

Ingestion des débris marins par les tortues marines dans le sud-ouest de l'océan Indien au cours de la dernière décennie : une augmentation de la quantité de plastique ou de l'intérêt ?

Ludovic Hoarau¹, Claire Jean², Stéphane Ciccione², Mathieu Barret², Mayeul Dalleau¹



Sergi Garcia ©

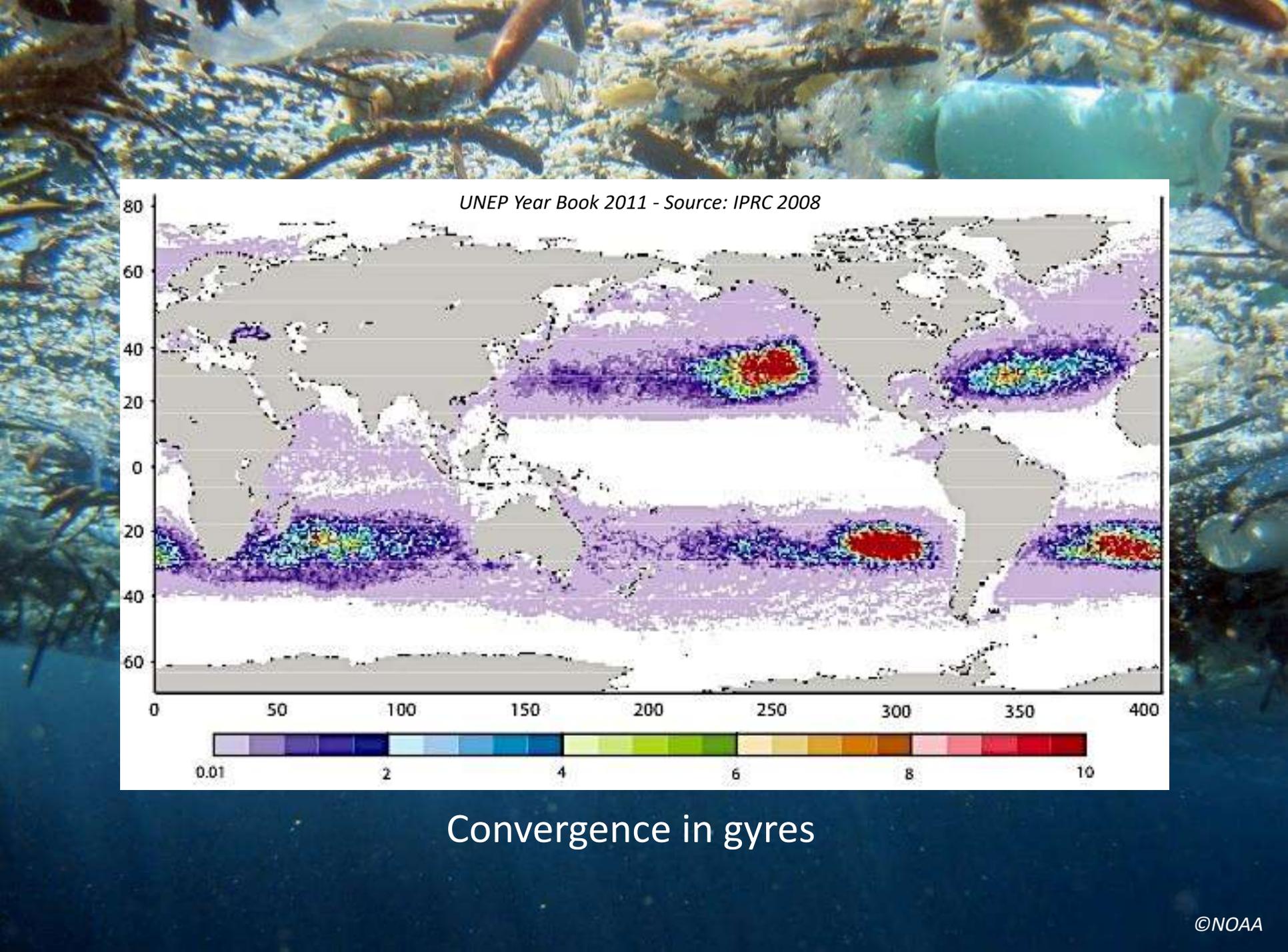
La Rochelle. France – 12-16 Novembre 2018



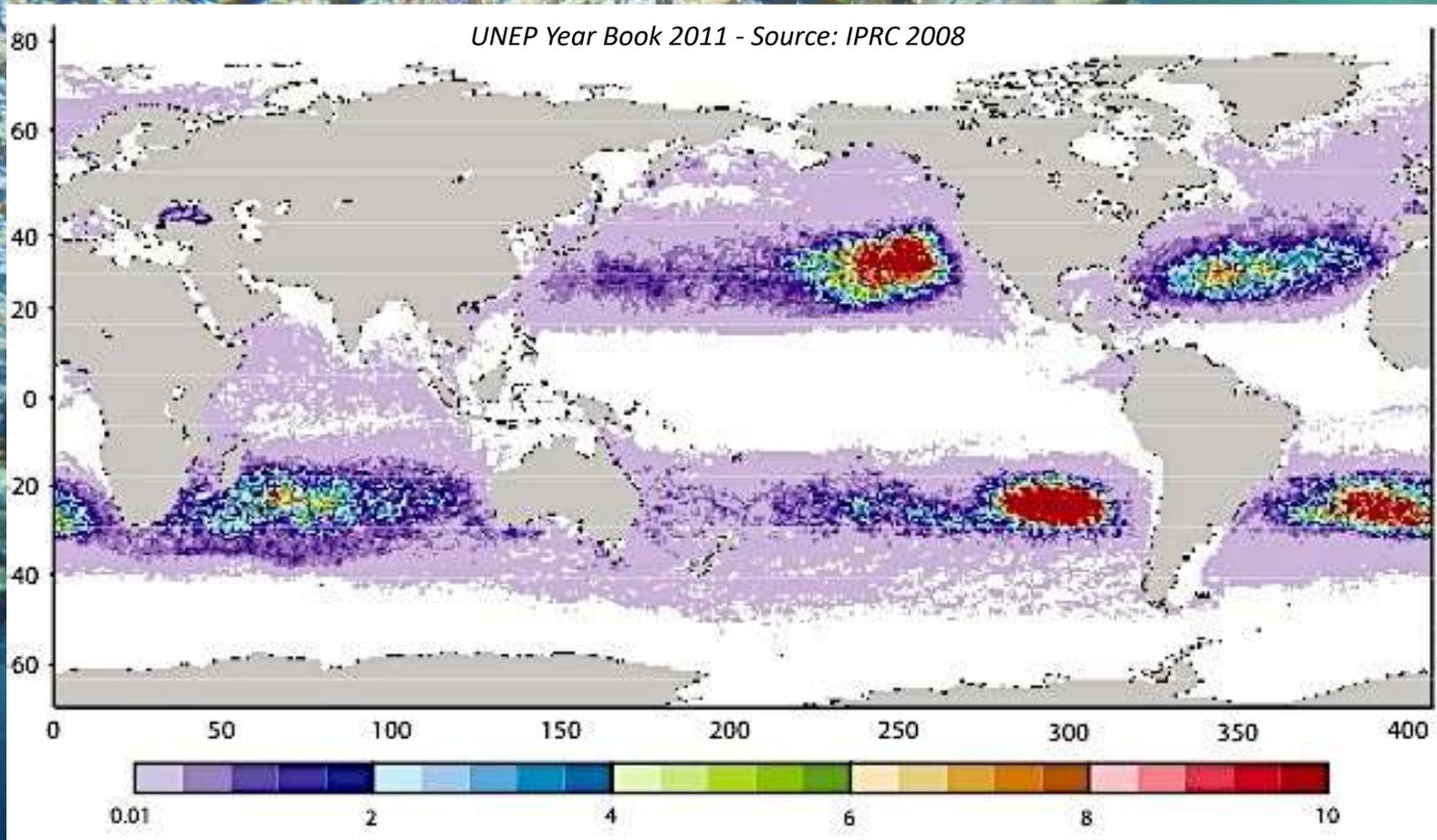


Une pollution mondiale

8 Millions de tonnes de plastiques finissent dans les océans chaque année (Jambeck et *al.* 2015)



UNEP Year Book 2011 - Source: IPRC 2008



Convergence in gyres

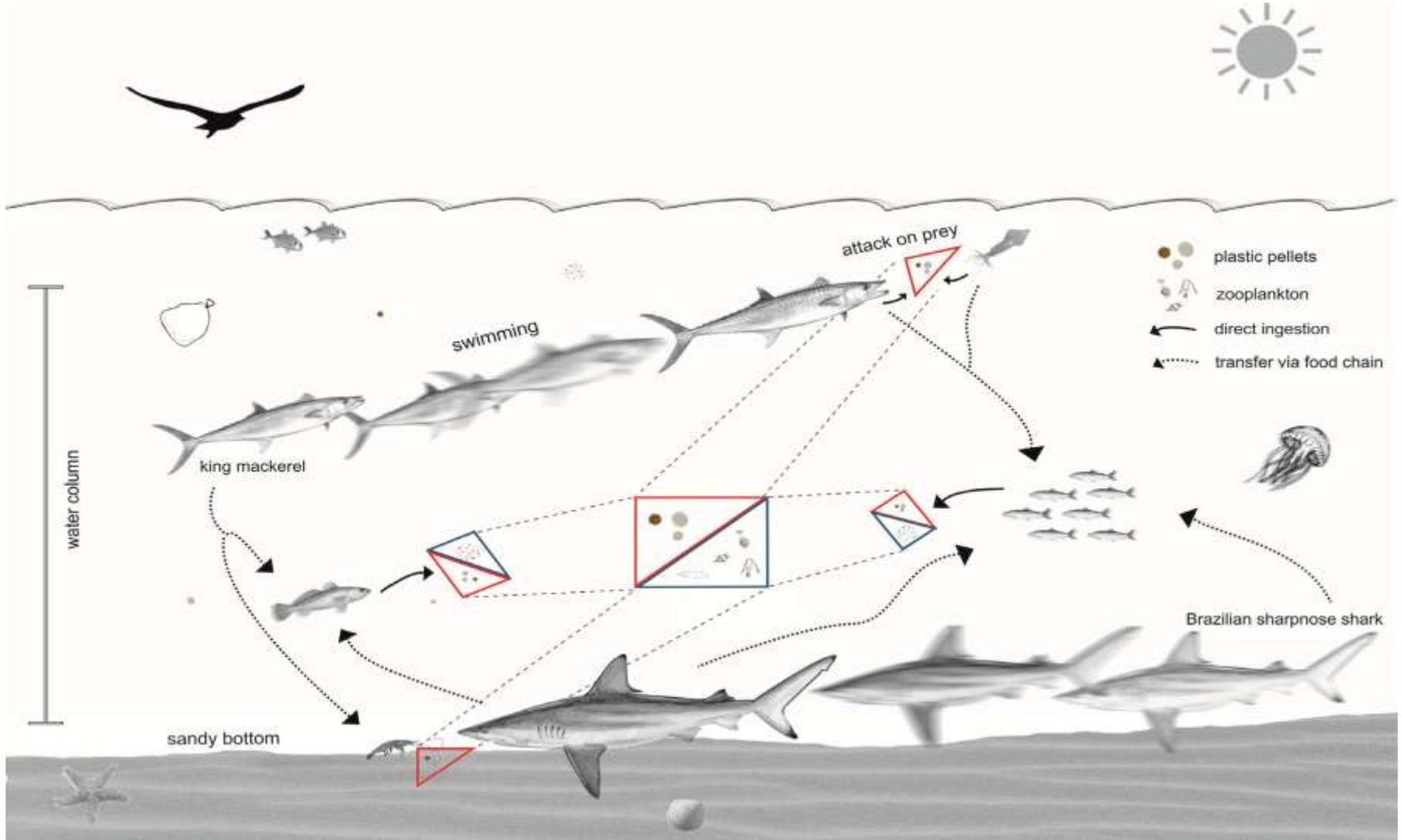
Les déchets plastiques marins: une menace grandissante pour la faune marine

Espèces décrites interagissant avec les plastiques marins (ingestion & entanglement):

- N=267 (*Laist 1997 - Mar Debris*)
- N= 693 (*Gall & Thompson 2015 - Mar Poll Bull*)

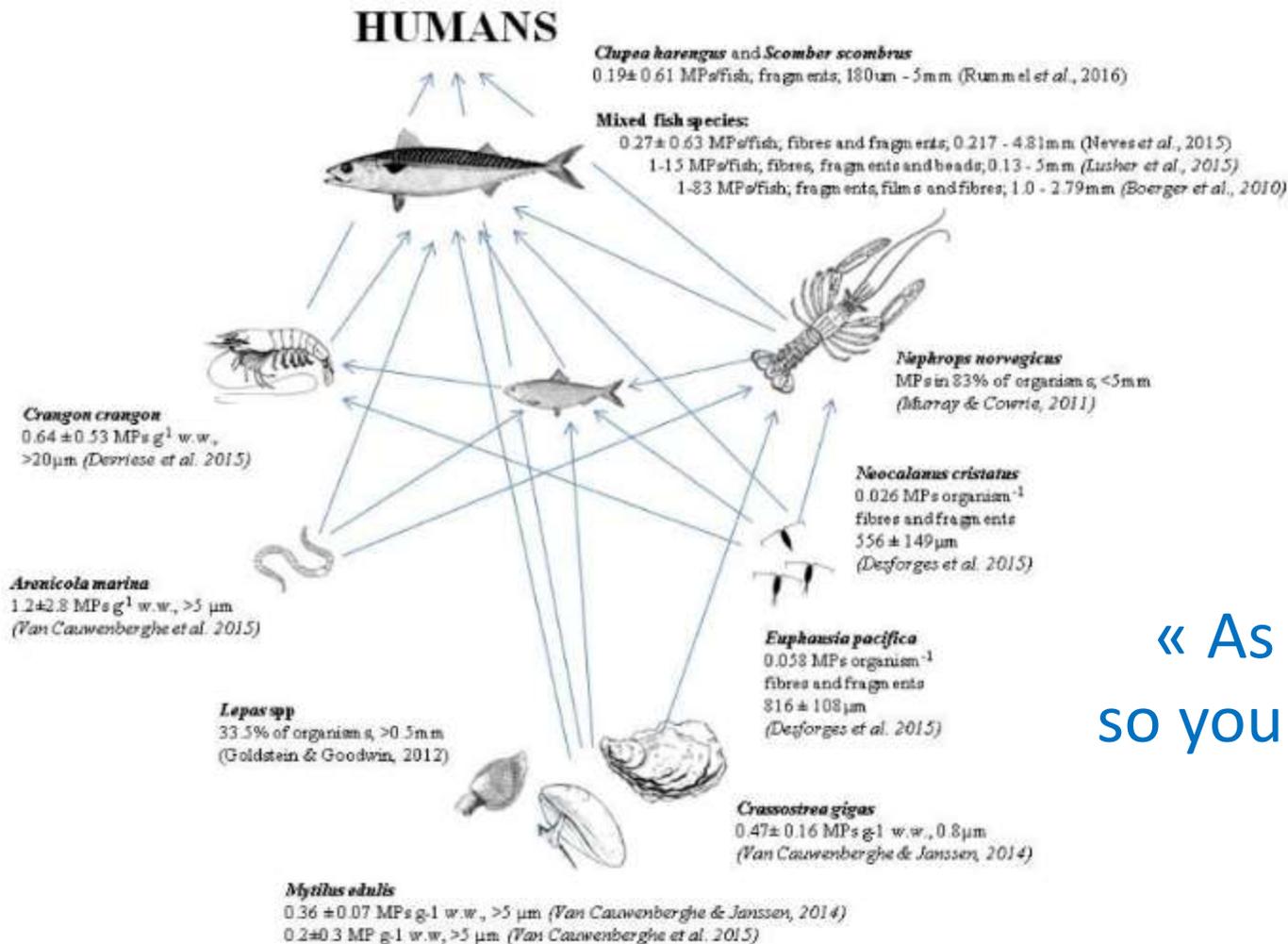


Plastic transfer between prey and predator



Miranda, D.A., de Carvalho-Souza, G.F., Are we eating plastic-ingesting fish? *Marine Pollution Bulletin* (2015)

Microplastic transfer between prey and predator



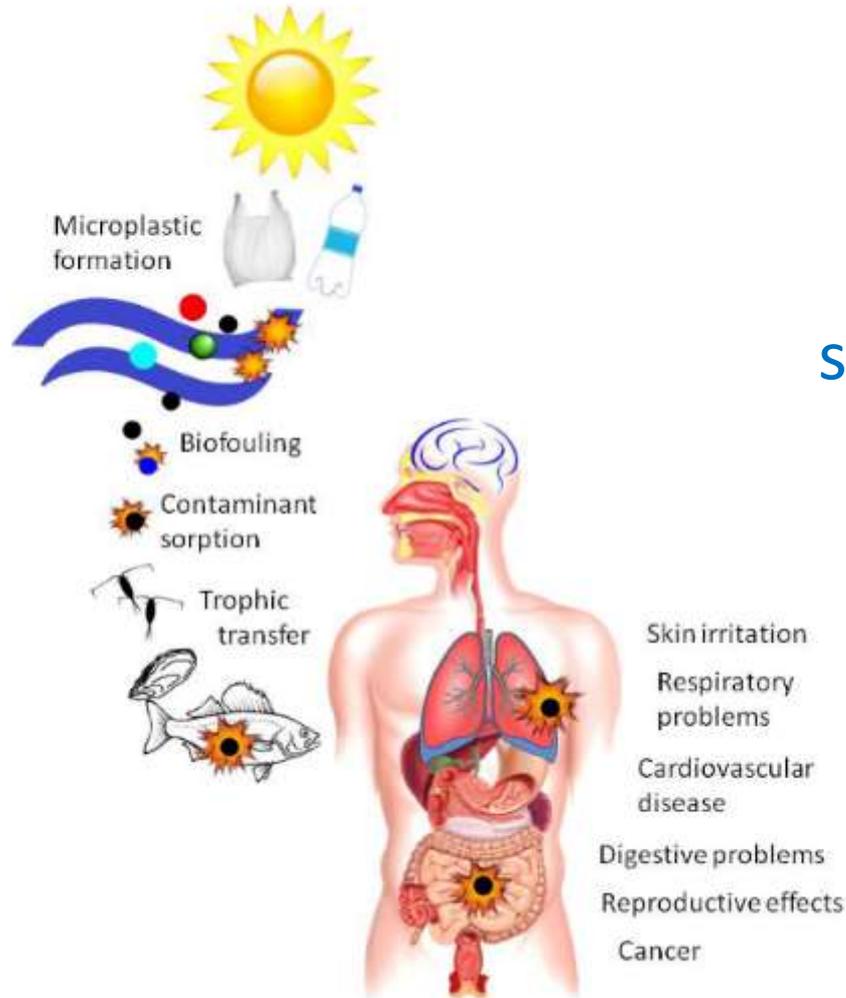
« As you bake,
so you shall eat » ?

Fig. 1. A model marine food web indicating the load, size and shape of microplastics present in organisms across different trophic levels collected from the natural environment.

Carbery et al. *In press*. Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health

Environment international

Plastic transfer between prey and predator



« As you bake,
so you shall eat » ?

Fig. 3. Potential health effects resulting from the bioaccumulation and biomagnification of microplastics and chemical contaminants in the human body.

Carbery et al. *In press*. Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health

Environment international

Endangered species concern

67 espèces de la Liste Rouge IUCN impactées par les débris marins à travers l'ingestion ou l'emmêlement

...

Toutes les espèces de tortues marines



©M. Rard



©L. Bèche



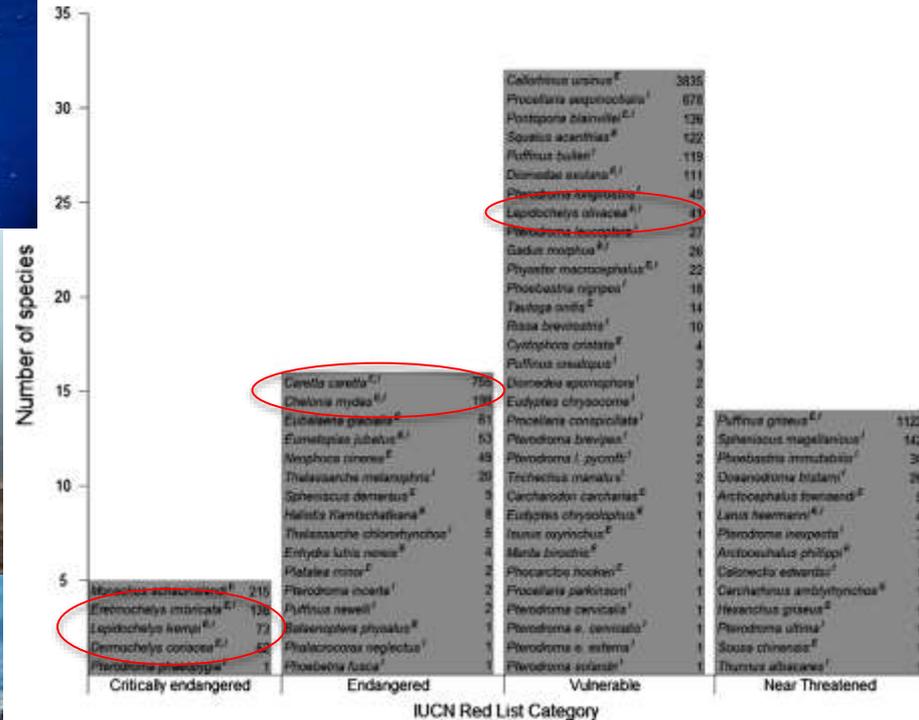
©L. Hoarau



©T. Peres



t.peres@wanadoo.fr



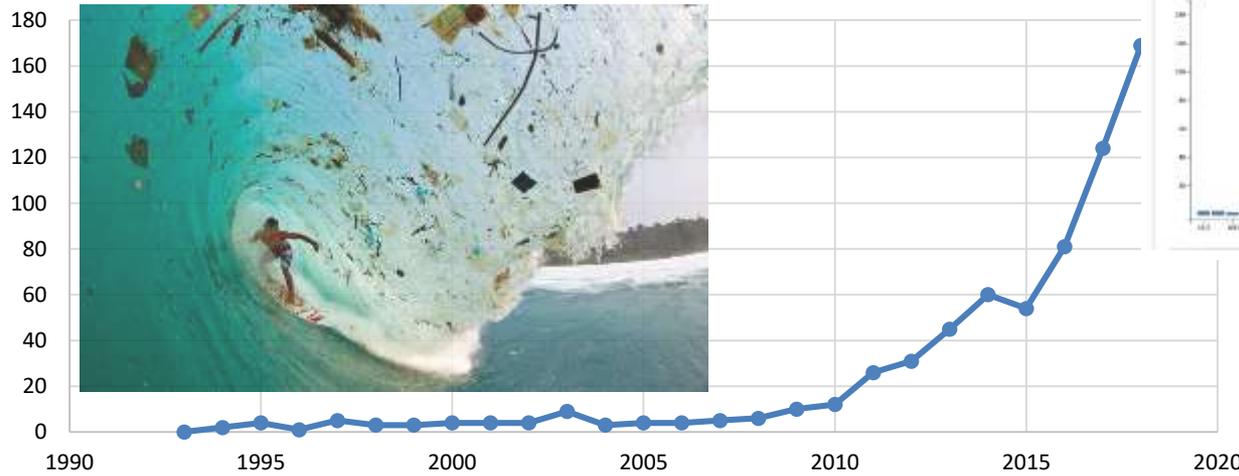
(Gall & Thompson 2015 Mar Poll Bull)

" > 8 million metric tons of plastic is estimated to enter the ocean each year from land-based sources"

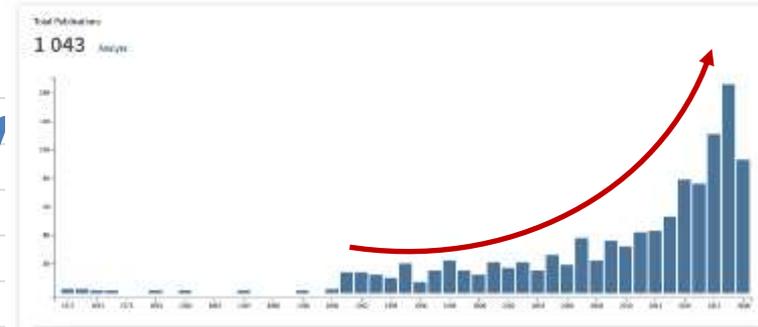
De plus en plus d'études ...

ScienceDirect

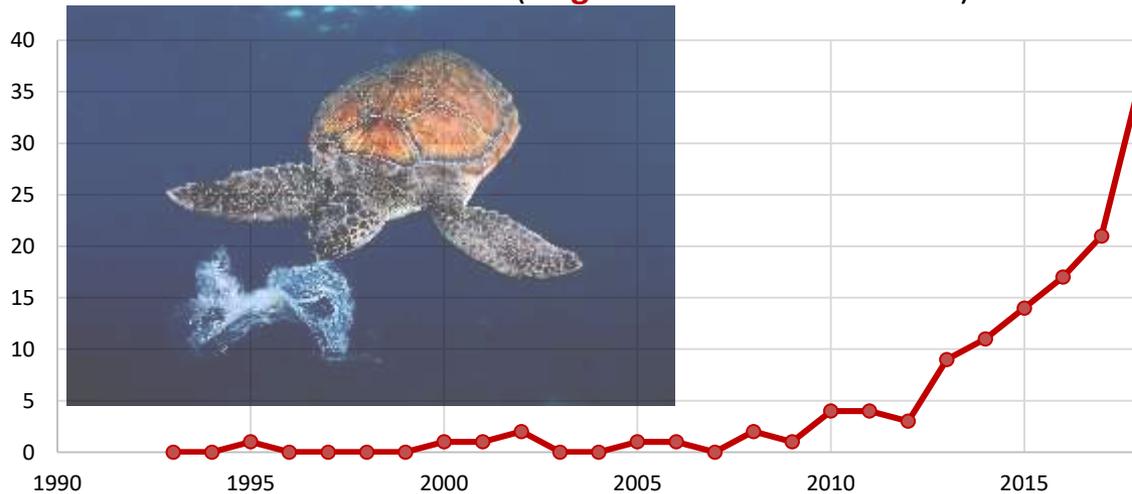
Publications ("Marine debris")



Articles scientifiques
(Source : Web of Sciences, mot-clé : « microplastic »)



Publications ("Ingestion of marine debris")



Lynch et al. *In press*

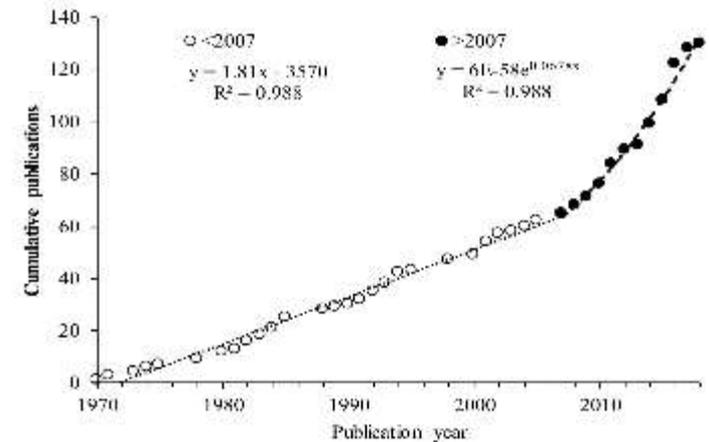
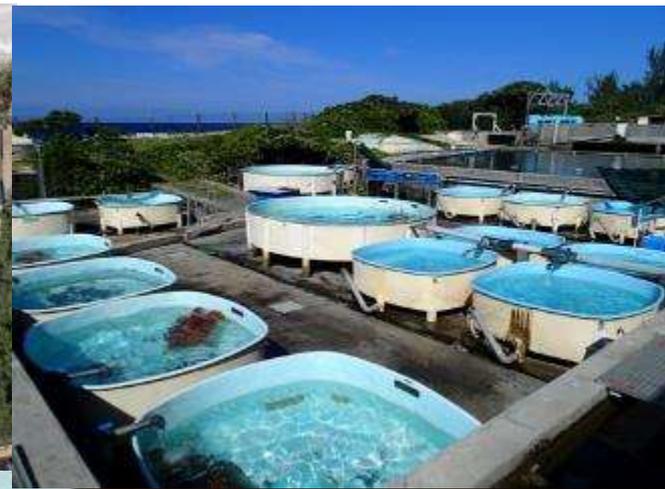
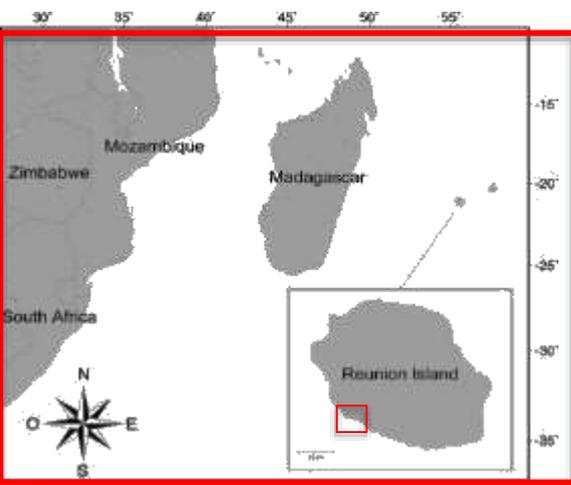


Figure 1. Cumulative number of publications increase linearly in the field of marine debris ingestion in sea turtles, becoming exponential after 2007 (excludes publications that were strictly review articles).



Centre de soins





Centre de soins

Individus échantillonnés

- Période : 2007-2017
- $N_{\text{total}} = 285$
- Oceanic & Neritic Juveniles
- La plupart récupérée vivante



25.9 tortues par an



Cc

N

188

CCL(cm)

70.3 ± 7.6

Poids (kg)

44.9 ± 11.0



Cm

46

55.98 ± 21.17

27.45 ± 29.0



Ei

27

46.6 ± 15.2

15.2 ± 19.0



Lo

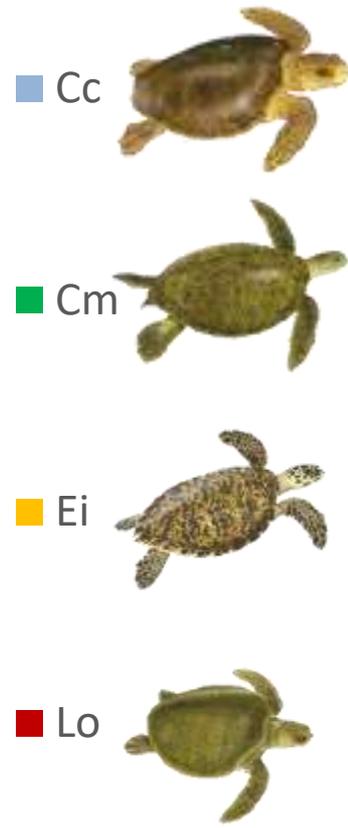
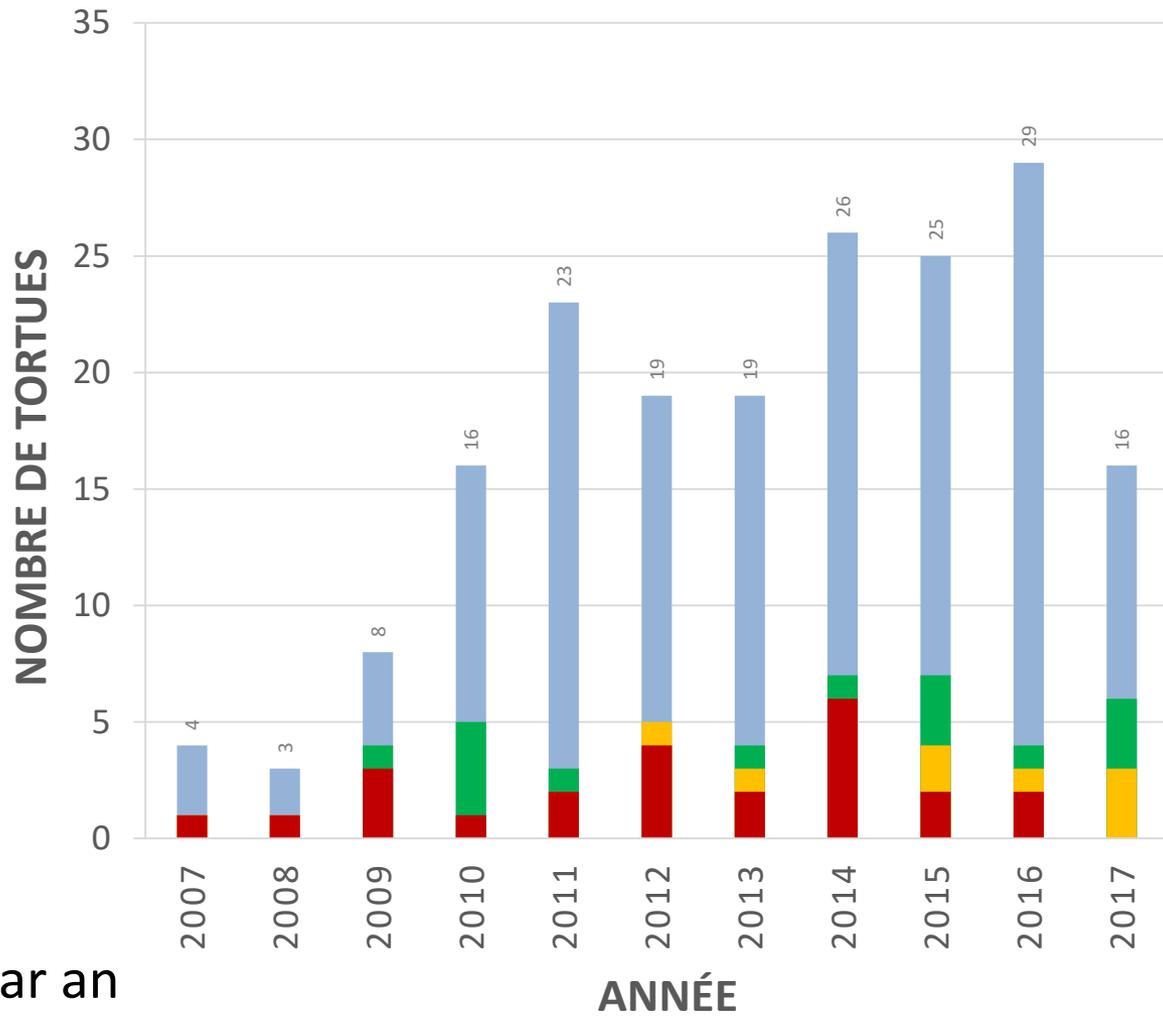
24

55.8 ± 7.6

19.9 ± 7.9



Causes:
By-catches
Collisions
Braconnages
Echouages



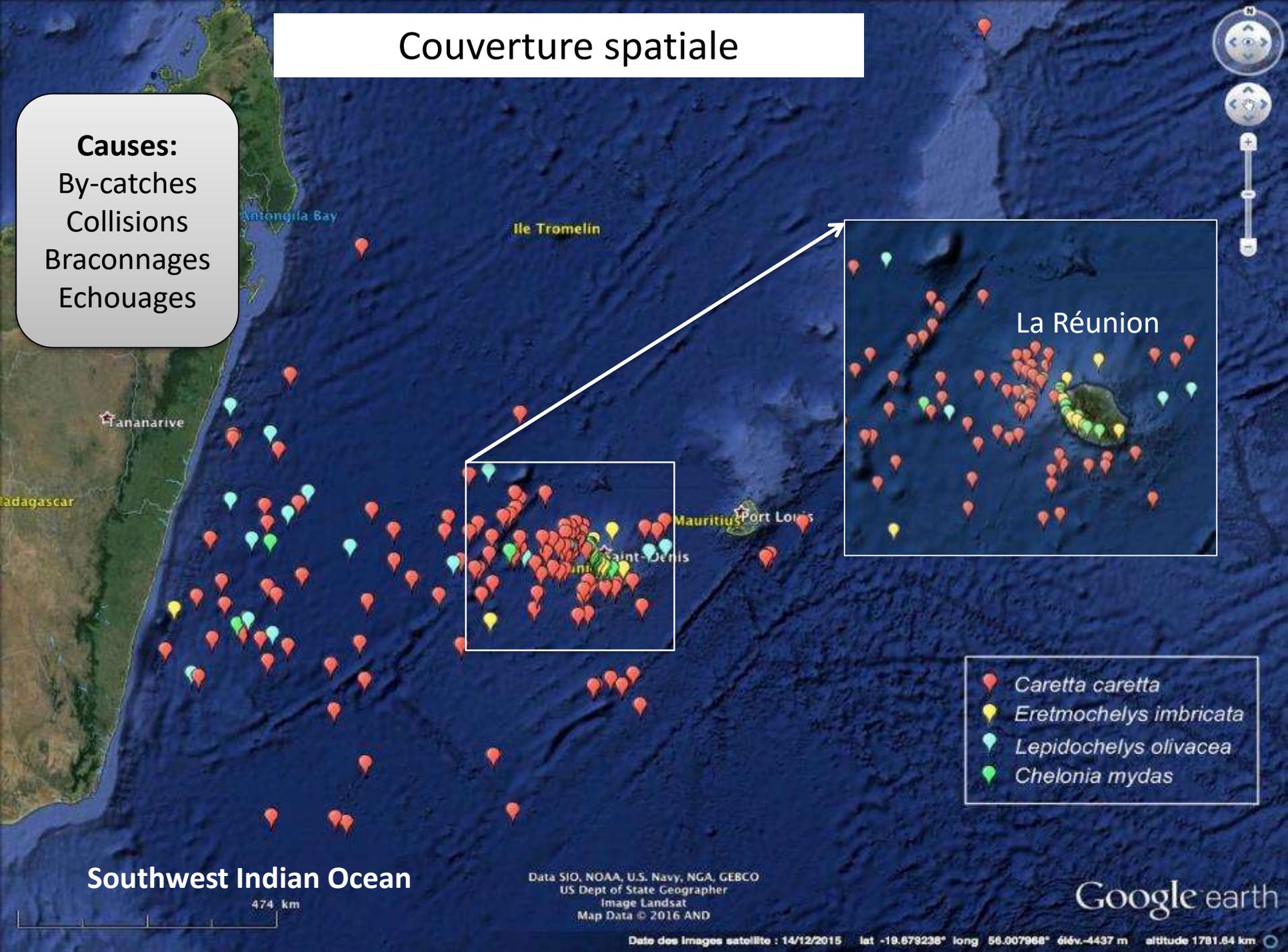
25.9 tortues par an



Couverture spatiale

Causes:

By-catches
Collisions
Braconnages
Echouages



La Réunion

-  *Caretta caretta*
-  *Eretmochelys imbricata*
-  *Lepidochelys olivacea*
-  *Chelonia mydas*

Southwest Indian Ocean

474 km

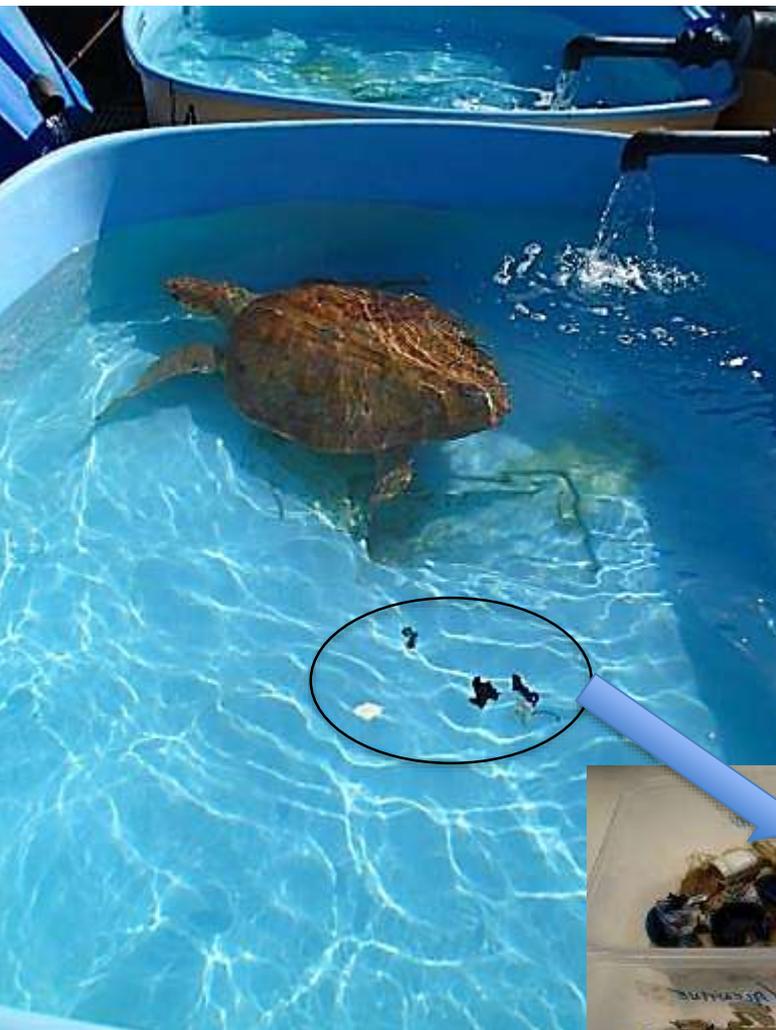
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
US Dept of State Geographer
Image Landsat
Map Data © 2016 AND

Google earth

Date des Images satellite : 14/12/2015 lat -18.679238° long 56.007968° élév.-4437 m altitude 1781.64 km

Collection des débris et analyses

Vivantes => feces



Mortes => Œsophage, Estomac ; Intestins



Stockés pour analyses



Rincés et séchés

Collecte et analyse des débris marins



Catégories

(d'après Hoarau et al. 2014)

Plastic

- Hard plastic
- Soft plastic
- Plastic caps
- Microplastiques

Fishing items

- Line/nylon
- Rope
- Fish hook

Miscellaneous

- Rubber
- Tissue/paper
- Natural debris
- Other

Catégories

(MSFD 2013 ; Galgani et al. 2014)

Plastic

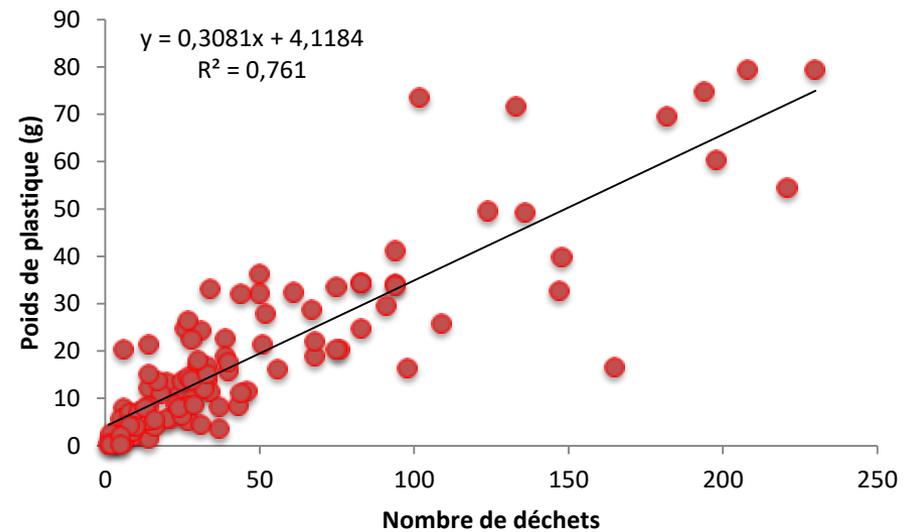
- Industrial pellet
- Sheet-like
- Thread-like
- Foamed user
- Fragment hard
- Other (e.g., rubber)

Rubbish other than plastic

- Paper
- Various rubbish
- Fish hook

Pollutants

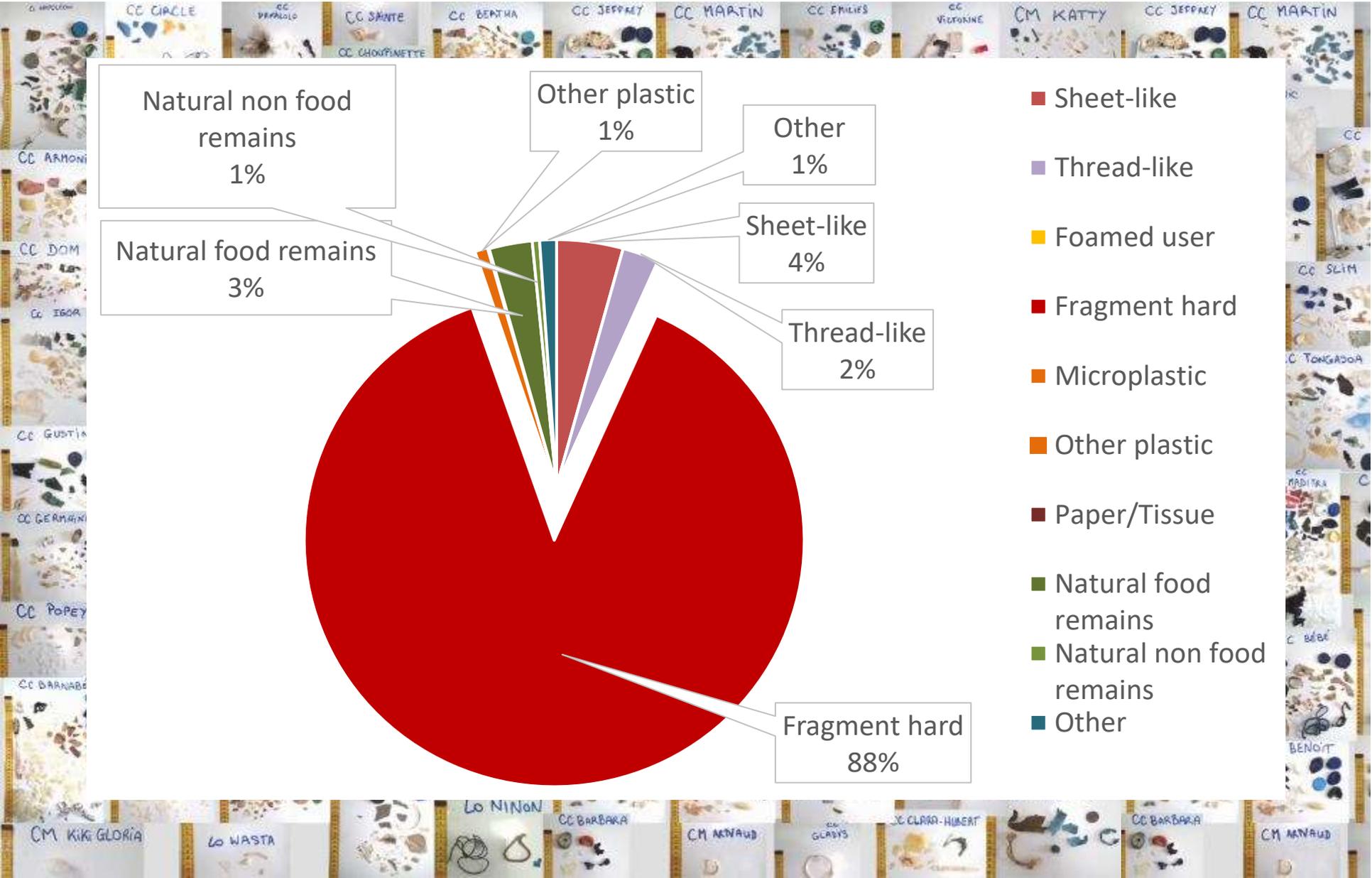
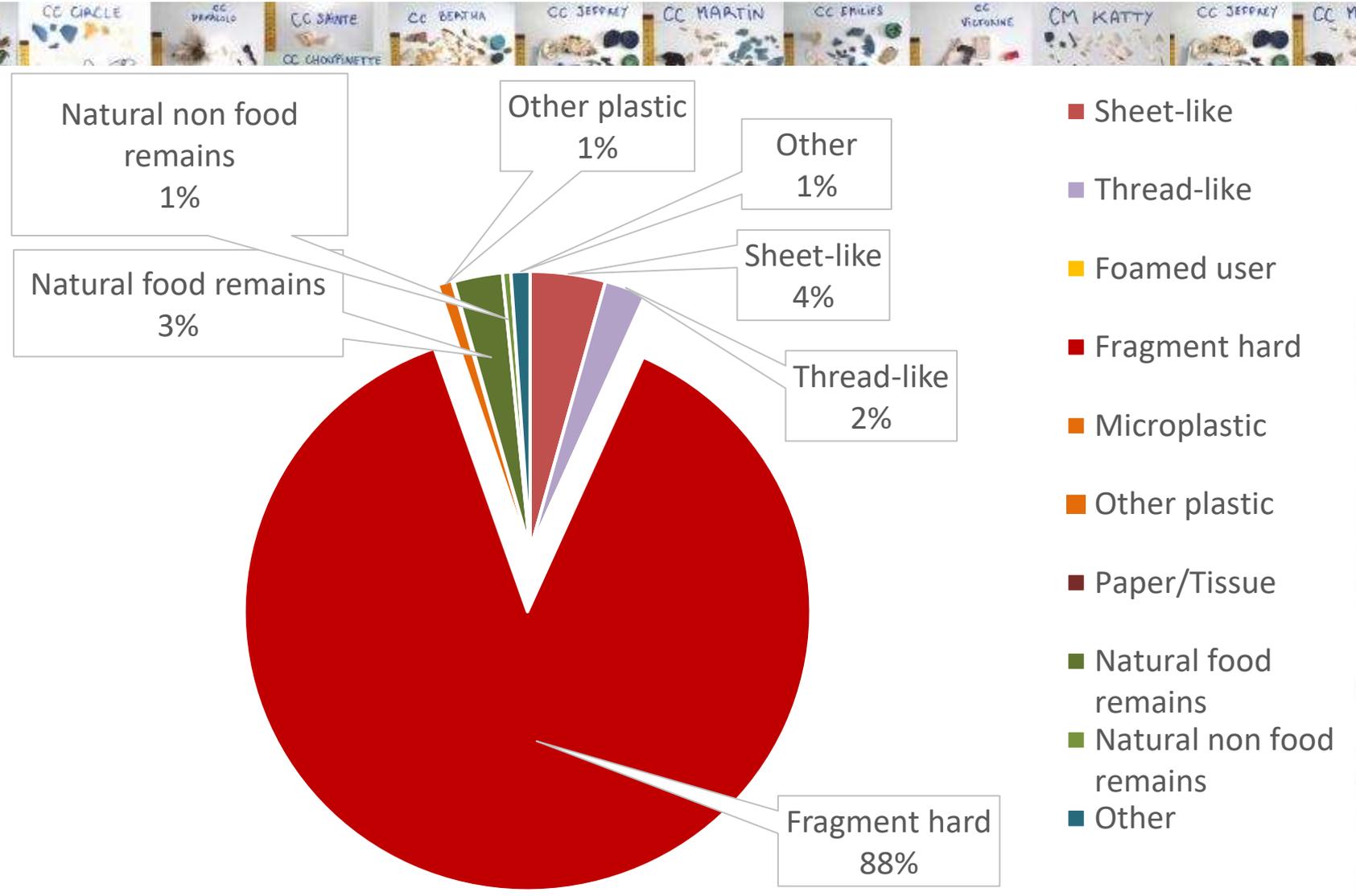
- Natural non food remains
- Natural food remains



Qui sont-ils ?

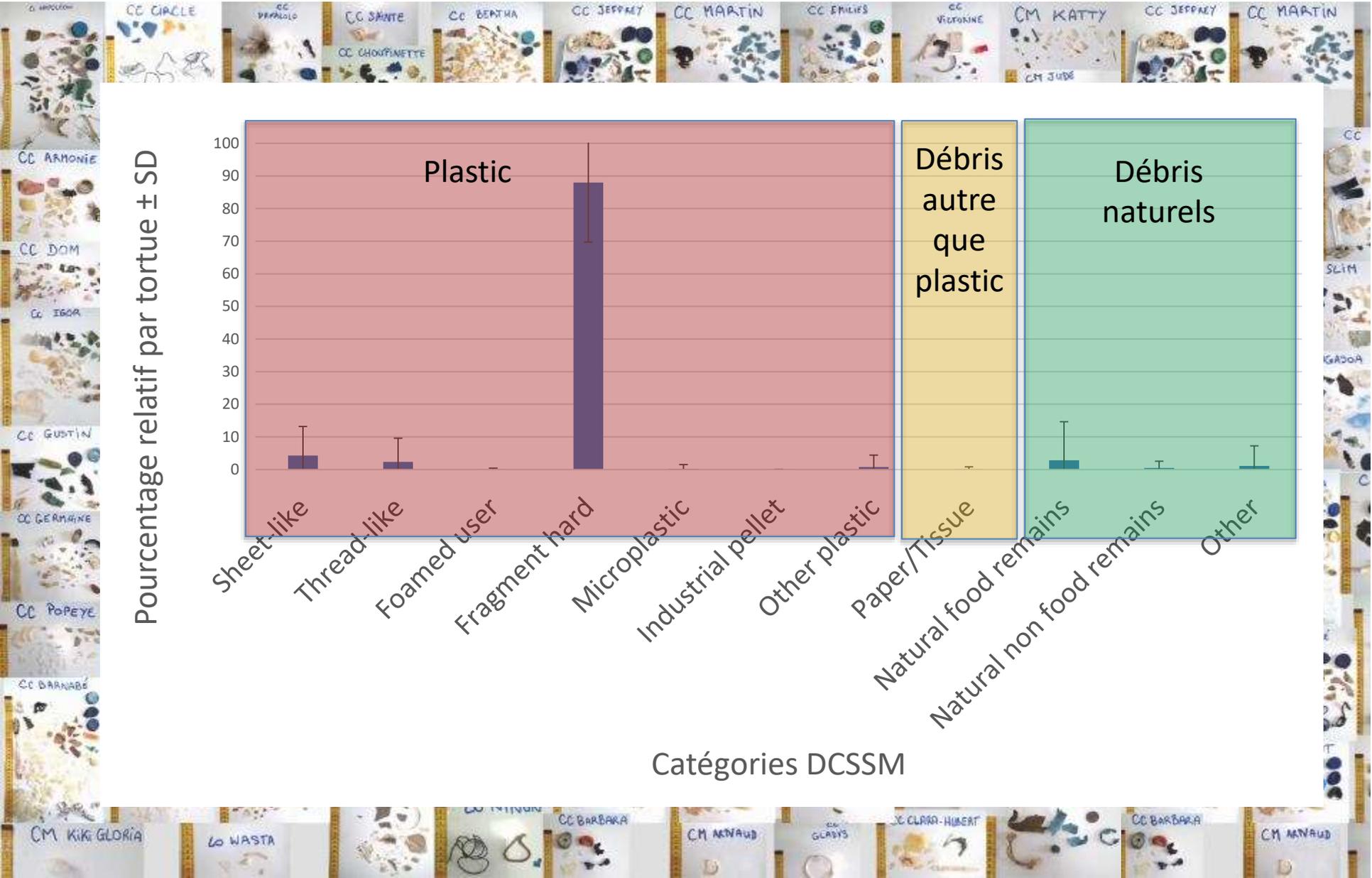
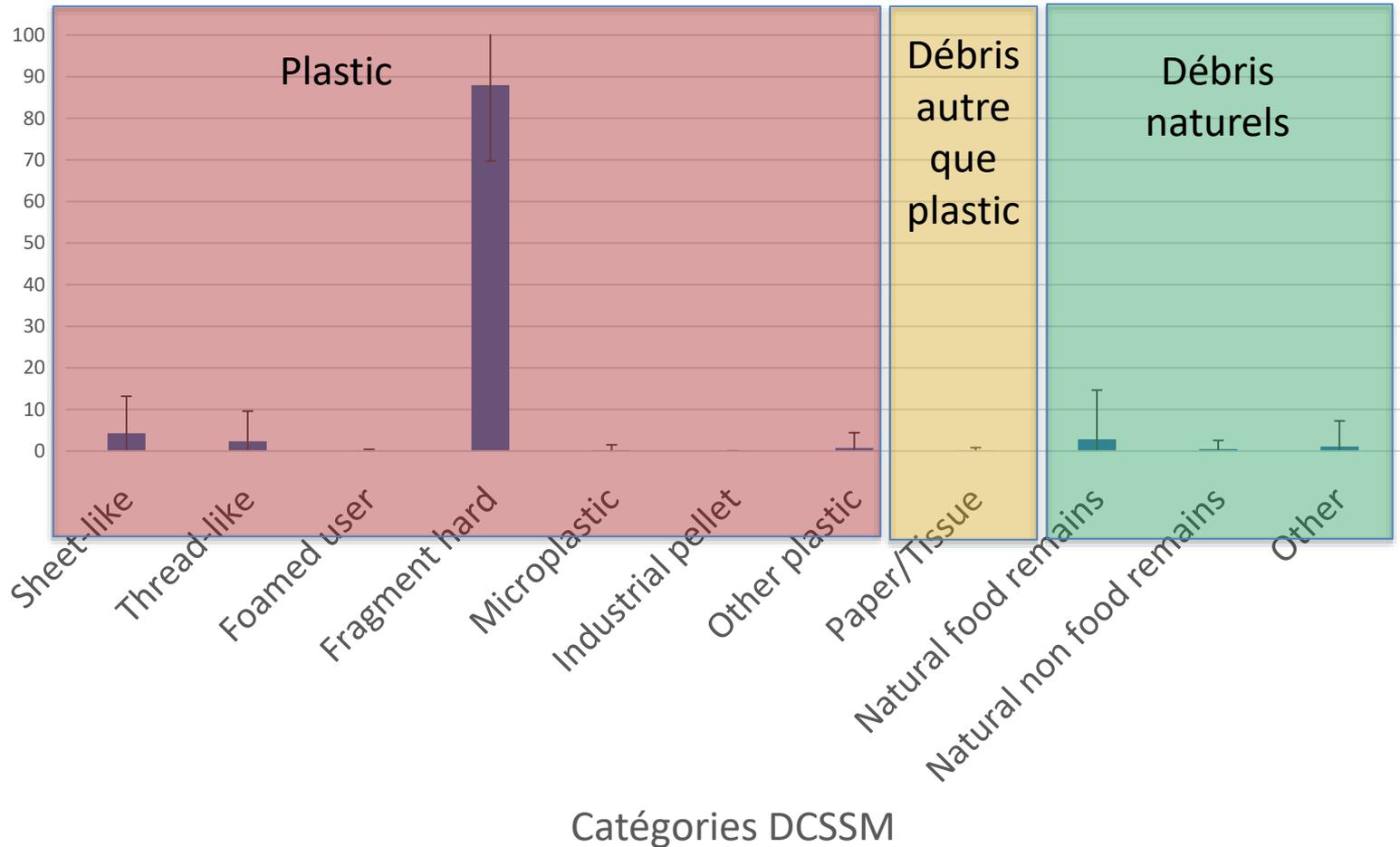


Catégories des débris (*Caretta caretta*)

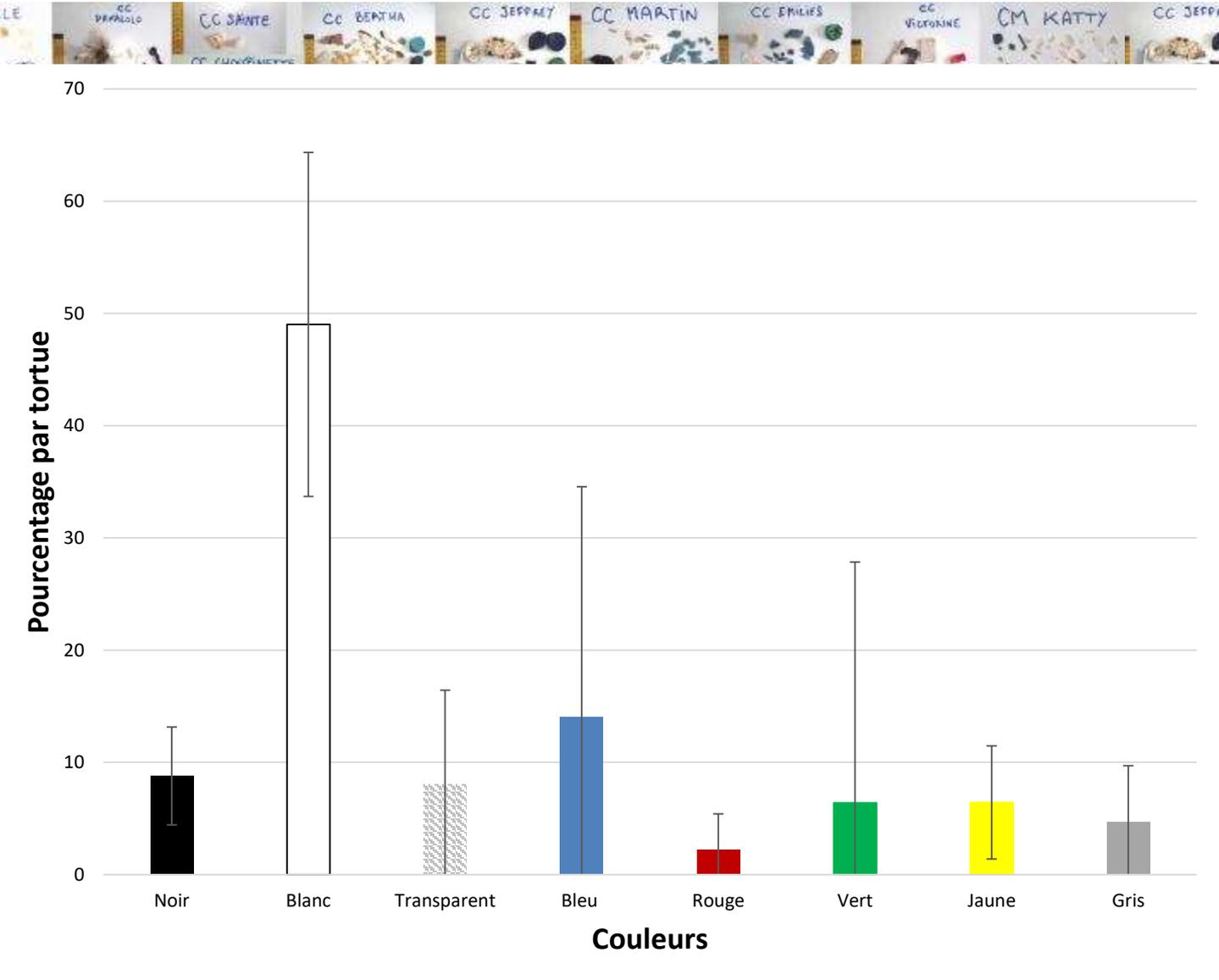
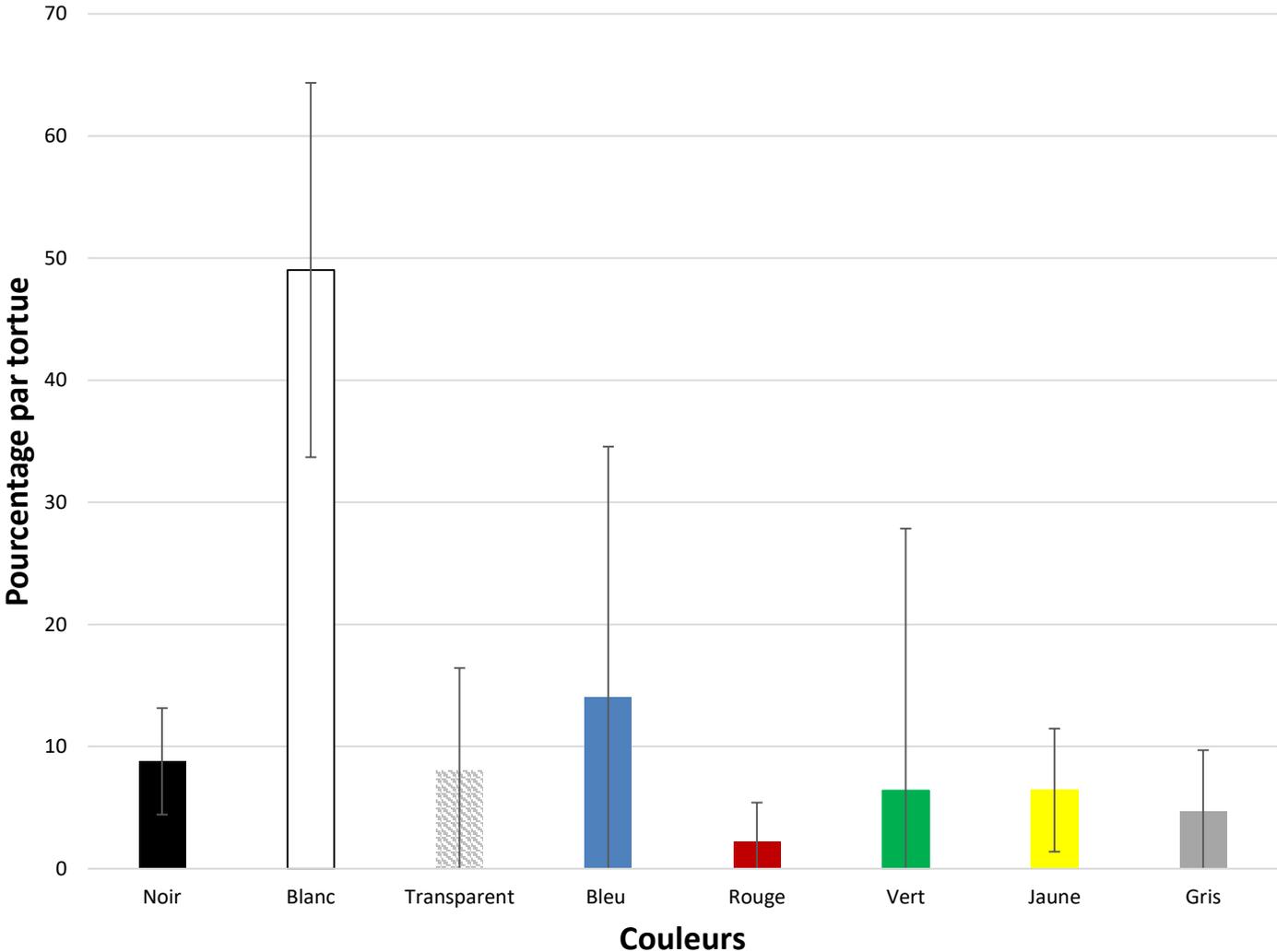


Catégories des débris (*Caretta caretta*)

Pourcentage relatif par tortue ± SD

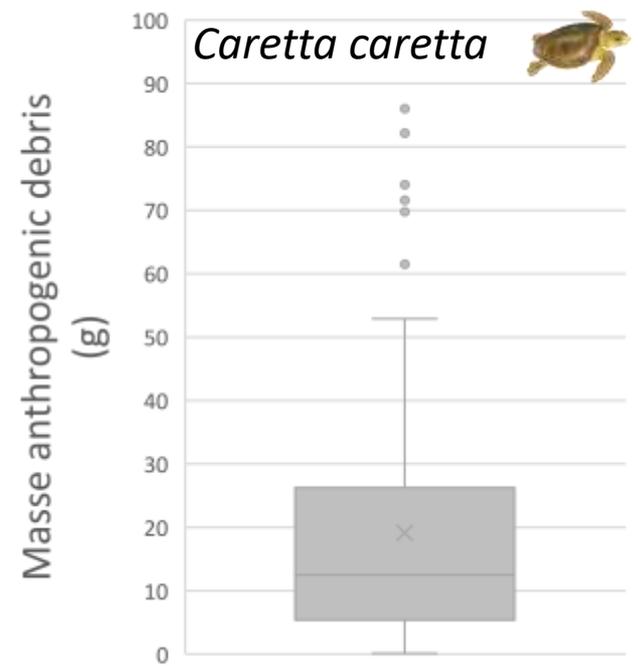


Couleurs (*Caretta caretta*)



Sample size

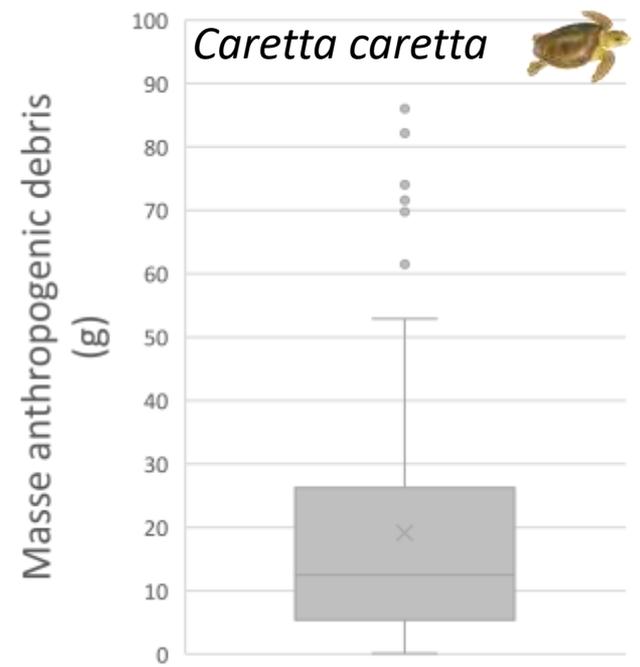
- $N_{total} = 285$
- $N_{plastic} = 160 \sim 56.14\%$ of total (Période 2007-2017)
- Detailed data available for $N_{plastic\ data} = 144$ (90 % $N_{plastic}$)



Species	Mean CCL (range)	Mean Weight (range)	N	$N_{plastic}$	%FI	$N_{plastic\ data}$	Mean Num of items (range)	Mean weight (range)	Total weight (g)
<i>Cc</i> 	70.3 ± 7.6 (18.5-81)	44.9 ± 11 (0.96-74)	188	133	70.7	121	52.35 ± 57.6 (1-207)	19.08 ± 18.7 (0.18-85.07)	2366.20
<i>Cm</i> 	55.98 ± 21.2 (30-106)	27.45 ± 29 (3.11-137)	46	12	27.3	9	19.5 ± 32.55 (1-93)	2.21 ± 2.92 (0.15-8.21)	17.66
<i>Ei</i> 	46.6 ± 15.2 (31-85.5)	15.2 ± 19.0 (3.24-74.9)	27	9	33.3	8	37.86 ± 61.4 (7-176)	16.27 ± 37.5 (0.06-101.1)	123.87
<i>Lo</i> 	55.8 ± 7.6 (35-66)	19.9 ± 7.9 (5.45-33)	24	6	25	6	5.5 ± 3.11 (3-10)	0.68 ± 0.65 (0.13-1.61)	62.23

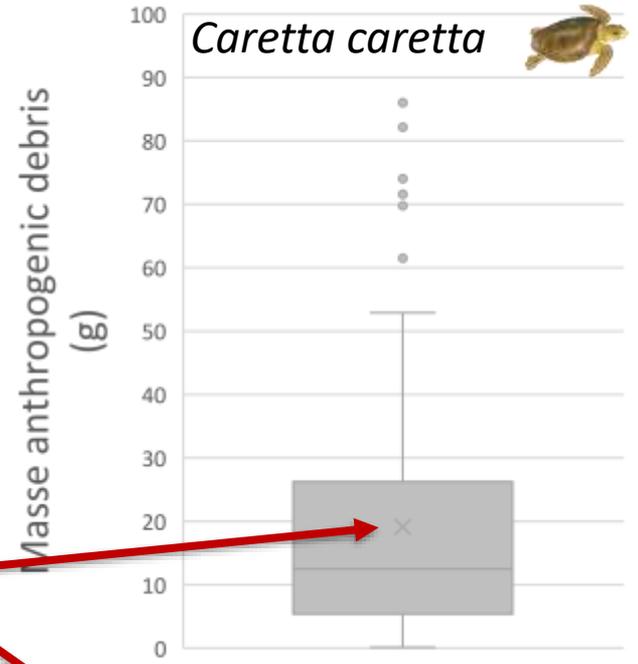
Sample size

- $N_{total} = 285$
- $N_{plastic} = 160 \sim 56.14\%$ of total (Période 2007-2017)
- Detailed data available for $N_{plastic\ data} = 144$ (90 % $N_{plastic}$)



Species	Mean CCL (range)	Mean Weight (range)	N	$N_{plastic}$	%FI	$N_{plastic\ data}$	Mean Num of items (range)	Mean weight (range)	Total weight (g)
Cc 	70.3 ± 7.6 (18.5-81)	44.9 ± 11 (0.96-74)	188	133	70.7	121	52.35 ± 57.6 (1-207)	19.08 ± 18.7 (0.18-85.07)	2366.20
Cm 	55.98 ± 21.2 (30-106)	27.45 ± 29 (3.11-137)	46	12	27.3	9	19.5 ± 32.55 (1-93)	2.21 ± 2.92 (0.15-8.21)	17.66
Ei 	46.6 ± 15.2 (31-85.5)	15.2 ± 19.0 (3.24-74.9)	27	9	33.3	8	37.86 ± 61.4 (7-176)	16.27 ± 37.5 (0.06-101.1)	123.87
Lo 	55.8 ± 7.6 (35-66)	19.9 ± 7.9 (5.45-33)	24	6	25	6	5.5 ± 3.11 (3-10)	0.68 ± 0.65 (0.13-1.61)	62.23

Sample size



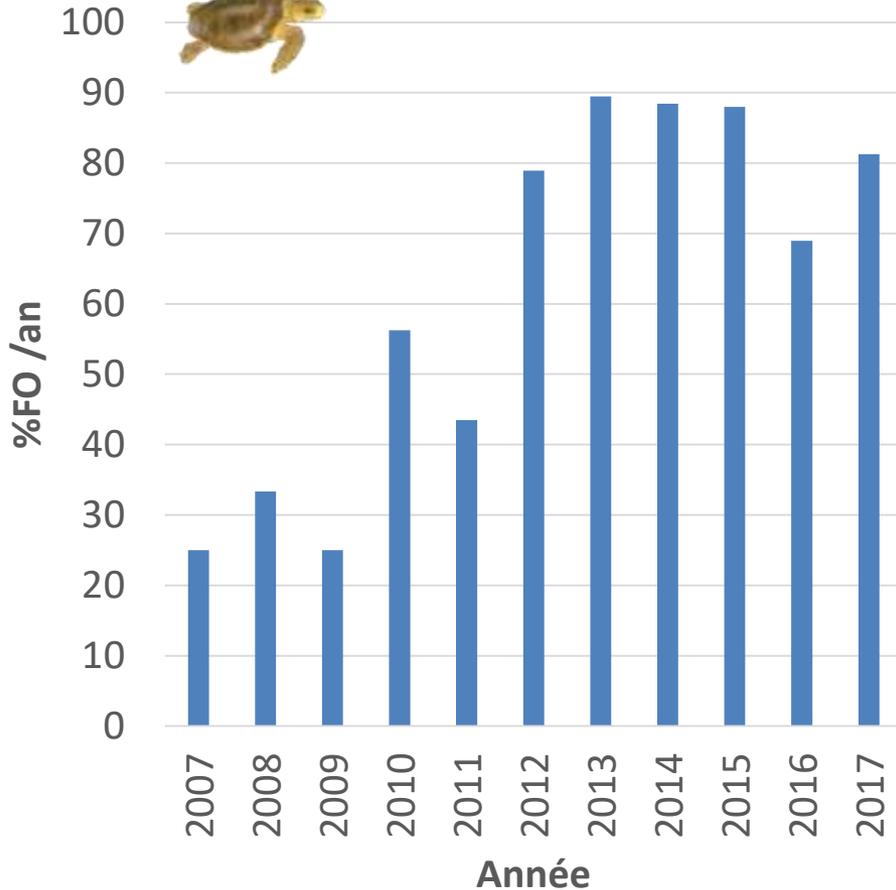
12.5 ± 17.62 g en
considérant les
non-détectés

Species	Mean CCL (range)	Mean Weight (range)	N	N _{plastic}	%FI	N _{plastic data}	Mean Num of items (range)	Mean weight (range)	Total weight (g)
<i>Cc</i> 	70.3 ± 7.6 (18.5-81)	44.9 ± 11 (0.96-74)	188	133	70.7	121	52.35 ± 57.6 (1-207)	19.08 ± 18.7 (0.18-85.07)	2366.20
<i>Cm</i> 	55.98 ± 21.2 (30-106)	27.45 ± 29 (3.11-137)	46	12	27.3	9	19.5 ± 32.55 (1-93)	2.21 ± 2.92 (0.15-8.21)	17.66
<i>Ei</i> 	46.6 ± 15.2 (31-85.5)	15.2 ± 19.0 (3.24-74.9)	27	9	33.3	8	37.86 ± 61.4 (7-176)	16.27 ± 37.5 (0.06-101.1)	123.87
<i>Lo</i> 	55.8 ± 7.6 (35-66)	19.9 ± 7.9 (5.45-33)	24	6	25	6	5.5 ± 3.11 (3-10)	0.68 ± 0.65 (0.13-1.61)	62.23

Fréquence d'ingestion des débris anthropiques



$$\% FO = (N_p/N) * 100$$

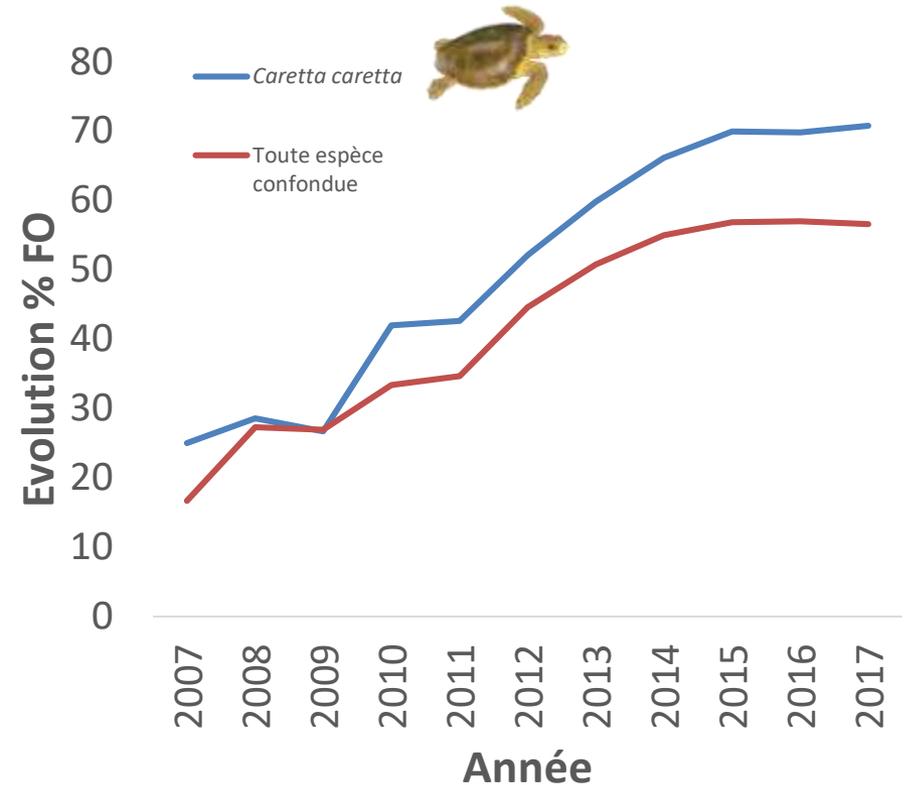


Caretta caretta

25% en 2007 - 90% en 2013 et 82% en 2017)

Moyenne sur les dix dernières années : 70 %

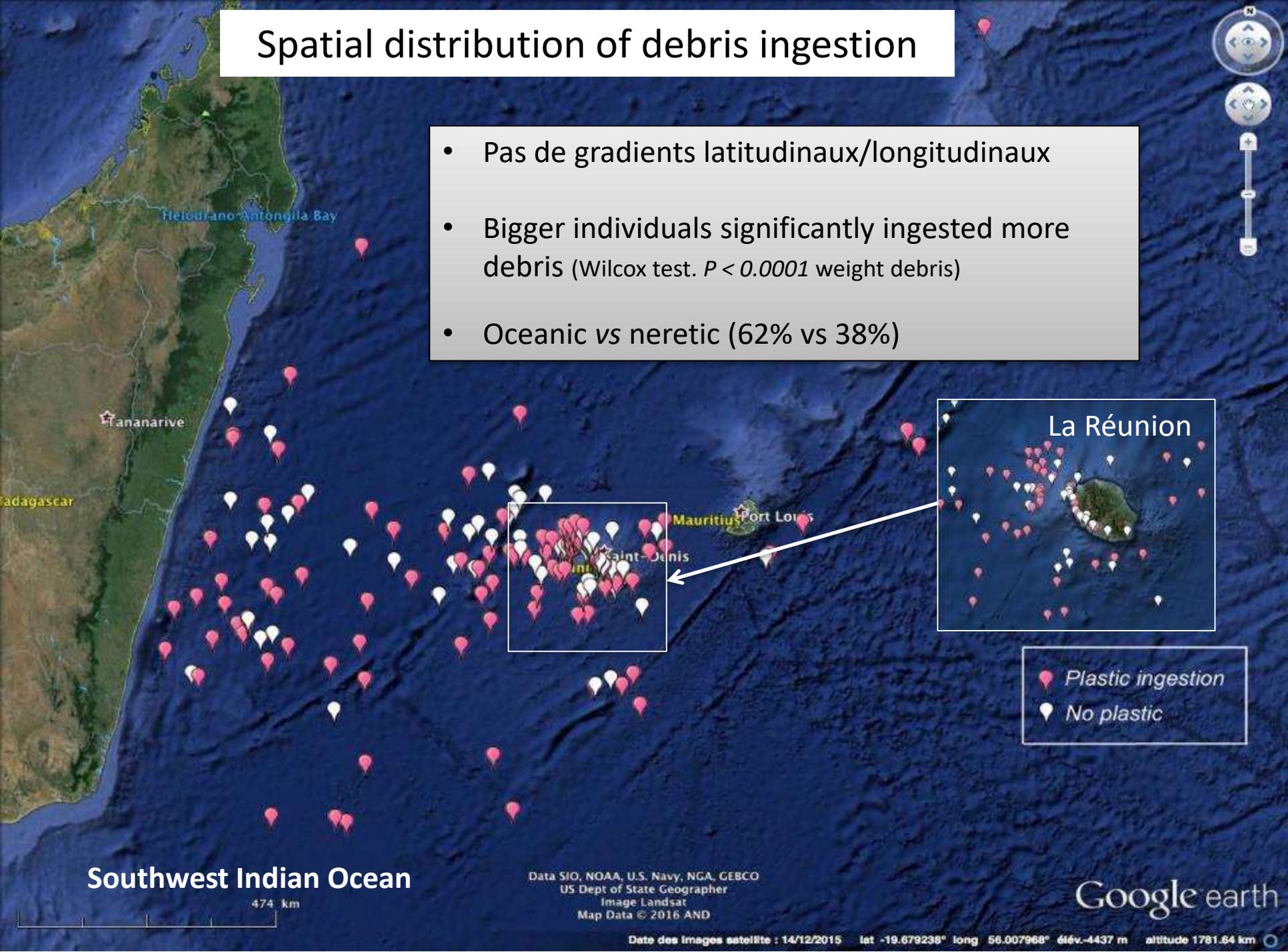
Une fréquence d'ingestion parmi les plus élevée dans le monde !



Une %FO moindre pour les autres espèces (côtières)

Spatial distribution of debris ingestion

- Pas de gradients latitudinaux/longitudinaux
- Bigger individuals significantly ingested more debris (Wilcox test. $P < 0.0001$ weight debris)
- Oceanic vs neretic (62% vs 38%)



Southwest Indian Ocean

474 km

Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
US Dept of State Geographer
Image Landsat
Map Data © 2016 AND

Google earth

Date des Images satellite : 14/12/2015 lat -19.679238° long 56.007968° élv.-4437 m altitude 1781.84 km

Quelques tristes records !



©T. Peres

Chelonia mydas
Aquafilou
93 items
8.21g



Lepidochelys olivacea
Ninon
3 items
1.61g

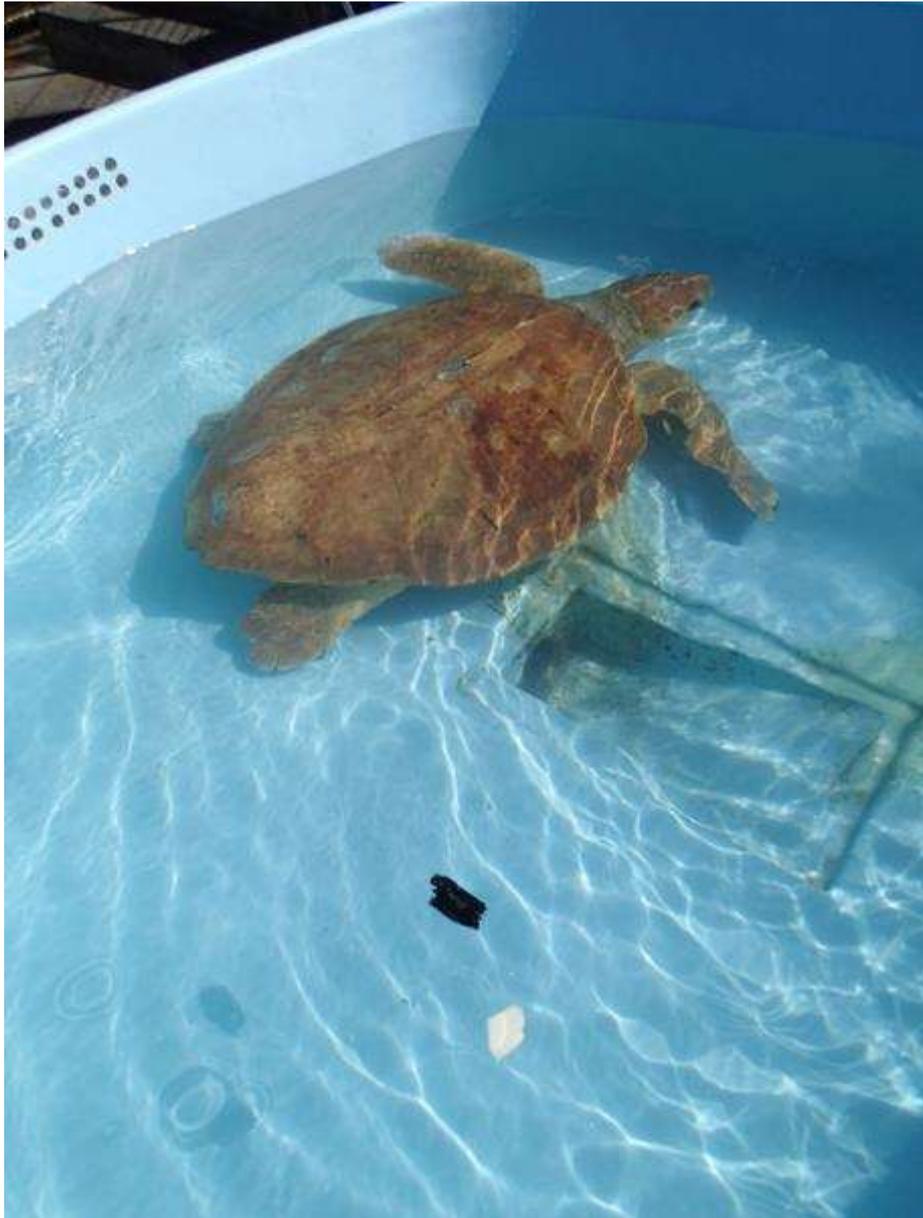


Take away message

(2007 – 2017)

- Niveaux élevés: %FO chez les Caouannes (70 %)
 - Une quantité de plastiques les plus importante dans le monde (= 12.5 g plastiques par individu)
 - Toutes les espèces impactées
 - Plus de débris chez les individus gros et océaniques
 - Majorité de Fragments plastiques durs chez la Caouanne et tortue Verte - Corde et lignes nylon chez l' Olivâtre et l'Imbriquée
 - Les bouchons de plastiques retrouvées chez 2/3 des individus
- > Stop drinking water (at least with the plastic bottle) !
- Tous les indices augmentent -





Les macro-plastiques ingérés par les tortues marines dans le sud-ouest de l'océan Indien : qui sont-ils et d'où viennent-ils ?

Ludovic Hoarau¹, Margot Thibault^{2,3,5}, Emmanuel Cordier², Laurent Lebreton², Claire Jean³, Stéphane Ciccione², Mathieu Barret², Anjara Saloma², François-Xavier Mayer², Mayeul Dalleau¹

1 Introduction



Les débris plastiques marins sont une menace importante pour de nombreuses espèces marines, notamment pour les sept espèces de tortues marines. Dans le sud-ouest de l'océan Indien, l'ingestion des plastiques a été documentée chez la tortue caouanne *Caretta caretta* (Hoarau et al. 2014). Les débris marins (i) ingérés par les tortues caouanne, verte (*Chelonia mydas*), olivâtre (*Lepidochelys olivacea*) et imbricque (*Eretmochelys imbricata*), récupérées par le centre de soins de Kélonia à La Réunion entre 2007 et 2017 ainsi que (ii) les macroplastiques (> 5mm) échoués sur les plages de l'île Sainte-Marie de la côte est de Madagascar sont présentés. Une approche par (i) modélisation est utilisée pour déterminer les pays sources et les régions-puits permettant de mieux comprendre l'origine des débris et leur parcours dans l'océan Indien.

2 Méthodes

- Caractérisation (catégorie et couleur) et quantification des débris marins ingérés par les tortues marines (Fig.1), en particulier par la tortue caouanne.
- Caractérisation (catégorie et couleur) et quantification des débris marins échoués sur trois plages de l'est de l'île Sainte-Marie, Madagascar (Fig.2).
- Détermination de l'origine et de la marque des plastiques ingérés par les tortues caouanne pêchées accidentellement dans le sud-ouest de l'océan Indien et de ceux collectés sur 3 plages de Sainte-Marie, Madagascar (Fig.3).
- Détermination de l'origine des plastiques d'après le modèle de transport de particules à partir des champs de courants issus de l'analyse du modèle Hybrid Coordinate Ocean Model (HYCOM) sur T=20 ans et identification des pays sources de macroplastiques dans différentes zones de migration des tortues caouannes selon 2 scénarios d'apports (i.e., terrestres et maritimes) (Lebreton et al. 2012).

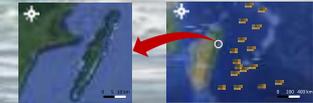


Fig.3 Zones étudiées avec les tortues caouannes pêchées au large des côtes de La Réunion et les 3 plages échantillonnées de Sainte-Marie à Madagascar.



Fig.1: Echantillons de débris plastiques ingérés par les tortues marines.



Fig.2: Echantillons de débris plastiques échoués sur les plages de Sainte-Marie, Madagascar.

3 Résultats

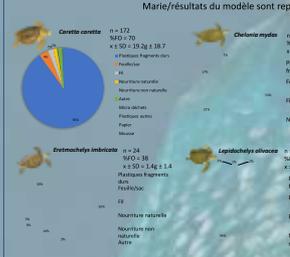


Fig.4: Proportion des catégories des débris marins déterminées d'après la DCSNM (Galgani et al. 2013) et ingérées par les 4 espèces de tortues marines récupérées par le centre de soins Kélonia entre 2007 et 2017. n, NFO et \pm SD correspondent respectivement au nombre total d'individus analysés, à la fréquence d'occurrence d'ingestion et à la masse moyenne (Ecart type) de débris ingérés par espèce.

Les débris marins ont été fréquemment retrouvés avec les fragments plastiques durs constituant le type de débris majoritaire chez la tortue caouanne, verte et imbricque (Fig. 4). Bien que la masse de débris chez la tortue olivâtre se compose essentiellement de restes de nourriture, les fils de pêche, nylon et cordes sont les principaux débris d'origine anthropique retrouvés chez cette espèce. Les principales marques et pays d'origine des plastiques retrouvés chez les tortues et sur les plages de Sainte-Marie (résultats du modèle sont représentés respectivement sur les Fig.6 et Fig.7.

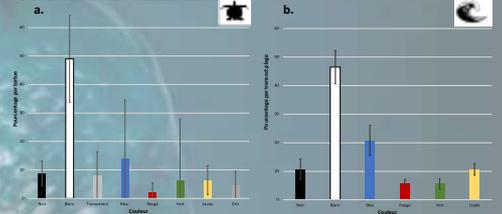


Fig.5: Proportion relative en % \pm SD des couleurs de plastiques collectées a. chez la tortue caouanne et b. sur les plages de Sainte-Marie, Madagascar.

Il existe une similarité relative entre les types et les couleurs de macroplastiques retrouvés chez la tortue caouanne et sur les plages de Sainte-Marie confortant l'hypothèse d'une origine commune de ces débris. La couleur « blanc » est majoritairement retrouvée chez la tortue caouanne et dans les plastiques échoués sur les plages de Sainte-Marie (Fig.5).

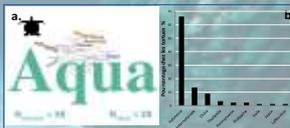


Fig.6: a. WordCloud des principales marques et b. origine de fabrication des plastiques retrouvés chez les tortues caouannes.

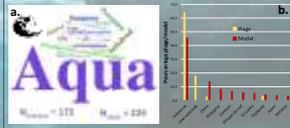


Fig.7: a. WordCloud des principales marques et b. origine de fabrication de plastiques collectés sur les principales plages de Sainte-Marie et résultats du modèle couplant les origines terrestres et maritimes.

4 Conclusion

L'échantillonnage des macroplastiques sur trois plages de l'île de Sainte-Marie (Madagascar), en parallèle à une approche par modélisation pour quantifier les pays sources et régions puits de l'océan Indien révèle que l'Asie du sud-est principalement l'Indonésie, la Chine ainsi que l'Afrique du Sud sont les pays qui contribuent le plus à cet apport de macroplastiques dans ce bassin océanique.

Les macroplastiques s'accumulent dans les zones de migration des tortues juvéniles caouannes (Dalleau et al. 2014) acheminés par les courants du gyre de l'océan Indien, principalement par le courant sud équatorial et dans une moindre mesure par le courant des Aiguilles (Fig. 8).

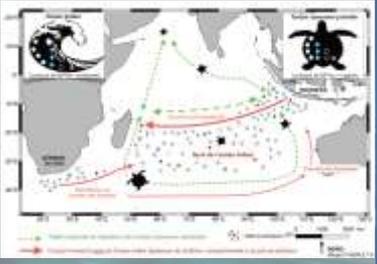


Fig.8: Schéma récapitulatif de la migration des tortues caouannes dans l'océan Indien confrontées aux plastiques essentiellement produits et rejétés par voie terrestre dans l'environnement par les pays de l'Asie du sud-est et transportés par les courants du gyre de l'océan Indien.

References
 1. Borchers, M., Burdett, S., Sibley, L., Ciccione, S., & Brooking, J. (2014). The spatial ecology of juvenile leopards turtles (*Caretta caretta*) in the Indian Ocean sheds light on the 'lost years' mystery. *Mar Biol*, 161, 1819-1840.
 2. Galgani, L., Parker, G., Schroeder, S. O., Li, L., & Brooking, J. (2013). Marine litter within the European marine strategy framework directive. *ICES J. Mar Sci.*, 70, 1053-1064.
 3. Hoarau, L., Barret, M., Ciccione, S., Cordier, E., & Lebreton, J. (2014). Ingestion and distribution of marine debris by leopards sea turtles, *Caretta caretta*, from the archipel in the South West Indian Ocean. *Mar. Pollut. Bull.*, 86, 92-96.
 4. Lebreton, L.C.H., Owen, S.D., Steiner, J.C. (2012). Numerical modeling of floating debris in the world's oceans. *Mar. Pollut. Bull.*, 64, 653-661.



Un grand merci :

L'équipe vétérinaire –

Le centre de soins Kélonia

L'équipe du CEDTM



Sergi Garcia ©

La Rochelle. France – 12-16 Novembre 2018

