



**HAL**  
open science

## 2015, une année avec le CNRS en Bretagne et Pays de la Loire

Valérie Deborde, Alain-Hervé Le Gall, Véronique Dom

### ► To cite this version:

Valérie Deborde, Alain-Hervé Le Gall, Véronique Dom. 2015, une année avec le CNRS en Bretagne et Pays de la Loire. 2016, 20 p. insu-01507636

**HAL Id: insu-01507636**

**<https://insu.hal.science/insu-01507636v1>**

Submitted on 13 Apr 2017

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**2015, une année  
avec le CNRS  
en Bretagne et  
Pays de la Loire**



[www.cnrs.fr](http://www.cnrs.fr)

**CNRS**

**Délégation Bretagne  
et Pays de la Loire**

Parc Alcyone

CS 26936

1, rue André et Yvonne Meynier

35069 Rennes Cedex

T 02 99 28 68 68

F 02 99 28 68 01

[www.dr17.cnrs.fr](http://www.dr17.cnrs.fr)

 @CNRS\_dr17

## **2015, une année avec le CNRS en Bretagne et Pays de la Loire**

est un complément régional au rapport  
d'activité 2015 une année avec le CNRS

Directeur de la publication

Directrice de la rédaction

Responsable éditoriale

Rédacteurs

Alain Fuchs

Clarisse David

Valérie Deborde

Véronique Dom

Alain-Hervé Le Gall

Les textes présentés dans ce document sont déclinés d'après  
des communiqués de presse, brèves, "En direct des laboratoires", et de  
textes par les laboratoires ou les partenaires.

La maquette graphique est déclinée d'après la création de Sarah Landel.



**Clarisse David,  
déléguée régionale  
du CNRS en Bretagne  
et Pays de la Loire**

Cette nouvelle édition "2015, une année avec le CNRS en Bretagne et Pays de la Loire" vous fera découvrir quelques faits marquants issus de nos laboratoires dans les domaines du vivant, sociétés et numérique, matière et Terre et univers.

Tous ces résultats sont le fruit d'une recherche menée en lien étroit avec nos partenaires de l'enseignement supérieur et de la recherche bretons et ligériens, unis derrière le projet fédérateur de Communauté d'universités et d'établissements Bretagne Loire (UBL). Ces projets ont bénéficié du soutien de l'Union Européenne, des régions Bretagne et Pays de la Loire et de l'Agence nationale de la recherche. De plus, les collaborations de recherche avec le tissu socio-économique peuvent apporter des réponses aux besoins de la société grâce à des innovations et des transferts de technologie possibles à travers la participation du CNRS à la SATT Ouest valorisation et à l'IRT Jules Verne.

Enfin, je tiens à souligner que les fortes activités et visibilité internationale de la recherche bretonne et ligérienne ne seraient pas sans l'engagement de femmes et d'hommes au service de la recherche au sein de nos laboratoires, inventifs et créatifs, tout en partageant aussi leurs connaissances auprès de la société à travers d'actions de culture scientifique et technique.

Je vous souhaite à tous une excellente lecture à travers tous les champs disciplinaires du CNRS.

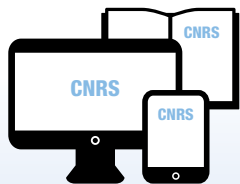
## **LE MOT D'ALAIN FUCHS**

Président du CNRS

*« Le CNRS demeure un partenaire national et international déterminant qui apporte une réelle plus-value dans les sites. Il endosse un rôle de stratège qui passe, au plan local, par une relation authentiquement partenariale avec les différentes composantes de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. »*

# CHIFFRES CLÉS

Pour la circonscription Bretagne et Pays de la Loire au 31/12/2015



## 3008

publications  
par an en moyenne

sur la période 2013-2014 dont plus de la moitié est cosignée avec au moins

un laboratoire  
étranger

Source : données SCI Expanded -CPCI-S (Thomson Reuters) – traitement CNRS / SAP2S et INIST

## 131

millions  
d'euros  
de budget

en 2015



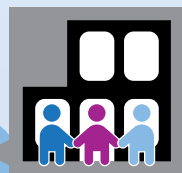
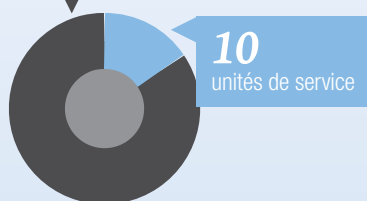
Source : CNRS / DR17 SFC

dont  
**35,7 millions  
d'euros**  
financés sur ressources  
propres

## 61

unités  
de recherche  
et de service

51  
unités de recherche



## 100%

sont en partenariat avec des établissements d'enseignement supérieur et de recherche

## 11

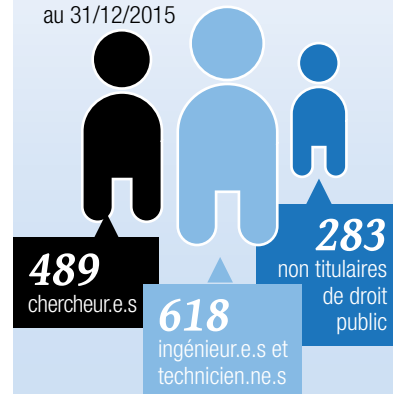
laboratoires internationaux associés avec l'Afrique du Sud, l'Allemagne, le Chili, la Chine, le Danemark, les Etats-Unis, la Pologne, le Royaume-Uni et la Russie.

Source : Labintel au 31/12/2015 - traitement CNRS / SAP2S

## 1390

personnels

au 31/12/2015



Source : CNRS ZENTO/ DRH-OMES

## 1948

doctorant.e.s

## 189

post-doctorant.e.s



Source : Labintel au 31/12/2015 - traitement CNRS / SAP2S

# SOMMAIRE



**277**

**contrats**

dont

**35**

**internationaux**



**84**

**brevets**

au 31/12/2015

**5**

**start-up**

créées en 2015

Source : CNRS SPV DR17 et INPI



**4** Temps forts scientifiques  
et institutionnels

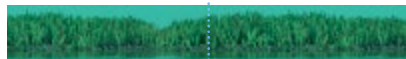


**6** Terre et Univers



**8** Matière

**10** Sociétés et numérique



**12** Vivant

**14** Acteur du développement  
économique

**16** Un partenariat renforcé avec  
les universités  
Rayonnement sans frontières

**17** La science autrement

**18** Liste des laboratoires

# TEMPS FORTS SCIENTIFIQUES ET INSTITUTIONNELS



Protistes et larves  
planctoniques récoltés au  
cours de l'expédition Tara

## PREMIERS RÉSULTATS SCIENTIFIQUES DE L'EXPÉDITION TARA OCEANS

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. Les chercheurs de la Station biologique de Roscoff et de l'Institut universitaire européen de la mer ont participé à l'expédition Tara Océan.

### L'Institut polaire français et la Station biologique de Roscoff à la COP21

Sur le stand commun au Bourget dans les espaces « Générations climat » ouverts à tous, l'Institut polaire français a été présent autour du thème Océan et Climat. Le directeur de l'IPEV Yves Frenot a participé à une table ronde autour du projet de Wild Touch en Antarctique, les photographes Vincent Munier et Laurent Ballesta étant en Terre Adélie pour transmettre leur vision de cet environnement magique. Deux chercheurs de la Station biologique de Roscoff, Philippe Potin et Noan Le Bescot, sont intervenus lors des tables rondes de la Journée de l'Océan.



Mur végétal de 800m<sup>2</sup> qui est installé sur la façade  
du Musée du quai Branly

### COP21 : Les infrastructures vertes, une solution pour les villes résilientes de demain

Les infrastructures vertes jouent un rôle majeur en faveur d'un développement urbain résilient aux effets du changement climatique. Des représentants de collectivités de trois continents ont partagé leur perception des enjeux liés aux multiples usages de ces espaces et expliqué leur stratégie pour un développement intégré et concerté de leur territoire autour de ces infrastructures vertes. Hervé Quéol du laboratoire Littoral, environnement, géomatique, télédétection a fait partie des intervenants dans le cadre de l'Espace Négociation au Bourget.

## Algoculture urbaine : le pavillon

### AlgoNOMAD exposé à « Paris de l'Avenir »

Pendant toute la durée de la COP21, une exposition grand public de grande ampleur a été organisée au pied de l'Hôtel de Ville pour illustrer les actions engagées de la Ville de Paris et de ses partenaires dans la lutte contre le changement climatique. Du Paris du présent au Paris du futur, le public a pu déambuler dans une ville sobre en carbone et en énergie, adaptée aux dérèglements climatiques de demain. Symbiose innovante entre microalgues et bâtiment, le projet SymbIO2 développe la culture des microalgues au sein de biofaçades, en tirant pleinement profit des échanges thermiques et chimiques avec le bâtiment hôte. L'objectif du projet est d'améliorer les qualités environnementales du bâtiment et de proposer une solution économique alternative aux algoculteurs.

Inventées par XTU Architects, ces « biofaçades » sont aujourd'hui développées au sein du consortium SymbIO2. Cette technologie a été développée par XTU avec le laboratoire de Génie des procédés - environnement - agroalimentaire GEPEA.



Le pavillon AlgoNOMAD, avec sa biofaçade à micro-algues, exposé pendant la COP21 sur le parvis de l'Hôtel de Ville de Paris dans le cadre de l'exposition "Paris de l'Avenir"

## TALENT DU CNRS 2015

# La médaillée de bronze

### SUSANA COELHO

#### Chercheuse en biologie marine

Comment les sexes se sont-ils différenciés au cours de l'évolution ? Les travaux de Susana Coelho sur la régulation du cycle de vie et le contrôle génétique du sexe chez les algues brunes pourraient apporter des éléments de réponse décisifs. En effet, la richesse des caractéristiques sexuelles de ces végétaux primitifs offre un éclairage nouveau sur les modes de reproduction et les cycles de vie présents chez les eucaryotes.

Après un doctorat obtenu en 2003 à l'université de Plymouth et un post-doctorat réalisé entre le Royaume-Uni et la Station de biologie marine de Roscoff (CNRS, UPMC) où elle travaille actuellement, Susana Coelho est recrutée par le CNRS en 2008. Là, l'équipe qu'elle dirige identifie les régions du génome de l'algue brune qui déterminent son sexe et décrypte les mécanismes moléculaires qui mènent à l'alternance de générations productrices de spores et de gamètes chez l'algue *Ectocarpus*. Ses travaux ont contribué à faire de cette algue un organisme modèle unique pour sonder l'origine de la sexualité chez les êtres vivants. Cet apport important à la biologie de la reproduction a été reconnu par l'attribution à Susana Coelho d'une Starting Grant de l'ERC en 2014.



Portrait vidéo [http://www.dailymotion.com/video/x3c7ezl\\_susana-coelho-chercheuse-station-biologique-de-roscoff\\_school](http://www.dailymotion.com/video/x3c7ezl_susana-coelho-chercheuse-station-biologique-de-roscoff_school)





↑ La comète Churyumov-Gerasimenko

## PREMIERS RÉSULTATS SCIENTIFIQUES DE PHILAE : TCHOURI SE RÉVÈLE... DIFFÉRENTE

Des molécules organiques inédites sur une comète, une structure assez variée en surface mais plutôt homogène en profondeur, des composés organiques formant des amas et non dispersés dans la glace... ce sont quelques-uns des résultats issus des premières données de Philae à la surface de la comète « Tchouri ». Réalisés dans le cadre de la mission Rosetta de l'ESA, ces travaux ont mobilisé des chercheurs du CNRS, d'Aix-Marseille Université, de l'Université Joseph Fourier, de l'Université Nice Sophia Antipolis, de l'UPEC, de l'UPMC, de l'Université Paris-Sud, de l'Université Toulouse III – Paul Sabatier et de l'UVSQ, avec le soutien du CNES. Ils ont été publiés au sein d'un ensemble de huit articles dans la revue *Science*. Ces résultats in situ, très riches en informations inédites, ont mis en évidence quelques différences par rapport aux observations antérieures de comètes et aux modèles en vigueur.

Laboratoire de planétologie et géodynamique de Nantes LPGN  
(CNRS, Univ. Angers, Univ. Nantes)

## CURIOSITY TROUVE DES TRACES D'UNE CROÛTE CONTINENTALE PRIMITIVE SUR MARS

Jusqu'à présent, on voyait Mars comme une planète presque entièrement recouverte de roches basaltiques, des roches sombres qui sur Terre forment le plancher océanique. Mais les parois du cratère Gale, où a atterri Curiosity, contiennent des fragments de roches très anciennes (environ 4 milliards d'années) et plus claires, dont la microsonde laser ChemCam a livré la composition. Des scientifiques français et américains ont analysé les images et les données chimiques de 22 de ces fragments rocheux. Verdict : il s'agit de roches légères, riches en feldspaths et parfois en quartz, similaires à la croûte continentale granitique rencontrée sur Terre. Plus précisément, ces reliques de croûte primitive martienne ressemblent beaucoup aux complexes TTG (Tonalite-Trondhjemite-Granodiorite), les roches prépondérantes dans la croûte terrestre à l'ère archéenne (il y a plus de 2,5 milliards d'années). Il s'agit de la première preuve de l'existence d'une croûte continentale sur Mars. Ces travaux ont été publiés dans la revue *Nature Geoscience*.

Laboratoire de planétologie et géodynamique de Nantes LPGN  
(CNRS, Univ. Angers, Univ. Nantes)

## CAMPAGNE RREX : MIEUX CONNAÎTRE LA DYNAMIQUE AUTOUR DE LA DORSALE DE REYKJANES POUR MIEUX PRÉVOIR LE CLIMAT

L'objectif de la campagne RREX est de mieux comprendre le rôle de la dorsale de Reykjanes sur la dynamique océanique et la transformation des masses d'eau. L'objectif in fine est d'identifier les mécanismes importants qui doivent être représentés correctement dans les modèles de prévision climatiques. En effet, dans un contexte de changement climatique, ceux-ci doivent être en mesure de représenter au mieux la compétition entre les tendances opposées des deux masses d'eau qui se croisent au niveau de la dorsale de Reykjanes : un apport d'eau douce accru par les eaux d'origines subpolaires du fait de la fonte des glaces, et des eaux d'origine subtropicale qui deviendront encore plus chaudes et plus salées avec le changement climatique. La campagne a été aussi l'occasion de tester un nouveau système innovant de largage, à des dates prédéterminées, de flotteurs Argo mesurant la température, la salinité et l'oxygène jusqu'à 2000 mètres de profondeur. Huit flotteurs répartis sur deux structures ont été ainsi programmés pour être libérés à trois mois d'intervalle.

Laboratoire d'océanographie physique et spatiale LOPS  
(CNRS, IFREMER, IRD, UBO)  
Institut universitaire européen de la mer IUEM  
(CNRS, IRD, UBO)



↑ Rosette CTD : couronne de bouteilles de prélèvement d'eau de mer

## NOUVELLE COMPRÉHENSION DE LA DYNAMIQUE OCÉANIQUE DE PETITE ET MOYENNE ÉCHELLES

Les chercheurs du Laboratoire d'océanographie physique et spatiale et de la Japan agency for marine-earth science and technology ont réalisé pour la première fois au monde des simulations numériques réalistes et à très haute résolution de la dynamique de l'océan Pacifique Nord. Ils ont ainsi pu affiner leur compréhension de la turbulence océanique dans cette région, en particulier des mécanismes de formation et d'évolution des tourbillons de petite et moyenne échelle.

Laboratoire d'océanographie physique et spatiale LOPS

(CNRS, IFREMER, IRD, UBO)

Institut universitaire européen de la mer IUEM

(CNRS, IRD, UBO)



← Etat de la mer dans l'océan Atlantique, trainées d'écume parallèles au vent en plus des zones de déferlement

## CES VAGUES COURTES QUI RÉSISTENT AU VENT

Les vagues qui couvrent la surface des océans sont des phénomènes particulièrement difficiles à observer : mouvantes et variables, elles évoluent rapidement et semblent partir dans toutes les directions. Une étude publiée dans le *Journal of Physical Oceanography* révèle que ce n'est pas qu'une impression. Si les plus grandes et les plus petites vagues vont bien dans le sens du vent, ce n'est pas le cas des vagues intermédiaires qui se propagent sur les côtés. Menée en collaboration avec le SHOM et des partenaires italiens et russes, l'étude permet d'expliquer la croissance des grandes vagues et les risques de submersion qui en découlent en cas de tempête, comme en 2010 pendant la tempête Xynthia.

Laboratoire d'océanographie physique et spatiale LOPS

(CNRS, IFREMER, IRD, UBO)

Institut universitaire européen de la mer IUEM

(CNRS, IRD, UBO)

## XENON1T : MONTÉE EN PUISSANCE POUR DÉCOUVRIR LE MATIÈRE NOIRE

Il y a cinq fois plus de matière noire dans l'Univers que de matière "normale" – celle qui constitue les atomes et les particules que nous connaissons. Bien que la matière noire soit présente en grande quantité, on ignore sa véritable nature. Une collaboration internationale de scientifiques a inauguré, au laboratoire souterrain du Gran Sasso en Italie, le nouvel instrument XENON1T. Ce dernier a été conçu pour chercher la matière noire avec une sensibilité jamais atteinte.

Laboratoire de physique subatomique et des technologies associées SUBATECH

(CNRS, Mines Nantes, Univ. Nantes)

## LES TURBIDITES DU BASSIN NORD-ALGÉRIEN RÉVÈLENT L'EXISTENCE DE « SUPERCYCLES » SISMQUES SUR LES FAILLES CÔTIÈRES

Une étude menée au large de l'Algérie, dans le cadre d'une coopération franco-algérienne sur l'enregistrement des paléoséismes par les sédiments marins, permet d'évaluer la régularité des cycles sismiques sur plusieurs milliers d'années à la frontière entre les plaques Afrique et Eurasie. Elle met en évidence une corrélation temporelle remarquable avec la distribution de paléoséismes sur une grande faille sismogénique à terre, la faille d'El Asnam. La découverte de cycles irréguliers avec des séries de ruptures proches, séparées par des silences de plus de 1500 ans, amène à réévaluer l'aléa sismique de l'Ouest Méditerranéen et fournit un cadre nouveau pour comprendre le comportement des failles actives. Ces travaux ont été publiés dans la revue *Geology*.

Domaines océaniques LDO

(CNRS, UBO)

Institut universitaire européen de la mer IUEM

(CNRS, IRD, UBO)

## LIRE DANS LE BRUIT MICROSISMQUE LES EFFETS DES MARÉES ET DE LA HOULE SUR LES CÔTES ET DANS L'OCÉAN PROFOND

Dans le cadre d'une étude d'imagerie sismologique des Pyrénées utilisant des sismomètres large bande, une équipe franco-espagnole, a mis au point une nouvelle méthode utilisant l'énergie des marées pour identifier les différentes sources à l'origine du bruit microsismique enregistré sur la bordure atlantique. Le bruit sismique est utilisé depuis quelques années pour l'imagerie de la Terre en profondeur (tomographie) ou la surveillance de l'activité des failles et des volcans. Mieux discriminer les sources du bruit microsismique devrait permettre d'améliorer la précision de ces techniques d'imagerie et de surveillance. Cette étude a été publiée dans la revue *Geophysical Research Letters*.

Laboratoire de planétologie et géodynamique de Nantes LPGN

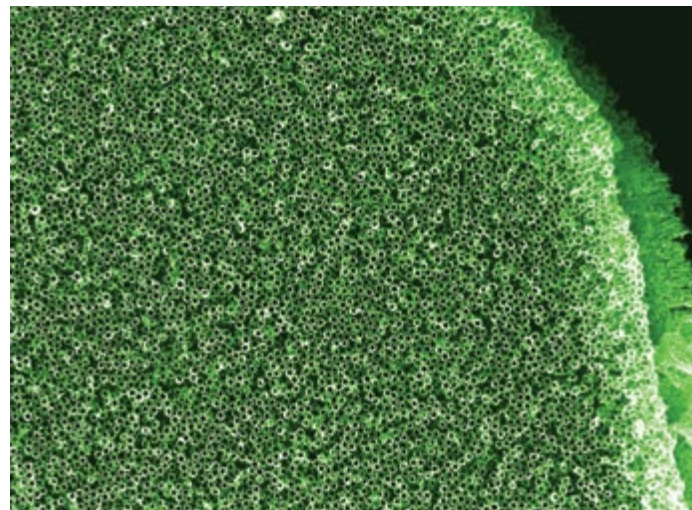
(CNRS, Univ. Angers, Univ. Nantes)



↑ Bâtiment de la collaboration XENON jouxtant le château d'eau dans le Hall B du Laboratoire national du Gran Sasso en Italie où est installée l'expérience XENON1T

## DES NANOTUBES AUTOASSEMBLÉS QUI CHANGENT DE DIAMÈTRE SUR COMMANDE

Les physiciens savent aujourd'hui concevoir des objets de taille et de formes variées par autoassemblage de molécules. Tout comme les briques de construction Lego™, ces molécules contiennent toute l'information nécessaire à l'établissement de leurs futurs contacts au sein de la structure programmée. Placées en solution, ces molécules s'assemblent d'elles-mêmes selon ces règles d'assemblages pour former des structures de grande taille. Ces constructions sont toutefois statiques et il est impossible de changer, voire de contrôler leur morphologie une fois qu'elles sont construites. En utilisant la triptoréline, un peptide composé de dix acides aminés dont la morphologie change selon l'acidité de la solution dans laquelle elle nage, des physiciens ont réalisé pour la première fois des nanotubes autoassemblés, qui peuvent changer de diamètre alors qu'ils sont déjà constitués. Ces chercheurs ont en outre élucidé le mécanisme atomique conduisant au changement de conformation du peptide et apportent ainsi un éclairage nouveau sur la manière dont certains virus changent de conformation selon l'acidité du milieu. Ce travail a été publié dans la revue *Nature Communications*.

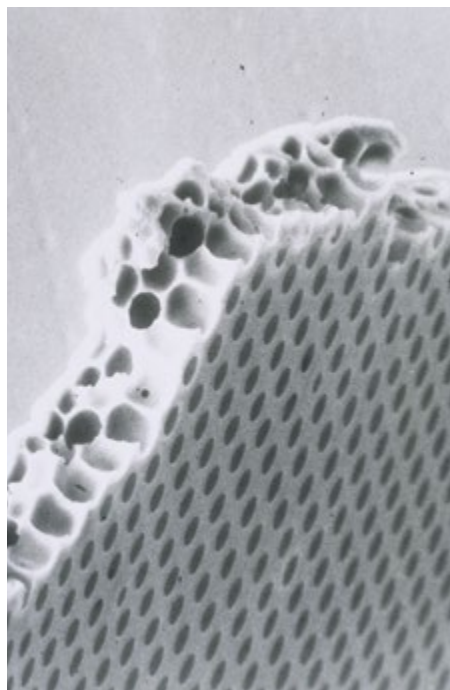


↑ Image en microscopie électronique à balayage (MEB) d'une forêt de nanotubes de dioxyde de titane alignés verticalement

Institut de physique de Rennes IPR  
(CNRS, Univ. Rennes 1)

## DES PLASTIQUES QUI POURRAIENT REMPLACER LE GRAPHÈNE ?

Le graphène sera-t-il l'enfant prodige du 21<sup>e</sup> siècle ? Depuis que cette couche unique d'atomes de carbone a été isolée en 2004, la communauté des physiciens et des chimistes n'a pas cessé de lui découvrir de nouvelles propriétés qui pourraient lui valoir d'apparaître prochainement dans des applications aussi variées que les écrans tactiles souples ou dans les préservatifs comme barrière virale. Cependant, pour de nombreuses applications en nanoélectronique, les propriétés du graphène ne sont pas totalement optimisées et les chercheurs tentent donc de trouver des alternatives. Des chercheurs nantais viennent de découvrir une nouvelle famille de matériaux stratifiés, comme le graphène, mais constitués de polymères conjugués (plastiques conducteurs). Contrairement aux plastiques standards qui sont isolants, ces polymères conduisent l'électricité le long des « spaghettis » emmêlés qui composent leur structure. Grâce à des simulations numériques, ils ont montré que lorsque ces chaînes de carbones sont reliées entre elles par des connecteurs chimiques conducteurs, les atomes forment une structure plane dite « nid d'abeilles » qui se comporte comme un feuillet de graphène. Mais contrairement au graphène, les propriétés de ces nouveaux matériaux peuvent être très simplement modulées en changeant la composition chimique des chaînes de polymères. Ces travaux ont fait l'objet d'une publication dans *Nature Communications*.



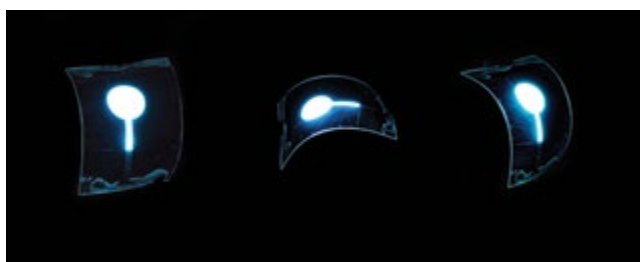
↑ Microscopie électronique à balayage d'un film de copolymère à morphologie en nid d'abeille

Institut des matériaux de Nantes Jean Rouxel IMN  
(CNRS, Univ. Nantes)

## DE NOUVELLES DIODES ORGANIQUES POUR DE LA LUMIÈRE BLEUE

Une équipe de chercheurs a synthétisé de nouvelles générations de semi-conducteurs organiques possédant un haut niveau d'énergie de l'état triplet, adapté à leur utilisation dans des diodes électroluminescentes organiques phosphorescentes (PhOLEDs) émettrices de lumières bleues ou vertes. C'est la première fois que ce type de structures moléculaires est utilisé avec succès dans une PhOLED. Ces résultats ont été publiés dans la revue *Angewandte Chemie*.

Institut des sciences chimiques de Rennes ISCR  
(CNRS, ENSCR, INSA Rennes, Univ. Rennes1)



↑ Diodes électroluminescentes organiques bleues de qualité et flexibles (FOLEDs)

## REFROIDIR À L'AIDE D'UN FLUIDE DE POLARITONS

Après avoir refroidi des nuages d'atomes à l'aide de faisceaux laser, les physiciens savent maintenant refroidir des solides. Ils extraient l'énergie d'agitation du réseau cristallin en faisant en sorte que les photons laser diffusés par ce dernier repartent avec plus d'énergie que lors de leur arrivée. Un solide transparent d'un volume d'un dixième de m<sup>3</sup> a ainsi été refroidi à -163°C. Pour améliorer l'efficacité de la méthode, une piste proposée par des physiciens est d'augmenter le couplage entre la lumière et la matière en utilisant pour le refroidissement des polaritons, particules hybrides entre lumière et matière. Ils ont démontré expérimentalement le procédé avec un microrésonateur optique semi-conducteur. Leurs mesures montrent qu'il est possible d'extraire la chaleur jusqu'à des températures aussi basses que -263°C. Ce travail a été publié dans la revue *Physical Review Letters*.

Fonctions optiques pour les technologies de l'information FOTON  
(CNRS, INSA Rennes, Univ. Rennes1)

## CONTRÔLER SIMPLEMENT LA PHOTOLUMINESCENCE

Pour contrôler la photoluminescence d'un matériau dopé, les chercheurs proposent une nouvelle approche intitulée « Controlled Reduction of Dopants (CRD) ». Elle permet de réduire les ions dopants à l'origine du phénomène de photoluminescence simplifiant ainsi la synthèse tout en conservant un contrôle fin de la couleur d'émission. Ces travaux sont parus dans la revue *Angewandte Chemie*.

Institut des matériaux de Nantes Jean Rouxel IMN  
(CNRS, Univ. Nantes)

## PREMIÈRE ÉTAPE VERS UN STOCKAGE PLUS PERFORMANT D'INFORMATION AU NIVEAU MOLÉCULAIRE

Les photochromes sont des molécules qui présentent une transformation réversible entre deux états (on/off) s'effectuant à l'aide de la lumière. Des chercheurs ont modélisé une trentaine d'entités multi-photochromiques présentant deux sous-unités commutables. Celles-ci pourraient servir à la construction de dispositifs capables de stocker de nombreuses informations à l'échelle moléculaire. Ces résultats sont parus dans la revue *Chemical Science*.

Chimie et interdisciplinarité : synthèse, analyse, modélisation CEISAM  
(CNRS, Univ. Nantes)

## DES MATÉRIAUX QUI SE RÉORGANISENT SPONTANÉMENT À L'ÉTAT SOLIDE

Dans le cadre de recherches sur des composés actifs pour la conversion photovoltaïque, une équipe a développé une nouvelle famille de molécules dont les propriétés physico-chimiques évoluent spontanément à température ambiante. Les propriétés originales de cette classe de matériaux offrent des perspectives d'applications dans de nombreux domaines : capteurs, électronique transitoire, semiconducteurs organiques pour l'impression jet d'encre... Ces travaux sont parus dans la revue *Advanced Materials*.

Institut des sciences et technologies moléculaires d'Angers MOLTECH  
(CNRS, Univ. Angers)

## VISUALISER LA TEXTURE DE LA GLACE SOUMISE À DE TRÈS FORTES PRESSIONS

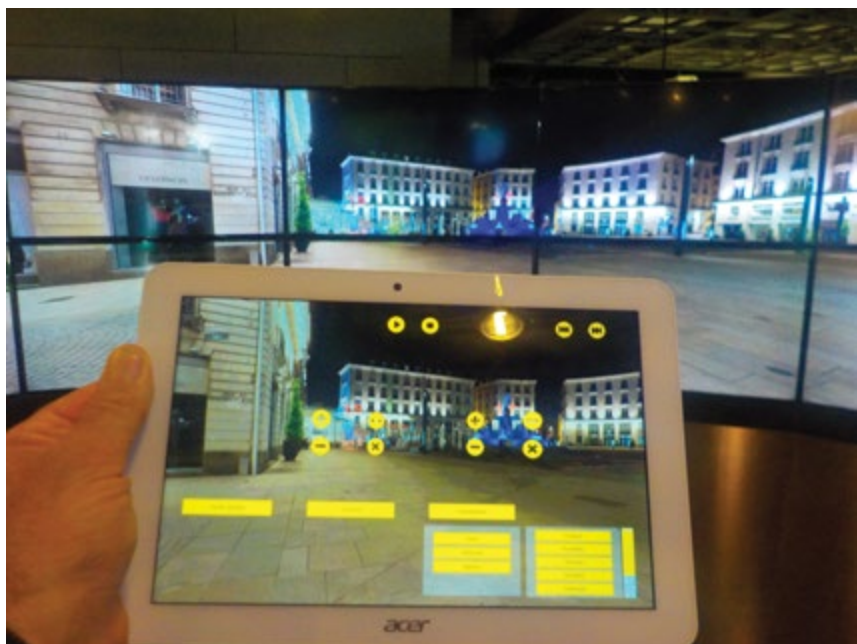
Que se passe-t-il au sein de la matière quand elle est condensée à des pressions proches de celles rencontrées à 2000 km sous terre, dans le manteau terrestre ? Dans un article publié dans *Scientific Reports*, des chercheurs introduisent une nouvelle technique d'imagerie sensible aux caractéristiques micro-mécaniques des matériaux solides transparents. Grâce à elle, ils ont par exemple pu observer l'évolution de la texture de la glace soumise à des conditions extrêmes avec une résolution inférieure au micron.

Laboratoire d'acoustique de l'Université du Maine LAUM  
(CNRS, Univ. Maine)  
Institut des molécules et matériaux du Mans IMMM  
(CNRS, Univ. Maine)

## CATALYSE DE PRODUCTION D'HYDROGÈNE : COMMENT FONCTIONNENT LES COMPLEXES MÉTALLIQUES

La catalyse de la réduction électrochimique des protons en hydrogène par des complexes métalliques est contrôlée thermodynamiquement et cinétiquement par la réactivité d'un intermédiaire métal-hydrure. Cette espèce est formée par le transfert d'un proton couplé à celui d'un électron (PCET). Il est supposé qu'un transfert concerté (CPET) aurait pour effet d'améliorer la catalyse, mais les preuves expérimentales manquaient encore. Des chercheurs ont montré pour la première fois qu'un mécanisme CPET était à l'œuvre dans la réactivité d'un complexe d'hydrure de tungstène. Ces résultats sont parus dans la revue *Nature Chemistry*.

Chimie, électrochimie moléculaires et chimie analytique CEMCA  
(CNRS, UBO)



← Interface kinésique sur tablette tactile de la place Royale à Nantes



↑ Reconstitution immersive d'un navire de la compagnie des Indes orientales

## FOCUS

### Innovatives SHS

Modéliser les villes de demain en croisant géographie et informatique, éclairer les politiques publiques d'accès aux soins, améliorer les rapports humains au travail grâce à la linguistique, ou encore mettre en valeur le patrimoine par des dispositifs de médiation numériques innovants...

- HAUP est un système d'interaction immersive dans les paysages sonores, adossé à la plateforme Naexus, il propose de spatialiser les sons urbains dans l'image panoramique des espaces dédiés par une interface kinésique sur tablette tactile.
- Cap sur les Indes ! Navigation virtuelle sur le Boullongne, navire de la Compagnie des Indes orientales françaises du XVIIIe siècle grâce à ce travail issu d'une collaboration entre historiens et informaticiens qui permet de le faire revivre et de s'immerger dans la vie à bord.
- ISTEES a conçu un outil interactif qui permet aux innovateurs de se connecter aux réseaux, aux structures d'accompagnement, aux outils, aux financements... Chercheurs et professionnels des Pays de la Loire ont validé cet outil à partir d'une recherche sur l'innovation sociale et technologique dans l'économie sociale et solidaire.

Ces créations issues de laboratoires de sciences humaines et sociales sont quelques-uns des 65 projets qui ont été exposés au salon Innovatives SHS, à la Cité des sciences et de l'industrie à Paris. Le but ? Faciliter la rencontre entre chercheurs, monde entrepreneurial et décideurs publics, pour susciter des collaborations. Deux ans après le succès de sa première édition, le nombre et la diversité des projets présentés témoignent de la vitalité de l'innovation en sciences humaines et sociales.

#### Ambiances architectures urbanités CRENAU

(CNRS, ECN, ENSA Nantes, ENSA Grenoble)

#### Centre de recherches historiques de l'Ouest CERHIO

(CNRS, UBS, Univ. Angers, Univ. Maine, Univ. Rennes 2)

#### Espaces et sociétés ESO

(CNRS, Univ. Angers, Univ. Caen, Univ. Maine, Univ. Nantes, Univ. Rennes 2)

#### Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires IRISA

(CNRS, ENS Rennes, INRIA, INSA Rennes, Télécom Bretagne, UBS, Univ. Rennes 1)

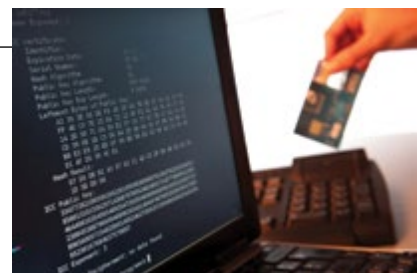
## EN BREF

### LE PAIEMENT SANS CONTACT N'EST PAS SANS RISQUE

Plus de 31,5 millions de cartes de paiement sans contact circulent déjà en France. Pourtant, les chercheurs en cryptographie mettent en garde contre un système de paiement qui comporte de graves lacunes de sécurité.

#### Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires IRISA

(CNRS, ENS Rennes, INRIA, INSA Rennes, Télécom Bretagne, UBS, Univ. Rennes 1)



↑ Extraction des données cryptographiques d'une carte bancaire

## Une imprimante 3D pour construire un habitat d'urgence

Exploitées depuis plusieurs années pour la fabrication de prototypes et de pièces exploitables industriellement, les imprimantes 3D se limitaient, jusqu'à présent, à des objets ou pièces de petites dimensions (inférieurs à 1 mètre). Des chercheurs ont mis sur pied INNOprint 3D, une imprimante 3D hors norme capable de fabriquer de grands objets. Pour expérimenter cette nouvelle imprimante 3D, l'équipe s'est orientée vers la construction d'un habitat d'urgence de 3 mètres de hauteur sur 3 m<sup>2</sup> au sol. Véritable tour de force, l'habitat, étanche et isolé, est entièrement finalisé en 20 à 30 minutes. L'équipe de recherche s'est à la fois inspirée de l'actualité récente sur les catastrophes naturelles et des demandes provenant des industriels.

Institut de recherche en communications et cybernétique de Nantes IRCCYN  
(CNRS, ECN, Mines Nantes, Univ. Nantes)



▲ Premier cas d'application concret pour INNOprint 3D : la construction d'un habitat d'urgence en 20 à 30 minutes



◀ Prototype fonctionnel : système qui permet de mieux comprendre l'objet de l'histoire de la ville par la mise à disposition des informations graphiques et textuelles sur l'écran

## NANTES 1900 : UNE NOUVELLE FORME D'INTERACTION AVEC L'HISTOIRE

La maquette du port de Nantes, réalisée en 1899 par Pierre Auguste Duchesne (1841-1933) pour l'Exposition Universelle de 1900, est imposante par sa taille (9,2 x 1,85 m) mais également par l'étendue du territoire qu'elle représente. En effet, la maquette entière couvre environ 3,5 km<sup>2</sup> du port industriel de Nantes. Le Musée d'histoire de Nantes a décidé d'améliorer la présentation de cet objet patrimonial, à l'aide d'outils interactifs, pédagogiques et technologiques. L'objectif de Nantes 1900 est de concevoir une méthodologie structurée et reproductible dédiée à la valorisation scientifique d'objets patrimoniaux. Le dispositif muséographique a mis à disposition des visiteurs du musée des écrans tactiles situés devant la maquette, permettant, au moyen d'une interface spécifique, de naviguer de différentes manières au sein du corpus de documents (par thématique, points d'intérêt, zones géographiques, etc.). Le système fournit par ailleurs, au moyen de vidéo-projecteurs, un retour lumineux sur la maquette, dépendant des actions de l'utilisateur. La base de données, qui capitalise l'ensemble des connaissances historiques relatives au territoire représenté par la maquette, s'appuie sur plusieurs centaines de sources iconographiques (cartes postales, photographies, estampes, etc.) consultables en ligne. Le système va même plus loin puisqu'il permet une évolution dynamique du contenu par la participation de public non-expert qui vient enrichir les connaissances disponibles autour de cette maquette historique.

Institut de recherche en communications et cybernétique de Nantes IRCCYN  
(CNRS, ECN, Mines Nantes, Univ. Nantes)  
Laboratoire d'Informatique de Nantes Atlantique LINA  
(CNRS, Mines Nantes, Univ. Nantes)



↑ Copépode *Sapphirina*, organisme collecté au cours de l'expédition Tara dans l'océan Indien

## QUAND LA SYMBIOSE « CORALLIENNE » PREND LE LARGE

*Symbiodinium* est une algue unicellulaire qui joue un rôle majeur dans les récifs coralliens en s'unissant avec des invertébrés, leur apportant une capacité de photosynthèse. Elle vient d'être découverte en haute mer, dans différentes régions océaniques, loin des récifs coralliens. Une équipe l'a en effet identifiée dans plusieurs échantillons collectés lors de l'expédition Tara Oceans (2009-2013). Selon leurs travaux publiés dans *The ISME Journal*, cette algue vit en symbiose à l'intérieur d'un organisme unicellulaire, un cilié, qui mesure une centaine de micromètres et fabrique une coquille calcaire. Cette association repose probablement sur des échanges réciproques d'aliments, leur permettant de survivre dans des eaux très pauvres en nutriments. Reste pour les chercheurs à déterminer si ces nouveaux types de *Symbiodinium* sont capables de vivre au sein des récifs coralliens. Auquel cas, ils pourraient intervenir dans le repeuplement de ces écosystèmes menacés.

Adaptation et diversité en milieu marin AD2M

(CNRS, UPMC)

Station biologique de Roscoff SBR

(CNRS, UPMC)

## A POILS ET À ÉPINES, UN NOUVEAU FOSSILE DE MAMMIFÈRE UNIQUE EN SON GENRE

Un poids entre 50 et 70 g, des dents à trois pointes acérées, une colonne vertébrale et des pattes fouisseuses semblables à celles des tatous, une crinière tout le long du dos et des épines similaires à celles du hérisson : voici à quoi devait ressembler, il y a 127 millions d'années, le mammifère nommé *Spinolestes xenarthrosus*, dont le fossile, parfaitement conservé, a été découvert en Espagne par une équipe internationale. Alors que cet animal possède des caractéristiques classiques de sa famille, comme le pelage, la présence d'épines bien particulières le rend unique en son genre et suggère que l'acquisition de poils épineux ne s'est pas faite progressivement au cours de l'évolution mais indépendamment et de manière distincte dans différentes lignées évolutives. Ces résultats ont été publiés dans la revue *Nature*.

Géosciences Rennes

(CNRS, Univ. Rennes 1)

Observatoire des sciences de l'univers de Rennes OSUR

(CNRS, Univ. Rennes 1 et 2)



← *Spinolestes xenarthrosus* transféré dans une plaque de résine époxy et dégagé à l'acide

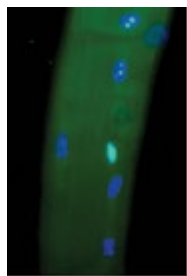


↑ Reconstitution de *Spinolestes xenarthrosus* basée sur le fossile exceptionnellement bien préservé découvert à Las Hoyas, l'animal mesurait environ 25 cm

## SEPSIS : UNE THÉRAPIE CELLULAIRE POUR RÉPARER LES SÉQUELLES MUSCULAIRES

Publié dans *Nature Communications*, une étude a dévoilé les atteintes musculaires sévères provoquées par le sepsis, ou septicémie, et expliquant les lourdes séquelles des patients après la réanimation. Les chercheurs proposent une approche thérapeutique aux premiers résultats très encourageants, fondée sur la greffe de cellules souches mésenchymateuses, et permettant de restaurer, chez l'animal, les capacités musculaires. Le sepsis est une réponse inflammatoire généralisée de l'organisme en réaction à une infection sévère. Mal connue du grand public, c'est une maladie très fréquente qui touche 28 millions de personnes dans le monde chaque année, et qui est responsable de 8 millions de décès.

Institut du thorax  
(CNRS, INSERM, Univ. Nantes)



← Cellule myo-satellite, une cellule souche musculaire, à la surface d'une fibre isolée d'un muscle de souris, par microscopie à fluorescence

## BODY OU TURBULETTE ? UNE QUESTION PLUS SÉRIEUSE QU'IL N'Y PARAÎT

Des chercheurs en collaboration avec un pédiatre néonatalogiste du Centre hospitalier régional et universitaire de Brest, ont observé l'impact de l'habillement des prématurés sur leur comportement. Les bébés enveloppés d'une turbulette sont moins actifs, et touchent moins fréquemment d'autres parties de leur corps que les bébés vêtus d'un simple body. Les scientifiques supposent que les premiers pourraient être plus stressés pour deux raisons : leurs mouvements sont entravés, et de ce fait les gestes d'autocontact, réconfortants, sont chez eux plus rares. Cette étude a été publiée dans la revue *Scientific Reports*.

Ethologie animale et humaine ETHOS  
(CNRS, Univ. Rennes 1)

## IDENTIFICATION D'UN NOUVEAU GÈNE DE MALVOYANCE PAR ATTEINTE DU NERF OPTIQUE

Les neuropathies optiques héréditaires sont des pathologies mitochondriales cécitantes, pour lesquelles la moitié des patients demeurent en errance de diagnostic génétique. Grâce aux nouvelles technologies de séquençage du génome, une collaboration internationale a identifié des mutations du gène RTN4IP1 dans quatre familles présentant une perte de vision précoce, isolée ou associée à d'autres symptômes neurodégénératifs. L'altération du fonctionnement mitochondrial est incriminée, avec des conséquences secondaires sur la maturation des neurones et une susceptibilité aux effets délétères de la lumière. Ces travaux ont été publiés dans la revue *The American Journal of Human Genetics*.

Biologie neurovasculaire et mitochondriale intégrée BNMI  
(CNRS, INSERM, Univ. Angers)

## UN MÉCANISME INÉDIT DE RÉGULATION DE LA POSITION DU SILLON DE DIVISION CELLULAIRE

Des chercheurs ont révélé l'existence d'un mécanisme qui contrôle la position correcte du sillon de division et joue un rôle essentiel dans la répartition du matériel génétique lors de la division cellulaire. Cette étude qui ouvre de nouvelles perspectives pour la compréhension des anomalies génétiques et l'apparition de tumeurs liées à une ségrégation anormale des chromosomes, a été publiée dans la revue *The Journal of Cell Biology*.

Institut de génétique et de développement de Rennes IGDR  
(CNRS, Univ. Rennes 1)

## COMMENT AUGMENTER L'ACTIVITÉ ENZYMATIQUE DES GLYCOSIDASES

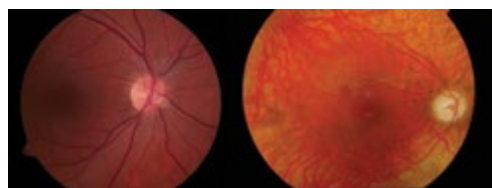
Les glycosidases sont des enzymes impliquées dans un grand nombre de processus biologiques. Si de nombreux inhibiteurs de leur activité sont connus, bien moins nombreux sont les activateurs actuellement recensés. Une équipe a mis au point une stratégie de synthèse de ligands à haute valence capables d'augmenter l'activité enzymatique de plusieurs glycosidases, ouvrant de nouvelles perspectives thérapeutiques pour activer des enzymes déficientes. Ces travaux sont parus dans la revue *Bioconjugate chemistry*.

Chimie et interdisciplinarité : synthèse, analyse, modélisation CEISAM  
(CNRS, Univ. Nantes)

## LA VOIX DU MÂLE : UN INDICATEUR DE FERTILITÉ ET UNE BASE DE CHOIX POUR LES FEMELLES ? L'EXEMPLE DU CHEVAL

On savait déjà que les vocalisations des mammifères, incluant l'homme, sont porteuses d'informations sur la familiarité, l'identité ou la taille de l'émetteur et que certaines vocalisations jouent un rôle dans la synchronisation et la coordination des partenaires sexuels. Dans une étude réalisée sur des chevaux, des chercheurs, en collaboration avec l'Institut du cheval et de l'équitation, ont en outre découvert que non seulement la voix des étalons est porteuse d'information sur leur fertilité (succès reproducteur) mais que les juments se servent de ces mêmes paramètres acoustiques pour orienter leurs choix. Ces résultats publiés dans la revue *PloS One* constituent une avancée fondamentale majeure mais aussi une ouverture à des applications à l'élevage.

Ethologie animale et humaine ETHOS  
(CNRS, Univ. Rennes 1)



↑ Fond d'œil d'une personne normale (à gauche) et d'un patient porteur d'une mutation dans le gène RTN4IP1 (à droite) montrant une pâleur de la papille optique (disque rose-orange chez le sujet sain ; jaune pâle chez le patient), la rétine étant dans les deux cas d'apparence normale



## AlgoSolis : une plateforme de recherche dédiée à l'exploitation industrielle des micro-algues

La plateforme AlgoSolis à Saint-Nazaire, propose pour la première fois aux acteurs de la nouvelle industrie des micro-algues une infrastructure de recherche nécessaire à l'exploitation contrôlée, intensifiée, durable et à grande échelle des micro-algues. Véritable trait d'union entre recherche fondamentale et exploitation industrielle, AlgoSolis se positionne en plateforme de référence internationale pour la valorisation des micro-algues, qui constituent un enjeu économique considérable tant leurs applications en nutrition, cosmétique, énergie et chimie verte sont nombreuses.

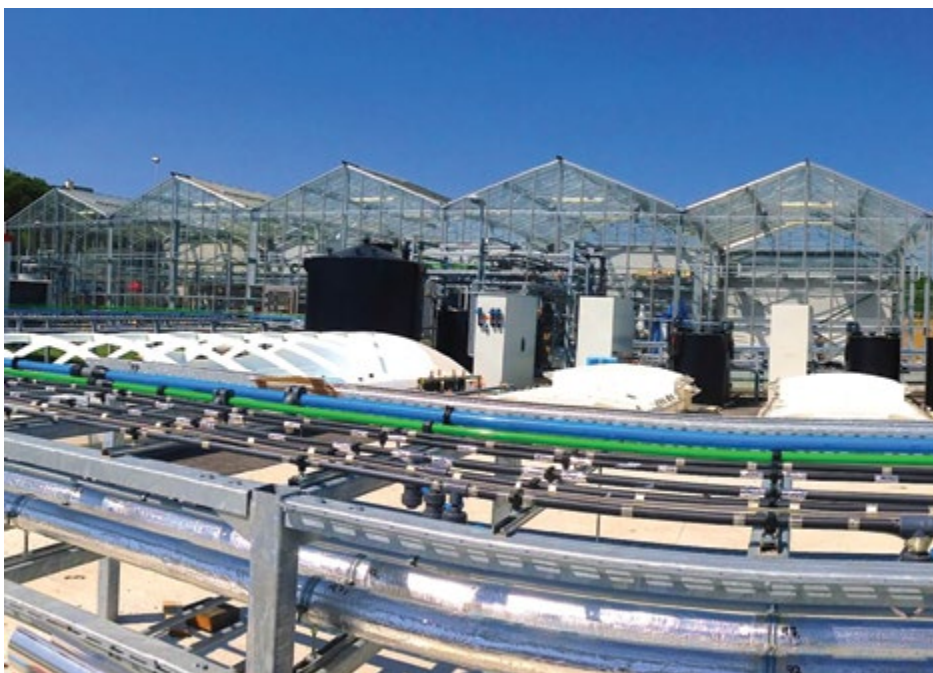
Les micro-algues sont des micro-organismes aquatiques à croissance rapide, qui utilisent la lumière comme source d'énergie pour fixer le carbone et produire de la biomasse. Le nombre d'espèces est estimé à plusieurs centaines de milliers, dont seule une très faible partie est aujourd'hui connue. Cette diversité inexploitée constitue un réel potentiel pour la recherche et l'industrie : leurs fortes teneurs en protéines, lipides, sucres et pigments ouvrent de vastes champs d'application dans l'alimentation humaine et animale, les cosmétiques, l'énergie ou la chimie. Il est également possible d'utiliser une source de CO<sub>2</sub> industrielle pour leur croissance. Leur récolte est continue et de nombreux sous-produits sont valorisables. Malgré ces avantages, l'exploitation industrielle des micro-algues reste à développer.

La plateforme AlgoSolis vient en appui de la recherche menée depuis vingt-cinq ans sur les procédés de culture et de valorisation des micro-algues au laboratoire Génie des procédés, environnement, agroalimentaire GEPEA, afin de créer un trait d'union entre recherche fondamentale et monde industriel. Chercheurs et entreprises pourront élaborer et optimiser des processus de production intensifiée en photobioréacteurs, continuer la recherche de nouvelles souches d'intérêt industriel ou encore

améliorer le recyclage des milieux de culture dont sont issues les micro-algues.

Bénéficiaire d'un investissement d'avenir de la région des Pays de la Loire, la plateforme souhaite se placer au cœur de projets collaboratifs au niveau européen en offrant une infrastructure complète de 1840 m<sup>2</sup>, à tous les acteurs de cette nouvelle industrie: un large portefeuille de souches de micro-algues d'intérêt industriel, des salles de cultures et d'analyses biochimiques des micro-algues (100m<sup>2</sup>), vingt lignes de production indépendantes (1500m<sup>2</sup>), une halle de récolte et de bioraffinage (240m<sup>2</sup>).

L'organisation de la plateforme AlgoSolis est donc un concentré de technologie représentatif de toute la filière de production de la biomasse de micro-algues et de l'extraction de molécules d'intérêt industriel. Chaque étape pourra y être testée individuellement, dans le but d'optimiser toute la chaîne de production pour définir, à terme, le procédé final d'exploitation industrielle des micro-algues.



↑ La plateforme AlgoSolis

### BIO-BITUMES : DES ROUTES VERTES À BASE DE MICRO-ALGUES ?

Les micro-algues constituent une source très prometteuse d'alternative au pétrole et ceci, sans concurrencer l'industrie alimentaire. Pour la première fois, elles ont été utilisées pour faire... du bitume ! En collaboration avec l'entreprise AlgoSource Technologies, des chercheurs ont apporté la preuve de concept de ce bio-bitume, dont les caractéristiques sont très proches du « vrai » bitume de nos routes. Leurs travaux ont été publiés dans la revue *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*.

Chimie et interdisciplinarité : synthèse, analyse, modélisation CEISAM

(CNRS, Univ. Nantes)

Génie des procédés, environnement, agroalimentaire GEPEA

(CNRS, Mines Nantes, ONIRIS, Univ. Nantes)



← Résidus de microalgues



← Bio-bitume obtenu après liquéfaction hydrothermale



↑ Bio-enrobé après ajout de granulats

## SEM-REV, 1<sup>ER</sup> SITE FRANÇAIS D'ESSAI EN MER POUR LES ÉNERGIES MARINES RENOUVELABLES (EMR)

SEM-REV est le premier site d'essai en mer pour les énergies marines renouvelables (EMR) au monde, raccordé au réseau électrique, disposant de toutes les autorisations administratives préalables et multi-technologies. Opéré conjointement par Centrale Nantes et le CNRS, SEM-REV dispose des équipements en mer et à terre permettant la mise au point, en conditions opérationnelles, des démonstrateurs et des prototypes à l'échelle 1. Cet équipement innovant et spécifique permettra de connecter, en une journée et en toute sécurité, les différents dispositifs de production d'énergie. Les prototypes concernent aussi bien les éoliennes offshore (projet Floatgen de la société Idéol, en cours de conception) que les démonstrateurs houlomoteurs (comme le projet GEPS Techno).

Suite aux derniers travaux réalisés en mer, le site SEM-REV va être complètement opérationnel pour accueillir jusqu'à trois démonstrateurs EMR simultanément et devenir une pièce maîtresse de la filière française des énergies marines renouvelables en Pays de la Loire.



▲ Installée au large des côtes françaises, première éolienne en mer flottante intégrant ce type de technologie pour le flotteur

Institut de recherche en communications et cybernétique de Nantes IRCCYN

(CNRS, ECN, Mines Nantes, Univ. Nantes)

Institut de recherche en génie civil et mécanique GEM

(CNRS, ECN, Univ. Nantes)

Laboratoire d'hydrodynamique, d'énergétique et d'environnement atmosphérique LHEEA

(CNRS, ECN)



← Mesures automatisées en chambre anéchoïque des caractéristiques d'antennes imprimées isolées ou en réseau

## START-UP CNRS LAURÉATES I-LAB

Treize projets issus des laboratoires CNRS ont été récompensés par le concours i-LAB porté par le Ministère de la Recherche (MENESR) et Bpifrance. Ce concours national d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes a pour objectif de mieux accompagner le développement des start-up et d'encourager l'esprit d'entreprendre, en particulier auprès des jeunes de l'enseignement supérieur.

- Mediego, moteur de recommandation personnalisée de contenu en temps réel, porté par Anne-Marie Kermarrec de l'Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires (IRISA) fait partie des spin-off distinguées dans la catégorie "Création-développement".
- Acklio, solutions pour la mise en place et l'exploitation de l'internet des objets et des communications à longue portée de machine-à-machine, porté par Laurent Toutain de l'Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires (IRISA) fait partie des projets de start-up mis en avant dans la catégorie "En émergence".

## EN BREF

### Antennes spatiales : Thales Alenia Space et l'IETR créent un laboratoire commun

Depuis 27 ans, les équipes de l'Institut d'électronique et de télécommunications de Rennes (IETR) et de Thales Alenia Space - France collaborent pour étudier de nouveaux concepts d'antennes spatiales toujours plus innovantes et performantes. L'accord spécifique pour une durée de 5 ans a donné naissance au laboratoire de recherche MERLIN. Il s'agit de favoriser une démarche de recherche concertée, partagée et pérenne. MERLIN rassemble ainsi dix scientifiques provenant à part égale de l'IETR et d'une équipe de recherche de Thales Alenia Space.

### Watch Live : start-up issue de la recherche publique lauréate du concours Start-up Connexion

Watch Live développe un instrument de recherche qui permet pour la première fois de regarder en direct les réactions électrochimiques. L'invention est issue des travaux de Dominique Ausserré, de l'Institut des molécules et matériaux du Mans. L'instrument est basé sur un composant optique révolutionnaire avec deux propriétés : il permet de détecter des objets ultra fins (moins de 0,1nm d'épaisseur) et il est conducteur pour l'électricité. Cet outil de recherche sera un accélérateur de R&D dans toutes les applications basées sur l'électrochimie : batteries, piles à combustible, catalyse, lutte contre la corrosion, électro-synthèse, etc.. Watch Live s'adresse d'abord à un marché de 20 000 laboratoires dans le monde. L'ambition de Watch Live est de devenir le leader mondial pour la visualisation des phénomènes électrochimiques.

## UN PARTENARIAT RENFORCÉ AVEC LES UNIVERSITÉS

Le CNRS entretient un partenariat étroit et dynamique avec les établissements supérieurs des 2 régions administratives. Des contrats de développement formalisent les collaborations scientifiques du CNRS avec 18 établissements d'enseignement supérieur qui se concrétisent notamment par des unités mixtes de recherche (UMR) communes et par des projets scientifiques conduits en étroite collaboration avec 8 Universités :

Université d'Angers  
Université de Bretagne Occidentale  
Université de Bretagne-Sud  
Université du Maine  
Université de Nantes  
Université Pierre et Marie Curie  
Université de Rennes 1  
Université de Rennes 2

et avec 10 grandes écoles :

Agrocampus Ouest  
École centrale de Nantes  
École des mines de Nantes  
École nationale supérieure d'architecture de Nantes  
École nationale vétérinaire, agroalimentaire et de l'alimentation Nantes-Atlantique  
École nationale supérieure agronomique de Rennes  
École nationale supérieure de Rennes  
École nationale supérieure de chimie de Rennes  
Institut national des sciences appliquées  
SciencesPo Rennes  
Télécom Bretagne.

Le CNRS ainsi qu'un grand nombre de ces établissements ont constitué la COMUE Université Bretagne Loire, créée le 1<sup>er</sup> janvier 2016.

EN BREF

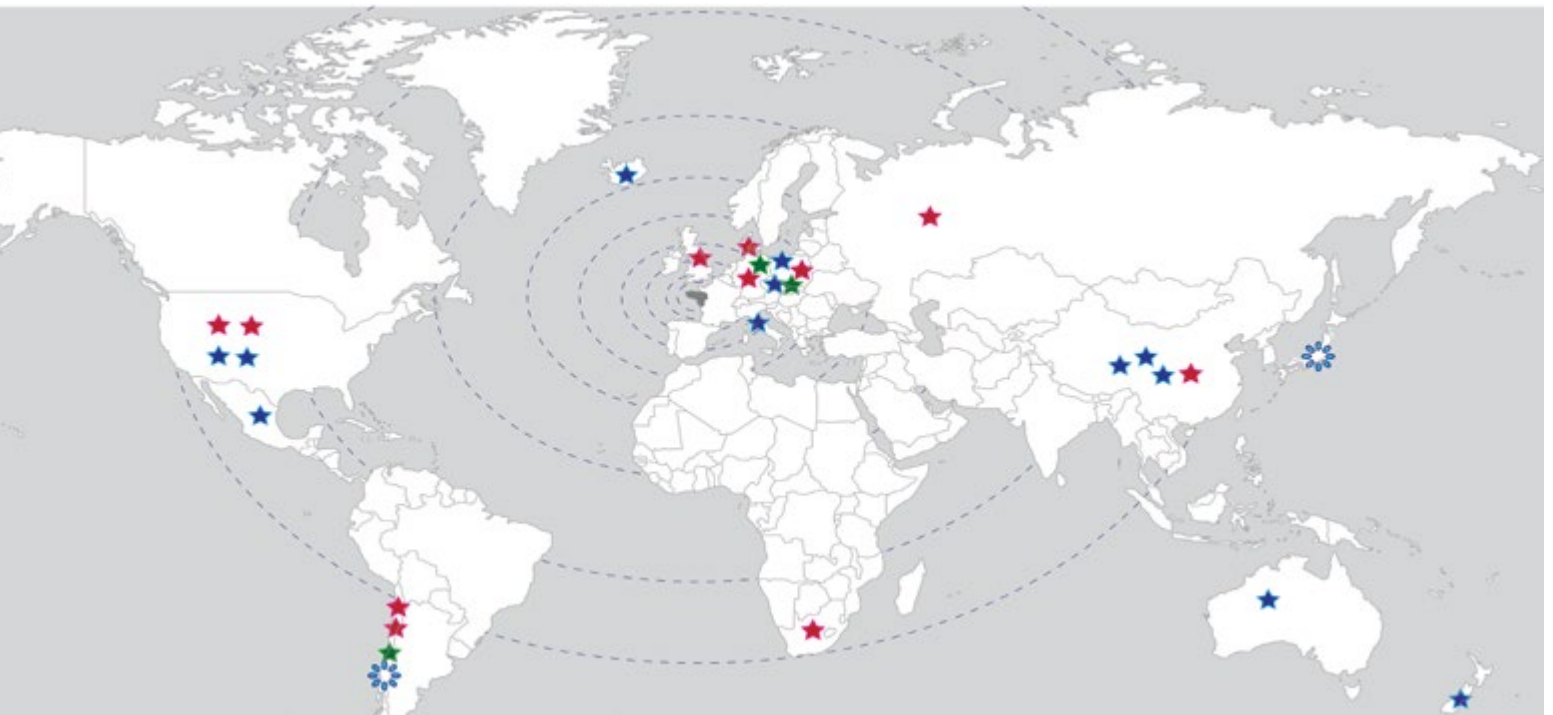
### NOUVEAUX LABORATOIRES :

Ce sont quatre nouvelles structures opérationnelles de recherche qui ont comme tutelle le CNRS :

- Aménagement des usages et des espaces marins et littoraux (AMURE) en co-tutelle avec l'IFREMER et l'UBO.
- Centre nantais de sociologie (CENS) en co-tutelle avec l'Université de Nantes
- Institut de recherche Henry Dupuy de Lôme (IRDL) en co-tutelle avec ENSTA Bretagne, l'UBS et l'UBO.
- Laboratoire de linguistique de Nantes (LLING) en co-tutelle avec l'Université de Nantes.

## RAYONNEMENT SANS FRONTIÈRES

**Le CNRS jouit d'une grande notoriété à l'étranger, qui se traduit notamment par plusieurs centaines d'actions structurantes formalisées avec ses partenaires internationaux. Grâce aux outils de coopération internationale à plusieurs niveaux de structuration, les laboratoires bretons et ligériens contribuent activement à ce rayonnement. En effet, aux huit laboratoires internationaux associés, s'ajoutent en 2015 trois nouveaux laboratoires internationaux associés avec l'Afrique du Sud, le Chili et la Russie. De même, ce sont six nouveaux projets internationaux de coopération scientifique avec l'Australie, la Chine, les Etats-Unis, l'Italie, la Nouvelle-Zélande et la Pologne qui ont été retenus en 2015.**



 2 UMI Unités Mixtes Internationales

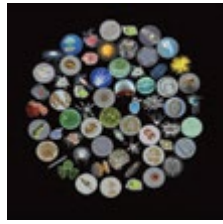
 11 LIA Laboratoires internationaux associés

 12 PICS Projets internationaux de coopération scientifique

 3 GDRI Groupements de recherche internationaux

## Janvier

Qu'est-ce qui pousse un ingénieur Écossais à lancer son cheval au galop le long d'un canal ? Quelle est la probabilité qu'une allumette jetée sur un parquet constitué de lattes régulièrement espacées tombe à cheval entre deux lattes ? Les 5 minutes Lebesgue sont une série vidéo proposée par le Centre Henri Lebesgue. Elle consiste en des exposés mathématiques qui durent chacun cinq minutes chrono ! Les sujets variés s'adressent à différents publics allant du grand public au mathématicien spécialisé.



## Février

"Le plancton : apprendre et comprendre en images" vous plonge au coeur de la formidable diversité du plancton à travers des fiches individuelles représentatives des espèces les plus emblématiques, des galeries de photos et des encarts pédagogiques sur les grandes problématiques liées à l'écologie des écosystèmes aquatiques. Cet ouvrage s'adresse aussi bien à un large public curieux de découvrir le monde méconnu du "petit peuple" de l'océan qu'aux étudiants qui y puiseront des informations détaillées sur de nombreux groupes d'organismes.

## Mars

Biologiste, physicien-ne, chimiste ou mathématicien-ne : c'est peut-être ce que deviendront certains des 84 jeunes lycéens, qui ont eu la chance de découvrir une approche concrète de ces métiers dans le cadre d'une semaine d'immersion dans l'univers des sciences, au fil de 5 jours d'activités et de rencontres menées par une trentaine d'intervenants experts dans leurs domaines.

## Juin

Une exposition itinérante d'archéologie a circulé en Bretagne, grâce à un « bus découverte » proposant une animation culturelle et scientifique gratuite. Le public a été invité à explorer les liens culturels communs de nos ancêtres européens, de la Préhistoire à l'Antiquité, sous une forme ludique et interactive. Avec des animations, jeux, vidéos, panneaux, découverte de manipulations scientifiques... cette exposition a présenté divers aspects de l'archéologie littorale et subaquatique : paysages submergés, commerce, réseaux (ports ou aux épaves), du Paléolithique à l'Antiquité.

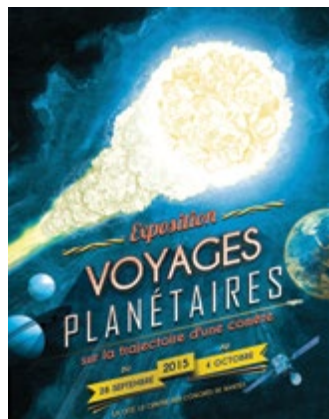


Dans le cadre de NiTrOx, projet s'inscrivant dans le cadre de la « Mission pour la place des femmes » (projet pour l'égalité professionnelle), 32 lycéennes sont venues découvrir 3 ateliers expérimentaux et ont participé à une table ronde avec des physiciennes pour échanger sur les métiers de la recherche et les cursus. A l'issue de la visite, chaque lycéenne s'est vue remettre un quiz ludique sur la physique.



## Septembre

L'évènement "Voyages Planétaires : sur la trajectoire d'une comète" a permis au visiteur de suivre la trajectoire d'une comète au cours de son voyage temporel et spatial dans le système solaire. Il a rencontré ainsi au cours de son trajet les satellites artificiels scrutant notre univers, les robots et atterrisseurs actuellement à la surface des planètes, au travers de maquettes de sondes spatiales et de robots d'exploration, d'animations de réalité virtuelle, d'ateliers et d'expositions.



## Novembre

Quelle est l'origine de l'eau ? Son rapport avec l'apparition de la vie ? Quel rôle a-t-elle joué dans l'histoire de la planète et dans le développement de la vie végétale, animale et humaine ? Quel est son cycle ? Comment les sociétés se sont-elles emparées de cet élément précieux ? Allons-nous manquer d'eau ? L'eau est-elle source de conflits ? Comment l'eau est-elle gérée ? Comment recycle-t-on une eau polluée ? Quels sont les risques pour la santé mondiale ? Quels sont les grands enjeux liés à l'eau au XXIe siècle ? Comprendre et proposer des solutions à ces défis majeurs est l'intention de l'ouvrage "L'eau à découvrir".

# LISTE DES LABORATOIRES

AU 01/01/2015

Les résultats scientifiques présentés dans cette brochure sont issus des recherches menées dans les laboratoires liés au CNRS, en coopération avec les établissements d'enseignement supérieur et de recherche, organismes de recherche nationaux et internationaux ou entreprises partenaires. Ces résultats ont pour la plupart fait l'objet de communiqués de presse, d'actualités sur les sites des instituts scientifiques et de la délégation Bretagne et Pays de la Loire du CNRS ou encore d'articles dans CNRS le journal.

→ Retrouvez les actualités scientifiques sur [www.dr17.cnrs.fr/](http://www.dr17.cnrs.fr/)

→ Retrouvez les communiqués de presse sur [www.dr17.cnrs.fr/presse-cnrs-bretagne-pays-loire](http://www.dr17.cnrs.fr/presse-cnrs-bretagne-pays-loire)

→ Consultez les actualités scientifiques des laboratoires du CNRS en Bretagne et Pays de la Loire : [www.dr17.cnrs.fr/labos-cnrs-bretons-ligeriens](http://www.dr17.cnrs.fr/labos-cnrs-bretons-ligeriens)

## INSB

→ **Biologie neurovasculaire et mitochondriale**

**intégrée BNMI** (CNRS, INSERM, Univ. Angers)

<http://www.bnmi.fr>

→ **Biologie-santé BIOSIT** (CNRS, INSERM,

Univ. Rennes 1)

<https://biosit.univ-rennes1.fr>

→ **Centre de recherche en cancérologie Nantes -**

**Angers CRCNA** (CNRS, INSERM, Univ. Angers,

Univ. Nantes)

<http://www.crcna.univ-nantes.fr>

→ **Centre de ressources biologiques Xénopes**

(CNRS, Univ. Rennes 1)

<http://xenopus.univ-rennes1.fr>

→ **Ethologie animale et humaine ETHOS** (CNRS,

Univ. Rennes 1)

<http://www.ethos.univ-rennes1.fr>

→ **Institut de génétique et développement de**

**Rennes IGDR** (CNRS, Univ. Rennes 1)

<http://igdr.univ-rennes1.fr>

→ **Institut du thorax** (CNRS, INSERM, Univ. Nantes)

<http://www.umr1087.univ-nantes.fr>

→ **Laboratoire de biologie intégrative des**

**modèles marins LBI2M** (CNRS, UPMC)

<http://www.sb-roscoff.fr/fr/laboratoire-de-biologie-integrative-des-modeles-marins>

→ **Phosphorylation de protéines et pathologies**

**humaines P3H** (CNRS, UPMC)

<http://www.sb-roscoff.fr/fr/phosphorylation-de-protéines-et-pathologies-humaines>

→ **Santé François Bonamy** (CNRS, INSERM,

Univ. Nantes)

<http://www.sfrsante.univ-nantes.fr>

→ **Unité de fonctionnalité et ingénierie des**

**protéines UFIP** (CNRS, Univ. Nantes)

<http://www.ufip.univ-nantes.fr>

## INC

→ **Chimie, électrochimie moléculaires et chimie**

**analytique CEMCA** (CNRS, UBO)

<http://www.umr6521.cnrs.fr>

→ **Chimie et interdisciplinarité : synthèse, analyse,**

**modélisation CEISAM** (CNRS, Univ. Nantes)

<http://www.sciences.univ-nantes.fr/CEISAM>

→ **Institut des matériaux de Nantes Jean Rouxel**

**IMN** (CNRS, Univ. Nantes)

<http://www.cnrs-imn.fr>

→ **Institut des molécules et matériaux du Mans**

**IMMM** (CNRS, Univ. Maine)

<http://immm.univ-lemans.fr>

→ **Institut des sciences chimiques de Rennes**

**ISCR** (CNRS, ENSCR, INSA Rennes, Univ. Rennes 1)

<http://www.scienceschimiques.univ-rennes1.fr>

→ **Institut des sciences et technologies**

**moléculaires d'Angers MOLTECH-ANJOU** (CNRS,

Univ. Angers)

<http://moltech-anjou.univ-angers.fr>

## INEE

→ **Aménagement des usages des ressources et**

**des espaces marins et littoraux AMURE** (CNRS,

IFREMER, UBO)

<http://www.umr-amure.fr>

→ **Adaptation et diversité en milieu marin AD2M**

(CNRS, UPMC)

<http://www.sb-roscoff.fr/fr/adaptation-et-diversite-en-milieu-marin>

→ **Biologie des organismes et écosystèmes**

**aquatiques BOREA** (CNRS, MNHN, IRD, Univ. Caen,

UPMC)

<http://borea.mnhn.fr>

→ **Centre de recherche en archéologie,**

**archéosciences, histoire CREAAH** (Ministère de la

culture et de la communication, CNRS, Univ. Nantes,

Univ. Maine, Univ. Rennes 1 et 2)

<http://www.creaah.univ-rennes1.fr>

→ **Ecosystèmes, biodiversité, évolution ECOBIO**

(CNRS, Univ. Rennes 1)

<http://ecobio.univ-rennes1.fr>

→ **Laboratoire de microbiologie des**

**environnements extrêmes LM2E** (CNRS, IFREMER,

UBO)

<http://www.ifremer.fr/umr6197>

→ **Laboratoire des sciences de l'environnement**

**marin LEMAR** (CNRS, IFREMER, IRD, UBO)

<http://www.ieuem.univ-brest.fr/UMR6539>

→ **Littoral, environnement, télédétection et**

**géomatique LETG** (CNRS, UBO, Univ. Caen,

Univ. Nantes, Univ. Rennes 2)

<http://letg.cnrs.fr>

→ **Station biologique de Roscoff SBR** (CNRS,

UPMC)

<http://www.sb-roscoff.fr>

## INSHS

→ **Ambiances, architectures, urbanités CRENAU**

(Ministère de la culture et de la communication,

CNRS, ECN, ENSA Nantes, ENSA Grenoble)

[www.aau.archi.fr](http://www.aau.archi.fr)

→ **Centre de recherche bretonne et celtique -**

**documentation CRBC** (CNRS, UBO)

<http://www.univ-brest.fr/crbcb>

→ **Centre de recherche en économie et**

**management CREM** (CNRS, Univ. Caen,

Univ. Rennes 1)

<http://crem.univ-rennes1.fr>

→ **Centre de recherches historiques de l'Ouest**

**CERHIO** (CNRS, UBS, Univ. Angers, Univ. Maine,

Univ. Rennes 2)

<http://www.sites.univ-rennes2.fr/cerhio>

→ **Centre de recherches sur l'action politique en**

**Europe CRAPE** (CNRS, EHESP, Sciences Po Rennes,

Univ. Rennes 1)

<http://www.crape.fr>

→ **Centre nantais de sociologie CENS** (CNRS,

Univ. Nantes)

<http://www.cens.univ-nantes.fr>

→ **Droit et changement social DCS** (CNRS,

Univ. Nantes)

<http://dcs.univ-nantes.fr>

→ **Espaces et sociétés ESO** (CNRS, Univ. Angers,

Univ. Caen, Univ. Maine, Univ. Nantes, Univ. Rennes 2)

<http://eso.cnrs.fr>

→ **Institut de l'Ouest : droit et Europe IODE** (CNRS,

Univ. Rennes 1)

<http://www.iode.univ-rennes1.fr>

→ **Laboratoire de linguistique de Nantes LLING**

(CNRS, Univ. Nantes)

<http://www.liling.univ-nantes.fr>

→ **Maison des sciences de l'homme en Bretagne**

**MSHB** (CNRS, EHESP, UBO, UBS, Télécom Bretagne,

Univ. Rennes 1 et 2)

<http://www.mshb.fr>

→ **Maison des sciences de l'homme et de la**

**société Ange Guépin** (CNRS, Univ. Nantes)

<http://www.msh.univ-nantes.fr>

## INS2I

→ **ATLANSTIC** (CNRS, ECN, Mines Nantes,

Univ. Angers, Univ. Maine, Univ. Nantes)

<http://www.atlanstic.net>

→ **Institut de recherche en communications et**

**cybernétique de Nantes IRCCyN** (CNRS, ECN,

Mines Nantes, Univ. Nantes)

<http://www.irccyn.ec-nantes.fr>

→ **Institut de recherche en informatique et**

**systèmes aléatoires IRISA** (CNRS, ENS Rennes,

INRIA, INSA Rennes, Telecom Bretagne, UBS,

Univ. Rennes 1)

<http://www.irisa.fr>

→ **Laboratoire des sciences et techniques**

**de l'information, de la communication et de**

**la connaissance LAB-STICC** (CNRS, Télécom

Bretagne, UBO, UBS)

<http://www.lab-sticc.fr>

→ **Laboratoire d'informatique de Nantes**

**Atlantique LINA** (CNRS, Mines Nantes, Univ. Nantes)

<http://www.lina.univ-nantes.fr>

## INSIS

→ **Algosolis** (CNRS, Univ. Nantes)

<http://algosolis.com>

→ **Fonctions optiques pour les technologies de**

**l'information FOTON** (CNRS, INSA Rennes,

Univ. Rennes 1)

<http://foton.cnrs.fr>

→ **Institut d'électronique et de**

**télécommunications de Rennes IETR** (CNRS,

CentraleSupélec, INSA Rennes, Univ. Nantes,

Univ. Rennes 1)

<http://www.ietr.fr>

→ **Institut de recherche Henri Dupuy de Lôme**

**IRDl** (CNRS, ENSTA Bretagne, UBO, UBS)

<http://irdl.fr>

→ **Institut de recherches en génie civil et**

**mécanique GEM** (CNRS, ECN, Univ. Nantes)

<http://gem.ec-nantes.fr>

→ **Institut de recherche en sciences et techniques**

**de la ville IRSTV** (CNRS, ECN, ENSA Nantes,

IFSTTAR, Mines Nantes, Univ. La Rochelle,

Univ. Nantes, Univ. Maine, Univ. Rennes 2)

<http://www.irstv.fr>

→ **Institut universitaire mer et littoral IUML** (CNRS,

IFREMER, Univ. Nantes)

<http://www.iuml-cnrs.fr>

→ **Laboratoire d'acoustique de l'université du**

**Maine LAUM** (CNRS, Univ. Maine)

<http://laum.univ-lemans.fr>

→ **Laboratoire de génie des procédés - environnement - agroalimentaire GEPEA** (CNRS, Mines Nantes, Oniris, Univ. Nantes)  
<http://www.gepea.fr>

→ **Laboratoire de recherche en hydrodynamique, énergétique et environnement atmosphérique LHEEA** (CNRS, ECN)  
<http://lheea.ec-nantes.fr>

→ **Laboratoire des systèmes et applications des technologies de l'information et de l'énergie SATIE** (CNRS, CNAM, ENS Cachan, ENS Rennes, IFSTTAR, Univ. Cergy-Pontoise, Univ. Paris-Sud)  
<http://www.satie.ens-cachan.fr>

→ **Laboratoire de thermocinétique de Nantes LTN** (CNRS, Univ. Nantes)  
<http://www.polytech.univ-nantes.fr/ltm/fr>

## INSMI

→ **Institut de recherche mathématique de Rennes IRMAR** (CNRS, ENS Rennes, INSA Rennes, Univ. Rennes 1 et 2)  
<http://irmar.univ-rennes1.fr>

→ **Laboratoire angevin de recherche en mathématiques LAREMA** (CNRS, Univ. Angers)  
<http://recherche.math.univ-angers.fr>

→ **Laboratoire de mathématiques de Bretagne Atlantique** (CNRS, UBO)  
<http://lmba.math.univ-brest.fr>

→ **Laboratoire de mathématiques Jean Leray** (CNRS, Univ. Nantes)  
<http://www.math.sciences.univ-nantes.fr>

→ **Mathématiques des pays de Loire FRMPL** (CNRS)  
<http://www.fpl.math.cnrs.fr>

## INP

→ **Fédération autour de la chimie et physique des matériaux dans l'Ouest Lab-O-Mat** (CNRS)  
→ **Institut de physique de Rennes IPR** (CNRS, Univ. Rennes 1)  
<http://ipr.univ-rennes1.fr>

## IN2P3

→ **Laboratoire de physique subatomique et des technologies associées SUBATECH** (CNRS, Mines Nantes, Univ. Nantes)  
<http://www-subatech.in2p3.fr>

## INSU

→ **Domaines océaniques LDO** (CNRS, UBO)  
<http://www-iuem.univ-brest.fr/ldo/fr>

→ **Flotte océanographique Française FOF** (CNRS, IFREMER, IPEV, IRD)  
<http://www.flotteoceanographique.fr>

→ **Géosciences Rennes** (CNRS, Univ. Rennes 1)  
<https://www.geosciences.univ-rennes1.fr>

→ **Institut Polaire IPEV** (MENESR, MAEDI, CNRS, CEA, CNES, EPF, IFREMER, Météo-France, TAAF)  
<http://www.institut-polaire.fr>

→ **Institut universitaire européen de la mer IUEM** (CNRS, IRD, UBO)  
<http://www-iuem.univ-brest.fr>

→ **Laboratoire de planétologie et géodynamique de Nantes LPGN** (CNRS, Univ. Angers Univ. Nantes)  
<http://www.sciences.univ-nantes.fr/lpgnantes>

→ **Laboratoire d'océanographie physique et spatiale LOPS** (CNRS, IFREMER, IRD, UBO)  
<http://www.umr-lops.fr>

→ **Observatoire des sciences de l'univers de Rennes OSUR** (CNRS, Univ. Rennes 1 et 2)  
<http://osur.univ-rennes1.fr>

→ **Observatoire des sciences de l'univers Nantes Atlantique OSUNA** (CNRS, CNAM, IFREMER, IFSTTAR, Mines Nantes, Univ. Angers, Univ. Nantes)  
<http://www.osuna.univ-nantes.fr>

## LES DIX INSTITUTS DU CNRS

Institut des sciences biologiques (INSB)  
Institut de chimie (INC)  
Institut écologie et environnement (INEE)  
Institut des sciences humaines et sociales (INSHS)  
Institut des sciences de l'information et de leurs interactions (INS2I)  
Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (INSIS)  
Institut national des sciences mathématiques et de leurs interactions (INSMI)  
Institut de physique (INP)  
Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3)  
Institut national des sciences de l'Univers (INSU)

## SIGLES - ABBRÉVIATIONS

CEA : Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives  
CNAM : Conservatoire national des arts et métiers  
CNES : Centre national d'études spatiales  
ECN : Ecole centrale de Nantes  
EHESP : Ecole des hautes études en santé publique  
ENS : Ecole normale supérieure  
ENSA : Ecole nationale supérieure d'architecture  
ENSCR : Ecole nationale supérieure de chimie de Rennes  
ENSTA : Ecole nationale supérieure de techniques avancées Bretagne  
EPF : Expéditions polaires françaises  
ESA : Agence spatiale européenne  
IFREMER : Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer  
IFSTTAR : Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux  
INRIA : Institut national de recherche en informatique et en automatique  
INSA : Institut national des sciences appliquées  
INSERM : Institut national de la santé et de la recherche médicale  
IPEV : Institut polaire français Paul Emile Victor  
IRD : Institut de recherche pour le développement  
MAEDI : Ministère des affaires étrangères et du développement international  
MENESR : Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche  
MNHN : Muséum national d'histoire naturelle  
Oniris : Ecole nationale vétérinaire, agroalimentaire et de l'alimentation  
SHOM : Service hydrographique et océanographique de la Marine  
TAAF : Terres australes et antarctiques françaises  
UBO : Université de Bretagne Occidentale  
UBS : Université de Bretagne-Sud  
Univ. : Université  
UPEC : Université Paris-Est Créteil Val de Marne  
UPMC : Université Pierre et Marie Curie  
UVSQ : Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines

## CRÉDITS PHOTOS

**Couverture** *Roseaux, appelés totoras, dans le lac Titicaca, en Bolivie. Un groupe de scientifiques étudie les microorganismes, ou biofilm, qui se développent sur ces végétaux. Berceau de la civilisation Inca, le lac Titicaca, plus grand lac d'eau douce d'Amérique latine, est aujourd'hui menacé d'asphyxie. Dans le cadre d'un projet ANR original "La Pachamama", une équipe internationale de scientifiques réalise le bilan écologique du lac et étudie, pour la première fois in situ, le transport et le devenir biochimiques du mercure et de ses isotopes. © CNRS / E. AMICE (médaille de cristal 2016)*

**Page 1** © CNRS / V. DEBORDE  
**Page 4** © CNRS Photothèque / C. SARDET  
© CNRS Photothèque / C. LEBEDINSKY  
**Page 5** © CNRS / M. ILOUS  
© SBR / W. THOMAS  
**Page 6** © ESA / Rosetta / NAVCAM  
© CNRS Photothèque / M. SOUHOUT  
**Page 7** © CNRS Photothèque / L. EYMARD  
© XENON Collaboration  
**Page 8** © CNRS Photothèque / F. SCHNELL  
© CNRS Photothèque / B. FRANCOIS  
**Page 9** © CNRS Photothèque / J. BARANDE  
**Page 10** © AAU-CRENAU / B. SUNER  
© INRIA / H. RAGUET  
© INRIA / KAKSONEN  
**Page 11** © IRCCyN / B. FURET  
© IRCCyN / F. LAROCHE  
**Page 12** © CNRS Photothèque / C. SARDET  
© G. OLESCHINSKI  
© O. SANISIDRO  
**Page 13** © CNRS Photothèque / D. MONTARRAS  
© CNRS / G. LENAERS  
**Page 14** © GEPEA / P. JAOUEN  
© Les films du cercle rouge  
**Page 15** © ECN  
© CNRS Photothèque  
**Page 17** © SBR  
© Common Cultural Connections  
© LPGN / S. BEAUNAY  
© CNRS Photothèque / KAKSONEN

# NOTES







**CNRS**  
**Délégation Bretagne et**  
**Pays de la Loire**

Parc Alcione  
CS 26936  
1, rue André et Yvonne Meynier  
35069 Rennes Cedex

T 02 99 28 68 68  
F 02 99 28 68 01

[www.dr17.cnrs.fr](http://www.dr17.cnrs.fr)

 @CNRS\_dr17