

## IMAGERIE *IN VIVO* LE VIVANT MIS À NU

26 Les modalités d'imagerie émergentes  
V. Lebon, P. Douek et L. Bousset

29 L'imagerie en France en 2017  
A. Luciani, J.-M. Bartoli et L. Boyer

30 La radiologie interventionnelle minimise les risques chirurgicaux  
F. Bing et J. Vappou



40 L'imagerie dans le traitement personnalisé de la maladie hépatique chronique  
M. Bernard, E. Canet-Soulas et B. Van Beers

42 L'imagerie *in vivo* en infectiologie  
R. Tournebize, A. Viola, C. Chapon et R. Legrand

45 Des bulles et des ultrasons pour améliorer le diagnostic et la délivrance des médicaments  
A. Bouakaz, B. Larrat et N. Lassau

**Biofutur**  
une publication de  
**Lavoisier**

SAS au capital de : 1 527 900 €  
RCS : Créteil 542 029 376  
14, rue de Provigny  
94236 Cachan cedex, France  
Tél. : + 33 (0)1 47 40 67 00  
Fax : + 33 (0)1 47 40 67 02  
Tél. : composer le 01 47 40 suivi des quatre chiffres de votre correspondant.  
E-mail : [biofutur@lavoisier.fr](mailto:biofutur@lavoisier.fr)  
E-mail abonnements : [abo-biofutur@lavoisier.fr](mailto:abo-biofutur@lavoisier.fr)  
Site Web : [www.biofutur.com](http://www.biofutur.com)

Directeur de la publication : Patrick Fenouil  
Directeur éditorial : Jean-Marc Bocabeille

Secrétaires de rédaction : Safi Douhi (67 01) et Marie-Catherine Mérat  
Graphiste-Maquetiste : Estela Ranchy (67 33)

01 Bloc-Notes

03 Édito

05 Biotech News

### Medtech

CRISPR/Cas9 au cœur d'une polémique – TERRA protège les télomères – Le secret du réplisome – Le jeu dangereux des bactéries pour survivre – Interactome : les trois quarts restent à faire – Des ovaires imprimés en 3D – Des bactéries vaginales neutralisent un anti-VIH – Sur la piste de nouveaux antibiotiques – Une nouvelle façon de cultiver les cellules souches – Guérir la mère avec les cellules de son fœtus – Iron Man guérit des maladies – Le fer, cible anticancer – Le 6<sup>e</sup> sens de la langue...

### Biotech Direct

Une consommation plus responsable en France – Un procès Mediator en 2018 – Un brevet chinois pour Deinove – L'UE valide l'innocuité du MON810...

### Spacetech

Du sperme congelé dans l'espace fonctionne toujours – Une bactérie résistante aux voyages spatiaux

### Agrobiotech

La clé de la lignée germinale – Brassage génétique pendant la méiose – Déméthylation chez la tomate – Comment remplacer les néonicotinoïdes ? – La compétition végétale active les gènes...

### Biotech Industrielle

Un solvant bio-sourcé booste la bioraffinerie – Pénicilline « boulangère » – De nouveaux débouchés pour la paille de blé

### Technobio

La bactérie qui distingue trois couleurs – Des microbilles biodégradables dans les cosmétiques – Des échelles à ADN pour la métrologie du génome...

### Ecotech

Une particularité qui pose question – Un cerveau végétal contrôle la croissance des plantes – Connexions neuronales inter-espèces – Les mystères de l'évolution parallèle – Le bourdonnement des abeilles en dit long sur les récoltes...

### Paléobiotech

*Homo sapiens*, l'Africain – *Homo naledi*, le cousin sud-africain – Le passé formateur des entérocoques – La jeune biodiversité de Nouvelle-Calédonie – Le gène de l'altitude...

### Biotech Marine

Corail : le point de non retour – Des radeaux pour les micro-organismes – Les coraux poussent dans les eaux acides...

23 Biobourse

Le poids de la politique sur l'économie des biotechnologies  
A. Amir-Aslani et B. Gavinet

46 Tendances

De l'homme bio-inspiré aux matériaux du futur  
C. Delattre, G. Pierre, P. Michaud et C.-G. Dussap

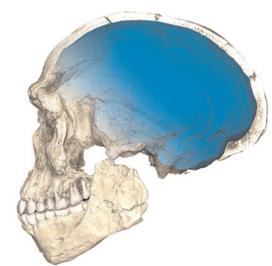
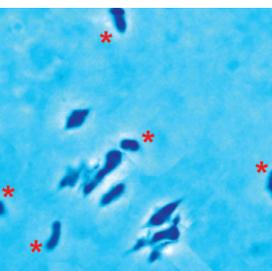
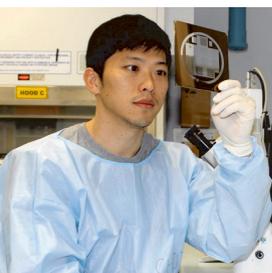
50 Opinion

Vaccination obligatoire : le risque d'une réaction épidermique  
J. Labarre

51 Juridique

Brevets CRISPR/Cas9 : une guerre sans fin ?  
M. Chajmowicz

54 Biothèque 56 Agenda





Le développement de l'imagerie médicale et biologique *in vivo* est la conséquence de découvertes majeures de la physique comme la radioactivité naturelle par l'Allemand Wilhelm Conrad Röntgen en 1895, la radioactivité artificielle par les Français Irène et Frédéric Joliot en 1934 ou la résonance magnétique nucléaire par le Suisse Felix Bloch et l'Américain Edward Purcell. Cette imagerie *in vivo* fut à l'origine d'avancées majeures dans la compréhension des mécanismes physiologiques et physiopathologiques à l'œuvre chez l'homme, plus particulièrement du fonctionnement cérébral, jusqu'alors difficilement accessible de manière non invasive. Ainsi l'imagerie a-t-elle révolutionné nos connaissances de la maturation du cerveau du nourrisson ou des apprentissages fondamentaux comme la lecture et le calcul.

D'outil incontournable du diagnostic médical qu'elle était, dès son apparition en 1895 – le premier appareil de radioscopie médicale a été installé par Antoine Bécclère à l'hôpital parisien Tenon en 1896 –, l'imagerie est devenue, par ses avancées successives, un outil également essentiel de la recherche en sciences de la santé. Outre les informations anatomiques qu'elle a toujours apportées avec une précision croissante, les multiples modalités de l'imagerie médicale fournissent la cartographie de plusieurs dizaines de paramètres riches d'informations sur la structure des tissus et la fonction des organes. Jointes aux méthodes « -omiques » qui ont enrichi la biologie ces dernières décennies, ces modalités apportent des éléments essentiels pour contextualiser et éclairer les informations issues de l'analyse du génome ou des protéines cellulaires.

Depuis 2012, les moyens de la recherche française en imagerie *in vivo* sont coordonnés à l'échelle nationale par l'infrastructure France Life Imaging\*1, un réseau qui donne accès à de nouvelles technologies d'imagerie plus précises, multimodales le plus souvent, éventuellement portatives, à toute la communauté des chercheurs et cliniciens, du public ou du privé. Il contribue aussi au développement de logiciels de gestion et d'analyse d'images. Coordonné par le CEA, ce réseau s'appuie sur une centaine de laboratoires, sous la tutelle des principaux organismes de recherche et de grands pôles universitaires qui développent des recherches dans les domaines clés de l'imagerie, de la physique et de l'instrumentation, des agents d'imagerie, de l'imagerie interventionnelle et de l'analyse de données. L'imagerie *in vivo* est aussi intégrée dans des infrastructures nationales en biologie-santé, comme NeurATRIS\*2 et IDMIT\*3, et européennes comme ECRIN\*4, EATRIS\*5 et, de manière plus marginale, Euro-Biolimaging\*6. Orchestré par l'Alliance nationale pour les sciences de la vie et de la santé (Aviesan), en étroite synergie avec les sociétés savantes d'imagerie, France Life Imaging est complété par un réseau rassemblant les acteurs de la recherche clinique hospitalière exploitant l'imagerie médicale créé par les sociétés savantes d'imagerie, les collèges d'enseignement et France Life Imaging, FORCE imaging (*French Organisation for the Research in a Clinical Environment using imaging*). Ces deux réseaux co-coordonnés permettent d'établir un continuum entre recherches académique et clinique hospitalière dans le domaine de l'imagerie propice au partage des savoir-faire.

Ce dossier présente les dernières innovations technologiques et méthodologiques de la recherche en imagerie médicale et leurs applications phares pour la recherche clinique avancée, ainsi que le point de vue des médecins impliqués dans la recherche en imagerie médicale. Outre l'exploitation simultanée de plusieurs modalités d'imagerie, le futur est à l'intégration de données multi-échelles, de la cellule au millimètre, et de données de multiples sources et de multiples patients pour modéliser les informations qu'elles contiennent. Le tout afin de tirer parti des connaissances acquises antérieurement et de proposer, à court terme, des outils d'aide à la décision thérapeutique adaptée au profil des patients.

Régine Trébossen<sup>1</sup>, Daniel Fagret<sup>2,3</sup>, Marie-Thérèse Ménager<sup>4</sup>, Franck Lethimonnier<sup>5</sup> et Jacques Bittoun<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Institut d'Imagerie des sciences du vivant Frédéric Joliot, France Life Imaging, CEA, Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette

<sup>2</sup> Inserm, Pôle infrastructures, Paris

<sup>3</sup> Pôle grenoblois de France Life Imaging, Grenoble

<sup>4</sup> Direction de la Recherche Fondamentale, CEA, Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette

<sup>5</sup> AvieSan, ITMO Technologies pour la Santé, Paris

<sup>6</sup> Institut des Sciences du Vivant Frédéric Joliot, France Life Imaging, CEA, Université Paris-Saclay Gif-sur-Yvette

\*1 Programme Investissements d'avenir ANR-11-INBS-0006

\*2 Volet français dédié aux thérapies innovantes en neurosciences du consortium européen d'infrastructure de recherche translationnelle EATRIS (*European Advanced Translational Research Infrastructure in Medicine*) ([www.neurattris.com](http://www.neurattris.com)).

\*3 *Infectious Diseases Models for Innovative Therapies* ([www.idmitcenter.fr](http://www.idmitcenter.fr))

\*4 *European Clinical Research Infrastructures Network* ([www.ecrin.org](http://www.ecrin.org))

\*5 [eatris.eu](http://eatris.eu)

\*6 [www.eurobiolimaging.eu](http://www.eurobiolimaging.eu)

Une réaction ? Un commentaire ? Une seule adresse : [biofutur@lavoisier.fr](mailto:biofutur@lavoisier.fr)

Retrouvez toute l'actualité biotech sur : [www.biofutur.com](http://www.biofutur.com)

et suivez-nous sur : [f Biofutur - Le mensuel biotech](https://www.facebook.com/Biofutur) [@Biofutur\\_Le\\_mag](https://www.instagram.com/Biofutur_Le_mag)

## 32 Mieux comprendre le cerveau grâce à l'imagerie

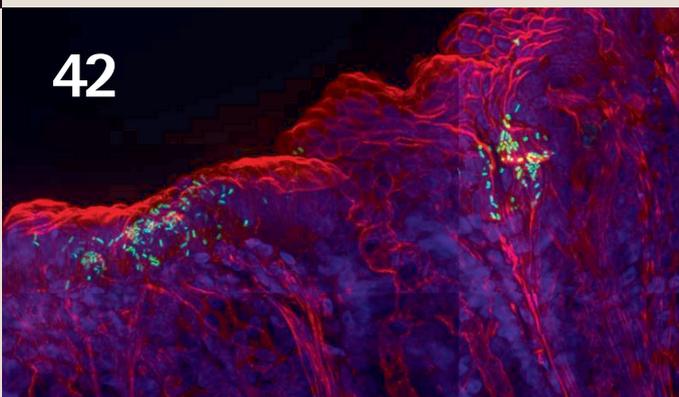
L. Zimmer et M. Guye

## 35 FLI-IAM : partager les données et les outils de traitement d'imagerie *in vivo*

M. Dojat, M. Kain et C. Barillot

## 38 Imagerie prédictive et suivi thérapeutique en oncologie

J.-P. Vuillez et D. Visvikis



EN COUVERTURE : © BSIP

### COMITÉ SCIENTIFIQUE

#### Directeur scientifique :

#### Pr Stuart Edelstein

Geneviève Almouzni, André Choulika, Yves Debacker, Jean-François Deleuze, Max Goyffon, Louis-Marie Houdebine, Francis Martin, Vincent Ossipow, Claire Poyart, François Rechenmann, Paul-Henri Roméo, Jean Rossier, Pierre Tambourin, Michel Van Der Rest

#### Ont participé à ce numéro :

H. Albert, A. Amir-Aslani, A. Aurias, C. Barillot, J.-M. Bartoli, M. Bernard, F. Bing, A. Bouakaz, L. Boussel, L. Boyer, E. Canet-Soulas, M. Chajmowicz, C. Chapon, M. Chupin, Y. Cointepas, C. Delattre, P. Derooin, M. Dojat, P. Douek, C.-G. Dussap, B. Gavinet, S. Giry, A. Guiguen, M. Guye, M.-O. Habert, M. Kain, J. Labarre, B. Larrat, N. Lassau, V. Lebon, R. Legrand, A. Luciani, J.-F. Mangin, M.-T. Ménager, P. Michaud, J. Paysant, H. Perrin, G. Pierre, M. Rozenbaum, R. Tournebise, R. Trébossen, B. Van Beers, J. Vappou, A. Viola, D. Visvikis, J.-P. Vuillez, L. Zimmer

### ABONNEMENTS :

Tél. : 01 47 40 67 68

CPPAP : 1021 T 84822  
ISSN 0294-3506

#### Impression :

Chevillon Imprimeur  
26, boulevard Kennedy  
89100 Sens

Publication mensuelle

Dépôt légal à parution

© 2017 LAVOISIER SAS

Tous droits réservés.

Tarif institutionnel France : 245 euros