



***Odysée Race For Water***  
**autour du monde**  
**2015**



**Analyse quantitative et qualitative des débris  
marins plastiques collectés sur le littoral**

**La Fondation *Race For Water*** : La Fondation *Race For Water* est une organisation dédiée à la préservation de l'eau et des océans en particulier. Aujourd'hui fortement menacée par la pollution plastique, cette ressource indispensable à la vie doit impérativement être protégée. La fondation s'est donc fixée comme objectif d'identifier, de promouvoir et d'aider à implémenter des solutions de valorisation des déchets plastiques qui créent de nouvelles sources de revenus pour les populations les plus affectées par cette pollution. Par une approche innovante inspirée de l'économie circulaire et de l'entrepreneuriat social, la Fondation *Race For Water* empêche ainsi les déchets plastiques d'entrer dans les voies d'eau et de terminer leur route dans nos océans.

**Publication et production** : Fondation *Race For Water*, Avenue de Provence 4, 1007 Lausanne (Suisse).

Toute reproduction de ce document pour la revente ou à des fins commerciales implique une autorisation préalable de la part de la Fondation *Race For Water*.

**Auteurs :**

Frédéric Sciacca, Responsable scientifique principal de la Fondation *Race For Water* ;

Kim van Arkel, Conseillère scientifique de la Fondation *Race For Water* ;

Clément Levasseur, Assistant scientifique EPFL ;

Florian Faure, Assistant scientifique EPFL ;

Dr. Luiz Felipe De Alencastro, Maître d'enseignement et de recherche EPFL.

**Institutions** : Les résultats ont été obtenus avec le concours du [Laboratoire Central Environnemental \(GR-CEL\)](#) de l'EPFL.

# Table des matières

<b>SYNTHÈSE .....</b>	<b>6</b>
<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>8</b>
<b>2. OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE .....</b>	<b>9</b>
<b>3. RÉSULTATS GLOBAUX PAR ARCHIPELS/ÎLES.....</b>	<b>11</b>
3.1. CONCENTRATIONS GLOBALES MESURÉES.....	11
3.1.1. <i>Macrodébris</i> .....	11
3.1.1. <i>Microplastiques</i> .....	12
3.2. TYPOLOGIES DE DÉBRIS PLASTIQUES COLLECTÉS.....	14
3.2.1. <i>Macroplastiques</i> .....	14
3.2.1. <i>Microplastiques</i> .....	15
<b>4. RÉSULTATS SPÉCIFIQUES PAR SITE POUR CHAQUE ARCHIPEL (ÎLES).....</b>	<b>18</b>
4.1. AÇORES (FAIAL) .....	18
4.2. LES BERMUDES (GRANDE BERMUDE, SOMERSET ET COOPER'S).....	21
4.3. ILE DE PÂQUES .....	23
4.4. HAWAII (OAHU, BIG ISLAND) .....	25
4.5. MARIANNES (GUAM) .....	28
4.6. PALAOS (ULONG, NGERONG, HELEN REEF) .....	30
4.7. CHAGOS (DIEGO GARÇIA, BIOT).....	32
4.8. MASCAREIGNES (RODRIGUES) .....	34
4.9. TRISTAN DA CUNHA .....	36
<b>5. CONCLUSION.....</b>	<b>38</b>
<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>40</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>42</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>44</b>
ANNEXE 1 : CARACTÉRISTIQUES RÉGIONALES ET FACTEURS MÉTÉOROLOGIQUES POUVANT INFLUENCER LA DÉPOSITION DES DÉBRIS MARINS .....	44
ANNEXE 2 : CARACTÉRISTIQUES LOCALES POUVANT INFLUENCER LA DÉPOSITION DES DÉBRIS MARINS.....	45
ANNEXE 3 : CATÉGORIES DE MICROPLASTIQUES ET INDICATION DES USAGES POSSIBLES.....	46

# Liste des figures

FIGURE 1 : CONCENTRATIONS MOYENNES EN MACRODEBRIS ET MICROPLASTIQUES ATTEINTES SUR LES ARCHIPELS/ILES VISITES DURANT L'ODYSSEE 2015 .....	7
FIGURE 2 : ILLUSTRATIONS D'UN ECHANTILLONNAGE DE MESO- ET MICROPLASTIQUES SUR UN « QUADRAT » (SURFACE DE 50 CM PAR 50 CM ET D'UNE PROFONDEUR 10 CM), A KAMILO POINT, HAWAII, 30 JUIN 2015 (PHOTOS F. SCIACCA).....	9
FIGURE 3 : ILLUSTRATIONS D'UN ECHANTILLONNAGE DE MACRODEBRIS SUR LES PLAGES DE NGERONG ET ULONG, REPUBLIQUE DE PALAOS, 24 AOUT 2015 (PHOTOS P. CHARAF).....	9
FIGURE 4 : SCHEMA SYNOPTIQUE DE LA METHODOLOGIE D'ECHANTILLONNAGE ET D'ANALYSE DES MESO- (5 MM- 2.5 CM) ET MICROPLASTIQUES (< 5 MM) COLLECTES DANS UN QUADRAT (DIMENSIONS DE 0.25 M <sup>2</sup> , ET 10 CM DE PROFONDEUR).....	10
FIGURE 5 : CONCENTRATION DES MACRODEBRIS (> 2.5 CM) EN NOMBRE PAR 100 METRES CARRES DE PLAGE. LES MACRODEBRIS INCLUENT LES FRACTIONS DE DEBRIS PLASTIQUES, DE METAL, DE VERRE, DE CAOUTCHOUC, DE CARTON, DE TISSUS AINSI QUE LES INCLASSABLES. LES CONCENTRATIONS EN NOMBRE SONT TRES VARIABLES ENTRE LES PLAGES ELLES-MEMES SUR UN LIEU DONNE. ....	11
FIGURE 6 : CONCENTRATION EN MICROPLASTIQUES (< 5MM) EN NOMBRE PAR METRE CARRE DE PLAGE. ECHELLE LOGARITHMIQUE. ....	12
FIGURE 7 : REPARTITION DES MACROPLASTIQUES (> 2.5 CM) EN FONCTION DES CATEGORIES DE PLASTIQUE. LA CATEGORIE « AUTRES » INCLUT LES FRACTIONS PLASTIQUES D'EMBALLAGES ALIMENTAIRES, DE RECIPIENTS, BRIQUETS, SACS EN PLASTIQUE, BOUEES ET FLOTTEURS, LEURRES, APPATS ET LIGNES, GOBELETS, COUVERTS, PAILLES, BALLONS, PRODUITS DE SOIN ET LES INCLASSABLES. . ....	14
FIGURE 8 : REPARTITION DES MICROPLASTIQUES (< 5 MM) EN FONCTION DES CATEGORIES DE PLASTIQUE.....	15
FIGURE 9 : CONCENTRATION EN MACRODEBRIS (ICONES NOIRES) EN NOMBRE PAR 100 M <sup>2</sup> ET MICROPLASTIQUES (CERCLES GRIS) EN NOMBRE PAR M <sup>2</sup> DE PLAGE SUR L'ILE DE FAIAL, AUX AÇORES. LA TAILLE DES SYMBOLES EST PROPORTIONNELLE A LA CONCENTRATION, AVEC DES ECHELLES DIFFERENTES ENTRE LES DEUX CATEGORIES. (A) DO NORTE, (B) PORTO PIM, (C) CONCEIÇÃO.....	18
FIGURE 10 : ILLUSTRATIONS DE L'ÉCHANTILLONNAGE EFFECTUÉ SUR L'ÎLE DE FAIAL, AÇORES (PHOTOS P. CHARAF). ....	20
FIGURE 11 : CONCENTRATION EN MACRODEBRIS (ICONES NOIRES) EN NOMBRE PAR 100 M <sup>2</sup> ET MICROPLASTIQUES (CERCLES GRIS) EN NOMBRE PAR M <sup>2</sup> DE PLAGE AUX BERMUDES. LA TAILLE DES SYMBOLES EST PROPORTIONNELLE A LA CONCENTRATION, AVEC DES ECHELLES DIFFERENTES ENTRE LES DEUX CATEGORIES. (A) SOMERSET LONG BAY, (B) GRAPE BAY, (C) WELL BAY.....	21
FIGURE 12 : ILLUSTRATIONS DE L'ÉCHANTILLONNAGE EFFECTUÉ SUR LES BERMUDES (PHOTOS P. CHARAF). ....	22
FIGURE 13 : CONCENTRATION EN MACRODEBRIS (ICONES NOIRES) EN NOMBRE PAR 100 METRES CARRES ET MICROPLASTIQUES (CERCLES GRIS) EN NOMBRE PAR METRE CARRE DE PLAGE SUR L'ILE DE PAQUES. LA TAILLE DES SYMBOLES EST PROPORTIONNELLE A LA CONCENTRATION, AVEC DES ECHELLES DIFFERENTES ENTRE LES DEUX CATEGORIES. (A) ANAKENA, (B) OVAHE.....	23
FIGURE 14 : ILLUSTRATIONS DE L'ÉCHANTILLONNAGE EFFECTUÉ SUR L'ÎLE DE PÂQUES (PHOTOS P. CHARAF). ....	24
FIGURE 15 : CONCENTRATION EN MACRODEBRIS (ICONES NOIRES) EN NOMBRE PAR 100 M <sup>2</sup> ET MICROPLASTIQUES (CERCLES GRIS) EN NOMBRE PAR M <sup>2</sup> DE PLAGE SUR L'ARCHIPEL D'HAWAII. LA TAILLE DES SYMBOLES EST PROPORTIONNELLE A LA CONCENTRATION, AVEC DES ECHELLES DIFFERENTES ENTRE LES DEUX CATEGORIES. (A) KAHUKU, (B) KAHANA, (C) SOUTH MAKAPUU, (D) KAWA BAY, (E) KAMILO POINT.....	25
FIGURE 16 : ILLUSTRATIONS DE L'ÉCHANTILLONNAGE EFFECTUÉ SUR L'ARCHIPEL D'HAWAII, USA (PHOTOS P. CHARAF).....	27
FIGURE 17 : CONCENTRATION EN MACRODEBRIS (ICONES NOIRES) EN NOMBRE PAR 100 M <sup>2</sup> ET MICROPLASTIQUES (CERCLES GRIS) EN NOMBRE PAR M <sup>2</sup> DE PLAGE SUR L'ILE DE GUAM. LA TAILLE DES SYMBOLES EST PROPORTIONNELLE A LA CONCENTRATION, AVEC DES ECHELLES DIFFERENTES ENTRE LES DEUX CATEGORIES. (A) TANGUISSON, (B) PAGO BAY, (C) IPAN. ....	28
FIGURE 18 : ILLUSTRATIONS DE L'ÉCHANTILLONNAGE EFFECTUÉ SUR L'ÎLE DE GUAM, USA (PHOTOS P. CHARAF).....	29
FIGURE 19 : CONCENTRATION EN MACRODEBRIS (ICONES NOIRES) EN NOMBRE PAR 100 M <sup>2</sup> ET MICROPLASTIQUES (CERCLES GRIS) EN NOMBRE PAR M <sup>2</sup> DE PLAGE SUR LA REPUBLIQUE DE PALAOS. LA TAILLE DES SYMBOLES EST PROPORTIONNELLE A LA CONCENTRATION, AVEC DES ECHELLES DIFFERENTES ENTRE LES DEUX CATEGORIES. (A) ULONG SAND BANK, (B) ULONG ISLAND, (C) NGERONG SAND BANK, (D) NGERONG ISLAND, (E) HELEN REEF.....	30
FIGURE 20 : ILLUSTRATIONS DE L'ÉCHANTILLONNAGE EFFECTUÉ SUR PALAOS (PHOTOS P. CHARAF). ....	31
FIGURE 21 : CONCENTRATION EN MACRODEBRIS (ICONES NOIRES) EN NOMBRE PAR 100 M <sup>2</sup> DE PLAGE SUR L'ILE DE DIEGO GARCIA. LA TAILLE DES SYMBOLES EST PROPORTIONNELLE A LA CONCENTRATION, AVEC DES ECHELLES DIFFERENTES ENTRE LES DEUX CATEGORIES. LES SITES N'ONT PAS DE NOM SPECIFIQUE.....	32
FIGURE 22 : ILLUSTRATIONS DE L'ÉCHANTILLONNAGE EFFECTUÉ SUR DIEGO GARCIA (BIOT), CHAGOS (PHOTOS H. STEVENS).....	33

FIGURE 23 : CONCENTRATION EN MACRODEBRIS (ICONES NOIRES) EN NOMBRE PAR 100 M <sup>2</sup> ET MICROPLASTIQUES (CERCLES GRIS) EN NOMBRE PAR M <sup>2</sup> DE PLAGE SUR L'ILE DE RODRIGUES. LA TAILLE DES SYMBOLES EST PROPORTIONNELLE A LA CONCENTRATION, AVEC DES ECHELLES DIFFERENTES ENTRE LES DEUX CATEGORIES. (A) GOMBRANI, (B) GRAVIER, (C) ANSE ALLY. ....	34
FIGURE 24 : ILLUSTRATIONS DE L'ÉCHANTILLONNAGE EFFECTUÉ SUR L'ÎLE DE RODRIGUES, MASCAREIGNES (PHOTOS P. CHARAF). ...	35
FIGURE 25 : CONCENTRATION EN MACRODEBRIS (ICONES NOIRES) EN NOMBRE PAR 100 M <sup>2</sup> ET MICROPLASTIQUES (CERCLES GRIS) EN NOMBRE PAR M <sup>2</sup> DE PLAGE SUR L'ILE DE TRISTAN DA CUNHA. LA TAILLE DES SYMBOLES EST PROPORTIONNELLE A LA CONCENTRATION, AVEC DES ECHELLES DIFFERENTES ENTRE LES DEUX CATEGORIES. (A) HOTTENTOT POINT, (B) RUNAWAY, (C) THE BLUFF. ....	36
FIGURE 26 : ILLUSTRATIONS DE L'ÉCHANTILLONNAGE EFFECTUÉ SUR L'ÎLE DE TRISTAN DA CUNHA (PHOTOS B. DILLEY). ....	37

## Liste des tableaux

TABLE 1 : POURCENTAGE DE DEBRIS PLASTIQUES PARMIS LES MACRODEBRIS COLLECTES.....	12
TABLE 2 : CONCENTRATION EN MICROPLASTIQUES (< 5 MM) ET MACRODEBRIS (> 2.5 CM) EN MASSE PAR METRE CARRE DE PLAGE..	13
TABLE 3 : TYPES DE POLYMERES COMPOSANT LES MORCEAUX DE MICROPLASTIQUE DUR COLLECTES. LA CATEGORIE « AUTRES » COMPREND PLUS PARTICULIEREMENT LE POLYMETHYLEPENTENE (PMP) AINSI QUE L'ETHYLENE-ACETATE DE VINYLE (EVA)....	16

## Glossaire

BIOT : British Indian Ocean Territory

EPFL : Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

EVA : Ethylène-Acétate de Vinyle

ICC : International Coastal CleanUp

na : Non Available

nd : Non Detected

NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration, USA

ONG : Organisation Non Gouvernementale

PC : Polycarbonate

PE : Polyéthylène

PEHD : Polyéthylène Haute Densité

PELD : Polyéthylène Basse Densité

PET : Poly(téréphtalate d'éthylène)

PMP : Polyméthylepentène

PP : Polypropylène

PS : Polystyrène

# Synthèse

Grâce à l'aide précieuse des personnes rencontrées tout au long de ce périple, l'enjeu scientifique principal de cette Odyssée visant à recueillir des données comparables sur la pollution plastique des océans en mettant en œuvre un protocole reconnu – celui édité par la NOAA – a été atteint.

Le premier constat - que l'on ne répètera sans doute jamais assez - est qu'aucun des 30 sites échantillonnés durant ce tour du monde ne s'est révélé exempt de débris plastiques. De la même manière que les récentes découvertes de débris plastiques dans les zones arctique et antarctique, ce constat vient confirmer l'ubiquité actuelle de cette contamination de nos océans.

En termes de concentration, qu'il s'agisse de macrodébris (>2.5 cm) comme de microplastiques (< 5 mm), l'archipel d'Hawaii constitue de loin le *hotspot* de cette Odyssée 2015. La concentration maximale en macrodébris collectés sur Kamilo Point à Hawaii (plus de 3'500 macrodébris par 100 m<sup>2</sup>) s'est révélée près de dix fois plus élevée que sur le deuxième site le plus atteint, à savoir Pago Bay (372) sur l'île de Guam dans l'archipel des Mariannes. Les concentrations les plus importantes en microplastiques ont également été atteintes sur Hawaii avec plus de 94'000 particules par m<sup>2</sup> à Kamilo Point, alors que celles d'Ovahe sur l'île de Pâques s'élèvent à plus de 24'000. Contrairement aux macrodébris dont les concentrations ne peuvent systématiquement être considérées comme représentatives en raison du mélange avec des déchets d'origine locale (tourisme ou fréquentation locale) ou des campagnes de nettoyage, les concentrations en microplastiques constituent un indicateur plus fiable pour établir un comparatif entre les sites. Sur cette base, les îles de la zone Pacifique Nord-Est – en particulier l'archipel d'Hawaii - sont donc les plus concernées par l'accumulation en débris marins flottants, suivies par celles du Pacifique Sud, de l'Atlantique Nord-Est, de l'Océan Indien, de l'Atlantique Nord-Ouest, du Pacifique Nord-Ouest et de l'Atlantique Sud. Les concentrations moyennes en macrodébris et microplastiques sont résumées dans la Figure 1 ci-dessous.

En termes qualitatifs, les macroplastiques sont globalement dominés par les morceaux de plastique dur, sauf sur Palaos et les Chagos (BIOT). Les autres catégories dominantes sont les mousses plastiques, les bouteilles et leurs bouchons, ainsi que les cordes et fils de pêche. Les mousses sont particulièrement présentes sur les Chagos, tandis que Palaos met en évidence près de 70% de bouteilles et de bouchons. Par ailleurs, les bouchons de bouteilles ainsi que les bouteilles semblent particulièrement présentes à proximité du continent asiatique. Les cordes et fils de pêche ressortent particulièrement sur les Bermudes. Les microplastiques confirment cette tendance avec plus de 80% de morceaux de plastique dur sur toutes les escales, à l'exception de l'île de Pâques et de Tristan da Cunha (autour de 60%). Plus particulièrement, l'île de Pâques montre une présence significative de pellets, tandis que les Bermudes confirment une présence notable de fils de pêche parmi les microparticules.

Enfin, l'analyse des types de polymères qui composent les fragments de plastique dur entre 1 mm et 2.5 cm a montré une prévalence de polyéthylène (PE) sur l'ensemble des sites à l'exception de Tristan da Cunha, sur lequel le polypropylène (PP) domine. Hawaii, les Mariannes, Palaos et les Mascareignes montrent tout de même des proportions significatives de PP (entre 31 et 47% en nombre). D'autres fractions de polymères (EVA, PMP) ont été identifiées sur Tristan da Cunha particulièrement, mais aussi sur les Açores et les Mariannes.

# RACE FOR WATER FOUNDATION: Pollution plastique des océans

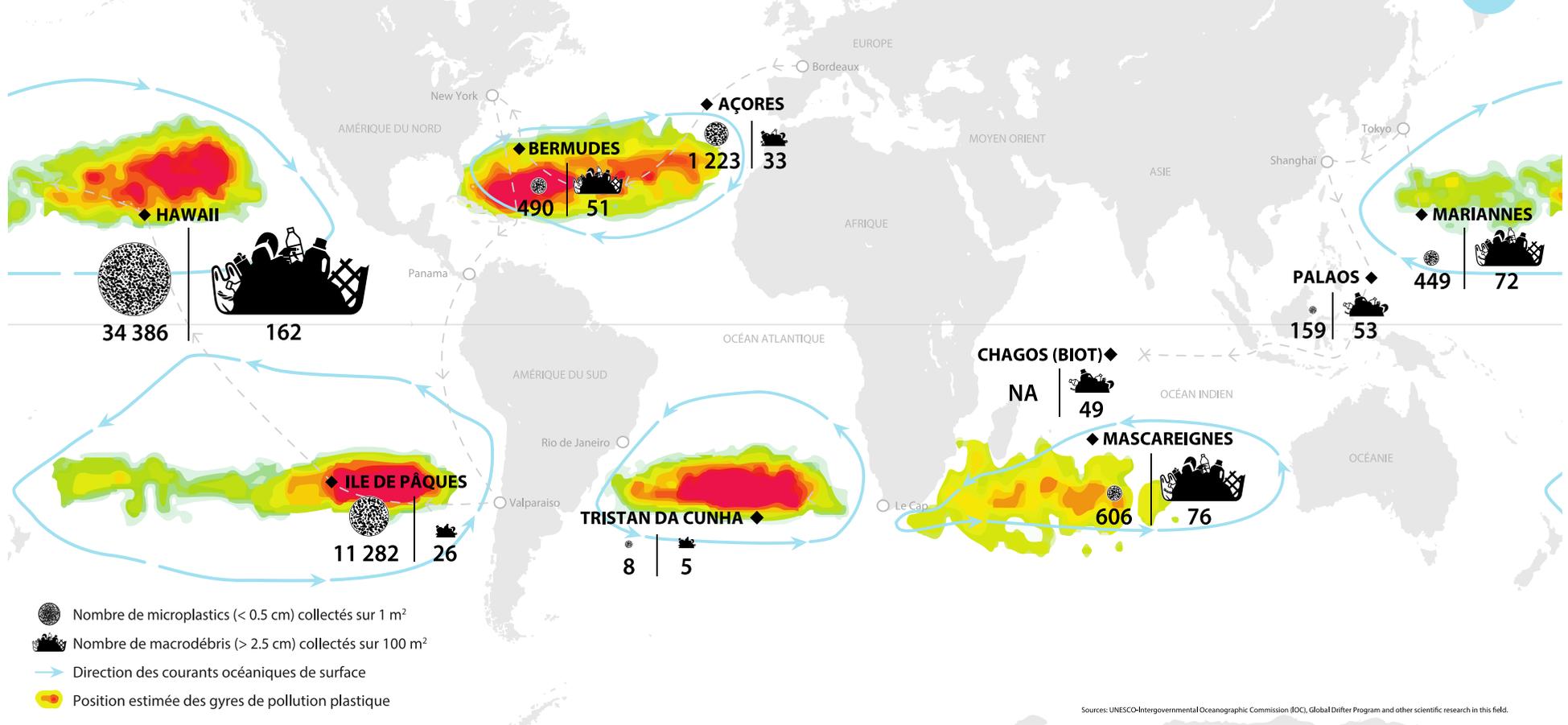


Figure 1 : Concentrations moyennes en macrodéchets et microplastiques atteintes sur les archipels/îles visités durant l'Odysée 2015

# 1. Introduction

La *Race For Water* Odyssée est une expédition environnementale qui s'est déroulée en 2015 et qui visait à traverser l'ensemble des océans pour atteindre les 5 différents gyres océaniques identifiés (aussi dénommés « vortex », zones de concentration en débris marins en haute mer situées en Atlantique Nord et Sud, Pacifique Nord et Sud ainsi que dans le Sud de l'Océan Indien) en moins d'une année, et témoigner de l'étendue de la pollution plastique sur les plages des îles situées dans le périmètre de ces gyres et au-delà.

Les débris marins flottants – essentiellement composés de plastique - sont présents en concentrations plus élevées dans ces vortex, et suivent un mouvement de dérive provoqué par les courants marins de surface. Ces débris flottants à la dérive viennent s'échouer régulièrement sur les zones côtières exposées, en particulier celles d'îles proches de ces gyres qui agissent comme des barrières physiques. La concentration et le type de débris marins échoués sur ces plages sont ainsi représentatifs de la pollution plastique des eaux environnantes, donc de ces vortex. L'échantillonnage des débris plastiques effectué par *Race For Water* concerne uniquement les zones littorales.

Au total, l'Odyssée aura visité 7 îles et/ou archipels (Açores, Bermudes, île de Pâques, Hawaii, Mariannes, Palaos, Mascareignes) de manière directe. Suite au chavirage du bateau de l'Odyssée lors de sa traversée de l'Océan Indien, 2 autres îles/archipels (Chagos et Tristan da Cunha) n'ont pas été visités par l'expédition. Cependant, des prélèvements ont pu être assurés par des volontaires locaux faisant partie du réseau de la Fondation. Ils y ont appliqué le même protocole que celui utilisé par les membres de l'expédition *Race For Water*, afin que les données soient comparables avec celles récoltées avant le chavirage. Les échantillons de microplastiques provenant des Chagos n'ont toutefois pas pu être exploités suite à des problèmes d'échantillonnage.

Sur ces différentes escales scientifiques, le protocole a été appliqué sur 2 à 5 plages différentes en fonction de l'accessibilité et de l'intérêt scientifique. Plusieurs critères ont été pris en compte comme, par exemple, la nature du substrat, la morphologie du terrain, la présence à proximité d'exutoires, d'estuaires ou de promontoires modifiant les courants et le dépôt des débris, et l'exposition des zones côtières afin d'obtenir des prélèvements représentatifs. Le type de fréquentation et les activités de nettoyage des plages ont été également prises en compte et reportées, sans toutefois constituer un motif d'exclusion.

## 2. Objectifs et méthodologie

Partant de ce principe, l'objectif premier de cette Odysée est d'identifier, de décompter, et de quantifier sur le terrain les fractions supérieures à 2.5 cm ou « macrodébris », ainsi que de prélever les fractions plastiques entre 2.5 cm et 5 mm ou « mésoplastiques », et inférieures à 5 mm ou « microplastiques » selon un protocole récent et standardisé, édité par la NOAA en 2013 (1). L'application systématique de ce protocole doit permettre d'obtenir des informations qualitatives et quantitatives comparables d'un gyre à l'autre.



*Figure 2 : Illustrations d'un échantillonnage de meso- et microplastiques sur un « quadrat » (surface de 50 cm par 50 cm et d'une profondeur 10 cm), à Kamilo Point, Hawaii, 30 juin 2015 (Photos F. Sciacca).*



*Figure 3 : Illustrations d'un échantillonnage de macrodébris sur les plages de Ngerong et Ulong, République de Palaos, 24 août 2015 (Photos P. Charaf).*

Pour les macrodébris, le travail d'identification, de description, de comptage et pesage s'est réalisé sur les sites directement (Figure 3). A la différence des fractions inférieures à 2.5 cm, aucune analyse des types de polymères composant la fraction plastique n'a été effectuée étant donnée l'impossibilité de pouvoir rapatrier des quantités aussi importantes de débris.

Le travail ultérieur au sein du Laboratoire Central Environnemental (GR-CEL) de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL, Suisse) a eu pour objectif la catégorisation et l'identification des types de meso- et microplastiques échantillonnés lors de l'Odysée. Pour cela, les catégories (mousses, films, fils de pêche, billes, pellets, morceaux, etc.) auxquelles appartiennent ces meso- et microparticules, les types de polymère (PE, PP, PS, PET, etc.) qui les composent, ainsi que leur concentration en nombre et en masse par mètre carré de plage ont été analysés. Les étapes de traitement peuvent se résumer comme dans la Figure 4 ci-dessous.

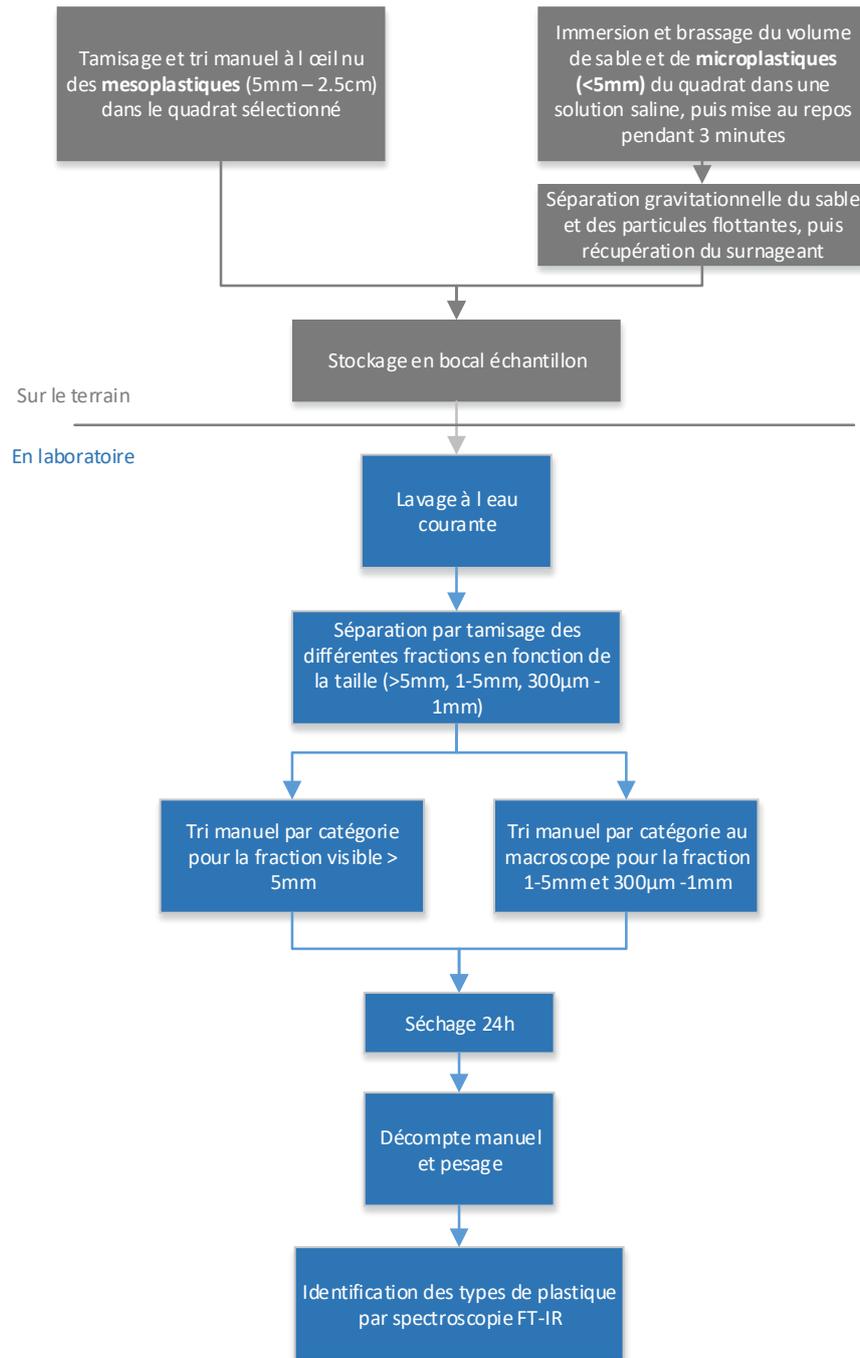


Figure 4 : Schéma synoptique de la méthodologie d'échantillonnage et d'analyse des meso- (5 mm- 2.5 cm) et microplastiques (< 5 mm) collectés dans un quadrat (dimensions de 0.25 m<sup>2</sup>, et 10 cm de profondeur).

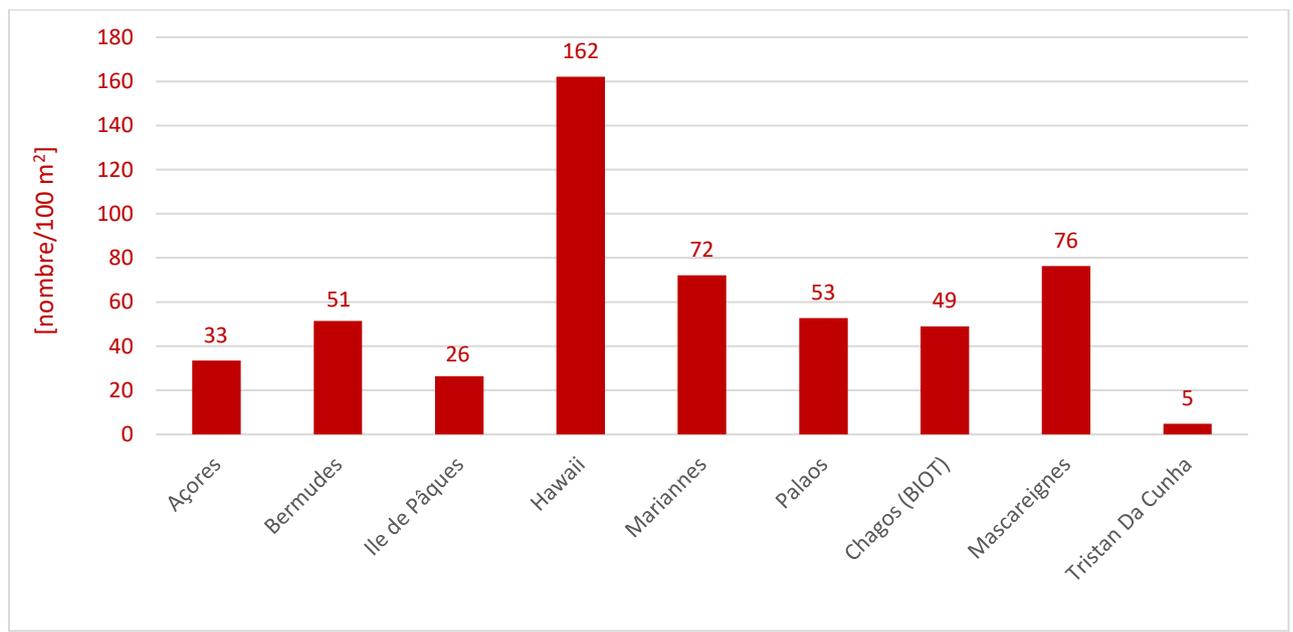
## 3. Résultats globaux par archipels/îles

### 3.1. Concentrations globales mesurées

Dans un premier temps, les résultats sont présentés de manière globale en comparant l'ensemble des archipels/îles échantillonnés entre eux à la fois pour ce qui concerne les concentrations en macrodétris et microplastiques en nombre et en masse, puis en fonction des catégories de plastiques et des types de polymères<sup>1</sup>. Dans un deuxième temps, chacune des escales sera traitée individuellement pour mettre en évidence les différences entre les sites échantillonnés sur un même archipel.

#### 3.1.1. Macro-détris

Au cours de cette Odysée 2015, 9 archipels et îles ont été visités réunissant 30 plages échantillonnées. Au total, c'est près de 15'420 débris de taille supérieure à 2.5 cm qui ont été collectés sur une surface totale échantillonnée de 20'796 m<sup>2</sup>.



*Figure 5 : Concentration des macrodétris (> 2.5 cm) en nombre par 100 mètres carrés de plage. Les macrodétris incluent les fractions de débris plastiques, de métal, de verre, de caoutchouc, de carton, de tissus ainsi que les inclassables. Les concentrations en nombre sont très variables entre les plages elles-mêmes sur un lieu donné.*

Selon la Figure 5 ci-dessus, les concentrations en macrodétris par 100 m<sup>2</sup> de surface de plage varient de 5 (Tristan Da Cunha) à 162 (Hawaii). Les plages échantillonnées à Hawaii (Pacifique Nord Est) montrent une moyenne nettement plus élevée sur une surface équivalente que sur le reste des escales. Les Mascareignes (Océan Indien) et les îles Mariannes (Pacifique Nord Ouest) suivent avec respectivement 76 et 72 macrodétris par 100 m<sup>2</sup>. Les Bermudes, Palaos et les Chagos montrent pour

<sup>1</sup> Les mésoplastiques ne sont pas considérés dans les résultats en raison du faible nombre de débris collectés.

leur part des concentrations proches avec respectivement 51, 53 et 49 macrodébris sur la même surface.

Table 1 : Pourcentage de débris plastiques parmi les macrodébris collectés

	Açores	Bermudes	Ile de Pâques	Hawaii	Mariannes	Palaos	Chagos (BIOT)	Mascareignes	Tristan Da Cunha
Macrodébris plastiques	84%	70%	91%	93%	84%	79%	81%	94%	71%

Sur les différentes escales, parmi l'ensemble des débris collectés de plus de 2.5 cm (macrodébris), il faut noter que les débris plastiques composaient entre 70% (Bermudes) et 94% (Mascareignes, Rodrigues) du total des gros débris collectés (Table 1). Sur l'ensemble des macrodébris, les plastiques composaient près de 90% du nombre. Les autres types de macrodébris étaient essentiellement constitués de caoutchouc, verre et métal.

Concernant les concentrations en poids (voir Table 2), les tendances sont différentes car c'est Palaos qui arrive très nettement en tête, suivi des Mariannes et de l'île de Pâques. En effet, les concentrations respectives en masse sur une surface carrée 100 m<sup>2</sup> sont de 2'656 gr pour Palaos, 2'030 gr pour les Mariannes, 2090 g pour les Mascareignes et plus de 1'609 gr pour l'île de Pâques. Ce constat montre qu'il n'y a pas de corrélation entre le nombre et le poids des gros débris. Plus particulièrement, l'île de Pâques montre que de gros débris spécifiques (cordes, récipients de grande taille) sur des surfaces de plage réduites peuvent avoir une incidence importante sur les concentrations. Toutefois, il convient de relativiser ces données quantitatives car les concentrations en gros débris sont très variables et dépendent - à nouveau - des effets de site (exposition, météo, exutoires à proximité, fréquentation), mais aussi et surtout de la fréquentation touristique et de la régularité des nettoyages de plages. Or, sur de nombreux sites visités, des campagnes systématiques de nettoyage ont lieu, avec toutefois des fréquences très variables.

### 3.1.1. Microplastiques

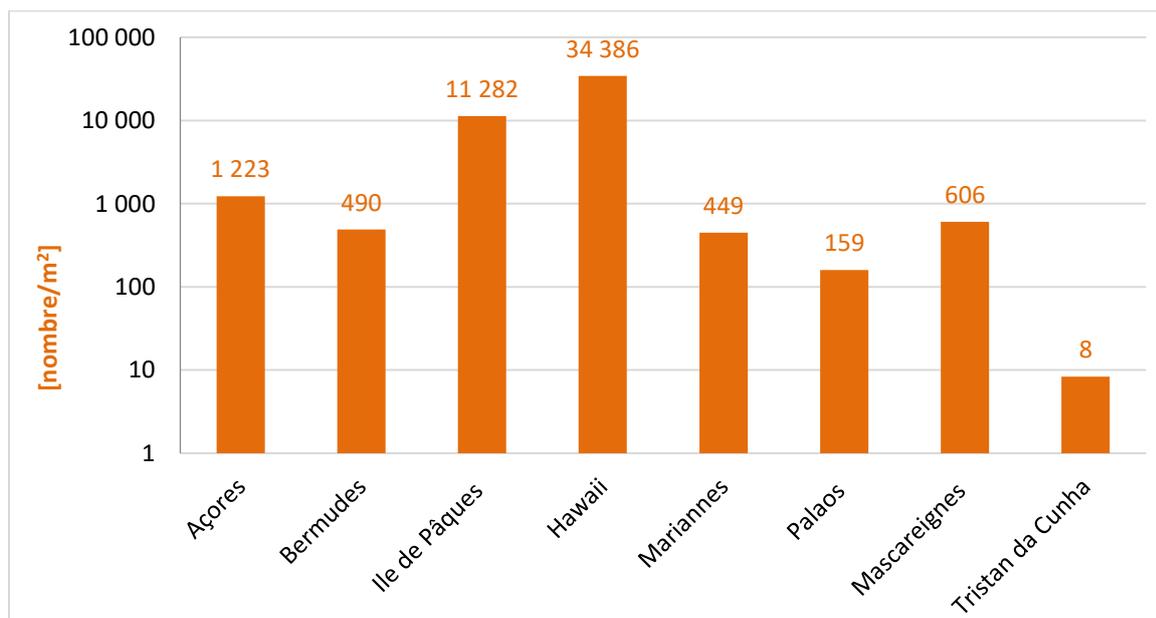


Figure 6 : Concentration en microplastiques (< 5mm) en nombre par mètre carré de plage. Echelle logarithmique.

Les concentrations en nombre pour les microplastiques sont résumées dans la Figure 6 ci-dessus.

Premièrement, il faut souligner que les concentrations en microplastiques (< 5 mm) montrent une variabilité très forte sur les différentes plages d'une même île. Toutefois, lorsqu'il s'agit du nombre de microplastiques par mètre carré échantillonné, les tendances montrent qu'en moyenne les plages d'Hawaii (Kahuku, South Makapuu, Kahana, Kawa Bay et Kamilo Point) arrivent largement en tête avec une moyenne de plus de 30'000 microplastiques par m<sup>2</sup> de plage. L'île de Pâques reste dans le même ordre de grandeur avec plus de 10'000 particules plastiques, ce qui est une concentration plus de 10 fois supérieure à celle des plages échantillonnées aux Açores (Do Norte, Porto Pim, Conceição). Suivent dans l'ordre les Mascareignes, les Bermudes, les Mariannes et Palaos. Tristan da Cunha clôture avec 8 microplastiques par m<sup>2</sup> ce qui est la plus faible moyenne recensée. Sur la base de ces valeurs, le premier constat marquant est que l'océan Pacifique (Nord et Sud) constitue la zone de concentration en microplastiques la plus préoccupante, suivi de l'océan Atlantique Nord, puis de l'océan Indien. Ce résultat est globalement en accord avec les modélisations effectués sur le transport des déchets plastiques dans les océans (2) (3) (4).

*Table 2 : Concentration en microplastiques (< 5 mm) et macrodébris (> 2.5 cm) en masse par mètre carré de plage.*

Concentration en [g/m <sup>2</sup> ]	Açores	Bermudes	Ile de Pâques	Hawaii	Mariannes	Palaos	Chagos	Mascareignes	Tristan Da Cunha
Microplastiques (< 5 mm)	16	3	150	133	2	1	na	3	<1
Macrodébris (> 2.5 cm)	1	2	16	13	20	27	14	21	<1

En ce qui concerne les quantités en masse relevées de microplastiques, les valeurs sont relativement bien corrélées aux concentrations en nombre (si l'on se base sur les ordres de grandeurs). Globalement, les concentrations en masses de microplastiques sont plus élevées dans le Pacifique Nord et Sud, suivies de l'océan Atlantique Nord. Cela pourrait potentiellement indiquer une accumulation plus longue de microplastiques sur la côte, due à une présence plus ancienne de débris plastiques dans les océans Pacifique (Nord et Sud) et Atlantique Nord. Cependant, pour confirmer l'hypothèse d'une présence plus ancienne de débris plastiques marins dans certains gyres, il conviendrait d'échantillonner les microplastiques en identifiant leur concentration selon un gradient de profondeur pour avoir un historique plus fiable de la pollution plastique, et il serait surtout nécessaire de pouvoir dater les plastiques collectés en fonction de leur usure structurelle (oxydation des polymères notamment).

Par ailleurs, il est frappant de constater que la masse des microplastiques par m<sup>2</sup> est plus élevée que celle des macrodébris pour les Açores (Faial), les Bermudes, l'île de Pâques et Hawaii. Or la plupart des sites échantillonnés sur ces escales sont régulièrement nettoyés. A l'inverse, dans le cas des Mariannes (Guam), Palaos et les Mascareignes (Rodrigues), les nettoyages locaux n'avaient pas été effectués récemment avant notre passage et les concentrations en masse de macrodébris se sont révélées plus élevées que celles des microplastiques. Cela tend à confirmer que logiquement la concentration des macrodébris est particulièrement dépendante de la fréquence des nettoyages locaux. Les microplastiques, en revanche, ne sont pas collectés lors des campagnes de nettoyage.

L'extrême opposé – fréquentation locale et/ou touristique importante avec une forte présence de déchets locaux – peut également accentuer la concentration en macrodébris. Les Mariannes (Guam) et les Mascareignes (Rodrigues) illustrent ce cas de figure. En effet, les sources locales de déchets sur

les plages ne sont dans certains cas pas négligeables. La sensibilité en matière de gestion des déchets est donc visiblement encore très variable.

Au final, il est très hasardeux de tirer des conclusions claires sur la base des informations liées seulement aux macrodéchets. Il est toutefois possible d'indiquer les caractéristiques locales et régionales ainsi que les facteurs météorologiques qui peuvent potentiellement avoir influencé l'échantillonnage (voir Annexe 1 et 2). A l'inverse, la concentration en microplastiques sur le littoral semble constituer un indicateur plus représentatif des niveaux de pollution plastique atteints.

## 3.2. Typologies de déchets plastiques collectés

### 3.2.1. Macroplastiques

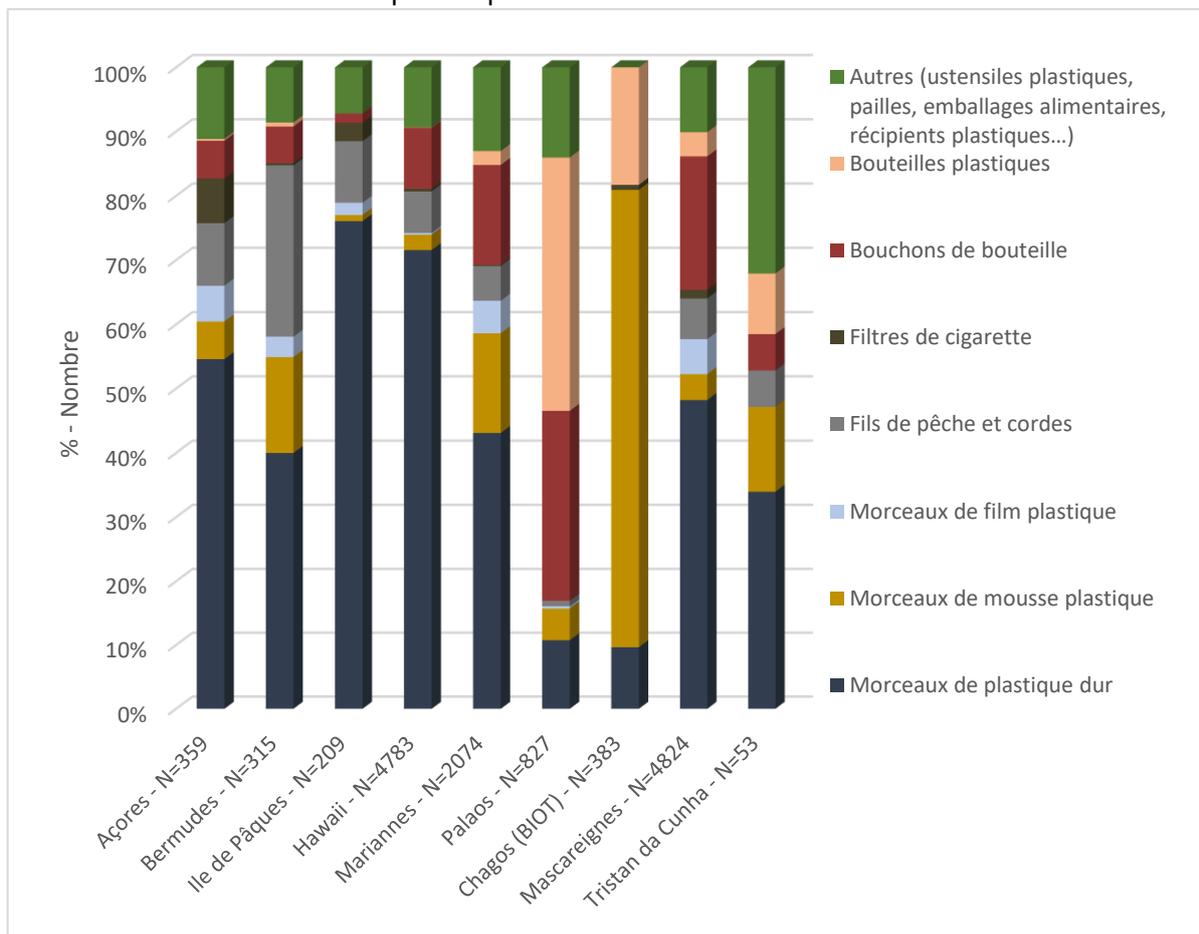


Figure 7 : Répartition des macroplastiques (> 2.5 cm) en fonction des catégories de plastique. La catégorie « Autres » inclut les fractions plastiques d'emballages alimentaires, de récipients, briquets, sacs en plastique, bouées et flotteurs, leurres, appâts et lignes, gobelets, couverts, pailles, ballons, produits de soin et les inclassables.

Concernant les catégories de macroplastiques collectés sur les plages, le type dominant est sans nul doute celui des morceaux de plastique dur, qui oscille entre 10 et 76% du total (Figure 7). À l'exception de Palaos et des Chagos pour lesquelles les morceaux de plastique dur ne constituent que 11 et 10% respectivement, cette catégorie compte en général pour plus du tiers des fractions sur les autres escales. Ces morceaux de plastique dur proviennent de la dégradation physique (fragmentation mécanique), chimique (rayonnement UV, oxydation, chaleur) et biologique

(morsures, arrachements par la faune marine, colonisation bactérienne) d'objets plastiques de plus grande taille avec le temps lors de leur dérive à la surface des océans (5). Sur l'ensemble des escales viennent ensuite les bouchons de bouteilles, les filets de pêche et cordes en plastique, puis les mousses/fragments mous, les bouteilles plastiques, les récipients, les films en plastique, les produits de soin, les leurres et appâts, les briquets, les filtres de cigarettes, les bâtons de sucette et les pailles. Sur les Chagos, la catégorie des mousses domine nettement (il s'agit vraisemblablement de polystyrène expansé) et représente près de 60% des macroplastiques devant les bouteilles et les morceaux de plastique dur, tandis que pour Palaos ce sont les catégories bouteilles et bouchons de bouteilles qui dominent, suivies par la catégorie « Autres » qui ressort en particulier grâce aux fractions de récipients, briquets et produits de soin. Les activités maritimes et de pêche sont logiquement à la base de la concentration en morceaux de corde et en fils de pêche, qui sont particulièrement présents aux Bermudes et dans une moindre mesure aux Açores et sur l'île de Pâques. Globalement, les Bermudes semblent être plus exposées aux débris issus des activités maritimes que les autres endroits échantillés.

### 3.2.1. Microplastiques

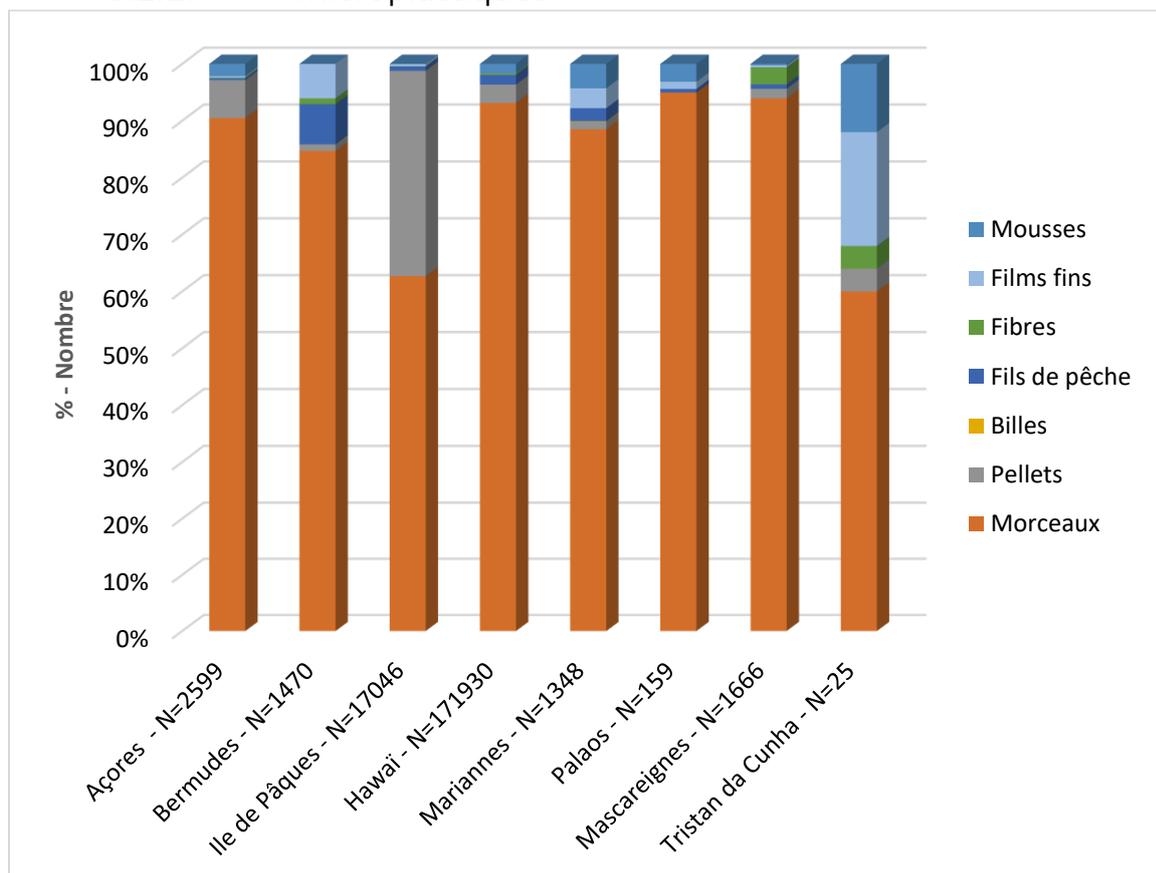


Figure 8 : Répartition des microplastiques (< 5 mm) en fonction des catégories de plastique.

Les catégories de plastique considérées dans cette étude parmi l'ensemble des microplastiques sont illustrées en Annexe 3. La distribution des microplastiques est encore plus dominée par les morceaux de plastique dur que celle des macroplastiques (Figure 8), ce qui est normal si l'on part de l'hypothèse que nombre de catégories mentionnées parmi les macroplastiques (bouchons de bouteille, conteneurs, ustensiles...) se fragmentent sous forme de morceaux de plastique dur non identifiables à un certain stade de vieillissement. Ces microplastiques sont probablement d'origine

terrestre, autrement dit, issus essentiellement d'activités humaines sur le continent. Sur les Bermudes, les fils de pêche restent toujours bien présents après les morceaux de plastique dur, confirmant les constats liés aux macrodébris effectués plus haut. Une partie notable des débris est donc d'origine maritime. Sur les Açores, l'île de Pâques et Hawaii en revanche, au-delà de la catégorie des morceaux de plastique dur, ce sont les pellets qui constituent la deuxième fractions en nombre. Les pellets sont la base de toute production industrielle d'articles en plastique, il s'agit de microplastiques primaires (par opposition aux microplastiques secondaires issus de la fragmentation de plus gros débris). En particulier sur l'île de Pâques, la concentration en pellets est la plus marquée et représente plus de 36% du total. Les pellets peuvent provenir en particulier des cargos porte-conteneurs qui, lors de conditions météorologiques difficiles, peuvent perdre une partie de leur cargaison. Toutefois, ils peuvent également provenir du continent et des activités industrielles de production, transformation, manutention ou stockage de pellets mal encadrées. En effet, les pellets accidentellement déchargés dans une zone non contrôlée peuvent très facilement aboutir dans les rivières, suite au ruissellement des eaux de pluie par exemple, puis les fleuves, estuaires et finalement déboucher dans les mers et océans. Tristan da Cunha et Hawaii – et dans une moindre mesure les Mariannes et les Mascareignes - mettent également en évidence une présence de pellets. Les mousses et les films fins sont des fractions significatives sur Tristan da Cunha après les fragments durs. En ce qui concerne les fibres, elles ont pu être identifiées en particulier sur Tristan da Cunha, les Mascareignes et les Bermudes.

*Table 3 : Types de polymères composant les morceaux de microplastique dur collectés. La catégorie « autres » comprend plus particulièrement le polyméthylepentène (PMP) ainsi que l'éthylène-acétate de vinyle (EVA).*

% selon nombre	Açores	Bermudes	Ile de Pâques	Hawaii	Mariannes	Palaos	Mascareignes	Tristan Da Cunha
PE	82.5	86.5	91.1	68.8	59.6	53.3	65.8	16.7
PP	16.8	13.5	8.9	31.2	40.0	46.7	34.2	66.7
Autres (EVA, PMP)	0.7	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	16.7

L'analyse des types de polymères qui composent les fragments de plastique dur montre que le polyéthylène (PE) domine très nettement sur l'ensemble des escales (entre 16.7 et 91.1% du nombre de microplastiques collectés), à l'exception de Tristan da Cunha (Table 3). Toutefois, de par le faible nombre de microplastiques collectés sur Tristan da Cunha (53), il convient de considérer ces résultats avec précaution. L'autre tendance qui se dégage est la présence de polypropylène (PP) comme autre composant principal des microplastiques. Dans certains cas (Açores, Mariannes et Tristan da Cunha), des fractions très réduites d'éthylène-acétate de vinyle (EVA) et polyméthylpentène (PMP) ont également pu être identifiées.

Le PP et PE sont des polymères de très grande consommation. Le PP est largement utilisé dans l'industrie automobile, dans le matériel de bureau, mais aussi pour produire des emballages alimentaires, en particulier des bouchons de bouteille ou des pailles, mais aussi des tissus et autres textiles synthétiques. Le PE est utilisé pour produire des emballages plastiques rigides (PEHD) comme des bouteilles (de lait par exemple), des bouchons de bouteille également, des récipients de détergents ou cosmétiques, ou encore des contenants réutilisables. Il est aussi utilisé pour des emballages souples (PELD) comme des sacs plastiques, sachets ou sacs poubelles. Sous forme réticulée, il est utilisé pour les gaines de câbles. En raison de sa très bonne résistance et durabilité, les applications industrielles pour le PE sont très variées, notamment dans le domaine des équipements sportifs, de protection ou de chirurgie. Le PP brut est globalement plus sensible aux UV et à l'oxydation que le PE. L'EVA possède des propriétés plus élastomères encore que le PE (lui-même

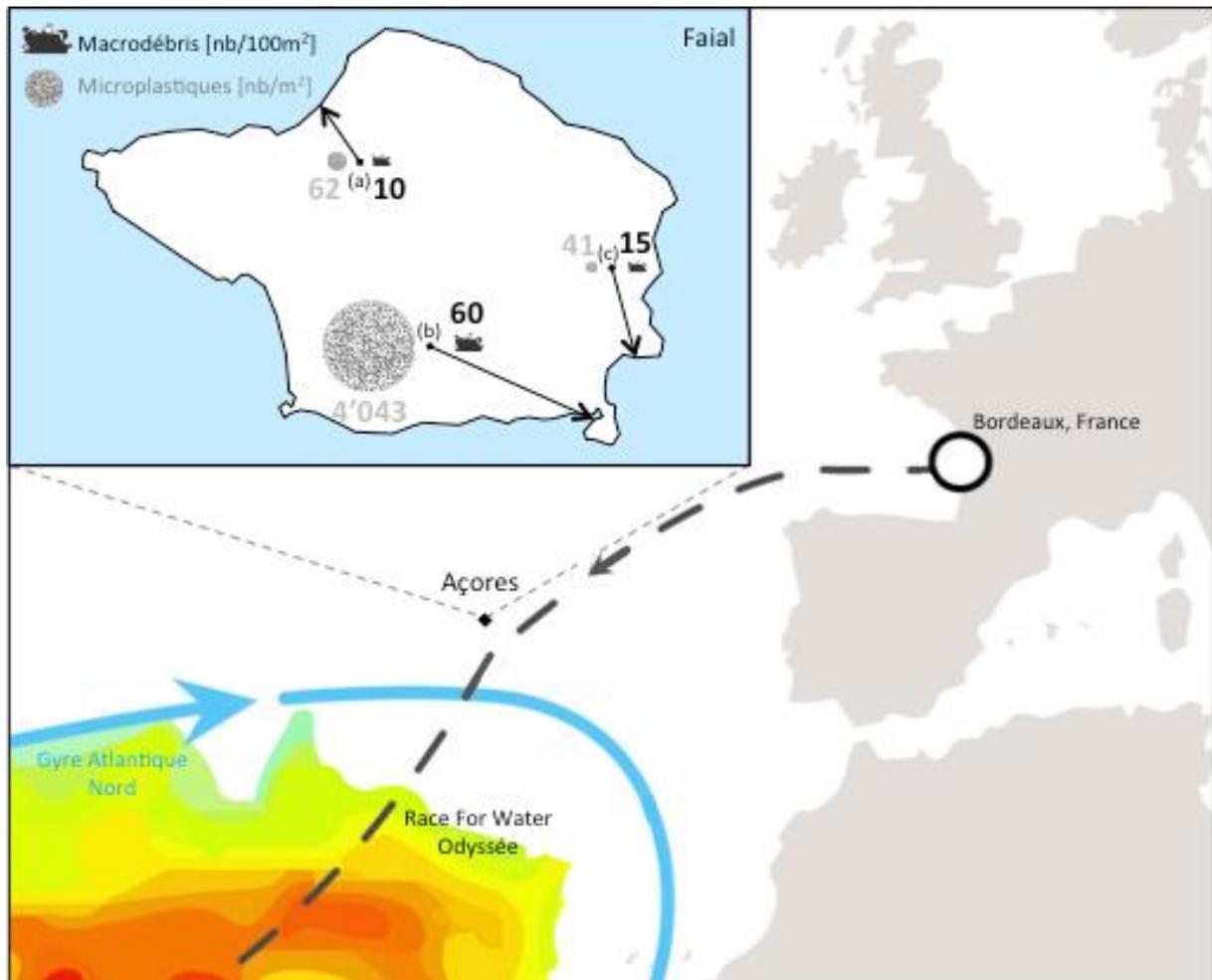
plus souple que le PP qui se casse plus facilement) et trouve des applications nombreuses dans l'emballage, l'alimentaire, le médical, ou encore les bâtiments et travaux publics. Le PMP est quant à lui très stable face aux variations de température, aussi rigide que le PP, mais sensible à l'oxydation raison pour laquelle il est souvent mélangé avec des additifs. Il se retrouve dans le matériel électronique, médical, de laboratoire ou de cuisine (6a) (6b) (7).

La manipulation en laboratoire des microplastiques a confirmé cet aspect très cassant du PP qui a tendance, même sous forme de fragments déjà millimétriques, à se fragmenter extrêmement facilement lors de leur manipulation.

La faible représentation - parmi les débris plastiques identifiés sur les plages - d'autres plastiques produits en grandes quantités (PC, PVC et PET notamment) s'explique par leur densité plus importante ne leur permettant pas de flotter.

## 4. Résultats spécifiques par site pour chaque archipel (îles)

### 4.1. Açores (Faial)



*Figure 9 : Concentration en macrodétritus (icônes noires) en nombre par 100 m<sup>2</sup> et microplastiques (cercles gris) en nombre par m<sup>2</sup> de plage sur l'île de Faial, aux Açores. La taille des symboles est proportionnelle à la concentration, avec des échelles différentes entre les deux catégories. (a) Do Norte, (b) Porto Pim, (c) Conceição.*

Sur l'île de Faial, les concentrations sont extrêmement variables en fonction de la situation géographique (Figure 9 et 10). En particulier, la pointe sud de l'île de Faial, qui abrite la plage de Porto Pim orientée ouest, agit comme un piège naturel face aux débris flottants dérivant depuis l'ouest, ce qui explique probablement pourquoi les concentrations les plus élevées en macrodétritus (60 par 100 m<sup>2</sup>) et microplastiques (4'043 par m<sup>2</sup>) ont été relevées à cet endroit. En termes de courants océaniques, les Açores sont d'ailleurs principalement exposées au Gulf Stream ainsi qu'à des courants turbulents se propageant vers l'ouest. Ces courants sont connus pour avoir une incidence notable sur la capture et la rétention des particules flottantes par les Açores (8). Les

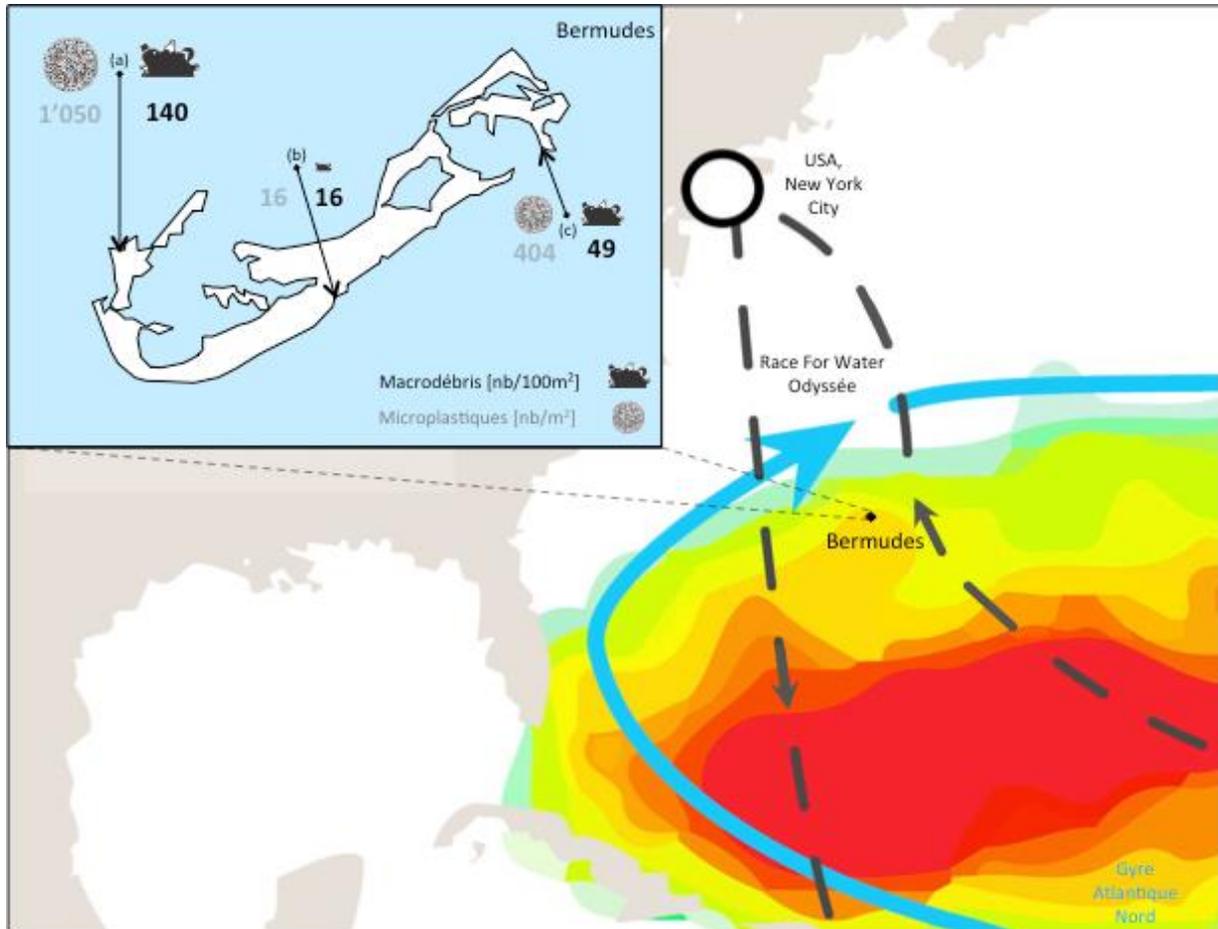
témoignages locaux confirment que la plage de Porto Pim capte des quantités importantes de débris flottants.

La plage de Do Norte (située sur la partie Nord-Ouest de l'île) présente certaines caractéristiques particulières – une côte orientée nord-ouest, une pente importante, une houle régulièrement forte avec de puissantes vagues venant s'échouer en bas des falaises - qui peuvent expliquer pourquoi la concentration en débris marins retrouvés est moindre (10 macrodébris par 100 m<sup>2</sup>). Cette plage est également nettoyée régulièrement. Chaque année, le protocole européen OSPAR (9) est d'ailleurs réalisé sur cette plage. Elle est néanmoins située à proximité d'une décharge à ciel ouvert qui peut être une source de pollution locale, tout comme pour la plage de Conceição (située au Sud-Est de l'île) qui est à proximité du centre urbain avec une concentration en macrodébris toutefois très réduite (15 macrodébris par 100 m<sup>2</sup>). Ces valeurs sont conformes aux résultats obtenus lors des collectes réalisées dans le cadre du projet Azorlit avec 7 et 14 macrodébris par 100 m<sup>2</sup>, pour Do Norte et Conceição respectivement, selon Christopher Kim Pham de l'Université des Açores à Horta. D'après ce même projet Azorlit, les concentrations mesurées sur Porto Pim étaient en revanche plus faibles avec 0,11 macrodébris par m<sup>2</sup> (contre 0,6 selon notre collecte). Toutefois, la situation de Porto Pim est connue des habitants locaux, ce qui lui permet de bénéficier d'une attention particulière avec des nettoyages très réguliers. Une étude temporelle sur l'accumulation de débris marins sur les plages de Porto Pim et Conceição a montré que le maximum observé pouvait atteindre 194 macrodébris par 100 m<sup>2</sup> en février, avec - là aussi - une forte variabilité (10).



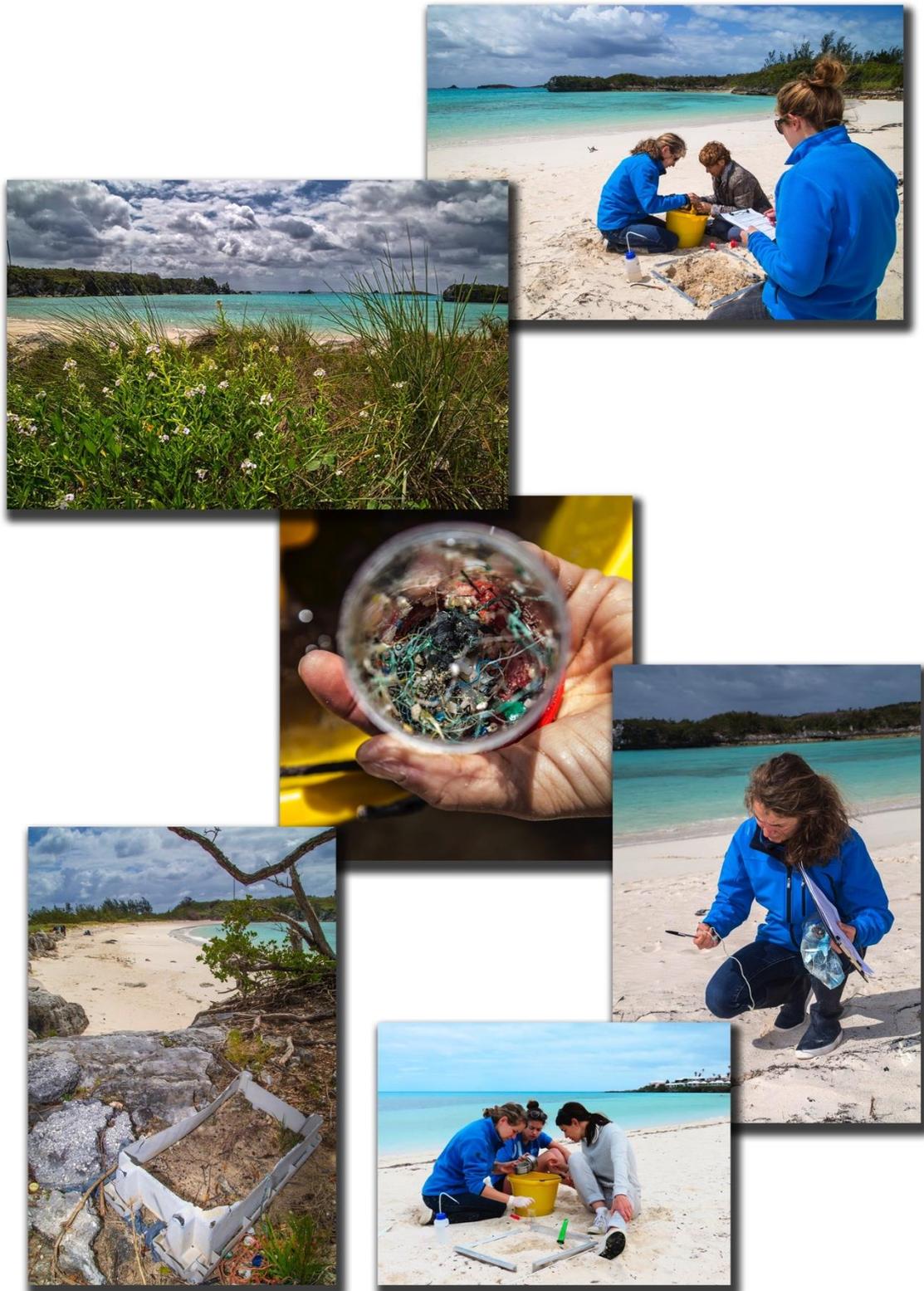
*Figure 10 : Illustrations de l'échantillonnage effectué sur l'île de Faial, Açores (Photos P. Charaf).*

## 4.2. Les Bermudes (Grande Bermude, Somerset et Cooper's)



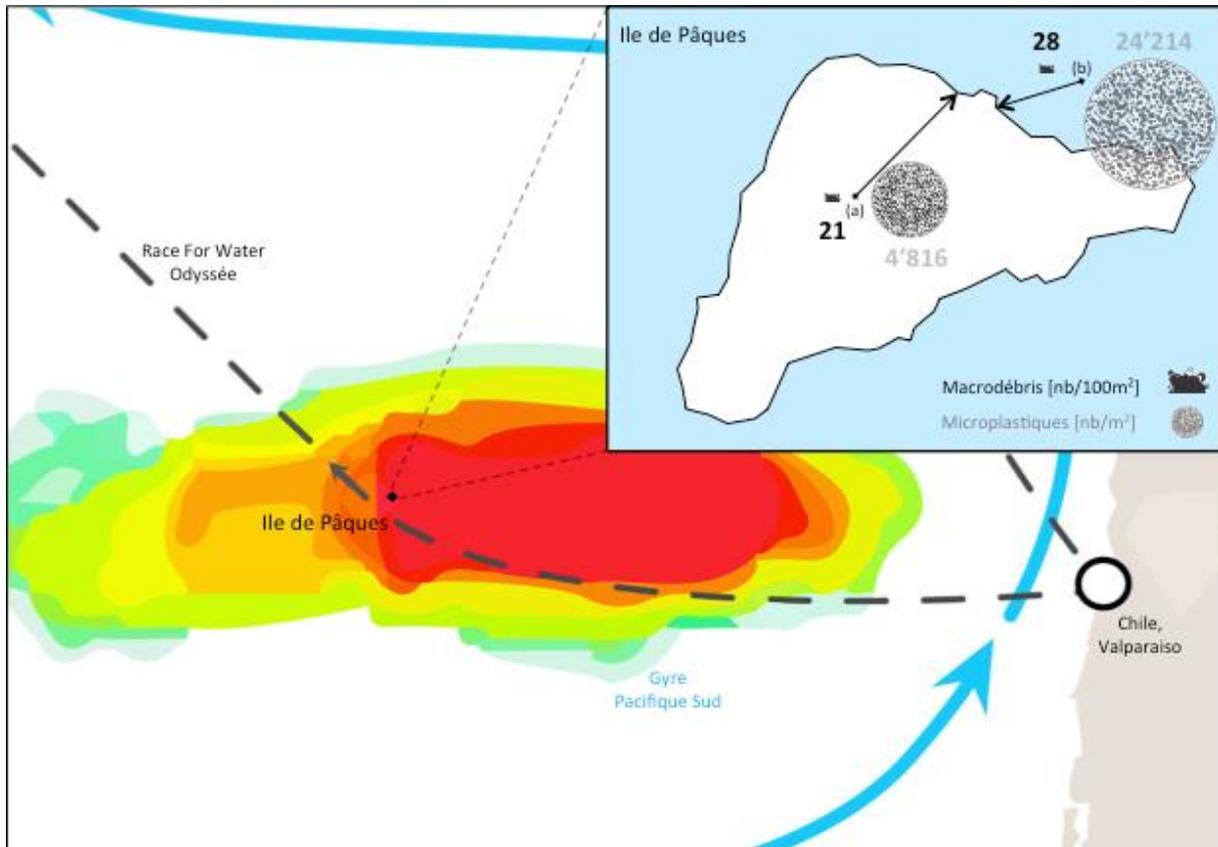
*Figure 11 : Concentration en macrodébris (icônes noires) en nombre par 100 m<sup>2</sup> et microplastiques (cercles gris) en nombre par m<sup>2</sup> de plage aux Bermudes. La taille des symboles est proportionnelle à la concentration, avec des échelles différentes entre les deux catégories. (a) Somerset Long Bay, (b) Grape Bay, (c) Well Bay.*

Aux Bermudes, la plage de Somerset Long Bay située à l'ouest est celle qui a mis en évidence les quantités de débris les plus élevées avec 140 macrodébris par 100 m<sup>2</sup> et près de 1'050 microplastiques par m<sup>2</sup> (Figure 11 et 12). Ce constat est toutefois à l'opposé des témoignages de locaux qui affirment se confronter à des arrivées plus massives de débris sur la côte est de l'île face au vent. Dans ce contexte, ces différences entre nos données de concentration sur les macrodébris avec les témoignages de résidents locaux s'expliquent probablement par les nettoyages récemment effectués avant notre échantillonnage sur les plages de la côte est. À ces considérations locales s'ajoute le fait que la plage de Well Bay, située au nord-est des Bermudes, forme une petite anse orientée sud qui agit elle aussi comme un piège pour les débris dérivant vers le nord. Ceci peut expliquer les concentrations notables de débris malgré un nettoyage récent. Selon l'expérience locale, la plage de Well Bay semble être effectivement la plage la plus exposée aux débris marins. La plage de Grape Bay reçoit également des déchets marins mais est régulièrement nettoyée lors d'initiatives individuelles, ce qui pourrait expliquer ces plus faibles valeurs mesurées.



*Figure 12 : Illustrations de l'échantillonnage effectué sur les Bermudes (Photos P. Charaf).*

### 4.3. Ile de Pâques



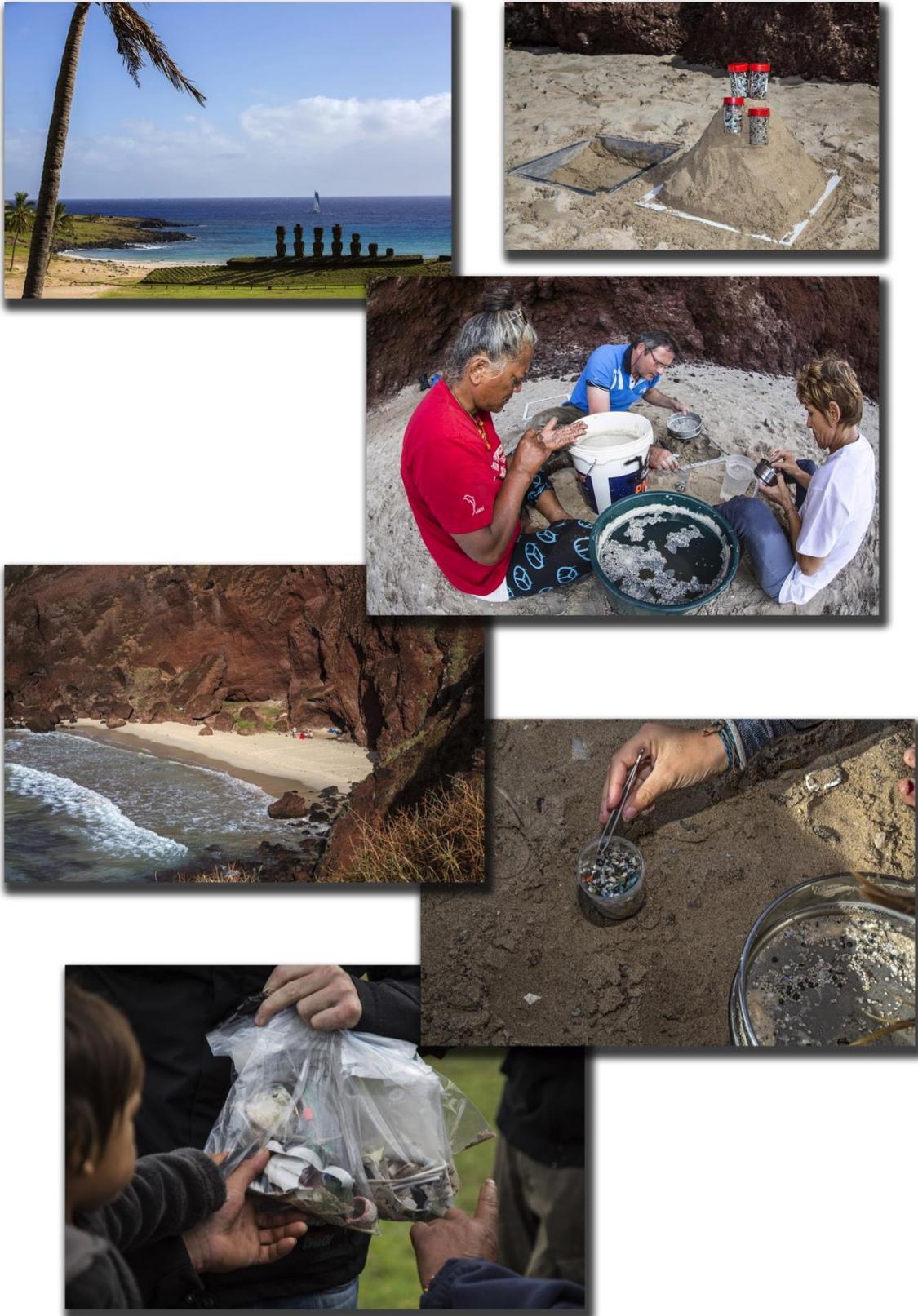
*Figure 13 : Concentration en macrodébris (icônes noires) en nombre par 100 mètres carrés et microplastiques (cercles gris) en nombre par mètre carré de plage sur l'île de Pâques. La taille des symboles est proportionnelle à la concentration, avec des échelles différentes entre les deux catégories. (a) Anakena, (b) Ovahe.*

Malgré sa situation isolée à 3'680 km des côtes chiliennes, l'île de Pâques n'est pas épargnée par la pollution plastique. En effet, il est établi que les déchets plastiques s'accumulent dans la région centre-est de l'océan Pacifique Sud à proximité de cette île (11).

L'échantillonnage réalisé ici sur l'île de Pâques est moins représentatif que les précédents car il a été effectué uniquement sur deux sites situés au nord-est de l'île (Figure 13 et 14). Cette contrainte s'explique par le fait que la grande majorité de la côte est rocheuse et escarpée, à l'exception des deux plages échantillonnées que sont Ovahe et Anakena. L'orientation des plages, respectivement à l'est et nord, et la concentration des débris sur les plages pourraient indiquer que le flux de débris s'oriente d'est en ouest à cet endroit.

Sur l'île de Pâques, la particularité de ces deux uniques plages est qu'elles sont logiquement très fréquentées, et des campagnes de nettoyage sont également organisées par la municipalité avec une fréquence hebdomadaire pour la plage d'Ovahe (la plus à l'est), et quotidienne pour Anakena. Ceci explique logiquement pour quelle raison les macrodébris qui sont par ailleurs très présents et visibles sur les parties rocheuses du reste de l'île sont relativement peu présents sur ces deux plages. En comparaison, les concentrations en microplastiques sont très élevées, notamment sur la plage d'Ovahe (24'214 microplastiques par m<sup>2</sup>). En effet, il s'agit même de l'échelle avec les concentrations en microplastiques les plus élevées après Hawaii. Cela confirme une fois encore que les

microplastiques constituent un indicateur beaucoup plus fiable et robuste de l'historique de la pollution plastique que les macrodéchets. Ces microdéchets de plastique dur sont issus de la dégradation physico-chimique et biologique de plus gros déchets marins ayant probablement déjà longtemps dérivé à la surface des océans.



*Figure 14 : Illustrations de l'échantillonnage effectué sur l'île de Pâques (Photos P. Charaf).*

## 4.4. Hawaii (Oahu, Big Island)

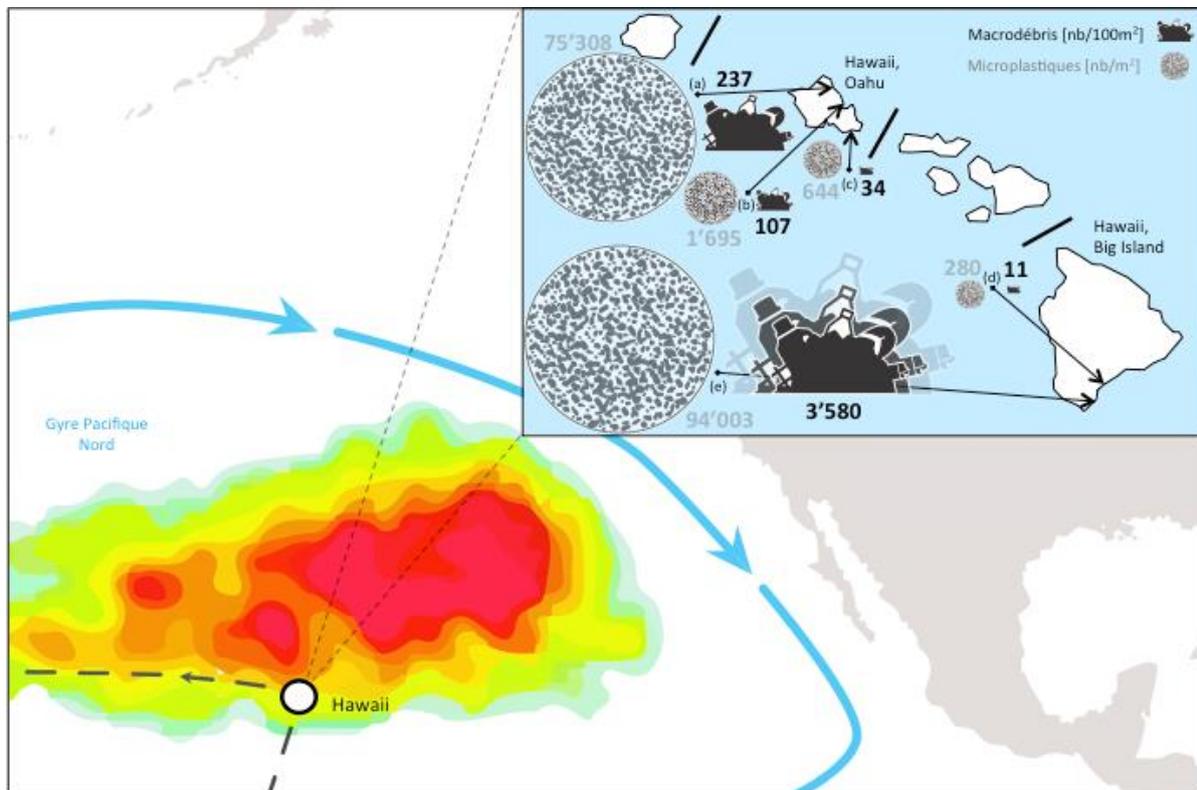


Figure 15 : Concentration en macrodébris (icônes noires) en nombre par 100 m<sup>2</sup> et microplastiques (cercles gris) en nombre par m<sup>2</sup> de plage sur l'archipel d'Hawaii. La taille des symboles est proportionnelle à la concentration, avec des échelles différentes entre les deux catégories. (a) Kahuku, (b) Kahana, (c) South Makapuu, (d) Kawa Bay, (e) Kamilo Point.

L'échantillonnage sur l'archipel d'Hawaii s'est déroulé sur cinq sites différents dont trois sur l'île d'Oahu (avec du nord au sud Kahuku, Kahana et South Makapuu) et deux sur Big Island (Kawa Bay et Kamilo Point) (Figure 15 et 16). Les valeurs de concentration en macrodébris et microplastiques suivent globalement les mêmes tendances dans l'archipel. Deux sites – Kamilo Point et Kahuku – se sont révélés être extrêmement affectés par la pollution aux microplastiques. Sur l'ensemble des sites échantillonnés durant l'Odyssee, il s'agit des plus importantes concentrations constatées avec des valeurs avoisinant les 75'000 et 94'000 microplastiques par m<sup>2</sup> pour respectivement Kahuku et Kamilo Point. Pour mémoire, à l'exception de l'île de Pâques avec un site (Ovahe) à près de 25'000 microplastiques par m<sup>2</sup>, les autres valeurs de concentration les plus élevées identifiées sur l'ensemble de l'Odyssee ne dépassent pas 5'000 microplastiques par m<sup>2</sup>. Des modélisations récentes se basant sur les courants géostrophiques, les processus d'Ekman et le théorème de Stokes ont montré que l'accumulation la plus importante de débris marins dans le Pacifique Nord - autrement dit le centre de gravité du gyre du Pacifique Nord - se situait fort probablement au nord-est de l'archipel d'Hawaii, ce qui peut expliquer pourquoi des niveaux élevés sont constatés sur le littoral exposé à l'est (2). Avant même la mise en évidence par Charles Moore du gyre du Pacifique Nord pour la première fois en 1997, plusieurs ONG hawaiiennes effectuaient déjà des campagnes de nettoyage afin de lutter contre l'accumulation de débris marins sur les côtes.

La particularité de Kamilo Point est sa situation isolée, contrairement à des sites comme Kahana, South Makapuu ou Kawa Bay. Malgré cela, des campagnes de nettoyage régulières sont organisées

sur le site Kamilo Point car cet endroit est désormais connu pour être une zone de convergence des courants marins provoquant une accumulation très importante de débris (12) (13) (14). Avec l'aide de Hawaii Wildlife Fund, de nombreux volontaires y ont travaillé depuis 2003 et ont récolté quasiment 200 tonnes de débris. De part l'absence de fréquentation touristique, ce site est un témoignage directe de la pollution marine affectant cette zone du Pacifique. Dans la mesure où le site de Kawa Bay situé quelques kilomètres seulement plus au Nord par rapport à Kamilo Point s'avère nettement moins affecté par les macro- comme les microdébris, il est important de souligner que les effets de site tels que les courants marins jouent un rôle non négligeable dans les modèles de déposition des débris marins. Quoiqu'il en soit Kamilo Point constitue le *hotspot* de cette Odyssée qu'il s'agisse des microplastiques comme des macrodébris, avec pour ces derniers près de 3'580 macrodébris collectés par 100 m<sup>2</sup>. A titre indicatif, le deuxième site le plus affecté durant cette Odyssée est la plage de Pago Bay sur l'île de Guam avec 372 macrodébris par 100 m<sup>2</sup>, soit une concentration quasiment 10 fois inférieure. Des débris aussi improbables qu'une table en plastique, un aspirateur, un conteneur d'un mètre cube, des poupées pour enfants, ou des pièces de bateau ont été retrouvés. De manière générale, un nombre impressionnant de bouchons de bouteille, cordes, lignes de pêche, conteneurs et morceaux de plastique dur a été collecté. Sur l'archipel, Kahuku constitue le deuxième site le plus impacté, et là aussi de nombreuses campagnes de nettoyage ont lieu régulièrement. En septembre 2016, ce sont près de 1'633 kg de débris qui ont été collectés sur approximativement 1.6 kilomètres de plage (15). Une récente étude d'imagerie haute résolution pour la détection de débris marins sur les côtes de l'archipel d'Hawaii a confirmé que les sites de Kamilo Point et Kahuku constituent des *hotspots* de concentration en débris marins (16). Cette même étude a également mis en évidence la prévalence du plastique parmi les débris marins identifiés.



*Figure 16 : Illustrations de l'échantillonnage effectué sur l'archipel d'Hawaii, USA (Photos P. Charaf).*

## 4.5. Mariannes (Guam)

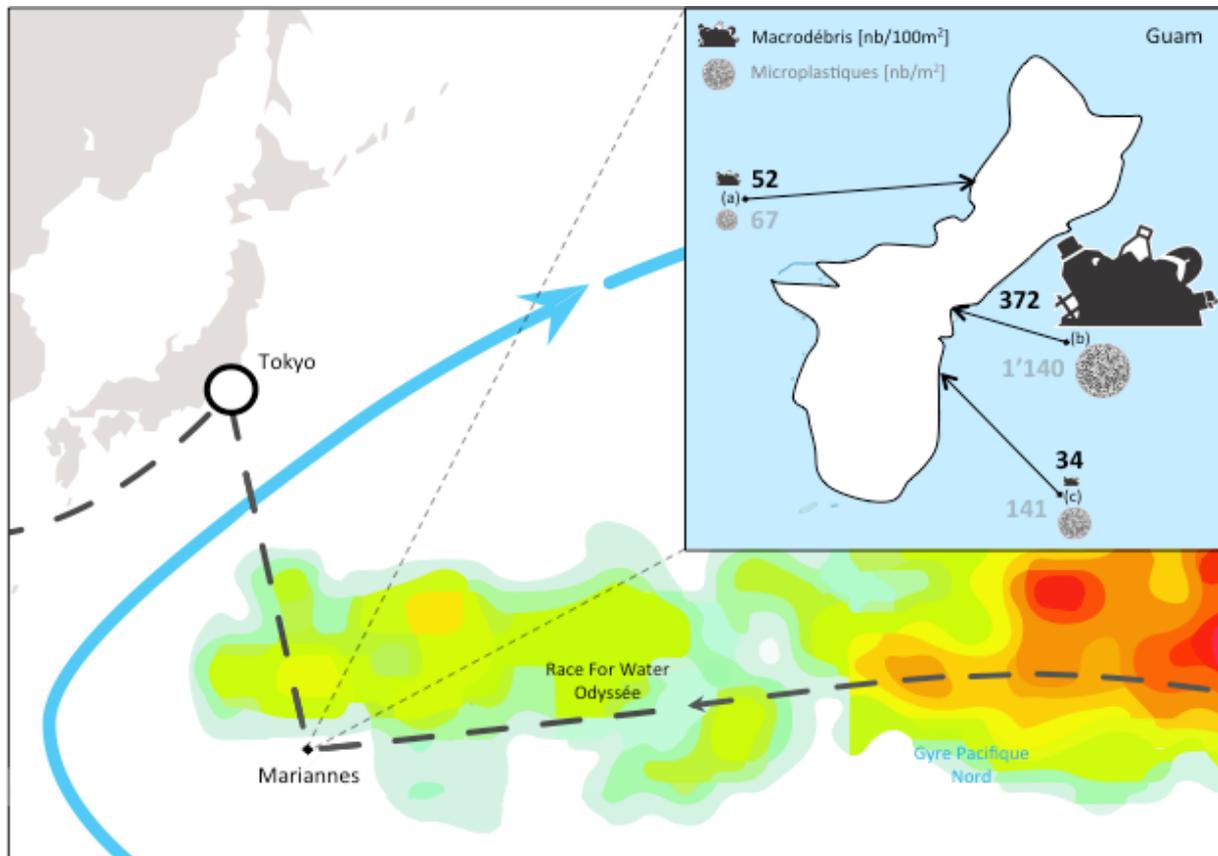


Figure 17 : Concentration en macrodébris (icônes noires) en nombre par 100 m<sup>2</sup> et microplastiques (cercles gris) en nombre par m<sup>2</sup> de plage sur l'île de Guam. La taille des symboles est proportionnelle à la concentration, avec des échelles différentes entre les deux catégories. (a) Tanguisson, (b) Pago Bay, (c) Ipan.

Les prélèvements sur Guam (Figure 17 et 18) se sont déroulés dans des conditions assez particulières car ils ont été effectués du 14 au 15 juillet 2015, soit quasiment deux semaines après le typhon Chan-hom qui est passé sur l'île le 5 juillet et seulement quelques jours après une tempête tropicale (le 9 et 10 juillet 2015). Ces phénomènes météorologiques permettraient d'expliquer pourquoi de nombreux déchets ont été remarqué à chaque fois en arrière du site.

D'autre part, d'après les témoignages locaux, il semble habituel pour certains résidents de venir jeter leurs poubelles sur les plages pour ne pas avoir à payer de taxe pour le traitement des déchets. Cela pourrait expliquer l'origine locale d'une fraction importante de macrodébris collectés, en particulier sur la plage de Tanguisson située à l'ouest de l'île où des morceaux de couverts en plastique et autres emballages alimentaires ont été retrouvés en arrière du site. La plage de Pago Bay, au contraire, est située à l'est sur la partie face au vent de l'île et donc celle où la concentration la plus élevée a été recensée avec 372 macrodébris par 100 m<sup>2</sup> avec un mélange de pollution locale et marine (Figure 17 et 18). Une collecte de débris sur cette même plage effectuée par Laura Biggs de l'Université de Guam et ses étudiants plus de neuf mois après notre échantillonnage a mesuré une concentration quasiment deux fois plus élevée avec 626 macrodébris par 100 m<sup>2</sup>. Malgré l'action de groupes locaux pour combattre la pollution plastique comme Marine Mania qui existe depuis près de 25 ans et dirigée par Linda Tatreau, le système de gestion local des déchets semble toujours inadapté pour lutter contre ces phénomènes, mais il semble surtout que les comportements mettent du temps à

évoluer. A une échelle plus large, le dernier événement de nettoyage organisé par l'International Coastal Cleanup (ICC) en 2015 a récolté au total de 91'183 macrodétris sur 54 km (approximativement 80 macrodétris par 100 m<sup>2</sup>), et 1'411 macrodétris uniquement sur les 800 mètres de la plage de Pago Bay (approximativement 90 macrodétris par 100 m<sup>2</sup>) (17). Comme souvent, les niveaux de concentrations obtenus sont très variables.

Enfin, un dernier détail mérite d'être souligné et concerne l'état de préservation des débris collectés, et en particulier des récipients, bouteilles et bouchons de bouteilles. En effet, les étiquettes mentionnant les marques étaient encore très nettement lisibles (certaines indonésiennes en particulier), ce qui semble encore confirmer la provenance régionale des débris marins collectés.

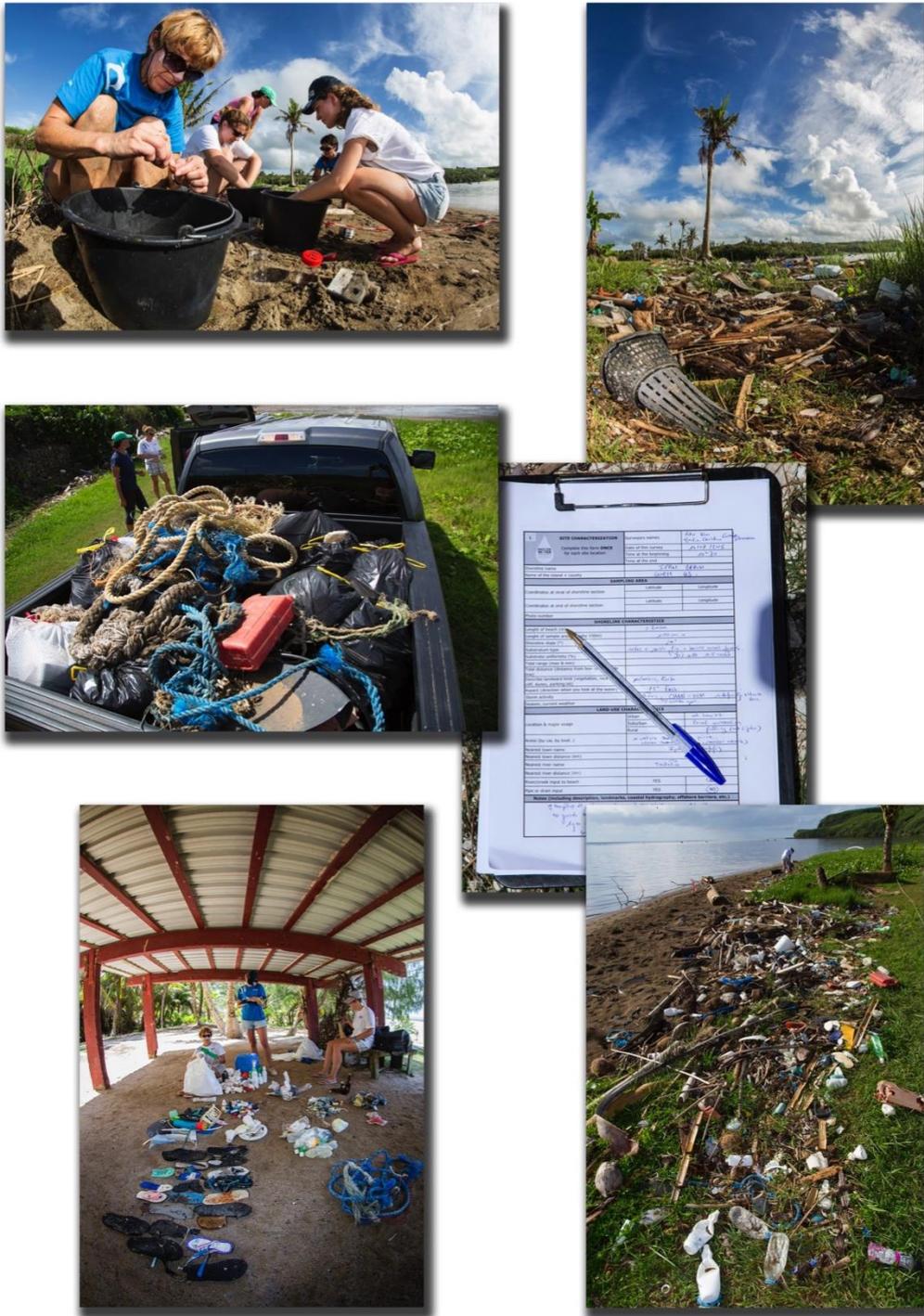


Figure 18 : Illustrations de l'échantillonnage effectué sur l'île de Guam, USA (Photos P. Charaf).

## 4.6. Palaos (Ulong, Ngerong, Helen reef)

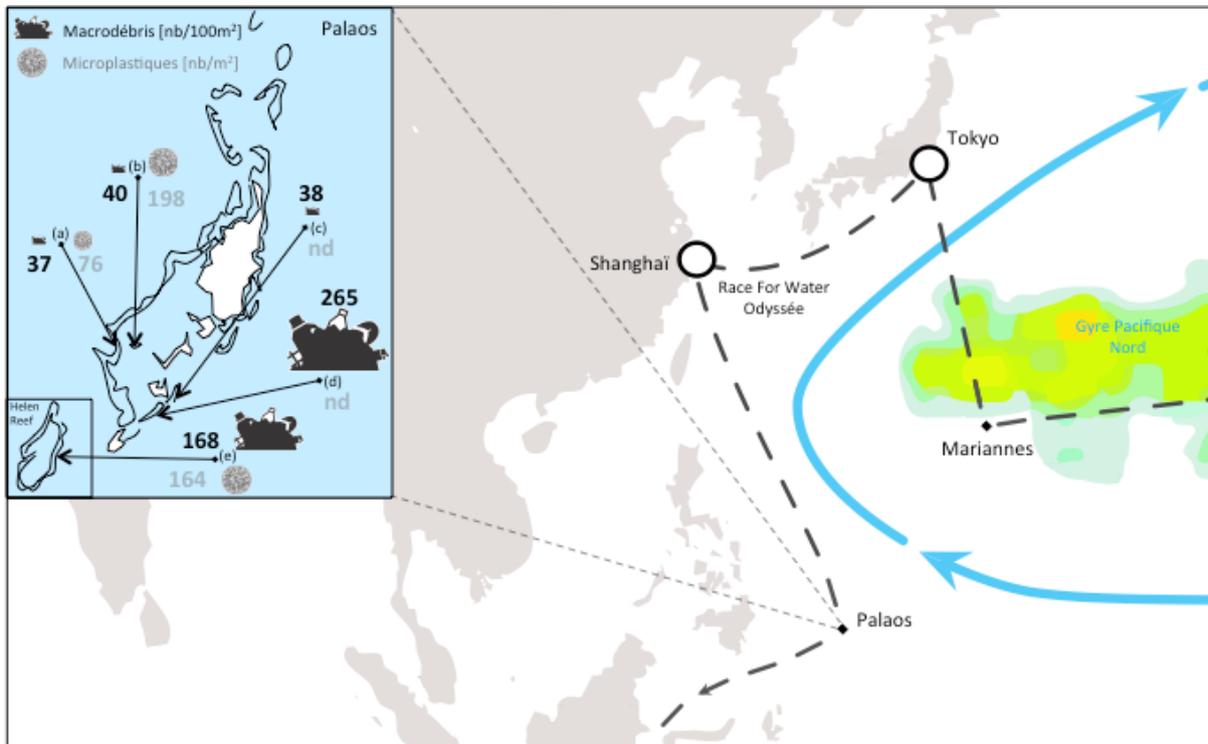


Figure 19 : Concentration en macrodétris (icônes noires) en nombre par 100 m<sup>2</sup> et microplastiques (cercles gris) en nombre par m<sup>2</sup> de plage sur la République de Palaos. La taille des symboles est proportionnelle à la concentration, avec des échelles différentes entre les deux catégories. (a) Ulong sand bank, (b) Ulong island, (c) Ngerong sand bank, (d) Ngerong island, (e) Helen reef.

La particularité de Palaos est de ne pas se trouver aussi proche du gyre du Pacifique Nord que ne le sont Hawaii ou les îles Mariannes (Figure 19). En revanche, cet archipel situé au large des Philippines est relativement proche de la Mer de Chine et de pays identifiés comme des contributeurs majeurs de la pollution plastique océanique, à savoir la Chine, les Philippines, le Vietnam ou encore l'Indonésie (18). Afin de pouvoir éviter les biais liés à la protection offerte par la barrière de corail qui entoure les îles, les prélèvements ont été effectués sur des plages d'îlots isolés situés à proximité ou sur la barrière de corail extérieure (Figure 20).

Avec un maximum de 265 par 100 m<sup>2</sup> à Ngerong Island, les concentrations en macrodétris sont relativement élevées sur certains sites mais n'ont toutefois pas atteint le niveau le plus élevé mesuré sur l'île de Guam (372 par 100 m<sup>2</sup>). En revanche, il convient de relever que cette fois-ci la catégorie de macrodétris la plus représentée n'est plus les fragments de plastique dur comme sur toutes les autres escales, mais les bouteilles transparentes en PET (39% des macrodétris en nombre) suivies par les bouchons de bouteilles plastiques (30% contre 11% pour les fragments de plastique dur). L'état de conservation des bouteilles ainsi que les inscriptions encore lisibles sur ces mêmes bouteilles ont confirmé une provenance relativement proche, principalement asiatique. Conformément à ce que l'International Coastal Cleanup (ICC) indique dans son dernier rapport annuel de septembre 2016, les bouteilles plastiques restent un des débris les plus fréquemment collectés sur les rivages du monde entier (19). Enfin, les sandales (de type tongues) constituent également une fraction très présente parmi les macrodétris collectés. Globalement, ces résultats sont cohérents avec une étude réalisée en 2007 sur la région de Palaos qui recensait également une

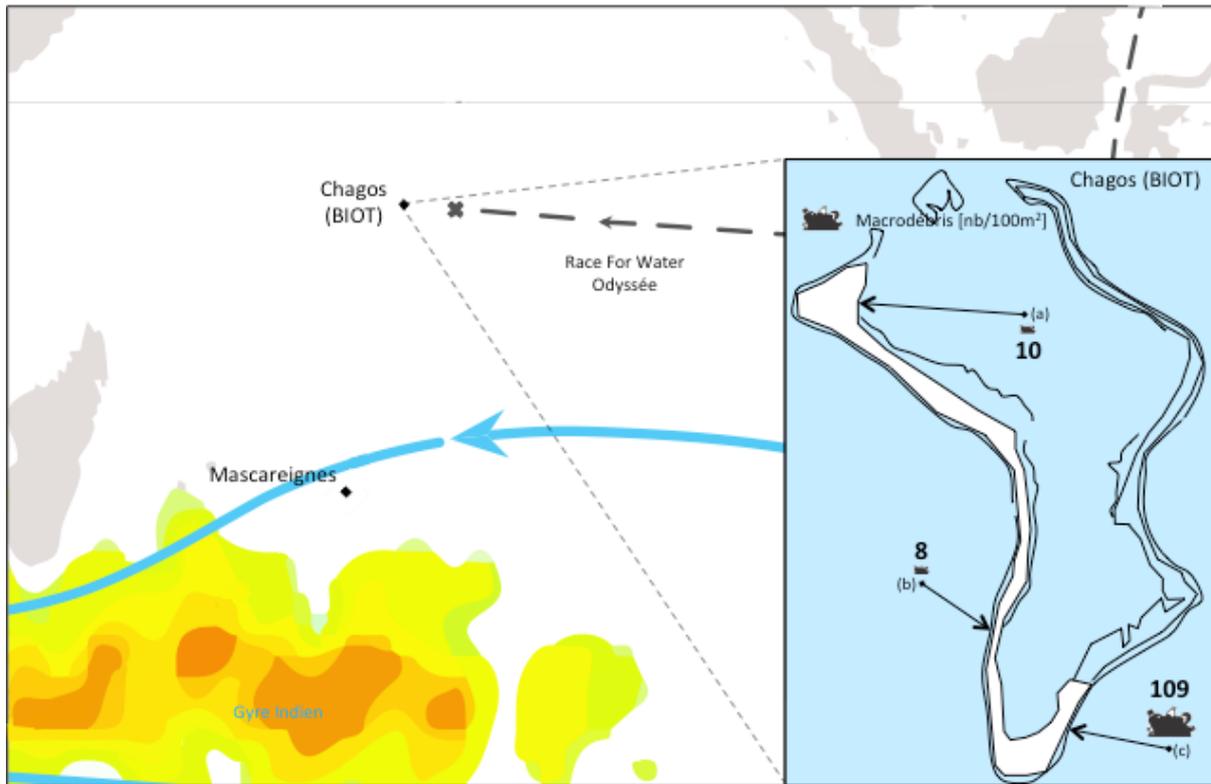
majorité de bouteilles plastiques PET et de sandales en caoutchouc (20). Avec 168 macrodébris collectés par 100 m<sup>2</sup>, Helen reef - un atoll situé près de 580 km au sud de la ville de Koror - constitue le second *hotspot* de Palaos. Ce récif est habité uniquement par des gardes de l'État d'Hatohobei. Selon la littérature, les courants de l'île principale où se situe Koror emportent les débris marins vers cet atoll (21).

La concentration en microplastiques s'est révélée pour sa part très variable, allant de non-détecté à quasiment 198 particules par m<sup>2</sup> sur l'île d'Ulong. En comparaison des autres escales, ce maximum est relativement faible.



*Figure 20 : Illustrations de l'échantillonnage effectué sur Palaos (Photos P. Charaf).*

## 4.7. Chagos (Diego Garcia, BIOT)



*Figure 21 : Concentration en macrodébris (icônes noires) en nombre par 100 m<sup>2</sup> de plage sur l'île de Diego Garcia. La taille des symboles est proportionnelle à la concentration, avec des échelles différentes entre les deux catégories. Les sites n'ont pas de nom spécifique<sup>2</sup>.*

Au total, ce sont trois sites différents qui ont été échantillonnés sur l'île de Diego Garcia (Figure 21 et 22). Les concentrations en macrodébris ne se sont pas avérées très élevées (maximum de 109 par 100 m<sup>2</sup>), toutefois il convient de relever que les catégories de débris retrouvées en plus grande quantité étaient les morceaux de plastique mou (vraisemblablement des mousses de type polystyrène), suivis par les bouchons de bouteille plastique. Une quantité notable de tongues et de sandales en caoutchouc ont été relevées. Même si les niveaux mesurés n'étaient pas comparables, les collectes réalisées par Price et Harris en 1996 et 2006 confirment également que les bouteilles plastiques, les mousses ainsi que les sandales constituent des catégories de débris marins fortement représentées sur les Chagos (22).

L'archipel des Chagos constitue une barrière au travers de courants océaniques qui s'orientent principalement d'est en ouest dans cette partie de l'océan indien. Cette particularité semble expliquer avec les niveaux de concentration de macrodébris qui se sont avérés plus élevés sur le littoral orienté vers l'est. Toutefois, il convient aussi de souligner que contrairement au reste des Chagos, Diego Garcia est habitée; il s'agit en effet d'une base militaire britannique. Les nettoyages réalisés par le personnel sensibilisé sont probablement aussi une des raisons pour lesquelles le niveau des concentrations en macrodébris reste relativement bas par rapport à d'autres escales de cette Odyssee (23).

<sup>2</sup> Le trimaran *Race For Water* ayant chaviré environ 50 miles marins des Chagos, l'équipage a été secouru par la marine britannique (BIOT) de Diego Garcia. Grâce à l'aide d'Helen Stevens, nous avons pu étudier les concentrations en débris marins sur l'île de Diego Garcia. Malheureusement, des problèmes d'échantillonnage ne nous ont pas permis d'exploiter les informations relatives aux microplastiques.



*Figure 22 : Illustrations de l'échantillonnage effectué sur Diego Garcia (BIOT), Chagos (Photos H. Stevens).*

## 4.8. Mascareignes (Rodrigues)

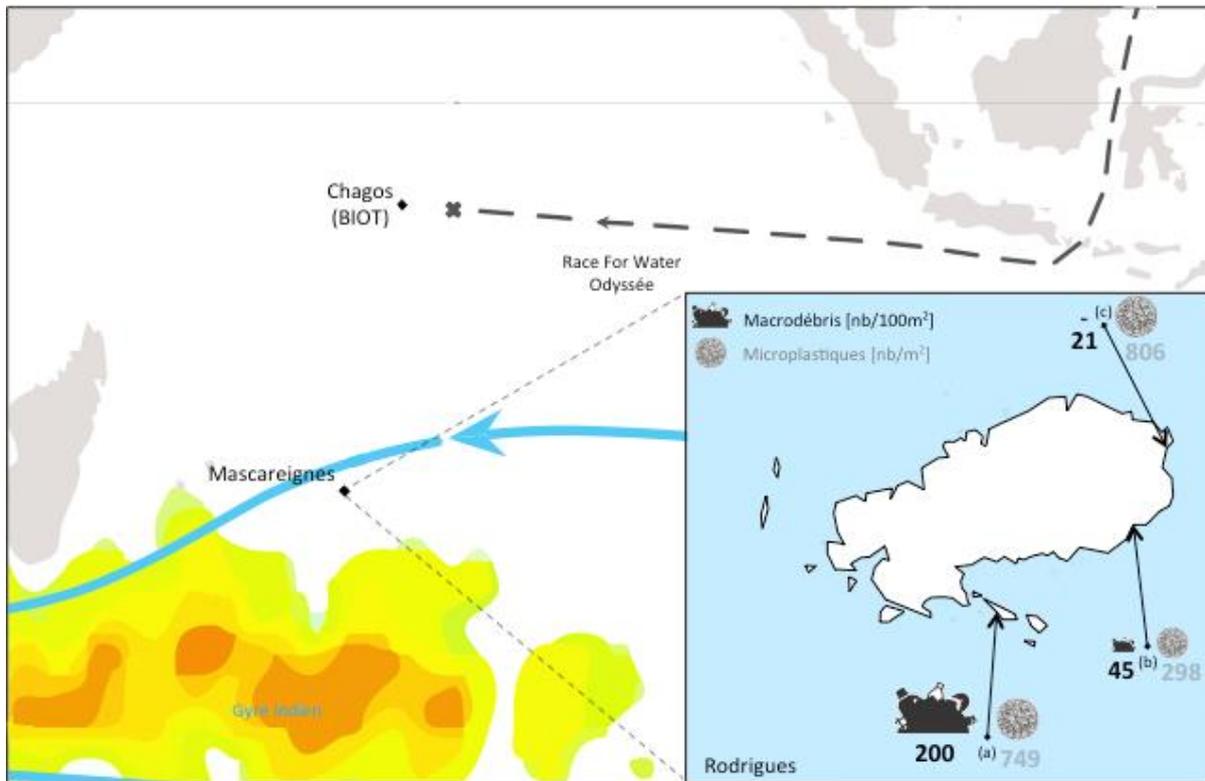


Figure 23 : Concentration en macrodébris (icônes noires) en nombre par 100 m<sup>2</sup> et microplastiques (cercles gris) en nombre par m<sup>2</sup> de plage sur l'île de Rodrigues. La taille des symboles est proportionnelle à la concentration, avec des échelles différentes entre les deux catégories. (a) Gombrani, (b) Gravier, (c) Anse Ally<sup>3</sup>.

Au total, trois sites ont été échantillonnés sur l'île de Rodrigues : Anse Ally (site le plus à l'est), Gravier et l'îlot de Gombrani (au sud) (Figure 23 et 24). Les concentrations en macrodébris vont de 21 à 200 par 100 m<sup>2</sup>, tandis que les concentrations en microplastiques vont de 298 à 806 par m<sup>2</sup>.

L'îlot de Gombrani est une réserve entièrement protégée. Néanmoins, selon des témoignages locaux le chenal à proximité amènerait quantité de débris. Parmi les catégories de macro-plastiques collectés, les fragments de plastique durs arrivent nettement en tête, suivis par les bouchons de bouteille, les fragments de films, les cordes et fragments de filets, puis les récipients et bouteilles plastiques. Ces catégories majeures sont cohérentes avec les résultats d'une étude réalisée en 2015 (24).

<sup>3</sup> Le bateau ayant chaviré peu avant l'archipel des Chagos, l'équipe Race For Water s'est rendue sur place par avion afin de poursuivre l'échantillonnage.



*Figure 24 : Illustrations de l'échantillonnage effectué sur l'île de Rodrigues, Mascareignes (Photos P. Charaf).*

## 4.9. Tristan da Cunha

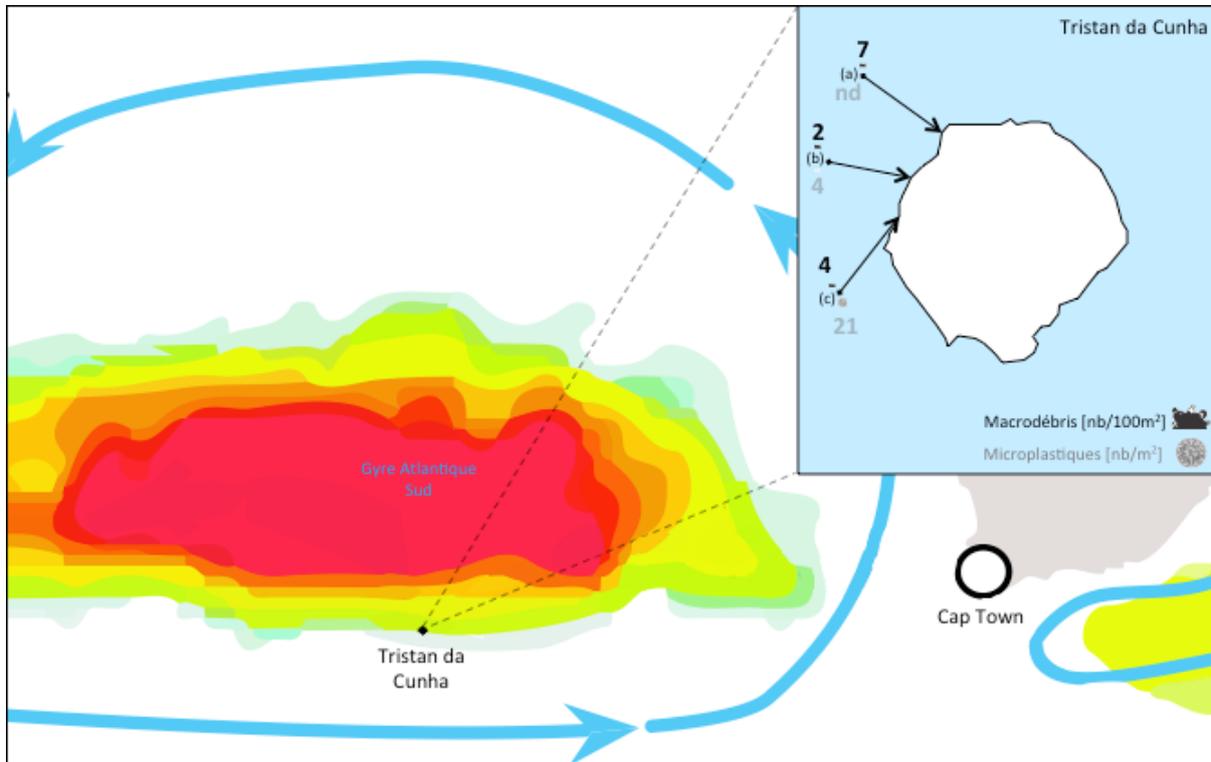


Figure 25 : Concentration en macrodébris (icônes noires) en nombre par 100 m<sup>2</sup> et microplastiques (cercles gris) en nombre par m<sup>2</sup> de plage sur l'île de Tristan da Cunha. La taille des symboles est proportionnelle à la concentration, avec des échelles différentes entre les deux catégories. (a) Hottentot Point, (b) Runaway, (c) The Bluff<sup>4</sup>.

Tristan da Cunha est une île volcanique située théoriquement à proximité du gyre de l'Atlantique Sud (Figure 25 et 26). La morphologie de cette île n'a pas permis d'avoir un échantillonnage réparti de manière très uniforme autour de l'île. En effet, la côte est principalement rocheuse avec de nombreuses falaises et des zones inaccessibles. Les plages sont également souvent composées de galets, et l'échantillonnage n'a pu se dérouler sur des plages composées à 100% de sable. Malheureusement, ce paramètre peut avoir une incidence notable sur la collecte de microplastiques qui peuvent atteindre des profondeurs supérieures à 10 cm assez facilement entre les galets. Les concentrations en microplastiques sont d'ailleurs très faibles, avec une absence complète de microplastiques sur la plage de Hottentot Point située plus au nord de l'île par exemple.

Les concentrations en macrodébris sont également restées relativement faibles. Selon une étude réalisée par Peter G. Ryan de l'Université de Cape Town (Afrique du Sud), les prélèvements réalisés entre le port de l'île et Hottentot Gulch ont également mis en évidence une concentration faible (147 macrodébris sur approximativement un kilomètre de plage, ce qui représente moins d'un macrodébris par 100 m<sup>2</sup>). Les catégories principalement collectées étaient encore une fois les bouteilles plastiques avec bouchons, les mousses, les morceaux de plastique dur et ceux de mousse de polystyrène (Peter G. Ryan, Université de Cap Town). Ces catégories sont également majoritaires dans notre collecte (voir Figure 7). La distance qui sépare Tristan da Cunha (densité en mer de  $1.0 \pm$

<sup>4</sup> L'échantillonnage a été réalisé avec l'aide du Percy FitzPatrick Institute of African Ornithology (University of Cape Town, South Africa), et plus spécifiquement de Prof. Peter Ryan, Ben Dilley, Delia Davies, George Swain et Julian Repetto.

0.4 objets/km<sup>2</sup>) des zones de densités élevées en débris marins flottants du gyre Atlantique Sud (6.2 ± 1.3 objets/km<sup>2</sup>) pourrait expliquer ces niveaux de concentration relativement faibles (25).



*Figure 26 : Illustrations de l'échantillonnage effectué sur l'île de Tristan da Cunha (Photos B. Dilley).*

## 5. Conclusion

Cette étude constitue un aperçu à un moment précis de la pollution du littoral par les débris marins sur des sites spécifiquement choisis pour leur proximité avec les gyres océaniques. Ce type de relevé ponctuel à large échelle présente l'avantage de permettre des comparaisons globales cohérentes pour établir des niveaux de pollution. Toutefois, le caractère ponctuel de ces mesures ne permet pas une identification des éventuels biais avec plus de certitudes. En l'occurrence, les concentrations en macrodébris relevées durant cette étude peuvent souffrir de certaines influences locales (telles que la fréquentation locale et/ou touristique, ainsi que la fréquence des nettoyages). A l'inverse, la concentration en microplastiques sur le littoral s'avère un indicateur du niveau de pollution plastique beaucoup plus fiable et robuste. En effet, les microplastiques ne sont pas collectés lors des campagnes de nettoyage et ne proviennent pas directement d'une mauvaise gestion locale des déchets. Evaluées selon un gradient de profondeur (et sur un substrat adapté), les concentrations en microplastiques pourraient probablement également permettre d'établir un historique de l'évolution de cette contamination plastique, en tenant compte toutefois des événements climatiques (26).

Toutefois, certaines valeurs de macrodébris – dont plus de 90% sont constitués de plastique - peuvent être considérées pertinentes, c'est en particulier le cas du maximum relevé sur la plage de Kamilo Point (Hawaii) avec plus de 3'500 macrodébris par 100 m<sup>2</sup> et le minimum relevé sur la plage de Runaway sur l'île de Tristan da Cunha avec deux macrodébris par 100 m<sup>2</sup>. A l'exception de certains sites échantillonnés complètement exempts de microplastiques sur Palaos, les valeurs maximale et minimale de concentration en microplastiques ont également été relevées sur les mêmes zones géographiques, avec plus de 94'000 microplastiques par m<sup>2</sup> sur Kamilo Point et aucun sur Hottentot Point (Tristan da Cunha). Ce qui semble confirmer ces extrêmes. Si l'on considère plus attentivement les microplastiques, il est important de relever également le niveau de contamination moyen atteint sur Hawaii (Pacifique Nord-Est) avec quasiment 35'000 microplastiques par m<sup>2</sup>, et dans un deuxième temps celui de l'île de Pâques (Pacifique Sud) avec plus de 11'000 par m<sup>2</sup>. En effet, ces concentrations sont nettement plus élevées que sur les autres sites étudiés durant cette Odyssée, avec des valeurs de concentration à 5 chiffres par m<sup>2</sup>, tandis que l'on atteint 4 chiffres aux Açores (Atlantique Nord-Est), ou 3 chiffres aux Mascareignes (Indien), Bermudes (Atlantique Nord-Ouest) et Mariannes (Pacifique Nord-Ouest). Ces résultats confirment donc que les accumulations de débris marins dans l'océan Pacifique à proximité de Hawaii sont les plus préoccupantes, suivies par celles du Pacifique Sud.

En plus de la présence dominante des morceaux de plastique dur issus de la dégradation physico-chimique et biologique de débris variés de plus grande taille, les catégories de débris collectés font ressortir certaines tendances intéressantes, c'est notamment le cas de la présence notable de fils de pêches et cordes aux Bermudes. Aux Chagos, les mousses dominent largement, tandis que l'île de Pâques met en évidence une contamination marquée de son littoral par les pellets. Enfin, même s'ils ont pu être collectés sur quasiment l'ensemble des zones géographiques en quantités notables, la concentration des bouchons de bouteilles plastiques sur les sites à proximité de l'Asie (Mariannes, Palaos, Mascareignes) s'avère visiblement plus élevée encore. Les bouteilles plastiques confirment également ce constat, avec des sites particulièrement touchés sur Palaos et Chagos.

Au-delà de ces résultats, cette Odyssée s'est révélée une expérience essentielle pour rencontrer, écouter et comprendre ces hommes et ces femmes qui sont confrontés jour après jour à cette

dégradation de leur environnement local, et qui surtout malgré leurs efforts pour sensibiliser et nettoyer leur littoral, voient la situation s'aggraver. Or, la production de plastique suit une courbe exponentielle depuis 1960 et n'a jamais été aussi élevée. Tout autant qu'un aperçu chiffré de la pollution plastique globale, c'est l'ensemble de ces témoignages et de ces rencontres qui permet de rendre compte de cette contamination rapide et sans précédent de l'environnement marin et du littoral. A partir de là, donner une voix à ces personnes et permettre aux jeunes générations de comprendre les enjeux de cette pollution par le biais de projets scientifiques et éducatifs à bord d'une plateforme navigante est devenu une évidence pour la Fondation *Race For Water*.

# Remerciements

Nous souhaitons remercier chaleureusement toutes les personnes citées ci-dessous, notamment pour leurs conseils utiles dans la sélection et l'échantillonnage des plages durant les différentes escales réalisées lors de cette *Race for Water* Odyssée en 2015. Au delà de l'aide qu'ils ont pu nous apporter et des discussions très fructueuses que nous avons pu avoir, nous souhaitons saluer ici leurs actions individuelles et/ou communes pour sensibiliser, nettoyer, prévenir et gérer cette pollution plastique marine qui les affecte quotidiennement avec une ampleur qui ne cesse de s'aggraver.

## Aux Açores:

- Christopher Kim Pham, Chercheur à l'Université des Açores, Ponte Delgada, Portugal;
- Carla Damaso, Observatoire de la Mer aux Açores (OMA), Horta, Portugal;
- Henrique Ramos, Directeur de *SeaExpert, Fisheries and Services*, Horta, Portugal;
- Victor Monteiro, *Surfrider Foundation Europe* aux Açores Horta, Portugal;
- Paulo de Melo, Responsable de l'antenne *Surfrider Foundation Europe* aux Açores, Ponta Delgada, Portugal.

## Aux Bermudes:

- Anne Hyde, Directrice générale de *Keep Bermuda Beautiful*, Bermuda ;
- Dr. Robbie Smith, Conservateur à *Bermuda Zoological Society*, Bermuda ;
- John Singleton, Consultant et spécialiste d'images drone, Bermuda.

## Au Chili:

- Dr. Martin Thiel, Professeur et chercheur à *Universidad Catolica del Norte*, Antofagasta, Chile ;
- Fernando Pardo Núñez, Chef de projet chez *Lotus Gestion Ambiental*, Santiago, Chile.

## A l'Île de Pâques:

- Piru Huke « *Mama Piru* », Présidente de *Kakaka Here Henua*, Ile de Pâques ;
- Tuhiira Tuki, Directrice de la communication de *Kakaka Here Henua*, Ile de Pâques ;

## Aux Etats-Unis:

- Dr. Markus Eriksen, Cofondateur et Directeur de la Recherche à *The 5 Gyres Institute*, USA.

## A Hawaii:

- Kahi Pacarro, Directeur de *Sustainable Coastlines Hawaii*, Hawaii, USA;
- Dr. Nikolai Maximenko, Professeur à l'*International Pacific Research Centre (IPRC)*, Hawaii, USA;
- Megan Lamson, Vice Président à *Hawaii Wildlife Fund*, Hawaii, USA;
- Kallie Barnes, Coordinatrice à *Hawaii Wildlife Fund*, Hawaii, USA;
- Mark Manuel & Grace Chon, Coordinateurs régionaux à *NOAA Pacific Island Fisheries Science Centre*, Hawaii, USA;
- Dr. David Hyrenbach, Professeur associé à *Hawaii Pacific University*, Hawaii, USA;
- Suzanne Frazer, Co-fondatrice et Directrice de *Beach Environmental Awareness Campaign* Hawaii, Hawaii, USA;

- Chris Woolaway, Directrice de *Keep the Hawaiian Islands Beautiful*, Hawaii, USA;
- Miki Tomita, Coordinatrice de l'enseignement à *Polynesian Voyaging Society*, Hawaii, USA;
- Nicolas Turner, Scientifique à l'Université de Hawaii, Hilo, Hawaii, USA;
- Duane DeSoto, Fondateur de *Nā Kama Kai 501*, Hawaii, USA;
- Arthur Cunningham, Bureau du Chancelier, Université de Hawaii à Hilo, Hawaii, USA.

**A Guam:**

- Dr. Laura Biggs, Professeur Assistant au *Sea Grant Extension Program*, Université de Guam, Guam, USA;
- Linda Tatreau, Conseillère à *Marine Mania*, Guam, USA;
- Brenda Ann Atalig, Planificateur à *Guam Coastal Management Program*, Guam, USA;
- Denise Reyes, Professeur à *Guam Home School Association*, Guam, USA;
- Marybelle Quinata, Coordinatrice de programmes à *Guam Community Coral Reef Monitoring*, Guam, USA.

**Aux Palaos:**

- Dr. Pat Colin, Président Directeur de *Coral Reef Research Foundation*, Palau Republic;
- Dr. Yimnang Golbuu, CEO à *Palau International Coral Reef Center*, Palau Republic.

**Aux Chagos, BIOT:**

- Helen Stevens, Responsable environnement au *British Indian Ocean Territory (BIOT)*, Diego Garcia, Chagos.

**A Rodrigues:**

- Sally Kempson, Chef de projet à *Shoals Rodrigues Association*, Rodrigues, Mauritius;
- Runaulph Raffaut, Responsable de l'enseignement à *Shoals Rodrigues Association*, Rodrigues, Mauritius;
- Jovani Raffin, Responsable de la recherche et de la formation à *Shoals Rodrigues Association*, Rodrigues, Mauritius.

**En Afrique du Sud :**

- Dr. Karin Minnaar, Scientifique au *North West University, Unit for Environmental Science*, South Africa;
- Henrick Bowman, Professeur au *North West University, Unit for Environmental Science*, South Africa;
- Dr. Peter Ryan, Directeur et professeur au *Percy FitzPatrick Institute of African Ornithology*, Cape Town, South Africa;
- Ben Dilley, Delia Devies, George Swain et Julian Repetto, Scientifiques volontaires pour l'échantillonnage à Tristan da Cunha du *Percy FitzPatrick Institute of African Ornithology*, Cape Town, South Africa.

# Références bibliographiques

1. Lippiatt S., Opfe S., Arthur C., 2013. Marine Debris Monitoring and Assessment. NOAA Technical Memorandum, NOS-OR&R-46.
2. Maximenko N., Hafner J., Niiler P., 2012. Pathways of marine derived from trajectories of Lagrangian drifters. *Marine Pollution Bulletin* 65, pp. 51-62.
3. Lebreton L.C.M., Greer S.D., Borrero J.C., 2012. Numerical modeling of floating debris in the world's oceans. *Marine Pollution Bulletin* 64, pp. 653-661.
4. Van Sebille E., Wilcox C., Lebreton L., Maximenko N., Hardesty B.D., van Franeker J.A., Eriksen M., Siegel D., Galgani F., Lavender Law K., 2015. A global inventory of small floating plastic debris. *Environmental Research Letters* 10, 12 p.
5. Andrady A.L., 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 62, pp. 1596-1605.
- 6a. PlasticsEurope. Plastics - the Facts 2013 : An analysis of European plastics production, demand and waste data. 40 p. [http://www.plasticseurope.org/documents/document/20131014095824-final\\_plastics\\_the\\_facts\\_2013\\_published\\_october2013.pdf](http://www.plasticseurope.org/documents/document/20131014095824-final_plastics_the_facts_2013_published_october2013.pdf)
- 6b. PlasticsEurope. Plastics - the Facts 2015 : An analysis of European plastics production, demand and waste data. 30 p. <http://www.plasticseurope.org/Document/plastics---the-facts-2015.aspx?Page=DOCUMENT&FoIID=2>
7. [En ligne] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Poly%C3%A9thyl%C3%A8ne>,  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89thyl%C3%A8ne-ac%C3%A9tate\\_de\\_vinyle](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89thyl%C3%A8ne-ac%C3%A9tate_de_vinyle),  
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Polym%C3%A9thylpent%C3%A8ne> .
8. Sala I., Harisson C.S, Caldeira R.M.A., 2016. The role of the Azores Archipelago in capturing and retaining incoming particles. *Journal of Marine Systems* 154, pp. 146-156.
9. OSPAR, Protocole. [En ligne] <https://www.google.ch/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&ved=0ahUKewiD7-DfjbrQAhWKfRoKHWcFDwEQFghGMaC&url=http%3A%2F%2Fwww.ospar.org%2Fdocuments%3Fd%3D7058&usq=AFQjCNEonvaaHlz9Pv4LgWMGW1rljeCaaw&sig2=MzAQA5jSXjwkJ26hQGyuBw> .
10. Pieper C., Ventura M.A., Martins A., Cunha R.T., 2015. Beach debris in the Azores (NE Atlantic): Faial Island as a first case study. *Marine Pollution Bulletin* 101, pp. 575-582.
11. Hidalgo-Ruz V., Thiel M., 2013. Distribution and abundance of small plastic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): A study supported by Citizen science project. *Marine Environmental Research* 87-88, pp. 12-18.
12. Carson H.S., Lamson M.R., Nakashima D., Toloumu D., Hafner J., Maximenko N., McDermid K.J., 2013. Tracking the sources and sinks of local marine debris in Hawai'i. *Marine Environmental Research* 84, pp. 76-83.
13. Ebbesmeyer C., Scigliano E., 2009. *Floatsametrics and the Floating World*. HarperCollins, New York.

14. Carson H.S., Colbert S.L., Kaylor M.J., McDermid K.J., 2011. Small plastic debris changes water movement and heat transfer through beach sediments. *Marine Pollution Bulletin* 62, pp. 1708-1713.
15. Données transmises par Doorae Shin de Kokua Foundation.
16. PICES, 2016. Marine Debris MHI Report, Japan Tsunami Marine Debris Aerial Imagery Analysis and GIS Support in the Main Hawaiian Islands. Government of Japan.
17. Données obtenues grâce à Brenda Ann Atalig, Guam Coastal Management Program.
18. Jambeck J.R., Geyer R., Wilcox C., Siegler T.R., Perryman M., Andrady A., Narayan R., Lavender Law K., 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347, pp. 768-771.
19. International Coastal Cleanup Annual Report., 2016. Ocean Conservancy. 28 p.
20. A Chiefly Approach to the Problem of Marine Debris in the Republic of Palau. The Council of Chiefs, 2007. (power point presentation).
21. Marino S., Bauman A., Miles J., Kitalong A., Bukurou A., Mersai C., Verheij E., Olkeriil L., Basilius K., Colin P., Patris S., Victor S., Andrew W., Miles J., Golbuu Y., The State of Coral Reef Ecosystems of the Republic of Palau, chapter 16. In Waddel J.E., Clarke A.M., The State of Coral Reef Ecosystems of the United States and Pacific Freely Associated States. Silver Spring. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 73, 2008, pp. 117-129.
22. Price A.R.G., Harris A., 2009. Decadal changes (1996-2006) in coastal ecosystems of the Chagos archipelago determined from rapid assessment, Aquatic Conservation. *Marine and Freshwater Ecosystems*.
23. Chagos News N°39. The Periodical Newsletter of the Chagos Conservation Trust and the Chagos Conservation Trust US. January 2012, Vol. n°39, pp. 1-23.
24. Minaar K., Bouwman H., Chong Kwet Yive R., 2015. Plastic debris beached on three coral reef islands in the Indian Ocean. pp. 1-23. (document power point)
25. Ryan P.G., 2013. Litter survey detects the South Atlantic 'garbage patch'. *Marine Pollution Bulletin* 79, pp. 220-224.
26. Turra A., Manzano A.B., Dias R.J.S., Mahiques M.M., Barbosa L., Balthazar-Silva D., Moreira F.T., 2014. Three-dimensional distribution of plastic pellets in sandy beaches. *Scientific Reports* 4, 4435 p.

# Annexes

## Annexe 1 : Caractéristiques régionales et facteurs météorologiques pouvant influencer la déposition des débris marins

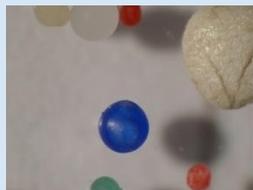
NOM DE L'ARCHIPEL	AÇORES	BERMUDES	ÎLE DE PÂQUES	HAWAII	MARIANNES	PALAOOS	CHAGOS	MASCAREIGNES	TRISTAN DA CUNHA		
NOM DES ÎLES/VISITÉES	Faial	Bermudes	Ile de Pâques	Oahu	Hawaii	Guam	Ulong Ngerong Helen Reef	Diego Garcia	Rodrigues	Tristan da Cunha	
courants de surface océanique	Gyre subtropical de l'Atlantique Nord	Gyre subtropical du Pacifique Sud	Gyre subtropical du Pacifique Nord	Gyre subtropical du Pacifique Nord	Gyre subtropical du Pacifique Nord	Gyre subtropical du Pacifique Nord	courant Nord-équatorial du Pacifique Nord	courant Sud-équatorial de l'océan Indien	Gyre subtropical de l'océan Indien	Gyre subtropical de l'Atlantique Sud	
direction des vents dominants	Alizés NE	Alizés NE	SE en été NO en hiver	Alizés NE en été Sud en hiver	Alizés NE	Alizés NE	vents d'est	moussons	vents du SE	vents d'ouest persistants	
nombre d'habitant	250 018 en 2014	65 024 en 2013	5 761 en 2012	953 207 en 2014	186 738 en 2011	165 124 en 2013	20 198 en 2013	0	4 000 en 2004	41 669 en 2014	266 en 2016
date d'échantillonnage	du 19/03/2015 au 22/03/2015	du 30/03/2015 au 03/04/2015	du 21/05/2015 au 22/05/2015	du 20/06/2015 au 25/06/2015	du 14/07/2015 au 16/07/2015	du 14/07/2015 au 16/07/2015	du 22/08/2015 au 28/08/2015	du 15/12/2015 au 22/03/2016	du 24/09/2015 au 30/09/2015	le 06/03/2016	
événements météorologiques extrêmes (les plus récents avant l'échantillonnage)	grande marée du siècle (21/03/2015)	2 ouragans Fay et Gonzalo (12-17/10/2014)	pas de récentes tempêtes	2 ouragans Iselle et Ana (08-10/2014)	2 typhons Chan-hom (05/07/2015) et Dolphin (15/05/2015) + tempêtes tropicales (9-10/07/2015)	2 typhons sont passés au Nord de l'archipel (fin de la saison humide)	pas de récentes tempêtes	le cyclone tropical Bansi (15/01/2015)	pas de récentes tempêtes		

## Annexe 2 : Caractéristiques locales pouvant influencer la déposition des débris marins

PLAGES ANALYSÉES	Porto Pim	Do Norte	Conceição	Well Bay	Grape Bay	Somerset Long Bay	Anakena	Ovahe	Kahuku	Makapu	Kahana	Kawa Bay	Kamilo	Ipan	Tanguisson	Pago Bay	Ulong sand bank	Ulong	Ngerong sand bank	Ngerong	Helen Reef	Diego García 1*	Diego García 2*	Diego García 3*	Gravier	Anse Ally	Gombrani	The Bluff	Runaway
expositions																													
1- face au vent																													
2- sous le vent / abrité																													
3- zone d'accumulation																													
4- remous au large (vagues)	3	5	2	3	1	2	2	1	1;4	1;4	2.4	1;4	1;3	2	2;4	3	2	2	1	1	1	2	2	6	1;4	1	2;3	1;5	1;5
5- forte pente (falaise)																													
6- côté lagon																													
orientation de la plage	O	NO	S	S	S	NO	N	E	NE	E	NO	SE	E	E	O	E	O	O	S	S	E et O	SE	SO	NE	SE	E	E	O	O
type de substrat																													
1- sable fin continental	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	3	3	3	1	1	1	1	1	3	2	2
2- sable volcanique																													
3- sable de corail																													
sources de rejets à proximité																													
1- rivières / ruisseaux																													
2- cours d'eau en période de forte pluie	1	3	4	5	5	4	5	5	5	5	1	5	5	1	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	2	2	5	2	2
3- décharge à ciel ouvert																													
4- aire de jeux / parking																													
5- aucunes parmi celles citées ci-dessus																													
nettoyages effectués																													
1- très régulier (1 fois /jours /semaines)																													
2- régulier (1 fois /mois)	1	3	2	2	4	2	1	1	3	2	2	4	2	3	2	2	2	1	4	4	4	2	4	4	2	1	3	4	4
3- peu régulier (1 à 2 fois / an)																													
4- fréquence inconnue / aucun																													
fréquentation touristique de la plage																													
*** forte (l'été notamment)	***	**	***	***	**	***	**	**	**	**	**	**	*	**	***	**	**	**	**	**	*	*	*	*	**	***	**	*	*
** faible (plage privée / isolé)																													
* très faible (voir inexistante)																													
modalité d'accès																													
*** très facile																													
** facile	***	**	**	**	**	***	**	**	**	***	***	**	*	**	**	**	o	o	o	o	o	*	*	*	**	**	o	*	**
* difficile																													
o uniquement par bateau																													

\* points GPS disponibles  
 Diego Garcia 1 (72°27.2316 E; 07°24.8304 S)  
 Diego Garcia 2 (72°25.6401 E; 07°22.3832 S)  
 Diego Garcia 3 (72°22.6243 E; 07°15.9675 S)

## Annexe 3 : Catégories de microplastiques et indication des usages possibles

Types	Usages/origines possibles	Illustrations
Morceaux (Fragments de plastique dur)	Dégradation de gros débris Plastiques non spécifiques	
Pellets (granulés)	Industrie Pré-production, matière première	
Billes (Microbilles)	Cosmétique	
Fils de pêche	Pêche	
Fibres	Textiles	
Films fins (transparents)	Emballages	
Mousses	Sagex/Styropor Construction Alimentaire	