



2018
UNE ANNÉE AVEC LE CNRS
en Bretagne et Pays de la Loire

2018

UNE ANNÉE AVEC LE CNRS EN BRETAGNE ET PAYS DE LA LOIRE

est un complément régional au rapport d'activité 2018, une année avec le CNRS

CNRS délégation Bretagne et Pays de la Loire
1, rue André et Yvonne Meynier
parc Alcyone
CS 26936
35069 RENNES Cedex
02 99 28 68 68

www.dr17.cnrs.fr

 @CNRS_dr17

4 > 5
2018 en chiffres
Edito

6 > 7
Les temps forts de 2018
Les Talents

Direction de la publication
Direction de la rédaction
Rédaction
Conception graphique, mise en page

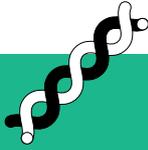
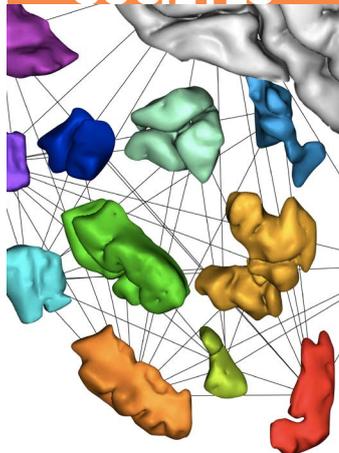
Antoine Petit
Gabielle Inguscio
Valérie Deborde
Céline Hein

Remerciements : **Véronique Dom et Alain-Hervé Le Gall**





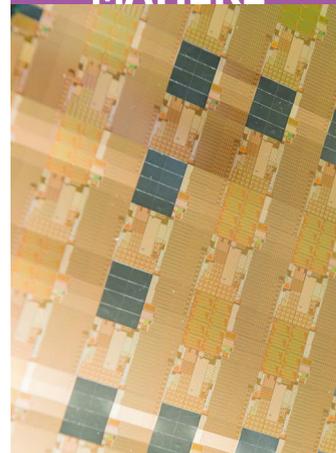
8 > 9
SOCIÉTÉS



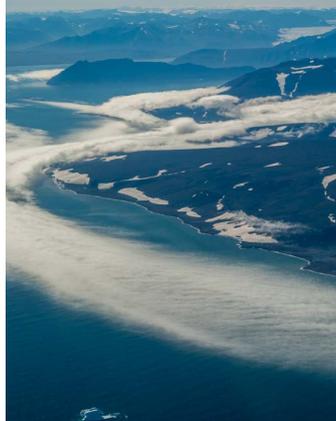
10 > 11
VIVANT



12 > 13
MATIÈRE



14 > 15
**PLANÈTES
ET UNIVERS**



16 > 17
**INGÉNIERIE
ET NUMÉRIQUE**



18 > 19
Innovation

20 > 21
Science et Société

22 > 23
Liste des laboratoires

2018

EN CHIFFRES

1805 PERSONNELS
DONT 40% DE FEMMES

508
chercheur-es

647
ingénieur-es et
technicien-nés

650
contractuel-les
non titulaires
de droit public

2217
doctorant-es

212
post-doctorant-es

RESSOURCES

66
unités de recherche
et de service

INNOVATION ET PARTENARIATS

4 START-UP
27 BREVETS

14
laboratoires
internationaux associés

7
projets européens

297 CONTRATS DE RECHERCHE

RECHERCHE

4441
PUBLICATIONS
SCIENTIFIQUES

dont
58%
AVEC UN LABORATOIRE
ÉTRANGER



ÉDITORIAL

GABRIELLE INGUSCIO

Déléguée régionale en Bretagne et Pays de la Loire

—J'ai le plaisir de vous inviter à découvrir des faits marquants issus de nos laboratoires dans tous les champs disciplinaires du CNRS : sociétés, vivant, planète et univers, matière, et ingénierie et numérique.

Ces résultats de recherche sont tous issus de nos laboratoires, unités mixtes de recherche en cotutelles avec nos partenaires établissements d'enseignement supérieur et organismes de recherche de nos deux régions. Ces travaux ont pu être menés dans les meilleures conditions grâce aux financements de l'Agence Nationale de la recherche (ANR) et du Conseil européen de la recherche (ERC), et grâce aussi au soutien sans faille des collectivités territoriales, régions et métropoles. De plus, ces travaux de recherche fondamentale sont toujours à l'origine des projets menés conjointement avec des partenaires industriels pour innover au service de la société.

Enfin, 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.

Je vous souhaite une lecture enrichissante au fil de cette ballade scientifique, non exhaustive, en Bretagne et Pays de la Loire et j'espère qu'elle vous donnera l'envie d'aller plus loin, d'approfondir certains sujets.

—Le dialogue avec nos partenaires, universités, écoles, etc., avec lesquels nous partageons priorités scientifiques et ressources, ou avec les collectivités territoriales avec lesquelles nous avons amorcé de nouveaux modes de collaboration, est primordial. Nous devons le renforcer et l'améliorer.—

Antoine Petit, Président-directeur général du CNRS

TEMPS FORTS

SCIENTIFIQUES ET INSTITUTIONNELS

Convention de site : le CNRS et 7 établissements d'enseignement supérieur et de recherche définissent une politique scientifique concertée pour Rennes

Avec cette convention, les établissements de Rennes engagés dans un processus de rapprochement au sein du projet d'Université de Rennes (UniR) et le CNRS renforcent leur partenariat dans les 30 laboratoires dont ils partagent la tutelle (pilotage scientifique et gestion). Ces unités mixtes de recherche, rassemblant plus de 1100 chercheurs et enseignants-chercheurs, 1800 doctorants et plus de 400 personnels administratifs et techniques au service de la recherche, travaillent dans les domaines de la chimie et la physique, la biologie et la santé, l'environnement, l'ingénierie, les mathématiques, l'informatique ainsi que les sciences humaines et sociales.

L'ambition de cette convention est aussi de promouvoir la mise en place de projets interdisciplinaires originaux et de développer des coopérations européennes et internationales structurantes. Elle vise également à conforter une politique d'équipements et de plateformes technologiques de haut niveau.

La convention prévoit notamment : l'harmonisation et la concertation en matière d'affectation des ressources ; le soutien aux procédures permettant aux enseignants-chercheurs de se consacrer plus intensément à leur activité de recherche sur des périodes déterminées (congrès thématiques, accueil en délégation) ; l'action concertée en matière de formation à et par la recherche (doctorat notamment) ; l'utilisation d'une signature unique des publications scientifiques issues des laboratoires communs afin de donner une meilleure visibilité aux recherches et établissements rennais ; enfin, la définition des principes généraux acceptés par tous pour la gestion de l'activité contractuelle et la valorisation des travaux de recherche.

Avec ce partenariat renforcé, les établissements d'enseignement supérieur et de recherche rennais et le CNRS souhaitent plus que jamais positionner le site de Rennes en tant que territoire internationalement reconnu et attractif sur le plan de la recherche et de l'innovation.



• L'EUROPE DE LA RECHERCHE, PRIORITÉ DU CNRS •

LAURÉATS ERC : ADVANCED ET STARTING GRANT

Le projet FOCUS, « Fiber Optic Cable Use for Seafloor studies of earthquake hazard and deformation », porté par Marc-André Gutscher du Laboratoire Géosciences Océan (CNRS, UBS, UBO) a été retenu par l'ERC (European Research Council) pour un Advanced Grant à hauteur de 3,5 million €.

Son objectif est de jeter les bases d'une nouvelle utilisation des câbles de communication optique qui sillonnent les fonds marins : ils permettront, grâce à la réflectométrie laser, de surveiller les déformations causées par les failles actives marines dans les zones à risques sismiques.

DINAMIX, projet porté par Jean-Nicolas Dumez du laboratoire CEISAM (CNRS/Univ.Nantes) a été retenu par le conseil européen de la recherche (ERC European Research Council) dans la catégorie Starting Grant.

Ce projet s'intéresse à l'analyse de mélanges de molécules en solution, lorsque ceux-ci évoluent dans le temps. Nombre d'échantillons sont constitués d'un mélange d'une grande diversité de molécules. Bien que de puissantes méthodes analytiques soient disponibles pour l'analyse de tels mélanges lorsqu'il sont à l'équilibre (c'est à dire que leur composition n'évolue pas dans le temps), c'est beaucoup moins vrai dans le cas des mélanges hors-équilibre, qui évoluent dans le temps, par exemple sous l'effet d'une réaction chimique. Or la compréhension et la maîtrise de ces réactions passent par une description précise de la composition moléculaire en fonction du temps.

Médaille de bronze

La médaille de bronze récompense les premiers travaux consacrant des chercheurs et des chercheuses spécialistes de leur domaine. Cette distinction représente un encouragement du CNRS à poursuivre des recherches bien engagées et déjà fécondes.

MAXIM ZHADOBOV



—Chercheur en bioélectromagnétisme, spécialisé dans les interactions entre les champs électromagnétiques et le vivant et responsable de l'équipe Waves de l'Institut d'électronique et de télécommunications de Rennes.

Je me souviens du documentaire « Comment les animaux voient le monde ». Comment peut-on voir le monde de différentes façons ? Aussi surprenant qu'il n'y paraît, on trouve cette réponse en physique et pas seulement en biologie. La réponse devient évidente dès qu'on apprend que la lumière visible est une onde électromagnétique et notre œil un « capteur calibré » pour recevoir cette

onde. Nous sommes en permanence entourés par la grande diversité des champs électromagnétiques invisibles, provenant de sources naturelles ou introduites par l'homme. Si nous ne les voyons pas, ces derniers existent bien et peuvent interagir avec notre corps ! Une partie de mes recherches porte sur la « visualisation » de ces champs à l'intérieur du corps à l'aide des différentes techniques pour mieux comprendre comment ces ondes « invisibles » interagissent avec notre corps.



Regardez le film :
> <https://youtu.be/TGv7VOu1B10>

Médaille de Cristal

La médaille de Cristal distingue des femmes et des hommes, personnels d'appui à la recherche, qui par leur créativité, leur maîtrise technique et leur sens de l'innovation, contribuent aux côtés des chercheurs et des chercheuses à l'avancée des savoirs et à l'excellence de la recherche française.

MARC TRAMIER

—Pionnier de la technique de *Fluorescence lifetime imaging microscopy* (Flim) en France et responsable de l'équipe Microscopie de fluorescence quantitative à l'Institut de génétique et développement de Rennes.

Je me souviens de ces nuits passées au sous-sol de l'Ecole normale supérieure Paris-Saclay avec ma directrice de thèse, Maïté Coppey, pour réaliser les premières mesures de Flim en cellules vivantes. Ce sont ces moments qui m'ont donné la passion de développer des outils originaux en microscopie de fluorescence appliqués à la compréhension du vivant. Concevoir, transmettre, transférer, former, mettre à disposition, sont les maîtres-mots de mon activité. C'est encore 15 ans plus tard, en développant le prototype fastFlim, que nous avons conçu une nouvelle approche pour piloter les microscopes plus rapidement. Brevetée, cette innovation est à l'origine de la start-up Inscoper.



Regardez le film :
> <https://youtu.be/JRL1vRHprPM>

FINALE NATIONALE MT180

CAMILLE VAUTIER

3^{ÈME} PRIX DU JURY



Après avoir remporté le 1er prix du jury de la demi-finale MT180 de Rennes Métropole, le 20 février, gagné la finale inter-régionale Bretagne Pays de la Loire (Prix du jury) qui s'est tenue au Couvent des Jacobins à Rennes le 19 mars, Camille Vautier faisait partie des 16 finalistes sélectionnés à l'issue des "qualifications" à Paris le 6 avril. Le 13 juin à Toulouse, Camille Vautier a remporté le 3ème prix du concours national 2018 Ma thèse en 180 secondes.

Sa thèse porte sur la dégradation biologique aux interfaces du cycle hydrologique au sein de Géosciences Rennes. Elle s'attache à prédire la pollution de l'eau aux nitrates à partir de mesures en ruisseau.



Regardez le film :
> <https://youtu.be/C73WUIR252M>

Cristal collectif

Le cristal collectif distingue des équipes de femmes et d'hommes, personnels d'appui à la recherche, ayant mené des projets dont la maîtrise technique, la dimension collective, les applications, l'innovation et le rayonnement sont particulièrement remarquables.

RÉSEAU DES LITHOPRÉPARATEURS DE FRANCE

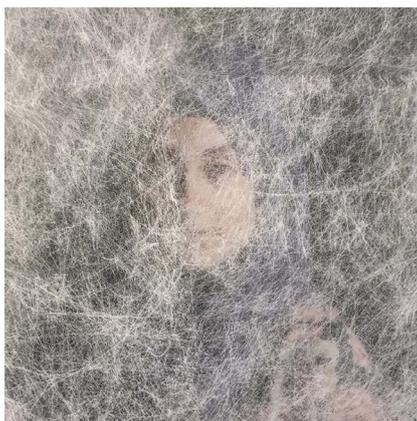
—Avec une cinquantaine d'agents au sein des laboratoires français en 2018, la lithopréparation demeure une profession rare. Un métier de la géologie protégé par le Réseau des lithopréparateurs de France dont l'objectif est de former et d'accompagner ses pairs. Xavier Le Coz, lithopréparateur au sein du laboratoire Geosciences Rennes, fait partie des lauréats.



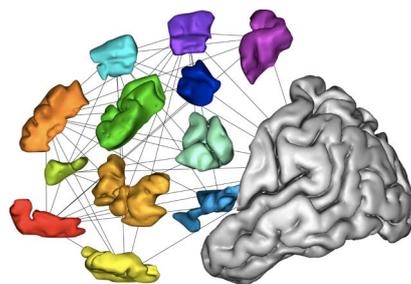
DÉMARCHE D'AMÉLIORATION CONTINUE

—Pilotée par la Mission pilotage et relations avec les délégations régionales et les instituts (MPR), la Démarche d'amélioration continue (DAC) au CNRS, est animée sur le terrain par des coordonnateurs DAC (cDAC). Cette démarche se fonde sur une posture managériale encourageant le développement de la réflexion collective et une culture commune partagée. Stéphane Bourlès, chargé de gestion administrative et aide au pilotage de la Délégation Bretagne et Pays de la Loire, fait partie des lauréats.





Jeune afghane du squat de la poterie à Rennes
© F. Lepage



Sous-régions fonctionnelles du lobe frontal du cerveau. Le lobe frontal construit et contrôle nos comportements les plus complexes tels que la prise de décision, la créativité et le raisonnement par analogie, la génération des comportements volontaires et l'organisation du langage.
© M. Thiébaud de Schotten / ICM / CNRS



- EN BREF -



JUSQU'OU UTILISER L'IMAGERIE CÉRÉBRALE EN JUSTICE ? *Pénétrer les esprits grâce à la technologie pour découvrir une intention de nuire ou de mentir, pour déceler une anomalie associée à un comportement dangereux, antisocial, ou à un trouble neuropsychique, ou encore pour retrouver la trace d'actes et de faits passés : voilà des perspectives aussi séduisantes que dangereuses pour les activités de police et de justice. Quoi de plus tentant, en effet, que de disposer d'outils de révélation des consciences et des mémoires ? Ce pourrait être la fin de la dépendance aux déclarations et aux témoignages subjectifs pour établir la réalité d'un dommage, la véracité d'un discours ou la commission d'une infraction. Est-ce faisable ? Est-ce souhaitable ? L'imagerie cérébrale donne accès à de nouvelles informations potentiellement utilisables en justice. Il faut toutefois prendre garde à ne pas les surinterpréter. La loi de bioéthique du 7 juillet 2011 contient déjà quelques garde-fous, mais selon la chercheuse en droit Sonia Desmoulin-Canselier, du laboratoire Droit et changement social, des améliorations pourraient y être apportées.*

Pour en savoir plus
> <https://lejournald.cnrs.fr/billets/jusquou-utiliser-limagerie-cerebrale-en-justice>

« FAKE NEWS » : CE QU'EN DISENT LA PHILOSOPHIE, LA SOCIOLOGIE, L'INFORMATIQUE, L'ÉCONOMIE ET LE DROIT
« Fake news », faits alternatifs, post-vérité : ces termes sont entrés dans notre vocabulaire ces derniers mois, à la faveur de campagnes électorales, de mesures sanitaires ou de politique scientifique. Alors que le parlement s'apprête à débattre d'une proposition de loi relative à la lutte contre les fausses informations, le CNRS a proposé l'éclairage de chercheurs et chercheuses de disciplines variées, avec notamment Vincent Claveau de l'IRISA. Sociologues d'internet, spécialistes du droit de la presse, philosophes, économistes comportementaux, informaticiens... dans de nombreuses disciplines, des scientifiques cherchent à comprendre comment se propagent les fausses informations et quels sont les moyens de lutter contre leurs effets.

Pour en savoir plus
> <http://www.cnrs.fr/fr/fake-news-ce-que-disent-la-philosophie-la-sociologie-linformatique-leconomie-et-le-droit>

ANR MIGSAN : Migrations et santé

Expériences de la santé et trajectoires de soin des populations primo-arrivantes en France

— Rappelons d'emblée un fait : il n'y a pas de relation mécanique entre migrations et santé : les migrants ne sont pas tous malades, l'idée de l'existence de « maladie de migrants » a été évacuée depuis longtemps, de même celle d'un supposé « tourisme médical » de migrants attirés par le système de santé français. Cependant, toutes les recherches convergent pour signaler la persistance voire le renforcement des inégalités de santé et d'accès aux soins pour les migrants en France. De fait, il existe actuellement un consensus dans ce domaine de recherche : si la relation entre santé et migrations doit être creusée, c'est qu'il existe un ensemble de faisceaux qui invite à questionner la complexité des contextes politiques, sociaux et économiques d'accueil et leurs répercussions sur la santé et la possibilité d'accéder aux soins. La notion d'« installation » des migrants en France s'étire dans le temps — elle prend en moyenne dix ans — ce qui a des conséquences majeures sur le non-recours aux soins pendant cette période. Les situations de précarité — économique, administrative et résidentielles — subies par les migrants renforcent leur exposition aux risques et les femmes, de plus en plus exposées aux situations de violences sexuelles post-migration, sont une des populations les plus exposées au VIH en France aujourd'hui.

Dans cet ensemble d'analyses, le projet MIGSAN prend part aux débats, depuis 2016, d'une part en explorant la santé et les soins du point de vue de l'expérience des migrants et, d'autre part, en questionnant les changements et adaptations à l'oeuvre dans ce secteur particulier de l'action publique, fortement connecté à d'autres secteurs politiques. Dans son ensemble, le programme de recherche interroge les vécus des expériences de maladie et des mondes sociaux des migrants, tout en questionnant la façon dont ils sont pris en charge dans le secteur sanitaire, notamment hospitalier. Quelles sont les trajectoires de soin des primo-arrivants et leurs expériences des épisodes de maladie ? En dehors des phases pathologiques stricto sensu, comment se répercutent, sur le plan de la santé et du bien-être, les conditions de logement et les changements dans la cellule familiale, telle l'arrivée d'un enfant ? En miroir de ces contextes vécus par les migrants, qu'apprend-on de la diversité des formes de mobilisation des professionnels du secteur sanitaire et/ou médico-social pour les migrants ? Que nous disent les dynamiques collectives, notamment celles qui se jouent au coeur des différentes structures en présence dans les différentes régions/villes du projet, souvent marquées par des initiatives locales « sur mesure » dans le domaine du soin et de la santé ?

Une particularité de ce programme de recherche consiste à produire des analyses comparées de terrains non franciliens, ce qui permet de fournir des données issues de différents paysages migratoires et selon différents contextes d'action dans le domaine des soins.

Espaces et Sociétés (CNRS/Agrocampus Ouest/ Le Mans Univ./Univ. Angers/Univ. Caen Normandie/Univ. Nantes/Univ. Rennes2)

Centre nantais de sociologie (CNRS/Univ. Nantes)

- ÉCLAIRAGE -

BIODIVERSITÉ: L'ÉTAT D'URGENCE

L'IPBES, le « Giec de la biodiversité », a rendu publics ses cinq rapports lors de sa 6e session plénière qui s'est achevée le 24 mars à Medellín, en Colombie. À travers cette synthèse des connaissances scientifiques actuelles sur la biodiversité, les experts dressent un panorama alarmant de l'état du vivant et de la détérioration des sols, tout en proposant des pistes de solutions politiques.

« L'un des enjeux majeurs de ce rapport était de rendre visibles les sols, en tant que support de toute activité humaine, mais également en tant qu'élément et composant naturel, au même titre que l'eau, qui fournit des ressources alimentaires, contribue à réguler le changement climatique (...) En ce sens, l'idée est également d'insister sur le rôle des terres pour l'homme au regard des valeurs et des perceptions qui ont cours actuellement », explique Alexandra Langlais, de l'*Institut de l'Ouest : droit et Europe (IODE)*, qui a contribué à la rédaction de l'un des chapitres sur les aspects

juridiques de l'aide à la décision, à destination des politiques. « Toutes les études convergent, il y a une prise de conscience politique autour de ces problématiques, comme en témoigne la prise en compte de la lutte contre la dégradation des terres et de leur restauration dans les objectifs d'Aichi et les objectifs internationaux de développement durable. Mais il s'agit désormais de faire concilier le court terme et le long terme, d'impliquer, notamment par le droit, les acteurs à toutes les échelles. Particulièrement les peuples autochtones et les communautés locales qui sont affectés directement par la perte de biodiversité, l'exploitation et l'érosion des terres », ajoute-t-elle. Des dommages environnementaux et sociaux, mais également une menace économique : les experts évaluent à 10 % du PIB mondial le coût économique de la perte actuelle de biodiversité et des services écosystémiques due à la dégradation des sols.



Pour en savoir plus
> <https://lejournale.cnrs.fr/articles/biodiversite-letat-durgence>

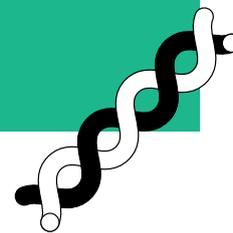
Les mobilités enfantines en milieux urbains : des traces au discours et parcours pour dépasser les limites spatiales

—À l'heure où la mobilité s'érige en paradigme de société, où pour encourager les déplacements, diverses technologies envahissent le quotidien des familles, que dire des déplacements urbains des enfants ? Cette nouvelle ère les encourage-t-elle à vivre la ville de façon plus libre ? Comment se situent les générations d'enfants actuelles, en termes d'expérience des mobilités, quand les résultats des recherches dans le domaine semblent depuis plus d'une vingtaine d'années alerter sur une régression significative d'autonomie de déplacements des enfants en milieux urbains, relativement aux générations passées ? En outre, les enjeux liés aux transitions écologiques en milieux urbains exigent de reconsidérer la question des mobilités, non plus sous l'angle unique des transports qui rend l'approche à la fois sectorielle et statique, mais sous l'angle de l'accessibilité individuelle. De là, la mobilité des enfants constitue une focale intéressante de la recherche urbaine. Très dépendante de celle des adultes, et de leur « automobilisme », elle représente un levier fondamental pour les politiques publiques et d'aménagement. Elle contribue à ouvrir certains verrous liés au poids des habitudes énergivores en termes de déplacements quotidiens. L'intérêt porté aux mobilités enfantines en milieu urbain permet en effet d'appréhender la problématique des déplacements quotidiens dans une approche multi-échelle et contribue à renforcer les recherches liées aux mobilités actives, en particulier le développement des modes pédestres.

MOBI'KIDS, programme de recherche interdisciplinaire, mis en oeuvre autour d'une équipe de recherche interdisciplinaire experte dans le domaine des mobilités, réunit différents partenaires en géographie, psychologie, sociologie, en informatique et géomatique. Le programme vise à développer un dispositif de collecte et d'analyse de traces géolocalisées (déplacements et activités) et enrichies qualitativement, tout en étant adapté à la particularité du groupe social visé : les enfants et leur famille.

Pour aller plus loin, le programme MOBI'KIDS contribue à la mise en relation de trois types de données : données géoréférencées; données discursives de retour sur traces, d'expression d'opinions et de représentations du déplacement urbain; données d'ambiances relevées à partir de parcours commentés réalisés avec les enfants. Inscrit par ailleurs dans une démarche semilongitudinale auprès des familles (enquêtées dans la métropole rennaise), ce programme devrait permettre de mieux comprendre les ressorts spatiaux, sociaux et culturels des apprentissages d'autonomie de déplacement chez les enfants et de prendre la mesure des leviers d'évolution des comportements vers des alternatives de déplacements plus actifs.

Espaces et Sociétés (CNRS/Agrocampus Ouest/Le Mans Univ./Univ. Angers/Univ. Caen Normandie/Univ. Nantes/Univ. Rennes2)



DIMINUER LA TAILLE DES PARCELLES POUR FAVORISER LES POLLINISATEURS

— L'agriculture intensive est l'une des principales causes de l'actuelle crise de la biodiversité, qui touche notamment les insectes pollinisateurs pourtant indispensables à la production de certains aliments. Une équipe internationale impliquant des chercheurs du CNRS et de l'Inra vient de démontrer qu'un paysage agricole fait de parcelles plus petites augmente l'abondance des pollinisateurs, et par conséquent le transport de pollen et le succès reproducteur des plantes (nombre de graines produites). L'explication est simple : lorsque la taille des parcelles diminue, la densité de bordures de champs augmente mécaniquement, ce qui crée des sortes de corridors, favorables au déplacement des insectes pollinisateurs. De manière contre-intuitive, l'étude montre aussi qu'une plus grande diversité de cultures n'est pas forcément favorable aux pollinisateurs. Ces résultats sont basés sur des observations recueillies dans le cadre du projet Farmland dans 229 parcelles de 94 paysages agricoles dans quatre pays (Allemagne, France, Espagne, Royaume-Uni), par des scientifiques de 15 laboratoires.

Ecosystèmes, biodiversité, évolution (CNRS/Univ. Rennes 1)



Fleurs de radis
© C. Fresillon / CNRS

• EN BREF •



BIODIVERSITÉ : LA DISPERSION DES ESPÈCES SUIT-ELLE TOUJOURS LES MÊMES RÈGLES ? Chez de nombreuses espèces, les individus se déplacent au cours de leur vie afin de s'installer dans des habitats mieux adaptés, un processus appelé dispersion par les écologues. Afin d'améliorer les prédictions scientifiques sur le devenir de la biodiversité face aux changements globaux, il est très important de comprendre les mécanismes de la dispersion, qui module l'adaptation des espèces à leur environnement. Or, ce processus est bien souvent simplifié dans les modèles prédictifs actuels, sous-estimant l'impact des changements globaux sur celui-ci. Dans une nouvelle étude parue dans la revue *Nature Ecology & Evolution*, un réseau international de chercheurs, dont du laboratoire *Ecobio*, a établi certaines règles générales pour expliquer la dispersion d'espèces de règnes très différents.

LE MICROBIOTE DE L'ORMEAU : UN COUTEAU SUISSE POUR LA DIGESTION DES GRANDES ALGUES Un herbivore marin est capable de dégrader des composés complexes issus des algues. Des chercheurs de la *Station Biologique de Roscoff* ont montré la présence d'un microbiote digestif dominant et stable dans le temps chez l'ormeau européen, quel que soit le type d'algue ingéré. Ces travaux, menés en collaboration avec une éclosérie d'ormeaux, sont parus dans la revue *Microbiome*. Ils visent à développer les connaissances sur l'utilisation des grandes algues comme fourrage pour l'élevage d'ormeaux.

SÉQUENÇAGE ADN HAUT DÉBIT DES BOIS ANCIENS : UNE NOUVELLE MÉTHODE POUR EXPLORER L'ÉVOLUTION DES FORÊTS De la détente à la production de bois en passant par de nombreux autres services écosystémiques, les forêts sont l'objet de nombreux enjeux notamment dans un contexte de changements globaux. Ouvrant de nouvelles perspectives pour comprendre l'évolution des peuplements forestiers et prédire leur devenir dans le cadre du changement climatique, une équipe scientifique internationale (dont le *Centre de Recherche en Archéologie, Archéosciences, Histoire*) a isolé et séquencé avec succès de l'ADN de chêne dans des restes de bois anciens - certains datant de près de 10 000 ans. Ces résultats ont été publiés dans la revue *Molecular Ecology*.



Espèces mises en flacon prélevées dans un collecteur de larves d'invertébrés, à la base de Daneborg, au Groenland
© E. Amice / LEMAR / CNRS

Tara Oceans : découverte de plus de 100 millions de gènes issus du monde marin

— L'expédition Tara Oceans (2009-2013) a permis de collecter des échantillons de plancton dans tous les océans du globe à bord de la goélette Tara, et d'établir des catalogues d'espèces et de gènes à une échelle jusqu'alors jamais entreprise. Poursuivant l'analyse et l'exploitation de la plus grande base de données établie sur l'écosystème planctonique, les équipes du CEA, CNRS, EMBL et ENS, entre autres, viennent de franchir une nouvelle étape en analysant l'expression de plus de 100 millions de gènes appartenant à des organismes complexes allant des algues microscopiques aux petits animaux planctoniques. Ces équipes ont montré que des gènes très différents s'expriment selon la température de l'eau ou la concentration en nutriments des zones océaniques étudiées. La moitié de ces gènes est inconnue, ce qui indique que l'océan, étant déjà un formidable réservoir de biodiversité, recèle en même temps un énorme potentiel de fonctions génétiques à découvrir. En utilisant des méthodes d'isolement et de caractérisation de cellules isolées, les chercheurs ont pu explorer plus spécifiquement le rôle des gènes présents dans ce compartiment peu étudié, incultivé mais très abondant du plancton, premier maillon d'une longue chaîne alimentaire. Ces résultats ont fait l'objet de deux articles publiés dans la revue *Nature Communications*.

Station biologique de Roscoff (CNRS/Sorbonne Univ.)

- ÉCLAIRAGE -

PROTÉGER LA BIODIVERSITÉ : UN MANQUE DE DÉCISIONS POLITIQUES ET NON DE CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES

En quinze ans, presque 13 000 articles de recherche ont été publiés dans les principales revues dédiées aux sciences de la conservation. Pourtant, la biodiversité reste menacée partout dans le monde. Vincent Devictor, et Laurent Godet du laboratoire *Littoral, environnement, géomatique, télédétection (LETG)* se sont penchés

sur ce paradoxe inquiétant en décortiquant cette riche littérature. Selon eux, l'un des obstacles majeurs serait la recherche constante d'arbitrages plus favorables aux activités humaines qu'à la protection de la nature. Cette étude a été publiée dans *Trends in Ecology and Evolution*.



Pour en savoir plus
> <https://lejournald.cnrs.fr/articles/des-solutions-existent-pour-protger-la-nature>



Cultures de "Synechococcus", picocyanobactéries du phytoplancton. Les genres "Prochlorococcus" et "Synechococcus", représentent 25% de la production primaire océanique

© L. Garczarek / AD2M / CNRS

Cartographie mondiale des « caméléons » du plancton

Les cyanobactéries du genre *Synechococcus* sont omniprésentes dans les mers du globe et contribuent fortement à la chaîne alimentaire marine et au cycle du carbone. Certaines de ces cyanobactéries sont capables de changer de couleur pour s'adapter aux variations de leur milieu, mais les chercheurs ignoraient jusqu'à présent la localisation et l'abondance de ces « caméléons » du plancton ? Des chercheurs du CNRS et du CEA et leurs collaborateurs internationaux montrent que ces cyanobactéries capables de modifier leur pigmentation sont globalement les plus abondantes des océans (environ 40% des *Synechococcus*) et plus nombreuses en profondeur et aux hautes latitudes. Cette capacité d'adaptation est un atout important pour un organisme planctonique qui est transporté par les courants dans des zones où la couleur de l'eau varie ce qui leur permet de continuer à fournir de l'énergie à l'ensemble du réseau trophique. Cette découverte est une avancée majeure dans la connaissance de ces organismes qui s'avèrent être d'excellents biomarqueurs du changement climatique. Ces résultats ont été publiés dans la revue *PNAS*.

Station biologique de Roscoff (CNRS/Sorbonne Univ.)

Quand les chiens accompagnent les premiers agriculteurs à travers l'Europe : un lien indéfectible il y a déjà plusieurs milliers d'années

Quand les premiers agriculteurs-éleveurs ont migré à travers l'Europe, il y a plus de 7 000 ans, ils n'étaient pas tout seuls. Ils ont aussi emmené leur animal de compagnie préféré, le chien. Une étude internationale publiée dans la revue *Biology Letters*, menée par des chercheurs de Lyon, Paris, Rennes et d'Oxford montre qu'il y a 7500 à 9000 ans, les chiens ont accompagné les populations humaines pendant plusieurs millénaires au cours de la transition néolithique et de son expansion depuis le Proche-Orient, jusqu'au Nord et l'Ouest de l'Europe. L'étude indique également que les chiens issus du Proche-Orient ont remplacé petit à petit, au cours du Néolithique, les populations européennes de chiens associées aux chasseurs-cueilleurs et domestiquées depuis plus de 15 000 ans.

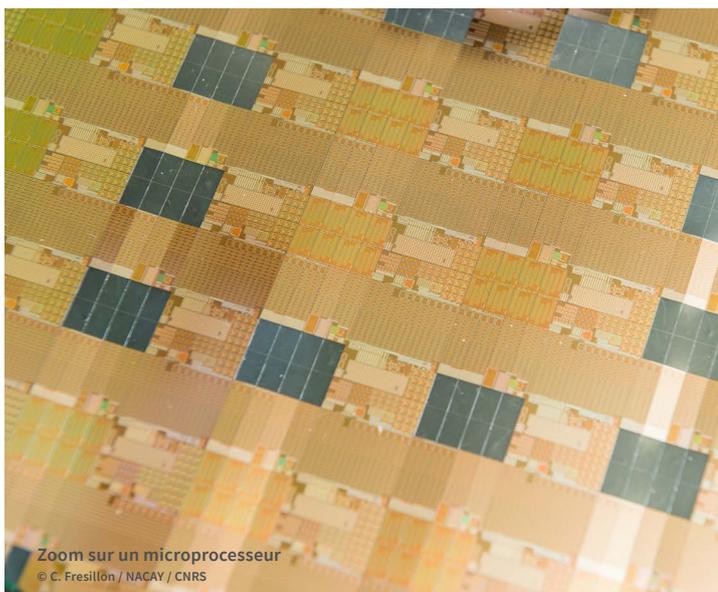
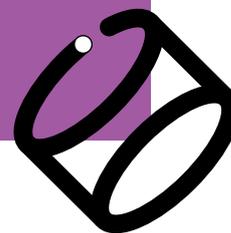
Ecosystèmes, biodiversité, évolution (CNRS/Univ. Rennes 1)

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



Mandibule de chien

© H. Raguet / CNRS



Zoom sur un microprocesseur
© C. Fresillon / NACAY / CNRS

IA ET MÉMOIRES : LA CHIMIE POUR ALLER AU-DELÀ DE LA LOI DE MOORE ?

—Pour contourner les limites attendues de la miniaturisation en microélectronique, différentes stratégies sont explorées... dont certaines font appel à la chimie à travers la quête de nouveaux matériaux. Les avancées dans ce domaine pourraient bien profiter aux mémoires puis à l'intelligence artificielle.

Les microprocesseurs que nous utilisons actuellement sont basés sur la technologie dite CMOS (« Complementary Metal Oxyde Semiconductor ») qui emploie des métaux comme le cuivre, des oxydes comme la silice et des semi-conducteurs comme le silicium. Jusqu'à présent, le développement de la microélectronique est resté essentiellement basé sur la miniaturisation des composants, tel que le transistor, qui sont réalisés à partir de ces seuls matériaux. Cette miniaturisation, qui a permis l'augmentation de la puissance des microprocesseurs de nos ordinateurs, est connue sous le nom de « loi de Moore », du nom de l'un des fondateurs de la compagnie Intel. Gordon Moore fut en effet le premier à prédire que le nombre de transistors contenus dans les microprocesseurs doublerait environ tous les deux ans. Mais plusieurs études prédisent la fin imminente de la loi de Moore puisque les transistors atteignent aujourd'hui leur limite physique de miniaturisation.

Les stratégies mises en place pour pallier ce problème, connues sous le nom de « more than Moore », consistent à changer d'architecture et à rechercher de nouveaux matériaux plus performants. Ici la chimie est à l'œuvre pour reproduire, avec des matériaux uniques et miniaturisables, les fonctionnalités complexes des dispositifs microélectroniques. Ainsi deux domaines de la microélectronique, celui des mémoires et celui de l'intelligence artificielle, pourraient faire rapidement appel à de nouveaux matériaux.

Ainsi, après bien des années où la chimie des matériaux n'a eu qu'un faible impact sur le développement de la microélectronique, elle pourrait rapidement s'imposer comme un point clef de l'électronique de demain.

Institut des matériaux Jean Rouxel (CNRS/Univ. Nantes)



Pour en savoir plus
> <https://lejournal.cnrs.fr/nos-blogs/matieres-a-penser/ia-et-memoires-la-chimie-pour-aller-au-dela-de-la-loi-de-moore>

- EN BREF -



VERS UN NOUVEAU NANOMATÉRIAU POUR DESSALER L'EAU DE MER

Des chercheurs de l'Institut de physique de Rennes, de l'Institut des sciences chimiques de Rennes, en collaboration avec l'université de Sherbrooke au Canada, ont utilisé des simulations numériques pour montrer que le nitrure de bore hexagonal constitue un matériau nanoporeux très efficace pour le dessalement de l'eau de mer à moindre coût. Ce résultat a débouché sur la réalisation de membranes en cours de test.

UN COMPOSANT MONOMATÉRIAU POUR LES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES ORGANIQUES

Au cœur de travaux de plus en plus nombreux, les cellules photovoltaïques organiques viennent épauler leurs cousines en silicium afin d'exploiter l'énergie solaire. Des chimistes de l'Institut des sciences et technologies moléculaires d'Angers, de l'université de Mons en Belgique et de l'université canadienne de Calgary ont développé une molécule dite « unique » puisqu'elle joue seule le rôle de couche active, généralement composée d'un mélange de composés. Ces travaux, publiés dans *Chemistry Squared*, devraient donc simplifier la fabrication des cellules.

UN PREMIER CONDUCTEUR MOLÉCULAIRE RADICALAIRE À PRESSION AMBIANTE

Les matériaux moléculaires qui peuvent conduire le courant aussi bien que les métaux se présentent le plus souvent sous forme de sels associant des espèces neutres, et des espèces chargées (les sels à valence mixte), ou, plus rarement, sous forme de composés radicalaires neutres. De tels composés n'offrent éventuellement une conduction métallique qu'à des pressions énormes. Dans des travaux publiés dans le *Journal of the American Chemistry Society*, des chercheurs de l'Institut des sciences chimiques de Rennes, en collaboration avec des collègues d'Orsay, de Luxembourg et de Barcelone ont développé le tout premier conducteur moléculaire radicalaire qui se comporte comme un métal à pression ambiante.

UNE NOUVELLE COURONNE AU ROYAUME DES CRISTAUX LIQUIDES

Les chimistes de l'Institut des sciences chimiques de Rennes mettent en évidence l'influence d'assemblages métalliques anioniques sur la stabilité thermique de cristaux liquides. Ce travail ouvre de nombreuses voies de recherches en photovoltaïque et opto-électronique, avec la possibilité de concurrencer les terres rares dans les applications d'affichage à écrans souples.

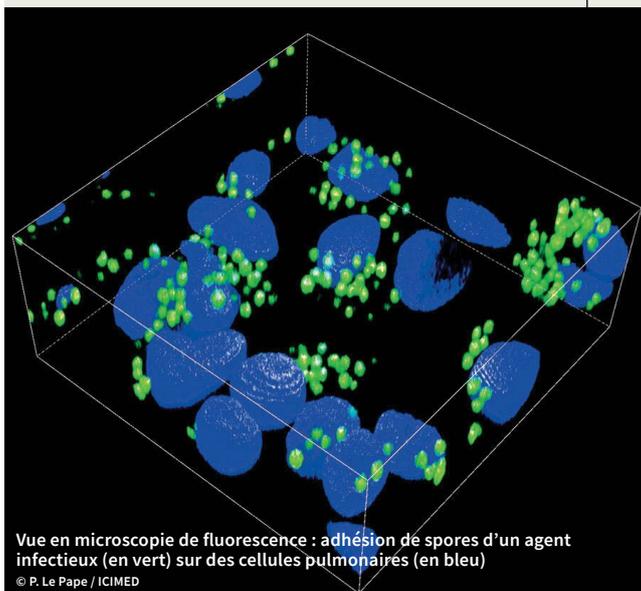
- ÉCLAIRAGE -

LES SUCRES, NOUVELLES MOLÉCULES DE LA SANTÉ

VIH, obésité, Parkinson... autant de maladies qui pourraient être soignées grâce à des glucides complexes. En s'inspirant de ces sucres, présents à la surface de nos cellules, plusieurs équipes de recherche élaborent différentes stratégies. Deux chimistes du CNRS ont conçu des molécules « leurres » spécialement destinées aux micro-organismes pathogènes responsables des infections pulmonaires. « Elles sont constituées d'une charpente chimique sur laquelle se greffent plusieurs sucres de synthèse. Ceux-ci imitent les glucides complexes présents à la surface des cellules qui tapissent la paroi des poumons »,

détaille Sébastien Guoin, chercheur au laboratoire *Chimie et interdisciplinarité : synthèse, analyse, modélisation (CEISAM)*.

Introduits sous forme de spray dans les voies respiratoires, ces composés s'arriment solidement aux récepteurs protéiques des agents pathogènes, les empêchant de se fixer à la paroi pulmonaire. « En réduisant presque à néant le pouvoir de virulence de ces micro-organismes, cette stratégie antiadhésive offre l'opportunité de diminuer significativement le risque d'infection chez les personnes immunodéprimées comme les patients placés en soins intensifs ou les malades de la mucoviscidose », commente Sébastien Vidal de l'Institut de chimie et biochimie moléculaires et supramoléculaires.



Vue en microscopie de fluorescence : adhésion de spores d'un agent infectieux (en vert) sur des cellules pulmonaires (en bleu)

© P. Le Pape / ICIMED



Pour en savoir plus
> <https://lejournal.cnrs.fr/articles/les-sucres-nouvelles-molecules-de-la-sante>

Une synthèse efficace de nanographène hélicoïdal bicouche

Par ses propriétés électroniques, le nanographène à deux feuillets se révèle attractif pour des transistors ou des batteries au lithium plus performants. Des chercheurs espagnols et français ont inventé une structure hélicoïdale qui permet d'en produire efficacement. Ce travail a été publié dans *Angewandte Chemie International Edition*.

Institut des sciences chimiques de Rennes (CNRS/ENSCR/INSA Rennes/Univ. Rennes 1)

Du magnésium pour booster les batteries au lithium

De plus en plus utilisées par les nouvelles technologies, les batteries Li-ion s'avèrent aussi de plus en plus gourmandes en ressources pour fonctionner. Une solution consiste au développement de batteries Li-ion organiques, plus vertes.

Les batteries Li-ion actuellement commercialisées sont en passe d'envahir le domaine des transports après avoir conquis celui de l'alimentation des systèmes électroniques nomades (téléphonie mobile, tablettes, ...) compte tenu de leurs fortes performances électriques. Les besoins en termes de stockage de l'électricité sont sans cesse revus à la hausse en parallèle de l'augmentation du nombre d'utilisateurs et des applications. Ces perspectives de déploiements massifs font pourtant apparaître un revers écologique car leur fonctionnement repose sur l'utilisation de matériaux d'électrode inorganiques (principalement des métaux comme le cobalt ou le nickel), coûteux, difficilement recyclables et non renouvelables par nature.

L'utilisation de matériaux d'électrodes organiques présente plusieurs atouts : constitués d'éléments naturellement abondants (carbone, hydrogène, oxygène, azote ou encore soufre), les composés organiques peuvent être préparés au moyen d'une chimie de synthèse faiblement énergivore intégrant potentiellement des réactifs biosourcés. Leur schéma de recyclage peut être aussi grandement simplifié et ne consister qu'en une simple destruction par combustion.

Cependant, aujourd'hui, une des difficultés réside dans l'obtention

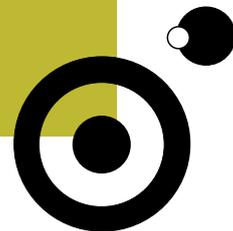
de matériaux organiques lithiés capables de fonctionner à haut potentiel rédox pour application en tant qu'électrode positive dans une batterie Li-ion et s'approcher ainsi des performances des matériaux classiques inorganiques. Des chercheurs ont découvert un moyen inédit pour atteindre cet objectif en associant du magnésium – élément abondant et non toxique – dans la structure d'un matériau organique éco-conçu précédemment identifié. Ces résultats, publiés dans *Nature Communications*, pourraient permettre le développement de nouvelles batteries à faible impact environnemental et plus compétitive par rapport aux batteries Li-ion actuelles.

Institut des matériaux Jean Rouxel (CNRS/Univ. Nantes)

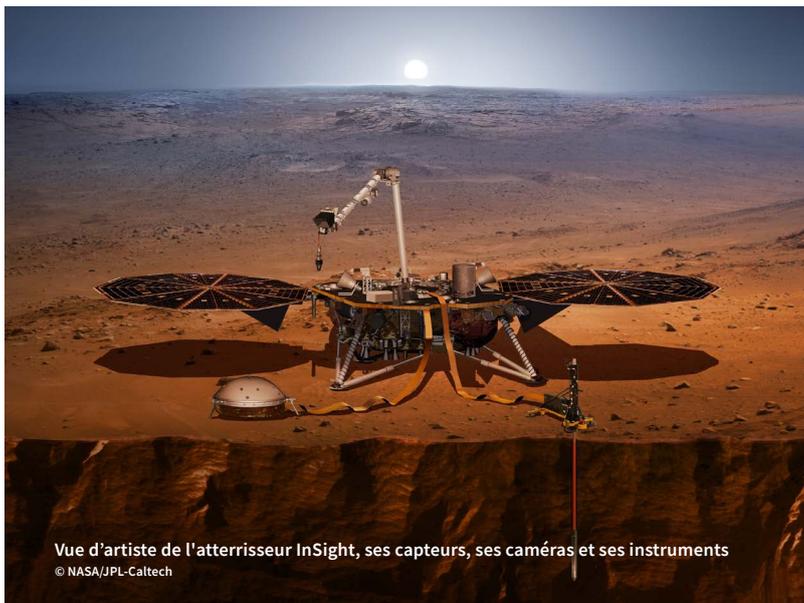
Porte objet cryogénique utilisé pour observer et caractériser des matériaux nanostructurés utilisés pour les électrodes négatives de batteries lithium-ion

© C. Fresillon / CNRS





- EN BREF -



Vue d'artiste de l'atterrisseur InSight, ses capteurs, ses caméras et ses instruments
© NASA/JPL-Caltech

SEIS, LE SISMOMÈTRE FRANÇAIS EMBARQUÉ SUR INSIGHT, VA ÉCOUTER BATTRE LE CŒUR DE MARS

—La mission InSight (INterior exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport), 12^{ème} mission du programme Discovery de la NASA, a pour objectif scientifique de comprendre comment s'est formée Mars et comment elle a évolué jusqu'à devenir le désert glacé d'aujourd'hui. Le lancement a été effectué le 5 mai à bord d'un lanceur Atlas V depuis la base de Vandenberg en Californie. La sonde a voyagé six mois avant d'arriver sur Mars. Lundi 26 novembre à 20h54, l'atterrisseur InSight avec à son bord le sismomètre français SEIS (Seismic Experiment for Interior Structure), instrument principal de la mission, s'est posé sur Mars, dans la partie ouest de la plaine Elysium Planitia. Après un atterrissage réussi et riche en émotions, l'atterrisseur InSight a commencé la mise en route et la vérification de tous ses sous-systèmes. Le sismomètre SEIS a été testé : tout est parfaitement normal, l'instrument est en excellente santé.

InSight entame maintenant une mission de deux ans pour en apprendre plus sur la structure interne de la planète rouge et contribuer à répondre à la question que se posent tous les planétologues : Mars a probablement été habitable mais a-t-elle été habitée ? Des chercheurs et des ingénieurs de Nantes complètent l'équipe française au JPL pour analyser les premières données de SEIS et des capteurs météorologiques ainsi que pour participer aux activités de sélection du site de déploiement de SEIS.

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



Pour en savoir plus
> <https://lejournel.cnrs.fr/articles/a-lecoute-des-tremblements-de-mars>

LA GRANDE OXYGÉNATION DE L'ATMOSPHÈRE TERRESTRE REVISITÉE

Pour comprendre quand, comment et à quelle vitesse l'oxygène est devenu un composant de notre atmosphère entre environ 2,5 et 2,2 milliards d'années, une équipe internationale, dont des chercheurs du Laboratoire géosciences océan, a étudié la systématique des quatre isotopes du soufre dans plus de 700 mètres de dépôts sédimentaires australiens. Les résultats obtenus montrent que l'oxygénation de la planète a commencé bien plus tôt que traditionnellement admis et que son enregistrement n'a pas été synchrone d'un continent à l'autre (Australie, Afrique du Sud, Amérique du Nord) mais étalé dans le temps sur presque 300 millions d'années. Ce décalage apparent reflète un effet local lié à l'altération en conditions oxydantes de surfaces continentales plus anciennes.

PESER LES SÉDIMENTS DEPUIS L'ESPACE

Des chercheurs de Géosciences Rennes, du Groupe de recherche de géodésie spatiale (GRGS) et du Center for space research (Austin, Texas) ont montré que l'accumulation des sédiments transportés dans l'océan par les plus gros fleuves du monde pouvait être mesurée par gravimétrie spatiale, avec le satellite GRACE. Ces résultats ouvrent la voie à une meilleure quantification de l'érosion des continents, très dépendante du climat, de la tectonique et des activités anthropiques.

UNE ACIDIFICATION PLUS RAPIDE QUE PRÉVU EN ATLANTIQUE NORD

Avec l'accumulation des rejets d'origine humaine, le CO₂ dissous augmente dans les eaux océaniques de surface. Un article publié dans Nature montre une pénétration de ces teneurs en CO₂ plus rapide que prévu en profondeur, au niveau de l'océan Atlantique nord. Les récifs coralliens d'eau froide pourraient en être victimes. Ces résultats confirment l'intérêt des longues séries temporelles, comme celles du projet Ovide mené par des chercheurs de l'Institut de recherche marine de Vigo (Espagne) et du Laboratoire d'océanographie physique et spatiale pour suivre l'impact du changement climatique dans l'océan.

LA SURFACE DE TITAN VUE DANS L'INFRAROUGE PAR LA SONDE CASSINI

Titan, le plus gros satellite de Saturne, a été survolé 127 fois par la sonde Cassini entre 2004 et 2017. Une équipe internationale a compilé l'ensemble des données du spectromètre imageur VIMS pour créer une carte globale de la surface dans l'infrarouge, montrant la diversité géologique des terrains. Une vidéo synthétique en illustre les principales caractéristiques, des champs de dunes équatoriaux aux cratères d'impact, jusqu'au site d'atterrissage du module Huygens. Le Laboratoire de Planétologie et Géodynamique fait partie des laboratoires impliqués.

- ÉCLAIRAGE -

LES AIRES PROTÉGÉES DE PLUS EN PLUS CERNÉES PAR LES POLLUTIONS LUMINEUSES

Une étude menée par des chercheurs du laboratoire *Littoral - Environnement - Télédétection - Géomatique (LETG)* et publiée dans la revue *Biological Conservation*, montre qu'en 20 ans les pollutions lumineuses nocturnes épargnent en partie les aires protégées mais qu'elles se concentrent de plus en plus autour d'elles, formant de véritables

auréoles lumineuses. Les aires protégées, clés de voûte des mesures de protection de la nature, constituent donc les derniers remparts face à l'anthropisation massive de notre planète mais elles ressemblent de plus en plus à des confettis de nature au milieu de paysages toujours plus dominés par l'Homme.

Le changement climatique affectera les courants marins profonds en Atlantique Nord

Le dernier rapport du GIEC montre l'urgence de réduire nos émissions de gaz à effet de serre. Un article publié dans *Nature Climate Change* aujourd'hui confirme cette nécessité, avec des prévisions sur les courants marins profonds en Atlantique Nord à l'horizon 2100.



Fjord avançant profondément dans les terres, au Groenland, l'évaporation causée par la différence de température entre la mer et la côte provoque cet effet de nuages côtiers
© E. Amice / LEMAR / CNRS

...La région Atlantique Nord est un secteur crucial pour l'étude des courants marins : le courant Nord Atlantique, issu du Gulf Stream, y apporte une eau de surface plus chaude que les eaux environnantes. En se refroidissant dans cette zone subpolaire, l'eau devient plus dense. Elle finit par pénétrer en profondeur. Cette convection est l'un des piliers du « tapis roulant » océanique qui redistribue la chaleur entre les zones polaires et équatoriales, avec une forte influence sur le climat mondial. C'est elle qui explique par exemple pourquoi notre climat ouest-européen est en moyenne 5°C plus chaud qu'en Amérique de l'Est, à latitude égale. À l'heure actuelle, elle se produit à 80% dans la zone subpolaire entre le nord de l'Écosse, le Groenland et le nord du Canada. La publication de *Nature Climate Change* permet une projection de cette convection profonde dans un monde où les niveaux de CO₂ seraient multipliés par 4 par rapport à l'époque préindustrielle. Un scénario qui pourrait se produire peu après 2100 si les rejets d'origine humaine se poursuivent dans la même tendance qu'aujourd'hui.

Laboratoire d'océanographie physique et spatiale (CNRS/Ifremer/IRD/UBO)

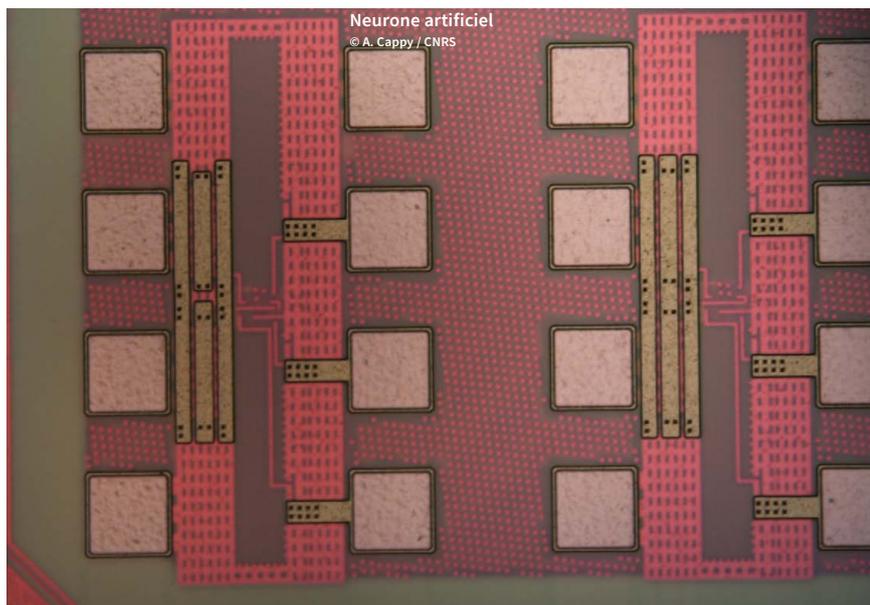
L'absorption du mercure par les feuilles réduit la pollution atmosphérique globale

...Des chercheurs français et leurs collaborateurs internationaux ont démontré l'importance de l'absorption du mercure, polluant atmosphérique, par la végétation. En comparant les données relevées pour ce composé au niveau de 50 stations de surveillance forestières, marines et urbaines, ils estiment que les feuilles des plantes séquestrent chaque année la moitié des émissions anthropiques globales (principalement par les industries) de mercure soit environ 1 000 tonnes. Ils démontrent aussi que, comme pour le CO₂, les concentrations de mercure dans l'air fluctuent au cours des saisons avec des niveaux plus bas en été qu'en hiver. À l'automne, les litières de feuilles ayant séquestrées le mercure le transfèrent aux sols. Cette pompe biologique joue ainsi un rôle important dans le transfert du polluant présent sous forme de trace dans l'atmosphère vers les écosystèmes aquatiques où il s'accumule jusqu'à des niveaux élevés à l'intérieur des poissons. Ces travaux ont été publiés dans la revue *Nature Geoscience*.

L'Institut polaire français Paul-Emile Victor (IPEV) fait partie des laboratoires impliqués dans cette étude.



Collecte d'eau de fonte au Svalbard, Arctique, pour mesurer du mercure biodisponible (capable de contaminer la cellule d'un micro-organisme)
© X. Fain / CNRS



UN NEURONE ARTIFICIEL RÉALISÉ AVEC UN ISOLANT DE MOTT EN COUCHE MINCE

Des chercheurs nantais ont réalisé un nouveau composant électronique qui permet de reproduire le fonctionnement d'un neurone. Ce neurone artificiel a pu être fabriqué par un procédé en couches minces, compatible avec les procédés de la microélectronique, ouvrant ainsi une voie vers la réalisation de circuits neuronaux artificiels.

...Une équipe de recherche multidisciplinaire développe une future génération de mémoires résistives basés sur les isolants de Mott, matériaux qui peuvent basculer à l'état conducteur lorsqu'ils sont soumis à une tension électrique. Elle a aussi montré que ces matériaux pouvaient reproduire le comportement électrique des neurones. Dans le cerveau, un neurone réalise trois fonctions de base. Intégrate : il reçoit des impulsions électriques des neurones voisins et les intègre via sa membrane. Leaky : entre les impulsions, sa membrane se décharge. Fire : quand le potentiel de la membrane atteint un certain seuil, le neurone envoie lui-même une impulsion vers les autres neurones. Ces fonctions ont pu être réalisées avec un matériau isolant de Mott, d'abord sous la forme d'un cristal, puis, plus récemment, avec un dispositif en couches minces.

A terme, le neurone artificiel réalisé par des procédés compatibles avec ceux utilisés en microélectronique, permet d'envisager des réseaux de neurones intégrés pour l'exécution de tâches d'intelligence artificielle. Grâce à leur technique de fabrication d'isolants de Mott en couches minces, les chercheurs poursuivent les études fondamentales sur les phénomènes physiques qui interviennent dans la transition entre les états isolant et conducteur de ces matériaux. Ces travaux ouvrent ainsi la voie à une nouvelle classe de composants électroniques à base d'isolants de Mott : la mottronique.

Institut des matériaux Jean Rouxel (CNRS/Univ. Nantes)



Pour en savoir plus
> <https://lejournal.cnrs.fr/articles/demain-ordinateur-inspire-de-notre-cerveau>

- EN BREF -



ANALYSE SPATIOTEMPORALE DES BIAIS ISSUS DE LA MODÉLISATION RÉGIONALE DU CLIMAT DANS LES VIGNOBLES NÉOZÉLANDAIS Une étude menée par des chercheurs du laboratoire Littoral, environnement, télédétection, géomatique (LETG) et de l'Université de Canterbury, publiée dans la revue *International Journal of Climatology*, montre que les biais issus des sorties de modèles climatiques régionalisés peuvent être identifiés en les associant à des régimes météorologiques spécifiques. Il est essentiel de pouvoir évaluer et corriger ces biais car les principaux risques climatiques (ex : gel de printemps, grêle, vagues de chaleur...) pour la viticulture se produisent lors de situations atmosphériques spécifiques.

DES MÉTASURFACES TRANSPONENT D'UNE OCTAVE LE SON Lors d'un écho, les voix renvoyées gardent leur tessiture d'origine malgré leurs multiples réflexions. Des chercheurs du Laboratoire d'acoustique de l'université du Mans et de l'université de Harvard ont cependant démontré que certaines surfaces hors normes renvoyaient une onde sonore en la transposant d'une octave. Selon ces travaux publiés dans la revue *Journal of Applied Physics*, ces métasurfaces fonctionnent même à des épaisseurs extrêmement faibles.

DES CELLULES SOLAIRES PÉROVSKITES PLUS STABLES AVEC MOINS DE PLOMB ? Les équipes de MOLTECH-Anjou, de l'IRCP, de l'Institut des Molécules et Matériaux du Mans et de l'Institut des Matériaux Jean Rouxel ont découvert et étudié une nouvelle famille de pérovskites hybrides. Ces composés permettront de produire des cellules solaires plus stables à l'humidité et avec moins d'éléments toxiques que les précédentes technologies. Ces travaux ont été publiés dans *Angewandte Chemie International Edition*.

DES PISTES POUR AMÉLIORER LES PROPRIÉTÉS DES SEMICONDUCTEURS PÉROVSKITES Les pérovskites halogénées sont une nouvelle classe de semiconducteurs très prometteurs pour des applications optoélectroniques à bas coût. Des chercheurs de l'Institut des sciences chimiques de Rennes et de l'Institut Fonctions optiques pour les technologies de l'information ont exploré les mécanismes responsables de leurs caractéristiques remarquables, dans la perspective d'améliorer leurs propriétés. Les résultats ont été publiés dans la revue *Nature Materials*.

- ÉCLAIRAGE -

APRÈS MELTDOWN ET SPECTRE,
COMMENT SÉCURISER LES PROCESSEURS ?

Les attaques Meltdown et Spectre ont défrayé la chronique en tout début d'année, dévoilant les failles de sécurité qui fragilisent les processeurs de nos machines. La spécialiste Clémentine Maurice de l'*Institut de recherche en*

informatique et systèmes aléatoires examine les sources de ces vulnérabilités et nous invite à repenser la sécurité de nos ordinateurs.

Point de vue
> <https://lejournel.cnr.fr/billets/apres-meltdown-et-spectre-comment-securer-les-processeurs>

Biofaçade : deux années de culture d'algues
à front d'immeuble

—Au moment de choisir un endroit où cultiver des algues, la devanture d'un immeuble n'est a priori pas la première idée qui vient. La biofaçade du Centre scientifique et technique du bâtiment à Champs-sur-Marne (77) fête pourtant ses deux premières années d'activités, avec ses 200 m² de bioréacteurs étalés sur quatre étages. Piloté par le consortium SymBIO2, ce programme montre le potentiel fascinant de la production d'algues en milieu urbain.

Grands caissons de verre high-tech, les bioréacteurs abritent des suspensions d'algues afin de les cultiver. Ils ajustent la température, le pH et les nutriments de manière entièrement automatisés et contrôlables à distance. La présence physique d'un spécialiste de la culture d'algues n'est ainsi pas nécessaire, ce qui réduit fortement les contraintes pour le choix de nouveaux sites. Au point que certains ont implanté ces cultures jusque sur des façades d'immeubles. Les algues bloquent les rayons du soleil en été et diminuent les besoins en climatisation, tout en pouvant consommer une partie du CO₂ produit par le bâtiment, par exemple par les chaudières. Les échanges thermiques entre les deux permettent également des économies. La biofaçade vit ainsi une véritable symbiose avec son support, sans même compter l'exploitation commerciale de ses algues. Ces deux années de culture et de recherche ont prouvé la faisabilité de ce type de projets à l'échelle de bâtiments entiers. Elles ont aussi donné l'occasion de tester les opérations de changement d'algues, qui nécessitent seulement d'adapter les conditions de culture. Cette flexibilité aide à rentabiliser au mieux l'installation et la culture, car différentes algues offrent différents débouchés. Si la première algue, *Chlorella vulgaris*, servait surtout à évaluer les performances de la biofaçade, sa remplaçante, *Haematococcus pluvialis*, produit un antioxydant utilisé comme complément alimentaire.

Laboratoire Génie des procédés - environnement - agroalimentaire (CNRS/IMT/Oniris/Univ. Nantes)

Diaporama
> <https://lejournel.cnr.fr/diaporamas/microalgues-les-couillises-dune-revolution>



La première biofaçade pilote est constituée de 8 photobioréacteurs plans permettant la culture de microalgues, alternant avec des vitrages clairs
© XTU/SYMBIO2/CSTB/J. Tarragon

Une meilleure production solaire
de dihydrogène grâce aux nanoparticules de nickel

—Grâce à sa forte densité d'énergie et à son stockage facile, le dihydrogène est très prometteur pour transporter de l'énergie à grande échelle. Il peut s'obtenir lors de l'électrolyse de l'eau par deux électrodes, avec un courant si possible issu d'énergies renouvelables telles que le solaire. Si les électrodes en silicium sont très prometteuses grâce à leurs propriétés semi-conductrices, les anodes en silicium se corrodent et se désactivent très rapidement. Le silicium réagit en effet dans les solutions aqueuses pour produire une couche de silice, un matériau isolant qui finit par empêcher l'électrolyse. Alors que de nombreuses équipes tentent d'élaborer des couches fines de matériaux protecteurs laissant passer le courant, des chercheurs rennais et du synchrotron SOLEIL proposent une solution plus simple et moins coûteuse.

L'ajout de nanoparticules de nickel à la surface du silicium protège en effet l'anode, tout en maintenant 80 % du semiconducteur en contact avec la solution aqueuse. Cette méthode ouvre une nouvelle voie pour démocratiser l'utilisation du silicium, abondant et peu coûteux, comme matériau de base des feuilles artificielles : l'apport initial en énergie peut provenir des cellules photoélectrochimiques qui convertissent les photons en charges électriques. Ces travaux ont été publiés dans la revue **Energy & Environmental Science**.

Institut des sciences chimiques de Rennes (CNRS/ENSCR/INSA Rennes/Univ. Rennes 1)



Production d'hydrogène
électrocatalysé
© E. Perrin / CNRS

Inventions, technologies et entreprises innovantes sortent chaque année des laboratoires. Valoriser la recherche, c'est-à-dire contribuer au transfert du savoir vers la société, est la seconde mission confiée par l'État au CNRS. Le lien étroit qu'il tisse entre ses missions de recherche et de valorisation fait du CNRS un acteur clé de l'innovation en France et dans le monde.

MICROSPHERE500[®], un procédé inédit préfigure la "Green Factory" du futur dans le secteur de la cosmétologie

— Deux chercheurs de l'Université de Nantes et du CNRS sont à l'honneur grâce à leur invention brevetée Microsphere500[®]. Un process inédit qui pourrait révolutionner la manière dont les cosmétiques sont jusqu'à présent produits.

Jerôme Bellettre (**LTEN**) et Agnès Montillet (**GEPEA**) ont en effet trouvé le moyen de fabriquer une crème en continu avec un système compact offrant des gammes de débits compatibles avec les besoins de l'industrie. Cette innovation phare qui devrait fortement impacter les process de production cosmétique dans les années à venir, est présenté en avant-première, au Tech Corner de Cosmetic 360, le salon international des innovations et solutions pour le secteur parfumerie-cosmétiques, aujourd'hui et demain à Paris. L'occasion pour les chercheurs nantais de faire des démonstrations en live, mais aussi de rencontrer des entreprises intéressées par leur invention brevetée pour un partenariat industriel.

LabCom GreenCARE : de nouveaux catalyseurs pour la chimie verte

— L'Université de Rennes 1, le CNRS et la société Demeta ont signé un partenariat de recherche sur les catalyseurs polymétalliques. Objectif : des procédés chimiques moins onéreux, plus efficaces et plus respectueux de l'environnement. Ces catalyseurs innovants, catalyseurs polymétalliques de nouvelle génération, sont développés par GreenCARE, un « laboratoire commun » (LabCom) qui, sans être doté de locaux spécifiques, est un type de partenariat favorisant la coopération entre recherche publique et privée. Ce partenariat s'inscrit dans le cadre de l'**Institut des sciences chimiques de Rennes** où il est hébergé. Les catalyseurs de GreenCARE sont destinés à favoriser la valorisation d'agro-ressources pour produire des précurseurs de polymères biosourcés, ainsi qu'à des applications telles que plastifiants, lubrifiants ou intermédiaires pharmaceutiques.

Le LAUM et ACOEM Group lancent leur laboratoire commun FullFields

— Le LabCom FullFields, créé conjointement par le **Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans (LAUM)** et le groupe ACOEM, vise la mise sur le marché de services et produits pour la conception et la caractérisation de structures industrielles silencieuses. Les technologies ciblent en particulier l'implantation de matériaux architecturés et le déploiement de système d'imagerie multi-modale. Ces travaux de recherche visent des débouchés majeurs en matière de contrôle vibratoire et acoustique des structures, en particulier lorsqu'elles sont soumises à des contraintes d'allègement. Les multiples applications concernent à la fois le large secteur industriel de la mobilité très sensible à ces contraintes pour la réduction des empreintes environnementales, ainsi que les marchés de niche technologique demandeurs d'innovations de pointe en vibro-acoustique.



Différentes espèces de microalgues séchées sous forme de poudre et en solution ainsi que du biobitume conçu à partir de microalgues
© J.C. Moschetti/AlgoSolis/CNRS

LabCom dédié aux biotechnologies bleues : Biotechalg

— Le nouveau laboratoire public/privé BioTechAlg, issu de la rencontre entre le **Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (LEMAR)** et la société productrice de microalgues Greensea, avec le soutien de la SATT Ouest Valorisation, a pour objectif d'identifier de nouvelles molécules issues des microalgues. Ces composés sont d'un intérêt stratégique majeur pour l'industrie cosmétique et agro-alimentaire : à terme, ils pourront par exemple remplacer des conservateurs chimiques.

La station Biologique de Roscoff et Merinov : des expertises complémentaires, de la recherche fondamentale aux applications en biotechnologies marines

À l'occasion de la Sea Tech Week, la Station Biologique de Roscoff (CNRS/Sorbonne Université) a accueilli David Courtemanche, directeur de Merinov. Une rencontre qui a pour but de développer la coopération des deux établissements dans le domaine des biotechnologies marines. Les partenaires bénéficieront par ailleurs du soutien d'EMBRC France, centre national de ressources biologiques marines. Cette infrastructure nationale en biologie santé portée par Sorbonne Université et le CNRS, est aujourd'hui le point d'entrée de l'exploration des bioressources marines en France. S'appuyant sur une expertise scientifique et technique issue des recherches des stations marines de Sorbonne Université et du CNRS, EMBRC France accompagne les projets de recherche fondamentale et appliquée nécessitant l'accès aux organismes et aux écosystèmes marins comme à des systèmes expérimentaux et des outils analytiques de pointe.

Concours mondial d'innovation : Kemwatt, lauréat de la phase 2

Dans le cadre de la Commission Innovation 2030, mise en place en 2013 pour délimiter les principaux enjeux du monde de 2030 et identifier les opportunités majeures à fort potentiel pour l'économie française, l'Etat français a initié le Concours mondial d'innovation.

Inscrit au sein des sept ambitions, reposant sur des attentes sociétales fortes et des secteurs en croissance, délimitées par la Commission Innovation 2030, ce concours a pour but de faire émerger les futurs champions de l'économie française en les accompagnant dans leur projet d'innovation. Suite à la première phase « amorçage » de la deuxième édition du concours qui a permis une sélection de 110 projets au stade amont de leur développement, les noms des entreprises lauréates de la deuxième phase, « levée de risque », destinée à accompagner des entreprises dans le développement de leur innovation, ont été annoncés. Ces 30 lauréats recevront un soutien de un à trois millions d'euros pour leurs dépenses d'innovation. Parmi les entreprises sélectionnées, neuf projets impliquent des laboratoires du CNRS.

Créée en 2014, la startup Kemwatt est spécialisée dans le stockage d'énergie grâce à ses batteries à électrolytes circulants. Son projet Infinis vise à stocker l'énergie en grande quantité grâce une batterie utilisant des molécules organiques, biodégradables et recyclables. Kemwatt est issue de l'**Institut des sciences chimiques de Rennes**.

Une illusion d'optique pour effrayer les rapaces

Des chercheurs du laboratoire **Ethologie animale et humaine** (CNRS/Université Rennes 1), en collaboration avec la société Airbus, a découvert un signal visuel qui détourne durablement les rapaces de sites à risques. Cette découverte ouvre des pistes à la fois en recherche sur la cognition visuelle de ces oiseaux mais aussi pour le champ de la conservation, les rapaces figurant parmi les premières victimes de collisions avec des avions et des éoliennes notamment. Cette étude a été publiée dans **PLOS ONE**.



Écran présentant le stimulus sur l'aéroport de Lourdes-Tarbes-Pyrénées
© A. Boigné

VR2Mars : Une innovation française sélectionnée par la NASA

La start-up labellisée French Tech, VR2Planets, a été invitée en Californie pour présenter son savoir-faire lors de l'évènement du lancement d'un nouveau robot vers Mars, l'atterrisseur InSight. VR2Planets, conceptrice d'applications dédiées à la visualisation de contenus scientifiques en réalité virtuelle, offrira des immersions martiennes avec son application VR2Mars en Californie. En prologue du lancement d'InSight, la NASA programme plusieurs expositions et a convié VR2Planets à présenter son expertise sur le campus de l'université d'Allan Hancock à Santa Maria. Remarquée par ses équipes lors du dernier congrès annuel de l'American Geophysical Union, la start-up nantaise, spin-off du **Laboratoire de planétologie et de géodynamique (LPG)** a été choisie par l'agence spatiale américaine pour le réalisme et la précision de son application de réalité virtuelle, qui transporte ses utilisateurs sur la planète rouge.

SCIENCE ET SOCIÉTÉ

Janvier

CAFÉ DES SCIENCES
Mobilités en ville : des radars pour les vélos
 avec **Stéphane Méric** et **Cécile Leconte (IETR)**

EMISSION DE RADIO
A la découverte des volcans
 avec **Benjamin Rondeau (LPG)**

VIDÉO
Mécanicienne à Dumont d'Urville en Antarctique
 (IPEV)

OUVRAGE
Mangrove. Une forêt dans la mer
 par **Emma Michaud, Adélaïde Aschenbroich** et **Gérard Thouzeau (LEMAR)**, **Guillaume Brunier** et **Erwan Gensac (LGO)** et **Françoise Debaine, Marc Robin** et **Florent Taureau (LETG)**

Février

CAFÉ DES SCIENCES
Quand la Bretagne roulera à l'hydrogène
 avec **Bruno Fabre (ISCR)**

EMISSION DE RADIO
Essor des technologies spatiales dans les pays émergents
 avec **Benoît Langlais (LPG)**

VIDÉO
Opto-électronicienne à Dumont d'Urville en Antarctique
 (IPEV)

VIDÉO
Chimiste sur l'île d'Amsterdam
 (IPEV)

EMISSION DE RADIO
Ecologie des communautés : formation et déformation des écosystèmes
 avec **Alice Schaffauser (CREAAH)**

EXPOSITION
Trajectoires. Habiter l'éphémère, du "squat de migrants" aux "Jardins de la Poterie"
 par **Anne-Cécile Hoyez (ESO)**

CONFÉRENCE GRAND PUBLIC
L'inégalité professionnelle entre les hommes et les femmes : un fait de droit ou de société ?
 par **Gwénaëlle Poilpot-Rocaboy (CREM)**

CONFÉRENCE GRAND PUBLIC
Titan et la mission Cassini-Huygens
 par **Stéphane Le Mouélic (LPG)**

BAR EN SCIENCES
L'apprentissage du chant chez les oiseaux chanteurs
 avec **Hugo Cousillas (ETHOS)**

Juin

CAFÉ DES SCIENCES
Les espèces introduites en milieu marin : une facette de la mondialisation des échanges maritimes
 avec **Frédérique Viard (SBR)**

VIDÉOS
Les Elles de l'Océan
 avec **Catherine Boyen (SBR)**, **Aurélié Penaud (LGO)**, **Christine Paillard** et **Leslie Gager (LEMAR)**

OUVRAGE
Conquêtes antarctiques
 (IPEV)

Septembre

FESTIVAL FILM SCIENTIFIQUE
Le pourquoi du comment ? Sciences et Cinéma
 (SBR)

NUIT EUROPÉENNE DES CHERCHEUR.ES
Angers, Brest et Le Mans
 (LETG, TEMOS, MOLTECH, LPG, MITOVASC, IMMM, CREAAH, LAUM, ESO, IUEM, SBR)

Octobre

FÊTE DE LA SCIENCE
*Angers, Brest, Le Mans, La...
 Nantes, Paimpont, Pleum...
 Bodou, Rennes, Roscoff*

EXPOSITION
Des Gorilles et des hommes
 (ECOBIO)

JOURNÉE SCIENCE ET MUSIQUE
 (IRISA)

DARK MATTER DAY
Phantom of the Universe et table-ronde
 avec **Dominique Thers** et **Mariangela Settimo (SUBATECH)**

Mars

EXPOSITION

*Sciences & Amoco Cadiz
(IUEM)*

CONFÉRENCE GRAND PUBLIC

*L'eau, une ressource menacée
dans un monde qui change
par Luc Aquilina (Géosciences
Rennes)*

MT180

*Finale Bretagne et Pays de la
Loire avec 15 doctorantes et
doctorants*

IMMERSION SCIENCES

*Développer le goût des filières
scientifiques chez les lycéens et
les lycéennes
(SFR François Bonny, LETG,
IRISA, LABSTICC, FOTON, SBR,
LPG)*

Avril

NUIT BLANCHE DES CHERCHEURS

*(AAU, IRSTV, IUML, LS2N,
OSUNA, SFR François Bonamy)*

CONFÉRENCE GRAND PUBLIC

*La géologie de la Bretagne
raconte plus de 500 millions
d'années d'histoire de la Terre
par Yves Lagabrielle
(Géosciences Rennes)*

Mai

EMISSION DE RADIO

*Parlez-moi de mathématiques !
avec Eric Paturel et Samuel
Tapie (LMJL)*

OUVRAGE

*Mai 68 par celles et ceux qui l'ont
vécu
par Érik Neveu (ARENES)*

PINT OF SCIENCE

Brest, Lannion, Nantes et Rennes

EXPOSITION

*À la conquête des lunes de
Jupiter et Saturne !
(LPG)*

Novembre

ARTS ET TECHNOLOGIES

*Cycle Ville (in)visible : Données
urbaines et représentations
sensibles
(AAU)*

CAFÉ DES SCIENCES

*L'intelligence artificielle
avec Guillaume Gravier et Elisa
Fromont (IRISA)*

CHEVALET

*Le macrophage : Qu'est-ce qui se
cache derrière ce nom ?
(CRCINA)*

EMISSION DE RADIO

*Dataquid : comment faire parler
les données ?
avec Pascale Kuntz (LS2N)*

FILM HUMORISTIQUE

*Le réchauffement climathuître
d'Elodie Fleury (LEMAR)*

Décembre

EXPOSITION

*Exils & Trajectoires
par Anne-Cécile Hoyez (ESO)*

EMISSION DE RADIO

*Insight sur Mars : entre
sismologie et géologie
avec Eric Beucler (LPG)*

FILM

*Mission spatiale InSight : les
chercheurs se préparent à
enregistrer les tremblements de
la planète Mars
(LPG)*

orient,
leur-

EMISSION DE RADIO

*Prenez en matières : les idées
maîtresses dans la chimie
avec Yann Pellegrin et Arnaud
Lafont (CEISAM)*

OUVRAGE

*5000 ans d'histoires, la conquête des
territoires
avec Grégor Marchand (CREAAH)*

EMISSION DE RADIO

*Colomb : ami ou ennemi ?
avec Quentin Boyadjian (IMN)*

LISTE DES LABORATOIRES AU 01/01/2018

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/

Retrouvez les communiqués de presse sur www.dr17.cnrs.fr/presse-cnrs-bretagne-pays-loire

Consultez les actualités scientifiques des laboratoires du CNRS : www.dr17.cnrs.fr/labos-cnrs-bretons-ligeriens

INSB

—Biologie Mitochondriale et Cardiovasculaire MITOVASC

(CNRS, INSERM, Univ. Angers)
<http://mitovasc.univ-angers.fr/>

—Biologie Santé et Innovation Technologique BIOSIT

(CNRS, INSERM, Univ. Rennes 1)
<https://biosit.univ-rennes1.fr>

—Centre de Cancérologie et d'Immunologie Nantes-Angers CCINA

(CNRS, INSERM, Univ. Angers, Univ. Nantes)
<http://www.crcina.org>

—Ethologie animale et humaine EthoS

(CNRS, Univ. Caen Normandie, Univ. Rennes 1) - <https://ethos.univ-rennes1.fr>

—Institut de Génétique et Développement de Rennes IGDR

(CNRS, Univ. Rennes 1)
<https://igdr.univ-rennes1.fr>

—L'unité de recherche de l'Institut du thorax

(CNRS, INSERM, Univ. Nantes)
<http://www.umr1087.univ-nantes.fr>

—Laboratoire de Biologie Intégrative des Modèles Marins LBIM

(CNRS, Sorbonne Univ.)
<http://www.sb-roscoff.fr/fr/laboratoire-de-biologie-integrative-des-modeles-marins>

—Santé François Bonamy

(CNRS, CHU Nantes, 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 Jean Rouxel IMN

(CNRS, Univ. Nantes)
<https://www.cnrs-imn.fr>

—Institut des Molécules et Matériaux du Mans IMMM

(CNRS, Le Mans Univ.)
<http://immm.univ-lemans.fr/fr>

—Institut des Sciences Chimiques de Rennes ISCR

(CNRS, ENSCR, INSA Rennes, Univ. Rennes 1)
<https://iscr.univ-rennes1.fr>

—Institut des sciences et technologies moléculaires d'Angers MOLTECH-ANJOU

(CNRS, Univ. Angers)
<http://moltech-anjou.univ-angers.fr>

—Micro et Nanomédecines Translotionnelles MINT

(CNRS, INSERM, Univ. Angers)
<http://mint.univ-angers.fr>

—Plates-formes de Synthèse Caractérisation Analyse de la Matière SCANMAT

(CNRS, Univ. Rennes 1)
<https://scanmat.univ-rennes1.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, Sorbonne Univ.)
<http://www.sb-roscoff.fr/fr/umr-adaptation-et-diversite-en-milieu-marin>

—Centre de Recherche en Archéologie, Archéosciences, Histoire CREAAH

(CNRS, Le Mans Univ., Ministère de la culture, Univ. Nantes, Univ. Rennes 1 et 2)
<https://creeah.cnrs.fr/>

—Écosystèmes, Biodiversité, Evolution ECOBIO

(CNRS, Univ. Rennes 1)
<https://ecobio.univ-rennes1.fr>

—Laboratoire de Microbiologie des Environnements Extrêmes LM2E

(CNRS, Ifremer, UBO)
<http://wwwz.ifremer.fr/umr6197>

—Laboratoire des sciences de l'environnement marin LEMAR

(CNRS, Ifremer, IRD, UBO)
<https://www-ieuem.univ-brest.fr/LEMAR>

—Littoral, Environnement, Télédétection et Géomatique LETG

(CNRS, EPHE, UBO, Univ. Caen Normandie, Univ. Angers, Univ. Nantes, Univ. Rennes 2)
<http://letg.cnrs.fr>

—Station biologique de Roscoff SBR

(CNRS, Sorbonne Univ.)
<http://www.sb-roscoff.fr>

INSHS

—Ambiances, Architectures, Urbanités CRENAU

(CNRS, Centrale Nantes, ENSA Nantes, ENSA Grenoble)
<https://aau.archi.fr/crenau>

—ARENES

(CNRS, EHESP, SciencesPo Rennes, Univ. Rennes 1)
<http://www.arenas.eu/>

—Centre de Recherche Bretonne et Celtique - Documentation CRBC

(CNRS, UBO)
<https://www.univ-brest.fr/crbcc/>

—Centre de Recherche en Economie et Management CREM

(CNRS, Univ. Caen Normandie, Univ. Rennes 1)
<https://crem.univ-rennes1.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

(Agrocampus Ouest, CNRS, Le Mans Univ., Univ. Angers, Univ. Caen Normandie, Univ. Nantes, Univ. Rennes 2)
<http://eso.cnrs.fr/fr>

—Institut de l'Ouest : Droit et Europe IODE

(CNRS, Univ. Rennes 1)
<https://iode.univ-rennes1.fr>

—Laboratoire de linguistique de Nantes LLING

(CNRS, Univ. Nantes)
<http://www.liling.univ-nantes.fr>

—Laboratoire Temps, Mondes et Sociétés TEMOS

(CNRS, Le Mans Univ., UBS, Univ. Angers)
<http://temos.cnrs.fr/>

—Maison des sciences de l'homme en Bretagne MSHB

(CNRS, EHESP, IMT, UBO, UBS, Univ. Rennes 1 et 2)
<https://www.mshb.fr>

—Maison des sciences de l'homme et de la société Ange Guépin

(CNRS, Le Mans Univ., Univ. Angers, Univ. Nantes)
<http://www.msh.univ-nantes.fr>

INSIS

—AlgoSolis

(CNRS, Univ. Nantes)
<http://algosolis.com>

—Institut d'électronique et de télécommunications de Rennes IETR

(CNRS, CentraleSupélec, INSA Rennes, Univ. Nantes, Univ. Rennes1)
<https://www.ietr.fr>

—Institut de Recherche Henri Dupuy de Lôme IRDL

(CNRS, ENSTA Bretagne, UBO, UBS)
<http://irdl.fr>

—Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique GEM

(CNRS, Centrale Nantes, Univ. Nantes) <https://gem.ec-nantes.fr>

—Institut de Recherche en Sciences et Techniques de la Ville IRSTV

(CNRS, Agrocampus Ouest, BRGM, Centrale Nantes, CSTB, ENSA Nantes, IFSTTAR, IMT, Le Mans Univ., Univ. La Rochelle, Univ. Nantes)
<https://irstv.ec-nantes.fr>

—Institut Fonctions Optiques pour les Technologies de l'information FOTON

(CNRS, INSA Rennes, Univ. Rennes 1)
<http://foton.cnrs.fr>

—Institut Universitaire Mer et Littoral IUML

(CNRS, Centrale Nantes, ENSAM, ENSM, Ifremer, Le Mans Univ., UBS, Univ. Nantes)
<https://iuuml.fr/>

—Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans LAUM

(CNRS, Le Mans Univ.)
<http://laum.univ-lemans.fr>

—Laboratoire de Génie des Procédés - Environnement - Agroalimentaire GEPEA

(CNRS, IMT, Oniris, Univ. Nantes)
<http://www.gepea.fr>

—Laboratoire de Recherche en Hydrodynamique, Énergétique et Environnement Atmosphérique LHEEA

(CNRS, Centrale Nantes)
<https://lheea.ec-nantes.fr>

—Laboratoire de Thermique et Énergie de Nantes LTeN

(CNRS, Univ. Nantes)
<http://www.polytech.univ-nantes.fr/ltfn/fr>

INSMI

—Institut de recherche mathématique de Rennes IRMAR

(CNRS, ENS Rennes, INSA Rennes, Univ. Rennes 1 et 2)
<https://irmar.univ-rennes1.fr>

—Laboratoire Angevin de Recherche en Mathématiques LAREMA

(CNRS, Univ. Angers)
<http://math.univ-angers.fr>

—Laboratoire de Mathématiques de Bretagne Atlantique LMBA

(CNRS, UBO, UBS)
<http://www.math.univ-brest.fr>

—Laboratoire de Mathématiques Jean Leray LMJL

(CNRS, Univ. Nantes)
<http://www.math.sciences.univ-nantes.fr>

—Mathématiques des Pays de Loire FRMPL

(CNRS, Centrale Nantes, Le Mans Univ., Univ. Angers, Univ. Nantes)
<http://www.fpl.math.cnrs.fr>

IN2P3

—Laboratoire de physique subatomique et des technologies associées SUBATECH

(CNRS, IMT, Univ. Nantes)
<http://www-subatech.in2p3.fr>

INP

—Institut de Physique de Rennes IPR

(CNRS, Univ. Rennes1)
<https://ipr.univ-rennes1.fr>

INS2I

—Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires IRISA

(CNRS, CentraleSupélec, ENS Rennes, IMT, INRIA, INSA Rennes, 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, ENI Brest, ENSTA Bretagne, IMT, UBO, UBS)
<http://www.lab-sticc.fr>

—Laboratoire des Sciences du Numérique à Nantes LS2N

(CNRS, Centrale Nantes, IMT, Univ. Nantes)
<https://www.ls2n.fr>

INSU

—Flotte Océanographique Française FOF

(CNRS, Ifremer, IPEV, IRD)
<http://flotte.ifremer.fr>

—Géosciences Rennes

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

—Institut Polaire IPEV

(MEAE, MESRI, CNRS, Ifremer, CEA, CNES, EPF, Météo-France, TAAF)
<http://www.institut-polaire.fr>

—Institut Universitaire Européen de la Mer IUEM

(CNRS, IRD, UBO, UBS)
<https://www-iuem.univ-brest.fr>

—Laboratoire de Planétologie et Géodynamique LPG

(CNRS, Univ. Angers, Univ. Nantes)
<https://lpg-umr6112.fr>

—Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale LOPS

(CNRS, Ifremer, IRD, UBO)
<http://www.ifremer.fr/lpo>

—Laboratoire Géosciences Océan LGO

(CNRS, UBO, UBS)
<https://www-iuem.univ-brest.fr/lgo/fr>

—Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes OSUR

(CNRS, Agrocampus Ouest, INRA, Univ. Rennes 1 et 2)
<https://osur.univ-rennes1.fr>

—Observatoire des Sciences de l'Univers Nantes Atlantique OSUNA

(CNRS, CNAM, IFSTTAR, IMT, Univ. Angers, Univ. Nantes)
<http://www.osuna.univ-nantes.fr>

Les dix instituts du CNRS

—INSB Institut des sciences biologiques

—INC Institut de chimie

—INEE Institut écologie et environnement

—INSHS Institut des sciences humaines et sociales

—INSIS Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes

—INSMI Institut national des sciences mathématiques et de leurs interactions

—IN2P3 Institut national de physique nucléaire et physique des particules

—INP Institut de physique

—INS2I Institut des sciences de l'information et de leurs interactions

—INSU Institut national des sciences de l'univers



La débâcle tardive de la banquise n'a pas facilité la mission des chercheurs. Le photographe situé à quinze mètres de profondeur parvient à les capturer au fond du fjord Young Sund à l'est du Groenland. Sous un mètre et demi de neige et une croûte glacée de près de deux mètres, ils prélèvent des spécimens de bivalves ou lamellibranches. Retard de développement, anomalie de croissance : ces petits mollusques à coques sont témoins des dérèglements climatiques qui bouleversent les écosystèmes arctiques. Au premier plan, de grandes algues parviennent à survivre malgré le peu de lumière solaire qui transperce le fjord.

© Erwan AMICE / LEMAR / IRD /
CNRS Photothèque

CNRS

Délégation Bretagne et Pays de la Loire

Parc Alcyone - CS 26936

1, rue André et Yvonne Meynier

35069 RENNES CEDEX

www.dr17.cnrs.fr



@CNRS_dr17