



**Recherche** Le Brexit sera sans impact cette année

**Paléontologie** La fourmi fossile à une corne



# sciences ouest

L'actualité scientifique en Bretagne

n° 344 - Septembre 2016 - 3 €

[www.sciences-ouest.org](http://www.sciences-ouest.org)

## DOSSIER



Ormeaux, crevettes, vers : des élevages innovants



La supersélection des poissons



Des légumes qui poussent dans les bassins

**Biologie** Comment les tiques attaquent  
**Matériaux** Cellules solaires : une avancée majeure

Aquaculture : des blocages et des innovations

# LA MER, ÇA SE CULTIVE !



**EXPOSITION**  
 ESPACE DES SCIENCES - RENNES  
 > du 27 septembre 2016 au 5 mars 2017



# PLUMES DE DINOSAURE !

Les champs libres

Muséum  
 d'histoire  
 naturelle  
 de Nantes



© BRIGITTE EYMANN / ACADEMIE DES SCIENCES

## C'est la rentrée à l'Espace des sciences

Après une belle saison estivale marquée par une forte fréquentation, en particulier grâce au nouveau laboratoire de Merlin, toute l'équipe s'est mobilisée pour vous préparer un beau programme de rentrée, marqué cette année par deux nouveautés : l'ouverture de l'exposition Plumes de dinosaure ! et la mise en ligne de notre nouveau site Internet<sup>(1)</sup>. *Sciences Ouest* vous propose un dossier passionnant sur l'aquaculture. Source d'espoir depuis de nombreuses années afin de remplacer les prélèvements des pêches, elle est encore assez peu

développée en France. Qu'en est-il exactement ? Constitue-t-elle une filière d'avenir pour la Bretagne ? C'est un domaine où les scientifiques peuvent apporter des contributions essentielles. Au sommaire également, des travaux prometteurs sur des cellules photovoltaïques de nouvelle génération qui seront très peu onéreuses à fabriquer. Elles sont imaginées à Rennes. Beaucoup de découvertes en perspective !

<sup>(1)</sup>À retrouver sur [www.espace-sciences.org](http://www.espace-sciences.org).

**MICHEL CABARET**  
DIRECTEUR DE L'ESPACE DES SCIENCES

n° 344 SEPTEMBRE 2016

# sciences ouest

### DÉJÀ DEMAIN LES BRÈVES

#### CE QUE JE CHERCHE

Par PHILIPPE BLANCHET, sociolinguiste  
« J'étudie la glottophobie. »

- LA FOURMI À UNE CORNE
- LE PREMIER DRONE TRANSATLANTIQUE
- DU NOUVEAU AU SEIN DU CANCÉROPÔLE !
- DU LOUP AU CHIEN : LA DOUBLE PISTE

### DÉJÀ DEMAIN LES ACTUS

- COMMENT LES TIQUES ATTAQUENT
- CELLULES SOLAIRES : UNE AVANCÉE MAJEURE

4  
4  
5  
6  
7

## LE DOSSIER



S. SIBREAU

## AQUACULTURE : QUELS ENJEUX ? 10 à 18

- AU LABO AVANT LA MISE À L'EAU 14
- DES POISSONS 100 % VÉGÉTALIENS 15
- ASSOCIATION DE BIENFAITEURS ! 16
- EAU : COMMENT L'ÉCONOMISER ? 17
- UN ESPACE DIFFICILE À PARTAGER ! 18

### À L'ESPACE DES SCIENCES

19

### L'AGENDA DE LA RÉDACTION

20

**L'ÉPREUVE PAR 7**  
FRANCK ZAL,  
docteur en biologie marine  
Une interview non scientifique

22



H. TAILLARD / GPO

COUVERTURE : INRA - NICOLAS JOBE - SICAAPF

### POINTE SÈCHE PAR WILLIAM AUGEL



## CE QUE JE CHERCHE

## « J'étudie la glottophobie. »

**PHILIPPE BLANCHET**  
SOCIOLINGUISTE

« **N**otre discipline, la sociolinguistique, consiste à étudier les aspects sociaux des pratiques linguistiques. Au laboratoire Prefics<sup>(1)</sup>, à l'Université Rennes 2, j'étudie les discriminations liées à la langue que l'on parle, à partir de différents corpus (presse, textes juridiques, documents institutionnels), d'enquêtes et d'observations.

Dire qu'il y a des façons correctes, et d'autres fautives, de parler le français, c'est de l'idéologie ! Elle sert à discriminer l'interlocuteur. C'est de la "glottophobie" : j'ai construit ce mot sur le modèle de "xénophobie" et "homophobie". Dès lors qu'il y a un comportement de mépris et de mise à l'écart d'une personne, au prétexte qu'elle est étrangère, homosexuelle, ou qu'elle parle autre chose que la norme attendue, c'est une discrimination.

Nous avons réalisé beaucoup d'études qualitatives qui montrent l'existence de cette discrimination. Elle est institutionnalisée dans l'Éducation nationale : on n'accepte qu'une seule "bonne" façon d'écrire et de parler le français ! En France, la cause principale de l'échec scolaire est le rejet des enfants pour des raisons linguistiques, et non pas pour leur capacité à apprendre. Les emplois qui utilisent la parole, l'accès au droit et l'accès au logement sont concernés par la glottophobie. Cela représente une grande partie de la population française, des millions de personnes.

Je préparais le livre *Discriminations : combattre la glottophobie* depuis deux ans. C'est un ouvrage de synthèse, où je présente les corpus, les analyses et une théorie de la déconstruction de l'idéologie linguistique. »

PROPOS RECUEILLIS PAR NICOLAS GUILLAS

Rens. : Philippe Blanchet,  
philippe.blanchet@univ-rennes2.fr



Langues, accents, tournures langagières : le sociolinguiste a démontré qu'en France la langue peut être une arme de domination et d'exclusion sociale.

Philippe Blanchet a publié cette année le livre *Discriminations : combattre la glottophobie*, aux éditions Textuel.

<sup>(1)</sup> www.univ-rennes2.fr/prefics.

Découvert sur un gisement d'ambre en Birmanie, le fossile d'une fourmi inconnue est étudié par un Rennais.

## La fourmi à une corne

**P**iéagé dans de l'ambre, une résine fossile connue pour être solide et non friable, le spécimen est très bien conservé. Il date du crétacé (99 millions d'années), une époque qui fascine Vincent Perrichot, paléontologue au laboratoire Géosciences Rennes<sup>(1)</sup> : « C'est une période de transition dans l'évolution des insectes, qui correspondrait à la disparition des lignées anciennes vieilles de 120 millions d'années, et l'apparition des lignées actuelles », dit-il.

La fourmi découverte mesure un centimètre de long. C'est un minéralogiste allemand qui en a fait l'acquisition en 2014 auprès de mineurs birmans. « Il a pour habitude de me contacter quand il trouve un spécimen curieux, raconte Vincent Perrichot. Sur les photos qu'il m'a envoyées, j'ai repéré cette corne sur le front qui se termine en forme de spatule. Personne n'avait vu ça auparavant. Un collègue chinois, Bo Wang, de l'Institut de paléontologie de Nanjing, avec qui je collabore depuis quatre ans, a racheté le spécimen pour que l'on puisse l'étudier<sup>(2)</sup>. »

En plus de cette corne unique, d'où son surnom de "fourmi licorne", ses deux mandibules sont gigantesques. Elles ont la forme de deux défenses pivotant verticalement, une particularité peu commune : chez la plupart des fourmis actuelles et anciennes, les mandibules sont plus petites et pivotent horizontalement. Mais il existe une lignée de fourmis disparue, les Haidomyecines, qui date également du crétacé. Ces fourmis, que Vincent Perrichot appelle les "fourmis mammoths", possèdent des mandibules de même forme que celles du fossile mais deux fois plus courtes.

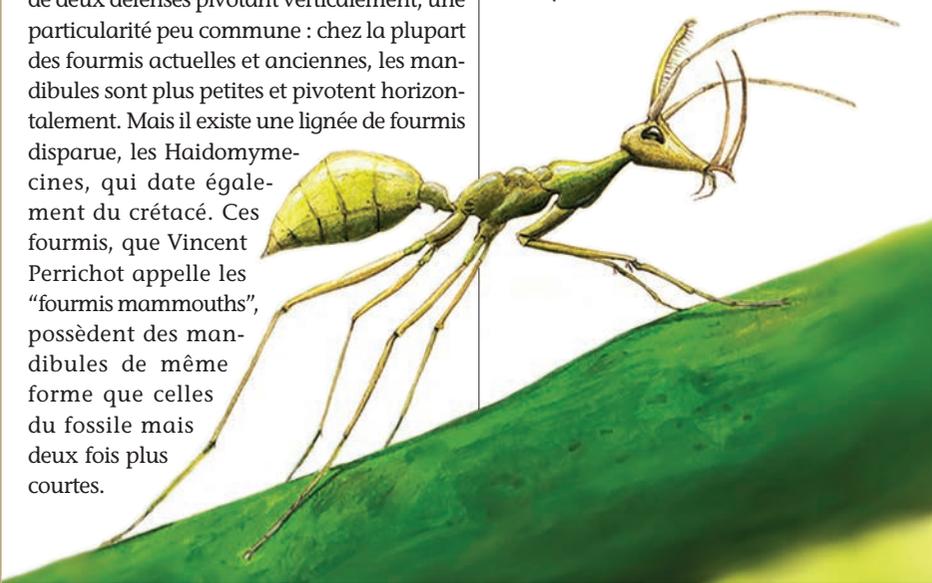
« Par analogie morphologique, on a classé la fourmi licorne dans le groupe des fourmis mammoths. »

Habillée d'une rangée de poils de soie qui suggère une fonction sensitive, la corne est également affublée de deux poils plus longs que les autres. « Certaines fourmis actuelles ont les mêmes. Ce sont des prédatrices sévères qui vivent en petits groupes et chassent en solitaire. On les appelle les "trap jaws", car leur mâchoire fonctionne comme une pince qui se ferme sur les proies. On pense que la fourmi licorne avait le même comportement et qu'elle attrapait des proies aussi grandes qu'elle vu la taille de ses mandibules, explique le chercheur. Cette sophistication est assez surprenante pour l'époque du crétacé, elle est apparue dans l'évolution plus tôt que ce que l'on pensait. »

Comment la fourmi licorne paralysait-elle ses proies ? Pourquoi a-t-elle disparu ? Une analyse à l'échelle moléculaire réalisée au synchrotron à Grenoble apportera peut-être de nouvelles réponses d'ici à quelques mois !

<sup>(1)</sup>Unité mixte de recherche Université de Rennes 1/CNRS, au sein de l'Observatoire des sciences de l'Université de Rennes (Osur). <sup>(2)</sup>Découverte publiée dans la revue *Current Biology* en mai 2016.

Rens. : Vincent Perrichot, tél. 02 23 23 60 26,  
vincent.perrichot@univ-rennes1.fr



JOSCHUA KNIPPE

## LES ÉCHOS DE L'OUEST

## NUMÉRIQUE

## UNE IMPLANTATION À PARIS

● L'Institut de recherche technologique b-com se dote d'une implantation parisienne qui pourra accueillir jusqu'à une cinquantaine de chercheurs. Le but : se rapprocher des pôles de compétitivité parisiens et des entreprises étrangères intéressées par ses travaux de R&D dans les domaines de l'e-santé, la réalité augmentée, les réseaux...

Rens. : <https://b-com.com>

## LA MEITO A ÉTÉ DISSOUTE

● Association fédératrice des acteurs de l'électronique et du numérique en Bretagne, la Meito a été dissoute. Une partie de ses activités et de ses effectifs sera transférée vers Bretagne Développement Innovation (BDI), l'association de développement économique du Conseil régional de Bretagne.

Rens. : [www.meito.com](http://www.meito.com), [www.bdi.fr](http://www.bdi.fr)

PAUL SAPIN-GRODÉ

## Le premier drone transatlantique

**U**n voilier-drone traversera l'Atlantique, sans équipage. C'est le projet audacieux d'une vingtaine d'étudiants de l'École centrale de Nantes. Si ce bateau réussit à rejoindre les États-Unis depuis la Bretagne, ce sera une première. Le projet, mené par l'association Centrale Nantes Saildrone (Cens) et sponsorisé par TBS et Safran, s'inscrit dans le cadre du challenge international Microtransat. Construit à partir d'une coque rénoverée, le voilier mesure 3,65 m. Sa voile est un rectangle rigide de 4 m<sup>2</sup>.

Plusieurs défis sont à relever : alimentation énergétique (petite éolienne et panneaux solaires), commande du mât, pivotement du gouvernail pour suivre la route préétablie, évitement des autres navires, grâce à une balise satellite ou un radar. Toutes les tentatives, depuis le début du concours en 2005, ont échoué : les petits voiliers-drones, qui ne doivent pas signaler leur présence, ont percuté un autre navire, ou finissaient par tourner en rond dans l'océan. Le budget est de 60 000 euros. La traversée, depuis le large de la Bretagne, est prévue en 2017.

Photo et article complet sur l'application mobile *Sciences Ouest*

Rens. : Marie Chambe, tél. 06 95 72 31 81, marie.chambe@eleves.ec-nantes.fr

## LES PLAINES ABYSSALES DOIVENT ÊTRE PROTÉGÉES

● Une équipe de scientifiques internationale, dont des Français du centre Ifremer de Brest, était chargée de mesurer les impacts écologiques de l'exploitation minière dans les fonds marins. Publiée en juin dernier<sup>(1)</sup>, l'étude révèle que les champs de nodules - de gros galets qui agrègent les minerais présents dans l'eau - de la zone Clarion-Clipperton<sup>(2)</sup> abritent une faune très riche et diversifiée : poissons, crustacés, coraux, éponges. Cette découverte renforce la nécessité d'élaborer des stratégies de préservation de la biodiversité avant d'envisager toute exploitation. Car l'inaccessibilité de ces zones (4 000 à 5 000 mètres de profondeur au milieu des océans Indien et Pacifique) ne suffira plus à les protéger : l'intérêt économique des nodules constitués de manganèse, fer, silicium, aluminium ou cobalt devient croissant.

<sup>(1)</sup> Dans la revue *Scientific Reports* de Nature. <sup>(2)</sup> Située entre l'archipel d'Hawaï et la côte ouest du Mexique, cette zone représente une surface de 9 millions de km<sup>2</sup>.

Rens. : Lénéaick Menot, lenaick.menot@ifremer.fr



IFREMER/NAUTILE-CAMPAGNE

## PREMIERS AU TROPHÉE ROBOTIQUE !

● Seule française en lice, l'équipe brestoise de l'Ensta Bretagne<sup>(1)</sup> est arrivée première, devant les universités de Kiel (Allemagne) et de Florence (Italie), au concours européen de robots sous-marins autonomes, du 1<sup>er</sup> au 8 juillet dernier. Créée en 2006, cette compétition a pour but de stimuler la recherche.

<sup>(1)</sup> Du Lab-Sticc : Laboratoires des sciences et techniques de l'information, de la communication et de la connaissance.

Rens. : www.ensta-bretagne.fr

## PEINTURE AUX ALGUES

● Résultat d'une collaboration entre le Centre d'étude et de valorisation des algues (Pleubian), l'École nationale supérieure de chimie de Rennes et la start-up Algo Paint (Vern-sur-Seiche), la gamme Algo<sup>®</sup>, première peinture à base d'algues, a reçu le trophée du Prix Pierre Potier 2016 décerné le 29 juin dernier par le ministère de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique.

Rens. : www.peinture-algo.fr

## L'HYDROLIENNE SORTIE DES EAUX

● Immersée en juin 2015 dans le passage du Fromveur, l'hydrolienne Sabella D10<sup>(1)</sup> a été relevée en juillet. Cette première campagne d'essais avait pour but de valider la conception de l'hydrolienne et de qualifier le type de navire pouvant intervenir dans cette zone. Une seconde campagne de démonstration est prévue.

<sup>(1)</sup> Lire *Sciences Ouest* n° 331-mai 2015.

Rens. : www.sabella.bz

## LES LUNES DE MARS SONT NÉES D'UN CHOC

● L'histoire de la naissance des satellites de Mars, Phobos et Deimos, est désormais connue. Les physiciens Mariko Dunseath-Terao et Kevin Dunseath, chargés de recherche CNRS à l'Institut de physique de Rennes (IPR), ont cosigné dans *Nature Geoscience* un article qui fera date. Une équipe internationale y démontre, calculs scientifiques à l'appui, que les deux lunes ne sont pas des astéroïdes devenus prisonniers de l'attraction martienne. Elles se sont formées dans un disque de poussières, en orbite autour de Mars.

Des matériaux en suspension sont apparus après une collision titanesque entre Mars et un astre plus petit, il y a environ 4 milliards d'années. Des lunes, de plus en plus grosses, se sont formées dans le disque. Trop proches de Mars, elles ont fini par se disloquer en tombant. Réalisée à l'IPR, la simulation numérique de l'évolution de l'extérieur du disque, moins dense en matériaux, montre que Phobos et Deimos sont nées là, stimulées par un phénomène de résonance avec les lunes disparues depuis.

Photo et article complet sur l'application mobile *Sciences Ouest*

Rens. : Mariko Dunseath-Terao, tél. 02 23 23 56 60, mariko.dunseath-terao@univ-rennes1.fr



LABEX UNIVERSEARTHS 2016

## ÉNERGIE

### UN LIVRET DE CHIFFRES CLÉS

● Bilans et tableaux de bord de la production et de la consommation énergétiques bretonnes ont été publiés par l'Observatoire de l'énergie et des gaz à effet de serre en Bretagne du GIP<sup>(1)</sup> Bretagne Environnement. Des données complémentaires, à l'échelle territoriale, sont aussi disponibles. <sup>(1)</sup> Groupement d'intérêt public.

Rens. : Brochure téléchargeable sur [www.observatoire-energie-ges-bretagne.fr](http://www.observatoire-energie-ges-bretagne.fr)

## CHANGEMENTS DE TÊTES

### DEUX GRANDES ÉCOLES RENNAISES CHANGENT DE PRÉSIDENT

● Pascal Mognol, professeur des universités, succède à Patrice Quinton à la présidence de l'École normale supérieure (ENS) de Rennes, pour un mandat d'une durée de 5 ans. Jean Debeaupuis a été nommé président de l'École des hautes études en santé publique (Ehesp) avec Guy Cathelineau comme vice-président.

Rens. : [www.ens-rennes.fr](http://www.ens-rennes.fr), [www.ehesp.fr](http://www.ehesp.fr)

### UN NOUVEL HOMME POUR LES SCIENCES DE L'HOMME

● Professeur en art, esthétique et humanités numériques à l'Université Rennes 2, Nicolas Thély est le nouveau directeur de la Maison des sciences de l'homme, une unité de recherche interdisciplinaire.

Rens. : [www.mshb.fr](http://www.mshb.fr)

JOSCHUA KNUPPE

PAUL SPAIN GROCE

## Déjà demain

### Le Brexit sera sans impact cette année

**L**es liens étant nombreux avec le Royaume-Uni, quelles seront les conséquences du Brexit, pour l'enseignement supérieur et la recherche ? « Pour l'année 2016-2017, le Brexit n'aura pas d'impact sur les mobilités d'étudiants, estime Pierre van de Weghe, vice-président de l'Université de Rennes 1, chargé des relations internationales (VPRI). *Ceux qui veulent aller au Royaume-Uni bénéficieront des bourses Erasmus. S'il y a un effet, ce ne sera pas avant 2018.* » L'Université de Rennes 1 a des partenariats Erasmus avec dix-huit universités britanniques. « Il n'y a aucun problème pour l'année qui commence », confirme Lesley Lelourec, VPRI de l'Université Rennes 2.

L'Université de Rennes 1 poursuit trente-cinq projets de recherche européen (H2020). « Les Britanniques y sont très impliqués, explique Elisabeth Boichot-Lorant, vice-présidente déléguée aux affaires européennes. *Ils sont associés à dix-huit de ces projets et en coordonnent trois.* » L'Europe y apporte aussi 139 millions d'euros : pour mieux combattre les maladies du foie, développer la prochaine génération de téléphonie mobile, inventer des matériaux écologiques pour l'habitat... « Il ne devrait pas y avoir d'impact sur ces programmes, poursuit Pierre van de Weghe. *Mais sur les prochains appels à projets, les Britanniques ne devraient pas pouvoir y répondre comme coordinateurs. Et on leur demandera une participation financière.* »

La plupart des confrères anglais des chercheurs bretons sont abasourdis. « Ce ne serait dans l'intérêt de personne que tout s'arrête, souligne Lesley Lelourec. *Nous avons reçu la lettre du président d'une université britannique. Ils sont désolés et vont tout faire pour maintenir les collaborations.* »

Lire l'article complet sur l'application mobile *Sciences Ouest*

Rens. : Pierre van de Weghe, pierre.van-de-weghe@univ-rennes1.fr  
 Lesley Lelourec, lesley.lelourec@univ-rennes2.fr  
 Elisabeth Boichot-Lorant, elisabeth.boichot-lorant@univ-rennes1.fr

Des équipes de recherche forment un nouveau réseau pour lutter contre le cancer du sein.

### Du nouveau au sein du Cancéropôle !

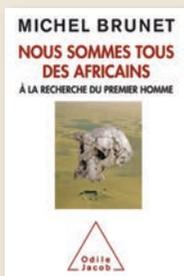
**L**ors des 10<sup>es</sup> Journées du Cancéropôle Grand Ouest (CGO) qui se sont tenues les 16 et 17 juin derniers aux Sables-d'Olonne, devant plus de deux cents scientifiques, Philippe Juin, directeur de recherche Inserm au Centre de recherche en cancérologie Nantes-Angers<sup>(1)</sup>, a présenté les ambitions du nouveau réseau "Sein" qu'il coordonne désormais. Rassemblant quatorze équipes présentes dans les trois régions du CGO (Bretagne, Centre et Pays de la Loire), ce réseau s'attachera à améliorer les connaissances sur les cancers du sein dits de

mauvais pronostics, à travers plusieurs objectifs de recherche : caractériser la diversité de ces tumeurs mammaires ; comprendre comment les traitements actuels ou en développement induisent la mort des cellules tumorales ; étudier les mécanismes de résistance des cellules cancéreuses aux traitements et les mécanismes qui influencent la progression tumorale (cellules initiatrices de cancer et métastases).

<sup>(1)</sup>UMR-S 892/C6299.

Rens. : Philippe Juin, tél. 02 28 08 02 93, philippe.juin@univ-nantes.fr

### LIVRES Les coups de cœur de la Bibliothèque de Rennes Métropole



#### NOUS SOMMES TOUS DES AFRICAINS, à la recherche du premier homme

● Paléoanthropologue, découvreur d'Abel et de Toumaï, Michel Brunet rappelle que nous descendons tous de la même famille ancestrale restée cinq millions d'années en Afrique avant de se déployer vers le Nord. Constitué de l'assemblage de cours au Collège de France, le livre expose le long processus de l'évolution de la famille humaine, mis à jour à l'aune des dernières découvertes.

Michel Brunet, Odile Jacob, 2016.

Retrouvez ces ouvrages en prêt au 3<sup>e</sup> étage de la Bibliothèque de Rennes Métropole, Les Champs Libres - pôle Sciences et vie pratique. [www.bibliotheque-rennesmetropole.fr](http://www.bibliotheque-rennesmetropole.fr)



#### UNE PROMESSE DE NATURE, du zoo au bioparc, une révolution

● Ce livre présente l'histoire du zoo de Doué-la-Fontaine (Maine-et-Loire), créé en 1961 par le père de l'auteur. Celui-ci raconte sa vie au milieu des animaux, ses actions pour la conservation animale et les rencontres marquantes qui l'ont conduit à la transformation du zoo en bioparc, où les animaux vivent dans des enclos qui évoquent les écosystèmes d'origine, et retrouvent leurs comportements naturels.

Pierre Gay, Delachaux et Niestlé, 2016.



#### COMMENT FAIT LE GECKO POUR MARCHER AU PLAFOND ?

● Chercheur à l'Institut des nanosciences de Paris, Serge Berthier dévoile le rôle des nanostructures à la fois naturelles, efficaces, robustes qui permettent aux animaux et aux plantes de s'adapter à leur environnement (eau, feu, terre, air). Grâce aux images de microscopes électroniques, les nanostructures dévoilent toute leur complexité.

Serge Berthier, Belin, 2016.

ODILE JACOB - DELACHAUX ET NIESTLÉ - BELIN

## LES ÉCHOS DE L'OUEST

### ENVIRONNEMENT

#### UNE COOPÉRATION FRANCO-QUÉBÉCOISE

● Une convention de Laboratoire international associé (LIA) concernant l'exploitation des ressources naturelles profondes (eaux, géothermie, métaux...) a été signée entre l'Université de Rennes 1, le CNRS et l'INRS (Canada). Pour développer les connaissances sur ces ressources émergentes et sources de débats.

Rens. : Luc Aquilina, tél. 02 23 23 67 79, luc.aquilina@univ-rennes1.fr

6 SCIENCES OUEST N° 344 SEPTEMBRE 2016

### ENTREPRISE

#### L'ENTREPRISE ALGOPACK DÉMÉNAGE

● Spécialisée dans la fabrication de plastiques à base d'algues, la société Algopack va quitter Saint-Malo pour Pleucadeuc (Morbihan), où les 4,5 ha de l'ancien site de Doux vont lui permettre d'installer une usine de production à sa mesure. Rachetée à la fin de 2015 par Lyreco, leader européen des fournitures de bureau, l'ex start-up décolle.

Rens. : [www.algopack.com](http://www.algopack.com)

### AGRI ET AGRO

#### POUR UNE RECHERCHE DURABLE

● La création d'un Institut Carnot "Durabilité des systèmes agricoles, aquacoles et agroalimentaires" a été retenu en juillet par Act Food Bretagne, le fédérateur des centres techniques agroalimentaires bretons. Délivré par l'État, ce label Carnot favorise les partenariats et le transfert de technologies.

Rens. : [www.bretagne.bzh/jcms/prod\\_340213/fr/bilan-intermediaire-queles-avancees-queles-perspectives](http://www.bretagne.bzh/jcms/prod_340213/fr/bilan-intermediaire-queles-avancees-queles-perspectives)



Il y a 15 000 ans, en Europe et en Extrême-Orient, des hommes domestiquaient les loups.

## Du loup au chien : la double piste

**C'**était une question ancestrale : où et quand le chien a-t-il été domestiqué ? La meilleure réponse de tous les temps, résultat d'une approche globale, a été publiée dans la revue *Science*<sup>(1)</sup>, datée du 1<sup>er</sup> juin. Il y a environ 15 000 ans, des hommes vivant en Europe de l'Ouest et en Asie du Sud-Est, à plus de 8000 km de distance, ont eu la même idée : domestiquer le loup, pour qu'il les aide à chasser.

L'étude internationale a été pilotée depuis Oxford, en réunissant des archéozoologues, des paléogénéticiens et un bioinformaticien rennais. Ils ont extrait et étudié l'ADN des fossiles de 60 animaux, trouvés sur une quinzaine de sites archéologiques, datant de - 4 500 ans à - 15 000 ans, de l'Irlande à l'Indonésie.

« Il y a deux profils génétiques différents, il y a donc eu deux foyers de domestication, résume Christophe Hitte, de l'Institut de génétique et développement de Rennes, qui a étudié l'organisation et les mutations des gènes, dans

le temps et l'espace. *L'ADN moderne des chiens européens ne correspond pas à l'ADN ancien local, mais à celui de l'Asie*, détaille-t-il.



Crâne d'un chien du néolithique. MUSÉE DE L'HOMME

1 cm

Il y aurait donc eu un mouvement de remplacement de la population originelle d'Europe, avec les migrations des peuples d'Est en Ouest. »

Cette recherche de trois ans sera complétée par une étude de plusieurs centaines de restes archéologiques de chiens fossilisés, sur une période et une zone géographique plus vastes encore.

<sup>(1)</sup> Genomic and archaeological evidence suggest a dual origin of domestic dogs, *Science*, 1<sup>er</sup> juin 2016.

Rens. : Christophe Hitte, tél. 02 23 23 47 77, hitte@univ-rennes1.fr

### LA CHIMIE RENNAISE RÉCOMPENSÉE

● Le Prix de la recherche, lancé cette année par la Fondation Rennes 1, a été remis le 7 juin dernier à l'équipe Verres et céramiques, à l'Institut des sciences chimiques de Rennes (ISCR). Depuis 20 ans, les travaux de l'équipe de Xiang-Hua Zhang ont permis, parmi d'autres interventions, de mettre au point des verres infrarouges très innovants (imagerie thermique et vision nocturne, assistance à la conduite, diagnostic médical). Fruits d'une recherche fondamentale de très haut niveau, valorisée par des brevets, trois sociétés innovantes ont vu le jour. Les plus récentes sont Diafir en 2011 (diagnostic médical) et SelenOptics en 2015 (capteurs optiques).

Rens. : [www.fondation.univ-rennes1.fr](http://www.fondation.univ-rennes1.fr)

### LA SATT OUEST VALORISATION DRESSE SON BILAN 2015

● 398 inventions ont été détectées et évaluées en 2015 par la Société d'accélération du transfert de technologies Satt Ouest Valorisation, chargée d'accompagner les laboratoires publics dans la diffusion de leurs travaux. 95 brevets et logiciels ont été déposés, 34 projets en cours de maturation ont été accompagnés (3,5 M€ investis), 15 nouvelles start-up créées. Un bilan présenté le 22 juin dernier pendant la journée de suivi du Programme d'investissements d'avenir, en présence du préfet et du commissaire général adjoint à l'investissement.

Rens. : [www.ouest-valorisation.fr](http://www.ouest-valorisation.fr)

### ID2SANTÉ : 30 ANS D'INNOVATION, ÇA SE FÊTE !

● Le Centre d'innovation technologique ID2Santé (ancien Critt Santé Bretagne) a fêté ses 30 ans cet été. Chaque année, cette association (130 adhérents) labellisée "Cellule de diffusion technologique", soutenue par l'État, les collectivités bretonnes et l'Europe, accompagne 60 projets d'entreprises et dispense 150 conseils à des porteurs de projets. En lien avec la recherche académique, ID2Santé suit en moyenne 40 projets de transferts de technologies et d'innovation par an. Pour cet anniversaire, plus de 30 entreprises régionales innovantes, dans le domaine de la santé (technologies médicales, e-santé, biotechnologies à visées thérapeutiques, nutrition-santé), ont exposé leurs savoir-faire, le 30 juin dernier à Bruz. ID2Santé participe à la vitalisation du secteur de la santé, où la Bretagne est reconnue comme innovante. Notre région compte 128 équipes de recherches dans ce domaine (notamment dans les universités, au CNRS, à l'Inra, à l'Inserm et à l'Anses), 220 établissements de soins, plus de 230 entreprises et plus de 9 000 emplois dans les entreprises en santé.

Rens. : [www.id2sante.fr](http://www.id2sante.fr)

### EUROPE

#### SOUTENIR L'INNOVATION DES PME

● Horizon 2020, le programme de recherche et d'innovation de l'Union européenne, prévoit de soutenir et financer des PME porteuses d'une innovation de rupture et ayant des ambitions de développement à l'échelle européenne ou internationale. Secteurs concernés : Tic ; nanotechnologies ; biotechnologies ; santé ; agriculture durable ; croissance bleue ; sécurité, transport et mobilité ; recherche spatiale.

Rens. : Enterprise Europe Network, tél. 02 57 24 00 29, [een@bretagne.cci.fr](mailto:een@bretagne.cci.fr)

CAMPUS NUMÉRIQUE  
**ENVAM**  
ENVIRONNEMENT & AMÉNAGEMENT LA FORMATION DURABLE

**Campus numérique d'excellence en environnement et aménagement du territoire**

ENVAM est la plus vaste plateforme universitaire francophone de formation et d'enseignement à distance dédiée aux métiers de l'environnement et de l'aménagement.

Le campus numérique ENVAM : un dispositif de formation par Internet regroupant des modules à la carte, des parcours qualifiants et diplômants, un accès facilité aux diplômes de niveau master.

Près de 70 modules sont proposés dans de nombreux secteurs d'activité :

- agriculture
- énergies
- bioressources et écoconception
- espaces naturels
- construction durable
- gestion des risques
- déchets
- mer et littoral
- eau
- urbanisme et aménagement
- écologie et biodiversité

→ Prochaine rentrée : **17 octobre 2016**

Informations, programmes et inscription :  
[www.envam.org](http://www.envam.org)  
[contact-rennes1@envam.org](mailto:contact-rennes1@envam.org)



Le diaporama sonore  
www.espace-sciences.org/so344/tiques

1



2



1 Les biologistes rennais ont étudié 4 000 tiques pendant deux ans.

2 En hébergeant des bactéries, les tiques transmettent des maladies à l'homme et au bétail.

TIPHAINE OUISSÉ

# Comment les tiques attaquent

**BIOLOGIE** Une étude montre comment les tiques nous transmettent une maladie, via les animaux des champs et des forêts.

Chaque année, 27 000 personnes en France contractent la maladie de Lyme. En Bretagne, 660 nouveaux cas annuels sont estimés. Le service des maladies infectieuses de l'hôpital Pontchaillou, à Rennes, reçoit cent patients par an, pour cinq cas confirmés en moyenne. Les autres services hospitaliers (dermatologie, rhumatologie, neurologie, médecine interne), sans

oublier les médecins généralistes, traitent aussi les patients touchés par cette maladie aux symptômes très variés, comme des douleurs articulaires ou une paralysie partielle des membres. Tout cela à cause d'une bactérie, transmise lors d'une piqûre de tique.

Un programme de recherche de quatre ans, qui se termine en décembre, étudie l'espèce de tique la plus problématique, *Ixodes ricinus*. Cet

acarien a le mauvais goût de faire circuler entre la faune sauvage, le bétail et les hommes deux bactéries : *Borrelia*, qui donne la borréliose de Lyme, et *Anaplasma*, qui affecte les bovins. Baptisé Oscar<sup>(1)</sup>, ce programme est coordonné par Olivier Plantard, directeur de recherche Inra à l'Oniris<sup>(2)</sup>, à Nantes. À Rennes, le laboratoire Écobio<sup>(3)</sup> participe au projet. Grégoire Perez vient de soutenir sa

thèse, sous la responsabilité d'Alain Butet, spécialiste en écologie du paysage<sup>(4)</sup>. Pour comprendre la circulation des bactéries dans le paysage, les Rennais ont étudié la contamination des tiques et des petits mammifères dans une région rurale, au sud de la baie du Mont-Saint-Michel<sup>(5)</sup>.

## 4 000 tiques

Pendant deux ans, sur 24 zones de 100 m de long, au milieu de la forêt ou en lisière, le long des haies ou dans le bocage, les chercheurs ont fait leur cueillette. Plus de 4 000 tiques ont été ramassées avec une technique imparable : un drap blanc de 1 m<sup>2</sup> est traîné à la vitesse de la marche. Les tiques s'y accrochent. En même temps, tous les 3 m, un piège à petit mammifère est posé. Au total, 1 145 mulots, campagnols et musaraignes se sont fait attraper. La moitié d'entre eux avaient au moins une tique, des larves en général, sur le museau ou les oreilles. Des

## Les trois repas de sang

Larve, nymphe ou adulte : la tique pique aux stades de sa vie. La larve attend dans la végétation qu'un petit animal passe. Elle s'accroche à un mulot et fait son premier repas de sang. Elle se décroche à un mulot et fait son premier repas de sang. Elle se décroche, mue et devient une nymphe, de retour dans l'herbe. Elle guette alors un vertébré plus grand, un lapin, un oiseau, un lièvre, un chevreuil ou un humain. Riche de ce second repas, elle se transforme en adulte. Posée plus haut dans la végétation, la femelle adulte tente d'accrocher un grand mammifère, un chevreuil, une vache. Ce troisième repas de sang lui fera pondre jusqu'à 2 000 œufs ! Ce cycle dure deux ans. C'est au cours de ces trois repas qu'ont lieu les échanges de bactéries entre la tique et ses hôtes.

NG



TIPHAINE OUISSÉ

analyses génétiques ont montré que 4 % des animaux étaient porteurs de la bactérie *Borrelia*. Quant aux tiques, 1 à 5 % d'entre elles étaient infectées<sup>(6)</sup>, selon les souches considérées.

#### Autour des villes

« *Nous pensions que les tiques étaient surtout présentes en forêt, explique Alain Butet. C'est là où vit la faune sauvage et là où les gens se font piquer. Mais notre étude montre que le cycle de vie des tiques se maintient dans le paysage agricole. Les petits mammifères et les chevreuils y circulent.* » L'étude dévoile notamment les routes prises par les bactéries. « *Le campagnol roussâtre porte généralement moins de tiques, mais il multiplie bien la bactérie Borrelia, qui reste active plus longtemps, précise Grégoire Perez. Le mulot sylvestre nourrit plus de tiques, mais héberge moins de bactéries.* » Cette recherche a fait l'objet d'une publication scientifique<sup>(7)</sup>. Les deux biologistes viennent aussi de contribuer au premier ouvrage francophone de référence sur les tiques<sup>(8)</sup>. Ils envisagent de poursuivre la recherche autour des villes, dans les lotissements et les espaces verts. Les biologistes voudraient aussi suivre les vols des tiques à dos d'oiseau. Mais c'est plus compliqué.

NICOLAS GUILLAS

<sup>(1)</sup>Oscar [Outil de simulation cartographique à l'échelle du paysage agricole du risque acarologique] est un programme (2012-2016) de l'Agence nationale de la recherche. <sup>(2)</sup>UMR BioÉPAR (Biologie, épidémiologie et analyse de risque en santé animale) Inra - Oniris - École nationale vétérinaire, agroalimentaire et de l'alimentation Nantes-Atlantique. Des équipes (Inra, IRD, CNRS) Clermont-Ferrand, Toulouse et Montpellier participent aussi au projet. <sup>(3)</sup>À l'Osur, Observatoire des sciences de l'Université de Rennes (CNRS - Université de Rennes 1). <sup>(4)</sup>La thèse a également été encadrée par Suzanne Bastian (Oniris). <sup>(5)</sup>Près de Pleine-Fougères, le site où le CNRS réalise des études depuis 1993 s'appelle la Zone atelier Armorique. <sup>(6)</sup>Pour la bactérie *Anaplasma*, 7 % des mammifères et 2 % des tiques étaient positifs. <sup>(7)</sup>*Parasites & Vectors*. <sup>(8)</sup>*Tiques et maladies à tiques. Biologie, écologie évolutive, épidémiologie*. IRD Éditions.

Le café de l'Espace des sciences du 5 janvier 2017 sera consacré aux tiques.

#### CONTACTS

Alain Butet, tél. 02 23 23 69 26,  
alain.butet@univ-rennes1.fr  
Grégoire Perez,  
perez.gregoire@gmail.com

**MATÉRIAUX** Dans la course au rendement des cellules solaires, les physiciens rennais enchaînent les découvertes prometteuses.

## Cellules solaires : une avancée majeure

Le photovoltaïque poursuit sa révolution. Une nouvelle filière est en plein boom. Elle utilise un matériau innovant, appelé pérovskite hybride<sup>(1)</sup>. Le rendement de ces cellules ne cesse de croître, pour atteindre aujourd'hui 22 %, presque autant que celles en silicium ! C'est un bond exponentiel : cette filière a cinq ans à peine. Ces nouvelles cellules sont faciles à fabriquer, à basse température, avec des matières premières à bas coût. Mais il y a un hic. Les performances des cellules pérovskites hybrides ne sont pas stables sous l'éclairage du soleil. Ce paradoxe rend l'industrialisation encore inimaginable. Pour l'instant.

À Rennes, des physiciens du laboratoire Foton<sup>(2)</sup> et de l'Institut des sciences chimiques de Rennes<sup>(3)</sup>, Jacky Even et Claudine Katan, participent à cette recherche. Leur dernière découverte, qui a fait l'objet d'un article scientifique<sup>(4)</sup>, a été réalisée avec quatre laboratoires américains, à Los Alamos, New York, dans le New Jersey et l'Indiana. Tous ces physiciens et chimistes sont des spécialistes des matériaux<sup>(5)</sup>. « *Les cellules en pérovskite hybride se dégradent très rapidement, de manière irréversible, résume Claudine Katan. En quelques minutes, elles ne fonctionnent plus. Mais nos collègues*

*de Los Alamos ont mis au point récemment des cellules de meilleure qualité. Elles ont l'avantage de rester stables dans le noir.* » Ce résultat n'est pas anodin. Il avait fait l'objet d'une publication dans *Science* en 2015.

#### C'est réversible !

Des études de photostabilité ont montré que ces nouvelles cellules ont un autre atout : elles se dégradent au soleil, mais très lentement. En deux heures, le rendement passe de 16 à 10 %. « *Et cette dégradation est réversible*, précise Jacky Even. *Cela donne de l'espoir à la filière.* » Comment expliquer ce phénomène de dégradation, et quels sont les mécanismes sous-jacents à cette réversibilité prometteuse ? Pour y répondre, les expérimentateurs américains se tournent vers les théoriciens rennais. Cela tombe bien, Jacky Even et Claudine Katan souhaitaient s'associer avec d'autres labos pour valider des hypothèses, et compléter leurs premières données expérimentales. Les Rennais ont compris ce qui se passait. « *Dans les cellules mises au point à Los Alamos, ce ne sont pas les atomes qui bougent* », explique Jacky Even. *Des électrons s'accumulent progressivement près des électrodes. Et comme il s'agit d'électrons, c'est réversible !* »

Un autre phénomène a été expliqué : placées dans le noir durant une minute, les cellules s'autoréparent et retrouvent leur rendement ! Cela s'explique par la nature électrostatique du phénomène. Alors, faudrait-il placer un volet au-dessus des panneaux solaires, et faire l'obscurité régulièrement, pour que les cellules retrouvent leur rendement ? Les scientifiques n'ont pas envisagé cette technique digne des Shadoks. Mais ils ont eu une nouvelle idée, en s'appuyant sur ces découvertes, pour que les cellules restent efficaces au soleil et produisent du courant électrique.

#### Un verrou est levé

Cette avancée majeure vient de faire l'objet d'un article dans *Nature*<sup>(6)</sup>. « *Il existe une solution, en restant dans cette famille de matériaux, avec une structuration atomique légèrement différente* », résume Jacky Even. *Ces nouvelles cellules ont un rendement photovoltaïque moyen de 12 %, facilement optimisable. Et surtout, elles ne présentent plus aucune dégradation de leur efficacité, après plus de 2 200 heures au soleil !* » Ces cellules solaires restent désormais stables, y compris quand la température s'élève, un verrou technologique est levé : l'engouement pour la nouvelle filière solaire pérovskite va être décuplé.

NICOLAS GUILLAS

<sup>(1)</sup>Lire *Sciences Ouest* n° 322-juillet 2014. <sup>(2)</sup>Fonctions optiques pour les technologies de l'information, CNRS, Insa Rennes, Université de Rennes 1. <sup>(3)</sup>CNRS, ENSCR, Insa Rennes, Université de Rennes 1. <sup>(4)</sup>*Nature Communications*, 16 mai 2016. <sup>(5)</sup>Leur graal, à l'origine de la filière pérovskite hybride, est un matériau qui porte le nom de méthylammonium d'iodure de plomb. <sup>(6)</sup>Publié le 6 juillet 2016 ([www.nature.com/nature/journal/vaop/ncurrent/full/nature18306.html](http://www.nature.com/nature/journal/vaop/ncurrent/full/nature18306.html)), l'article est signé notamment par les Rennais Laurent Pédesseau et Jacky Even.

#### CONTACTS

Jacky Even, tél. 02 23 23 82 95,  
jacky.even@insa-rennes.fr  
Claudine Katan, tél. 02 23 23 56 82  
claudine.katan@univ-rennes1.fr



Ces cristaux, mis au point à l'Institut des sciences chimiques de Rennes, ont permis de comprendre pourquoi les cellules se dégradent au soleil.

NICOLAS GUILLAS



# AQUACULTURE : Q

**EN PROGRESSION CONSTANTE DANS LE MONDE, SOUVENT DÉCRIÉS EN FRANCE, LES SYSTÈMES D'AQUACULTURES MÉRITENT D'ÊTRE RE(CONNUS).**

**U**n premier cap a été passé en 2012 : le volume mondial de produits issus de l'aquaculture a atteint 90 millions de tonnes (qui se décomposent en 24 millions de tonnes d'algues et 66 millions de tonnes de poissons et mollusques), dépassant ainsi pour la première fois celui de la pêche (80 millions de tonnes). En 2015, un deuxième cap historique a été franchi : le volume mondial de poissons et mollusques cultivés et destinés à l'alimentation humaine a fini par dépasser celui de la pêche. Cette dernière stagne depuis une dizaine d'années, malgré les évolutions

opérées sur les engins et les pratiques de pêche. L'aquaculture apparaît donc comme le relais pour alimenter la population mondiale croissante et demandeuse : la part du poisson dans la consommation humaine est passée de 70 % dans les années 70 à plus de 85 % en 2012<sup>(1)</sup>. « D'ici à 2050, il faudra trouver près de 50 millions de tonnes supplémentaires de produits aquatiques. Personne n'imaginerait chasser des bovins sauvages pour se nourrir ! L'acceptation de l'aquaculture

**L'aquaculture apparaît comme le relais pour alimenter la population mondiale croissante et demandeuse.**

représenterait la dernière étape de transformation des chasseurs-cueilleurs et marquerait la fin du processus de néolithisation », s'amuse Richard Le Boucher, responsable aquaculture au sein du groupe IMV Technologies<sup>(2)</sup>.

## Une production très chinoise

Actuellement, c'est en Asie que tout se passe et plus particulièrement en Chine qui, à elle seule, assure 60 % de la production aquacole mondiale, alors que l'Europe fait figure de lilliputien avec 4,3 %. La filière française, bien qu'assez minuscule comparée à l'agriculture, occupe quand même la seconde place européenne après l'Espagne : en 2010, elle s'élevait environ à 200 000 tonnes de coquillages, poissons,



## P.14

### Au labo avant la mise à l'eau

PIERRICK HAFFRAY/SYSAAF



## P.16

### Association de bienfaiteurs !

GANCHAR/FOTOLIA



## P.17

### Eau : comment l'économiser ?

INRA

# : QUELS ENJEUX ?

algues et caviar, assurée par près de 4 500 entreprises et 12 000 équivalents temps plein. Elle génère un chiffre d'affaires global d'un peu moins de 700 millions d'euros. En Bretagne, comme ailleurs en France, l'ostréiculture, la mytiliculture et la truiticulture sont les activités dominantes.

#### Les réticences françaises

Mais alors que l'accélération de la production aquacole, entamée dans les années 1970, perdure actuellement dans le monde et que la demande des consommateurs français en poissons et mollusques est en constante progression, le secteur aquacole stagne depuis 1990 dans notre pays. Pour des raisons foncières (lire p. 18) et d'acceptabilité : l'aquaculture n'a pas bonne presse auprès des Français. « Beaucoup décrient le principe même de l'aquaculture, car ils associent de façon systématique ce secteur à une

## Connecter les entreprises à l'eau de mer

**T**ournée vers le large, la technopole Atalante Saint-Malo a centré une partie de ses activités sur les biotechnologies marines. Et pour attirer les entreprises de ce secteur, l'accès à l'eau de mer est un critère important. « Nous avons commencé par le rejet d'eau de mer, explique Benoît Bertiaux, en charge des services techniques de l'agglomération de Saint-Malo. Un réseau de 3 km de canalisations (qui reprend au passage les

eaux de l'Aquarium de Saint-Malo) a ainsi été inauguré à la fin de juin. Le deuxième aspect du projet concerne l'alimentation en eau de mer. « Il existe aujourd'hui un point de pompage situé à la pointe de la Varde, qui appartient à l'entreprise pharmaceutique Laboratoire de la mer. L'eau y est ensuite acheminée par camion et aussi jusqu'à l'Aquarium. Nous envisageons d'aménager le site pour y

installer un système de filtration ainsi qu'un bassin de stockage de l'eau de 150 m<sup>3</sup> qui sera opérationnel au début de 2018. » Cela a convaincu l'entreprise C-Weed Aquaculture, spécialisée dans la culture d'algues en mer, de venir s'installer dans le parc technopolitain Atalante Saint-Malo, tandis que d'autres sociétés ont aussi marqué leur intérêt.

NB

Rens. : tél. 02 99 19 29 50, eco@stmalo-agglomeration.fr, www.stmaloagglomeration.fr

## LE DOSSIER DE sciences ouest

mauvaise régulation, une généralisation de l'utilisation des antibiotiques, une pollution visuelle ou une surexploitation de la pêche minotière<sup>(3)</sup> », poursuit Richard Le Boucher. Cette dernière étant une fausse idée reçue car 70 % de l'alimentation de nombreuses espèces de poissons d'élevage est déjà d'origine végétale. Les producteurs français peuvent être très fiers de la qualité de leurs produits. Ils sont un modèle pour de nombreux pays. »

### Exportés, les œufs de truites !

En effet, la France ne manque pas d'atouts, bien au contraire ! Elle est riche de modèles technologiques, de développement et de croissance reconnus mondialement. Elle exporte par exemple 90 % des œufs de truites qu'elle produit. Mais comme elle ne met pas en œuvre ses propres savoir-faire, elle importe beaucoup de produits de la mer... À l'échelle régionale, la Bretagne bénéficie d'une bonne mobilisation des acteurs de la recherche et de l'entreprise : trente projets innovants, labellisés par le Pôle Mer Bretagne Atlantique et représentant 146 millions d'euros, sont actuellement en cours avec, en ligne de mire, les recommandations de la FAO, l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. La première vise à diminuer encore la dépendance de l'aquaculture vis-à-vis de la pêche minotière. Des travaux, menés à la Pisciculture expérimentale de l'Inra à Sizun (Finistère), vont dans ce sens, avec la sélection de variétés de truites capables de supporter un régime entièrement végétarien (lire p. 15).

### Le mélange des genres

La FAO recommande aussi de varier les espèces cultivées et les pratiques d'élevage. Au centre Inra de Rennes, des chercheurs mettent au point des protocoles de cultures écologiquement intensives (lire p. 16) ; tan-

**La France ne manque pas d'atouts, bien au contraire ! Elle est riche de modèles technologiques, de développement et de croissance reconnus mondialement.**

dis qu'à la pisciculture de Sizun, c'est le principe d'épuration et de recirculation de l'eau qui est testé pour faire pousser des légumes (lire p. 17). Ce couplage de plusieurs modes de production, aussi appelé aquaculture multitrophique intégrée (AMTI), peut aussi être appliqué en pleine mer en installant des cages de mollusques filtreurs ou brouetteurs, comme les ormeaux ou les oursins, sous des cultures d'algues : celles-ci nourrissent les animaux tandis qu'elles bénéficient du CO<sub>2</sub> qu'ils expirent.

Quant aux cultures off-shore, installées plus loin de la côte, elles font l'objet de recherche et développement, car les verrous à lever sont encore nombreux : éloignement, coûts de maintenance... Mais, comme l'explique Richard Le Boucher, les idées ne manquent pas : « La cogestion des espaces maritimes associant culture d'algues et parc éolien off-shore sur un même site permettrait de maintenir la région à la pointe de l'exploitation marine durable. » Côté variété des espèces cultivées, la France est déjà bien lotie (lire ci-dessous), mais n'élève pas encore de concombres de mer qui font fureur en Indonésie. Les Français se laisseront-ils tenter ?

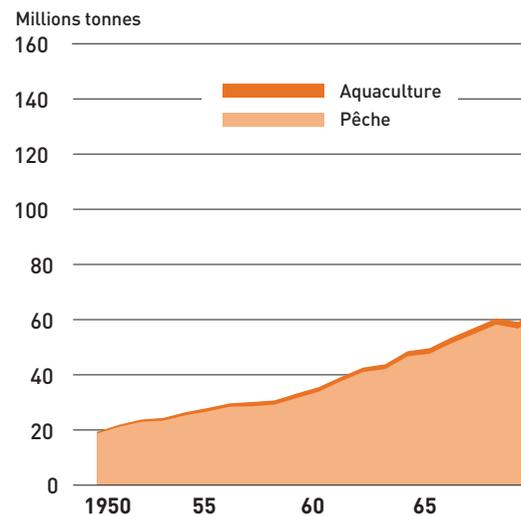
**KLERVI L'HOSTIS / NATHALIE BLANC**

<sup>(1)</sup> Chiffres issus du rapport State of World Fisheries and Aquaculture publié par la FAO en 2014. <sup>(2)</sup> Basé à L'Aigle en Normandie. <sup>(3)</sup> Les prises de la pêche minotière (principalement de petits poissons pélagiques) sont transformées en farine ou en huile destinées à nourrir d'autres poissons. Par opposition aux prises de la pêche alimentaire qui nourrissent directement les hommes.

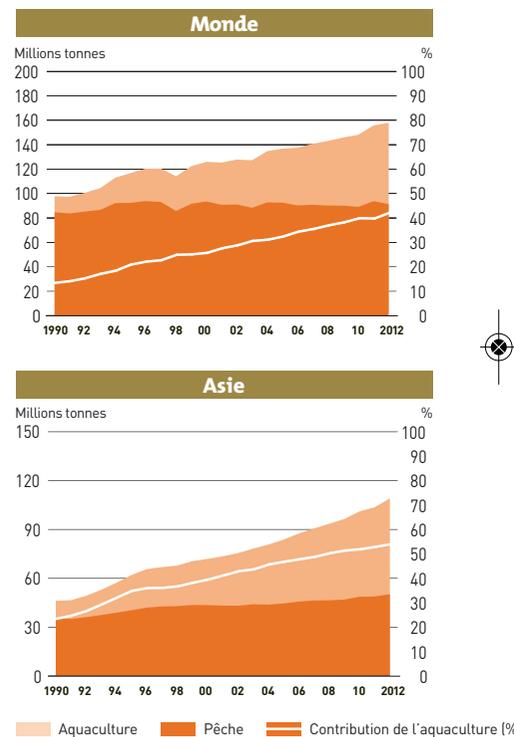
### CONTACT

**Richard Le Boucher,**  
richard.leboucher@imv-technologies.com

**1**



**2**



## COMPRENDRE

# Les espèces aquacoles françaises



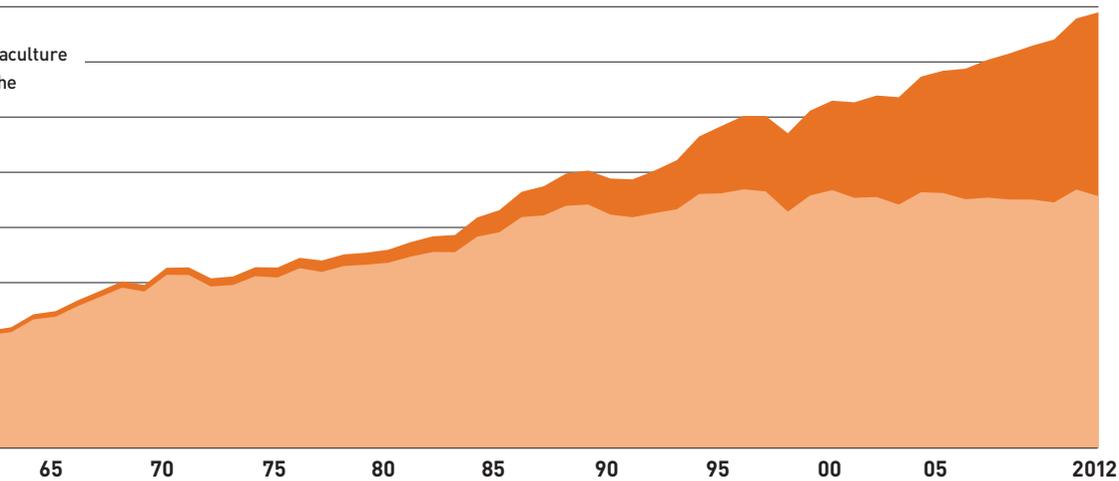
Contrairement à la Norvège qui a misé sur l'élevage exclusif de saumons, la France peut se targuer de travailler la biodiversité en aquaculture. Outre les algues qui constituent une filière en pleine croissance (pour leurs molécules valorisables en agroalimentaire, cosmétologie<sup>(1)</sup>, santé animale et humaine et par le fait qu'elles peuvent nourrir des animaux marins), vingt-trois espèces animales sont élevées dans notre pays, dont douze de poissons, huit de mollusques et trois de crustacés. En Bretagne, ce sont principalement les truites, les huîtres, les palourdes et les moules qui sont cultivées.



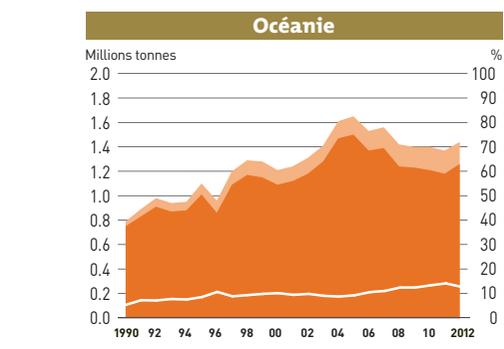
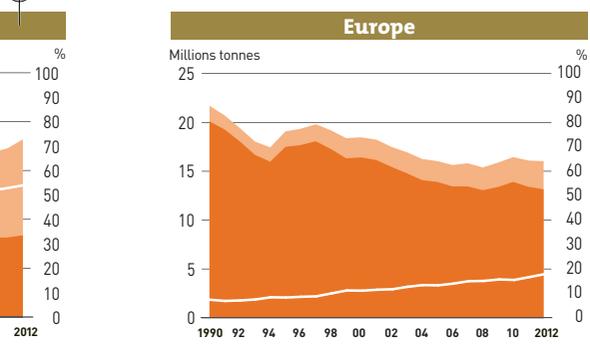
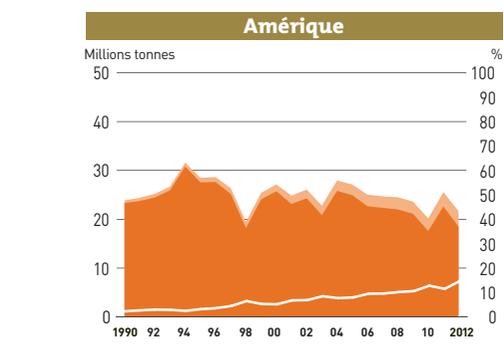
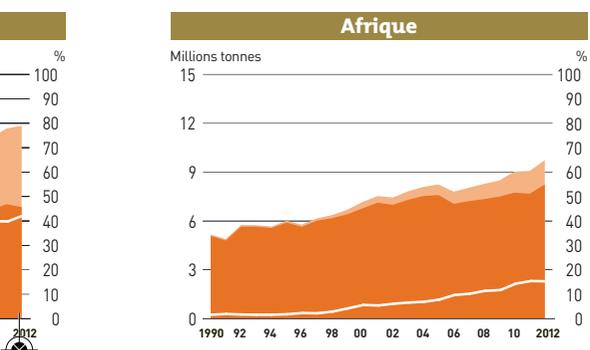
Mais il existe aussi des espèces en cours de domestication<sup>(2)</sup> :

### LES ORMEAUX

Ces gros mollusques marins (13 cm) qui aiment les eaux froides à tempérées sont appréciés pour leur chair très fine. Basée à Plouguerneau (Finistère), la société France Haliotis s'est lancée dans leur élevage en



Ces graphiques issus du rapport par la FAO<sup>(1)</sup>, publié en 2014<sup>(2)</sup>, montrent la part grandissante de l'aquaculture dans le monde, par rapport à la pêche **1** et les pratiques de chaque continent **2**. L'Asie est bien la reine de l'aquaculture, loin devant l'Europe, l'Afrique, l'Amérique et l'Océanie.



Participation de l'aquaculture (%)

<sup>(1)</sup> Food and Agriculture Organization of the United Nations.  
<sup>(2)</sup> Chiffres de 2012.

2003. Elle a participé à différents projets de recherche en génétique, biologie (meilleure connaissance des agents pathogènes) et technique (conception de cages adaptées) et s'investit toujours dans le développement de la filière, l'amélioration et la durabilité de la productivité (projets Biodivormeau et GenOrmeau).

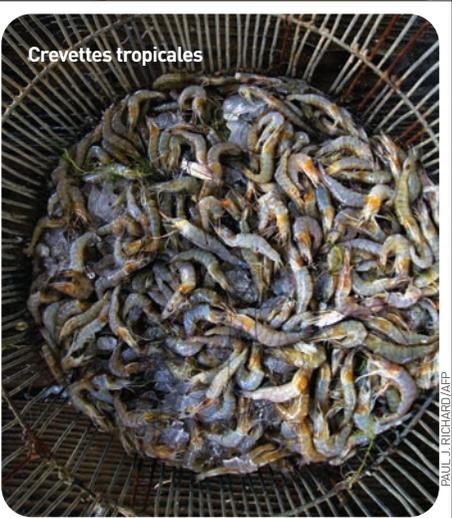


**LES VERS MARINS**

Peu appétissantes, les arénicoles sont utilisées depuis 2007 par la société mortlaisienne Hemarina pour des applications en santé humaine basées sur l'utilisation de leur hémoglobine (compatible avec l'hémoglobine humaine), qui ont fait l'objet du dépôt de plusieurs brevets. L'enjeu consiste aujourd'hui à lancer et maîtriser la production de ces vers marins. Une ferme pilote a été implantée sur l'île de Noirmoutier (projet Marbiotech).

**LES CREVETTES TROPICALES**

Elles ne seront pas élevées en mer, car elles ont besoin de chaleur. Des recherches sur un nouveau système de production, à terre, qui soit compatible avec le climat breton et respectueux de l'environnement sont actuellement en cours.



**NB** Rens. : [www.pole-mer-bretagne-atlantique.com](http://www.pole-mer-bretagne-atlantique.com)

# AU LABO AVANT LA MISE À L'EAU

**DES RECHERCHES SUR TOUT LE CYCLE DU POISSON SONT MENÉES EN ÉTROITE COLLABORATION AVEC LES PROFESSIONNELS DE L'ÉLEVAGE.**

**I**nsouciant dans leurs bacs, ces poissons font l'objet de toutes les attentions des chercheurs du Laboratoire de physiologie et génomique des poissons (LPGP) de l'Inra, basé sur le campus de Beaulieu, à Rennes. Menés essentiellement sur la truite, les travaux du LPGP ont des finalités aquacoles depuis plus de quarante ans : maîtrise de la qualité de la chair, du cycle de reproduction, identification du gène qui détermine le sexe (publication en 2014), mise au point d'un produit pour diluer et conserver les gamètes (travaux en cours avec un industriel) et d'une méthode de prédiction de la taille du filet, le laboratoire est à l'origine de plusieurs découvertes qui sont aujourd'hui appliquées (ou en passe de l'être) chez les professionnels de l'aquaculture.

## Des poissons par milliers

D'ailleurs, ce n'est pas un hasard si, dans un des couloirs du bâtiment, se trouve l'antenne aquacole du Syndicat des sélectionneurs avicoles et aquacoles français (Sysaaf)<sup>(1)</sup>, qui travaille en direct avec les professionnels pour les aider à mettre en place un système de sélection efficace. « Être au plus près de la recherche nous permet d'avoir un coup d'avance et de proposer aux entreprises des choses vraiment innovantes, explique Pierrick Haffray, le responsable. Comme les poissons sont des animaux très féconds - 1 500 œufs par kilo de femelles chez la truite ; 100 000 œufs par femelle chez le bar ! -, une innovation a très vite des répercussions sur la filière. »

La sélection des animaux en général, et des poissons en particulier, a longtemps été



Échographie, mesures morphologiques des individus, de la taille et l'épaisseur des filets..., les méthodes de sélection mises au point en laboratoire sont ensuite appliquées chez les professionnels comme ici chez Bretagne Truite (Plouigneau) dans le cadre du projet européen FishBoost. PIERRICK HAFFRAY/SYSAAF

basée sur leur poids et leur croissance. À partir des années 90, d'autres critères ont fait leur apparition grâce notamment aux travaux menés au LPGP : des critères morphologiques, mais aussi non externes et visibles seulement à l'échographie et d'autres outils de vision numérique (qualité de la chair, teneur en lipides...), ou encore des indicateurs de résistance aux maladies.

## Le suivi de la généalogie

Parallèlement, l'Inra et le Sysaaf ont développé une méthode qui permet de suivre ces caractères grâce à l'empreinte génétique (pédigree) de chaque individu et de minimiser l'apparementement des individus consanguins (lire Comprendre ci-dessous). Utilisée aujourd'hui par une vingtaine de fermes aquacoles en France (sur les truites, turbots, daurades, esturgeons et maigres), elle est régulièrement améliorée et transférée à d'autres espèces (huîtres creuses ou crevettes<sup>(2)</sup>).

Un autre cap a été franchi en 2004. Il est

désormais possible de mesurer les aptitudes d'un individu à travers celles de ses apparentés (ses frères et sœurs, oncles et tantes) et non plus seulement à partir de ses performances individuelles. Cela consiste, au sein d'une même génération, à isoler et sacrifier 1 000 à 2 000 individus pour estimer, par exemple, leur résistance à une maladie ou mesurer leur rendement après découpe (poids, épaisseur du filet...). Les résultats obtenus : bonne résistance ou mauvais rendement, pouvant ensuite être attribués aux frères et sœurs non sacrifiés.

## Stress, situations de dominance...

Depuis cinq ans, le comportement des poissons d'élevage constitue aussi un objet d'études. Le bien-être des animaux étant un gage de bonne production. Éthologiste, Violaine Colson est une des rares en France à travailler sur la truite. Elle a équipé certains bassins de l'unité expérimentale du laboratoire avec des caméras de surveillance pour étudier le stress, les situations de dominance, l'apprentissage des périodes de nourrissage<sup>(3)</sup>...

« Depuis 2015, nous essayons de faire converger toutes ces connaissances sur le comportement, la croissance, les capacités adaptatives... pour étudier l'effet transgénérationnel, précise Julien Bobe, le directeur du LPGP. C'est-à-dire les caractères non génétiques mais transmis par la mère. Le but étant de savoir s'il existe un effet maternel, que l'on pourrait influencer. » Les bassins d'élevage sont décemment sous haute surveillance !

NB

## COMPRENDRE

# Éviter la consanguinité

**S**électionner, c'est croiser entre eux les candidats les plus intéressants pour améliorer les performances de la génération suivante sur des caractères ciblés, tout en évitant des croisements entre sujets apparentés (frères-sœurs, par exemple). Or, cela peut vite se révéler compliqué chez les espèces aquacoles très fécondes et de très petite taille à l'éclosion.

« Pour bien travailler, un sélectionneur doit créer au moins 200 à 300 bacs différents pour pouvoir les dissocier et les croiser ensuite ; car on ne peut pas marquer les alevins à la naissance ! », explique Pierrick Haffray du Sysaaf<sup>(1)</sup>. Cette méthode est non seulement coûteuse (besoin d'espace...), mais elle peut aussi engendrer ce que les professionnels appellent "l'effet bassin" : la survenue d'un événement externe dans un bassin qui biaise le développement d'une famille... Développée à Rennes, l'utilisation de l'assignation de parenté par empreintes génétiques associées au marquage électronique par transpondeurs (une puce de quelques millimètres lisible grâce à un code à treize chiffres) dès un poids minimum (20 à 30 g) permet de mélanger les individus sans perdre les informations sur leur généalogie.

<sup>(1)</sup> Syndicat des sélectionneurs avicoles et aquacoles français (lire article ci-dessus).

<sup>(1)</sup> L'antenne rennaise du Sysaaf compte quatre salariés employés par les éleveurs. <sup>(2)</sup> Et bientôt la palourde japonaise, dans le cadre du projet européen Vivaldi : [www.ifremer.fr/Espace-Presses/Communiqués-de-presses/Lancement-du-projet-europeen-VIVALDI](http://www.ifremer.fr/Espace-Presses/Communiqués-de-presses/Lancement-du-projet-europeen-VIVALDI). <sup>(3)</sup> Lire Pour observer sans déranger dans *Sciences Ouest* n° 331-mai 2015.

## CONTACTS

Pierrick Haffray, tél. 02 23 48 53 78,  
Pierrick.Haffray@inra.fr

Julien Bobe, tél. 02 23 48 57 24, Julien.Bobe@inra.fr

# DES POISSONS 100 % VÉGÉTALIENS

DES RATIONS ALIMENTAIRES **SANS HUILES NI FARINES** DE POISSONS SONT EN COURS DE TESTS POUR LA FILIÈRE PISCICOLE.

**D**ans la nature, les poissons mangent essentiellement d'autres poissons agrémentés de quelques insectes et végétaux. Dans les élevages, ils sont nourris notamment avec des huiles et des farines de poissons. Même si ces dernières années la part de ces aliments à base de poissons a été réduite à 15 ou 20 %<sup>(1)</sup> dans la ration alimentaire, elle pose encore problème, compte tenu du volume que représentent les élevages piscicoles : ces derniers sont aujourd'hui à l'origine de plus de 50 % des poissons consommés dans le monde. La disponibilité de la ressource en poissons à transformer en huiles et farines va très vite poser problème. Sans compter les consé-

quences de ces prélèvements pour leurs prédateurs naturels.

Depuis quelques années, l'objectif de la filière piscicole est de réduire la part de poissons dans la ration alimentaire des élevages. Des tests sont menés en ce sens depuis huit ans à la pisciculture de l'Inra à Sizun (Finistère), dans le cadre du programme Agreenfish, labellisé par le pôle de compétitivité des produits aquatiques, Aquimer<sup>(2)</sup>.

## Blé, maïs, colza et lupin

Des aliments végétaux, à base de gluten de blé, de maïs, de colza et de lupin remplacent les huiles et farines de poissons. L'objectif est de proposer à la filière piscicole une ali-

mentation à base de matière première renouvelable au moins européenne, sinon locale.

## Déjà quatre générations

Et ça marche ! La substitution a d'abord été progressive et, de génération de truites en génération (tous les deux ans), une sélection des poissons qui s'adaptent le mieux à ce nouveau régime alimentaire a été opérée. Les poissons qui s'accoutument le mieux de cette alimentation plus végétale sont reproduits. Après quatre générations, l'équipe de la pisciculture constate que les 15 000 truites sélectionnées se portent très bien et que leur adaptation alimentaire se transmet génétiquement.

Enfin, très bien à un détail près : la teneur moindre en oméga-3 de ces nouveaux aliments. Aussi, il apparaît nécessaire d'apporter aux poissons des oméga-3 en fin de croissance. « Réintroduire un peu d'huile de poissons pendant quelques mois permet de restaurer totalement le profil des animaux en acides gras », témoigne Laurent Labbé, directeur de la pisciculture expérimentale Inra de Sizun.

## Bientôt un nouveau menu

Mais les chercheurs veulent aller plus loin et remplacer complètement ces huiles de poissons. Une équipe de l'Inra de Saint-Pée-sur-Nivelle (Pyrénées-Atlantiques) élabore actuellement la formulation de cette supplémentation dans le cadre du programme Ninaqua, piloté par la coopérative Le Gouessant, basée à Lamballe (Côtes-d'Armor) et financé par un Fonds unique interministériel. L'idée est d'ajouter des microalgues, des farines d'insectes et des levures à la portion alimentaire végétale de base. L'équipe de la pisciculture expérimentale de Sizun administrera ce nouveau régime alimentaire à ses truites végétariennes de 5<sup>e</sup> génération, dans un an et demi. D'ici là, comme le rappelle Laurent Labbé, « les poissons représentent déjà les protéines animales au plus bas coût environnemental avec 700 à 800 g d'aliments pour produire 1 kg de truites portion, contre 6 à 7 kg d'aliments pour produire 1 kg de bœuf. » Mais ces différences n'ont rien à voir avec la composition du régime alimentaire. Elles tiennent au fait que le poisson n'a pas à dépenser d'énergie pour maintenir sa température ni pour se porter !

MICHÈLE LE GOFF

<sup>(1)</sup> Sans les élevages de salmonidés et de truites. <sup>(2)</sup> À Boulogne-sur-Mer.

## CONTACT

Laurent Labbé, tél. 02 98 68 89 36,  
laurent.labbe@rennes.inra.fr



À Sizun dans le Finistère, les chercheurs élèvent la 4<sup>e</sup> génération de truites végétaliennes.

INRA

# ASSOCIATION DE BIENFAITEURS !

ASSOCIER DES ESPÈCES AQUACOLES COMPLÉMENTAIRES PEUT PERMETTRE D'OPTIMISER LA PRODUCTION EN RESPECTANT L'ENVIRONNEMENT.



La carpe mange des alevins de gardons qui mangent du plancton qui se développe grâce au phosphore et à l'azote des déjections des poissons...  
GANCHAR/FOTOLIA

**D**ans les étangs de l'Inra de Rennes, les carpes et les perches, deux espèces destinées à l'alimentation humaine, se nourrissent en majorité d'alevins de gardons et de rotengles, deux poissons blancs. Les gardons et les rotengles mangent du plancton. Le plancton se développe grâce au phosphore et à l'azote contenus dans les déjections des poissons présents. L'eau de ces étangs alimente une lagune plantée propice à l'émergence d'une biodiversité particulière. Ainsi épurée, l'eau retourne vers les étangs. Et la boucle est bouclée. La quantité de chaque espèce est contrôlée de façon à optimiser la production en limitant les intrants alimentaires.

Cette expérimentation en circuit fermé, réalisée par une équipe de chercheurs de Nancy, Rennes et Paris<sup>(1)</sup>, est une adaptation de ce qu'il se passe dans les étangs de Brenne, en région Centre-Val de Loire. C'est l'un des aboutissements du projet de recherche Piscenlit<sup>(2)</sup> qui visait à rendre l'aquaculture écologiquement intensive, une notion déjà expérimentée à l'Inra de Rennes dans le domaine de l'agriculture. « A priori, l'écologie intensive semble paradoxale. Mais en

réalité, il s'agit de mieux connaître le fonctionnement des écosystèmes pour valoriser leurs ressources au maximum, comme par exemple en associant des espèces complémentaires », explique Joël Aubin, chercheur à l'Inra de Rennes. Ce n'est donc pas la production qui est intensive mais l'utilisation des mécanismes écologiques. « Aujourd'hui, la pisciculture est le plus souvent basée sur la culture d'une espèce d'intérêt économique à niveau trophique élevé, c'est-à-dire carnivore. Elle se nourrit de granulés fabriqués à partir d'ingrédients dont certains sont importés du Pérou (farine de poisson) ou du Brésil (soja), dont elle n'exploite que 30 %. Le reste est rejeté dans l'environnement qui doit alors éliminer ce surplus. Dans les étangs de l'Inra et de Brenne, ce problème n'existe plus. »

## Au Brésil et en Indonésie

Le projet Piscenlit a permis de conduire la même démarche sur plusieurs terrains choisis pour couvrir une diversité de systèmes aquacoles, d'écosystèmes et de contextes socio-économiques : la culture de saumons en Normandie, de poissons-chats sur l'île de Sumatra en Indonésie, ou encore l'élevage

intégré de porcs (leurs rejets alimentent en nutriments un étang empoissonné), dans l'État du Santa Catarina au Brésil<sup>(3)</sup>. Selon les terrains, les pratiques basées sur le recyclage des nutriments, la recirculation de l'eau ou l'association d'espèces piscicoles et végétales ont montré un vrai potentiel environnemental et économique.

## Mieux que le tout bio

Pour définir ces nouveaux scénarios de production, Joël Aubin et ses collègues ont d'abord étudié chaque système aquacole en mesurant leurs effets sur le changement climatique, la qualité de l'eau, la dépense énergétique, la quantité et la composition des nutriments et des rejets, l'occupation du sol. « L'aquaculture biologique, tout comme l'agriculture biologique, n'a pas le meilleur bilan. Elle nécessite de la surveillance et produit très peu », constate Joël Aubin.

Le nouveau programme européen Imta-Effect<sup>(4)</sup>, que l'Inra de Rennes coordonne, fait suite au projet Piscenlit. Il regroupe des partenaires portugais, grecs, roumains et français. Financé jusqu'en 2019, il vise à proposer plusieurs modèles de productions, dans des systèmes d'élevages associant plusieurs espèces (poissons, mollusques, algues), en eau douce et eau de mer. « Nous souhaitons pousser l'étude un peu plus loin, mieux comprendre les interactions entre les espèces et optimiser les dimensionnements », précise Joël Aubin.

## Pour le tourisme aussi

Dans le cadre du programme Piscenlit, l'Inra de Rennes a aussi collaboré avec des chercheurs en sciences humaines et sociales<sup>(5)</sup> pour analyser, dans chaque situation, les besoins et la perception des producteurs, des élus locaux et de la population locale. « Il ne s'agit pas seulement d'exploiter le milieu pour la consommation humaine, mais aussi d'intégrer et de valoriser les autres services que les systèmes aquacoles peuvent rendre à l'homme, notamment les services culturels récréatifs, éducatifs et touristiques », conclut le chercheur.

KLH

## Un projet à Molène

**D**ans l'archipel de Molène, un projet d'aquaculture multitrophique intégrée (AMTI), porté par le Comité régional de la conchyliculture de Bretagne Nord et le Parc naturel marin d'Iroise, devrait entrer en phase de tests à la fin de 2016. L'idée est de recréer un écosystème dans lequel chaque espèce (huîtres creuses et plates, moules, ormeaux, pétoncles noirs, algues...) joue son rôle : les coquillages filtrent l'eau, l'azote de leurs fèces est ensuite mobilisé par les algues dont se nourrissent les ormeaux et les poissons. Une première expérimentation qui, si elle se révèle concluante, pourrait aboutir à un nouveau modèle de production aquacole transposable dans d'autres sites de Bretagne et d'ailleurs. JD

Re ns. : Patrick Poulaine, tél. 02 98 46 63 34, patrick.poulaine@aires-marines.fr

## CONTACT

Joël Aubin, tél. 02 23 48 70 42, joel.aubin@inra.fr

# EAU : COMMENT L'ÉCONOMISER ?

TRAITÉE, RECYCLÉE, RÉUTILISÉE EN BOUCLE OU POUR CULTIVER DES VÉGÉTAUX... **L'EAU DES PISCICULTURES PEUT ÊTRE VALORISÉE.**



À la station expérimentale de Sizun (Finistère), blettes et salades sont cultivées dans l'eau des bassins, riche en nutriments, en fin d'élevage.

INRA

**P**roduire 1 kg de truites nécessite 50 à 100 m<sup>3</sup> d'eau douce. Sachant qu'une pisciculture compte un volume permanent d'environ deux cents tonnes de production, la quantité d'eau douce prélevée puis restituée dans le milieu naturel n'est pas négligeable. Et en période d'étiage, le prélèvement et donc l'alimentation des bassins peut poser problème.

## Une microstation d'épuration

C'est pourquoi l'Inra mène des expérimentations sur les économies d'eau depuis huit années à la pisciculture de Sizun, dans des conditions semi-industrielles : sept tonnes de poissons sont élevés dans des bassins régulièrement épurés, grâce à un système de traitement de l'eau similaire à celui des stations d'épuration, et fonctionnent en circuit fermé. L'eau souillée par les poissons est d'abord débarrassée des matières en suspension (fèces...), puis du CO<sub>2</sub> produit par la respiration des animaux. Elle est aussi enrichie en oxygène et épurée de l'ammoniac qu'elle contient par un traitement biologique à base de microorganismes. Ainsi nettoyée, cette eau peut de nouveau servir à irriguer les bassins d'élevage soit en permanence, soit lors des périodes d'étiage, entre mai et octobre.

Les chercheurs de l'Inra ont ensuite étudié l'effet de ce recyclage de l'eau sur la qualité de la chair des poissons, sur leur bien-être et leur croissance. Le résultat est positif. Les truites de Sizun ont besoin de moins d'aliments pour arriver au même poids. « *Nous avons démontré que grâce au recyclage, les paramètres physico-chimiques de l'eau tels que les teneurs en oxygène, en ammoniac, le pH restent stables* », commente Laurent Labbé, le directeur de la pisciculture expérimentale. Autre avantage : en fin d'élevage, le volume des effluents d'élevage est réduit d'un facteur dix. Ce système a donc été validé pour les élevages de truites et commence à être déployé dans les piscicultures qui jusqu'à présent, en fin d'élevage, ne traitaient que les déchets solides de l'eau et non les déchets solubles comme l'ammoniac.

Qu'elle soit utilisée en boucle permanente, ponctuellement ou juste avant le rejet hors de la pisciculture, cette méthode de traitement offre aux pisciculteurs une solution pour respecter les normes de qualité de l'eau à la sortie de leur établissement. « *Tout le monde y gagne !* », ajoute Laurent Labbé.

## Les salades aussi

L'équipe de la pisciculture de Sizun va plus loin. Elle teste l'utilisation de l'eau des bassins

en fin d'élevage pour faire pousser des végétaux (aquaponie) plutôt que de la rejeter dans le réseau des eaux usées. Il s'agit d'un programme expérimental porté par la section aquacole de l'Itavi<sup>(1)</sup> en collaboration avec le Cirad<sup>(2)</sup> de Montpellier et le lycée agricole aquacole de La Canourgue (Lozère).

L'été, l'équipe cultive des blettes et de la salade, l'hiver des mâches et des navets. Les végétaux poussent directement sur l'eau. Ils y trouvent tous les nutriments dont ils ont besoin. « *Nous avons démontré qu'à partir de l'eau d'élevage des truites, il est possible de produire des végétaux toute l'année, sans autre apport et avec des rendements intéressants* », conclut Laurent Labbé. « *Pour 1 m<sup>2</sup> de surface hors sol, nous produisons 25 à 26 kg de végétaux par an, sans ajout d'intrant.* » À mi-programme, l'équipe va maintenant peaufiner le système de culture pour éviter le développement de matières en suspension sur les racines immergées et tester d'autres supports (goulottes, murs végétaux...).

MICHÈLE LE GOFF

<sup>(1)</sup> Institut technique dédié aux filières avicole, cunicole et piscicole.  
<sup>(2)</sup> Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement.

## CONTACT

Laurent Labbé, tél. 02 98 68 89 36,  
laurent.labbe@rennes.inra.fr

# UN ESPACE DIFFICILE À PARTAGER !

BIEN QU'AYANT UN AVENIR PROMETTEUR À L'ÉCHELLE MONDIALE, L'AQUACULTURE PEINE À SE DÉVELOPPER SUR NOS CÔTES.

**A** lors que l'État veut favoriser la croissance dite "bleue", depuis les années 2000, très peu de nouvelles concessions ont été attribuées aux activités d'aquaculture. « En Bretagne, la conchyliculture s'est développée au début du 20<sup>e</sup> siècle dans le cadre du régime des concessions sur le domaine public maritime élaboré deux siècles plus tôt. Ce régime avait alors une visée sociale, notamment envers les veuves et les orphelins des marins, nombreux à cette époque », rappelle Denis Bailly, maître de conférences en économie au sein du laboratoire Amure<sup>(1)</sup> de l'Université de Bretagne Occidentale. « Au fil des décennies, la conchyliculture a ainsi acquis un poids politique certain et une acceptabilité sociale lui permettant d'obtenir plus facilement l'autorisation de s'agrandir. Pour les nouveaux arrivants, et en particulier pour d'autres types de productions, la création de parcs est en revanche très complexe », constate-t-il.

## Pas chez moi !

L'implantation d'une nouvelle activité implique naturellement de réserver de nouveaux espaces dédiés sur un domaine public maritime déjà utilisé par de nombreux autres usages. Aussi, dès l'annonce d'un nouveau projet d'aquaculture, les boucliers se lèvent de toutes parts. « Contrairement aux activités d'élevage et de culture terrestres, en mer, aucun établissement de type Safer<sup>(2)</sup> n'existe pour organiser la répartition des espaces, souligne Denis Bailly. Alors face aux pêcheurs qui craignent de voir leur zone de pêche réduite ; face aux associations de plaisanciers qui ne veulent pas perdre en liberté de navigation ; face aux riverains qui redoutent l'installation de structures limitant leur accès au bord de mer et face aux maires des communes concernées qui finissent généralement



Cette algue brune baptisée *Saccharina latissima*, est cultivée pour des applications alimentaires sur la concession du Céva au large de Pleubian (Côtes-d'Armor).

CÉVA

par se ranger du côté des opposants au projet, l'administration baisse souvent les bras. »

## Une forte concurrence

Depuis les années 2000, la Grèce et la Turquie concentrent la production de plus de la moitié des bars d'élevage d'Europe avec des coûts de production équivalents à 2 euros le kilo. Ces mêmes poissons sont vendus sur le marché européen entre 6 et 12 €/kg auprès des consommateurs. Comment les producteurs français, qui génèrent à peine 5 % de la production européenne des bars, peuvent-ils rivaliser avec des coûts de production si bas ? « D'un point de vue économique, la variabilité des coûts de production d'un pays à l'autre constitue une difficulté naturelle qui n'est pas nécessairement une mauvaise chose, selon notre spécialiste. Cela implique de choisir le modèle d'aquaculture que l'on veut développer en France : de grands élevages pour niveler les coûts de production vers le bas et être en mesure de concurrencer ces pays ou de petits élevages privilégiant la qualité et les marchés de niche, la polyculture (lire p. 16) et une exploitation optimisée de l'espace ? »

L'exemple de la culture des algues révèle d'autres freins attribués cette fois-ci aux recommandations des scientifiques. Depuis

2010, la culture du wakamé, une algue importée du Japon (en même temps que les huîtres de nos parcs !) et cultivée depuis les années 1970, est désormais interdite.

## Attention aux invasions

En cause : son comportement potentiellement invasif. « Seule la culture d'algues locales est désormais autorisée. Mais avant de domestiquer ces algues sauvages et mesurer leur rentabilité, il faut compter 20 ans d'études et de développement », explique l'économiste. D'autant que les industriels trouvent peu d'appuis pour valider leur technique de culture, excepté auprès du seul centre en Europe dédié à l'étude et à la valorisation des végétaux marins, le Céva<sup>(3)</sup>, installé à Pleubian (Côtes-d'Armor). Et même pour la culture maîtrisée d'une algue locale comme la laminaire "kombu royal", la situation actuelle difficile de certains producteurs montre que l'acceptabilité sociale de la réservation de nouveaux espaces en mer reste un enjeu majeur de la croissance bleue.

JULIE DANET

<sup>(1)</sup>Aménagement des usages des ressources et des écosystèmes marins et littoraux (CNRS, Ifremer, UBO). <sup>(2)</sup>Sociétés d'aménagement foncier et d'établissement rural. <sup>(3)</sup>Centre d'étude et de valorisation des algues.

## CONTACT

Denis Bailly, tél. 02 90 91 56 09, denis.bailly@univ-brest.fr

## sciences ouest POUR EN SAVOIR PLUS

### À (RE)VOIR

#### AQUACULTURE, ENJEUX ET OPPORTUNITÉS POUR LE TERRITOIRE

● La matinale de Rennes Atalante du 30 octobre 2014 présente un état des lieux de l'aquaculture en France et en Bretagne. Malgré les contraintes et les freins actuels, un développement vertueux de la filière est possible grâce à différentes techniques et innovations : aquaculture intégrée, à terre, en circuit recirculé, offshore...

Rens. : [www.rennes-atalante.fr](http://www.rennes-atalante.fr)

18 SCIENCES OUEST N°344 SEPTEMBRE 2016

### À LIRE

#### LES POISSONS D'ÉLEVAGE SONT-ILS STRESSÉS ?

● À force de surexploitation, la pêche décline et l'aquaculture en profite pour s'installer solidement sur les étals. Mais sa croissance inquiète. En 80 questions, ce livre aborde, sans tabous, les rumeurs, les inquiétudes et les accusations, en vue d'éclairer une activité longtemps décriée pour son manque de perspectives et critiquée aujourd'hui pour son succès.

Rens. : Éditions Quæ, 2012, collection Clés pour comprendre

### À SUIVRE

#### AQUAEXCEL 2020

● Aquaexcel est un projet européen coordonné par l'Inra et financé par le programme européen Horizon 2020. Officiellement lancé le 1<sup>er</sup> octobre 2015 pour une durée de cinq ans, il vise à mettre en réseau les meilleures installations de recherche aquacole européennes afin de renforcer le développement d'une aquaculture durable.

Rens. : [www.aquaexcel.eu](http://www.aquaexcel.eu)

PROCHAIN DOSSIER : L'INNOVATION DANS LE BTP

# À L'ESPACE DES SCIENCES

## CONFÉRENCES

20 SEPTEMBRE

### Dengue, chikungunya, zika : nouvelles menaces sanitaires pour la France ?



MUSHY/FOTOLIA

● Médecin, docteur en épidémiologie et biostatistiques à l'Ehesp à Rennes, Philippe Quénel parlera de l'*Aedes albopictus* et des trois maladies virales dont il est le vecteur.

En partenariat avec l'École des hautes études en santé publique (Ehesp) et la Conférence régionale de la santé et de l'autonomie (CRSA).

27 SEPTEMBRE

### Les secrets de la grande vitesse ferroviaire



C. SALMERON

● Dans moins d'un an, des TGV circuleront sur la nouvelle ligne à grande vitesse entre Paris et Rennes. Une prouesse scientifique, technique et humaine présentée par Michel Lebœuf, président du département Grande vitesse à l'Union internationale des chemins de fer et auteur de l'ouvrage *Grande vitesse ferroviaire*<sup>(1)</sup>.

Dans le cadre de l'opération LGV 1h 25 et en amont de l'exposition Bretagne express du Musée de Bretagne.

4 OCTOBRE

### Et si c'était une maladie rare ?



FOTOLIA

● Réduire l'errance diagnostique, améliorer la prise en charge, animer des programmes de formation et de recherche avec les

associations de malades : Sylvie Odent, Andrea Manunta et Édouard Bardou-Jacquet, du CHU de Rennes, présenteront leurs travaux sur les maladies rares.

20 h 30, salle Hubert-Curien, Les Champs Libres, Rennes  
Réservation possible au 02 23 40 66 00, 100 places disponibles sans réservation le soir même à partir de 20 h - Entrée libre.

## À MORLAIX

23 SEPTEMBRE

### La physique des dunes de sable

● Par Alexandre Valance de l'Institut de physique de Rennes.

30 SEPTEMBRE

### Histoire de la découverte de la fission de l'uranium

● Par Pierre Radvanyi, physicien nucléaire au CNRS, historien et ancien membre de la Société française de physique (SFP).

2 OCTOBRE

### Les landes au carrefour des sciences et de la culture

● Par François de Beaulieu, ancien professeur de lettres et de sociologie, auteur de plusieurs ouvrages et articles sur le patrimoine naturel et culturel de la Bretagne.

20 h, CCI de Morlaix - Entrée libre

## CAFÉ DES SCIENCES

29 SEPTEMBRE

### La science du sport



S. BOYER/UNIVERSITE RENNES 2

● Ils modélisent les mouvements des sportifs, inventent des systèmes de suivi de l'activité physique en continu... Venez poser vos questions à Caroline Martin, Richard Kulpa et Guy Carrault, trois chercheurs rennais<sup>(2)</sup>.

18 h 30, café des Champs Libres, Rennes - Entrée libre

<sup>(1)</sup>Édition du Cherche Midi. <sup>(2)</sup>Rencontres pour le dossier de *Sciences Ouest* n° 343 - juin 2016.



ESPACE DES SCIENCES

## EXPOSITION

### UN NOUVEAU LABO TOUT BEAU !

**A** dieu guitare, squelette et vélo à roues carrées ! Après dix ans de bons et loyaux services pour la plupart des manipulations qui étaient proposées, le laboratoire de Merlin a fait peau neuve. Le principe reste le même : toucher, tester, expérimenter différents principes en optique, physique, énergie, mécanique, nouvelles technologies, tout en s'amusant. Mais l'ambiance a changé. Bienvenue au globe à plasma, à la montgolfière, à la caméra thermique et autres miroirs déformants ! Trente nouvelles manipulations interactives ont ainsi pris place dans un espace totalement redessiné mêlant bois et métal. On peut désormais déambuler dans la salle en prenant de la hauteur.

Mais la forme ne cache pas le fond : des consignes d'utilisation illustrées et des explications du phénomène scientifique mis en jeu accompagnent chaque manipulation, tandis que le nouveau théâtre des sciences peut accueillir quarante-huit personnes pour des séances de médiation de trente minutes à une heure sur des thèmes variés. Le premier, intitulé Les dessous du cinéma, vous propose de découvrir ce qu'on ne voit jamais. Effets spéciaux, fond vert et "motion capture" n'auront plus de secrets pour vous !

Rens. : [www.espace-sciences.org/expositions](http://www.espace-sciences.org/expositions)



NICOLAS JOUBARD

Pour en savoir plus et s'abonner à nos lettres d'information : [www.sciences-ouest.org](http://www.sciences-ouest.org), Twitter [@sciences\\_ouest](https://twitter.com/sciences_ouest) et Facebook [f](https://www.facebook.com/sciences.ouest)

# L'agenda de la rédaction

## 3 RAISONS D'ALLER VOIR



# LE FESTIVAL DES SCIENCES

PAR KARL PERCHÉ  
ASSISTANT DU FESTIVAL DES SCIENCES,  
ESPACE DES SCIENCES

**1. Voir les sciences sous un autre angle.** Ce festival est l'occasion d'aller à la rencontre des scientifiques venus partager leur passion pour la science. De l'observation des étoiles à la visite d'un navire de recherche et d'un FabLab en passant par des ateliers de cuisine scientifique ou des conférences naturalistes en kayak... Il y en a pour tous les goûts !

**2. Redécouvrir son environnement quotidien.** D'où viennent les pierres des bâtiments de la ville de Fougères ? Quelles sont les particularités des lentilles, haricots et autres légumineuses que nous mangeons ? Comment nos ancêtres ont-ils pu ériger les menhirs qui trônent au cœur des landes de Saint-Just ? La science est aussi un moyen de comprendre ce qui nous entoure.

**3. Accessible à tous.** Gratuit et ouvert à tous les curieux, petits et grands, ce festival propose plus de cent événements gratuits disséminés dans toute l'Ille-et-Vilaine : visites de lieux, ateliers et animations, mais aussi spectacles, expositions, portes ouvertes, films documentaires...

## RENNES (35)

DU 1<sup>ER</sup> AU 16 OCTOBRE

Dans 30 communes de Rennes Métropole et 11 communes d'Ille-et-Vilaine  
Tél. 02 23 40 66 40  
[www.espace-sciences.org](http://www.espace-sciences.org)



## ET AUSSI... SORTIES ET EXPOSITIONS

**EUROPE**  
DU 16 AU 22 SEPTEMBRE  
**Semaine européenne de la mobilité**

● Sur tout le territoire, plusieurs journées se succéderont autour des vélo-écoles, des voies vertes et de la qualité de l'air. L'occasion de découvrir comment bouger autrement en préservant notre environnement !

Toutes les manifestations sont sur [www.mobilityweek.eu](http://www.mobilityweek.eu)

**PLESTIN-LES-GRÈVES (22)**  
17 SEPTEMBRE  
**Chauves-souris, la magie de la nuit**

● La chauve-souris est-elle un oiseau ou un mammifère ? S'accroche-t-elle vraiment aux cheveux ?... Pour mettre fin aux préjugés, venez à la rencontre d'un animal protégé fascinant et méconnu.

19h30  
Parking du Grand Rocher  
Tél. 02 98 67 53 38  
[www.ulamir.com](http://www.ulamir.com)

**IFFENDIC (35)**  
18 SEPTEMBRE  
**Oiseaux des étangs et des rivières**

● Organisée avec le soutien du Conseil départemental d'Ille-et-Vilaine, dans le cadre des Journées européennes du patrimoine.

10h  
Étang de Careil (Parking balisé Conseil général)  
Tél. 02 99 27 21 13  
<https://ille-et-vilaine.lpo.fr>

**SUSCINIO (56)**  
18 SEPTEMBRE  
**Criquets, sauterelles et autres petites bêtes**

● Venez découvrir les nombreuses espèces de criquets et sauterelles, attraper papillons et libellules au filet et observer quelques oiseaux... Une exploration ludique dans une nature préservée.

14h  
Gratuit  
Tél. 02 97 41 91 91  
<http://suscinio.fr>



**LANOUÉE (56)**  
**PAIMPONT (35)**  
23 ET 30 SEPTEMBRE  
**Brame du cerf**

● À la tombée de la nuit, l'automne, le brame du cerf résonne. Venez écouter et peut-être observer cet animal symbolique dans le plus grand respect de la forêt.

20h30  
Cpie de Brocéliande  
Sur inscription  
Tél. 02 97 22 74 62  
[www.cpie-broceliande.fr](http://www.cpie-broceliande.fr)

**FRANCE**  
8 OCTOBRE  
**Le Jour de la Nuit**

● Au programme de cette opération de sensibilisation à la pollution lumineuse, à la protection de la biodiversité nocturne et du ciel étoilé : balades nocturnes, observations des étoiles, sorties nature et extinctions des lumières.

Retrouvez l'ensemble du programme sur [www.jourdelanuit.fr](http://www.jourdelanuit.fr)

## RENNES (35)

DU 13 AU 16 SEPTEMBRE

### LE MONDE DE LA FERME

#### Space

● De la bienveillance animale à la méthanisation, de la consommation de viande "éthique" à l'empreinte carbone du lait... Pour ses 30 ans, le Space interrogera l'agriculture d'aujourd'hui et de demain. L'occasion aussi d'aller voir les sept cent cinquante vœux, vaches, cochons, chèvres et autres présents !

Parc des Expositions de Rennes  
Aéroport - Bruz  
Tél. 02 23 48 28 80  
[www.space.fr](http://www.space.fr)



## PLOUFRAGAN (22)

DU 15 SEPTEMBRE 2016 AU 17 JANVIER 2017

### L'ARAIÉE AU FIL DES ARAIGNÉES

● Pour beaucoup, les araignées sont noires, velues et dangereuses. Faites valser ces idées reçues et venez découvrir leur monde surprenant. Colorées et souvent minuscules, mères attentives et ingénieurs hors pair, les araignées ont bien plus à nous apprendre et à nous apporter que nous ne l'imaginons.

Espace Sciences & Métiers  
Tél. 02 96 94 43 99  
[www.esm22.fr](http://www.esm22.fr)



## RENNES (35)

1<sup>ER</sup> OCTOBRE

### BRIC-A-BRAC SONORE

**Journée Science et Musique**  
● Venez profiter d'une immersion scientifique et festive dans les technologies de la musique et des sons au fil de conférences, d'ateliers et de deux concerts proposés par les groupes Ophonius et Léon. Le thème de cette année : Des flûtes préhistoriques aux oreilles robotiques : 10 000 ans de sons !

14h  
Diapason  
Entrée libre  
[jsm@irisa.fr](mailto:jsm@irisa.fr)  
<http://jsm.irisa.fr>



**APPEL À PROJETS** ● La Région Bretagne lance une nouvelle Aide au conseil en innovation. Objectif : aider les entreprises (de moins de 50 salariés n'ayant jamais bénéficié d'aide à l'innovation ou pas depuis 3 ans) à financer du conseil/des prestations externes dans le cadre d'une démarche d'innovation. Aide plafonnée à 15 000 euros. Rens. : Anne Prigent, tél. 02 99 27 15 82, [innovation.sitt@bretagne.bzh](mailto:innovation.sitt@bretagne.bzh), [www.bretagne-innovation.tm.fr](http://www.bretagne-innovation.tm.fr)

EXPOSITIONS... MUSÉES... CONFÉRENCES... COLLOQUES...

**L'ÉVÉNEMENT DU MOIS**  
**LA NUIT DES CHERCHEURS**

**V**enez bousculer vos idées sur la recherche scientifique lors de cette nuit pas comme les autres. Ici, tout le monde peut expérimenter, partager, voire faire naître des idées grâce aux différentes animations proposées par les laboratoires de la région brestoise. Au travers de jeux scénographiés, vous découvrirez les multiples facettes de la vie d'une idée. Un bouche-à-oreille étonnant, des "idées noires" surprenantes, un speed searching plein de rencontres, des énigmes à résoudre, des expériences à réaliser, des réponses à trouver... vous entraîneront sur les traces de grandes idées de science, d'idées reçues, farfelues ou oubliées !

**BREST (29)**

30 SEPTEMBRE

Océanopolis  
Entrée libre  
Tél. 02 98 34 40 40  
www.oceanopolis.com

**ET AUSSI... COLLOQUES ET CONFÉRENCES**

**RENNES (35)**  
15 SEPTEMBRE  
**Les modes alternatifs de résolution des litiges**

● Par la Délégation régionale Bretagne du CNFPT, le Réseau des juristes territoriaux de l'Ouest et la Faculté de droit et science politique de l'Université de Rennes 1.

9h  
**Pôle numérique Beaulieu** (diffusion simultanée au Pôle numérique Brest Bouguen)  
Entrée gratuite  
Tél. 02 23 23 39 50  
www.univ-rennes1.fr

**BREST (29)**  
20 SEPTEMBRE  
**L'acidification, l'autre problème du CO2**

● Par Sophie Martin, chargée de recherche au CNRS, à la Station biologique de Roscoff.

20h30  
**Océanopolis**  
Entrée libre  
Tél. 02 98 34 40 40  
www.oceanopolis.com

**CESSON-SÉVIGNÉ (35)**  
27 SEPTEMBRE  
**Hôpital numérique**

● Le numérique au cœur de la relation professionnels de santé/patients, c'est le thème de cette journée proposée par ID2Santé, Rennes Atalante, Atlanpole Biotherapies et Images & Réseaux.

9h  
**Technicolor**  
Tél. 02 57 24 00 29  
www.b2match.eu/hopital-numerique

**SAINT-MALO (35)**  
DU 27 AU 29 SEPTEMBRE  
**4<sup>es</sup> Journées internationales de limnologie et d'océanographie**

● Par l'unité Écosystèmes, Biodiversité, Evolution de Rennes. Ces journées sont dédiées à l'étude des interactions entre les bassins versants, les cours d'eaux et les zones côtières.

8h  
Palais du Grand Large  
jilo2016@univ-rennes1.fr  
https://jilo2016.univ-rennes1.fr

**PLEUMEUR-BODOU (22)**  
7 OCTOBRE  
**La géolocalisation**

● Cette conférence inaugurale de la Fête de la science sera présentée par Jean-Paul Cornec, président du club d'astronomie du Trégor.

18h  
**Planétarium de Bretagne**  
Tél. 02 96 46 60 50  
www.armorscience.com



**BREST (29)**  
**UNE VAGUE DE PROJETS**

DU 10 AU 14 OCTOBRE

**Sea Tech Week**

● Pour sa 10<sup>e</sup> édition, la Sea Tech Week portera sur le thème Mer et numérique : observation, acquisition et transmission des données, robotique, capteurs, modélisation, big data, électronique de navigation, interface homme-machine... sont au programme, via des conférences, colloques, ateliers de travail, salon professionnel, rendez-vous B2B, visites de sites...

Centre de congrès Le Quartz  
Tél. 02 98 33 52 49  
www.seatechevent.eu

**FRANCE**  
**TOUTE EN COULEURS**

DU 2 AU 16 OCTOBRE

**Fête de la science**

● Pour sa 25<sup>e</sup> édition, la Fête de la science promet des centaines de manifestations partout en France. Expériences physiques, chimiques, biologiques ou numériques, balades nature, conférences, visites de laboratoires... Autant d'occasions de découvrir la science sous toutes ses formes !

Temps forts de la fête, six Villages des sciences vous attendent en octobre à Morlaix (29) du 2 au 4 / Pleumeur-Bodou (22) du 7 au 9 / Ploufragan (22) du 7 au 9 / Lorient (56) du 8 au 11 / Brest (29) du 14 au 16 / Rennes (35) du 14 au 16. Tout le programme breton sur [www.fetedelascience.fr](http://www.fetedelascience.fr) et [www.espace-sciences.org](http://www.espace-sciences.org)

**LES ACTUS DE BRETAGNE ENVIRONNEMENT**

● 8 lauréats bretons parmi les 100 projets internationaux pour le climat ● Enquête publique sur le parc éolien en baie de Saint-Brieuc sur [www.bretagne-environnement.org](http://www.bretagne-environnement.org)

## L'épreuve par 7

## FRANCK ZAL, 49 ANS

DOCTEUR EN BIOLOGIE MARINE

Fondateur d'Hemarina, il a été interviewé par téléphone par Klervi L'Hostis depuis son bureau, à Morlaix.

« Je suis heureux d'aider à sauver des vies. J'accomplis mon rêve ! »

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

Difficile à dire, car la recherche m'a toujours passionné. Les émissions du commandant Cousteau m'ont fait voyager à travers le monde et m'ont donné envie d'être un aventurier, à la découverte de nouveaux territoires ou de nouvelles connaissances.

## 2 Aujourd'hui, qu'avez-vous trouvé ?

Une molécule issue d'un ver marin, capable de transporter l'oxygène. Cette hémoglobine compatible avec le sang humain a de nombreuses applications médicales. Lors d'une transplantation, elle permet d'oxygéner un organe et donc de le conserver dans de bonnes conditions physiologiques entre le moment où il est prélevé chez le donneur et le moment où il est transplanté. Cette découverte donne du temps supplémentaire au chirurgien.

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

Tout le temps ! Je suis très réceptif à l'imprévisible. Quand j'ai lancé Hemarina, je pensais développer un substitut sanguin universel à partir de l'hémoglobine de ver marin... c'était un peu comme si je voulais grimper au sommet de l'Himalaya en un jour ! Le hasard des discussions et des rencontres avec des gens qui ont d'autres compétences que les miennes m'a fait découvrir des possibilités que je ne soupçonnais pas.

## 4 Qu'avez-vous perdu ?

Quand j'étais au CNRS, j'avais l'esprit pionnier de la recherche fondamentale. Je l'ai un peu perdu aujourd'hui, car quand on fait du développement de produits, on répond à un besoin précis dans un cadre réglementaire et selon des normes strictes. Et, pour l'instant, je ne peux plus partir en mission océanographique car je gère une entreprise. Mais ça fait partie de mon parcours, et je ne regrette rien. Je suis extrêmement heureux d'aider à sauver des vies. J'accomplis mon rêve !

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

Je pars du principe que la recherche ne doit pas se fixer de limites, sinon on tombe dans l'obscurantisme. Si un chercheur a peur que ses découvertes soient mal perçues, il devient contre-productif. Certains sujets font débat, c'est normal, nous sommes humains, ce n'est pas pour autant qu'il faut s'interdire de penser.

## 6 Quelle est la découverte qui changerait votre vie ?

Celle que l'on a faite a déjà bouleversé ma vie !

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

D'être trop rationnel ! Pour pouvoir innover, il faut rêver, imaginer, suivre ses intuitions. Elles ne sont ni réelles, ni rationnelles, mais elles peuvent le devenir. Au début, on vous prend pour un fou, ensuite, on vous dit que ce que vous faites est dangereux, et puis on finit par vous dire "c'était évident, on y avait pensé bien avant vous !"



H. TAILLARD/GPO

# sciences ouest

Toute la science en Bretagne. **sciences ouest** est rédigé et édité par l'Espace des sciences, Centre de culture scientifique technique et industrielle (association)

Espace des sciences, Les Champs Libres, 10, cours des Alliés, 35000 Rennes

nathalie.blanc@espace-sciences.org - www.espace-sciences.org - Tél. 02 23 40 66 66 - Fax 02 23 40 66 41

3€

**Président de l'Espace des sciences** : Jacques Lucas. **Directeur de la publication** : Michel Cabaret. **Rédactrice en chef** : Nathalie Blanc. **Journalistes** : Nicolas Guillas, Klervi L'Hostis. **Pigistes** : Julie Danet, Michèle Le Goff. **Comité de lecture** : Louis Bertel (télécommunications), Gilbert Blanchard (biotechnologies-environnement), Jean-Claude Bodéré (géographie), Bernard Boudic (information et communication), Daniel Boujard (génétique-biologie), Michel Branchard (génétique-biologie), Leszek Brogowski (sciences humaines et sociales), Valérie Deborde (délégation CNRS Bretagne-Pays de la Loire), Alain Hillion (télécommunications), Christian Le Bart (sciences humaines et sociales), Boris Le Guennic (chimie), Gérard Maise (agronomie), Dominique Petit (directrice de l'Espace des sciences/Maison de la mer Lorient), Nicolas Thély (sciences humaines et sociales), Paul Trehen (biologie-environnement), Béatrice Viale (transfert de technologies), Christian Willaime (physique-chimie-matériaux). **Abonnements** : Loren Costiou, tél. 02 23 40 66 59, loren.costiou@espace-sciences.org. **Publicité** : Ouest Expansion - Vincent Denis, tél. 06 08 73 66 15. **sciences ouest** est publié grâce au soutien de la Région Bretagne, des départements du Finistère et d'Ille-et-Vilaine. **Édition** : Espace des sciences. **Réalisation** : Pierrick Bertôt création graphique, 35510 Cesson-Sévigné. **Impression** : TPI, 35830 Betton. **Tirage du n° 344** : 4 000 ex. **Dépôt légal** n° 650. **ISSN** 1623-7110.



10-31-1531



Pour vos communications dans



**sciences ouest**  
L'actualité scientifique en Bretagne

contactez :  
**Vincent Denis**  
**06 08 73 66 15**  
vincent.denis@ouestexpansion.fr

Le prochain dossier :  
**L'innovation dans le BTP**

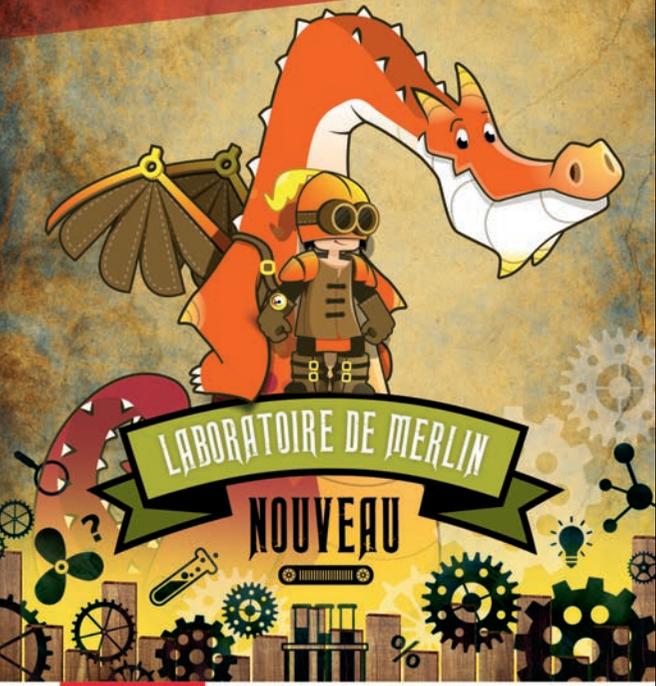


10, rue de la Santé - 35000 RENNES  
02 99 35 10 10

www.espace-sciences.org



EXPOSITION PERMANENTE  
➤ À partir du 21 juin 2016



**LABORATOIRE DE MERLIN**  
**NOUVEAU**



**Pour ne rien manquer de l'actualité scientifique bretonne !**



**Abonnez-vous**

**Achat au numéro**

Abonnez-vous en ligne sur [www.espace-sciences.org](http://www.espace-sciences.org) rubrique SCIENCES OUEST

- Tarif normal : 2 ANS (22 numéros) **54 €** / 1 AN (11 numéros) **30 €** ■ Tarif étudiant : 2 ANS **27 €** / 1 AN **15 €**
- Tarif étranger ou abonnement de soutien : 2 ANS **76 €** / 1 AN **50 €** ■ Achat au numéro : **3 €**

Espace des sciences, Les Champs Libres, 10, cours des Alliés, 35000 Rennes - Tél. 02 23 40 66 40





# La Cité des télécoms



**JOUER**      **DÉCOUVRIR**      **APPRENDRE**

PLEUMEUR-BODOU / PARC DU RADÔME / WWW.CITE-TELECOMS.COM



JEUX, ANIMATIONS, EXPOSITIONS,  
JARDIN DES SCIENCES POUR  
LES 6-12 ANS, SPECTACLE  
« SON & LUMIÈRE » SOUS UN  
MONUMENT HISTORIQUE...



**CAPCITÉ**  
PLUS DE 3 HEURES  
DE DÉCOUVERTE !

POUR JOUER, DÉCOUVRIR OU APPRENDRE,  
LA CITÉ SE DÉCLINE AU GRÉ DE VOS ENVIES !

• dès ronds dans l'eau www.cite.fr  
CREDIT PHOTO: VINCENT PAULIC / THINKSTOCK

