 : Données semi-quantitatives de densité de sargasses (Univ. Of South Florida)et de brume de sable (Univ. Of Athens) et d'intensité de dispersion du panache d'eau douce des fleuves Sud-Américain (NASA) autour de la Martinique au moment des échantillonnages mensuels..... | 22 |
| Figure 8 : Moyennes mensuelles des paramètres température et salinité sur l'année 2021, pour les sites côtiers DCE (<i>n=19 en février, avril, juin, août, oct. et déc., sinon n=2</i>)..... | 23 |
| Figure 9 : Valeurs annuelles et mensuelles de la salinité sur l'année 2021, pour les sites DCE (<i>n=19 en février, avril, juin, août, oct. et déc., sinon n=2</i>)..... | 23 |
| Figure 10 : Moyennes mensuelles du paramètre pH sur l'année 2021, pour les sites côtiers DCE (<i>n=19 en février, avril, juin, août, oct. et déc., sinon n=2</i>)..... | 23 |
| Figure 11 : Schéma de la mise en œuvre du suivi des peuplements récifaux | 25 |
| Figure 12 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Caye Grande Sèche en 2021 | 29 |
| Figure 13 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Caye Grande Sèche : années 2016 à 2021 | 30 |
| Figure 14 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Caye Grande Sèche : années 2016 à 2021 | 31 |
| Figure 15 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Baie du Marin en 2021 | 32 |
| Figure 16 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Baie du Marin : années 2016 à 2021 | 33 |
| Figure 17 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Baie du Marin : années 2016 à 2021..... | 34 |
| Figure 18 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Ilet à Rats en 2021 | 35 |
| Figure 19 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Ilet à Rats: années 2016 à 2021 | 36 |
| Figure 20 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Ilet à Rats : années 2016 à 2021..... | 37 |
| Figure 21 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de la Baie du Trésor en 2021 . | 38 |
| Figure 22 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de la Baie du Trésor : années 2016 à 2021 | 39 |
| Figure 23 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Baie du Trésor : années 2016 à 2021 | 40 |
| Figure 24 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Fond Boucher en 2021 | 41 |
| Figure 25 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Fond Boucher: années 2016 à 2021 | 42 |
| Figure 26 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Fond Boucher : années 2016 à 2021 | 43 |
| Figure 27 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Cap Salomon en 2021..... | 44 |
| Figure 28 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Cap Salomon: années 2016 à 2021 | 45 |
| Figure 29 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Cap Salomon : années 2016 à 2021 | 46 |
| Figure 30 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Caye d'Olbian en 2021 | 47 |
| Figure 31 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Caye d'Olbian : années 2016 à 2021 | 48 |
| Figure 32 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Caye d'Olbian : années 2016 à 2021 | 49 |
| Figure 33 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Corps de Garde en 2021... | 50 |
| Figure 34 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Corps de Garde : années 2016 à 2021 | 51 |
| Figure 35 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Corps de Garde : années 2016 à 2021 | 52 |
| Figure 36 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Pointe Borgnesse en 2021 | 53 |
| Figure 37 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Pointe Borgnesse : années 2016 à 2021 | 54 |
| Figure 38 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Pointe Borgnesse : années 2016 à 2021 | 55 |
| Figure 39 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Jardin Tropical en 2021 | 56 |
| Figure 40 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Jardin Tropical : années 2016 à 2021 | 57 |
| Figure 41 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Jardin Tropical : années 2016 à 2021 | 58 |
| Figure 42 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Caye Pinsonnelle en 2021 | 59 |
| Figure 43 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Caye Pinsonnelle : années 2016 à 2021.... | 60 |
| Figure 44 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Loup Garou en 2021 | 61 |
| Figure 45 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Loup Garou : années 2016 à 2021..... | 62 |
| Figure 46 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Loup Garou : années 2016 à 2021 | 63 |
| Figure 47 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Loup Ministre en 2021 | 64 |
| Figure 48 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Loup Ministre : années 2016 à 2021 | 65 |
| Figure 49 : Densité moyenne des espèces d'oursins à Loup Ministre : années 2016 à 2021 | 66 |
| Figure 50 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Loup Caravelle en 2021 | 68 |
| Figure 51 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Loup Caravelle : années 2016 à 2021 | 69 |
| Figure 52 : Proportions des éléments du peuplement benthique et des substrats de Cap St-Martin en 2021 | 70 |

| | |
|--|-----|
| Figure 53 : Evolution du peuplement benthique et des substrats de Cap St-Martin : années 2016 à 2021 | 71 |
| Figure 54: Arbre de décision pour la classification des communautés corallines. | 73 |
| Figure 55 : Qualité des masses d'eau DCE au regard de l'indice corail, évalué selon la grille de qualité Impact Mer. | 75 |
| Figure 56 : Qualité des masses d'eau DCE au regard de l'indice macroalgues, évalué selon la grille de qualité Impact Mer..... | 76 |
| Figure 57 : Proportions des différentes catégories d'assemblages de phanérogames rencontrées sur les LIT de l'herbier Caye à Vache entre 2016 et 2021 | 90 |
| Figure 58 : Groupes dominants et secondaires d'épibioses présents sur la surface des feuilles de phanérogames | 90 |
| Figure 59 : Description de la biocénose de Caye à Vache : (1) couverture des quadrats en phanérogames, macroalgues et cyanobactéries, (2) identification des espèces de phanérogames dominantes et secondaires & (3) des macroalgues dominantes et secondaires au sein des quadrats, (4) densité de la macrofaune benthique associée et état de santé des transects. | 91 |
| Figure 60 : Proportions des différentes catégories d'assemblage de phanérogames rencontrées sur les LIT de l'herbier Baie du Marin entre 2016 et 2021 | 92 |
| Figure 61 : Groupes dominants et secondaires d'épibioses présents sur la surface des feuilles de phanérogames | 92 |
| Figure 62 : Description de la biocénose de Baie du Marin : (1) couverture des quadrats en phanérogames, macroalgues et cyanobactéries, (2) identification des espèces de phanérogames dominantes et secondaires & (3) des macroalgues dominantes et secondaires au sein des quadrats, (4) densité de la macrofaune benthique associée et état de santé des transects. | 93 |
| Figure 63 : Proportions des différentes catégories d'assemblage de phanérogames rencontrées sur les LIT de l'herbier Ilet à Rats entre 2016 et 2021 | 94 |
| Figure 64 : Groupes dominants et secondaires d'épibioses présents sur la surface des feuilles de phanérogames | 94 |
| Figure 65 : Description de la biocénose de Ilet à Rats : (1) couverture des quadrats en phanérogames, macroalgues et cyanobactéries, (2) identification des espèces de phanérogames dominantes et secondaires & (3) des macroalgues dominantes et secondaires au sein des quadrats, (4) densité de la macrofaune benthique associée et état de santé des transects. | 95 |
| Figure 66 : Proportions des différentes catégories d'assemblage de phanérogames rencontrées sur les LIT de l'herbier Baie du Trésor entre 2016 et 2021 | 96 |
| Figure 67 : Groupes dominants et secondaires d'épibioses présents sur la surface des feuilles de phanérogames | 96 |
| Figure 68 : Description de la biocénose de Baie du Trésor : (1) couverture des quadrats en phanérogames, macroalgues et cyanobactéries, (2) identification des espèces de phanérogames dominantes et secondaires & (3) des macroalgues dominantes et secondaires au sein des quadrats, (4) densité de la macrofaune benthique associée et état de santé des transects. | 97 |
| Figure 69 : Proportions des différentes catégories d'assemblage de phanérogames rencontrées sur les LIT de l'herbier Grande Anse entre 2016 et 2021 | 98 |
| Figure 70 : Groupes dominants et secondaires d'épibioses présents sur la surface des feuilles de phanérogames | 98 |
| Figure 71 : Photographie de la matte de macroalgues rouges epiphytes | 99 |
| Figure 72 : Description de la biocénose de Grande Anse : (1) couverture des quadrats en phanérogames, macroalgues et cyanobactéries, (2) identification des espèces de phanérogames dominantes et secondaires & (3) des macroalgues dominantes et secondaires au sein des quadrats, (4) densité de la macrofaune benthique associée et état de santé des transects. | 99 |
| Figure 73 : Proportions des différentes catégories d'assemblage de phanérogames rencontrées sur les LIT de l'herbier Corps de Garde entre 2016 et 2021 | 101 |
| Figure 74 : Groupes dominants et secondaires d'épibioses présents sur la surface des feuilles de phanérogames | 101 |
| Figure 75 : Description de la biocénose de Corps de Garde : (1) couverture des quadrats en phanérogames, macroalgues et cyanobactéries, (2) identification des espèces de phanérogames dominantes et secondaires & (3) des macroalgues dominantes et secondaires au sein des quadrats, (4) densité de la macrofaune benthique associée et état de santé des transects. | 102 |
| Figure 76 : Proportions des différentes catégories d'assemblage de phanérogames rencontrées sur les LIT de l'herbier Pointe Borgnesse entre 2016 et 2021 | 103 |
| Figure 77 : Groupes dominants et secondaires d'épibioses présents sur la surface des feuilles de phanérogames | 103 |
| Figure 78 : Description de la biocénose de Pointe Borgnesse: (1) couverture des quadrats en phanérogames, macroalgues et cyanobactéries, (2) identification des espèces de phanérogames dominantes et secondaires & (3) des macroalgues dominantes et secondaires au sein des quadrats, (4) densité de la macrofaune benthique associée et état de santé des transects. | 104 |

| | |
|--|-----|
| Figure 79 : Proportions des différentes catégories d'assemblage de phanérogames rencontrées sur les LIT de l'herbier Caye Pariadis entre 2016 et 2021 | 105 |
| Figure 80 : Groupes dominants et secondaires d'épibioses présents sur la surface des feuilles de phanérogames | 105 |
| Figure 81 : Photographie de la matte de macroalgues epiphytes présentes sur l'herbier Caye Pariadis | 106 |
| Figure 82 : Description de la biocénose de Caye Pariadis : (1) couverture des quadrats en phanérogames, macroalgues et cyanobactéries, (2) identification des espèces de phanérogames dominantes et secondaires & (3) des macroalgues dominantes et secondaires au sein des quadrats, (4) densité de la macrofaune benthique associée et état de santé des transects. | 107 |
| Figure 83 : Proportions des différentes catégories d'assemblage de phanérogames rencontrées sur les LIT de l'herbier Baie des Mulets entre 2016 et 2021 | 108 |
| Figure 84 : Groupes dominants et secondaires d'épibioses présents sur la surface des feuilles de phanérogames | 108 |
| Figure 85 : Description de la biocénose de Baie des Mulets : (1) couverture des quadrats en phanérogames, macroalgues et cyanobactéries, (2) identification des espèces de phanérogames dominantes et secondaires & (3) des macroalgues dominantes et secondaires au sein des quadrats, (4) densité de la macrofaune benthique associée et état de santé des transects. | 109 |
| Figure 86 : Teneur en matière organique dans les sédiments des 9 sites de suivi DCE-Herbier. Les données entre 2019 et 2021 sont représentées pour chaque site (moyenne \pm écart type). | 110 |
| Figure 87 : Valeurs de chlorophylle a pour l'ensemble des sites DCE des masses d'eau côtières sur la période 2016-2021, variations interannuelles et mensuelles (<i>points rouges</i> : valeurs de 2021 ; <i>trait rouge</i> : médiane ; <i>pointillés de couleur</i> : seuil de la grille de qualité) | 114 |
| Figure 88 : Commentaires sur les valeurs de chlorophylle a pour l'année 2021 | 114 |
| Figure 89 : Les pigments phytoplanctoniques et les organismes associés (adapté de Bec <i>et al.</i> 2016 et de Delmas et Siano, 2014) | 115 |
| Figure 90 : Concentrations mensuelles des pigments phytoplanctoniques (hors Chla) pour Banc Gamelle – type 1 et Pinsonnelle –type 2, en 2021 | 116 |
| Figure 91 : Biomasses bimensuelles moyennes en pigments (hors chl a) des MEC (a) (moyenne, <i>n</i> =19) et de la MET (b) en 2021..... | 117 |
| Figure 92 : Concentrations moyennes annuelles en pigments (hors Chla) des MEC entre 2015 et 2021 (<i>n</i> =84) et de la MET de 2017 à 2021 (<i>n</i> =4, <i>n</i> =6 pour 2019-2021)..... | 117 |
| Figure 93 : Abondances mensuelles du nano et pico-plancton total pour Banc Gamelle – type 1 et Pinsonnelle –type 2, en 2021..... | 118 |
| Figure 94 : Abondances bimensuelles du nano et pico-plancton total des MEC (a) (moyenne, <i>n</i> =19) et de la MET (b) et des groupes d'organismes qui le composent en 2021 | 119 |
| Figure 95 : Abondances moyennes annuelles du nano et pico-plancton des MEC (a) et de la MET (b) et des groupes d'organismes qui le composent, entre 2016 et 2021 (MEC, <i>n</i> =84, <i>n</i> =126 en 2019 ; MET, <i>n</i> =4, <i>n</i> =6 en 2019-2021) | 120 |
| Figure 96 : Abondances mensuelles du microphytoplancton total pour Banc Gamelle – type 1 et Pinsonnelle –type 2, en 2021..... | 121 |
| Figure 97 : Abondances bimensuelles du microphytoplancton des MEC (a) (moyenne, <i>n</i> =19 ou moins si données manquantes) et de la MET (b) et des groupes d'organismes qui le composent, en 2021 | 122 |
| Figure 98 : Abondances moyennes annuelles du microphytoplancton des MEC (a) et de la MET (b) et des groupes d'organismes qui le composent, entre 2016 et 2021 (2014-2018 : MEC, <i>n</i> =84 ; MET, <i>n</i> =4. 2019- 2021 : MEC, <i>n</i> =126 ; MET, <i>n</i> =6)..... | 123 |
| Figure 99 : Qualité des masses d'eau DCE au regard de l'indice de biomasse (chlorophylle a), évaluée selon la grille de qualité Gailhard-Rocher, 2012..... | 127 |
| Figure 100 : Qualité des masses d'eau DCE au regard de l'indice d'abondance (microphytoplancton), évalué selon la grille de qualité Belin & Lamoureux, 2015 et le seuil Allenou, 2019. | 130 |
| Figure 101 : Qualité des masses d'eau DCE au regard de l'indicateur phytoplancton, évalué selon la grille de qualité Belin & Lamoureux, 2015..... | 131 |
| Figure 102 : Valeurs de température pour l'ensemble des sites DCE des masses d'eau côtières sur la période 2016-2021, variations interannuelles et mensuelles (<i>points rouges</i> : valeurs de 2021 ; <i>traits rouges</i> : médiane) | 132 |
| Figure 103 : Qualité des masses d'eau DCE au regard de l'indicateur température, évaluée selon la sinusoïde et la grille de qualité Allenou, 2019. (ME = Masse d'Eau)..... | 135 |
| Figure 104 : Valeurs d'oxygène dissous (fond) pour l'ensemble des sites DCE des masses d'eau côtières sur la période 2016-2021, variations interannuelles et mensuelles (<i>points rouges</i> : valeurs de 2021 ; <i>traits rouges</i> : médianes ; <i>pointillés couleur</i> : seuil de la grille de qualité) | 136 |
| Figure 105 : Qualité des masses d'eau DCE au regard de l'indicateur oxygène, évaluée selon la grille de qualité MTES, 2018. (ME = Masse d'Eau)..... | 139 |
| Figure 106 : Valeurs de transparence pour les sites DCE des masses d'eau côtières de type 1 (baies) et les sites des types 2 à 7, sur la période 2016-2021, variations interannuelles et mensuelles (<i>points rouges</i> : valeurs de 2021; <i>traits rouges</i> : médianes ; <i>pointillés couleur</i> : seuil de la grille de qualité)..... | 141 |

| | |
|---|-----|
| Figure 107 : Commentaires sur les valeurs de turbidité pour l'année 2021 | 141 |
| Figure 108 : Qualité des masses d'eau DCE au regard de l'indicateur transparence, évaluée selon la grille de qualité MTES, 2018. (ME = Masse d'Eau) | 144 |
| Figure 109 : Valeurs de nitrates + nitrites, ammonium et orthophosphates pour l'ensemble des sites DCE des masses d'eau côtières en 2017 (Ifremer), 2019 (IPG), 2020 (LABEO) et 2021 (Ifremer) (gauche) et valeurs mensuelles (droite) (<i>points rouges : valeurs de 2021 ; trait rouge : médiane</i>) | 146 |
| Figure 110 : Rappel des étapes pour définir l'état écologique des masses d'eau | 151 |
| Figure 111 : Qualité biologique des masses d'eau DCE pour la période 2016 à 2021 | 152 |
| Figure 112 : Qualité physico-chimique calculée des masses d'eau DCE pour la période 2016 à 2021, avec polluant spécifique de l'état écologique | 155 |
| Figure 113 : Qualité physico-chimique calculée des masses d'eau DCE, sans polluant spécifique de l'état écologique, période 2016 à 2021 | 157 |
| Figure 114 : Arbre de décision pour établir le niveau de confiance de l'état écologique. 3=elevé, 2=moyen, 1=faible (MEDDE, 2015). | 159 |
| Figure 115 : Etat écologique calculé des masses d'eau pour les données disponibles de 2016 à 2021, en prenant en compte l'état physico-chimique avec le polluant spécifique de l'état écologique | 161 |
| Figure 116 : Etat écologique calculé des masses d'eau pour les données disponibles de 2016 à 2021, en prenant en compte l'état physico-chimique SANS le polluant spécifique de l'état écologique | 162 |
| Figure 117 : Etat global sans PSEE des masses d'eau côtières de la Martinique | 166 |
| Figure 118 : Etat global avec PSEE des masses d'eau côtières de la Martinique | 167 |
| Figure 119 : Evolution de l'état global (ou état écologique) sans PSEE des masses d'eau côtières de la Martinique entre 2018 et 2021 | 172 |
| Figure 120 : Etat écologique sans PSEE des masses d'eau côtières de la Martinique sur la période 2016-2021 et niveau de Risque de Non Atteinte du Bon Etat par masse d'eau | 173 |
| Figure 121 : Paramètres responsables du déclassement de l'Etat écologique sans PSEE sur la période 2016-2021 | 174 |
| Figure 122 Masses d'eau et sites de suivi de la baie de Fort-de-France | 177 |
| Figure 123 Comparaison des évaluations Martinique indice Biomasse in situ (gauche) vs satellite (droite) (Huguet, 2020) | 179 |

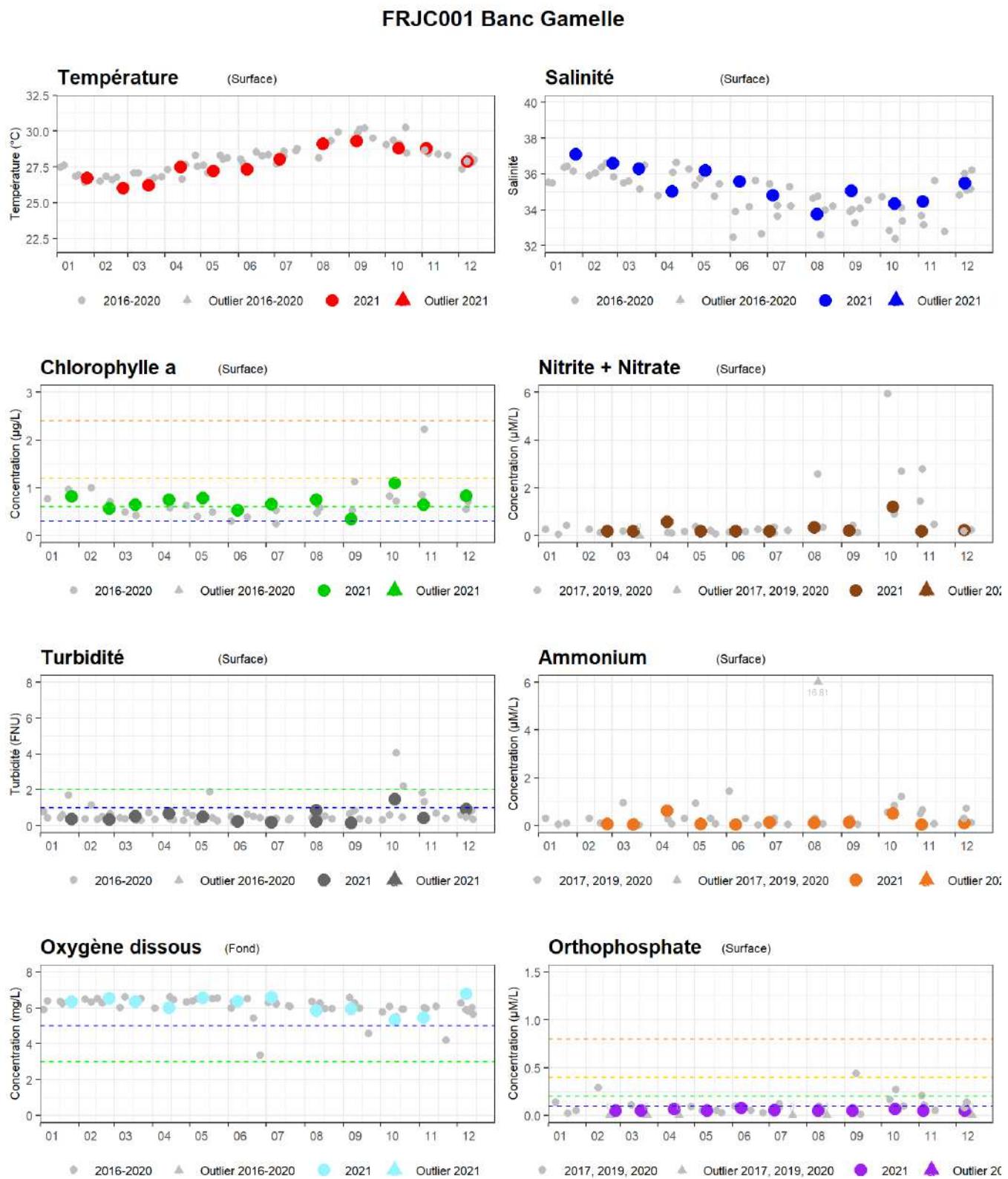
| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Comparaison des protocoles et fréquences de suivi des éléments biologiques décrits dans l'arrêté du 17 octobre 2018 avec ceux appliqués pour la DCE Martinique (compilation de l'annexe IV et VI de l'arrêté) | 12 |
| Tableau 2 : Comparaison des protocoles et fréquences de suivi des éléments physico-chimiques décrits dans l'arrêté du 17 octobre 2018 avec ceux appliqués pour la DCE Martinique (compilation de l'annexe IV et VI de l'arrêté) | 13 |
| Tableau 3 : Comparaison des protocoles et fréquences de suivi des éléments chimiques décrits dans l'arrêté du 17 octobre 2018 et dans l'arrêté préfectoral avec ceux appliqués pour la DCE Martinique (compilation de l'annexe II et III de l'arrêté) | 13 |
| Tableau 4 : Description des sites de surveillance des MEC et de la MET et type de suivi réalisé en 2021. Les coordonnées GPS sont données en WGS 84/UTM 20N. ME= masse d'eau, CC= Communautés corallieennes, H= Herbiers, PP= Physico-chimie et phytoplancton, C=Chimie | 19 |
| Tableau 5 : Fréquences d'échantillonnage des paramètres DCE sur les sites DCE des MEC et MET | 20 |
| Tableau 6 : Bilan des paramètres biologiques suivis de 2007 à 2021 | 20 |
| Tableau 7 : Précipitations mensuelles aux stations pluviométriques pertinentes pour l'interprétation des résultats DCE | 21 |
| Tableau 8 : État de santé général des communautés corallieennes réparti en cinq classes | 26 |
| Tableau 9 : Grilles de qualité DCE pour l'indice « corail » (% du substrat colonisable) | 72 |
| Tableau 10 : Grilles de qualité DCE pour l'indice « macroalgues » (% du substrat total) | 72 |
| Tableau 11 : Exemple de grille de qualité « Diadèmes » | 73 |
| Tableau 12 : Qualité des masses d'eau DCE au regard de l'indicateur communautés corallieennes évalué selon la grille de Impact Mer, 2011. (ME= Masse d'Eau, TB = Très Bonne ; Moy = Moyenne ; Méd = Médiocre et Mauv = Mauvaise) | 77 |
| Tableau 13 : Evolution des indices corail entre 2010 et 2021 sur les sites du réseau de suivi | 78 |
| Tableau 14 : Evolution de l'indice macroalgues entre 2010 et 2021 sur les sites du réseau de suivi | 78 |
| Tableau 15 : Qualité des masses d'eau DCE au regard de l'indice oursin évalué selon la grille de Impact Mer, 2011. (ME= Masse d'Eau) | 79 |
| Tableau 16 : Sites présentant la maladie SCTLD observable sur le BELT et nombre de colonies coraliennes infectées et dénombrées lors du suivi PIT | 79 |
| Tableau 17 : Calcul pour l'indice évolution interannuelle de la couverture corallienne | 81 |
| Tableau 18 : Détails de l'évaluation des qualités des quatre métriques composant l'indice de vulnérabilité (% de couverture en cyanophycées, % d'occurrence de colonies blanchies à 1% et plus, % d'occurrence de colonies non nécrosées, % d'occurrence de colonies avec présence de perturbation) | 84 |
| Tableau 19 : Note d'indice issue de la compilation de paramètres complémentaires indicateurs de la vulnérabilité des communautés | 85 |

| | |
|---|-----|
| Tableau 20 : Indicateur communautés corallieennes révisé par l'indice vulnérabilité et comparaison aux dires d'experts (non inclus dans l'évaluation DCE) | 85 |
| Tableau 21 : Détail des classes du paramètre « état de santé » (adaptées de Bouchon et al., 2003) | 87 |
| Tableau 22 : Abondances maximales des taxons indicateurs mesurées aux sites à chacune des campagnes en 2021 (En rouge : abondances maximales dépassant le seuil de 25 000 cell/l)..... | 123 |
| Tableau 23 : Grille de qualité DCE retenue pour l'indice biomasse en Martinique | 124 |
| Tableau 24 : Grille de qualité DCE retenue pour l'indice abondance (micro-phytoplancton) | 125 |
| Tableau 25 : Grille de qualité DCE retenue pour l'indicateur « phytoplancton » en Martinique, exprimé sous forme d'EQR | 125 |
| Tableau 26 : Nombre de données disponibles pour le paramètre chlorophylle <i>a</i> sur les sites DCE pour la période 2016-2021 (ME = Masse d'Eau)..... | 126 |
| Tableau 27 : Nombre de données disponibles pour le paramètre abondance (microphytoplancton) sur les sites DCE pour la période 2016-2021. (ME = Masse d'Eau) | 129 |
| Tableau 28 : Sinusoïde de référence pour les masses d'eau côtières proposée pour l'indicateur température en Martinique..... | 133 |
| Tableau 29 : Grille de qualité pour l'indicateur température (écart à la sinusoïde en %) | 133 |
| Tableau 30 : Jeu de données température sub-surface utilisées pour l'évaluation des masses d'eau sur la période 2016-2021 (ME = Masse d'Eau)..... | 134 |
| Tableau 31 : Grille de qualité pour l'indicateur oxygène en Martinique (mg.l ⁻¹) | 137 |
| Tableau 32 : Jeu de données oxygène fond utilisées pour l'évaluation des masses d'eau sur la période 2016-2021. (ME= Masse d'Eau)..... | 138 |
| Tableau 33 : Grille de qualité pour l'indice turbidité | 142 |
| Tableau 34 : Jeu de données transparence de surface utilisées pour l'évaluation des masses d'eau sur la période 2016-2021. (ME = Masse d'Eau) | 143 |
| Tableau 35 : Qualité des masses d'eau DCE au regard du polluant spécifique de l'état écologique, mesuré sur l'eau et dans le biote (ME = Masse d'Eau). Données poissons Allenou et Amouroux, 2019. Valeur en rouge supérieure à la NQE-MA. | 149 |
| Tableau 36 : Qualité biologique des masses d'eau DCE obtenue après agrégation des indicateurs « phytoplancton » et « communautés corallieennes » pour les données disponibles de 2016 à 2021. En rouge : les indicateurs actuellement utilisés pour l'évaluation de la qualité biologique..... | 153 |
| Tableau 37 : Qualité biologique des masses d'eau DCE avec prise en compte de l'indice « vulnérabilité » des communautés corallieennes, pour les données disponibles de 2016 à 2021. En rouge les indicateurs actuellement utilisés pour l'évaluation de la qualité biologique | 154 |
| Tableau 38 : Qualité physico-chimique des masses d'eau DCE issues des indicateurs « température », « turbidité », « oxygène dissous » et « polluant spécifique chlordécone » pour les données disponibles de 2016 à 2021. En rouge : indicateurs utilisés pour l'évaluation de la qualité physico-chimique ; N.e. pour Non évalué ... | 156 |
| Tableau 39 : Synthèse de la qualité hydromorphologique des masses d'eau côtières et de transition de Martinique (source ODE Martinique, 2019)..... | 158 |
| Tableau 40 : Etat écologique des masses d'eau établi avec la qualité biologique modifié par l'indice « vulnérabilité » pour les données disponibles de 2016 à 2021, en prenant en compte l'état physico-chimique SANS le polluant spécifique de l'état écologique | 163 |
| Tableau 41 : Etat chimique des masses d'eau DCE basé sur le dosage des polluants par échantillonnage passif, années 2014 à 2019 et année 2019..... | 165 |
| Tableau 42 : Evolution des qualités biologiques, qualité physico-chimique et états écologiques partiels des sites/masses d'eau DCE calculés sur les périodes 2009-2014, 2010-2015, 2011-2016, 2012-2017, 2013-2018, 2014-2019, 2015-2020 et 2016-2021 (ph=phyto, co= corail) | 170 |
| Tableau 43 : Comparaison de l'état écologique sans PSEE 2016-2021 et des objectifs SDAGE 2016-2021..... | 173 |
| Tableau 44 : Bilan du suivi 2021 et objectifs pour les futurs suivis | 176 |
| Tableau 45 : Grilles de qualité DCE retenue pour l'indice DIN en Martinique (µM) | 240 |
| Tableau 46 : Grille de qualité DCE retenue pour l'indice « orthophosphates » en Martinique (µM) | 240 |
| Tableau 47 : Grilles de qualité DCE retenue pour l'indicateur « nutriments » en Martinique, exprimée sous forme d'EQR | 240 |
| Tableau 48 : Qualité des masses d'eau DCE basé sur la moyenne DIN pour les année 2017, 2019, 2020,2021 évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais)..... | 241 |
| Tableau 49 : Qualité des masses d'eau DCE basé sur le percentile 90 DIN pour les année 2017, 2019, 2020, 2021 évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais)..... | 242 |
| Tableau 50 : Qualité des masses d'eau DCE basé sur la moyenne orthophosphates pour les année 2017, 2019, 2020, 2021 évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais)..... | 242 |
| Tableau 51 : Qualité des masses d'eau DCE basé sur le percentile 90 orthophosphates pour les année 2017, 2019, 2020, 2021 évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais)..... | 243 |

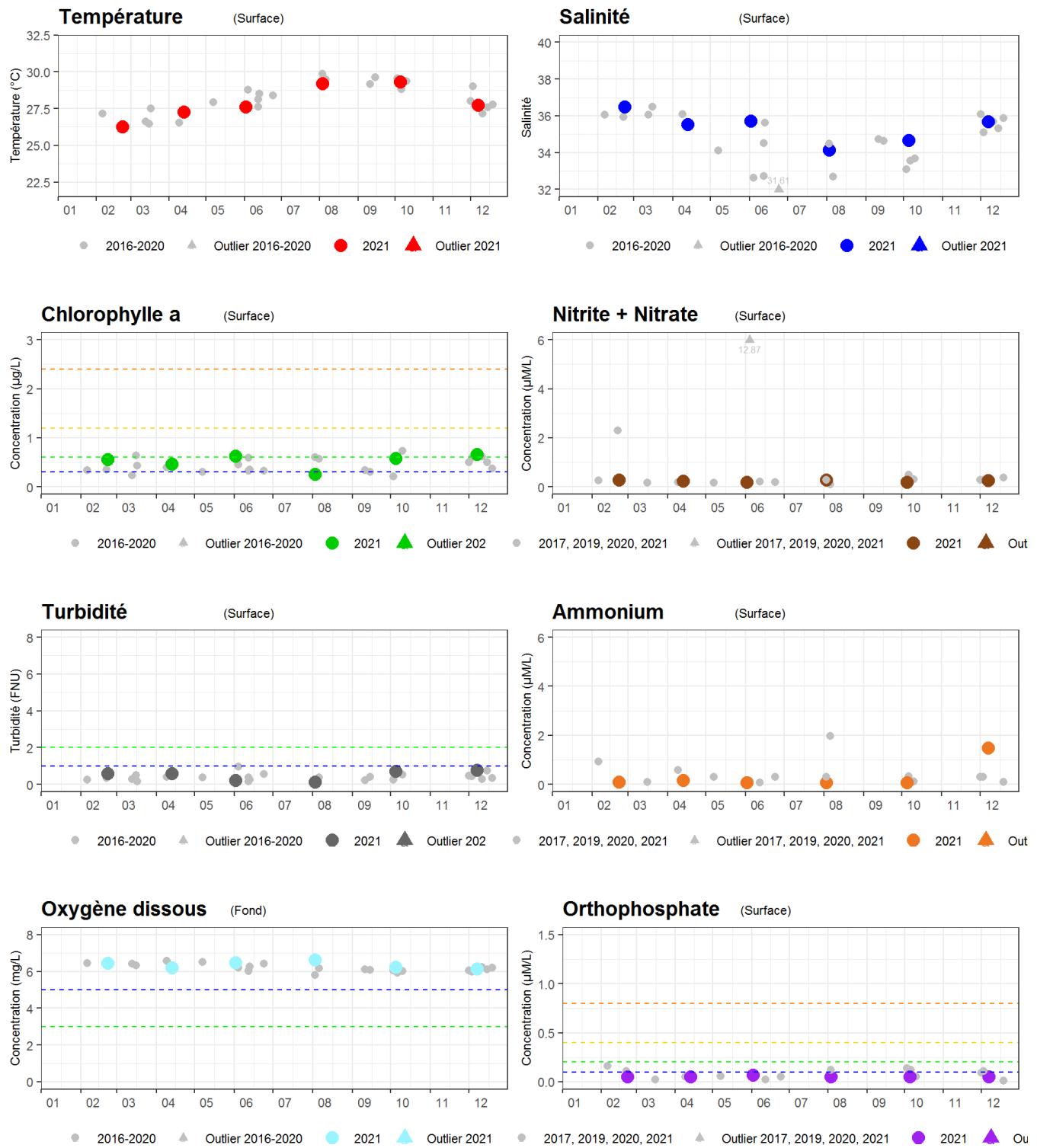
| | |
|---|-----|
| Tableau 52: Qualité des masses d'eau DCE basée sur l'indicateur Nutriments calculé avec la moyenne pour les années 2017, 2019, 2020 et 2021 évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais) .. | 244 |
| Tableau 53 : Qualité des masses d'eau DCE basée sur l'indicateur Nutriments calculé avec le percentile 90 pour les années 2017, 2019, 2020 et 2021, évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais)..... | 245 |
| Tableau 54 : Grilles de qualité DCE retenue pour l'indice DIN en Martinique (µM) | 245 |
| Tableau 55 : Grille de qualité DCE retenue pour l'indice « orthophosphates » en Martinique (µM) | 246 |
| Tableau 56 : Grilles de qualité DCE retenue pour l'indicateur « nutriments » en Martinique, exprimée sous forme d'EQR | 246 |
| Tableau 57 : Qualité des masses d'eau DCE basé sur la moyenne DIN pour les année 2017, 2019, 2020,2021 évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais)..... | 247 |
| Tableau 58: Qualité des masses d'eau DCE basé sur le percentile 90 DIN pour les année 2017, 2019, 2020, 2021 évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais)..... | 247 |
| Tableau 59 : Qualité des masses d'eau DCE basé sur la moyenne orthophosphates pour les année 2017, 2019, 2020, 2021 évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais)..... | 248 |
| Tableau 60 : Qualité des masses d'eau DCE basé sur le percentile 90 orthophosphates pour les année 2017, 2019, 2020, 2021 évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais)..... | 248 |
| Tableau 61: Qualité des masses d'eau DCE basée sur l'indicateur Nutriments calculé avec la moyenne pour les années 2017, 2019, 2020 et 2021 évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais) .. | 249 |
| Tableau 62 : Qualité des masses d'eau DCE basée sur l'indicateur Nutriments calculé avec le percentile 90 pour les années 2017, 2019, 2020 et 2021, évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais) | 250 |

11 Annexes

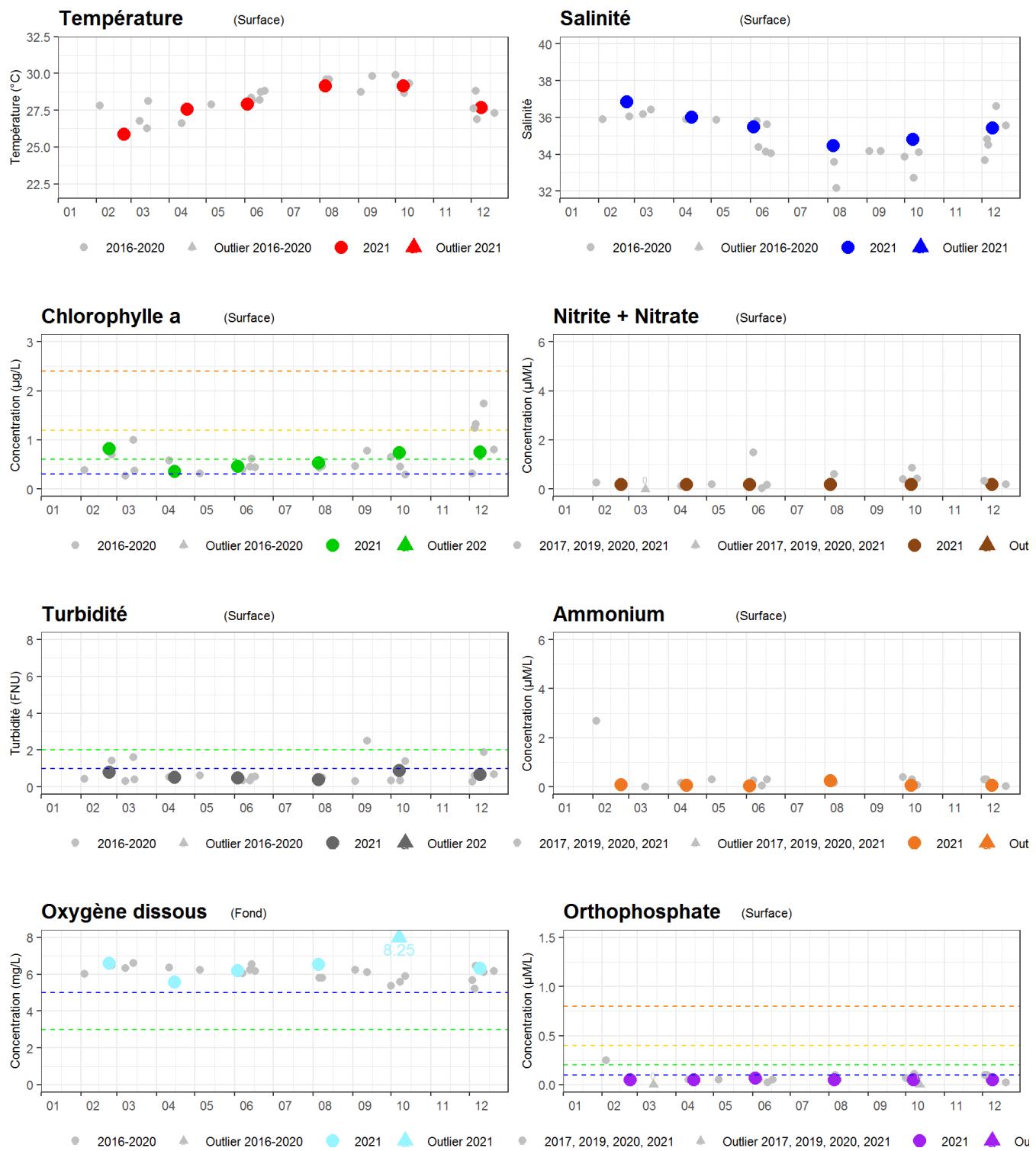
11.1 Annexe 1 : Représentation graphique des valeurs ponctuelles de physico-chimie sur la période 2017-2021, par paramètre et par masse d'eau



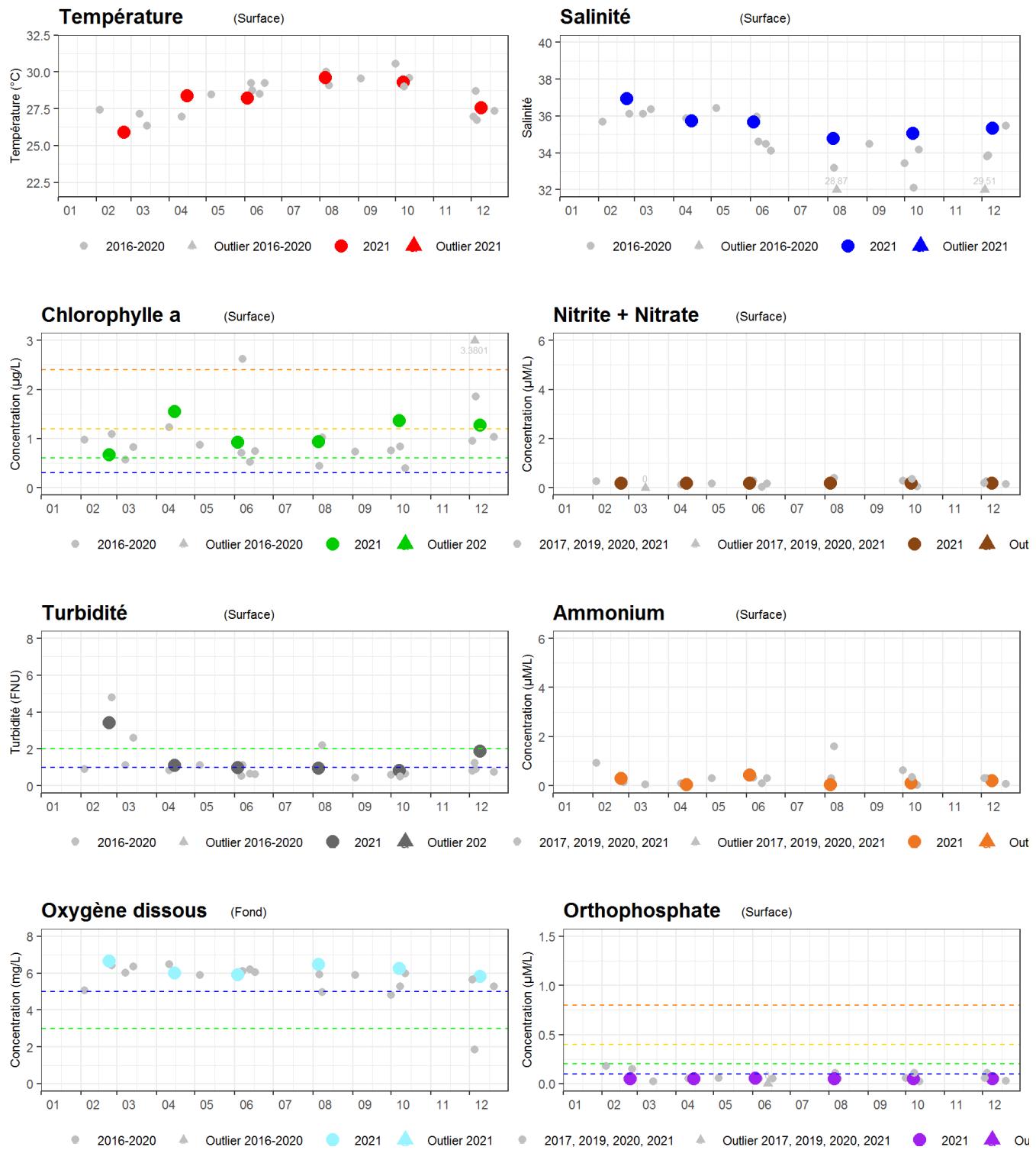
FRJC010 Baie du Marin



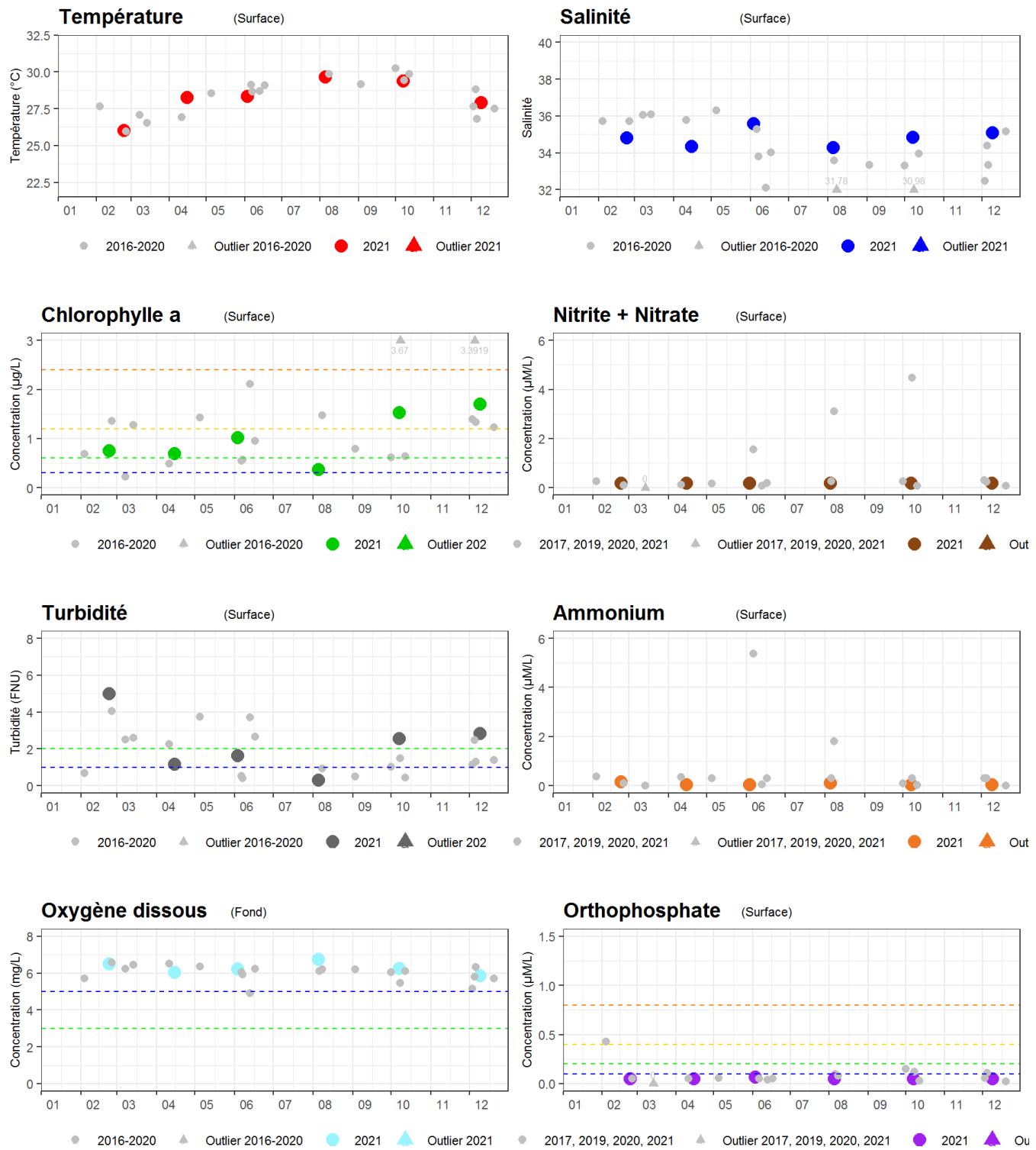
FRJC007 îlets à rats



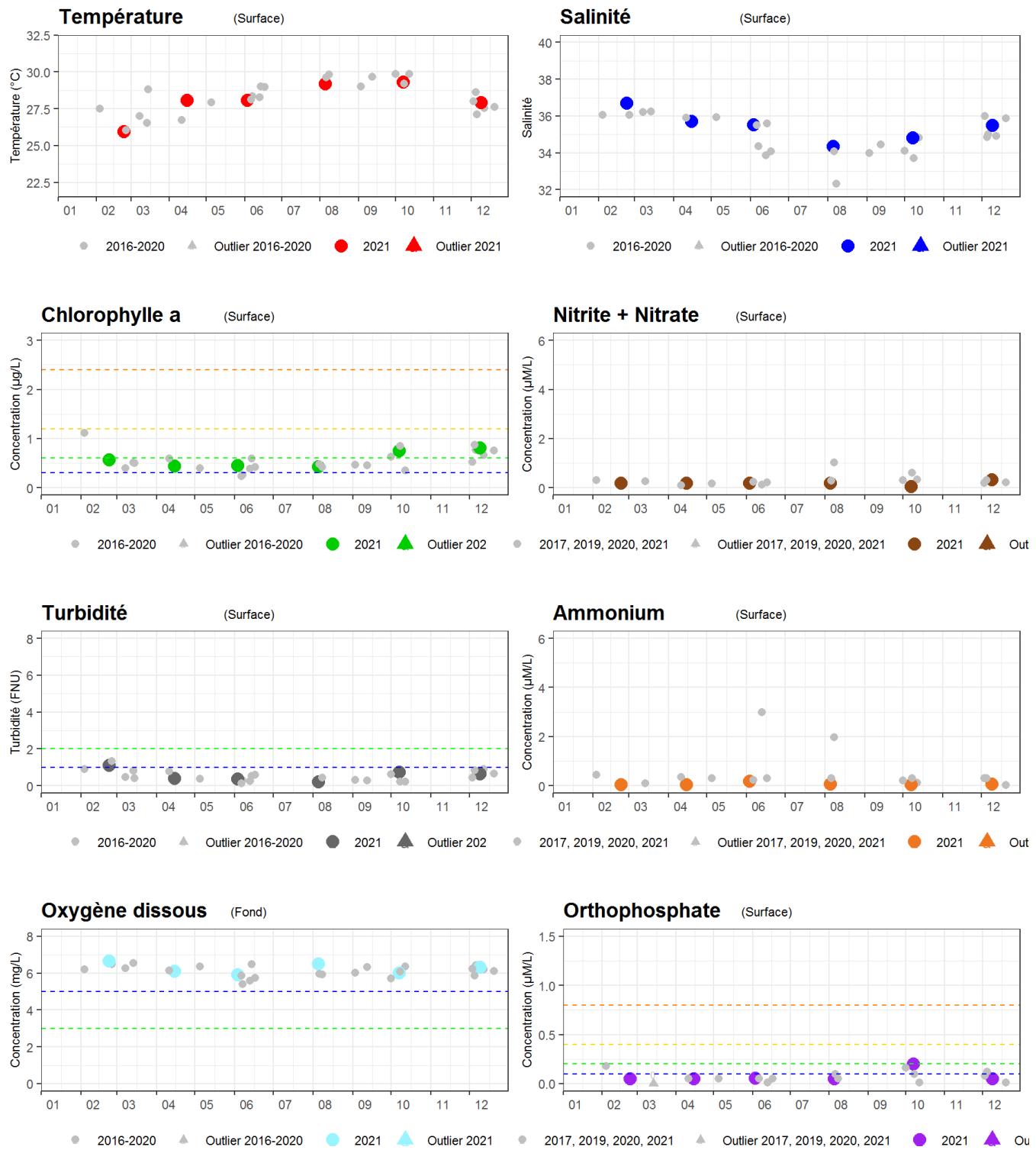
FRJC005 Baie du Robert



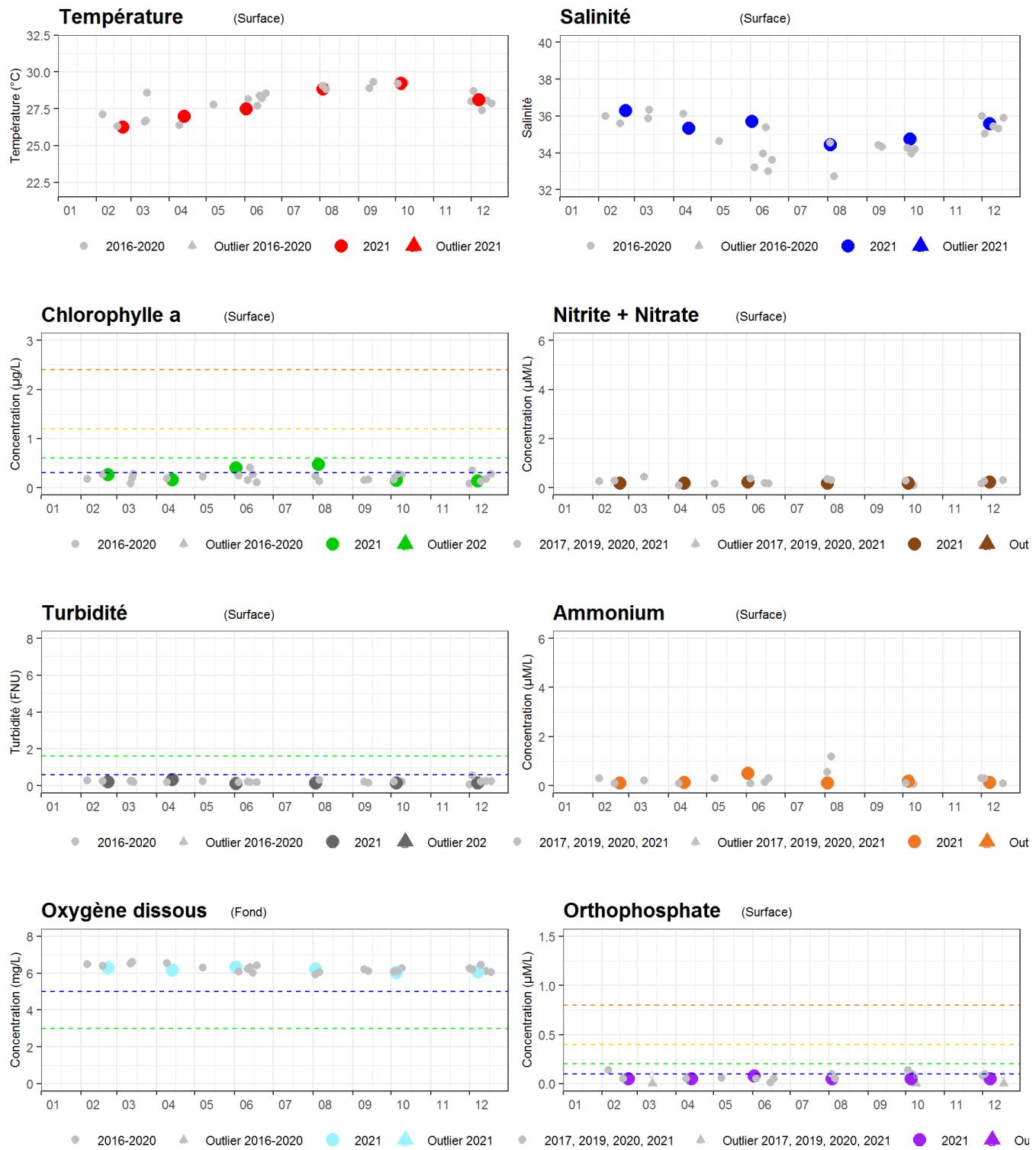
FRJC014 Baie du Galion



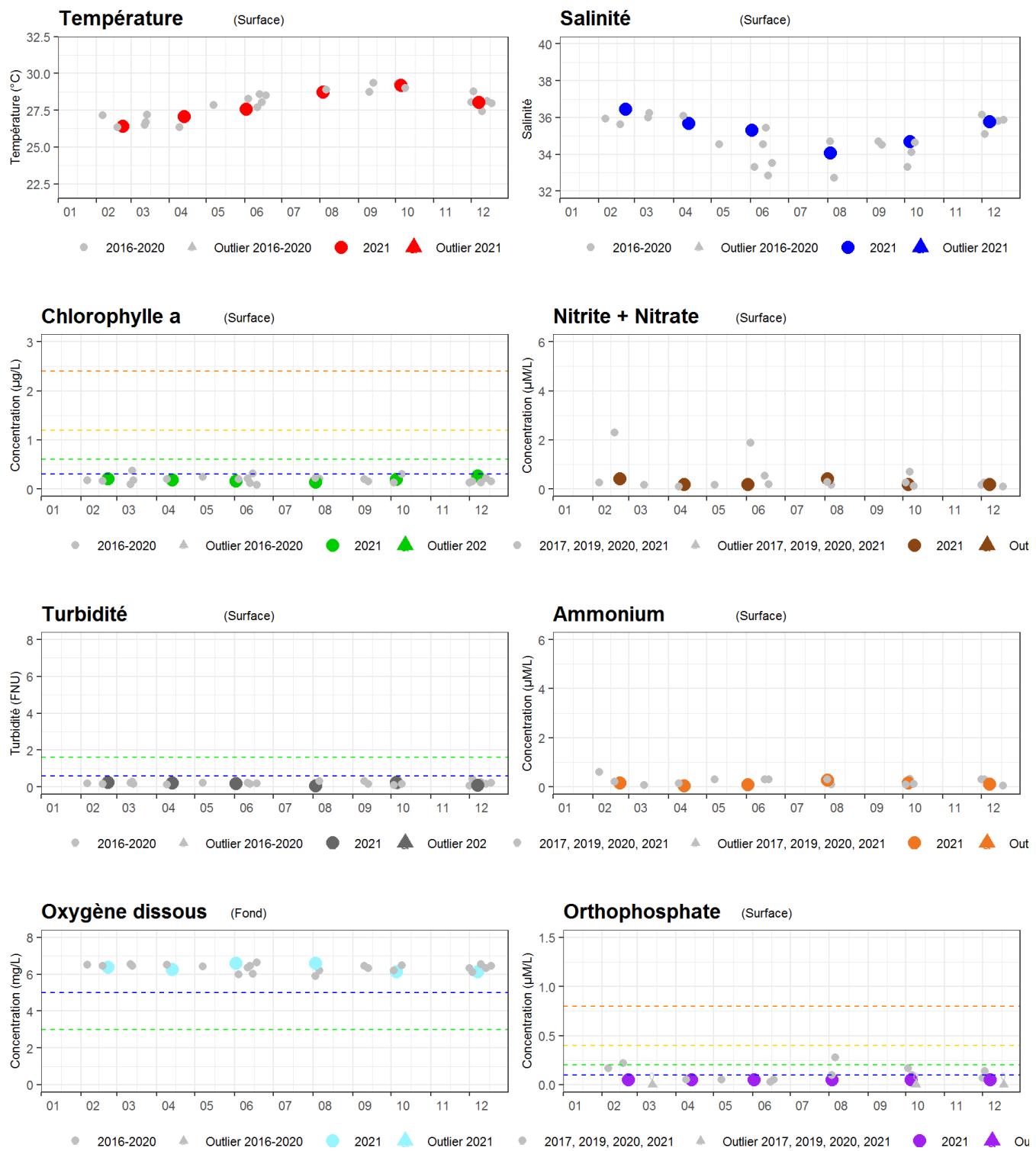
FRJC013 Baie du Trésor



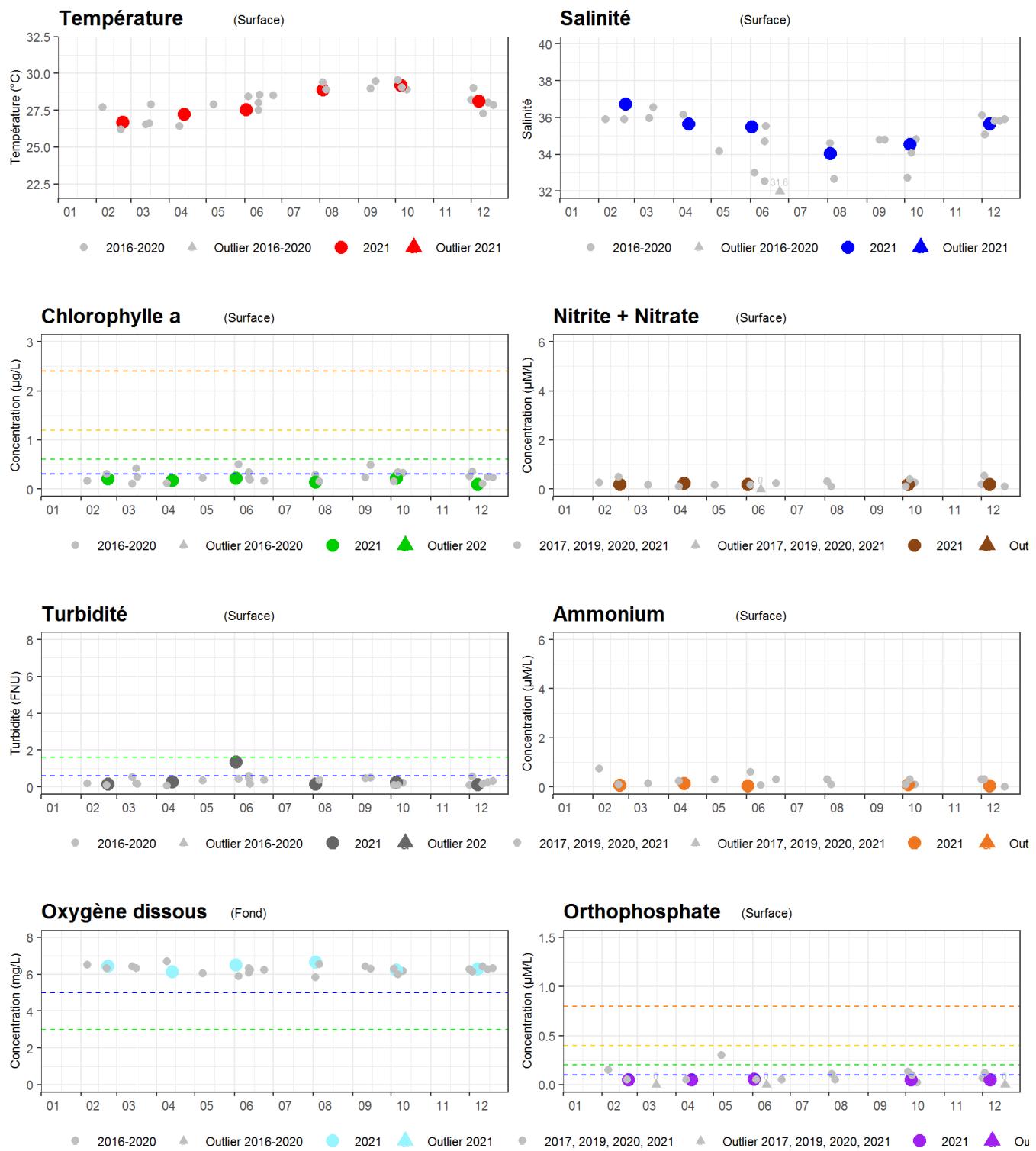
FRJC002 Fond Boucher



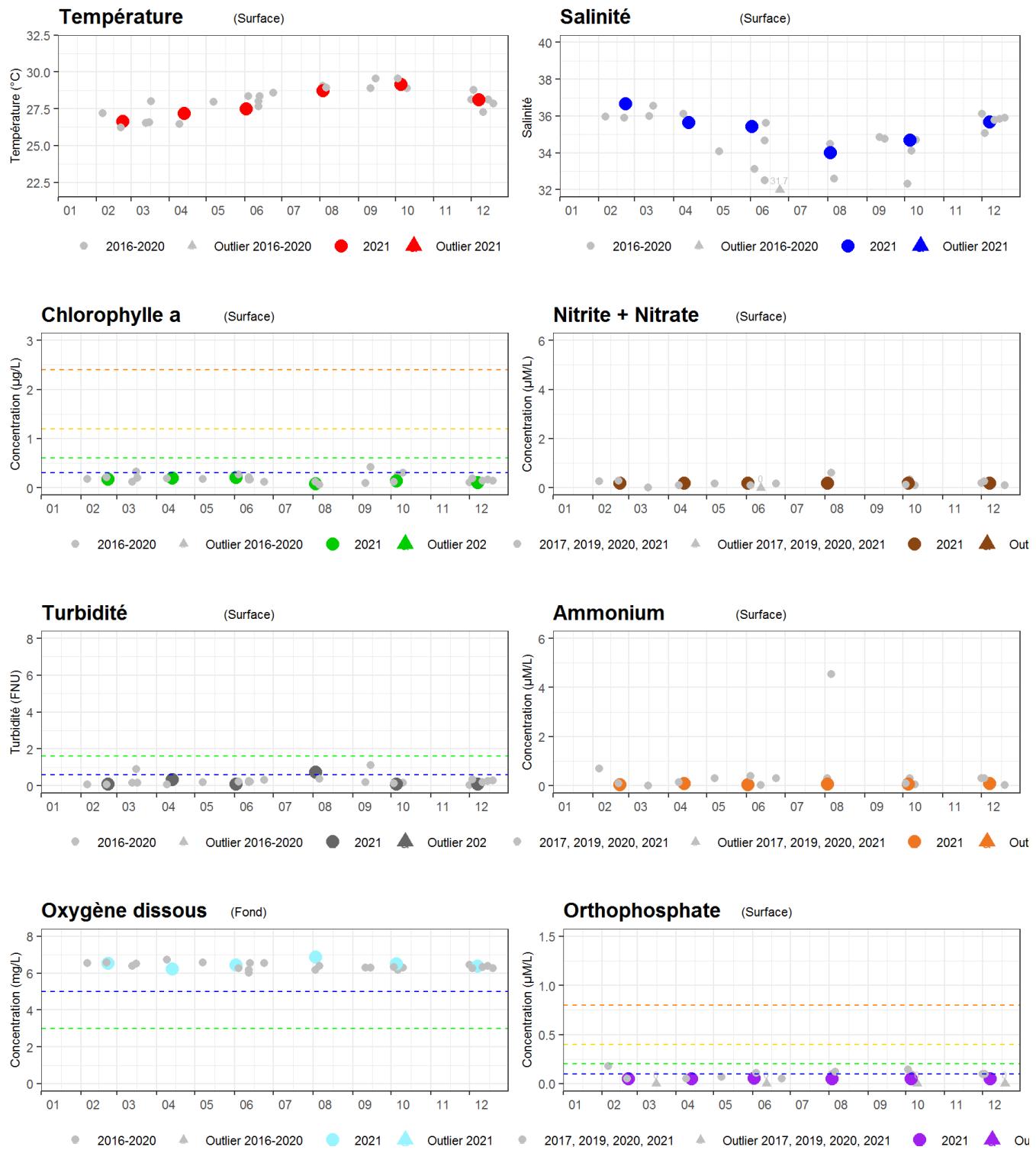
FRJC003 Cap Salomon



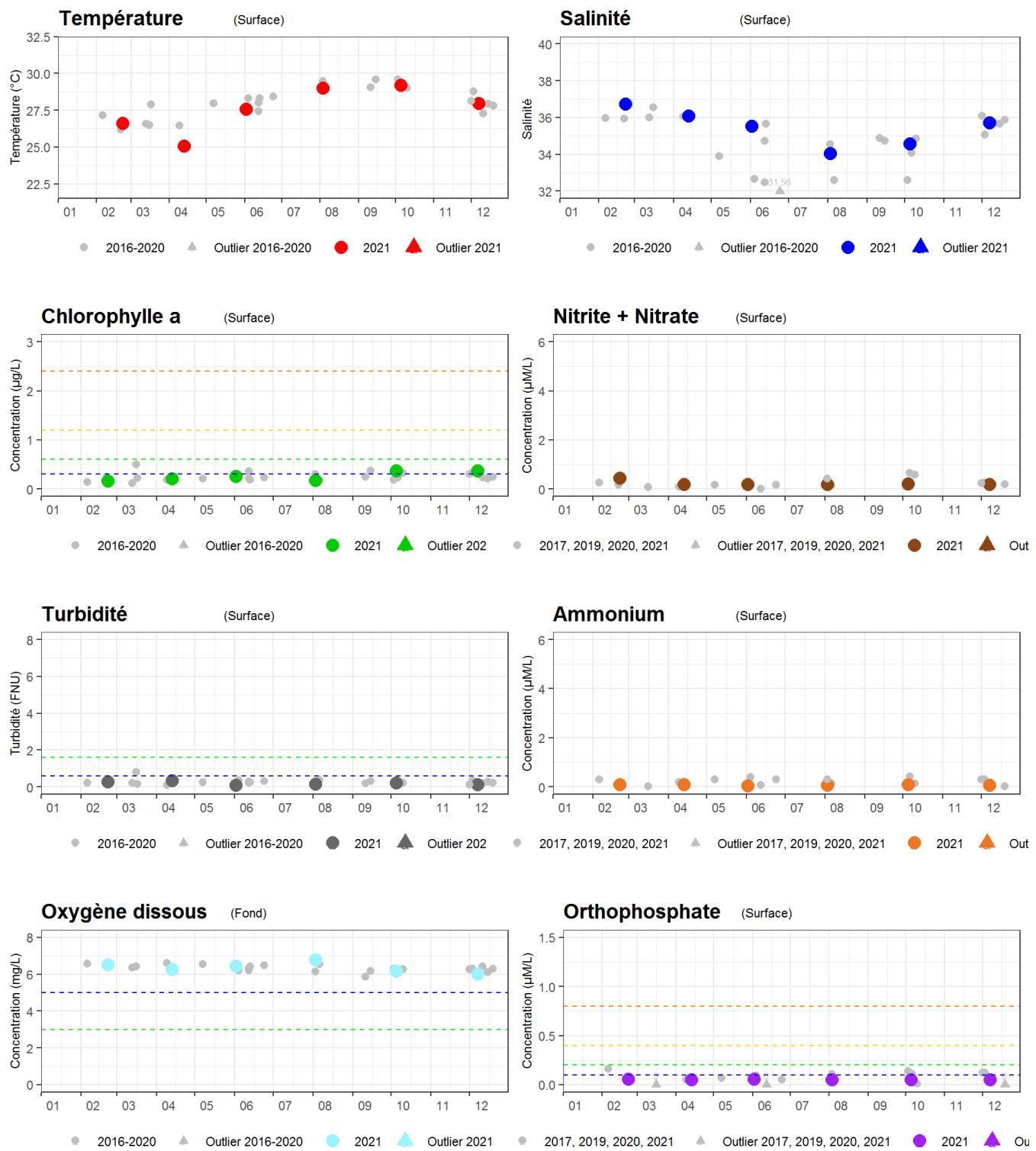
FRJC018 Caye d'Olbian



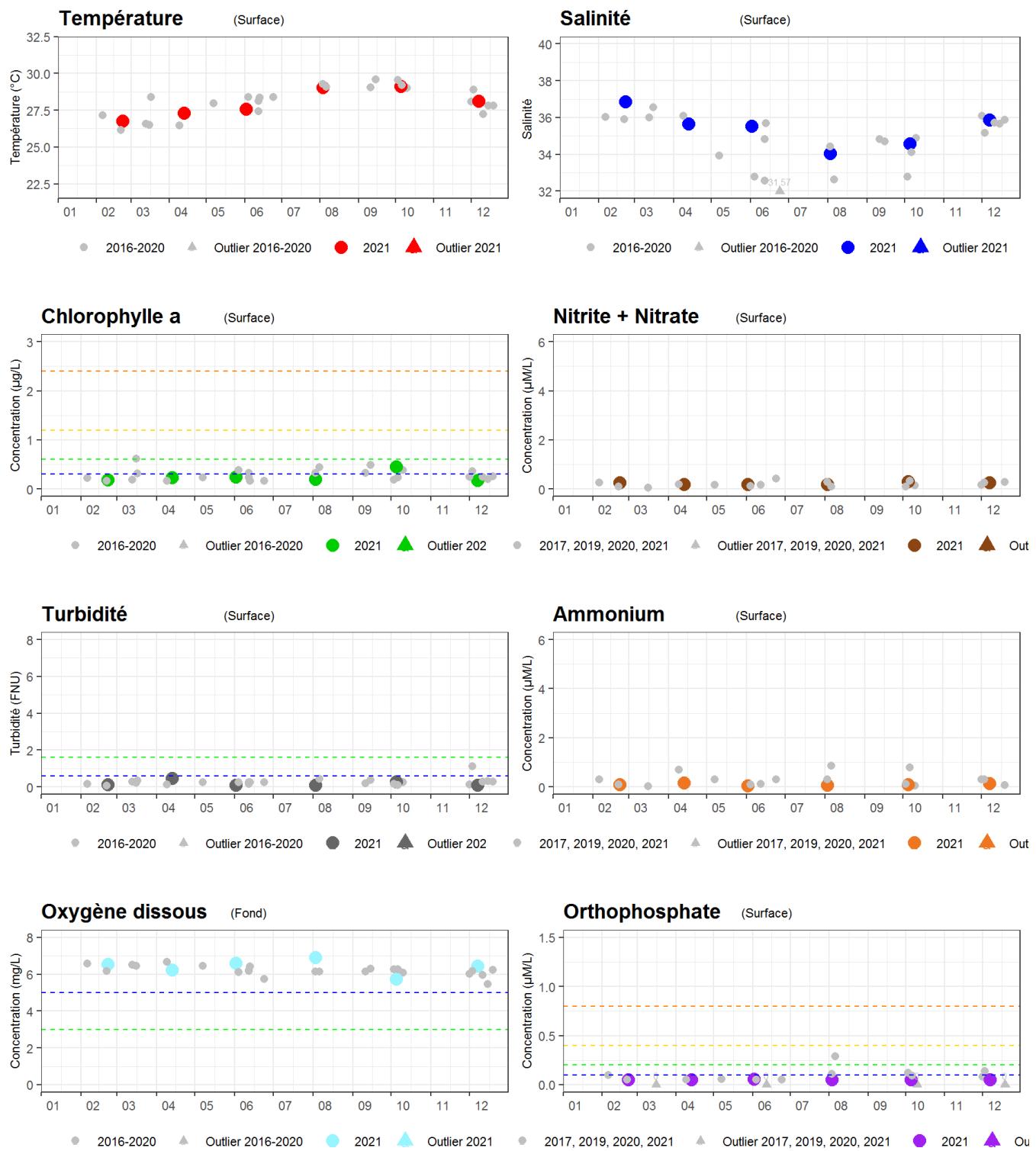
FRJC019 Banc du Diamant



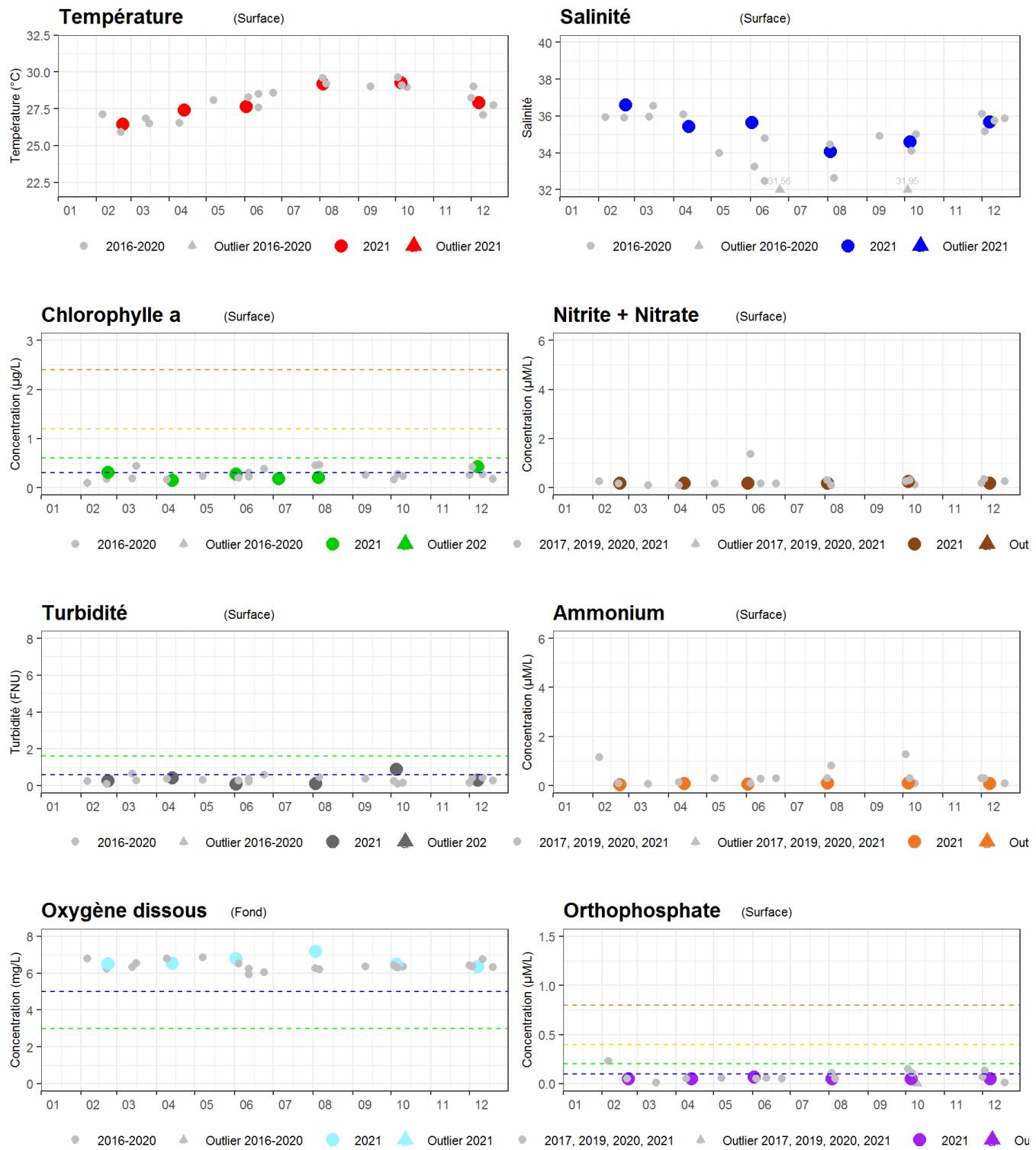
FRJC017 Corps de Garde



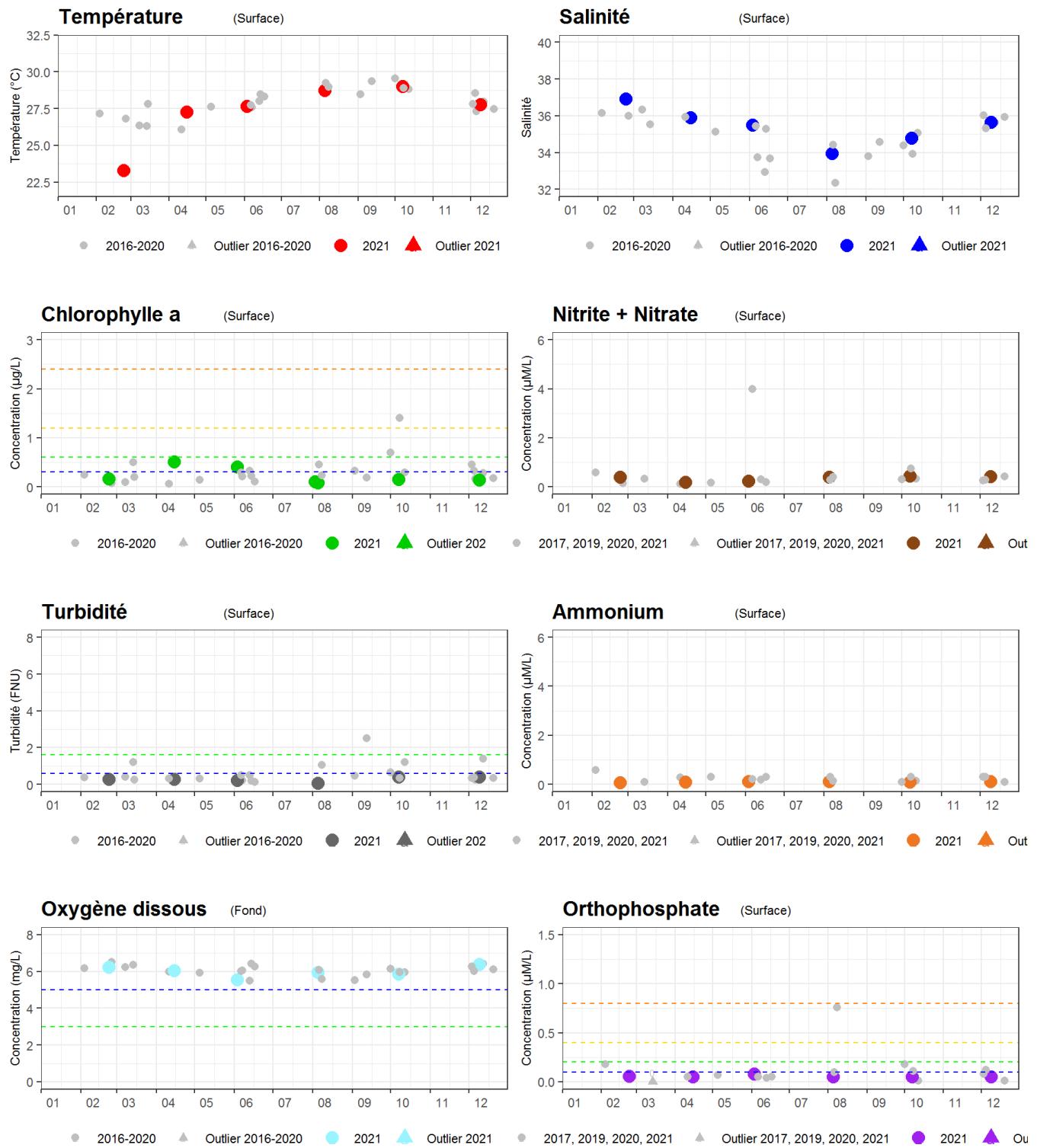
FRJC017 Pointe Borgnesse



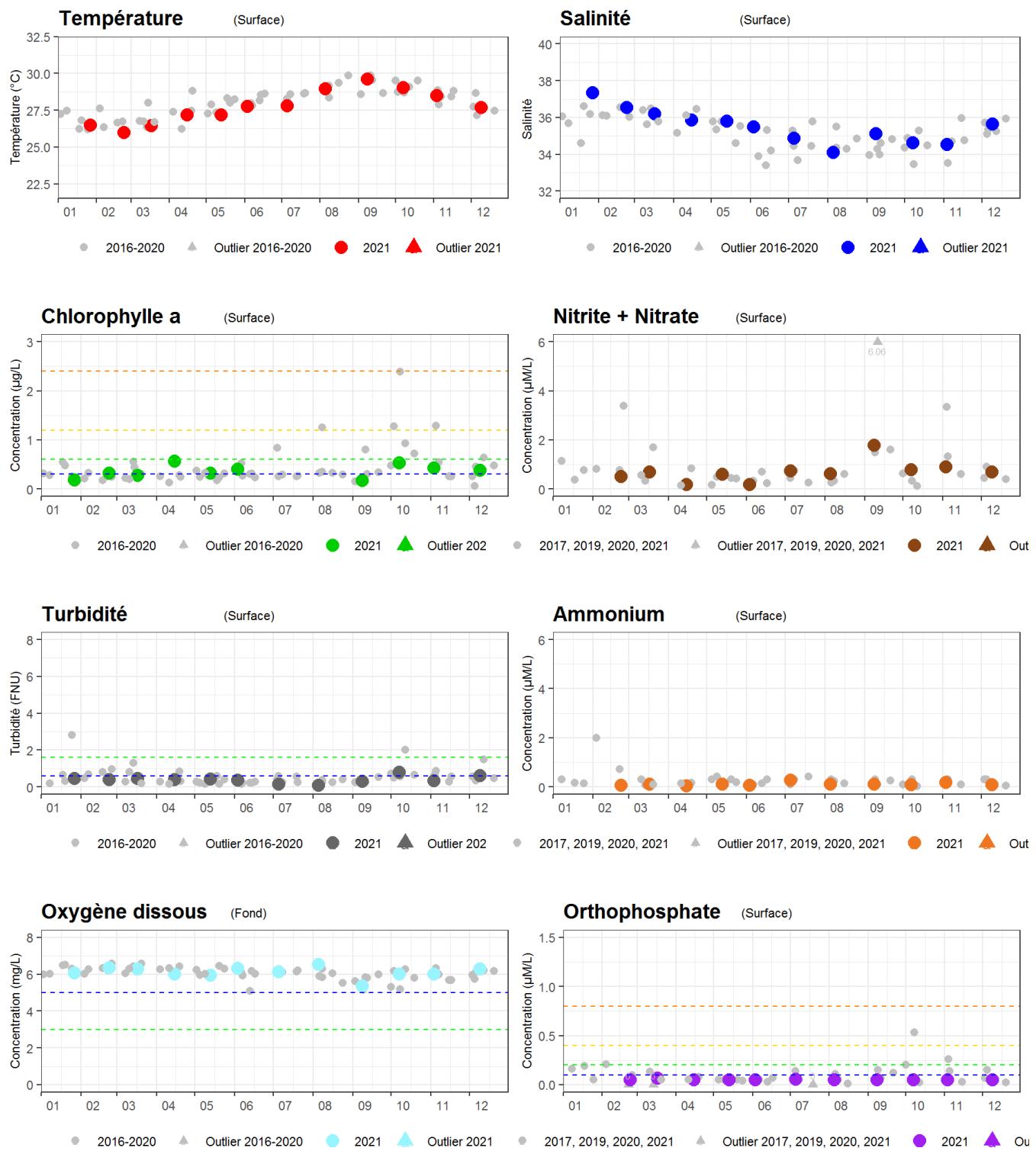
FRJC009 Pointe Catherine



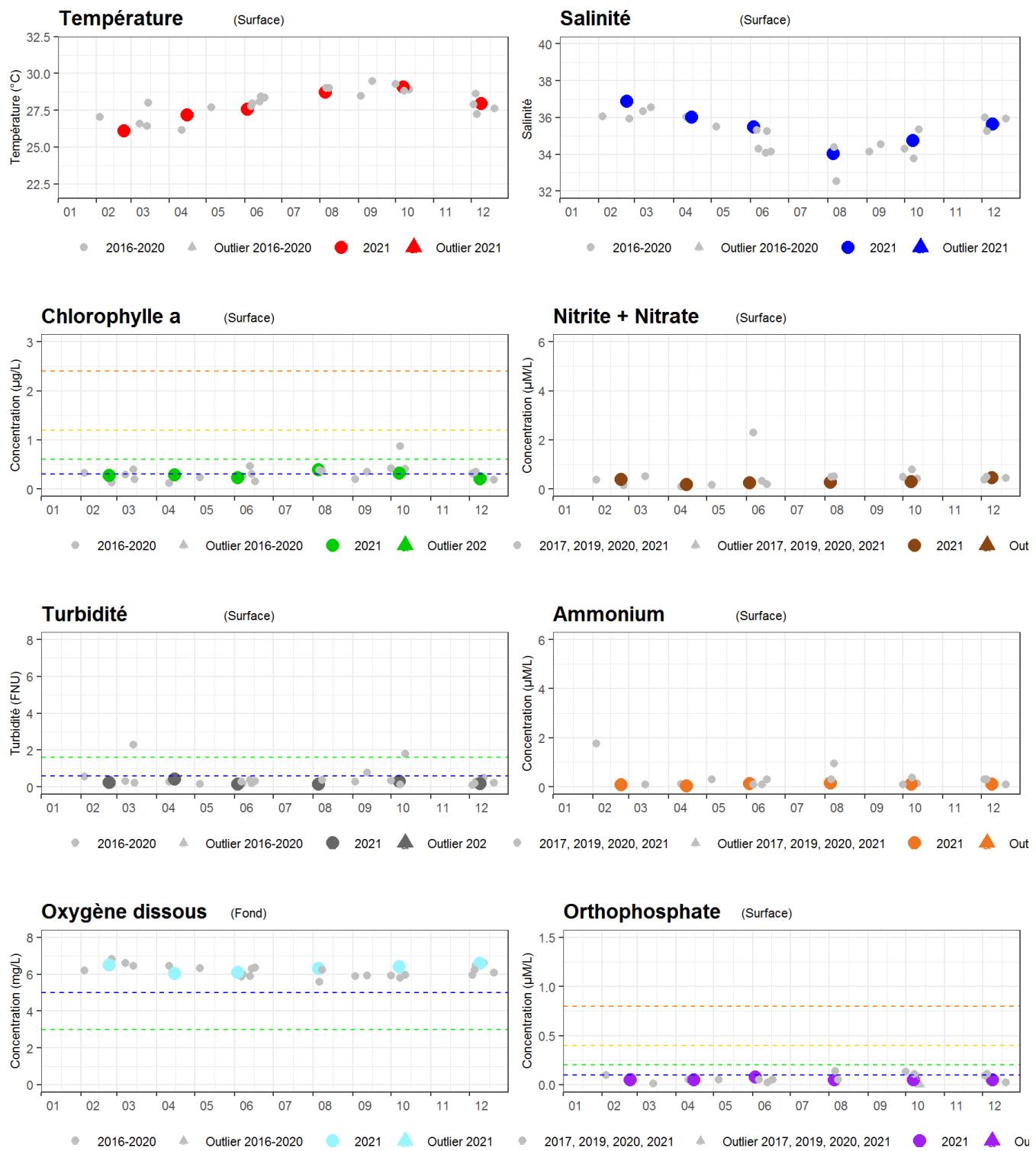
FRJC006 Caye Pariadis



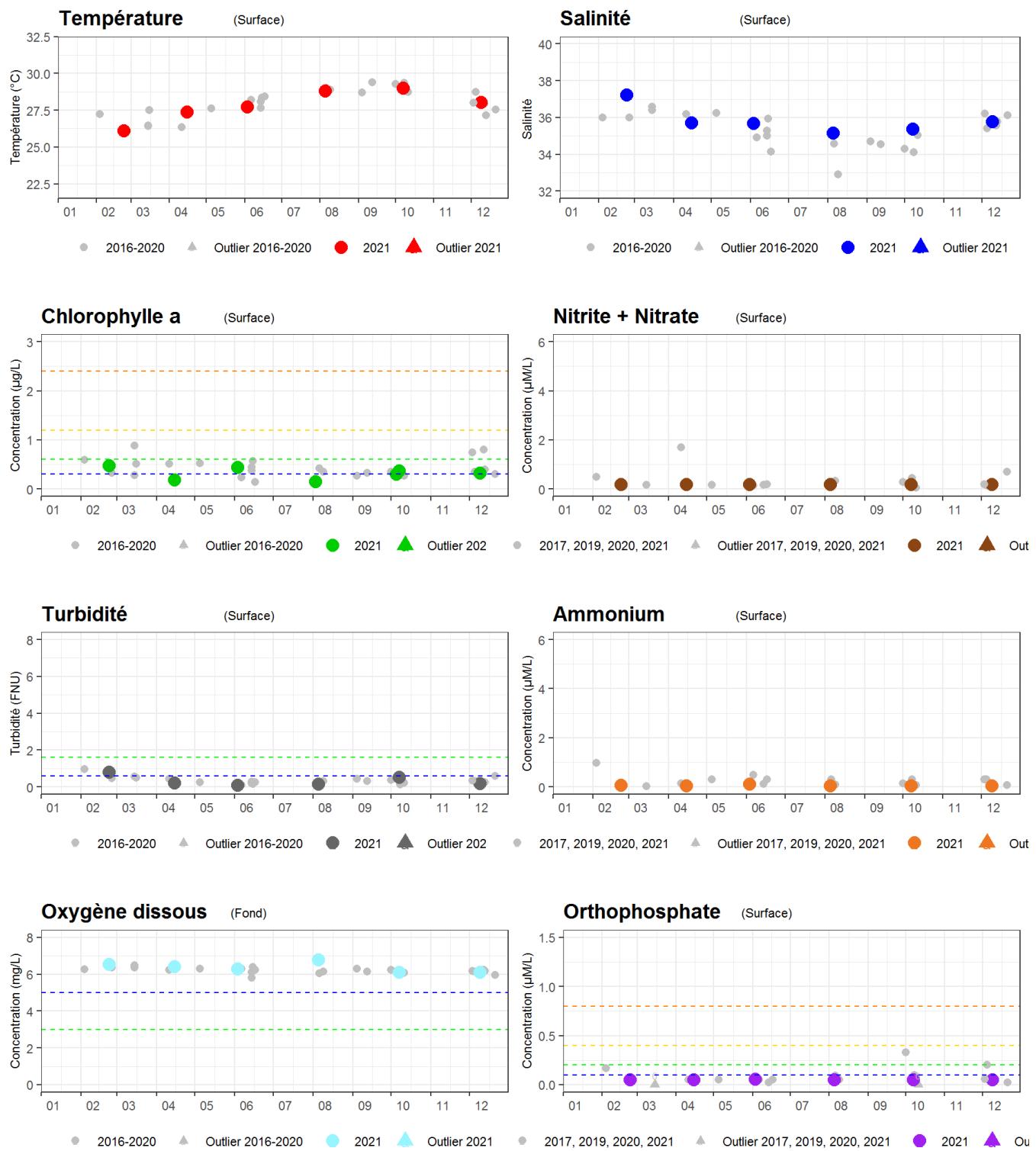
FRJC008 Pinsonnelle



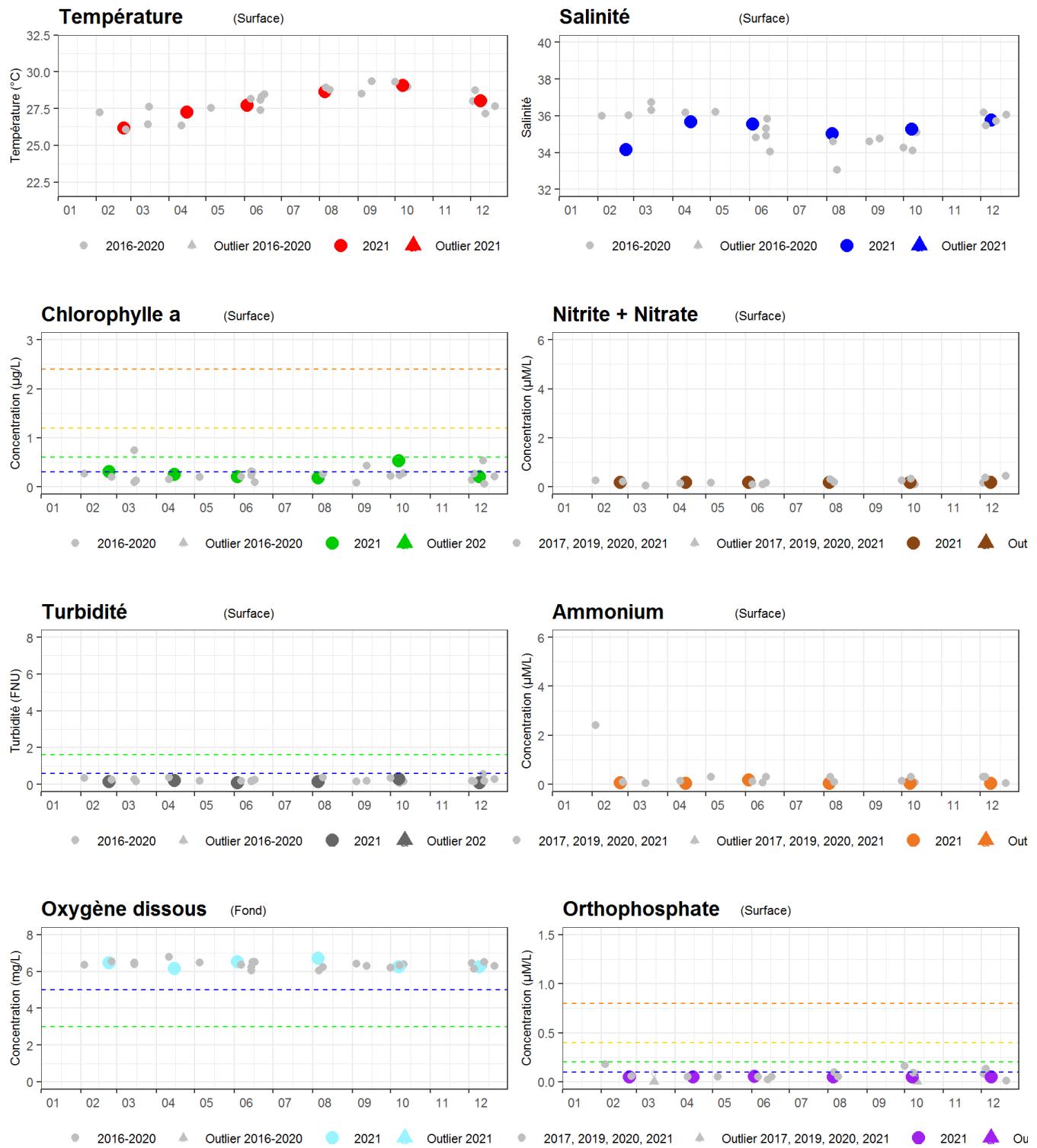
FRJC011 Loup Garou



FRJC012 Loup Ministre



FRJC004 Loup Caravelle



11.2 Annexe 2 : Liste des taxons du microphytoplancton retenus ou non pour le calcul de l'indice abondance, mise à jour par la cellule REPHY en 2020 (T :taille ; 1 :<20 µm ; 2 :>20 µm)

| T | Taxon | T | Taxon | T | Taxon |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | Acanthogonyaulax spinifera | 2 | Asterionella | 2 | Campylodiscus decorus |
| 1 | Acanthoica | 2 | Asterionella + Asterionellopsis + Asteropla | 2 | Campyloneis |
| 2 | Achnanthaceae | 2 | Asterionella formosa | 2 | Campylosira |
| 2 | Achnanthes | 2 | Asterionella formosa var. gracillima | 2 | Campylosira cymbelliformis |
| 2 | Achnanthes brevipes | 2 | Asterionella gracillima | 2 | Carinasigma rectum |
| 1 | Achnanthidium | 2 | Asterionella notata | 1 | Catenula |
| 1 | Achnanthidium capitatum | 2 | Asterionellopsis | 2 | Centrales |
| 1 | Achnanthidium catenatum | 2 | Asterionellopsis glacialis | 2 | Centriques |
| 2 | Achradina | 2 | Asterodinium | 2 | Centrictactus |
| 1 | Actinastrum | 2 | Asterolampra | 2 | Centrodinium |
| 2 | Actinocyclus | 2 | Asterolampra marylandica | 2 | Cerataulina |
| 2 | Actinocyclus normanii | 2 | Asterolampraceae | 2 | Cerataulina bicornis |
| 2 | Actinoptychus | 2 | Asteromphalus | 2 | Cerataulina dentata |
| 2 | Actinoptychus octonarius | 2 | Asteromphalus cleveanus | 2 | Cerataulina pelagica |
| 2 | Actinoptychus senarius | 2 | Asteromphalus flabellatus | 2 | Cerataulus |
| 2 | Actinoptychus senarius + campanulifer | 2 | Asteromphalus heptactis | 2 | Cerataulus laevis var. paludosa |
| 2 | Actinoptychus splendens | 2 | Asteroplanus | 2 | Ceratiaceae |
| 2 | Adenoides | 2 | Asteroplanus karianus | 2 | Ceratium |
| 2 | Adenoides eludens | 2 | Attheya | 2 | Ceratium + Neoceratium |
| 1 | Adlafia | 2 | Attheya armata | 2 | Ceratium furca |
| 2 | Akashiwo | 2 | Attheya armatus | 2 | Ceratium fusus |
| 2 | Akashiwo sanguinea | 2 | Aulacodiscus | 2 | Ceratium horridum |
| 2 | Alexandrium | 2 | Aulacoseira | 2 | Ceratium lineatum |
| 2 | Alexandrium affine | 2 | Aulacoseira granulata | 2 | Ceratium lineatum + minutum |
| 2 | Alexandrium andersonii | 2 | Aulicus sculptus | 2 | Ceratium macroceros |
| 2 | Alexandrium catenella | 2 | Auricula | 2 | Ceratium pentagonum |
| 2 | Alexandrium hiranoi | 2 | Auricula complexa | 2 | Ceratium ranipes |
| 2 | Alexandrium insuetum | 2 | Auriculaceae | 2 | Ceratium setaceum |
| 2 | Alexandrium lee | 2 | Azadinium | 2 | Ceratium teres |
| 2 | Alexandrium margalefii | 2 | Azadinium caudatum | 2 | Ceratium trichoceros |
| 2 | Alexandrium minutum | 2 | Bacillaria | 2 | Ceratium tripos |
| 2 | Alexandrium ostenfeldii | 2 | Bacillaria paixillifer | 2 | Ceratium tripos + Ceratium à cornes recourb |
| 2 | Alexandrium pseudogonyaulax | 2 | Bacillaria paixillifera | 2 | Ceratocoryaceae |
| 2 | Alexandrium tamarens | 2 | Bacillariaceae | 2 | Ceratocorys |
| 2 | Alexandrium tamarens + catenella + tamutu | 2 | Bacillariophyceae | 2 | Ceratocorys armata |
| 2 | Alexandrium tamutum | 2 | Bacillariophycidae | 2 | Ceratocorys gourretii |
| 2 | Alexandrium taylori | 2 | Bacillariophyta | 2 | Ceratocorys horrida |
| 2 | Amphidiniopsis | 2 | Bacteriastrum | 2 | Ceratoneis closterium |
| 2 | Amphidinium | 2 | Bacteriastrum biconicum | 2 | Ceratoneis gracilis |
| 2 | Amphidinium + Kadotinium | 2 | Bacteriastrum comosum | 2 | Ceratoperidinium |
| 2 | Amphidinium acutissimum | 2 | Bacteriastrum delicatulum | 2 | Ceratoperidinium falcatum |
| 2 | Amphidinium carterae | 2 | Bacteriastrum elegans | 2 | Ceratoperidinium yeve |
| 2 | Amphidinium carterae + operculatum | 2 | Bacteriastrum elongatum | 2 | Chaetoceros |
| 2 | Amphidinium crassum | 2 | Bacteriastrum furcatum | 2 | Chaetoceros (Phaeoceros) |
| 2 | Amphidinium sphenooides | 2 | Bacteriastrum hyalinum | 2 | Chaetoceros aequatorialis |
| 2 | Amphidoma | 2 | Bacteriastrum jadranum | 2 | Chaetoceros affinis |
| 2 | Amphidoma caudata | 2 | Bacteriastrum mediterraneum | 2 | Chaetoceros anastomosans |
| 2 | Amphidomataceae | 2 | Balechina coerulea | 2 | Chaetoceros armatus |
| 2 | Amphipleura | 2 | Bellerochea | 2 | Chaetoceros atlanticus |
| 2 | Amphiprora | 2 | Bellerochea | 2 | Chaetoceros borealis |
| 2 | Amphiprora conserta | 2 | Bellerochea horologicalis | 2 | Chaetoceros brevis |
| 2 | Amphisolenia | 2 | Berkeleya | 2 | Chaetoceros castracanei |
| 2 | Amphisolenia bidentata | 2 | Berkeleya + Climaconeis | 2 | Chaetoceros ceratosporum var. ceratosporus |
| 2 | Amphisolenia globifera | 2 | Biddulphia | 2 | Chaetoceros ceratosporus |
| 2 | Amphisolenia schroederi | 2 | Biddulphia alternans | 2 | Chaetoceros coarctatus |
| 2 | Amphora | 2 | Biddulphia biddulphiana | 2 | Chaetoceros compressus |
| 2 | Amphora bigibba | 2 | Biddulphia membranacea | 2 | Chaetoceros constrictus |
| 2 | Amphora bigibba var. bigibba | 2 | Biddulphia pulchella | 2 | Chaetoceros convolutus |
| 2 | Amphora costata | 2 | Biddulphia reticulata f. reticulata | 2 | Chaetoceros costatus |
| 2 | Amphora crassa | 2 | Biddulphia rhombus | 2 | Chaetoceros curvisetus |
| 2 | Amphora decussata | 2 | Biddulphia sinensis | 2 | Chaetoceros curvisetus + debilis + pseudocur |
| 1 | Amphora laevis | 2 | Biddulphia tuomeyi | 2 | Chaetoceros dadai |
| 2 | Amphora lineolata | 2 | Biddulphiaceae | 2 | Chaetoceros danicus |
| 2 | Amphora obtusa | 2 | Biddulphiopsis | 2 | Chaetoceros debilis |
| 2 | Amphora ocellata | 2 | Biddulphiopsis membranacea | 2 | Chaetoceros decipiens |
| 2 | Amphora ostrearia | 2 | Biddulphiopsis titiana | 2 | Chaetoceros decipiens + lorenzianus |
| 2 | Amphora ovalis | 2 | Bleakeleya | 2 | Chaetoceros densus |
| 2 | Amphora proboscidea | 2 | Bleakeleya notata | 2 | Chaetoceros densus + castracanei |
| 2 | Amylax | 2 | Blepharocysta | 2 | Chaetoceros densus + eibenii + borealis + cas |
| 2 | Amylax triacantha | 2 | Brachidinium | 2 | Chaetoceros densus + impressus |
| 2 | Amylax triacantha + buxus | 2 | Brachidinium capitatum | 2 | Chaetoceros diadema |
| 2 | Anabaena | 2 | Brockmanniella | 2 | Chaetoceros didymus |
| 2 | Anabaenopsis | 2 | Brockmanniella brockmannii | 2 | Chaetoceros didymus + didymus var. protub |
| 2 | Anisonema | 2 | Bysmatrum | 2 | Chaetoceros didymus var. protuberans |
| 1 | Ankistrodesmus | 2 | Bysmatrum subsalsum | 2 | Chaetoceros diversus |
| 1 | Anoplosolenia | 2 | Cachondinium caudatum | 2 | Chaetoceros eibenii |
| 2 | Anorthoneis | 1 | Calciopappus caudatus | 2 | Chaetoceros fragilis |
| 1 | Apedinella | 1 | Calciolena brasiliensis | 1 | Calciolena murrayi |
| 1 | Apedinella radians | 1 | Calcioleniaceae | 2 | Chaetoceros fragilis + wighamii |
| 1 | Apedinella spinifera | 2 | Caloneis | 2 | Chaetoceros fragilis + wighamii + diversus |
| 2 | Aphanocapsa | 1 | Calyptrosphaera | 2 | Chaetoceros furcellatus |
| 2 | Archaeoperidinium minutum | 1 | Calyptrosphaeraceae | 2 | Chaetoceros laciniatus |
| 1 | Arcocellulus + Minutocellus | 2 | Campylodiscus | 2 | Chaetoceros laeve |
| 2 | Arcutatisigma closterioides | 2 | | 2 | Chaetoceros lauderi |
| 2 | Ardissonea | | | | |

| T | Taxon | T | Taxon | T | Taxon | T | Taxon |
|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 1 | Coelastrum | 2 | Dictyosphaerium | 2 | Euglena | 2 | Gyrodinium spirale |
| 1 | Coenochloris | 2 | Didymocystis | 2 | Euglenaceae | 2 | Gyrosigma |
| 2 | Coolia | 2 | Dimeregramma | 2 | Euglenales | 2 | Gyrosigma attenuatum |
| 2 | Coolia monotis | 2 | Dimeregramma + Glyphodesmis | 2 | Euglenida | 2 | Gyrosigma fasciola |
| 2 | Corethron | 2 | Dimeregramma marinum | 2 | Euglenidae | 2 | Gyrosigma lineare |
| 2 | Corethron criophilum | 1 | Dinobryaceae | 2 | Euglenoidea | 2 | Gyrosigma prolongatum |
| 2 | Corethron pennatum | 1 | Dinobryon | 2 | Eunotia | 2 | Gyrosigma reversum |
| 1 | Coronosphera | 2 | Dinococcus | 2 | Eunotogramma | 2 | Halamphora |
| 1 | Corymbellus | 2 | Dinoflagellata | 2 | Eunotogramma + Anaulus + Terpsinoë | 2 | Halamphora costata |
| 1 | Corymbellus aureus | 2 | Dinoflagellata incertae sedis | 2 | Eupodiscaceae | 2 | Halosphaera |
| 2 | Corythodinium | 2 | Dinophyceae | 2 | Eutreptia | 1 | Halosphaeraceae |
| 2 | Corythodinium biconicum | 2 | Dinophysiaceae | 2 | Eutreptiaceae | 2 | Hantzschia |
| 2 | Corythodinium curvicaudatum | 2 | Dinophysiales | 2 | Eutreptiales | 1 | Haptolina hirta + ericina + Chryschromulina spinil |
| 2 | Corythodinium diploconus | 2 | Dinophysis | 2 | Eutreptiella | 2 | Haslea |
| 2 | Corythodinium frenguelli | 2 | Dinophysis + phalacroma | 2 | Eutreptiida | 2 | Haslea ostrearia |
| 2 | Corythodinium mucronatum | 2 | Dinophysis acuminata | 1 | Fallacia | 2 | Haslea spicula |
| 2 | Corythodinium tesselatum | 2 | Dinophysis acuta | 1 | Fibrocapsa | 2 | Haslea wawrikiae |
| 2 | Coscinodiscaceae | 2 | Dinophysis amandula | 1 | Fibrocapsa japonica | 2 | Helicostomella |
| 2 | Coscinodiscophyceae | 2 | Dinophysis argus | 2 | Florella portoricensis | 2 | Helicotheca |
| 2 | Coscinodiscophycidae | 2 | Dinophysis caudata | 2 | Fragilaria | 2 | Helicotheca tamesis |
| 2 | Coscinodiscus | 2 | Dinophysis dens | 2 | Fragilaria acus | 2 | Heliopeltaceae |
| 2 | Coscinodiscus + Stellarima | 2 | Dinophysis diegensis | 2 | Fragilaria hyalina | 1 | Helladosphaera |
| 2 | Coscinodiscus asteromphalus | 2 | Dinophysis expulsa | 2 | Fragilariaeae | 2 | Hemiaulus |
| 2 | Coscinodiscus asteromphalus + oculus-iris | 2 | Dinophysis fortii | 2 | Fragilariphycidae | 2 | Hemiaulus hauckii |
| 2 | Coscinodiscus concinnus | 2 | Dinophysis hastata | 2 | Fragilariopsis | 2 | Hemiaulus membranaceus |
| 2 | Coscinodiscus curvatus | 2 | Dinophysis hastata + odiosa | 2 | Fragilidium | 2 | Hemiaulus sinensis |
| 2 | Coscinodiscus granii | 2 | Dinophysis nastum | 2 | Fragilidium subglobosum | 2 | Hemidinium |
| 2 | Coscinodiscus jonesianus var. aculeata | 2 | Dinophysis nasuta | 2 | Francea | 2 | Hemidiscaceae |
| 2 | Coscinodiscus kurzii | 2 | Dinophysis norvegica | 2 | Frustulia vermicularis | 2 | Hemidiscus |
| 2 | Coscinodiscus marginatus | 2 | Dinophysis parvula | 2 | Gambierdiscus | 2 | Hemidiscus cuneiformis |
| 2 | Coscinodiscus oculus-iris | 2 | Dinophysis pavillardii | 1 | Gephyrocapsa | 2 | Hemidiscus ovalis |
| 2 | Coscinodiscus oculus-iris | 2 | Dinophysis porodicticum | 1 | Gephyrocapsa oceanica | 2 | Hermesinum |
| 2 | Coscinodiscus radiatus | 2 | Dinophysis rapa | 2 | Glenodiniopsis | 2 | Hermesinum adriaticum |
| 2 | Coscinodiscus radiatus + marginatus | 2 | Dinophysis sacculus | 2 | Glenodinium | 2 | Heterocapsa |
| 2 | Coscinodiscus wailesii | 2 | Dinophysis Schroederii | 1 | Gloeocapsa | 2 | Heterocapsa minima |
| 1 | Cosmarium | 2 | Dinophysis schuetzii | 1 | Golenkinia | 2 | Heterocapsa niei |
| 1 | Crucigenia | 2 | Dinophysis similis | 2 | Gomphonema | 2 | Heterocapsa rotundata |
| 1 | Crucigenia crucifera | 2 | Dinophysis skagii | 2 | Gomphonema + Gomphoneis | 2 | Heterocapsa triquetra |
| 1 | Crucigenia tetrapedia | 2 | Dinophysis tripos | 2 | Gomphonema gracile | 2 | Heterodinium |
| 1 | Cryptomonadales | 2 | Diploneis | 2 | Gomphonemataceae | 2 | Heterodinium fides |
| 1 | Cryptomonas | 2 | Diploneis bombus | 2 | Goniadoma | 2 | Heterodinium milneri |
| 1 | Cryptophyceae | 2 | Diploneis crabro | 2 | Goniadoma polyedricum | 1 | Heterosigma |
| 2 | Cucumeridium coeruleum | 2 | Diploneis elliptica | 2 | Goniadoma sphaericum | 1 | Heterosigma akashiwo |
| 1 | Cyanobacteria | 2 | Diploneis ovalis | 2 | Goniadoma sphaericum + orientale | 2 | Histioneis |
| 1 | Cyanophyceae | 2 | Diploneis ovalis var. oblongella | 2 | Goniadomataceae | 2 | Histioneis cymbalaria |
| 2 | Cyclophora tenuis | 2 | Diploneis suborbicularis | 2 | Gonyaulacaceae | 2 | Histioneis dolon |
| 1 | Cyclotella | 2 | Diploneis weissflogii | 2 | Gonyaulacales | 2 | Histioneis karsteinii |
| 1 | Cyclotella comta | 2 | Diplopelta bomba | 2 | Gonyaulax | 2 | Histioneis karstenii |
| 1 | Cyclotella meneghiniana | 2 | Diplopsalis | 2 | Gonyaulax biostriis | 2 | Histioneis megalocopa |
| 1 | Cyclotella striata | 2 | Diplopsalis + Diplopelta + Diplopsalopsis + | 2 | Gonyaulax complexe spinifera (diegensis + di- | 2 | Histioneis paraformis |
| 1 | Cyclotella stylorum | 2 | Diplopsalopsis | 2 | Gonyaulax digitale | 2 | Hyalodiscaceae |
| 1 | Cylindrospermopsis | 2 | Diplopsalopsis | 2 | Gonyaulax digitalis | 2 | Hyalodiscus |
| 2 | Cylindrotheca | 2 | Diplopsalopsis orbicularis | 2 | Gonyaulax fusiformis | 2 | Hylosira interrupta |
| 2 | Cylindrotheca closterium | 1 | Discosphaera | 2 | Gonyaulax grindleyi | 2 | Hydrosera |
| 2 | Cylindrotheca closterium + Nitzschia longissima | 1 | Discosphaera tubifera | 2 | Gonyaulax kofoidii | 1 | Hymenomonadaceae |
| 2 | Cylindrotheca gracilis | 2 | Dissodinium | 2 | Gonyaulax pacifica | 2 | Isthmia |
| 2 | Cymatodiscus planetophorus | 2 | Dissodinium + Pyrocystis | 2 | Gonyaulax polygramma | 2 | Isthmia enervis |
| 2 | Cymatopleura | 2 | Dissostichus | 2 | Gonyaulax spinifera | 2 | Isthmia japonica |
| 2 | Cymatosiraceae | 2 | Ditylum | 2 | Gonyostomum | 2 | Isthmia minima |
| 1 | Cymatotheca | 2 | Ditylum brightwellii | 2 | Grammatophora | 2 | Karenia |
| 1 | Cymatotheca weissflogii | 2 | Ditylum sol | 2 | Grammatophora angulosa | 2 | Karenia bicuneiformis |
| 2 | Cymbella | 2 | Donkinia | 2 | Grammatophora angulosa var. angulosa | 2 | Karenia brevis |
| 2 | Cymbellaceae | 1 | Dunalilla | 2 | Grammatophora hamulifera | 2 | Karenia brevis + papilionacea |
| 2 | Cystodinium | 2 | Ebria | 2 | Grammatophora marina | 2 | Karenia mikimotoi |
| 2 | Dactyliosolen | 2 | Ebria tripartita | 2 | Grammatophora oceanica | 2 | Karenia papilionacea |
| 2 | Dactyliosolen antarcticus | 2 | Ebriaceae | 2 | Grammatophora serpentina | 2 | Karenia selliformis |
| 2 | Dactyliosolen blavyanus | 2 | Ebriales | 2 | Grammatophora undulata | 2 | Kareniaeae |
| 2 | Dactyliosolen fragilissimus | 1 | Emiliania | 2 | Guinardia | 2 | Karlodinium |
| 2 | Dactyliosolen phuketensis | 1 | Emiliania huxleyi | 2 | Guinardia cylindrus | 2 | Karlodinium micrum |
| 2 | Dactyliosolen fragilissimus | 2 | Entomoneis | 2 | Guinardia delicatula | 2 | Karlodinium veneficum |
| 2 | Dactyliosolen fragilissimus | 2 | Entomoneis alata | 2 | Guinardia flaccida | 2 | Katodinium |
| 2 | Dactyliosolen fragilissimus | 2 | Entomoneis ornata | 2 | Guinardia striata | 2 | Katodinium glaucum |
| 2 | Dactyliosolen fragilissimus | 2 | Entomoneis paludosa | 2 | Gymnodiniaceae | 1 | Kephryion |
| 2 | Dactyliosolen fragilissimus | 1 | Entomoneis tenera | 2 | Gymnodinida | 2 | Khakista |
| 2 | Dactyliosolen fragilissimus | 2 | Epithemia | 2 | Gymnodinium | 1 | Kirchneriella |
| 2 | Diatomophyceae | 2 | Erythropsidinium | 2 | Gymnodinium + Gyrodinium | 2 | Kofoidiniaceae |
| 2 | Dictyocha | 2 | Erythropsodinium | 2 | Gymnodinium heterostriatum | 2 | Kofoidinium |
| 2 | Dictyocha fibula | 2 | Eucampia | 2 | Gymnodinium impudicum | 2 | Kofoidinium velleloides |
| 2 | Dictyocha speculum | 2 | Eucampia + Climacodium | 2 | Gymnodinium lohmanni | 2 | Kryptoperidinium |
| 2 | Dictyochaceae | 2 | Eucampia cornuta | 2 | Gyrodinium | 2 | Kryptoperidinium foliaceum |
| 2 | Dictyochales | 2 | Eucampia zodiacus | 1 | Gyrodinium flagellare | 2 | Laboea |
| 2 | Dictyochophyceae | 1 | Eudorina | 2 | Gyrodinium fusiforme | 2 | Lagerheimia |

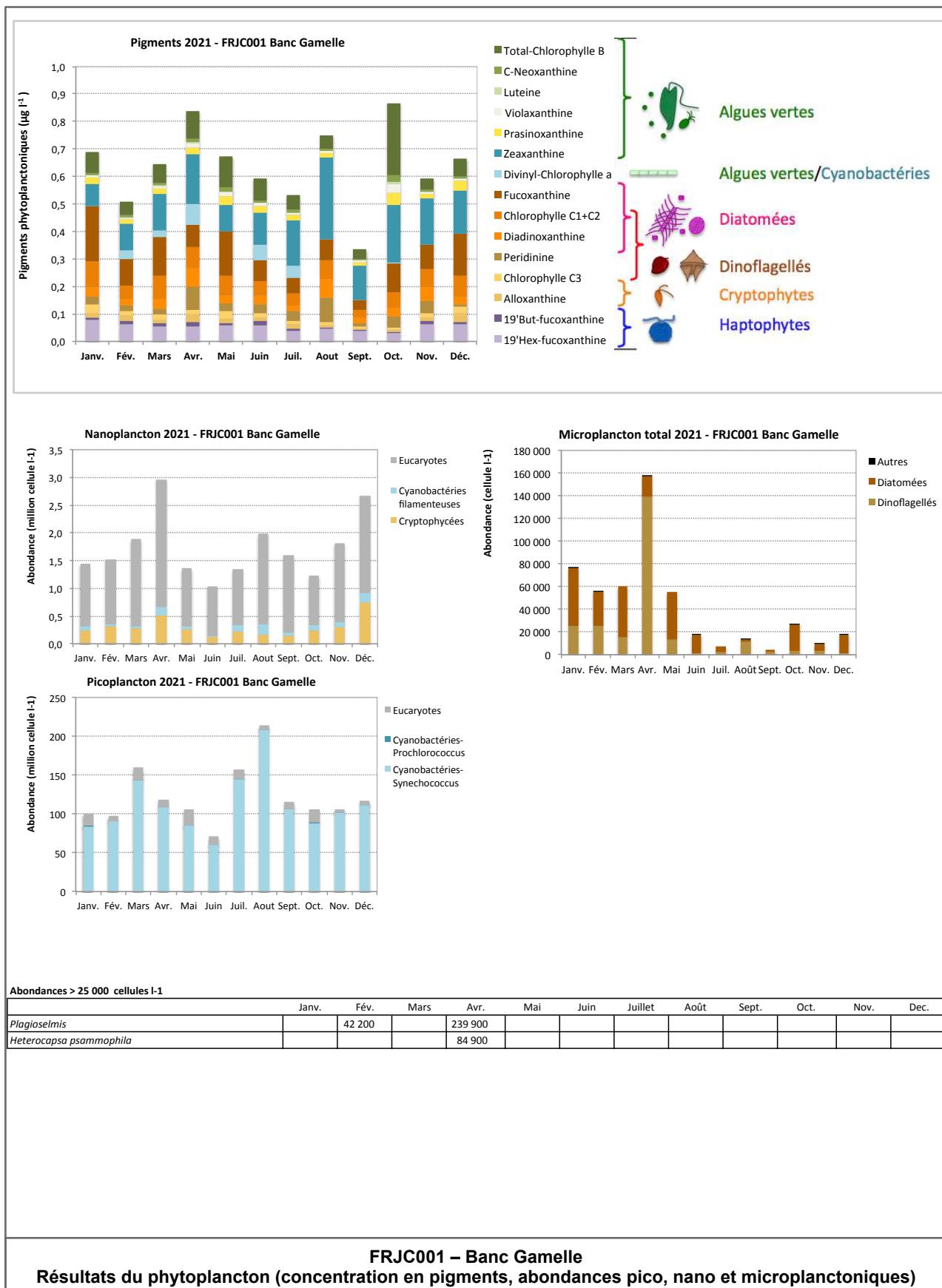
| T | Taxon | T | Taxon | T | Taxon | T | Taxon |
|---|---|---|---------------------------------------|---|------------------------------|---|--------------------------------------|
| 2 | Lauderia + Schroederella | 2 | Navicula gregaria + cryptocephala | 2 | Odontella aurita var. minima | 2 | Phalacroma cuneus |
| 2 | Lauderia annulata | 2 | Navicula hippocampus var. hippocampus | 2 | Odontella granulata | 2 | Phalacroma doryphorum |
| 2 | Lepidodium | 2 | Navicula pelagica | 2 | Odontella longicurris | 2 | Phalacroma mitra |
| 2 | Lepidodinium chlorophorum | 2 | Navicula smithii f. borealis | 2 | Odontella mobilensis | 2 | Phalacroma mitra + rapa |
| 2 | Lepocinclis | 2 | Navicula transits | 2 | Odontella regia | 2 | Phalacroma oxytoxoides |
| 2 | Leptocylindraceae | 2 | Navicula tripunktata | 2 | Odontella rhombus | 2 | Phalacroma rapa |
| 2 | Leptocylindrus | 2 | Naviculaceae | 2 | Odontella sinensis | 2 | Phalacroma rotundata |
| 2 | Leptocylindrus danicus | 2 | Naviculales | 1 | Olisthodiscus | 2 | Phalacroma rotundatum |
| 2 | Leptocylindrus danicus + curvatus | 2 | Naviculineae | 1 | Oocystis | 1 | Phytoflagellés excepté dinoflagellés |
| 2 | Leptocylindrus danicus + curvatus | 2 | Nematodinium | 2 | Opephora | 2 | Pinnularia |
| 2 | Leptocylindrus mediterraneus | 2 | Neocalyptrella robusta | 1 | Ophiaster | 2 | Pinnularia cardinalis |
| 2 | Leptocylindrus minimus | 2 | Neoceratium | 1 | Ophiaster hydroideus | 2 | Pinnularia didyma |
| 2 | Leptocylindrus, complexe danicus groupe de: | 2 | Neoceratium arietinum | 2 | Ornithocercus | 2 | Plagiodiscus |
| 2 | Leptocylindrus, complexe minimus groupe de: | 2 | Neoceratium azoricum | 2 | Ornithocercus heteroporos | 2 | Plagiodiscus martensianus |
| 2 | Leptodiscaceae | 2 | Neoceratium candelabrum | 2 | Ornithocercus magnificus | 2 | Plagiogramma |
| 1 | Leptolyngbya | 2 | Neoceratium concilians | 2 | Ornithocercus quadratus | 2 | Plagiogrammopsis |
| 2 | Lessardia | 2 | Neoceratium contortum | 2 | Ornithocercus steinii | 2 | Plagiogrammopsis vanheurckii |
| 2 | Licmophora | 2 | Neoceratium contrarium | 2 | Ornithocercus thumii | 2 | Plagiopelta |
| 2 | Licmophora abbreviata | 2 | Neoceratium declinatum | 1 | Oscillatoria | 2 | Plagiopelta distortum |
| 2 | Licmophora ehrenbergii | 2 | Neoceratium eucratum | 1 | Oscillatoriales | 2 | Plagiopelta sp. nov. |
| 2 | Licmophora flabellata | 2 | Neoceratium extensum | 2 | Ostreococcus | 1 | Plagioselmis |
| 2 | Licmophora grandis | 2 | Neoceratium furca | 2 | Ostreopsisidaeae | 1 | Plagioselmis prolonga |
| 2 | Licmophora remulus | 2 | Neoceratium fusus | 2 | Ostreopsis | 2 | Plagiotropidaceae |
| 2 | Licmophora tenuis | 2 | Neoceratium hexanthum | 2 | Ostreopsis lenticularis | 2 | Plagiotropis |
| 2 | Licmosphenia peragallioides | 2 | Neoceratium horridum | 2 | Ostreopsis ovata | 2 | Plagiotropis lepidoptera |
| 2 | Lingulodinium | 2 | Neoceratium kofoidi | 2 | Oxyphecaeae | 1 | Planktonyngbya |
| 2 | Lingulodinium polyedra | 2 | Neoceratium lineatum | 2 | Oxypysis | 2 | Planktoniella sol |
| 2 | Lingulodinium polyedrum | 2 | Neoceratium lineatum + minutum | 2 | Oxypysis oxytoxoides | 1 | Planktothrix |
| 2 | Lioloma | 2 | Neoceratium macroceros | 2 | Oxyrhinaeae | 1 | Planktothrix agardhii |
| 2 | Lioloma elongatum | 2 | Neoceratium massiliense | 2 | Oxyrhinales | 2 | Planothidium |
| 2 | Lioloma pacificum | 2 | Neoceratium minutum | 2 | Oxyrhysis | 1 | Pleurochrysis |
| 2 | Lithodesmiaceae | 2 | Neoceratium pentagonum | 2 | Oxyrhysis marina | 1 | Pleurochrysis roscoffensis |
| 2 | Lithodesmium | 2 | Neoceratium pulchellum | 2 | Oxytoxaceae | 2 | Pleurosigma |
| 2 | Lithodesmium undulatum | 2 | Neoceratium ranipes | 2 | Oxytoxum | 2 | Pleurosigma + Gyrosigma |
| 1 | Lyngbya | 2 | Neoceratium teres | 2 | Oxytoxum + Corythodinium | 2 | Pleurosigma aestuarii |
| 2 | Lyrella | 2 | Neoceratium trichoceros | 2 | Oxytoxum caudatum | 2 | Pleurosigma angulatum |
| 2 | Lyrella lyra | 2 | Neoceratium tripos | 2 | Oxytoxum challengeroedes | 2 | Pleurosigma brasiliensis |
| 2 | Mallomonas | 2 | Neoceratium vultur | 2 | Oxytoxum challengeroedes | 2 | Pleurosigma directum |
| 2 | Manguinea fusiformis | 2 | Neosynedra | 2 | Oxytoxum constrictum | 2 | Pleurosigma elongatum |
| 2 | Mastogloia | 1 | Nephrocystium | 2 | Oxytoxum curvatum | 2 | Pleurosigma formosum |
| 2 | Mastogloia angulata | 2 | Nephroselmis | 2 | Oxytoxum depressum | 2 | Pleurosigma majus |
| 2 | Mastogloia apiculata | 2 | Nitzschia | 2 | Oxytoxum globosum | 2 | Pleurosigma marinum |
| 2 | Mastogloia corsicana | 2 | Nitzschia + Hantzschia | 2 | Oxytoxum gracile | 2 | Pleurosigma strigosum |
| 2 | Mastogloia elliptica | 2 | Nitzschia bicapitata | 2 | Oxytoxum laticeps | 2 | Pleurosigmataceae |
| 2 | Mastogloia exigua | 2 | Nitzschia clausii | 2 | Oxytoxum longiceps | 2 | Pleurosira |
| 2 | Mastogloia hustedtii | 2 | Nitzschia constricta | 2 | Oxytoxum longum | 2 | Pleurosira laevis |
| 2 | Mastogloia meisteri | 2 | Nitzschia distans | 2 | Oxytoxum mitra | 2 | Podocystis |
| 2 | Mastogloia rostrata | 2 | Nitzschia fluminensis | 2 | Oxytoxum parvum | 2 | Podocystis adriatica |
| 2 | Mastogloia sigillata | 2 | Nitzschia fusiformis | 2 | Oxytoxum sceptrum | 2 | Podolampaceae |
| 2 | Mastogloia splendida | 2 | Nitzschia incerta | 2 | Oxytoxum scopolax | 2 | Podolampas |
| 2 | Mediopyxis | 2 | Nitzschia inconspicua | 2 | Oxytoxum sphaeroideum | 2 | Podolampas antarctica |
| 2 | Mediopyxis helysia | 2 | Nitzschia incurva | 2 | Oxytoxum subulatum | 2 | Podolampas bipes |
| 2 | Melosira | 2 | Nitzschia linearis | 2 | Oxytoxum tesselatum | 2 | Podolampas elegans |
| 2 | Melosira lineata | 2 | Nitzschia longissima | 2 | Oxytoxum turbo | 2 | Podolampas palmipes |
| 2 | Melosira moniliformis | 2 | Nitzschia longissima var. reversa | 2 | Oxytoxum variabile | 2 | Podolampas spinifera |
| 2 | Melosira nummuloides | 2 | Nitzschia lorenziana va. Incerta | 2 | Oxytoxum viride | 2 | Podosira |
| 2 | Melosiraceae | 2 | Nitzschia lorenziana var. incerta | 2 | Pachysphaera + Pterosperma | 2 | Podosira + Hyalodiscus |
| 1 | Meringosphaera | 2 | Nitzschia obtusa | 2 | Palaeophalacroma | 2 | Podosira stelligera |
| 2 | Merismopedia | 2 | Nitzschia palea | 2 | Pandorina | 2 | Polykrikaceae |
| 2 | Mesodinium | 2 | Nitzschia panduriformis | 2 | Paralia | 2 | Polykrikos |
| 2 | Mesodinium rubrum | 2 | Nitzschia panduriformis var. minor | 2 | Paralia sulcata | 2 | Polykrikos schwarzii |
| 2 | Mesoporus | 2 | Nitzschia rectilonga | 2 | Paribellulus biblos | 1 | Pontosphaera |
| 2 | Metaphalacroma | 2 | Nitzschia sicala | 2 | Pediastrium | 1 | Pontosphaera syracusana |
| 2 | Metaphalacroma skogsbergii | 2 | Nitzschia sigma | 1 | Pedinellaceae | 2 | Porosira |
| 2 | Meuniera | 2 | Nitzschia sigma var. indica | 1 | Pedinellales | 1 | Prasinophyceae |
| 2 | Meuniera membranacea | 2 | Nitzschia sigma var. intercedens | 2 | Pennales | 2 | Pravifusus hyalinus |
| 1 | Michaelsarsia adriaticus | 2 | Nitzschia sigmaeidea | 2 | Pennées | 2 | Preperidinium |
| 1 | Michaelsarsia elegans | 2 | Nitzschia sp1 | 2 | Pentapharsodinium | 2 | Proboscia |
| 2 | Micracanthodinium | 2 | Nitzschia sp2 | 2 | Peridinea | 2 | Proboscia alata |
| 1 | Microcystis | 2 | Nitzschia spathulata | 2 | Peridiniaceae | 2 | Proboscia alata f. alata |
| 1 | Minidiscus | 2 | Nitzschia spathulata | 2 | Peridiniales | 2 | Proboscia alata f. gracillima |
| 1 | Minutocellus | 2 | Nitzschiaeaceae | 2 | Peridiniales | 2 | Proboscia alata var. alata |
| 2 | Monactinus simplex | 2 | Noctiluca | 2 | Peridiniales incertae sedis | 2 | Proboscia alata var. indica |
| 1 | Monera | 2 | Noctiluca scintillans | 2 | Peridiniella | 2 | Proboscia indica |
| 2 | Monoraphidium | 2 | Noctilucaceae | 2 | Peridiniella catenata | 2 | Proboscia truncata |
| 1 | Nannochloris | 2 | Noctilucida | 2 | Peridiniida | 2 | Pronociluca |
| 1 | Nanoflagellés | 1 | Nodularia | 2 | Peridinium | 2 | Pronociluca pelagica |
| 2 | Navicula | 2 | Nostoc | 2 | Peridinium limbatum | 2 | Prorocentraeae |
| 2 | Navicula + Fallacia + Haslea + Lyrella + Petror | 2 | Oblea | 2 | Peridinium quinquecorne | 2 | Prorocentrales |
| 2 | Navicula angusta | 1 | Ochromonadales | 2 | Petridictyon | 2 | Prorocentrum |
| 2 | Navicula arenaria | 1 | Ochromonas | 2 | Phacotus | 2 | Prorocentrum arcuatum |
| 2 | Navicula cancellata | 0 | Ochromyta | 2 | Phacus | 1 | Prorocentrum balticum + cordatum |
| 2 | Navicula cari | 2 | Octactis | 1 | Phaeocystaceae | 2 | Prorocentrum compressum |
| 2 | Navicula constricta | 2 | Octactis octonaria | 1 | Phaeocystis | 2 | Prorocentrum concavum |
| 2 | Navicula directa | 2 | Odontella | 2 | Phaeodactylum tricornutum | 1 | Prorocentrum cordatum |
| 2 | Navicula gregaria | 2 | Odontella aurita | 2 | Phalacroma | 2 | Prorocentrum dentatum |

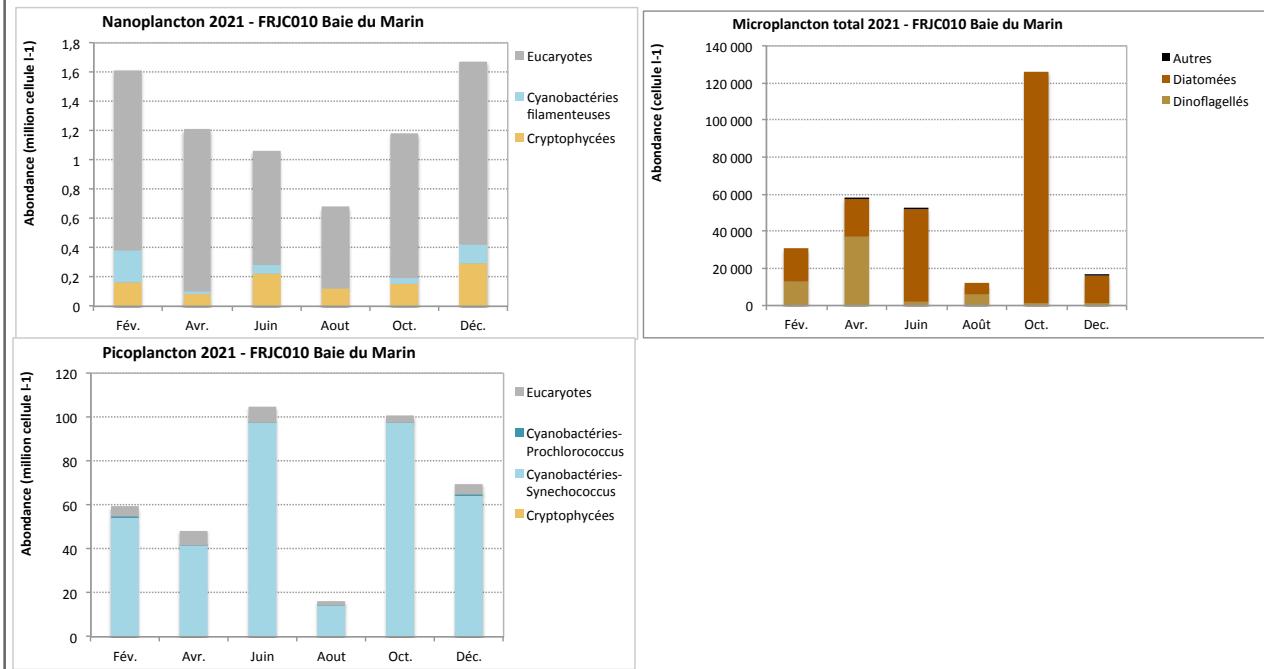
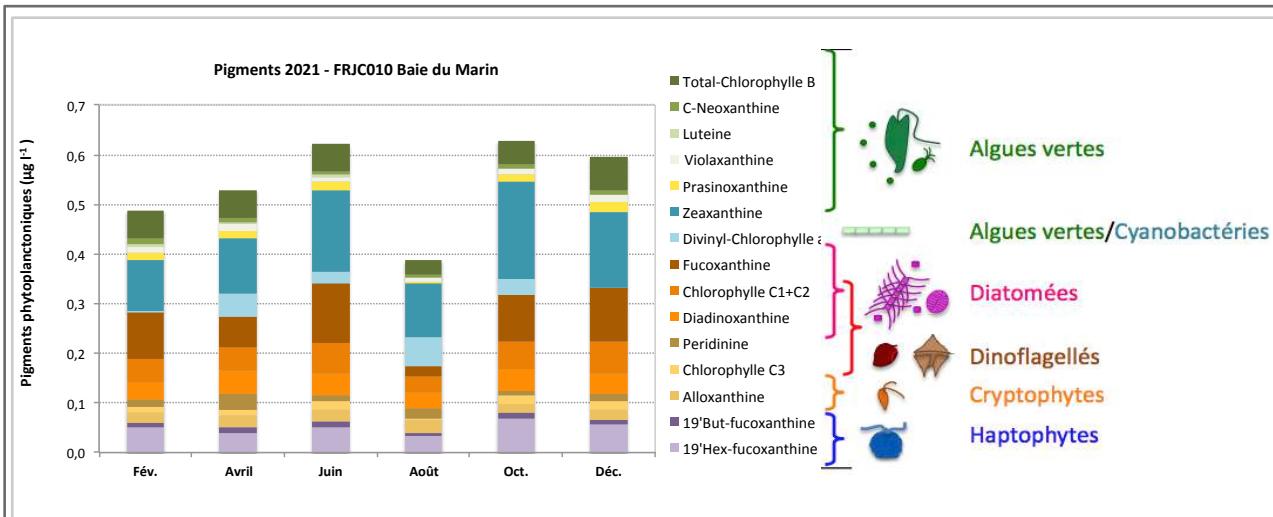
| T | Taxon | T | Taxon | T | Taxon | T | Taxon |
|---|---|---|--|---|---|---|---|
| 2 | Prorocentrum emarginatum | 2 | Pseudo-nitzschia seriata | 1 | Scenedesmus quadricauda | 2 | Thalassiosira hendeyi |
| 2 | Prorocentrum gracile | 2 | Pseudo-nitzschia subcurvata | 2 | Schroederella | 2 | Thalassiosira leptopus |
| 2 | Prorocentrum lenticulatum | 2 | Pseudo-nitzschia subpacifica | 2 | Schroederia | 2 | Thalassiosira levanderi |
| 2 | Prorocentrum lima | 2 | Pseudo-nitzschia turgidula | 2 | Schuettiella mitra | 2 | Thalassiosira levanderi + minima |
| 2 | Prorocentrum lima + marinum | 2 | Pseudo-nitzschia, complexe americana (ar) | 2 | Scrippsiella | 2 | Thalassiosira lineata |
| 2 | Prorocentrum maximum | 2 | Pseudo-nitzschia, complexe delicatissima, | 2 | Scrippsiella + Ensiculifera + Pentapharsodinu | 2 | Thalassiosira minima |
| 2 | Prorocentrum mexicanum | 2 | Pseudo-nitzschia, complexe seriata, group | 2 | Scrippsiella + Ensiculifera + Pentapharsodinu | 2 | Thalassiosira nordenskioldii |
| 2 | Prorocentrum mexicanum + rhathymum | 2 | Pseudo-nitzschia, complexe seriata, group | 2 | Scrippsiella trochoidea | 2 | Thalassiosira punctigera |
| 2 | Prorocentrum micans | 2 | Pseudo-nitzschia, groupe des larges asymé | 1 | Scyphosphaera apsteinii | 2 | Thalassiosira rotula |
| 2 | Prorocentrum micans + arcuatum + gibbosum | 2 | Pseudo-nitzschia, groupe des larges symé | 1 | Selenastrum | 2 | Thalassiosira rotula + gravida |
| 2 | Prorocentrum micans + arcuatum + gibbosum | 2 | Pseudo-nitzschia, groupe des sigmaïdes (r) | 2 | Seminavis | 2 | Thalassiosira subtilis |
| 1 | Prorocentrum minimum | 1 | Pseudochattonella | 2 | Schionodiscus oestrupii | 2 | Thalassiosiraceae |
| 1 | Prorocentrum minimum + balticum + cordatu | 2 | Pseudoguillardia recta | 2 | Sinophysis | 2 | Thalassiosirales |
| 2 | Prorocentrum rostratum | 1 | Pseudopedimella | 2 | Sinophysis ebriola | 2 | Thalassiothrix |
| 2 | Prorocentrum scutellum | 2 | Pseudosolenia | 2 | Skeletonema | 2 | Thalassiothrix heteromorpha |
| 2 | Prorocentrum triestinum | 2 | Pseudosolenia calcar-avis | 2 | Skeletonema costatum | 2 | Thalassiothrix longissima |
| 2 | Protoceratum | 2 | Pteromonas | 2 | Skeletonema subsalsum | 2 | Thalassiothrix mediterranea var. mediterranea |
| 2 | Protoceratum reticulatum | 1 | Pterosperma | 2 | Skeletonema tropicum | 2 | Thecadinium |
| 2 | Protoceratum spinulosum | 2 | Pterosperma moebii | 2 | Spatulodinium | 2 | Thecadinium kofoidii |
| 2 | Protocista | 2 | Ptychodiscaceae | 2 | Spatulodinium pseudooculata | 2 | Tiarina |
| 2 | Protodiniferaceae | 2 | Ptychodiscus | 1 | Sphaerocystis | 2 | Tintinnidae |
| 2 | Protoperidinium | 2 | Ptychodiscus noctiluca | 2 | Spiraulax | 2 | Tintinnina |
| 2 | Protoperidinium + Peridinium | 1 | Pyramimonas | 2 | Spiraulax kofoidii | 2 | Torodinium |
| 2 | Protoperidinium acutipes | 1 | Pyramimonas longicauda | 1 | Spirulina | 2 | Torodinium robustum |
| 2 | Protoperidinium anguipes | 2 | Pyrocystaceae | 0 | Squalus acanthias | 2 | Torodinium teredo |
| 2 | Protoperidinium bipes | 2 | Pyrocystales | 1 | Staurastrum | 2 | tous Dinophysis ronds avec épithéque bien visible |
| 2 | Protoperidinium brevipes | 2 | Pyrocystis | 2 | Stauroneis | 2 | Tous Dinophysis ronds avec épithéque bien visible |
| 2 | Protoperidinium capurroi | 2 | Pyrocystis elegans | 2 | Stauroneis biblos | 2 | Toxarium |
| 2 | Protoperidinium cassum | 2 | Pyrocystis fusiformis | 2 | Staurosira | 2 | Toxarium hennedyanum |
| 2 | Protoperidinium cerasus | 2 | Pyrocystis lunula | 2 | Stellarima | 2 | Toxarium undulatum |
| 2 | Protoperidinium claudicans | 2 | Pyrocystis noctiluca | 2 | Stellarima stellaris | 2 | Toxonidea |
| 2 | Protoperidinium conicoides | 2 | Pyrocystis obtusa | 2 | Stephanodiscus | 2 | Toxonidea gregoriana |
| 2 | Protoperidinium conicum | 2 | Pyrocystis pseudonoculata | 2 | Stephanodiscus astraearia | 1 | Trachelomonas |
| 2 | Protoperidinium corniculum | 2 | Pyrocystis robusta | 2 | Stephanopyxis | 2 | Trachyneis |
| 2 | Protoperidinium crassipes | 2 | Pyrodinium | 2 | Stephanopyxis turris | 2 | Triadinium |
| 2 | Protoperidinium depressum | 2 | Pyrodinium bahamense | 1 | Stichosiphon | 2 | Triadinium polyedricum |
| 2 | Protoperidinium diabolum | 2 | Pyrophacaceae | 2 | Stictocyclus | 2 | Triceratiaceae |
| 2 | Protoperidinium diabolum + longipes | 2 | Pyrophacus | 2 | Streptotheca | 2 | Triceratium |
| 2 | Protoperidinium diabolus | 2 | Pyrophacus horologium | 2 | Striatella | 2 | Triceratium favus |
| 2 | Protoperidinium diabolus + longipes | 2 | Pyrophacus steinii | 2 | Striatella interrupta | 2 | Triceratium formosum f. formosum |
| 2 | Protoperidinium divergens | 1 | Raphidomonades | 2 | Striatella unipunctata | 2 | Triceratium pentacrinus |
| 2 | Protoperidinium elegans | 2 | Raphidophyceae | 2 | Styloclodium | 2 | Triceratium quadrangulare |
| 2 | Protoperidinium globulus | 2 | Raphidophora tenerima | 2 | Surirella | 1 | Trichodesmium |
| 2 | Protoperidinium grande | 1 | Rhabdolithe | 2 | Surirella recedens | 2 | Trieres |
| 2 | Protoperidinium granii | 1 | Rhabdolites claviger | 2 | Surirellaceae | 2 | Trieres mobilisensis |
| 2 | Protoperidinium hirobisi | 2 | Rhabdonema | 1 | Synechococcus | 2 | Trieres regia |
| 2 | Protoperidinium huberi | 2 | Rhabdonema adriaticum | 1 | Synechocystis | 2 | Trigonium |
| 2 | Protoperidinium latissimum | 2 | Rhabdonema punctatum | 2 | Synedra | 2 | Trigonium alternans |
| 2 | Protoperidinium minutum | 1 | Rhabdosphaera | 2 | Synedra + Toxarium | 2 | Trigonium arcticum |
| 2 | Protoperidinium oblongum | 1 | Rhabdosphaeraceae | 2 | Synedra arcuata | 2 | Trigonium formosum |
| 2 | Protoperidinium obtusum | 2 | Rhaphoneis | 2 | Synedra fulgens | 2 | Tripos |
| 2 | Protoperidinium oceanicum | 2 | Rhaphoneis + Delphineis | 2 | Synedra ulna | 2 | Tripos arietinus |
| 2 | Protoperidinium oviforme | 2 | Rhizosolenia | 2 | Synedropsis | 2 | Tripos azoricus |
| 2 | Protoperidinium ovum | 2 | Rhizosolenia acuminata | 1 | Synura | 2 | Tripos belone |
| 2 | Protoperidinium pallidum | 2 | Rhizosolenia alata f. curvirostris | 1 | Syracospaera | 2 | Tripos biceps |
| 2 | Protoperidinium pellucidum | 2 | Rhizosolenia bergenii | 1 | Syracospaera + Coronosphaera + Caneosphe | 2 | Tripos brevis |
| 2 | Protoperidinium pentagonum | 2 | Rhizosolenia calcar-avis | 1 | Syracospaera pulchra | 2 | Tripos candelabrus |
| 2 | Protoperidinium punctulatum | 2 | Rhizosolenia castracanei | 1 | Syracospaera rotula | 2 | Tripos cephalotus |
| 2 | Protoperidinium quinquecorne | 2 | Rhizosolenia clevei | 1 | Syracospaeraceae | 2 | Tripos concilians |
| 2 | Protoperidinium solidicorne | 2 | Rhizosolenia clevei var. communis | 2 | Tabellaria | 2 | Tripos contortus |
| 2 | Protoperidinium steinii | 2 | Rhizosolenia crassispina | 1 | Tabularia | 2 | Tripos contrarius |
| 2 | Protoperidinium steinii + pyriforme | 2 | Rhizosolenia debaryana | 2 | Tabularia fasciculata | 2 | Tripos declinatus |
| 2 | Protoperidinium venustum | 2 | Rhizosolenia hebetata | 2 | Tetradinium | 2 | Tripos eucratatus |
| 1 | Prymnesiaceae | 2 | Rhizosolenia hyalina | 2 | Tetraedron | 2 | Tripos extensus |
| 1 | Prymnesiales | 2 | Rhizosolenia imbricata | 2 | Tetraedron minimum | 2 | Tripos falcatiformis |
| 1 | Prymnesiophyceae | 2 | Rhizosolenia imbricata + styliformis | 1 | Tetraselmis | 2 | Tripos falcatus |
| 1 | Prymnesium | 2 | Rhizosolenia indica | 1 | Tetraselmis + Prasinocladus | 2 | Tripos furca |
| 2 | Psammodictyon | 2 | Rhizosolenia longiseta | 1 | Tetrastrum | 2 | Tripos fusus |
| 2 | Psammodictyon panduriforme | 2 | Rhizosolenia pungens | 2 | Thalassionema | 2 | Tripos gravidus |
| 2 | Psammodiscus | 2 | Rhizosolenia robusta | 2 | Thalassionema + Thalassiothrix + Lioloma | 2 | Tripos hexacanthus |
| 2 | Pseliodinium | 2 | Rhizosolenia semispina | 2 | Thalassionema bacillare | 2 | Tripos horridus |
| 2 | Pseliodinium fusus | 2 | Rhizosolenia setigera | 2 | Thalassionema frauenfeldii | 2 | Tripos kofoidii |
| 2 | Pseliodinium vaubanii | 2 | Rhizosolenia setigera + pungens | 2 | Thalassionema javanicum | 2 | Tripos limulus |
| 1 | Pseudanabaena | 2 | Rhizosolenia setigera f. pungens | 2 | Thalassionema nitzschioïdes | 2 | Tripos lineatus |
| 2 | Pseudictyota dubium | 2 | Rhizosolenia simplex | 2 | Thalassionemataceae | 2 | Tripos lineatus + minutus |
| 2 | Pseudo-nitzschia | 2 | Rhizosolenia striata | 2 | Thalassiothysa | 2 | Tripos longipes |
| 2 | Pseudo-nitzschia americana | 0 | Richelia intracellularis | 2 | Thalassiothysa hyalina | 2 | Tripos longirostrus |
| 2 | Pseudo-nitzschia australis | 2 | Roperia tessellata | 2 | Thalassiosira | 2 | Tripos macroceros |
| 2 | Pseudo-nitzschia calliantha | 2 | Scaphodinium | 2 | Thalassiosira + Porosira | 2 | Tripos massiliensis |
| 2 | Pseudo-nitzschia delicatissima | 2 | Scaphodinium mirabile | 2 | Thalassiosira allenii | 2 | Tripos minutus |
| 2 | Pseudo-nitzschia fraudulenta | 1 | Scenedesmus | 2 | Thalassiosira angulata | 2 | Tripos muelleri |
| 2 | Pseudo-nitzschia multiseries | 2 | Scenedesmus | 2 | Thalassiosira anguste-lineata | 2 | Tripos pentagonus |
| 2 | Pseudo-nitzschia multistriata | 2 | Scenedesmus | 2 | Thalassiosira antarctica | 2 | Tripos pulchellus |
| 2 | Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima | 2 | Scenedesmus | 2 | Thalassiosira decipiens | 2 | Tripos ranipes |
| 2 | Pseudo-nitzschia pungens | 1 | Scenedesmus | 2 | Thalassiosira eccentrica | 2 | Tripos setaceus |
| | | | | 2 | Thalassiosira gravida | 2 | Tripos symmetricus |

T Taxon

- 2 *Tripos teres*
- 2 *Tripos trichoceros*
- 2 *Tripos vultur*
- 2 *Tropidoneis*
- 2 *Tryblionella*
- 2 *Tryblionella coarctata*
- 2 *Ulnaria*
- 1 *Umbellophaera*
- 1 *Umbellophaera irregularis*
- 1 *Umbilicosphaera sibogae*
- 1 *Vacuolariaceae*
- 1 *Volvocales*
- 2 *Vulcanodinium rugosum*
- 2 *Warnowia*
- 2 *Warnowia + Nematodinium + Nematopsides*
- 2 *Warnowia polyphemus*
- 2 *Warnowiacae*
- 2 *Willea crucifera*
- 2 *Xanthophyceae*
- 2 *Zygoceros surirella*

11.3 Annexe 3 : Résultats du phytoplancton (concentration en pigments, abondances pico, nano et microplanctoniques) par masse d'eau

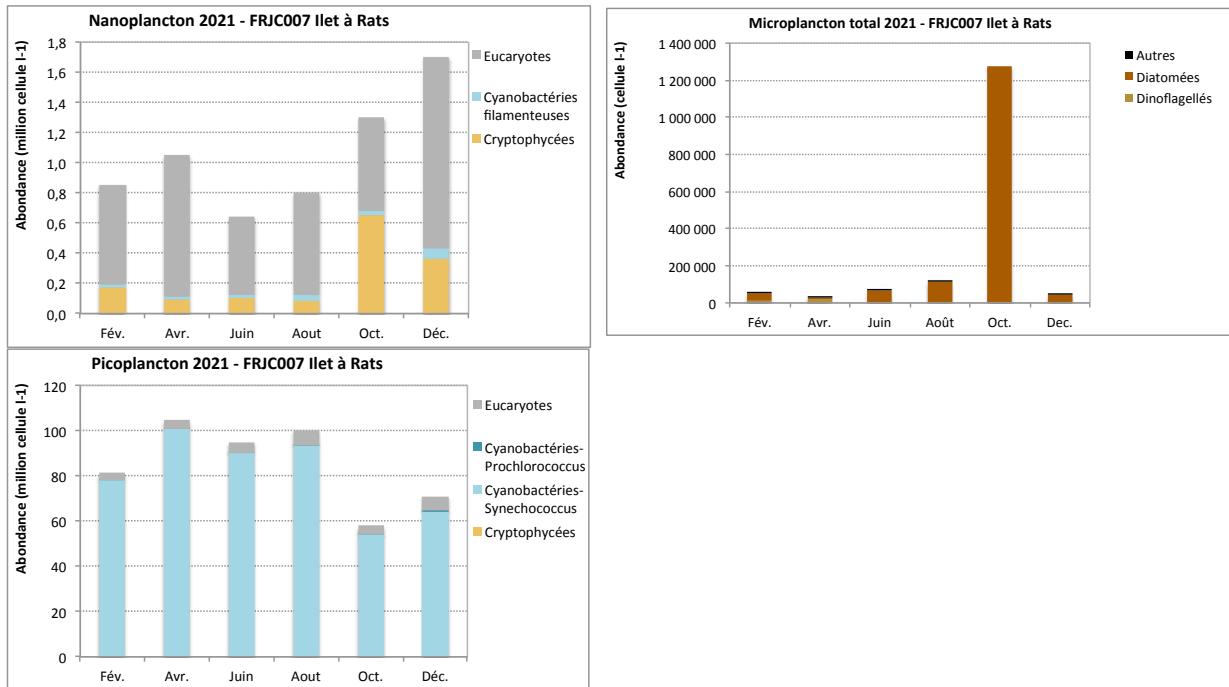
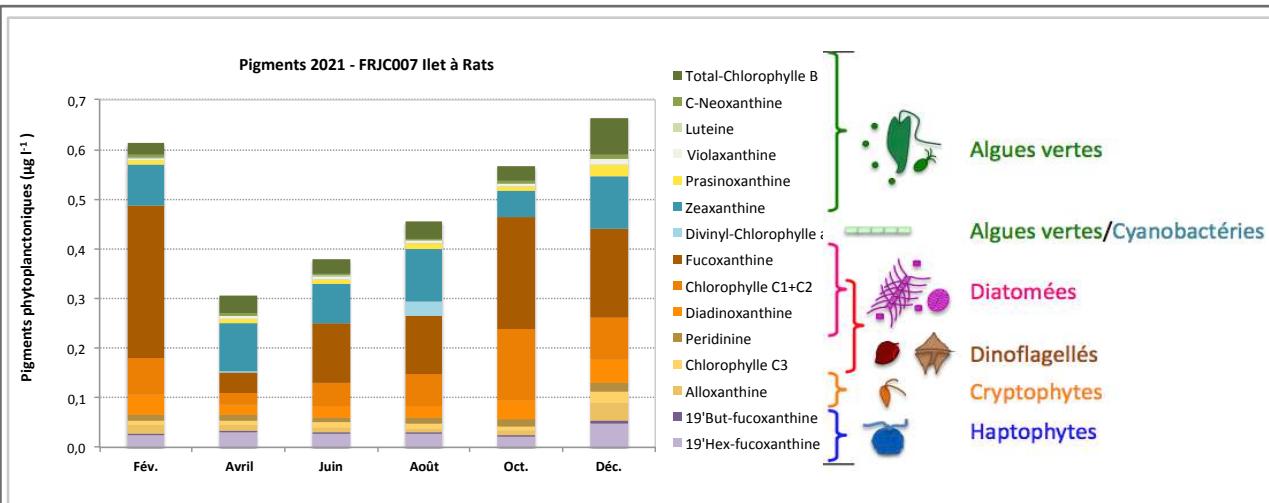




Abondances > 25 000 cellules l⁻¹

| | Fév. | Avr. | Juin | Août | Oct. | Déc. |
|---|------|------|------|------|---------|------|
| <i>Pseudo-nitzschia, complexe americana</i> | | | | | 115 800 | |

FRJC010 – Baie du Marin
Résultats du phytoplancton (concentration en pigments, abondances pico, nano et microplanctoniques)



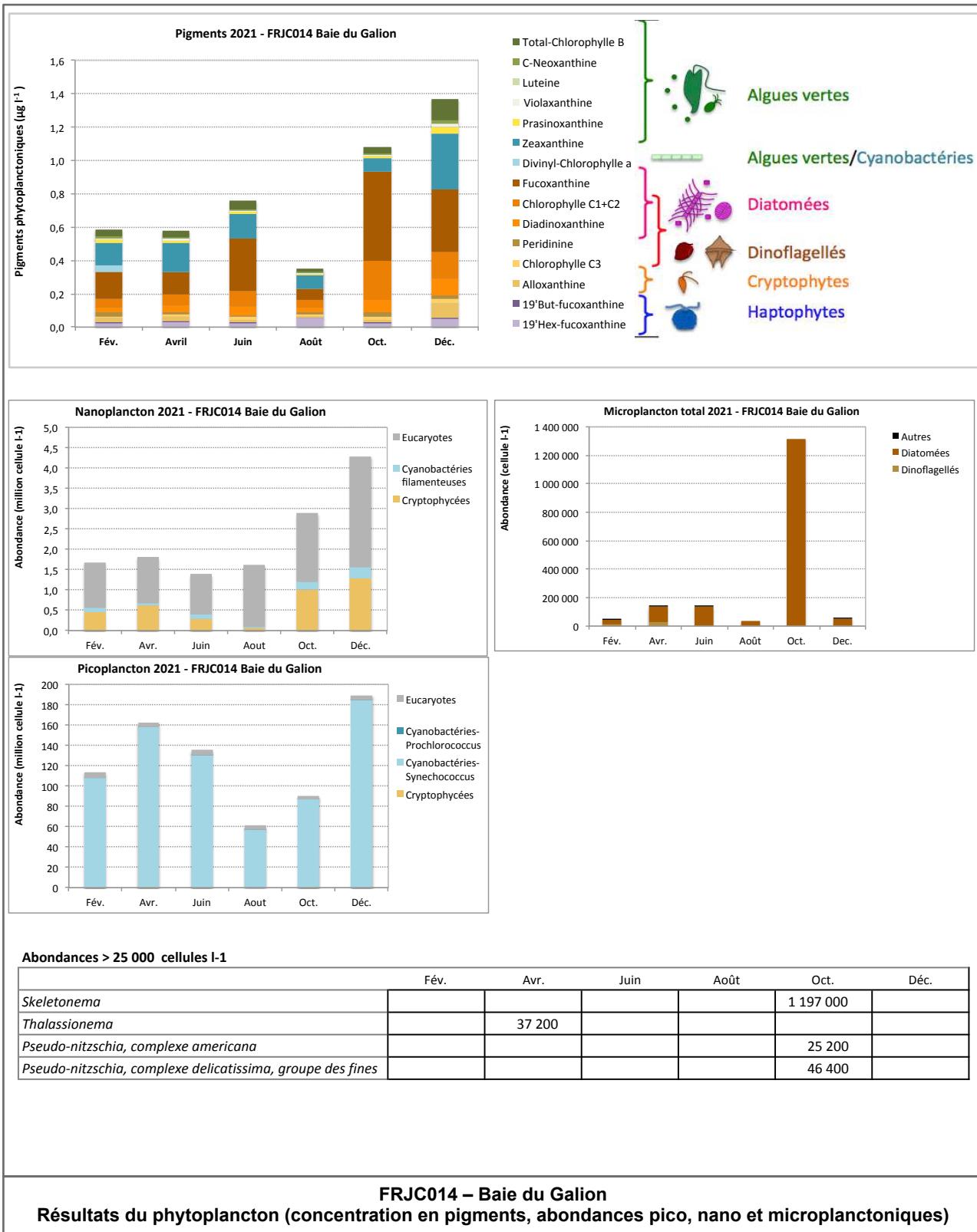
Abondances > 25 000 cellules L^{-1}

| | Fév. | Avr. | Juin | Août | Oct. | Déc. |
|---|------|------|------|------|-----------|------|
| <i>Skeletonema</i> | | | | | 1 144 000 | |
| <i>Pseudo-nitzschia, complexe americana</i> | | | | | 46 400 | |
| <i>Pseudo-nitzschia, complexe delicatissima, groupe des fines</i> | | | | | 27 600 | |
| <i>Pseudo-nitzschia, complexe seriata, groupe des effilées</i> | | | | | 37 400 | |

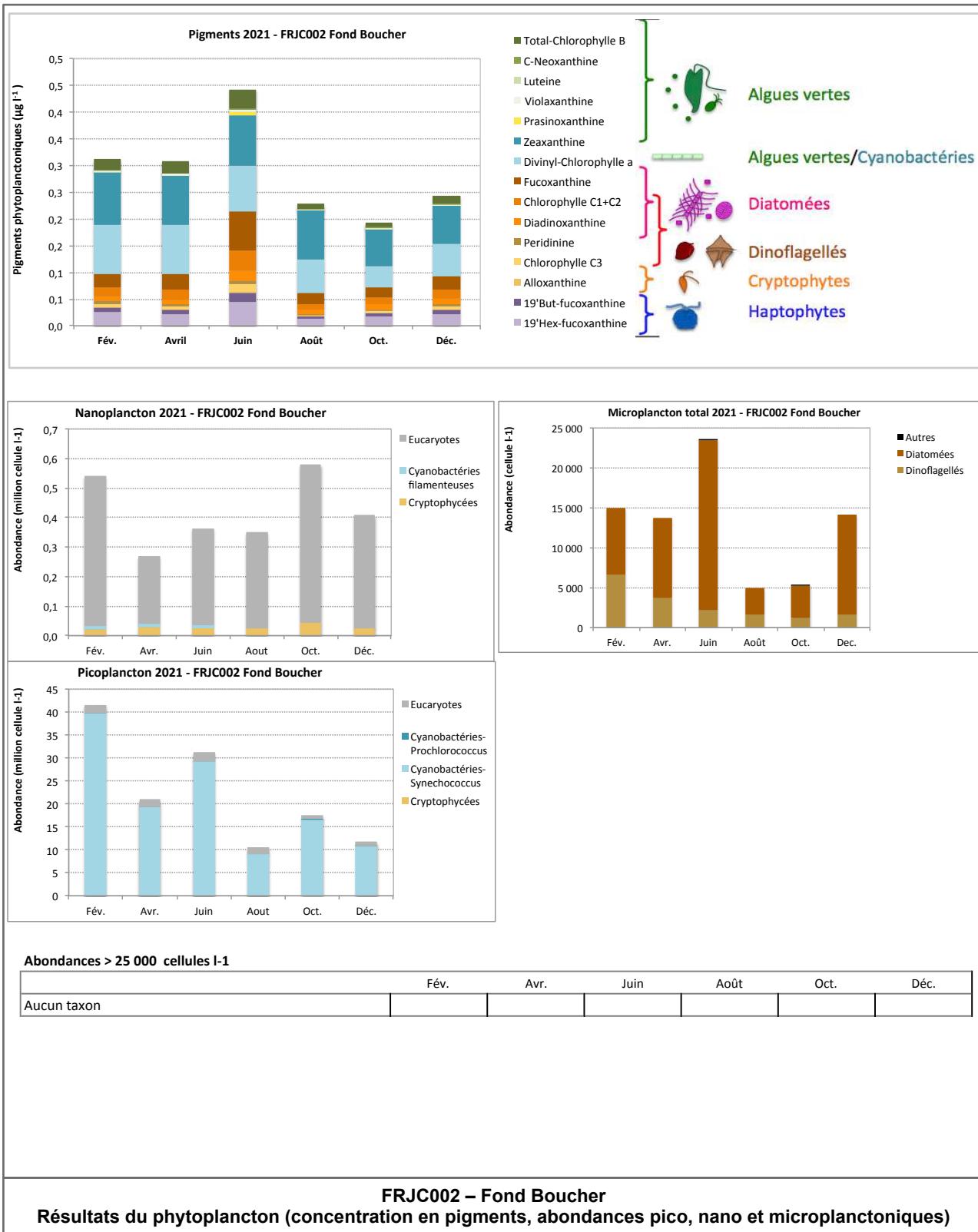
FRJC007 – Ilet à Rats

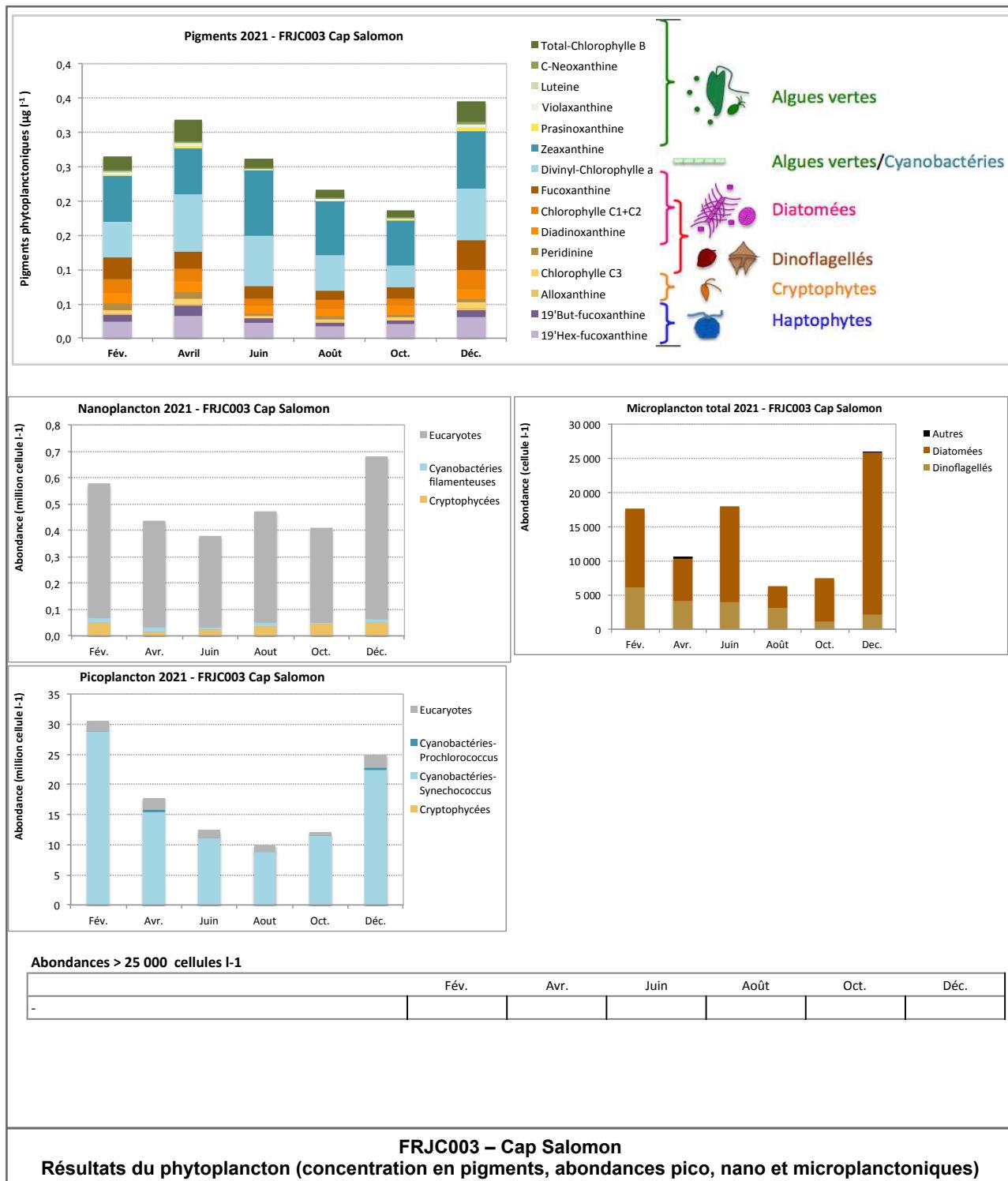
Résultats du phytoplancton (concentration en pigments, abondances pico, nano et microplanctoniques)



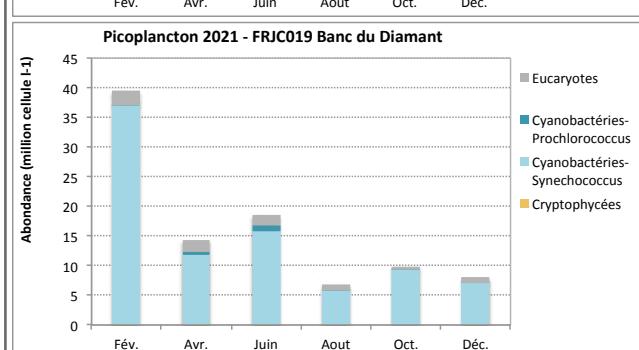
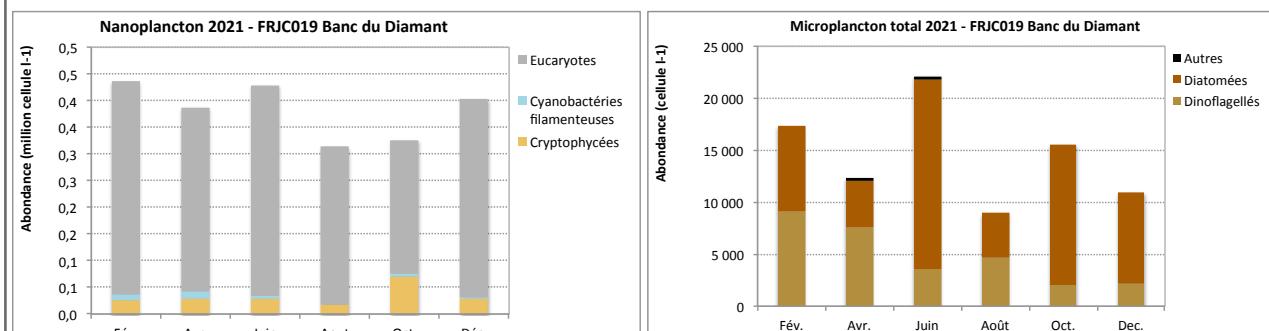
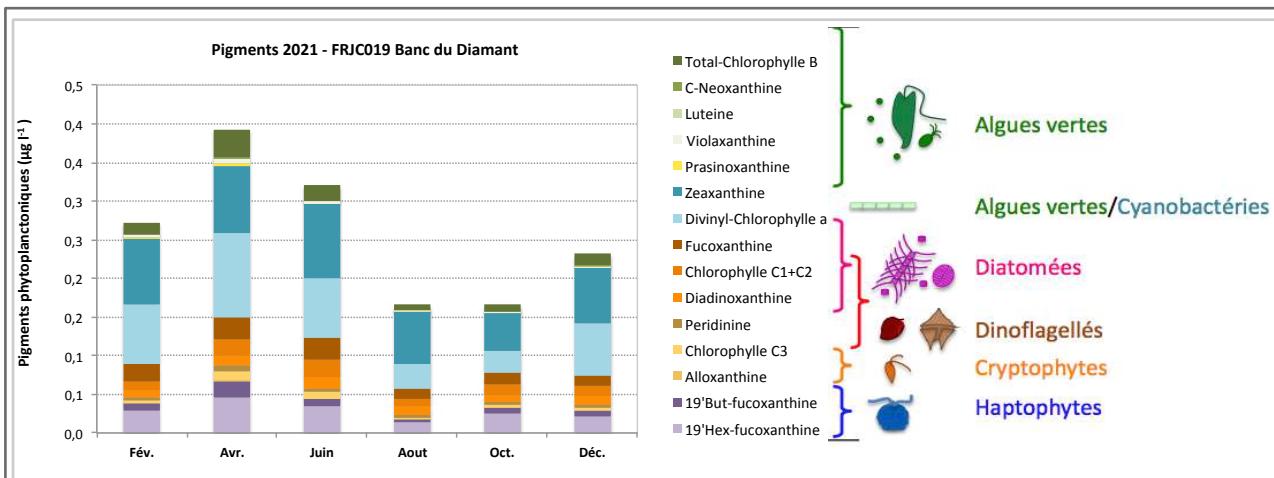










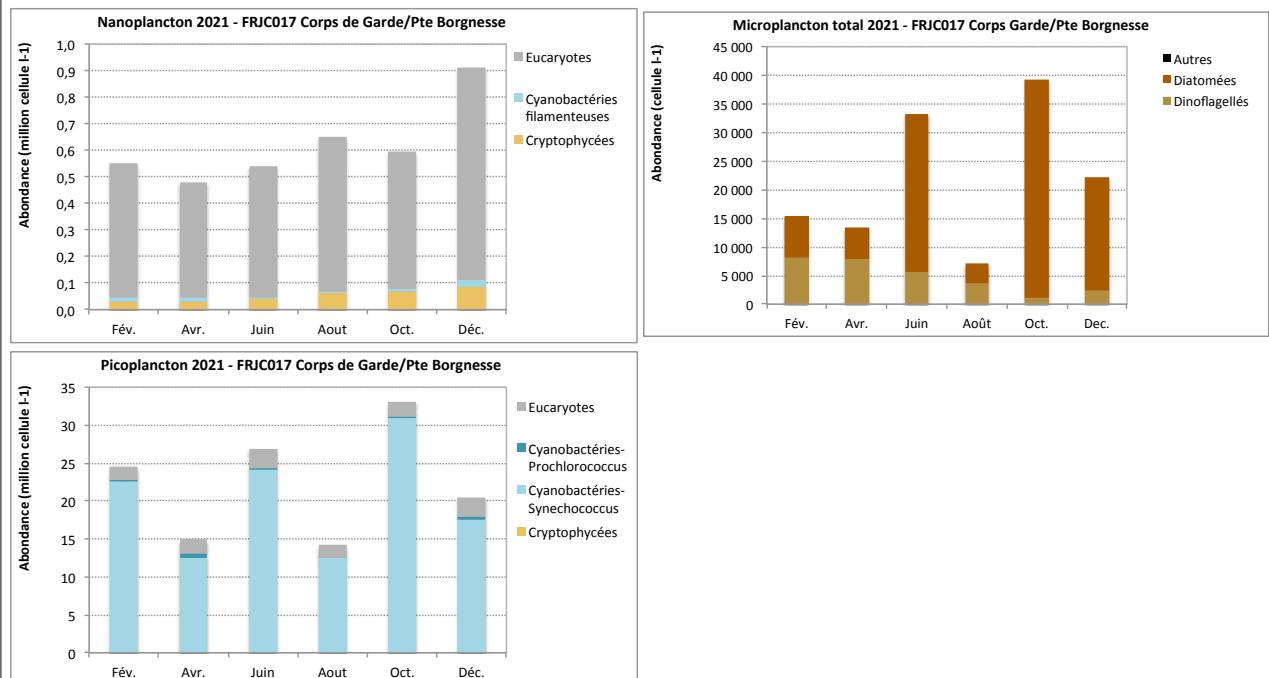
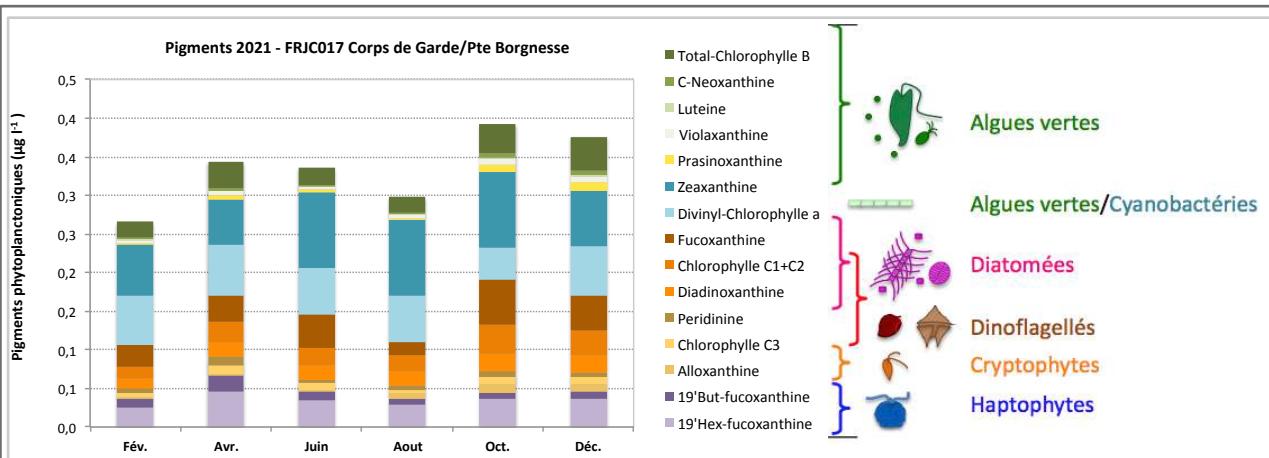


Abondances > 25 000 cellules l⁻¹

| | Fév. | Avr. | Juin | Août | Oct. | Déc. |
|--|------|------|------|------|------|------|
| | - | | | | | |

FRJC019 – Banc du Diamant

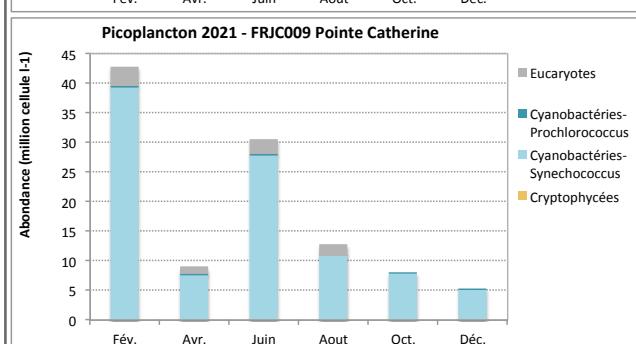
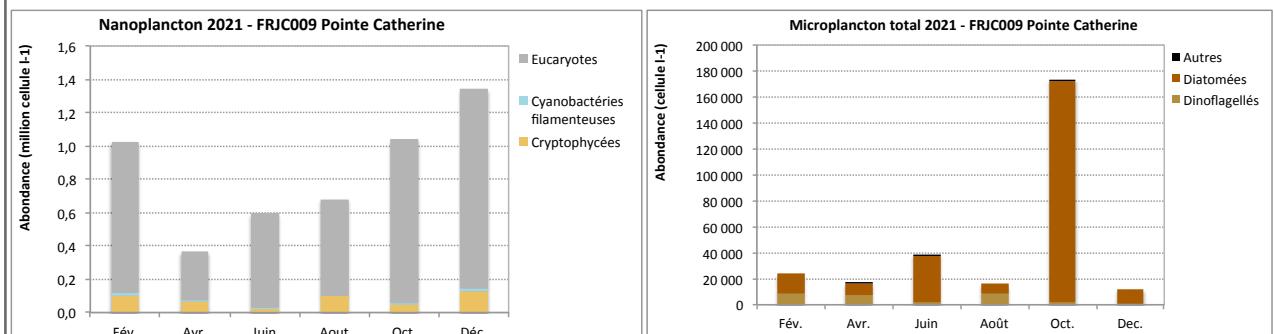
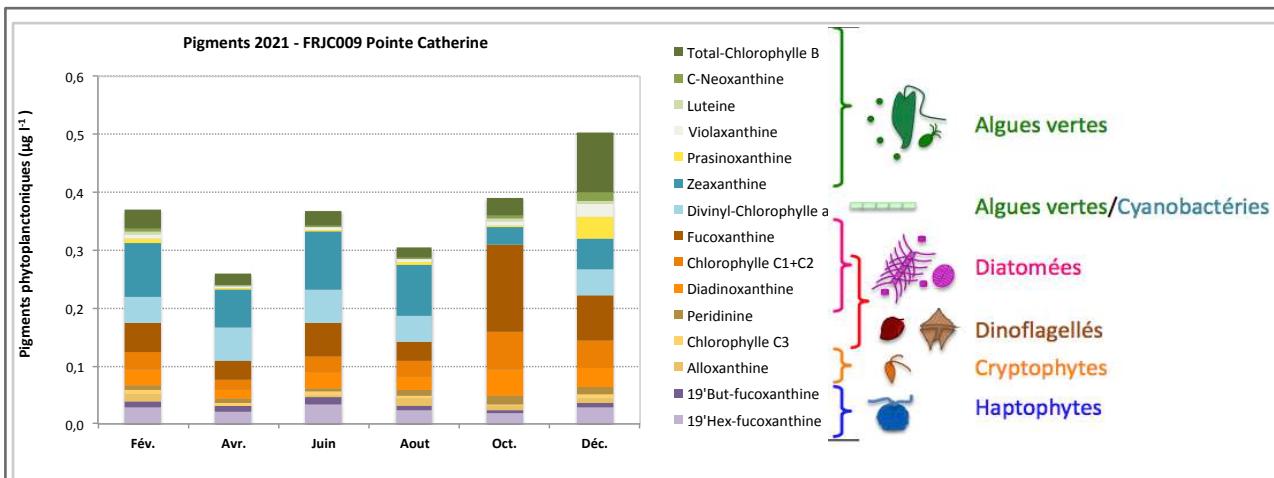
Résultats du phytoplancton (concentration en pigments, abondances pico, nano et microplanctoniques)



Abondances > 25 000 cellules l⁻¹

| | Fév. | Avr. | Juin | Août | Oct. | Déc. |
|---|------|------|------|------|------|--------|
| Corps de Garde | | | | | | |
| Pointe Borgnesse | | | | | | |
| <i>Pseudo-nitzschia, complexe americana</i> | - | - | - | - | - | 41 600 |

FRJC017 – Corps de Garde/Pointe Borgnesse Résultats du phytoplancton (concentration en pigments, abondances pico, nano et microplanctoniques)

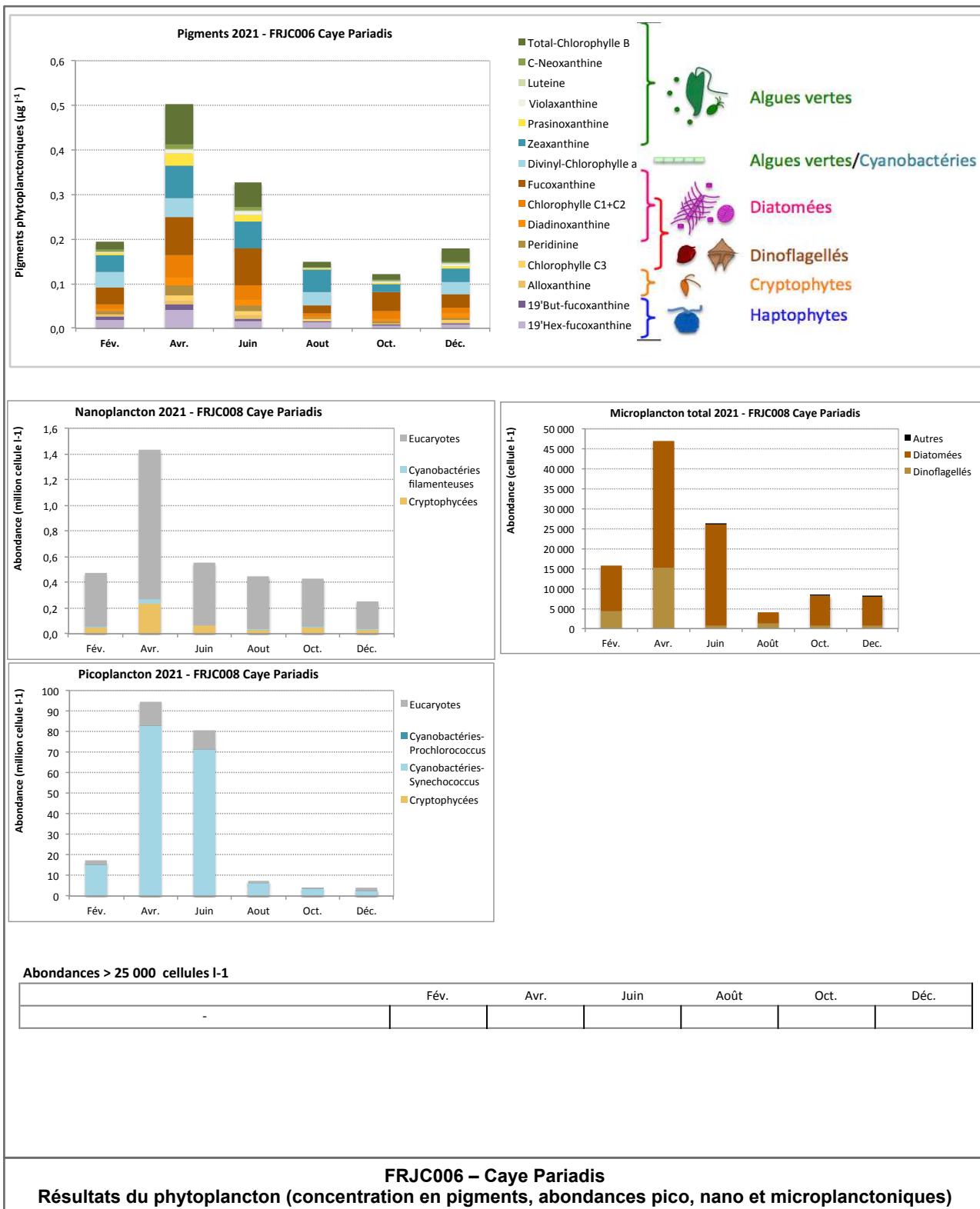


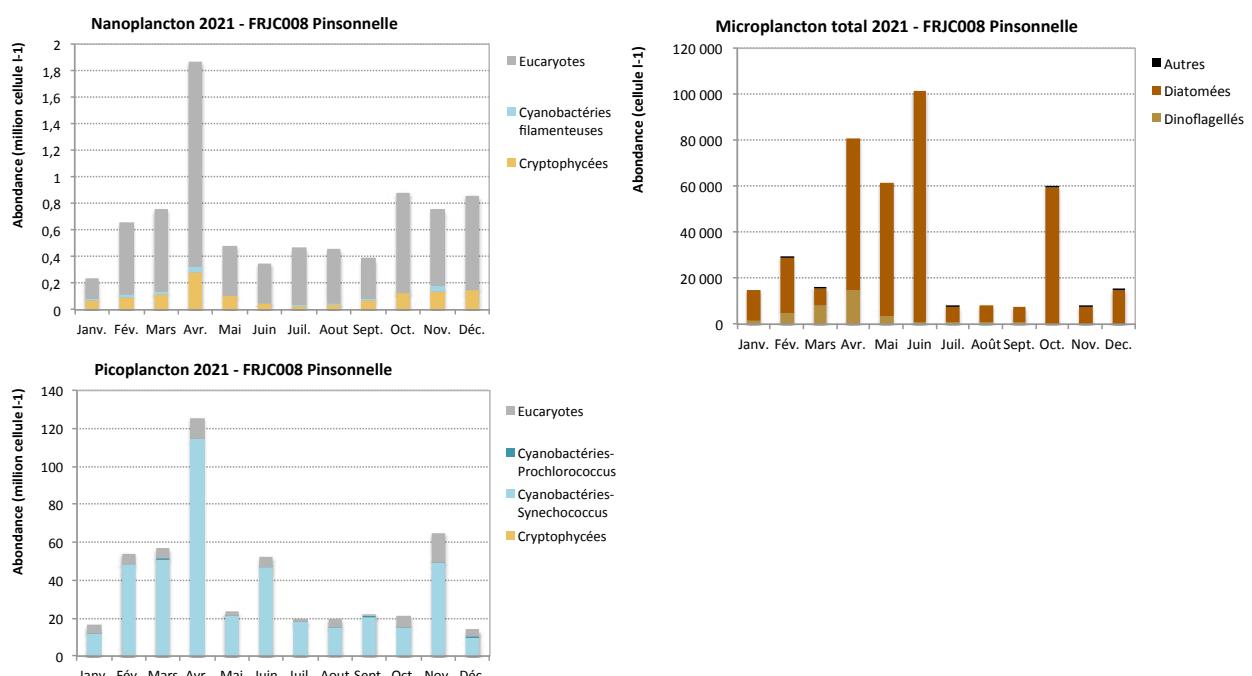
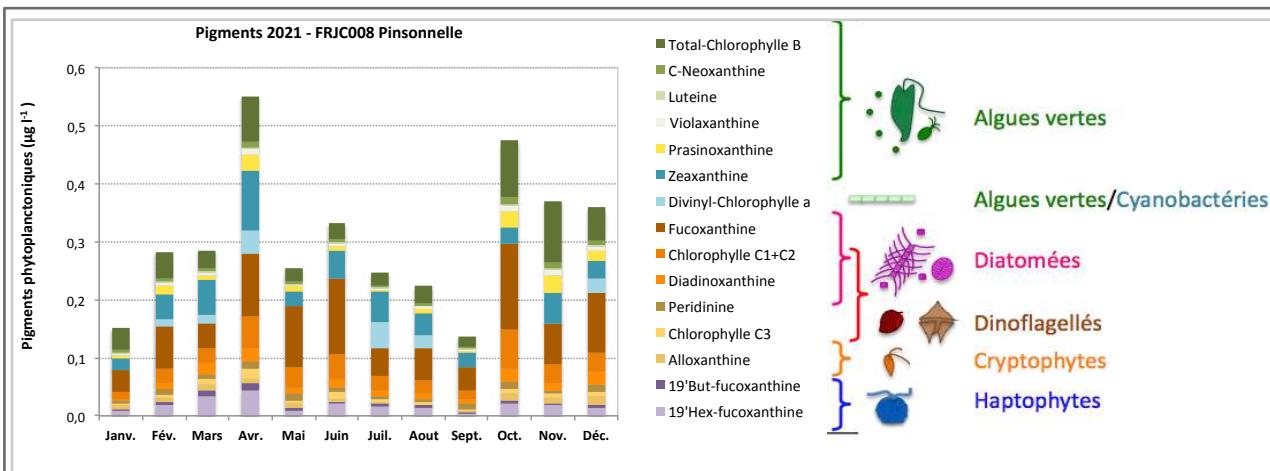
Abondances > 25 000 cellules l^{-1}

| | Fév. | Avr. | Juin | Août | Oct. | Déc. |
|---|------|------|------|------|------|---------|
| <i>Pseudo-nitzschia, complexe americana</i> | | | | | | 157 700 |

FRJC009 – Pointe Catherine

Résultats du phytoplancton (concentration en pigments, abondances pico, nano et microplanctoniques)





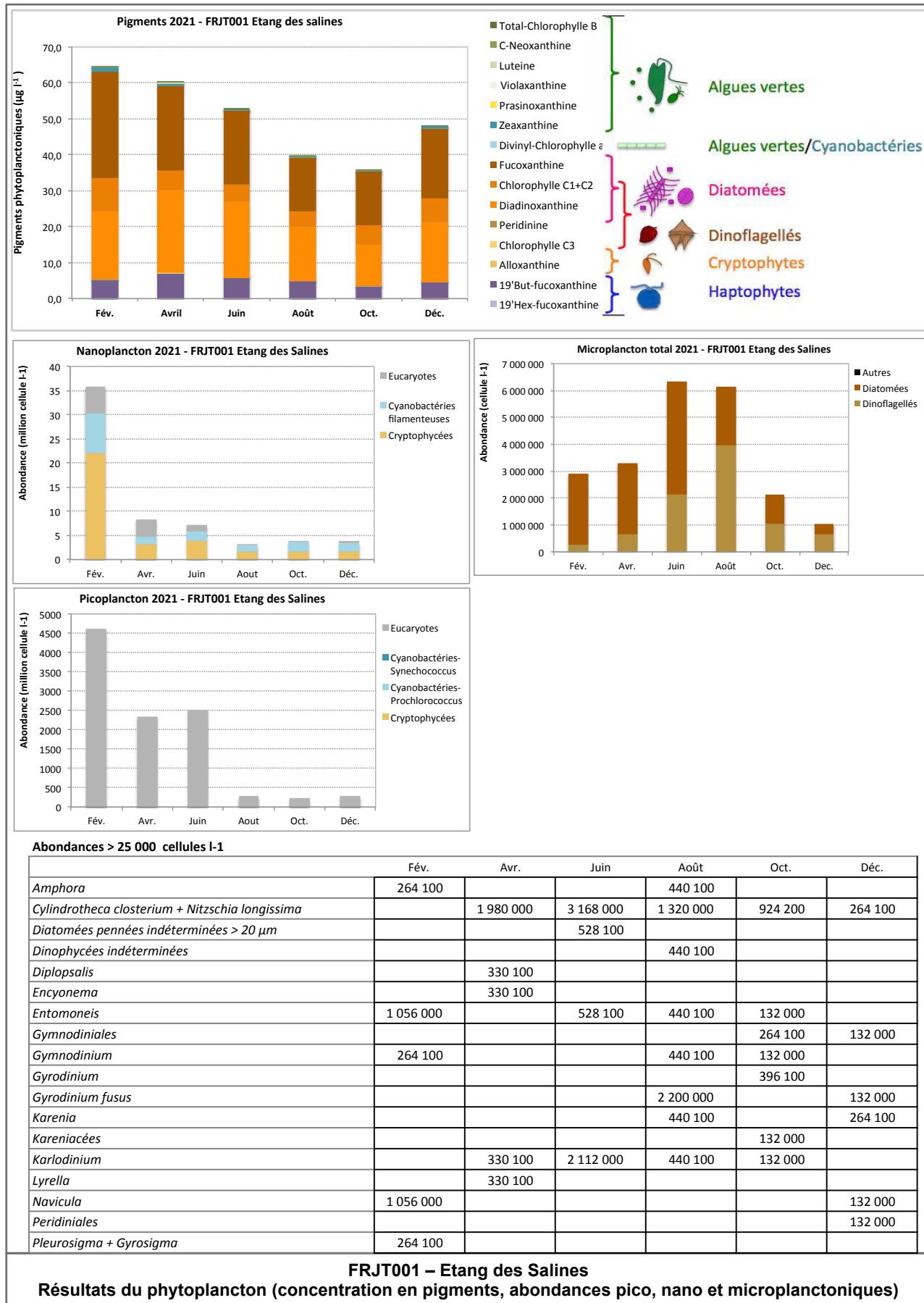
| Abondances > 25 000 cellules l^{-1} | Janv. | Fév. | Mars | Avr. | Mai | Juin | Juillet | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. |
|--|-------|------|------|------|-----|------|---------|------|-------|------|--------|------|
| <i>Pseudo-nitzschia, complexe americana</i> | | | | | | | | | | | 33 800 | |

FRJC008 – Pinsonnelle
Résultats du phytoplancton (concentration en pigments, abondances pico, nano et microplanctoniques)









11.4 Annexe 4 : Calcul de l'indicateur nutriment et évaluation des masses d'eau incluant cet indicateur

11.4.1 Evaluation DCE 2016-2021

11.4.1.1 Grilles de qualité

L'indicateur nutriments est basé sur deux indices : l'indice « orthophosphates » et l'indice DIN (= nitrates + nitrites + ammonium).

Des grilles pour les deux indices ont été proposées par Impact Mer en 2010 puis révisées en 2011. Aucune actualisation de ces grilles n'a été réalisée depuis.

Il n'y a pas encore de grilles de qualité pour la masse d'eau de transition.

Indice DIN

Pour l'indice DIN, le paramètre suivi est la **somme des concentrations en nitrates, nitrites et ammonium ($\mu\text{mol/l}$)**.

Deux grilles de qualité sont utilisées, pour les masses d'eau côtières de type 1 (baies) et pour les types de 2 à 7.

Tableau 45 : Grilles de qualité DCE retenue pour l'indice DIN en Martinique (μM)

| Type de ME | Référence ($\mu\text{mol/l}$) | Très bon | Bon | Moyen | Médiocre | Mauvais |
|------------|---------------------------------|----------|---------------|---------------|---------------|---------|
| 1 | 0,35 | 0,6] |] $0,6-1,5$] |] $1,5-3,0$] |] $3,0-6,0$] |] $6,0$ |
| 2 à 7 | 0,15 | 0,30] |] $0,3-1$] |] $1-2,5$] |] $2,5-4$] |] 4 |

Source Impact Mer et al., 2011

Métrique : Moyenne ou P90 des concentrations mensuelles en DIN ($\mu\text{mol/l}$), sur 6 années glissantes

Indice orthophosphates

Pour l'indice orthophosphates, le paramètre suivi est la **concentration en orthophosphates ($\mu\text{mol/l}$)**.

La grille de qualité provisoire retenue pour cet indice dans les MEC en Martinique est la suivante :

Tableau 46 : Grille de qualité DCE retenue pour l'indice « orthophosphates » en Martinique (μM)

| Type de ME | Référence ($\mu\text{mol/l}$) | Très bon | Bon | Moyen | Médiocre | Mauvais |
|------------|---------------------------------|----------|----------------|---------------|---------------|---------|
| 1 à 7 | 0,05 | 0,10] |] $0,10-0,2$] |] $0,2-0,4$] |] $0,4-0,8$] |] $0,8$ |

Source Impact Mer et al., 2011

Métrique : Moyenne ou P90 des concentrations mensuelles ($\mu\text{mol/l}$), sur 6 années glissantes

Agrégation des indices pour l'indicateur Nutriments

Le calcul de l'indicateur « nutriments » est réalisé en **moyennant les valeurs des EQR** obtenues pour les indices « **orthophosphates** » et « **DIN** ». La grille de l'indicateur a également été construite en moyennant les valeurs seuils de ces deux indices. Ainsi, les valeurs de l'indicateur correspondent déjà à des EQR.

Tableau 47 : Grilles de qualité DCE retenue pour l'indicateur « nutriments » en Martinique, exprimée sous forme d'EQR

| Type de ME | Référence | Très bon | Bon | Moyen | Médiocre | Mauvais |
|------------|-----------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|
| 1 | 1 | 0,54] |] $0,54-0,24$] |] $0,24-0,12$] |] $0,12-0,06$] |] $0,06$ |
| 2 à 7 | 1 | 0,50] |] $0,50-0,20$] |] $0,20-0,09$] |] $0,09-0,04$] |] $0,04$ |

Source Impact Mer et al., 2011

11.4.1.2 Indicateur nutriments

La qualité est évaluée à partir de la moyenne ou du percentile 90 (en test) des données DIN et orthophosphates de sub-surface des mois pour lesquels il y a de données qualifiées « Bon » et « Non qualifiées » et de la grille Impact Mer 2011.

La plupart des données nutriments (azotés et phosphorés) ayant été qualifiées en « douteux » ou « faux » sauf les données de 2017, 2019, 2020 et 2021, une évaluation est proposée sur un nombre restreint de données pour

cet indicateur. Cette évaluation permet de se rendre compte si les résultats obtenus pour l'indicateur semblent en cohérence avec la qualité de l'eau envisagée à partir de la connaissance des pressions.

Cette évaluation n'est pas prise en compte dans l'évaluation physico-chimique des masses d'eau.

Indice DIN

La qualité est évaluée à partir de la moyenne ou du percentile 90 des DIN (nutriments inorganiques dissous) et de la grille Impact Mer 2011. Le paramètre DIN est la somme des concentrations en ammonium, nitrites et nitrates.

L'indice DIN calculé avec la moyenne classe la plupart des masses d'eau en Bon. FRJC013- Baie du Trésor et FRJC005-Baie du Robert sont classés en Très Bon et enfin FRJC008-Pinsonnelle est classée en Moyen (Tableau 1).

L'indice DIN calculé avec le percentile 90 donne des résultats moins optimistes pour les masses d'eau de type baies. Pour les baies, les Très Bon sont remplacés par Bon, et deux « Bon » sont remplacés par « Moyen » (FRJC001-Banc Gamelle et FRJC010- Baie du Marin). Pour les autres types, FRJC006-Caye Pariadis et FRJC0017-Corps de Garde/Pointe Borgnesse sont classés en Moyen en plus de FRJC008-Pinsonnelle (Tableau 2).

La qualité de la masse d'eau de transition est donnée à titre indicatif dans l'attente d'avoir suffisamment de données pour établir une grille d'évaluation.

L'évaluation à partir de la moyenne semble peu cohérente pour la masse d'eau Baie du Robert classée en qualité Très Bon. L'évaluation à partir du percentile 90 donne des résultats plus cohérents avec les pressions connues, notamment pour Caye Pariadis et Pointe Borgnesse, qui sont des sites avec de nombreuses macroalgues : algues vertes pour le premier et en mauvais état général pour le second.

Tableau 48 : Qualité des masses d'eau DCE basé sur la moyenne DIN pour les années 2017, 2019, 2020,2021 évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais)

| Type | Code ME | Site | Moyenne [DIN] en µmol/l | n valeurs | années | Qualité (ImpactMer, 2011) |
|------|---------|-----------------------------------|----------------------------|--------------|-------------|---------------------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 0,58 | 19 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | 0,68 | 17 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | 1,15 | 47 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC010 | Baie du Marin | 1,48 | 19 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC005 | Baie du Robert | 0,59 | 17 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC014 | Baie du Galion | 0,64 | 19 | 2017, 19-21 | Bon |
| 2 | FRJC008 | Pinsonnelle | 1,14 | 43 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | 0,82 | 20 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC012 | Loup Ministre | 0,67 | 19 | 2017, 19-21 | Bon |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | 0,60 | 19 | 2017, 19-21 | Bon |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle / Cap St-Martin | 0,76 | 19 | 2017, 19-21 | Bon |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 0,50 | 19 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC002 | Fond Boucher | 0,65 | 17 | 2017, 19-21 | Bon |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde / Pointe Borgnesse | 0,69 | 17 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC018 | Caye d'Olbian | 0,53 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC009 | Pointe Catherine | 0,50 | 19 | 2017, 19-21 | Bon |
| 7 | FRJC019 | Banc du Diamant/Rocher Diamant | 0,42 | 19 | 2017, 19-21 | Bon |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines - Centre | 0,88 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |

Tableau 49 : Qualité des masses d'eau DCE basé sur le percentile 90 DIN pour les années 2017, 2019, 2020, 2021 évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais)

| Type | Code ME | Site | Percentile 90 DIN en $\mu\text{mol/l}$ | n valeurs | années | Qualité (ImpactMer, 2011) |
|------|---------|-----------------------------------|--|-----------|-------------|---------------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 0,78 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | 1,41 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | 1,72 | 36 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC010 | Baie du Marin | 2,62 | 18 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC005 | Baie du Robert | 0,88 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC014 | Baie du Galion | 0,69 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 2 | FRJC008 | Pinsonnelle | 1,90 | 36 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | 1,28 | 18 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC012 | Loup Ministre | 0,89 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | 0,87 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle / Cap St-Martin | 0,87 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 0,73 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC002 | Fond Boucher | 0,88 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde / Pointe Borgnesse | 1,46 | 18 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC018 | Caye d'Olbian | 0,92 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC009 | Pointe Catherine | 0,78 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 7 | FRJC019 | Banc du Diamant/Rocher Diamant | 0,78 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines - Centre | 1,83 | 18 | 2017, 19-21 | Moy |

Indice orthophosphates

La qualité est évaluée à partir de la moyenne ou le percentile 90 des données et de la grille Impact Mer 2011.

L'indice orthophosphates calculé avec la moyenne classe l'ensemble des masses d'eau en Très bon, sauf FRJC006- Caye Pariadis, classé en Bon (Tableau 3).

L'indice orthophosphates calculé avec le percentile 90 est moins optimiste et classe l'ensemble des masses d'eau en Bon (Tableau 4).

La qualité de la masse d'eau de transition est donnée à titre indicatif car la grille d'évaluation n'est pas adaptée aux niveaux d'orthophosphates mesurés.

Tableau 50 : Qualité des masses d'eau DCE basé sur la moyenne orthophosphates pour les années 2017, 2019, 2020, 2021 évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais)

| Type | Code ME | Site | Percentile 90 DIN en $\mu\text{mol/l}$ | n valeurs | années | Qualité (ImpactMer, 2011) |
|------|---------|-----------------------------------|--|-----------|-------------|---------------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 0,78 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | 1,41 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | 1,72 | 36 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC010 | Baie du Marin | 2,62 | 18 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC005 | Baie du Robert | 0,88 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC014 | Baie du Galion | 0,69 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 2 | FRJC008 | Pinsonnelle | 1,90 | 36 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | 1,28 | 18 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC012 | Loup Ministre | 0,89 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | 0,87 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle / Cap St-Martin | 0,87 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 0,73 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC002 | Fond Boucher | 0,88 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde / Pointe Borgnesse | 1,46 | 18 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC018 | Caye d'Olbian | 0,92 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC009 | Pointe Catherine | 0,78 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 7 | FRJC019 | Banc du Diamant/Rocher Diamant | 0,78 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines - Centre | 1,83 | 18 | 2017, 19-21 | Moy |

Tableau 51 : Qualité des masses d'eau DCE basé sur le percentile 90 orthophosphates pour les années 2017, 2019, 2020, 2021 évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais)

| Type | Code ME | Site | Moyenne [orthophosphates] en µmol/l | n valeurs | années | Qualité (ImpactMer, 2011) |
|------|---------|-----------------------------------|--|--------------|-------------|---------------------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 0,07 | 21 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | 0,07 | 20 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | 0,09 | 41 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC010 | Baie du Marin | 0,07 | 22 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC005 | Baie du Robert | 0,07 | 21 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC014 | Baie du Galion | 0,08 | 21 | 2017, 19-21 | TB |
| 2 | FRJC008 | Pinsonnelle | 0,09 | 43 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | 0,10 | 21 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC012 | Loup Ministre | 0,08 | 20 | 2017, 19-21 | TB |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | 0,07 | 21 | 2017, 19-21 | TB |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle / Cap St-Martin | 0,07 | 22 | 2017, 19-21 | TB |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 0,09 | 19 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC002 | Fond Boucher | 0,07 | 19 | 2017, 19-21 | TB |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde / Pointe Borgnesse | 0,09 | 19 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC018 | Caye d'Olbian | 0,08 | 18 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC009 | Pointe Catherine | 0,07 | 21 | 2017, 19-21 | TB |
| 7 | FRJC019 | Banc du Diamant/Rocher Diamant | 0,08 | 18 | 2017, 19-21 | TB |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines - Centre | 1,68 | 22 | 2017, 19-21 | Mauvais |

Indicateur Nutriments

L'indicateur nutriments résulte de la combinaison des résultats:

- de l'indice orthophosphates;
- de l'indice DIN (somme ammonium, nitrites, nitrates).

La moyenne des EQR de ces deux indices permet d'obtenir la note de l'indicateur nutriments (Tableau 5).

Deux moyennes d'EQR sont présentées, celles des indices obtenus à partir des moyennes et celles des indices obtenus à partir du percentile 90.

Qualité basée sur la moyenne

La combinaison des indices place 5 masses d'eau dans la classe « Très Bon » et 12 masses d'eau dans la classe « Bon ».

La masse d'eau de transition est classée en « Moyen » avant la grille actuelle, dans l'attente de grilles plus adaptées.

Tableau 52: Qualité des masses d'eau DCE basée sur l'indicateur Nutriments calculé avec la moyenne pour les années 2017, 2019, 2020 et 2021 évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais)

| Type | Code ME | Site | Valeur moyenne EQR Orthophosphates et DIN | années | Qualité (Impact Mer, 2011) |
|------|---------|-----------------------------------|---|-------------|----------------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 0,68 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | 0,62 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | 0,42 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC010 | Baie du Marin | 0,48 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC005 | Baie du Robert | 0,67 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC014 | Baie du Galion | 0,58 | 2017, 19-21 | TB |
| 2 | FRJC008 | Pinsonnelle | 0,33 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | 0,33 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC012 | Loup Ministre | 0,42 | 2017, 19-21 | Bon |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | 0,50 | 2017, 19-21 | TB |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle / Cap St-Martin | 0,45 | 2017, 19-21 | Bon |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 0,42 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC002 | Fond Boucher | 0,48 | 2017, 19-21 | Bon |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde / Pointe Borgnesse | 0,39 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC018 | Caye d'Olbian | 0,44 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC009 | Pointe Catherine | 0,50 | 2017, 19-21 | Bon |
| 7 | FRJC019 | Banc du Diamant/Rocher Diamant | 0,48 | 2017, 19-21 | Bon |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines - Centre | 0,100 | 2017, 19-21 | Moy |

Qualité basée sur le percentile 90

La combinaison des indices place 15 masses d'eau dans la classe « Bon » et deux dans la classe « Moyen ».

La masse d'eau de transition est classée en « Médiocre » avant la grille actuelle, dans l'attente de grilles plus adaptées.

Tableau 53 : Qualité des masses d'eau DCE basée sur l'indicateur Nutriments calculé avec le percentile 90 pour les années 2017, 2019, 2020 et 2021, évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais)

| Type | Code ME | Site | Valeur moyenne EQR Orthophosphates et DIN | années | Qualité (Impact Mer, 2011) |
|------|---------|-----------------------------------|--|-------------|----------------------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 0,43 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC010 | Baie du Marin | | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC005 | Baie du Robert | | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC014 | Baie du Galion | | 2017, 19-21 | Bon |
| 2 | FRJC008 | Pinsonnelle | 0,18 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC012 | Loup Ministre | | 2017, 19-21 | Bon |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | 0,31 | 2017, 19-21 | Bon |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle / Cap St-Martin | 0,28 | 2017, 19-21 | Bon |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 0,24 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC002 | Fond Boucher | 0,32 | 2017, 19-21 | Bon |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde / Pointe Borgnesse | 0,22 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC018 | Caye d'Olbian | | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC009 | Pointe Catherine | | 2017, 19-21 | Bon |
| 7 | FRJC019 | Banc du Diamant/Rocher Diamant | 0,29 | 2017, 19-21 | Bon |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines - Centre | 0,052 | 2017, 19-21 | Méd |

Les résultats sont plus contrastés avec la métrique moyenne qu'avec la métrique percentile 90, ce qui permet de mieux distinguer les pressions subies par les sites. Cependant, les résultats obtenus avec la métrique percentile 90 sont moins optimistes dont plus réalistes vis-à-vis du niveau de pression. Cette comparaison sera à renouveler jusqu'à obtenir six années de mesures.

11.4.2 Evaluation DCE 2016-2021

11.4.2.1 Grilles de qualité

L'indicateur nutriments est basé sur deux indices : l'indice « orthophosphates » et l'indice DIN (= nitrates + nitrites + ammonium).

Des grilles pour les deux indices ont été proposées par Impact Mer en 2010 puis révisées en 2011. Aucune actualisation de ces grilles n'a été réalisée depuis.

Il n'y a pas encore de grilles de qualité pour la masse d'eau de transition.

Indice DIN

Pour l'indice DIN, le paramètre suivi est la somme des concentrations en nitrates, nitrites et ammonium ($\mu\text{mol/l}$).

Deux grilles de qualité sont utilisées, pour les masses d'eau côtières de type 1 (baies) et pour les types de 2 à 7.

Tableau 54 : Grilles de qualité DCE retenue pour l'indice DIN en Martinique (μM)

| Type de ME | Référence ($\mu\text{mol/l}$) | Très bon | Bon | Moyen | Médiocre | Mauvais |
|------------|---------------------------------|----------|------------|------------|------------|---------|
| 1 | 0,35 | 0,6] |] 0,6-1,5] |] 1,5-3,0] |] 3,0-6,0] |] 6,0 |
| 2 à 7 | 0,15 | 0,30] |] 0,3-1] |] 1-2,5] |] 2,5-4] |] 4 |

Source Impact Mer et al., 2011

Métrique : Moyenne ou P90 des concentrations mensuelles en DIN ($\mu\text{mol/l}$), sur 6 années glissantes

Indice orthophosphates

Pour l'indice orthophosphates, le paramètre suivi est la concentration en orthophosphates ($\mu\text{mol/l}$).

La grille de qualité provisoire retenue pour cet indice dans les MEC en Martinique est la suivante :

Tableau 55 : Grille de qualité DCE retenue pour l'indice « orthophosphates » en Martinique (µM)

| Type de ME | Référence (µmol/l) | Très bon | Bon | Moyen | Médiocre | Mauvais |
|------------|--------------------|----------|-------------|------------|------------|---------|
| 1 à 7 | 0,05 | 0,10] |] 0,10-0,2] |] 0,2-0,4] |] 0,4-0,8] |] 0,8 |

Source Impact Mer et al., 2011

Métrique : Moyenne ou P90 des concentrations mensuelles (µmol/l), sur 6 années glissantes

Agrégation des indices pour l'indicateur Nutriments

Le calcul de l'indicateur « nutriments » est réalisé en **moyennant les valeurs des EQR** obtenues pour les indices « **orthophosphates** » et « **DIN** ». La grille de l'indicateur a également été construite en moyennant les valeurs seuils de ces deux indices. Ainsi, les valeurs de l'indicateur correspondent déjà à des EQR.

Tableau 56 : Grilles de qualité DCE retenue pour l'indicateur « nutriments » en Martinique, exprimée sous forme d'EQR

| Type de ME | Référence | Très bon | Bon | Moyen | Médiocre | Mauvais |
|------------|-----------|----------|--------------|--------------|--------------|---------|
| 1 | 1 | 0,54] |] 0,54-0,24] |] 0,24-0,12] |] 0,12-0,06] |] 0,06 |
| 2 à 7 | 1 | 0,50] |] 0,50-0,20] |] 0,20-0,09] |] 0,09-0,04] |] 0,04 |

Source Impact Mer et al., 2011

11.4.2.2 Indicateur nutriments

La qualité est évaluée à partir de la moyenne ou du percentile 90 (en test) des données DIN et orthophosphates de sub-surface des mois pour lesquels il y a de données qualifiées « Bon » et « Non qualifiées » et de la grille Impact Mer 2011.

La plupart des données nutriments (azotés et phosphorés) ayant été qualifiées en « douteux » ou « faux » sauf les données de 2017, 2019, 2020 et 2021, une évaluation est proposée sur un nombre restreint de données pour cet indicateur. Cette évaluation permet de se rendre compte si les résultats obtenus pour l'indicateur semblent en cohérence avec la qualité de l'eau envisagée à partir de la connaissance des pressions.

Cette évaluation n'est pas prise en compte dans l'évaluation physico-chimique des masses d'eau.

Indice DIN

La qualité est évaluée à partir de la moyenne ou du percentile 90 des DIN (nutriments inorganiques dissous) et de la grille Impact Mer 2011. Le paramètre DIN est la somme des concentrations en ammonium, nitrites et nitrates.

L'indice DIN calculé avec la moyenne classe la plupart des masses d'eau en Bon. FRJC013- Baie du Trésor et FRJC005-Baie du Robert sont classés en Très Bon et enfin FRJC008-Pinsonnelle est classée en Moyen (Tableau 1).

L'indice DIN calculé avec le percentile 90 donne des résultats moins optimistes pour les masses d'eau de type baies. Pour les baies, les Très Bon sont remplacés par Bon, et deux « Bon » sont remplacés par « Moyen » (FRJC001-Banc Gamelle et FRJC010- Baie du Marin). Pour les autres types, FRJC006-Caye Pariadis et FRJC0017-Corps de Garde/Pointe Borgnesse sont classés en Moyen en plus de FRJC008-Pinsonnelle (Tableau 2).

La qualité de la masse d'eau de transition est donnée à titre indicatif dans l'attente d'avoir suffisamment de données pour établir une grille d'évaluation.

L'évaluation à partir de la moyenne semble peu cohérente pour la masse d'eau Baie du Robert classée en qualité Très Bon. L'évaluation à partir du percentile 90 donne des résultats plus cohérents avec les pressions connues, notamment pour Caye Pariadis et Pointe Borgnesse, qui sont des sites avec de nombreuses macroalgues : algues vertes pour le premier et en mauvais état général pour le second.

Tableau 57 : Qualité des masses d'eau DCE basé sur la moyenne DIN pour les années 2017, 2019, 2020, 2021 évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais)

| Type | Code ME | Site | Moyenne [DIN] en $\mu\text{mol/l}$ | n valeurs | années | Qualité (ImpactMer, 2011) |
|------|---------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------|-------------|---------------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 0,58 | 19 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | 0,68 | 17 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | 1,15 | 47 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC010 | Baie du Marin | 1,48 | 19 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC005 | Baie du Robert | 0,59 | 17 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC014 | Baie du Galion | 0,64 | 19 | 2017, 19-21 | Bon |
| 2 | FRJC008 | Pinsonnelle | 1,14 | 43 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | 0,82 | 20 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC012 | Loup Ministre | 0,67 | 19 | 2017, 19-21 | Bon |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | 0,60 | 19 | 2017, 19-21 | Bon |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle / Cap St-Martin | 0,76 | 19 | 2017, 19-21 | Bon |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 0,50 | 19 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC002 | Fond Boucher | 0,65 | 17 | 2017, 19-21 | Bon |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde / Pointe Borgnesse | 0,69 | 17 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC018 | Caye d'Olbian | 0,53 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC009 | Pointe Catherine | 0,50 | 19 | 2017, 19-21 | Bon |
| 7 | FRJC019 | Banc du Diamant/Rocher Diamant | 0,42 | 19 | 2017, 19-21 | Bon |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines - Centre | 0,88 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |

Tableau 58: Qualité des masses d'eau DCE basé sur le percentile 90 DIN pour les années 2017, 2019, 2020, 2021 évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais)

| Type | Code ME | Site | Percentile 90 DIN en $\mu\text{mol/l}$ | n valeurs | années | Qualité (ImpactMer, 2011) |
|------|---------|-----------------------------------|--|-----------|-------------|---------------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 0,78 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | 1,41 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | 1,72 | 36 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC010 | Baie du Marin | 2,62 | 18 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC005 | Baie du Robert | 0,88 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC014 | Baie du Galion | 0,69 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 2 | FRJC008 | Pinsonnelle | 1,90 | 36 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | 1,28 | 18 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC012 | Loup Ministre | 0,89 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | 0,87 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle / Cap St-Martin | 0,87 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 0,73 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC002 | Fond Boucher | 0,88 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde / Pointe Borgnesse | 1,46 | 18 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC018 | Caye d'Olbian | 0,92 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC009 | Pointe Catherine | 0,78 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 7 | FRJC019 | Banc du Diamant/Rocher Diamant | 0,78 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines - Centre | 1,83 | 18 | 2017, 19-21 | Moy |

Indice orthophosphates

La qualité est évaluée à partir de la moyenne ou le percentile 90 des données et de la grille Impact Mer 2011.

L'indice orthophosphates calculé avec la moyenne classe l'ensemble des masses d'eau en Très bon, sauf FRJC006- Caye Pariadis, classé en Bon (Tableau 3).

L'indice orthophosphates calculé avec le percentile 90 est moins optimiste et classe l'ensemble des masses d'eau en Bon (Tableau 4).

La qualité de la masse d'eau de transition est donnée à titre indicatif car la grille d'évaluation n'est pas adaptée aux niveaux d'orthophosphates mesurés.

Tableau 59 : Qualité des masses d'eau DCE basé sur la moyenne orthophosphates pour les années 2017, 2019, 2020, 2021 évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais)

| Type | Code ME | Site | Percentile 90 DIN en µmol/l | n valeurs | années | Qualité (ImpactMer, 2011) |
|------|---------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------|-------------|---------------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 0,78 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | 1,41 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | 1,72 | 36 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC010 | Baie du Marin | 2,62 | 18 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC005 | Baie du Robert | 0,88 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC014 | Baie du Galion | 0,69 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 2 | FRJC008 | Pinsonnelle | 1,90 | 36 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | 1,28 | 18 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC012 | Loup Ministre | 0,89 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | 0,87 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle / Cap St-Martin | 0,87 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 0,73 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC002 | Fond Boucher | 0,88 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde / Pointe Borgnesse | 1,46 | 18 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC018 | Caye d'Olbian | 0,92 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC009 | Pointe Catherine | 0,78 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| 7 | FRJC019 | Banc du Diamant/Rocher Diamant | 0,78 | 18 | 2017, 19-21 | Bon |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines - Centre | 1,83 | 18 | 2017, 19-21 | Moy |

Tableau 60 : Qualité des masses d'eau DCE basé sur le percentile 90 orthophosphates pour les années 2017, 2019, 2020, 2021 évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais)

| Type | Code ME | Site | Moyenne [orthophosphates] en µmol/l | n valeurs | années | Qualité (ImpactMer, 2011) |
|------|---------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------|-------------|---------------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 0,07 | 21 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | 0,07 | 20 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | 0,09 | 41 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC010 | Baie du Marin | 0,07 | 22 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC005 | Baie du Robert | 0,07 | 21 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC014 | Baie du Galion | 0,08 | 21 | 2017, 19-21 | TB |
| 2 | FRJC008 | Pinsonnelle | 0,09 | 43 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | 0,10 | 21 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC012 | Loup Ministre | 0,08 | 20 | 2017, 19-21 | TB |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | 0,07 | 21 | 2017, 19-21 | TB |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle / Cap St-Martin | 0,07 | 22 | 2017, 19-21 | TB |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 0,09 | 19 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC002 | Fond Boucher | 0,07 | 19 | 2017, 19-21 | TB |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde / Pointe Borgnesse | 0,09 | 19 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC018 | Caye d'Olbian | 0,08 | 18 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC009 | Pointe Catherine | 0,07 | 21 | 2017, 19-21 | TB |
| 7 | FRJC019 | Banc du Diamant/Rocher Diamant | 0,08 | 18 | 2017, 19-21 | TB |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines - Centre | 1,68 | 22 | 2017, 19-21 | Mauvais |

Indicateur Nutriments

L'indicateur nutriments résulte de la combinaison des résultats:

- de l'indice orthophosphates;
- de l'indice DIN (somme ammonium, nitrites, nitrates).

La moyenne des EQR de ces deux indices permet d'obtenir la note de l'indicateur nutriments (Tableau 5).

Deux moyennes d'EQR sont présentées, celles des indices obtenus à partir des moyennes et celles des indices obtenus à partir du percentile 90.

Qualité basée sur la moyenne

La combinaison des indices place 5 masses d'eau dans la classe « Très Bon » et 12 masses d'eau dans la classe « Bon ».

La masse d'eau de transition est classée en « Moyen » avant la grille actuelle, dans l'attente de grilles plus adaptées.

Tableau 61: Qualité des masses d'eau DCE basée sur l'indicateur Nutriments calculé avec la moyenne pour les années 2017, 2019, 2020 et 2021 évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais)

| Type | Code ME | Site | Valeur moyenne EQR Orthophosphates et DIN | années | Qualité (Impact Mer, 2011) |
|------|---------|-----------------------------------|---|-------------|----------------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 0,68 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | 0,62 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | 0,42 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC010 | Baie du Marin | 0,48 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC005 | Baie du Robert | 0,67 | 2017, 19-21 | TB |
| | FRJC014 | Baie du Galion | 0,58 | 2017, 19-21 | TB |
| 2 | FRJC008 | Pinsonnelle | 0,33 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | 0,33 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC012 | Loup Ministre | 0,42 | 2017, 19-21 | Bon |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | 0,50 | 2017, 19-21 | TB |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle / Cap St-Martin | 0,45 | 2017, 19-21 | Bon |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 0,42 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC002 | Fond Boucher | 0,48 | 2017, 19-21 | Bon |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde / Pointe Borgnesse | 0,39 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC018 | Caye d'Olbian | 0,44 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC009 | Pointe Catherine | 0,50 | 2017, 19-21 | Bon |
| 7 | FRJC019 | Banc du Diamant/Rocher Diamant | 0,48 | 2017, 19-21 | Bon |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines - Centre | 0,100 | 2017, 19-21 | Moy |

Qualité basée sur le percentile 90

La combinaison des indices place 15 masses d'eau dans la classe « Bon » et deux dans la classe « Moyen ».

La masse d'eau de transition est classée en « Médiocre » avant la grille actuelle, dans l'attente de grilles plus adaptées.

Tableau 62 : Qualité des masses d'eau DCE basée sur l'indicateur Nutriments calculé avec le percentile 90 pour les années 2017, 2019, 2020 et 2021, évaluée selon la grille de qualité Impact Mer et al., 2011. (ME= Masse d'Eau, EQR = Ecological Quality Ratio, TB = Très Bon ; B = Bon ; MO = Moyen ; ME = Médiocre et MA = Mauvais)

| Type | Code ME | Site | Valeur moyenne EQR Orthophosphates et DIN | années | Qualité (Impact Mer, 2011) |
|------|---------|-----------------------------------|--|-------------|----------------------------------|
| 1 | FRJC013 | Baie du Trésor | 0,43 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC007 | Ilet à Rats | | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC001 | Banc Gamelle | | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC010 | Baie du Marin | | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC005 | Baie du Robert | | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC014 | Baie du Galion | | 2017, 19-21 | Bon |
| 2 | FRJC008 | Pinsonnelle | 0,18 | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC006 | Caye Pariadis | | 2017, 19-21 | Moy |
| | FRJC012 | Loup Ministre | | 2017, 19-21 | Bon |
| 3 | FRJC011 | Loup Garou | 0,31 | 2017, 19-21 | Bon |
| 4 | FRJC004 | Loup Caravelle / Cap St-Martin | 0,28 | 2017, 19-21 | Bon |
| 5 | FRJC003 | Cap Salomon | 0,24 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC002 | Fond Boucher | | 2017, 19-21 | Bon |
| 6 | FRJC017 | Corps de Garde / Pointe Borgnesse | 0,22 | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC018 | Caye d'Olbian | | 2017, 19-21 | Bon |
| | FRJC009 | Pointe Catherine | | 2017, 19-21 | Bon |
| 7 | FRJC019 | Banc du Diamant/Rocher Diamant | 0,29 | 2017, 19-21 | Bon |
| MET | FRJT001 | Etang des Salines - Centre | 0,052 | 2017, 19-21 | Méd |

Les résultats sont plus contrastés avec la métrique moyenne qu'avec la métrique percentile 90, ce qui permet de mieux distinguer les pressions subies par les sites. Cependant, les résultats obtenus avec la métrique percentile 90 sont moins optimistes dont plus réalistes vis-à-vis du niveau de pression. Cette comparaison sera à renouveler jusqu'à obtenir six années de mesures.



Hall C – Le Nadar
5, square Félix Nadar
94300 Vincennes
01 45 14 36 00
www.ofb.gouv.fr



7 Avenue Condorcet BP 32
97201 Fort-de-France
05 96 48 47 20
www.eaumartinique.fr