

SCIENCES *Ouest*

RECHERCHE ET INNOVATION EN BRETAGNE N° 194



Alimentation

DÉCEMBRE 2002 / 3 €



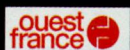
la chimie naturellement

E x p o s i t i o n



Du **11** septembre 2002
au **22** février 2003

Espace des sciences
Centre Colombia - 1er étage - Rennes



Éditorial

MICHEL CABARET, DIRECTEUR DE L'ESPACE DES SCIENCES

L'ALIMENTATION

L'Espace des sciences et sa revue *Sciences Ouest* ont choisi de vous présenter pour cette fin d'année un dossier sur les différents travaux effectués en Bretagne sur le thème de l'alimentation. Il fait suite aux conférences "Les mardis de l'Espace des sciences" organisées du 8 octobre au 26 novembre dernier qui ont été suivies par un public nombreux. Des responsables et chercheurs de grand renom ont en effet animé ces soirées au Triangle : Pierre Thivend, Gérard Pascal, Marcel Hladik, Françoise Cousin, Claude Fischler et Hervé This.

L'alimentation est au cœur de notre quotidien. Elle vise à satisfaire nos besoins nutritionnels, tout en nous permettant de nous maintenir en bonne santé, le plus longtemps possible. Elle doit être sûre, c'est-à-dire dépourvue de risques et adaptée à notre mode de vie. Elle est également source de plaisir et dans un pays comme le nôtre cette dimension joue un rôle majeur.

La thématique de l'alimentation s'articule en Bretagne autour du programme régional nutrition-santé et sur les travaux de recherche des laboratoires de l'Inra, du CHU de Brest, du Centre d'études et de recherche en nutrition de Lorient, menés en relation avec les centres techniques, à la demande des industriels...

L'alimentation, on l'a dit, c'est aussi le souci de la sécurité, pour laquelle intervient l'Afssa à Ploufragan, mais aussi des entreprises comme Agreen Tech, présentée ici dans le cadre de notre convention avec l'Anvar et spécialisée dans la mise au point d'outils de traçabilité pour les différentes filières agroalimentaires.

L'homme ne se contente pas de manger, il "pense" ses aliments, c'est pourquoi il s'attache aujourd'hui à approfondir nos connaissances sur ce thème universel.

La chronique culinaire d'Hervé This vous dévoilera, à ce titre, certains secrets des blancs en neige... Mais vous retrouverez également au sommaire d'autres rubriques hors alimentation mais non moins chères à la revue, comme l'actualité de la Génopole Ouest, avec la présentation des travaux du professeur Férec à Brest et une page histoire et société sur les enjeux de la gestion du patrimoine technique et industriel.

Bonne lecture et bonne ingestion des ingrédients de *Sciences Ouest* ! ■

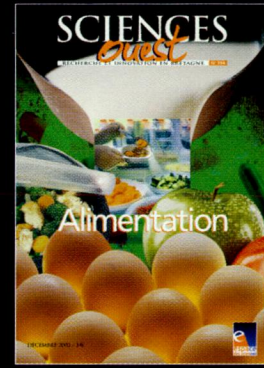


SCIENTES OUEST est rédigé et édité par l'Espace des sciences, Centre de culture scientifique technique et industrielle (Association)
■ Espace des sciences, 6, place des Colombes, 35000 Rennes - nathalie.blanc@espace-sciences.org - http://www.espace-sciences.org - Tél. 02 99 35 28 22 - Fax 02 99 35 28 21 ■ Président de l'Espace des sciences : Paul Tréhen. Directeur de la publication : Michel Cabaret. Rédaction en chef : Nathalie Blanc. Rédaction : Claire Chavanat, Jean François Collinot, Jérôme Cucarull, Vincent Dermen, Hervé This. Comité de lecture : Christian Willaime (physique-chimie-matériaux), Gilbert Blanchard (biotechnologies-environnement), 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 délégué Recherche et Nouvelles technologies, des départements du Finistère et d'Ille-et-Vilaine, de Rennes Métropole, de la Direction régionale des affaires culturelles et du Fonds social européen. Édition : l'Espace des sciences. Réalisation : Pierrick Bertot création graphique, 35510 Cesson-Sévigné. Impression : TPI, 35830 Betton.



BIBLIOTHEQUE RENNES F. 16

SOMMAIRE DÉCEMBRE 2002



Tirage du n° 194 : 4 500 ex.
Dépôt légal n°650
ISSN 1623-7110

EN BREF 4/5

GROS PLAN Laboratoire Génopole Ouest : nos gènes à la loupe... 6

GROS PLAN Histoire et société L'histoire industrielle et technique : une mémoire pour l'avenir 7

GROS PLAN Chronique culinaire Rumeurs gonflées sur les œufs en neige.. 8

DOSSIER

L'alimentation nouvelle vague 9

Programme nutrition - santé en Bretagne 10

Nutrinov mise sur l'aspect nutritionnel..... 10/11

Bleu-Blanc-Cœur : le lin, fibre de liaison entre hommes et animaux..... 11

L'Adria, partenaire des industriels dans l'innovation 11

Dis-moi ce qu'il y a dans ton assiette.... 12

Cern : la nutrition, un objet de recherches 13

L'Afssa au service de la sécurité alimentaire 14

Pour une synergie entre l'alimentation animale et humaine en Bretagne 15

Agreen Trace : une gestion globale pour les professionnels de l'agroalimentaire 16

Pour en savoir plus 17

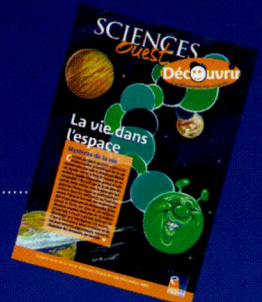
GROS PLAN Comment ça marche ? Le goût 18

AGENDA 20/21

À L'ESPACE DES SCIENCES 23

Supplément Découvrir

La vie dans l'espace



Sciences Ouest sur Internet
→ www.espace-sciences.org

Du côté des entreprises

● Bilan des 5^{es} journées régionales de la création d'entreprise



Ces 5^{es} journées régionales de la création d'entreprise, qui se sont tenues les 11 et 12 octobre derniers à Rennes, ont accueilli plus de 4 200 visiteurs. Un bilan très positif pour les organisateurs : le Club des créateurs et repreneurs d'entreprises d'Ille-et-Vilaine et la CCI de Rennes. L'inauguration a eu lieu en présence de Renaud Dutreil, secrétaire d'État aux PME, au Commerce, à l'Artisanat, aux Professions libérales et à la Consommation, qui, à cette occasion, a présenté son projet de loi sur l'initiative économique. Au cours des différents ateliers et forum, celui sur le thème de la reprise a rencontré un succès particulier, avec plus de 400 participants, confirmant qu'une part grandissante de futurs entrepreneurs se tournent vers cette solution plutôt que vers la création.

→Rens. : Club des créateurs et repreneurs d'entreprises d'Ille-et-Vilaine, tél. 02 99 33 66 80, www.club-createurs35.org

● Assemblée générale de la Mirceb

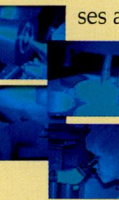


L'assemblée générale de la Mission régionale de coordination du commerce extérieur breton (Mirceb) s'est tenue à Rennes le 7 novembre dernier, en présence de Bernard Angot, son président et de Josselin de Rohan, président du Conseil de surveillance et président du Conseil régional de Bretagne. Celui-ci, pendant cette séance, s'est réjoui de la réorganisation de l'association et notamment de la redistribution des équipes selon une organisation sectorielle, et non plus géographique, qui promet d'être plus efficace. De son côté, Bernard Angot a souligné le besoin urgent d'informer et de former les industriels sur les questions scientifiques, notamment en ce qui concerne les brevets et la réglementation. Une collaboration plus étroite avec les Critt* et les centres de recherche s'inscrit donc dans les priorités.

→Rens. : Mirceb, tél. 02 99 25 04 04, i.charmeil@mirceb.com, www.mirceb.com

● Crise de croissance aiguë pour Servision

Cette entreprise lorientaise, spécialisée dans la fabrication de lentilles intra-oculaires (cristallins artificiels) est actuellement en pleine phase de croissance. Elle va donc regrouper



ses activités administratives et son unité de production sur le technopôle à Ploemeur (près de Lorient). Un aménagement qui sera effectif dès le mois d'août 2003. Premier fabricant de lentilles intra-oculaires à valider la stérilisation plasma, Servision avait également lancé, en janvier 2001, la première lentille multifocale en matériau bicomposants acrylique.

→Rens. : Servision, tél. 02 97 21 47 88, contact@servision.fr, <http://www.servision.fr>

Du côté des labos



● La Génopole Ouest est un GIS

La signature de la convention du Groupement d'intérêt économique (GIS) Génopole Ouest a eu lieu le 25 novembre dernier à Rennes. Michel Renard, son président en a rappelé les grandes lignes et l'organisation, alors que Josselin de Rohan et Jean-Luc Harousseau, respectivement présidents du Conseil régional de Bretagne et des Pays de la Loire, ont exposé l'intérêt stratégique que représente la mise en œuvre d'un tel réseau, soit 54 unités et 800 chercheurs (voir *Sciences Ouest* n° 186 - mars 2002).

Enfin, cette journée a aussi été l'occasion de la mise en place du conseil de groupement de la Génopole Ouest, dont François Resche, président de l'université de Nantes est le vice-président et Patrick Navatte, président de l'Université de Rennes 1, le président. Ce dernier rappelant que "l'évaluation des Génopoles ayant lieu fin 2004 : nous devons impérativement faire nos preuves et produire des résultats."

→Rens. : Critt santé Bretagne, tél. 02 23 23 45 81, crittgbm.bretagne@univ-rennes1.fr

Les échos de l'Ouest

● Rentrée du campus santé de Rennes 1



La cérémonie d'accueil des nouveaux étudiants des facultés de médecine, pharmacie et odontologie a eu lieu le 22 octobre dernier à Rennes. Ce jour est aussi traditionnellement l'occasion, pour les trois doyens et le président de l'Université de Rennes 1, de remettre leur prix aux meilleurs étudiants des trois disciplines ; et aux étudiants de décerner des prix à leurs professeurs. Mais la nouveauté cette année fut la présentation, par le professeur Grall - gynécologie, obstétrique - de l'intégration des sages-femmes dans la première année de médecine et donc dans le *numerus clausus* du concours.

→Rens. : www.fac.med.univ-rennes1.fr/ [www.pharma.univ-rennes1.fr/ index.php](http://www.pharma.univ-rennes1.fr/index.php) www.odonto.univ-rennes1.fr/

● Les cybercommunes récompensées



Le 30 octobre dernier, Jean-Louis Debré, président de l'Assemblée nationale, a remis à Josselin de Rohan, président du Conseil régional de Bretagne, une Marianne d'Or, pour honorer la mise en place des cybercommunes. Ce dispositif se développe en effet de façon remarquable en ce moment : la 300^e cybercommune bretonne a été inaugurée cet été (voir page 4 du n° 191 de *Sciences Ouest* - septembre 2002), ce qui représente les 2/3 des communes de la région, et les cybercommunes sont en phase d'être raccordées au réseau breton haut débit Mégalis (voir le dossier du n° 193 - novembre 2002). La Marianne d'Or est "le concours national de la démocratie de proximité, des ambitions locales et de la solidarité des territoires" qui récompense chaque année des élus pour leurs initiatives au profit du développement local.

→Rens. : Conseil régional de Bretagne, Olivier Péraldi, tél. 02 99 27 13 56, o.peraldi@region-bretagne.fr



Rennes Atalante

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)*, *Insfa (agroalimentaire)*, *ENSP (santé publique)*, *ENSC Rennes (chimie)*, *Ispa (production animale)*, *lesiel (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
Technopole de Rennes Métropole

Consultez notre web : <http://www.rennes-atalante.fr>

QUI A DIT ?

"La découverte d'un mets nouveau fait plus pour le bonheur du genre humain que la découverte d'une étoile."
Réponse page 20

● Nouveau module ESC - Insa - Rennes Atalante



L'École supérieure de commerce de Rennes (ESC) et l'Institut national des sciences appliquées de Rennes (Insa) ont signé, le 12 novembre dernier, une convention pour un programme de coopération académique, soutenu par Rennes Atalante. À la clé, la création d'un module de sensibilisation à la création d'entreprises. Quinze étudiants de chaque école ont d'ores et déjà choisi d'acquiescer une double compétence en suivant ces enseignements (répartis sur 72 h) qui ont débuté en octobre dernier et au terme desquels ils recevront un certificat d'ingénieurs d'affaires, option lancement et développement d'une activité entrepreneuriale dans le domaine des technologies de gestion de l'information. Ils utiliseront notamment la problématique de la création d'entreprises, en particulier celle d'un business plan, comme outil pédagogique. Une expérience concrète qui pourra susciter chez eux de futurs projets de création, en relation avec la technopole Rennes Atalante.

→Rens. : ESC, Alex Hainaut, tél. 02 99 54 63 63, Insa, Fanny Gourret, tél. 02 23 23 82 00, Rennes Atalante, Sylvain Coquet, tél. 02 99 12 73 82.

● Salon Cyberhalles reporté

La 4^e édition du salon Cyberhalles-services et solutions Internet pour les entreprises, initialement prévue les 28 et 29 novembre derniers au parc Expo de Rennes, a été reportée à une date ultérieure, au cours du second semestre 2003.

→Rens. : Catherine Delalande, Alter Expo SARL, tél. 02 99 23 72 00.

● 3^{es} Rencontres nationales des politiques régionales de la recherche



Pour la troisième année, à Rennes, l'événement s'est formalisé en devenant les rencontres nationales des politiques régionales de la recherche et du développement technologique. Claudine Laurent, vice-présidente du Conseil supérieur de la recherche et de la technologie et Alain Coste, directeur de la technologie au minis-



Claudine Laurent, Jacques Berthelot et Alain Coste, lors des 3^{es} Rencontres nationales des politiques régionales de la recherche et du développement technologique.

tère délégué à la Recherche et aux Nouvelles technologies, étaient présents, le 25 novembre dernier, autour de Jacques Berthelot, président du CCRDT*. 140 personnes s'étaient déplacées, représentant la quasi-totalité des régions françaises. L'occasion pour celles-ci d'échanger et de comparer leurs expériences notamment sur le développement des affaires européennes et la mise en place d'indicateurs homogènes et représentatifs des politiques publiques de recherche, et de débattre sur l'évaluation des structures d'interface (centre de transfert de technologies), d'une part, et sur l'impact de la recherche sur le développement territorial, d'autre part.

→Rens. : Olivier Péraldi, Conseil régional de Bretagne, tél. 02 99 27 13 56.



N.B. : L'Espace des sciences et le Conseil régional de Bretagne vous proposent, à cette occasion, un numéro spécial de *Sciences Ouest*, reprenant une quinzaine d'articles sur les activités de recherche de la région, parus au cours des derniers mois (joint à ce numéro).

● Surveillance du Sida

Une mise à jour des données : enquête sur le dépistage de la séropositivité au VIH, cas de Sida et décès dus au Sida en Bretagne, est disponible sur le site Internet de l'ORS** Bretagne.

- Surveillance du Sida en Bretagne. Mise à jour au 15 novembre 2001 (au format pdf 20 pages) : <http://www.orsb.asso.fr/pages/etudes/SurveillanceSida.htm>

- La séropositivité au VIH et le Sida en Bretagne - novembre 2001 (au format html 6 pages) : http://www.orsb.asso.fr/2_Fiches/SeropoVIHSida/SeropoVIHSida.htm

→Rens. : Odile Piquet, Observatoire régional de la santé de Bretagne, tél. 02 99 14 24 24, o.piquet@orsb.asso.fr, <http://www.orsb.asso.fr>

● Allégations nutritionnelles, éthiques et de santé

La Direction générale santé et protection des consommateurs avait commandé une étude sur les allégations nutritionnelles, les allégations de santé et les allégations éthiques au bureau de consultants "Hill and Knowlton International Belgium SA/NV", dans l'intention de stimuler un débat et de recueillir de plus amples avis sur une possible proposition de modification de la directive 84/450/CEE en matière de publicité trompeuse. Le document de 500 pages, rédigé en anglais, est disponible depuis le mois de juillet 2002 à l'adresse suivante : http://europa.eu.int/comm/consumers/policy/developments/envi_clai/envi_clai03_en.pdf

D'autres travaux sont actuellement en cours sur ces questions.
→Rens. : Euro info centre, tél. 02 99 25 41 57, eic@bretagne.cci.fr

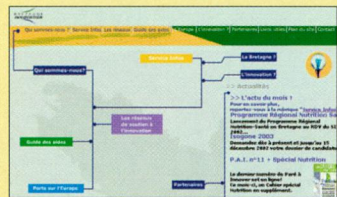


Internet

● www.bretagne-innovation.tm.fr

Inauguré lors du Sial, en octobre dernier, le nouveau site de Bretagne Innovation offre aux PME bretonnes un accès facile au réseau breton de soutien à l'innovation, c'est-à-dire les centres d'innovation technologique, le Réseau de développement technologique (RDT), le Centre relais innovation atlantique (CRI) et Arcange, un réseau d'investisseurs privés. Une rubrique "Porte sur l'Europe" fait le point sur les projets en cours et propose des kits méthodologiques de montage de projets. Vous retrouverez également la revue Paré à Innover en ligne, ainsi que tout un tas d'autres actualités.

→Rens. : Bretagne Innovation, tél. 02 99 67 42 00.



À lire

● Bilan de santé des organismes et des écosystèmes marins - Quels signaux biologiques mesurer ?

L'examen des signaux biologiques des organismes marins peut aider à évaluer et protéger leur santé, mais aussi celle de l'environnement. Cet ouvrage répond aux quatre questions : quels signaux biologiques sait-on mesurer ? Sont-ils significatifs ? Renseignent-ils sur la nature et le niveau de pollution d'origine chimique ? Sont-ils utiles pour prédire les dysfonctionnements écologiques ? →Éditions Ifremer, tél. 02 98 22 40 13, editions@ifremer.fr, 42 pages, 17 €.

● Une gourmandise

Arrivée à la fin de sa vie, Muriel Barbery, grand nom de la gastronomie mondiale, nous offre un aperçu de ses souvenirs gustatifs, entre Nice et la rue de Grenelle, entre fumets, gibiers, poissons et alcools. L'auteur nous donne ici un des plus jolis textes de la littérature gourmande... de quoi se mettre l'eau à la bouche ! →Muriel Barbery, Éd. Gallimard, 2000, 165 pages.

● Pour une nouvelle physiologie du goût

Un grand cuisinier et un neurobiologiste nous font partager leurs émotions et leurs réflexions sur le goût et les goûts, autant pour apprécier les saveurs du contenu de nos assiettes que pour expliquer ce qui se passe dans l'arrière-boutique de nos nez. Un dialogue entre science et gastronomie qui ne manque ni d'humour, ni de goût. →Jean-Marie Amat, Jean-Didier Vincent, Éd. Odile Jacob, 2000, 238 pages.

● Que votre alimentation soit votre première médecine

Un livre de conseils pratiques pour garder la santé en choisissant sa nourriture. L'auteur réhabilite un rapport sain et positif à notre alimentation quotidienne. →Dr Laurent Chevallier, Fayard, 2001, 462 pages.

Les "coups de cœur" sont disponibles à la bibliothèque Colombia (Rennes). 5



Génopole Ouest

Nos gènes à la loupe

L'équipe du professeur Claude Férec analyse les gènes des Bretons. D'une manière épidémiologique, mais également du point de vue de la génomique. Avec la Génopole Ouest la construction d'un axe fort dans ce domaine a été accélérée de manière considérable.

→ L'équipe de génétique humaine du professeur Claude Férec est une équipe mixte regroupant les chercheurs de l'Inserm, l'UBO et l'EFS*. Depuis plus de dix ans, ces scientifiques étudient différentes pathologies moléculaires en tentant d'identifier les gènes et surtout leurs mutations. "Nous sommes à un stade où nous avons les gènes en main, explique Claude Férec. Nous étudions maintenant leur expression et celle de leurs mutations." Le génome humain a été décrypté à 95% en 2001. Mais que faire d'une telle somme de connaissances si on ne sait pas à quoi servent les séquences décryptées ? L'enjeu est donc de lier un génotype à un phénotype, c'est-à-dire d'établir la relation qui existe entre la structure d'une séquence moléculaire et sa fonction biologique. Les trois principaux modèles de gènes étudiés sont ceux de la pancréatite héréditaire, de l'hémochromatose et de la mucoviscidose. Or ce dernier peut présenter de nombreuses mutations. On en connaît actuellement plus de quarante, dont plusieurs ont été mises en évidence au sein du laboratoire.

Science *in silico*

Cette diversité a permis, entre autres, aux chercheurs de mener des travaux d'épidémiologie. La répartition des mutations du gène de la mucoviscidose en Bretagne est maintenant bien connue et permet d'autres investigations, historiques notamment (voir *Sciences Ouest* n° 179 - juillet/août 2001). L'axe de développement majeur reste pourtant la génomique fonctionnelle. Pour Claude Férec, la Génopole est avant tout une chance de pouvoir travailler en réseau avec Rennes, Nantes et Angers. Les outils partagés sont également un atout considérable car chaque laboratoire pris individuellement ne peut prétendre à de tels équipements. La plate-forme de génotypage (séquençage haut débit) à Roscoff en est un exemple des plus probants et est susceptible d'être utile aux généticiens brestois. C'est toujours dans le cadre de la Génopole que l'équipe vient de se doter d'un "Biacore X", un appareil permettant de repérer les interactions entre molécules. Cet équipement est uti-

lisé actuellement pour étudier une protéine dont les différentes formes inactives, induites par des mutations génétiques, sont responsables de la mucoviscidose. L'enjeu est alors d'identifier des molécules capables d'interagir et de réactiver cette protéine malade.

La Génopole Ouest a également su mettre en avant un aspect primordial de la biologie moderne : la bio-informatique. Pour Claude Férec, cette discipline est un passage obligé : "La somme d'informations que les moyens actuels permettent d'obtenir est telle qu'il est indispensable d'acquérir des outils et un savoir-faire pour les traiter et les mettre en valeur efficacement. Les biologistes pourront de moins en moins se passer de cette spécialité, même si pour l'instant les laboratoires ne sont pas encore tous équipés en matériel et en personnel qualifié." (NDLR : un DEA de bio-informatique est proposé à l'Université de Rennes I).

Vecteurs moléculaires

Les projets de l'équipe du professeur Férec sont tournés vers l'exploration fonctionnelle et notamment vers le développement des vecteurs. Ces recherches menées conjointement avec le laboratoire

de chimie organique de l'UBO consistent à mettre au point des molécules pour compacter un gène et le faire entrer dans une cellule. En effet, l'ADN étant une molécule de grande taille chargée négativement, elle est peu adaptée pour franchir les membranes cellulaires elles aussi chargées négativement sur leur face extérieure. En changeant la polarité de la molécule grâce à des phosphonolipides, il devient alors possible de faire pénétrer des séquences d'ADN et ainsi, de modifier un gène. C'est aujourd'hui la voie la plus efficace et la moins toxique pour effectuer ce type d'opérations ; elle représente une alternative intéressante à l'utilisation des virus. Ces molécules sont utilisables en laboratoire, et pourquoi pas un jour pour la thérapie génique ? Deux brevets ont déjà été déposés. La Génopole Ouest va permettre une bonne valorisation de ces travaux. ■ V.D.

*EFS : Établissement français du sang.

Contact → Professeur Férec,
Établissement français du sang,
tél. 02 98 44 50 64.



L'histoire industrielle et technique : une mémoire pour l'avenir

Pourquoi l'histoire d'une entreprise n'est-elle pas toujours facile à reconstituer ? Qui peut s'en occuper ? Que peut apporter le passé à l'avenir ? Le point avec Jérôme Cucarull, historien spécialiste de la sauvegarde du patrimoine industriel et technique.

→ Au-delà de la connaissance anecdotique de son histoire, la mémoire d'une entreprise permet de comprendre les évolutions techniques et industrielles, au travers d'une démarche mêlant l'histoire, la sociologie et l'ethnologie. Elle met en avant les hommes qui ont contribué par leur intelligence et leur travail à façonner cette histoire. La transmission de l'expérience des "anciens" en est le fondement.

Mais la démarche n'est jamais évidente, surtout lorsqu'il s'agit d'usines en déshérence. Celle entamée par le Conseil général d'Ille-et-Vilaine autour des fours à chaux de Lormandière à Chartres-de-Bretagne montre en effet les difficultés de réappropriation de tels sites. Le fait que, ici comme dans bien d'autres cas, une association se soit emparée de ce patrimoine dans un objectif bien particulier, ne facilite pas toujours l'émergence d'un projet cohérent et structuré, même si l'initiative a, dans un premier temps, été fondamentale pour sauver le lieu.

Un atout pour les entreprises

Outre l'acquisition des savoir-faire, qui peut permettre de surmonter des problèmes techniques ou

encore un changement d'orientation dans la production lors du passage à un travail à la chaîne, par exemple, l'histoire (en tant que discipline scientifique), comme toute matière reposant sur un regard rétrospectif, permet aussi de mieux comprendre des phénomènes passés et mal connus et par là de maîtriser ou au moins d'organiser l'avenir.

La démarche ne concerne pas que les entreprises : à une époque où les pays et les diverses collectivités se retournent sur leur passé pour y puiser des éléments forts de développement culturel, la notion d'identité passe de plus en plus par un regard sur les activités qui ont irrigué la région et lui ont permis de se développer. C'est une des fonctions les plus visibles de l'historien que de transmettre cette mémoire au travers de la conservation et l'étude des bâtiments, des machines, des archives et de l'expérience des acteurs. Dans cet esprit, de nombreuses réflexions sont actuellement menées par diverses collectivités bretonnes.

En revenant sur le passé, on s'aperçoit souvent combien la localisation d'activités en milieu rural a conditionné la mentalité des dirigeants. C'est évident pour l'industrie granitière : au début du XX^e siècle,

les premiers patrons granitiers, qui sont pour la plupart fermiers avant tout, ouvrent avec peu de moyens, de petites carrières au rayonnement économique local. Or, certains patrons ont encore tendance, aujourd'hui, à gérer leurs carrières sans toujours se soucier de rentabilité.

Préparer l'avenir

Et parfois, l'image de référence est restée un peu vieillotte - celle du tailleur de pierre pour les granitiers - alors que l'outil est devenu industriel et tout à fait moderne ! Or, le décalage de cette représentation avec la réalité actuelle peut constituer un frein, notamment en matière d'innovation. Ce sont des réflexes quasi inconscients que seuls l'analyse et le recul peuvent mettre en évidence. On retrouve le même phénomène, avec 30 ans de décalage, dans l'industrie de la chaussure, où le modèle de référence est longtemps resté celui du cordonnier - bottier capable de faire une chaussure entièrement à la main -. Mais changer de modèle de référence n'est pas toujours facile à gérer pour les entreprises qui se voient souvent rejetées du tissu industriel environnant (par exemple, l'usine de chaussures Réhault à Fougères, dans les années 1960 ou actuellement l'entreprise Pelé Granit de Montreuil-sur-Ille). Mais dans un environnement de plus en plus mondialisé, les entreprises doivent cultiver leurs spécificités qui s'expliquent par leur

histoire propre et qui les distinguent. Elles peuvent constituer des avantages, mais aussi des obstacles aux évolutions.

En effet si la préservation des savoir-faire est indispensable, il faut cependant avoir une démarche raisonnée. Il peut y avoir en effet un réel danger économique à patrimonialiser telle ou telle activité. Ce qui est arrivé à la cristallerie de Fougères est à cet égard éclairant.

La multiplication des annonces publicitaires, des opérations touristiques mettant en avant les souffleurs de verre à la bouche, a longtemps masqué l'archaïsme de l'outil de production. Et ce n'est qu'après un récent dépôt de bilan suivi d'une reprise d'activité que l'on a pu mesurer l'ampleur du décalage existant entre l'image survalorisée véhiculée régionalement et la performance réelle de l'entreprise.

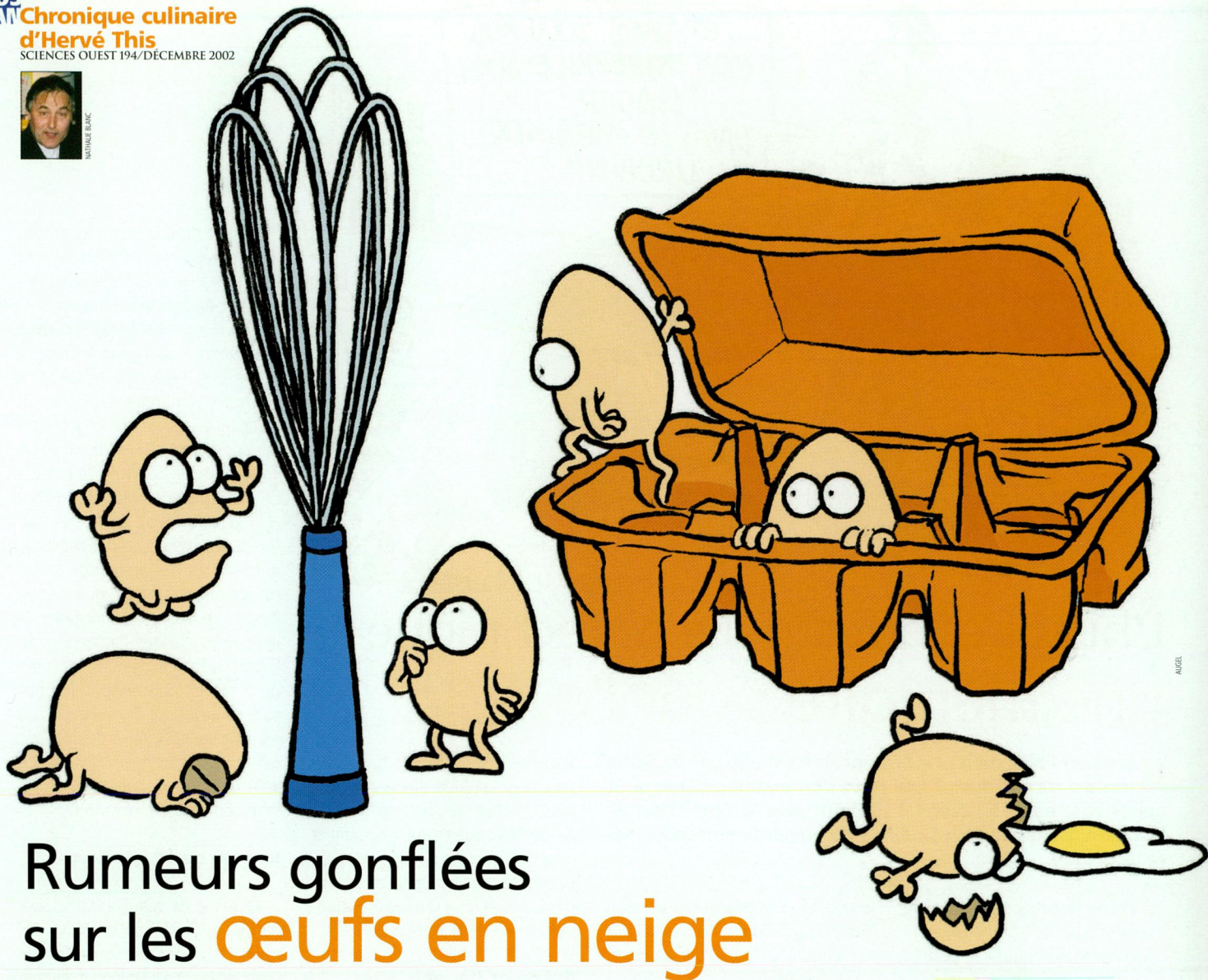
Le rôle de l'historien

En terme de communication vers l'extérieur, l'historien ne trouve pas toujours sa place car l'entreprise a le souci de maîtriser l'information pour offrir une image certes valorisante mais aussi souvent très lisse. Ainsi la fédération de la métallurgie Metelim a fait appel à un journaliste pour réaliser un grand panorama de l'histoire de son activité, publié dans un luxueux ouvrage. L'approche de l'historien est différente : par une démarche scientifique, il synthétise l'ensemble des informations qu'il récolte, ce qui n'est pas toujours facile à entendre pour le commanditaire. Mais il ne s'agit pas de porter un regard nostalgique sur son passé, ni de réaliser un document de propagande mais au contraire de proposer à l'entreprise un regard distancié afin d'offrir des pistes de réflexion. Là s'arrête le travail historique mais il est essentiel que ces paramètres soient intégrés dans une décision qui engage souvent le devenir même de l'entreprise. ■ J.C.

Contact → Jérôme Cucarull, historien consultant, 19, avenue Gaston Berger, 35000 Rennes, tél./fax 02 23 46 36 95, jerome.cucarull@caramail.com



WIKIPEDIA BLANC



Rumeurs gonflées sur les œufs en neige

Les blancs en neige font l'objet d'autant de dictons que les mayonnaises. Et pour cause : ils sont largement utilisés en cuisine, dans les mousses au chocolat, les soufflés, les quenelles, des gâteaux variés... On dit qu'ils montent mieux en neige quand on les fouette toujours dans le même sens. Que le sel, ou le jus de citron, les font plus fermes. Ou encore, qu'une fois battus ils ne font guère plus d'un demi-litre. Vrai ou faux ? Démonstration.

→ Pour obtenir des blancs en neige, c'est tout simple : il suffit d'introduire des bulles d'air dans des blancs d'œufs. Progressivement, le fouet qui introduit les bulles divise celles qui sont déjà présentes et dont le diamètre diminue. Finalement, une mousse ferme est obtenue quand les bulles d'air sont suffisamment tassées pour ne plus bouger facilement dans l'eau des blancs.

Oui, mais comment battre ? On dit parfois qu'il faut fouetter toujours dans le même sens pour que les blancs d'œufs montent mieux en neige. Est-ce vrai ? Non. Le sens de battage importe peu : un gaucher bat aussi bien les blancs en neige qu'un droitier, et on peut même

changer de sens de battage ou de main en cours de route, sans nuire à la montée des blancs. La seule chose qui compte, c'est de faire un geste qui introduise les bulles d'air. Le choix du fouet est aussi important : pour bien le choisir, pensez que plus il a de fils, plus il introduira de bulles simultanément dans le blanc d'œuf (un fil pousse deux fois moins de bulles d'air dans l'eau des blancs que deux fils : c'est simple, non ?). De surcroît, un gros manche évitera une crispation de la main, analogue à la crampe de l'écrivain. Reste le récipient : évidemment, s'il a des recoins, comme c'est le cas pour le fond des casseroles, le fouet ne pourra y passer. Préférez un "cul de poule", c'est-à-dire un bassin au fond arrondi.

Concernant le volume maintenant ; il est vrai que, lorsque l'on fouette un blanc d'œuf, il mousse, blanchit, devient ferme en formant un volume inférieur au demi-litre (et encore, seulement pour les gros œufs !). Pourquoi n'obtient-on pas davantage de mousse ? Afin de trouver une solution, il faut connaître quelques petites choses simples sur les blancs en neige.

Partons d'un blanc d'œuf et fouettons-le : le fouet introduit des bulles d'air, assez stables. Dans de l'eau pure, au contraire, les bulles sont également formées, mais elles disparaissent aussitôt. Pourquoi cette différence ? Parce qu'un blanc d'œuf n'est pas fait seulement d'eau. En effet, si l'on évapore un blanc en le chauffant doucement dans une poêle, il reste une sorte de feuille transparente, analogue à une feuille de gélatine gondolée. C'est la preuve que le blanc d'œuf est essentiellement composé d'eau (à 90 %) et des molécules qui forment cette feuille : ce sont des protéines. Ces protéines sont comme

de minuscules pelotes, repliées sur elles-mêmes. Quand on fouette un blanc d'œuf, le fouet déroule les pelotes, qui viennent entourer les bulles d'air et les stabiliser.

Revenons maintenant à la question des blancs en neige dont le volume est limité. Pourquoi n'obtient-on pas davantage de mousse ? Comme cette mousse est faite d'air, d'eau et de protéines, la limitation résulte soit d'un manque d'air, soit d'un manque d'eau, soit d'un manque de protéines. Lequel des trois ingrédients est en cause ? L'air ne manque sans doute pas : il y en a plein autour de nous. Alors, eau ou protéines ? Ne cherchons pas à deviner et faisons une expérience la plus simple possible : ajoutons de l'eau et fouettons. On voit alors que le blanc continue de gonfler. Ajoutons encore de l'eau et fouettons : le volume augmente encore, et ainsi de suite. Un calcul simple montre que l'on peut obtenir plusieurs litres de blanc en neige à partir d'un seul blanc. Économique, non ? ■

L'alimentation nouvelle vague

L'action de se nourrir est bien sûr un geste vital, mais aussi révélateur de notre culture, de notre catégorie socio-économique, bref, totalement représentatif de notre mode de vie. Aussi, n'échappe-t-il pas aux changements de la société : professionnalisation des femmes, augmentation des temps de transport travail/domicile, augmentation du temps accordé aux loisirs, mais aussi recherche de la sécurité maximale et quête de la vie éternelle. Une enquête récente de l'Insee* sur les habitudes alimentaires des Français au cours des quarante dernières années révèle que les produits bruts tels que le pain, les pommes de terre, la farine, les œufs ont tendance à disparaître de nos paniers au profit de plats cuisinés déjà préparés et d'aliments "santé" tels que l'eau, les jus de fruits, les aliments diététiques... Et même si sur ce point, nous, Gaulois, sommes encore loin de la frénésie des Américains, des Japonais et de nos confrères d'Europe du Nord, grands amateurs de produits amincissants, énergisants, purificateurs..., certains maux, tels que l'obésité, gagnent peu à peu du terrain dans notre pays.

Le concept d'aliment "santé" se développe donc et ces nouvelles attentes des consommateurs font les choux gras des professionnels de l'agroalimentaire qui n'en finissent pas d'innover.

Historiquement marquée par l'élevage et l'agro-industrie, également deuxième région gastronomique de France après l'Alsace, la Bretagne a rapidement développé des compétences en la matière.

Après une présentation du programme nutrition - santé en Bretagne, lancé par le Conseil régional, *Sciences Ouest* est donc allé à la rencontre des spécialistes de l'innovation, des chercheurs et bien sûr des grandes institutions comme l'Afssa et l'Inra pour aborder les nouveautés, la santé, le lien entre alimentations animale et humaine, la sécurité alimentaire et la traçabilité.

C'est à la carte ! ■

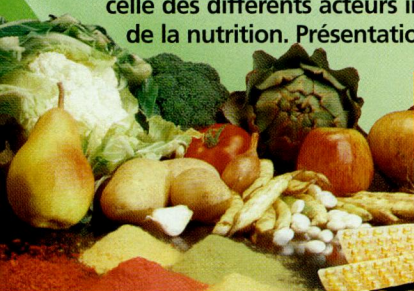
N.B.

* La consommation alimentaire depuis 40 ans - Insee mai 2002.

Programme

nutrition - santé en Bretagne

À l'instar de ce qui se passe dans les domaines de la génomique et de la postgénomique avec la Génopole Ouest, ou encore avec la mise en service du réseau de télécommunications haut débit Mégalis, le Conseil régional réfléchit à une autre mise en réseau : celle des différents acteurs impliqués dans le domaine de la nutrition. Présentation.



Les partenaires du réseau nutrition-santé en Bretagne

■ Les industriels (des PME) impliqués dans la nutrition : issus du domaine de l'agroalimentaire (principalement) mais aussi du secteur des cosmétiques, de la chimie fine...

■ 9 centres techniques bretons : l'Adria (Association pour le développement recherche et innovation alimentaire), Archimex (procédés d'extraction et purification des extraits naturels), BBV (variétés et matières premières végétales), CBB Développement (biotechnologies, chimie fine et environnement), le Ceva (Centre d'étude et de valorisation des algues), le Critt santé Bretagne, ID.Mer (produits et coproduits de l'industrie de la mer), ITG Ouest (centre technique régional des fromages) et le zoo-pôle de Ploufragan (santé animale et sécurité alimentaire).

■ 30 chercheurs hospitaliers du grand Ouest : le CHU, la faculté de médecine, l'Université de Bretagne occidentale et l'Ifremer à Brest ; l'Ensar et l'Inra à Rennes ; la faculté de médecine d'Angers ; le Centre de nutrition et recherche humaine, l'École nationale vétérinaire et l'Ifremer à Nantes. ■

→ Les industriels ayant sans cesse besoin de se remettre en cause pour surmonter les lois du marché et répondre aux attentes des consommateurs, ce sont eux, qui, les premiers, ont commencé à créer des groupes de concertation pour échanger leurs visions et leurs orientations en matière de nutrition. Le Conseil régional, déjà sensibilisé à ce thème a en quelque sorte officialisé la démarche en y associant les partenaires de l'innovation et les acteurs de la recherche fondamentale. Le réseau était créé et les premières propositions d'actions lancées : le programme nutrition-santé en Bretagne est actuellement en phase de maturation et son objectif est clair. Il s'agit de valoriser les produits bretons sur le plan économique et cela à travers différents axes : la sensibilisation et l'information des entreprises notamment en ce qui concerne la veille réglementaire et les allégations (voir définitions page 17) ; le soutien du programme interrégional qui existe depuis près de deux ans et regroupe 30 chercheurs hospitaliers du grand Ouest ; la création d'une démarche collective impliquant les différents acteurs du réseau, soit par filière (fruits - légumes, viande, poisson, algues, produits laitiers, ingrédients), soit sur des thèmes

transversaux correspondant à des préoccupations des industriels, comme les nutriments de base, les facteurs antinutritionnels, la biodisponibilité ou encore les allergies. ■ N.B.

Contact → Éliane Tarral, Critt santé Bretagne, tél. 02 23 23 45 81, crittgbm.bretagne@univ-rennes1.fr

Innovation

Côté innovations dans l'alimentation, la Bretagne a depuis longtemps initié des démarches industrielles ayant conduit à des produits à valeur nutritionnelle. Échantillon.



Nutrinov mise sur l'aspect nutritionnel

→ Ni centre de recherche pure, ni centre technique à proprement parler, mais un mélange des deux, Nutrinov est une société de services et de conseils qui œuvre depuis 1987 pour l'innovation dans les secteurs de l'agroalimentaire et de la santé. Rencontre avec son directeur, Loïc Roger.

des charges pour la conception, ou bien par du conseil sur un aspect recherche, technique, réglementaire ou argumentaire, nous prenons totalement en charge notre client et nous nous adaptons à ses besoins dans un climat de confidentialité totale mais avec un objectif clair : la mise sur le marché d'un produit. Et la valeur ajoutée de Nutrinov vient du fait que derrière le produit se cache un ingrédient, un actif nutritionnel, pour lequel l'entreprise construit une argumentation scientifique pouvant donner lieu à une allégation nutritionnelle ou fonctionnelle (voir définitions page 17). Ce mix nutritionnel, qui

"Nous sommes dans une relation d'industriel à industriel et nous réalisons du sur mesure, entame d'emblée Loïc Roger, directeur de Nutrinov. De l'étude de faisabilité, en passant par l'établissement du cahier



Sial 2002



→ 7 des centres techniques bretons étaient présents au Salon international de l'alimentation, du 20 au 24 octobre dernier. Avec Bretagne Innovation (l'agence de promotion et de coordination des politiques régionales d'innovation et de développement technologique), ils y présentaient une trentaine de produits ou gammes de produits issus du savoir-faire de 24 entreprises bretonnes. Parmi ces produits, certains avaient été choisis pour leurs qualités nutritionnelles. ■

Contact → Christèle Guy, Bretagne Innovation, tél. 02 99 67 42 00, cguy@bretagne-innovation.tm.fr

peut constituer de 5 à 100% du produit fini, est entièrement mis au point et fabriqué en interne puis vendu à l'industriel. "Cela permet bien sûr de nous rémunérer, explique Loïc Roger, mais aussi de montrer à notre client que l'on croit au produit et que l'on accepte de prendre le risque avec lui." Il faut plusieurs mois à Nutrinov pour mettre au point un produit et la société en réalise une vingtaine par an. 45% des produits sont destinés au monde de la santé (aliments diététiques ou compléments alimentaires), comme des plats cuisinés enrichis en protéines pour traiter des cas d'obésité ou des produits à base d'isoflavones dont les effets sur les symptômes de la ménopause sont reconnus. Le reste du marché se répartit entre les produits alimentaires purs (jus de fruits, eau, pâte à tartiner) et les cosmétiques. Gélules, poudres, boissons, barres alimentaires, les aliments "santé" se déclinent sous bien des formes et répondent à une demande bien réelle des consommateurs, mais Nutrinov garde une ligne éthique claire : "Nous garantissons aux consommateurs un niveau élevé de protection sanitaire, un bon apport nutritionnel, une information loyale et la bonne utilisation des produits dans le cadre d'une alimentation variée et enfin nous contribuons à leur bien-être sans prétention thérapeutique." ■ N.B.

Contact → Loïc Roger, Nutrinov, tél. 02 99 52 54 00, <http://www.nutrinov.com>



L'Adria possède un panel de plus de 6 000 personnes pour effectuer des tests sensoriels sur différents types de produits.

L'Adria partenaire des industriels dans l'innovation

→ Le pays de Cornouaille héberge plusieurs grands noms de l'industrie agroalimentaire : Caugant, Doux, Entremont, Saupiquet, Tipiak... Un secteur qui fait travailler près de 12 000 personnes. Afin de maintenir leur place de leader face à la concurrence européenne, ces entreprises doivent être très attentives à la qualité et à la sécurité de leurs produits, tout en restant innovantes. Et côté consommateurs, les attentes ont beaucoup évolué ces dernières années. Les exigences se portent sur les propriétés nutritionnelles, une sécurité sanitaire absolue et bien évidemment, tout cela au moindre coût ! L'Adria (Association pour le développement de la recherche dans les industries agroalimentaires) accompagne les entreprises dans ce processus d'innovation. Généralement en apportant un savoir-faire très spécifique. Ses domaines d'intervention couvrent la globalité du processus de création du nouveau produit : la qualité (aspect sensoriel), la sécurité (bactériologique ou chimique), la nutrition (formulation), la conservation, l'optimisation des coûts et le marketing (packaging). Par exemple, le whisky au blé noir Eddu a bénéficié de l'accompagnement de l'Adria. Michel Pinel son directeur explique la démarche : "Les industriels font appel à nous lorsqu'ils se trouvent bloqués dans le

Bleu-Blanc-Cœur Le lin, fibre de liaison entre hommes et animaux

→ L'association Bleu-Blanc-Cœur est maintenant bien connue et reconnue pour ses actions de promotion de la graine de lin. Elle travaille depuis 1992 avec la société bretonne d'alimentation pour bétail, Valorex, sur l'influence du lin dans l'alimentation animale. Des études qui ont fait l'objet de collaborations avec l'Inra, l'Afssa et l'institut technique de l'élevage. Depuis, des travaux de recherche et de contrôles via des tests cliniques, menés avec Bernard Schmitt, du Centre d'études et de recherche en nutrition à Lorient et le département de biochimie de l'Inra dirigé par Philippe Legrand, ont mis en évidence les bienfaits du lin, riche en acide linoléique (Oméga 3) sur la santé humaine (voir Sciences Ouest n° 182 - novembre 2001).

"Aujourd'hui, nous entamons une troisième phase, commente Pierre Weill, président de Bleu-Blanc-Cœur, qui est la compréhension des différents effets du lin sur la lipogénèse, selon sa forme de départ. Des tests sur les graines de lin crues, cuites, ou sur de l'huile de lin sont menés avec Jacques Moreau de l'Inra Saint-Gilles, alors que les travaux sur le dosage, l'extraction sont réalisés en collaboration avec Nutrinov. On travaille sur un conditionnement en gélules pour des applications en cosmétique, voire en cardiologie." ■ N.B.

Contact → Pierre Weill, tél. 02 99 97 63 33, contact@bleu-blanc-cœur.com, www.bleu-blanc-cœur.com



La laboratoire de chimie de l'Adria dissèque les aliments pour en établir la formulation et en déterminer la conformité avec les attentes des industriels.

processus de création de leur produit. Pour arriver à mettre au point ce whisky, il a fallu collaborer avec un maître de chai afin de faire fructifier les deux savoir-faire. Lui en vinification, nous en expertise technique."

En partenariat avec le Technopôle de Quimper-Cornouaille, l'Adria dispose également d'une pépinière d'entreprises. Cinq à six créateurs peuvent y prendre place et bénéficier ainsi d'un terrain d'étude privilégié pour élaborer leurs préséries. La mise à disposition de locaux, la proximité des laboratoires et des personnels qualifiés, la confidentialité des projets comptent parmi ses meilleurs atouts. ■ V.D.

Contact → Michel Pinel, tél. 02 98 10 18 93, <http://www.adria.tm.fr>

Dis-moi ce qu'il y a dans ton assiette...

En Bretagne,
cinq principaux sites
développent des activités
liées à la nutrition

Le CHU de Rennes, l'Ensar, le Cern à Lorient, l'IUT de Quimper (à travers notamment sa licence professionnelle "Aliments-Santé") et le CHU de Brest sont les principaux lieux d'activité. Au travers de thématiques transversales, les différentes équipes travaillent de plus en plus en relation les unes avec les autres. ■

La psychose "vache folle" et ses angoisses sur la sécurité s'étant tariées, les consommateurs se posent maintenant de nouvelles questions. Parmi ces questions, celle de la qualité nutritionnelle n'est pas des moindres. Avec un doublement du nombre de personnes obèses en France en seulement dix ans, l'affaire est devenue une question de santé publique. La Bretagne dispose de plusieurs pôles de compétences pour décortiquer le contenu de nos assiettes et nous soigner en conséquence...

→ Par certains points de vue, la situation alimentaire de la France peut être comparée à celle des États-Unis... avec 10 ans de retard. Les comportements alimentaires et l'alimentation elle-même ont beaucoup évolué en quelques années. Les chiffres ont naturellement suivi : 8% de la population adulte française et 12% des enfants sont obèses. Deux millions de personnes présentent un diabète de type 2 et les maladies cardio-vasculaires sont la principale cause de mortalité en France. Un contexte préoccupant qui a motivé l'arrivée d'un nutritionniste au

CHU de Brest il y a deux ans ; le professeur Delarue explique les différents axes sur lesquels travaillent les équipes : *"Les patients ayant été opérés du tube digestif doivent être suivis. À la suite des opérations de raccourcissement de l'intestin, le tube digestif doit être maintenu actif. Cette réadaptation nécessite une nutrition particulière car l'intestin plus court doit digérer les aliments plus efficacement. De plus, en collaboration avec les pharmaciens, nous développons la nutrition entérale à domicile afin de faciliter la vie des patients et de rendre moins contraignants certains protocoles."* La prise en charge de l'obésité est bien

évidemment une préoccupation majeure. Le service de médecine 4-nutrition, dirigé par Arnaud Cénac, accueille les patients en consultation avec l'appui des diététiciennes.

Une unité d'exploration fonctionnelle et métabolique vient d'être ouverte avec le soutien du Conseil régional, du Conseil général du Finistère et de la Communauté urbaine de Brest. Cette unité a deux vocations : la prise en charge de patients présentant des problèmes métaboliques complexes (obésité, diabète, insuffisances rénales...) et la recherche en nutrition humaine. Un travail qui est mené conjointement avec d'autres équipes en Bretagne. Les projets sont nombreux et touchent à différents aspects de la nutrition. Les études concernant les effets des acides gras Omega 3 et leurs dérivés oxydés vis-à-vis du risque de diabète de type 2 seront menées dans le cadre d'un projet interrégional avec les Pays de la Loire. Les acides gras nécessaires pour ces recherches sont issus de microalgues et fournis par

l'Ifremer. Les expérimentations se font sur des cellules afin d'étudier la différenciation adipocytaire.

Un autre enjeu est de mieux faire face à la dénutrition de certains patients entrant à l'hôpital. En effet, 50% des admis présentent des carences alimentaires. Cette proportion monte à 70% pour les personnes âgées. Une situation qui, pour être prise en charge, nécessite l'intervention et la collaboration des diététiciennes, des pharmaciens et des équipes médico-chirurgicales. Cette thématique devrait être pleinement opérationnelle au CHU de Brest courant 2003. Pour cela, deux postes supplémentaires de diététiciennes ont été demandés. Sur 5 ans, 800 postes vont être créés au niveau national. 65 sont déjà pourvus. ■ V.D.

Contact → Pr Delarue,
CHU de Brest - Cavale Blanche,
Médecine 4, tél. 02 98 22 33 33.

Cern

La nutrition, un objet de recherches

Installé dans les murs du CHU de Lorient, le Centre d'enseignement et recherches en nutrition (Cern) est devenu le partenaire incontournable des industriels, des professionnels de la santé et des collectivités, en matière de recherche sur les aliments. Rencontre avec Bernard Schmitt, son directeur de recherche.

→ Le Cern de Lorient est aux aliments, ce que le Cern franco-suisse est à la physique des particules... Un formidable outil d'analyse et de recherche, capable d'étudier l'impact sur le métabolisme d'un aliment (ou d'une famille d'aliments). Créée en 1979, cette structure comporte deux ingénieurs recherche, trois diététiciennes, une animatrice, trois ou quatre stagiaires (maîtrises, DESS...), et un réseau de médecins hospitaliers (en cardiologie, endocrinologie, diabétologie, biologie, gastro-entérologie).

"Nous avons deux vocations, explique Bernard Schmitt. D'un côté la recherche appliquée, de l'autre la formation. Côté recherche, nous répondons aussi bien aux appels de programmes nationaux (ministères de la Recherche, de la Santé, de l'Agriculture...), qu'aux industriels. Il peut s'agir d'essais cliniques pour le compte de la pharmacologie (diabète, obésité, nutrition...) ou de l'agroalimentaire."

C'est ainsi, par exemple, que le Cern vient de publier (Annal of Nutrition and Metabolism) une étude sur la filière lin. "Il y a quelques années, des industriels se sont interrogés pour savoir si l'on pouvait alimenter les animaux avec des graines de lin. Ils se sont rendu compte que les produits obtenus

(œufs, lait, viande...) possédaient des propriétés nutritionnelles particulièrement intéressantes (NDLR : dues à la présence des «Oméga 3» et de certains types de fibres). Encore fallait-il caractériser cliniquement la valeur de ces produits. C'est ainsi que nous avons mené quatre études cliniques d'intervention nutritionnelles, sur des volontaires, en double aveugle, en prenant en compte différents paramètres biologiques (lipides circulants, chromatographie des acides gras) et physiques comme le poids, par exemple. Nous avons ainsi pu caractériser l'efficacité de cette filière en matière de prévention des maladies cardio-vasculaires, sans modification radicale du régime alimentaire ; chez les diabétiques, une autre étude a confirmé la nette amélioration du diabète avec les produits issus des ruminants, grâce à la présence d'acides gras conjugués, «fabriqués» dans l'appareil digestif de ces animaux, et dont l'effet est comparable à certains médicaments anti-diabétiques."

Pour les industriels, de telles études sont fondamentales. "L'Agence française de la sécurité sanitaire des aliments (Afssa) est extrêmement stricte en matière de publicité. Il est en effet interdit à un industriel de se prévaloir de

«qualités» d'un produit, s'il ne les a pas démontrées scientifiquement. Par ailleurs, l'utilisation d'allégations santé est extrêmement réglementée. Nos travaux, tout en préservant scrupuleusement le secret industriel, font l'objet de publications scientifiques internationales qui sont une garantie de qualité de notre recherche tant à l'égard des industriels que des autorités administratives ou de la communauté scientifique. Quelques exemples, parmi d'autres, d'études de produits alimentaires : les effets de certaines boissons sur le métabolisme lipidique (thé, produits de phytothérapie...), sur le métabolisme digestif, impacts métaboliques de certains micronutriments (phytostérols, fibres...), impact de la composition protéique de certains produits amaigrissants, aide à la formulation de produits alimentaires... Nous avons, à ce jour, une douzaine de publications."

Pour garantir la qualité de ses travaux, le Cern s'est associé à plusieurs partenaires. "Nous travaillons en étroite collaboration avec le laboratoire de biochimie de l'Inra de Rennes (NDLR : le professeur Philippe Legrand, de l'Ensar, est président de la commission lipides de l'Afssa), le laboratoire Sepia de Lorient, spécialisé en épidémiologie et statistique, le Critt Santé de Rennes..."

Si la recherche représente une belle part du travail du Cern, la formation reste également un pôle fort de ses activités. "Nous réalisons régulièrement des consultations individuelles

en diététique, nous organisons des stages collectifs en cuisine diététique, nous intervenons dans les entreprises ou les collectivités (cantines notamment), auprès des médecins et diététiciens, dans le cadre des programmes santé comme la «Journée du cœur» ou le programme national nutrition-santé... Nous sommes également sollicités par les universités du grand Ouest pour des enseignements en nutrition : licence santé à l'UBO, DESS alimentation - santé d'Angers, nutrition santé à l'Esmisab de Brest et au pôle agronomique de Rennes... Dans ce cadre, nous préparons également des terrains de stages en accueillant quatre stagiaires chaque année. Nous sommes actuellement sollicités par l'IUT de Vannes qui souhaiterait intervenir en statistiques."

Le Cern édite également, en collaboration avec Nutrinov (Rennes), et sous l'égide du Conseil régional de Bretagne, un mensuel (sur abonnement gratuit) à destination des industriels de l'agroalimentaire : Britta nutrition. 59 numéros ont déjà été publiés, et sont consultables en ligne*. ■ J.F.C.

* www.nutrinov.com (rubrique : la lettre Britta nutrition).

Contacts → Cern, CHU Bretagne Sud,
tél. 02 97 37 48 07,
recherche : cern2@wanadoo.fr,
formation : cern@ch-bretagne-sud.fr

Sécurité alimentaire

L'Afssa au service de la sécurité alimentaire

Évaluer les risques sanitaires et mener des recherches sont les missions de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) déclinées sur le site de Ploufragan. Celui-ci s'est spécialisé dans la santé animale, le bien-être, l'hygiène et la qualité des produits issus des productions porcines, avicoles et cunicoles. Avec 150 salariés, il est le plus important des 14 sites de l'agence répartis sur le territoire français. "Comprendre pour prévenir", tel est le souci de Philippe Vannier, son directeur. Comprendre les pathologies d'élevage, leur impact sur l'hygiène et la qualité sanitaire des aliments qui en sont issus ; comprendre pour contribuer à maîtriser.

→ Ces rillettes contiennent-elles de la listéria ? Cette mayonnaise dont les œufs étaient en limite de péremption, risque-t-elle de transmettre la salmonelle ? Et ces groseilles sauvages sont-elles porteuses du parasite échinocose alvéolaire dont les œufs et les larves prolifèrent dans le foie humain provoquant de graves troubles ? "Le risque zéro en biologie n'existe pas, répond Philippe Vannier, directeur du site de Ploufragan, nous cherchons à mieux l'évaluer pour permettre de le maîtriser."

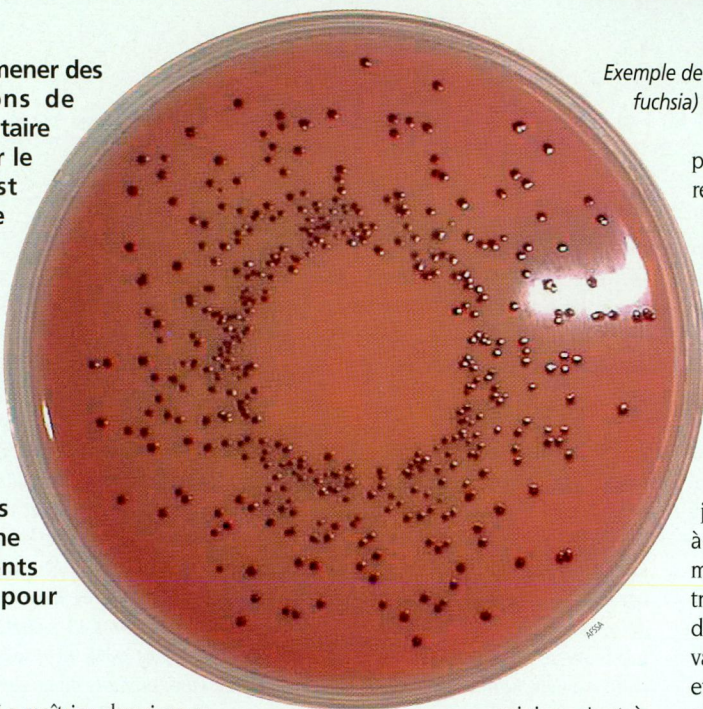
La maîtrise des risques nutritionnels et sanitaires passe d'abord par leur évaluation. C'est une des missions de l'agence. Faut-il lever l'embargo sur la viande bovine d'origine britannique ? Les produits issus de mers proches du naufrage de l'*Erika* sont-ils toxiques ? Les questions soulevées par les ministères de tutelle de l'Afssa, les ministères de l'Agriculture, de la Consommation et de la Santé, ou par des associations de consommateurs, font l'objet d'une

saisine c'est-à-dire que l'agence est saisie officiellement. Les experts collaborent à rendre un avis qui est communiqué largement au grand public.

Évaluer le risque ne suffit pas. "L'agence a aussi une mission de recherche et d'appui scientifique, complète Philippe Vannier. À Ploufragan, nous étudions les pathologies, le bien-être des animaux, la sécurité et l'hygiène des aliments issus des filières porcine, avicole et cunicole." La sécurité et l'hygiène des aliments, c'est par exemple l'étude de la listéria, bactérie dont le sérotype *Listeria monocytogenes* est plus pathogène pour certaines personnes : femmes enceintes, personnes âgées ou immunodéprimées. Répandue dans la nature, cette bactérie peut s'implanter dans certains locaux de production alimentaire au sein de biofilms. Ces films biologiques ont une intense vie bactérienne et recouvrent certaines parois comme les surfaces de travail, les joints des paillasses, les chambres froides. Les bactéries peuvent alors y proliférer et contaminer les aliments en préparation. Identifier les souches dangereuses, comprendre le développement des biofilms, proposer des méthodes d'élimination et de



Recherche de salmonelles dans des œufs emballés individuellement.



Exemple de colonies de salmonelles (rose fuchsia) sur milieu sélectif Rambach.

prévention, tels sont les axes de recherche. Le laboratoire préconise aujourd'hui des procédures d'assainissement qui sont mises en place par les filières de production.

Des travaux semblables ont été menés contre la salmonelle, *Salmonella enteritidis*, qui peut contaminer l'Homme par les œufs. Toute la filière de production a été étudiée, de l'élevage jusqu'à la fabrication des aliments à base d'œufs, crème pâtissière, mayonnaise... Pour maintenir les troupeaux et leurs œufs indemnes, des mesures concernant les élevages de sélection, de reproduction et de production d'œufs sont à présent préconisées. L'étude des conditions d'élevage de la poule révèle qu'il a un impact sur son bien-être, sa santé et la qualité sanitaire de ses œufs.

Étudier les pathologies animales nécessite de suivre le développement de l'infection sur des animaux sains, animaux exempts de germes pathogènes élevés dans des conditions draconiennes. Par exemple pour les porcs : naissances sous césarienne, nourriture stérile, air filtré et, pour le personnel douches et changements de vêtements... Ce savoir-faire acquis a contribué à mettre en place des procédures d'assainissement des productions pour la filière porcine. Un exemple de collaboration entre le laboratoire et les filières d'élevage traditionnel de la région, collaboration qui remonte à la création, en 1959, de la station expérimentale d'aviculture et la station de pathologie porcine intégrées dans le Centre national d'études vétérinaires et alimentaires (Cneva) puis à l'Afssa en 1999. ■ C.C.



Inoculation d'une poule dans un isolateur du service d'élevage et d'expérimentation en pathologie aviaire.

Contact → Philippe Vannier, directeur de l'Afssa Ploufragan, tél. 02 96 01 62 22.

Pour une synergie entre l'alimentation animale et humaine en Bretagne

L'Inra, ce n'est pas seulement les recherches sur le maïs, les porcs ou le lait... Derrière les champs et les animaux existe toujours la même finalité : la fabrication de matières premières destinées à l'Homme. Ou comment l'alimentation animale et l'alimentation humaine sont intimement liées, avec Pierre Thivend, président du centre Inra Bretagne, directeur de l'École nationale supérieure agronomique de Rennes (Ensar) et de l'Institut national supérieur de formation agroalimentaire (Insfa).

Sciences Ouest : *Que représente l'alimentation dans le programme de recherche de l'Inra et plus particulièrement de l'Inra de Rennes ?*



Pierre Thivend : L'Inra a, de tout temps, travaillé sur l'alimentation animale, mais avec des objectifs qui ont évolué au cours

du temps. Après guerre, lors de la création de l'Inra en 1946, la principale préoccupation était bien sûr l'autosuffisance alimentaire et les travaux sur l'alimentation n'avaient qu'un seul but : l'augmentation de la croissance des animaux. Nos travaux se sont ensuite progressivement orientés vers l'amélioration des conditions économiques des éleveurs, puis vers la qualité des matières premières, la protection de l'environnement et aujourd'hui, on est à l'écoute de la satisfaction du consommateur.



S.O. : *Cette finalité n'est-elle pas surprenante pour un organisme comme l'Inra ?*

P.T. : Non, au contraire : il ne faut pas oublier que l'Inra est un institut de recherche appliquée. Nous travaillons donc sur la fabrication de matières premières qui soient les mieux adaptées à l'Homme. Et si le consommateur exprime des idées qui stimulent la recherche, on n'a pas fini de faire de la recherche ! Et tant mieux !

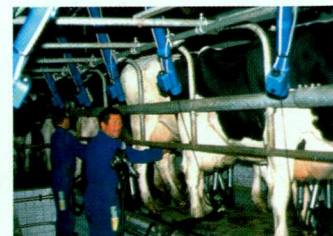
Et puis ce processus a été très progressif et en même temps logique : après les soucis quantitatifs de production avant tout, on se tourne maintenant plus vers la qualité.

S.O. : *Concrètement, quels sont les travaux sur les animaux qui ont eu des répercussions sur la qualité de l'alimentation humaine ?*

P.T. : L'exemple le plus typique et le plus spectaculaire est celui des "Omégas 3", ces acides gras essentiels dont la présence dans l'alimentation animale, sous forme de graines de lin, se trouve être directe-

ment bénéfique pour l'Homme avec une incidence réelle sur les facteurs liés aux maladies cardio-vasculaires. C'est d'ailleurs toute la richesse de l'Inra de pouvoir travailler d'une part en "grande nature" directement sur des animaux d'élevage comme les porcs ou les vaches, et, d'autre part, de pouvoir collaborer sur les aspects alimentation humaine avec des entreprises. Ce lien entre alimentations animale et humaine est maintenant totalement reconnu à l'Inra.

Ici à Rennes, nous travaillons également avec des médecins : les professeurs Delarue à Brest et Schmitt à Lorient (voir articles pages 12 et 13) pour des recherches explicatives sur l'Homme sain ou pour des pathologies. Les animaux d'élevage sont en effet souvent d'excellents modèles. Le veau, par exemple, possède un système enzymatique tout à fait différent du nôtre et peut en cela simuler des pathologies humaines. Ainsi, nous avons travaillé sur le problème de la digestion de l'amidon - comment le pain est-il digéré par



l'Homme ? - et réalisé un véritable transfert de technologies de l'animal vers l'Homme.

S.O. : *Et pourtant, il semble que la Bretagne ne soit pas vraiment un pôle reconnu en nutrition ?*

P.T. : Oui... ou en tout cas, elle pourrait faire beaucoup mieux ! La Bretagne possède un tissu d'entreprises dans le domaine agroalimentaire, tout à fait exceptionnel, des centres techniques très pointus, des formations en nutrition et sécurité alimentaire de très bon niveau et malheureusement assez peu d'équipes de recherche. Un exemple : il existe en France 5 Centres de recherche en nutrition humaine (CRNH) et pas un seul n'est en Bretagne. Ces centres regroupent des équipes de l'Inra, de l'Inserm et des CHU, ce qui est très structurant et très mobilisateur. Personnellement, je milite pour une synergie entre l'alimentation animale et humaine en Bretagne depuis plus de dix ans. Je pense qu'il s'agit là d'un défi très intéressant à relever, non seulement pour l'agriculture, les industries agroalimentaires, mais aussi pour les consommateurs. Il faut que tout le monde s'y mette ; mais patience ! ■



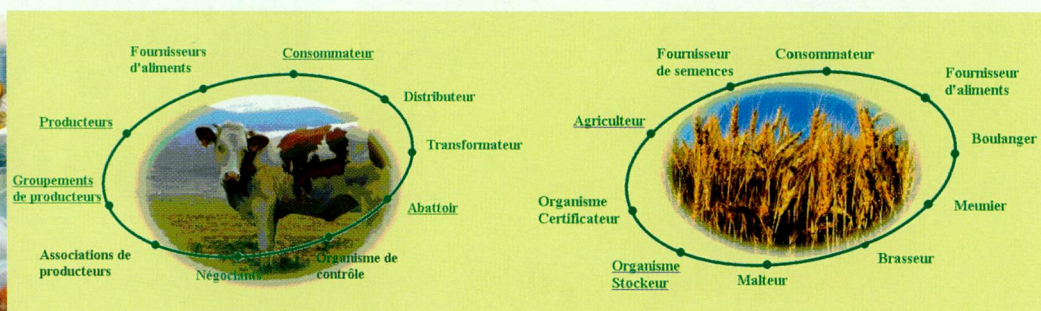
Contact → Pierre Thivend,
tél. 02 23 48 55 02,
thivend@agrorennes.educagri.fr



Traçabilité et qualité des produits

Agreen Trace

Une gestion globale pour les professionnels de l'agroalimentaire



Pour répondre aux exigences de plus en plus fortes des consommateurs en terme de sécurité alimentaire, la jeune entreprise Agreen Tech propose sa plate-forme informatique : Agreen Trace. Ce service s'adresse aux professionnels de toutes les filières, soucieux de démontrer que la qualité des aliments n'a jamais été aussi bien maîtrisée et contrôlée. Outre les services de contrôle automatique des cahiers des charges, le système optimise les échanges d'information qualité entre les différents maillons de la chaîne alimentaire.

→ Les consommateurs expriment avec force de nouveaux besoins en matière d'alimentation. Ils recherchent avant tout des garanties sur l'origine des aliments qu'ils consomment, mais aussi sur leur mode de production (alimentation, suivi sanitaire, traitements phytosanitaires).

Chaque acteur de la filière agroalimentaire a déjà développé ses propres solutions pour répondre aux exigences des consommateurs. Mais comment réagir encore plus efficacement à une nouvelle crise alimentaire ? Chaque professionnel devrait pouvoir mettre en relation son propre système de traçabilité avec ceux des autres partenaires de la filière. Et ceci afin de prouver à tout moment que les aliments sont conformes aux cahiers des charges et identifiés depuis l'origine.

L'idée d'Agreen Tech : capitaliser toutes les informations des différents acteurs de la filière. La société propose un système de suivi non seulement de la traçabilité mais aussi de la qualité des produits agroalimentaires. Le résultat est un ensemble de bases de données exhaustives reliées entre elles et sécurisées à chaque maillon de la chaîne : Agreen Trace. Plus d'échanges sous format papier. L'information est accessible à distance sur Internet, à tout moment, et selon des droits d'accès administrés.

Les informations proviennent de l'ensemble des partenaires de la chaîne alimentaire. De l'agriculteur au distributeur, en passant par le transformateur et l'organisme de contrôle, tous sont impliqués. Chacun (en amont et en aval) échange des renseignements sur la qualité des produits, tout en restant maître de la diffusion de ses propres données. Chaque acteur bénéficie en effet d'un droit d'accès spécifique,

lié à un domaine réservé. Ainsi, les éleveurs ont à leur disposition les résultats techniques en provenance de l'abattoir et de la transformation. Ces résultats sont également situés par rapport à ceux des autres adhérents.

Une solution modulaire, pour toutes les filières

Souple, Agreen Trace peut être personnalisée afin de répondre précisément aux besoins spécifiques des opérateurs. En effet, à chaque filière ses acteurs et ses contraintes. On trouve, par exemple, les négociants et abattoirs dans la filière bovine, tandis que collaborent le meunier et le boulanger dans la filière céréales. Les spécifications des cahiers des charges (label rouge, agriculture bio, exigences des distributeurs...) et la réglementation sont également différentes et peuvent faire l'objet d'évolutions.

Ces données sont donc paramétrées dans le système. Elles permettent ainsi un contrôle automatique de conformité des produits. Des messages sont envoyés au maillon concerné en cas de non-conformité du produit au cahier des charges. Le respect des délais d'attente entre l'administration d'un traitement vétérinaire et l'abattage peut être notamment contrôlé automatiquement.

Peu de temps après sa création, la version "filiale céréales" est déjà commercialisée chez quatre opérateurs. Les systèmes sont également mis en ligne chez deux industriels et

Agreen Tech en bref

Avril 2001, Baptiste et Lionel Guivarch créent la société Agreen Tech à Cesson-Sévigné près de Rennes. À l'instar de ses deux fondateurs, Agreen Tech se compose d'une équipe pluridisciplinaire. Le pôle agroalimentaire s'articule autour de professionnels maîtrisant les contraintes de ce secteur, de par leurs expériences en amont et en aval des filières. Le pôle informatique, composé de spécialistes des nouvelles technologies de l'information, est organisé autour de plusieurs experts des architectures réseaux sécurisés et du langage XML. L'entreprise emploie aujourd'hui une quinzaine de personnes.

Installée à l'ENSTB (École nationale supérieure des télécommunications de Bretagne), Agreen Tech est suivie par l'incubateur Emergys géré par Rennes Atalante et bénéficie par ailleurs du soutien de l'Anvar pour le renforcement de son équipe, en partenariat avec la Région Bretagne, pour le développement de son projet Agreen Trace. Elle a participé à plusieurs reprises à la chronique "Partenaires d'entreprises" sur les ondes de France Info et de Radio France Internationale, les deux radios partenaires de l'Anvar. ■

Contact → Agreen Tech,
Lionel Guivarch, directeur général,
2, rue de la Châtaigneraie,
35510 Cesson-Sévigné,
tél. 02 99 12 79 02,
contact@agreetech.com,
www.agreetech.com

deux groupements d'éleveurs en filière bovine. Par ailleurs, de nouvelles versions sont à l'étude avec des professionnels des filières avicole, laitière, porcine et aquacole. ■

Texte réalisé par
l'Anvar Bretagne ANVAR

Contact → Karine Latimier,
tél. 02 99 38 45 45, klatimier@anvar.fr



À lire

■ La santé vient en mangeant

Un guide alimentaire réalisé par le ministère de la Santé. En vente 2 € dans les kiosques à journaux.

■ Ingrédients. La santé booste l'innovation

Hors-série du numéro de septembre 2002 de RIA, le mensuel de l'innovation alimentaire, 15 €.

■ Ingrédients santé

Supplément du numéro de septembre de Process alimentaire (n° 1185).

■ Spécial nutrition

Tel était le thème des cahiers du n° 11 de Paré à Innover, la lettre d'information de l'innovation en Bretagne, réalisée par Bretagne Innovation (septembre-octobre 2002).

■ Molécules et ingrédients santé - MIS 2002

Les actes du colloque MIS 2002, ayant eu lieu les 22 et 23 mai derniers à Rennes, sont disponibles chez CBB Développement. 239 pp. 131,56 € (port inclus).

Rens. → CBB Développement, tél. 02 99 38 33 30, info@cbb-developpement.com

■ Compléments alimentaires et santé. Pratique juridique

Pierre Deprez et Jean-Christophe André, Éd. TEC&DOC.

■ Pour une politique nutritionnelle de santé publique en France - Enjeux et propositions

Saisine du ministère de l'Emploi, de la Solidarité, haut comité de la santé publique, juin 2002, Éditions ENSP, 275 p.

Rens. → École nationale de la santé publique, Rennes, tél. 02 99 02 22 00.



Actualité

■ Aliments ou médicaments ?

Le parlement européen a adopté, le 23 octobre dernier, des amendements corrigeant la proposition de la Commission d'étendre le champ d'action du médicament à l'occasion d'une modification de sa définition. Ces amendements clarifient la frontière entre aliments (propriétés nutritionnelles ou physiologiques) et médicaments (propriétés pharmacologiques) et excluent les aliments, les compléments alimentaires et les cosmétiques du champ d'application du médicament.

Source → Publication européenne, mail info n° 8, novembre 2002.



Expo

■ Qu'est-ce qu'on mange ? - Nos modes alimentaires

Exposition présentée jusqu'au 30 mars 2003 à la maison des sciences de Poitiers. Tables rondes et animations pédagogiques viennent agrémenter l'exposition.

Rens. → <http://www.maison-des-sciences.org/expos/alimentation>



Définitions

■ Qu'est-ce qu'une allégation ?

Une allégation est une mention qui indique qu'une denrée alimentaire possède des caractéristiques, propriétés ou effets particuliers liés à son origine, ses propriétés nutritives, sa nature, sa production, sa transformation, sa composition ou toute autre qualité. On distingue :

- L'allégation nutritionnelle qui indique qu'une denrée alimentaire possède des propriétés nutritionnelles particulières de par l'énergie qu'elle fournit (ou non) ou les nutriments qu'elle contient (ou non).

- L'allégation relative à la santé qui indique qu'une relation existe entre un aliment, élément nutritif ou toute autre substance contenue dans l'aliment et une maladie ou un état lié à la santé (allégation fonctionnelle ou physiologique, allégation santé).

- L'allégation thérapeutique dote l'aliment de propriété de prévention, de traitement ou même de guérison de certaines maladies humaines.

La notion d'allégation santé et sa limite avec l'allégation fonctionnelle est difficile à cerner. D'autre part, si la notion de santé est assez claire, la notion de maladie ne l'est pas et la jurisprudence en ce domaine est fluctuante. D'une façon générale, la différence entre les allégations réside essentiellement dans leur formulation.

*Ces éléments ont été tirés de l'ouvrage **Essais cliniques et allégations santé**, disponible gratuitement auprès du Critt santé Bretagne.*

Contacts → Éliane Tarral, Critt santé Bretagne, tél. 02 23 23 45 81, crittgbm.bretagne@univ-rennes1.fr, Annie Le Cam, IUT de Quimper, Annie.Le-Cam@iutquimp.univ-brest.fr



Formations

■ École nationale supérieure d'agronomie de Rennes (Ensar) Institut national supérieur de formation agroalimentaire (Insfa)

Rens. → Pôle agronomique de Rennes, tél. 02 23 48 50 00, <http://agro.roazhon.inra.fr>

■ École supérieure de microbiologie et sécurité alimentaire de Brest (Esmisab)

Rens. → Esmisab, tél. 02 98 05 61 00, <http://www.univ-brest.fr/fr/composantes/composantes.html>

■ Licence professionnelle aliments - santé

Rens. → IUT Quimper, tél. 02 98 90 02 27.

■ IUP innovation en industries alimentaires

Rens. → IUP de Quimper, tél. 02 98 10 00 60.

■ IUP ingénierie en nutraceutique

Rens. → IUP Rennes, professeur Jean Deunff, tél. 02 23 23 49 60, jean-deunff@univ-rennes1.fr.

■ Cours de cuisine pour tous

Trucs et astuces du chef, application pratique, repas tous ensemble, le cercle culinaire de Rennes propose une soixantaine de thèmes et de programmes à la carte.

Rens. → Cercle culinaire de Rennes, tél. 02 99 31 45 45, cercle.culinaire@wanadoo.fr

Le goût

"Ceux à qui la nature a refusé l'aptitude aux jouissances du goût, ont le visage, le nez et les yeux longs ; quelle que soit leur taille, ils ont dans leur tournure quelque chose d'allongé. Ils ont les cheveux noirs et plats, et manquent surtout d'embonpoint ; ce sont eux qui ont inventé les pantalons."

Jean-Anthelme Brillat-Savarin, la Physiologie du goût

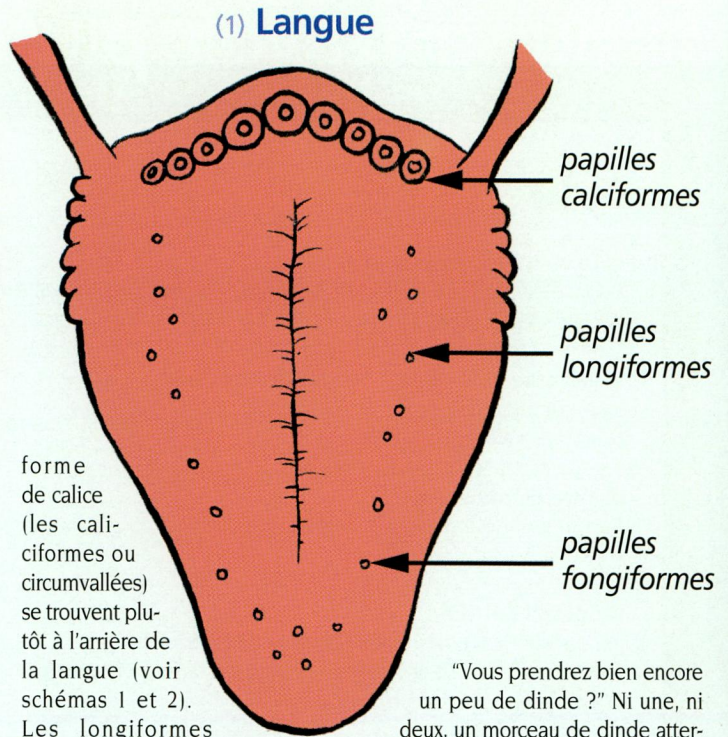
→ Vous sonnez, la porte s'ouvre. La douce chaleur d'un feu de cheminée vous envahit, et l'on vous débarrasse de votre manteau. "Vous êtes en beauté, ce soir !", vous rendez le compliment. Un bon fumet, une bonne dinde, et c'est la promesse d'une soirée réussie...

Nous percevons le monde extérieur à travers nos 5 sens : l'ouïe, le toucher, la vue, l'odorat, et le goût. Cela nous permet d'évaluer ce qui se passe alentour et de réagir en conséquence.

Et si le goût existe, ce n'est pas seulement pour les plaisirs de la table : il a d'abord une fonction protectrice. Prenons l'amer : nombre de poisons ou de produits avariés ont un goût amer. Or les papilles sensibles à l'amer sont concentrées à l'arrière de la langue, là où une stimulation appuyée entraîne un réflexe de rejet. Voilà pourquoi un bébé rejette naturellement toute nourriture amère. Bien sûr, avec le temps, il s'habitue à ce goût, et appréciera un jour peut-être, olives, asperges, thé ou café...

En plus de l'amer, on a longtemps cru qu'il n'existait que 3 autres goûts de base : le sucré, le salé, et l'acide. Mais ce dogme ne tient plus aujourd'hui. Car des goûts, il en existe bien d'autres : l' "umami", qui signifie délicieux en japonais, est un goût prononcé de viande, très commun en Asie. Vous aimez le bizarre ? Mordez dans une feuille d'aluminium et expérimentez le goût "métallique". Les adeptes du "brûlant" connaissent bien les effets des petites graines, au cœur des piments de Cayenne... La palette des goûts est infinie !

"Un peu de marrons avec votre dinde ?" Pour le goût, comme pour les autres sens, un stimulus vient exciter des terminaisons nerveuses, nos papilles, situées, pour la plupart, sur la langue - quelques autres tapissent notre palais, ou se trouvent sur les parois de nos joues -. Il existe essentiellement trois types de papilles : celles en forme de fil (les longiformes) et celles en forme de champignons (les fongiformes) se trouvent surtout sur le bout et les bords de la langue ; celles en

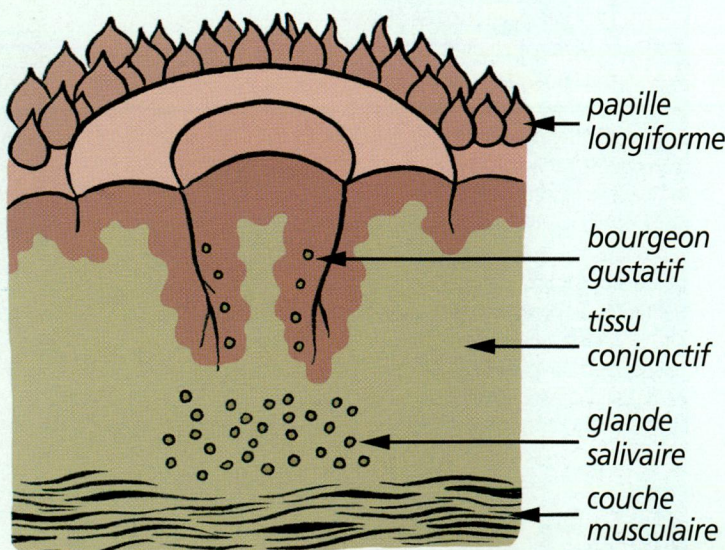


forme de calice (les calciformes ou circumvallées) se trouvent plutôt à l'arrière de la langue (voir schémas 1 et 2). Les longiformes sont seulement tactiles, c'est-à-dire sensibles à la pression qui s'exerce sur elles, alors que les autres sont sensibles à certaines molécules qui entrent dans la composition de nos aliments et à l'origine de la sensation du goût. Ces papilles contiennent en effet un récepteur nerveux en forme de gousse d'ail, le bourgeon gustatif, qui se termine par une fibre nerveuse directement reliée au cerveau (voir schéma 3). Nous avons dans la bouche près de 10 000 bourgeons gustatifs qui agissent en étroite relation avec les cellules du nez. La flaveur d'un aliment n'est-elle pas le subtil mélange de son goût et de son arôme ? Pour preuve, essayez de manger le nez bouché : vous perdez quasiment tout votre goût !

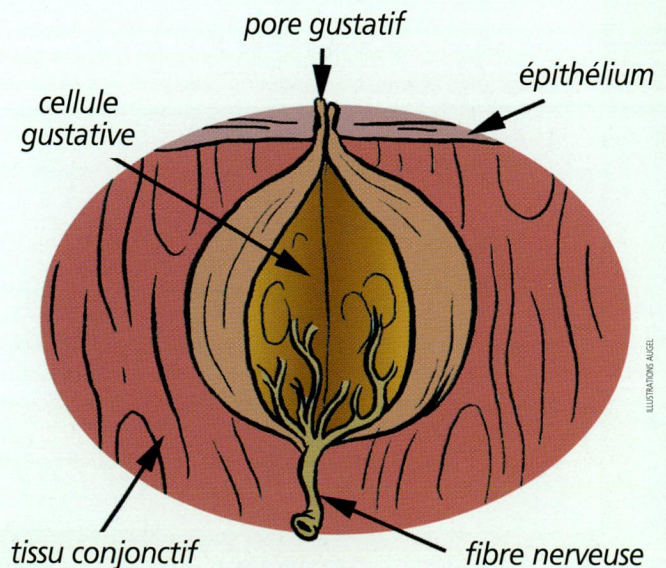
"Vous prendrez bien encore un peu de dinde ?" Ni une, ni deux, un morceau de dinde atterrit dans votre bouche. Après mastication, des fragments de ce doux volatile sont dissous dans votre salive qui recouvre vos papilles. Vos bourgeons gustatifs sont à la fête, un signal arrive à votre cerveau. C'est seulement là, dans le cerveau, qu'après un travail intense, mais extrêmement rapide, au cours duquel vous convoquez, entre autres, votre mémoire, que vous reconnaissez le goût de dinde. Le résultat tombe : "Chaque année, votre dinde est meilleure !" C'est bon, vous serez réinvité... ■

→ Article réalisé par Xavier Labouze, du Centre de vulgarisation des connaissances (CVC), université Paris-Sud XI.

(2) Coupe d'une papille calciforme



(3) Le bourgeon gustatif



NUTRINOV

Le Bien-être par l'Innovation Alimentaire

Rue Urbain Le Verrier - Campus de Ker Lann
35170 BRUZ
Tél. 02 99 52 54 00 - Fax 02 99 52 54 01
www.nutrinov.com

Créer & mettre
sur le Marché
des produits
innovants, de qualité,

améliorant la santé
& le bien-être
de l'Homme.

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 €**

* prix de vente au numéro.



Je souhaite un abonnement de

- 1 AN** (11 N^{os} Sciences Ouest + 11 N^{os} Découvrir)
 2 ANS (22 N^{os} Sciences Ouest + 22 N^{os} 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.

Formations



Supélec

● Supélec propose à Rennes des sessions de formation continue. Les premières commencent au mois de mars 2003.
→Rens. : Catherine Pilet, tél. 02 99 84 45 00.



CNRS

● Du 20 au 22 janvier, Orsay/Calcul parallèle
● Du 27 au 31 janvier, Orsay/Le langage C
→Rens. : Les programmes sont disponibles sur catalogue, www.cnrs-giff.fr/cnrsformation



Archimex

● Les formations proposées par Archimex concernent la mise au point de nouveaux produits, ingrédients et additifs : phytomédicaments, colorants, arômes, actifs fonctionnels... Elles débutent en mars 2003. Le guide est d'ores et déjà disponible.
→Rens. : Archimex, service formation, tél. 02 97 47 97 35, formation@archimex.com, www.archimex.com



Adria

● Les 22 et 23 janvier, Nantes/La méthode Triz (nouvelle méthode de management de l'innovation industrielle)
● Les 28 et 29 janvier, Paris/Nouveaux modes de consommation et de distribution en IAA
● Les 28 et 29 janvier, Paris/Évaluation et gestion des risques professionnels en IAA
● Les 29 et 30 janvier, Paris/Les toxines alimentaires : analyse et prise en compte du danger
● Les 29 et 30 janvier, Quimper/Stabilisation des sauces et produits apparentés
→Rens. : Tél. 02 98 10 18 50, sebastien.lecouriaut@adria.tm.fr



Afpi

● Le guide des formations 2003 de l'Afpi est disponible. Le siège social de l'Afpi Bretagne est installé depuis le mois d'octobre 2002 sur le campus de Ker Lann, à Bruz (35).
→Rens. : Joël Quintic, tél. 02 99 52 54 30, afpi-bretagne.com

Colloques

● 17 et 18 décembre/ Psychologues en santé publique, approches spécifiques et interdisciplinaires

Rennes - Ces 1^{res} journées nationales des psychologues acteurs de la santé publique sont organisées en partenariat entre l'École nationale de santé publique (ENSP), le Département de santé publique (DSP) de la faculté de médecine de Rennes 1, l'association psychologie et vieillissement, avec la participation de Rennes 2.

→Rens. : Secrétariat DSP, tél. 02 23 23 49 48.

● 17 janvier 2003/ Nouvelles tables multispèces



Paris - La première journée consacrée à l'explication des nouvelles tables de composition et de valeurs nutritives des aliments destinés aux animaux d'élevage (réalisées par l'Inra et l'association française de zootechnie - AFZ), a rencontré un tel succès que l'AFZ a décidé d'en proposer une seconde pour laquelle les inscriptions sont d'ores et déjà possibles.

→Rens. et inscriptions : AFZ, tél. 01 44 08 17 71, afz@inapg.inra.fr

Expositions

● La vie cachée de l'huître



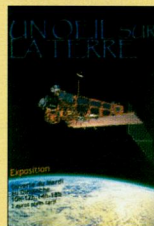
Lorient - Créée par l'Ifremer, cette exposition vous fera découvrir la vie d'un animal finalement méconnu dont le parcours, de la naissance à la vie d'adulte est très riche en péripéties.

Présentée à la *Thalassa*, l'exposition sera également prétexte aux rendez-vous des Mardis de la *Thalassa*. Les 4 février et 4 mars, deux conférences seront en effet consacrées au fameux bivalve à 18h30. Des animations à destination des scolaires sont également envisagées.

→Rens. : CCSTI de Lorient, tél. 02 97 84 87 37, contact@ccstilorient.org, www.ccstilorient.org

● Jusqu'au 29 décembre/ Un œil sur la Terre

Laval - Découverte des satellites



d'observation de la Terre et de leur fonctionnement, ateliers de démonstration répondant aux questions : comment ça marche ?

Quels sont les principes de la mise en orbite ?..., ainsi qu'une animation planétarium spécifiquement liée à l'événement, tel est le contenu de la nouvelle exposition proposée par le musée des Sciences de Laval.

→Rens. : CCSTI de Laval, tél. 02 43 49 47 81.

● Jusqu'au 31 décembre/ Pari(s) sur le tri



Paris - Le Palais de la découverte vous propose un parcours scénographié à base de textes, de projections d'images et de films qui vous conduira de l'origine des déchets ménagers jusqu'à leur traitement, leur valorisation et leur élimination.

→Rens. : Palais de la découverte, tél. 01 56 43 20 21.

● Jusqu'au 3 janvier 2003/ Des intrus dans la maison

Rennes - Proposée par la Caisse primaire d'assurance maladie d'Ille-et-Vilaine, cette exposition, assortie d'animations et de débats, propose de faire le point sur un thème souvent peu abordé : la pollution chez soi. Tabac, bruit, utilisation excessive de produits toxiques et incivilités seront ainsi traqués, pour faire de son "chez soi" un environnement plus sain.

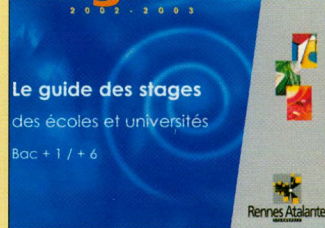


→Rens. : Espace santé, tél. 02 99 78 15 03, cpam35.espacesante@wanadoo.fr

● Jusqu'au 2 février 2003/ Images de sciences

Nantes - Le Muséum d'histoire naturelle et la bibliothèque municipale

Stages



● Le guide des stages

Comme chaque année, Rennes Atalante réunit dans un petit guide les propositions de stages de différents établissements : Université de Rennes 1, Université de Rennes 2, 10 écoles d'ingénieurs, groupe École supérieure de commerce de Rennes et Institut d'études politiques.

→Rens. : Rennes Atalante, tél. 02 99 12 73 73, technopole@rennes-atalante.fr, www.rennes-atalante.fr

Conférences



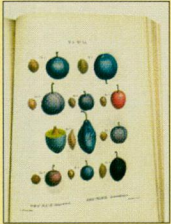
Brest - Les lundis de la santé sont organisés par le service santé publique de la ville de Brest, en collaboration avec l'UBO et l'UFR médecine. Les conférences, gratuites et ouvertes à tous, se déroulent à 18h30 et à 20h, amphithéâtre de la faculté de médecine.

● 16 décembre/ Le diabète de type II

Par le professeur Kerlan du service endocrinologie du CHU Brest.

● 27 janvier/L'hépatite C
Par le professeur Nousbaum du service de dermatologie du CHU Brest.

se sont associés pour proposer un voyage à travers l'histoire des livres de sciences et plus particulièrement des images qu'ils contiennent. À travers l'exposition "Illustrations naturalistes", le musée présente au public un patrimoine exceptionnel de livres anciens dont l'iconographie très riche montre l'évolution des représentations scientifiques du XVI^e au XVIII^e siècle. La bibliothèque, quant à elle, propose un



MUSEUM D'HISTOIRE NATURELLE DE VANNES

parcours au cœur de l'illustration des ouvrages de vulgarisation consacrés aux sciences de la vie de la fin du XVIII^e au XX^e siècle.

→Rens. : Muséum d'histoire naturelle, tél. 02 40 99 26 20, médiathèque Jacques Demy, tél. 02 40 41 95 95.

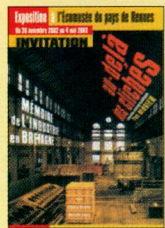
● Jusqu'au 28 février 2003/
Histoires au fil du lait

Landerneau - Interdisciplinaire, cette exposition conçue par le Cidil*,

l'Ademir** et ébulliScience*** retrace l'histoire du lait et des produits laitiers à travers l'histoire de l'humanité et l'évolution des découvertes scientifiques.

→Rens. : André Rosec, Agence de développement Pays de Landerneau Daoulas, tél. 02 98 85 45 85, adet@landerneau.com

● Jusqu'au 4 mai 2003/
Mémoire de l'industrie en Bretagne



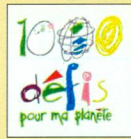
Rennes - Créée au musée de la Cohue à Vannes, cette exposition couvre, à travers le regard du photographe

Yves Berrier, une histoire industrielle et technique de plus de 4 siècles et une soixantaine de sites bretons.

→Rens. : Écomusée du Pays de Rennes - ferme de la Bintinais, tél. 02 99 51 38 15, ecomusee.rennes@agglomerennesmetropole.fr

Appels à projet

● **1000 défis pour ma planète**



Lancée en 1993 par les ministères chargés de l'Éducation nationale, de l'Environnement, de l'Agriculture et de la Jeunesse et des Sports, 1000 défis pour ma planète est une opération d'éducation à l'environnement qui vise à faire évoluer les comportements pour un développement durable de la planète, en suscitant l'engagement des jeunes. Elle s'adresse aux moins de 25 ans, dans le cadre scolaire public ou privé ou dans un cadre non scolaire, mais accompagnés par un éducateur, enseignant ou animateur. En Bretagne, cette opération est soutenue par le Conseil régional, dans le cadre du contrat de plan. La date limite de dépôt des dossiers est fixée cette année au 18 décembre 2002.

→Rens. : Diren Bretagne, tél. 02 99 65 35 27, francoise.kerfant@bretagne.environnement.gouv.fr

● **Bourse de technologie européenne**

Pour la deuxième année consécutive, le Centre relais innovation Atlantic (les membres bretons du Centre relais innovation Atlantic sont l'Arist Bretagne, l'Anvar Bretagne et Bretagne Innovation) et CCI International Bretagne (CCI International Bretagne est le réseau d'appui à l'international des CCI bretonnes) organisent, en collaboration avec le Conseil régional de Bretagne, la participation des entreprises bretonnes à la bourse de technologie européenne, qui aura lieu à l'occasion du CeBit, le premier salon mondial des technologies de l'information et de la communication, à Hanovre, les 17 et 18 mars prochains. La date limite d'inscription pour les entreprises est fixée au 20 décembre 2002.

→Rens. : Alexandre Colomb, tél. 02 99 25 41 57, cri@bretagne.cci.fr

● **Innovation alimentaire**



La date limite de dépôt des dossiers pour participer à la 17^e édition du prix de l'innovation alimentaire Isogone est fixée au 1^{er} janvier 2003. 4 prix seront décernés.

→Rens. : Isogone, tél. 02 99 59 48 22, isogone@agrorenens.educagri.fr

● **Réseau national des technologies**

Présenté le 5 décembre dernier par l'ENST Bretagne, l'Irisa, avec le soutien du RNTL (Réseau national des technologies logicielles) et de l'Anvar, l'appel à propositions 2003 du RNTL est paru. Il sera clos le 13 janvier.

→Rens. : Irisa, Chantal Le Tonquèze, chantal.letonqueze@irisa.fr, tél. 02 99 84 75 33.

● **Salons 2003**



Pour participer aux salons : Intertronic et/ou Rf & Hyper, qui auront lieu en mars et avril 2003, n'hésitez pas à contacter Chantal Rahuel à la Meito.

→Rens. : Meito, tél. 02 99 84 85 00, c.rahuel@meito.com

● **Nouvelles technologies**



Le Conseil régional de Bretagne, la banque commerciale pour le marché de l'entreprise du groupe CMB et France Télécom ont lancé, le 5 décembre dernier, la deuxième édition des trophées Bret@gne - Collectivités. Ce concours récompensera 9 collectivités pour leurs initiatives relatives aux nouvelles technologies. La participation est possible jusqu'au 31 mars 2003 et les prix (en dotation de matériels informatiques) seront remis en juin 2003.

→Rens. : www.trophees-bretagne-collectivites.net

FORMATION CONTINUE EN INFORMATIQUE

Institut de Formation Supérieure en Informatique et Communication



UNIVERSITE DE RENNES 1

Vous avez une expérience de la programmation et vous souhaitez intégrer une équipe de conception, de développement, de maintenance de logiciels complexes : l'IFSIC vous propose de suivre, en formation continue, le diplôme d'université :

GÉNIE LOGICIEL

de février 2003 à septembre 2003 à temps plein

CONTACT / INFORMATIONS
UNIVERSITÉ DE RENNES1
SERVICE FORMATION CONTINUE
4, RUE KLÉBER 35000 RENNES
tél. : 02 23 23 39 50 - <http://sfc.univ-rennes1.fr>



Contactez-nous pour paraître dans le prochain Sciences Ouest !

Tél. 02 99 35 28 22
Fax 02 99 35 28 21
redaction@espace-sciences.org

*Cidil : Centre interprofessionnel de documentation et d'information laitières. **Ademir : Association pour le développement de la micro-informatique et des réseaux. ***EbulliScience : Centre de vulgarisation scientifique de Vaux-en-Velin (Rhône-Alpes).

SCIENCES OUEST

RESEARCH AND INNOVATION IN BRITTANY

ABSTRACTS FOR THE INTERNATIONAL ISSUE

SPOTLIGHT ON LABORATORIES P.6

GÉNOPOLE OUEST GENES UNDER A MICROSCOPE

Professor Claude Férec's team carries out epidemiological and genomic analyses of the genes of Breton patients. The team is particularly interested in three main gene models in which mutations lead to disease i.e. hereditary pancreatitis, haemochromatosis and cystic fibrosis.

For Claude Férec, *Génopole Ouest* has considerably speeded up the building of a strong line of research in this area. It has the advantage of enabling his team to undertake networked research with Rennes, Nantes and Angers and share tools which the laboratories would be unable to finance individually. For example, the network has access to the gene typing equipment (high-rate sequencing) in Roscoff. The team has recently acquired equipment that detects interactions between molecules. It is also working with the Organic Chemistry Laboratory at the *Université de Bretagne Occidentale* on the development of gene transfer within cells. Two patents have already been filed and *Génopole Ouest* will enable the researchers to maximise the potential of their work. ■

SPOTLIGHT ON HISTORY AND SOCIETY P.7

INDUSTRIAL AND TECHNICAL HISTORY: MEMORIES FOR THE FUTURE

Quite apart from anecdotal knowledge of its history, the memories of a company enable it to look back at events that combined technology and industrial developments with history, sociology and ethnology. Such knowledge may be useful but may also, on occasion, constitute a destabilising factor. New knowledge may overcome technical problems or create a change of emphasis in production, for example when a company moves over to production line processes, but it also casts a clearer light on little-known, past phenomena and, in doing so, allows the company greater control over its future development or at least provides a means to better organisation of such development. Sometimes, though, the company's image has remained somewhat old-fashioned and the difference between its image and the real world can hinder innovation. Moreover, as far as external communication is concerned, historians do not always appear to have a place in the corporate sector because companies are careful to control information in order to produce a flattering and, often, very smooth image. Historians can, however, stand back and look at the company, possibly offering food for thought. ■

SPOTLIGHT ON THE NEWS P.8

CULINARY CHRONICLES: RUMOURS ABOUT WHIPPED EGG WHITES

Whipped egg whites are the subject of as much received wisdom as mayonnaise - and there's a good reason for that. They are widely used in cooking, in chocolate mousses, soufflés, quenelles and cakes. Here are two pieces of information about egg whites. It doesn't matter which direction you whip the whites in - a left-handed person will whip them just as well as a right-handed one. The only important thing is to move the whisk in such a way as to introduce air into the whites. You will produce a good, firm mousse if the bubbles of air are so tightly-packed that they can no longer move freely within the liquid of the egg whites. And now to the problem of the volume of stiffly-beaten egg whites. Given that the whipped whites consist of air, water and protein, a limited volume results from a lack of one of the three components. Since there is no lack of air (there is plenty of it around us), is it water or protein that is missing? Let's add some water and whisk. The egg whites continue to swell. Add some more water and whisk - the whites increase in volume again, and on it goes. A simple calculation shows that you can obtain several litres of whipped egg white from a single white. You can't get much more economical than that! ■

AN IN-DEPTH LOOK AT NEW FASHIONS IN NUTRITION

P.9/17

Eating well is essential; it is also indicative of our culture, socio-economic category, in short our lifestyle. Today, the notion of healthy eating is developing and the new demand from consumers is leading to a wide range of innovations.

Brittany is, historically, a region of animal farming and food-processing, as well as being second only to Alsace as one of France's great regions for gourmet food. As such, it has plenty to say on this question. This in-depth look describes the regional "Nutrition & Health" programme based on research work carried out in the laboratories of the *Institut national de recherche agronomique (Inra)*, the teaching hospital in Brest (*Centre hospitalier universitaire*) and the *Centre d'études et de recherche en nutrition* in Lorient. The work was carried out with technical centres, at the request of industrialists. Among the topics covered were the treatment of obesity or the promotion of linseed, which is rich in essential fatty acids. Its presence in animal feed has a real effect on human health, especially as regards cardiovascular disease. Food safety is another area of concern and this is the sector in which the *Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa)* is involved, as are companies such as Agreen Tech which specialises in the development of traceability tools for the various sectors in the food-processing industry. ■

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: nathalie.blanc@espace-sciences.org



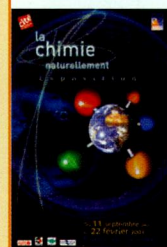
Brittany Regional Council is providing financial backing for this service.

Exposition



DÉVOILER L'INVISIBLE

● Parmi les animations proposées dans l'exposition "La chimie naturellement", l'une s'adresse à un tout jeune public et s'intitule le monde de l'invisible. Le but : montrer que la chimie est partout - et pas seulement dans les produits dangereux ! - et parfois tellement discrète, qu'elle vient se nicher à des endroits où on ne l'attend pas. L'animation débute par une sympathique poignée de main illustrant le concept de liaison entre atomes, se poursuit par l'observation d'un morceau de papier absorbant... puis par un jeu : comment différencier 4 liquides transparents ? Bien loin des fameux et non populaires "produits chimiques", en utilisant des produits simples du quotidien, comme de l'eau, du vinaigre, du citron, du jus de chou rouge ou de la craie, l'animatrice (ici Cécile) réalise petit à petit une palette de couleurs (principe des indicateurs colorés) et gonfle un ballon (démonstration du dégagement d'un gaz). Et oui, c'est ça, aussi, la chimie !



La chimie naturellement, jusqu'au 22 février 2003 au centre commercial Colombia.

→ 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 16 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.



Les mercredis de la mer



Cycle de conférences organisé par l'Espace des sciences et l'Ifremer. Prochains rendez-vous :

● Mercredi 18 décembre L'aquaculture des "nouvelles espèces" de poissons marins

Par Marc Suquet, biologiste dans le laboratoire adaptation reproduction nutrition-direction des ressources vivantes à l'Ifremer.

● Mercredi 15 janvier 2003

Téledétection et littoral

Par Jacques Populus, ingénieur de recherche au service applications opérationnelles de la direction de l'environnement et littorale de l'Ifremer.

→ Les conférences durent environ une heure et se terminent autour des questions du public. → 20 h 30, maison du Champ-de-Mars, 6, cours des Alliés, Rennes, entrée libre et gratuite.

Les mercredis de la mer



Situés dans la 1^{re} région agroalimentaire française, nous vous offrons trois formations d'ingénieurs futurs cadres supérieurs du secteur agroalimentaire



L'ENSAR

forme des ingénieurs agronomes en 3 ans qui peuvent se spécialiser en dernière année en technologie alimentaire et en nutrition.

Ces spécialisations forment des cadres connaissant les contraintes et les exigences des filières de productions animales pour l'élaboration des aliments destinés aux consommateurs.

La formation d'ingénieur agronome s'inscrit dans un ensemble recherche - enseignement - développement dont la mission est de contribuer à l'acquisition et à la diffusion du progrès technique et scientifique.



L'INSFA

forme en 5 ans des ingénieurs agroalimentaires à

double compétence technique et socio-économique dans une logique professionnelle faisant une large part aux stages en entreprises françaises et étrangères (16 mois).

L'INSFA forme des cadres opérationnels dès la sortie pouvant s'adapter aux divers besoins des entreprises.



L'IESIEL

IESIEL
INSTITUT D'ÉTUDES
SUPÉRIEURES D'INDUSTRIE
ET D'ÉCONOMIE LAITIÈRES

dispense une formation de 3^e cycle, professionnelle en 1 ou 2 ans spécialisée

dans le secteur laitier. Cette formation s'adresse aux universitaires, aux ingénieurs ou aux salariés d'entreprises laitières ayant un niveau minimum équivalent à bac +3. La moitié du cursus se déroule en entreprises, l'autre moitié étant réservée au développement des compétences dans la gestion des moyens aussi bien, économiques, humains que techniques.

Débouchés : Recherche-développement - Production - Qualité - Marketing (chef de produit) Logistique - Contrôle de gestion - Chargé d'études - Enseignement - Journalisme ...

Facture d'eau en braille,

La liberté de pouvoir lire

Edition braille : Association



"donne-moi tes yeux"

La facture en braille est proposée à l'ensemble de nos clients non-voyants.

Elle leur permet de connaître et gérer leur budget Eau de façon autonome.

Sur demande, les documents d'information sur l'eau (courriers, brochures,...) peuvent également être traduits en braille. Ce nouveau service vient compléter ceux adaptés aux personnes à mobilité réduite ou mal-entendantes, disponibles sur notre site internet www.generale-des-eaux.com et par téléphone en contactant Générale des Eaux Direct.

Pour obtenir la facture
en braille, contactez :

Agences Générale des Eaux

Générale des Eaux Direct
0811 904 904*

Agences Compagnie des Eaux
et de l'Ozone

Générale des Eaux Direct
0811 904 905*

* Prix d'un appel local

GÉNÉRALE
des **eaux**

SCIENCES *Ouest*

RECHERCHE ET INNOVATION EN BRÉTAGNE N° 194

Numéro spécial

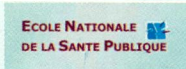
La recherche en Bretagne

Rennes, le 25 novembre 2002
3^{es} Rencontres nationales sur
les politiques régionales de recherche
et de développement technologique

SUPPLÉMENT AU N° 194
DÉCEMBRE 2002 / 3 €

Spécial recherche

LA BRETAGNE : UNE MOSAÏQUE DE COMPÉTENCES



Universités de Bretagne

- Euro-pôle universitaire de Rennes : <http://www.pole-univ-europe-rennes.prd.fr/index.htm>
- Université de Rennes 1 : <http://www.univ-rennes1.fr/>
- Université de Haute Bretagne : <http://www.uhb.fr/>
- Université de Bretagne sud : <http://www.univ-ubs.fr/ubs/index.html>
- Université de Bretagne occidentale : <http://www.univ-brest.fr/indexjavascript.html>
- IUT de Lannion : <http://www.iut-lannion.fr/>
- IUT de Vannes : <http://www.iu-vannes.fr/>
- IUT de Quimper : <http://www.univ-brest.fr/iutquimp/>
- Campus de Ker Lann : <http://www.campuskerlann.com/fr/index.html>

Grandes écoles de Bretagne

- ENSTB : <http://www.enst-bretagne.fr/index.fr.php>
- École Louis de Broglie : <http://www.ecole-debroglie.fr/>
- ENS Cachan : <http://www.bretagne.ens-cachan.fr/dochtml/docgene/contr01.html>
- Ensaï : <http://www.ensai.com>
- Ensa - Rennes : <http://agro.roazhon.inra.fr/accueil.php>
- ENSC - Rennes : <http://www.ensc-rennes.fr/>
- École navale de Brest : <http://www.ecole-navale.fr/fr/presentation/index.html>
- Ensieta : <http://www.ensieta.fr/>
- Esmisab : <http://www.univ-brest.fr/esmisab/esmisab/>
- Enssat : <http://www.enssat.fr/accueil.php>
- Enib : <http://www.enib.fr/>
- EME : <http://www.ecole-eme.com/>
- Insa : <http://www.insa-rennes.fr/>
- Supélec : <http://www.supelec-rennes.fr/>
- ENSP : <http://www.ensp.fr/>
- Ifsic : <http://www.ifsic.univ-rennes1.fr/>
- IUEM : <http://www.univ-brest.fr/IUEM/>

Grands organismes de recherche en Bretagne

- Inserm : <http://www.inserm.fr/>
- CNRS : <http://www.cnrs.fr/>
- CNRS - Délégation Bretagne : <http://www.dr17.cnrs.fr/>
- Station biologique de Roscoff (CNRS) : <http://www.sb-roscoff.fr/>
- Inria : <http://www.inria.fr/>
- Irisa : <http://www.irisa.fr/>
- Inra : <http://www.rennes.inra.fr/>
- Ifremer : <http://www.ifremer.fr/francais/>
- Afssa : <http://www.afssa.fr/>
- Cemagref : <http://www.rennes.cemagref.fr/>
- Ifremer : <http://www.ifremer.fr/orstom/>
- Service hydrographique et océanographique de la marine : <http://www.shom.fr/>
- MNHN : <http://www.mnhn.fr/>
- Station biologique de Concarneau (MNHN) : http://web.bagadoo.tm.fr/rechform/biolo_marine/index.html
- Ipev : <http://www.ifremer.fr/irftp/>
- IRD : <http://www.brest.ird.fr>

Éditorial

MICHEL CABARET, DIRECTEUR DE L'ESPACE DES SCIENCES

LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ÉLÉMENT MAJEUR DU DYNAMISME DANS L' OUEST

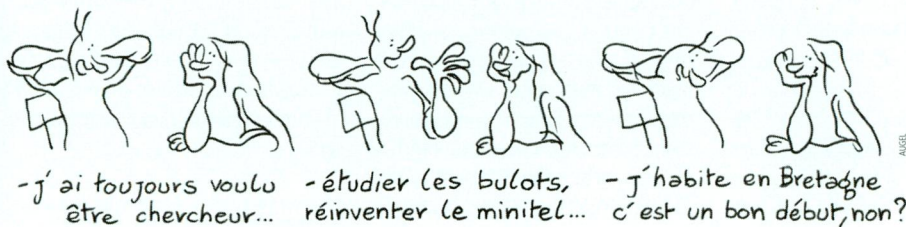
La Bretagne accueille à Rennes, en ce 25 novembre 2002, les troisièmes rencontres nationales sur les politiques régionales de recherche et de développement technologique. Journées de concertation pour les Comités consultatifs régionaux de la recherche et du développement technologique (CCRRTD), qui, consultés régulièrement pour avis par les Conseils régionaux sur la politique régionale de la recherche, favorisent les relations entre la recherche, les entreprises et la société.

Si la Bretagne est connue pour le fonctionnement exemplaire de son CCRRTD, -présidé notamment par le professeur Claude Champaud et dont le flambeau a été repris, en 2000, par Jacques Berthelot -, elle l'est aussi pour le dynamisme de sa recherche, avec près de 4 500 chercheurs et 2 000 thésards. Et ce sont les travaux de ces hommes et de ces femmes qui alimentent chaque mois les colonnes de *Sciences Ouest*, le mensuel de la recherche et de l'innovation en Bretagne.

Ces troisièmes rencontres nationales sont donc l'occasion de reprendre, dans un numéro spécial, quelques-uns des articles significatifs parus au cours des derniers mois dans des domaines aussi divers que la génomique et la postgénomique (travaux de recherche menés au sein de la Génopole Ouest), les biotechnologies, l'agroalimentaire, l'environnement, les télécommunications et les nouvelles technologies de l'information et de la communication, la chimie...

Sans avoir la prétention de l'exhaustivité thématique ou institutionnelle, ce numéro spécial, réalisé en collaboration avec la Région Bretagne, revient sur des sujets captivants qui ont alimenté l'actualité régionale et permettent de faire progresser les connaissances.

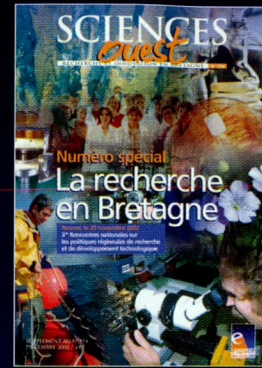
Bonne lecture. ■



3^{es} Rencontres nationales sur les politiques régionales de recherche et de développement technologique
Rennes, le 25 novembre 2002



SOMMAIRE SPÉCIAL RECHERCHE



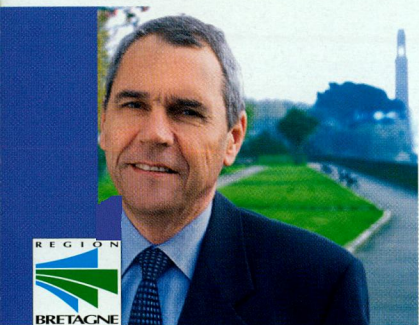
Tirage du supplément au n° 194 : 5 000 ex.
Dépôt légal n° 650
ISSN 1623-7110

La politique régionale de la recherche	4/5
Mer	
Génopole Ouest	6/7
Santé	
Génopole Ouest.....	8
Biotechnologies	
GeneSystems révolutionne le monde des biopuces	9
Sciences du vivant	
Vers de vase et substituts sanguins	10
Agroalimentaire	
Tout est bon dans le poisson !	11
Environnement	
Le littoral, sous surveillance renforcée	12
Sciences du vivant	
Jusqu'au cœur des cellules	13
Mégalis	
Mégalis et le développement de nouveaux usages	14
Marsouin	14
Un portail médical sécurisé	15
Réalité virtuelle	
Pour l'Irisa, la recherche sur le virtuel, c'est du concret !	16
Imagerie médicale	
Numériser le vivant	17
Prix Bretagne jeune chercheur	
Édition 2001	18
Nouvelle génération d'antennes	19
Matériaux	
Le verre, la fibre et la lumière	20
Le lin et ses fibres	
Cultiver des voitures.....	21
Anthropologie	
<i>Homo erectus</i>	
À la conquête de l'Ouest.....	22

La politique régionale de la recherche

La recherche est internationale

Jacques Berthelot, conseiller régional et président du Comité consultatif régional de la recherche et du développement technologique de Bretagne (CCRRDT), nous présente ici les orientations de la Région en matière de recherche et ses ouvertures tant interrégionales qu'europpéennes.



maintenus. À ce titre, nous aidons particulièrement le secteur des télécommunications et les domaines santé - environnement - médecine, regroupés sous le thème de la Génopole⁽¹⁾. Mais cela ne veut pas dire que nous ne soutenons pas la recherche sur les Celtes - sinon qui va le faire ? -, les sciences sociales et humaines ou bien les travaux du très actif pôle de chimie de Rennes, par exemple.

Sciences Ouest : Avant toute chose, pouvez-vous nous rappeler la place de la recherche bretonne en France ?

Jacques Berthelot : La recherche bretonne occupe évidemment une position d'excellence ! Elle se situe au 4^e rang en terme de personnel et au 5^e rang en ce qui concerne la politique menée. Un autre chiffre est très significatif : nous totalisons près de 5% de la recherche de notre pays !

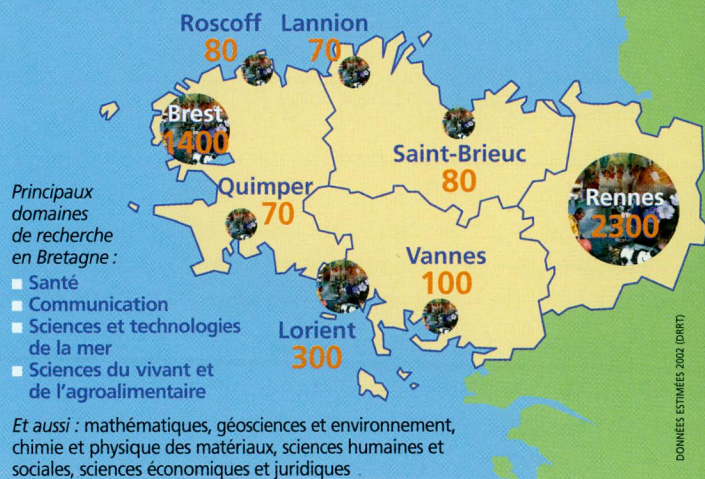
S.O. : Quels sont les axes que vous allez développer dans le futur ? Quels secteurs allez-vous privilégier ?

J.B. : La politique régionale de la recherche s'inscrit pleinement dans le volet de la politique de développement économique : il faut absolument que les pôles d'excellence soient

S.O. : Pour cela, quels sont les moyens dont vous disposez ?

J.B. : Nos moyens s'élèvent entre 10 et 12 millions d'euros (70 à 80 millions de francs) et sont répartis entre les 7 programmes régionaux d'aide à la recherche, les opérations du contrat de plan État-Région 2000-2006, et les programmes de recherche interrégionaux menés notamment dans le cadre du PAO⁽²⁾ et de la Génopole. Ces moyens nous permettent notamment d'accueillir de nouvelles équipes, de financer différents types de bourses : doctorales, postdoctorales, séjours à l'étranger... et aussi d'acheter des équipements qu'ils soient de base et utilisés en routine ou beaucoup plus sophistiqués et très coûteux comme un supercalculateur acquis récemment.

Près de 4 500 chercheurs en Bretagne
Chercheurs relevant des universités, grandes écoles et grands organismes



S.O. : Vous venez de parler de la Génopole Ouest. L'ouverture vers les régions proches est donc bien une réalité ?

J.B. : Oui, bien sûr ! On entend beaucoup parler en ce moment de redessiner les régions. Mais je pense qu'il ne faut pas attendre que cela soit fait pour commencer à travailler ensemble ! La création du Pôle agromérique ouest, la Génopole Ouest et le lancement de Mégalis⁽³⁾, impliquant des équipes des deux régions Bretagne et Pays de la Loire en sont des preuves convaincantes ! Mégalis n'est pas un réseau de recherche à proprement parler, mais plutôt un outil, il a en revanche complètement conditionné le succès de la mise en place de la Génopole Ouest.

Nous sommes tous bien conscients, aujourd'hui, qu'en mutualisant les forces et les compétences, on atteint des masses critiques qui peuvent alors peser à des niveaux national et international.

S.O. : L'ouverture se fait aussi au niveau de l'Europe ?

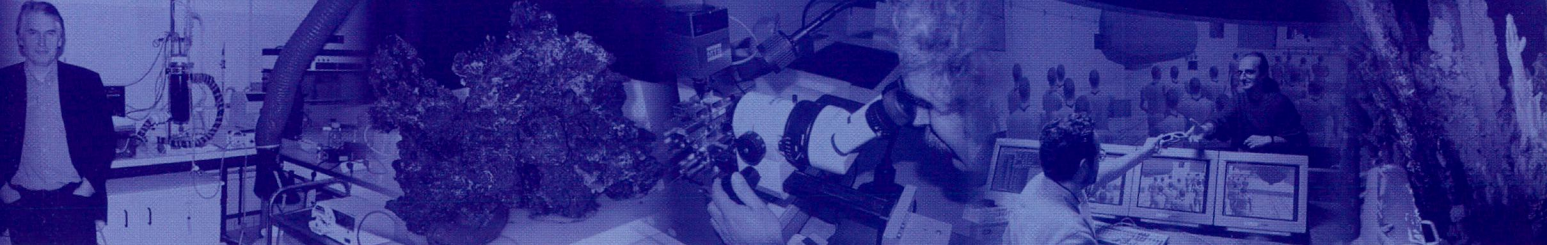
J.B. : Oui, et cette structuration de l'espace européen de la recherche prend de l'ampleur avec, à la demande de nos centres de recherche, la création de deux postes, l'un à l'Université de Rennes 1 et l'autre à l'UBO, pour aider les chercheurs au montage et au suivi des projets européens. Par ailleurs, le réseau Génomer, constitué des équipes de Roscoff, de l'IUEM et de l'Ifremer à Brest, constitue une particularité française en phase de devenir un pôle d'excellence européen. ■

⁽¹⁾ Génopole Ouest : huitième génopole française regroupant les équipes de recherche bretonnes et ligériennes travaillant sur la génétique et la postgénomique dans les domaines de la santé, de la mer, de l'agronomie et de la bio-informatique.

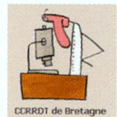
⁽²⁾ PAO : Pôle agromérique Ouest (voir page ci-contre).

⁽³⁾ Mégalis : réseau de télécommunications haut débit lancé en Bretagne et Pays de la Loire.

Contact → <http://www.region-bretagne.fr>
(rubrique recherche).



Le rôle du CCRRDT



→ Les Comités consultatifs régionaux de la recherche et du développement technologique (CCRRDT) sont des organismes officiels, créés lors du vote de la loi de décentralisation en juillet 1982. Ils sont consultés pour avis sur la politique régionale de la recherche et informés de la répartition des crédits. Les Régions ne sont pas pour autant obligées de suivre leurs recommandations et tous les Conseils régionaux n'en sont d'ailleurs pas pourvus. Conséquence, le règlement des CCRRDT est propre à chacun d'entre eux. Pour ce qui est de la Bretagne, le CCRRDT est très actif et intervient régulièrement pour faciliter les décisions de la commission permanente du Conseil régional. Il est composé d'un président, élu pour 3 ans, et de 81 membres répartis dans 3 collèges. Le premier collège est constitué des acteurs de la recherche : organismes de recherche, centres de transfert de technologies, universités, grandes écoles, entreprises innovantes ; le second rassemble les membres représentatifs des organisations syndicales et le troisième, des personnalités participant au développement économique de la recherche en Bretagne : des conseillers régionaux, les présidents des 3 chambres consulaires, ainsi que des directeurs d'entreprises, d'écoles, d'universités et de technopoles. ■

Contact → recherche@region-bretagne.fr

Développement de la recherche au niveau européen



→ Le lancement du sixième Programme cadre pour la recherche et le développement technologique (PCRDT) par la Commission européenne, visant la mise en œuvre de l'espace européen de la recherche, a été l'occasion pour la Région Bretagne de prendre un certain nombre d'initiatives.

La recherche régionale est en effet confrontée, chaque jour un peu plus, à une concurrence internationale de haut niveau et ses besoins en terme de financements augmentent.

L'État, principal contributeur, et les collectivités territoriales, dont la Région en premier lieu, fournissent d'importants efforts en la matière mais ne peuvent satisfaire l'ensemble de ces besoins. L'Europe apparaît alors comme une source de financements non négligeable.

Or, pour pouvoir en bénéficier, les laboratoires régionaux doivent s'organiser, créer des réseaux scientifiques européens voire internationaux, imaginer des programmes de recherche cohérents et ambitieux et rédiger de nombreux dossiers de candidature. Autant de tâches qui posent un certain nombre de difficultés et qu'ils ne peuvent accomplir seuls.

C'est dans ce sens, pour faciliter l'accès des chercheurs aux soutiens communautaires, que le Conseil régional de Bretagne a décidé de mettre en place, après consultation et en collaboration avec l'Université de Rennes 1 et l'Université de Bretagne occidentale (UBO), la "mission pour le développement européen de la recherche en Bretagne". Cette mission consiste à mettre deux ingénieurs de projets européens à disposition de l'ensemble des scientifiques bretons ; deux ingénieurs qui devront les aider à s'organiser et à mieux appréhender les procédures communautaires. ■

Contacts → À Rennes : beatrice.viale@univ-rennes1.fr

À Brest : matthieu.rolland@univ-rennes1.fr

Le Pôle agronomique ouest, un lien entre la recherche et l'économie

→ Le Pôle agronomique ouest (PAO) est une association qui a été créée en 1992 par les régions Bretagne et Pays de la Loire avec 12 collectivités territoriales, départements et grandes villes de l'Ouest, pour permettre à la recherche d'être un facteur de développement économique. Il a donc pour mission de renforcer les liens entre les laboratoires travaillant sur le créneau des sciences de la vie, et les filières économiques assurant la production et la transformation des produits d'origine agricole, et ce, dans les domaines prioritaires pour le grand Ouest, à savoir : **l'agriculture**, avec l'étude de l'influence des bonnes pratiques agricoles sur la qualité et la traçabilité des produits phytosanitaires dans les filières de production animale (lait, viande, plats cuisinés) et végétale, et l'élargissement de la protection biologique intégrée de la production sous serre à la culture de plein champ ; **l'agroalimentaire**, avec une attention portée sur les ovoproduits (microbiologie prévisionnelle) et la sécurité du consommateur (connaissance des flores d'altération et pathogènes) ; **la mer**, avec la qualité du milieu marin conchylicole et des produits phytosanitaires ; et enfin **la santé**, avec des travaux sur les xénogreffes et la nutrition. ■

Contacts → PAO, président : Josselin de Rohan,
vice-président : Jean-Luc Harousseau,
délégué général : Jean-Luc Millecamps,
tél. 02 99 27 10 83, fax 02 99 27 10 82,
POLE.AGRO.OUEST@wanadoo.fr



Mer

Génopole Ouest

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.



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 la recherche. "Pour utiliser les res-

sources du Génoscope d'Évry, explique Catherine Boyen, il fallait répondre aux appels d'offres 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 (*Crepidula 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

La 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 originaux. Christian Jeanthou est responsable



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



Cheminée hydrothermale.
Campagne Atos.



Bernard Kloareg

“Plus que des outils”

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).

Qu'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

Le 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

Pour mieux comprendre et valoriser les mécanismes moléculaires des algues, il était devenu impératif que les chercheurs puissent disposer d'outils efficaces. La création de la Génopole Ouest a permis l'acquisition d'un séquenceur automatique qui va donner un nouveau souffle aux recherches.

Mais pour Bernard Kloareg, directeur de l'UMR, la Génopole, c'est bien plus qu'une plate-forme technologique : “Les besoins en séquençage et en génotypage étaient bien réels. Les projets Génomer et Génopole Ouest nous ont permis d'avoir accès à des outils indispensables pour rester dans la compétition scientifique mondiale. Cela nous offre des perspectives 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 aux niveaux national et international, il fallait se fédérer.”

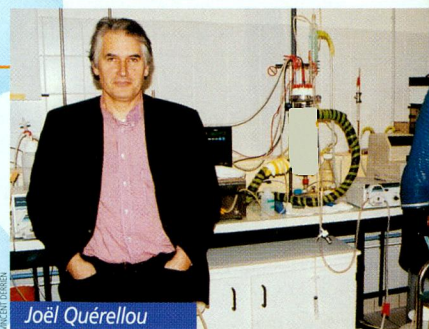
Derrière ce constat se dessine une ambition : faire de la Bretagne le leader du développement d'un programme européen de génomique marine au sein d'un réseau d'excellence... ■ V.D.

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

nète : 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-



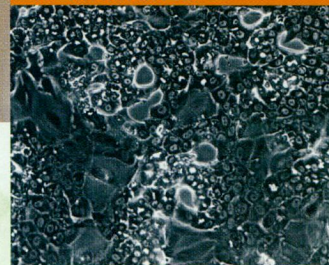
Joël Quérellou

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

Santé

Génopole Ouest

L'équipe
de l'unité
Inserm 522.Rennes cultive
la différence

Le thème de la santé de la Génopole Ouest s'appuie sur des spécificités régionales, comme l'étude de maladies génétiques et dégénératives (mucoviscidose, hémochromatose, 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...



NATHALIE BRANC

→ "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.

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'hémochromatose, une maladie génétique à forte incidence dans la région, qui se traduit par le dysfonctionnement d'une protéine régulatrice 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 inégalé 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.guillouzo@rennes.inserm.fr

Biotechnologies

GeneSystems révolutionne le monde des biopuces

Les biopuces qui étaient autrefois utilisées exclusivement dans le domaine de la recherche sortent du laboratoire. Gabriel Festoc, ex-chercheur en biologie moléculaire, les a adaptées et automatisées pour en généraliser l'utilisation dans le monde de l'agroalimentaire.

→ Pour mieux identifier le contenu de nos assiettes, les chercheurs de la société GeneSystems basée à Bruz (35) ont mis au point un nouveau type de biopuce à ADN capable de traquer les organismes génétiquement modifiés ou les bactéries indésirables dans les aliments. À l'origine, le concept de biopuces est français. Les premières ont été mises au point par le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) en 1993, mais elles n'ont été introduites sur le marché qu'en 1997 par la société américaine Affymetrix, actuel leader dans le domaine. Le principe consiste à mettre en présence une séquence d'ADN appelée sonde fixée sur un support, et l'ADN de l'organisme que l'on veut détecter. La séquence de la sonde étant choisie pour être complémentaire de l'ADN recher-

ché, ce dernier va venir s'hybrider, s'il est présent, sur les sondes de la biopuce, en une heure seulement. Alors que des méthodes comme l'immunologie ou les cultures de bactéries sur boîte de Pétri nécessitent au moins 24 heures pour voir arriver les premiers résultats.

Cependant, ce que prévoit de commercialiser la société GeneSystems au début de l'année 2002 est plus qu'une simple biopuce. "Il s'agit en fait d'un système entièrement automatisé autour d'un élément clef : un support très particulier de la forme et de la taille d'un petit CD, baptisé Genedisc. Ce CD est creux et à l'intérieur, le liquide diffuse grâce à un système de canaux, ce qui permet aux sondes d'ADN de ne pas être fixées", explique Gabriel Festoc, créateur et directeur de l'entre-



Gabriel Festoc P-dg de GeneSystems et Nadine Batisse, chercheur.

Gain de temps, gain d'argent !

Or, si les sondes sont libres dans la préparation, elles rencontrent plus vite leur ADN complémentaire que si elles restent immobiles, et la vitesse de réaction chimique s'en trouve augmentée. Outre le fait qu'il permet de traiter plusieurs échantillons en même temps, Genedisc a encore un autre avantage : alors qu'avec une biopuce "classique", il est nécessaire d'amplifier préalablement l'ADN recherché pour pouvoir le détecter, et que des millions de brins d'ADN sont obtenus sans pouvoir estimer la quantité initiale contenue dans la préparation, la technique utilisée par GeneSystems est la PCR⁽¹⁾ en temps réel. Des prises de mesures ponctuelles, au cours de l'amplification, donnent ces informations quantitatives manquantes. Pour les industriels, le gain dû à tous ces avantages est conséquent : ils peuvent ainsi gérer leur production en flux tendu sans risquer de devoir rapatrier en urgence leurs produits déjà emballés et distribués dans le cas où un test révélerait la présence d'une bactérie pathogène ou d'un OGM indésirable.

Un grand marché aux puces

Applicable à tout type de matrice alimentaire, cette méthode permet de mettre en évidence n'importe quel type d'ADN. "Cependant, en matière d'OGM, nous ne recherchons que les ADN des variétés légales, explique Gabriel Festoc. Notre puce est capable de reconnaître les quatre mais et le soja transgéniques légalisés et commercialisés en France." Les clients sont d'ailleurs souvent des producteurs de denrées alimentaires susceptibles de contenir ces produits, et qui désirent obtenir une labellisation "garanti sans OGM". Ce dernier argument, associé au fait que les performances techniques de Genedisc ont été confirmées et les préséries lancées, devrait mettre la puce à l'oreille à plus d'un client ! ■ E.L.

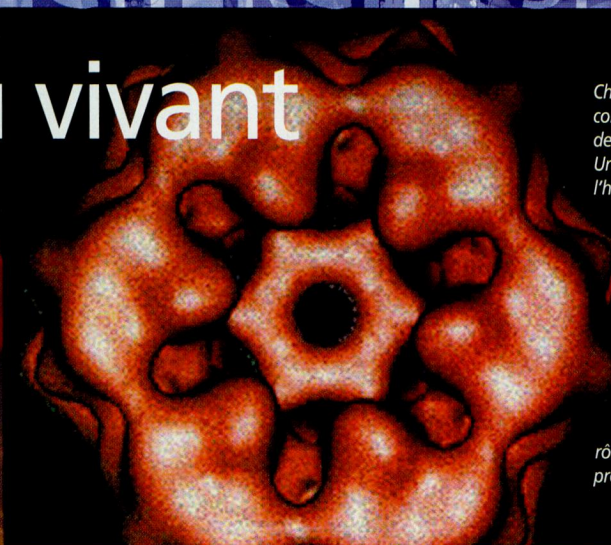
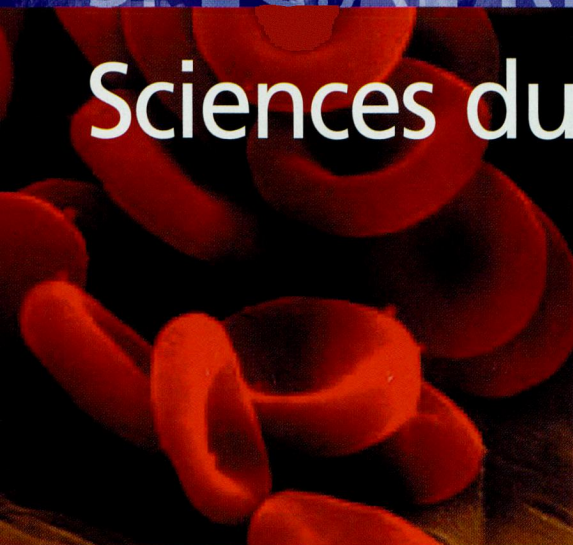
⁽¹⁾ La PCR (Polymerase Chain Reaction) est une réaction d'amplification de l'ADN.



Sa rapidité, son ergonomie et son prix peu élevé en font un instrument unique sur le marché.

Contact → Gabriel Festoc,
GeneSystems, tél. 02 99 05 57 90,
GeneSystems@agrorennes.educagri.fr

Sciences du vivant



Chaque globule rouge (photo de gauche) contient en moyenne 250 millions de molécules d'hémoglobine. Une hémoglobine est constituée, chez l'homme, de 4 sous-unités polypeptidiques capables de transporter des molécules d'oxygène. Chez certains invertébrés marins, l'hémoglobine possède plus de 200 de ces mêmes sous-unités et a un poids moléculaire 50 fois supérieur (photo de droite). Une telle molécule dans la circulation sanguine ne nécessiterait pas d'être transportée par des globules pour jouer pleinement son rôle... Une voie prometteuse pour la production de "substituts sanguins".

Vers de vase et substituts sanguins

Le sang "sain" est une denrée rare. Dans un service hospitalier, pas un jour ne se passe sans une transfusion, sans parler des services d'urgences ! Les besoins sont énormes et les donateurs finalement pas si nombreux... La solution serait de pouvoir fabriquer du sang "sur commande". Depuis longtemps les scientifiques s'interrogent sur les possibilités de créer un tel substitut. Une recherche qui nous emmène parfois bien loin des laboratoires...

→ Il y a 40 ans, alors que Watson et Crick recevaient le prix Nobel de médecine pour la mise en évidence de la double hélice d'ADN, deux chercheurs britanniques étaient récompensés en chimie pour avoir découvert une autre molécule essentielle à la vie : l'hémoglobine. Cette protéine est contenue dans les globules rouges et est constituée de quatre sous-unités. Elle possède un rôle fondamental dans l'organisme : transporter l'oxygène depuis les poumons jusqu'aux organes.

Franck Zal a intégré une équipe de recherche de la station biologique de Roscoff en 1999. Il connaissait déjà les locaux : c'est là qu'il a travaillé sa thèse sur les hémoglobines des invertébrés marins. Un sujet de recherche fondamentale qu'il a développé notamment à partir d'organismes vivant au niveau des sources hydrothermales. Ces écosystèmes sont localisés sur les dorsales océaniques, parfois à plusieurs kilomètres sous la surface. Malgré les conditions extrêmes qui y règnent (substances toxiques, pression, obscurité, chaleur...), la vie s'y développe avec exubérance, révélant des organismes aux particularités physiologiques étonnantes.

"Quand nous avons commencé à travailler sur ces organismes, on se posait de nombreuses questions, explique Franck Zal. Ces écosystèmes sont riches en hydrogène sulfuré (H₂S), un poison redoutable pour

tout organisme qui respire, car il bloque l'activité de l'hémoglobine et de la cytochrome oxydase, même à des doses infinitésimales ! Les animaux qui vivent là ont donc trouvé une parade physiologique à ce problème."



Franck Zal dans son laboratoire à la station biologique de Roscoff.

Des perspectives en médecine

En fait d'adaptation, les chercheurs ont découvert, à l'intérieur de ces organismes, des bactéries tirant leur énergie de l'hydrogène sulfuré permettant ainsi aux mécanismes vitaux de fonctionner. De plus, ces animaux singuliers présentent une hémoglobine aux caractéristiques surprenantes : d'un poids moléculaire 50 fois supérieur à celle de l'homme, elle possède des caractéristiques fonctionnelles et structurelles qui feraient d'elle une excellente candidate aux substituts sanguins dont la médecine attend la mise au point avec impatience !

En effet, afin de réduire les risques de contamination par trans-

fusion et d'avoir une source permanente de sang "sain", de nombreux axes de recherche ont été abordés pour produire ce substitut. Mais pour l'instant, ni la synthèse chimique (perfluorocarbonés), ni la synthèse biologique (hémoglobines pontées, OGM...) ne produisent des rendements suffisants. La voie qu'explore Franck Zal avec les invertébrés marins est donc prometteuse.

De l'hémoglobine extracellulaire

Mais attention, créer un substitut sanguin ne signifie pas "faire du sang artificiel". L'hémoglobine n'a qu'un rôle de transport de l'oxygène alors que le sang possède une multitude d'autres fonctions (défense de l'organisme, colmatage des hémorragies, régulation de la pression osmotique, transport des hormones et des vitamines...). C'est donc pour remplacer cette fonction de transport gazeux que l'hémoglobine de ces invertébrés marins intéresse les scientifiques. En effet, une hémoglobine 50 fois plus lourde que l'hémoglobine humaine est bien imposante pour être éliminée par les reins. Elle peut donc circuler librement dans le système circulatoire, sans avoir à être encapsulée dans une hématie. Elle n'en garde pas moins sa fonction initiale.

Aujourd'hui, Franck Zal ne développe plus ces recherches sur les animaux des profondeurs, bien trop difficiles à prélever. Mais son animal fétiche vit, lui aussi, dans un écosystème parfois riche en hydrogène sulfuré (d'origine bactérienne en général). Il s'agit de l'arénicole, un ver qui abonde sous le sable des plages du Finistère Nord. Aux pieds de la station biologique de Roscoff.

Son hémoglobine possède des caractéristiques idéales (poids moléculaire élevé, propriétés fonctionnelles et structurelles proches de celles de l'homme...). De plus, en attendant de pouvoir fabriquer une telle hémoglobine *in vitro*, l'aquaculture d'arénicoles est à même de fournir des animaux en grande quantité. Mais les recherches n'en sont pas encore à ce stade...

Des investisseurs timides

Les brevets de recherche ont été déposés par le CNRS. Ces derniers protègent l'application de la molécule, mais combien de temps jusqu'à ce que les grandes firmes américaines ne les rachètent ? Franck Zal ne cache pas ses craintes : "Aujourd'hui, grâce au soutien de la Région et de la Génomole, la station biologique sera dotée d'un spectromètre de masse pour cet été. Cela nous permettra d'avancer plus rapidement dans les recherches. Mais pour réellement développer les techniques et arriver au niveau des applications concrètes, il faudrait le soutien de l'industrie. Or, il reste encore un peu de recherche fondamentale à effectuer. Les firmes pharmaceutiques et les capital-risqueurs que nous avons rencontrés n'étaient pas prêts à jouer le jeu." L'année 2002 sera décisive. Une année au cours de laquelle l'industrie française devra saisir l'opportunité de développer une technique de pointe qui pourrait révolutionner la médecine hospitalière... ■ V.D.

Contact → Franck Zal, station biologique, UMR 7127, BP 74, 29682 Roscoff Cedex, tél. 02 98 29 23 09, zal@sb-roscoff.fr, www.sb-roscoff.fr

Agroalimentaire

Tout est bon dans le poisson !

Trouver une nouvelle voie de valorisation des coproduits issus de la pêche, tel était l'objectif que s'étaient fixé six laboratoires de microbiologie, associés dans le cadre d'un programme européen. Après trois années de recherches, *Sciences Ouest* fait le point sur leurs découvertes, avec Fabienne Guérard chercheur à l'UBO.

→ C'est au cœur de l'IUP Innovation en industries alimentaires, de l'Université de Bretagne occidentale (Quimper), que se trouve le Laboratoire universitaire de microbiologie appliquée (Lumaq), l'un des partenaires du projet européen de recherche sur la valorisation des coproduits de la pêche. Le projet, baptisé Hydrofish, est initié et coordonné par le professeur Yves Le Gal, directeur de la station de biologie marine du Musée national d'histoire naturelle de Concarneau. C'est donc dans ce cadre que le Lumaq, dirigé par le professeur Adrien Binet, est associé depuis 1997, à cinq autres unités : la Nifa de Tromsø en Norvège, l'Ipimar de Lisbonne au Portugal, l'université de Plymouth en Grande-Bretagne et celle de La Rochelle, avec le Laboratoire de génie protéique et cellulaire du professeur J.-M. Piot.

Jusqu'à 50 % de déchets

"Les coproduits⁽¹⁾, explique Fabienne Guérard, responsable de l'équipe Hydrofish, représentent jusqu'à 50 % de la production du filetage (NDLR : poissons découpés en filet). Depuis longtemps, on a cherché à récupérer et valoriser cette masse énorme de produits. La fabrication de farines et de fertilisants était l'une des voies de valorisation possible, mais ses débouchés sont désormais restreints. Avec nos homologues, nous avons choisi d'explorer une nouvelle voie. Celle de l'hydrolyse enzymatique⁽²⁾, ménagée et contrôlée, qui nous permet d'obtenir des molécules bioactives."

Du déchet à la molécule biologiquement active

Trois poissons ont ainsi été étudiés : la morue, la sardine et le thon,



ainsi que des crevettes. Première difficulté : "Les coproduits ont toujours été traités comme des déchets, et non comme des matières premières à part entière. Or, nous ne pouvons travailler que sur des produits frais et parfaitement conservés." Deuxième difficulté : "Il a fallu mettre au point des conditions d'hydrolyse spécifiques, pour obtenir des peptides de taille comprise entre 4 et 25 acides aminés (500 à 3 000 Da). Pour cela, nous avons testé des dizaines de protéases (Alcalase, Protamex, Neutrase...) sur des coproduits sélectionnés."

Le procédé d'hydrolyse parfaitement maîtrisé, restait à identifier les séquences biologiquement actives. Plusieurs d'entre elles ont ainsi été mises en évidence, comme, par exemple, un hydrolysate de déchets de crevettes, présentant une activité immunostimulante. Employée sur des animaux d'élevage, cette molécule renforce la réponse immunitaire des animaux, ce qui permettrait de réduire de façon notable la charge en antibiotiques. D'autres hydrolysats se sont avérés posséder des propriétés hypotensives, opioïdes (anti-stress), ou encore d'activateurs de croissance...

tion de protéines animales au sein d'une même espèce (voir le dossier sur l'ESB du n° 177 de *Sciences Ouest*), n'y a-t-il pas un risque de voir un jour un problème identique émerger chez les poissons, en utilisant ces hydrolysats ? "La question est pertinente, répond Fabienne Guérard. Il est hors de question de reproduire les erreurs du passé. On ne peut pas donner à des crevettes des hydrolysats de crevette ! Par contre, rien n'empêche de croiser les espèces, un hydrolysate de morue sauvage peut parfaitement entrer dans la combinaison fort complexe de l'alimentation de saumons d'élevage..."

L'ensemble de ces travaux, n'ayant pour l'instant fait l'objet d'aucun dépôt de brevet, est à la disposition des industriels. Tous les résultats ont été publiés et sont aisément consultables, notamment sur un CD-Rom très bien conçu. Avis aux intéressés... ■ J.F.C.



Les coproduits représentent jusqu'à 50 % de la production du filetage.

⁽¹⁾ Coproduits : tous les déchets du poisson : têtes, viscères, carcasses... ⁽²⁾ Hydrolyse : réaction chimique au cours de laquelle une liaison est scindée par action d'une enzyme (protéase) en présence d'eau. Dans le cas d'Hydrofish, la réaction est obtenue essentiellement par l'action de protéases d'origine microbienne.

Contact → Hydrofish - Lumaq/IUP IIA, docteur Fabienne Guérard, Pôle universitaire P.J. Hélias, 29000 Quimper, tél. 02 98 10 00 65, guerard@univ-brest.fr

Pas de poissons fous

Reste une question : alors que l'on interdit aujourd'hui la distribu-

Environnement

Le littoral, sous surveillance renforcée

Bruno Barnouin, directeur de l'environnement et des aménagements du littoral à l'Ifremer (Brest), fait le point sur l'état du développement durable en matière maritime.

Sciences Ouest : Que peut-on dire du développement durable, en matière littorale dans notre région ?

Bruno Barnouin : Je pense qu'avant toute chose, il faut relativiser nos malheurs ! On a beaucoup dit et écrit sur le sujet, mais nous sommes bien loin des problèmes que connaissent nombre de pays du Sud ! C'est surtout sur la question sanitaire où nous devons être très vigilants à de meilleurs compromis entre développement et durabilité.

S.O. : Pourtant, nombre de gens crient à la pollution sur nos côtes ! On parle de métaux lourds, de nitrates... Ce serait faux ?

B.B. : Oui et non. En fait, il faut bien réaliser qu'un aménagement, quel qu'il soit, est un choix. Prenez le barrage de la Rance : sur le plan des énergies propres, c'est un modèle. Par contre, il provoque un surcroît d'envasement, nuit à certains bivalves et favorise au contraire un phytoplancton qui peut être toxique, *Alexandrium*... Tout aménagement littoral altère le milieu et a donc un coût en terme de biocénose. Le tout est de savoir quel type d'usage socio-économique on veut développer, en ayant conscience que ce sera toujours au détriment d'autres usages, en général non "monétarisables".

S.O. : Vous ne dites quand même pas que tout va bien ?

B.B. : Non, évidemment. Vous citiez l'azote. On connaît aujourd'hui parfaitement les mécanismes de ruisselle-

ment et d'assimilation des nitrates, leur rôle et leur influence sur les métabolismes végétaux... Par contre, ce que l'on ignore souvent, c'est la variabilité de leur impact selon les sites ! Nous vivons dans un système qui a besoin de normes pour faire la "police" sur ces questions. Malheureusement, la nature ne fonctionne pas comme ça ! Une petite rivière qui rejette une quantité inférieure aux normes, peut, dans certains endroits, se révéler avoir un impact énorme. Au contraire, une grosse rivière qui déverserait cent fois plus de nitrates peut ne pas avoir d'impact sur le littoral du fait de courants importants, d'un fort brassage des apports et donc d'une grande dissolution... Le rôle des chercheurs est là : comprendre les écosystèmes à des échelles suffisamment fines pour adapter au mieux la gestion du milieu "réel". On peut même aller plus loin. Il est peu probable que l'on puisse aujourd'hui provoquer la disparition totale d'une espèce marine. On peut donc dire que l'obligation de protéger la biodiversité est respectée. Mais il est par contre parfaitement possible de réduire un stock d'une espèce exploitée, très en dessous de ce qui est économiquement acceptable ! C'est un peu là que la contribution des sciences "naturelles" au développement durable atteint ses limites faute d'y associer les sciences humaines et sociales.

S.O. : Cette connaissance fine des écosystèmes est donc certainement l'une de vos priorités de recherche ?

B.B. : Tout à fait ! Nous développons, par exemple, tout un réseau de recherche sur la compréhension des invasions biologiques. Pourquoi tel phytoplancton se développe-t-il tout d'un coup, pourquoi devient-il toxique... Sur ce même sujet, il est



nécessaire de mettre en place une surveillance accrue des "importations" et, notamment, un meilleur contrôle des eaux de déballastage des navires, car on sait que ce sont ces eaux qui sont les plus forts vecteurs de la dispersion internationale - invasion - d'espèces nuisibles (crépides, par exemple).

S.O. : Parmi les autres problèmes régulièrement soulevés, il y a les questions du phosphore et celles des métaux lourds... Où en est-on ?

B.B. : Le phosphore est effectivement un facteur limitant de croissance du phytoplancton dans les eaux douces. Par contre, en mer, mis à part quelques cas ponctuels (au printemps, dans les panaches de la Seine et de la Loire), on n'a pas d'exemple comparable. En ce qui concerne les métaux lourds, il faut raisonner à une échelle bien différente... Contrairement au phosphore ou aux nitrates, qui ont des cycles annuels, les métaux lourds sont ubiquistes. C'est-à-dire qu'il y en a peu, mais partout et tout le temps. De plus, le phénomène de bioaccumulation est à prendre en compte dans les analyses. Aujourd'hui, plutôt que d'analyser l'eau de mer, nous travaillons sur les animaux qui vivent près du fond, au contact des sédiments : coquillages, poissons plats. Du fait du phénomène d'accumulation tout au long de la vie, nous prenons des animaux adultes. Et je pense pouvoir dire que nous disposons aujourd'hui d'un panorama assez à jour des niveaux de contamination tout au long des côtes de

France depuis 1975. Un premier constat, rassurant, s'impose : nous n'enregistrons pas d'augmentation générale des concentrations. Même si, sur quelques bassins, le cuivre ou le mercure ont repris des tendances positives dans les années 90, nous sommes très en dessous des normes sanitaires admises. Mais il ne faut surtout pas baisser la vigilance. C'est justement en surveillant régulièrement ces faibles taux, que nous pouvons repérer le "signe de la dérivée" ! Ce n'est pas quand un taux atteint un seuil d'alerte qu'il faut réagir. Il est alors bien trop tard. Non, c'est dès le premier signe de modification. C'est pourquoi nous devons densifier les prélèvements et les analyses, en multipliant les points de prélèvements et les saisons de ces échantillonnages.

Grâce à la nouvelle directive cadre sur l'eau promulguée par l'UE, ceci devrait être rendu financièrement possible, y compris pour élargir la gamme des substances suivies. Notamment en ce qui concerne la recherche de pesticides ou de produits pharmaceutiques que nous ne recherchons pas jusqu'à présent. De même, nous devrions intensifier le suivi des sédiments. Ce sont de véritables puits d'absorption de nombre de produits, mais nous ne savons pas chiffrer dans quelles circonstances ni dans quelles quantités ils peuvent relâcher les substances qu'ils contiennent. ■

Sciences du vivant

Jusqu'au cœur des cellules

Claude Férec est professeur de génétique au CHU de Brest, et directeur de l'équipe Inserm de génétique moléculaire et d'épidémiologie génétique. Il étudie depuis plusieurs années les maladies génétiques dans les différentes populations bretonnes.



→ "Le premier constat que nous faisons, explique Claude Férec, c'est que la mucoviscidose a deux fois plus d'incidence en Bretagne que dans le reste de la France. Nous avons en effet un cas sur 1 800 naissances à Brest, alors qu'il n'y en a qu'un sur 4 000 en moyenne en France ! Ces chiffres nous ont surpris et nous avons engagé, il y a dix ans, une étude approfondie consistant à pratiquer un dépistage systématique des familles concernées."

Trois mutations sous la loupe

C'est donc dans ce cadre, que Ingrid Dugueypéroux, sous la direction du professeur Marc de Braekeleer, présentera, l'automne prochain, une thèse intégrant, non seulement les données historiques de la maladie, mais également leur cartographie selon les pays de Bretagne (cartes réalisées par Virginie Scotet). Trois mutations spécifiques de la mucoviscidose sont particulièrement visées. La première (1078 DelT) concerne 40 sujets. Une étude généalogique a permis de situer son origine au cap Sizun et d'identifier les quelques familles qui en sont porteuses. Une autre mutation (W846X) a été repérée en centre Bretagne, dans la région de Gourin - Carhaix. La troisième, (G551D), est plus remarquable car elle a été détectée dans trois foyers : dans le Léonard - Nord Finistère, mais aussi en Irlande et dans la région de Prague. L'hypothèse d'une "mutation celte" est avancée. Cette répartition correspond en effet aux origines géographiques des populations celtes, arrivées au V^e siècle dans notre région. "Il serait très intéressant de pouvoir regarder si le matériel génétique contenu dans les restes humains, trouvés par les archéologues, ne pourrait pas nous donner des informations complémentaires sur

ce sujet, poursuit Claude Férec. Les méthodes actuelles d'amplification d'ADN permettraient en effet d'étudier, pays par pays, les répartitions de population en Bretagne... C'est un projet que nous pourrions développer dans les années à venir."

Comprendre pour soigner

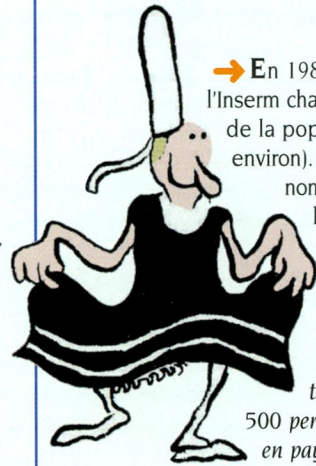
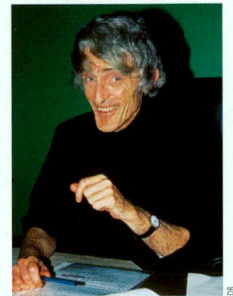
Une autre maladie a également attiré l'attention des chercheurs. Il s'agit de l'hémochromatose (NDLR : surcharge en fer dans le sang). "Nous nous y sommes intéressés, car cette maladie touche une personne sur sept en basse Bretagne et il existe également un site comparable en Irlande !" Elle se caractérise par l'apparition, vers 40-50 ans, d'une teinte grise de la peau, et provoque des cyrroses mortelles. Grâce à un dépistage systématique chez les nouveau-nés, il est possible de la soigner très efficacement par des saignées régulières. Car il ne faut pas oublier que le but de ces recherches n'est pas de faire de l'histoire, mais bien de soigner les patients. Grâce au dépistage systématique, prévenir les familles des risques encourus, et réaliser des dépistages prénataux sont des faits réels.

"Certes, conclut le professeur Férec, grâce à ces travaux, nous comprenons mieux la répartition de ces maladies. Mais il nous reste encore beaucoup de travail pour comprendre l'action des protéines incriminées. Pour répondre à cela, outre le travail en laboratoire, nous allons engager avec nos homologues irlandais, une étude sur certains marqueurs génétiques spécifiques du chromosome Y, sur les hommes en Europe." Nos cellules n'ont pas fini de nous parler de nous. ■ J.F.C.

Contact → Professeur Claude Férec, tél. 02 98 44 50 64, claud.ferec@univ-brest.fr

Les Celtes... par les mathématiques

Le professeur Pierre Youinou, généticien et immunologue, a travaillé, il y a quelques années, à une vaste étude génétique des populations bigoudènes. C'est la première et seule expérimentation qui ait effectivement démontré des "particularités" celtes.



→ En 1983, le professeur Charles Salmon de l'Inserm charge le professeur Youinou d'une étude de la population bigoudène (50 500 personnes environ). Ce groupe présente en effet un certain nombre de maladies génétiques, comme la luxation congénitale de la hanche ou l'immunoglobuline monoclonale, dans des proportions plus importantes que le reste de la population. "Le pari était difficile, explique Pierre Youinou. Nous avons donc tiré au sort, à partir des listes électorales, 500 personnes ayant les critères suivants : vivre en pays bigouden, y être né avant 1945, avoir ses quatre grands-parents nés dans le pays et qu'aucune de ces personnes n'ait de parenté avec les autres sujets du test. Durant deux ou trois ans, nous avons ainsi procédé à des prélèvements sanguins, qui ont été analysés dans plusieurs laboratoires de Rouen et de Paris. Nous avons étudié 23 marqueurs génétiques. Par ailleurs, nous avons fait le même travail sur 200 personnes, toutes finistériennes, mais non bigoudènes, pour servir de témoins."

Cette étude a fait l'objet d'une épaisse publication. "Nous avons conclu, après une analyse mathématique très poussée que, premièrement, contrairement à ce qu'affirmaient certains «historiens» du XIX^e siècle, comme Mahé de la Bourdonnais ou Puig de Ritalongi, cette population n'a strictement aucune origine asiatique. Deuxièmement, que si l'on compare cette population, avec celle de l'île de Man, du Pays de Galle..., un Bigouden est plus proche génétiquement de ces populations, que des autres Finistériens. Troisièmement, que la forte homozygotie de cette population n'est pas due, comme on pouvait le croire, à une forte consanguinité, mais à des isolats sociologiques. On peut dire que cette étude est la seule démonstration mathématique, qu'il y a bien un patrimoine génétique celtique." ■ J.F.C.

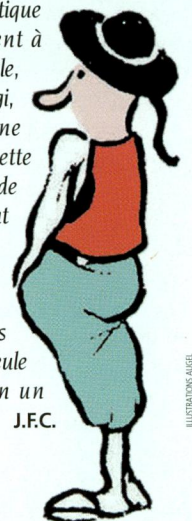


ILLUSTRATION ANGEL

Contact → Professeur Youinou, tél. 02 98 22 33 33.

Mégalis et le développement de nouveaux usages

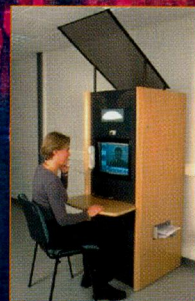
La présentation des résultats du second appel à projets interrégional Mégalis* a eu lieu le 27 septembre dernier au Conseil régional de Bretagne. Avant de dévoiler la liste des projets sélectionnés, Josselin de Rohan, président du Conseil régional de Bretagne et Jean-Luc Haroussseau, président du Conseil régional des Pays de la Loire, ont laissé la parole à Jacques Berthelot, président du syndicat mixte Mégalis Bretagne qui a fait part des résultats du second appel d'offres, lancé en janvier 2002 dans le cadre de l'extension du réseau dans les deux régions. Moins médiatisée que les projets eux-mêmes, la mise en place de l'ossature de cette autoroute de l'information est en effet la base de tout !

En ce qui concerne les projets, si certains terminent leur phase de développement, comme la société Novagrid et son supercalculateur, d'autres sont en phase de lancement imminent, comme le portail médical développé par le Syndicat interhospitalier de Bretagne, d'autres encore fonctionnent déjà parfaitement, comme le cartopole de Baud (Morbihan) dont près de 30 000 cartes postales anciennes sont d'ores et déjà disponibles en ligne.

Parmi les 14 nouveaux projets, qui se partagent une enveloppe interrégionale de 1,2 M €, on retrouve cette diversité dans les produits (banque d'images, produit multimédia, outil d'information, de transferts de données ou de téléprocédures...) et dans les secteurs représentés. Jusque-là réservé aux établissements d'intérêt public (éducation, formation continue, enseignement supérieur et recherche, santé, culture, tourisme, collectivités locales et services aux citoyens), Mégalis s'est même ouvert cette année au monde de l'entreprise.

C'est toute une catégorie de nouveaux usages qui naissent ainsi avec Mégalis et Sciences Ouest en a sélectionné quelques-uns pour vous, parmi les plus novateurs développés en Bretagne. ■ **N.B.**

*Mégalis : réseau de télécommunications haut débit.



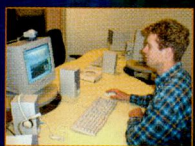
VisioGuichet® (citoyen).

Point d'accès citoyen et services publics

Le VisioGuichet® de la société lannionaise Mob'Activ est le dispositif retenu par la ville de Lorient.

Il permet à l'utilisateur d'effectuer auprès d'un ou plusieurs agents administratifs distants, des demandes de renseignements et des procédures administratives sans se déplacer.

Les relations humaines entre le citoyen et l'agent sont maintenues grâce à la visioconférence.



Station d'accueil (agent administratif).

Marsouin

→ Il y a trois ans, le Conseil général du Finistère a décidé de structurer ses actions en recherche et innovation de manière à rendre applicables les savoirs scientifiques. Ainsi, l'ENST Bretagne s'est vu confier l'animation et l'expertise d'un thème primordial : "Nouveaux services et nouveaux usages des télécoms". Dans le cadre du Réseau régional de recherche sur les technologies de l'information et de la communication, il a été créé le GIS⁽¹⁾ Marsouin⁽²⁾ en janvier dernier. Ce réseau fait intervenir 7 partenaires⁽³⁾.

Marsouin se présente selon 3 composantes :

- Un centre de liaison et diffusion des connaissances. (voir www.marsouin.org)
- Un observatoire (Opsis) chargé d'étudier les pratiques et les usages d'Internet auprès du public, du secteur public et des entreprises.
- Un laboratoire d'économie expérimentale chargé de répondre aux interrogations des entreprises sur l'utilisation des TIC dans leur activité.

La démarche engagée par ce réseau ne s'inscrit pas dans le cadre de Mégalis. Pourtant il n'est pas incongru de penser que les 10 laboratoires du groupement qui travaillent au déchiffrement des données d'Internet permettraient d'apporter un éclairage pertinent sur certains aspects. Même si ça n'est pas d'actualité, on peut toujours se poser la question "À quand une réunion Marsouin - Mégalis ?" ■ **V.D.**

Contact → Jean Le Traon, ENSTB, tél. 02 29 00 10 18, jean.letraon@enst-bretagne.fr

Mégalis

Un portail médical sécurisé

Réprésentant de la communauté hospitalière au sein de Mégalis, le Syndicat interhospitalier de Bretagne (SIB) faisait partie des heureux lauréats sélectionnés lors du premier appel à projets, pour la création de "Carnac", un portail d'information et de communication médicales. Le point un an après avec Robert Crépeaux, directeur technique du projet.

→ Après un an de développement et quelques adaptations, les premières connexions à "Carnac" via le réseau haut débit Mégalis, entre les services de radiologie du CHU de Rennes et de l'hôpital de Vitré, vont être effectives dans quelques jours. Mais que cache donc ce nom de portail aux consonances touristiques ? Un réseau privé dédié à la santé.

L'ère de la communication médicale est arrivée

"Cela peut paraître étonnant, mais mis à part quelques aspects administratifs comme les payes ou la gestion des factures, il n'existait pas d'échanges informatiques concernant les soins entre les hôpitaux !, commence Robert Crépeaux. Avec Mégalis, nous passons à l'ère de la communication médicale !" L'opportunité pour le SIB de développer des services nécessitant du haut débit. Parmi ces services, la possibilité de réaliser des visioconférences pour la télé-médecine.

Une priorité : la sécurisation des échanges

Le premier outil proposé par France Télécom⁽¹⁾ ne remporta pourtant pas la faveur du secteur médical. "Il s'agissait d'un service commun à la santé et aux enseignements supérieurs et de recherche, ce qui nous posait un problème en terme de sécurité et de confidentialité", poursuit-il. Le SIB s'est donc démené pour qu'un logiciel de "e-conférences" soit installé sur le réseau privé santé garantissant un échange sécurisé de données médicales nominatives. Les deux autres outils qui ont émergé étaient un serveur d'images commun et une messagerie médicalisée permettant de transmettre dans une même "enveloppe" du texte (comptes-rendus opératoires), des images directement issues des appareils d'imagerie médicale (scanner, IRM...) et aussi des séquences vidéo (examen coronaire, par exemple).

Un outil commun

"Déterminer ces nouveaux usages était une première phase. Après, il nous a fallu réfléchir à une interface d'utilisation permettant de les combiner facilement. Et c'est comme cela qu'a été mis au point l'outil fédérateur : le portail «Carnac»." Ainsi, plusieurs praticiens peuvent, chacun à partir de leur ordinateur connecté à Mégalis et relié à une simple webcam, entrer en visioconférences, archiver directement les images de leurs examens sur le serveur commun via la messagerie...

Les premiers bénéficiaires de ce service sont les experts du réseau radiologie cité plus haut, qui devraient être rapidement rejoints par ceux du réseau cardiologie constitué du CHU de Rennes, de Saint-Brieuc et Vannes. Au final, les sept établissements concernés par cette première phase de déploiement de "Carnac" devraient être connectés d'ici mars 2003.

Les usages se développent

D'autres réseaux sont même déjà présents, comme la périnatalité, - le suivi de grossesses jugées à risque se faisant souvent dans des services spécialisés situés sur des lieux diffé-

Le SIB ne fait pas tout

Le SIB n'a pas l'exclusivité des projets dans le secteur médical. "Nous ne revendiquons pas toutes les initiatives, bien au contraire ! Les hôpitaux gèrent eux-mêmes leurs projets quand des besoins locaux se dessinent", explique Robert Crépeaux.

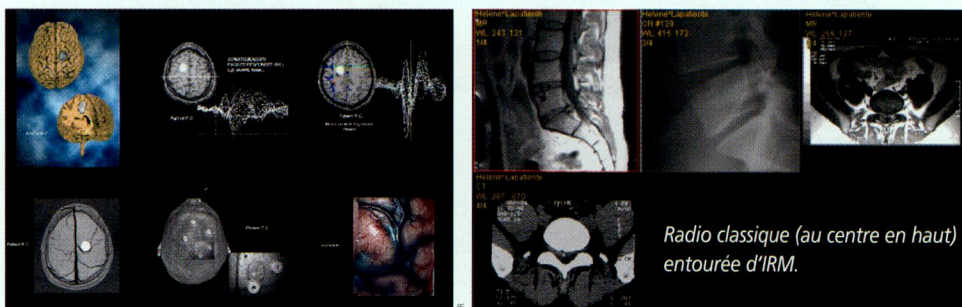
Pour preuve : les autres projets sélectionnés par le jury de Mégalis : la télésurveillance des dialyses développée par le CH de Saint-Brieuc ; le suivi des transplantés du foie au CHU de Rennes ; l'informatisation des échanges entre le CHU de Brest et le centre hospitalier de Morlaix ; entre les CHU de Nantes et d'Angers en ce qui concerne des dossiers en oncologie pédiatrique ; ou encore le dossier d'images commun en oncologie du CHU d'Angers. ■

rents-, la neurochirurgie, ou encore la cancérologie. "Nous réfléchissons à d'autres usages, comme un annuaire de patients", poursuit le directeur technique. En effet, actuellement, un patient fréquentant plusieurs établissements aura à chaque fois un dossier, un numéro d'identification différent, faisant que les informations ne seront pas partagées. L'annuaire permettrait, toujours dans un contexte sécurisé, de partager ces informations, notamment lorsque des avis d'experts sont demandés.

"Une autre phase qui pour nous est très importante, reprend-il, est l'interconnexion de Mégalis avec le réseau de santé social utilisé par les cliniques, les généralistes, les infirmières... Bref, la réunion du secteur public et du secteur libéral !" Ce souhait deviendra réalité dès la fin de l'année, le principe du raccordement venant d'être accepté par les différentes directions. ■ N.B.

⁽¹⁾ France Télécom a remporté le premier appel d'offres Mégalis.

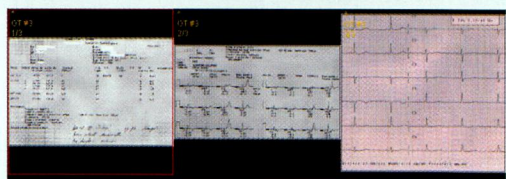
Les images échangées grâce au portail Carnac, via l'outil de messagerie Médiem, peuvent être issues de différents appareils d'imagerie médicale



Radio classique (au centre en haut) entourée d'IRM.

Reconstitution 3D (au centre),
IRM (à droite),
biopsie (en bas à droite).

Résultat d'un test à l'effort avec
deux électrocardiogrammes.



Contact → Robert Crépeaux,
directeur technique, SIB,
tél. 02 99 54 76 10,
robert.crepeaux@sib.fr

Réalité virtuelle

Pour l'Irisa, la recherche sur le virtuel, c'est du concret !

Que cachent les coulisses de la réalité virtuelle ? Quelles sont les recherches menées, qui intéressent-elles ? C'est ce que nous avons voulu savoir en allant à l'Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires (Irisa), acteur incontournable dans ce domaine et qui y consacre une partie de sa recherche fondamentale.

→ **Unité mixte de recherche** associant l'Université de Rennes 1, l'Insa (Institut national des sciences appliquées), le CNRS et l'Inria (Institut national de recherche en informatique et en automatique), l'Irisa compte aujourd'hui 150 chercheurs et 115 doctorants, dont une trentaine travaille sur la réalité virtuelle. "Le public découvre aujourd'hui la réalité virtuelle, mais les chercheurs la côtoient depuis au moins 1985, sous d'autres noms : synthèse d'images, infographie, ou encore réalité augmentée, commence Claude Labit, directeur de l'Irisa. L'envol en terme d'applications a vraiment eu lieu en 1995-96". Pourquoi ? "Parce que, après quinze ans de recherche, les travaux étaient matures, que le réseau haut débit était disponible, les puissances de calcul existantes." Ce sont surtout les équipes nord-américaines et asiatiques qui, au départ, se démarquent sur le sujet et les premiers travaux concernent plutôt les outils périphériques. Puis, la réalité virtuelle devient plus concrète, avec l'arrivée en Europe, d'abord en Allemagne et en Angleterre, puis en France, des plates-formes expé-



La salle de projection immersive

mentales permettant de visualiser le résultat des recherches qui vont alors se développer sur la partie logiciels. En 1999, à l'Irisa, c'est l'événement : l'institut rennais accueille le premier équipement français dans le monde académique : Immersia, la salle de projection immersive (voir encadré). Un gros investissement cofinancé par les différents organismes de recherche (Inria, Insa, CNRS...) et les collectivités régionales. L'Irisa devient un partenaire incontournable, participe à de nombreux projets et prête ses équipements.

Des industriels séduits

Depuis six mois, l'Irisa est impliqué dans un projet national RNTL (Réseau national des technologies logiciels) de recherche et développement sur des dispositifs de CAO (Conception assistée par ordinateur) interactifs et immersifs, destinés aux industriels. L'objectif : réduire le temps et donc le coût de l'industrialisation des produits à commercialiser, mais aussi de la formation et de la maintenance qui y sont associées. "Ce projet, réalisé en partenariat avec les plus gros industriels français, permet de réfléchir en commun à des solutions sur la modélisation du mon-

tage et du démontage de chaînes de production, par exemple, souligne Bruno Arnaldi, responsable du projet RNTL à l'Irisa. *Imaginez le temps gagné en faisant les essais virtuellement plutôt que sur des prototypes !*"

C'est donc le début de l'ère du travail coopératif à distance : différents experts, situés dans des lieux géographiquement éloignés peuvent se retrouver autour d'une même table, virtuelle, pour se concerter sur le même document. Ceci est rendu possible grâce à la plate-forme VTHD (Vraiment très haut débit), un réseau expérimental à très haut débit dont les liens internes peuvent aller de 2,5 Gbit/s à 10 Gbit/s (à titre de comparaison, les débits que nous utilisons couramment sont 1 000 à 10 000 fois moins rapides).

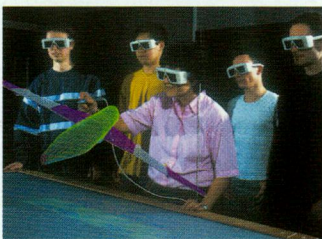
Miniaturisation et interaction

Tout ceci nécessite évidemment du matériel très volumineux et très coûteux. Les perspectives à 3-4 ans visent la démocratisation des systèmes. "Prenez un industriel de l'automobile, l'idéal pour lui serait de pouvoir installer des plates-formes opérationnelles chez tous ses sous-traitants, voire même chez ses conces-

→ **La projection :**
Écran en arc de cylindre de 8,50 m de long, 2,40 m de haut 120 images/seconde, 3 vidéoprojecteurs haute définition et haute fréquence.

→ **Les machines**
6 processeurs numériques, 3 cartes graphiques couplées.

sionnaires !, poursuit Bruno Arnaldi. Et le mode interactif n'en est qu'à ses débuts : *Les images en 3D, on connaît ! Ce qui va évoluer maintenant, c'est ce qu'on peut faire avec et comment on peut interagir dans cet environnement.*" Et pour Claude Labit : "Les produits qui vont se développer sont ceux qui ont un impact fort sur notre société, je pense notamment à tout ce qui touche à l'environnement et à la prévision des risques. La réalité virtuelle peut apporter beaucoup dans le domaine de la simulation d'accidents, de phénomènes météorologiques. Et puis la santé est également un domaine où les applications sont très prometteuses." ■ N.B.



Plan de travail : observation interactive d'un avion.

Contact → Irisa, Claude Labit, directeur, Bruno Arnaldi, responsable de projet, Gérard Paget, chargé de communication, tél. 02 99 84 71 00, www.irisa.fr

Imagerie médicale

Numériser le vivant

Fémur, cotyle, complexe péritalien, prono supination... À l'entendre parler, on pourrait croire que Valérie Burdin est médecin. Enseignant-chercheur à l'ENST⁽¹⁾ Bretagne, depuis le début de sa thèse en 1988, elle développe des techniques de modélisation des os en 3D. IRM et scanner lui sont donc aussi familiers que les algorithmes permettant de recréer un squelette ou les mouvements des articulations. Petite visite à l'intérieur du corps humain.

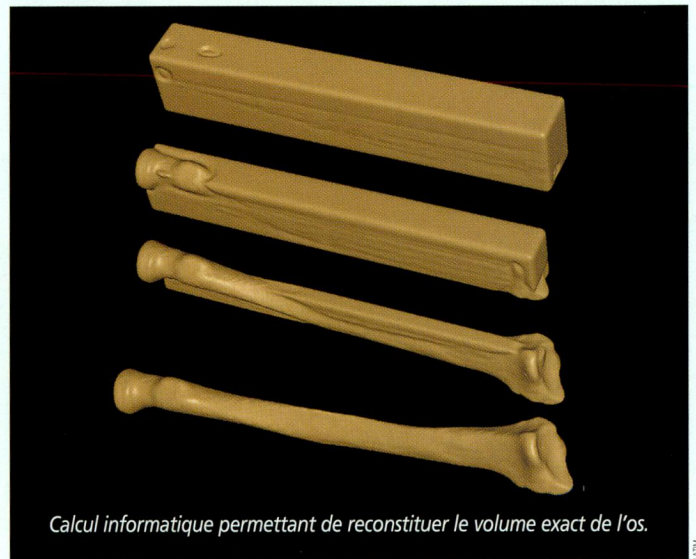
→ En 1895, les premières radiographies révolutionnaient la médecine en offrant la possibilité de "voir l'invisible". En l'occurrence, les os. Un siècle plus tard, l'alliance orthopédistes-informaticiens se révèle très fructueuse. Il est désormais possible de traiter les données obtenues à partir d'un scanner à rayons X ou d'une IRM, et de reconstituer le mouvement d'une articula-

tion dans l'espace. Röntgen, père de la radiographie, aurait sûrement apprécié !

Qu'est-ce qui se passe "dedans" ?

En médecine, l'intérêt des mondes virtuels est bien là : rendre visible ce que l'œil ne peut voir. Mais pour que le virtuel s'approche au mieux de la nature, il faut avoir de bonnes bases, c'est-à-dire des données brutes de qualité. Valérie Burdin est enseignant-chercheur au Latim⁽²⁾, ses travaux ont pour but de modéliser les os et de les mettre en mouvement. Le problème des données brutes, elle connaît bien : "Aujourd'hui, nous partons de clichés d'IRM ou de radiographies. Mais nous disposons de très peu de créneaux pour utiliser l'IRM, par exemple. La machine est destinée principalement aux médecins et à leurs patients. De plus, les données que nous fournit l'IRM ne sont pas forcément les meilleures."

En effet, l'IRM n'est pas la méthode idéale pour visualiser les os : la résonance magnétique permet



Calcul informatique permettant de reconstituer le volume exact de l'os.

une bonne représentation des structures riches en hydrogène. Autrement dit, seules les parties du corps riches en eau, comme le cerveau, sont bien rendues. Une autre solution est d'utiliser le scanner pour radiographier les sujets, mais là encore des limites existent. D'une part, les sujets servant de "modèles" sont exposés à de nombreuses ionisations, d'autre part, le matériel demande à être poussé dans ses limites techniques, ce qui n'est pas toujours autorisé !

Du réel au virtuel

Les os des patients sont donc observés sous plusieurs angles, dans des positions différentes. Les images obtenues, qui sont en fait des "coupes", sont alors superposées pour reformer un volume et ainsi passer de la 2D à la 3D. Un traitement informatique permet ensuite de reconstituer un véritable os virtuel !

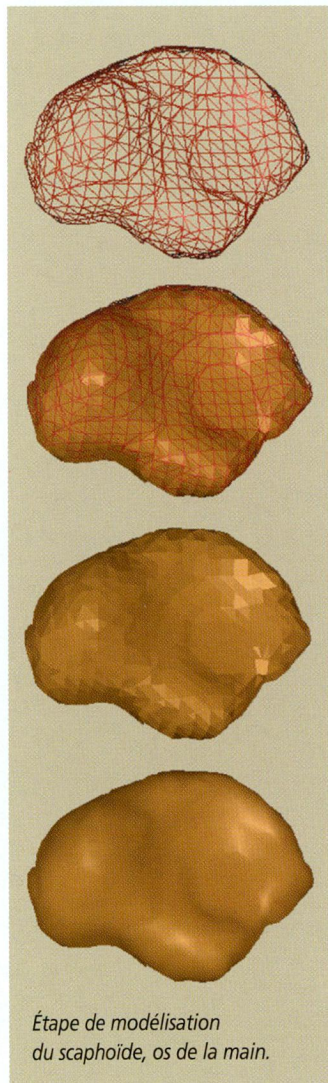
"Mieux que Walt Disney !"

La grande force de ces os virtuels est qu'ils peuvent recréer le mouvement au niveau des articulations. Ainsi, on arrive à voir ce qui se passe à l'intérieur du corps quand il bouge. "Depuis longtemps, nous sommes habitués à voir des personnages de synthèse évoluer dans les jeux vidéo, à la télévision ou au cinéma, fait remarquer la chercheur. Les techniques sont très bien rodées : la plupart du temps ce sont des capteurs externes qui sont utilisés. En les plaçant judicieusement sur un comédien, on arrive à recalculer un mouvement. À ce niveau, s'il y a des aberrations sur l'avatar virtuel (un bras qui rentre dans l'épaule, par exemple), il est toujours possible de bricoler l'animation plus tard. Pour nous c'est totalement différent, nous cherchons à voir exactement comment bougent les os les uns par rapport aux autres. Impossible de mettre des capteurs dans une articulation !" Dans quelques années, il sera possible d'obtenir les mêmes résultats avec les muscles. L'Homme virtuel est en marche... ■ **V.D.**



Superposition des images en coupe.

⁽¹⁾ École nationale supérieure des télécommunications de Bretagne. ⁽²⁾ Laboratoire de traitement de l'information médicale.



Étape de modélisation du scaphoïde, os de la main.

Médecine et mondes partagés

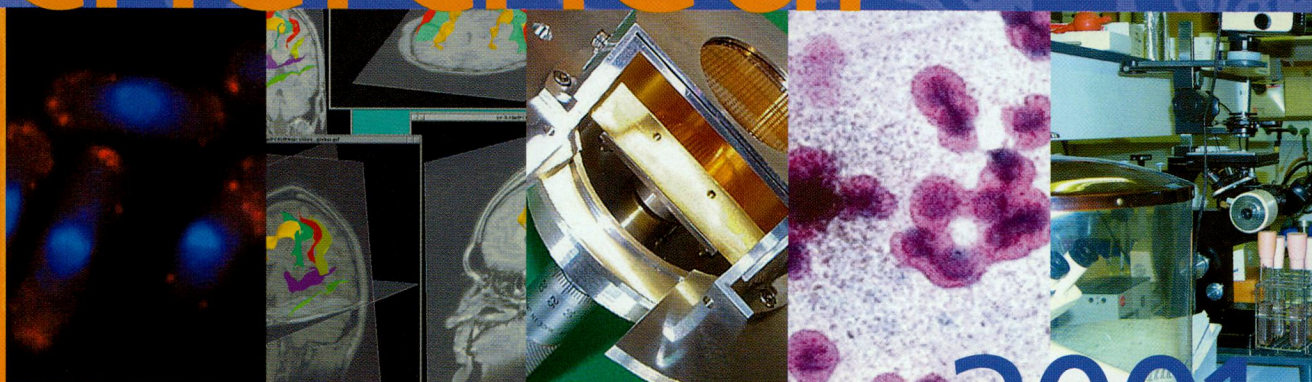
Une des difficultés quand on est étudiant en médecine, c'est de pouvoir répéter les gestes techniques élémentaires. Les livres et l'apprentissage "sur le terrain" sont bien souvent les seules méthodes pour acquérir ces savoir-faire indispensables.

L'ENST Bretagne développe le projet "Simulation et modélisation en environnement partagé" dans le cadre du programme international Ecos-Nord. Il s'agit pour ces chercheurs, de développer une interface multiplate-forme, permettant aux médecins de "se faire la main" sur un patient virtuel. Ainsi, le projet permet à plusieurs utilisateurs (des étudiants) de travailler les gestes de l'échographie dans un monde virtuel. Un enseignant (bien réel lui !) a la possibilité, à partir de son poste, de "rentrer" dans l'espace de chaque étudiant et de le corriger si besoin.

Pour encore, des limites existent, notamment au niveau des retours de force. En effet, la sonde de l'échographe ne renvoie pas les mêmes informations selon la force avec laquelle on l'appuie sur le patient. ■

Contact → Valérie Burdin, ENST Bretagne, Latim, ZI Kernevent, Valérie.burdin@enst-bretagne.fr

Prix Bretagne jeune chercheur



édition 2001

Le Prix Bretagne jeune chercheur est organisé par le Conseil régional, sous l'égide du Comité consultatif régional de la recherche et du développement technologique (CCRRDT), présidé par Jacques Berthelot. Créé en 1995 par Claude Champaud, alors président du CCRRDT, ce prix récompense neuf chercheurs ayant soutenu leur thèse en Bretagne depuis moins de cinq ans, répartis dans trois catégories : structure et propriétés de la matière, sciences biologiques et médicales et sciences humaines et sociales. Chacun des trois lauréats reçoit 4 574 € et les six mentions spéciales, 1 524 € chacune.

En 2001, l'Université de Rennes 1 fut particulièrement bien représentée, mais on trouve également l'Université de Bretagne occidentale avec le Centre de droit et d'économie de la mer (Cedem, Brest), la station biologique de Roscoff et l'Ifremer. Des sujets variés et passionnants dont les applications sont palpables, quels que soient les domaines, et dont certains touchent à des disciplines intégratives, orientées vers l'environnement. ■

N.B.

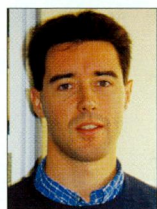
Contact → Philippe Gomes, service communication, Conseil régional de Bretagne,
tél. 02 99 27 13 63, p.gomes@region-bretagne.fr

Prix Bretagne jeune chercheur

Nouvelle génération d'antennes

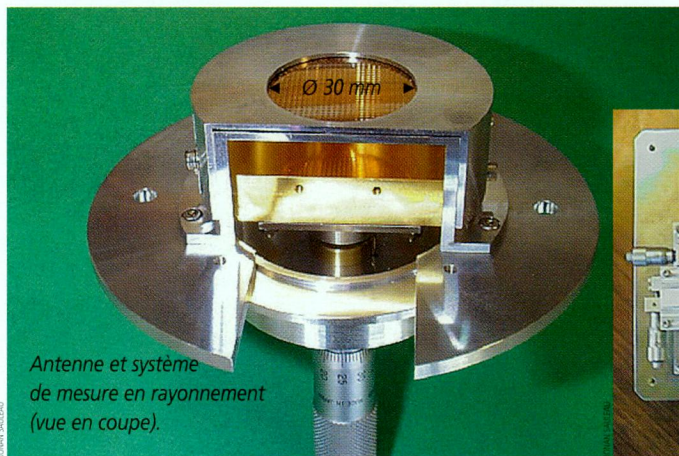
Ronan Sauleau

LAURÉAT EN STRUCTURE ET PROPRIÉTÉS DE LA MATIÈRE



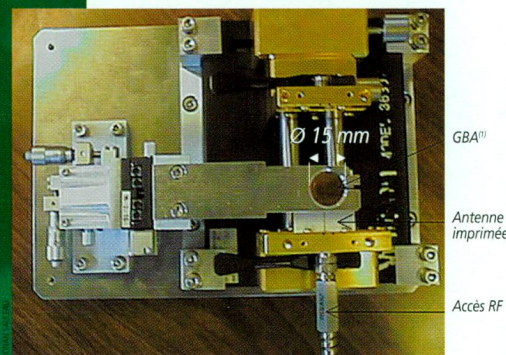
Si le terme d'antenne renvoie plutôt aux réseaux présents encore il n'y a pas si longtemps sur nos

toits, aux paraboles, ou aux systèmes rétractables de nos téléphones, il ne s'agit en rien de l'univers de Ronan Sauleau ! Les antennes sur lesquelles il travaille mesurent plutôt entre 1 et 10 millimètres. On les appelle des antennes millimétriques (du nom de la bande de fréquences dans laquelle elles fonctionnent) ; parmi les applications millimétriques, on trouve notamment les réseaux locaux sans fil (Wlan = Wireless Local Area Network) à haut débit à 60 GHz. Qui cela concerne-t-il ? Et bien on assiste actuellement au déploiement de nouveaux systèmes de télécommunication sans fil, avec des applications toujours plus tournées vers le grand public. Et pour faire face à un besoin intense de mobilité et de flexibilité, à la demande de débits de plus en plus importants, la



Antenne et système de mesure en rayonnement (vue en coupe).

Antenne et système de mesure en impédance (vue de dessus).

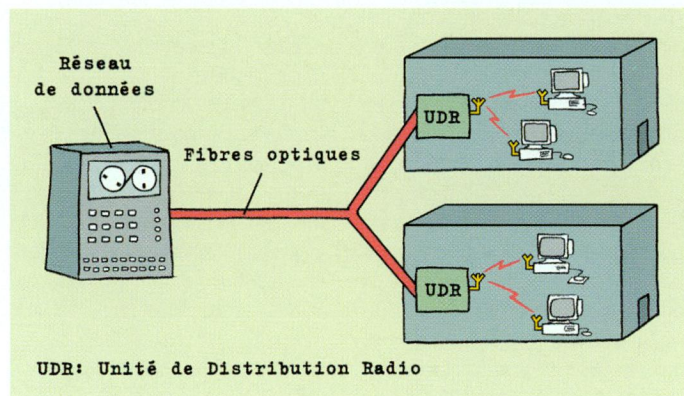


technique explore sans cesse de nouvelles voies et propose des solutions (voir le Dossier "Communication sans fil" - Sciences Ouest n° 182, nov. 2001). L'utilisation de la bande des 60 GHz constitue l'une de ces nouvelles perspectives : la forte atténuation des ondes facilite la réutilisation des fréquences et la largeur de bande autorise des débits importants. Cependant, la mise au point d'antennes performantes à des fréquences aussi élevées exige de relever quelques défis, notamment d'ordre technologique et métrologique.

C'est donc dans ce cadre que, Ronan Sauleau, ingénieur de l'Insa de Rennes, diplômé de l'École normale supérieure de Cachan et titulaire de l'agrégation de génie

électrique, réalise sa thèse dans le laboratoire ART (Antennes radar télécommunications) de l'Université de Rennes 1, sous la direction du Pr J.-P. Daniel. Les travaux sont effectués de 1996 à 1999, en codirection avec l'université d'électrocommunication de Tokyo (Japon) et avec le soutien technologique du CRL de Tokyo (Communications Research Laboratory), dans le cadre d'un accord d'agrément entre ce dernier, l'Université de Rennes 1 et l'antenne de Bretagne de l'École normale supérieure de Cachan. Ces travaux sont par ailleurs inclus, en 1998, dans un projet de France Télécom R&D qui a pour objectif la conception d'une liaison à 60 GHz à haut débit destinée à couvrir les derniers mètres d'une installation intrabâti-

ment (voir schéma).
 "Vu les défis technologiques à résoudre, il s'agit de projets de recherche exploratoire dont les applications grand public (donc impérativement faible coût) apparaîtront dans quelques années uniquement. On peut assimiler ces futurs systèmes de communication courte portée à 60 GHz à des versions haut débit des standards actuels du type Bluetooth ou hiperlan/2 qui fonctionnent à des fréquences beaucoup plus basses 2,4 GHz/5GHz", souligne Ronan Sauleau. En tout cas, ce sont des sujets d'avenir dans lesquels le laboratoire ART de l'Université de Rennes 1 est fortement impliqué. Depuis un an, Ronan Sauleau est maître de conférences dans ce laboratoire. Il continue à travailler sur les antennes imprimées et les systèmes de focalisation aux fréquences millimétriques. Il mène également des recherches sur les futures générations d'antennes intelligentes, utilisant notamment les nouvelles technologies du type RF-MEMS (systèmes radiofréquences micro-électromécaniques) et les fortes potentialités des matériaux à bande interdite photonique. ■ N.B.



L'étude réalisée pour France Télécom R&D porte sur les liaisons mixtes (partie filaire : fibre optique et partie radio : millimétrique 60 GHz, antenne jaune) de proximité à haut débit. Elles sont destinées à couvrir les derniers mètres d'une installation intrabâti-

Sujet d'actualité, pour lequel Ronan Sauleau a tout d'abord recherché les outils de modélisation analytique et numérique pour concevoir des antennes millimétriques et adapter des principes de focalisation issus de l'optique à l'électromagnétisme. Parallèlement à cette phase théorique, plusieurs séjours au Japon lui ont permis de découvrir la phase de fabrication des antennes en couches minces, puis de travailler finement sur leurs caractéristiques. Plus de 150 maquettes ont ainsi été conçues, fabriquées et caractérisées durant la thèse.

⁽¹⁾ GBA (Gaussian Beam Antenna) : antenne à faisceau gaussien.

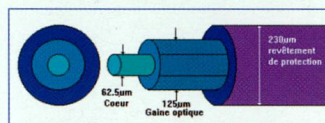
Contact → Ronan Sauleau, laboratoire Antennes, radar, télécoms, Université de Rennes 1, tél. 02 23 23 56 76, ronan.sauleau@univ-rennes1.fr

Matériaux

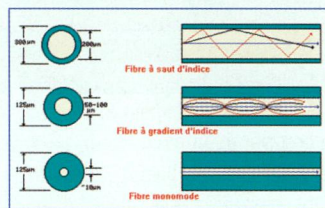
Le verre, la fibre et la lumière

Vous avez certainement déjà assisté dans les ateliers de soufflerie, au magnifique spectacle du verre, qui, rouge et chauffé à vif, se laisse couper, arrondir, aplatisr..., pour se transformer en carafe ou autre récipient. Mais le verre a encore bien des particularités que les scientifiques exploitent pour fabriquer notamment les fameuses fibres optiques. Ou comment le verre et la lumière sont vraiment faits pour s'entendre.

→ "Nous avons besoin de matériaux dans tous les domaines d'activité, commente Jean-Luc Adam, directeur de recherche dans l'UMR⁽¹⁾ 6512 - Verres et céramiques. Sans la purification de la silice qui a donné naissance à la fibre optique, le secteur des télécommunications n'aurait pas eu l'essor qu'on lui connaît !" L'idée d'utiliser les signaux lumineux à la place des signaux électromagnétiques pour transmettre des informations a permis d'en augmenter nettement le débit. Dans les premières fibres optiques, la lumière se propage par réflexions totales sur la surface qui sépare le cœur de la fibre d'un indice de réfraction supérieur à celui de la gaine ; on parle de fibres multimodes. Par la suite, les scientifiques ont travaillé sur d'autres modes de propagation de la lumière : dispersion chromatique dans les fibres à gradient d'indice, propagation axiale dans des fibres monomodes (voir schémas), avant de s'intéresser à la constitution proprement dite des verres. Le but : minimiser les pertes optiques (atténuation) dans le domaine infrarouge, de façon à accéder à des fonctions nouvelles que la silice seule ne peut



Constitution d'une fibre multimode.



Propagation de la lumière dans les trois types de fibres.

assurer. Dans ce domaine spectral de l'infrarouge, les pertes sont dues pour l'essentiel à l'absorption de la lumière par les modes fondamentaux de vibration entre les atomes constituant le verre.

C'est là qu'interviennent les verres dits non conventionnels, dans lesquels l'atome d'oxygène est remplacé par un autre atome non métallique tel que le fluor, le soufre, le sélénium ou le tellure. Les verres fluorés découverts à l'Université de Rennes I (voir encadré), se sont, par exemple, avérés avoir de meilleurs rendements lumineux avec les ions de terres rares, utilisés comme dopants à l'intérieur des fibres optiques, que les verres d'oxyde. Pourtant leur transformation en fibres optiques de plusieurs kilomètres est toujours restée très délicate. Il aura fallu attendre la fin des années 80 pour que technique et applications soient en phase : on utilise aujourd'hui le verre fluoré pour fabriquer des amplificateurs prototypes, soit des fibres dopées de quelques dizaines de mètres, qui, distribués régulièrement sur le réseau, permettront de réamplifier les signaux sur une large bande dans les fibres de silice. De tels produits sont actuelle-

ment commercialisés, ce qui n'empêche pas les recherches de continuer. "Nous sommes actuellement sous contrat avec le ministère de la Recherche, Alcatel et Teem Photonics sur ce thème", précise Jean-Luc Adam.

Le laboratoire Verres et céramiques travaille également sur les verres de sulfure, de sélénium et de tellure. Les premiers sont des verres rouges, dont les propriétés optiques et les applications s'apparentent à celles des fluorures (ils possèdent des rendements lumineux encore meilleurs avec les ions de terres rares) mais sont chimiquement très différents : leur synthèse est très délicate et il est par exemple plus difficile d'y introduire ces fameux dopants. Côté application, on reste dans le domaine des télécoms avec les fibres optiques et les guides d'ondes planaires.

Les verres de sélénium et tellure (éléments de la famille des chalcogènes) sont des verres noirs, actuellement étudiés et développés comme optiques sur les caméras infrarouges. La société Umicore IR glass (basée à Acigné, près de Rennes) en fabrique et en commercialise. Des travaux de recherche sur la caractérisation et les propriétés optiques non linéaires de verres de chalcogénures sont également en cours, notamment entre le laboratoire de Jean-Luc Adam et l'université d'Angers, dans le cadre d'un programme interrégional sur la commutation rapide en télécommunication.

Par ailleurs, leur mise en forme en fibre intéresse tout particulièrement la biologie. Les fibres optiques de chalcogénures pourraient en effet permettre de caractériser des composés organiques *in situ*, sans avoir besoin de faire de prélèvements. La détection est basée sur le principe de la réflexion totale atténuée : le cœur de la fibre est en contact direct et linéaire avec le composé à analyser et la lumière qui se propage dans le cœur est absorbée différemment selon les composés qu'elle rencontre. Les premiers essais en labo-



Les verres de sulfure se travaillent en ampoule scellée.

Petite histoire du verre

Le verre serait né il y a plus de 3 500 ans dans la région de l'Égypte et de la Mésopotamie. Son usage se répand au Moyen-Orient vers le VII^e siècle avant notre ère. C'est l'ancêtre du verre couramment utilisé de nos jours, composé à près de 70 % de silice (SiO₂) apportée par du sable ou du quartz naturel broyé et divers oxydes : oxyde d'aluminium (Al₂O₃), de sodium (Na₂O), de potassium (K₂O), de calcium -chaux- (CaO), de magnésium -magnésie- (MgO).

Dur et fragile, obtenu par traitement thermique haute température et résistant à la chaleur, le verre est un solide non cristallin qui présente le phénomène -réversible- de transition vitreuse : il a la faculté de passer progressivement à l'état de fluide quand on augmente la température (environ 1 500°C pour les verres de silice) et de refroidir sans cristalliser.

En 1975, à Rennes, les frères Poulain découvrent les verres fluorés et depuis, le fait de remplacer l'atome d'oxygène par un autre atome non métallique comme le fluor (F), le soufre (S), le sélénium (Se) ou le tellure (Te) constitue toujours un domaine actif de la recherche fondamentale, avec des applications très orientées vers le domaine des télécommunications. ■ N.B.

ratatoires ont prouvé que cette technique peut être très précise et isoler les différentes fonctions chimiques. Plusieurs collaborations sont d'ores et déjà en cours : avec l'unité 522 de l'Inserm sur les pathologies du foie, avec l'Adème sur la détection de polluants dans l'air et l'eau. Les télécommunications ne sont donc pas les seules à avoir la fibre... ■ N.B.

⁽¹⁾ UMR : Unité mixte de recherche : CNRS - Université de Rennes I.



Les verres de sulfure sont rouges.

Une préforme est d'abord réalisée (au centre), puis étirée en tube et enfin en fibre.

JEAN-LUC ADAM

Contact → Jean-Luc Adam,
jean-luc.adam@univ-rennes1.fr,
tél. 02 23 23 62 62.



Matériaux

Le lin et ses fibres

Cultiver des voitures

Dans la nature, il existe trois types de matériaux : les polymères, les métaux et les céramiques. En combinant ces matières premières et en les arrangeant judicieusement, l'Homme a inventé les matériaux composites. En noyant des fibres de verre dans une matrice de polyuréthane, on obtient de quoi faire une portière de voiture ou un robot ménager. Il ne viendrait pas à l'esprit d'un navigateur de se lancer dans une course autour du monde dans un bateau dont la coque et le mât ne soient faits en matériau composite utilisant les fibres de carbone. Légèreté, rigidité, solidité. Ce mélange fibres/matrice a certes fait ses preuves dans de nombreux domaines... sauf un : l'environnement.

→ 95 % des matériaux composites sont fabriqués avec des fibres de verre. Un casse-tête pour le recyclage ! Elles fondent et se solidifient ce qui demande un entretien acharné des usines d'incinération. Face à ce problème, l'Homme a cherché une solution... Et une fois de plus, c'est la nature qui lui a donné.

Car, si Christophe Baley s'intéresse au lin depuis une dizaine d'années, cela n'est pas par goût vestimentaire, mais parce que cette plante a une structure bien particulière et qu'elle produit des fibres. Cet enseignant-chercheur à l'Université de Bretagne sud travaille donc à la croisée de plusieurs disciplines (physique, chimie, biologie) afin de mieux connaître les fibres que

produit ce végétal. Pour lui, les fibres de verre vivent leurs dernières années de monopole dans l'industrie. Les fibres de lin en sont une alternative avantageuse à bien des égards. "D'un côté, on avait des fibres végétales avec des propriétés mécaniques que l'on commençait à bien connaître, de l'autre, une industrie qui cherchait à remplacer ses matériaux difficilement recyclables par des matériaux plus « bio ». Les deux devaient se rencontrer !"

Des qualités mécaniques exceptionnelles

Mais les vieilles idées ont la peau dure. En effet, l'idée de rouler dans une voiture dont une partie de la carrosserie aurait poussé dans un champ a de quoi surprendre et rendre sceptique plus d'un automobiliste. Ces réticences n'atténuent pourtant pas l'enthousiasme de notre chercheur : "D'un point de vue scientifique, le problème est passionnant. La fibre de lin a un diamètre de 20 µm environ, elle est elle-même un matériau composite, composée de fibrilles enroulées autour d'un axe cellulosique. Dans le végétal, elle a un rôle structural, alors pourquoi une fois isolée et combinée à une matrice ne pourrait-elle pas avoir le même rôle dans un capot de voiture ?"

Rigidité, résistance et ténacité sont les trois qualités requises pour avoir des fibres utilisables dans l'industrie. Voilà plusieurs années déjà que les caractéristiques de celles du lin sont mesurées, testées, comparées, et il s'avère que leurs propriétés mécaniques ne souffrent pas de la comparaison avec les fibres de verre. Mais ce qui fait l'intérêt de ces fibres végétales, leur valeur ajoutée, c'est bien évidemment leur aspect écologique. Christophe Baley en est convaincu, d'ici 5 ans, le végétal aura conquis le monde industriel : "Pour produire 1 tonne d'acier, il faut dépenser 60 fois plus d'énergie que pour produire la même quantité de bois, et 1 000 fois plus pour produire 1 tonne de titane. Le calcul est vite fait ! D'autant plus que les fibres de lin sont totalement dégradables. Il suffit de replanter la même quantité de plante pour avoir un équilibre. Et puis quoi qu'il arrive, les ressources planétaires en pétrole ne sont pas inépuisables, il faudra bien songer à faire du plastique autrement."

Un bon cru ?

Le principal problème rencontré est de savoir quelle qualité de fibres on utilise. Le climat de la région de culture est un paramètre important. En Bretagne, les champs de lin ont disparu depuis quelques années. C'est en Normandie que poussent les plants produisant les meilleures fibres. Pour les récupérer, il faut pratiquer le rouissage, c'est-à-dire arracher les plantes et les laisser sur place, couchées dans le champ. L'alternance de pluie et de soleil va séparer naturellement la paille des fibres qu'il est ensuite aisé de récupérer. Mais que se passe-t-il si la récolte est mauvaise ? La production de matériau s'arrête



Depuis 10 ans, Christophe Baley s'intéresse aux fibres végétales : "D'ici 5 ans, leur utilisation va révolutionner le monde de l'industrie !"

et l'industriel perd une année de production. Pour que le lin soit utilisable, il faut donc changer de méthode de travail, stocker les fibres des "bonnes années", en prévision d'une pénurie éventuelle et non plus fabriquer et vendre au plus vite. C'est probablement le frein le plus important au développement de cette technologie.

Pourtant au Japon, les équipementiers automobiles cherchent déjà des exploitants agricoles pour les approvisionner en patates douces riches en amidon. En remplaçant les fibres de verre par des fibres de lin et la matrice en polyuréthane par de la cellulose, le matériau composite 100 % végétal est déjà dans les laboratoires et certainement bientôt dans notre vie quotidienne, d'ici quelques années. Voici que l'industrie et l'agriculture se mettent en ménage ! ■ V.D.



Les fibres de lin sont une alternative écologique aux fibres de verre traditionnellement utilisées dans la fabrication de matériaux composites.

Contact → Christophe Baley, Université de Bretagne sud, centre de recherche - L2P, rue de Saint-Maudé, 56321 Lorient, tél. 02 97 87 45 45, christophe.baley@univ-ubs.fr

Anthropologie

Homo erectus

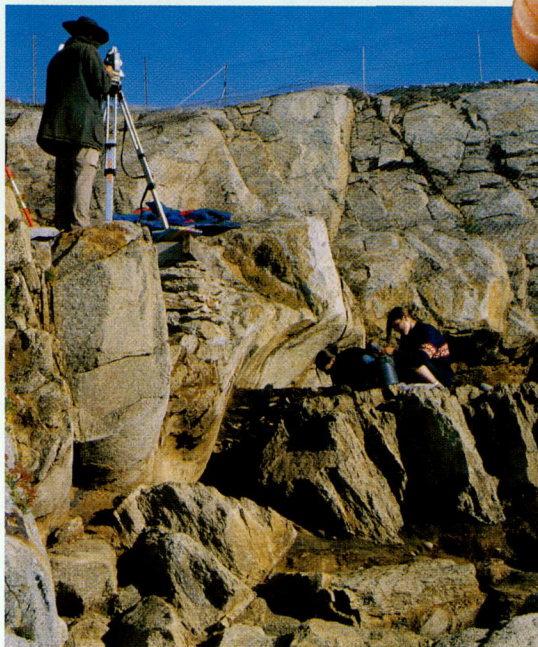
À la conquête de l'Ouest

Arrivé au terme de sa longue et complexe migration depuis la vallée du Rift (Afrique de l'Est), l'*Homo erectus* a élu domicile dans une modeste grotte, à deux pas de ce que ses descendants appellent aujourd'hui Audierne.

→ Exposition plein sud, l'Océan à perte de vue, nos ancêtres savaient choisir leur domicile ! Le site paléontologique de Ménez Drégan, sur la commune de Plouhinec (Finistère), fait partie des grands chantiers archéologiques européens. Ce qui, pour un néophyte, ne serait qu'un éboulement de falaise, est en fait une source intarissable de connaissances sur la vie de "l'Homme d'il y a 500 000 ans" : l'*Homo erectus*.

Un site exceptionnel

L'histoire ou plutôt la préhistoire des Finistériens est enfouie ici, dans ce qu'il reste d'une grotte qui s'est effondrée sur elle-même. Une équipe de chercheurs et d'étudiants y réalisent des fouilles chaque année, durant six semaines, depuis dix ans. Jean-Laurent Monnier est directeur de recherche au CNRS, il travaille au laboratoire d'anthropologie de l'Université de Rennes 1 et est responsable du projet. Pour lui, le site est exceptionnel : "Avec sa position géographique, très au nord-ouest, et son ancienneté, ce site a beaucoup à nous apprendre. Dans ce chantier, qui est visité par de nombreux chercheurs étran-



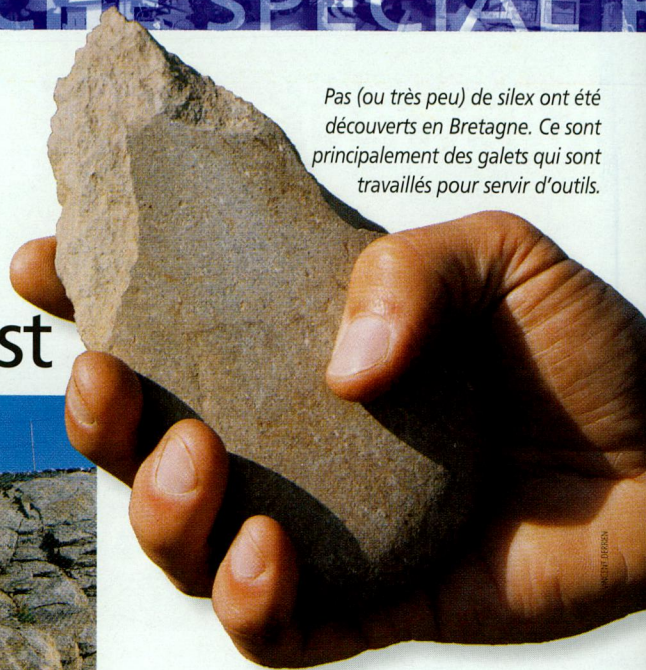
gers, un grand nombre de disciplines peuvent y trouver des applications."

En effet, les paléontologues n'ont pas l'exclusivité des lieux : géomorphologues, botanistes, palynologistes ou parasitologistes interviennent régulièrement pour identifier des charbons de bois, des pollens ou des kystes de parasites.

Le plus long bail de l'Histoire

Il y a dix ans, quand les recherches ont débuté, la grotte ressemblait plutôt à un vulgaire éboulis. Une fois les roches qui jadis faisaient office de toit déblayées, des "coupes" ont été réalisées dans le sol. Il a ainsi été possible d'établir que la grotte avait subi une alternance d'occupations. En effet, au cours de ses 200 000 ans d'existence, elle fut désertée à plusieurs reprises. Et pour cause, par trois ou quatre fois elle fut totalement submergée par l'Océan !

Aujourd'hui, les traces de ces périodes aquatiques sont visibles grâce aux coupes réalisées dans le sol. Les sédiments se sont accumulés et tassés, ils forment des couches caractéristiques séparant ainsi les différentes époques d'occupation de la grotte.



Pas (ou très peu) de silex ont été découverts en Bretagne. Ce sont principalement des galets qui sont travaillés pour servir d'outils.

Tous les objets ramassés sont numérotés et positionnés au moyen d'un laser. La carte complète du site est donc établie avec précision.

faune de l'époque. Seuls quelques kystes de parasites permettent de penser que la grotte a servi d'abri à des charognards, telles des hyènes, à un moment donné. Mais l'intérêt du site n'est pas là. Nous y avons découvert que l'homme utilisait déjà le feu à cette époque. Jusque-là, tous les scientifiques dataient cela de plusieurs milliers d'années plus tard ! Sur le site de Tautavel dans les Pyrénées, qui date de la même période, des ossements d'*Homo erectus* ont été trouvés... mais pas de traces de feu." Nos ancêtres avaient réussi, si ce n'est à produire, au moins à "dompter" le feu, à l'entretenir au sein d'un foyer afin d'éloigner les prédateurs, se réchauffer et probablement, faire cuire leurs aliments.

Les chercheurs ont travaillé cette année sur une couche datant de 300 000 ans. Ce sont sans aucun doute les vestiges des derniers locataires qui sont aujourd'hui mis au jour. Un foyer fait de blocs de granit plats, une esquisse de pavage pour régulariser le sol... La demeure semble plutôt confortable. Si ce n'est ces milliers d'éclats de taille qui jonchent le parterre... l'*Homo erectus* n'était pas féru de ménage !

Les fouilles terminées, le chantier a retrouvé son camouflage hivernal de sacs de sable et de bâches, des clôtures délimitent le site, les milliers d'objets ramassés ont pris la direction des laboratoires. Du côté d'Audierne, les falaises gardent encore bien des trésors qui ne sont autres que l'histoire de nos ancêtres, notre Histoire. ■ V.D.

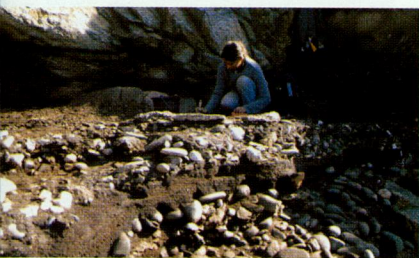
Des milliers de pièces

Quelques centimètres seulement sont fouillés chaque année par les équipes. Un véritable travail de titan quand on pense qu'il y a plusieurs mètres d'épaisseur. Des milliers d'années encore stockées sous nos pieds !

Mais les titans qui travaillent là sont aussi des orfèvres. C'est avec la méticulosité propre aux archéologues que sont extraites toutes les pièces intéressantes. Quant à savoir ce qu'est une pièce intéressante, il faut demander à Stéphan Hinguant, géomorphologue à l'Université de Rennes 1, et avant tout, passionné : "La discipline a beaucoup évolué. Avant, on cherchait les belles pièces, c'est-à-dire les outils assez grands et bien taillés. Aujourd'hui, on prend tout : les éclats de taille, les outils de fabrication... Depuis 1991, nous avons sorti plus de 40 000 pièces !"

Les éléphants d'Audierne

Pourtant dans ce trésor, pas d'ossements, uniquement du lithique. Seule une dent d'éléphant a été retrouvée il y a quelques années. "Les os n'ont pas été préservés, explique le chercheur, nous ne trouvons ici que très peu d'indices sur la



En révélant un foyer, le site de Ménez Drégan a mis à mal les théories scientifiques qui jusqu'à alors pensaient que les hommes n'avaient utilisé le feu que plusieurs milliers d'années plus tard.

Vous avez besoin d'un support pour des animations thématiques ?



Plus de 50 expositions itinérantes sont à votre disposition à l'Espace des sciences

Les thèmes : sciences de l'Homme et de l'Univers, sciences de la vie et environnement, mathématiques, informatique, électronique, physique, chimie, matériaux.



L'Espace des sciences dispose également d'un planétarium itinérant.

Pour tout renseignement, contactez le service diffusion au **02 99 31 79 10** et retrouvez l'ensemble des activités de l'Espace des sciences sur www.espace-sciences.org



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^{os} Sciences Ouest + 11 N^{os} Découvrir)
- 2 ANS** (22 N^{os} Sciences Ouest + 22 N^{os} 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.

Supplément SO 194

cité
des sciences &
de l'industrie

e
espace
des sciences

la chimie naturellement

E x p o s i t i o n

Du **11** septembre 2002
au **22** février 2003

Espace des sciences
Centre Colombia - 1er étage - Rennes

ouest
france

CONSEIL GÉNÉRAL
D'ILLE ET VILAINE

REGION
BRETAGNE

MET
ROPOLE
Rennes