



Suivi de l'impact des effluents de stations d'épuration sur les milieux aquatiques

Lot 2 : rejets en mer



Suivi du milieu récepteur de la STEU du bourg de Tartane

Version finale

Mars 2016

Référence dossier : 1410_04



Note : Pour une communication éco-responsable : ce rapport est imprimé en recto verso sur du papier recyclé ou issu de la gestion de forêts durables, avec une imprimante respectueuse de l'environnement. La mise en page est conçue pour limiter le nombre de pages et la consommation d'encre. www.ademe.fr/eco-conception



Étude pour le compte de :



SICSM - Syndicat Intercommunal Centre et Sud Martinique
Avenue des Ecoles - Quartier Laugier
97215 - RIVIERE-SALEE

Contact : Sandrine Victorin - victorin@sicsm.mq

Rapport à citer sous la forme :

Impact Mer, 2016. Suivi de l'impact des effluents de stations d'épuration sur les milieux aquatiques - Lot 2 : rejets en mer - Diagnostic de l'émissaire en mer de la STEU du bourg de Tartane & Suivi du milieu récepteur. Rapport pour : SICSM Martinique, 27 pp (+ annexes).

Rédaction :

Guillaume Tollu (gtollu@impact-mer.fr)

Contrôle qualité :

Adeline Pouget Cuvelier

Coordination générale :

Guillaume Tollu

Adeline Pouget Cuvelier

Terrain :

Julien Da Silva

Jérôme Letellier

Adeline Pouget Cuvelier

Guillaume Tollu

Crédits photographiques :

Jérôme Letellier

Adeline Pouget Cuvelier

Guillaume Tollu

Serge Defoi, prestataire photographies aériennes

Cartographie :

Guillaume Tollu



90 rue Prof. Garcin – Didier
97200 Fort-de-France
Tel : 05 96 63 31 35
Siret : 534 347 836 00015
contact@impact-mer.fr

Sommaire

INTRODUCTION	1
A. METHODOLOGIE.....	2
1 Description de la STEU de Tartane	2
2 Protocoles	3
2.1 Phase 1 : Diagnostic de l'émissaire en mer	3
2.2 Phase 2 : Suivi de l'impact des effluents sur le milieu marin : compartiment « biote »	5
2.2.1 Choix des stations de suivi : prospection	5
2.2.2 Protocole d'échantillonnage des communautés benthiques coralliennes.....	5
2.2.3 Protocole d'échantillonnage des herbiers	7
2.2.4 Conditions de plongée	7
2.2.5 Période d'échantillonnage et fréquence d'échantillonnage	7
2.3 Phase 3 : Suivi de l'impact des effluents sur le milieu marin : compartiment « eau »	8
2.3.1 Stations de suivi	8
2.3.2 Paramètres	8
2.3.3 Technique d'échantillonnage et d'analyse.....	8
2.3.4 Période d'échantillonnage	9
2.3.5 Bancarisation.....	9
2.3.6 Traitement des résultats	9
B. RESULTATS ET ELEMENTS DE DISCUSSION	10
1 Phase « 0 » : Pré-repérage de l'émissaire	10
1.1 Localisation de l'atterrage de l'émissaire en mer et tracé de la conduite	10
1.2 Spécificités techniques de l'ouvrage d'art	10
1.3 Pré-repérage des fuites	11
2 Phase 1 : Diagnostic d'émissaire et visualisation du panache	12
2.1 Conditions météorologiques le jour de l'intervention	12
2.2 Injection du colorant au niveau de la STEU.....	12
2.3 Diagnostic des fuites de l'émissaire en mer en plongée	12
2.4 Diagnostic aérien des fuites de l'émissaire et du comportement du panache coloré	13
3 Phase 2 : Suivi de l'impact des effluents sur le milieu marin : compartiment « biote » de l'émissaire. 14	14
3.1 Analyse bibliographique.....	14
3.2 Phase de prospection et de choix des sites.....	15
3.3 Suivi des « communautés coralliennes » des sites retenus.....	17
3.3.1 Station « amont »	17
3.3.2 Station « aval »	20
3.3.3 Comparaison des peuplements « amont » et « aval »	22
4 Phase 3 : Suivi de l'impact des effluents sur le milieu marin : compartiment « eau ».....	22
4.1 Localisation des points d'échantillonnage	22
4.2 Résultats par vent négligeable	23
4.2.1 Conditions météorologiques et déroulement.....	23
4.2.2 Paramètres généraux.....	23
4.2.3 Nutriments.....	23
4.2.4 Bactériologie	24
4.3 Résultats par Alizé modéré mais établi.....	24
4.3.1 Conditions météorologiques.....	24
4.3.2 Paramètres généraux.....	24
4.3.3 Nutriments.....	25
4.3.4 Bactériologie	25

Liste des figures

Figure 1 : Fiche descriptive de la STEU Trinité-Tartane (Source : MEDDE - ROSEAU - Octobre 2014).....	2
Figure 2 : Vue générale de situation de la STEU de Tartane	3
Figure 3 : Carte des biocénoses marines et courants principaux au niveau de la STEU de Tartane (Legrand, 2009)	5
Figure 4 : Cartes de l'atterrage de l'émissaire de la STEU de Tartane (1) supposé (rose) et (2) réel (blanc).....	10
Figure 5 : Emissaire en mer de la STEU de Tartane.....	11
Figure 6 : Illustrations de fuites de l'émissaire de la STEU de Tartane constatées lors du pré-repérage.....	11
Figure 7 : Injection du colorant au niveau de la STEU de Tartane	12
Figure 8 : Observation des fuites sur l'émissaire en mer	13
Figure 9 : Vue générale de la diffusion du colorant (trajectoire indicative émissaire en pointillés noirs)	13
Figure 10 : Etendue et direction des panaches, 30 minutes après coloration	14
Figure 11 : Carte des biocénoses marines et courants principaux au niveau de la STEU de Tartane (Legrand, 2009). 15	15
Figure 12 : Cartographie du tracé de la zone prospectée en PMT	15
Figure 13 : Cartographie des stations d'expertise en plongée	16
Figure 14 : Illustrations des alentours de la station « amont ».....	18
Figure 15 : Illustrations de la station « amont »	19
Figure 16 : Illustrations de la station « aval ».....	21
Figure 17 : Cartographie des stations de suivi hydrologique	22

Liste des tableaux

Tableau 1 : État de santé général des communautés coralliennes réparti en cinq classes.....	6
Tableau 2 : Classification du niveau de blanchissement ou de maladie d'une colonie corallienne (adapté de la DCE) ...	7
Tableau 3 : Détails méthodologiques et précisions pour l'analyse des paramètres généraux	8
Tableau 4 : Bathymétrie des stations de suivi « amont » et « aval » retenues	16
Tableau 5 : Principales composantes des peuplements benthiques « amont » et « aval »	22
Tableau 6 : Noms des stations de suivi échantillonnées.....	22
Tableau 7 : Résultats des paramètres généraux mesurés sur les stations de suivi en campagne 1	23
Tableau 8 : Résultats des analyses de nutriments réalisées sur les stations de suivi en campagne 1	23
Tableau 9 : Résultats des analyses bactériologiques réalisées sur les stations de suivi en campagne 1	24
Tableau 10 : Résultats des paramètres généraux mesurés sur les stations de suivi en campagne 2	24
Tableau 11 : Résultats des analyses de nutriments réalisées sur les stations de suivi en campagne 2.....	25
Tableau 12 : Résultats des analyses bactériologiques réalisées sur les stations de suivi en campagne 2.....	25

Introduction

Dans le cadre de l'auto-surveillance, le gestionnaire des Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU) doit contrôler le rejet et les rendements épuratoires de sa station. L'auto-surveillance peut être étendue dans certains cas jusqu'au milieu récepteur avec, notamment, des analyses d'eau afin de vérifier l'absence d'impact du rejet sur le milieu.

Au niveau des émissaires marins, il faut d'une part vérifier l'absence de fuite sur l'émissaire puis s'assurer de la bonne dilution des effluents, réaliser un suivi de la qualité des eaux et des milieux environnants afin de s'assurer de l'absence d'impact.

Les objectifs principaux de cette étude sont les suivants :

- réaliser un diagnostic d'émissaire de STEU : identification des fuites et du rejet principal ;
- réaliser un suivi de la qualité des eaux en mer autour des émissaires de STEU ;
- réaliser un suivi de la biocénose au droit de l'émissaire et dans sa zone d'impact.

Le présent rapport présente le diagnostic de l'émissaire de la STEU du bourg de Tartane, ainsi que les résultats des suivis hydrologiques et des biocénoses environnantes.

Peu de renseignements sur cet ouvrage d'art ont pu être transmis par le client et l'Office De l'Eau en amont de l'étude. Il n'existe pas de plan de recollement, et aucun diagnostic n'a été réalisé depuis des années. Même le point d'entrée en mer sur le littoral était inconnu, le tube étant ensouillé sur sa partie littorale.

Ainsi, l'étude a dû intégrer une phase de repérage de l'émissaire en amont de l'expertise. Cette étape initiale a permis de préciser différents éléments nécessaires à l'étude principale, parmi lesquels le matériau du tube, la technique utilisée pour son maintien, son tracé ainsi que les points d'exutoire et d'entrée dans le milieu marin.

A. Méthodologie

1 Description de la STEU de Tartane

La STEU de Tartane – bourg (Figure 1) : sa charge est de 107 % par rapport à sa capacité totale avec un rendement moyen du système de traitement pour le phosphore totale et l'azote inférieur à 70 % (Données Autosurveillance STEU, Rapport 2013). Cette station est en surcharge et est dans un état préoccupant vis à vis de l'environnement.

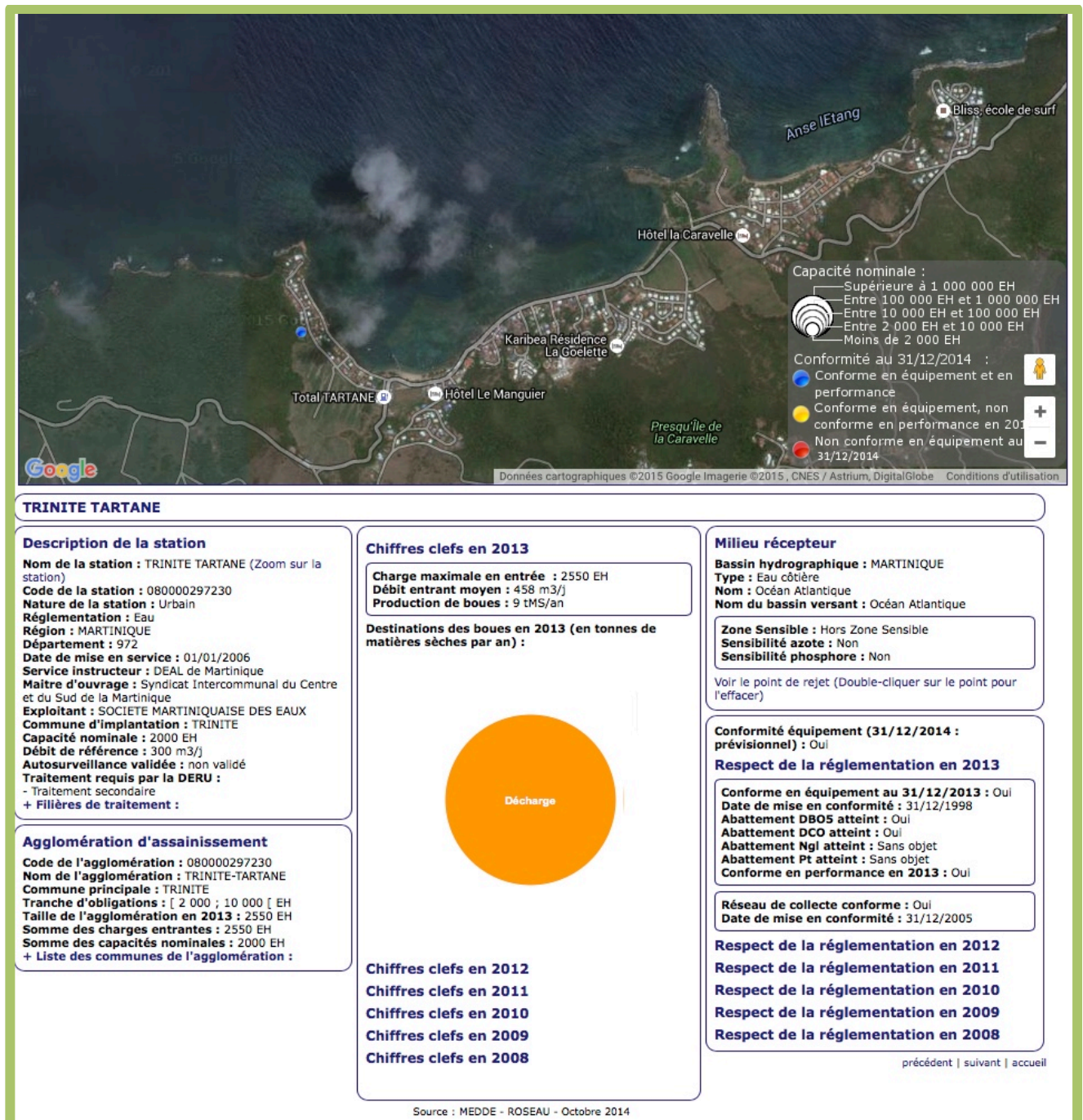


Figure 1 : Fiche descriptive de la STEU Trinité-Tartane (Source : MEDDE - ROSEAU - Octobre 2014)

Une recherche et un diagnostic de l'émissaire en mer de la STEU de Tartane ont été réalisés. Aucun plan de recollement précis de l'implantation de l'émissaire en mer de la STEU n'est disponible. Un plan de « vue

générale » (Figure 2) issu du dossier réglementaire de réhabilitation de la STEP de Tartane (Safège, année non connue) présente (en rose) une trajectoire approximative de l'ouvrage d'art.

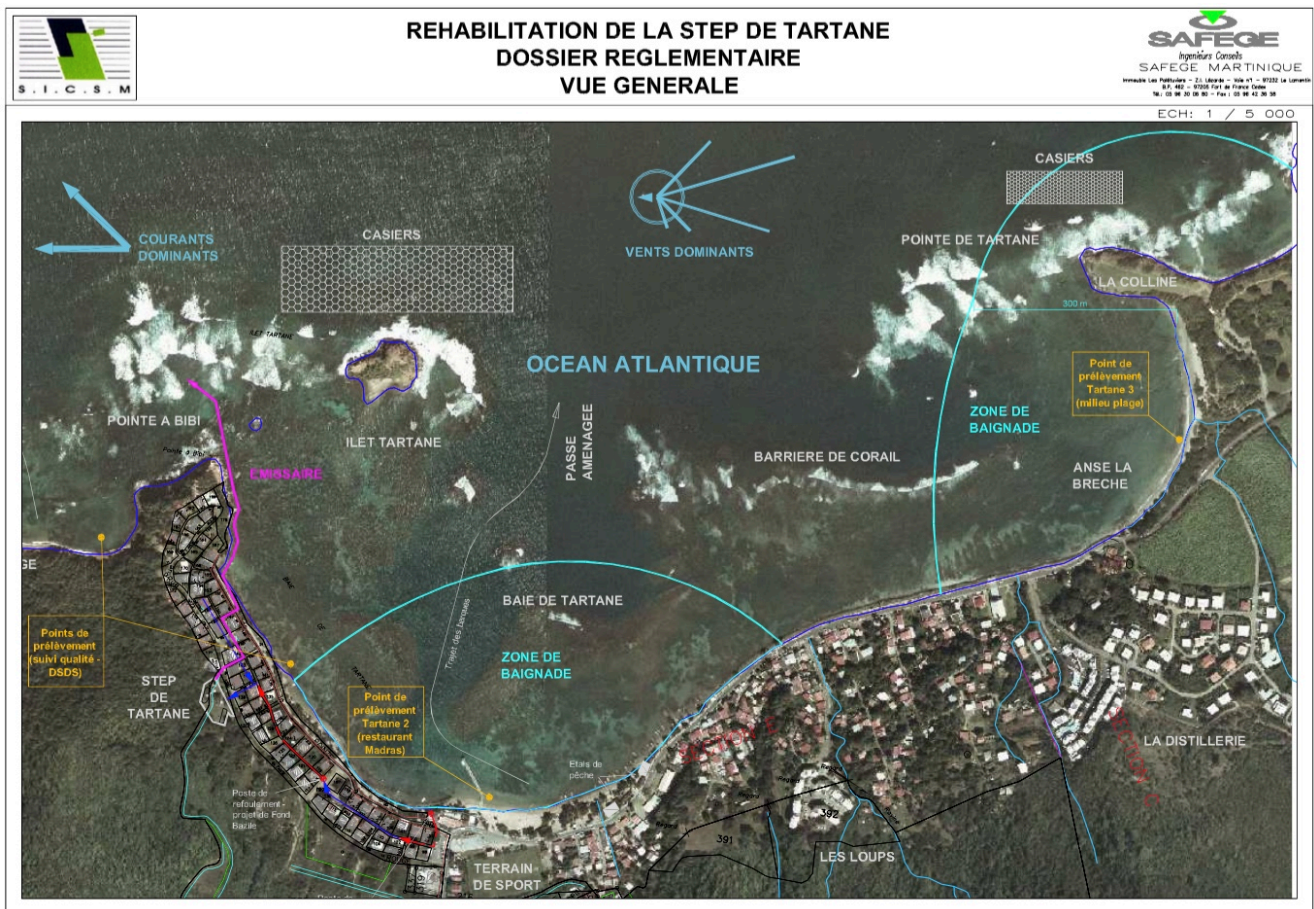


Figure 2 : Vue générale de situation de la STEU de Tartane
Trajectoire supposée de l'émissaire en rose, sur la gauche, le long de la côte Est de la pointe à Bibi

2 Protocoles

2.1 Phase 1 : Diagnostic de l'émissaire en mer

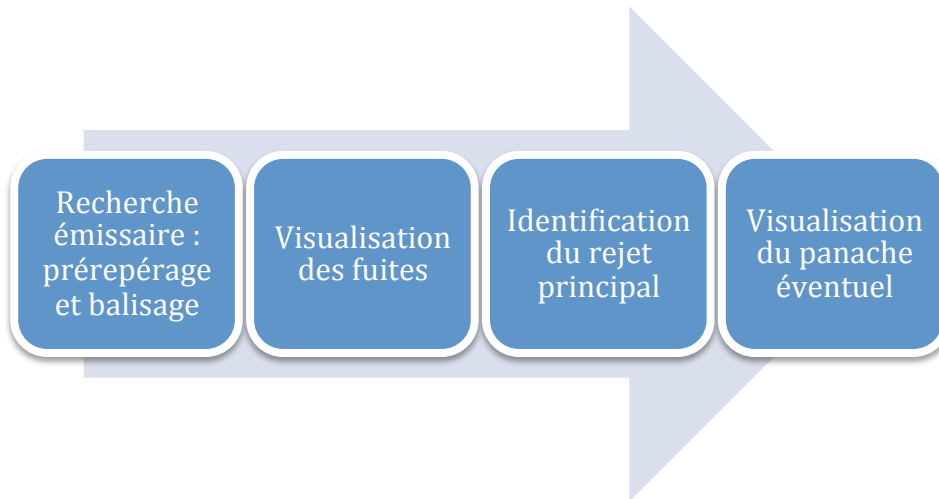
La phase 1 de l'étude de suivi de la STEU correspondait au diagnostic d'émissaire incluant une recherche du point de rejet principal des effluents et une visualisation du panache.

Le diagnostic des fuites de l'émissaire nécessitait une étape préalable de pré repérage et de balisage de l'émissaire en plongée puisque son tracé était mal connu.

La visualisation des fuites s'est faite par :

- l'utilisation d'un traceur hydrologique avec photographies aériennes (par drone)
- et l'observation des rejets colorés *in situ* avec photographies et vidéo sous-marines (2 équipes de 2 plongeurs en plongée libre, compte-tenu des conditions de mer et de houle).

L'identification du rejet principal et la visualisation du panache sont essentielles pour évaluer l'impact de la STEU sur le milieu récepteur.



Utilisation de traceur hydrologique

L'utilisation d'un traceur hydrologique coloré permet de visualiser les fuites potentielles de l'émissaire et la direction du panache à l'exutoire.

En hydrologie, le traçage constitue un outil précieux pour la détermination des systèmes d'écoulement et la caractérisation des processus de mobilité des solutés dans les eaux. Ceux-ci offrent la possibilité d'étudier sur l'objet lui-même certains aspects de l'écoulement et du transport.

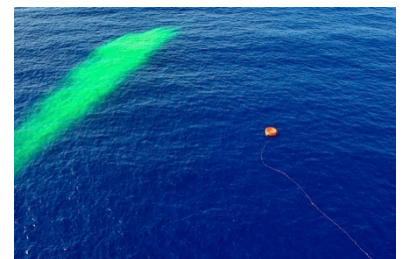
Présentation du traceur :

Un traceur classique a été utilisé : la **fluorescéine**.

Autre nom : Résorcinolphtaléine. C20 H10 Na2 O5

Présentation : Poudre cristalline rouge orangé. Fluorescence vert jaune en milieu alcalin.

Ce traceur est sensible à l'exposition lumineuse, il faut donc le maintenir hors de la lumière, afin d'éviter toute dégradation.



Ce traceur n'a aucun impact sur l'environnement et est utilisé de façon routinière en recherches hydrologiques, pour ce genre d'étude. Aucune écotoxicité n'a été mise en évidence à partir des tests réalisés sur divers poissons ; les résultats disponibles dans la littérature sur les daphnies, confirment ces conclusions.

Pour le repérage des cours d'eau ou des fuites dans les canalisations, les mesures du débit de rivières, le repérage des courants marins, la concentration utilisée est de 10 mg/l.

L'idée de base des techniques de traçage est simple et claire : l'eau est marquée à l'aide d'un traceur artificiel ce qui permet de suivre et d'étudier son déplacement. Le traçage consistera donc à injecter le traceur en un point de l'aquifère (au niveau de la station), à suivre son apparition le long de la conduite, et à réaliser **des prises de vues aériennes** de la masse d'eau afin de visualiser la direction du marqueur et donc du panache de pollution.

Remarque : la présence éventuelle d'un courant de fond (= dilution du panache : ce qui est escompté lors de la mise en service effective d'un émissaire) et/ou le niveau de turbidité de la zone d'étude peuvent entraver l'observation du colorant en surface. Pour cette raison une équipe de plongeur a été mobilisée dans l'eau lors du lâché de colorant afin de pouvoir constater in situ le devenir du panache de colorants. L'équipe réalise de plus des observations complémentaires de caractérisation des fuites.

Cette méthodologie nécessite une bonne connaissance du fonctionnement de la STEU étudiée. Pour ce faire, une visite avec un technicien a été réalisée en amont le 23/01/2015 afin de définir ensemble, notamment, le lieu et les modalités d'injection du colorant.

La manipulation de ce colorant est effectuée par du personnel expérimenté.

L'utilisation du traceur se fait dans la mesure du possible lors du débit maximum (information à obtenir auprès de l'exploitant de la STEU lors de la visite).

2.2 Phase 2 : Suivi de l'impact des effluents sur le milieu marin : compartiment « biote »

2.2.1 Choix des stations de suivi : prospection

Le milieu marin proche de la STEU de Tartane a fait l'objet de peu d'études. Une cartographie des biocénoses a été réalisée en 2006/2009 (Figure 3). Mais depuis, des changements ont pu être observés dans les écosystèmes marins martiniquais. En outre, l'échelle de cette cartographie n'est quelque fois pas adaptée à un travail de terrain.

Pour ces raisons, préalablement aux suivis **une journée de prospection a été réalisée** afin d'identifier 1) l'écosystème le plus pertinent à suivre (corallien ou herbier) et 2) l'emplacement le plus adapté pour faire des suivis réguliers (critères également utilisés pour la définition des stations DCE, Cf. Chapitres suivants).

Ainsi, lors de la prospection, la typologie des écosystèmes a été prise en compte afin de pouvoir comparer les stations de manière rigoureuse. En effet, la composition, l'état, etc. des écosystèmes sensibles comme les herbiers et les milieux coralliens dépendent des facteurs anthropiques mais également des facteurs naturels. **Pour mettre en exergue l'impact de la STEU, il est ainsi nécessaire de trouver des stations comparables (géomorphologie, substrat, hydrodynamisme, etc.).**

En outre, le positionnement précis de ces stations a nécessité en préalable (a) une bonne connaissance du positionnement de l'émissaire (information non disponible antérieurement) mais également (b) de la direction du panache. Ces deux éléments ont pu être précisés à l'issue de la phase 1.

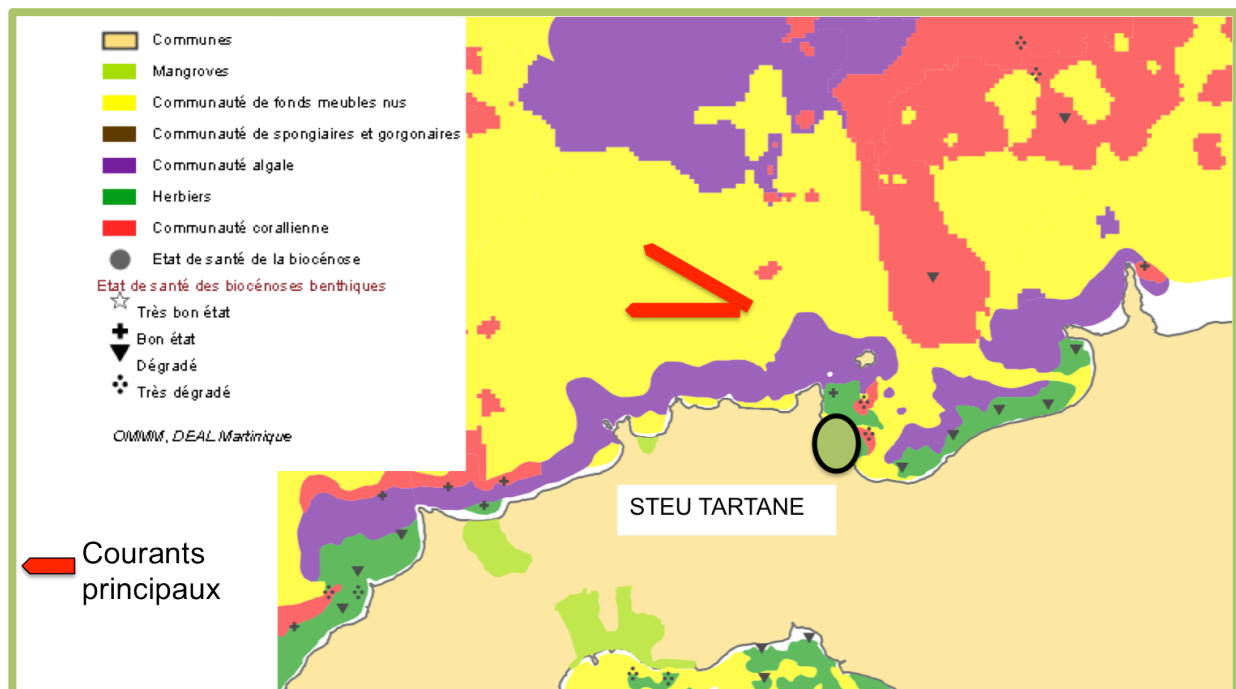


Figure 3 : Carte des biocénoses marines et courants principaux au niveau de la STEU de Tartane (Legrand, 2009)

Deux stations de suivi biote (biocénose corallienne) ont ainsi pu être identifiées :

- 1) Une station en **amont** du panache
- 2) Une station en **aval** du panache.

2.2.2 Protocole d'échantillonnage des communautés benthiques coralliennes

L'ensemble des échantillonnages a été réalisé en scaphandre autonome, dans le respect de la réglementation du travail en milieu hyperbare.

Pour permettre des comparaisons entre les stations le protocole DCE a été adapté et les descripteurs suivants ont été relevés :

- corail vivant/mort
- macroalgues
- évaluation de la présence de maladies coralliennes
- niveau de sédimentation
- présence de groupes taxonomiques rares et menacés, groupes dominantes, abondance relative ...

Ce protocole permet d'évaluer la qualité et le potentiel écologique global. Nos scaphandriers sont capables d'identifier la plupart des coraux au niveau de l'espèce, ce qui permet une analyse plus fine pour comprendre l'évolution du milieu.

- évaluation de l'état général de l'écosystème récifal,
- échantillonnage de la composition et de l'abondance des autres organismes benthiques susceptibles d'être en compétition avec les coraux (algues et invertébrés sessiles),
- photographies pour illustration (espèces remarquables et « paysages » sous-marins...).

L'échantillonnage des paramètres précités se déroule en plongée sous-marine (scaphandre autonome) sur :

❖ **un secteur comprenant une zone corallienne homogène ;**

❖ **une surface d'échantillonnage adaptée à la morphologie du récif :**

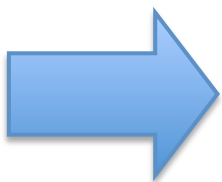
- si le site est non pentu : la surface équivaut à un disque de rayon de 50 m autour d'un point GPS identifiant le site ;
- si le site est pentu : la surface d'échantillonnage correspond à une bande de 100 m de long et environ 2 mètres de large parallèle à l'isobathe (la variation de profondeur au sein de cette bande doit être de 2 m maximum).

Etat de santé des récifs

La méthodologie d'évaluation de l'état de santé des récifs qui a été retenue est issue de Bouchon *et al.* (2004) et adaptée aux exigences de la DCE (5 classes ont été définies contre 4 dans Bouchon *et al.* 2004). Un transect de 60 m (6 réplicats de 10 m) seront réalisés. Pour chacun des réplicats, l'état de santé de la communauté corallienne est évalué visuellement selon les 5 classes définies dans le Tableau 1. Le très bon état est caractérisé par un peuplement corallien (dense ou non), sans nécrose et sans macroalgue. Il doit cependant être temporisé par les caractéristiques géographiques et géomorphologiques du site (fond de baie, zones exposées aux cyclones, etc.). L'état général de la station est calculé en moyennant les indices évalués dans les transects.

Tableau 1 : État de santé général des communautés coralliennes réparti en cinq classes

Indice 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



Moyenne de l'indice sur les transects = indice état de santé globale de la station communauté corallienne

Caractérisation de l'état des peuplements coralliens et des autres groupes d'organismes benthiques : composition et abondance relative

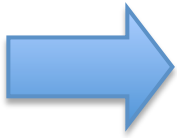
Impact Mer a mis en œuvre un suivi de type PIT (Point Intercept). Cette méthodologie a été déjà éprouvée par nos équipes (diagnostic du PCSM pour le GPMG, DCE...) et est couramment utilisée. Elle permet en outre d'évaluer non seulement le pourcentage de recouvrement corallien et de macroalgues mais aussi des autres invertébrés (gorgones, ascidies, zoanthaires, ...).

Un plongeur déroule un **transect de 10 m** et l'attache en 2 points fixes tendu au-dessus du fond et au plus proche du substrat (moins de 50 cm). Il réalise un passage unique sur le transect et réalise un relevé de type «

point intercept ». Ce relevé consiste à identifier la nature du substrat et des organismes présents en un point sous le transect **tous les 20 cm**.

L'effort d'échantillonnage est donc de 50 points par transect de 10 m soit 300 points par transect de 60 m. Cette technique d'échantillonnage permet d'obtenir des informations qualitatives sur le benthos récifal et sur son état de stress (blanchissement, maladies cf ci-après).

Remarques : Les transects peuvent être réalisés à la suite le long d'un multi décamètres. Si la géomorphologie de la station le permet, cette disposition sera privilégiée.



Pourcentage relatif des différentes catégories d'organismes (notamment algues et coraux) sur les transects puis moyennes

Maladies : indice stress corallien

Sur la base de la méthodologie décrite précédemment pour l'étude des peuplements coralliens (, le plongeur note le code de corail blanchi ou malade («HC» et Note= «CB» ou «CM») et ajoute le % de CB ou CM sous la forme d'un indice en 5 classes comme indiqué dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Classification du niveau de blanchissement ou de maladie d'une colonie corallienne (adapté de la DCE)

Classe	La colonie corallienne est blanchie ou malade à :	Classification du stress des colonies coralliennes
Classe 0	0 %	Très bon état
Classe 1	1 à 10 %	Bon état
Classe 2	11 à 50 %	État moyen
Classe 3	51 à 90 %	État médiocre
Classe 4	91 à 100 %	Mauvais état

Oursins

Un quadrat de 1 m x 1 m est positionné à chaque mètre linéaire du transect et la totalité des oursins diadèmes est comptabilisée (soit 60 quadrats par station et 60 m² couverts).

2.2.3 Protocole d'échantillonnage des herbiers

Les stations échantillonnées dans le cadre de cette étude étaient des stations de communautés coralliennes uniquement. Les prospections ont permis de déceler des zones coralliennes sur l'axe amont - aval de l'exutoire de la STEU. Les communautés de phanérogames marines n'ont été rencontrées dans les zones proches que dans la zone abritée par l'îlet Tartane, à l'ouest (donc en amont). Aucune zone d'herbiers n'a pu être trouvée en zone aval.

2.2.4 Conditions de plongée

Des paramètres complémentaires ont été consignés avec les données brutes : date et heure de plongée, nom des observateurs, point GPS de la zone considérée comme homogène (système WGS84 UTM 20N), conditions climatiques du jour et température de l'eau. Ces informations permettent de disposer de facteurs explicatifs liés aux conditions d'échantillonnage et, de permettre la traçabilité des données dans le cadre de l'assurance qualité.

2.2.5 Période d'échantillonnage et fréquence d'échantillonnage

Compte-tenu des conditions de mer sur ces sites très exposés, la **campagne** de suivi a été réalisée durant une période de mer calme, le 7 août 2015.

2.3 Phase 3 : Suivi de l'impact des effluents sur le milieu marin : compartiment « eau »

2.3.1 Stations de suivi

Pour la STEU de Tartane, 3 stations de suivi Eau devaient être échantillonnées :

- 1) Une station en **amont** du panache identique à celle du suivi biote
- 2) Une station au niveau du rejet principal = **exutoire** de l'émissaire
- 3) Une station en **aval** du panache identique à celle du suivi biote

Il était initialement prévu d'échantillonner la sub-surface et la mi-profondeur de ces stations.

Cependant, du fait de la faible profondeur, certains points n'ont pu être échantillonnés qu'en sub-surface. Pour cette raison, deux stations aval ont été rajoutées (échantillonnage en sub-surface uniquement aussi).

L'effort d'échantillonnage pour le volet hydrologique a ainsi été partiellement redéployé, de différentes profondeurs vers un plus grand nombre de points de prélèvements et analyses sur la zone « aval » du plan d'eau. Au final **5 stations ont été échantillonnées** au lieu de 3 prévues initialement.

2.3.2 Paramètres

Les paramètres retenus sont les suivants :

1. la température, la salinité, le pH, l'oxygène dissous et saturation en oxygène
2. matières en suspension (MES), la turbidité, les nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-), l'azote ammoniacal (NH_4^+) et les phosphates (PO_4^{3-})

→ Ce sont ce que l'on appelle les **paramètres généraux** de la DCE et ou du RNO.

3. Entérocoques intestinaux et *Escherichia coli* → paramètres principaux de surveillance eau de baignade

Tous ces paramètres ont été analysés localement (LDA 972).

2.3.3 Technique d'échantillonnage et d'analyse

Les techniques d'échantillonnages et d'analyse décrites ci après sont conformes à celle utilisées dans le cadre de la DCE/RNO et surveillance des eaux de baignade (comparaison des données possibles) en Martinique.

◆ Température, salinité, pH, oxygène

L'eau de mer est prélevée grâce à une bouteille NISKIN (bouteille Free Flow HYDRO-BIOS, 2,5 l) en sub-surface puis tous les 2 mètres (jusqu'à une profondeur équivalente à 2 m au-dessus de la profondeur maximale de la station). La température, la salinité, le pH, l'oxygène dissous et la saturation en oxygène sont analysés simultanément par une sonde multiparamètres (ISY calibrée quotidiennement Tableau 3).

Tableau 3 : Détails méthodologiques et précisions pour l'analyse des paramètres généraux

Paramètre	Lieu d'analyse	Méthode d'analyse
Salinité	Sur site	Sonde multiparamètres
Température	Sur site	Sonde multiparamètres
pH	Sur site	Sonde multiparamètres
Oxygène	Sur site	Sonde multiparamètres
Nitrates	LDA 972	Méthode RNO + Spectro UV-V
Nitrites	LDA 972	Méthode RNO + Spectro UV-V
Ammonium	LDA 972	Méthode RNO + Spectro UV-V
Orthophosphates	LDA 972	Méthode RNO + Spectro UV-V
Turbidité	LDA 972	NF EN ISO 7027
MES	LDA 972	NF EN 872 juin 05

◆ **Turbidité, concentration en nutriments et bactériologie**

L'eau de mer a été prélevée grâce à une bouteille NISKIN (bouteille Free Flow HYDRO-BIOS, 2,5 l) en subsurface et à mi profondeur (sauf en aval où la faible profondeur ne le permettait pas et où d'autres points ont été ajoutés). Les flacons, rincés au préalable (sauf pour la bactériologie), ont été soigneusement manipulés avec des gants.

2.3.4 Période d'échantillonnage

Les prélèvements en mer sont **théoriquement** réalisés à la fin d'un bilan 24h (auto-surveillance) de la STEU afin de connaître les flux de pollutions rejetés par la STEU lors du suivi.

Deux campagnes ont été réalisées :

- une campagne avec vent d'Est type Alizés (néanmoins modéré du fait du faible hydrodynamisme tolérable pour l'accès à la zone) le 30/04/2015
- et une campagne avec un vent négligeable le 23/07/2015.

Les échantillons ont été prélevés à une heure équivalente d'une campagne à une autre. Ils ont été portés le jour même au laboratoire départemental d'analyses.

2.3.5 Bancarisation

La totalité des données a été minutieusement bancarisée sous un fichier Excel structuré.

2.3.6 Traitement des résultats

Lors du traitement des données, les mesures inférieures aux seuils de quantification du laboratoire ont considérées comme étant égales à la valeur des seuils de quantification considérés (traitement RNO et DCE).

B. Résultats et éléments de discussion

1 Phase « 0 » : Pré-repérage de l'émissaire

Un pré-repérage de l'émissaire, destiné à préciser sa localisation et le caractériser en amont de la manipulation de diagnostic, a été réalisé.

Une première exploration de recherche a été réalisée à la suite de la visite de la STEU le 23/01/2015. Un second repérage a complété le premier le 14/04/2015, quelques jours avant le diagnostic.

Ce travail a permis de préciser les éléments suivants :

- lieu sur le littoral où l'émissaire entre en mer et tracé précis de la conduite,
- spécificités techniques de l'ouvrage d'art,
- pré-repérage de fuites.

Durant les deux sessions d'observation, le temps était calme, avec un vent inférieur à 10 nœuds et des conditions de mer favorables, avec peu ou pas de houle levée sur les cayes de la zone.

1.1 Localisation de l'atterrissage de l'émissaire en mer et tracé de la conduite

L'atterrissage de l'émissaire n'est pas situé sous l'enrochement au niveau du chemin d'accès comme supposé précédemment, mais légèrement plus au nord, juste à la lisière de la falaise de la pointe à Bibi.



Figure 4 : Cartes de l'atterrissage de l'émissaire de la STEU de Tartane (1) supposé (rose) et (2) réel (blanc)

1.2 Spécificités techniques de l'ouvrage d'art

Le pré-repérage de l'émissaire a permis de préciser les spécificités techniques de l'émissaire. Il s'agit d'un tube constitué de tronçons de béton, reliés les uns aux autres par des manchons métalliques. Des cavaliers métalliques maintiennent l'ensemble à l'aide de plots béton disposés tous les 30 mètres environ.



Figure 5 : Emissaire en mer de la STEU de Tartane

L'émissaire mesure environ 300 mètres de son atterrissage au bout de l'émissaire au nord-ouest de la pointe à Bibi, par 3 mètres de fond. Après une partie "terrestre" enterrée jusqu'au littoral, dont le tracé n'est pas connu, la partie marine de l'émissaire s'étend sur 280 m, dont les 80 premiers mètres sont ensouillés de manière discontinue sous un herbier de phanérogames marines, de la côte jusqu'à une première inflexion en direction du nord. Le deuxième segment presque orienté sud-nord mesure environ 95 m. Une seconde inflexion dirige l'émissaire dans une direction ouest-nord-ouest sur un tronçon d'environ 75 m qui évite des cayes juste au Nord et juste au Sud. Une troisième et dernière inflexion redirige légèrement l'ouvrage d'art à l'ouest-sud-ouest, en direction de Pointe Rouge. Le dernier tronçon mesure environ 30 m.

L'émissaire est maintenu au fond par des plots béton dans lequel il est noyé tous les 30 mètres environ.

L'extrémité de l'émissaire n'est pas signalée par une bouée de surface jaune dite de "danger isolé" (bouée normalisée AQ1501). Cela est probablement dû au fait que les conditions de mer de la zone sont trop mauvaises/dangereuses, et que par voie de conséquence, la zone ne fait l'objet de presque aucun usage nautique.

1.3 Pré-repérage des fuites

La plongée de pré-repérage a été l'occasion de constater d'ores et déjà la présence de fuites sur l'émissaire. Des fuites visibles sans colorant ont pu être observées entre le coude principal du tuyau, par environ -3 m de profondeur, et jusqu'avant l'exutoire. Une cassure majeure a été relevée, quelques mètres avant l'extrémité.



Figure 6 : Illustrations de fuites de l'émissaire de la STEU de Tartane constatées lors du pré-repérage
Une cassure importante est observée quelques mètres avant l'extrémité de l'émissaire.

2 Phase 1 : Diagnostic d'émissaire et visualisation du panache

Objectifs

- Une carte de l'émissaire géoréférencée depuis le regard de surverse jusqu'à l'exutoire
- Des images vidéo et photographiques (sous réserve de visibilité suffisante) faisant apparaître l'émissaire et les anomalies constatées (casse, déboîtement, etc.)
- Une liste géoréférencée des anomalies relevées par constat visuel

2.1 Conditions météorologiques le jour de l'intervention

L'intervention de diagnostic de l'émissaire de la STEU du bourg de Tartane a été réalisée le 21 avril 2015, dans des conditions de vent (max. 29 km/h) et de houle (0,6-1m) modérés, en adéquation avec les conditions médianes sur le site de la pointe à Bibi.

Ces conditions se devaient, de plus, d'être compatibles avec les possibilités de vol du drone (rafales de 20 nœuds maximum) et d'accès en plongée au tracé de l'émissaire (houle modérée, pas trop de déferlement au niveau de l'exutoire).

2.2 Injection du colorant au niveau de la STEU

Le colorant a été ajouté à l'eau épurée de la STEU au niveau de la chute d'eau en sortie du décanteur (cercle vert, fig.9.1), en entrée du bassin final de refoulement des eaux épurées dans l'émissaire.



Figure 7 : Injection du colorant au niveau de la STEU de Tartane
(1) Localisation du point d'injection du colorant - (2) Point d'injection - (3) Injection de colorant

2.3 Diagnostic des fuites de l'émissaire en mer en plongée

Le diagnostic des fuites de l'émissaire en mer a été réalisé par 2 équipes de 2 plongeurs d'Impact Mer.

Chaque équipe s'est vue attribuer un tronçon d'émissaire correspondant à environ la moitié de la longueur totale de l'ouvrage.

Il s'est avéré que le premier tiers du linéaire de l'émissaire ne semble pas présenter de fuites. Ce résultat est tempéré par le fait que de nombreuses sections sont ensouillées. Même si aucune remontée en surface de colorant n'est observée, il n'est pas impossible que des fuites soient masquées dans ces parties.

Pour le reste, les deux tiers de la suite de la conduite présentent des dizaines de fuites de différentes importances, provoquées par **différentes causes : cassures ou fêlures des tubes, jonctions déboîtées ou imparfaites entre les segments**. Il est impossible de définir l'importance et de renseigner le type de chaque fuite car leur observation individuelle dans le nuage de fluorescéine s'est révélée impossible.



La carte ci-contre présente la localisation **non exhaustive** des fuites principales observées sur l'ouvrage d'art servant d'émissaire en mer de la STEU de Tartane, au niveau de la pointe à Bibi (de l'atterrage vers l'exutoire).

Le diagnostic ne peut être exhaustif et bien qualifié et quantifié du fait du grand nombre de fuites et de la perte totale de visibilité une fois le marquage colorant réalisé.

Une large partie du tronçon 1 et le début du tronçon 2 sont ensouillés sous un sédiment sableux largement colonisés d'herbiers de phanérogames marines.

Le nombre effectif de fuites distinctes sur l'émissaire est probablement supérieur à 20.

Les fuites 1 à 4 sont situées en extrémité du second tronçon, avant le coude principal du tube.

La section suivante est celle qui présente le plus de détériorations, avec au moins 7 fuites (notées de 5 à 11).

La dernière section vers l'exutoire comporte au moins 4 fuites (12 à 15), dont une cassure importante, présente vers l'inflexion entre les deux derniers tronçons.

Figure 8 : Observation des fuites sur l'émissaire en mer

2.4 Diagnostic aérien des fuites de l'émissaire et du comportement du panache coloré

Le diagnostic aérien des fuites de l'émissaire et du comportement du panache de colorant a été réalisé à l'aide d'un drone aérien équipé d'un appareil photo pour la réalisation de photos aériennes.

Les opérateurs se sont placés sur la corniche de la falaise de la pointe à Bibi, au-dessus de la zone à observer. Le drone a réalisé plusieurs vols de manière à pouvoir réaliser des observations du lâcher de colorant, intervenant à plusieurs niveaux du fait des nombreuses fuites qui ont pu être observées (cf. partie précédente). Le devenir du nuage de colorant a ensuite pu être suivi pendant plusieurs dizaines de minutes.

Comme indiqué précédemment, l'épais nuage de colorant a été diffusé par de nombreux orifices de différentes natures sur la quasi-totalité de l'émissaire. Le panache est bien remonté en surface, et a pu être observé distinctement. Les clichés aériens ont pu mettre en évidence la ou plutôt les directions et l'étendue du panache.

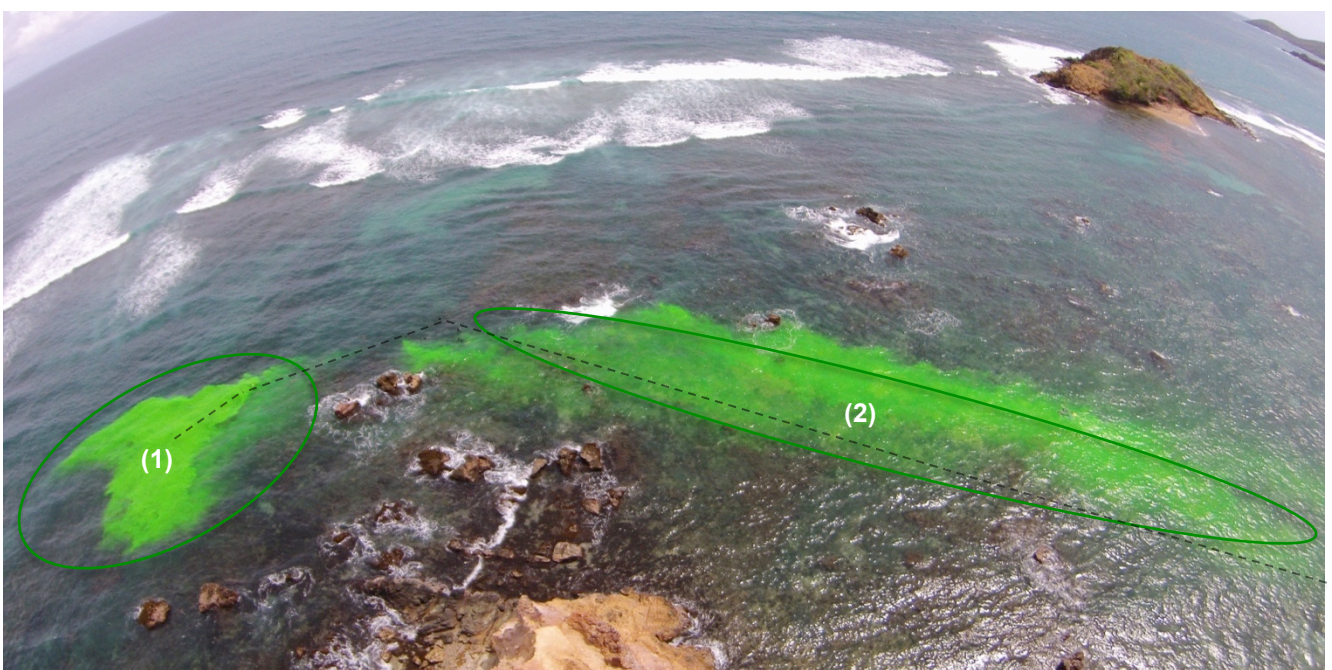


Figure 9 : Vue générale de la diffusion du colorant (trajectoire indicative émissaire en pointillés noirs)

Il est impossible de quantifier la partie d'effluent sortie par les fuites (2) ou par l'extrémité de l'émissaire ou la cassure importante au niveau de la jonction du dernier tronçon (1). La majorité de l'effluent doit encore parvenir jusqu'à la zone de l'exutoire (1), mais d'importantes quantités d'effluent traité sont susceptibles d'être refoulées vers la baie, suivant les conditions météo, au lieu d'aller au large.

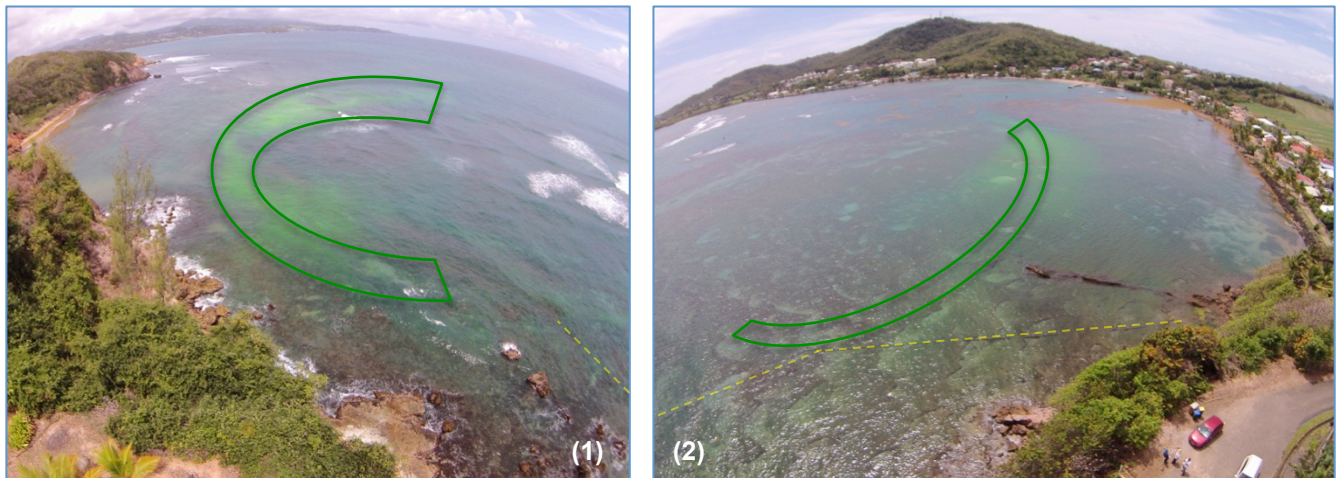


Figure 10 : Etendue et direction des panaches, 30 minutes après coloration

Schémas d'interprétation des trajectoires des panaches en vert (en jaune trace approximative émissaire) :

- (1) Le panache à l'Ouest prend la direction de pointe Rouge puis part au large ;
- (2) Le panache des fuites du début de l'émissaire parcourt la baie de Tartane.

3 Phase 2 : Suivi de l'impact des effluents sur le milieu marin : compartiment « biote »

Objectifs

- Un point « 0 » de l'état biologique et hydrologique de l'environnement à proximité de l'émissaire,
- Une conclusion quant à l'impact avéré ou non du rejet de la STEU sur le milieu récepteur

A terme, ce suivi milieu doit permettre de mieux évaluer la capacité du milieu récepteur en fonction des flux de pollution rejetés par la STEU.

3.1 Analyse bibliographique

Aucune étude spécifique n'a été menée dans le périmètre de la façade Nord du bourg de Tartane. Sur une zone plus large peuvent être citées :

- la cartographie des biocénoses marines de la Martinique (Legrand, 2010),
- l'étude d'extension de la réserve nationale de la Caravelle (Impact Mer *et al.*, 2012),
- le diagnostic sur la prolifération de *Halophila stipulacea* (phanérogame marine envahissante) (DEAL, 2012),
- des prospections pour trouver des sites de suivi des biocénoses coralliennes et d'herbiers de phanérogames marines dans le cadre de la DCE 2014, menées plus au large (Impact Mer, 2014).

Il est avéré que des écosystèmes remarquables, à intérêt économique et écologique particulier, figurent parmi les biocénoses marines répertoriées à proximité (herbiers de phanérogames marines, biocénoses coralliennes et en particulier colonies de corail « corne d'élan », *Acropora palmata* (Lamarck, 1816), classée en danger critique d'extinction (CR) sur la liste rouge de l'UICN.

Les cartographies des biocénoses marines déjà réalisées ne sont donc pas assez précises et trop anciennes en ce qui concerne la zone d'étude. Elles ne permettent ainsi pas de répondre aux exigences d'expertise du projet et doivent être mises à jour. Il est en particulier nécessaire de trouver deux sites compatibles avec la mise en œuvre de protocoles de type DCE comme prévu, en amont et en aval de l'exutoire de l'émissaire.

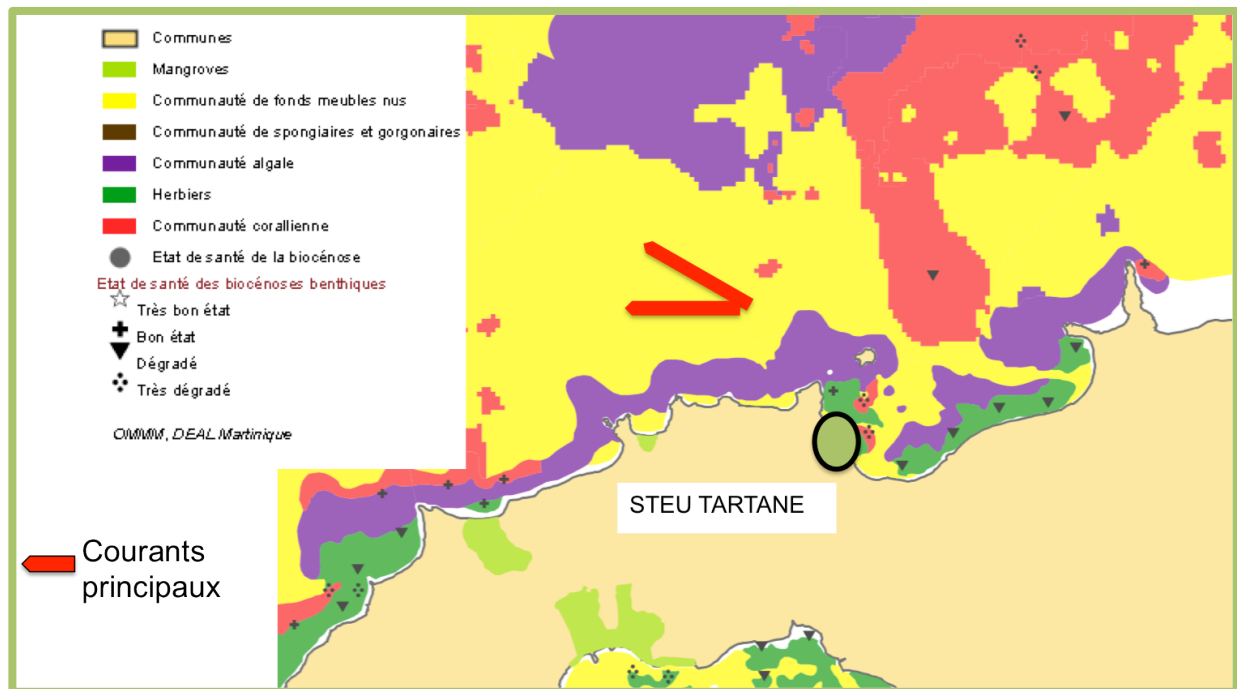


Figure 11 : Carte des biocénoses marines et courants principaux au niveau de la STEU de Tartane (Legrand, 2009)

3.2 Phase de prospection et de choix des sites

D'après la cartographie des biocénoses marines de Legrand (2010), plusieurs zones semblaient intéressantes à prospecter. L'objectif fixé au départ était de parvenir à explorer la zone peu profonde à l'aval de l'exutoire de l'émissaire ainsi que l'amont de la zone dans l'axe des vents dominants, donc plein Est, en particulier le tombant Nord de l'îlet.

L'ensemble de ces explorations est représenté dans la cartographie ci-dessous (Figure 12).

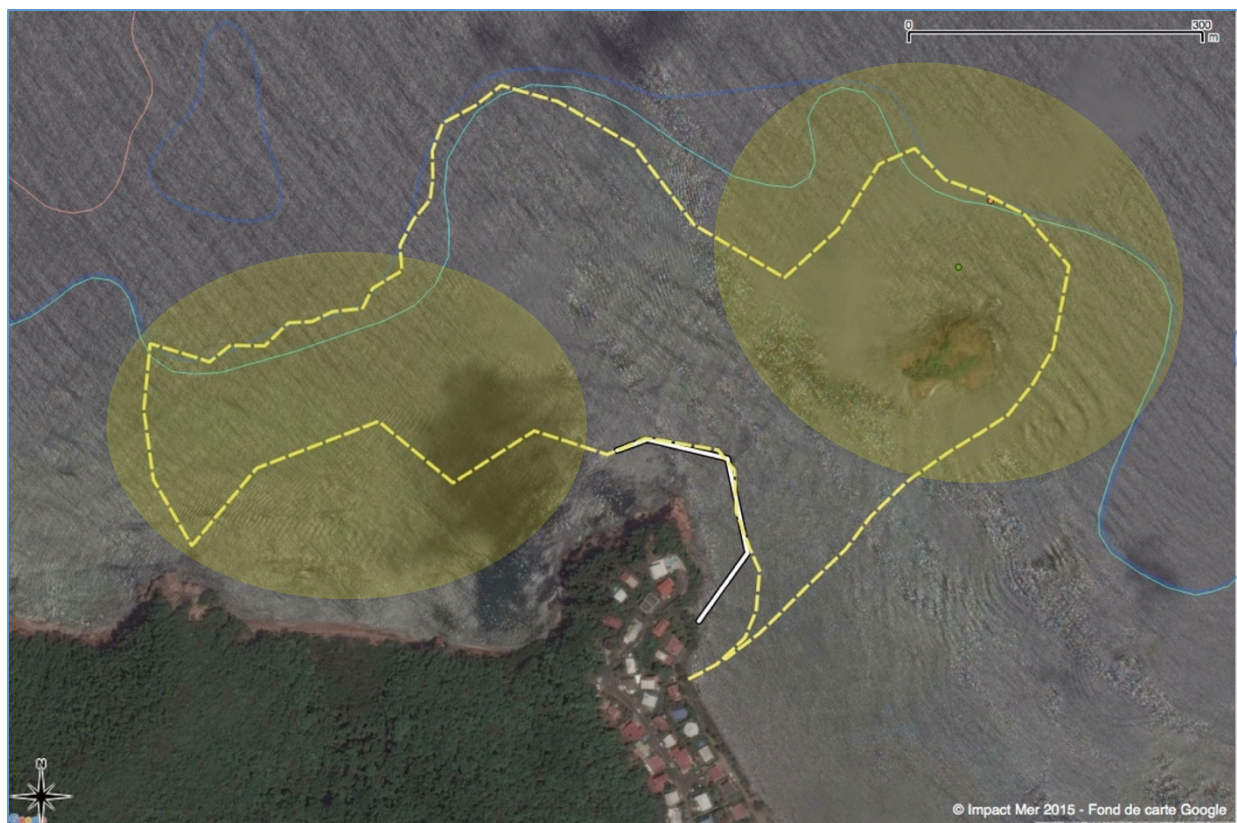


Figure 12 : Cartographie du tracé de la zone prospectée en PMT

Le tracé en pointillés jaune, issu du GPS, présente le trajet de prospection réalisé.

Les cercles représentent les zones envisagées pour l'établissement des stations « amont » (Est) et « aval » (Ouest)

Les sites de suivi « amont » et « aval » ont pu être choisis à l'issue de la prospection présentée ci-dessus.

Le premier critère de sélection des sites a été leur localisation en amont ou en aval, en adéquation avec les objectifs de suivi de l'impact éventuel de la STEU.

Ensuite les stations choisies devaient être comparables en terme de profondeur et de géomorphologie générale.

Aucun site n'a pu être retenu pour l'expertise d'herbiers de phanérogames marines. En effet l'ensemble de la zone présente exclusivement des herbiers de phanérogames marines *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme*, les deux espèces de phanérogames marines suivies dans le cadre du protocole DCE herbier, à l'intérieur de la baie de Tartane. Il n'est donc pas possible d'établir de stations « amont » et « aval » cohérentes avec cette distribution des herbiers.

Ce sont alors des stations de suivi présentant des communautés coralliennes qui ont été choisies. Leur localisation précise est présentée en Figure 13.

La profondeur de ces stations est d'environ 7 à 10 mètres sur l'ensemble de la zone de suivi. La morphologie générale des deux sites choisis présente une pente assez importante, presque un tombant, avec un fond aux alentours de 20 mètres en contrebas.

Ils sont en fait situés sur la rupture de pente du même isobathe, mais la pente est orientée différemment sur les deux zones.

Tableau 4 : Bathymétrie des stations de suivi « amont » et « aval » retenues

	AMONT	AVAL
Profondeur minimale (m)	7,5	7,3
Profondeur maximale (m)	8,4	8,1
Différence de bathymétrie (m)	0,9	0,8

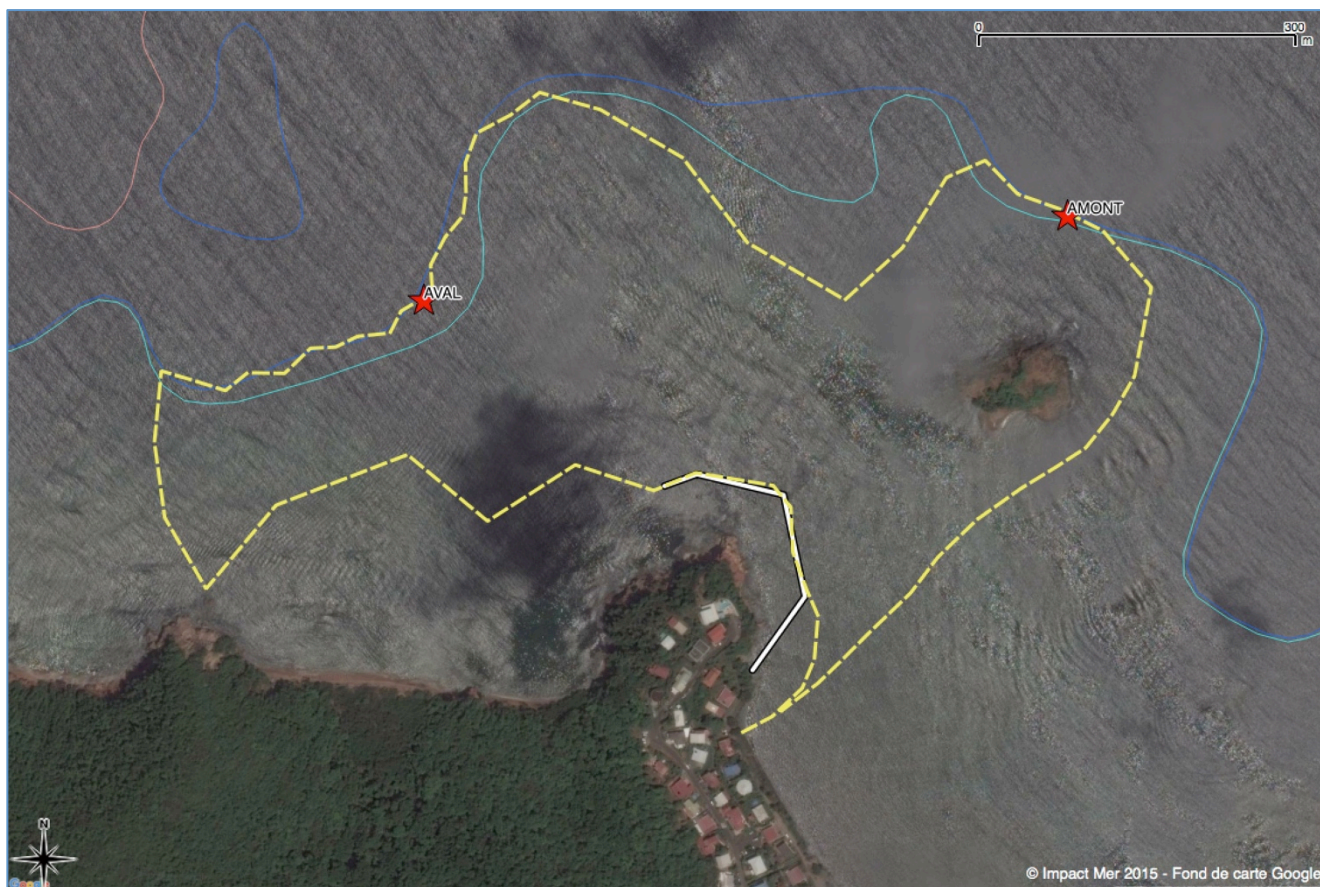


Figure 13 : Cartographie des stations d'expertise en plongée

3.3 Suivi des « communautés coralliennes » des sites retenus

L'échantillonnage a eu lieu le 7 août 2015. Les conditions de mer et de vent étaient calmes, compatibles avec une intervention dans cette zone battue.

3.3.1 Station « amont »

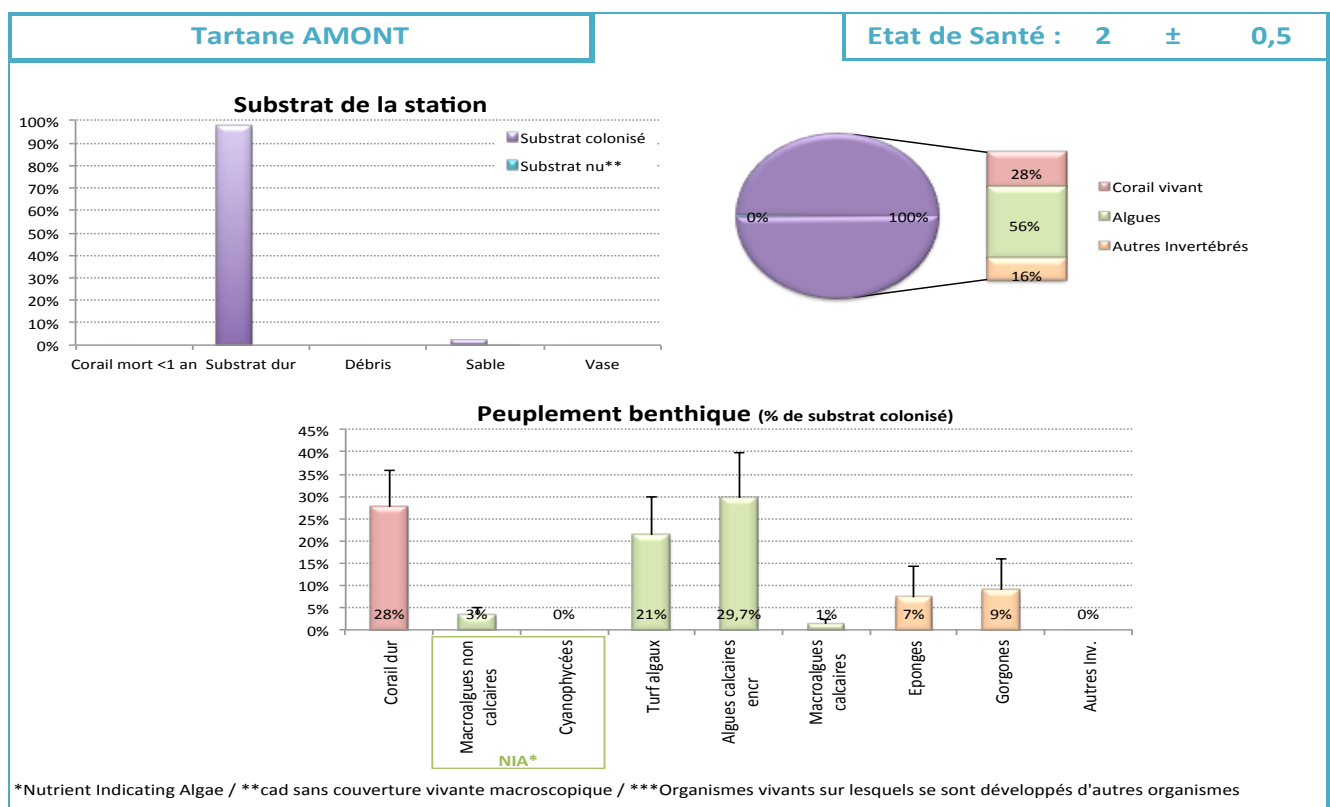
Cette station se caractérise en 2015 par :

- ❖ Une couverture vivante représentant la quasi totalité du substrat et composée majoritairement d'algues (56%) et de coraux (28%) pour 16% d'autres invertébrés.
- ❖ Le substrat majoritaire de la station (vivant ou « abiotique ») est dur (97 %) et constitué par une pente de socle rocheux presque exempte de zones sableuses (3 % du substrat total). Par contre, en dessous, par environ -15 à -20 mètres de profondeur, le socle rocheux s'arrête et la zone est intégralement sableuse.

Le peuplement benthique se structure comme suit :

- Le **corail vivant représente 28 %** de la couverture totale. Le genre dominant est *Orbicella* qui recouvre plusieurs sections du transect. De manière générale les autres coraux rencontrés ont une forme massive (*Porites astreoides*, *Siderastrea spp.* etc.), en lien avec l'hydrodynamisme du site. Peu de **nécroses** et de zones **colonisées par les macroalgues** sont rencontrées. Quelques colonies montrent du blanchissement.
- Les **gorgones** sont bien représentées avec une proportion de 9 % de la couverture. L'espèce encroûtante *Erythropodium caribaeorum* correspond à elle seule à 8 % des occurrences, en lien possible avec le mode battu de la station.
- Les **éponges** ne sont pour une fois pas les invertébrés dominants avec 7 % de la couverture totale du substrat.
- Les **algues** sont essentiellement représentées par des **macroalgues calcaires encroûtantes (39,7 %)** et du **turf (21 %)**.
- La couverture macroalgue est très faible : la classe 0 (absence) est majoritaire (55 % des quadrats) suivie par la classe 1 (1 à 10 %) avec 43 % des quadrats. Ce peuplement macroalgal réduit est dominé par les *Dictyota* dans 26 % des quadrats. L'indice macroalgue de la station est réduit à $0,48 \pm 0,3$. Peu de macroalgues érigées telles que les sargasses sont rencontrées. Un nombre assez important d'oursins *Diadème* a été observé sur le site ($n=86$ soit $1,43 \pm 0,73 \text{ ind.m}^{-2}$), correspondant à la classe « bon état » d'après McField & Kramer (2007).

Cette station présente un état de santé général de 2 (Bon) en raison d'une couverture macroalgale réduite au profit du corail, qui de plus ne présente que peu de nécroses. La station n'est pas sédimentée. La station montre un peuplement massif et encroûtant représentatif d'un site en mode battu.



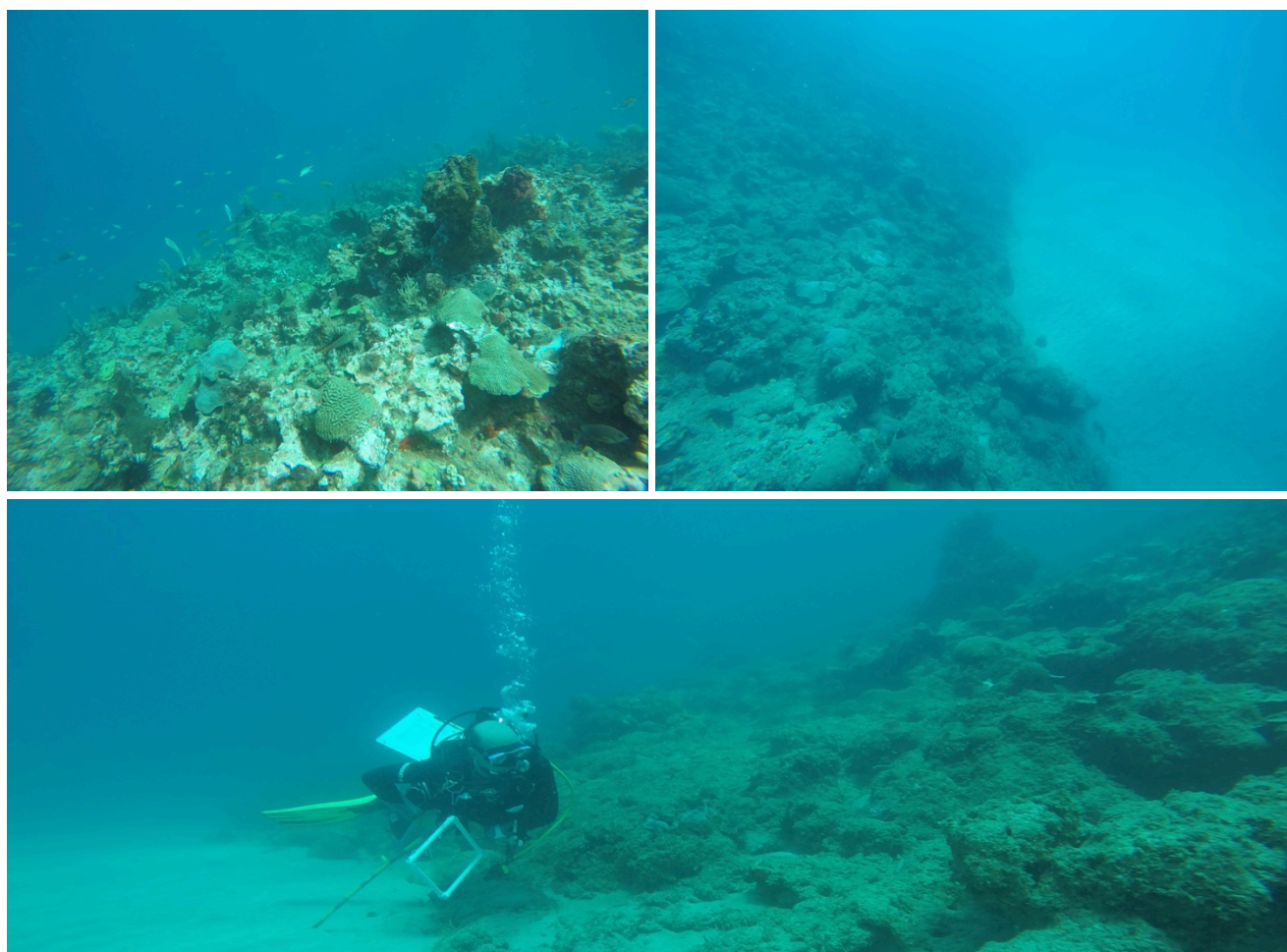
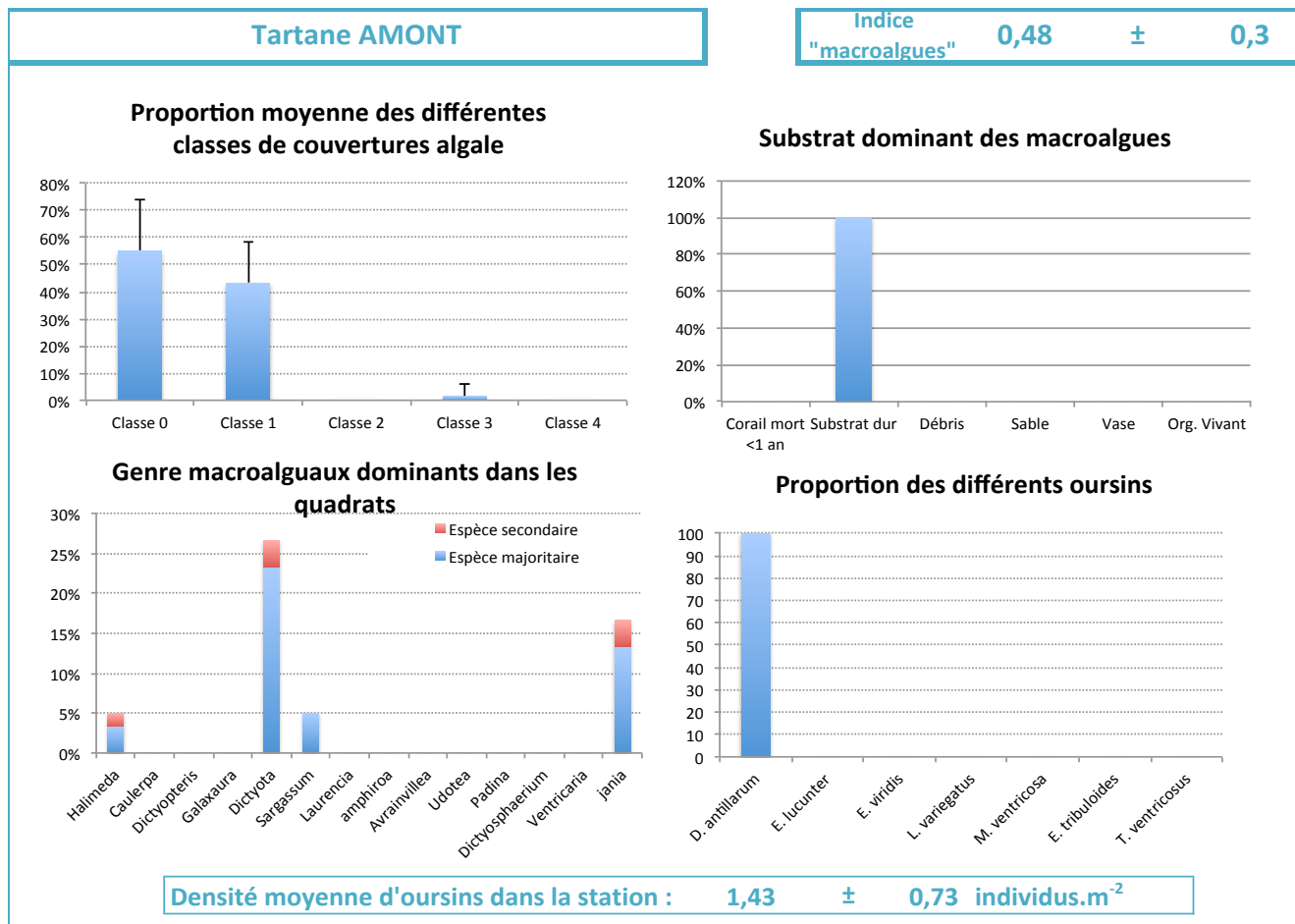


Figure 14 : Illustrations des alentours de la station « amont »



Figure 15 : Illustrations de la station « amont »

3.3.2 Station « aval »

Cette station se caractérise en 2015 par :

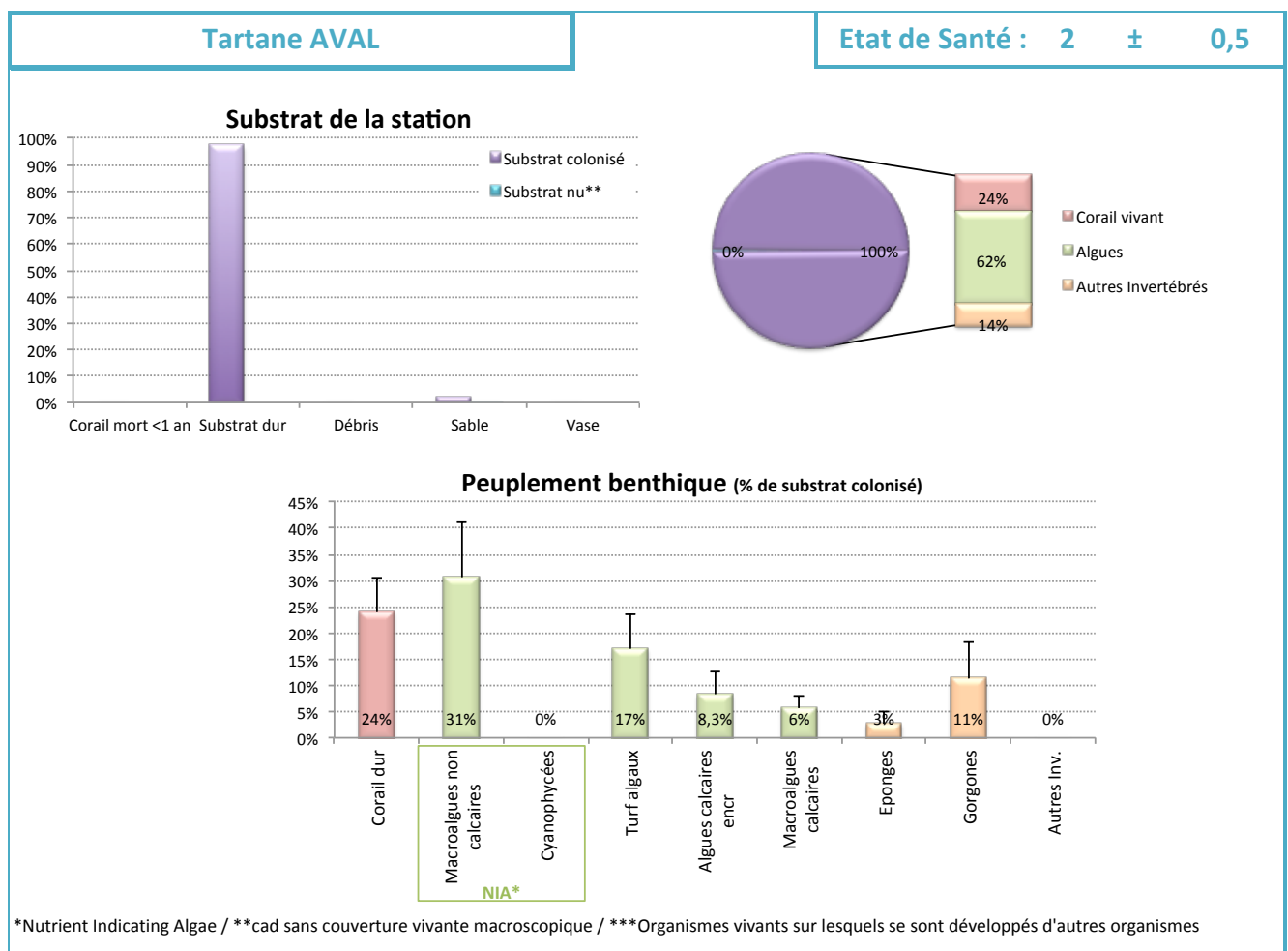
- ❖ Une couverture vivante représentant la quasi totalité du substrat et composée majoritairement d'algues (62 %) et de coraux (24%) pour 14 % d'autres invertébrés.
- ❖ Le substrat majoritaire de la station (vivant ou « abiotique ») est dur (97 %) et constitué par une pente de socle rocheux presque exempte de zones sableuses (3 % du substrat total). Par contre, en dessous, par environ -15 à -20 mètres de profondeur, le socle rocheux s'arrête et la zone est intégralement sableuse.

Le peuplement benthique se structure comme suit :

- Le **corail vivant représente 24 %** de la couverture totale. Les coraux durs rencontrés ont majoritairement une forme massive (*Porites astreoides*, *Meandrina*, *Siderastrea*, etc.). Ces colonies coralliennes présentent très peu de signes de nécroses.
- Les **gorgones** sont bien représentées avec une proportion de 11 % de la couverture. L'espèce encroûtante *Erythropodium caribaeorum* correspond à 5,6 % de ces occurrences.
- Les **éponges** sont faiblement représentées avec 7 % de la couverture.
- Les **algues** sont essentiellement représentées par des **macroalgues non calcaires (31 %)** et du **turf (17 %)**.
- La couverture macroalgue est assez importante : la classe 1 (0 à 10 %) et la classe 2 (11 à 50 %) sont également représentées avec 42 % des quadrats chacune. Ce peuplement macroalgal est dominé par les sargasses dans plus de 60 % des quadrats, plus près de 40 % de *Dictyota*. L'indice macroalgue de la station est de 1,65.

Aucune espèce d'oursin n'a été observée sur le site, ni dans la zone échantillonnée ni autour.

Cette station présente un état de santé général de 2 (Bon) en raison d'une couverture de macroalgues non calcaires modérée et une quasi-absence de coraux nécrosés et de signes de sédimentation sur les organismes vivantes.



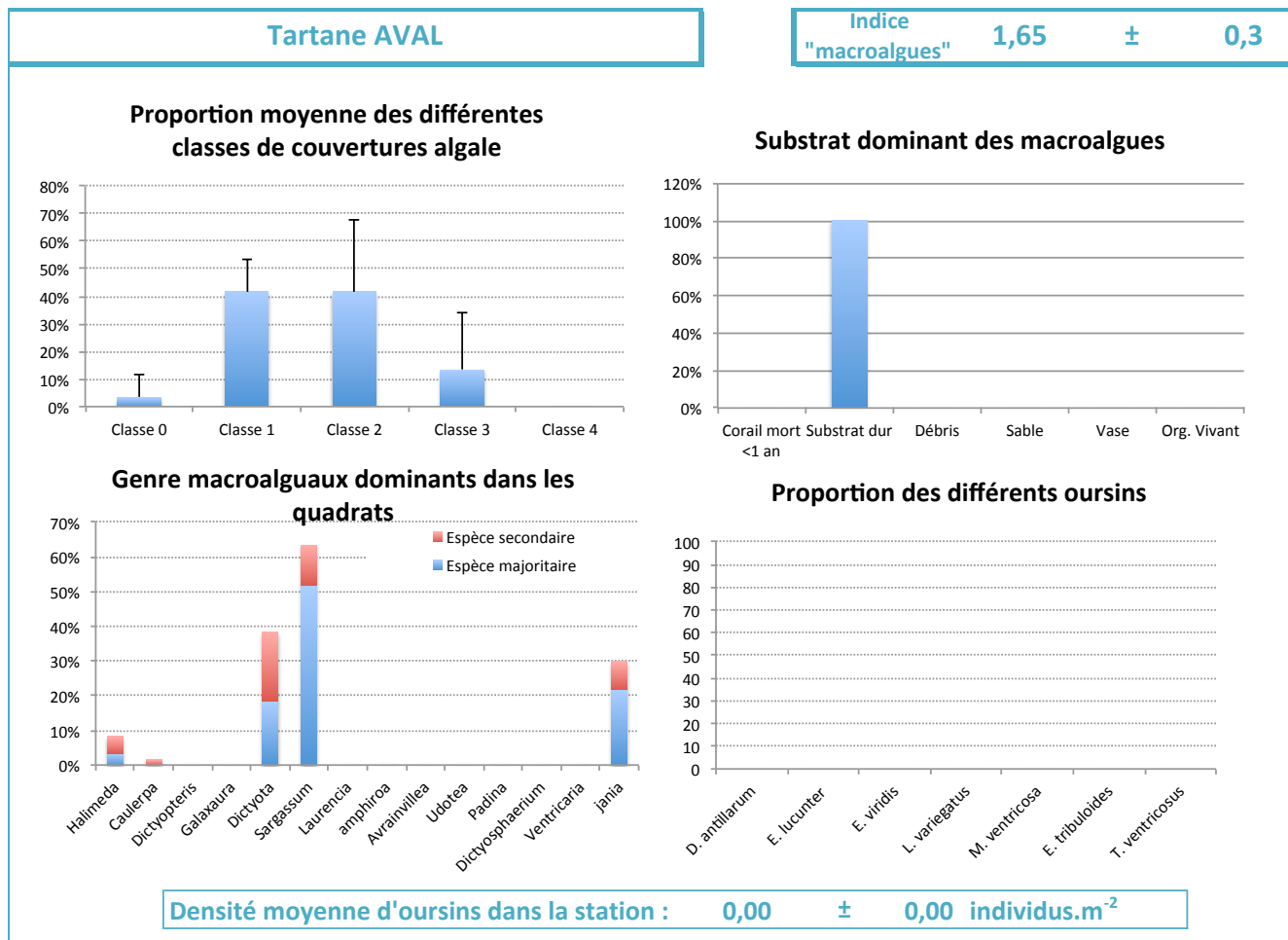


Figure 16 : Illustrations de la station « aval »

3.3.3 Comparaison des peuplements « amont » et « aval »

Le Tableau 5 présente la comparaison des principales composantes de la couverture vivante des stations « amont » et « aval ».

Tableau 5 : Principales composantes des peuplements benthiques « amont » et « aval »

Couverture vivante	AMONT	AVAL	Evolution	Remarque
Corail dur	28 %	24 %	- 4 %	Légère baisse de pourcentage du substrat colonisé
Algues calcaires encroûtantes	30 %	6 %	-24 %	Importante baisse de représentation en aval
Macroalgues non calcaires	3 %	31 %	+ 28 %	Importante augmentation de représentation en aval
Turf	21 %	17 %	- 4 %	Légère augmentation de pourcentage du substrat colonisé

Une légère diminution des pourcentages de substrat colonisé par le corail dur et le turf est observée.

Concernant les macroalgues dites « molles » et les algues encroûtantes, les proportions semblent s'inverser entre les deux sites : en amont les algues calcaires sont assez présentes tandis que très peu de macroalgues non calcaires sont rencontrées. En aval, il y a désormais très peu d'algues calcaires et une représentation des algues non calcaires certes modérée, mais bien plus importante que sur le site amont, et à peu près égale (autour de 30%) à celle des algues calcaires en amont.

Ces résultats sont discutés au regard des autres résultats dans le chapitre « discussion ».

4 Phase 3 : Suivi de l'impact des effluents sur le milieu marin : compartiment « eau »

Objectifs

- Un point « 0 » de l'état biologique et hydrologique de l'environnement à proximité de l'émissaire,
- Une conclusion quant à l'impact avéré ou non du rejet de la STEU sur le milieu récepteur

4.1 Localisation des points d'échantillonnage

Du fait des faibles profondeurs observées sur certains points initialement prévus, le plan d'échantillonnage « type » avec 2 échantillons de sub-surface et mi-profondeur pour chaque station « amont », « aval » et « émissaire » a été redistribué sur le terrain lors de la première campagne, en accord avec le représentant de l'ODE, présent sur place (Tableau 6 & Figure 17) afin de réaliser un « gradient » émissaire/aval. Cette stratégie d'échantillonnage a ensuite été reconduite lors du second suivi.

Tableau 6 : Noms des stations de suivi échantillonnées

Type de station	AMONT	EMISSAIRE	AVAL		
Nom de la station	AMONT	EMISSAIRE	AVAL CENTRE	AVAL SUD	AVAL Nord
Profondeur(s)	Sub-Surface	Sub-Surface	Sub-Surface	Sub-Surface	Sub-Surface
échantillonnée(s)	Mi-profondeur				

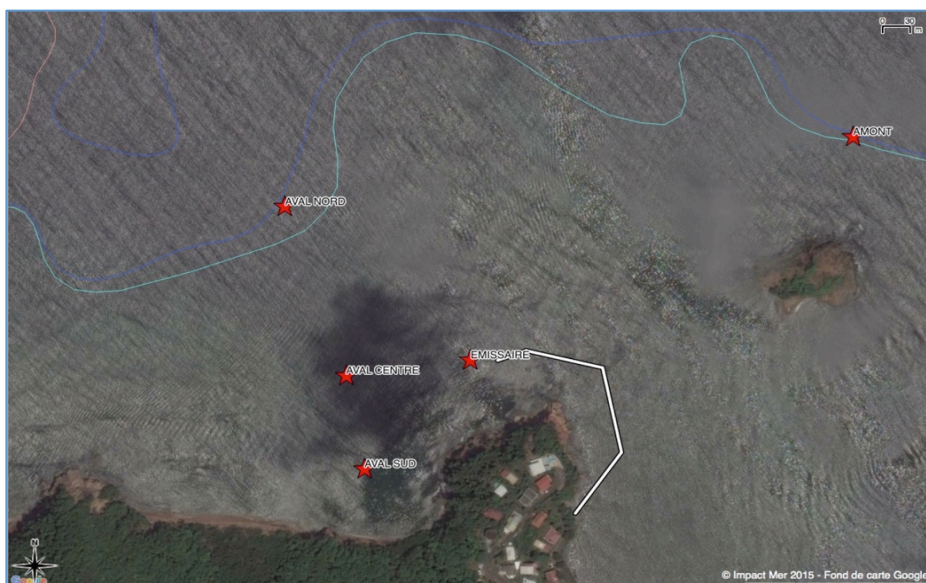


Figure 17 : Cartographie des stations de suivi hydrologique

4.2 Résultats par vent négligeable

4.2.1 Conditions météorologiques et déroulement

La première campagne de mesures et prélèvements a été réalisée le mercredi 29 avril 2015 au matin entre 9h25 et 11h30.

Les conditions météorologiques de ce jour étaient caractérisées par un plan d'eau très calme : vent de SE faible et houle venant E très faible, pas ou peu de courant, ensoleillement élevé et pas de pluies. Les précipitations depuis 72h étaient faibles. La température de l'air était de 28°C à 10H30.

Les échantillons ont été déposés au LDA le jeudi 30 avril avant 9h. Ils ne pouvaient pas être pris en charge la veille par le laboratoire.

4.2.2 Paramètres généraux

Le Tableau 7 présente les résultats des mesures *in situ* réalisées sur les différentes stations de suivi en amont, en aval et sur l'exutoire de l'émissaire de la STEU de Tartane lors de la première campagne de suivi de l'étude.

Tableau 7 : Résultats des paramètres généraux mesurés sur les stations de suivi en campagne 1

Tartane - 29/04/2015	AMONT		AVAL			EMISSAIRE
	Surface	Mi-profondeur	Nord	Centre	Sud	Surface
Heure	9:25	9:30	11:20	10:24	10:40	11:05
Oxygène dissous (mg/l)	6,53	6,53	8,01	8,68	6,98	7,66
Oxygène dissous (%)	99,20	98,80	121,50	132,40	106,20	117,30
pH	8,08	8,07	8,18	8,14	8,14	8,14
Salinité (PSU)	33,70	33,72	33,72	33,70	33,74	33,75
Température (°C)	26,91	26,89	27,25	27,28	27,21	27,62

Les valeurs d'oxygène dissous sont conformes aux résultats observés sur la même saison dans le cadre de la DCE ($6,45 \pm 0,25$ mg/l en moyenne pour avril sur l'ensemble de l'île entre 2007 et 2014 ; $6,94 \pm 0,71$ mg/l sur la station Loup Ministre sur la même période).

Les valeurs des points EMISSAIRE et AVAL Nord et Centre sont cependant significativement supérieures. Le faible hydrodynamisme du jour ne permet pas d'expliquer ces valeurs, qui pourraient donc signaler une activité biologique accrue.

Les valeurs de pH sont légèrement supérieures sur les sites EMISSAIRE et AVAL qu'en AMONT mais les différences sont faibles.

Les salinités observées sont stables et conformes aux données de saison.

Les températures sont assez stables. Leur variation pourrait être liée à l'heure d'échantillonnage.

4.2.3 Nutriments

Le Tableau 8 présente les résultats des analyses de nutriments réalisées sur les différentes stations de suivi en amont, en aval et sur l'exutoire de l'émissaire de la STEU de Tartane lors de la première campagne de suivi de l'étude.

Tableau 8 : Résultats des analyses de nutriments réalisées sur les stations de suivi en campagne 1

Tartane - 29/04/2015	AMONT		AVAL			EMISSAIRE
	Surface	Mi-profondeur	Nord	Centre	Sud	Surface
Ammonium ($\mu\text{mol/l}$)	<0,10	0,20	<0,10	0,14	0,13	0,91
Nitrates ($\mu\text{mol/l}$)	1,02	0,92	1,54	2,19	1,05	3,07
Nitrites ($\mu\text{mol/l}$)	0,04	0,05	0,04	0,05	0,05	0,23
Orthophosphates ($\mu\text{mol/l}$)	<0,05	0,07	0,08	<0,05	0,05	0,07
Matières en suspension (mg/l)	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Turbidité (FNU)	0,22	0,13	0,17	0,16	0,31	0,22

Les résultats d'analyse sont inférieurs au seuil de détection sur un certain nombre de points (cases grisées). Les paramètres concernés sont les MES, l'ammonium (AMONT surface et AVAL Nord) et les orthophosphates (AMONT Surface et AVAL Centre). Le reste des résultats est assez faible et comparable aux données disponibles dans le cadre des suivis de la DCE entre 2007 et 2014, sur la même période, sur l'ensemble de l'île

ou sur le site voisin de Loup Ministre. Quelques valeurs sont significativement supérieures à ces références au niveau de l'émissaire (cases oranges) : l'ammonium ($0,19 \pm 0,22$ mg/l en moyenne pour avril sur l'ensemble de l'île entre 2007 et 2014 ; 0,1 mg/l sur la station Loup Ministre en juin) ; les nitrites ($0,06 \pm 0,15$ mg/l en moyenne pour avril sur l'ensemble de l'île entre 2007 et 2014 ; 0,07 mg/l sur la station Loup Ministre en juin).

Les valeurs de nitrates sont particulièrement importantes sur le site « EMISSAIRE » ($1,55 \pm 1,14$ mg/l en moyenne pour avril sur l'ensemble de l'île entre 2007 et 2014 ; 0,99 mg/l sur la station Loup Ministre en juin). Elles sont cependant globalement importantes pour un milieu sensé être oligotrophe, et une réflexion a été engagée dans le cadre des études pour l'application de la DCE, avec le laboratoire, au sujet de valeurs fréquemment élevées sur le paramètre « Nitrates ».

4.2.4 Bactériologie

Le Tableau 9 présente les résultats des analyses de nutriments réalisées sur les différentes stations de suivi en amont, en aval et sur l'exutoire de l'émissaire de la STEU de Tartane lors de la première campagne de suivi de l'étude.

Tableau 9 : Résultats des analyses bactériologiques réalisées sur les stations de suivi en campagne 1

Tartane - 29/04/2015	AMONT		AVAL			EMISSAIRE
	Surface	Mi-profondeur	Nord	Centre	Sud	Surface
Entérocoques intestinaux (NPP/100ml)	<15	<15	<15	<15	<15	<15
Escherichia coli (NPP/100ml)	<15	<15	<15	<15	<15	<15

Les résultats d'analyse de l'ensemble des points de prélèvement sont inférieurs au seuil de détection de 15 NPP pour 100 ml. Les concentrations rencontrées sont donc négligeables tant en amont qu'au niveau de l'émissaire et en aval.

4.3 Résultats par Alizé modéré mais établi

4.3.1 Conditions météorologiques

La seconde campagne de mesures et prélèvements a été réalisée le jeudi 23 juillet 2015 entre 8h40 et 11h00.

Les conditions météorologiques de ce jour étaient caractérisées par un plan d'eau modérément calme : vent de E faible et houle venant de NE modérée, pas ou peu de courant, ensoleillement élevé et pas de pluies. Les précipitations depuis 72h étaient modérées. La température de l'air était de 28°C à 10H30.

Les échantillons ont été déposés au LDA le jeudi 23 juillet vers 12h.

4.3.2 Paramètres généraux

Le Tableau 10 présente les résultats des mesures *in situ* réalisées sur les différentes stations de suivi en amont, en aval et sur l'exutoire de l'émissaire de la STEU de Tartane lors de la seconde campagne de suivi de l'étude.

Tableau 10 : Résultats des paramètres généraux mesurés sur les stations de suivi en campagne 2

Tartane - 23/07/2015	AMONT		AVAL			EMISSAIRE
	Surface	Mi-profondeur	Nord	Centre	Sud	Surface
Heure	10:49	10:46	10:12	9:10	9:40	8:40
Oxygène dissous (mg/l)	6,17	6,23	6,60	7,33	7,21	6,59
Oxygène dissous (%)	95,30	96,20	101,80	113,40	111,60	101,90
pH	8,13	8,11	8,12	8,15	8,13	8,07
Salinité	34,44	34,51	34,39	34,39	34,37	34,39
Température	27,97	27,82	27,93	28,03	28,00	27,92

Les valeurs d'oxygène dissous sont plutôt faibles en comparaison des résultats observés sur la même saison dans le cadre de la DCE ($7,10 \pm 0,40$ mg/l en moyenne pour juillet sur l'ensemble de l'île entre 2007 et 2014). Elles se rapprochent des valeurs sur la station Loup Ministre sur la même période ($6,60 \pm 0,28$ mg/l), mais les valeurs amont en sub-surface et à mi-profondeur restent significativement plus faibles que les données de la littérature. Les augmentations sur les zones EMISSAIRE et AVAL peuvent difficilement être corrélées à une activité biologique.

Les valeurs de pH présentent de faibles différences, tout comme celles des paramètres de salinité et de température.

4.3.3 Nutriments

Le Tableau 11 présente les résultats des analyses de nutriments réalisées sur les différentes stations de suivi en amont, en aval et sur l'exutoire de l'émissaire de la STEU de Tartane lors de la seconde campagne de suivi de l'étude.

Tableau 11 : Résultats des analyses de nutriments réalisées sur les stations de suivi en campagne 2

Tartane - 23/07/2015	AMONT		AVAL			EMISSAIRE
	Surface	Mi-profondeur	Nord	Centre	Sud	Surface
Ammonium (µmol/l)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,37
Nitrates (µmol/l) ¹	0,54	0,55	0,57	0,44	0,69	0,46
Nitrites (µmol/l)	0,05	0,06	0,05	0,04	0,07	0,07
Orthophosphates (µmol/l)	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	0,06	<0,05
Matières en suspension (mg/l)	4	6	9	3	4	4
Turbidité (FNU)	0,40	0,13	0,22	0,40	0,18	0,42

Les résultats d'analyse sont inférieurs au seuil de détection sur 9 des 30 points (cases grisées). Les paramètres concernés sont l'ammonium (AMONT et AVAL) et les orthophosphates (AMONT, EMISSAIRE et AVAL).

Le reste des résultats est assez faible et comparable aux données disponibles dans le cadre des suivis de la DCE entre 2007 et 2014, sur la même période, sur l'ensemble de l'île ou sur le site voisin de Loup Ministre.

Les matières en suspension présentent des valeurs élevées sur tous les points de suivi. Ces valeurs, bien plus importantes que celles observées en campagne 1, ne présentent pas de tendance différente suivant le positionnement amont ou aval des points de suivi.

Trois valeurs de turbidité sont significativement supérieures à ces références (cases oranges), tant en amont qu'au niveau de l'émissaire et en aval, avec des valeurs de 0,40 et 0,42 FNU contre $0,20 \pm 0,09$ mg/l en moyenne pour juillet sur l'ensemble de l'île entre 2007 et 2014 et 0,19 mg/l sur la station Loup Ministre.

4.3.4 Bactériologie

Le

Tableau 12 présente les résultats des analyses de nutriments réalisées sur les différentes stations de suivi en amont, en aval et sur l'exutoire de l'émissaire de la STEU de Tartane lors de la première campagne de suivi de l'étude.

Tableau 12 : Résultats des analyses bactériologiques réalisées sur les stations de suivi en campagne 2

Tartane - 23/07/2015	AMONT		AVAL			EMISSAIRE
	Surface	Mi-profondeur	Nord	Centre	Sud	Surface
Entérocoques intestinaux (NPP/100ml)	<15	<15	<15	<15	<15	<15
Escherichia coli (NPP/100ml)	<15	<15	110	213	<15	15

Les résultats d'analyse de l'ensemble des points de prélèvement sont inférieurs au seuil de détection de 15 NPP pour 100 ml à l'exception de 3 points : la mesure d'*E. coli* sur l'émissaire est égale au seuil de détection, donc toujours très faible. Par contre, les mesures d'*E. coli* en AVAL Nord et Centre comptabilisent 110 et 213 NPP/100 ml.

La littérature classe en général les échantillons comme contaminés si supérieurs à 100 cell / 100 ml, comme c'est le cas ici. Des contaminations bien supérieures sont cependant encore rencontrées (classes de 1000-2000 puis degré maximum +2000 = « valeur impérative » entraînant arrêté préfectoral / Source SMN-CQE/DDAS 44).

En saison balnéaire (<http://baignades.sante.gouv.fr>) :

- l'eau est de bonne qualité lorsque les résultats sont inférieurs aux valeurs guides,
- l'eau est de qualité moyenne lorsque les résultats obtenus sont supérieurs aux valeurs guides mais restent inférieurs aux valeurs impératives,
- l'eau est de mauvaise qualité lorsque les résultats sont supérieurs aux valeurs impératives.

Résultats des analyses d' <i>Escherichia coli</i> en UFC*/100mL		
valeur guide = 100 valeur impérative = 2000		
RESULTAT BON	RESULTAT MOYEN	RESULTAT MAUVAIS
0	100	2000
Résultats des analyses d'entérocoques intestinaux en UFC*/100mL		
valeur guide = 100 Pas de valeur impérative		
RESULTAT BON	RESULTAT MOYEN	
0	100	

4.4 Comparaison avec les autres données disponibles (auto-surveillance, bilan 24h, etc.)

Des bilans 24h ont été réalisés la veille des journées de suivi du compartiment « eau », de manière à essayer d'obtenir des informations explicatives complémentaires dans le cas d'observations particulières.

Le bilan 24 heures réalisé du 28 au 29 avril 2015, correspondant à la première campagne hydrologique, s'est déroulé dans des conditions de **sous-charge de débit (82%)**. Malgré cela, des **dépassements de seuils** réglementaires ont été observés sur les paramètres suivants :

- DCO : le paramètre de Demande Chimique en Oxygène présente un rendement de 59% mais ne dépasse pas le seuil rédhibitoire.
- MES : le paramètre des matières en suspension présente un rendement de 76% mais ne dépasse pas le seuil rédhibitoire.
- NTK : le paramètre de l'azote total Kjeldahl dépasse le seuil réglementaire et le seuil rédhibitoire.

Les mesures de MES et analyses de turbidité réalisées en eau de mer ne présentent pas de valeurs au-dessous des valeurs mesurées par ailleurs dans le cadre de la DCE.

Des enrichissements en azote (Ammonium, Nitrates, Nitrites) sont observés dans les analyses de nutriments dans l'eau de mer réalisées au niveau de l'émissaire et dans une moindre mesure en aval (cf. chapitre précédent). Les relations de causalité de ces résultats avec les NTK ne peuvent cependant pas être établies.

Le bilan 24 heures réalisé du 22 au 23 juillet 2015, correspondant à la seconde campagne hydrologique, s'est déroulé dans des conditions de **surcharge de débit (109%)**. Malgré cela, **aucun dépassement de seuils** réglementaires n'a été observé.

Ainsi aucune tendance des analyses d'eau de mer (*E. coli* élevés, MES) ne peut être retrouvée dans les conclusions issues du bilan 24 heures.

Discussion et conclusions

Le diagnostic de l'émissaire de la station d'épuration du bourg de Tartane a permis de mettre en évidence différents éléments d'intérêt.

En premier lieu, le tracé de l'ouvrage d'art est désormais connu. Il diffère des éléments connus auparavant. En effet, le tracé s'incurve bien plus à l'extrémité de la pointe à Bibi et part à l'Ouest au lieu du Nord comme précédemment supposé. Il semble que l'explication de ce choix de tracé soit la difficulté de franchissement de plusieurs cayes qui ont été contournées en infléchissant le tracé vers l'Ouest. Le tuyau passe ainsi entre deux affleurements rocheux orientés Est-Ouest.

Par ailleurs, de nombreuses fuites ont pu être relevées sur l'ouvrage d'art, et ce dès le second segment de son linéaire, encore dans la baie de Tartane. Le rejet principal reste situé vers l'extrémité du tuyau, mais une partie de l'effluent est diffusée avant d'atteindre le dernier segment du tracé, qui est la zone située après l'aplomb nord de la pointe à Bibi. Il apparaît que l'émissaire de la STEU de Tartane ne remplit plus suffisamment sa mission de conduction des eaux épurées en dehors de la baie de Tartane. Il est donc nécessaire d'envisager sa réhabilitation ou son remplacement par un nouvel émissaire.

En ce qui concerne l'expertise de marqueurs de la qualité de l'épuration, par l'intermédiaire de la qualité de l'eau et de celle des biocénoses coralliennes, divers éléments marquants ont pu être relevés.

L'exploration de la zone a montré que les biocénoses amont et aval présentent des peuplements importants en terme de recouvrement, marqués par la dominance des algues. Les coraux durs et les gorgones sont dans des proportions comparables entre les deux stations et présentent peu de signe de nécrose ou de maladie. En revanche, la composition du peuplement algal diffère entre les deux stations. La station aval est dominée par les macroalgues non calcaires (31 % de la couverture du substrat) qui sont souvent considérées comme des indicateurs d'enrichissement du milieu en éléments nutritifs (azote et/ ou phosphore). Cependant, il ne semble pas y avoir de différences majeures de concentration de ces composés entre ces deux stations. En effet, une concentration importante de nitrates a été mesurée dans toutes les stations de suivi lors de la campagne N°1 (par vent négligeable). Cette présence de macroalgues molles dans la station aval peut, en revanche, être reliée avec la densité d'oursin. En effet, ce site ne présente aucun oursin susceptible de brouter et ainsi réguler les macroalgues contrairement au site amont dans lequel de nombreux oursins ont été observés, principalement des diadèmes. Aucune hypothèse sur cette différence de densité d'oursins entre les deux stations ne peut être avancée à l'heure actuelle.

Les deux sites de suivi présentent peu de signes de sédimentation (sables uniquement) du fait d'un fort hydrodynamisme sur zone.

Un suivi ultérieur avec le même protocole permettrait de conforter les premiers résultats et de suivre l'évolution de ces sites dans le temps. C'est à la lumière d'un tel suivi que des conclusions plus précises pourront être tirées sur l'éventuel lien de la qualité des biocénoses et des eaux avec la qualité de l'effluent de la STEU de Tartane.

Par ailleurs, l'acquisition de données courantologiques permettrait d'affiner le diagnostic. En effet, une modélisation des courants côtiers de la zone pourrait être mise en œuvre afin d'appréhender le comportement de la masse d'eau autour de l'émissaire de la STEU.

Dans tous les cas, au vu de l'état de l'émissaire en mer, ces études complémentaires devraient permettre d'orienter un projet de mise en place d'un nouvel émissaire en mer dans la zone, afin de préserver au mieux la qualité du milieu naturel récepteur puisqu'une réparation semble délicate techniquement et peu viable économiquement.

ANNEXES

Annexe 1 - Carte de synthèse

Annexe 2 - Résultats bruts des laboratoires

Annexe 3 - Résultats des surveillances 24h

ANNEXE 1 - Carte de synthèse

