



EMBL



TARA  
OCEANS

## DOSSIER DE PRESSE

Premiers résultats scientifiques de l'expédition *Tara Oceans*  
**Plancton : la nouvelle frontière**



### Contacts presse

Tara Expéditions - Eloïse Fontaine - [eloise@taraexpeditions.org](mailto:eloise@taraexpeditions.org) / 01 42 01 38 57

CNRS - Lucie Debroux - [lucie.debroux@cnrs-dir.fr](mailto:lucie.debroux@cnrs-dir.fr) / 01 44 96 43 09

CEA - Tuline Laeser - [tuline.laeser@cea.fr](mailto:tuline.laeser@cea.fr) / 01 64 50 20 97

EMBL - Isabelle Kling - [isabelle.kling@embl.de](mailto:isabelle.kling@embl.de) / +49 6221 387 8355



EMBL



TARA  
OCEANS

Invitation presse

Conférence de presse

## Tara Oceans : premiers résultats scientifiques

Jeudi 21 mai 2015 à 9h

Au siège du CNRS - 3 rue Michel-Ange - 75016 Paris

Métro : Michel-Ange Auteuil (lignes 9 et 10)

Après trois ans de collecte dans les océans de la planète et plusieurs années d'analyse, les chercheurs ayant participé à l'expédition *Tara Oceans* présentent les travaux menés sur les milliers d'échantillons prélevés. Les premiers résultats de ces équipes, internationales et interdisciplinaires, offrent une cartographie détaillée de la biodiversité planctonique, explorent les interactions entre les microorganismes observés et s'intéressent à l'impact des conditions environnementales sur cet écosystème microscopique. Ils confirment également que les données récoltées constituent une ressource sans précédent pour l'étude et la compréhension des océans. Ces travaux font l'objet de cinq articles publiés dans un numéro spécial de la revue *Science* le 22 mai 2015.

Nous vous proposons de rencontrer les chercheurs impliqués dans ces travaux à l'occasion d'une conférence de presse qui aura lieu le 21 mai 2015 à 9h au siège du CNRS. Ils vous présenteront les travaux publiés dans les cinq articles ainsi qu'une vue d'ensemble sur ces premiers résultats de l'expédition *Tara Oceans*.

**Sous embargo jusqu'au jeudi 21 mai à 20h, heure française**

Avec les interventions de :

- > **Romain Troublé**, secrétaire général de Tara Expéditions
- > **Eric Karsenti**, directeur de recherche CNRS détaché à l'EMBL et co-directeur de *Tara Oceans*
- > **Chris Bowler**, directeur de recherche CNRS à l'Institut de biologie de l'École normale supérieure (CNRS/ENS/Inserm)
- > **Patrick Wincker**, directeur de recherche CEA au Genoscope (CNRS/CEA/Université d'Evry-Val-d'Essonne)
- > **Colomban de Vargas**, directeur de recherche CNRS au laboratoire Adaptation et diversité en milieu marin (CNRS/UPMC)
- > **Samuel Chaffron**, chercheur à l'Institut de recherche belge VIB (Vlaams Instituut voor Biotechnologie)
- > **Daniele Iudicone**, chercheur à la Station zoologique Anton Dohrn (Stazione Zoologica Anton Dohrn - Napoli)

D'autres chercheurs et membres de l'équipe de *Tara Oceans* seront également présents pour répondre aux questions en fin de conférence : Shinichi Sunagawa (EMBL), Gipsi Lima-Mendez (VIB), Emilie Villar (CNRS) et Stefanie Kandels-Lewis (EMBL).

Infos et inscriptions auprès de Lucie Debroux ([lucie.debroux@cnrs-dir.fr](mailto:lucie.debroux@cnrs-dir.fr)) et Eloïse Fontaine ([eloise@taraexpeditions.org](mailto:eloise@taraexpeditions.org))

Si vous souhaitez participer à cette conférence de presse, merci de confirmer votre présence d'ici le 19 mai.

**Attention !** Dans le cadre du Plan Vigipirate Alerte Attentat en Ile-de-France, une pièce d'identité (CNI, passeport ou permis de conduire) vous sera demandée à l'entrée du CNRS. **Les cartes de presse ne seront pas acceptées comme pièce d'identité.**

### Contacts presse

CNRS : Lucie Debroux

T 01 44 96 43 09 / [lucie.debroux@cnrs-dir.fr](mailto:lucie.debroux@cnrs-dir.fr)

*Tara Oceans* : Eloïse Fontaine

T 01 42 01 38 57 / [eloise@taraexpeditions.org](mailto:eloise@taraexpeditions.org)



EMBL



TARA  
OCEANS

18 mai 2015

**Communiqué de presse**

**Sous embargo jusqu'au jeudi 21 mai 2015 à 20h, heure française**

## Premiers résultats scientifiques de l'expédition *Tara Oceans*

### Plancton : la nouvelle frontière

Dans un numéro spécial de la revue *Science* publié le 22 mai, une équipe de chercheurs, internationale et multidisciplinaire, cartographie la biodiversité d'un large éventail d'organismes planctoniques marins, explore leurs interactions, notamment le parasitisme, ainsi que la façon dont ils agissent sur leur environnement et sont affectés par différentes variables, en particulier la température. Issues d'une partie des 35 000 échantillons collectés dans les océans de la planète durant l'expédition *Tara Oceans* (2009-2013), ces données constituent des ressources sans précédent pour la communauté scientifique, dont un catalogue de plusieurs millions de nouveaux gènes, qui vont transformer la façon dont on étudie les océans et dont on évalue le changement climatique.

Si les grands écosystèmes vitaux pour notre planète évoquent plutôt les forêts tropicales, le plancton des océans est tout aussi crucial. Ces êtres microscopiques qui dérivent dans les océans produisent la moitié de notre oxygène, agissent comme un puits de carbone, influencent et sont influencés par le climat et sont à la base des chaînes alimentaires océaniques qui nourrissent les poissons et les mammifères marins.

« Au-delà des recherches scientifiques de pointe qui ont été développées grâce à la collaboration avec Tara Expéditions, cette aventure sert aussi à montrer à quel point les océans sont importants pour notre propre bien-être » souligne Eric Karsenti, directeur de *Tara Oceans* et directeur de recherche à l'EMBL et au CNRS.

#### Qu'y a-t-il dans le plancton ?

Les chercheurs ont collecté des virus, microbes et eucaryotes<sup>1</sup> microscopiques (des algues unicellulaires aux larves de poissons) dans toutes les grandes régions océaniques et ont rassemblé l'ensemble de leur matériel génétique dans une base de données exhaustive désormais disponible à l'ensemble de la communauté scientifique.

« Il s'agit du plus grand travail de séquençage jamais effectué pour des organismes marins : les analyses ont révélé environ 40 millions de gènes microbiens dont la grande majorité sont nouveaux, ce qui suggère que la biodiversité planctonique pourrait être bien plus importante que ce que l'on imaginait » explique Patrick Wincker du Genoscope (CEA).

Les compétences de l'EMBL en matière de calcul intensif ont permis de créer ce catalogue global dont on estime qu'il rassemble le matériel génétique de plus de 35 000 espèces de bactéries planctoniques différentes, matériel pour la plupart inconnu jusqu'à présent.

« Pour les eucaryotes, nous avons séquencé près d'un milliard de codes-barres génétiques et découvert qu'il existe une plus grande variété d'eucaryotes unicellulaires - ou protistes - dans le plancton qu'attendu » détaille Colomban de Vargas, directeur de recherche au CNRS. « Les protistes sont bien plus diversifiés que les bactéries ou les animaux et la plupart appartiennent à des groupes très peu connus de parasites, de symbiontes, et de prédateurs en tout genre ».

#### Comment interagissent les organismes planctoniques ?

Grâce à de nouveaux modèles informatiques, les chercheurs ont pu prédire comment ces organismes planctoniques très divers interagissent. Ces prédictions ont ensuite été confirmées par des observations en microscopie de certains échantillons prélevés au cours de l'expédition.

<sup>1</sup> L'ensemble des organismes, uni- ou multicellulaires, dont le matériel génétique est compris dans un noyau (contrairement aux bactéries et archées).



EMBL



TARA  
OCEANS

« Lorsque nous avons cartographié les interactions entre ces microorganismes – des virus aux petites larves d'animaux –, nous avons découvert que la plupart d'entre elles sont de type parasitique et permettent donc de recycler les nutriments vers la base de la chaîne alimentaire » explique Jeroen Raes du VIB (Vlaams Instituut voor Biotechnologie), de l'université KU Leuven et de Vrije Universiteit Brussel. Cette carte constitue un premier pas vers une meilleure compréhension de la dynamique et de la structure de l'écosystème marin dans sa globalité.

### Quelle est la répartition des organismes planctoniques dans les océans ?

En plus des interactions biotiques, les chercheurs ont étudié de quelle manière des facteurs environnementaux tels que la température, le pH et les nutriments (entre autres) influencent le plancton. « Nous avons observé, qu'aux profondeurs où pénètre la lumière du soleil, la température est le principal facteur influençant la composition des communautés de procaryotes (bactéries et archées) » précise Peer Bork de l'EMBL. « Des groupes d'organismes différents se forment en fonction de la température de l'eau ».

Les chercheurs ont également montré que les « Anneaux des Aiguilles », une barrière naturelle qui tracent une ligne de démarcation entre l'Océan Indien et l'Atlantique Sud, séparent les communautés planctoniques situées de part et d'autre. « C'est comme si le plancton subissait un 'lavage à froid' à la pointe de l'Afrique de Sud » développe Daniele Iudicone de la station zoologique Anton Dohrn à Naples (SZN). « Le courant forme d'énormes tourbillons qui mélangent et refroidissent considérablement le plancton piégé à l'intérieur et ce phénomène limite le nombre d'espèces qui réussissent à traverser ».

« Nous avons aussi obtenu une image globale des communautés de virus marins qui nous permet de confirmer une idée émise il y a une dizaine d'années mais jamais prouvée » explique Matthew Sullivan de l'université d'Arizona. « Les virus sont produits dans des 'banques de graines' locales puis sont dispersés par les courants océaniques, ce qui explique que l'on observe différents cocktails de virus dans différents endroits alors même que la diversité globale des virus dans l'océan semble assez limitée ».

Comprendre la distribution de ces organismes dans les océans ainsi que leurs interactions sera très utile pour la calibration des modèles prédictifs nécessaires à l'étude des changements globaux.

### Le plancton est-il affecté par le changement climatique ?

La particularité de l'approche écosystémique développée par Tara Oceans est d'avoir échantillonné de façon systématique les océans de la planète, ce pour tous les grands groupes du vivant, des virus aux animaux, et d'y avoir joint des relevés pour de nombreuses variables environnementales. Les données obtenues constituent des points de référence qui permettront d'évaluer, à grande échelle, l'impact du changement climatique sur les écosystèmes océaniques dans le futur.

« Le résultat montrant que la température détermine quelles espèces sont présentes est particulièrement pertinent dans le contexte du changement climatique mais, dans une certaine mesure, ce n'est que le début » souligne Chris Bowler, directeur de recherche au CNRS. « Les ressources que nous avons générées vont nous permettre de plonger encore plus profondément dans l'univers planctonique et de commencer à vraiment comprendre les rouages de ce monde invisible ».

### Références

**Eukaryotic plankton diversity in the sunlit ocean** ; De Vargas, Audic, Henry, et al. DOI: 10.1126/science.1261605

**Structure and function of the global ocean microbiome** ; Sunagawa, Coelho, Chaffron, et al. DOI: 10.1126/science.1261359

**Patterns and ecological drivers of ocean viral communities** ; Brum, Ignacio-Espinosa, Roux et al. DOI: 10.1126/science.1261498

**Determinants of community structure in the global plankton interactome** ; Lima-Mendez, Faust, Henry et al. DOI: 10.1126/science.1262073

**Environmental characteristics of Agulhas rings affect inter-ocean plankton transport** ; Villar, Farrant, Follows et al. DOI: 10.1126/science.1261447

### Contacts presse

Tara Expéditions - Eloïse Fontaine - [eloise@taraexpeditions.org](mailto:eloise@taraexpeditions.org) / 01 42 01 38 57

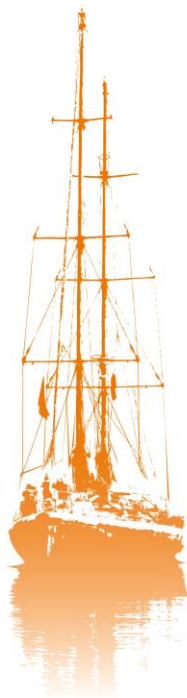
CNRS - Lucie Debroux - [lucie.debroux@cnrs-dir.fr](mailto:lucie.debroux@cnrs-dir.fr) / 01 44 96 43 09

CEA - Tuline Laeser - [tuline.laeser@cea.fr](mailto:tuline.laeser@cea.fr) / 01 64 50 20 97

EMBL - Isabelle Kling - [isabelle.kling@embl.de](mailto:isabelle.kling@embl.de) / +49 6221 387 8355



# TARA OCEANS



## INSTITUTIONS



## LABORATORIES



## MAIN PARTNERS & SPONSORS





EMBL



TARA  
OCEANS

## Les intervenants



**Romain Troublé** est en charge de la direction opérationnelle de Tara Expéditions depuis 2004 et est aujourd'hui secrétaire général du Fonds de dotation Tara qu'il dirige avec Etienne Bourgois. Il a reçu une double formation avec un DEA en biologie moléculaire et un Master à HEC-Telecom Paris. Il a également été régatier professionnel au plus haut niveau avec, notamment, deux participations à la Coupe de l'America pour les défis français en 2000 et 2003 à Auckland. De 2003 à 2006, il a travaillé pour la société Cerpolex, avec Bernard Buigues, spécialisé en logistique polaire en Arctique, Antarctique et en Sibérie pour des expéditions sportives ou scientifiques.

**Contact :** [romain@taraexpeditions.org](mailto:romain@taraexpeditions.org) - 06 60 68 97 12



**Eric Karsenti** est directeur de recherche au CNRS détaché à l'EMBL et directeur de *Tara Oceans*. Après une thèse à l'Institut Pasteur et un post-doc de trois ans à San Francisco (UCSF), il a pris la direction d'un groupe au Laboratoire européen de biologie moléculaire (EMBL) à Heidelberg. L'aventure *Tara Oceans* lui a permis de changer d'échelle - de la recherche sur l'organisation des cellules à l'étude de la vie océanique - et de s'intéresser au rôle clef de la vie microscopique des océans.

**Contact :** [karsenti@embl.de](mailto:karsenti@embl.de) - 06 23 06 83 97



**Chris Bowler** est directeur de recherche CNRS à l'Institut de biologie de l'École normale supérieure (IBENS, CNRS/ENS/Inserm). Il y dirige depuis 2010 la section d'Écologie et biologie de l'évolution. Depuis 2009, il est l'un des coordinateurs scientifiques de *Tara Oceans* et l'un des directeurs scientifiques de *Tara Oceans Polar Circle*. Chris Bowler est un expert de la biologie des plantes et des algues. Il a décortiqué les génomes des diatomées, un des constituants majeurs du plancton, qui jouent un rôle primordial dans les écosystèmes marins. Dans le cadre de l'expédition *Tara Oceans*, Chris Bowler s'est intéressé à la répartition et au rôle des diatomées dans les océans pour mieux comprendre les réactions de ces organismes unicellulaires photosynthétiques face aux changements climatiques.

**Contact :** [cbowler@biologie.ens.fr](mailto:cbowler@biologie.ens.fr) - 01 44 32 35 25 / 06 10 53 71 73



**Patrick Wincker** est directeur du Genoscope – Centre national de séquençage, à l'Institut de génomique du CEA. Depuis 2009, il est l'un des coordinateurs scientifiques de *Tara Oceans*. Il dirige les activités de la plateforme nationale de séquençage de l'ADN, incluant la détermination et le traitement informatique de très grandes quantités de données, ainsi que la veille et le développement technologique dans ce domaine. Ses travaux de recherche portent sur la génomique comparative des eucaryotes, en particulier des plantes et des organismes unicellulaires. Dans le cadre de l'expédition *Tara Oceans*, il a coordonné l'ensemble des activités de séquençage des communautés planctoniques. Il s'intéresse dans ce cadre à l'évolution du contenu en gènes des espèces du plancton, en particulier à l'apparition de la nouveauté génique.

**Contact :** [pwincker@genoscope.cns.fr](mailto:pwincker@genoscope.cns.fr) - 01 60 87 25 66



EMBL



TARA  
OCEANS



**Colomban de Vargas** est directeur de recherche CNRS au laboratoire Adaptation et Diversité en milieu marin (CNRS/UPMC) basé à la station biologique de Roscoff. Il y dirige l'équipe EPEP - Evolution des protistes et des écosystèmes pélagiques. Ses travaux de recherche portent sur la diversité de la vie planctonique, son évolution et son impact sur le système Terre et il a coordonné plusieurs programmes de recherche sur l'écologie et la paléécologie du plancton marin. Depuis 2008 il coordonne les volets « biodiversité » et « protistes » de *Tara Oceans*, et explore les réseaux d'interactions et la dynamique des écosystèmes planctoniques modernes. Il coordonnera également jusqu'en 2020 le programme OCEANOMICS dont l'objectif est de produire, d'analyser et de transférer à la société les bases de données écologiques, morphologiques et génétiques collectées au cours de *Tara Oceans*.

**Contact :** [vargas@sb-roscoff.fr](mailto:vargas@sb-roscoff.fr) / [c2vargas@gmail.com](mailto:c2vargas@gmail.com) - 02 98 29 25 28 / 06 47 39 24 04



**Samuel Chaffron** est chercheur dans le groupe du Prof. Jeroen Raes à l'Université KUL de Louvain et à l'Institut de recherche belge VIB (Vlaams Instituut voor Biotechnologie) depuis 2012. Après des études en microbiologie, biologie moléculaire et bio-informatique, il effectue un doctorat en biologie des systèmes environnementaux à l'université de Zurich, où il conduit la première étude globale de coexistence entre bactéries échantillonnées à l'échelle de la planète. Ses travaux de recherche se concentrent notamment sur la structure et les fonctions du microbiome marin ainsi que sur l'influence du microbiome intestinal sur la santé.

**Contact :** [samuel.chaffron@vib-kuleuven.be](mailto:samuel.chaffron@vib-kuleuven.be) - 0032 163 725 41 / 0032 486 49 68 87



**Daniele Iudicone** est chercheur dans le département Écologie marine intégrative (Integrative Marine Ecology Department) de la Station zoologique Anton Dohrn (Stazione Zoologica Anton Dohrn - Napoli). Il a obtenu son doctorat en océanographie physique à l'Institut universitaire européen de la mer. Il conduit des études sur le rôle du forçage physique (mélange et circulation) sur la dynamique des écosystèmes marins et sur les cycles biogéochimiques à l'échelle globale. Dans le cadre de l'expédition *Tara Oceans*, il a coordonné l'océanographie opérationnelle et mené une série d'études pluridisciplinaires.

**Contact :** [iudicone@szn.it](mailto:iudicone@szn.it) - 0039 081 58 33 23



EMBL



TARA  
OCEANS

## Les autres chercheurs et membres de *Tara Oceans* présents

**Stefanie Kandels-Lewis** - Coordinatrice du projet *Tara Oceans* (EMBL)

[kandels@embl.de](mailto:kandels@embl.de) - +49 6221 387 323

**Gipsi Lima-Mendez** - Chercheuse au VIB

1<sup>er</sup> auteur de l'article « Determinants of community structure in the global plankton interactome »

[gipsi.lima@vub.ac.be](mailto:gipsi.lima@vub.ac.be) - 00321 637 2222

**Shinichi Sunagawa** - Chercheur à l'EMBL

1<sup>er</sup> auteur de l'article « Structure and function of the global ocean microbiome »

[sunagawa@embl.de](mailto:sunagawa@embl.de) - +49 6221 387 84 56

**Petra Ten Hoopen** – Gestionnaire des bases de données scientifiques à l'EMBL-EBI

[petra@ebi.ac.uk](mailto:petra@ebi.ac.uk) - + 44 (0) 1223 492 565

**Emilie Villar** - Chercheuse au laboratoire IGS (CNRS/AMU)

1<sup>er</sup> auteur de l'article « Environmental characteristics of Agulhas rings affect inter-ocean plankton transport »

[emilie.villar@igs.cnrs-mrs.fr](mailto:emilie.villar@igs.cnrs-mrs.fr) - 06 28 45 36 79





EMBL



TARA  
OCEANS

### *Eukaryotic plankton diversity in the sunlit ocean*

C. de Vargas, S. Audic, N. Henry et al., *Science*, 22 mai 2015

### **La découverte de plus de 100 000 types de protistes dans le plancton mondial enrichit notre compréhension des écosystèmes marins**

Après trois ans de navigation et d'étude des zones baignées de lumière des océans planétaires, les chercheurs du consortium *Tara Oceans* dévoilent une diversité insoupçonnée chez les organismes unicellulaires eucaryotes aussi appelés protistes. Le séquençage de près d'un milliard de codes-barres génétiques a montré que les protistes sont largement plus diversifiés que les bactéries ou les animaux, et que la plupart d'entre eux appartiennent à des groupes peu connus de parasites, de symbiotes, et de prédateurs en tout genre. Ces résultats changent radicalement notre vision de la diversité biologique et fonctionnelle du plancton mondial, écosystème-clef pour le fonctionnement de notre biosphère.

Le plancton océanique représente le plus grand écosystème planétaire, qui a généré l'oxygène de l'atmosphère bien avant l'apparition des plantes terrestres, qui aujourd'hui encore produit autant d'oxygène que l'ensemble des forêts, et participe aux grands cycles biogéochimiques et donc à l'équilibre climatique. Dans cette étude, les chercheurs ont déchiffré et analysé près d'1 milliard de séquences d'ADN ribosomique, issues de 334 sites d'échantillonnage, qui correspondent à des marqueurs de la biodiversité des eucaryotes<sup>1</sup>, des plus petits organismes unicellulaires (<1 micron) aux animaux planctoniques des quelques millimètres.

La grande quantité de code-barres génétiques générés a tout d'abord permis de caractériser la quasi-totalité des espèces eucaryotes du plancton de la zone photique<sup>2</sup>, approchant la saturation de la biodiversité<sup>3</sup> à la fois globale, et localement dans chacune des 334 communautés analysées. Les chercheurs ont ainsi mis en évidence autour de 150,000 types génétiques<sup>4</sup> de plancton eucaryote, ce qui représente une diversité insoupçonnée par rapport aux environ 11,000 espèces décrites jusqu'à présent. La grande majorité des types génétiques répertoriés n'a pas de référent proche dans les bases de données génétiques actuelles, démontrant que ces organismes sont pour la plupart non-répertoriés et incultivables. Un tiers de la diversité génétique n'a même pu être associé à aucunes des grandes lignées eucaryotiques reconnues aujourd'hui.

Parmi les types génétiques pouvant être classés dans l'arbre de la vie eucaryote, la plupart correspondent à des organismes unicellulaires ou protistes, avec une diversité phénoménale de parasites, d'espèces symbiotiques, et de prédateurs en tout genre. Les organismes photosynthétiques, qui transforment l'énergie solaire en matière vivante, sont, quant à eux, bien moins diversifiés, plus petits, et représenteraient une biomasse largement plus faible. Les groupes les plus diversifiés et abondants correspondent à des lignées d'organismes qui sont en interaction (du parasitisme au mutualisme) et forment ensemble des super-organismes et des écosystèmes complexes basés sur les multiples relations entre espèces plutôt que sur la compétition pour les ressources et l'espace.

Maintenant que la base biologique et écologique du plancton photique marin est établie, il va falloir comprendre comment ce grand corps planctonique, qui déploie la totalité des lignées de l'arbre de la vie dans chaque litre d'eau de mer à l'échelle planétaire, se réorganise en fonction des paramètres physiques et chimiques de l'eau, et s'acclimatent et s'adaptent aux changements climatiques. Les réponses à ces questions sont essentielles pour prédire les transformations à venir de la productivité des océans, et les effets des changements du plancton sur les grands équilibres biogéoclimatiques de notre biosphère.

<sup>1</sup> L'ensemble des organismes, uni- ou multicellulaires, dont le matériel génétique est compris dans un noyau (contrairement aux bactéries et archées).

<sup>2</sup> La couche océanique baignée de lumière, entre la surface et quelques dizaines de mètres de profondeur, au maximum  $\pm 200$ m au centre des grands bassins océaniques.

<sup>3</sup> C'est à dire que nous trouvons de moins en moins de codes-barres nouveaux car ils ont déjà été séquencés précédemment.

<sup>4</sup> Chacun de ces types génétiques peut contenir plusieurs espèces biologiques. Le nombre d'espèces eucaryotes planctoniques pourrait donc bien dépasser le million.



EMBL



TARA  
OCEANS

### *Structure and function of the global ocean microbiome*

S. Sunagawa, L.P. Coelho, S. Chaffron, et al., *Science*, 22 mai 2015.

### Structure et fonction du microbiome océanique

Les virus et les microorganismes (<3 micromètres) dominent numériquement les écosystèmes planctoniques marins avec 10 à 100 milliards de cellules dans chaque millilitre d'eau de mer. Leur rôle majeur dans les grands processus biogéochimiques est bien connu et il est donc important de cataloguer leur diversité biologique et fonctionnelle et comprendre comment ils sont affectés par leur environnement. Dans ces travaux, ces questions ont été abordées pour la première fois à l'échelle planétaire grâce à la métagénomique, c'est-à-dire au séquençage massif du matériel génétique issu de communautés entières de microorganismes. Les communautés de microorganismes de taille variées et vivant à différentes profondeurs ont été prélevés dans l'ensemble des océans planétaires et des relevés de plusieurs paramètres physicochimiques de leur environnement ont été effectués en parallèle.

La quantité d'ADN séquencé correspond à environ deux millions de génomes bactériens, ou à peu près deux mille génomes humains. Le catalogue de gènes issu de ces travaux comprend 40 millions de gènes de virus, de procaryotes et de pico-eucaryotes marins, nouveau pour la plupart (>80%). Il permet de cartographier la diversité fonctionnelle de ces microorganismes océaniques et constitue une ressource fondamentale pour de nombreuses études scientifiques à venir.

Une première analyse a par exemple permis de dégager quels sont les paramètres environnementaux qui influencent la formation des communautés microbiennes dans la zone baignée de lumière des océans et d'identifier la température comme un des facteurs les plus importants. Ces résultats impliquent que le réchauffement climatique pourrait avoir un fort impact sur ces communautés microbiennes, invisibles à l'œil nu, dont l'activité photosynthétique est à la base des chaînes alimentaires marines.

Par ailleurs, une comparaison entre les familles de gènes qui sont au cœur du fonctionnement des communautés microbiennes océaniques et celles présentes dans le système digestif humain a montré que plus de la moitié sont partagées, indiquant des principes communs de la vie microbienne dans ces deux écosystèmes très distincts.

Ce nouveau catalogue de gènes microbiens marins planétaires représente un outil indispensable pour mieux comprendre la biodiversité des microbes du plancton et de leurs fonctions, et ce plus particulièrement dans le contexte du changement climatique.



EMBL



TARA  
OCEANS

### *Patterns and ecological drivers of ocean viral communities*

J.R. Brum, J.C. Ignacio-Espinosa, S. Roux et al., *Science*, 22 mai 2015.

#### Structure globale des communautés virales océaniques

Les virus ont un impact majeur sur le fonctionnement des écosystèmes, notamment en agissant sur les organismes les plus nombreux sur la planète, les microbes. Ils modulent la taille des populations microbiennes, agissent sur leur diversité et affectent le métabolisme des microorganismes ainsi que les flux de gènes. Dans cette étude, les chercheurs ont établi la première base de données globale et quantitative sur les communautés de virus du plancton marin. Ces données, génomiques et morphologiques, sont issues de 43 échantillons récoltés durant l'expédition *Tara Oceans* dans les couches supérieures des océans.

L'analyse des séquences ADN codant pour les protéines virales suggère que la biodiversité des virus pélagique est bien représentée dans la base de données établie : l'ensemble des séquences possibles a été bien échantillonné et on approche la saturation. Par ailleurs, les populations virales les plus abondantes dans les échantillons, et dont la répartition est la plus large, n'existent pas en culture, ce qui suggère que la majorité des virus des couches supérieures des océans restent encore à caractériser.

L'analyse, à l'échelle globale, de multiples paramètres permettant de décrire les communautés virales marines (richesse génétique, composition des populations, morphologie des organismes) a révélé une structuration biogéographique de ces communautés. Ce résultat renforce l'hypothèse 'seed-bank' (banque de graines), émise il y a quelques années, selon laquelle les communautés virales sont passivement transportées par les courants océaniques à l'échelle des océans planétaires, et sont structurées localement par des facteurs environnementaux comme la température et la concentration en oxygène. Cette dynamique des communautés de type 'seed-bank' explique comment la diversité locale élevée, observée dans les communautés virales, peut concorder avec une diversité globale limitée.

Les progrès en matière de méthodes expérimentales et d'analyse, couplés au large échantillonnage rendu possible par l'expédition *Tara Oceans*, permettent de fournir une image précise des communautés virales océaniques, de transformer l'écologie virale en une science quantitative et de modéliser le rôle d'entités nanoscopiques tels que les virus dans le fonctionnement des grands écosystèmes marins.



EMBL



TARA  
OCEANS

### *Determinants of community structure in the global plankton interactome*

G. Lima-Mendez, K. Faust, N. Henry et al., *Science*, 22 mai 2015.

### **Cartographie des interactions planctoniques : le rôle majeur des parasites**

Si la biodiversité des communautés microscopiques qui sont à la base de la vie marine commence à être bien répertoriée, la structure et la dynamique de ces communautés sont encore mal connues. Les microorganismes planctoniques interagissent de différentes façons (compétition, collaboration, prédation, symbiose, parasitisme) et forment de gigantesques chaînes alimentaires qui affectent des processus majeurs tels que la séquestration du carbone et la photosynthèse. Cependant la plupart de ces interactions étaient jusqu'à présent largement inconnues.

Dans cette étude, les chercheurs se sont intéressés à la cartographie des réseaux d'interactions entre espèces de plancton dans la zone photique, et à la façon dont la structure et la composition des communautés planctoniques sont façonnées par des facteurs biotiques (interactions entre espèces) et abiotiques (conditions environnementales et disponibilité en nutriments). Ils ont développé de nouveaux modèles permettant de prédire les interactions au sein des communautés planctoniques. Grâce à l'analyse des échantillons prélevés lors

de l'expédition avec des techniques de microscopie de pointe, ils ont ensuite confirmé que les interactions prédites par les modèles étaient bien réelles dans les communautés observées.

Les analyses dites de 'réseaux de co-abondances' montrent que les associations au sein du plancton ne sont pas distribuées de façon aléatoire et que les facteurs abiotiques ont des effets plus limités que prévu sur la structure des communautés. Ils soulignent le rôle des interactions biotiques (relation de type « top-down » où les ressources sont régulées par les consommateurs) dans la zone supérieure de l'océan et notamment du parasitisme. Les interactions parasitiques sont en effet les plus abondantes dans le réseau généré par ordinateur et ont également été observées de façon répétée dans les échantillons. La fréquence élevée du parasitisme chez les microorganismes océaniques constitue l'observation la plus importante de cette étude et semble indiquer que les parasites jouent un rôle majeur et largement sous-estimé dans l'écologie du plancton marin.

Cette première cartographie globale des interactions planctoniques constitue la matière première qui permettra de savoir comment les symbiotes, pathogènes, prédateurs et parasites interagissent avec leurs organismes cibles, d'élucider le fonctionnement des chaînes alimentaires et la circulation des flux de nutriments et d'énergie, pour à terme mieux comprendre et prédire la dynamique des écosystèmes océaniques.





EMBL



TARA  
OCEANS

### *Environmental characteristics of Agulhas rings affect inter-ocean plankton transport*

E. Villar, G. Farrant, M. Follows et al., *Science*, 22 mai 2015

#### « Lavage à froid » du plancton dans un goulot d'étranglement essentiel pour la circulation océanique globale

Les courants océaniques transportent en permanence d'énormes volumes d'eau salée qui redistribue la chaleur et le sel sur l'ensemble du globe et régule ainsi le climat de la Terre. Ces déplacements d'eau massifs influencent aussi la vie marine et plus particulièrement le plancton qui dérive dans les courants. Ils permettent de mélanger les microorganismes, favorisant leur biodiversité et contribuant ainsi au bon fonctionnement de la planète.

Un des courants les plus puissants est le courant des Aiguilles au Sud-Ouest de l'Océan Indien, dont le débit équivaut à peu près à 500 fois celui de l'Amazonie. A la pointe de l'Afrique du Sud, ce courant forme parfois de gigantesques tourbillons, atteignant jusqu'à 300 kilomètres de diamètre et tournant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Appelés 'Anneaux des Aiguilles', ces tourbillons dérivent lentement à travers l'Atlantique Sud en direction des côtes brésiliennes. Très stables, ces « derviches tourneurs marins », parfois nommés trous noirs océaniques, sont visibles depuis l'espace et tournent ainsi pendant plusieurs années. L'eau de l'Océan Indien piégée dans ces anneaux est ainsi transportée dans l'Atlantique et dans l'Océan Austral, permettant une connexion biologique entre les grands bassins océaniques.

Les scientifiques du consortium *Tara Oceans* ont comparé le plancton et les propriétés physiques des trois bassins océaniques qui convergent au niveau du goulot d'étranglement des Aiguilles. En utilisant les outils classiques de l'écologie marine, les communautés planctoniques des océans Indien et Atlantique apparaissent semblables et cela suggérerait que les Anneaux des Aiguilles ne constituent pas une barrière à la dispersion du plancton. Cependant grâce à des analyses génétiques permettant de regarder plus en détail à l'intérieur des cellules, les chercheurs ont découvert qu'au contraire la diversité planctonique change entre les deux océans. Ils se sont ensuite intéressés à ce qui se passe à l'intérieur des Anneaux des Aiguilles et ont observé que les conditions environnementales très rudes créées par les quarantièmes rugissants entraînent une modification importante du plancton durant son voyage entre l'Océan Indien et les côtes brésiliennes. L'écosystème dans son ensemble est altéré par des concentrations élevées en nitrate (l'engrais de l'océan) qui s'expliquent sans doute par le fort refroidissement et le mélange en profondeur qui se produit au niveau des Anneaux des Aiguilles et que les auteurs comparent à un cycle de « lavage à froid » du plancton.

Ces résultats fournissent la première description détaillée, sur la base de données génomiques, des communautés planctoniques au niveau des Anneaux des Aiguilles, un goulot d'étranglement clé pour la machinerie climatique de la planète et central dans les modèles visant à anticiper les changements globaux.



EMBL



TARA  
OCEANS

### Données supplémentaires :

En plus des articles scientifiques publiés dans le numéro spécial de *Science* du 22 mai 2015, des informations complémentaires sur la production et les analyses des données éco-morpho-génétiques issues des échantillons *Tara Oceans* sont disponibles sur le site web du programme OCEANOMICS<sup>5</sup> ainsi que sur une série de pages web présentant des analyses supplémentaires et donnant accès à l'ensemble des données et résultats publiés.

OCEANOMICS : <http://www.oceanomics.eu>

Eukaryotic plankton diversity in the sunlit ocean (de Vargas et al.)  
<http://taraoceans.sb-roscoff.fr/EukDiv>

Structure and function of the global ocean microbiome (Sunagawa et al.)  
<http://ocean-microbiome.embl.de/companion.html>

Determinants of community structure in the global plankton interactome (Lima-Mendez et al.)  
[http://psbweb07.psb.ugent.be/raeslab/companion/ocean\\_interactome/](http://psbweb07.psb.ugent.be/raeslab/companion/ocean_interactome/)

Environmental characteristics of Agulhas rings affect inter-ocean plankton transport (E. Villar et al.)  
[http://www.igs.cnrs-mrs.fr/Tara\\_Agulhas/](http://www.igs.cnrs-mrs.fr/Tara_Agulhas/)

---

<sup>5</sup> Programme des Investissements d'Avenir du gouvernement français, section 'Bioressources-Biotechnologies', qui a financé la majeure partie de la production et de l'organisation des données éco-morpho-génétiques issues des échantillons *Tara Océans*.



EMBL



TARA  
OCEANS

## Tara Oceans en chiffres

Septembre 2009 – Décembre 2013

1140 jours d'expédition  
60 escales  
35 pays visités  
250 personnes de 40 nationalités différentes embarquées  
(160 scientifiques, 90 marins, artistes ou journalistes)  
60 mécènes et partenaires

### Navigation

140 000 kilomètres  
5 capitaines : Hervé Bourmaud, Olivier Marien, Loïc Vallette, Samuel Audrain et Martin Hertau  
Position atteinte la plus au Nord : l'archipel François Joseph (Russie) - N 080° 48' - E 047° 41'

### Science

20 coordinateurs scientifiques et 140 collaborateurs  
23 laboratoires et instituts scientifiques de 10 pays  
200 stations de prélèvements d'échantillons jusqu'à 1000 mètres de profondeur  
23 appareils scientifiques  
35 000 échantillons de plancton et d'eaux collectés et conditionnés

### Education / Communication / Arts

20 000 élèves ont suivi l'aventure de Tara via Tara Junior  
150 000 fiches pédagogiques ont été téléchargées sur [www.tarajunior.org](http://www.tarajunior.org)  
10 000 enfants ont visité le bateau pendant les escales  
5 000 photos et vidéos mises en ligne sur [www.taraexpeditions.org](http://www.taraexpeditions.org)  
3 livres publiés  
4 journaux Tara Expéditions publiés en français et anglais  
5 films documentaires diffusés sur France 5 et Planète Thalassa  
1 DVD réalisé (FR / ENG)  
2 000 articles dans la presse nationale  
Suivi de l'expédition pendant 9 mois sur France 3 dans Thalassa  
10 artistes en résidence



EMBL



TARA  
OCEANS

## Tara Expéditions, un engagement pour l'Océan

Tara Expéditions agit depuis 2003 pour comprendre l'impact des changements climatiques et de la crise écologique sur nos océans avec la mythique goélette Tara. Ce projet est né de la passion de l'Océan, d'une vision humaniste, originale et engagée de ses créateurs, agnès b et Etienne Bourgois. Il est dirigé par Romain Troublé.

Les missions de Tara Expéditions se déclinent en trois programmes : Océan et Homme, Océan et Biodiversité, Océan et Climat. Ainsi depuis 10 ans, Tara n'a cessé de travailler. La goélette a parcouru 300 000 kilomètres sur tous les océans et réalisé 10 expéditions dont les trois grandes dernières missions de recherche Tara Arctic (2006-2008), Tara Oceans (2009-2013) et Tara Méditerranée (2014) consacrées au climat, à la biodiversité et à la pollution marine. Ces expéditions scientifiques sont menées en collaboration avec des laboratoires et institutions scientifiques internationaux de renom.

Tara Expéditions agit aussi concrètement pour renforcer la conscience environnementale du grand public et des jeunes, notamment à travers le dispositif

Tara Junior. Enfin, Tara Expéditions développe un plaidoyer afin de mobiliser la société et inciter les décideurs à avancer concrètement vers les solutions dont nous tous avons besoin pour la planète.

En 2015 notamment, Tara souhaite mettre en évidence les relations entre l'Océan et le Climat avant, pendant et après la Conférence Climat de Paris en décembre prochain. Pour cela, Tara Expéditions est membre et consacre beaucoup d'énergie à la Plateforme Océan et Climat qui réunit près d'une quarantaine d'organismes scientifiques, d'universités, d'organisations à but non lucratif, de fondations, de centres de science, d'établissements publics et d'associations d'entreprises avec l'appui de l'UNESCO. Cette plateforme a vraiment pour but d'inscrire l'océan au cœur des négociations sur le climat. Le point d'orgue de cette année 2015 sera la venue de Tara à Paris durant les mois de novembre et décembre.

Entre 2016 et 2018, Tara entreprendra une expédition sur les récifs coralliens qui se fera en collaboration avec des laboratoires asiatiques. La zone de recherche s'étendra de la Colombie, à l'Indonésie, via la Polynésie, le Japon, la Nouvelle Calédonie, la Papouasie, Palau, et Taiwan.

Et enfin une prochaine mission en Arctique à forte ambition est prévue pour l'année 2019. Ce sera un retour dans le monde polaire pour la goélette qui a été conçue pour cela il y a 25 ans. Alors même que l'équipe travaille en ce moment au projet d'un nouveau concept de base polaire et d'un nouveau bateau.

[www.taraexpeditions.org](http://www.taraexpeditions.org)





EMBL



TARA  
OCEANS

## Ressources iconographiques et vidéos

De nombreuses images de l'expédition *Tara Oceans* (dont les photos ci-dessous ainsi que l'infographie et la carte situées à la fin du dossier de presse) et des vidéos sont disponibles sur :

[www.cloud.taraexpeditions.org](http://www.cloud.taraexpeditions.org)

Identifiant : Taracloud

Mot de passe : bKicbli4QOtGz8V4YIPH

Vous pouvez également retrouver une série de photos de plancton dans la photothèque du CNRS :

<http://bit.ly/1ySmveF>

Ces images sont libres de droit. Les légendes et crédits associés sont précisés.



© Tara Expéditions

L'appareil qui est mis à l'eau contient dix bouteilles de prélèvement qui permettent de collecter de l'eau à différentes profondeurs. Il contient également des instruments qui mesurent différents paramètres (pression, température, concentration en nitrogène et oxygène...)



© M. Ormestad/Kahikai/Tara Oceans

Un amphipode hyperiidé du genre *Phronima*. Ce crustacé parasitoïde mange des salpes (autres organismes planctoniques) et utilise leur enveloppe gélatineuse comme une coquille protectrice.



© John Dolan/CNRS/Tara Expéditions

Microplancton antarctique. Un plancton tintinnide (*Cymatocylis convallaria*), un dinoflagellé hétérotrophe (*Proto-peridinium*) et une diatomée collectés sur la station 84 de *Tara Oceans*.



© V. Hilaire/Tara Expéditions

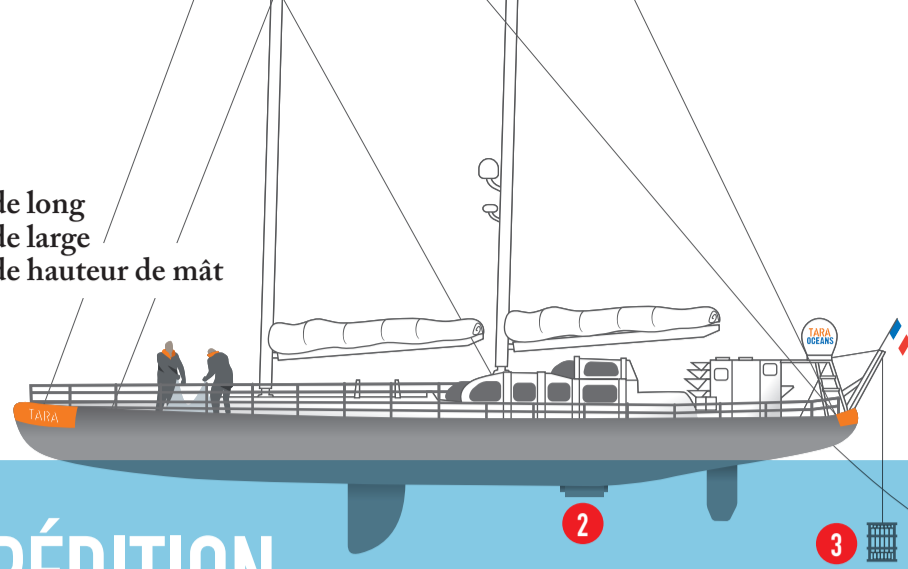


© S. Bollet/Tara Expéditions

Sept types de filets différents ont été déployés au cours de l'expédition. Les tailles des mailles allant de 5 à 690 micromètres et le remorquage se faisant à l'horizontal ou à la vertical, entre la surface et 1000 mètres de profondeur.



**TARA**  
36 mètres de long  
10 mètres de large  
27 mètres de hauteur de mât  
137 tonnes



septembre 2009 - décembre 2013  
60 ESCALES, 35 PAYS  
140 000 KILOMÈTRES AUTOUR DE LA TERRE

# L'EXPÉDITION TARA Océans 2009-2013

RENOUANT AVEC LA TRADITION DES GRANDES EXPÉDITIONS DU XIX<sup>e</sup> SIÈCLE, TARA A VOGUÉ TROIS ANS ET DEMI POUR UNE PREMIÈRE: LA COLLECTE ET L'ÉTUDE DU PLANCTON MARIN DANS SA GLOBALITÉ, DEPUIS LES VIRUS ET BACTÉRIES JUSQU'ÀUX LARVES DE POISSONS ET AUX MÉDUSES.

## POURQUOI CETTE EXPÉDITION ?

**OXYGÈNE** ↑  
↓ **CARBONE**

**LES Océans** sont un des poumons de la planète. Le plancton y produit la moitié de l'oxygène que nous respirons et absorbe le CO<sub>2</sub>. Affecté par les pollutions, la surpêche et l'élévation des températures, le plancton continuera-t-il d'absorber aussi efficacement le carbone et de réguler le climat ?

**LE PLANCTON** désigne tous les organismes qui dérivent avec les courants. Ces organismes microscopiques sont à la base de la chaîne alimentaire, ils sont la clé de la survie des poissons, des mammifères marins et donc de milliards d'êtres humains. Ils réagissent vite aux changements climatiques et à l'acidification des océans. Il faut comprendre cet écosystème complexe et dynamique et son rôle dans les équilibres planétaires.

**LES Récifs coralliens** sont des lieux privilégiés pour la biodiversité aquatique, mais ils souffrent du changement climatique, des pollutions marines et des pêches excessives. Tara était une plateforme idéale pour explorer 5 sites coralliens peu étudiés: Djibouti, Saint-Brandon, Mayotte, les îles Gambier et les îles Kiribati.

## UN CONCENTRÉ DE HAUTE TECHNOLOGIE

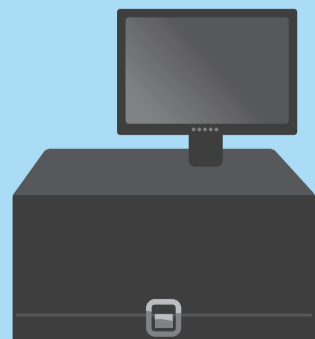
Sur Tara a été aménagé un lieu unique d'imagerie microscopique: le laboratoire sec. Les chercheurs y caractérisent les organismes prélevés, leur diversité fonctionnelle et leur complexité.

### L'UNDERWATER VISION PROFILER

observe le plancton pendant la collecte.

### LE FLOWCAM ▶

fait défiler des organismes à grande vitesse dans le faisceau d'un laser, en les comptant et en les caractérisant.



## 3 MÉTHODES DE COLLECTE ET D'OBSERVATIONS, PLUS DE 35 000 PRÉLÈVEMENTS

### 1 LES FILETS

Le Tara a déployé 7 types de filets avec des mailles de 5 à 690 microns, s'immergeant depuis la surface jusqu'à 1 000 mètres de profondeur. L'un d'entre eux, le Manta, est dédié spécialement aux plastiques de surface.

### 2 LA POMPE PÉRISTALTIQUE

De 10 à 120 mètres de profondeur, elle pompe l'eau, qui est ensuite filtrée dans des tamis et des filtres de plus en plus petits, afin de séparer toutes sortes d'organismes par taille.

### 3 LA ROSETTE CTD ET L'UVP

Cet ensemble de 10 bouteilles Niskin caractérise les masses d'eau: pression, température, conductivité, azote, oxygène, fluorescence... Ses bouteilles sont programmées pour s'ouvrir et recueillir de l'eau à différentes profondeurs. L'UVP (Underwater Vision Profiler) déployé jusqu'à 2 000 mètres permettait, en outre, de collecter une vingtaine de paramètres physicochimiques et de filmer les particules et organismes.

## LES PROTISTES, DONT LE PHYTOPLANCTON

**1 À 100 MILLIONS DANS UN LITRE D'EAU DE MER**  
La biodiversité principale des océans consiste en une multitude d'espèces d'êtres unicellulaires possédant un noyau: les protistes. Certains d'entre eux (diatomées, dinoflagellés...) sont photosynthétiques. Ils constituent - avec les cyanobactéries - le phytoplancton et sont la base de la chaîne alimentaire. Le phytoplancton produit la moitié de l'oxygène sur la planète et absorbe la moitié du carbone atmosphérique, constituant ainsi un régulateur majeur du climat.

POUR ÉCHANTILLONNER LES VIRUS: 10 LITRES D'EAU DE MER À FILTRER

## LE PARCOURS DES ÉCHANTILLONS

### ESCALES

Toutes les 6-8 semaines, les escales sont l'occasion d'envoyer aux laboratoires les prélèvements conservés dans de l'azote liquide, de l'alcool et des fixateurs.

## LARVES DE POISSON

1 MILLION DE LITRES D'EAU DE MER À FILTRER

## LE ZOOPLANCTON

**1 À 10 000 DANS UN LITRE D'EAU DE MER**  
Ce plancton animal comprend de petits animaux comme les copépodes, des embryons, des larves et jusqu'à des animaux géants, comme certaines méduses et siphonophores. Il se nourrit de matière vivante, bactéries, protistes ou autre animaux. La plupart des organismes du zooplancton migrent vers la surface ou les grands fonds pour se nourrir et se protéger pendant la nuit.

## LES BACTÉRIES

**1 À 10 MILLIARDS DANS UN LITRE D'EAU DE MER**  
Les bactéries sont des procaryotes, des cellules sans noyaux. Et certaines espèces, les cyanobactéries, peuvent faire la photosynthèse. Les bactéries sont une nourriture pour les protistes et certains animaux du zooplancton: elles assurent des fonctions métaboliques importantes dans l'océan.

## LES VIRUS

**10 À 100 MILLIARDS DANS UN LITRE D'EAU DE MER**  
La virosphère marine est gigantesque, et comprend les phages (virus des bactéries) jusqu'aux virus géant (les gyros). Les virus jouent un rôle essentiel dans la recirculation de la matière vivante.

*Les proportions de taille de tous ces micro-organismes ne sont pas respectées dans ce dessin.*

### WORLD COURIER

Le spécialiste mondial de ces envois très spéciaux achemine tous les échantillons collectés sur Tara jusqu'à Heidelberg (Allemagne) et les redistribue aux laboratoires partenaires dans le monde entier.

### OCTOBRE 2011

Tara traverse le continent de plastique. C'est une zone calme vers laquelle les courants marins amènent les déchets flottants qui s'accumulent en bancs.

### 2013

Tara a franchi les passages du Nord-Est (côté russe) et du Nord-Ouest (côté canadien). Avec un échantillonnage complet des organismes marins en lisière de la banquise.

### FÉVRIER 2010

Tara traverse le golfe d'Aden, zone très dangereuse et infestée de pirates. Les recherches sont volontairement interrompues pendant deux semaines.

### JANVIER 2011

Les scientifiques prélèvent pendant un mois dans les eaux antarctiques. C'est la première mission en zone polaire de Tara Océans.



## LES LABORATOIRES À TERRE

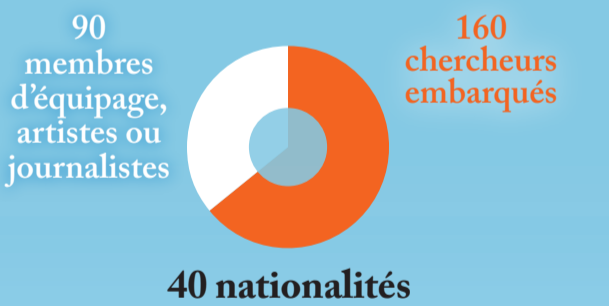
23 LABOS ET INSTITUTS SCIENTIFIQUES

- 8 en France
- 5 aux États-Unis
- 2 en Allemagne
- 2 en Italie
- 1 en Belgique
- 1 en Irlande
- 1 en Espagne
- 1 au Canada
- 1 en Arabie saoudite
- 1 en Russie

140 chercheurs impliqués dans les labos  
12 domaines scientifiques

## LES SCIENTIFIQUES À BORD

SE SONT RELAYÉS À BORD :

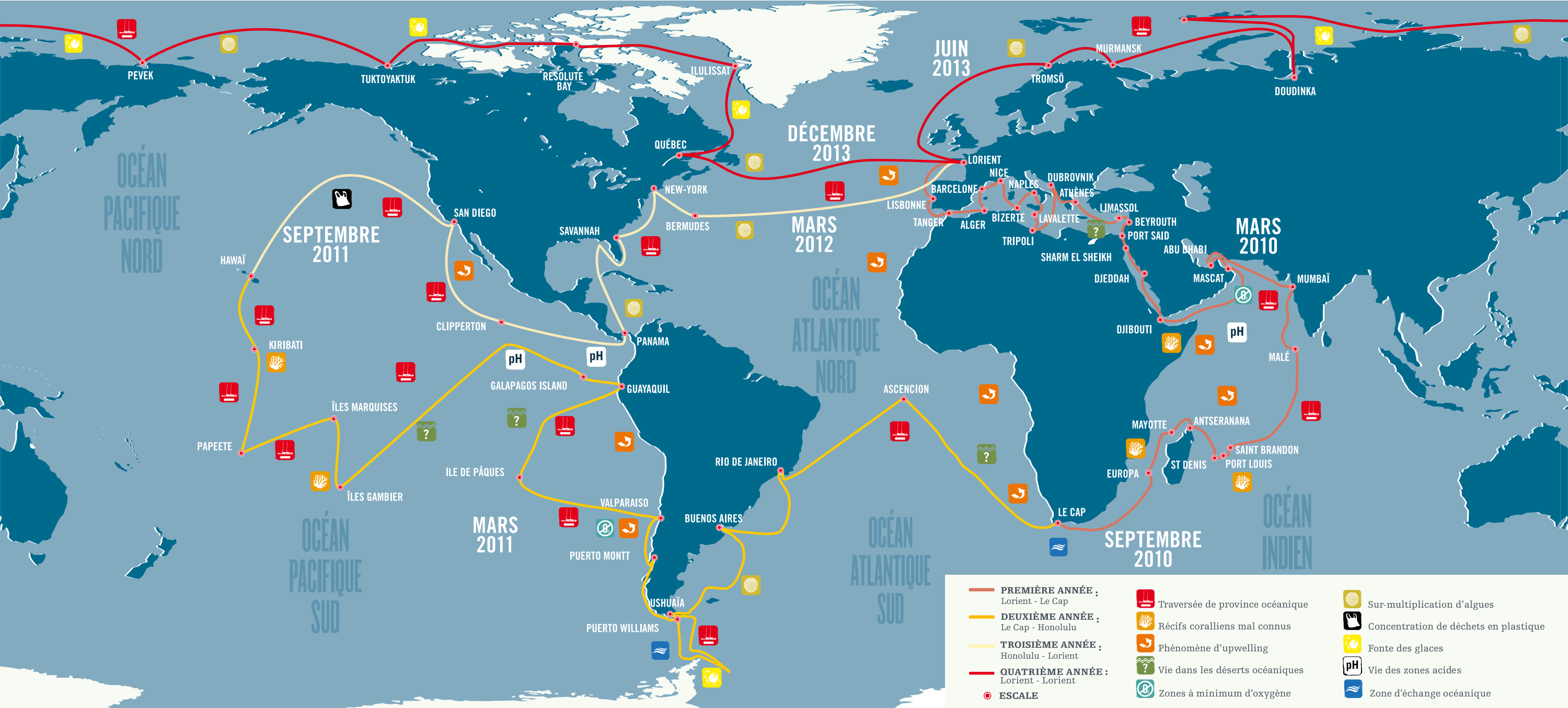


## DES RÉSULTATS SCIENTIFIQUES

S'appuyant sur les données de Tara Océans, de nombreux articles scientifiques détaillant l'écosystème planctonique et sa dynamique sont publiés ou en voie de publication dans des revues internationales. L'analyse de ces données, qui se poursuit notamment dans le cadre du projet Oceanomics\*, permet d'établir un état de référence des écosystèmes océaniques et de mettre au point une méthode de prédiction et de suivi de l'évolution de ces écosystèmes en fonction des changements climatiques.

\* « Oceanomics » est un projet des Investissements d'Avenir qui vise à promouvoir une utilisation rationnelle et durable d'un des écosystèmes les plus importants en termes de biodiversité, de bioressources et de changements écologiques globaux: le plancton océanique.





JUIN 2013

DÉCEMBRE 2013











MARS 2012

SEPTEMBRE 2011

MARS 2011

SEPTEMBRE 2010

MARS 2010

- **PREMIÈRE ANNÉE :**  
Lorient - Le Cap
- **DEUXIÈME ANNÉE :**  
Le Cap - Honolulu
- **TROISIÈME ANNÉE :**  
Honolulu - Lorient
- **QUATRIÈME ANNÉE :**  
Lorient - Lorient
- **ESCALE**
-  Traversée de province océanique
-  Récifs coralliens mal connus
-  Phénomène d'upwelling
-  Vie dans les déserts océaniques
-  Zones à minimum d'oxygène
-  Sur-multiplication d'algues
-  Concentration de déchets en plastique
-  Fonte des glaces
-  Vie des zones acides
-  Zone d'échange océanique