

SCIENCES *Ouest*

RECHERCHE ET INNOVATION EN BRETAGNE N°201

Les algues en Bretagne *Une récolte d'innovations*

JUILLET-AOÛT 2003 / 3 €





RADÔME
Musée des Télécoms

Sur la côte de Granit Rose

Espace de découvertes pour toute la famille

2003
deux expos
interactives



Spectacles
sous le Radôme

Réalité virtuelle

Rencontre
avec l'**histoire**



infos 24 h/24 : 02 96 46 63 80
semaine : 11h-18h
samedi/dimanche : 14h-18h

Granit

Site de Cosmopolis Pleumeur-Bodou

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 la société ; sciences de la Terre et de l'univers ; environnement, biologie, santé ; mathématiques, informatique, électronique ; physique, chimie, matériaux.



Photo: DR, Patrick Berthé, création graphique



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**



POUR QUE VIVE LA SCIENCE

La recherche et l'innovation sont des conditions essentielles du rayonnement de notre pays. C'est dans cette conviction forte que s'ancre la politique de recherche que je conduis, dont les maîtres mots sont excellence, compétitivité, réactivité, mais aussi partage des savoirs, de tous les savoirs.

Cette mission, que j'ai à cœur de promouvoir, me semble essentielle.

Sans partage des savoirs, en effet, comment permettre le transfert d'expertise des scientifiques aux politiques, comment favoriser la prise de conscience des grands enjeux liés aux avancées des sciences, comment contribuer à la cohésion sociale autour de choix scientifiquement, économiquement, socialement légitimés ?

À cette action, la revue *Sciences Ouest* contribue avec éclat. Forte de cette mission de promotion de la recherche et de l'innovation en Bretagne, elle offre à ses lecteurs un éclairage précieux et varié sur l'actualité scientifique. Véritable mine d'informations, ressource facilement exploitable par le grand public en raison de la richesse de ses dossiers thématiques, réseau entre chercheurs, universitaires, enseignants, entrepreneurs et centres de culture scientifique, le travail mené au sein de *Sciences Ouest* force l'admiration.

Je suis donc fier de pouvoir, par cette tribune ouverte dans ses pages, chaleureusement féliciter ses équipes et les encourager dans cette voie de l'information scientifique et technique, à la fois accessible et exigeante, pour que vive la science en France. ■



Tirage du n°201
4 500 ex.
Dépôt légal n°650
ISSN 1623-7110

- EN BREF** 4/5
- GROS PLAN** **Actualité**
Comment jardiner écologique..... 6
- GROS PLAN** **Laboratoire**
Des plantes pour nettoyer les sols pollués 7
- GROS PLAN** **Chronique culinaire**
Réussir la cuisson du poisson à l'eau 8
- DOSSIER**
Les algues, une histoire bretonne 9
Le Ceva traque les marées vertes 10
Rendre le plastique biodégradable 11
Deux algues étudiées par neuf équipes 11
Prévenir les troubles de la ménopause .. 12
L'Île-Grande cultive les microalgues 12/13
Des cosmétiques nés à Molène 13
Contre le vieillissement de la peau 14
Les microalgues toxiques surveillées 15
Des algues pour soutenir le blé tendre .. 16
Un trésor du XIX^e siècle 17
Pour en savoir plus 18
- GROS PLAN** **Comment ça marche ?**
Le lichen, né des amours d'une algue 19
- AGENDA**..... 20/21
- À L'ESPACE DES SCIENCES** 23

Supplément
Découvrir
Plongez dans l'aquarium !



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 Trehen. Directeur de la publication : Michel Cabaret. Rédacteur en chef : Nicolas Guillas. Rédaction : Jean François Collinot, Vincent Derrien, Gézabelle Hauray, Valérie Terrien. Comité de lecture : Christian Willaime (physique-chimie-matériaux), Gilbert Blanchard (biotechnologies-environnement), Michel Branchard (génétique-biologie). Abonnements : Séverine Vasnier. 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, des départements du Finistère et d'Ille-et-Vilaine et des Fonds européens ■ Édition : l'Espace des sciences. Réalisation : Pierrick Bertôt création graphique, 35510 Cesson-Sévigné. Impression : TPI, 35830 Betton.



Les échos de l'Ouest

● Le cancérpôle du grand Ouest est lancé

Le projet pour l'émergence d'un cancérpôle du grand Ouest a été retenu, le 8 juillet, par le ministère délégué à la Recherche. Il va réunir plus de 50 équipes de recherche des régions Pays de la Loire, Bretagne, Centre et Poitou-Charentes, soit 445 universitaires, hospitalo-universitaires, chercheurs du CNRS et de l'Inserm. Parmi les sept projets régionaux retenus, suite à l'appel au projet du gouvernement, le grand Ouest a reçu un accueil très favorable. "La valorisation des produits



CHOU DE NANTES

de la mer en cancérologie, un thème qui regroupe 21 équipes de l'Ouest, a été très apprécié par le jury d'experts, explique

Khaled Meflah, chercheur en cancérologie à l'Inserm de Nantes et coordonnateur du projet. *Ainsi que les recherches sur le ciblage des tumeurs, soit par des anticorps, soit par des nanoparticules, menées par des équipes de Nantes, Angers, Rennes ou Brest.* L'un des objectifs du cancérpôle, qui fédère les équipes de chercheurs et bénéficie de financements pluriannuels, est de transférer les avancées de la recherche fondamentale vers la recherche clinique, dans tous les centres de soins. Les projets démarrent déjà. La labellisation pourra être obtenue l'an prochain, dès que l'Institut national du cancer sera mis en place.

→Rens. : Khaled Meflah, tél. 02 40 08 41 09, kmeflah@nantes.inserm.fr

● L'Internet plus rapide en milieu rural

Les communes bretonnes isolées, non couvertes par l'ADSL, vont bénéficier du réseau Internet haut débit, grâce aux essais lancés par le Conseil régional, via Mégalis. La connexion par satellite permet de s'affranchir du réseau de câbles terrestres - une installation rapide et simple à mettre en place. Les données numériques sont captées par une antenne parabolique ; un faisceau laser ou des liaisons radio de type WiFi les acheminent jusqu'au lieu de connexion. Cette technologie est expérimentée depuis début 2003 sur treize sites en Bretagne, tels que Groix ou Molène. À Louvigné-du-Désert (35), la technologie satellitaire couplée à la fréquence hertzienne 2.4 GHz par saut de fréquence a été choisie pour relier au haut débit la mairie,

le groupe scolaire, les locaux de la cybercommune et l'entreprise Générale de granit. Les applications du haut débit concernent la navigation, le partage des données, la visio-conférence ou encore la vidéo-surveillance. L'un des deux opérateurs en liste, Génédis-Divona ou Skybridge-Alcatel, se verra attribuer le marché courant juillet. Les offres de raccordement seront proposées par Mégalis au dernier trimestre 2003.

→Rens. : Syndicat mixte Mégalis, Céline Gelot, tél. 02 99 12 51 55.

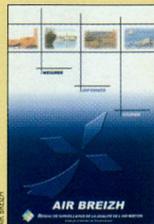
● La Bretagne avance dans l'espace

Vingt-huit entreprises de Bretagne et des Pays de la Loire ont participé, le 3 juillet à Rennes, à la rencontre régionale "Espace et société". Organisée à l'initiative du ministère délégué à la Recherche, cette journée avait pour but de présenter l'offre spatiale, avec le Cnes et Spot Images, et d'écouter la demande des acteurs locaux, entreprises ou collectivités. Ces 15^{es} rencontres, qui se déroulaient pour la première fois dans notre région, ont montré une bonne connaissance locale des services faisant appel aux données satellitaires - déjà utilisés, ou en projet, pour la pêche au thon (Chevannes, Concarneau), la télémédecine (AphyCare, Lannion) ou la télédétection marine (le Cedre, Brest). Le rendez-vous a permis aux 80 participants d'enrichir leurs connaissances et leurs contacts. En imaginant de nouvelles applications, à l'image de l'Agence de développement économique de Saint-Brieuc (www.paysdesaintbrieucnumerique.org), qui développe des services numériques, en s'appuyant sur les technologies satellitaires.

→Rens. : Nicole Madon, I-Space, tél. 01 44 76 74 00, nicole.madon@cnes.fr http://www.i-space.fr/index_fr.htm

● Un analyseur d'air à la campagne

Air Breizh, le réseau de surveillance de la qualité de l'air breton, a présenté le 6 juin le bilan des assises régionales de la qualité de l'air. Des questionnaires envoyés aux collectivités, industriels et professionnels de santé, montrent un besoin d'information et le souhait d'une surveillance plus large des



AIR BREIZH



VINCENT FERREY

● Biologie végétale : un prix de l'innovation

Le 5 juin dernier, les prix européens de l'innovation et de la recherche ont été remis à quatre jeunes chercheurs européens à Brest. Pour cette deuxième édition, 50 dossiers ont été déposés par des jeunes chercheurs ou laboratoires travaillant sur la microbiologie des sols et la nutrition des plantes. Ce concours est organisé par les laboratoires Secma biotechnologies marines, le groupe Roullier, en partenariat avec Océanopolis. Une démarche qui permet à Roullier de collaborer avec des chercheurs sur des sujets qui trouveront un jour des applications dans une activité du groupe, agrofourniture, agrochimie ou agroalimentaire. Les lauréats font partie du pôle de biotechnologie végétale de Haute-Garonne, de l'Ensa de Montpellier, de l'Institut fédéral de biologie en Suisse et de l'université de Florence. Le prix permet de couvrir le financement d'une année de recherche et de fonctionnement d'un laboratoire.

→Rens. : Frédérique Dyèvre-Bergerault, tél. 02 99 20 67 97, press@roullier.com

territoires et des polluants spécifiques à la Bretagne. Concernant les pollutions agricoles, l'association a cofinancé avec l'Ademe une thèse sur la mesure en continu de la concentration en ammoniac atmosphérique, à l'aide d'un nouvel analyseur baptisé Airmonia. Cette thèse devrait être soutenue le 10 juillet par Ronan Levilly, de l'ENSCR. Les premières mesures effectuées à Rennes et près de Lamballe (22) concordent avec les variantes connues de la météorologie et des déplacements de masses d'air. Ces résultats promettent une homologation de l'appareil et son utilisation en milieu rural, notamment à proximité des élevages.

→Rens. : Air Breizh, tél. 02 23 20 90 90, www.airbreizh.asso.fr

● Brest : la culture scientifique en débat

La première édition du forum Albert Lucas s'est déroulée à Brest, les 20 et 21 juin. La manifestation a réuni une cinquantaine de scientifiques, politiques et professionnels de la communication scientifique et technique. Jean-François Hébert, le président de la Cité des sciences, a ouvert le débat sur les rôles des grands établissements de culture scientifique au niveau national. Jean-Paul Alayse, le conservateur d'Océanopolis, a montré que le métier de vulgarisateur peut être exercé, non seulement par des professionnels de la vulgarisation, mais aussi par des passionnés. Mais

entre passion et professionnalisme, faut-il réellement choisir ?

→Rens. : Abret Cosmopolis, 22560 Pleumeur-Bodou, tél. 02 96 46 60 50.

● Michel Cabaret lauréat du prix Diderot



DANIEL ZUMFRO

Le prix Diderot de l'initiative culturelle a été décerné, le 2 juillet à Leuwarde (Nord), à Michel Cabaret, le directeur de l'Espace des sciences. Le jury, présidé par Hubert Curien, ancien ministre de la Recherche, a décerné trois prix au nom de l'Association des musées et centres pour le développement de la culture scientifique (AMCSTI). Une exposition sur les animaux pour les enfants déficients visuels, mise en place par le musée zoologique de Strasbourg, est la lauréate dans la catégorie "expositions". Une expérimentation originale de diffusion de la culture scientifique, imaginée par les doctorants de l'université de Bourgogne, a reçu le prix dans la catégorie "institutions". Michel Cabaret est lauréat dans la catégorie "hommes". Ces prix, décernés pour la deuxième année consécutive, mettent à l'honneur "une coopération, un travail d'équipe, une mise en réseau, une action particulièrement généreuse, innovante dans le domaine de la culture scientifique".

→Rens. : Stéphanie Perret, Ocim, tél. 03 80 58 98 49.

Du côté des entreprises

● Électronique et télécoms : accompagner les mutations



L'assemblée générale de la Meito, le 13 juin, s'est conclue par une conférence sur le thème "Comprendre, mobiliser et agir ensemble". Dans une conjoncture difficile pour l'électronique et les télécommunications, la Mission pour l'électronique, l'informatique et les télécommunications de l'Ouest accompagne les entreprises dans leur mutation. "Ce n'est pas une crise temporaire et locale, mais une mutation mondiale", a souligné Patrick Poupon, le président. Suite à la réflexion de neuf chefs d'entreprise, directeurs d'école et responsables de centre de recherche, les orientations prioritaires de la Meito sont approuvées : développement du maillage des acteurs et des partenaires, diffusion de l'information et valorisation des compétences de la filière. Les témoignages des P-dg des grandes entreprises régionales Etic ont confirmé le bien-fondé de ces actions en soulignant l'importance de la recherche et développement, ainsi que l'intérêt du lien entre la formation, la recherche et l'industrie. L'innovation pluridisciplinaire, par croisement avec les filières santé, automobile et nautisme, doit être privilégiée en cette période de crise.

→Rens. : Meito, tél. 02 99 84 85 00, info@meito.com, www.meito.com



VALÉRIE THIBERT

● Visteon ouvre une usine high-tech

Le groupe nord-américain Visteon a inauguré, le 5 juin, une nouvelle usine à Noyal Châtillon-sur-Seiche (35). Quatre cents personnes y travailleront d'ici fin 2004. Le centre de production fabrique et assemble les systèmes d'air conditionné, les panneaux de portes et les garnitures d'intérieur des véhicules haut de gamme pour son voisin PSA Peugeot Citroën. Le site utilise des technologies de pointe : injection plastique, thermocompression, thermoformage, injection sur PVC ou textile, assemblage par soudure ultrasons et contrôle final par caméra. La régulation automatique de la température ou la purification de l'air, grâce à un filtre à particules, sont quelques exemples d'innovations haut de gamme en matière de climatisation.

→Rens. : François Fétis, Bleu ciel, tél. 06 78 09 64 69, ste.bleuciel@wanadoo.fr

QUI A DIT ? Sous la mer, vous cherchez le passé. Vous allez découvrir le futur. Réponse page 21

Internet

● Les chiffres de la santé en Bretagne www.orsb.asso.fr

L'Observatoire régional de santé de Bretagne a mis en ligne 24 nouvelles fiches d'informations sur les principaux indicateurs de santé en Bretagne : démographie, santé, décès, modes de vie ou handicap. Quatre groupes de population ont été suivis, la mère et l'enfant, les 15/24 ans, les 25/64 ans et les personnes âgées. Les résultats de l'étude sur l'état de la population et l'offre de soins des "21 pays" de Bretagne viennent également d'être mis en ligne. Ces dossiers, très complets, ont été réalisés avec la

participation de la Drass et du Conseil régional de Bretagne.

→Rens. : Odile Piquet, ORS Bretagne, o.piquet@orsb.asso.fr

● Les énergies renouvelables www.ciele.org

Le site du Centre d'information sur l'énergie et l'environnement, à Rennes, fait peau neuve. Son contenu, consacré aux énergies renouvelables, s'enrichit de cinq nouveaux forums thématiques, un développement de la partie éducation à l'environnement et un catalogue du matériel adapté. Un site associatif grand public, avec une spécificité régionale bretonne.

→Rens. : Ciele, tél. 02 99 54 42 98, info@ciele.org



CEIE

● Élargissement et innovation

La deuxième partie d'une étude sur la politique de l'innovation dans les 13 pays candidats confirme que ces derniers accusent un retard par rapport à l'Union. L'étude révèle une fracture de l'innovation, caractérisée par une concentration de l'innovation dans un petit nombre d'entreprises high-tech. Le risque de voir émerger une économie à deux vitesses, où seules ces compagnies seront concurrentielles sur le marché intérieur élargi, est donc présent. Afin d'améliorer l'environnement des entreprises innovantes, les nouveaux États membres devraient bénéficier de l'aide du réseau CRI et de mesures et d'actions de soutien spécifiques, pour faciliter le développement de réseaux et la coopération entre l'industrie et la recherche. Le principal soutien pour les projets d'innovation viendra des fonds structurels et du fonds de cohésion. La clé de la réussite consiste à s'en servir pour diffuser les connaissances et les nouvelles technologies au sein des PME, sans les réserver à quelques entreprises innovantes. L'étude montre le succès du programme d'action pour l'innovation régionale, où des régions échangent leurs savoir-faire et leurs expériences. L'étude peut être téléchargée sur : <http://www.cordis.lu/innovation-policy/studies>

→Rens. : Euro Info Centre, tél. 02 99 25 41 57, eic@bretagne.cci.fr



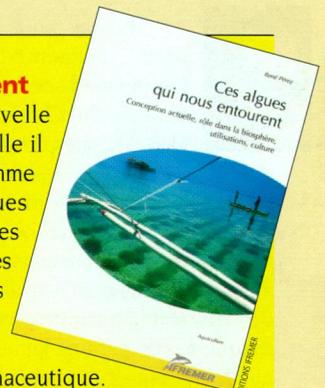
À lire

● Ces algues qui nous entourent

Ce livre présente une approche nouvelle des algues, contre l'idée selon laquelle il s'agirait de végétaux inférieurs. Une somme importante d'informations sur les algues - de l'ordre de 110 000 à 130 000 espèces répertoriées aujourd'hui - sont rassemblées dans cet ouvrage. Les multiples usages des algues sont déclinés, dans les différents secteurs de l'industrie : agroalimentaire, cosmétique ou pharmaceutique.

Un élément de notre environnement à découvrir, dont le poids économique est non négligeable.

→René Pérez, Ifremer, 1997.

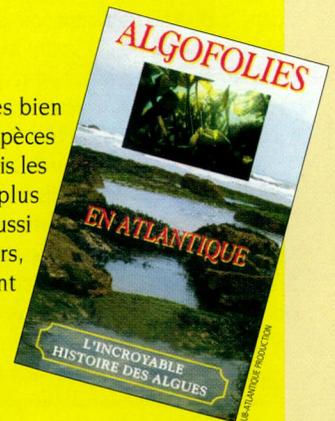


EDITIONS PRÉFAS

● Algofolies en Atlantique

Un film documentaire scientifique très bien construit, qui décrit les nombreuses espèces d'algues présentes en Atlantique, depuis les profondeurs jusqu'aux endroits les plus découverts. La cassette vidéo décrit aussi l'évolution du travail des goémoniers, agriculteurs devenus marins en allant chercher les algues de plus en plus loin.

→Robert Tessier, Michel Vrignaud, cassette vidéo, Sub-Atlantique production, 1993.



SUB-ATLANTIQUE PRODUCTION

À découvrir également :

La cuisine aux algues marines, Bruno Matignon, Ed. A. Bargain, 1990 ; Les jardins de la mer : du bon usage des algues, Clothilde Boisvert, Terre vivante, 1988 ; Guide des algues des mers d'Europe, Jean-Yves Floc'h, Alain Le Toquin, Delachaux et Niestlé 1992 ; Les algues, Gayral Paulette, Cosson Joël, Alayse Jean-Paul, Le Nozer'h Yann, Ed. Jean-Paul Gisserot 1997 ; Algues, lapins, termites... quelles espèces nous entourent ? Michel Lamy, Le Pommier "Les petites pommes du savoir", 2002.

♥ Ces "coups de cœur" sont disponibles à la bibliothèque Colombia (Rennes). Site Web : www.bm-rennes.fr

Denis Pépin au printemps de l'environnement

Les bons gestes pour un jardin écologique

En clôture de la semaine de l'environnement, une conférence verdoyante s'est tenue à Rennes le 10 juin dernier. Le biologiste Denis Pépin a montré comment participer au développement durable dans son jardin.



→ "Étrange société que la nôtre", commence Denis Pépin sur la scène de la maison du Champ-de-Mars, à Rennes, devant 150

personnes attentives. Les déchets verts de nos cuisines et jardins nous envahissent et sont une source de dépenses pour leur traitement, estimées à 50 euros pour 400 kilos de déchets, soit la quantité produite chaque année par une famille de quatre personnes. Ils sont une des causes de la pollution de l'air, de l'eau et du paysage. Mais pourtant, dans la bouche de l'agronome jardinier, une seconde vie s'offre à eux : "Transformés en compost ou recyclés pour pailler la terre, ils révèlent toutes leurs richesses. Les déchets verts sont une source d'humus pour le sol, de nourriture pour les plantes. Ils évitent le recours aux pesticides, aux désherbants chimiques et aux composts commerciaux." Le porte-monnaie et l'environnement ne s'en portent que mieux.



Le paillis protège la terre du dessèchement et limite l'installation des herbes indésirables.

Préserver l'humidité du sol

Une terre sans paillage subit les méfaits de la pluie battante, elle se tasse puis se craquelle. L'eau et l'air ne peuvent plus circuler, la plante puise difficilement les éléments minéraux du sol et les mauvaises herbes s'installent. Couvrir la terre avec un paillis crée un obstacle à ces plantes indésirables et préserve



Dans un compost en silo, chaque apport de déchets doit être mélangé avec le précédent pour permettre une décomposition optimale.

l'humidité du sol, limitant aussi les besoins en arrosage. Tous les végétaux secs peuvent être utilisés : feuilles, tontes de pelouses, tiges des fleurs et tailles de haies, broyées si besoin à l'aide d'une tondeuse. "Les tailles de thuya sont un herbicide naturel efficace", précise le biologiste. Le paillis se transforme en humus au contact du sol et sous l'action des vers de terre. L'équilibre écologique et la biodiversité du jardin sont favorisés, les insectes dits auxiliaires, mangeurs de pucerons ou de mollusques, profitent de cet espace protecteur pour se développer et participer à la vie du jardin.

Un fertilisant naturel complet

En tas ou en silo, selon la taille du jardin, le compost, cet engrais organique équilibré, permet de recycler les déchets du jardin et de la cuisine - les épluchures de légumes, les fruits pourris, l'herbe tondu ou les filtres à café. Cela peut apparaître surprenant mais les meilleurs engrais se trouvent dans nos poubelles ! Deux règles essentielles sont à retenir. Il est indispensable de

mélanger chaque nouvel apport de déchets avec ceux déjà présents. Les déchets riches en carbone, généralement des déchets secs, jaunes et vieux, doivent être mêlés à ceux dits riches en azote, qualifiés d'humides, verts et jeunes. Au bout de quelques mois, ce fertilisant naturel complet est prêt pour redonner vie à l'ensemble du jardin. Les plus gros consommateurs sont les rosiers, les arbres fruitiers ou les fraisiers, qui retrouvent dans le compost leur nourriture initiale des sous-bois, sans compter les légumes exigeants comme les tomates et les courgettes. "En somme, le jardinier n'est qu'un imitateur des mécanismes de la nature", conclut Denis Pépin. Imiter la nature : n'est-ce pas la base du développement durable ? ■ V.T.

QUESTIONS DE JARDINIERS

Le public a posé de nombreuses questions au conférencier. Morceaux choisis. "À quoi servent les engrais verts ?"

Les engrais verts, tels que la moutarde, la phacélie, la vesce ou le sarrasin, évitent de laisser la terre nue quand elle n'est pas cultivée. Ils occupent la terre plus vite que les herbes indésirables, leurs feuillages protègent le sol des effets néfastes des pluies battantes et leurs racines préservent les éléments nutritifs du lessivage.

"Que faire contre les renoncules, les pissenlits et les mousses ?"

Les renoncules rampantes se développent sur les terres compactes, humides et pauvres en calcium. Il suffit souvent d'ajouter un peu de compost et de chaux pour les voir régresser. Pour les pissenlits et les mousses, qui se développent à la faveur des tontes rases et répétées, monter la hauteur de coupe à 5 ou 6 centimètres : c'est le meilleur moyen d'éviter leur implantation. ■

À lire → *Compost et paillage au jardin : recycler, fertiliser* par Denis Pépin (2003), édition Terre Vivante. → Hors-série *L'ami des jardins et de la maison* "Jardiner au naturel" (mars 2001).

Contact → Denis Pépin,
denispepin@wanadoo.fr

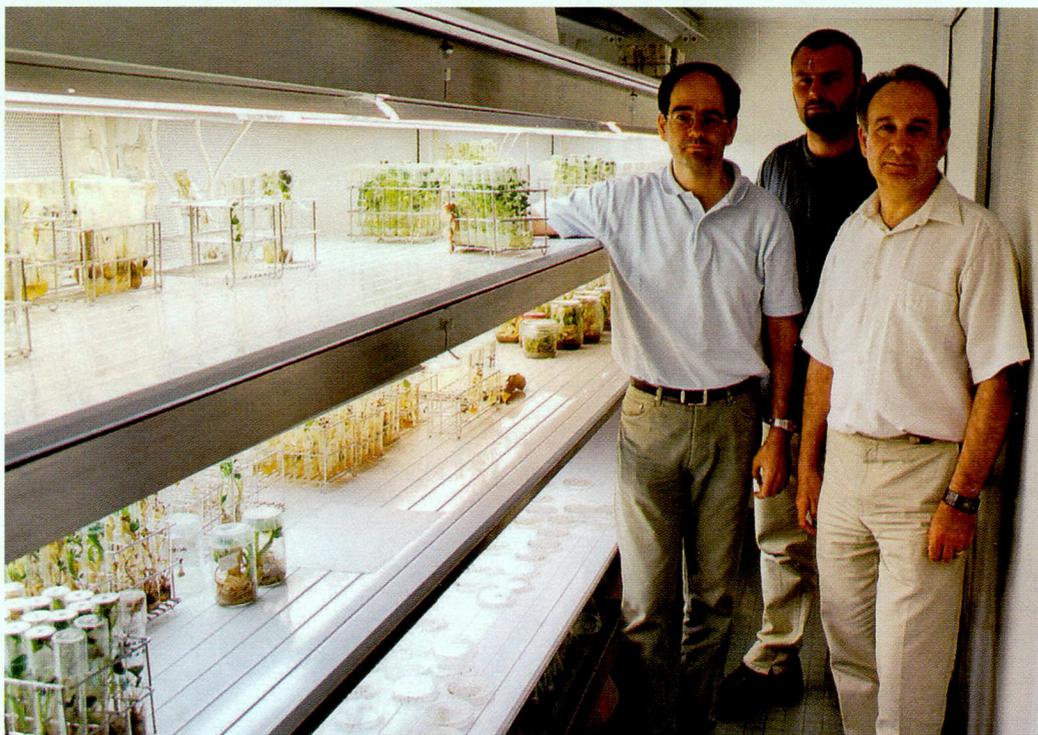
Phytoremédiation

Des plantes pour nettoyer les sols pollués

Les sols chargés en métaux lourds, éléments radioactifs ou hydrocarbures sont difficiles à dépolluer. À l'UBO, l'équipe de Michel Branchard développe une nouvelle méthode de nettoyage. La phytoremédiation utilise la propriété de certaines plantes à prélever des éléments-trace⁽¹⁾ sur un sol contaminé.

→ Les anciennes décharges, les stations-service ou certains sites de déversements accidentels sont des lieux privilégiés pour l'accumulation dans le sol de substances telles que le plomb, le zinc, le cadmium ou le cuivre. Ces éléments-trace peuvent se retrouver dans les plantes destinées à la consommation humaine ou animale. Pour nettoyer le sol, le pompage ou l'excavation sont généralement mis en œuvre. Mais ces techniques mécaniques sont coûteuses et peuvent dénaturer le site. Des solutions plus douces existent.

Certaines bactéries sont capables de découper des molécules toxiques présentes dans les sols pollués (bioremédiation). Les Américains ont été les premiers à les utiliser pour réhabiliter des sites militaires contaminés, notamment par le TNT. Les molécules ainsi dégradées ne sont plus toxiques pour l'environnement. Cependant, les éléments-trace ne peuvent être ni dégradés, ni extraits du sol par les bactéries. Ils doivent être traités différemment. C'est pour cette raison que la phytoremédiation a vu le jour, il y a une dizaine d'années. L'équipe du professeur Michel Branchard, au laboratoire de biotechnologie et physiologie végétales de l'Isamor Esmisab-UBO, en a fait depuis trois ans sa thématique majeure. Le principe est simple :



faire pousser sur les sols pollués des plantes dites hyperaccumulatrices, qui concentrent les éléments polluants dans leur partie aérienne. En les récoltant, le sol est débarrassé de la pollution. Et les plantes sont incinérées dans des fours, équipés de filtres spéciaux.

Plus de 3 000 sites pollués

Il existe officiellement plus de 3 000 sites déclarés pollués en France, mais les estimations envisagent un potentiel de 300 000 ! Dans cette situation où les non-dits sont nombreux, il devient urgent de trouver une solution. Le problème n'est pourtant pas si simple : "Les seuils de tolérance des différents polluants dans le sol sont fixés au niveau européen, explique le chercheur. Souvent, on trouve des concentrations à la limite de ces derniers. Parfois même, les propriétés des sites



Culture in vitro de Brassica napus, régénérés par culture de tissus en présence de cadmium.

font valoir le fait que la forme sous laquelle se présentent les ions n'est pas toxique. Il suffit d'une modification des propriétés du sol pour qu'ils le deviennent."

Le laboratoire appartient au réseau européen Cost (action 837) et collabore avec une université allemande (Emden), qui s'intéresse particulièrement au nettoyage de sols agricoles pollués par les retombées de fumées industrielles. Les contacts avec l'industrie n'ont pas encore débouché sur des projets concrets. Le coût de la dépollution, par la phytoremédiation, est pourtant deux à trois fois moins élevé

L'équipe du laboratoire de biotechnologie et physiologie végétales de l'Isamor Esmisab : Gilbert Charles, Franck Le Borgne, Michel Branchard. Annick Hourmant est absente sur la photo.

qu'avec les méthodes mécaniques ! Par l'entremise du Technopôle Brest-Iroise, une collaboration avec une entreprise spécialisée dans la maîtrise d'œuvre, EECB, devrait déjà favoriser cette mise en application industrielle. "Pour passer à l'applicatif, deux ans de recherche intensive paraissent indispensables, explique Michel Branchard. Par ailleurs, le soutien d'un industriel et celui de nos instances mères sont très importants pour faire avancer ce projet. Nous sommes convaincus qu'il serait utile à la Bretagne et à son image de marque." ■ V.D.

⁽¹⁾ Métaux lourds, métalloïdes et radionucléides sont dénommés éléments-trace.

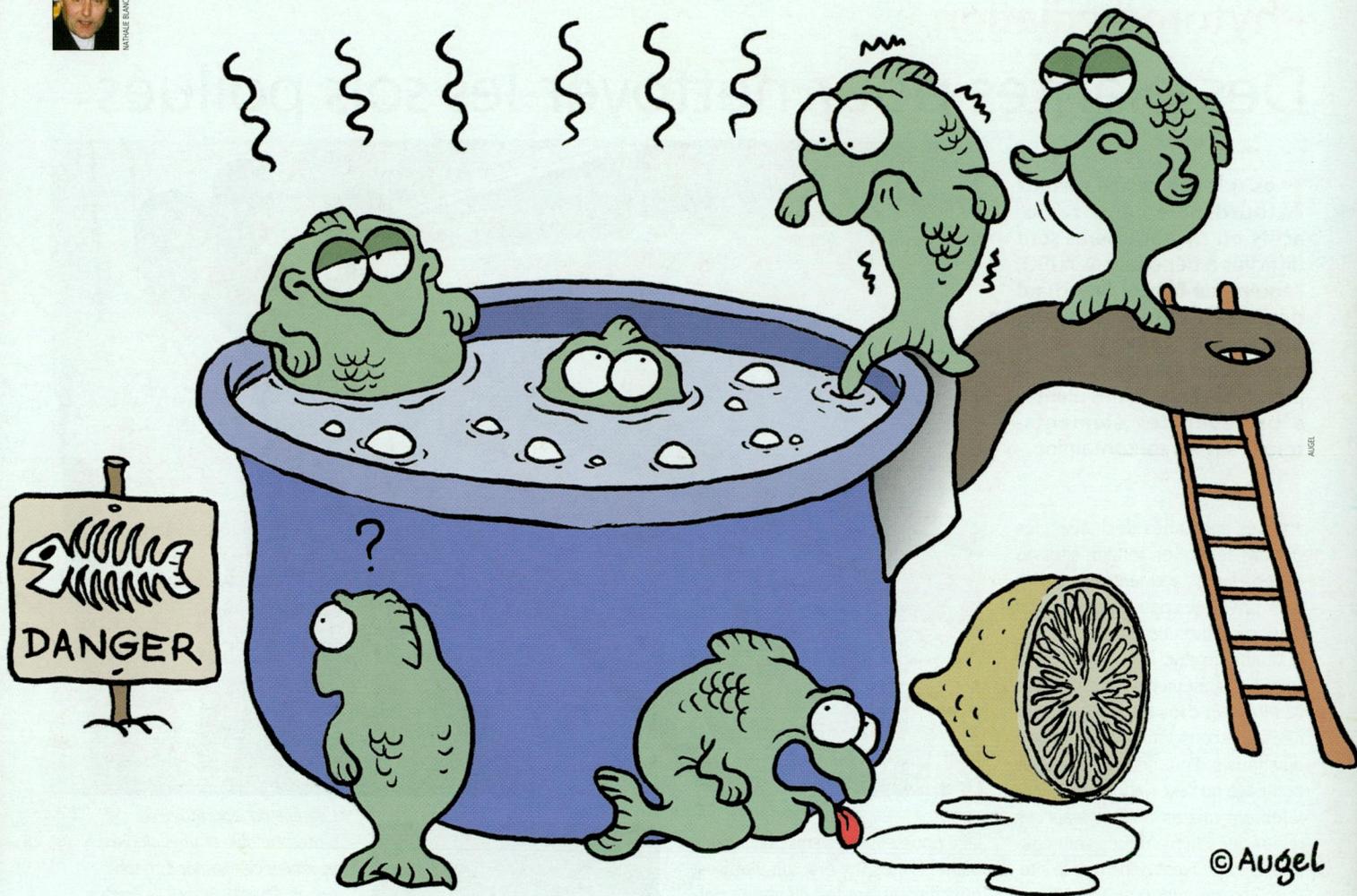
LES VÉGÉTAUX LES PLUS EFFICACES

Il existe une quarantaine d'espèces connues de plantes hyperaccumulatrices, présentant chacune des affinités pour un ion donné. Les plus performantes présentent cependant l'inconvénient de ne pas avoir un développement assez important, ce qui limite leur efficacité globale. Les études physiologiques et génétiques, entreprises par l'équipe de l'UBO, doivent permettre de sélectionner les végétaux les plus efficaces, en particulier pour traiter des boues portuaires. ■

Contacts → Isamor Esmisab UBO, laboratoire de biotechnologie et physiologie végétales, Michel Branchard, tél. 02 98 05 61 00, michel.branchard@univ-brest.fr EECB, Jean-Luc Boschet, tél. 02 98 05 98 62, 06 81 85 58 46, eecb@club-internet.fr



MATHIEU BLANC



Court-bouillon : ne noyez pas le poisson !

Comment réussir la cuisson du poisson à l'eau ? Court-bouillon frémissant ou bouillant ? Hervé This, physico-chimiste Inra au Collège de France, répond à cette nouvelle énigme culinaire en révélant la nature de la chair du poisson.

→ Le poisson perd de son raffinement quand sa chair se défait, lors d'une cuisson inadéquate. Les livres de cuisine anciens ont souvent mentionné que les poissons sont difficiles à cuisiner. Beaucoup indiquent que le poisson ne doit jamais bouillir, mais que le court-bouillon de pochage, composé de vin blanc et d'épices, doit être juste frémissant. C'est vrai : il suffit de laisser un poisson dans un liquide bouillant pour constater avec effroi qu'il se défait. Pourquoi réagit-il ainsi ?

Pour comprendre ce phénomène, plongeons dans l'intimité cellulaire du poisson. Sa chair, c'est-à-dire ses

muscles, est faite de cellules musculaires, comme pour la viande. Ces cellules sont comme des sacs extrêmement fins, dont la longueur atteint plusieurs centimètres. Elles contiennent notamment de l'eau et des protéines. Ce contenu coagule sous l'action de la chaleur : la chair du poisson durcit, comme le fait le blanc d'œuf. Il faut ajouter que les fibres musculaires du poisson sont gainées de collagène⁽¹⁾, mais beaucoup moins que la viande. La viande apparaît dure parce qu'elle contient parfois de grandes quantités de collagène, dont seule une cuisson prolongée peut venir à

bout. À l'opposé, pour le poisson, la cuisson dans l'eau bouillante dissout rapidement le peu de collagène qui entoure ces cellules musculaires, de sorte que la chair se défait en un instant.

Éteindre aussitôt le feu

Pour réussir simplement la cuisson du poisson, pensons donc à durcir l'intérieur des cellules, c'est-à-dire coaguler les protéines internes, en préservant le peu de collagène qui les soutient. En langage culinaire, cela signifie qu'il faut plonger le poisson dans un court-bouillon bouillant, mais éteindre aussitôt le feu et laisser la cuisson se faire tout doucement. C'est cela, le vrai "pochage" ! Une autre technique consiste à cuire le poisson

dans un four, à basse température : le réglage de la température permet la juste coagulation des protéines, évitant la dissolution du collagène. Mais attention au croûtage des chairs : caresser préalablement les filets, s'il y en a, d'un peu de matière grasse, pour prévenir l'évaporation aux températures inférieures à 100 degrés. Il ne reste maintenant qu'à faire jouer la spontanéité du cuisinier pour rehausser la chair de ce poisson avec des assaisonnements à l'huile d'olive, au jus de citron, à l'aneth ou à l'origan ! ■

Hervé This

⁽¹⁾ Ce collagène est similaire à celui que les fabricants de produits cosmétiques proposent d'injecter pour soutenir la peau humaine détendue par les ans.

Les algues, une histoire bretonne

Les eaux bretonnes abritent plus de 500 espèces d'algues. Ce champ unique en Europe est parcouru par une flotille de 48 goémoniers et des centaines de pêcheurs à pied. Chaque année, ils récoltent 70 000 tonnes d'algues, surtout dans le nord du Finistère. Ces algues sont intégrées dans nos objets quotidiens ou dans les cosmétiques. Et surtout dans l'alimentaire, pour la texture et l'arôme.

Pour découvrir de nouvelles molécules, extraites des algues, les recherches se multiplient aujourd'hui en Bretagne. Le Ceva, à Pleubian (22), est la plus importante structure de recherche sur les algues en Europe. Ce dossier présente ses recherches actuelles, qui auront des applications notamment pour la conservation des aliments ou la conception de plastiques biodégradables. Côté cosmétique, Secma biotechnologies marines, à Pontrioux (22), a découvert qu'une algue a des propriétés similaires à celles de la DHEA ; Océalys, à Plouzané (29), récolte elle-même ses algues à Molène pour ses cosmétiques. En agriculture, le nouveau produit aux algues de Goëmar, à Saint-Malo (35), aide le blé à mobiliser ses défenses naturelles. En médecine, les microalgues sont aussi intéressantes : la Somaig, à l'Île-Grande (22), y cherche des molécules anticancéreuses.

Mais les algues sont parfois une source de nuisances. Chaque été, les marées vertes envahissent certains sites de la côte. L'an dernier, plus de 50 000 m³ d'algues vertes ont été ramassés. Pour le combattre, ce phénomène doit d'abord être bien compris : c'est une autre mission du Ceva. D'autres algues posent problème, les microalgues toxiques, dont se nourrissent des coquillages ; un réseau national les surveille, coordonné par l'Ifremer. Enfin, ce dossier rappelle l'intérêt que les hommes du XIX^e siècle portaient déjà pour les algues et donne des idées de sorties, cet été, pour les découvrir de plus près. ■

Les algues vertes suivies à la trace

Depuis l'an dernier, le programme Prolittoral lutte contre les marées vertes. Sur cinq ans, dix-sept millions d'euros seront investis par la Région, les quatre départements bretons et l'Agence de l'eau Loire-Bretagne. Le Ceva⁽¹⁾ s'occupe notamment du suivi scientifique.

→ "Les marées vertes peuvent être un phénomène fugitif et instable sur certains secteurs côtiers, rappelle Patrick Dion, responsable au Ceva du service Ressources naturelles et environnement. Notre rôle est de mesurer les tendances lourdes, en permanence, pour avoir une vision globale à l'échelle de la Bretagne." Depuis avril 2002, dans le cadre de Prolittoral, la côte atlantique, depuis la baie du Mont-Saint-Michel jusqu'à La Baule, est ainsi photographiée par avion, à différentes époques de l'année - et à marée basse. Cette couverture aérienne montre l'évolution des marées vertes, en fonction des programmes curatifs ou de prévention. Neuf bassins versants faisant l'objet de programmes préventifs sont plus particulièrement suivis.



"Quand nous constatons qu'un site de dépôt d'algues vertes «démarré» tard dans l'année, cela peut signifier que le stock d'algues hivernal, immergé, est réduit, explique Sylvain Ballu, animateur du programme Prolittoral et responsable du laboratoire de cartographie. Mais ces algues peuvent avoir été transportées par les courants, depuis un site voisin où le stock est important." La dynamique du dépôt des algues est mise en évidence et les sites émergents sont identifiés, pour alerter les



Ces photos aériennes de la baie de Douarnenez, extraites de la campagne d'octobre 2002, illustrent un échouage d'algues vertes tardif dans la saison. Le site fait partie des neuf bassins versants, où des actions collectives sont menées pour limiter les nitrates, en provenance notamment des terres agricoles.

collectivités concernées. Des algues sont aussi prélevées sur une vingtaine de sites : "S'il y a peu d'azote dans les algues, nous saurons qu'une baisse du taux d'azote, dans ce milieu, aura un impact sur la quantité d'algues vertes échouées. Ce ne sera pas le cas quand le niveau d'eutrophication est très élevé."

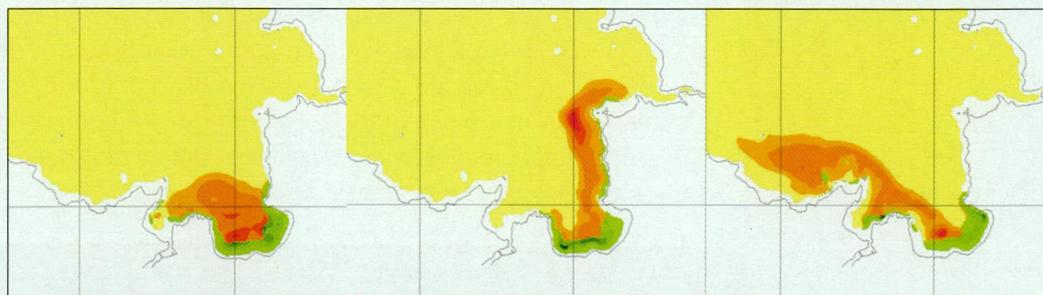
Avec l'Ifremer

Des plongées sous-marines complètent les observations aériennes et les prélèvements sur les plages, pour localiser les stocks infralittoraux avec précision. Ces données sont incorporées dans une modélisation, mise au point avec le modèle Mars 2D de l'Ifremer, pour simuler le comportement des algues sous l'action des courants. "La modélisation révèle que certains sites ont une forte capacité à retenir

les algues vertes, explique Thierry Perrot, ingénieur en modélisation numérique. Car l'azote et les algues se dispersent en mer dans des contextes hydrodynamiques différents." Les informations, récoltées par avion, sur la plage ou sur les fonds marins démontrent, par exemple, qu'il peut être inutile de récolter les algues à cet endroit, si on ne s'attaque pas auparavant à un autre site. Des données indispensables pour les stratégies de ramassage ! En préventif, elles sont aussi utiles pour identifier les différents cours d'eau à l'origine d'une marée verte locale. ■ **N.G.**

⁽¹⁾ Ceva : Centre d'étude et de valorisation des algues, dirigé par Dominique Brault. Site Web : www.ceva.fr

Contact → Patrick Dion,
tél. 02 96 22 93 50,
patrick.dion@ceva.fr



Le modèle de transport et d'échouage des algues vertes est utilisé en baie de Lannion. À partir d'une localisation initiale du stock infralittoral, l'image de gauche décrit les résultats obtenus, quelques jours plus tard, en l'absence de vent. Au centre, une simulation par vent de sud-ouest. L'image de droite décrit la présence des algues, quand le vent vient du nord-est. Ces résultats mettent en évidence des possibilités de transfert de biomasse des algues entre les sites de Locquirec, Saint-Michel-en-Grève et Beg Leguer.

Les Côtes-d'Armor et le Finistère sont les premiers départements concernés par les marées vertes. Mais d'autres sites sont touchés en Bretagne, y compris certains lieux "sur vase", où l'hydrodynamisme marin est très différent des grandes baies ouvertes, comme ici la ria d'Étel, dans le Morbihan.

Rendre le plastique biodégradable

Le problème du recyclage des algues vertes est étudié par le Ceva. Une piste de recherche porte sur du plastique biodégradable, dans le cadre du projet européen Biopal.

→ Après la récolte des tomates, l'agriculteur envoie les déchets en déchetterie. Rien ne peut être composté, pour une raison toute simple : les clips de fixation des plants de tomates sont en plastique. Et pas question d'arracher les clips un par un ! Si ces pièces étaient biodégradables, le compostage serait possible. Une des recherches menées au Ceva consiste à intégrer des

algues vertes dans du plastique, pour le rendre plus facilement biodégradable - et modifier ses propriétés mécaniques.

Le degré de biodégradabilité

"Nous étudions le comportement physique de films plastiques, dans lesquels les algues vertes sont intégrées,

résume Hervé Le Deit, le responsable du projet. *Les algues apportent des minéraux et des sucres, pouvant peut-être modifier les propriétés mécaniques du polymère, constituant la matrice du plastique."* En collaboration avec la société Solutions Plastiques, à Lannion, les premiers essais ont abouti à la réalisation de films plastiques. Les chercheurs veulent contrôler leur degré de biodégradabilité : la décomposition dans la terre d'un pot pour les plantes doit, par exemple, être la plus rapide possible, alors qu'une bouteille en



plastique doit pouvoir être stockée plusieurs mois.

La préparation et la rédaction d'un brevet, notamment avec l'université de Pise, démarrent cette année. Il ne s'agit pas de la solution miracle pour éliminer les algues vertes à grande échelle - elles sont des déchets très difficiles à traiter, en raison de leur extrême hétérogénéité, en qualité et en quantité. Mais l'intérêt marketing existe : ces plastiques d'un nouveau type seraient, en partie, issus de la mer et biodégradables - deux arguments forts. ■ N.G.

Contact → Hervé Le Deit,
herve.ledeit@ceva.fr



Les chefs de projets du service de valorisation industrielle du Ceva : Hélène Marfaing, Patricia Burtin, Hervé Le Deit, Vincent Lognoné, le responsable du service, et Anne Menguy.

Neuf équipes européennes pour deux algues

Le Ceva participe au projet européen Seahealth. L'objectif est d'utiliser les propriétés antioxydantes d'extraits d'algues pour lutter, notamment, contre le cancer du côlon.

→ Elles sont brunes et présentes en Bretagne. Les deux algues ont été identifiées, mais leurs noms restent confidentiels. Dans le cadre du projet Seahealth, qui démarre cette année, neuf laboratoires européens se penchent sur l'extrait produit par ces deux algues. Leur intérêt réside dans leurs propriétés antioxydantes : elles soutiennent les défenses de l'organisme contre l'altération des membranes cellulaires, et contribuent ainsi à prévenir certains cancers. Outre cette application en médecine, l'alimentation est aussi concernée : les molécules contenues dans les extraits préservent

la qualité des aliments - en empêchant l'oxygène de dégrader les matières grasses.

Avec les universités de Barcelone, Milan et Bonn

"Au Ceva, nous procédons aux extractions, à l'analyse des extraits et au contrôle qualité sur la matière première, explique Patricia Burtin, qui coordonne l'ensemble du projet. Cette qualité dépend des algues et, par exemple, de la période de récolte." Une chaîne de compétences a été mise en place sur le continent pour cerner

le sujet, sous tous les angles. *"La faculté de médecine de Barcelone, spécialisée dans les radicaux libres, étudie actuellement la toxicité des extraits sur l'animal. L'université de Milan analyse l'effet des molécules quand elles passent dans le sang, chez l'homme. L'université de Bonn identifie la composition des molécules, les polyphénols, qui ont une activité antioxydante."* Le centre de recherche allemand contre le cancer, à Heidelberg, est aussi impliqué.

Concernant le volet alimentaire, un centre technique des Pays-Bas introduit les extraits d'algues dans des produits d'alimentation, comme des barres aux céréales ou des yaourts. L'aspect économique est l'affaire d'un institut de Karlsruhe, chargé de promouvoir la consomma-

tion d'algues en Europe et de développer des enquêtes marketing. En Bretagne, un autre organisme fait partie du projet : Diana Végétal, à Antrain (35), se charge de l'extraction à l'échelle industrielle. Les procédés sont confidentiels : pour en savoir plus, il faudra attendre le dépôt des brevets. Concernant les applications en médecine, rendez-vous après 2006, quand l'influence des extraits d'algues sur le cancer du côlon et l'athérosclérose aura été testée, *in vitro* puis *in vivo*, chez les rats. Le tour de l'homme viendra ensuite. ■

N.G.

Contact → Patricia Burtin,
patricia.burtin@ceva.fr



Les différentes classes de microalgues, cultivées dans une salle stérile, synthétisent des pigments verts, bleus, marrons ou rouges.

Trois algues pour mieux vivre la ménopause

Le Ceva a mis au point un complexe à base d'algues, pour prévenir les troubles liés à la ménopause. Il est commercialisé depuis peu par Thalgo nutrition.

→ Déminéralisation ou prise de poids : les inconforts liés à la ménopause sont nombreux. "Une



première réponse à la déminéralisation est la richesse en calcium des algues, explique Anne Menguy, du

pôle de valorisation du Ceva. Un autre aspect de la ménopause concerne les perturbations hormonales. Or l'iode, un ingrédient clé des algues, est un constituant des hormones thyroïdiennes." Fin 2002, l'équipe a mis au point un complément alimentaire pour prévenir les troubles liés à la ménopause, en réponse à la demande des laboratoires Thalgo nutrition, à Roquebrune-sur-Argens (83).

35% des besoins en calcium

Anne Menguy a d'abord recherché les espèces d'algues, alimentaires, qui apporteraient l'iode et le calcium en quantité significative. La bonne combinaison de trois algues a été trouvée et brevetée : le lithothamne, qui correspond au maerl, est une algue calcaire qui apporte le calcium ; *Himantalia elongata*, ou haricot de mer, est une algue brune riche en iode, qui améliore l'absorption du calcium par l'intestin ;

Ascophyllum nodosum, une algue brune d'échouage, est riche en iode. Résultat : l'absorption de deux petites gélules, mises au point chez Thalgo suite à ces travaux, apporte sous une forme biodisponible 35% des apports journaliers recommandés en calcium, et 67% en iode ! Le nom commercial des gélules est Ménocéane.



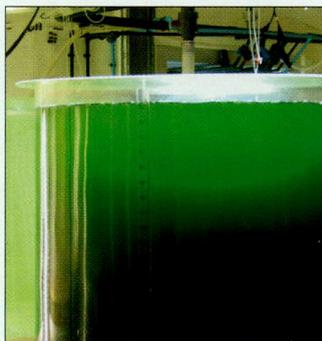
Ce complément alimentaire n'aurait pas vu le jour sans intégrer une démarche commerciale. Pendant que le Ceva extrayait les molécules des algues et étudiait leur absorption intestinale avec un laboratoire de tests *in vitro*, Thalgo, avant de vendre les produits finis, s'occupait du marketing et déposait, en décembre 2002, le brevet sur ce complexe aux algues - dont le Ceva est coauteur. Le lancement presse auprès des magazines santé et féminin a eu lieu en avril. Et cet automne, les médecins recevront des visiteurs médicaux, qui leur proposeront Ménocéane. ■ N.G.

Contact → Anne Menguy,
anne.menguy@ceva.fr

Les microalgues grandissent à

Sur l'Île-Grande, la Somaig étudie et cultive des microalgues. Les extraits obtenus se retrouvent, notamment, dans les cosmétiques Dior.

→ Entre les écueils de la côte de granit rose, les courants transportent une eau d'excellente qualité. À moins 13 m, sous la surface et sous le sable, elle est riche en manganèse, en silice et sa composition chimique unique est stable. C'est là que la Somaig⁽¹⁾, à l'Île-Grande (22), la prélève pour cultiver des microalgues, dans de très bonnes conditions. "À partir des microalgues, nous mettons au point des actifs à intérêts alimentaire, pharmaceutique ou cosmétique, explique Aimé Ménassa, le P-dg. Mis dans une crème de soin à 0,1%, l'actif cosmétique lui donne sa propriété amincissante, hydratante, antioxydante ou antiradicalaire."



Après les ballons de 10 l, les microalgues sont cultivées et étudiées dans des cuves de 300 l, d'où la biomasse est extraite. Ces grands volumes permettent d'être au plus près des applications industrielles à venir.

Pour la commercialisation des actifs, le principal client de la Somaig est LVMH.

À l'état naturel, diluées dans d'énormes quantités d'eau de mer, les algues microscopiques sont une ressource peu accessible. Mais elles se multiplient par division cellulaire : la Somaig les cultive donc en petit volume, de 10 ml à 10 litres, puis en gros volume, jusqu'à 55 m³. En considérant un paramètre important : en fonction des conditions environnementales, et selon sa phase de croissance, l'algue synthétise des molécules différentes. "Pour orienter le métabolisme des microalgues, les conditions de culture sont optimisées, explique Marc Bermudes, responsable de la production, en variant le pH du milieu, la température, les nutriments, la lumière et la source de carbone." La biomasse est ensuite séparée du milieu par centrifugation - 50 tonnes d'eau donnent 20 kg de biomasse, dont un demi-litre d'actif est extrait !

Un programme anticancéreux

Le dernier actif commercialisé, dans la gamme Capture de Dior, s'appelle Oléocomplex 2. Produit à l'Île-Grande, il n'aurait pas vu le jour sans l'activité de recherche et développement, menée en amont de la production. "Cet extrait lipidique a des activités antioxydantes, explique Anne Humeau, responsable de la recherche. Il intervient dans la réparation des protéines endommagées par des radicaux libres, liés aux rayons



Les algues sont récoltées dans une dizaine de sites autour de l'île Molène.

Biomolenez récolte la crème des algues

Une trentaine d'espèces d'algues différentes, dont les laminaires, sont récoltées dans l'archipel.



L'équipe compte cinq personnes à l'Île-Grande : Marc Bermudes, Anne Humeau et trois techniciens.

ultraviolets." Un autre exemple illustre la diversité des activités menées à la Somaig. "Dans le cadre d'un programme anticancéreux, nous menons un projet pharmaceutique avec la station biologique de Roscoff, poursuit Anne Humeau. Notre équipe teste des extraits issus de microalgues, afin de déceler des molécules anticancéreuses." Une douzaine de microalgues sont étudiées chaque année à l'Île-Grande. L'avenir est prometteur : plus de 50 000 espèces attendent dans les océans. ■ N.G.

⁽¹⁾ Source marine de l'Île-Grande.



Contacts → Anne Humeau, Marc Bermudes, tél. 02 96 91 96 96, somaig@wanadoo.fr

Océalys exploite les algues bretonnes pour la fabrication de produits cosmétiques. Originalité : sa filiale Biomolenez récolte les matières premières dans l'archipel de Molène.

→ Océalys, à Plouzané (29), est un laboratoire de création et de fabrication de produits cosmétiques marins. Créée il y a une dizaine d'années, la société profite du grand nombre d'espèces d'algues présentes en Bretagne. Elle en tire le meilleur parti : oligo-éléments et principes actifs. Outre la recherche et l'incorporation de ces extraits marins dans les produits cosmétiques, Océalys s'est dotée en juillet 2002 d'une structure permettant de maîtriser la chaîne en amont. Fabienne Bresdin, directrice d'Océalys, a créé Biomolenez avec son associé, Albert Allenbach'h. L'entreprise, située sur l'archipel de Molène, compte deux personnes.

Biomolenez permet à l'entreprise d'être présente directement sur les

sites de récolte des algues. Pour Fabienne Bresdin, disposer d'une structure de récolte et d'exploitation des algues sur l'archipel est un atout : "L'île Molène dispose d'une situation très avantageuse : la récolte des algues y est aisée, car les fonds sont plats et se découvrent bien, lors des marées de vives eaux. De plus, on y trouve une variété d'espèces très importante dans un espace relativement réduit. L'archipel est labellisé



Fabienne Bresdin, directrice d'Océalys.

MAB (Man and Biosphere) : c'est une marque de qualité pour nous et pour nos clients, qui n'hésitent pas à le mettre en avant."

Les grands noms de la cosmétique

Les algues sont récoltées mais également traitées de manière "bio", sans produit de synthèse, sur l'archipel. Une précision importante pour Fabienne Bresdin, qui accorde beaucoup d'importance à la qualité des algues, mais également à la manière de les exploiter. Ce souci permet à Océalys de collaborer avec des grands noms de la cosmétique à travers le monde : 35 % du chiffre d'affaires se fait à l'international. Parmi les clients européens, citons Nature et Découverte, Peggy Sage ou Farmacia.

Une trentaine d'espèces et 10 tonnes d'algues sont exploitées, chaque année, dans l'archipel. Les plus utilisées sont les *Fucus*, les *Himanthales*, *Palmaria* ou encore *Ulva lactuca*, des algues appartenant aux trois grandes familles : brunes, rouges et vertes. Actuellement, les laboratoires d'Océalys analysent une dizaine d'espèces d'algues bretonnes qui se retrouveront peut-être un jour, sous forme d'extraits, dans les crèmes et lotions des boutiques du monde entier. ■ V.D.-G.H.



Les fonds plats autour de Molène sont tapissés de champs d'algues, dont ces himanthales.

Contacts → Fabienne Bresdin, Albert Allenbach'h, tél. 02 98 05 25 36, mail.ocealys@ocealys.fr



Paul Héry,
directeur des marchés
des grandes cultures
de Goëmar.



Jean-Claude Yvin,
directeur de la
recherche et
du développement
de Goëmar.

Des algues au secours du blé

Goëmar exploite les ressources des algues et les décline en produits innovants. Le petit dernier des laboratoires malouins, nommé Iodus 40, a vu le jour au printemps 2003. Sous ce nom iodé se cache un vaccin inédit pour les plantes.

→ Son nom de code était GL32. Sciences Ouest l'avait présenté il y a deux ans⁽¹⁾. Le premier stimulant d'immunité végétale est en vente depuis le printemps 2003, il s'appelle désormais Iodus 40. Après une dizaine d'années de collaboration avec la recherche publique, le passage des nombreuses épreuves de toxicologie, les 250 essais au champ et l'attente de l'homologation, les laboratoires Goëmar, à Saint-Malo, ont annoncé la mise sur le marché de ce vaccin pour les plantes. Le principe actif est extrait de *Laminaria digitata*, une algue brune alimentaire, répandue dans le Finistère et dans les eaux européennes nordiques. "Les plantes ont un système immunitaire non spécifique", explique Paul Héry, le directeur des marchés des

grandes cultures de Goëmar. Elles réagissent de la même façon, quel que soit le type d'agresseur. La laminarine, le principe actif de Iodus 40, est un analogue structural d'une substance contenue dans la paroi des champignons nocifs pour les plantes. C'est un leurre pour la plante qui croit reconnaître une attaque microbienne et mobilise alors ses défenses naturelles." Cette réaction, analogue à une vaccination, prépare la plante aux attaques ultérieures.

Une agriculture raisonnée

Le blé tendre est le premier concerné par l'homologation obtenue en octobre 2002. Iodus 40 stimule ses défenses contre les maladies fongiques. Il renforce la

lutte contre le piétin verse, limite l'oïdium et il protège le blé contre la septoriose⁽²⁾ pendant 40 jours. Il doit ensuite être relayé avec un fongicide de synthèse classique. Cette utilisation mixte réduit l'emploi de produits chimiques, sans augmenter les coûts, d'où une cohérence avec une agriculture raisonnée. L'efficacité économique est allée à un impact négatif minimum pour l'environnement. "Le Iodus 40 vise pour l'instant l'agriculture conventionnelle, qui représente le marché le plus important", précise Paul Héry. Mais il pourrait se développer ultérieurement pour l'agriculture biologique." Et les applications de Iodus 40 ne s'arrêtent pas là. L'homologation est déjà en cours d'extension pour l'orge, le blé dur et le tritical, les autorisations de mise sur le marché seraient pour 2005. D'autres pays européens comme le Royaume-Uni, l'Allemagne ou le Benelux devraient voir débarquer le Iodus 40 dans leurs champs dès 2004-2005. Devant le spectre très large d'intervention de ce vaccin naturel, les recherches ont déjà été lancées pour l'appliquer aux domaines viticole et arboricole.

Huiles essentielles et aromathérapie

Les algues sont une source inépuisable d'applications. Les laboratoires Goëmar l'ont bien compris, en témoignent les 17 brevets déposés sur les algues en seulement 10 ans. Ainsi l'Optéine, à base de crème d'algues brunes nommées *Ascophyllum nodosum*, stimule la



nutrition azotée et optimise la croissance des plantes. "La cosmétique est un domaine très demandeur, ajoute Jean-Claude Yvin, le directeur de la recherche et du développement, les produits minceurs, les huiles essentielles et l'aromathérapie, tous issus des algues, connaissent un franc succès depuis leur lancement sur le marché." Il annonce même, à demi-mot, une nouvelle voie de recherche pharmaceutique. Les principes actifs des algues pourraient être utilisés dans les domaines des muqueuses et de l'ophtalmologie, pour leur rôle anti-inflammatoire et stimulant des défenses immunitaires. Une innovation pour la santé humaine à suivre de près. ■ V.T.

⁽¹⁾ Sciences Ouest n° 178, juin 2001. ⁽²⁾ Principales maladies fongiques du blé : le piétin verse (perce le pied de la plante ce qui entraîne la rupture de la tige), l'oïdium (couvre le blé de tâches blanches), la septoriose (forme des tâches sur les feuilles pouvant entraîner une destruction foliaire totale).



La plate-forme d'essais de Iodus 40.

Microalgues toxiques : l'Ifremer aux aguets

Les coquillages des côtes bretonnes sont parfois touchés par des algues microscopiques toxiques. Leur consommation est alors interdite. Catherine Belin, de l'Ifremer de Nantes, coordonne le réseau de surveillance français.

→ En mai dernier, les coquillages de l'estran de la mer d'Iroise et de la rivière de l'Aven étaient interdits au ramassage, en raison de la présence d'une microalgue toxique. "Dinophysis touche chaque année les côtes ouest et sud de la Bretagne, explique Catherine Belin, coordinatrice du réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines (Rephy). Le Rephy observe les microalgues et surveille les coquillages dans leur milieu naturel, depuis 1984. Sa création fait suite aux 3 000 cas d'intoxications diarrhéiques, dues à la consommation de coquillages toxiques, en Bretagne Sud



en 1983." Le réseau national, géré par l'Ifremer, est constitué de 12 laboratoires de surveillance⁽¹⁾ sur le littoral français. Il observe et surveille l'ensemble des popula-

tions de phytoplanctons, toxiques ou non. La base de données ainsi constituée est unique en Europe.

LES DANGERS POUR L'HOMME

Parmi les espèces constituant le phytoplancton marin, seules quelques-unes produisent des toxines. Les coquillages de consommation courante se nourrissent de phytoplancton : ils concentrent les toxines dans leurs tissus, d'où un danger pour l'homme. En France, les trois algues principalement toxiques pour le consommateur de coquillages sont : *Dinophysis*, qui produit des toxines diarrhéiques, *Alexandrium*, aux effets paralysants et *Pseudo-nitzschia* aux effets amnésiants. Le Rephy observe ces microalgues toxiques et analyse les coquillages, en collaboration avec les laboratoires vétérinaires et le laboratoire national de référence des biotoxines de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa). ■

"Depuis 20 ans, nous constatons une explosion des cas de phytoplanctons toxiques dans le monde, ajoute-t-elle. Mais il reste difficile de comparer les données, car il y avait alors moins de mesures. Aujourd'hui encore, de nombreux pays n'ont

aucun réseau de surveillance." Depuis un an, l'action du Rephy s'est développée pour un maximum de sécurité. Les tests sur souris sont plus sévères, les huîtres sont soumises aux tests diarrhéiques, depuis l'apparition de cas douteux dans d'autres pays. La coquille Saint-Jacques est également surveillée pour toutes les toxines. "Il est difficile de savoir comment cela va évoluer pour les années à venir, car les cas ne diminuent pas sur les côtes de nos voisins européens", conclut Catherine Belin. Le Rephy reste en éveil. ■ V.T.

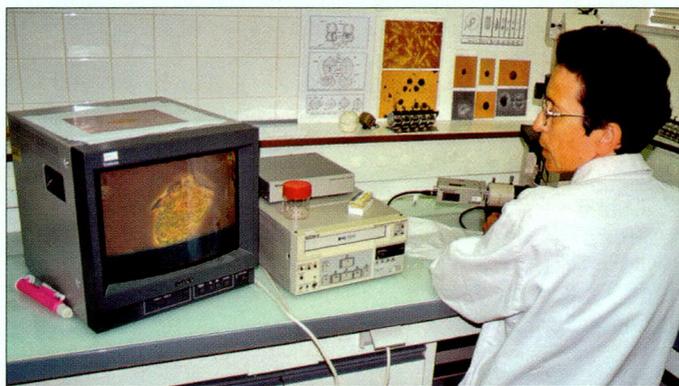
⁽¹⁾ Chaque laboratoire a sa portion de côte à surveiller. Saint-Malo surveille, par exemple, la Bretagne Nord, et Concarneau le Finistère (lire ci-dessous).

Contact → Catherine Belin,
Ifremer Nantes, tél. 02 40 37 41 10,
Catherine.Belin@ifremer.fr

La surveillance depuis Concarneau

À l'Ifremer de Concarneau, la traque aux algues toxiques redouble pendant l'été. La lumière, la chaleur et parfois l'eutrophisation⁽¹⁾ du milieu favorise leur développement.

→ La station Ifremer de Concarneau travaille à la détection du phytoplancton toxique dans les eaux finistériennes, tout au long de l'année. Dès l'arrivée de la belle saison, lorsque la température et l'intensité lumineuse augmentent, les risques de bloom⁽²⁾ sont présents : les périodes de prolifération de ces microalgues correspondent ainsi à la saison touristique. La prolifération du phytoplancton est parfois telle que l'eau présente des tâches colorées à sa surface (phénomène des



L'étude préalable des échantillons d'eau permet de déterminer les sites où il est nécessaire d'analyser les mollusques.

"eaux rouges", par exemple). Et si ces algues sont dangereuses pour l'homme, elles peuvent également l'être pour l'environnement. "Quand un site présente de manière prolongée une très forte concentration de micro-

algues, explique Guy Piclet, directeur de la station de Concarneau, cela peut avoir des répercussions sur les coquillages présents, qui ne peuvent pas se déplacer et qui se retrouvent dans un environnement pauvre en oxygène. On a même vu des poissons plats remonter à la surface pour tenter de trouver de l'oxygène !"

Afin d'analyser les eaux finistériennes, des prélèvements d'eau sont effectués toutes les semaines sur plus d'une soixantaine de sites. Si l'analyse de ces échantillons d'eau révèle la présence d'une algue toxique, un prélèvement de coquillages est effectué. Les tests sont alors effectués sur des souris ou par voie chimique (chromatographie - HPLC). Un avis est émis par la sta-

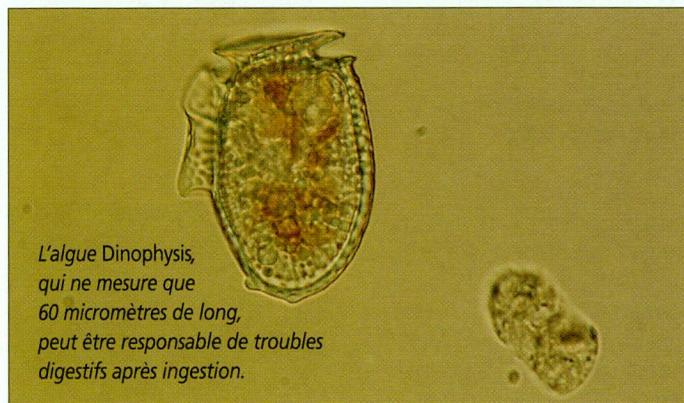


l'Ifremer effectue des prélèvements d'échantillons d'eau pour détecter la présence de Dinophysis.

tion auprès de la préfecture, qui peut prendre la décision d'interdire, ou d'autoriser à nouveau, la collecte et la vente des coquillages, en se basant sur des normes européennes. L'enjeu est de taille pour les producteurs : leur activité peut être inhibée pendant plusieurs semaines durant la saison touristique. Mais comme le remarque Guy Piclet : "Ils comprennent volontiers la situation et préfèrent arrêter temporairement leur activité, plutôt que de risquer un accident qui ferait une mauvaise presse à toute la filière." La saison sera donc sous haute surveillance, les scientifiques veillant sur nos petits plaisirs gastronomiques estivaux ! ■ V.D.

⁽¹⁾ L'eutrophisation correspond à un enrichissement du milieu en sels nutritifs. ⁽²⁾ Le bloom est une prolifération rapide des algues, due à des conditions environnementales très favorables.

Contact → Guy Piclet,
Station Ifremer Concarneau,
tél. 02 98 97 43 38.



L'algue *Dinophysis*, qui ne mesure que 60 micromètres de long, peut être responsable de troubles digestifs après ingestion.



Paul Héry,
directeur des marchés
des grandes cultures
de Goëmar.



Jean-Claude Yvin,
directeur de la
recherche et
du développement
de Goëmar.

Des algues au secours du blé

Goëmar exploite les ressources des algues et les décline en produits innovants. Le petit dernier des laboratoires malouins, nommé Iodus 40, a vu le jour au printemps 2003. Sous ce nom iodé se cache un vaccin inédit pour les plantes.

→ Son nom de code était GL32. Sciences Ouest l'avait présenté il y a deux ans⁽¹⁾. Le premier stimulant d'immunité végétale est en vente depuis le printemps 2003, il s'appelle désormais Iodus 40. Après une dizaine d'années de collaboration avec la recherche publique, le passage des nombreuses épreuves de toxicologie, les 250 essais au champ et l'attente de l'homologation, les laboratoires Goëmar, à Saint-Malo, ont annoncé la mise sur le marché de ce vaccin pour les plantes. Le principe actif est extrait de *Laminaria digitata*, une algue brune alimentaire, répandue dans le Finistère et dans les eaux européennes nordiques. "Les plantes ont un système immunitaire non spécifique", explique Paul Héry, le directeur des marchés des

grandes cultures de Goëmar. Elles réagissent de la même façon, quel que soit le type d'agresseur. La laminaire, le principe actif de Iodus 40, est un analogue structural d'une substance contenue dans la paroi des champignons nocifs pour les plantes. C'est un leurre pour la plante qui croit reconnaître une attaque microbienne et mobilise alors ses défenses naturelles." Cette réaction, analogue à une vaccination, prépare la plante aux attaques ultérieures.

Une agriculture raisonnée

Le blé tendre est le premier concerné par l'homologation obtenue en octobre 2002. Iodus 40 stimule ses défenses contre les maladies fongiques. Il renforce la

lutte contre le piétin verse, limite l'oïdium et il protège le blé contre la septoriose⁽²⁾ pendant 40 jours. Il doit ensuite être relayé avec un fongicide de synthèse classique. Cette utilisation mixte réduit l'emploi de produits chimiques, sans augmenter les coûts, d'où une cohérence avec une agriculture raisonnée. L'efficacité économique est alliée à un impact négatif minimum pour l'environnement. "Le Iodus 40 vise pour l'instant l'agriculture conventionnelle, qui représente le marché le plus important, précise Paul Héry. Mais il pourrait se développer ultérieurement pour l'agriculture biologique." Et les applications de Iodus 40 ne s'arrêtent pas là. L'homologation est déjà en cours d'extension pour l'orge, le blé dur et le tritical, les autorisations de mise sur le marché seraient pour 2005. D'autres pays européens comme le Royaume-Uni, l'Allemagne ou le Benelux devraient voir débarquer le Iodus 40 dans leurs champs dès 2004-2005. Devant le spectre très large d'intervention de ce vaccin naturel, les recherches ont déjà été lancées pour l'appliquer aux domaines viticole et arboricole.

Huiles essentielles et aromathérapie

Les algues sont une source inépuisable d'applications. Les laboratoires Goëmar l'ont bien compris, en témoignent les 17 brevets déposés sur les algues en seulement 10 ans. Ainsi l'Optéine, à base de crème d'algues brunes nommées *Ascophyllum nodosum*, stimule la



nutrition azotée et optimise la croissance des plantes. "La cosmétique est un domaine très demandeur, ajoute Jean-Claude Yvin, le directeur de la recherche et du développement, les produits minceurs, les huiles essentielles et l'aromathérapie, tous issus des algues, connaissent un franc succès depuis leur lancement sur le marché." Il annonce même, à demi-mot, une nouvelle voie de recherche pharmaceutique. Les principes actifs des algues pourraient être utilisés dans les domaines des muqueuses et de l'ophtalmologie, pour leur rôle anti-inflammatoire et stimulant des défenses immunitaires. Une innovation pour la santé humaine à suivre de près. ■ V.T.

⁽¹⁾ Sciences Ouest n° 178, juin 2001. ⁽²⁾ Principales maladies fongiques du blé : le piétin verse (perce le pied de la plante ce qui entraîne la rupture de la tige), l'oïdium (couvre le blé de tâches blanches), la septoriose (forme des tâches sur les feuilles pouvant entraîner une destruction foliaire totale).



La plate-forme d'essais de Iodus 40.

Contacts → Paul Héry et
Jean-Claude Yvin, Goëmar,
tél. 02 99 21 53 70,
phery@goemar.com,
jcyvin@goemar.com
Site Web : www.goemar.com



Hippolyte-Marie Crouan



Pierre-Louis Crouan

Le trésor de deux algologues du XIX^e

Au XIX^e siècle, deux frères brestois ont réalisé un magnifique herbier de 20 000 échantillons. Ce trésor est conservé à la station de biologie marine de Concarneau.

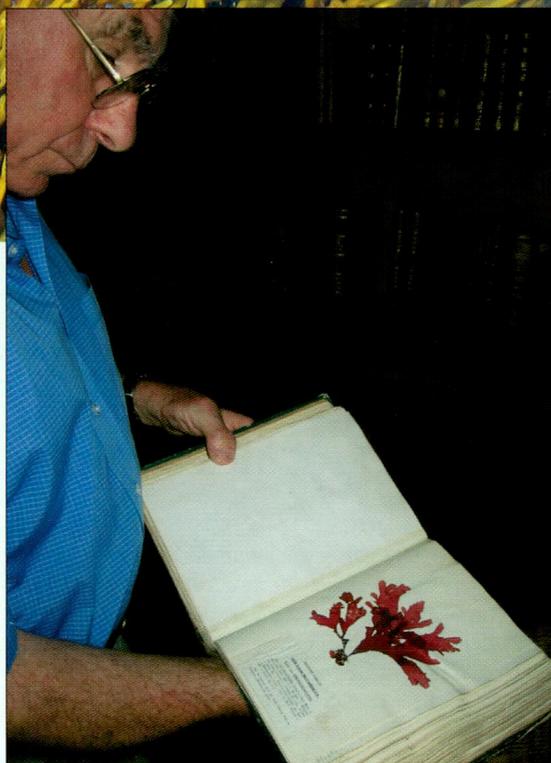
→ Meubles en bois, parquet ciré, tiroirs abritant de précieux échantillons : une pièce entière du marinarium de Concarneau, avec vue sur mer, est réservée aux herbiers. Yves Legal, sous-directeur au collège de France et directeur de la station biologique, raconte : *«L'histoire des frères Crouan est à la fois formidable et banale. De retour au pays natal après leurs études, Pierre-Louis et Hippolyte-Marie Crouan se sont installés comme pharmaciens à Brest, en 1829. Cette histoire est «banale» car à l'époque, quantité de gens herborigent, publient dans les «revues» scientifiques, échangent des échantillons avec leurs collègues.»* Les frères Crouan étaient en relation avec tous les meilleurs spécialistes⁽¹⁾ des algues, et publiaient dans Les Annales des sciences naturelles. Outre leurs collections de plantes terrestres et de champignons, toujours conservées à Concarneau, ils se sont passionnés pour les plantes marines ou d'eau douce. L'une d'elles porte même leur nom : *Crouania*.

En 1852, ils éditent cinquante exemplaires de "L'herbier des algues du Finistère", un travail considérable qui leur a pris 30 ans et la préparation très soignée de plus de 20 000 échantillons ! En 1867, couronnement de leur carrière, ils publient la première étude

complète sur la flore du département : "Florule du Finistère", qui est restée longtemps un modèle de flore locale. En 1871, à quelques mois d'intervalle, Hippolyte puis Pierre disparaissent. Ils laissent notamment à la postérité vingt-deux études sur les cryptogames. L'ensemble de l'herbier est alors confié à la bibliothèque de Quimper, qui va la remettre, quelques années plus tard, au laboratoire du collège de France de Concarneau, mieux à même de conserver et d'exploiter ce fonds exceptionnel.

Une palette de molécules

L'œuvre n'a rien perdu de son intérêt puisque, aujourd'hui encore, de nombreux chercheurs du monde entier viennent consulter la collection. *«Nous avons chaque année une dizaine de demandes de prêt ou de consultation, poursuit Yves Legal Mais hélas, il n'y a pas aujourd'hui d'amateur éclairé qui passerait 30 ou 40 ans de sa vie à reprendre ce travail ! Cela permettrait de déterminer nombre d'évolutions environnementales. Quant aux scientifiques, ce travail, ils ne le font pas. Prenez l'exemple de la pharmacologie, depuis cinq ans environ, tous les laboratoires se demandent s'il est utile de chercher de nouveaux médicaments, alors que nous disposons d'une palette suffisamment large de molécules pour répondre à la quasi-totalité des*



Le professeur Yves Legal présente une page de l'herbier Crouan.

JEAN-FRANÇOIS COLLIOT

demandes ! Peut-être faut-il parfois mélanger d'anciennes molécules pour accentuer ou renforcer tel ou tel effet, mais pas la peine de dépenser des millions pour en chercher de nouvelles.»

Pourtant, Yves Legal le rappelle : *«La biodiversité marine est dix fois supérieure à la biodiversité terrestre ! Sur terre, le végétal ne connaît qu'une «famille» : le vert chlorophyllien. Dans la mer, il y a trois règnes : le vert, le brun et le rouge (sans parler des algues bleues). Or, il y a plus de différences entre les algues vertes et les algues rouges, qu'entre les plantes terrestres et le règne animal ! Qui sait, par exemple, que 99 % des champignons sont... marins !»*

Faute de chercheurs et faute d'amateurs, quid des herbiers ? Un peu de tristesse passe dans les yeux d'Yves Legal qui hausse, fataliste,

les épaules. *«C'est et cela restera un patrimoine historique formidable. C'est aussi un outil de référence indispensable. Mais aujourd'hui, on demande à un chercheur de publier, publier, publier... Cela ne lui laisse pas beaucoup de temps pour collecter, herboriger, identifier, classer...»* À côté de l'herbier des frères Crouan, qui vient de regagner ses rayonnages, dorment d'autres herbiers. Ceux de plusieurs grands botanistes comme Théophile Bonnemaïson, le colonel du Dresnay ou Jean-Marie Bachelot. Qui n'attendent que d'être réveillés, eux aussi, par la main d'un curieux ou d'un chercheur. ■ **J.F.C.**

⁽¹⁾ À l'époque, on disait les thalassiphytes.

Contact → Yves Legal,
tél. 02 98 97 06 59, ylegal@mnhn.fr
Site Web de la station biologique
de Concarneau : www.mnhn.fr

Pour en savoir plus

À lire sur Internet

■ Les algues

sur le site Bretagne environnement

La récolte des algues, les marées vertes et le phytoplancton toxique font l'objet d'une douzaine d'articles sur le site Web de Bretagne environnement. De nombreux livres, sites, revues et études sont référencés. Une source d'information à l'échelle régionale, qui complète le dossier de *Sciences Ouest*.

→ www.bretagne-environnement.org

■ L'aquaculture sur le site de l'Ifremer

Le centre Ifremer de Brest résume, sur son site, les données de la semaine annuelle d'information sur "l'aquaculture et l'environnement", en 2002. Les productions d'algues, par pays ou par espèce, et les différents modes de culture des algues sont présentés sous forme de schémas et graphiques. Une mine d'informations pour les enseignants et les étudiants.

→ www.ifremer.fr/aquaculture/algues



■ L'environnement littoral

sur le site de l'Ifremer

Une partie du site de l'Ifremer est consacrée à l'environnement littoral : pour découvrir le rôle du Rephy, les zones touchées par le phytoplancton toxique et les toxines concernées - avec des cartes, des tableaux de résultats et des photographies à l'appui. Région par région, point par point, des zooms permettent d'observer les différents paramètres de surveillance. À noter, un dossier de synthèse interactif de dix années de résultats sur les algues toxiques.

→ www.ifremer.fr/envlit

■ Les marées vertes

sur le site de l'Ifremer

Un dossier complet sur le problème des marées vertes en Bretagne est à lire sur le site du département d'écologie côtière de l'Ifremer : l'explication du phénomène, les remèdes actuels, l'action de l'Ifremer, la localisation des marées vertes et les perspectives.

→ www.ifremer.fr/delec/bb/marees.htm

■ Les algues vertes en débat

L'association Halte aux marées vertes, en baie de Saint-Brieuc, a organisé un débat le 13 juin sur ce thème. Le compte-rendu des discussions, auxquelles participaient notamment des représentants du Conseil général, du Ceva, de l'Agence de l'eau, d'Eau et rivières de Bretagne et des agriculteurs, est en ligne sur le site de l'association.

→ <http://perso.wanadoo.fr/alguesvertes>

À visiter dans les Côtes-d'Armor

■ La maison des algues

Au sein du Ceva, un espace muséographique de 200 m² présente les intérêts écologiques et économiques de l'algue. Comment une algue produit-elle de l'oxygène ? Des démonstrations, avec des algues fraîches à l'appui, permettent de le découvrir. Comment le carraghénane, cette poudre extraite de *Chondrus crispus*, permet-il de gélifier du lait pour une crème dessert ? La valorisation de l'algue, hier et aujourd'hui, est expliquée à travers des manipulations et des documentaires. Goûter des boissons aux algues est également possible.

→ **Pratique** : La maison de l'algue, Ceva, presqu'île de Pen-Lan, 22610 Pleubian. Tél. 02 96 22 84 38, e-mail : nicolas.blouet@ceva.fr



Nicolas Blouet, l'animateur scientifique de la maison des algues, au Ceva, présente une *Laminaria caccharina*, tout juste récoltée près du sillon de Talbert. Il y a 3 000 ans, cette algue était déjà utilisée en Asie, dans l'alimentaire : résistante au feu, elle permet de cuire du poisson en papillote, sur la braise.

À visiter dans le Finistère

■ L'écomusée des goémoniers

À Plouguerneau (29), l'écomusée des goémoniers retrace l'évolution des métiers liés aux algues, depuis le XIX^e siècle. Découvrir les anciens outils ou voir des documentaires sur la fabrication de l'iode à partir des laminaires, jusqu'aux années 50, et sur la récolte des algues aujourd'hui, sont quelques-unes des activités proposées. Mais la richesse de l'écomusée se trouve dehors, en plein vent. Des animations sont organisées sur un sentier littoral pédagogique : les fours sont réactivés et d'anciens goémoniers refont le brûlage à l'ancienne, au milieu d'anciens lieux de séchage - près d'un vieux gréement qui déchargeait la précieuse cargaison. Des stages sont proposés pour reconnaître les algues alimentaires et apprendre à les cuisiner, avec le spécialiste Pierrick Le Roux (www.cuisineauxalgues.com). Le plus grand rendez-vous de l'été aura lieu le dimanche 17 août, avec la 20^e fête des goémoniers. Au programme, la reconstitution du travail des algues, de la coupe à la soude, des stands de produits cosmétiques ou alimentaires, à base d'algues, des conférences, des expositions et un ballet de vieux gréements.



→ **Dates à retenir** : Sentier pédagogique. Mercredi 16 juillet, à 15 h. Mercredi 6 août, à 15 h. Samedi 6 septembre, à 15 h. **Stage de cuisine aux algues**. Mardi 15 juillet à 13 h. Dimanche 31 août, à 14 h 30. Dimanche 28 septembre, à 13 h 30. **La 20^e fête des goémoniers**. Dimanche 17 août, à partir de 14 h. → **Pratique** : Écomusée des goémoniers et de l'algue, route Saint-Michel, 29880 Plouguerneau. Tél. 02 98 37 13 35, e-mail : bezhin@club-internet.fr

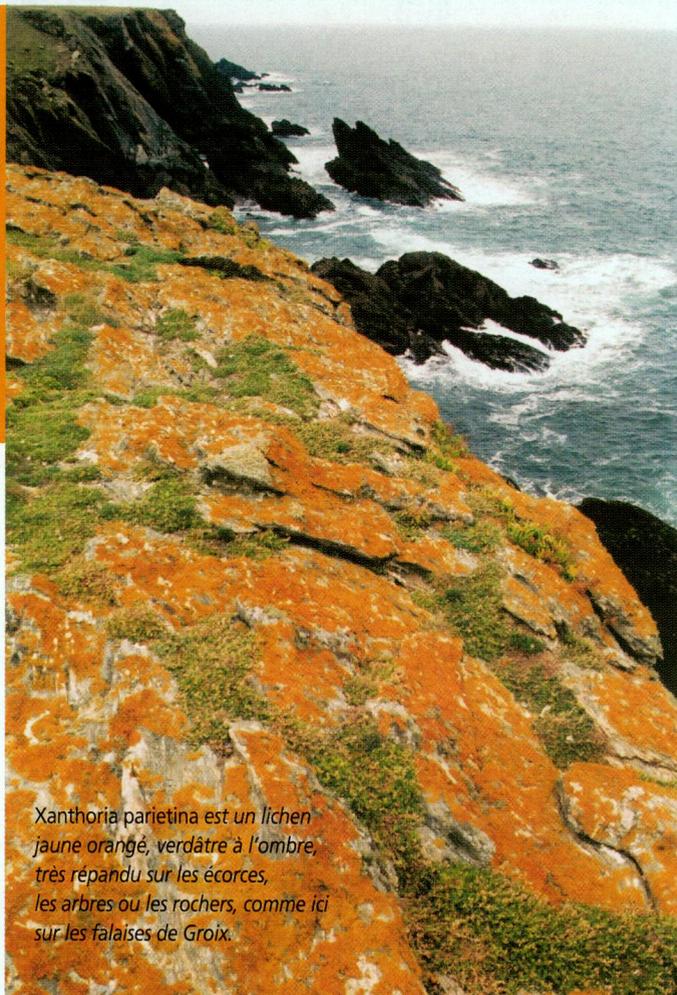
Une histoire d'amour entre une algue et un champignon

Le lichen

Les algues apparaissent au tout début de l'écllosion de la vie, bien avant les dinosaures. Certaines d'entre elles réalisent une union particulière avec des champignons, chacun apportant son "savoir-faire", pour former un seul organisme : un lichen.

→ Les lichens sont le résultat de l'union intime d'algues microscopiques et de champignons. Cette symbiose est si étroite qu'ils sont considérés comme un seul et même organisme, dont la longévité peut atteindre 1 000 ans ! Bien sûr, toute rencontre d'une algue et d'un champignon ne conduit pas à la formation d'un lichen. Et il a fallu des centaines de millions d'années, ainsi que des conditions particulières, pour que ces plantes voient le jour.

Plus de 20 000 espèces de lichens sont aujourd'hui répertoriées. Répandus sur toute la terre, les lichens forment la dernière végétation présente en altitude et près des pôles. Ils colonisent la terre, les écorces et les feuilles des arbres, les rochers ou les vieux murs. De façon générale, ils préfèrent les bords de mer, les pays à climat humide, les montagnes des pays tropicaux ou les zones d'altitude moyenne, dans les pays tempérés. L'air pur leur est indispensable et leur disparition peut être le signe de la présence de polluants : les lichens constituent ainsi des bio-indicateurs de pollution.



Xanthoria parietina est un lichen jaune orangé, verdâtre à l'ombre, très répandu sur les écorces, les arbres ou les rochers, comme ici sur les falaises de Groix.

Croûte ou filament, vert de gris ou orange

Les lichens se présentent sous quatre aspects, celui d'une croûte, celui de grappes ressemblant à de petits cailloux, celui d'une feuille de salade aplatie, au contour irrégulier, et celui de petits filaments accrochés aux branches d'un arbre. De couleurs souvent ternes (vert de gris, gris, brun pâle), les lichens peuvent aussi présenter des couleurs

assez vives, principalement jaune, orange ou rouge.

Comme les algues, plusieurs espèces de lichens sont comestibles. Dans le Grand Nord, les lichens constituent la nourriture principale des rennes en hiver. Certains lichens peuvent fournir un appoint à l'alimentation humaine. Le "lichen d'Islande" sert pour la fabrication d'une pommade émoulliente. D'autres lichens, aux propriétés antibiotiques, sont présents dans la pharmacopée de

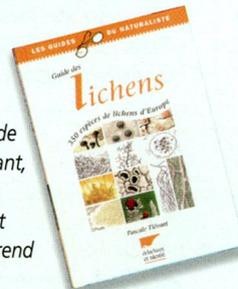
UNE SYMBIOSE RÉUSSIE

Capable de photosynthèse, l'algue fabrique sa nourriture carbonée et souvent azotée, ainsi que celle de son "compagnon". Le champignon, lui, l'abreuve en eau et sels minéraux. Cette union ne se limite pas à l'aspect alimentaire : trop de soleil pourrait brûler l'algue, aussi le champignon lui sert-il de "parasol". ■

plusieurs pays. La "mousse de chêne" est toujours utilisée en parfumerie - mais on est loin d'avoir exploré toutes les possibilités.

En Bretagne, regardez-les autour de nous, les lichens sont partout ! On les découvre dans les éboulis chaotiques de Huelgoat, sur les roches de Ploumanac'h, depuis le calvaire de Plougastel-Daoulas jusqu'au sommet de la cathédrale de Tréguier, accrochés au château de Fougères et colonisant les menhirs de Camac ! ■

Le guide des lichens, de Pascale Tiévant, aux éditions Delachaux et Niestlé, apprend à identifier 350 espèces de lichens en Europe.



→ Réalisé en collaboration avec Jean-Pierre Michaut, directeur du Centre de vulgarisation de la connaissance (Université Paris-Sud), <http://www.cvc.u-psud.fr/cvc>

Formations

SUPÉLEC



- Du 8 au 12 septembre, Rennes/Test et testabilité des circuits intégrés logiques
- Du 7 au 9 octobre, Gif-sur-Yvette/Métalangage XML
- Du 14 au 15 octobre, Gif-sur-Yvette/Architecture Corba
- Du 21 au 24 octobre, Gif-sur-Yvette/Interfaces homme-machine : ergonomie et utilisabilité

→Rens. : Catherine Pilet, tél. 02 99 84 45 00.

ARCHIMEX



- Du 9 au 11 septembre, Paris/ Distillation : maîtrise et optimisation des procédés
- Du 22 au 26 septembre, Vannes/Semaine de l'extraction et des produits naturels : efficacité et sécurité des actifs et des additifs
- Du 23 au 25 septembre, Nantes/Plans expérimentaux

→Rens. : Archimex, service formation, tél. 02 97 47 97 35, formation@archimex.com, www.archimex.com

IRPA



- Du 16 au 18 septembre, Larmor-Plage/Milieus naturels, espaces naturels, plans de gestion

→Rens. : Irpa, tél. 02 99 79 39 31, contact@irpa-bretagne.org, www.irpa-bretagne.org

ADRIA



- Les 17 et 18 septembre, Rennes/Audit sécurité alimentaire et auto-évaluation
- Les 24 et 25 septembre, Rennes/Les pathogènes : salmonelle, E. coli
- Du 24 au 26 septembre, Quimper/Étuvage, fumage, cuisson des produits à base de viande
- 25 septembre, Paris/Maîtrise et prévention du risque allergique
- Les 30 septembre et 1^{er} octobre, Quimper/Émulsions et mousses
- Les 30 septembre et 1^{er} octobre, Rennes/Emballages et sécurité alimentaire
- Les 30 septembre et 1^{er} octobre, Paris/Les contaminants physico-chimiques

→Rens. : Sébastien Lecouriaut, tél. 02 98 10 18 50, sebastien.lecouriaut@adria.tm.fr

CENTRE RÉGIONAL D'INITIATION À LA RIVIÈRE

- Du 1^{er} au 3 octobre, Belle-Isle-en-Terre/Négociation, concertation et médiation environnementale : des qualités à cultiver
- Du 13 au 15 octobre, Belle-Isle-en-Terre/Le développement durable : de la réflexion aux actions
- Du 13 au 16 octobre, Belle-Isle-en-Terre/La gestion des zones humides de fond de vallée

→Rens. : Eau et rivières de Bretagne, tél. 02 96 43 08 39, erb.crir@wanadoo.fr

Appel à projet

● 3^e appel à projets pour les nouveaux services haut débit



La Bretagne et les Pays de la Loire lancent un appel à projets pour la création d'applications et de services à haut débit. Le but est d'encourager les initiatives pour répondre aux besoins des entreprises et des communautés d'intérêt général qui utilisent les réseaux Mégalis. Les dossiers de candidature sont à renvoyer avant le 15 septembre, pour la seconde session.

→Rens. : Conseil régional des Pays de la Loire, Séverine Hamon, tél. 02 40 41 40 62, severine.hamon@paysdelaloire.fr ; Conseil régional de Bretagne, Olivier Peraldi, tél. 02 99 27 13 56, o.peraldi@region-bretagne.fr

Sortie

● 7 septembre/L'abeille, la ruche et le miel

Rennes - L'Écomusée du pays de Rennes présente l'abeille et les produits de la ruche. Au programme : récolte du miel, ruche d'observation, matériel apicole. L'insecticide Gaucho, dont la nocivité pour les abeilles est controversée, fera l'objet d'un débat.

→Rens. : Écomusée de Rennes, tél. 02 99 51 38 15, ecomusee.rennes@agglo-rennesmetropole.fr



FORMATION CONTINUE IUT de Saint BRIEUC



UNIVERSITÉ DE RENNES 1

DES FORMATIONS POUR PROGRESSER DANS SON MÉTIER...



Diplômes nationaux

licence professionnelle de commerce
lancement de produits agroalimentaires

licence professionnelle plastiques et composites
conception - production - qualité

Stages courts qualifiants

département techniques de commercialisation

marketing management
négociation
vente conseil
export
anglais
droit
communication
audiovisuel
gestion de projet
PNL
recrutement
...

département génie biologique

biologie moléculaire et génie génétique

bases fondamentales de la biologie moléculaire
la PCR et ses applications
le génie génétique et la production de protéines recombinantes

INFORMATIONS - CONTACT :

Service Formation Continue - Université de Rennes 1
4, rue Kléber 35000 RENNES
Tél. 02 23 23 39 50 - Fax 02 99 63 30 33
<http://sfc.univ-rennes1.fr>

Conférences

● Les 11 et 25 septembre/Écomusée du pays de Rennes



Rennes - L'Écomusée du pays de Rennes organise deux conférences sur le thème de la construction en terre. Les sujets abordés sont "Apprendre à lire une maison en terre" et "Bauge et pan de bois autour de Rennes".

→Rens. : Écomusée de Rennes, tél. 02 99 51 38 15, ecomusee.rennes@agglo-rennesmetropole.fr



● 19 septembre/Club réglementaire de l'Adria
Quimper - Cette journée est consacrée à la "maîtrise des dangers physiques et allergènes". Réservée aux adhérents.

→Rens. : Dominique Thuault, tél. 02 98 10 18 80, www.clubiaa.net

● 25 septembre/Les matinales de Rennes Atalante



Rennes - Les petits déjeuners débats de Rennes Atalante font le point à la rentrée sur les enjeux et les applications des nanotechnologies.

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

Colloques

● Du 22 au 25 septembre/ Les premiers peuplements en Europe

Rennes - Le laboratoire d'anthropologie de l'Université de Rennes 1 organise, en collaboration avec le Muséum d'histoire naturelle de Paris, un colloque international sur les premiers peuplements en Europe. Sur le campus de Beaulieu.
→Rens. : Nathalie Molines, Université de Rennes 1, tél. 02 23 23 52 44, colloque-paleo2003.univ-rennes1.fr

● Du 23 au 26 septembre/ Qualité des œufs et ovoproduits - Qualité des viandes de volailles

Saint-Brieuc - Les 16^{es} et 10^{es} symposiums européens sur la qualité des œufs et ovoproduits et la qualité des viandes de volailles sont organisés par la WPSA, l'AFSSA, l'INRA, l'ITVI et l'ISPAIA.
→Rens. : Geneviève Clément, tél. 02 96 78 61 34, wpsa2003@zoopole.asso.fr, www.zoopole.com/ispaia/wpsa2003.htm

● Les 25 et 26 septembre/ 2^e édition des journées "Mer et Santé"

Plouzané - L'UBO et la Société française de médecine maritime organisent un colloque à l'Ifremer pour aborder les thèmes suivants : urgence en mer et télémédecine, télémédecine appliquée à la pêche, pollution maritime et santé humaine, histoire de la médecine maritime.
→Rens. : Isabelle Gourmelen, tél. 02 98 22 39 35, isabelle.gourmelen@chu-brest.fr, www.mersante.com

● Les 25 et 26 septembre/ Biotech Nantes 2003

Nantes - Le 7^e Carrefour européen des biotechnologies est un rendez-vous international majeur du secteur des biotechnologies. Il constitue un lieu de rencontres privilégié entre les différents acteurs du secteur : chercheurs, étudiants, entreprises, experts, investisseurs et pouvoirs publics.
→Rens. : Isabelle Rivaud, Atlanpole, tél. 02 40 25 27 20, rivaud@atlanpole.fr, www.biotech-nantes.com

● Du 29 septembre au 2 octobre/ 10^e congrès DRIP X

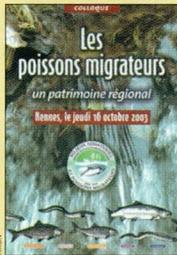
Batz-sur-Mer - Pour sa 10^e édition, le congrès international DRIP X propose aux ingénieurs et aux scientifiques, du milieu universitaire et industriel, d'échanger sur les différentes méthodes et techniques utilisées pour la reconnaissance et l'imagerie des défauts dans les matériaux semi-conducteurs.
→Rens. : Jean-Pierre Landesman, tél. 02 40 37 39 55, jean-pierre.landesman@cnrs-imn.fr, http://www.cnrs-imn.fr/dripx/

● Les 15 et 16 octobre/ 15^{es} Rencontres chimiques de l'Ouest

Rennes - Les risques technologiques et industriels, leur évaluation et leur prévention, sont le thème des 15^{es} RCO, à l'École nationale de chimie de Rennes. Un colloque organisé avec le soutien de la Cnam, de l'UIC Ouest-Atlantique et du Conseil régional de Bretagne.
→Rens. : Marie-Christine Tiffoche, tél. 02 23 23 80 05, www.rco.free.fr

● 16 octobre/ Colloque sur les poissons migrateurs

Rennes - Ouest Grands Migrateurs organise, à la salle du Triangle, un colloque sur le patrimoine régional des poissons migrateurs. Les thèmes

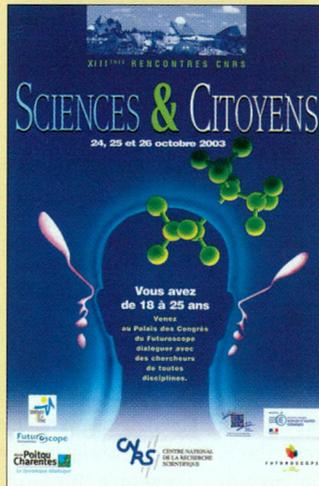


COON

principaux sont la gestion et les politiques mises en œuvre en Bretagne et l'état des deux espèces emblématiques bretonnes : l'anguille et le saumon.

→Rens. : Maryvonne Lahaie, tél. 02 23 42 44 10, communication.lahaie@wanadoo.fr

● Du 24 au 26 octobre/ 13^{es} Rencontres CNRS "Sciences et Citoyens"



SCS CNRS M. INVENTE LE FUTUROSCOPE

Poitiers - Le CNRS organise le 13^e rendez-vous annuel de réflexion et d'échanges d'idées sur la science et la société. 450 jeunes Européens de 18 à 25 ans et une centaine de chercheurs de toutes disciplines dialogueront sur les préoccupations contemporaines et le devenir de la planète, au palais des congrès du Futuroscope.

→Rens. : CNRS, délégation à l'information scientifique et technique, tél. 01 44 96 46 34, www.cnrs.fr (rubrique science pour tous).

Salons

● Les 14 et 15 septembre/ Salon des signes officiels de qualité et d'origine

Nantes - Squalim est le 1^{er} salon européen des produits agricoles et alimentaires, à signes officiels de qualité ou d'origine. Cet événement veut promouvoir la démarche de qualité et d'origine chez tous les acteurs de la filière. Le salon regroupera 200 exposants au parc des expositions de la Beaujoire.
→Rens. : Tél. 02 40 52 49 78, www.squalim.com



● Du 16 au 19 septembre/ Space

Rennes - Le Space, salon professionnel des productions animales en France, est le rendez-vous international des entreprises du secteur de l'élevage. Il rassemble tous les acteurs des filières avicole, porcine, bovine et ovine. Parc des expositions de Rennes-Aéroport.

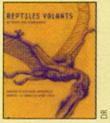
→Rens. : Tél. 02 23 48 28 80, info@space.fr, www.space.fr



Expositions

● Jusqu'au 24 août/ Reptiles volants au temps des dinosaures

Nantes - Les ptérosaures sont à l'honneur au Muséum d'histoire naturelle de Nantes.



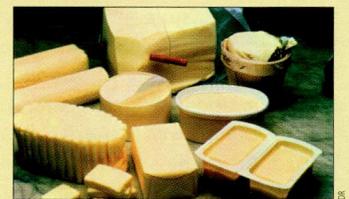
→Rens. : Muséum d'histoire naturelle, tél. 02 40 99 26 20, médiathèque Jacques Demy, tél. 02 40 41 95 95.

● Jusqu'au 15 septembre/ Embarquez pour l'Antarctique !

Lorient - Le CCSTI de Lorient fait découvrir le mode de vie de la faune des terres du grand Sud et particulièrement celui des manchots empereur. L'exposition se déroule à la gare maritime de Lorient. Entrée libre.

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

● Jusqu'au 28 septembre/ Terre de beurre



Saint-Brieuc - La nouvelle exposition des étudiants de la MST "Métiers de l'exposition" de l'Université de Rennes 1 présente la fabrication du beurre, les mythes et légendes s'y rattachant, ou encore les arts de la table. En collaboration avec Amann mad, le comité culturel des beurres salés de Bretagne.

→Rens. : Musée d'art et d'histoire de Saint-Brieuc, tél. 02 96 62 55 20.

● Du 23 au 25 octobre/ Cinquième édition du salon Itech'mer

Lorient - Pour sa cinquième édition, le salon professionnel Itech'mer donne rendez-vous aux opérateurs de la filière pêche et transformation des produits de la mer. Cet événement d'affaires bisannuel, temps fort de la vie professionnelle maritime, se déroulera dans le parc des expositions du pays de Lorient.
→Rens. : Tél. 02 97 83 80 88, contact@itechmer-lorient.com, www.expo-congres.com/itechmer



SCIENCES

Ouest

RESEARCH AND INNOVATION IN BRITTANY

ABSTRACTS FOR THE INTERNATIONAL ISSUE

FIGHTING CANCER P.4

JOINT CANCER RESEARCH CENTRE IN WESTERN FRANCE

The project for the creation of a Joint Cancer Research Centre in Western France was retained by the Ministry of Research on 8th July. It will involve 50 teams, a total of 445 researchers, from Brittany, Pays de la Loire, Centre and Poitou-Charentes. Among the eight regional projects selected further to the Government's call for projects, the one tabled by Western France was very favourably received. "The optimisation of marine products for use in cancer treatment, an area of research involving 21 research teams in Western France, was greatly appreciated by the experts on the selection board", explains Khaled Meflah, a researcher with Inserm in Nantes, who is responsible for the project. One area of research carried out in our regions concerns the targeting of tumours by means of antibodies or nanoparticles. "The aim of Joint Cancer Research Centres is to transfer the progress made in fundamental research laboratories to clinical research teams. By

pooling teams and giving Cancer Centres funding spread over several years to meet predefined objectives, the aim is to strengthen France's position vis-à-vis international competition." ■

SPOTLIGHT ON THE NEWS P.7

PLANTS CLEAN UP POLLUTED SOIL

Heavy metals, hydrocarbons or radioactive substances pollute the soil in former landfill sites, petrol stations or on the site of accidental spills. The soil must then be cleaned, using pumps or diggers. These techniques, however, are costly and may damage the appearance or structure of the site. Michel Branchard's team at the Biotechnology and Plant Physiology Laboratory within the *Université de Bretagne occidentale* in Brest, is expanding its research into phytoremediation. The principle consists of growing so-called "hyper-accumulating" plants which concentrate pollutants in their leaves and stems. When they are harvested, the soil is cleared of pollution. This less invasive method costs two or three times less than

mechanical methods. Joint projects are currently underway to define industrial applications. ■

CULINARY CHRONICLES P.8

COURT-BOUILLON - DON'T DROWN THE FISH!

When fish is cooked in water, its flesh may fall off the bones, making it less attractive visually. To understand this phenomenon, we have to take a look at the cell structure of fish. Its muscle fibres are sheathed in collagen. However, unlike meat, it has only very small quantities of collagen which is dissolved in the cooking process. This means that the flesh very quickly falls off the bones. To overcome this, the interior of the cells has to be hardened i.e. the internal proteins have to be coagulated, retaining the little collagen that supports them. In culinary language, this means that fish should be placed in a boiling court-bouillon but that the heat should then be turned off immediately and the fish left to simmer gently. That is the real way to "poach" food. ■

AN IN-DEPTH LOOK AT ALGAE IN BRITTANY - HARVESTING INNOVATIONS

ALGAE, A BRETON TALE P.9/18

The waters round Brittany hold more than 500 types of algae. At the tip of the continent, where hot and cold currents meet, there is an area of 1,000 km² unlike any other in Europe. Every year 70,000 tonnes of algae are harvested here. They are integrated into everyday objects, in particular cosmetics and food products, where they provide texture and flavour.

Research is expanding in Brittany in an effort to discover new molecules of interest that could be extracted from algae. Ceva is the largest algae research centre in Europe. Our In-Depth Look gives an update on its work which will have applications in the conservation of food and the design of

biodegradable plastics. As far as cosmetics are concerned, *Secma biotechnologies marines* has discovered that one of the algae has similar properties for the skin as the DHEA hormone. In agriculture, Goëmar's new algae-based product stimulates the natural defences of wheat. In medicine, microalgae are also of interest and Somaig is looking for molecules that can be used to fight cancer.

Certain algae, however, are damaging for the environment. Green algae (*Ulva armoricana* and *Ulva rotundata*) smother certain places along the Breton coast every summer. In 2002, more than 50,000 m³ of green algae were removed. To fight the invasion, its mechanism must be understood and this was another task set for Ceva. Other algae that pose a problem include toxic

microalgae on which shellfish feed. If the shellfish are then eaten, they may cause paralysis or amnesia. Ifremer is keeping its eyes open. ■

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



Volt(a)

de l'étincelle à la pile

Du 5 septembre 2003
au 21 février 2004

Espace des sciences
Centre Colombia
1^{er} étage
Rennes

VOLTA, DE L'ÉTINCELLE À LA PILE

● La prochaine exposition de l'Espace des sciences, du 5 septembre 2003 au 21 février 2004, sera un voyage dans l'histoire de l'électricité. Une collection exceptionnelle d'objets de physique du XVIII^e siècle sera présentée, dont la première pile inventée par Alessandro Volta. En 1800, le physicien italien imagine un empilement de rondelles de cuivre et de zinc, séparées par un papier imbibé d'eau salé. La réaction chimique d'oxydo-réduction crée un courant électrique continu : la révolution de l'électricité est en marche ! D'autres objets historiques feront revivre l'ambiance d'un siècle où le "feu" électrique suscite l'engouement populaire. Des démonstrations participatives, électrostatiques, expliqueront pourquoi les cheveux se dressent sur la tête ou comment naissent les étincelles. L'actuelle exposition "La fabrique du regard" se poursuit jusqu'au 26 juillet.

→ Renseignements : 02 99 35 28 28.

ESPACE DES SCIENCES

ministère
Jeunes
éducation
recherche

ministère délégué
recherche et nouvelles
technologies

FÊTE DE LA SCIENCE

du 13 au 19 octobre 2003

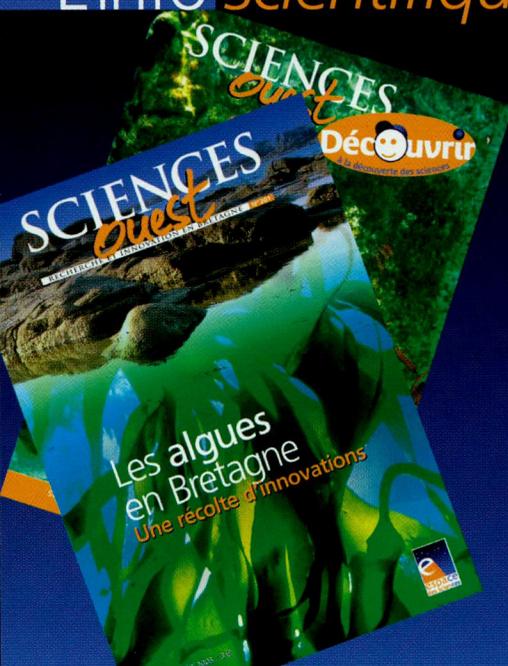
● L'Europe sera l'invitée d'honneur de la Fête de la science. Dans chaque village de la science, un stand présentera les collaborations locales s'inscrivant dans une recherche européenne. Des chercheurs et étudiants viendront témoigner de leurs expériences à l'étranger. Les supports de communication de l'Europe de la recherche, notamment le magazine RDT *Info*, seront mis à disposition du public.

→ Pour les Côtes-d'Armor et le Finistère : Abret, tél. 02 96 46 60 50, abret.multimed@wanadoo.fr

→ Pour l'Ille-et-Vilaine : Espace des sciences, tél. 02 99 35 28 20, contact@espace-sciences.org

→ Pour le Morbihan : CCSTI - Maison de la mer, tél. 02 97 84 87 37, contact@ccstilorient.org

L'info scientifique et technique du grand Ouest



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

50.201

Facture d'eau en braille,

La liberté de pouvoir lire

Edition braille : Association



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**