

# SCIENCES

*Ouest*

RECHERCHE ET INNOVATION EN BRETAGNE N° 186

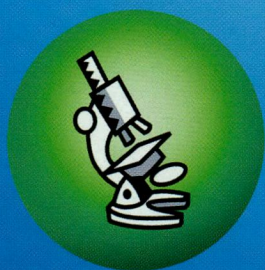
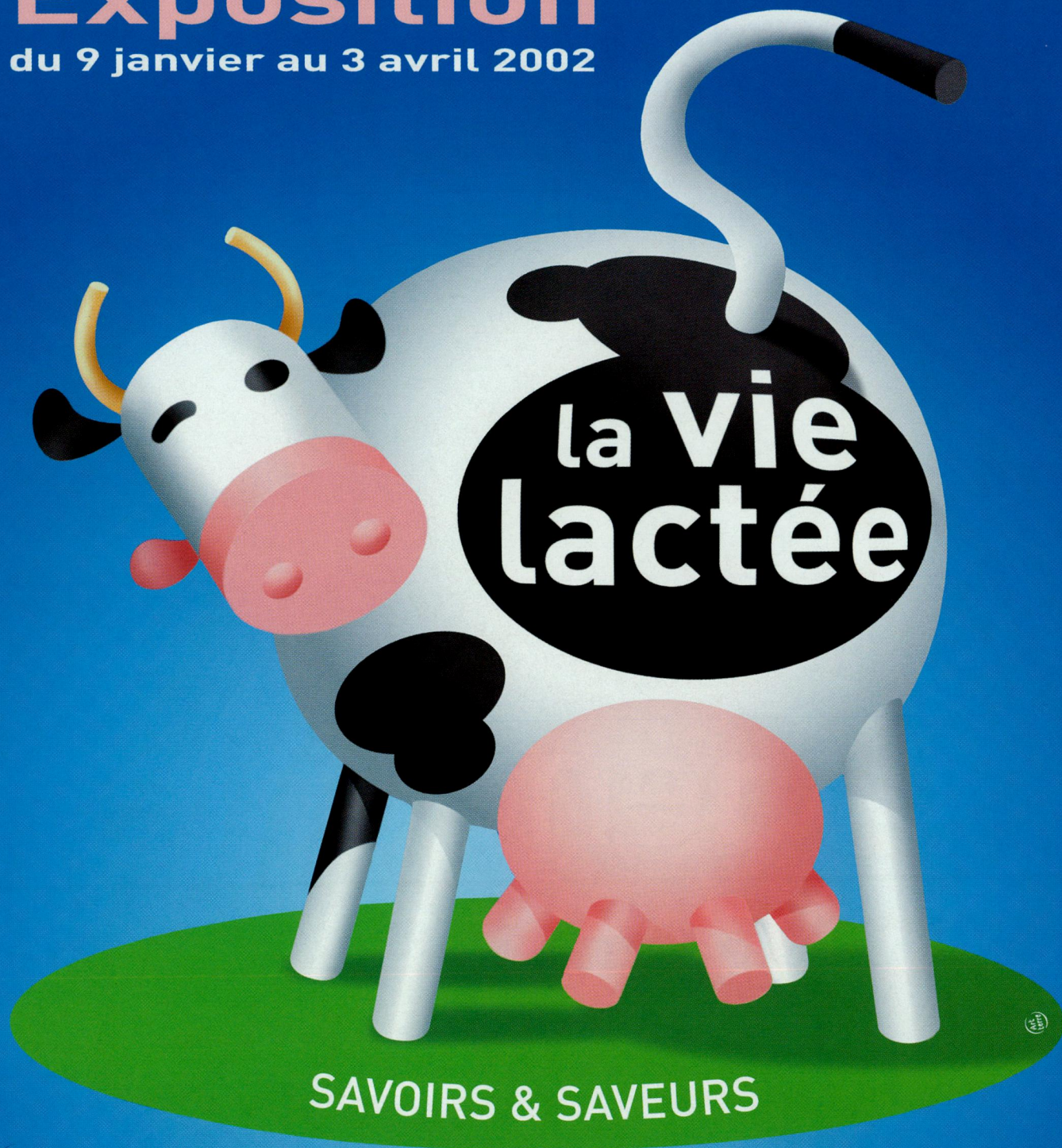
# La Génopole *Ouest*

MARS 2002 / 3 €



# Exposition

du 9 janvier au 3 avril 2002



## Espace des sciences

Centre Colombia - 1<sup>er</sup> étage - Rennes



# SCIENCES

## *Ouest*



## Pour ou contre les **OGM?**

### Et l'homme devient apprenti créateur...

**U**ne bactérie, un géranium ou un homme sont chacun infiniment précieux. Au cœur de leurs cellules, il y a un trésor inouï : le patrimoine génétique, qui les rend tous uniques. Il n'y en a pas deux pareils ! Mais, révolution dans l'histoire de la vie, depuis quelque temps, l'homme est devenu capable d'intervenir dans le processus naturel d'évolution, c'est-à-dire de modifier ce patrimoine génétique. Fabuleux espoir de guérir des millions de malades, de nourrir des populations affamées... Terrible danger de voir apparaître des formes de vie "incontrôlables"... *Découvrir* ouvre le débat. ●

# Ce qui existe, ce qui est fait

## Patrimoine génétique et transfert de gènes

C'est en 1953 que le biologiste américain James D. Watson et le biochimiste anglais Francis H.C. Crick décrivent la molécule de l'hérédité : l'acide désoxyribonucléique (ADN), une longue molécule en forme d'escalier en colimaçon (double hélice). L'ADN compose les chromosomes, petits bâtonnets, enfermés dans le noyau des cellules. Chacun des échelons de cet escalier microscopique est constitué d'éléments chimiques, des bases, de quatre sortes : l'adénine (A), la thymine (T), la guanine (G) et la cytosine (C). Elles se collent deux à deux, selon une affinité très stricte : A avec T et G avec C. L'ordre de ces bases constitue le message, l'information génétique. Comme l'agencement particulier des lettres de l'alphabet compose un mot, l'ordre des bases définit des gènes. Un gène est une succession de bases (ATTCGTAACGGTCC...). L'ensemble des gènes (100 000 contenus dans les 23 paires de chromosomes humains), ou **génom**e, est un véritable tableau de bord à partir duquel toutes les capacités des cellules sont commandées.

Les gènes servent de référence à la confection de protéines\* (substances indispensables à la vie). Un gène peut intervenir dans la fabrication de plusieurs protéines ou, à l'inverse, une même fonction peut être exercée par plusieurs gènes. Mais notre connaissance des fonctions du génome est encore très réduite. On ignore, par exemple, totalement le rôle des zones dites "non codantes" : des chaînes de bases qui, apparemment, ne servent à rien et qui constituent parfois jusqu'à 99% du patrimoine héréditaire ! Une idée à bien garder en mémoire pour conserver une certaine modestie et rester surtout très prudent...

Les biologistes moléculaires ne se sont pas contentés d'explorer les gènes, ils ont voulu les maîtriser et les manipuler. En 1973, deux pionniers américains, Chang et Cohen, parviennent à greffer un gène étranger à une bactérie : le génie génétique était né. En 1981, Palmiter, Brinster et Hammer réussissent un tel transfert chez l'animal. Ils créent une race de souris géantes par injection du gène de l'hormone de croissance humaine !

Pour désigner un animal ou une plante dont le génome a subi l'addition d'un gène, Gordon et Ruddle inventent le qualificatif de "transgénique". ●

## Les cultures transgéniques

En France, la première culture transgénique a été autorisée fin novembre 1997. Il s'agit d'un maïs mis au point par la firme Novartis. Ce maïs a reçu trois gènes étrangers qui le rendent capables de résister aux chenilles d'un papillon parasite, la pyrale. On en cultive déjà 8 millions d'hectares outre-Atlantique. Outre les maïs, soja, colza et cotons modifiés (plus de 20 millions d'hectares aux États-Unis), on produit aussi des légumes comme des courges, des tomates, des pommes de terre, du riz... Les aliments issus de ces variétés "artificielles" sont devenus banals dans les supermarchés. Pourtant, en Europe, les consommateurs sont encore très réticents à les manger. ●

## L'intérêt des OGM

Depuis plus de dix ans, une centaine de médicaments sont fabriqués par génie génétique, c'est-à-dire par des bactéries ou des levures génétiquement modifiées. C'est le cas de l'insuline (qui permet de lutter contre une maladie, le diabète), des interférons (utilisés en chirurgie et dans le traitement des cancers), de l'hormone de croissance humaine, des anticoagulants... Grâce à ces protéines, on s'est affranchi de contaminations possibles autrefois quand ces produits étaient extraits de cadavres humains. Les vaccins comme celui de l'hépatite B sont aussi obtenus avec des cellules génétiquement modifiées de hamster ou de levure.

Les industriels de l'agroalimentaire : brasseurs, boulangers, viticulteurs, fromagers peuvent recourir à des microorganismes "remaniés" pour donner un goût de noisette au beurre, avoir des bières "basses calories", éviter la formation de composés indésirables... L'industrie chimique utilise des bactéries dopées pour fournir des caoutchoucs, de la mélanine pour crèmes solaires (cosmétique), dépolluer des sites, valoriser des déchets...

La génétique constitue un moyen puissant, inédit, pour comprendre et soigner des maladies. Les cancers, le vieillissement, par exemple, sont liés à des processus régulés par les gènes. Mais surtout les maladies héréditaires (3 500 maladies, responsables de 30% de la mortalité infantile et de 25% des handicaps), comme les myopathies, l'hémophilie ou la mucoviscidose, ne sont plus vécues comme des fatalités. En identifiant le gène anormal, les généticiens identifient la déficience biochimique à l'origine de la maladie. ●



## Les limites, les questions

Beaucoup d'arguments plaident en faveur de la production d'OGM, d'autres plaident en sa défaveur... Faut-il privilégier les intérêts économiques, sans connaître les effets à long terme ? Cela vaut autant pour l'homme que pour la chaîne alimentaire dans la nature : l'insecte qui consomme une plante transgénique est mangé par un oiseau, qui sera mangé par d'autres animaux...

Producteurs, semenciers, scientifiques, médecins... ne sont pas d'accord. Et puis l'enthousiasme est largement tempéré par deux constats :

- On ignore la fonction de 95 % du génome qui ne contient aucun gène.
- L'accès au gène ne suffit pas toujours à expliquer son rôle, sa régulation, son interaction avec d'autres gènes. L'environnement influence l'expression du programme génétique et le module. Si les gènes sont les clés du vivant, ils ne sont pas pour autant des déterminants uniques qui gouverneraient tout !

La vie ne se réduit pas aux seuls gènes. ●

## Enjeux économiques

Les médicaments, vaccins, tests issus du génie génétique constituent une manne financière. En 2000, le marché mondial de la génétique a été de plus de 79 milliards d'euros (520 milliards de francs) ! En limitant les désherbants, pesticides et engrais, les agriculteurs français économisent déjà près de 1 milliard d'euros par an.

■ **POUR** ► Produire des plantes (ou des animaux) résistants aux maladies, aux parasites... (par exemple, les nuages de sauterelles en Afrique), pourrait permettre aux pays les plus touchés par ces fléaux de produire une nourriture plus abondante.

■ **CONTRE** ► Les pays pauvres sont incapables de produire des semences transgéniques. Ils devront donc acheter ces dernières

aux grandes compagnies semencières. En auront-ils les moyens ? Cela ne va-t-il pas rendre ces pays encore plus dépendants (endettement) des pays riches ?

■ **POUR** ► Chaque année, les agriculteurs - déjà en difficultés financières - dépensent de grosses sommes en engrais, insecticides, pesticides. L'utilisation d'OGM peut leur permettre de réaliser des économies importantes. ●

## Les OGM et l'homme

■ **POUR** ► Tous les tests réalisés sur le maïs transgénique, ont montré leur parfaite innocuité pour l'homme.

■ **CONTRE** ► Il faut parfois des dizaines d'années avant que les effets toxiques d'un produit ne se manifestent. Par exemple, les gens qui respirent de la poussière d'amiante mettent 10 à 20 ans avant de développer un cancer.

Rien ne dit qu'une consommation répétée de maïs transgénique ne pourra avoir des effets à long terme. On note d'ores et déjà que, dans certains cas, les bovins qui mangent du soja transgénique deviennent, au bout de quelque temps, insensibles à l'action de médicaments comme les antibiotiques. Personne ne peut dire si l'homme qui va manger la viande de ces animaux ne deviendra pas, lui aussi, insensible au médicament.

■ **POUR** ► On peut, grâce aux biotechnologies, obtenir des plantes produisant des médicaments très précieux pour la santé et très difficiles à produire autrement. ●

## Les OGM et l'environnement

■ **POUR** ► Le fait de supprimer l'emploi des insecticides, pesticides et engrais contribue à protéger l'environnement, en particulier les nappes d'eau, et à obtenir des aliments plus sains à consommer.

■ **CONTRE** ► On connaît un colza qui a transmis, par pollinisation, sa résistance à un désherbant à... des mauvaises herbes. Ces dernières sont dorénavant quasiment indestructibles. On sait également que, dans les racines des plantes vivent des bactéries spécifiques. Or les plantes transgéniques ont les leurs... Quelle sera l'influence de ces nouvelles bactéries sur le sol et le milieu ? Par ailleurs, l'insecticide naturel (protéine) que produit le maïs transgénique, à force d'être absorbé par les pyrales, pourrait déboucher sur la sélection naturelle de pyrales... résistantes et donc indestructibles ! Enfin, nombre de scientifiques craignent que ces plantes ne donnent naissance, également par sélection naturelle, à des virus nouveaux, capables de développer des maladies inconnues et difficiles à combattre.

■ **CONTRE** ► De même, produire un médicament par génie génétique grâce aux plantes et lâcher celles-ci dans la nature, peut favoriser une sélection naturelle de virus, bactéries... résistants, et donc impossible à combattre, à moins de découvrir un nouveau médicament, ce qui coûte extrêmement cher. ●



## Comment savoir si l'on consomme des OGM ?

Selon une loi européenne de 1996, l'emploi de produits transgénétiques doit figurer sur les étiquettes des produits. Dans la pratique, cette loi relève de l'utopie. Imaginez un soja transgénétique, fabriqué en Chine, transformé en aliment pour bétail dans un autre pays, consommé par une vache française, dont les os et la peau sont utilisés pour fabriquer une gélatine qui servira à faire un éclair au chocolat... Impossible d'étiqueter chaque étape de transformation, d'autant que certains pays ne sont pas soumis à une loi les obligeant à l'étiquetage. ●

## Avez-vous déjà consommé des aliments transgénétiques ?

C'est vraisemblable. Dans les yaourts, les bonbons... par exemple, il y a de la "lécithine de soja". Rien ne permet de dire qu'il ne s'agit pas, à la base, de soja transgénétique. ●



### EN CLAIR

**Code génétique** : système d'équivalence stricte, qui permet de faire correspondre une succession de trois bases de l'ADN à un acide aminé (brique élémentaire d'une protéine). Universel, ce code établit la traduction des arrangements génétiques en constructions protéiques.

**Gène** : unité de base de l'hérédité dans les chromosomes. Segment particulier d'ADN qui code pour une protéine impliquée dans une fonction particulière de l'organisme.

**Génome** : ensemble des chromosomes d'un organisme.

**Transgénétique** : se dit d'un organisme vivant qui a reçu un gène étranger - souvent d'une autre espèce - en vue d'améliorer ses performances.

**Thérapie génique** : introduction chez un malade d'un support contenant un ADN-médicament censé compenser un déficit.



### À LIRE...



- **Découvrir n° 6** (février 2001) : Au cœur de la vie.
- **Les manipulations génétiques**, Claudine Guérin-Marchand. PUF-Que sais-je ?
- **La saga des gènes**, Pierre Douzou - Ed. Odile Jacob
- **L'ère de la génétique**, Marcel Blanc - Ed. La Découverte
- **Des inconnus dans nos assiettes**, Dorothee Benoit Browaeys- Castells Éditions
- **Tout ce que vous vouliez savoir sur la génétique**, Martin Brookes, Ed. Le pré aux clercs.
- **OGM Enjeux des recherches**, document d'information du ministère de la Recherche, réalisé en collaboration avec les grands organismes de recherche, février 2001 (pour les enseignants).





### CLIN D'ŒIL...

# OGM



**ERRATUM** Avec raison, monsieur R. Samson, retraité électronique et télécoms (Rennes) nous écrit : "Dans un schéma du supplément à la revue n° 181 : vous appelez diode ce qui est un transistor (...). Par ailleurs, c'est très bien."

En effet, un transistor est représenté par le symbole :  alors qu'une diode est symbolisée par : . Toutes nos excuses pour cette erreur.

# GÉNOPOLE LA GÉNOPOLE DANS L'OUEST

MICHEL CABARET  
DIRECTEUR  
DE L'ESPACE DES  
SCIENCES

L'année 2002 est bien partie à l'Espace des sciences avec notamment la présentation de l'exposition "La vie lactée" qui rencontre un très grand succès auprès du public et que vous pouvez venir visiter jusqu'au 3 avril.

Les autres activités battent aussi leur plein : l'exposition itinérante "Los vivant", créée par l'Espace des sciences, le Palais de la découverte et la Fondation pour la recherche médicale a quitté le muséum de Nantes et intègre le musée zoologique de Strasbourg ; les animations scientifiques dans les collèges d'Ille-et-Vilaine ont été renforcées avec, par exemple, la préparation d'une exposition sur l'astronomie présentant les travaux des élèves du collège de Bruz, du 19 au 29 mars prochain ; la mise en réseau d'informations sur l'environnement en Bretagne se poursuit via le Rieb que nous avons récemment présenté dans *Sciences Ouest* ; et aussi la préparation du futur - la construction du Nouvel équipement culturel - et la conception de programmes sur l'astronomie qui seront diffusés dans notre planétarium.

À la une de ce numéro de *Sciences Ouest*, les travaux de la Génomole Ouest, un projet que nous avons déjà évoqué voilà maintenant plus d'un an et qui a été labellisé officiellement par Roger-Gérard Schwartzberg, ministre de la Recherche, en juillet dernier. Ce projet d'envergure rassemble 47 unités de recherche issues des plus grands organismes de recherche et universités de l'Ouest. Au total, 2000 personnes sont concernées ! Soutenue par les Régions Bretagne et Pays de la Loire, la génomole intéresse les sciences du vivant et la bio-informatique. Les débouchés attendus pour l'économie sont nombreux dans le domaine de l'agroalimentaire, de la santé et de la mer. Aussi, afin que vous puissiez suivre la progression et les événements engendrés par ce formidable réseau de compétences, nous vous proposerons régulièrement des articles sur la génomole dans les prochains numéros. ■



- une génomole, c'est quoi ? - ... scientifiques vivent ensemble... - une sorte de loft story en somme ...  
- un endroit où des ...

# SCIENCES

## Ouest

RESEARCH AND INNOVATION IN BRITTANY

## ABSTRACTS FOR THE INTERNATIONAL ISSUE

### SPOTLIGHT ON BUSINESSES P.8

#### VA R&D

#### FAST PRODUCTION OF VITAMIN A

Researchers with the CNRS in Quimper might revolutionise the highly specialised market of vitamin A production. This molecule is essential for life but cannot be produced by the human body. The researchers' revolutionary idea is based on an improvement to the production process resulting in a considerable reduction in production times.

VA R&D (*Vitamine A Recherche et Développement*), a company specialising in this activity, was set up in February 2002. Its own specific areas of activity will be research and development of new applications, the assignment of sub-licences resulting from this activity and the production of products with high added value. The company's ambitions are resolutely international, with a market estimated to have a value of 500 million Euros for vitamin A alone and an equivalent potential for other carotenoids of commercial interest. ■

### SPOTLIGHT ON LABORATORIES P.9

#### THE "EYES" HAVE IT!

Brittany is France's leading milk producing region, Finistère is France's leading emmental producer and emmental is the most popular cheese in France! It is, then,

hardly surprising that the eleven technicians and engineers working at the regional technical centre for cheese, ITG Ouest based in Rennes, are so interested in the smell of cheese, since this is a very important factor in cheese quality. Their latest area of research has concerned the selection and classification of propionic bacteria which, during the maturing period, produce a gas that not only produces the eyes but also gives the cheese its distinctive smell. Their aim is to understand how these bacteria act to produce odours and, more importantly, to succeed in identifying simple markers in these bacteria to make selection easier. ■

### SPOTLIGHT ON LABORATORIES P.10

#### CHRYSTOPHYCEAE, A LINK IN THE CO<sub>2</sub> CYCLE?

The discovery of the smallest known predator by a team from the Biology Research Station in Roscoff has pushed the boundaries of our knowledge of the CO<sub>2</sub> cycle in oceans yet further back and, more importantly, it has cast doubt on an old theory which states that there "is no predator smaller than 2µm capable of grazing on bacteria". Picophagus flagellatus is a small organism measuring 3µm in width; its longest flagella can measure 18µm. The flagella is covered with small hairs that enable it to capture huge quantities of

small prey under 0.6 µm in size – the Prochlorococcus bacteria. Picophagus was first isolated in 1994 thanks to samples brought back from the Equatorial Pacific but it remained ignored by researchers for several years since the team were more interested in the microscopic algae known as phytoplankton. ■

### SPOTLIGHT ON RISK MANAGEMENT P.11

#### ENVIRONMENTAL LAW

In last month's "In-Depth Look" in *Sciences Ouest*, we intended to describe risk management in terms of law and legislation because environmental law is beginning to come to the fore, becoming a discipline in its own right from the mid 1990's onwards. This corresponds to the implementation of the principle of precaution. Environmental lawyers are consulted by politicians seeking assistance with decision-making and are asked to give their point of view prior to political reflection. However, this does not mean that the situation is necessarily rosy. Among the failures has been the inadequacy of certain legislation such as the law on mud and sludge. These substances were described as waste products but they can also be considered as fertilisers. Certain laws, although in existence, have proved to be ineffective, among them the failure to apply the statutory penal sanctions in the case of pollution, for example. ■

## AN IN-DEPTH LOOK AT GENOPOLE OUEST

P.13/21

This major project, designed to develop genetics and the post-genome era, was launched several years ago. Now it has taken form and is gaining in importance. After receiving official recognition in July 2001 from the Minister of Research, Génopole Ouest has become a member of the national network of eight "Génopoles", or genetic engineering centres, giving it access to funding since the month of January 2002. The centre focuses on four main scientific topics i.e. the sea, agricultural engineering, health and bio-computing. There are also five technological platforms viz. sequencing and gene typing, DNA chips, proteomics,

functional exploration and bio-computing.

*Sciences Ouest* has met several people involved in this wonderful network. The general impression gleaned from these interviews is a sense of great emulation. In fact, the national structure is seen as a first step towards the integration of European and international networks of excellence. By joining forces, the two regions of Brittany and Pays de la Loire boast high-quality scientific potential, a high density of the technological skills that are important for optimisation of research, and an unusual range of training courses and higher education. ■

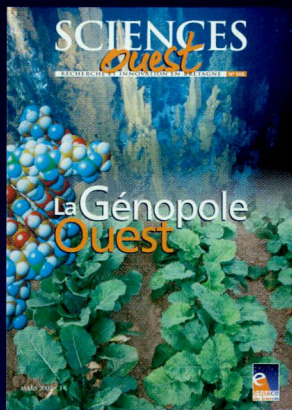
These abstracts in English are sent to foreign universities that have links with Brittany and to the Scientific Advisers in French Embassies, in an effort to widen the availability of scientific and technical information and promote the research carried out in Brittany.

If you would like to receive these abstracts on a regular basis, with a copy of the corresponding issue of *Sciences Ouest*, please contact Nathalie Blanc, Editor, fax +33 2 99 35 28 21, E-mail: [lespace-des-sciences@wanadoo.fr](mailto:lespace-des-sciences@wanadoo.fr)



Brittany Regional Council is providing financial backing for this service.





Tirage du n°186 : 5 000 ex.  
Dépôt légal n°650. ISSN 1623-7110

SCIENCES OUEST est rédigé et édité par l'Espace des sciences, Centre de culture scientifique technique et industrielle (Association loi de 1901), centre associé au Palais de la découverte ■ Espace des sciences, 6, place des Colombes, 35000 Rennes - lespace-des-sciences@wanadoo.fr - nathalie.blanc@espace-sciences.org - http://www.espace-sciences.org - Tél. 02 99 35 28 22 - Fax 02 99 35 28 21

■ *Président de l'Espace des sciences* : Paul Tréhen. *Directeur de la publication* : Michel Cabaret. *Rédactrice en chef* : Nathalie Blanc. *Rédaction* : Jean François Collinot, Vincent Derrien. *Comité de lecture* : Christian Willaime (physique-chimie-matériaux), Gilbert Blanchard (biotechnologies-environnement), Carole Duigou (sciences humaines), Michel Branchard (génétique-biologie). *Abonnements* : Béatrice Texier. *Promotion* : Magali Colin. *Publicité* : AD Media - Alain Diard, tél. 02 99 67 76 67, e-mail info@admedia.fr

■ Sciences Ouest est publié grâce au soutien de la Région Bretagne, du ministère de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie, des départements du Finistère et d'Ille-et-Vilaine, de la Ville de Rennes, de la Direction régionale des affaires culturelles et du Fonds social européen. Édition : l'Espace des sciences. Réalisation : Pierrick Bertôt création graphique, 35510 Cesson-Sévigné. Impression : TPI, 35830 Betton.

SCIENCES OUEST  
sur Internet :  
[www.espace-sciences.org](http://www.espace-sciences.org)



MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE,  
DE LA RECHERCHE  
ET DE LA TECHNOLOGIE

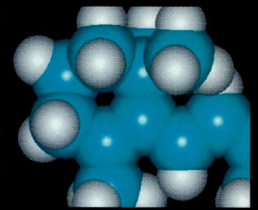


EN BREF ..... 6/7



**GROS PLAN** **Entreprise**  
VA R&D, vitamine A vite faite,  
bien faite ..... 8

**GROS PLAN** **Laboratoire**  
Pour les beaux yeux de l'emmental ..... 9



**GROS PLAN** **Laboratoire**  
Le picophage, un maillon clé  
dans le cycle du CO<sub>2</sub> ..... 10



**GROS PLAN** **Actualité**  
Le droit de l'environnement ..... 11

**ENTREZ DANS LA GÉNOPOLE OUEST** ..... 13

Le point de vue des financeurs du projet ..... 14

Les objectifs prioritaires ..... 15

Le Critt Santé et la Génopole ..... 15

5 plates-formes technologiques ..... 16

4 thèmes scientifiques

Bio-informatique ..... 17

Mer ..... 18/19

Santé ..... 20

Agro ..... 21

Pour en savoir plus ..... 21

**DÉVELOPPEMENT EUROPÉEN** ..... 22



**GROS PLAN** **Comment ça marche ?**  
Le clonage ..... 23

**AGENDA** ..... 24/25

**À L'ESPACE DES SCIENCES** ..... 26

**Supplément Découvrir**  
Pour ou contre les OGM ?



**Du côté des laboratoires**



**● Inauguration**

Roger-Gérard Schwartzberg, ministre de la Recherche, a été accueilli le 4 février dernier sur le campus de Rennes 1, par Claude Guéant, préfet de la Région Bretagne, préfet d'Ille-et-Vilaine, et Patrick Navatte, président de l'Université de Rennes 1. Au programme, inauguration des nouveaux bâtiments de l'Institut de chimie, futur réseau d'excellence européen, et de l'Institut d'électronique et de télécommunications de Rennes (IETR), commun à l'Université de Rennes 1, et l'Insa (voir le dossier du n° 182 de *Sciences Ouest*), mais aussi visite de l'risa, où il a rencontré les scientifiques dont les recherches sont impliquées dans la Génopole Ouest. Dans son discours, le ministre a souligné le dynamisme de la recherche rennaise, avec en particulier, la dernière née des génopoles : la Génopole Ouest "mer-agro-santé" ; la bonne implantation des organismes de recherche et la richesse de leurs échanges avec le monde de l'entreprise comme en témoignent les activités de la technopole Rennes Atalante et le fait que Rennes 1 ait été retenu comme site pilote pour mettre en place un service d'activités industrielles et commerciales (Saic).

**Du côté des entreprises**

**● Le jury Isogone déguste !**



Le jury du prix Isogone, composé de professionnels (restaurateurs de renom, industriels de l'agroalimentaire, membres de la presse spécialisée), des étudiants de Draci (Développement et recherche en art culinaire industrialisé) et de Fromapack (une école de packaging), étaient à Rennes du 28 janvier au 8 février dernier pour déguster les produits sélectionnés pour le concours à l'innovation. En jeu, les prix produit, emballage et art culinaire industrialisé, qui seront remis le 28 mars prochain.  
→ **Rens.** : Élen Loussouarn, Fayza Rhaimi, responsables communication Isogone, tél. 02 99 59 48 22, [www.isogone.com](http://www.isogone.com)



pensée avec l'Oscar d'argent d'Ille-et-Vilaine en décembre 2001, et le premier prix de la création d'entreprise en Bretagne (Cré'act), en octobre 2000. Spécialiste des opérations de dragage et de traitement des sédiments et des boues, elle se lance dans le traitement des déchets comme l'amiante ou les farines animales, grâce à un procédé innovant (solidification dans une résine de synthèse), primé, lui aussi, au concours Lépine 2001. Idrà-Environnement travaille également sur le problème des algues vertes, en collaboration avec le Centre d'étude et de valorisation des algues (Ceva). À suivre...  
→ **Rens.** : Manuel Roussel, directeur commercial, tél. 02 99 05 50 05.

**● Pépinière et Zoopôle**



Le 1<sup>er</sup> février dernier, Création innovation entreprise (CIE) et le Zoopôle de Ploufragan ont formalisé leur collaboration au travers d'une convention signée par Michel Le Coq, président de CIE et Jean Gaubert, président de Zoopôle développement. CIE gère en effet la pépinière d'entreprises du Pays de Saint-Brieuc depuis 1995, grâce à laquelle 54 entreprises ont déjà été créées. Parmi les projets accompagnés, plusieurs se situaient dans le secteur des sciences du vivant, des productions animales ou de l'agroalimentaire, pour lesquels l'appui technologique du zoopôle fut très précieux ; certaines entreprises choisissant même le zoopôle comme lieu d'implantation. La signature de cette convention confirme la volonté de ces deux structures, tout à fait complémentaires, de continuer à travailler en étroite collaboration.  
→ **Rens.** : Jean-Michel Le Goux, délégué général de Zoopôle développement, tél. 02 96 76 61 67, Alain L'Hostis, directeur de la pépinière d'entreprises de Saint-Brieuc, tél. 02 96 76 63 63.

**● Idrà-Environnement encore récompensée**



Le 1<sup>er</sup> février dernier, Idrà-Environnement a reçu le prix "espoir de l'économie 2002" dans la catégorie industrie, service aux entreprises, lors de la remise nationale des trophées. Cette jeune entreprise bretonne, basée à Bruz (au sud de Rennes) avait déjà été récom-

**AGROALIMENTAIRE**

# Soyez Là où se développe le futur

**Rennes Atalante**  
**TECHNOPOLE**

**Soyez là** où le futur se prépare, où les produits et les services à votre valeur ajoutée se créent.

**Nous sommes là** pour vous accueillir et vous accompagner dans vos activités innovantes au cœur du campus agronomique de Rennes, tout près des laboratoires de recherche et des écoles d'ingénieurs.

**La matière grise est là** : les universités et les écoles d'ingénieurs : Ensa Rennes (agronomie), Insa (agroalimentaire), ENSP (santé publique), ENSC Rennes (chimie), Ispa (production animale), Iesiel (produits laitiers), et les centres de recherche publics : Inra, Cemagref, CNRS, Inserm.

11, RUE DU CLOS COURTEL ■ 35700 RENNES ■ FRANCE  
Tél. +33 2 99 12 73 73 ■ Fax +33 2 99 12 73 74 ■ e-mail : [technopole@rennes-atalante.fr](mailto:technopole@rennes-atalante.fr)  
Technopole de Rennes Métropole

Consultez notre web : [www.rennes-atalante.fr](http://www.rennes-atalante.fr)

## Internet

### LUCS

**Laboratoire d'Utopie Culturelle et Sociale**

Chercher des idées  
New visions  
Articles  
Carte blanche à un artiste

→ [www.fondation93.org/lucs/](http://www.fondation93.org/lucs/)  
Lucs, Laboratoire d'utopie culturelle et sociale, est une revue trimestrielle en ligne, "qui tente de confronter les mondes des sciences et techniques, de l'art et de la communication". Chaque numéro est centré sur une question, soumise au débat et à l'appréciation de personnalités issues de ces trois champs. Pour ce premier numéro : Les découvertes scientifiques font-elles rêver ? Une démarche originale.

→ <http://www.pi-r2.org/>  
Un site sur la propriété industrielle créé par l'Arist Bretagne et Pays de la Loire, avec le soutien de l'Inpi. D'accès facile et rapide, il propose un lexique sur la propriété industrielle, une série de questions-réponses "Comment protéger une création ?" permettant à chacun d'obtenir des informations personnalisées, des zooms sur certains secteurs de l'industrie, une page actualités.

## Les échos de l'Ouest

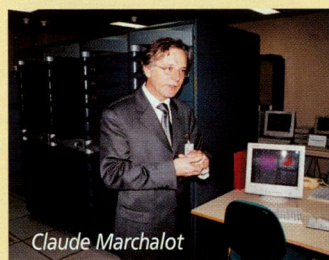
### ● Campagne océanographique



La campagne d'océanographie Move (Meridional Overturning Variability Experiment) a eu lieu dans les Caraïbes du 22 janvier au 10 février dernier au large de La Guadeloupe, à bord de l'Atalante, le navire océanographique de l'Ifremer, dans le cadre de la poursuite d'une coopération scientifique franco-allemande, dont l'objectif principal est l'étude, fondée sur l'utilisation de bouées ancrées et de lignes de mouillage munies de nombreux instruments de mesure, de la circulation de l'eau profonde Nord-Atlantique dans l'Atlantique Ouest à l'est des Antilles. Des paramètres essentiels pour comprendre l'évolution du climat de l'Europe de l'Ouest.

→Rens. : Érick Buffier, chargé de communication Ifremer, erick.buffier@ifremer.fr www.ifremer.fr/move/

### ● Le pôle de calcul intensif prend forme à Brest



L'inauguration du nouveau supercalculateur situé sur le site de Brest de l'Institut français pour la recherche et l'exploitation de la mer (Ifremer) s'est déroulée le 24 janvier dernier. La mise en place d'un pôle de calcul intensif va profiter à toute la communauté scientifique en océanographie. En effet, la recherche océanographique nécessite l'analyse de données de plus en plus nombreuses et complexes. En quelques années, on est passé d'une science descriptive à une science prédictive. Le recours à des modélisations est devenu quasi systématique. Les applications sont déjà nombreuses : prédiction des courants côtiers, analyse des échanges océan-atmosphère, modé-

lisation des ondes à l'intérieur du globe... et puis la bio-informatique qui demande aujourd'hui une puissance de calcul importante pour analyser les gènes des différents organismes biologiques d'intérêt commercial. Ce pôle de calcul prendra sa forme définitive dans quelques mois avec l'installation et le raccordement à haut débit d'un calculateur frontal situé dans les locaux de l'Institut universitaire européen de la mer (IUEM).

→Rens. : Claude Marchalot, responsable du département informatique et données marines, tél. 02 98 22 44 09, claude.marchalot@ifremer.fr

### ● 1000 défis pour ma planète en Bretagne

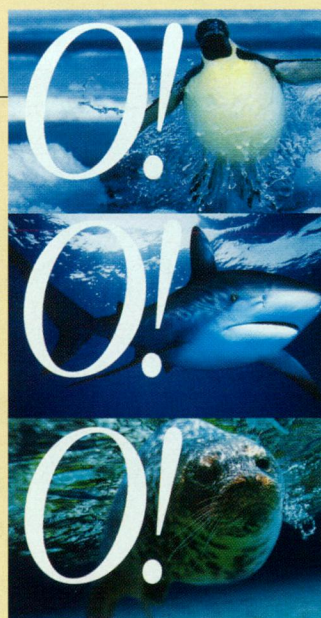


Engagée depuis 1993 par le ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, en collaboration avec les ministères de l'Éducation nationale, de la Jeunesse et des Sports, et celui de l'Agriculture et de la Pêche, l'opération "1000 défis pour ma planète" valorise des actions concrètes sur l'environnement, initiées par des jeunes de moins de 25 ans. Cette année, le jury régional a sélectionné 29 projets reconnus pour la qualité des actions entreprises et du partenariat local. Les thèmes abordés sont variés. Ils concernent les déchets, l'eau, la faune, la flore, le paysage.

→Rens. : Diren Bretagne, Françoise Kerfant, tél. 02 99 65 35 27 ; liste des projets retenus : www.environnement.gouv.fr/bretagne

### ● Océanopolis, le retour

Océanopolis a rouvert ses portes courant février, après une pause de quatre semaines. Une fermeture technique qui a en effet permis d'entreprendre des travaux d'aménagement et de scénographie pour le confort et le plaisir des visiteurs et qui devraient être tous terminés d'ici la fin du mois de mars. Le pavillon polaire bénéficie ainsi d'un nouvel éclairage et d'une nouvelle installation vidéo, alors que d'autres aménagements sont en cours dans le pavillon tropical, pour le bon développement des végétaux de la serre. Le pavillon tempéré, lui, accueille la borne interactive "hydronaute", une application de



réalité virtuelle conçue par le Cnes, qui permet de visualiser en tous points du globe l'état de l'Océan.

→Rens. : Océanopolis, tél. 02 98 34 40 40, www.oceanopolis.com

### QUI A DIT ?

"Il n'y a rien de nouveau sous le soleil, mais il y a tout un tas de vieux trucs que nous ignorons." Réponse page 25

### ● Faut-il avoir peur des virus ?

Les enquêtes de Marie-Odile Monchicourt, avec Pierre Sonigo, chercheur en biologie moléculaire

Au sommaire des 50 pages, une série de questions et les réponses des meilleurs spécialistes scientifiques. "Les enquêtes de Marie-Odile Monchicourt", collection lancée par la célèbre journaliste, auteur de chroniques quotidiennes sur France Info, propose une série d'ouvrages bien écrits et faciles à lire. Déjà publiés dans cette collection : Quel avenir pour les vaccins ? Que faire des déchets nucléaires ? Le mystère des maladies à prions.

→Éditions Platyus Press Enquêtes, 4 €.

### ● Ifremer - Catalogue 2002

Le catalogue 2002 des éditions Ifremer, regroupant l'ensemble des parutions de l'institut (ouvrages, actes de colloques, atlas, cassettes et CD-Rom), est sorti.

→Rens. : Éditions Ifremer, tél. 02 98 22 40 13, Editions@ifremer.fr

## FORMATION CONTINUE UNIVERSITE de RENNES 1

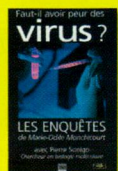
# DU biologie et écologie sous-marine

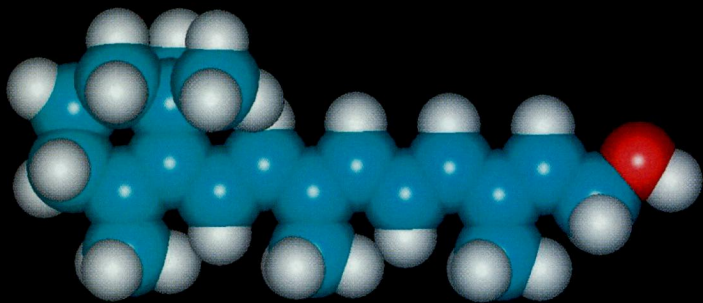
Vous avez des connaissances en biologie, vous faites de la plongée sous-marine. Vous êtes impliqués dans la gestion, l'exploitation ou l'éducation relatives à l'environnement marin.

Ce DU vous permettra de devenir les futurs spécialistes pour gérer, protéger, valoriser les milieux naturels marins sensibles.

Enseignements théoriques et pratiques (2 X 9 jours) - une douzaine de plongées.

Service Formation Continue  
4, rue Kléber - 35000 Rennes  
tél. 02 23 23 39 50 - http://sfc.univ-rennes1.fr





## VA R&D



L'équipe de VA R&D.

# Vitamine A vite faite, bien faite

**C**haque année, ce sont plus de 5 000 tonnes de vitamine A et 500 tonnes de  $\beta$ -carotène qui sont produites dans le monde. Un marché considérable que se partagent quelques multinationales. Une start-up quimpéroise pourrait venir révolutionner cette conjoncture dans les années qui viennent... Tout a commencé il y a une dizaine d'années dans un laboratoire du CNRS.

→ Qui n'a jamais entendu parler de la vitamine A ou de ses dérivés, Rétinol et  $\beta$ -Carotène en tête ? En effet, le rôle joué par ces molécules sur la santé humaine n'est plus à démontrer. Aujourd'hui la production de tels produits est un enjeu économique important, d'autant plus que très peu d'industriels se partagent les parts du gâteau.

En 1996, l'UMR<sup>(1)</sup> CNRS 175 "Chimie et biologie des substances naturelles" s'installait à Quimper en partenariat avec une entreprise locale de chimie fine. Les recherches qui y étaient menées portaient sur les procédés de synthèse de ces molécules. Trois ans et deux thèses plus tard, les premiers résultats arrivaient n'apportant malheureusement rien de nouveau par rapport aux synthèses industrielles alors utilisées. Aujourd'hui, une nouvelle synthèse de vitamine A a été mise au point et risque fort de changer la donne...

Ce nouveau procédé est si prometteur qu'en octobre 2000, le CNRS a déposé un brevet national et - chose rare attestant s'il était nécessaire l'importance de cette découverte - un an plus tard, un brevet international était déposé.

### Du labo à l'entreprise

"L'amélioration du procédé de fabrication est très sensible, explique Alain Valla, chercheur et codécouvreur de cette nouvelle synthèse. C'est pour cette raison que les choses sont allées si vite avec le dépôt de brevet. Concrètement, les délais de production de la vitamine A passent de 10-15 jours avec les anciens procédés, à 4 jours en utilisant le nôtre. Pour l'acide rétinolique, il faut maintenant moins de trois jours. De plus, le nombre d'étapes dans la chaîne de réactions chimiques passent de 10 à 4 pour la vitamine A, et de 12 à 2 pour l'acide rétinolique. Cela signifie des meilleurs rendements et des flux mieux tendus pour les industriels."

On comprend, dans ces conditions, que la tentation d'exploiter le fruit de ces dix années de développement en laboratoire soit grande. Et qui mieux que les chercheurs eux-mêmes pour le faire ?

Février 2002 est la date de naissance d'une entreprise consacrée à cette exploitation : VA R&D. VA comme Vitamine A, R&D comme Recherche et Développement. Un projet qui n'aurait probablement jamais vu le jour il y a à peine quatre ans. Comme le fait remarquer Alain Valla, le déclic de cette création a été la loi sur l'innovation de 1999 : "Plus une carrière de chercheur au CNRS avance, plus il devient invraisemblable qu'il fasse autre chose que de la recherche dans son laboratoire. Depuis la loi sur l'innovation (dite "loi Allègre"), les choses ont changé." Les chercheurs sont aujourd'hui vivement encouragés à exploiter et à valoriser industriellement leurs découvertes et leur savoir-faire. Ils ont l'assurance d'un salaire durant les premiers mois de l'activité et la possibilité de "revenir" jusqu'à six ans après la création de l'entreprise. Une aubaine pour les chercheurs de l'unité qui installent leur nouvelle activité dans la région quimpéroise.

### Un marché international

L'activité propre de VA R&D consistera principalement en une partie recherche et développement pour la mise au point d'applications nouvelles, en la cession de sous-licences issues de cette activité ainsi qu'en la fabrication de produits à haute valeur ajoutée.

Compte tenu du contexte, les ambitions de la start-up sont résolument internationales, basées sur le marché européen et nord-américain. Un marché estimé à 500 mil-

### La vitamine A pour quoi faire ?

Une vitamine est une molécule indispensable à la vie qui n'est pas synthétisée par le corps humain. Ce dernier doit donc trouver (principalement dans son alimentation) de quoi subvenir à ce besoin.

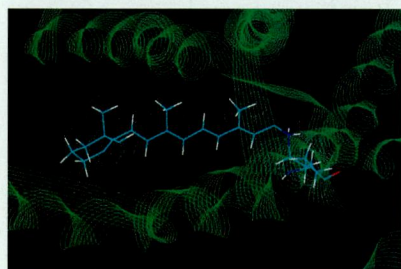
La vitamine A se trouve en grande quantité dans le jaune d'œuf, les huiles de poisson, la foie ou encore le beurre. Une carence peut provoquer des troubles de la vue, comme la xérophtalmie qui touche plusieurs millions d'enfants dans le monde par an. Une situation qui a conduit l'OMS à s'intéresser de plus près au problème.

Mais pour les industriels, le marché le plus important ne se trouve pas là. La vitamine A et ses dérivés (Rétinol, Rétinol...) comme ses précurseurs (Beta-Carotène ou Pro-Vitamine A) sont utilisés en cosmétique pour leurs propriétés dermatologiques. ■

lions d'euros pour la seule vitamine A et d'un potentiel équivalent pour les autres caroténoïdes d'intérêt commercial. Un joli défi que se sont lancés nos chercheurs ! ■ V.D.

<sup>(1)</sup> Unité mixte de recherche.

**Contacts** → Alain Valla, Dominique Cartier, Roger Labia et Pierre Potier, tél. 02 98 90 80 42, valla@iutquimp.univ-brest.fr



# Pour les beaux yeux de l'emmental

Comme nous vous l'avons présenté dans le dossier de janvier sur le lait, la Bretagne est la première région française productrice de lait, le Finistère le plus gros producteur d'emmental en France et l'emmental le fromage le plus consommé dans notre pays ! Rencontre avec un spécialiste de la question : Jean-René Kerjean, animateur du centre technique régional des fromages, ITG Ouest.

→ Champignon, noisette, chicorée, beurre, chocolat, cacahuète... ne sont pas les produits inscrits sur ma liste de course, mais quelques-uns des différents arômes que l'on peut trouver dans le comté. Et définir un arôme, ce n'est pas si simple...

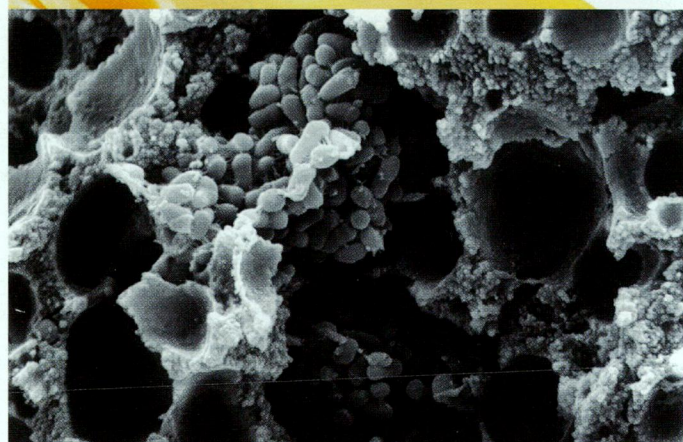
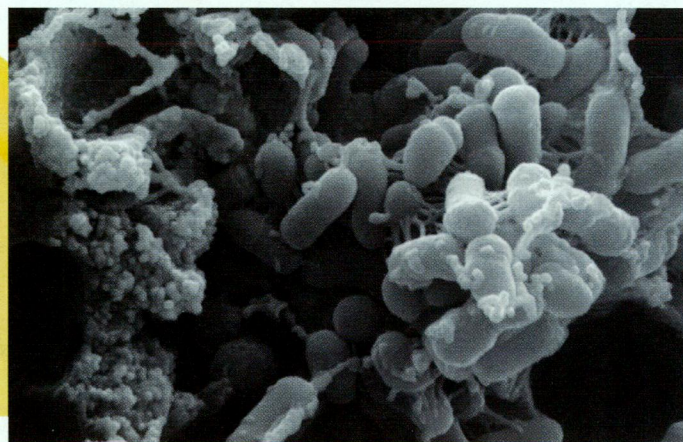
*"Beaucoup de gens confondent goût et arôme, explique Jean-René Kerjean. Le goût est ce qui se passe en bouche. Les arômes, eux, sont détectés dans la partie rétronasale et par le nez et il en existe une infinité !"* Or l'arôme est une composante de la qualité et c'est ce qui préoccupe les onze techniciens et ingénieurs de l'ITG Ouest : l'amélioration de la qualité du fromage à l'Ouest. Ses moyens d'action : un aspect purement technique avec la mesure de la qualité des fromages en cave et l'évaluation sensorielle ; une action de vulgarisation (bibliographie, documentation) à destination des techniciens et ingénieurs de l'industrie fromagère ; de la recherche appliquée et enfin une partie de conseil et de mise en relation des différents acteurs, que Jean-René Kerjean qualifie de "mission de service public".

Côté recherche, le premier projet, commencé il y a environ cinq ans et qui touche bientôt à sa fin, concerne les aptitudes culinaires de l'emmental. *"Les trois quarts de ce fromage sont consommés râpés, dans les plats cuisinés, poursuit Jean-René Kerjean, et pourtant ses qualités étaient systématiquement mesurées à froid ! Or quand vous interrogez les consommateurs, ils ont une idée très précise de ce qu'ils attendent au niveau de la capacité à faire des fils, du fondant, du gratinant..."* Et de

sortir une publication sur le sujet avec tableaux à l'appui : *"C'est très sérieux, certains fromages peuvent filer jusqu'à 80 cm ! Nous avons mis au point des méthodes originales pour le mesurer."* C'est ainsi que la capacité à filer, à s'étaler, à gratiner, l'exsudation d'huile ont été étudiées. Les explications de ces phénomènes ont ensuite été recherchées et des publications sont en cours. Étonnamment, ce genre de travaux n'avait jamais été fait sur l'emmental, *"sauf peut-être aux États-Unis qui sont les plus gros consommateurs de pizza et donc de mozzarella !"*

Le deuxième thème de recherche, toujours aussi sérieux, concerne les yeux de l'emmental. Ces yeux, ou trous, sont causés par le gaz produit par les bactéries propioniques pendant la période d'affinage, dont l'influence sur l'arôme du fromage est très importante. C'est pourquoi, depuis 1998, les chercheurs ont cherché à sélectionner et classer ces bactéries selon la vitesse avec laquelle elles produisent le gaz et en quelle quantité, avec production d'un arôme puissant ou non... Une dizaine de souches sont aujourd'hui caractérisées et commercialisées par Standa Industrie (une société basée à Caen), dans le cadre d'un accord avec l'ITFF<sup>(1)</sup> à travers l'association Aisi<sup>(2)</sup>, basée à Rennes. Mais la seconde étape, qui occupe actuellement les scientifiques, est d'arriver à comprendre à quoi sont dues ces différences.

Pour cela, une des pistes consiste à étudier la transformation des acides aminés par les différentes souches et d'isoler ensuite les molécules responsables d'arôme. Ce travail est réalisé par l'équipe de Anne Thierry du laboratoire de technolo-



Les bactéries propioniques, photographiées ici dans l'emmental, sont responsables des trous (les yeux) et contribuent à l'arôme. (microscopie électronique à balayage : LRTL Inra, Rennes).

gie laitière de l'Inra, situé à deux pas de l'ITG Ouest. La deuxième piste s'est plutôt tournée vers la transformation des matières grasses. Car, même si la quantité de matières grasses transformées dans l'emmental est relativement faible (moins de 1%), les répercussions sur l'arôme sont énormes. Ces recherches sont menées avec une équipe du centre technique français du fromage de Genève et les résultats sont attendus d'ici deux ans.

Le but de tous ces efforts est de pouvoir comprendre comment fonctionnent les bactéries propioniques pour fabriquer les arômes et surtout d'arriver à identifier chez elles des marqueurs simples afin de pouvoir les sélectionner facilement. Ceci est important pour garantir à la fromagerie une certaine autonomie. *"La fabrication des fromages se caractérise d'une part, par le savoir-faire, l'expertise humaine, pour ce qui concerne la coagulation, le travail en cuve et l'égouttage... et d'autre part, par le choix raisonné et la bonne uti-*

*lisation des ferments. Or j'ai l'impression que tout ce savoir-faire n'est pas entretenu, que les formations technologiques appliquées sont insuffisamment nombreuses, notamment dans l'Ouest. Un fromage, ça se fabrique ! C'est un produit technique pour lequel le marketing seul ne suffit pas !"*

La recherche fromagère est un domaine très spécialisé qui ne regroupe en France qu'une centaine de chercheurs, mais *"la Bretagne est une des rares régions de France à produire du lait dans le but de faire spécifiquement du beurre et spécifiquement du fromage !"*, souligne Jean-René Kerjean. *Il faut continuer à former les gens."* ■ N.B.

<sup>(1)</sup> ITFF : Institut technique français des fromages.  
<sup>(2)</sup> Aisi : L'Association Ifff Standa pour l'innovation organise le choix, le contrôle et la mise en marché des souches de ferments sélectionnées par l'ITFF et commercialisées par Standa.

Contact → Jean-René Kerjean, directeur de l'ITG Ouest, tél. 02 23 48 55 88, itff.rennes@wanadoo.fr

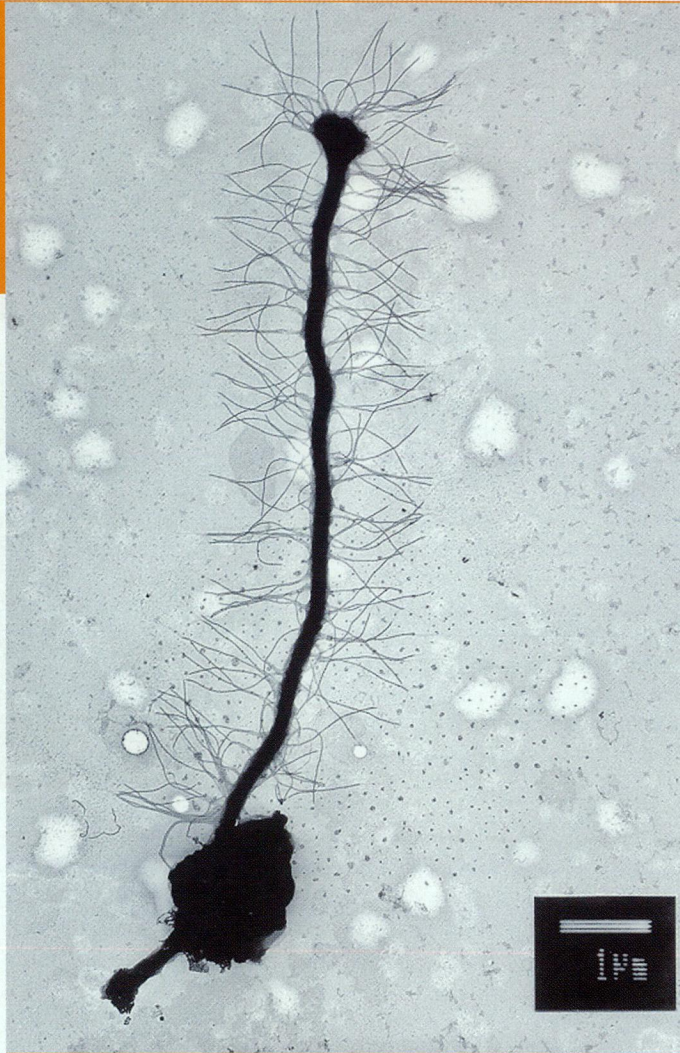
# Le picophage

## Un maillon clé dans le cycle du CO<sub>2</sub>

La découverte par une équipe de Roscoff du plus petit prédateur connu, vient enrichir un peu plus notre connaissance du cycle du CO<sub>2</sub> dans les océans.

→ Il s'appelle *Picophagus flagellatus*. Un petit organisme de 3 µm de large dont le plus long flagelle peut atteindre 18 µm. Ce flagelle est couvert de poils minuscules qui lui permettent de capturer des quantités considérables de proies de taille inférieure à 0,6 µm : la bactérie *Prochlorococcus*. C'est l'équipe de Daniel Vaalot, de l'équipe Phytoplancton de la station biologique de Roscoff, qui vient d'en publier la description<sup>(1)</sup>. "En fait, explique Daniel Vaalot, le picophage a été isolé en 1994, à partir d'échantillons rapportés du Pacifique équatorial. Il s'agissait d'une mission baptisée *Olipac* qui faisait partie du programme international JGOFS (Joint global Ocean Flux Study), destinée à mieux comprendre l'impact de phénomènes comme El Niño sur la biologie marine." Durant plusieurs années, *Picophagus* est resté ignoré de tous, l'équipe s'intéressant essentiellement aux algues microscopiques qui constituent le phytoplancton (la collection de microalgues de Roscoff fait partie de la souchothèque de Bretagne).

C'est dans une culture où aucune activité chlorophyllienne n'avait été détectée que Laure Guillou, alors en thèse, découvrit de minuscules



*Picophagus flagellatus*, le plus petit prédateur connu.

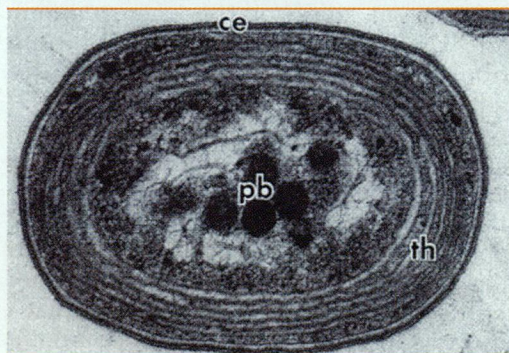
organismes. Ceux-ci, dépourvus de pigments photosynthétiques, ne pouvaient utiliser la lumière du soleil pour leur croissance. Il fallait donc qu'ils se nourrissent en absorbant d'autres êtres vivants ! Il faudra deux années à la chercheuse pour vérifier cette hypothèse<sup>(2)</sup>, et identifier le plus petit prédateur connu.

"*Picophagus* est un Hétérokote, c'est-à-dire qu'il possède deux flagelles inégaux. Il se rattache aux algues brunes de la classe des Chrysophyceae, relativement courante surtout dans les eaux douces, mais qui comprend aussi d'autres espèces marines, telles que *Tetraparma pelagica*, décrite en 1984." Voilà pour la taxonomie.

Si découvrir un nouvel organisme est intéressant, c'est chose relativement courante dans ce domaine de la microbiologie où tout (ou presque) reste à découvrir. Mais ce qui est plus étonnant, c'est la compréhension du rôle de *Picophagus* dans la vie océane. Nous l'avons dit, il se nourrit d'une petite cyanobactérie (algue bleue) de 0,6 µm, *Prochlorococcus*, qui est sans doute le

plus petit et le plus abondant des organismes photosynthétiques. Un organisme d'autant plus étudié qu'il joue un rôle important dans l'absorption du CO<sub>2</sub> dissous dans la mer (son génome est d'ailleurs en cours d'étude dans le cadre du programme régional Génomer). Le fait qu'il ait un prédateur remet tout d'abord en cause une théorie ancienne qui voulait qu'il "n'y ait pas de prédateur de taille inférieure à 2 µm capable de brouter des bactéries." Mais surtout, cela permet peut-être de résoudre une question non résolue à ce jour : celle de l'étonnante stabilité des populations planctoniques. *Prochlorococcus* se divise en effet, en moyenne, une fois par jour et sa densité peut atteindre 100 millions d'individus par litre d'eau ! Est-ce *Picophagus* qui limite cette population ? Est-il le seul prédateur ? "On pense que les virus marins pourraient également jouer un rôle crucial, mais on n'en sait quasiment rien ! Nous estimons pourtant qu'ils seraient entre 2 et 10 milliards par litre d'eau !"<sup>(3)</sup>.

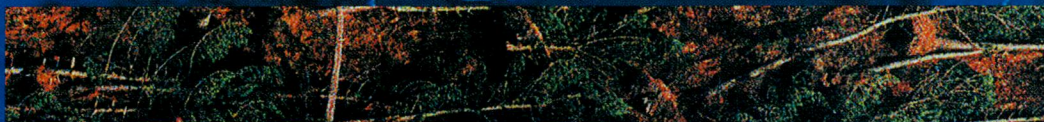
Reste enfin une question : sur les 7,6 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> émises chaque année dans l'atmosphère, 2 milliards sont absorbées par l'océan. Or, que devient le carbone dans le réseau trophique, quand le picoplancton est mangé par du nanoplancton, lui-même mangé par du microplancton... ? On devrait en effet le retrouver concentré dans les échelons supérieurs ou dans les sédiments (cadavres, fèces...) ou il n'en est rien. "Il est possible que la présence de *Picophagus* intensifie le recyclage de la matière organique et son retour sous forme de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère." ■ J.F.C.



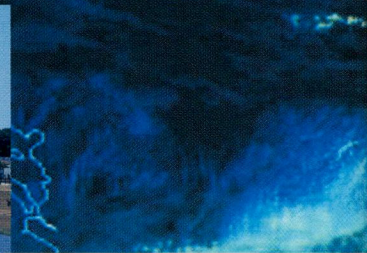
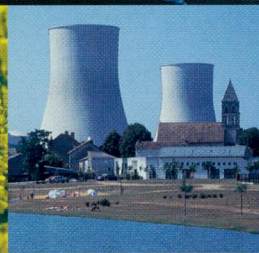
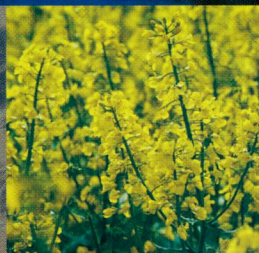
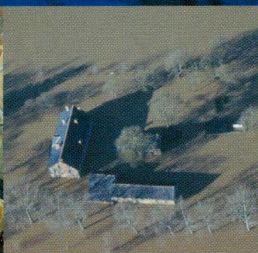
*Prochlorococcus*, l'algue bleue (ou cyanobactérie) certainement la plus petite et la plus abondante des organismes photosynthétiques, proie de *Picophagus*.

<sup>(1)</sup> L. Guillou et al. Protist. 150, 383, 1999 et, La Recherche, n° 349, janvier 2002.  
<sup>(2)</sup> L. Guillou et al. Aquat. Microb. Ecol. 26: 201-207.  
<sup>(3)</sup> D. Marie et al. Applied and Environmental Microbiology, 65, 45, 1999.

Contact → Daniel Vaalot, tél. 02 98 29 23 34, vaalot@sb-roscoff.fr  
 À consulter : sb-roscoff.fr/Phyto/phyto\_fr.html



# Le droit de l'environnement



**D**ans le dernier dossier de *Sciences Ouest*, nous avons prévu de vous présenter la gestion des risques sous l'aspect juridique. Rattrapage avec Isabelle Doussan, juriste spécialisée en droit de l'environnement notamment dans le domaine agricole, maître de conférences à la faculté de droit et de sciences politiques de l'Université de Rennes 1.

→ "Je suis contente que vous m'ayez contactée, car le droit est trop souvent oublié en environnement ! Comme souvent, ce sont malheureusement les catastrophes qui font bouger les choses, en particulier quand elles portent atteinte à la sécurité et à la santé humaine."



Si le premier texte établissant un contrôle administratif des établissements polluants date de 1810, le droit de l'environnement, en tant que tel, est une discipline relativement récente. Les choses se structurent vraiment au cours de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle, avec

l'apparition des lois sur les déchets, l'eau, la protection de la nature. Le ministère de l'Environnement n'a été créé qu'en 1971, et c'est seulement au milieu des années 1990 que la codification, la mise en forme des textes du droit de l'environnement sont entamées que les principes de précaution, de prévention, que la notion du pollueur-payeur sont mis en place.

On assiste depuis à un changement dans les comportements, ce qui correspond précisément à la mise en place, en 1995, du principe de précaution. "Les scientifiques sont inquiets car ils craignent que leur responsabilité ne soit mise en jeu. Ils sont donc plus demandeurs en matière de droit. C'est aussi à cette époque (1994) que l'Inra se tourne

vers les juristes sur des questions d'environnement, de certification et de brevetabilité du vivant. Un tournant remarquable !"

En ce qui concerne les industriels et leur période d'opposition par rapport aux contraintes environnementales, le blocage semble maintenant dépassé. Ils affichent moins de réticences par rapport à l'environnement et le "marketing vert" qui apparaît dans le milieu des années 80 est même parfois une opportunité pour mieux vendre. "Il faut dire aussi que le droit s'adapte à la demande des industriels en mettant au point des instruments juridiques plus fins, comme le label NF-environnement, la responsabilité civile, qui ne sont pas des règles de police et qui s'adaptent plus aux réalités économiques."

Bref, le droit de l'environnement commence à s'imposer et n'est plus considéré comme un droit "d'écolo". Les juristes de l'environnement sont sollicités par les politiques en tant qu'aide à la décision, pour faire part, en amont des réflexions, de leur point de vue. Tout n'est pas rose

pour autant : on peut citer l'inadéquation de certains statuts juridiques comme celui de l'eau, qui est en effet considéré comme un bien commun, mais qui, lors d'une pollution, devient propriété du pollueur, puisque l'usage par les non-pollueurs leur est, de fait, devenu impossible. Ou encore, le fait que les boues et les lisiers soient désignés comme étant des déchets, alors qu'ils peuvent également être considérés comme des produits fertilisants. Enfin, certaines lois, si elles existent, ne sont pas toujours suivies d'effets. C'est le cas notamment de la protection des zones humides, ou de la non-application des sanctions pénales prévues en cas de pollution. Côté enseignement, la discipline du droit de l'environnement est souvent en option dans les programmes des universités. Il existe cependant des formations professionnelles, qui, quoique un peu coûteuses, répondent à la demande ponctuelle, mais significative, des "non-juristes", à savoir, les scientifiques, industriels, agriculteurs, personnels administratifs. ■ N.B.



Contact → Isabelle Doussan,  
juriste en droit de l'environnement,  
idoussan@aol.com

■ École Nationale Supérieure  
des Télécommunications de Bretagne



des formations de pointe pour les sciences  
et technologies de l'information  
et de la communication

[www.enst-bretagne.fr](http://www.enst-bretagne.fr)

- formations d'ingénieur
- masters spécialisés / masters of science
- DEA / thèses
- formation continue

- Génie biomédical et santé
- Génie océanique, environnement, défense
- Usage et services : banque, actuariat, marketing des télécommunications

- Communications et codage de l'information (turbo-codes) • Informatique et réseaux
- Télécommunications optiques • Technologies support des TIC : micro-ondes
- Socio-économique des TIC • Traitement de l'information, sciences cognitives, linguistique



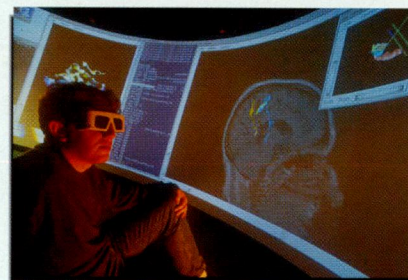
Technopôle Brest-Iroise - BP 832 - 29285 BREST Cedex  
• Tél : +33 (0) 2 29 00 11 11 • Fax : +33 (0) 2 29 00 10 00  
• [contact@enst-bretagne.fr](mailto:contact@enst-bretagne.fr)

Groupe des écoles  
des télécommunications



# IRISA

## 2002, l'IRISA entre dans une nouvelle dimension... Avec vous ?



Au cœur de la société de l'information, bénéficiant dans les prochaines années d'une croissance unique parmi les instituts de recherche européens, l'INRIA propose une très grande variété d'offres d'emplois.

Son centre de Rennes, l'IRISA, souhaite saisir cette opportunité pour renforcer et élargir ses thématiques de recherche. Participez en Bretagne à l'aventure de la recherche scientifique et du transfert technologique dans le domaine des sciences et techniques de l'informatique et de la communication.

### Recrutements sur concours

Chercheurs,  
Ingénieurs,  
Techniciens,  
Administratifs.

### Accueils à durée déterminée

Jeunes diplômés ( S Bac +4),  
Enseignants chercheurs et  
fonctionnaires en détachement,  
Spécialistes issus du milieu industriel,  
Spécialistes académiques étrangers.

### Formation par la recherche

Doctorants, post-doctorants  
en informatique,  
traitement du signal,  
mathématiques appliquées.



**Dès maintenant, prenez contact avec nous !**

<http://www.irisa.fr> ou adressez votre CV à  
M. Claude Labit - IRISA - Campus de Beaulieu - 35042 Rennes Cedex.



# Entrez dans la Génopole Ouest

Ce grand projet de développement de la génétique et de la postgénomique, lancé il y a maintenant plusieurs années, se concrétise et prend son envol : labellisée en juillet 2001 par le ministre de la Recherche, la Génopole Ouest entre dans le réseau national des huit génopoles ; labellisation qui s'accompagne d'un financement effectif depuis le mois de janvier 2002. Elle s'organise autour de quatre grands thèmes scientifiques : mer, agronomie, santé, bio-informatique et de cinq plates-formes technologiques : séquençage et génotypage, puces à ADN, protéomique, exploration fonctionnelle, bio-informatique.

*Sciences Ouest* a rencontré plusieurs des acteurs de ce formidable réseau et l'impression générale qui ressort de ces entretiens est une très grande émulation. Tous sont évidemment conquis par le projet - qui n'en est plus un ! - et leur motivation, leur volonté de le porter sur du long terme est réellement palpable. Cette structuration au niveau national est en fait considérée comme un premier pas vers l'intégration de réseaux d'excellence européens et internationaux. Car l'association des deux régions Bretagne et Pays de la Loire offre un potentiel scientifique de grande qualité, mais aussi un terrain de haute densité technologique, important pour la partie valorisation, ainsi qu'une palette originale de formations.

La Génopole Ouest entre donc sans complexes dans le réseau national et, de par sa situation géographique, se paye même le luxe d'une exclusivité : l'intégration du domaine de la mer dans les recherches en génomique ! ■

N.B.

## La Génopole Ouest en chiffres

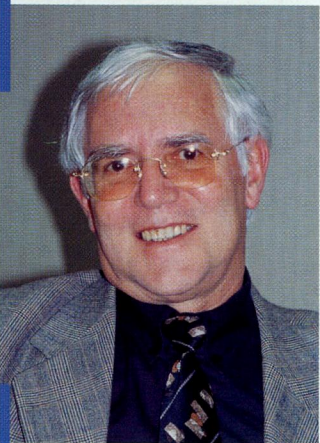
- 47 unités de recherche réparties en : 8 laboratoires CNRS, 2 Ifremer, 14 Inra, 12 Inserm, 1 Inria.
- 10 unités universitaires.
- 2 000 personnes dont 750 chercheurs et enseignants-chercheurs.
- 5 villes : Angers, Brest, Nantes, Rennes, Roscoff
- 5 plates-formes techniques

# Génopole

## Le point de vue des financeurs du projet Génopole Ouest

### Louis Bertel

Directeur régional à la recherche et à la technologie



MATHIEU BLANC

#### Ne pas rater la valorisation de la recherche

“C omme dans les années 70 où l'on a assisté à l'éclosion des compétences télécoms dans l'Ouest, aujourd'hui le même phénomène est en train de se produire en biologie. La naissance de cette huitième génopole, actuellement bien structurée, est en l'illustration.

Toutes les génopoles seront évaluées dans deux ans. Il faut donc tenir les promesses faites à la fois au ministère de la Recherche, et aux régions. En particulier, il convient de veiller au transfert technologique dans ces disciplines scientifiques relevant de la génopole, source de développement économique. Dans deux ans, cela devra être visible, au travers de la création de nouvelles entreprises, du développement de nouvelles activités au sein des entreprises existantes, mais aussi dans l'implication des laboratoires dans des projets de recherche nationaux et internationaux via le 6<sup>e</sup> PCRD\*. Le développement industriel doit demeurer une préoccupation permanente à côté des études plus fondamentales ; les domaines d'applications émergent déjà et parmi ceux-ci citons l'industrie pharmaceutique, la thérapie cellulaire via les biocellules et les biopuces, la traçabilité au niveau des aliments et des plantes. //

### Jacques Berthelot

Président du Comité consultatif régional de la recherche et du développement technologique

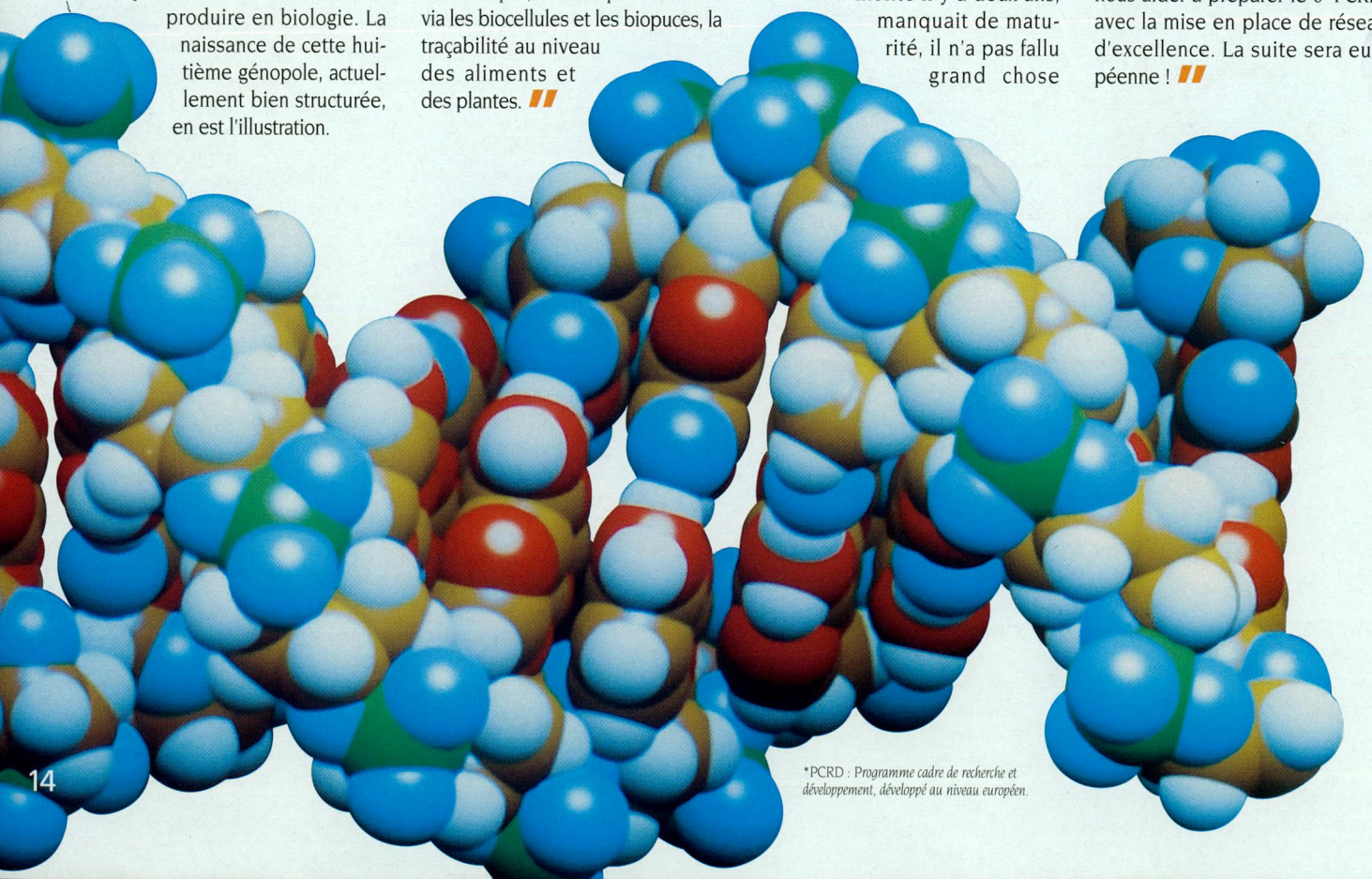


FRANÇOIS JOSEPH

#### Un projet soutenu par tous

“J e suis convaincu par ce projet depuis longtemps. Et si le premier, sur la génomique, monté il y a deux ans, manquait de maturité, il n'a pas fallu grand chose

pour que la Génopole Ouest prenne aujourd'hui son envol ! La plateforme bio-informatique Inria/Irisa, par exemple, était quasiment prête. Et puis la Région a mis tout son poids : 50 % des crédits ont été consacrés à l'équipement, notamment de la plateforme protéomique. Par ailleurs, ministres bretons, directeur régional à la recherche et à la technologie, présidents des conseils régionaux, maires des grandes villes..., le projet a été porté par tout le monde jusqu'au ministère. L'association Bretagne-Pays de la Loire était irrésistible. J'en citerai deux aspects comme les qualités scientifiques, je pense notamment aux équipes Inserm de Nantes, et le réseau interrégional Mégalis qui favorise le travail à distance. Mais la génopole reste à l'échelle de la France et doit nous aider à préparer le 6<sup>e</sup> PCRD\*, avec la mise en place de réseaux d'excellence. La suite sera européenne ! //



\*PCRD : Programme cadre de recherche et développement, développé au niveau européen.

# Ouest

## Les objectifs prioritaires

### Michel Renard



**M**ichel Renard est généticien et travaille sur le colza oléagineux depuis bientôt trente ans. Directeur d'une unité de recherche à l'Inra du Rheu, il est également coordonnateur du programme national Génomote pour les projets oléagineux, initié depuis 1999. Le voici depuis l'année 2000, avec une nouvelle responsabilité : celle de la Génomote Ouest.

**Sciences Ouest :** Vous êtes porteur du projet Génomote Ouest, comment l'aventure a-t-elle commencé pour vous ?

**Michel Renard** (plaisantant) : Attention ! Il ne s'agit plus d'un projet, mais bel et bien de quelque chose qui fonctionne !

Le projet génomote a été relancé, au niveau local, début 2000 par Patrick Navatte, président de l'Université de Rennes 1, Michel Philippe de l'Inserm et Pierre Thivend, président du pôle agronomique de Rennes. Il a fallu réagir très vite et j'ai accepté la mission.

**Sciences Ouest :** La mise en place de cette Génomote Ouest est quelque chose d'extraordinaire mais aussi de colossale à coordonner. Comment arrivez-vous à gérer tout cela ?

**Michel Renard :** Je suis fortement épaulé par le comité de pilotage pour ce qui est des positions à prendre et par le Critt Santé pour ce qui est de la mise en œuvre et l'animation. Et puis le fait que la Génomote Ouest soit multisites aurait pu être considéré comme une faiblesse. Et bien non, c'est au contraire un atout. Cela nous incite d'une part à plus de rigueur concernant l'organisation régulière de réunions, mais également en matière d'efforts de coordination, - le comité de pilotage se réunit une fois par mois à un endroit différent à chaque fois ! - mais c'est d'autre part un enrichissement énorme. Je pense au fait de pouvoir travailler en réseau et aussi d'être amené à rencontrer souvent des scientifiques d'autres disciplines.

L'association des deux régions est aussi quelque chose d'extraordinaire. On sent que tous les acteurs de la génomote s'investissent sur du long terme.

**Sciences Ouest :** Et dans les projets proches ?

**Michel Renard :** Nous avons cinq objectifs prioritaires : l'intégration des recherches du domaine de la mer - une originalité de la Génomote Ouest - dans des programmes nationaux, voire européens. Car nous avons là, comme dans d'autres domaines, des équipes d'un excellent niveau ; l'information des institutions et des unités de recherche afin qu'elles s'approprient vraiment la Génomote Ouest ; la mise en route des plates-formes et enfin l'évaluation de son statut et l'animation scientifique. ■

## Le Critt Santé et la Génomote

**P**our maximiser les chances de succès d'émergence d'un nouvel axe économique sur le court et moyen terme, Annie Audic, directrice du Critt Santé Bretagne (Centre régional d'innovation et de transfert de technologies) a été missionnée en juin 2000 par le Conseil régional de Bretagne en concertation avec la Région Pays de la Loire pour accompagner les promoteurs de Génomote Ouest. En effet, la complexité du projet, tenant à sa structuration en réseau, à la diversité des thèmes et des acteurs nécessitait une parfaite lisibilité et appréhension de son organisation.

→ L'objectif de cette mission a consisté, d'une part, à conseiller les partenaires dans leur démarche d'architecture générale de génomote basée sur la complémentarité des compétences, des thématiques et des moyens requis à l'échelle des deux régions ; d'autre part, à mettre en avant les originalités de la Génomote Bretagne-Pays de la Loire par rapport aux génomotes déjà constituées.

Depuis le début d'année, date officielle du lancement de la Génomote



Annie Audic.



Jocelyne Le Seyec.

ote Ouest, Jocelyne Le Seyec a été recrutée comme conseiller technologique pour soutenir le développement de la génomique et postgénomique en concertation avec le comité de pilotage. Les étapes importantes à venir sont le

suivi de la mise en place de toutes les plates-formes, l'accompagnement des projets, la création d'outils de communication et l'animation.

**Le Critt Santé, c'est aussi...**

Créé sous la double impulsion du ministère de la Recherche et du Conseil régional de Bretagne, le Critt Santé anime et soutient le développement de la filière santé en Bretagne. Les missions du Critt visent à favoriser la coopération entre les praticiens, les chercheurs et les industriels du domaine de la santé.

Le Critt Santé Bretagne s'adresse aux laboratoires de recherche et aux industriels concernés par la recherche, le développement et la valorisation des technologies appliquées à la santé. Il a un rôle d'assistance technologique, de réponse aux demandes de partenariat, de veille, d'expertise, d'aide au montage de projets et d'animation. Le

Critt Santé a également mis en place des outils comme l'annuaire Santé Bretagne, le guide marquage CE des dispositifs médicaux, le guide sur la stérilisation, les bases de données réglementaires et normatives...

Les axes de développement des technologies pour la santé en Bretagne se déclinent aujourd'hui selon trois axes principaux :

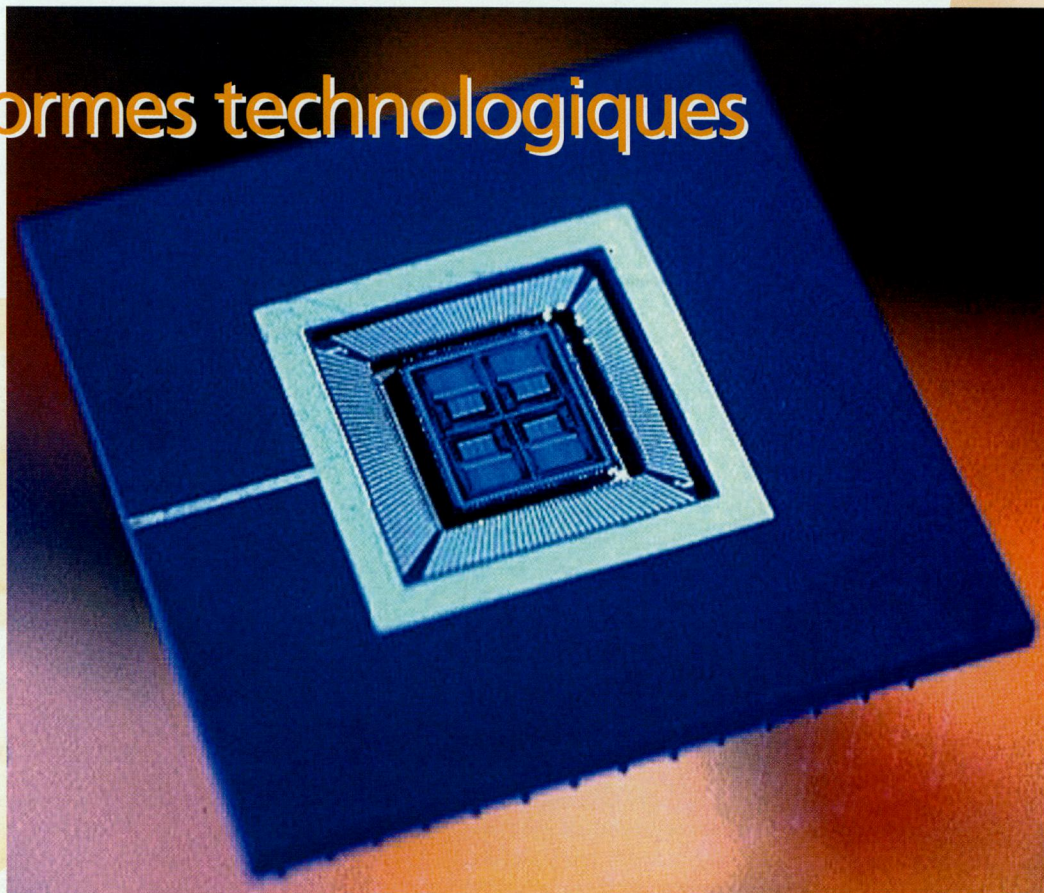
- les dispositifs médicaux, les biomatériaux, l'imagerie, le traitement de l'information et de la communication médicale ;
- le médicament, la sécurité sanitaire et la nutrition santé ;
- la génomique et la postgénomique. ■

**Contacts** → Annie Audic, Jocelyne Le Seyec, Critt Santé Bretagne, tél. 02 23 23 45 81, [annie.audic@univ-rennes1.fr](mailto:annie.audic@univ-rennes1.fr), [crittgbm.bretagne@univ-rennes1.fr](mailto:crittgbm.bretagne@univ-rennes1.fr)

# 5 Plates-formes technologiques

Qu'il s'agisse du domaine de la mer, de l'agronomie ou de la santé, les outils fondamentaux de recherche en génétique et génomique restent sensiblement les mêmes. D'où la mise en place de moyens transversaux : cinq plates-formes technologiques, que le comité de pilotage a pris soin de répartir de façon cohérente en fonction de la localisation et des besoins des différentes structures. Ces plates-formes disposent d'équipements collectifs, ouverts à 50 % pour les activités de la Génopole Ouest et seront animées chacune par deux responsables. Ce démarrage d'activité se traduit actuellement par la création de postes en contrat à durée déterminée, soutenus par les deux régions.

La mise à disposition de tels équipements nécessite aussi la formation des chercheurs concernés. Plusieurs sessions ont déjà eu lieu : trois jours de séminaire ont été organisés à Nantes en octobre 2001, réunissant 80 personnes, impliquées dans 20 projets. Une formation au logiciel de génotypage, séquençage (Wisconsin package) s'est tenue à Rennes en octobre dernier autour de 20 personnes et la prochaine devrait avoir lieu à Roscoff très prochainement. Enfin, une journée de formation en exploration fonctionnelle (imagerie, vectorisation) s'est tenue à l'ENSC à Rennes en janvier 2002, avec 80 personnes. Certaines de ces plates-formes sont déjà opérationnelles ; elles devraient l'être toutes d'ici un ou deux mois. ■ N.B.



*Puce réalisée à l'Irisa comprenant 4 processeurs spécialisés pour la comparaison intensive de banques de séquences génomiques. 32 puces ont été connectées ensemble (soit 128 processeurs) pour former la machine Samba, un dispositif capable de réduire par 100 les temps d'exploration des banques.*

## ■ La plate-forme génotypage - séquençage

Cet outil permet de réaliser du séquençage - identification des séquences correspondant à un gène - et du génotypage - détermination du génotype, c'est-à-dire de l'ensemble des gènes contenus dans le génome d'une espèce - à haut débit. Le génome de l'homme ayant déjà été bien étudié par ailleurs, cet outil concerne plus particulièrement les domaines de la mer et de l'agronomie. → **Responsables** : Erwan Corre, CNRS UMR 1931 CNRS - Goëmar, station biologique de Roscoff ; Cyril Falentin, Inra - Ensar, Le Rheu.

## ■ La plate-forme protéomique

L'identification d'un gène, via le séquençage, n'implique pas forcément qu'il va s'exprimer et produire une protéine, qui plus est, active. La plate-forme protéomique permet, toujours à haut débit, d'identifier les protéines et de les caractériser sous leur forme fonctionnelle. De grandes compétences dans ce domaine existent déjà à Rennes et Nantes. → **Responsables** : Charles Pineau, Germ Inserm U 435, Rennes ; Jean-François Bouhours, Inserm U 539, IFR 26, faculté de médecine de Nantes.

## ■ La plate-forme exploration fonctionnelle

Par l'exploration fonctionnelle, les scientifiques cherchent à déterminer le rôle d'un gène. Le gène en question est alors isolé dans un vecteur (vecteur viral ou de synthèse) puis ce transgène est transféré dans un organisme (transgénèse) afin d'en détecter les effets. Cela nécessite des outils d'imagerie fonctionnelle permettant de détecter les cellules transgéniques. → **Responsables** : Daniel Boujard, CNRS, UMR 6026, Rennes ; Ignacio Anegón, Inserm U 437, Nantes ; Jacques de Certaines, UPRES EA 2230, Rennes.

## ■ La plate-forme puces à ADN

Les "biopuces" ou puces à ADN sont des outils d'hybridation miniaturisés qui permettent de rechercher plusieurs gènes en parallèle. La plate-forme principale, située à Nantes, fonctionne déjà ; un atelier secondaire devrait bientôt être mis en place sur Rennes et des équipements permettant la lecture des résultats donnés par les biopuces seront installés sur chaque site. → **Responsables** : Jean Léger, Inserm U 533, université de Nantes et Francis Galibert, CNRS UMR 6061, université de Rennes.

## ■ La plate-forme bio-informatique

La plus transversale. "La plate-forme bio-informatique fait que l'Inra et l'Inserm se parlent !", plaisante Jacques Nicolas, responsable de la coordination. Elle permet en effet de gérer et d'analyser l'ensemble des données produites par les autres plates-formes et concerne tous les domaines. Elle dispose du coup d'une direction renforcée, avec des correspondants répartis sur différents sites et d'un supercalculateur basé à l'Irisa (Rennes). → **Responsables** : Olivier Collin, CNRS UMR 1931, station biologique de Roscoff ; Hugues Leroy, Irisa, Rennes.



# 4 Thèmes scientifiques



## Bio-informatique

### Un nouveau défi pour les scientifiques

On connaissait les recherches *in vivo* et *in vitro*, voici que naît la recherche *in silico* ! L'arrivée massive de données, les avancées théoriques et les puissances de calcul développées ces dernières années en informatique offrent de nouvelles perspectives dans le domaine de la biologie. Découverte de ce nouveau thème avec Jacques Nicolas, chercheur à l'Inria et responsable du comité bio-informatique de la Génopole Ouest.

→ Rechercher, en quelques minutes seulement, la trace diffuse de quelques lettres d'une protéine sur l'ensemble d'un génome qui en comporte plusieurs milliards (trois milliards pour le génome humain), est maintenant devenu possible grâce au calcul intensif. Et si la bio-informatique est entrée à l'Irisa depuis une dizaine d'années, les projets de recherche se cristallisent vraiment depuis deux ans avec le montage de la Génopole Ouest. La création en ce début d'année de l'équipe Inria Symbiose, dirigée par Jacques Nicolas, en est une illustration concrète. La biologie est en effet demandeuse d'informatique de service classique, mais nécessite également de la recherche en informatique pour résoudre des besoins de modélisation et d'aide à la découverte spécifiques, adaptés au langage génétique.

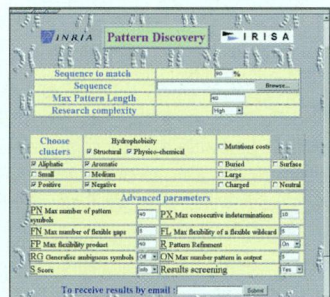
La première grosse activité concerne donc la recherche de motifs caractéristiques du découpage ou de la traduction particulière d'un gène, d'un facteur de régulation de l'expression de ce gène... pour ce qui est de la génomique, ou caractéristiques d'une fonction, d'une activité, d'une spécificité tissulaire

d'une protéine, pour ce qui est de la protéomique. Les séquences sont disponibles actuellement de façon massive mais ne représentent qu'un texte plat, sans signification. Le but de ces recherches : donner aux biologistes les moyens de modéliser leurs hypothèses et éventuellement de découvrir de nouvelles structures dans ces séquences.

Certaines recherches, débutées avant la mise en place de la Génopole Ouest dans ce domaine, ont déjà débouché sur des résultats concrets. Citons la découverte, en collaboration avec Charles Pineau et les chercheurs de l'équipe Inserm de Bernard Jégou à Rennes, de nouvelles défensines, des protéines impliquées dans le système de défense immunitaire. Ces nouvelles molécules sont actuellement en phase de tests biologiques. Une famille de protéines membranaires qui jouent un rôle dans un certain nombre de maladies comme la mucoviscidose a été caractérisée de façon similaire, avec l'équipe de Christian Delamarche de l'UMR CNRS de Daniel Boujard à Rennes. C'est la recherche du motif caractéristique de la fonction, ici la capacité à laisser passer l'eau ou le glycérol

qui a permis, par mutagenèse dirigée, de contrôler cette fonction et même de trouver des molécules ayant les deux fonctions. La recherche *in silico* est particulièrement intéressante pour les protéines membranaires qui, par nature, ont une très forte affinité avec les lipides constituant la membrane et qui, par conséquent, sont très difficiles à étudier *in vitro* grâce aux méthodes d'extraction classiques s'effectuant plutôt dans des milieux aqueux.

La comparaison intensive de différents génomes issus des banques de données publiques constitue un autre grand thème de recherche de la bio-informatique et nécessite la mise au point d'outils particuliers.



Interface d'un programme XX développé dans l'équipe de bio-informatique Symbiose, où XX, selon l'écran choisi, peut être une découverte de motif, une analyse de génome ou une modélisation.

Exemple : le projet Génogrid, d'envergure nationale et coordonné par l'Irisa, a pour but de mettre en réseau des ressources de calcul hétérogènes, géographiquement éloi-



Exemple d'interfaces utilisées par les bio-informaticiens.

L'équipe Inria Symbiose, dirigée par Jacques Nicolas.

gnées, grâce notamment au réseau Mégalis. L'hétérogénéité des ressources et l'accessibilité sécurisée aux données étant des challenges importants à relever au niveau recherche. Un autre projet vise à mettre au point des "machines de calcul parallèles dédiées" pour la comparaison intensive, domaine pour lequel l'Irisa possède déjà une très bonne expertise et qui nécessite de collaborer de façon très étroite avec les biologistes. Un troisième sujet, tout à fait novateur, concerne la compréhension du fonctionnement du réseau d'interactions des gènes. Énorme projet qui passe dans un premier temps par la description et la modélisation de ce réseau, puis, dans un deuxième temps par sa construction. À son origine : une demande appuyée des biologistes qui ont déjà réussi à recueillir de nombreuses données, difficiles à exploiter de manière systématique *in vivo* ou *in vitro*. L'outil informatique leur offre, une fois de plus, la possibilité de visualiser leurs hypothèses et d'accéder à une compréhension globale des mécanismes biologiques.

Voici comment les biologistes se découvrent des alliés de taille et comment les informaticiens se plongent dans un autre langage... Une collaboration qui, nous dit-on, n'a pas fini de nous surprendre... ■ N.B.

Contact → Jacques Nicolas, Irisa, tél. 02 99 84 71 00, jacques.nicolas@irisra.fr

# Merénopole

Cheminée hydrothermale. Campagne Marvel.

## De Génomer à Génopole

**L'**originalité de la Génopole Ouest est incontestablement sa composante mer. Dix-neuf projets de génétique de la biodiversité, de génétique structurale et de génomique fonctionnelle prennent ainsi place au sein de cet axe. Une aventure qui a débuté en 1999 avec le plan État-Région sous la forme de Génomer. Et qui compte prendre rapidement une dimension européenne.

la recherche. "Pour utiliser les ressources du Génoscope d'Évry, explique Catherine Boyen, il fallait répondre aux appels d'offre qui n'aboutissaient jamais. La plupart du temps, les travaux en médecine ou en agroalimentaire étaient prioritaires. La seule solution était d'avoir un matériel dédié." Le séquenceur automatique haute performance mis en place à la station biologique de Roscoff devrait être opérationnel très bientôt. Les recherches menées par les équipes de l'axe "Mer" de la Génopole n'ont pas l'exclusivité de l'outil : 50 % du temps est mis à disposition des autres travaux de la Génopole Ouest.

### Un réseau d'excellence

La force de ces chercheurs est donc d'avoir compris très tôt que pour obtenir des outils performants et pouvoir avancer, il fallait avant tout travailler ensemble et aller de l'avant. Les trois acteurs principaux de cette dynamique ont été la station biologique de Roscoff, l'Ifremer et l'UBO. De cette coopération est né Génomer. C'est donc une communauté de chercheurs déjà bien fédérée qui a trouvé sa place naturellement au sein de la Génopole Ouest.

La composante mer s'intéresse à trois aspects de la biologie : biodiversité, génétique structurale et génomique fonctionnelle. Trois thématiques qui ont des objectifs très divers. Depuis l'exploration de la diversité du picoplancton océanique, à la connaissance des microorganismes des sources hydrothermales

profondes, en passant par le séquençage de génomes plasmidiques.

En effet, la génomique peut s'intéresser aux organismes de deux manières différentes : dans le cas de petits génomes, il est possible de séquencer la totalité de ceux-ci. Lorsqu'on travaille sur des organismes eucaryotiques, il devient très vite fastidieux de tout séquencer. Il est plus judicieux alors de ne s'intéresser qu'à la partie transcrite de l'ADN. Ce sont les programmes d'études d'EST (Expressed Sequence Tag). Ces études ont souvent des applications concrètes. Ainsi, il est possible d'identifier des gènes de défense et des gènes de paroi de certaines algues, de trouver de nouvelles molécules thermostables dans les sources hydrothermales, ou encore de suivre des populations d'espèces exploitées (l'huître *Crassostrea gigas*) ou invasives (*Crepicula fornicata*).

Forts de cette première reconnaissance que constitue l'intégration à la Génopole Ouest, les biologistes marins n'entendent pas en rester là et ambitionnent de fédérer une communauté européenne. Un réseau d'excellence qui prendrait corps avec le sixième programme cadre fin 2002 et dont la base serait bretonne. Rendez-vous dans quelques mois... ■ V.D.

## Les besoins se faisaient sentir en séquençage

**L**a biologie moléculaire a transformé la biologie. Dans les milieux extrêmes, on ne cherche plus forcément les organismes, mais les gènes qui s'y trouvent.

→ Les milieux extrêmes nécessitent des adaptations originales de la part des différentes formes de vie qui y demeurent. Et quand on parle d'adaptations, on parle nécessairement de gènes. Ainsi, qu'il s'agisse de puits pétroliers, de sources hydrothermales ou de sédiments profonds, en étudiant les gènes qui s'y trouvent, il est possible d'avoir une bonne vision de la biodiversité de ces écosystèmes



Catherine Boyen

→ Catherine Boyen est responsable du projet Génomer. Ce dernier a vu le jour dans le cadre du plan État-Région en 1999. Pour elle, intégrer une composante Mer à la Génopole Ouest était une évidence : "Par rapport aux trois autres thématiques, les problèmes liés à la biodiversité sont bien spécifiques. On ne pouvait pas se permettre de prendre dix ans de retard dans le domaine. Et puis au niveau finistérien, les seuls outils de séquençage étaient les outils de laboratoire, impossible donc de mener des recherches approfondies sur les gènes."

La biologie marine a en effet longtemps été le parent pauvre de

Contact → Catherine Boyen, station biologique de Roscoff, tél. 02 98 29 23 31, boyen@sbroscoff.fr

# Ouest

Cheminée hydrothermale.  
Campagne Atos.

originaux. Christian Jeanthon est responsable de l'UMR CNRS 6539 à l'IUEM : "La part des organismes que l'on sait cultiver est très inférieure à ce que contient réellement un échantillon. Au lieu d'identifier directement les organismes, on va mettre en lumière des séquences génétiques particulières."

Jusqu'à présent, les équipes disposaient de séquenceurs de laboratoire. Un équipement rudimentaire qui limitait le nombre et l'ampleur des études. Comme le fait remarquer Christian Jeanthon : "Les besoins en séquençage étaient très forts et la Bretagne n'était pas équipée pour permettre aux équipes de génomique marine de travailler sur du matériel performant. De plus, chaque équipe prise individuellement ne pouvait prétendre à un outil tel qu'un séquenceur automatique. Il fallait donc se fédérer."

Avec l'arrivée du séquenceur haute performance à Roscoff, c'est une autre dimension que prendront les recherches. En un week-end et pour un coût inférieur, c'est l'équivalent de trois semaines sur un séquenceur de laboratoire qui pourra être effectué. Un outil qui devrait permettre d'arriver rapidement à l'étape suivante : l'analyse automatique des échantillons d'ADN à l'aide des puces à ADN. ■ V.D.

Contact → Christian Jeanthon,  
UMR CNRS 6539, IUEM,  
tél. 02 98 49 87 51,  
jeanthon@univ-brest.fr

Échantillons de  
cheminée à bord du  
navire (MAR Lucky Strike,  
site PP7 Barro Alto).

## "Plus que des outils"

**Q**u'il s'agisse de mieux comprendre les mécanismes moléculaires, de mettre en évidence des bio-indicateurs de pollution ou de déchiffrer les bases de l'immunité chez les algues, la génomique fonctionnelle est aujourd'hui à même d'apporter des solutions.

→ L'UMR 1931 de la station biologique de Roscoff s'intéresse aux algues marines. Des organismes souvent délaissés par la recherche. Les intérêts sont pourtant importants, tant du point de vue de l'évolution des espèces que de l'exploitation et la gestion des ressources bretonnes.

## Les molécules de demain

**L**e Laboratoire de microbiologie et biotechnologie des extrémophiles (LMBE) de l'Ifremer recherche dans le génome des microorganismes vivant autour des sources hydrothermales, les molécules industrielles de demain.

→ Le Laboratoire de microbiologie et biotechnologie des extrémophiles (LMBE) de l'Ifremer s'intéresse aux microorganismes vivant dans les milieux extrêmes, et plus particulièrement dans les sources hydrothermales. Situées sur les dorsales océaniques, à plusieurs milliers de mètres sous la surface, les conditions de vie y sont uniques sur la pla-

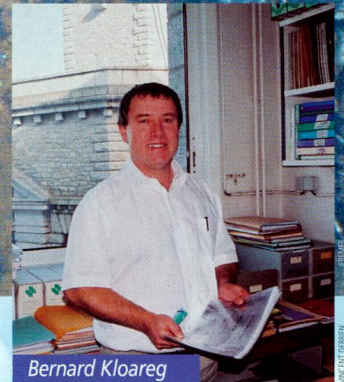
ne : présence de composés toxiques, obscurité totale, pression et température très élevées... La vie s'y est pourtant installée. Une adaptation qui est une source encore méconnue de molécules nouvelles.

"L'activité du laboratoire, explique Joël Quérellou son responsable, est principalement de caractériser la biodiversité microbienne des sources hydrothermales océaniques profondes et d'isoler des souches bactériennes originales. Les microorganismes de ces écosystèmes sont un gisement potentiel de très nombreuses molécules. Les applications industrielles sont, elles aussi, potentiellement très importantes."

Il est donc fondamental de s'intéresser au génome de ces organismes extrémophiles afin d'identi-

fier les gènes d'intérêt industriel. Cette activité s'inscrit dans le cadre de la Génopole Ouest qui a mis à disposition des chercheurs, des outils de séquençage et d'analyse de très haut niveau. ■ V.D.

Contact → Joël Quérellou,  
Ifremer, tél. 02 98 22 46 86,  
jquerell@ifremer.fr

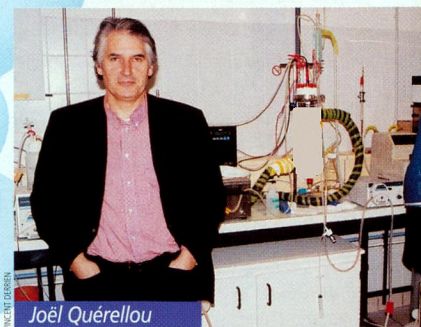


Bernard Kloreg

qui nous étaient interdites jusqu'à présent. Mais au-delà des outils, la génopole a été le point de départ d'une véritable dynamique scientifique dans l'Ouest. Les gens se sont rapprochés intellectuellement et ont bien compris que pour être crédible au niveau national et international, il fallait se fédérer."

Derrière ce constat se dessine une ambition : faire de la Bretagne le leader du développement d'un programme européen de génomique marine au sein d'un réseau d'excellence... ■ V.D.

Contact → Bernard Kloreg,  
station biologique de Roscoff,  
tél. 02 98 29 23 30.



Joël Quérellou

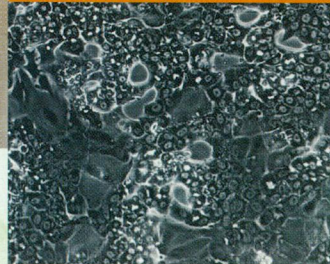
Contact → Joël Quérellou,  
Ifremer, tél. 02 98 22 46 86,  
jquerell@ifremer.fr



L'équipe de l'unité Inserm 522.

# Santé

Rennes cultive la différence



**L**e thème de la santé de la Génopole Ouest s'appuie sur des spécificités régionales, comme l'étude de maladies génétiques et dégénératives (mucoviscidose, hématochromatose, pathologies valvaires dégénératives, cancer du colon), ou encore la reproduction, assorties de ses compétences reconnues en biologie cellulaire et immunologie. D'où des programmes de recherche ciblés vers la transplantation d'organes, la thérapie cellulaire, la thérapie génique. Voici présenté celui sur l'étude des pathologies hépatiques.

## Il était une fois...

→ "Je ne peux pas vous présenter les personnes qui travaillent sur les biopuces, elles sont toutes parties à Nantes ! Ce qui prouve que la génopole, ça fonctionne !", commence Christiane Guillouzo, directrice de l'unité Inserm 522 - Régulations des équilibres fonctionnels du foie normal et pathologique - dont les travaux, dans le cadre de la Génopole Ouest, s'appuient beaucoup, en ce moment, sur les outils des plates-formes biopuces et bio-informatique.



CHRISTIANE GUILLOUZO

Le foie est un organe très particulier, "l'énigme du biologiste", comme le décrit avec enthousiasme Christiane Guillouzo : "Comme le cerveau, il est indispensable à la vie et donc très précieux. Et si le cerveau est isolé physiquement du reste de l'organisme, le foie dispose d'une autre stratégie pour se protéger : il est capable de se régénérer et de se restructurer rapidement." Mais la Bretagne se serait bien passée de la triste notoriété due à l'hématochromatose, une maladie génétique à forte incidence dans la région, qui se traduit par le dysfonctionnement d'une protéine régula-

trice de l'absorption intestinale de fer, ayant pour conséquence une surcharge de fer, qui va alors s'accumuler dans le foie et induire l'apparition de cirrhose et de cancer... Cette maladie a en revanche poussé les scientifiques dans un domaine d'excellence : celui de la culture des cellules de foie. Depuis plus de trente ans, les équipes rennaises de l'unité Inserm 522 ont en effet acquis un savoir-faire inégal dans ce domaine, qui ne cesse de s'améliorer (voir encadré) : les chercheurs arrivent à reproduire le fonctionnement d'un foie humain dans un environnement artificiel. Ces modèles cellulaires sont à la base de recherches fondamentales et cliniques, avec l'unité Inserm 456, portant sur la compréhension des gènes impliqués dans le fonctionnement de l'organe et notamment du phénomène de régénération, mais aussi sa fonction de détoxification, dont l'importance est grande en pharmacologie, et enfin l'étude des hépatites virales et du cancer du foie.

Grâce à ces modèles de culture, des comparaisons et des recoupements entre les gènes de cellules normales et de cellules mimant une cirrhose ou un cancer ont été réalisés,

pour tenter de mettre en évidence les groupes de gènes spécifiques à chaque cas. 2500 gènes ont ainsi été jugés intéressants. Depuis, les équipes rennaises des unités 522 et 456 travaillent, dans le cadre de la Génopole Ouest, en collaboration avec l'unité Inserm 533 de Nantes, sur la mise au point d'une puce à ADN spécifique du foie. "En effet, sans la génopole, la collaboration avec Nantes n'aurait peut-être pas été aussi spontanée, ni aisée", souligne Christiane Guillouzo. Or, la mise au point de ces marqueurs est quelque chose d'extraordinaire. Notre but est de réaliser ce que l'on appelle des puces dédiées, c'est-à-dire des outils qui permettent d'identifier des ensembles de gènes induits ou altérés, associés, soit à une tumeur bénigne, soit à une tumeur maligne, une anomalie de métabolisme du fer, ou encore à une hépatite virale... et de pouvoir ainsi faire des instruments de diagnostics, voire des pronostics."

Les idées sont là, les moyens techniques et financiers s'organisent, et les manipulations avancent. Un quart des 2500 gènes mis en évidence a d'ores et déjà été caractérisé et la mise en place de la plate-forme séquençage, dans le cadre de la génopole, devrait permettre d'identifier d'autres. Les étapes suivantes vont consister à utiliser les outils des plates-formes protéomique et exploration fonctionnelle pour tenter de débusquer les protéines qui se cachent derrière l'expression des gènes mis en valeur. ■ **N.B.**

Cultiver des cellules n'est pas quelque chose de simple. Et quand il s'agit de cellules humaines aussi complexes que les hépatocytes, cela implique des compétences spécifiques et des contraintes importantes, comme celles du recueil régulier de biopsies, car la durée de vie de ces cellules est limitée. La nécessité était grande de rechercher d'autres modèles d'exploitation plus facile. Les cellules issues de tumeur présentent bien l'avantage de se régénérer activement, mais les virus des hépatites B et C sont incapables d'y pénétrer. Et pourtant ! C'est une première mondiale réalisée par une équipe de l'unité 522 de l'Inserm à Rennes : une lignée de cellules cancéreuses, et donc autorégénératrices, mais qui ont gardé les caractéristiques fonctionnelles de cellules normales et notamment celle de pouvoir être infectées par le virus de l'hépatite B, a été mise en évidence et isolée. Philippe Gripon, chercheur dans l'Unité 522 travaille sur ce projet depuis deux ans environ et le brevet vient juste d'être déposé par l'Inserm. "Cette nouvelle lignée, précise-t-il, représente un grand pas pour la recherche fondamentale et le développement de futures applications cliniques et industrielles dans les domaines de la virologie et de la pharmacologie."

Un exemple supplémentaire de la qualité des travaux rennais sur le foie. ■

Contact → Christiane Guillouzo, Unité Inserm 522, Pontchaillou, tél. 02 99 54 37 37, christiane.guilouzo@rennes.inserm.fr



# Agro



## Un volet agronomie déjà sur les rails

C'est un fait reconnu : l'activité agronomique des deux régions Bretagne et Pays de la Loire revêt une part importante de la production nationale et les entreprises agroalimentaires de l'Ouest constituent à elles seules le plus gros chiffre d'affaires de l'industrie régionale. Normal donc que la recherche dans ce domaine soit déjà bien structurée et impliquée dans des programmes nationaux.

→ "...Veaux, vaches, cochons...", mais aussi poulets, truites, pommes de terre, blé, colza et pois. Les deux mondes végétal et animal sont évidemment représentés dans le volet agronomie de la Génopole Ouest. Le premier, par Michel Renard de l'Inra Le Rheu, le second, par Madeleine Douaire de l'Inra Rennes.



Sont concernés, les organismes vivants d'intérêt pour l'agriculture et la transformation des produits alimentaires, avec une attention particulière portée sur les espèces dont l'importance économique est reconnue dans les deux régions, à savoir : les plantes ornementales, les arbres fruitiers, les cultures légumières, les plantes de grande culture et, pour ce qui est de l'élevage, les poissons, le

porc, la poule, le lapin et le veau. Au programme, l'étude de la structure du génome, à différents niveaux selon les espèces. Du séquençage pur, par exemple sur le génome d'une bactérie d'intérêt agroalimentaire, en passant par la comparaison intensive parallèle quand il s'agit du colza. Celui-ci possède en effet un génome très voisin de celui d'une autre plante bien connue des généticiens, *Arabidopsis thaliana*.

La génomique fonctionnelle, c'est-à-dire l'identification des gènes impliqués dans les grandes fonctions biologiques comme la reproduction, le développement, la croissance, la nutrition, la physiologie du stress, la pathogénicité... sont également au cœur des préoccupations des scientifiques, de même que des caractères comme la valeur agronomique et technologique, la qualité des produits, la résistance ou la sensibilité à des pathogènes. Ces approches sont celles déjà engagées dans le cadre de programmes nationaux comme Génoplante et Agena, que le démarrage des activités de la Génopole Ouest ne fera que renforcer. Le programme Agena concerne



l'analyse du génome des animaux, l'étude des transcriptomes de bovin, porc, poule et truite ; Génoplante concerne le blé, le colza, le pois. "Génoplante nous apporte plutôt une aide au financement de nos projets et Génopole Ouest se distingue par la mise à disposition d'outils, avec, en ce qui nous concerne, la plate-forme séquençage et génotypage puis protéomique, explique Michel Renard. Le cadre de la génopole nous permet également de participer plus facilement aux consortiums nationaux, européens et internationaux et de pouvoir faire face à la concurrence assez rude qui vient d'Angleterre, du Canada et des États-Unis. Et puis ces bonnes conditions de travail et cette compétitivité sont évidemment très porteuses en ce qui concerne le recrutement de jeunes chercheurs : ils restent travailler avec nous !" Voilà qui illustre parfaitement jusqu'où les effets de la Génopole Ouest peuvent se faire sentir. ■ N.B.

Contact → Madeleine Douaire,  
Inra Rennes,  
madeleine.douaire@roazhon.inra.fr

## Quelques dates

- **24 janvier** : Première participation de la Génopole Ouest au comité des génopoles, au ministère de la Recherche.
- **25 janvier** : Réunion d'information du personnel Inra de Nantes sur la Génopole Ouest.
- **19 février** : Venue à Rennes de Pierre Tambourin, directeur de la Génopole d'Évry et de Jacques Haiech, directeur du programme génomique au ministère de la Recherche pour étudier le cahier des charges de la Génopole Ouest, en vue de l'audit en 2004.
- **20 février** : Réunion du comité de pilotage de la Génopole Ouest à l'Irisa (Rennes).
- **22 février** : Étude du statut de la Génopole Ouest.

## Les prochains rendez-vous

- **21 mars** : Réunion du comité de pilotage à Roscoff.
- **Du 8 au 10 avril** : 6<sup>e</sup> congrès annuel de la Société française de pharmacologie à Rennes.  
→ Rens. : <http://www.pharmacol-fr.org/rennes2002>
- **Du 9 au 13 juin** : BIO 2002 à Toronto (Canada).  
→ Rens. : <http://www.bio.org>
- **Du 10 au 12 juin** : JOBIM - Journées ouvertes biologie, informatique, mathématique. Analyse, comparaison et exploration de données génomiques et postgénomiques. Saint-Malo, palais du Grand Large.  
→ Rens. : Jacques Nicolas, Irisa, tél. 02 99 84 71 00, [jacques.nicolas@irisa.fr](mailto:jacques.nicolas@irisa.fr)
- **Les 15 et 16 octobre** : 1<sup>er</sup> Carrefour européen des biotechnologies et 6<sup>e</sup> Carrefour français à Lille.  
→ Rens. : <http://www.biotech-lille.com>

## À lire

- **Numéro Spécial du n° 8 de Paré à Innover** (lettre d'information de l'innovation en Bretagne) Génopole Ouest, un nouveau levier pour la recherche et le transfert de technologies.
- **Sciences Ouest** vous proposera chaque mois, dans ses prochains numéros, une page d'actualité sur la Génopole Ouest, afin de suivre, en direct, le développement de ce formidable réseau de compétences et les résultats qui vont en découler.

Prochain dossier :  
Les méduses

## Formations

### Formation médicale continue



Le département de santé publique vous propose :

#### ● Un DESS Traitement de l'information médicale et hospitalière

DESS dont l'objectif est de former des spécialistes capables de prendre en charge des projets d'informations dans le secteur de la santé.

Programme 2002-2003.

→Rens. : Département de formation médicale continue, Sylvette Guidal, tél. 02 23 23 44 10, [www.dfmc.univ-rennes1.fr](http://www.dfmc.univ-rennes1.fr)

### Formations Archimex

● 19 et 20 mars, Paris. Aliments, santé et compléments alimentaires (formation Archimex- Adria).

● 20, 21 et 22 mars, Vannes. Les nouvelles technologies d'extraction. Conduite et adaptation des procédés.

● 26 et 27 mars. Technologies des poudres, qualité des mélanges.

→Rens. : Tél. 02 97 47 97 35.



### Formations Adria

● 20 et 21 mars, Rennes. Salmonelle, Listéria, E. coli pathogènes.

● 24 avril, Rennes. Audit environnemental.

● 25 et 26 avril, Paris. Comprendre et exploiter les techniques de biologie moléculaire.

● 30 avril, Nantes. Gestion du risque nuisible. Corps étrangers.

→Rens. : Tél. 02 98 10 18 80, [isabelle.dulau@adria.tm.fr](mailto:isabelle.dulau@adria.tm.fr)



### Formations Ispaia

● 19 et 20 mars. Métrologie appliquée en laboratoire.

● 27 mars. Physiologie et pathologie de la reproduction

chez le porc.

● 28 mars. Approche zootechnique des problèmes de reproduction en élevage.

→Rens. : Ispaia, tél. 02 96 78 61 30, [ispaia@zoopole.asso.fr](mailto:ispaia@zoopole.asso.fr)

### Formations Crir

● Les 10, 11 et 12 avril. Les schémas d'aménagement et de gestion des eaux.

→Rens. : Crir, Belle-Isle-en-Terre, tél. 02 96 43 08 39.



## Sortir

● Du 16 au 23 mars/

### La semaine du bois

2<sup>e</sup> édition de cet événement national qui, en Bretagne, est coordonnée par l'interprofession ABI Bois (Association bretonne interprofessionnelle du bois) de Rennes. Au programme, des manifestations très variées (découverte des métiers du bois, sensibilisation à l'écosystème forestier, route du bois, visites de pépinières...), réparties dans toute la région.

→Rens. : François Graf, Abi Bois, tél. 02 99 27 54 27, [www.bois-foret.info](http://www.bois-foret.info) et un n° Azur : 0 810 810 968 (tarif appel local).



## Stages

### ● Écologie marine et gestion de l'environnement

Le muséum d'histoire naturelle - station biologique de Concarneau - propose des stages naturalistes ayant pour objet la prospection des fonds rocheux subtidiaux de Bretagne. Ils sont destinés à des biologistes, naturalistes et plongeurs (niveau II FFESSM minimum).

→Renseignements et formulaires à demander dès que possible à la station biologique marine du MNHN de Concarneau : Sandrine Derrien, tél. 02 98 97 06 59, [derrien@mnhn.fr](mailto:derrien@mnhn.fr)

## Colloques

● 19 mars/

### Sciences et technologies de l'information et de la communication appliquées au domaine de la santé

Paris - Seconde édition des tribunes GET, consacrées aux sciences et technologies de l'information et de la communication appliquées au domaine de la santé, par l'ENST Bretagne.

→Programme complet et inscriptions : [www.enst-bretagne.fr/tribunesget](http://www.enst-bretagne.fr/tribunesget)

● 21 mars/

### Réalité virtuelle et médecine

Nantes - Journée technique organisée par l'IRCCyn (Institut de recherche en communication et cybernétique de Nantes) autour de quatre domaines d'applications que sont l'enseignement, la simulation, l'aide au diagnostic et la thérapie. La médecine étant certainement un domaine dans lequel la réalité virtuelle peut apporter des aides, voire des solutions.

→Rens. : Jean-Charles Abbé, tél. 02 51 12 45 16, [jean-charles.abbé@ircyn.ec-nantes.fr](mailto:jean-charles.abbé@ircyn.ec-nantes.fr) [www.ircyn.ec-nantes.fr](http://www.ircyn.ec-nantes.fr)

● 21 mars/

### OCM'2002

Nantes - OCM'2002, (Objets, composants et modèles) est une journée sur l'évolution des architectures logicielles et des méthodes de développement. Elle est organisée par l'École des mines de Nantes, l'Irisa, la Meito, l'université de Nantes, l'ENST Bretagne, Sodifrance, avec le soutien des conseils régionaux de Bretagne et Pays de la Loire, de la Drire et de l'Anvar. Lieu : École des mines, La Chantrière, 4, rue A. Kastler, Nantes.

→Rens. et inscript. : [www.ocm-ouest.org](http://www.ocm-ouest.org)

● 21 et 22 mars/

### Zone côtière : quels outils pour quelle gestion ?

Lorient - Colloque organisé par le CCSTI de Lorient autour du thème de la zone côtière, territoire très convoité qui dispose d'atouts d'ordres écologiques, sociaux et économiques et dont la perception et la



définition ont profondément évolué au cours de l'histoire, au même titre que les activités humaine s'y déroulant. Lieu : Université de Bretagne sud, amphithéâtre soleil d'Orient.

→Rens. : CCSTI de Lorient, tél. 02 97 84 87 37, [www.ccstilorient.org](http://www.ccstilorient.org)

● 14 et 15 mai/

### 4<sup>e</sup> atelier télécommunications et technico-économie



Rennes - Organisé par France Télécom R&D et la société Atlantide de conseils en nouvelles technologies, dans le cadre du projet européen IST/Tonic, ce "workshop" est le seul, au niveau européen, qui soit centré sur les aspects technico-économiques du déploiement de nouveaux services IP, notamment par le biais de réseaux mobiles et radio fixe. La date limite d'inscription à cet atelier organisé est fixée au 30 mars prochain.

→Rens. : Atlantide, Yannick Bouillon, tél. 02 99 84 15 84, [www.ago.fr](http://www.ago.fr)  
Documents téléchargeables sur le site du projet européen : [www-nrc.nokia.com/tonic/](http://www-nrc.nokia.com/tonic/)

● 4 avril/

### Sécurité des systèmes d'information

Cesson-Sévigné : Forum Grafotech organisé par Granit, le Groupe armoricain en informatique et télécommunications sur un "retour d'expérience sur l'installation de firewall open-source". Lieu : Supelec, av. de la Boulaie, 18 h.

→Rens. : Madeleine Yvin, Granit, tél. 02 99 33 63 25, [madeleine.yvin@granit.org](mailto:madeleine.yvin@granit.org)

● 15 au 18 avril 2002/

### Le défi des nouvelles technologies en chimie moléculaire



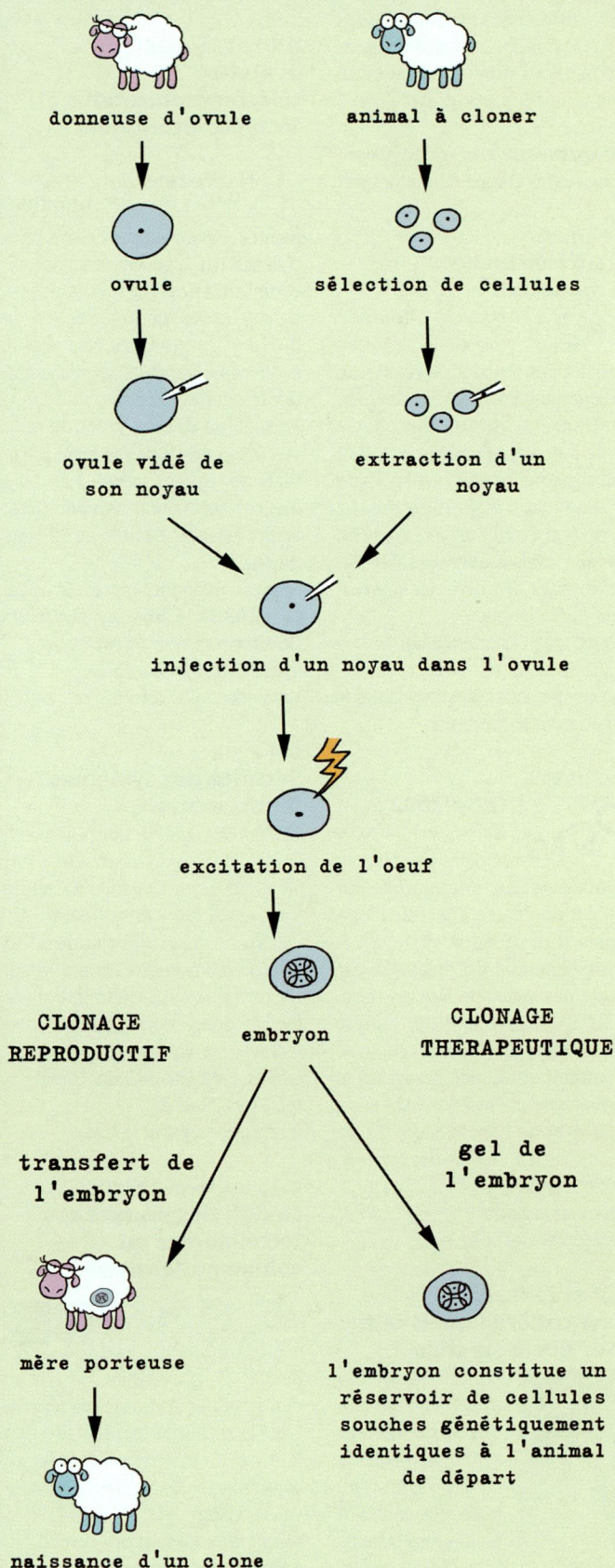
Rennes - 1<sup>er</sup> symposium consacré au défi posé par les nouvelles technologies en chimie moléculaire et à leur développement : chimie sur support, chimie combinatoire, nouveaux milieux.

→Pour informations et formulaires de préinscription : <http://ntc2002.univ-rennes1.fr>



# Le clonage

## PRINCIPE DU CLONAGE IN VITRO



**S**ans entrer dans l'épineux problème de la définition de la vie, une chose est sûre : la vie se reproduit. Aussi étonnant que cela puisse paraître, c'est par clonage que les premiers êtres vivants se reproduisaient.

→ Il y a environ 4,6 milliards d'années, naissait la Terre. Un milliard d'années plus tard, ce fut au tour de la vie. Les premiers êtres vivants étaient constitués d'une seule cellule, délimitée par une membrane, et contenant entre autres la molécule essentielle de la vie : l'ADN, véritable chef d'orchestre de la cellule et dont une des propriétés est de pouvoir se répliquer. La plus simple et la plus rapide manière de se multiplier était alors le clonage : l'ADN se répliquait, la membrane se séparait en deux, emportant dans chaque poche formée une copie d'ADN. Deux clones génétiquement identiques, de même ADN, naissaient.

Au fil du temps, la vie s'est complexifiée. L'ADN de certains organismes s'est entourée d'une enveloppe, délimitant le "noyau" de la cellule, et depuis peu (à l'échelle de l'évolution : quelques centaines de millions d'années), le sexe a émergé dans le processus de reproduction. Pourquoi, comment, le débat scientifique n'a pas encore tranché. Pour autant, la reproduction sexuée n'a pas remplacé le clonage et, aujourd'hui encore, on trouve de tout dans la nature : des bactéries ne se reproduisant que par clonage, des mammifères ne se reproduisant que par voie sexuée, et des êtres comme les pucerons des céréales qui utilisent tantôt le clonage, tantôt la voie sexuée.

Des problèmes de bioéthique ont resurgi en 1997, quand des scientifiques ont réussi à faire naître la brebis Dolly par clonage, ouvrant ainsi la voie à des manipulations similaires sur l'homme. Le principe de la manipulation effectuée *in vitro* est de remplacer le noyau d'une

cellule sexuelle femelle, l'ovule, par le noyau d'une cellule de l'organisme à cloner. On stimule ensuite l'ovule transformé de telle façon qu'il réagisse comme s'il avait été fécondé. Il entre alors dans sa phase naturelle de multiplication et devient un véritable embryon.

Le type de clonage qui pousse le développement de l'embryon, en l'introduisant dans le ventre d'une mère porteuse, jusqu'à sa naissance s'appelle "clonage reproductif". Il reste formellement interdit sur l'homme.

Il existe un autre type de clonage, appelé "clonage thérapeutique", qui gèle le développement de l'embryon à un stade précoce pour l'utiliser comme réservoir de pièces de rechange humaines : nombre de cellules embryonnaires sont des cellules souches, c'est-à-dire qu'elles peuvent évoluer vers n'importe quel autre type de cellules (cellules de sang, de cœur...). Ainsi, en greffant des cellules souches sur un organe ou un muscle déficient du "parent" cloné, elles pourraient régénérer le tissu malade, sans risque de rejet, toutes les cellules provenant du même organisme.

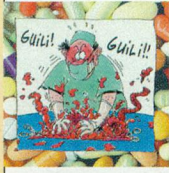
D'après les dernières lois de bioéthique débattues à l'Assemblée nationale début 2002, ce type de clonage thérapeutique reste interdit en France. ■

→ Article réalisé en collaboration avec Xavier Labouze du Centre de vulgarisation de la connaissance.



## Formations

### Formation médicale continue



Le département de santé publique vous propose :

#### ● Un DESS Traitement de l'information médicale et hospitalière

DESS dont l'objectif est de former des spécialistes capables de prendre en charge des projets d'informations dans le secteur de la santé.

Programme 2002-2003.

→Rens. : Département de formation médicale continue, Sylvette Guidal, tél. 02 23 23 44 10, [www.dfmc.univ-rennes1.fr](http://www.dfmc.univ-rennes1.fr)

### Formations Archimex

● 19 et 20 mars, Paris. Aliments, santé et compléments alimentaires (formation Archimex- Adria).

● 20, 21 et 22 mars, Vannes. Les nouvelles technologies d'extraction. Conduite et adaptation des procédés.

● 26 et 27 mars. Technologies des poudres, qualité des mélanges.

→Rens. : Tél. 02 97 47 97 35.



### Formations Adria

● 20 et 21 mars, Rennes. Salmonelle, Listéria, E. coli pathogènes.

● 24 avril, Rennes. Audit environnemental.

● 25 et 26 avril, Paris. Comprendre et exploiter les techniques de biologie moléculaire.

● 30 avril, Nantes. Gestion du risque nuisible. Corps étrangers.

→Rens. : Tél. 02 98 10 18 80, [isabelle.dulau@adria.tm.fr](mailto:isabelle.dulau@adria.tm.fr)



### Formations Ispaia

● 19 et 20 mars. Métrologie appliquée en laboratoire.

● 27 mars. Physiologie et pathologie de la reproduction

chez le porc.

● 28 mars. Approche zootechnique des problèmes de reproduction en élevage.

→Rens. : Ispaia, tél. 02 96 78 61 30, [ispaia@zoopole.asso.fr](mailto:ispaia@zoopole.asso.fr)

### Formations Crir

● Les 10, 11 et 12 avril. Les schémas d'aménagement et de gestion des eaux.

→Rens. : Crir, Belle-Isle-en-Terre, tél. 02 96 43 08 39.



## Sortir

● Du 16 au 23 mars/

### La semaine du bois



2<sup>e</sup> édition de cet événement national qui, en Bretagne, est coordonnée par l'interprofession ABI Bois (Association bretonne interprofessionnelle du bois) de Rennes. Au programme, des manifestations très variées (découverte des métiers du bois, sensibilisation à l'écosystème forestier, route du bois, visites de pépinières...), réparties dans toute la région.

→Rens. : François Graf, Abi Bois, tél. 02 99 27 54 27, [www.bois-foret.info](http://www.bois-foret.info) et un n° Azur : 0 810 810 968 (tarif appel local).

## Stages

### ● Écologie marine et gestion de l'environnement

Le muséum d'histoire naturelle - station biologique de Concarneau - propose des stages naturalistes ayant pour objet la prospection des fonds rocheux subtidiaux de Bretagne. Ils sont destinés à des biologistes, naturalistes et plongeurs (niveau II FFESSM minimum).

→Renseignements et formulaires à demander dès que possible à la station biologique marine du MNHN de Concarneau :

Sandrine Derrien, tél. 02 98 97 06 59, [derrien@mnhn.fr](mailto:derrien@mnhn.fr)

## Colloques

● 19 mars/

### Sciences et technologies de l'information et de la communication appliquées au domaine de la santé



Paris - Seconde édition des tribunes

GET, consacrées aux sciences et technologies de l'information et de la communication appliquées au domaine de la santé, par l'ENST Bretagne.

→Programme complet et inscriptions : [www.enst-bretagne.fr/tribunesget](http://www.enst-bretagne.fr/tribunesget)

● 21 mars/

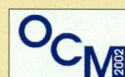
### Réalité virtuelle et médecine



Nantes - Journée technique organisée par l'IRCCyn (Institut de recherche en communication et cybernétique de Nantes) autour de quatre domaines d'applications que sont l'enseignement, la simulation, l'aide au diagnostic et la thérapie. La médecine étant certainement un domaine dans lequel la réalité virtuelle peut apporter des aides, voire des solutions.

→Rens. : Jean-Charles Abbé, tél. 02 51 12 45 16, [jean-charles.abbé@ircyn.ec-nantes.fr](mailto:jean-charles.abbé@ircyn.ec-nantes.fr) [www.ircyn.ec-nantes.fr](http://www.ircyn.ec-nantes.fr)

● 21 mars/



### OCM'2002

Nantes - OCM'2002, (Objets, composants et modèles) est une journée sur l'évolution des architectures logicielles et des méthodes de développement. Elle est organisée par l'École des mines de Nantes, l'Irisa, la Meito, l'université de Nantes, l'ENST Bretagne, Sodifrance, avec le soutien des conseils régionaux de Bretagne et Pays de la Loire, de la Drire et de l'Anvar. Lieu : École des mines, La Chantrerie, 4, rue A. Kastler, Nantes.

→Rens. et inscript. : [www.ocm-ouest.org](http://www.ocm-ouest.org)

● 21 et 22 mars/

### Zone côtière : quels outils pour quelle gestion ?



Lorient - Colloque organisé par le CCSTI de Lorient autour du thème de la zone côtière, territoire très convoité qui dispose d'atouts d'ordres écologiques, sociaux et économiques et dont la perception et la

définition ont profondément évolué au cours de l'histoire, au même titre que les activités humaine s'y déroulant. Lieu : Université de Bretagne sud, amphithéâtre soleil d'Orient.

→Rens. : CCSTI de Lorient, tél. 02 97 84 87 37, [www.ccstilorient.org](http://www.ccstilorient.org)

● 14 et 15 mai/

### 4<sup>e</sup> atelier télécommunications et technico-économie



Rennes - Organisé par France Télécom R&D et la société Atlantide de conseils en nouvelles technologies, dans le cadre du projet européen IST/Tonic, ce "workshop" est le seul, au niveau européen, qui soit centré sur les aspects technico-économiques du déploiement de nouveaux services IP, notamment par le biais de réseaux mobiles et radio fixe. La date limite d'inscription à cet atelier organisé est fixée au 30 mars prochain.

→Rens. : Atlantide, Yannick Bouillon, tél. 02 99 84 15 84, [www.ago.fr](http://www.ago.fr) Documents téléchargeables sur le site du projet européen : [www-nrc.nokia.com/tonic/](http://www-nrc.nokia.com/tonic/)

● 4 avril/

### Sécurité des systèmes d'information

Cesson-Sévigné : Forum Grafotech organisé par Granit, le Groupe armoricain en informatique et télécommunications sur un "retour d'expérience sur l'installation de firewall open-source". Lieu : Supelec, av. de la Boulaie, 18 h.

→Rens. : Madeleine Yvin, Granit, tél. 02 99 33 63 25, [madeleine.yvin@granit.org](mailto:madeleine.yvin@granit.org)

### ● 15 au 18 avril 2002/ Le défi des nouvelles technologies en chimie moléculaire



Rennes - 1<sup>er</sup> symposium consacré au défi posé par les nouvelles technologies en chimie moléculaire et à leur développement : chimie sur support, chimie combinatoire, nouveaux milieux.

→Pour informations et formulaires de préinscription : <http://ntc2002.univ-rennes1.fr>

## Conférences

### ● 27 mars/ Éléments sur les origines du calcul des probabilités et des statistiques mathématiques

Rennes - Conférence organisée par l'Institut de recherche sur l'enseignement des mathématiques, dans le cadre d'un cycle "Les mercredis de l'Irem". Celle-ci, sur l'origine du calcul des probabilités, sera animée par Alain Desrosières de l'Insee de Paris. Ces conférences ont lieu à 14 h 30 à l'Irem de Rennes, campus de Beaulieu, bât 32B, salle 12.

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

### ● 3 avril/ Le pétrole profond



Brest - Dans le cadre des conférences du mercredi soir organisées par Océanopolis, celle-ci sera animée par Bruno Savoye, chercheur en sédimentologie marine à l'Ifremer. 20 h 30 à l'auditorium d'Océanopolis, entrée libre et gratuite.

→Rens. : Océanopolis,  
tél. 02 98 34 40 40,  
[www.oceanopolis.com](http://www.oceanopolis.com)

## Appels à projet

### ● Concours des technologies médicales innovantes

2<sup>e</sup> édition de ce concours dont les prix seront remis dans le cadre de Hôpital Expo-Intermedica, du 21 au 24 mai à Paris (Porte de Versailles).

Dépôt des dossiers jusqu'au 18 mars 2002.

→Retrait des dossiers au Critt Santé Bretagne : Christine Alami, tél. 02 99 33 68 39.

### ● Le printemps de l'environnement

Cette manifestation publique imaginée par le ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement est programmée cette année du 17 au 23 juin. Elle donne lieu à différentes actions telles que : le recyclage des déchets, le nettoyage de sites, la découverte de la faune, de la flore, l'éducation à l'environnement... Des fiches d'inscription sont disponibles auprès de la Diren et sont à retourner avant le 22 mars.

→Rens. : Diren, coordinateur régional, tél. 02 99 65 35 27, [diren@bretagne.environnement.gouv.fr](mailto:diren@bretagne.environnement.gouv.fr)  
[www.environnement.gouv.fr](http://www.environnement.gouv.fr)

### ● Concours national d'aide à la création de technologies innovantes

4<sup>e</sup> édition de ce concours organisé par le ministère de la Recherche en collaboration avec l'Anvar. Ouvert à tous les porteurs d'idée, et aussi bien à des projets émergents qu'en phase de création et développement. Au final, une subvention pouvant couvrir jusqu'à 70 % des prestations de maturation du projet. Dépôt des dossiers en cinq exemplaires jusqu'au 29 mars.

→Rens. : Tél. 01 55 55 55 55  
ou [www.recherche.gouv.fr](http://www.recherche.gouv.fr)

### ● Rencontres Biologie-Physique



Ces premières Rencontres biologie-physique du grand Ouest (RBPGO), qui auront lieu à Rennes les 4 et 5 juillet prochains, ont pour objectif de dresser un état des lieux de la recherche à l'interface biologie-physique sur la région Ouest et de stimuler les échanges de techniques, de savoir-faire et les collaborations entre physiciens, biologistes et biophysiciens. Deux grands thèmes seront abordés : Biophysique cellulaire (Éric Karsenti de l'Institut Monod de Paris) et Structure/Fonction des macromolécules (Éva Pebay-Peroula de l'Institut de biologie structurale de Grenoble). Campus de Beaulieu ; Inscriptions et résumés à fournir avant le 30 avril 2002.

→Rens. : [//rbpgo.univ-rennes1.fr/](http://rbpgo.univ-rennes1.fr/)

## Expositions

### ● Jusqu'au 11 avril/ Planète gourmande

Rennes - Cette exposition sur l'alimentation est présentée par l'Espace santé de la Caisse primaire d'assurance maladie d'Ille-et-

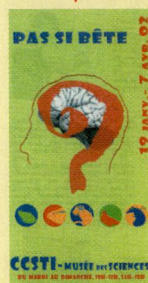


Vilaine, pour une meilleure compréhension des habitudes alimentaires.

Réflexions sur l'alcool, débats sur les troubles de conduite alimentaire, rappel de l'importance d'une alimentation équilibrée à toutes les étapes de la vie..., de nombreuses animations sont proposées lors de la visite. Du lundi au vendredi de 9 h 00 à 12 h 00 et de 13 h 45 à 18 h 00.

→Rens. : Espace santé, 8, rue de Coëtquen, 35000 Rennes.

### ● Jusqu'au 17 avril/



**Pas si bête  
1000 cerveaux,  
1000 mondes :  
le cerveau en  
question**

Laval - La nouvelle exposition du CCSTI de Laval dévoile les mystères de cette machine bien complexe qu'est le cerveau, dans le monde des animaux. L'équipe du CCSTI est là pour répondre aux questions et aborder des thèmes comme la mémoire,

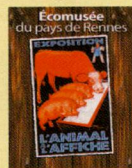
l'apprentissage... qui concernent l'homme de près.

→Rens. : CCSTI de Laval, musée des Sciences, tél. 02 43 49 47 81, [animation.ccsti@mairie-laval.fr](mailto:animation.ccsti@mairie-laval.fr)

### ● Jusqu'au 22 avril/ L'animal à l'affiche

Rennes - Présentée à l'Écomusée du pays de Rennes, cette exposition a été réalisée par l'Écomusée de la Bresse bourguignonne. Affiches agricoles anciennes et contemporaines, plaques émaillées publicitaires illustrent, au travers de différents mouvements artistiques entre la fin de XIX<sup>e</sup> siècle jusqu'aux années 1970, l'évolution des mentalités et les développements agricoles.

→Rens. : Écomusée du pays de Rennes. Ferme de la Bintinais. Tél. 02 99 51 32 47.



### ● Jusqu'au 18 août/ Oursins et animaux rayonnants

Nantes - Oursins, ophiures, lys, concombres ou étoiles de mer, venez découvrir ces animaux étranges, soit actuels et vivants, soit au travers de fossiles, ou encore des photos et des sculptures de Vincent Leray. Regards croisés d'un artiste et de scientifiques.

→Rens. : Muséum d'histoire naturelle de Nantes, tél. 02 40 99 26 20, [www.museum.nantes.fr](http://www.museum.nantes.fr)



## Jeu concours

### ● 21 mars/ Le kangourou des mathématiques 2002



Organisée par l'association Kangourou sans frontières depuis 1991, ce concours favorise la diffusion de la culture mathématique et scientifique en général, ainsi que la rencontre entre jeunes Européens, autour du jeu, de questions ludiques et logiques. 28 pays sont concernés et le nombre de participants ne cesse de croître depuis 1994.

→Rens. : Association Kangourou sans frontières, tél. 01 43 31 40 30, [info@mathkang.org](mailto:info@mathkang.org)  
[www.mathkang.org](http://www.mathkang.org)

## Congrès

### ● 8, 9 et 10 avril/ Pharmacologie

Rennes - 6<sup>e</sup> congrès annuel de la Société française de pharmacologie et 23<sup>es</sup> journées de pharmacovigilance. Lieu : Centre culturel Le Triangle, boulevard de Yougoslavie, Rennes.

→Rens. : [www.pharmacol-fr.org/rennes2002](http://www.pharmacol-fr.org/rennes2002)

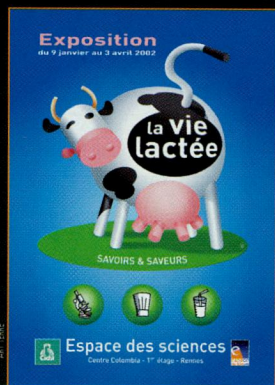
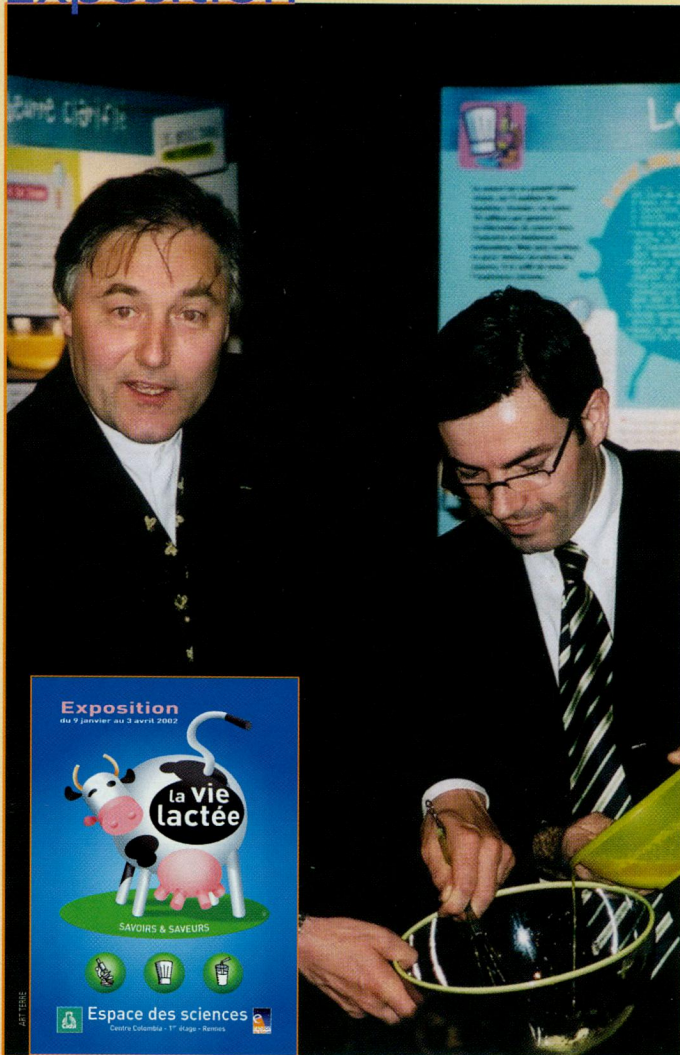


## QUI A DIT ?

Réponse de la page 7

**Ambrose Gwinnett Bierce** (1842-1914) : écrivain et journaliste américain, auteur de nouvelles et d'essais fantastiques et grinçants. Son humour féroce s'exprime dans le Dictionnaire du Diable (1906).

## Exposition



Hervé This et Freddy Thiburce en cuisine.

### Inauguration

● L'exposition la vie lactée a été inaugurée le 23 janvier dernier, en présence de Freddy Thiburce, délégué régional Ouest du Cidil, de Marcel Denieul, président de la section laitière de la FRSEAO\*, ainsi que d'autres personnalités de la filière laitière. Hervé This, physico-chimiste à l'Inra et auteur de plusieurs ouvrages sur la chimie dans la cuisine, était ce jour-là l'invité de l'Espace des sciences. Il a pris place en cuisine avec sa verve et son dynamisme, pour nous concocter quelques expériences... "Le lait est un produit vraiment merveilleux ! Pour ses qualités nutritionnelles d'accord, mais aussi parce que c'est un magnifique terrain d'expériences !", s'exclame-t-il. Déjà pendant l'après-midi, il avait remplacé, pour quelques heures, les animateurs de l'Espace des sciences devant les jeunes visiteurs de l'exposition. Qu'est-ce qu'une molécule ? Pourquoi le lait est blanc ? Pourquoi le lait caille ? Pourquoi il coule ? Autant de questions qui permettent, au travers d'expériences faciles à réaliser, de démontrer, de MONTRER pour comprendre. Et de commencer une "danse des molécules" avec le public pour illustrer son propos. L'occasion de faire ses premiers pas dans le raisonnement scientifique : "Ne crois jamais personne si tu ne l'as pas vérifié !"

Peut-être aura-t-il suscité des vocations chez les plus jeunes et donné des idées d'animation aux autres...

\*Fédération régionale des syndicats d'exploitants agricoles de l'Ouest.

→ La vie lactée, jusqu'au 3 avril. Du lundi au vendredi de 12 h 30 à 18 h 30 et le samedi de 10 h à 18 h 30. Animations : tous les jours à 15 h 30, 16 h et 17 h et le samedi à 11 h, 14 h, 15 h, 16 h et 17 h. → Plein tarif : 2 € ; réduit : 1 € ; 25 € pour les groupes scolaires ; gratuit pour les enfants de moins de 12 ans accompagnés. → Renseignements et réservations : tél. 02 99 35 28 28.

## Conférences

### LES MERCREDIS DE LA MER



Organisé par l'Espace des sciences et l'Ifremer, le cycle de conférences "Les mercredis de la mer", débuté en novembre dernier se poursuit :

#### ● Mercredi 3 avril

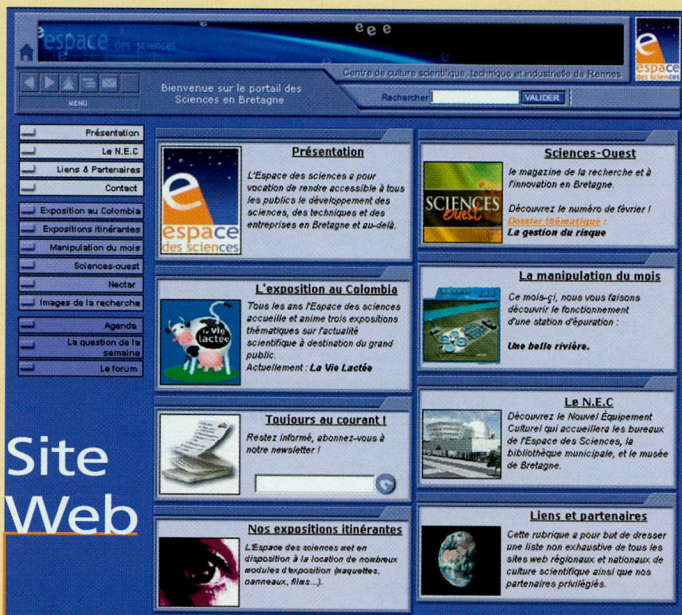
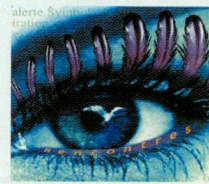
**Les caulerpes invasives : mythe ou réalité ?** Par Thomas Belsher, biologiste à la direction de l'environnement et de l'aménagement du littoral, Ifremer, centre de Brest.

→ Les conférences, d'environ une heure, sont accompagnées de vidéos, de photographies et se terminent autour des questions du public - 20 h 30. Maison du Champ de Mars, 6, cours des Alliés, Rennes.

### L'HOMME ET L'OISEAU

La dernière rencontre avec les oiseaux aura lieu le **jeudi 4 avril**, avec le journalisme et l'oiseau.

→ Gratuit et ouvert au public, maison de quartier de la Bellangerais, 5, rue du Morbihan, 35700 Rennes. → Rens. : LPO, tél. 02 99 27 21 13.



## Site Web

### Version 3.0

● Dans le numéro de janvier, nous vous présentions les changements concernant Sciences Ouest en ligne. Aujourd'hui, c'est le site entier de l'Espace des sciences qui affiche sa nouvelle identité graphique ! Mais les nouveautés ne sont pas seulement visuelles, elles offrent aussi plus de facilité dans la navigation. Le menu de la page d'accueil permet en effet d'accéder très rapidement aux dernières rubriques mises à jour et une interface graphique permet de mieux visualiser l'arborescence globale du site, grâce au menu déroulant à gauche. C'est ainsi que des rubriques déjà existantes sont plus visibles et accessibles dès cette première page. C'est le cas de celle consacrée au NEC, avec laquelle il est possible de suivre l'évolution mensuelle du chantier, et des liens et partenaires, qui proposent une liste non exhaustive des sites régionaux et nationaux de culture scientifique. De nouvelles rubriques ont également été créées : un forum de discussion, l'abonnement à la "newsletter" sur l'actualité de l'Espace des sciences, ou encore "la question de la semaine" (reprise des questions diffusées le dimanche dans Ouest-France). Enfin, un nouveau moteur de recherche permet une recherche poussée sur la totalité des contenus du site de l'Espace des sciences. Mais le mieux, pour apprécier tous ces changements, est encore d'aller surfer sur le site !

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

→ Rens. : Marianne Le Tutour, marianne.letutour@espace-sciences.org

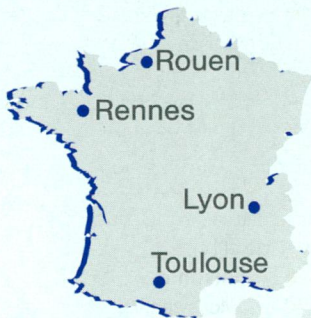


# Ecole d'Ingénieurs

Etablissement Public à caractère Scientifique, Culturel et Professionnel,  
sous tutelle du Ministère de l'Éducation Nationale.

forme à Rennes des ingénieurs dans les spécialités :

**Electronique et Systèmes de Communications**  
**Génie Civil et Urbanisme**  
**Génie Electrique**  
**Génie Mécanique et Automatique**  
**Génie Physique**  
**Informatique**



Un réseau de 4 écoles  
à découvrir sur  
[www.insa-france.fr](http://www.insa-france.fr)

à la suite d'un premier cycle de deux années (recrutement après le bac sur dossier). Possibilité de recrutement à bac + 2 (DEUG, DUT, BTS, CPGE) et à bac + 4 (maîtrise) avec intégration en 1ère année et 2ème année de spécialité après sélection sur dossier.

RENSEIGNEMENTS :

Tél. 02 23 23 83 58 - [accueil.orientation@insa-rennes.fr](mailto:accueil.orientation@insa-rennes.fr)  
Les dossiers sont à déposer pour le 15 avril 2002.

## Institut National des Sciences Appliquées

20, avenue des Buttes de Coësmes - CS 14315 - 35043 RENNES CEDEX  
Tél : 02 23 23 82 00 - Fax : 02 23 23 83 96 - Web : [insa-rennes.fr](http://insa-rennes.fr)

# Abonnez-vous et recevez chaque mois Sciences Ouest + Découvrir



### Tarif normal

2 ANS 54 € (au lieu de 66 €\*) soit 4 numéros gratuits  
1 AN 30 € (au lieu de 33 €\*) soit 1 numéro gratuit

### Tarif étudiant (joindre un justificatif)

2 ANS 27 € (au lieu de 66 €\*) soit 13 numéros gratuits  
1 AN 15 € (au lieu de 33 €\*) soit 6 numéros gratuits

### Tarif étranger ou abonnement de soutien

2 ANS 76 € 1 AN 50 €

### Je souhaite un abonnement de

- 1 AN (11 N<sup>os</sup> Sciences Ouest + 11 N<sup>os</sup> Découvrir)  
 2 ANS (22 N<sup>os</sup> Sciences Ouest + 22 N<sup>os</sup> Découvrir)

- Tarif normal  Tarif étudiant (joindre un justificatif)  
 Tarif étranger ou abonnement de soutien

Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_

Organisme/Société \_\_\_\_\_

Secteur d'activité \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

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

Tél. \_\_\_\_\_ Fax \_\_\_\_\_

Je désire recevoir une facture

Bulletin d'abonnement et chèque à l'ordre de l'Espace des sciences, à retourner à : Espace des sciences, 6, place des Colombes, 35000 Rennes.

\*prix de vente au numéro

50 186




**Siège social : à 831 km**  
**Temps d'accès : 100 millisecondes**  
**Hauts débits : à volonté. 24 h/24**



Donnez de l'oxygène à votre entreprise. Avec le meilleur des services sur Fibre Optique et DSL Entreprises, vous gomez les distances entre vos sites et organisez l'échange d'informations. Avec son Approche intégrale, France Télécom vous apporte la puissance et l'évolutivité de ses solutions Hauts débits. [www.francetelecom.com/entreprises](http://www.francetelecom.com/entreprises)

**Votre e-potentiel va vous surprendre**

 **france telecom**