

# Sciences Ouest

LE MAGAZINE DE L'ACTUALITÉ SCIENTIFIQUE EN BRETAGNE

SANTÉ  
**Des médecins  
sous influence ?**

P. 3

DOSSIER  
**Les maths forment  
l'esprit critique**

P. 16-21

ÉTIENNE KLEIN  
**Faire  
le vide**

P. 26

Découverte  
près de Saint-Brieuc

## Une statue celte exceptionnelle

P. 4-5

DÉC 2019  
N° 377



3 €



## N'utilisons plus de plastique !

La goélette Tara est revenue à Lorient le 23 novembre. Durant six mois, ses scientifiques ont traqué les fragments de plastique, charriés par les fleuves européens jusqu'à la mer. Le plastique est omniprésent (lire p. 6) et pollue les océans. À Brest, d'autres chercheurs suivent les microplastiques des rivières (lire p. 9). Contre ce fléau, une solution existe : n'utilisons plus de plastique non biodégradable !

Romain Troublé, le directeur général de la Fondation Tara Océan, l'affirme : « *Voyons la transition écologique comme un défi plutôt qu'une contrainte.* » À nous tous d'être à l'écoute des scientifiques et d'être positifs pour relever les défis d'aujourd'hui. Romain Troublé et Stéphane Bruzaud, chercheur à l'Université Bretagne Sud, seront nos invités le 21 janvier aux Mardis de l'Espace des sciences.

Le physicien Étienne Klein sera également notre invité le 10 décembre (lire p. 26). Il nous dit que le vide, ce n'est pas rien... D'ailleurs, d'un espace que l'on croyait vide, une œuvre peut parfois surgir. C'est le cas de cette statuette gauloise (lire p. 4). Une découverte exceptionnelle que l'on espère voir prochainement dans un musée !

Michel Cabaret, directeur de l'Espace des sciences



### EN UNE

Cette statue a été découverte, face contre terre, le 30 septembre 2019 sur un site archéologique à Trémuson, près de Saint-Brieuc. Elle a été retournée et posée sur le lieu de la fouille, fichée en terre comme elle l'était peut-être il y a plus de 2 000 ans, dans l'autel aux ancêtres d'une grande ferme gauloise.

Photos de couverture : Stéphane Bourne / Inrap, Sportography.tv, Guénola Pèrès, Jean-Charles Caslot / Fondation L'Oréal, CC BY-SA 2.0 / Liam Quinn.

## SOMMAIRE

### ON EN PARLE

- 3 Des médecins sous influence ?
- 4 Archéologie : une découverte exceptionnelle

### ACTUALITÉ

- 9 Des microplastiques dans les rivières
- 11 Climat : planter des arbres ne suffit pas
- 14 Les bateaux des militaires s'envolent

### DOSSIER

- 16 Les mathématiques sont partout
- 19 Des maths pour améliorer les images satellite
- 20 L'ordinateur quantique attaque

### L'ÉPREUVE PAR 7

- 22 Marie Kerjean, mathématicienne

### RENDEZ-VOUS AVEC LA CULTURE SCIENTIFIQUE

- 24 En mission dans l'océan Antarctique
- 25 Les médiateurs scientifiques jouent en 3D

### CARTE BLANCHE

- 26 Étienne Klein : Faire le vide

### Directeur de la publication

Michel Cabaret

### Rédacteur en chef

Nicolas Guillas, 02 23 40 66 65  
sciences-ouest@espace-sciences.org

### Rédaction

Nicolas Guillas, Marion Guillaumin

### Assistant d'édition

Olivier de Châteaubourg

### Ont participé à ce numéro

Marc Beynié, Baptiste Cessieux, Claire Guérou, Julie Lallouët-Geffroy, Alice Vettoretti, Émilie Veyssié

### Comité de lecture

Louis Bertel, Gilbert Blanchard, Bernard Boudic, Daniel Boujard, Michel Branchard, Valérie Deborde, Catherine Godes, Alain Hillion, Boris Le Guennic, Gérard Maisse, Dominique Petit, Nicolas Thély, Paul Trehen, Christian Willaime

### Conseillers éditoriaux

Marc Beynié, Bernard Boudic

### Relations abonnés

Loren Costiou, 02 23 40 66 40  
loren.costiou@espace-sciences.org

### Relations enseignants

Claire Vuillermoz, 02 23 40 67 89  
claire.vuillermoz@espace-sciences.org

### Site Internet

Vincent Le Hen, 02 23 40 66 64  
vincent.lehen@espace-sciences.org

### Communication

Laëtitia Carques de Kerpezdrion, 02 23 40 67 72  
laetitia.carques@espace-sciences.org

### Conception graphique

Laure Bombail

### Réalisation

Sandrine Carbonnier

### Impression

Calligraphy Print

### Tirage du n° 377 - Décembre 2019

3000 ex. Dépôt légal n°650.  
ISSN 1623-7110.

Le mensuel Sciences Ouest est un magazine du Pôle Bretagne culture scientifique réalisé par l'Espace des sciences - Centre de culture scientifique technique et industrielle (association). Les Champs Libres 10, cours des Alliés 35000 Rennes 02 23 40 66 40 / [www.espace-sciences.org](http://www.espace-sciences.org)

3 € - En vente aux Champs Libres et en librairie. Découvrez tous les numéros et choisissez votre abonnement sur [www.espace-sciences.org/boutique](http://www.espace-sciences.org/boutique)

SITE [www.sciences-ouest.org](http://www.sciences-ouest.org) / TWITTER @sciences\_ouest / FACEBOOK @SciencesOuestMag



# Des médecins sous influence ?

Le médecin généraliste Pierre Frouard a coordonné l'étude avec des chercheurs de l'Université de Rennes 1, du CHU de Rennes et de l'Inserm.

ÉMILIE VEYSSIE

## SANTÉ Une étude montre que des médecins ayant reçu des cadeaux de firmes pharmaceutiques prescrivent différemment.

« Les médecins généralistes qui n'ont jamais reçu de cadeaux des firmes pharmaceutiques prescrivent des ordonnances moins coûteuses et plus efficaces que celles de leurs confrères. » Telle est la conclusion d'une étude parue en novembre dans le *British medical journal*. Le cadeau d'un laboratoire, appelé aussi "avantage", est par exemple un repas, une nuit d'hôtel ou une invitation à un congrès médical.

### Les données de 41 257 médecins

Une équipe de sept enseignants chercheurs et ingénieurs de l'Université de Rennes 1, du CHU de Rennes et de l'Inserm, a réalisé l'étude. Ces chercheurs ont souhaité répondre à la question de l'influence des cadeaux sur les prescriptions médicales. Pour cela, ils ont croisé les données de Transparence santé<sup>1</sup> et du Système national des données de santé<sup>2</sup> pour l'année 2016. Une première en France. Quatre mois de travail ont été nécessaires pour analyser les données des 41 257 médecins généralistes. Deux tiers d'entre eux ont bénéficié d'un cadeau au moins.

Ceux qui ont perçu l'équivalent de plus de 1 000 € dans l'année rédigent, en moyenne, des ordonnances cinq euros plus coûteuses que leurs confrères qui n'ont rien reçu. « Ils prescrivent moins de médicaments génériques, pourtant moins chers et tout aussi efficaces, résume le médecin généraliste Pierre Frouard, enseignant à l'Université de Rennes 1 et coordinateur de l'étude. Ces médecins ordonnent davantage de benzodiazépines, des médicaments jugés à balance-risque défavorable<sup>3</sup> par l'Assurance maladie. »

Pour calculer l'efficacité des prescriptions, les chercheurs se sont basés sur les indicateurs utilisés par l'Assurance maladie<sup>4</sup>. « Ces indicateurs sont critiquables, reconnaît Pierre Frouard. Mais il n'en existe pas d'autres aujourd'hui, validés scientifiquement, qui permettent de dire si l'on prescrit bien ou moins bien. » L'étude montre « une association entre la réception de cadeaux et le coût des prescriptions, poursuit-il. Cela ne signifie pas, pour autant, que recevoir des cadeaux implique de prescrire moins bien ou plus cher. » Pour le médecin généra-

1. Les firmes pharmaceutiques doivent déclarer les liens d'intérêts des professionnels de santé depuis la loi Bertrand du 29 novembre 2011, à la suite du scandale du Mediator. Co-auteurs de l'étude, Pierre Frouard et Bruno Goupil n'ont aucun lien d'intérêt à déclarer.

2. Ce système comprend des données anonymisées sur les prescriptions, les patients et les médicaments remboursés.

3. Ces médicaments entraînent trop d'effets indésirables. L'Assurance maladie cherche à limiter leur prescription.

4. Les médecins qui atteignent les objectifs de prescriptions sont rémunérés par l'Assurance maladie. Il s'agit de la Rémunération sur objectifs de santé publique (Rosp).

liste Jean-Paul Hamon, président de la Fédération des médecins de France, « les personnes retiennent de cet article que les médecins sont vendus à l'industrie pharmaceutique. C'est faux. On ne peut pas dire qu'ils prescrivent cher et mal. »

### Une formation indépendante

Comment établir un éventuel lien de cause à effet ? « Il conviendrait de mener une étude expérimentale, en testant l'influence des laboratoires sur des médecins tirés au sort, complète Florian Naudet, co-auteur de l'étude et professeur à l'Université de Rennes 1. Mais en attendant, cette association interroge. » Pour éviter une éventuelle influence des firmes pharmaceutiques, Pierre Frouard recommande une formation médicale indépendante des laboratoires, tout au long de la carrière des médecins.

ÉMILIE VEYSSIE

### CONTACTS

Pierre Frouard, pierre.frouard@gmail.com  
Florian Naudet, florian.naudet@chu-rennes.fr



# Un nouveau visage de l'art celtique

**ARCHÉOLOGIE** Un site gaulois exceptionnel a été mis au jour à Trémuson, dans les Côtes-d'Armor. Des objets d'art celtique révèlent une résidence aristocratique.

Les archéologues pensaient explorer une ferme gauloise. La découverte d'une œuvre aussi belle que la statuette de Paule, trouvée en 1988 à 70 km de là, a tout changé. En septembre, les chercheurs de l'Inrap<sup>1</sup> fouillent un terrain d'un demi hectare à Trémuson, près de Saint-Brieuc. Ce site gaulois était connu et mis en réserve. « *Un diagnostic en 2001 avait permis de découvrir des fossés qui délimitaient l'habitat et de dater des céramiques* », raconte Stéphane Bourne, l'archéologue responsable scientifique de la fouille.

En avril dernier, une entreprise locale souhaite s'agrandir sur ce site. L'État<sup>2</sup> prescrit alors une fouille préventive, confiée à l'Inrap. Six archéologues sont sur place à partir du 2 septembre. Dès le décapage du terrain, ils observent de très nombreuses fondations de bâtiments, en terre et en bois, autour d'une cour centrale cernée par plusieurs clôtures. Les fondations se recoupent : les Celtes ont donc vécu ici très longtemps, avant les Romains, entre le 3<sup>e</sup> et le 1<sup>er</sup> siècle avant notre ère. « *Les fermes gauloises sont souvent délimitées par un fossé peu profond et un talus* », explique Stéphane Bourne. À Trémuson, le talus est très haut et le fossé dépasse deux mètres de profondeur... C'est l'indice d'une entrée par une porte monumentale. « *Le site s'est révélé plus vaste que nous le pensions*. » Le statut rarissime de ce site gaulois est confirmé le 30 septembre. Une sculpture apparaît,

face contre terre. Elle est trouvée dans une petite fosse, près d'une grande maison, à côté d'une poterie en céramique datée du 1<sup>er</sup> siècle avant notre ère. Quand les archéologues retournent cette œuvre, qui mesure 40,5 cm et pèse 11 kg, ses caractéristiques exceptionnelles apparaissent. C'est le buste d'un homme barbu, dont le collier est un torque. Comme toute découverte majeure, la statuette est immédiatement signalée à Yves Menez, conservateur régional de l'archéologie à Rennes. Il en informe le sous-directeur de l'archéologie, au ministère de la Culture à Paris.

« *Il est très rare de trouver des statues lors de fouilles* », poursuit Stéphane Bourne. « *La plupart de ces œuvres sont des découvertes anciennes, trouvées dans un champ ou un fossé* », confirme Yves Menez. Surtout, ne pas laver la statue tout de suite ! Elle est envoyée dans un laboratoire spécialisé à Tours, pour détecter d'éventuelles traces de peintures. Des marques de brûlures sont repérées, peut-être le signe d'un incendie, ce que les analyses permettront de vérifier.

## Un personnage important

« *C'est une découverte géniale*, souligne Anne Villard-Le Tiec, conservatrice au Service régional de l'archéologie (SRA). *La qualité de la sculpture est remarquable. Ce qui frappe, ce sont les yeux, la barbe et la chevelure. Vous sentez une force en regardant ce visage. C'est quelqu'un qui a une certaine puissance.* » Yves Menez précise que « *le torque, souvent en or, n'est pas un bijou mais la décoration d'un personnage important.* » Il fait partie de l'élite des Osismes, le peuple gaulois de l'ouest armoricain, et devait être le propriétaire de la vaste résidence fouillée.

L'archéologue a étudié plusieurs œuvres de cette époque, l'Âge du fer. « *Celle-ci est la plus figurative. La chevelure, les moustaches et la barbe sont très*







PHOTOS : EMMANUELLE COLLADO / INRAP

- 1. Institut national de recherches archéologiques préventives.
- 2. Ministère de la Culture, Drac Bretagne, Service régional de l'archéologie.



Orné de motifs celtiques, ce seau très bien conservé servait pour le vin. Il mesure 20 cm de haut.

détaillées, les yeux délimités, le torse bien figuré. On dirait un petit portrait, à la différence des autres sculptures de l'époque, qui sont plutôt schématiques. »

Le directeur du SRA se réfère aux statuette découverte à Paule, près de Rostrenen. La première des quatre sculptures trouvées dans ce site gaulois fortifié est aujourd'hui une référence dans l'art celtique. Elle représente un barde, torse au cou, tenant une lyre à sept cordes. Celle de Trémuson a les mêmes proportions. Dans les deux cas, la base de la statue est brute, la roche n'étant pas travaillée. « Vous ne pouvez pas poser ces statuette. Elles se portent comme des bébés ou sont plantées dans un matériau meuble. » En référence aux arts premiers, Yves Menez émet l'hypothèse que ces représentations de chef étaient peut-être plantées dans l'autel aux ancêtres de la maison. Reliées ainsi à la terre ou aux cendres, ces statues servaient-elles à interroger les morts lors de décisions importantes à prendre ?

Comme celle de Paule, la statuette de Trémuson devrait devenir une icône. Où sera-t-elle exposée ? Elle appartient à la société propriétaire du terrain, mais après concertation avec les collectivités locales, elle rejoindra une collection publique... quand son étude sera finalisée. Cela prendra du temps. Avant d'être présentée dans de nombreux musées en Europe, la statuette de Paule n'avait été restituée au public qu'en 1990 au musée d'art et d'histoire de Saint-Brieuc. Pour Yves Menez, l'objectif est de présenter ces découvertes dans des expositions qui font revivre leurs contextes. « Sur la trentaine d'œuvres de ce type connues aujourd'hui en France, treize sont en Bretagne. Il y a de quoi faire une salle d'exposition qui présente la sculpture gauloise. »

Le musée de Bretagne à Rennes, qui expose des reproductions des statuette de Paule, est en relation avec le SRA. « Cette découverte est fantastique, s'enthousiasme Manon Six, responsable du pôle conservation au musée. Elle replace la sculpture celtique à l'honneur sur un territoire proche. Des comparai-

sons stylistiques sont possibles avec les statuette de Paule, dont les interprétations seront affinées. La manière de se représenter est un témoignage inédit, qui nous donne une vision culturelle de cette société. »

**D'autres vestiges**

Mais les fouilles à Trémuson ne se résument pas à cette statuette. Trois nouvelles sculptures sont trouvées au fond d'un puits le 22 octobre. D'un style plus sobre, elles rappellent les masques mortuaires. Le puits regorge d'autres vestiges, comme des pièces de meuble en bois tourné. D'une beauté troublante, elles font penser à un beau vaisselier du siècle dernier. Elles ont pourtant plus de 2 000 ans. « L'eau stagnante au fond du puits a permis de conserver ces pièces, poursuit Stéphane Bourne. C'est la première fois que nous trouvons de tels éléments de cette époque. C'est incroyable ! » Ce mobilier de qualité est loin de l'image traditionnelle des habitations gauloises.

Autre signe de richesse, un petit seau a aussi été trouvé. Son bois impeccable est cerclé d'un bronze, qui présente des décors fabuleux. « Nous pourrions y voir un poisson, mais l'art celtique n'étant pas figuratif, il faut attendre les résultats de l'étude stylistique. » Ce seau permettait de servir le vin, pur ou dilué avec de l'eau, transporté depuis le bassin méditerranéen dans des amphores, dont des fragments ont aussi été trouvés sur place. Cette découverte rarissime sera aussi exposée dans un musée. Quand toute l'histoire du site sera déchiffrée... Y compris l'environnement alentour. Des pollens sont sûrement conservés dans les sédiments au fond du puits. Leur étude dira si cette grande ferme aristocratique se situait au milieu d'une forêt ou de champs de céréales.

MARION GUILLAUMIN ET NICOLAS GUILLAS

**CONTACTS**

- stephane.bourne@inrap.fr
- yves.menez@culture.gouv.fr
- anne.villard@culture.gouv.fr
- m.six@leschampslibres.fr

# Une tonne de vers par hectare



GUÉNOLA PÉRÈS

Les vers de terre (ici un *Lombicus terrestris*) créent des galeries qui permettent à l'eau de s'infiltrer.

**ÉCOLOGIE** Une équipe de 141 chercheurs a recensé les études sur les vers de terre, sur environ 7 000 sites dans 57 pays. « Les 3 000 espèces connues sont fortement affectées par les conditions climatiques », explique Guénola Pérès. Maître de conférences en écologie du sol à l'Agrocampus Ouest à Rennes, elle a participé à cette première synthèse mondiale. « La carte mondiale établie montre une forte disparité<sup>1</sup>, pouvant suggérer un nombre plus important d'espèces en milieu tempéré que tropical. Bien que ce dernier abrite globalement une plus grande biodiversité. » Les lombriciens<sup>2</sup> représentent la plus forte biomasse d'organismes vivants dans le sol, à l'exception des microorganismes<sup>3</sup>. En pays tempérés, sous une prairie de la taille d'un terrain de foot, on peut trouver une tonne de vers de terre<sup>4</sup>.

## LES VERS AUGMENTENT LE RENDEMENT DES CULTURES

Les chercheurs estiment qu'il y aurait dans le monde 78 lombriciens sous un mètre carré de sol. « Dans les cultures en France, ils sont en moyenne 215 par m<sup>2</sup>. En prairie il peut y avoir jusqu'à 1 600 individus ! » précise la biologiste. Les vers de terre se classent en trois catégories, dont les anéciques. Leurs galeries verticales permettent à l'eau de mieux s'infiltrer. Ces "laboureurs" enfouissent la matière organique, ce qui enrichit le sol. Mais leur

mission d'ingénieurs du sol ne s'arrête pas là ! « Leurs déjections<sup>5</sup> en surface sont trois fois plus stables que le sol environnant. Elles augmentent la rugosité de surface. Quand il pleut, l'eau serpente et cela ralentit le ruissellement. L'érosion peut être diminuée d'un facteur quatre ! »

### Leurs déjections absorbent les pesticides

Une partie des déjections reste dans les galeries, où elles absorbent des éléments comme les nitrates ou les pesticides. Cela peut réduire par trois le transfert de certains herbicides vers les nappes. Les lombriciens améliorent la qualité de l'habitat des autres organismes du sol (champignons, bactéries, collemboles). Leur présence en nombre augmente de 25 % en moyenne les rendements des cultures.

Les vers sont très sensibles aux contraintes environnementales, notamment à l'action de l'homme. Les pratiques agricoles qui se développent (réduction des pesticides et du travail des sols) permettent d'augmenter le nombre de vers et d'espèces. En Bretagne, l'une des bonnes surprises des chiffres clés 2019 pour la biodiversité (lire p. 11) est l'abondance des vers de terre. Elle est élevée dans 36,9 % des sols échantillonnés. On compte en moyenne 295 vers de terre par m<sup>2</sup> dans notre région. **MARC BEYNIÉ**

----- 1. En Europe, la France compte une centaine d'espèces de vers de terre alors que l'Angleterre n'en compte que trente. 2. Terme scientifique de vers de terre. 3. Dans 100 g de sol il y a 5 % de matière organique dans lesquels vivent 5 % d'organismes vivants (dont 70 % de microorganismes, 20 % de vers de terre et 10 % d'autres animaux). 4. Tous les autres animaux représentent 500 kg. 5. Elles sont riches en minéraux (phosphore, calcium, potassium, sodium). Guénola Pérès, 02 23 48 70 43 guenola.peres@agrocampus-ouest.fr

## ENVIRONNEMENT

### Du plastique dans les fleuves

Amaré au port de Lorient depuis le 23 novembre, la goélette Tara a rempli sa mission dédiée à la pollution plastique<sup>1</sup>. Pendant six mois, les scientifiques ont collecté 2 700 échantillons dans neuf grands fleuves d'Europe. Chaque prélèvement contient des microplastiques<sup>2</sup>. Ces constats confirment que le plastique éponge les autres polluants<sup>3</sup> des fleuves. La biodiversité est fortement affectée. **MG**

----- 1. Lire aussi l'article sur le programme Microplastic2, p.9. 2. Issus des cosmétiques ou de la fragmentation des plastiques par le soleil. 3. Pesticides, hydrocarbures, métaux lourds.

## COLLOQUE

### La chimie des transports

Pour la 30<sup>e</sup> édition des rencontres thématiques de l'ENSCR<sup>1</sup>, la chimie s'est invitée dans les transports comme moteur de cette filière industrielle. Le 15 novembre, ce thème a réuni des professionnels du domaine, tels que Citroën, AirBreizh<sup>2</sup>, l'IFSTTAR<sup>3</sup> et l'IFP School<sup>4</sup> pour animer des conférences devant 250 étudiants. **CG**

----- 1. École nationale supérieure de chimie de Rennes. 2. Observatoire de la qualité de l'air breton. 3. Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux. 4. École nationale supérieure du pétrole et des moteurs.

## RECHERCHE

### Le LTSI analyse les signaux depuis 50 ans

De l'acoustique sous-marine militaire aux sciences du numérique et de la santé, en passant par le traitement de la parole et des télécommunications, le LTSI<sup>1</sup> analyse les signaux depuis 50 ans. Un séminaire présentant des recherches, notamment sur le big data et le traitement de l'épilepsie, a été organisé pour cet anniversaire le 22 novembre. **CG**

----- 1. Laboratoire de traitement du signal et de l'image (Inserm, Université de Rennes 1).

## CULTURE SCIENTIFIQUE

### L'Académie des sciences récompense un physicien rennais

Le physicien Dominique Bernard a reçu le prix de l'information scientifique<sup>1</sup> de l'Académie des sciences, le 26 novembre. Il est récompensé pour sa participation à la diffusion de la culture scientifique. Le chercheur est à l'origine de la collection d'instruments scientifiques à Rennes et auteur du livre « Un trésor scientifique redécouvert<sup>2</sup> ». **MG**

----- 1. Prix Paul Doistau-Émile Bluet. 2. Édité par l'association Rennes en sciences.



## Des lauriers pour la pomme de terre

Préserver durablement les pommes de terre, en s'affranchissant des pesticides, est l'objectif des généticiens de l'Inra à Ploudaniel, près de Brest. Depuis 30 ans, ils améliorent cette plante pour la rendre plus résistante aux maladies et aux bioagresseurs<sup>1</sup>. Ces recherches, menées par l'équipe de l'Igepp<sup>2</sup>, ont été récompensées aux Lauriers 2019<sup>3</sup> organisés par l'Inra à Paris, le 19 novembre.

« La génétique est un levier pour réduire l'usage de pesticides », explique Marie-Claire Kerlan, ingénieure de recherche à Ploudaniel. Les biologistes sélectionnent des gènes intéressants chez certaines espèces, pour les intégrer à une variété<sup>4</sup>. « Nous créons des géniteurs qui possèdent des caractères de résistance. » Le rendement et la fertilité sont des caractères également recherchés. Ce matériel végétal amélioré est ensuite confié à l'Association de créateurs de variétés nouvelles de pommes de terre. Les sélectionneurs achèvent ainsi le travail de création variétale. Cela peut prendre 10 à 15 ans !

### Résister au mildiou

« Notre travail a abouti à la mise sur le marché de 14 variétés résistantes. » Onze variétés résistent au mildiou, trois aux vers du sol, appelés nématodes. Cela représente 185 hectares de plants, soit près de 1 % de la production française. « Cela ne peut que progresser. Les variétés résistantes auront des parts de marché de plus en plus importantes. »

MARION GUILLAUMIN



HAI NGUYEN / UNSPLASH

----- 1. Espèces qui attaquent les cultures. 2. Institut de génétique, environnement et protection des plantes, au Rheu (Ile-et-Vilaine) et à Ploudaniel (Finistère). 3. Le prix collectif « Impact de la recherche » a été décerné à l'équipe « Pomme de terre ». 4. Subdivision d'une espèce. Marie-Claire Kerlan, marie-claire.kerlan@inra.fr

## Un prix pour le spécialiste de la truite



CHRISTOPHE MAÏTRE / INRA

Frédérique Vidal, la ministre de la Recherche, a félicité Yann Guiguen.

Le chercheur rennais Yann Guiguen a reçu le prix "Défi scientifique" aux Lauriers de l'Inra en novembre. Le directeur de recherche<sup>1</sup> à l'Inra est récompensé pour ses travaux sur le déterminisme et la différenciation du sexe chez les salmonidés<sup>2</sup>. Il y a une dizaine d'années, Yann Guiguen a mis en évidence le gène sdY, porté par le chromosome Y, qui gouverne le sexe chez la truite. « C'est un gène bizarre par rapport aux autres déterminants du sexe chez les vertébrés, explique le biologiste. C'est le seul qui code pour une protéine impliquée dans l'immunité. » Plus récemment, ses recherches ont permis de découvrir que la protéine sdY a la capacité de se lier à Foxl2, une protéine clé de la différenciation femelle. « Cette protéine sdY est capable d'inhiber la transcription du gène de l'aromatase, impliquée dans la synthèse des œstrogènes. Elle bloque ainsi le développement de la gonade<sup>3</sup> femelle, au profit de la gonade mâle. C'est la preuve que sdY est un gène anti ovarien. » Ces récentes découvertes pourraient permettre de mieux comprendre et contrôler la différenciation sexuelle chez les salmonidés. ÉMILIE VEYSSIE

----- 1. Au laboratoire de physiologie et de génomique des poissons. 2. Famille de poissons groupant notamment les saumons et les truites. 3. Glande génitale. Yann Guiguen, 02 23 48 50 09, yann.guiguen@inra.fr

## Handicap : l'apport des pairs

**SANTÉ** Comment améliorer sa qualité de vie quand on présente un handicap physique, une maladie chronique ou un trouble de santé mentale ? En se réunissant avec ceux qui vivent la même expérience, pour trouver des solutions. Cet accompagnement par les pairs est étudié par le programme de recherche Expairs, encadré par Eve Gardien. Sociologue spécialiste de la santé et du handicap au laboratoire Eso<sup>1</sup> à l'Université Rennes 2, la chercheuse a présenté avec ses collègues les résultats de ce programme, lors d'un colloque international qui s'est tenu à Rennes, en novembre. Comment faire face à la stigmatisation ou trouver un emploi ? C'est l'un des enjeux auxquels sont confrontées notamment des personnes rencontrées à Lille, Marseille, Rennes et Paris. Eve Gardien veut poursuivre ces recherches en France, en se concentrant sur la production de certains savoirs : ceux qui, construits à partir d'une expérience personnelle, ont un intérêt collectif. JULIE LALLOUËT-GEFFROY

----- 1. Espaces et sociétés. Eve Gardien, eve.gardien@univ-rennes2.fr

50<sup>e</sup>  
anniversaire

# LES MISSIONS APOLLO

1969 / 1972



## AU PLANETARIUM RENNES

Le Planétarium de l'Espace des sciences vous propose de revivre la fantastique aventure spatiale des missions Apollo.

De 1969 à 1972, cet extraordinaire exploit a permis à 12 astronautes de fouler le sol de la Lune, notre satellite.

Aujourd'hui sont envisagés de nouveaux projets d'envergure pour une exploration lunaire à long terme !

> [espace-sciences.org/planetarium](http://espace-sciences.org/planetarium)





# Des microplastiques dans les rivières

**ENVIRONNEMENT** Des chimistes et biologistes finalisent une méthode pour analyser les microplastiques transportés par les rivières jusqu'à la mer.

**A**u milieu d'une rivière, un filet monté sur un cadre collecte les microplastiques. Ce prototype a été créé au laboratoire brestois Laboceia<sup>1</sup> dans le cadre du programme Microplastic2<sup>2</sup>. Le projet de recherche de quatre ans, qui se termine en février, est coordonné par Gaël Durand, directrice déléguée à la recherche et au développement à Laboceia, et porté par Suez environnement. Le but ? Proposer des outils de diagnostic et d'aide à la décision pour la gestion des fragments de plastiques.

## À Brest et à Marseille

Gaël Durand et son équipe s'intéressent aux bassins versants dans leur globalité, depuis la source d'émission du plastique, jusqu'à son arrivée dans l'océan. Deux sites sont comparés : les rades de Brest et de Marseille. « À Brest, des rivières importantes débouchent dans une rade fermée, où les pluies sont fréquentes et abondantes. À l'inverse, les rivières entourant Marseille sont petites. Elles se jettent dans une baie ouverte avec des pluies ponctuelles. » Les chercheurs de Laboceia et leurs partenaires (Ifremer<sup>3</sup>, CNRS, Lemar<sup>4</sup>, Lov<sup>5</sup>) mettent au point une méthode pour détecter et quantifier des microplastiques dans les fleuves, puis en mer. Ils évaluent leurs effets sur les écosystèmes aquatiques. À l'avenir, cette méthode servira à diagnostiquer l'état de contamination des bassins versants par les particules plastiques.

Le consortium tente aussi de tracer l'origine des microplastiques en étudiant leur composition<sup>6</sup>. Sans oublier



L'équipe de Laboceia prélève avec un filet les plastiques présents dans les rivières.

leurs additifs. « À partir d'échantillons de plastiques de la vie courante, nous avons créé une base de données que nous allons comparer à nos prélèvements. » Une fois validée, la méthode permettra de sensibiliser et peut-être de trouver une solution dès la source d'émission des polluants.

L'origine du plastique déterminée, il est possible de connaître son trajet jusqu'à la mer et d'identifier dans le bassin versant les lieux les plus pollués par les microplastiques. Gaël Durand



1. Laboratoire public, conseil, expertise et analyse en Bretagne.

2. Financé notamment par le Fonds unique interministériel, FUI20.

3. Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.

4. Laboratoire des sciences de l'environnement marin.

5. Laboratoire océanologique de Villefranche-sur-Mer.

6. Analysée par Sedisor, société brestoise issue de l'IUEM.

7. Avec l'aide d'Actimar, branche maritime et côtière de Suez basée à Brest.

8. Avec les sociétés Sisipia et Évosens.

La rade de Brest compte 0,24 microplastique (moins de 5 mm) par mètre cube d'eau.

et son équipe réalisent donc une modélisation des rivières et des rades<sup>7</sup>. Grâce à elle, des prélèvements et analyses plus précis des microplastiques et de leurs effets pourront être réalisés.

## Stations d'épuration

En parallèle, une étude menée par Suez<sup>8</sup> a permis d'analyser les techniques de rétention des microplastiques dans une station d'épuration niçoise et d'établir une méthode pilote pour d'autres stations.

Laboceia ne compte pas s'arrêter là. Un nouveau projet, nommé "Preventing Plastic Pollution", est prévu en France et en Angleterre. Il a pour objet d'étudier des bassins versants des deux côtés de la Manche et de trouver des solutions concrètes avec les élus locaux.

CLAIRE GUÉROU

## CONTACT

Gaël Durand, 02 98 34 11 02, gael.durand@laboceia.fr



# Soizig Le Stradic, de Vannes à la savane



**PORTRAIT** Spécialiste en écologie de la restauration, la Morbihannaise Soizig Le Stradic est aujourd'hui à Munich. Devinez ce qu'elle y étudie ? La savane brésilienne.

« **N**ous ne pouvons pas planter des arbres n'importe où. Les savanes en particulier sont des écosystèmes très complexes, il faut bien les connaître pour les restaurer. » Soizig Le Stradic est chercheuse en écologie de la restauration à l'Université technique de Munich, en Allemagne. Avec d'autres biologistes, elle a signé un commentaire dans la revue *Science*, pour démontrer que la plantation d'arbres n'est pas une recette magique contre le changement climatique (lire p. 11).

Son expertise, l'écologue de 34 ans l'a renforcée sur le terrain, en étudiant les "campos rupestres", ces savanes brésiliennes de haute altitude. Elle a consacré sa thèse à la composition, la phénologie<sup>1</sup> et la restauration de ces milieux naturels. Son approche est théorique et pratique.

## C'est le déclin

La Bretagne manque à la chercheuse, née à Plœmeur près de Lorient, mais pas le crachin breton. Voyageuse, elle

lui préfère le soleil brûlant des tropiques ! Avant de séjourner plusieurs années au Brésil pour rédiger sa thèse, Soizig Le Stradic a obtenu une licence en sciences de la vie et de la Terre, à l'Université Bretagne Sud, à Vannes. « *Mais je ne voyais pas de débouchés* », explique-t-elle. Lors de son master en biologie des organismes, des populations et des écosystèmes, elle effectue un stage sur l'écologie de la restauration : c'est le déclin ! Elle trouve sa voie et poursuit par une deuxième année de master<sup>2</sup> à Paris. Durant cette formation, elle réalise un stage au Brésil et enchaîne sur sa thèse<sup>3</sup>.

Soizig Le Stradic revient en Europe en 2012 pour se confronter à la réalité de la vie. Durant trois ans, elle réalise un postdoctorat à l'Université de Liège en Belgique. Elle y développe des programmes de restauration d'un écosystème, pour une entreprise minière basée en République démocratique du Congo. « *C'était une expérience enrichissante, mais avec des limites*, regrette la biologiste. *Les industriels*

Soizig Le Stradic étudie comment les racines de la savane, ici au Brésil, stockent le carbone.

ont l'obligation de mettre en place des programmes de restauration sur place. Mais ils font le minimum. »

## Son pays d'adoption

Puis l'appel du Brésil est plus fort. La chercheuse se lance dans un nouveau postdoctorat à l'Université de São Paulo. Elle étudie la façon dont les racines des plantes varient (longueur, diamètre, densité) et modifient le stockage du carbone dans le sol. Depuis six mois, la biologiste est de retour en Europe, pour se rapprocher de sa famille. Elle étudie à Munich les données récoltées en Amérique du Sud. Mais elle compte à nouveau traverser l'Atlantique, pour poursuivre ses recherches au Brésil, devenu son vrai pays d'adoption !

ÉMILIE VEYSSIE

1. Étude des variations périodiques de la vie animale et végétale, en fonction du climat.

2. En écologie, biodiversité et évolution (Universités Paris 6, Paris Sud 11, AgroParisTech et ENS Paris)

3. Sous la tutelle de l'Université fédérale de Minas Gerais, au Brésil et de l'Université d'Avignon.

## CONTACT

Soizig Le Stradic,  
soizig.le-stradic@tum.de



## Climat : planter des arbres ne suffit pas

Il y a assez de place sur la Terre pour planter mille milliards d'arbres. Cela permettrait de stocker 205 milliards de tonnes de carbone. C'est la conclusion d'une étude publiée dans la revue *Science* en juillet dernier. « *Mais ce n'est pas si simple que ça* », tempère Soizig Le Stradic. La biologiste bretonne (lire son portrait p. 10) est co-auteur avec 45 autres scientifiques d'un commentaire paru en octobre dans la même revue. Ces spécialistes d'un écosystème particulier, la savane, estiment que le potentiel de stockage du carbone par de nouvelles plantations d'arbres est largement surestimé. Ils remettent en cause cette étude, car sa cartographie comprend des écosystèmes où il est impossible voire dangereux de planter des arbres. Les savanes sont extrêmement riches en biodiversité et stockent déjà du carbone dans le sol. Elles seraient dénaturées par des plantations, qui appauvriraient leur biodiversité. De même pour la toundra : « *Planter des arbres dans cet écosystème pourrait exacerber le réchauffement climatique, en diminuant la quantité d'énergie solaire réfléchi et, de fait, augmenter la température* », poursuit la postdoctorante.

### Reboiser les forêts dégradées

Les 46 scientifiques conviennent, en revanche, que reboiser les forêts dégradées avec des espèces natives est une bonne chose. « *Planter des arbres n'est pas le principal mécanisme pour sauver la planète*, conclut la chercheuse. *Il faut réduire les émissions de carbone. Ensuite, lutter contre la déforestation et la dégradation des écosystèmes, pour leur permettre de capturer et stocker le carbone naturellement. Chaque écosystème a un rôle à jouer.* » ÉMILIE VEYSSIÉ

----- Soizig Le Stradic, soizig.le-stradic@tum.de



Planter des arbres peut modifier des écosystèmes qui stockent déjà du carbone.

## Biodiversité : les chiffres clés



La salamandre est emblématique des zones humides, dont la connaissance progresse avec 88 % du territoire breton inventorié. Elle n'est pas menacée d'extinction.

En Bretagne, une espèce sur cinq est menacée de disparition à court terme<sup>1</sup>. C'est l'un des bilans du rapport "Chiffres clés 2019 pour la biodiversité en Bretagne", publié par l'Observatoire de l'environnement en Bretagne. « *Les espèces spécialistes, adaptées aux forêts ou aux zones humides, sont les plus menacées*, explique François Siorat, chef de projet patrimoine naturel à l'OEB. *Elles ont du mal à survivre aux changements.* » Les oiseaux nicheurs spécifiques des milieux agricoles et forestiers ont régressé de 18 % et 32 % en dix ans.

Les principales menaces sont la fragmentation des milieux naturels, qui s'intensifie sur 37 % du territoire, la pollution et le changement climatique. L'évolution de la température a des effets sur la faune et la flore, « *mais il manque des données pour mieux analyser ce qui se passe.* » Cette synthèse est basée sur 41 indicateurs. Pour l'État et la Région, l'objectif est de produire progressivement 160 indicateurs de la biodiversité, afin d'orienter la politique publique. Pour compiler les données, la Bretagne s'appuie sur ses réseaux associatifs, naturalistes et scientifiques. NICOLAS GUILLAS

----- 1. Le risque de disparition dans dix ans concerne 21,2 % des 1 570 espèces évaluées en Bretagne. Lire aussi p. 13.

## L'Université de Rennes 1 honore une mathématicienne

L'amphi B de l'Université de Rennes 1 a changé de nom. Depuis le 15 octobre, il se nomme amphithéâtre Maryam Mirzakhani, en hommage à la seule femme distinguée par la médaille Fields<sup>1</sup>, la plus haute distinction en mathématiques. L'Iranienne, décédée en 2017 à 40 ans, avait été récompensée en 2014 pour ses contributions exceptionnelles à la dynamique et la géométrie des surfaces de Riemann et de leurs espaces de modules. « *Des chercheurs étaient intervenus en 2017 pour la parité des noms des stations de métro en ville*, relate Nicoletta Tchou, chercheuse à l'Irmar<sup>2</sup> et chargée de mission parité à l'Université. *Nous nous sommes dit qu'il fallait aussi regarder ce qui se fait chez nous, sur le campus.* » Seulement six salles portaient des noms de femmes, essentiellement chercheuses en sciences humaines. La décision est alors prise, de façon unanime, de nommer l'un des plus grands amphis du campus en hommage à Maryam Mirzakhani. « *Nous sommes ouverts aux propositions pour renommer les autres salles et amphithéâtres.* » BAPTISTE CESSIEUX

----- 1. Récompense équivalente au prix Nobel. 2. Institut de recherche mathématique de Rennes. Nicoletta Tchou, nicoletta.tchou@univ-rennes1.fr

## Cancer du foie : une nouvelle voie

**SANTÉ** Un essai clinique contre un cancer du foie, l'hépatocarcinome, se déroule actuellement au centre de lutte contre le cancer Eugène Marquis, à Rennes.

Les quatorze patients traités réagissent bien. Ce premier succès pour les chercheurs du centre et de l'ISCR<sup>1</sup> va permettre de tester dans les prochains mois l'efficacité d'un traitement. Déjà breveté, il pourrait être alors proposé à des personnes souffrant d'un cancer à un stade intermédiaire ou avancé.

L'objectif est de détruire la tumeur, et elle uniquement, grâce à la radio-embolisation. « Nous utilisons le lipiodol et le rhénium 188, explique Nicolas Lepareur, radiochimiste au centre Eugène Marquis. Le lipiodol est une huile, utilisée comme agent de contraste, qui sert de véhicule au rhénium 188. Ce radio-élément se dirige alors jusqu'au foie. »

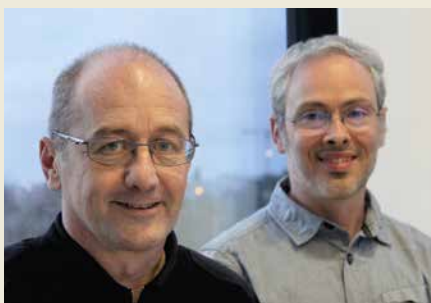
Lors d'un traitement classique, 40 % de la substance injectée peut être éliminée en 76 h, par les voies urinaires. Cette disparition empêche le traitement d'agir. « Les analyses montrent qu'avec notre méthode, seulement 1 à 2 % du produit injecté est éliminé en 72 h », souligne le chimiste Nicolas Noiret.

### Vérifier la tolérance

Dans le foie, le rhénium se décompose et émet des rayons ionisants, qui peuvent stabiliser la progression de la tumeur ou la faire régresser. « Nous ne sommes pas encore dans la phase où nous mesurons l'efficacité du traitement, prévient Nicolas Lepareur. Pour le moment, nous en vérifions la tolérance chez le patient. » Pour son homologue Nicolas Noiret, professeur à l'ENSCR<sup>2</sup>, « c'est prometteur, mais il est trop tôt pour être affirmatif. »

JULIE LALLOUËT-GEFFROY

----- 1. Institut des sciences chimiques de Rennes. 2. École nationale supérieure de chimie de Rennes. nicolas.noiret@ensc-rennes.fr - n.lepareur@rennes.unicancer.fr



Les chimistes Nicolas Noiret (à gauche) et Nicolas Lepareur.

## Ils veulent stocker sous l'eau l'énergie des éoliennes



Thibault Neu et Albert Subrenat présentent une maquette du système Remora.

Nous savons produire de l'électricité verte, mais pas la stocker. Cela pourrait changer avec le système Remora<sup>3</sup> développé par Thibault Neu, ingénieur au département recherche et innovation de Segula Technologies et Albert Subrenat, enseignant chercheur à l'IMT Atlantique à Nantes. L'idée est d'installer ce système en mer, associé à des éoliennes. Le surplus d'énergie produite fait tourner une pompe à eau. Celle-ci fait monter le niveau d'eau dans une chambre de compression. L'air aussi est comprimé (10 bars) et stocké dans de grands réservoirs sous-marins. « À 100 m de profondeur, l'infrastructure de stockage profite de la pression de l'eau extérieure, équivalente à plus ou moins 10 bars », explique Albert Subrenat. Comment utiliser cette énergie stockée ? En inversant le fonctionnement du système. L'air pousse l'eau, qui fait tourner la pompe : ce générateur produit de l'électricité. L'énergie est redistribuée avec un rendement de 70 %. D'autres installations, hydrauliques ou solaires, pourront être associées à cette innovation. ÉMILIE VEYSSIE

----- 1. Le projet est soutenu par l'Ademe dans le cadre de l'Appel à projet de recherche énergie durable 2017. Le système est breveté par Segula Technologies. Albert Subrenat, 02 51 85 82 93, albert.subrenat@imt-atlantique.fr

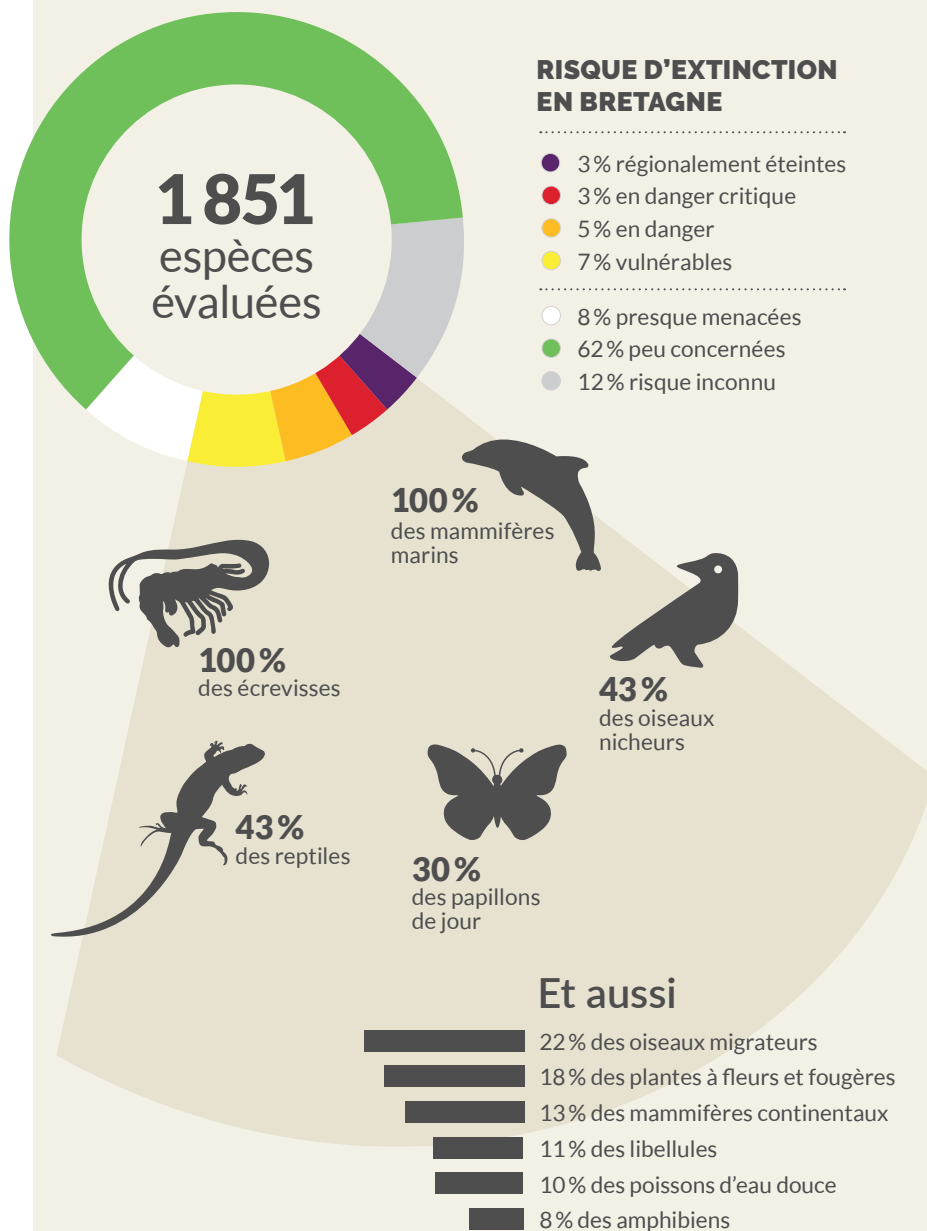
## De l'hydrogène grâce à l'urine

L'hydrogène est produit par une réaction chimique, l'électrolyse de l'eau<sup>1</sup>. Pour la réaliser, il faut plonger deux électrodes dans l'eau... et consommer beaucoup d'énergie ! Comment améliorer cette production d'hydrogène, qui a l'avantage de ne pas consommer d'hydrocarbures ? Lors d'une électrolyse, l'hydrogène est produit au niveau de la première électrode, en platine ou en carbone. À l'Institut des sciences chimiques de Rennes, le chercheur CNRS Gabriel Loget et son équipe<sup>2</sup> s'intéressent à ce qu'il se passe du côté de la seconde électrode. Celle-ci est à base de silicium : elle demande moins d'énergie lorsqu'elle est éclairée par le soleil. L'équipe a testé la production d'hydrogène à partir d'une eau chargée en urée<sup>3</sup>. Le besoin en énergie est encore moindre ! Pour l'instant, la réaction ne dure que quelques minutes et le chemin est encore long pour des applications. Mais pourquoi pas imaginer une valorisation de l'urine, produite notamment par l'homme ou les animaux d'élevage ? ALICE VETTORETTI

----- 1. Lire le dossier « Hydrogène : les promesses de l'eau », Sciences Ouest n°359, février 2018.  
2. Équipe MaCSE (Matière condensée et systèmes électroactifs) de l'Institut de sciences chimiques de Rennes.  
3. Composant de l'urine. Gabriel Loget, gabriel.loget@univ-rennes1.fr



# LES ESPÈCES MENACÉES




## 21 % DES ESPÈCES AU RISQUE D'EXTINCTION CONNU SONT MENACÉES

Depuis 2015, la Bretagne dispose de listes rouges pour certains groupes d'espèces bénéficiant de suffisamment de connaissances. Grâce à ces listes, près de 1 700 espèces bretonnes ont désormais un risque de disparition connu.

 **En savoir plus :**  
[tinyurl.com/EspeciesBretagne](http://tinyurl.com/EspeciesBretagne)

### RESTEZ CONNECTÉS !

-  [facebook/AtlasEnvironnementBretagne](https://facebook.com/AtlasEnvironnementBretagne)
-  [facebook/EcocitoyensBretagne](https://facebook.com/EcocitoyensBretagne)
-  [twitter.com/bretagne\\_enviro](https://twitter.com/bretagne_enviro)
-  [linkedin.com/company/ObservatoireEnvironnementBretagne](https://linkedin.com/company/ObservatoireEnvironnementBretagne)

Source : BV-SEPNB coord. (2015) ; GMB coord. (2015) ; CBNB (2015) ; Gretia coord. (2019)  
Réalisation : Observatoire de l'environnement en Bretagne, octobre 2019.

# Les bateaux militaires volent



SPORTOGRAPHYTV

Les marins lorientais engagés dans le projet eFlyco ont testé le navire de SEAir dans plusieurs conditions.

**INNOVATION** Grâce aux foils de la société SEAir, les bateaux de la Marine nationale s'élèvent au-dessus de l'eau.

« **U**n jour, tous les bateaux voleront. » Cette phrase du navigateur Éric Tabarly en 1987 est la devise de la société SEAir, créée par Richard Forest il y a trois ans<sup>1</sup>. Cette entreprise lorientaise conçoit des foils rétractables et orientables, qui donnent des ailes aux bateaux à moteur. L'innovation a été remarquée par la Marine nationale. Depuis le mois de septembre, SEAir mène le projet eFlyco avec les marins du FuscoLab, pour équiper les bateaux militaires d'intervention. Ce laboratoire d'innovation de la force des fusiliers marins et commandos a été inauguré en octobre à Lorient.

## Trois à quatre foils par navire

Les foils sont des ailerons situés sous le bateau. Celui-ci s'élève alors au-dessus de l'eau, à mesure qu'il prend de la vitesse. « *Le foil fonctionne comme*

*une aile d'avion*, indique Richard Forest. *Pour voler, un avion n'est pas pourvu d'ailes planes, mais d'ailes dissymétriques, avec une face bombée et l'autre non.* » L'intérêt ? Avec la vitesse, la dissymétrie permet de créer une différence de pression entre les deux faces de l'aile. Et d'attirer l'avion ou le bateau vers le haut, plutôt qu'au sol ou dans l'eau. Pour voler, un bateau doit être pourvu de trois à quatre foils.

## Libérer des otages

Quand une embarcation tape moins l'eau grâce aux foils, elle gagne en stabilité, confort, discrétion et vitesse. Des avantages très appréciés pour

1. Lire « Il fait voler les bateaux », *Sciences Ouest* n°357.

2. Cette organisation repère les innovations utiles aux Forces spéciales.

3. Direction générale de l'armement.

**Richard Forest présente un foil, cette aile marine qui propulse le navire vers le haut.**



CLAIRE GUÉROU

les Forces spéciales, par exemple quand elles abordent des navires pour libérer des otages ou chercher de la drogue.

Après avoir gagné en 2018 le concours de l'association Le Cercle de l'arbalète<sup>2</sup>, et avoir fait tester sa technologie par la base des fusiliers marins et commandos, SEAir a signé un contrat avec la DGA<sup>3</sup> l'été dernier. L'entreprise étudie maintenant sous toutes les coutures le bateau d'intervention des Forces spéciales, "l'Etraco", avant d'y installer ses foils et de nouveaux systèmes de contrôle.

En l'état actuel, les foils conçus par SEAir sont placés trop près des flotteurs de l'embarcation. « *En cas d'arrondissement, ils risquent de taper violemment contre la coque de l'autre bateau et de mettre en danger les soldats.* » L'astuce consiste à adapter l'emplacement et le système de contrôle des foils à l'embarcation militaire. Le but ? Faire décoller un bateau d'intervention d'ici un an.

CLAIRE GUÉROU

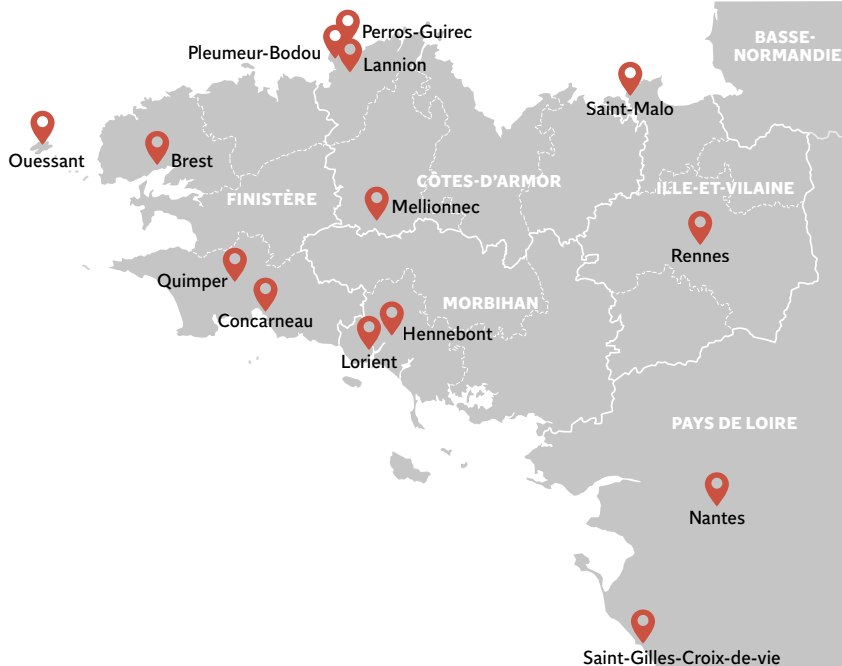
## CONTACT

Richard Forest, richard@seair.fr



# Sciences Ouest

LE MAGAZINE DE L'ACTUALITÉ SCIENTIFIQUE EN BRETAGNE



Pour diffuser Sciences Ouest, contacter [sciences-ouest@espace-sciences.org](mailto:sciences-ouest@espace-sciences.org)

## Les points de vente

**Brest** → Océanopolis  
Port de Plaisance du Moulin Blanc  
**Concarneau** → Librairie Le Livre et La Plume  
1, place Jean Jaurès  
**Hennebont** → Mag Presse  
12, rue du Puits Ferré  
**Lannion** → Librairie Gwalarn  
15, rue des Chapeliers  
**Lorient** → Librairie Coop Breizh  
60, rue du port  
**Mellionec** → Librairie Le temps qu'il fait  
12, place de l'église  
**Nantes** → Librairie Durance  
4, allée d'Orléans  
**Nantes** → Librairie Vent d'Ouest  
5, place du Bon Pasteur  
**Ouessant** → Maison de la presse  
Place de l'église  
**Perros-Guirec** → Maison de la presse  
14, place de la mairie  
**Pleumeur-Bodou** → Cité des Télécoms  
Parc du Radôme  
**Quimper** → Librairie Coop Breizh  
16, rue Elie Fréron  
**Rennes** → Les Champs Libres  
10, cours des Alliés  
**Rennes** → Librairie L'Encre de Bretagne  
28, rue Saint-Melaine  
**Rennes** → Librairie Le Forum du livre  
Centre commercial de la Visitation  
**Rennes** → Librairie Le Failler  
8-14, rue Saint-Georges  
**Saint-Grégoire** → Centre E.Leclerc  
Z1 Nord, rue de l'étang  
**Saint-Gilles-Croix-de-Vie** → Maison de la presse  
3, boulevard Pompidou  
**Saint-Malo** → Librairie Le Porte-Plume  
78, rue Georges Clémenceau

UNIVERSITÉ DE  
**RENNES 1**

## CAFÉ INFO

Reprendre ses études  
pour **monter en  
compétences**,  
obtenir un diplôme pour  
**valoriser ses acquis...**

L'université a beaucoup  
à offrir à votre évolution  
professionnelle.

Autour d'un café,  
on vous dit tout sur  
les financements,  
l'alternance, la VAE...

**Université de Rennes 1**  
Service formation  
continue et alternance

02 23 23 39 50

**formation-continue.**  
**univ-rennes1.fr**

**fcu** La formation  
continue  
à l'université

## ABONNEZ-VOUS AU MENSUEL Sciences Ouest



**Abonnement  
papier + numérique**

**27 € / 1an**  
au lieu de 30 €

**OUI, je souhaite m'abonner à Sciences Ouest pour :**

- 1an** (10 numéros) **27 €**       **1an au tarif réduit 19 €**  
(Étudiant, - 26 ans, demandeur d'emploi.)
- 2ans** (20 numéros) **50 €**       **Newsletter** mensuelle

Mme     M.

Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_

N° Abonné (renouvellement) \_\_\_\_\_

Organisme (professionnels) \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code postal \_\_\_\_\_ Ville \_\_\_\_\_

Tél. \_\_\_\_\_ E-mail\* \_\_\_\_\_

\* Champ obligatoire

À envoyer à Loren Costiou, service abonnement Espace des sciences, Les Champs Libres, 10, cours des Alliés, 35000 Rennes. Ou par courrier électronique à : [abonnement@espace-sciences.org](mailto:abonnement@espace-sciences.org) / Renseignements au 02 23 40 66 40

**Je peux aussi m'abonner ou acheter un numéro de Sciences Ouest sur [www.espace-sciences.org/boutique](http://www.espace-sciences.org/boutique)**

*Vous disposez d'un droit d'accès et de rectification des données que vous avez transmises, en adressant un courrier à l'Espace des sciences. Les informations requises sont nécessaires pour la mise en place de votre abonnement. Nous nous engageons à ne pas diffuser vos coordonnées à d'autres organismes ou sous-traitants.*



# Les maths sont partout

L'Année des mathématiques  
2019-2020 a commencé.  
Elles sont indispensables  
pour comprendre le monde.  
Les explications de Rémi  
Carles, chercheur CNRS  
à l'Institut de recherche  
mathématique de Rennes.

L'aérodynamisme d'un triangle,  
révélé grâce à des équations. Cette image  
illustre les recherches du mathématicien  
Léo Nouveau (lire p. 21).





## Sont-elles vraiment à la portée de tous ?

L'idée reçue que certains seraient plus forts que d'autres en mathématiques est présente dès l'école. Le stéréotype « *les maths ne sont pas pour les filles* » se fige vers dix ans. Lors d'une expérience, deux groupes mixtes d'élèves ont reproduit sur une feuille blanche des formes prévisualisées (triangles, ronds, carrés, etc.). Ce test a été présenté comme un exercice de géométrie au premier groupe, et comme du dessin au second. Résultat, dans le premier groupe les garçons ont réussi trois fois mieux que les filles, alors que dans le deuxième le taux de réussite a été identique ! Nos clichés sur les maths affectent les performances des filles, qui sous-estiment leurs capacités.

## L'inégalité homme-femme persiste ?

Elle a des conséquences importantes sur le recrutement à notre niveau, car peu de femmes se spécialisent en maths<sup>6</sup>. En Bretagne, le plus grand laboratoire est à Rennes où travaillent environ 130 chercheurs ou enseignants-chercheurs permanents. À Nantes, il y a une soixantaine de mathématiciens. Les femmes y sont toujours trop peu nombreuses ! Au CNRS, elles représentent à peine 20 % des mathématiciens<sup>7</sup>. À l'université, la situation dramatique du recrutement ne permet pas d'améliorer la place des femmes. Par contre, une fois recrutée, une mathématicienne a autant de chances d'être promue qu'un homme.

## Au lycée<sup>8</sup>, les maths sont désormais facultatives...

Il est clair qu'il fallait réfléchir à leur place dans l'enseignement. Mais les trois sociétés savantes en mathématiques<sup>9</sup>, ainsi que la Société française de physique et l'Académie des sciences sont inquiètes. Les mathématiques sont un langage dont le manque de maîtrise est un handicap pour étudier n'importe quelle science aujourd'hui.

## Vous ne semblez pas optimiste !

Être familiarisé avec les mathématiques est une source de liberté intellectuelle et d'autonomie. Il est plus facile de manipuler une population qui n'a pas de culture scientifique...

MARION GUILLAUMIN

## CONTACT

Rémi Carles, remi.carles@math.cnrs.fr

## « La recherche doit entrer dans les lycées »

Pour renforcer le lien entre les mathématiciens et les enseignants en collège et lycée, l'INSMI<sup>1</sup> organise l'Année des mathématiques, qui vient de démarrer<sup>2</sup>. « Cette initiative fait suite au rapport publié par Cédric Villani et Charles Torossian, explique Françoise Dal'Bo, professeur des universités à l'Irmar<sup>3</sup>. La recherche doit entrer dans les établissements scolaires. Nous travaillons ensemble, notamment pour préparer les élèves au grand oral du baccalauréat<sup>4</sup>. » Des rencontres sont prévues en Bretagne jusqu'en mai 2020.

« Pour découvrir le monde des maths, l'élève doit se libérer de ses questions, sans aucune crainte, poursuit la mathématicienne. À son professeur de les entendre. » Plus question de présenter les maths comme un « produit fini », mais plutôt comme un chemin. Celui de la démonstration des théorèmes, de leur histoire et de leurs effets. « Dans la recherche on essaie, on se trompe... Les maths sont un chantier ! »

### Enseigner autrement

Afin de passer ce message, le Centre Henri Lebesgue diffuse des vidéos<sup>5</sup> et l'Irem<sup>6</sup> expérimente des Labomaths. À Rennes, ces lieux d'échanges entre enseignants et chercheurs vont s'implanter au collège Les Chalais et au lycée Émile Zola. En février, Françoise Dal'Bo animera un séminaire avec un professeur du lycée Chateaubriand. Des formations seront proposées aux enseignants de mathématiques de toute l'académie.

« Cette Année des mathématiques peut marquer le début d'une nouvelle ère, pour enseigner autrement. » C'est aussi l'occasion de rappeler que les maths mènent à de nombreux métiers et qu'elles ne sont pas réservées aux hommes<sup>7</sup> !

MARION GUILLAUMIN



MARION GUILLAUMIN

La mathématicienne Françoise Dal'Bo participe à l'Année des mathématiques à Rennes.

----- 1. Institut national des sciences mathématiques et de leurs interactions du CNRS. 2. Lancée début octobre, elle est organisée avec le ministère de l'Éducation nationale et de la jeunesse. 3. Institut de recherche mathématique de Rennes (Université de Rennes 1, CNRS). 4. Cette épreuve est l'une des nouveautés de la réforme du baccalauréat. 5. En ligne sur [www.lebesgue.fr/fr/5min](http://www.lebesgue.fr/fr/5min) 6. Institut de recherche sur l'enseignement des mathématiques. 7. Avec notamment les Rendez-vous des jeunes mathématiciennes à l'ENS de Rennes. Françoise Dal'Bo, [francoise.dalbo@univ-rennes1.fr](mailto:francoise.dalbo@univ-rennes1.fr)

1. Nombres qui ne sont divisibles que par un et eux-mêmes.

2. Formes découpées dont les motifs sont similaires à des échelles d'observation de plus en plus fines.

3. Par exemple la méthode du pivot de Gauss, présentée par le mathématicien allemand Carl Friedrich Gauss au 19<sup>e</sup> siècle.

4. Institut national des sciences mathématiques et de leurs interactions du CNRS.

5. Ce laboratoire sans murs vise à fédérer les activités interdisciplinaires.

6. Lire « Chercheuses : leur combat pour l'égalité », *Sciences Ouest* n°368, janvier 2019.

7. Le CNRS recrute chaque année environ une quinzaine de jeunes chercheurs et chercheuses en mathématiques sur l'ensemble du territoire français.

8. Suite à la réforme mise en place cette année par le gouvernement.

9. Société française de statistiques, société des mathématiques appliquées et industrielles et société mathématique de France.



# Des maths pour améliorer les images satellite



CLAIRE GUÉROU

Jamila Mifdal vient de soutenir sa thèse, encadrée par Bartomeu Coll (à gauche) et Jacques Froment.

## Des mathématiciens vannetais ont développé une technique pour traiter les images satellite.

**M**ême loin du sol, les satellites délivrent des images nettes, aux couleurs proches de la réalité. Comment est-ce possible ? Grâce au traitement d'images réalisé par les mathématiciens. C'est le travail de Jacques Froment, chercheur au LMBA<sup>1</sup> à Vannes, et de sa doctorante Jamila Mifdal, qui a soutenu sa thèse<sup>2</sup> le 25 novembre.

### Fusionner les photographies

« Certains satellites ont deux types de capteurs, explique Jacques Froment.

*Le premier est "multispectral" : il a une bonne résolution spatiale, mais un mauvais spectre de couleurs. C'est l'inverse pour l'autre type de capteurs.* » Pour obtenir une image satellite, il faut fusionner les photographies prises par les deux capteurs, au même moment.

Pour cela, les mathématiciens utilisent une équation nommée "fonctionnelle d'énergie". Prenons l'exemple d'une image capturée par un téléphone. Si vous réalisez une photo de loin en zoomant, ou que vous bougez, la photo sera de mauvaise qualité et ses pixels seront dégradés. L'enjeu est de « reconstruire les données manquantes. » C'est ici que l'équation intervient. En prenant en compte l'image de départ, trop zoomée ou pixellisée, l'équation associe une valeur à une nouvelle image. Quand cette valeur est faible,

l'image est proche de la réalité. Dans le cas de l'image satellite, l'équation fusionne les images prises par les deux types de capteurs, pour aboutir à une image proche de la réalité. Est alors ajouté dans cette équation un terme dit "de régularisation" : il rend la solution unique. C'est ce terme que Jamila Mifdal et Jacques Froment ont affiné. L'image obtenue est ensuite comparée à une autre, prise par un avion à basse altitude, avec une meilleure résolution.

### Un problème du 18<sup>e</sup> siècle

L'autre méthode appliquée par les scientifiques est dite "de transport optimal". Elle s'inspire d'un problème formulé au 18<sup>e</sup> siècle par le mathématicien Gaspard Monge : comment optimiser le transport d'un tas de sable, d'un endroit à un autre ? Dans le cas des images satellite, les chercheurs calculent un point d'équilibre<sup>3</sup> entre les deux images, en se servant d'une distance<sup>4</sup> définie par le problème de transport optimal. Autrement dit, une image où chaque pixel est à l'équilibre entre sa résolution spectrale et sa résolution spatiale. L'intérêt ? « Les images modifiées par "transport optimal" sont naturelles, sans parasite ».

En s'appuyant sur les résultats de la thèse de Jamila Mifdal, ces méthodes pourraient s'appliquer à d'autres cas. « Une entreprise qui réalise des IRM vétérinaires nous a contactés », indique Jacques Froment. Quel est le lien avec les satellites ? Dans les deux cas, la prise de vue suit un mouvement. En effet, un animal ne reste jamais immobile pendant l'examen. « La méthode de transport optimal va intégrer naturellement l'aspect du mouvement dans le traitement de l'image », indique Jacques Froment. Les mathématiques sont décidément partout.

CLAIRE GUÉROU

1. Laboratoire de mathématiques Bretagne Atlantique.

2. Bartomeu Coll, chercheur à l'Université des îles Baléares (Espagne) a co-encadré la thèse.

3. Le barycentre.

4. Dite "de Wasserstein".

### CONTACT

Jacques Froment, 02 97 01 71 38, jacques.froment@univ-ubs.fr

# L'ordinateur quantique attaque

## Les cryptographes anticipent l'arrivée d'ordinateurs surpuissants aux mains des pirates.

L'ordinateur quantique devient réalité. En octobre, le géant américain Google l'a montré, grâce à une expérience. Pour faire simple, disons qu'il s'agit d'une informatique nouvelle, qui n'est plus basée sur des 0 et des 1 mais sur des unités pouvant avoir plus de deux valeurs. Ce changement est loin d'être anodin ! Il ouvre la possibilité d'une puissance de calcul quasiment infinie, en comparaison de ce qui se fait actuellement. Les cryptographes, chercheurs en mathématiques et créateurs des codes informatiques qui protègent nos données, suivent cela de près.

### Pirate informatique

Le mathématicien Sylvain Duquesne, directeur de l'Irmar<sup>3</sup> à Rennes, explique le problème. « *Le principe de la sécurité*

*informatique, ce sont des opérations successives réalisées sur le message à cacher.* » Ces opérations sont simples à faire et à défaire, mais uniquement pour celui qui a la "clef", autrement dit le bon enchaînement des opérations. Le pirate informatique, lui, doit essayer toutes les possibilités. Cela peut être très long, car les nombres utilisés possèdent plusieurs centaines de chiffres.

L'ordinateur quantique posera un problème quand il se retrouvera entre de mauvaises mains. Car même avec ces nombres incroyables, et en multipliant les opérations entre le message "en clair" et le message crypté, cet ordinateur serait un jour capable de calculer tout cela en très peu de temps ! La protection à long terme des données d'aujourd'hui nécessite de se protéger contre la puissance de calcul de demain.

### Changer de méthode pour résister

Les chercheurs en cryptographie luttent contre un adversaire qui n'existe pas encore. Heureusement, ces mathématiciens ont plusieurs cordes à

leur arc. Pour les expliquer, Sylvain Duquesne revient sur les opérations successives qui cryptent les messages. « *Aujourd'hui, la sécurité est basée sur des grands nombres premiers ou sur les points sur une courbe particulière, appelée courbe elliptique. Les opérations successives sont ensuite réalisées sur ces nombres ou ces points. Pour résister à un ordinateur quantique, il faut changer de méthode.* »

Le professeur de mathématiques s'attelle aux transformations entre courbes elliptiques. En effet, chaque opération appliquée sur la courbe elle-même va en donner une nouvelle. Cette transformation est répétée plusieurs fois. Pour celui qui connaît la clef, il est très simple de revenir à la courbe initiale. Pour le pirate, même équipé d'un ordinateur quantique, c'est quasiment impossible.

BAPTISTE CESSIEUX

### CONTACT

Sylvain Duquesne, 02 23 23 60 14, [sylvain.duquesne@univ-rennes1.fr](mailto:sylvain.duquesne@univ-rennes1.fr)

1. Institut de recherche mathématique de Rennes.

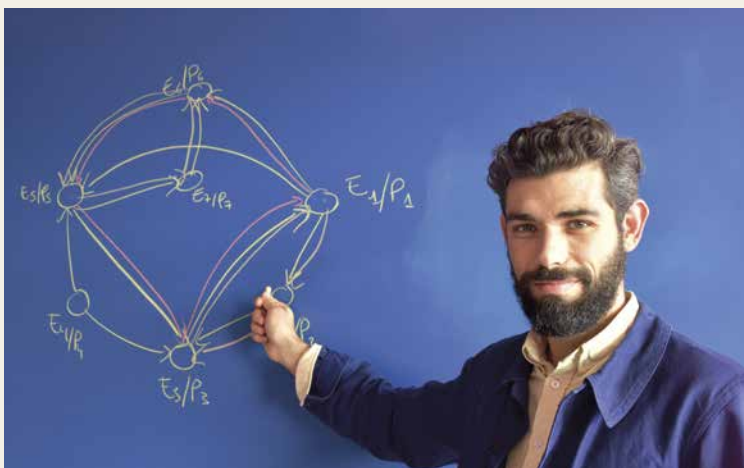


BAPTISTE CESSIEUX

Pour garantir la sécurité informatique, Sylvain Duquesne prépare la défense contre les ordinateurs surpuissants du futur.



# Les maths facilitent le don d'organes



BAPTISTE CESSIEUX

Jérémie Omer cherche des solutions pour la médecine d'urgence et la gestion des organisations.

Quel est le rapport entre le don d'organes et les mathématiques ? Une méthode nommée "l'optimisation discrète", qui met en équations des échanges entre donneurs d'organes et receveurs. C'est sur ce point que s'attelle le maître de conférences<sup>1</sup> Jérémie Omer, dans son bureau de l'Insa<sup>2</sup> à Rennes. « Mon but est d'aider

à prendre la décision la plus efficace possible, grâce aux mathématiques. Les donneurs d'organes potentiels sont des parents du receveur, explique le chercheur. Mais il y a un problème : ils ne sont pas toujours compatibles. Il est alors nécessaire trouver d'autres donneurs potentiels. » Jusqu'à deux binômes de donneurs-receveurs,

l'équation reste simple. Cela devient complexe quand on multiplie les protagonistes pour créer un cycle de transfert d'organes. « L'idée consiste à trouver le système d'échange le plus robuste possible. Un don d'organe peut être empêché pour de multiples raisons. Et si un seul binôme se retire, tout le cycle s'arrête. » Le mathématicien a mis au point un algorithme, qui transforme ce problème en équations à résoudre. Il est ainsi plus facile de créer un nouveau cycle, pour que les autres greffes puissent avoir lieu. L'algorithme, appliqué ici à la santé, sert aussi pour les ressources humaines. Jérémie Omer propose cette méthode pour maximiser les mutations volontaires au sein d'une organisation, entreprise ou collectivité. Elle est appliquée à l'Insa et à la métropole de Rennes.

BAPTISTE CESSIEUX

----- 1. À l'Institut de recherche mathématique de Rennes (Irmr). 2. Institut national des sciences appliquées. Jérémie Omer, 02 23 23 88 37, jeremy.omer@insa-rennes.fr

## Une simulation plus efficace avec moins de calculs

Pour estimer le réchauffement climatique, prévoir la météo ou calculer l'aérodynamisme d'une pale d'éolienne, les scientifiques utilisent des simulations informatiques. Elles mobilisent d'énormes puissances de calcul ! Les recherches conduites à l'Irmr<sup>1</sup> visent à les alléger.

### La méthode des frontières immergées

« Aujourd'hui, l'industrie utilise des méthodes de simulation dites conformes, explique Léo Nouveau, maître de conférences à l'Irmr et à l'Insa<sup>2</sup>. Il est possible de faire plus simple avec la méthode des frontières immergées. » Dans une simulation, chaque élément est comme un point d'une gigantesque

toile d'araignée. Avec une méthode conforme, le déplacement d'un point entraîne tous les fils auxquels il est attaché et fait bouger l'ensemble. C'est pratique, car il est alors possible de simuler précisément le déplacement d'un objet. Mais plus un objet s'éloigne de sa position initiale, plus la simulation devient complexe ! Les ordinateurs tournent à plein régime. « Avec la méthode des frontières immergées, les points ne bougent plus, détaille le mathématicien. Nous utilisons une approximation, en fonction du point le plus proche de l'objet. » Ainsi simplifiée, la simulation peut être faite dans la durée. « Mon but est de garder une grande précision, en un minimum de temps de calcul. » Grâce à cette ap-

proche, la simulation de demain apportera des résultats précis, en dépensant moins d'énergie.

BAPTISTE CESSIEUX



BAPTISTE CESSIEUX

Léo Nouveau cherche à réduire les temps de calcul des supercalculateurs.

----- 1. Institut de recherche mathématique de Rennes. 2. Institut national des sciences appliquées. Léo Nouveau, leo.nouveau@insa-rennes.fr

# « Il faut rester en éveil et continuer à apprendre »

MARIE KERJEAN, 29 ANS. Originaire de Landerneau, la mathématicienne du Laboratoire des sciences du numérique de Nantes a reçu une bourse Jeunes talents du programme L'Oréal Unesco pour les femmes et la science.



## 1 Qu'auriez-vous fait si vous n'aviez pas été chercheuse ?

J'ai voulu être archéologue, mais j'aimais aussi la philo et les maths. Il y a des similitudes entre comprendre l'agencement historique d'une muraille et résoudre un théorème !

## 2 Qu'avez-vous trouvé ?

Je veux rapprocher les maths utilisées pour la physique de celles de l'informatique. Les premières sont dites "continues", car les événements traités sont reliés. Les secondes sont "discrètes" : elles traitent un grand nombre de données. J'utilise des structures mathématiques pour rapprocher ces deux mondes.

## 3 Le hasard vous a-t-il déjà aidé ?

Il m'arrive de lire un ouvrage scientifique ou d'assister à un séminaire, en dehors de mon domaine. Parfois, je vois quelque chose qui fait sens pour moi, dans les recherches d'une autre personne. C'est rare, mais c'est génial ! Il faut rester en éveil, continuer à apprendre et stimuler ces hasards-là.

## 4 Qu'avez-vous perdu ?

Je suis en postdoctorat et n'ai aucune idée de ce qui m'arrivera dans un an. Pour obtenir un emploi stable, il faut avoir des résultats, vite. Cette pression fait perdre un peu du plaisir de chercher. La recherche nécessite du temps et de pouvoir faire des erreurs.

## 5 Que vaudrait-il mieux ne pas trouver ?

Les mathématiques sont une cathédrale. Nous travaillons à partir des études de nos prédécesseurs. Le mieux serait de ne pas trouver une erreur dans des travaux déjà publiés.

## 6 Quelle découverte changerait votre vie ?

Je ne sais pas encore. J'ai des objectifs mais, une fois atteints, j'en trouverai de nouveaux. Arrivé sur un sommet, vous distinguez une chaîne de montagnes qui s'étend derrière...

## 7 Qu'est-ce qui vous ferait douter de la rationalité ?

En tant que mathématicienne, je suis immergée dans la rationalité. Mais cette culture n'est pas très présente dans la société. La démarche scientifique s'apprend et se transmet. Les chercheurs doivent faire attention à ne pas être méprisants vis-à-vis des personnes qui n'ont pas cette culture.

PROPOS RECUEILLIS PAR MARC BEYNIÉ





EXPOSITION  
RENNES

> du 1<sup>er</sup> octobre 2019 au 8 mars 2020



Une exposition réalisée par :



# En mission dans l'océan Antarctique

Parti de Concarneau, le voilier de l'expédition Antarctic Explorers est dans les quarantièmes rugissants. L'objectif est d'étudier la pollution de cet océan polaire et de sensibiliser les scolaires.

« **L**undi 25 novembre 2019, par 40°06 de latitude Sud et 58°56 de longitude Ouest. Nous venons de rentrer dans les quarantièmes rugissants et faisons voile vers les Malouines, à 10 nœuds de moyenne<sup>1</sup>. Premiers albatros vus dimanche. Ciel et mer bien gris, mais moral au beau fixe. » Ce message envoyé par l'équipage de l'expédition Antarctic Explorers (photo ci-contre) marque le début de leur aventure polaire.

## Trois aventuriers et une scientifique

Cette odyssee écologique est menée par trois aventuriers : Laurence de la Ferrière<sup>2</sup>, seule femme à avoir traversé le continent Antarctique en solitaire, le célèbre navigateur breton Éric Loizeau<sup>3</sup> et Raphaël Domjan, premier éco-explorateur à avoir effectué le tour du monde à l'énergie solaire. Ils seront épaulés dans leur mission par la scientifique Hélène Dubrasquet, spécialiste de l'évolution des algues et du plancton à l'Institut des sciences de l'environnement et de l'évolution, à Montpellier.

En cette année du bicentenaire de la découverte de l'Antarctique<sup>4</sup>, l'expédition a deux objectifs. Sensibili-

ser le grand public aux particularités du continent polaire, grand comme vingt-deux fois la France. Effectuer des prélèvements dans ses eaux glacées, encore peu étudiées. Pour cela, le voilier expéditionnaire fera escale aux îles Malouines, l'île des États face au cap Horn, l'île de l'éléphant et les îles Shetland du sud avant d'arriver sur la péninsule Antarctique.

## 30 classes en Bretagne

À ce jour, 563 classes, dont 30 en Bretagne<sup>5</sup>, suivent la mission. Des supports pédagogiques sont mis à leur disposition sur le site créé par le Futuroscope<sup>6</sup> pour découvrir les caractéristiques du plus grand désert glacé du monde, où les températures descendent sous les -90°C et les vents dépassent les 350 km/h. Les enseignants y trouveront le récit des aventuriers du Grand Sud, des documents sur la faune, la géographie ou le Traité international qui protège l'Antarctique.

## Pollution plastique et plancton

Il est à craindre que l'océan et les îles par lesquelles passera l'expédition soient pollués. C'est pourquoi Éric Loizeau

1. Soit 18,5 km/h.

2. Laurence de la Ferrière a dirigé la base polaire Dumont d'Urville entre 2008 et 2010.

3. Éric Loizeau a remporté deux étapes de course autour du monde en équipage en 1977 - 1978, dont celle du cap Horn. Il a gravi l'Everest en 2003.

4. Le 19 février 1819, le capitaine britannique William Smith découvre l'existence d'un continent austral à bord de son navire, le Williams of Blyth.

5. Neuf en Ile-et-Vilaine, huit dans le Morbihan, huit dans le Finistère et cinq dans les Côtes-d'Armor.

6. En partenariat avec la Fondation Prince Albert II de Monaco.



B. STICHELBAUT



ANTARCTIC EXPLORERS



CC-BY-SA 2.0 / LIAM QUINN

effectuera deux fois par semaine des prélèvements d'eau de mer. Analysés par un laboratoire en Hollande, ils permettront d'identifier l'existence ou non d'une pollution plastique de cette partie de l'océan Antarctique et son impact sur le plancton. Les prélèvements effectués par la biologiste Hélène Dubrasquet serviront à mieux connaître la diversité génétique des algues de ces régions et de mieux cerner les liens entre les zones subantarctique et antarctique. L'expédition se terminera fin janvier 2020, avant une web émission avec l'équipage et les classes participantes, le 4 février 2020. MB

## CONTACT

antarcticexplorers@futuroscope.fr

Le voilier va s'approcher de l'île de l'Éléphant, refuge des naufragés de l'Endurance d'Ernest Shackleton en 1916.



## Biodiversité : les écoliers enquêtent

Les élèves de quatre écoles du Finistère démarrent une enquête avec le parc naturel régional d'Armorique, jusqu'en juin prochain. Ils préparent une série d'ateliers et de quiz, à destination de leurs camarades des établissements voisins. « *Nous mettons l'accent sur la restitution et la manière de présenter son travail aux autres classes* », explique Alice Lhomme, chargée du développement culturel au sein du parc, qui organise l'événement depuis 2013.

### En breton

Les CM2 de l'école de Quimerc'h réalisent une vidéo, consacrée à la biodiversité et à sa fragilité. Les CE2 de Pont-de-Buis planchent

sur l'adaptation des hommes à leur environnement, en s'appuyant sur l'exemple de l'île d'Ouessant. De leurs recherches naîtront une vidéo et des exposés oraux, doublés en langue des signes. À Pleyben, ce sont des CM1 et CM2 qui créent un diaporama et un quiz autour de l'écosystème entourant l'école. Au Faou, c'est toute l'école, de la grande section aux CM2, qui enquête sur la diversité des écosystèmes, de l'eau douce au milieu polaire. Le résultat prendra la forme d'une chanson en breton et en langue des signes. JLG

Pour en savoir plus : [www.parc-armorique.fr](http://www.parc-armorique.fr)  
Contact : [alice.lhomme@parc-armorique.fr](mailto:alice.lhomme@parc-armorique.fr)

## Une médiation scientifique avec la 3D



Océanopolis

À Océanopolis, une médiatrice utilise la 3D pour faire découvrir les abysses sous un autre œil.

Comment mieux transmettre un message scientifique au public ? Pour répondre à cette question, Océanopolis s'est doté d'une animation 3D interactive, "Abyss 3D". Anne Rognant, conservatrice de l'aquarium de Brest, fait le bilan de l'expérience. Au cours d'une plongée dans l'obscurité jusqu'à 6000 m de profondeur, un animal surgit devant les yeux des spectateurs. D'un geste de la main, le médiateur l'attrape puis efface la partie superficielle de son corps. Le visiteur observe alors les bactéries qui peuplent l'organisme. « *Grâce au dispositif qui reconnaît la voix et les gestes du médiateur, celui-ci peut expliquer facilement la chimiosynthèse ou la bioluminescence.* » Pour obtenir les modélisations les plus réalistes possible, la conservatrice s'est tournée vers les chercheurs de l'Institut

Pierre et Marie Curie à Paris. « *Pour chacune des dix espèces présentées, il a fallu 30 à 40 allers-retours avec le développeur pour avoir le bon nombre de tentacules, les ombres, le mouvement précis...* » Les visiteurs ont rempli un questionnaire pour évaluer l'apport de la 3D. « *Sur 400 réponses, 94,8 % des personnes pensent que cette technologie aide à comprendre le message scientifique. Et 79,7 % des visiteurs considèrent que l'animation a changé leur regard sur les abysses.* » Le centre de culture scientifique brestois souhaite enrichir cette animation pour les vacances de Pâques. CG

----- 1. Lire Sciences Ouest n°373, juin 2019.

Pour en savoir plus : [www.oceanopolis.com](http://www.oceanopolis.com)  
Contact : [anne.rognant@oceanopolis.com](mailto:anne.rognant@oceanopolis.com)



### ATLAS DE L'ANTHROPOCÈNE

Comment visualiser la crise écologique majeure de notre temps ? Surpopulation, pollutions, montée des eaux, risques industriels, déclin de la biodiversité... Une centaine de cartes et de graphiques aident à comprendre l'effet de l'activité humaine sur la planète.

Francois Gemenne & Aleksandar Rankovic - Sciences Po, 2019



### BOTANISTE

Que fait un botaniste aujourd'hui ? Il collecte et décrit toujours le vivant, mais il cherche aussi à comprendre les mouvements des espèces face au réchauffement climatique. Marc Jeanson partage son quotidien, entre l'herbier du Muséum national d'histoire naturelle et le terrain.

Marc Jeanson & Charlotte Fauve Grasset, 2019



### GUÉRILLA GREEN

Reverdir, reflorir et "réguliser" la ville ! Cette BD rigolote et engagée prône une réappropriation de l'espace urbain, pour planter partout. En onze chapitres et quelques QR codes, l'agricultrice urbaine Ophélie Damblé donne des conseils pour s'investir dans cette petite guerre verte.

Ophélie Damblé & Cookie Kalkair Steinkis, 2019

PHILIPPE MATSAS / FLAMMARION



**Étienne Klein**

Physicien Directeur de recherche au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies renouvelables (CEA).

**CONFÉRENCE**

Finallyment, qu'est-ce que le vide ?

Conférence d'Étienne Klein dans le cadre des Mardis de l'Espace des sciences, le 10 décembre à Rennes. À retrouver en vidéo sur [espace-sciences.tv](http://espace-sciences.tv)



# Faire le vide

Faire le vide... L'injonction est devenue fréquente par ces temps de grand stress. Mais si l'on prend l'expression au sens littéralement physique, elle correspond à une opération qui n'a rien de simple. Car le vide physique ayant une existence propre, qui le distingue du néant, on ne saurait le créer en supprimant la totalité de ce qui est. À la fin de l'opération, il doit rester quelque chose ! Mais quoi ?

Un certain couteau de Lichtenberg peut nous aider à débusquer les premières difficultés de cette opération. « *Un couteau sans lame, auquel ne manque que le manche* », telle est la définition du vide, proposée par Georg Christoph Lichtenberg, célèbre philosophe allemand du 18<sup>e</sup> siècle. La formule contient évidemment un paradoxe, car un couteau ne saurait se composer d'autre chose que d'une lame et d'un manche. Par conséquent, si les deux manquent, il ne reste plus rien qui mérite le nom de couteau... À moins de concevoir qu'après élimination de ses parties constitutives, un couteau s'identifie finalement à l'idée résiduelle de "couteau", qui continuerait à planer, par un effet mémoire, au-dessus de son absence physique. Cette définition a beau paraître incohérente, voire burlesque, elle s'approche de notre façon habituelle d'envisager le vide : ce qui reste dans un

réceptif après avoir extrait tout ce qui peut être enlevé. Le vide serait réalisable au prix d'un évitement, aussi radical que possible, de ce que contient un volume donné.

**L'épuration progressive**

Cette façon de le concevoir a inspiré des artistes, et non des moindres. Le 12 décembre 1945, Picasso dessine un taureau, de chair et de muscles. Cinq jours plus tard, Picasso recommence et un autre taureau surgit, à la bestialité renforcée et aux volumes accentués. Suivent six autres dessins, où le taureau se trouve progressivement simplifié, déchargé de sa "graisse ontologique". Le 17 janvier 1946, le dernier taureau apparaît. Il se résume à quelques traits. Il suffirait de supprimer un seul d'entre eux pour qu'on ne perçoive plus qu'il s'agit de cet animal. Au terme d'une épuration progressive, Picasso est parvenu à une représentation minimale qui a évidé au maximum la figuration du départ. Mais le taureau est toujours là, reconnaissable.

**Un vide contaminé**

Cette idée que le vide peut être atteint par l'aboutissement d'un processus d'évidement est celle qui vient spontanément à l'esprit lorsque nous parlons du vide. Mais cette définition se révèle

théorique, car même si l'on parvenait à vider une enceinte de l'air qu'elle contient, elle serait encore emplie du rayonnement électromagnétique émis par ses parois. Le vide ainsi défini ne peut donc exister véritablement. Il est toujours contaminé par une entité, qui l'empêche d'être tout à fait vide. Il s'agit donc d'un concept idéal, résultant d'une sorte de passage à la limite : le vide serait un volume de densité rigoureusement nulle, ne contenant rien d'autre que de l'espace.

**Enlever absolument tout**

Mais si nous persistons à définir le vide comme étant ce qui reste dans un réceptif après en avoir tout extrait, nous tombons sur une autre difficulté, d'ordre logique. Si le vide existe, c'est qu'il n'est pas tout à fait rien. Il est quelque chose de particulier. Curieusement, ce "quelque chose" ne doit pas être enlevé quand on fait le vide, sous peine de faire du vide en question un pur néant... qu'il ne peut être, car puisque nous venons de dire qu'il était quelque chose ! En conclusion, pour faire le vide, il faut donc tout enlever. Absolument tout, sauf... le vide lui-même ! D'où cette question : que doit-on inclure dans ce "tout" qu'on enlève ?

Devinette : je suis un couteau sans lame, auquel il manque le manche...



Je n'sais pas... C'est le vide total pour moi.



WILLIAM AUGEL



Sciences Ouest est publié avec le soutien de la Région Bretagne, du département d'Ille-et-Vilaine et de Rennes Métropole.







## Les Jeudis de l'Espace des sciences

- 10 10 2019 La physique autrement
- 07 11 2019 Pourquoi l'Homme a-t-il besoin de la biodiversité ?
- 16 01 2020 De l'origine de nos ordinateurs : la machine de Turing
- 06 02 2020 Comment les poules et autres gallinacés peuvent nous étonner
- 09 04 2020 Des poussières interstellaires aux particules atmosphériques



L'HERMINETTE

THÉÂTRE DE SAINT-MALO



20h30



Gratuit



Réservation 02 99 81 62 61



6 place Bouvet  
Saint-Servan  
35400 St-Malo





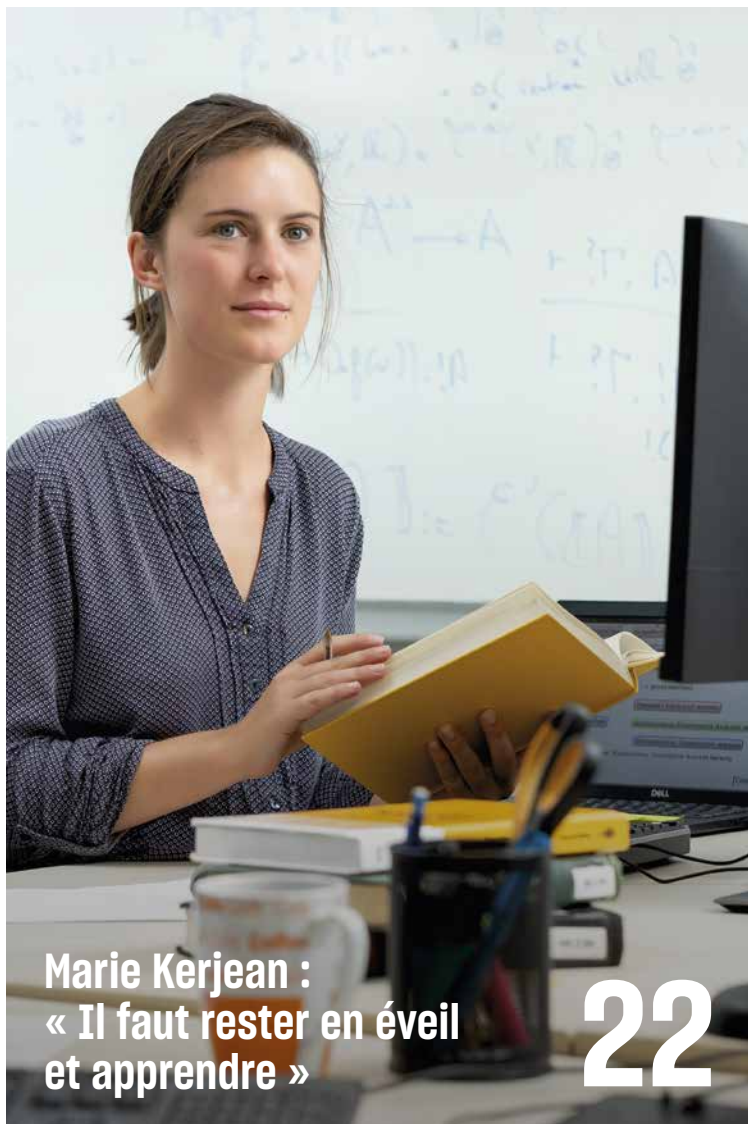
Les bateaux des militaires s'envolent

14



Une tonne de vers par hectare

6



Marie Kerjean :  
« Il faut rester en éveil et apprendre »

22

24



Une expédition scientifique dans l'océan Antarctique

Sciences Ouest n°377 | Déc 2019

R 29812 - 377 - F: 3,00€

