

Biofutur

www.biofutur.com

# Biofutur

LE MENSUEL EUROPÉEN DE BIOTECHNOLOGIE

N° 326

Le

# toucher

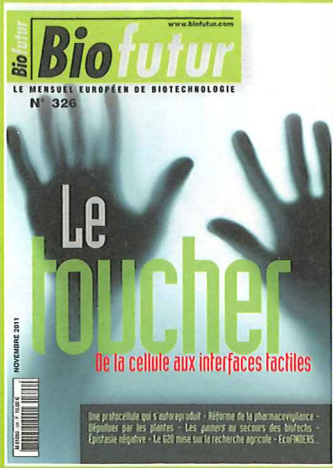
De la cellule aux interfaces tactiles

NOVEMBRE 2011

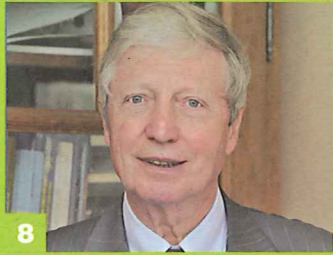
M 01050 - 326 - F: 10,00 €



Une protocellule qui s'autoreproduit - Réforme de la pharmacovigilance -  
Dépolluer par les plantes - Les *gamers* au secours des biotechs -  
Épistasie négative - Le G20 mise sur la recherche agricole - EcoFINDERS...



© IMAGE SOURCE/BSP



8



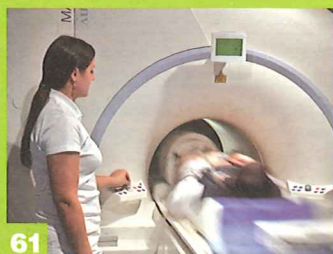
13



38



55



61

## 01 ÉDITORIAL

## 05 BIOACTUALITÉ

Pour en finir avec tous les « Mediator »  
Aeres 2007-2011, l'heure du bilan  
Robert Langer, génial ingénieur du vivant  
Détection d'ADN contre espèces envahissantes  
Le passage du Nord-Ouest ouvert aux baleines

## 10 BIOÉVÈNEMENT

Le G20 mise sur la recherche agricole pour le développement  
Partenariats public-privé, l'avenir des biotechs ?

## 12 BIORECHERCHE

Du nouveau dans la reprogrammation cellulaire  
Du zinc au secours du système immunitaire  
Une cellule artificielle qui s'autoreproduit  
Quand la science mise sur les *gamers*  
Le cerveau fait son cinéma  
Le rôle des sirtuines dans la longévité fait débat  
Nouveau mode d'action pour les anti-inflammatoires non stéroïdiens  
Des souris... et bientôt des hommes  
L'épistasie négative démontrée  
Biodiversité, la fin d'un dogme  
Les fibres synthétiques polluent les océans

## 23 BIOENTREPRISE

Un neuro-ordinateur chez IBM  
Un vaccin contre l'acné  
Les problèmes de Genzyme sont désormais ceux de Sanofi  
La FDA sauve les bisphosphonates

## 27 Le toucher

- **Cet intouchable cinquième sens** J. Valmier, V. Sieso
- **Percevoir par le toucher, une capacité précoce** F. Lejeune, É. Gentaz
- **Un sens trompeur** I. Fasiello, V. Hayward
- **Les interfaces tactiles** M. Wiertelwski, V. Hayward
- **Objectiver le toucher** H. Zahouani, R. Vargiolu
- **Les cellules « sentent » aussi leur environnement** B. Ladoux
- **Du toucher cellulaire au premier organisme animal** S. Douhi

## 54 ENTRETIEN

Dépolluer par les plantes, un procédé économiquement viable H. Petit

## 56 PROJET EUROPÉEN

EcoFINDERS : Caractériser la biodiversité et le fonctionnement des sols en Europe P. Lemanceau

## 60 BIOBUSINESS

Stratégies de diversification dans le secteur biopharmaceutique  
P. Lê, L. Hara, B. Ganesan, J. Lecouple, P. Bittoun, A. Amir-Aslani

## 63 QUELQUES PAGES

## 64 AGENDA

## Dépolluer par les plantes, un procédé économiquement viable

Professeur à l'Université Montpellier 2 et chercheur au Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (CEFE), Claude Grison s'intéresse aux capacités qu'ont certaines plantes de concentrer les métaux lourds. Son objectif : transformer un processus de dépollution naturelle en un procédé transposable à l'échelle industrielle.

### Dans quel cadre s'inscrivent vos travaux ?

Avec mon équipe, nous menons un projet de restauration écologique d'un site minier jadis exploité par la société Metaleurop, à Saint-Laurent-le-Minier dans le Gard. Ce projet s'appuie sur la phytoremédiation, c'est-à-dire l'utilisation des plantes pour dépolluer les sols contaminés. C'est un botaniste néozélandais, Robert Brooks, qui, en 1998, a publié pour la première fois l'existence sur ce site de deux plantes, *Thlaspi caerulescens* et *Iberis intermedia*, qui se sont adaptées à des sols extrêmement chargés en métaux lourds, à première vue incompatibles avec toute forme de vie végétale (1, 2). Au fil du temps, ces plantes ont acquis la propriété d'hyper-accumuler certains métaux lourds : le zinc (Zn), le cadmium et le plomb, voire le thallium pour *Iberis intermedia*. Un processus qui s'est mis en place très lentement.

### Vous êtes chimiste de formation. Comment vous êtes-vous retrouvée impliquée dans cette démarche plutôt écologiste ?

En 2007, des étudiants en classe préparatoire aux grandes écoles sont venus me trouver pour parrainer leur projet d'étude sur la dépollution des systèmes naturels par les plantes. C'est à cette occasion que j'ai découvert les travaux de mon collègue du CEFE, José Escarré, qui, avec d'autres botanistes, s'intéressait depuis l'année 2000 à la présence de ces plantes sur ce site minier (3). Ses observations sur leur capacité de tolérance et d'extraction m'ont vraiment passionnée. Il travaillait sur les perspectives de phytoremédiation du site. Jusqu'alors, on n'avait encore trouvé aucun débouché permettant d'utiliser cette biomasse riche en métaux lourds. La pollution était transférée du sol vers la plante et à la mort de celle-ci, elle réintérait le sol. Le problème de dépollution était donc déplacé sans pour autant être résolu. Or avec la chimie, il devenait possible d'utiliser les capacités des feuilles de ces plantes à concentrer les métaux lourds. C'est

alors qu'a émergé l'idée de mettre au point un procédé innovant d'un point de vue chimique, ayant pour base ce processus naturel qu'est la phyto-extraction. Au départ, il s'agissait seulement de savoir si ce procédé trouverait un intérêt sur le long terme. Par ailleurs, il était impératif d'apporter une dimension sociale et économique à nos travaux si nous voulions obtenir le soutien de l'Ademe, du CNRS et du Cemagref. En tant que chimiste organicienne, j'ai imaginé un procédé sobre qui permettait de valoriser les propriétés de ces plantes, simple et surtout transposable à l'échelle industrielle, mais également peu coûteux.

### En quoi consiste ce procédé ?

Dans les vacuoles des feuilles hyper-accumulatrices de  $Zn^{2+}$  par exemple,  $Zn^{2+}$  est associé à des complexes de type carboxylique ( $2 RCOO^- + Zn^{2+}$ ), tel que le malate de zinc. Le procédé que j'ai mis au point consiste à changer d'anion en remplaçant le carboxylate par des chlorures, pour obtenir du chlorure de zinc ( $ZnCl_2$ ). Cette transformation facile et d'un coût peu élevé implique dans un premier temps de déshydrater les feuilles. Puis l'ajout d'acide chlorhydrique associé à une activation ultrasonore détruit les polymères biologiques, les membranes cellulaires et rompt les liaisons ioniques entre les sels d'acides organiques et le zinc oxydé pour produire du  $ZnCl_2$ . Je ne cherchais pas à purifier ce composé à outrance, car cela aurait signifié se mettre en compétition avec les grands producteurs de l'industrie métallurgique. Je voulais en revanche montrer que des cations métalliques présents physiologiquement dans la feuille s'associent à  $ZnCl_2$  pour constituer une nouvelle espèce active en synthèse organique, de type  $M_xCl_y$ , avec un nombre « x » d'atomes de cation et « y » d'atomes de chlore. Il s'agit d'acides de Lewis à partir desquels, en utilisant leurs propriétés catalytiques, il est possible de fabriquer de nouvelles molécules,

- (1) Robinson et al. (1998)  
*Plant Soil* 203, 47-56  
(2) Leblanc et al. (1999)  
*Econ Geol* 94, 109-14  
(3) Escarré et al. (2011)  
*Water Air Soil Pollut* 216,  
485-504

*Thlaspi caerulescens*, qui a la propriété d'accumuler les métaux lourds, est utilisée pour dépolluer les sols contaminés.



© C. GRISON



© C. GRISON

Claude Grison entend développer une chimie catalytique nouvelle, dans l'esprit des principes de la chimie verte.

par exemple des médicaments, des antiseptiques, des colorants, des molécules odorantes, des substances naturelles, des polymères biologiques, des molécules de synthèse servant de briques pour la construction de structures élaborées... Consid er es comme l'équivalent chimique d'une enzyme, ces catalyseurs sont indispensables dans de nombreuses transformations chimiques.

#### Quelles sont les applications de votre procédé ?

Il s'agit de développer une chimie catalytique nouvelle, en montrant que certaines réactions qui marchaient mal avec  $ZnCl_2$  ou  $AlCl_3$  seul, se font beaucoup mieux avec le système catalytique d'origine végétale, à savoir les acides de Lewis.   Saint-Laurent-le-Minier, les plantes concentrent sept espèces métalliques intéressantes et des effets additifs voire synergiques entre les différents acides de Lewis peuvent avoir lieu. On l'a observ e dans des réactions de chimie fine en laboratoire, qui aboutissent à la synthèse de médicaments comme des antimitotiques, des analgésiques et des anti-inflammatoires. Des molécules d'intérêt biologique fabriquées grâce aux acides de Lewis pourraient donc naître de ces réactions, par exemple de nouveaux agents antiviraux ou des anticancéreux comme les antimitotiques... les acides de Lewis d eriv es des espèces végétales pourraient servir à fabriquer des molécules dites « plateformes aromatiques », qui sont des briques moléculaires permettant de concevoir de nombreuses autres molécules, développées à très grande échelle dans l'industrie chimique. L'utilisation de ces acides de Lewis est intéressante à trois niveaux : elle permet de proposer des procédés de synthèse plus respectueux de l'environnement ; elle anticipe l'épuisement des ressources minérales nécessaires à ces synthèses et enfin, elle contribue à la valorisation des efforts de phytorestauration des sites en apportant une valeur économique à la bio-

masse produite. Par ailleurs, on essaie d'améliorer le procédé avec des objectifs précis, c'est-à-dire transposables à l'échelle industrielle et répondant à l'évolution actuelle de la « chimie verte », qui est de produire des molécules chimiques à partir de molécules biosourcées, c'est-à-dire issues de ressources végétales non alimentaires, donc biodégradables et moins toxiques. L'intérêt écologique de nos travaux est aujourd'hui reconnu. En 2009, l'Ademe nous a d ecern e le premier prix des « Techniques innovantes pour l'environnement » au salon Pollutec. En 2010, nous avons reçu le trophée « Eco-Action », un concours organis e par les communes, récompensant les actions les plus remarquables dans le domaine de l'environnement et du développement durable. Par ailleurs, deux brevets internationaux ont été d epos es et publi es par le CNRS ces dernières années (4,5). Les programmes IngEcoTech (CNRS-Cemagref) et Ecotech (ANR) soutiennent également ces recherches.

#### Pourquoi ce site de Saint-Laurent le Minier en particulier ? Y-a-t-il d'autres lieux que vous exploitez ?

Avec son abondance naturelle en plantes hyper-accumulatrices de zinc et l'attitude très constructive des responsables locaux et de la population, très impliqu es dans le projet, nous avons fait de Saint-Laurent-le-Minier un modèle pour d'autres sites du même genre. En termes de superficie, il reste malheureusement trop petit pour permettre le développement d'une nouvelle filiere verte répondant entièrement aux besoins de l'industrie chimique. Je travaille également en Nouvelle-Calédonie, qui compte une grande diversité de plantes accumulatrices de métaux lourds, en particulier de nickel et de manganèse. Elles se développent naturellement sur l' le principale, la Grande Terre et leur biomasse est importante. Plus de 40 espèces hyper-accumulatrices différentes ont été répertoriées (6). L'un des trois gros exploitants miniers de Nouvelle-Calédonie soutient financieusement le programme de rev eg etation que nous avons mis en œuvre et nous avons l'appui technique, mais aussi scientifique, de l'Institut agronomique calédonien. Récupérer les métaux lourds dans les plantes devrait, face à la raréfaction des ressources minérales en zinc, nickel... dans le monde, être envisag e comme une solution d'avenir.

#### Peut-on parler d'une nouvelle dynamique chimique ?

Sans aucun doute, d'autant que nous avons la satisfaction d'avoir travaillé dans l'esprit des principes de la chimie verte. Nous montrons chaque jour que développer un procédé vert pour la chimie catalytique ne constitue pas une régression technique et que son efficacité n'est pas remise en cause parce qu'il est « vert ». Au contraire, cette recherche est pour nous une opportunité d'innover et d'évoluer vers des systèmes de plus en plus performants et respectueux de l'environnement. ●

(4) Grison et Escarré

(2009) Brevet international  
CNRS n o

PCT/FR2009/052312

(5) Grison et Escarré

(2010) Brevet international  
CNRS n o

PCT/FR2010/052451

(6) L'Huillier et al. (2010)

Mines et Environnement  
en Nouvelle-Calédonie, IAC  
Editions

#### Pour en savoir plus

→ Claude Grison  
CEFE UMR CNRS 5175  
1919, route de Mende  
34293 Montpellier cedex 5  
→ [claudie.grison@cefe.cnrs.fr](mailto:claudie.grison@cefe.cnrs.fr)