

NUMÉRO
56

JANVIER
2009

cnrs
dépasser les frontières

MICROSCOOP

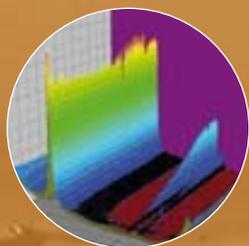
LE JOURNAL DU

CNRS

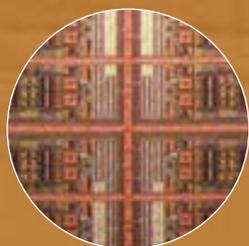
EN DÉLÉGATION CENTRE POITOU-CHARENTES



> LABO EN DIRECT
GICC



> VIE DES LABOS
L'eau et ses effets
sur les déchets nucléaires



> TECHNOLOGIE
Une puce sonde l'univers



> VIE DES LABOS

“Il est pas frais mon poisson!?!”

Microscop
Numéro **56**
janvier 2009

CNRS Délégation
Centre Poitou-Charentes
3E, Avenue
de la Recherche scientifique
45071 ORLÉANS CEDEX 2
Tél. : 02 38 25 52 01
Fax : 02 38 69 70 31
www.centre-poitou-
charentes.cnrs.fr
E-mail :
Eric.Darrouzet@dr8.cnrs.fr

Directeur de la publication
Josette Roger
Rédacteur de la publication
Eric Darrouzet
Secrétaire de la publication
Florence Royer

Ont participé à ce numéro
Maryse Blet-Lemarquand,
Stéphane Bosse, Ary Bruand,
Aurélien Canizares, Bertrand
Castaing, Gilles Chalumeau,
Armelle Combaud, Pierre
Desgardin, Bertrand Flouret,
Arwen Gaffiero, Sylvie
Laurens-Aubry, Claire
Malécot, Nicole Mandon,
Virginie Migeot, Elisabeth
Nau, Olga Otéro, Aurélie
Pinton, Nathalie Pothier,
Jean-Michel Pouvesle, Sylvie
Rabouan, Bruno Scaillet,
Christophe Sinturel,
Marylène Vayer

Création graphique
www.enola-creation.fr

Imprimeur
Imprimerie Nouvelle

ISSN 1247-844X



Photo de couverture
Tamisage avant la tempête
Toros-Menalla Nord Tchad
(MPFT 2004)

édito

Pour cette première cuvée 2009, il m'est donné d'introduire ce numéro de Microscop. Un nouveau tournant s'engage pour notre délégation qui verra la nomination prochaine d'un nouveau délégué régional.

C'est le moment de lui adresser nos meilleurs vœux en cette période riche de changements et de projets d'évolution qui impliquent que la délégation préserve son bien le plus précieux, sa recherche de qualité. Que cette année puisse offrir à nos chercheurs et à nos ITA les conditions optimum pour qu'ils continuent à produire de la connaissance et s'investir dans de nouveaux défis.

Une étape essentielle de la réforme du CNRS prend forme dès ce premier trimestre, avec la mise en œuvre du plan stratégique « Horizon 2020 » qui mettra en scène une nouvelle structuration scientifique : neuf Instituts amenés à remplacer les départements scientifiques et trois Pôles aux compétences multidisciplinaires.

Avec 2009, la délégation va se voir fortement impliquée dans la mise en place des premiers contrats de service. Ceux-ci visent à garantir la qualité des services rendus au bénéfice des laboratoires et à valoriser les activités effectuées en délégation. Ces objectifs inscrits au programme Horizon 2020 sous l'intitulé « garantir la qualité des prestations d'appui à la recherche » cherchent à rapprocher les unités des services pour conduire une réflexion commune sur les modes de fonctionnement et le traitement des actes de gestion dans un souci constant d'efficacité et de réactivité. Cette démarche d'amélioration de la qualité s'étendra progressivement sur l'ensemble des unités qui s'engageront dans ces contrats de service.

Je m'arrêterai un instant sur un événement qui conforte la communauté scientifique dans ce qu'elle a de plus précieux : la reconnaissance de son excellence à l'échelle nationale et internationale. Nous avons appris en décembre dernier, que le TGE RMN Très Hauts Champs, fédération des spectroscopies Résonance Magnétique Nucléaire, dirigée par Dominique MASSIOT, figure explicitement dans la feuille de route du Ministère suite à l'intervention de

Mme Valérie PECRESSE lors de la Conférence Européenne sur les Infrastructures de recherche. Belle récompense d'une réussite de mutualisation de moyens assurée par des équipes de Lille, Bordeaux, Gif /Yvette, Grenoble, Lyon et bien sûr Orléans qui se doit de maintenir sa position dans un contexte de compétition très vive. Cette reconnaissance doit doter la recherche française de moyens expérimentaux de très hautes performances et par là même enrichir les perspectives de recherche en chimie, sciences biologiques ou encore en physique.

Nous avons non loin de nous le souvenir du 40^{ème} anniversaire du Campus d'Orléans en 2007, nous aurons d'ici quelques mois à fêter les 70 ans du CNRS. Nous savons d'expérience que nous pouvons compter sur la mobilisation des laboratoires et des services de la délégation toujours enclins à s'investir quand il s'agit de valoriser et de partager leurs savoirs et compétences.

Je souhaite à travers ce journal Microscop saluer le travail d'édition, support de communication qui nous informe à intervalles réguliers des travaux de nos équipes de recherche et des événements d'importance qui jalonnent la vie de notre circonscription. Nous comptons sur Eric Darrouzet, notre nouveau responsable communication, pour perpétuer cette « tradition » et pourquoi pas la faire évoluer pour répondre aux attentes des laboratoires et des partenaires.

Je tiens à l'occasion de ce premier éditorial de l'année remercier tout particulièrement les équipes de la délégation qui, au quotidien, assurent un travail de qualité cherchant à affirmer leur rôle de partenaire privilégié auprès des laboratoires en apportant leurs compétences, leurs conseils aux directeurs, aux chercheurs et aux ITA. Leur aide m'a été précieuse en cette fin d'année où j'ai eu à assurer l'intérim après le départ de Mme Josette ROGER.

Je finirai en adressant mes vœux les plus sincères et les plus chaleureux à chacun d'entre vous.

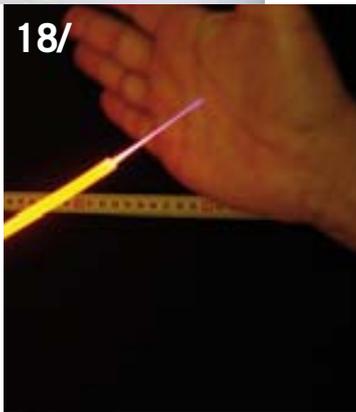
Pascale LETOURNEUX
Adjointe à la Déléguée régionale



4/



16/



18/



24/



25/



27/

Microscoop
Numéro 56 – janvier 2009

SOMMAIRE /3

Labo en direct

Le GICC, de la recherche fondamentale aux traitements thérapeutiques

■
■ 4/

Interview

Questions à Patrick Duncan

■
■ 7/

Vie des labos

- Le sélénium, un composant de l'eau sous surveillance
- L'eau: un risque pour les déchets radioactifs
 - "Il est pas frais mon poisson !?!"
- Le monnayage en orichalque romain

■ 8/
■ 10/
■ 12/
■ 16/

Technologie

- Des plasmas pour la médecine
- Des films minces à porosité contrôlée
 - Une puce sonde l'univers

■ 18/
■ 20/
■ 22/

Événements

- Les mécaniciens mutualisent leurs équipements
- Formations et recherches en géosciences réunies à Orléans
- Le talent féminin des Conférences Jacques Monod honoré
 - Regards croisés en numismatique

■ 24/
■ 25/
■ 26/
■ 26/

Manifestation

La Fête de la Science 2008

■ 27/



Analyse bio-informatique

Le GICC, de la recherche fondamentale aux traitements thérapeutiques

Le laboratoire Génétique, Immunothérapie, Chimie et Cancer (UMR 6239 – CNRS/Université François Rabelais de Tours) regroupe des chercheurs oeuvrant dans des domaines a priori bien différents. Ils travaillent sur des sujets qui vont du système de production d'anticorps thérapeutiques à leur validation clinique, en passant par la définition des bases génétiques pouvant moduler leur action, leur utilisation et la conception de molécules chimiques optimisant leur mode d'action.

Sur un projet commun

Dans le domaine des maladies liées à des désordres génétiques acquis ou innés (cancers, maladies métaboliques, maladies inflammatoires, etc.), le monde médical s'oriente de plus en plus sur des thérapies ciblées. Pour cela, les praticiens ont besoin d'agents thérapeutiques plus sélectifs que ceux employés actuellement. Leur élaboration et leur optimisation nécessitent des approches pluridisciplinaires qui passent par l'acquisition de connaissances fondamentales pouvant paraître parfois éloignées du traitement des patients. Cet aspect a permis de réunir au sein d'une même structure de recherche, le GICC, des biologistes moléculaires, des spécia-

listes de l'immunothérapie, des chimistes, des médecins et des pharmaciens. Le laboratoire a pour ambition de se positionner comme un acteur majeur dans la thérapie génique non-virale et l'immunothérapie.

Aujourd'hui, le GICC réunit environ 70 personnes, réparties en 8 équipes de recherche plus une équipe d'administration et de gestion. Il est à noter que sur ces 70 personnes, 40 sont en CDD. De fait, le laboratoire fonctionne à plus de 80 % sur contrats (contrats européens, ANR, et région).

Le GICC, un pari réussi

Yves Bigot, directeur du laboratoire, est à l'origine de la structure. En 1999, en

revenant des États-Unis, il s'est associé avec une dizaine de collègues pour travailler sur les « transposons tools », c'est-à-dire la mutagenèse et les trans-ferts de gènes. Ce projet a été présenté au président de l'Université de Tours ainsi qu'au CNRS qui l'ont accepté. La nouvelle équipe a ainsi été mise en « incubation » pendant un an et demi (2000 et 2001) et en 2002 une fédération de recherche en évolution (FRE) au CNRS a été mise en place. De 2004 à 2005, la structure a été modifiée en équipe d'accueil pour redevenir ensuite une FRE en raison du nombre réduit de personnes constituant l'équipe. Pour s'orienter vers une structure de type unité mixte de recherche (UMR), Yves Bigot

est allé rencontrer un certain nombre de collègues pour développer des projets en commun. Deux équipes ont répondu positivement et sont venues renforcer l'équipe initiale : une équipe d'immunopharmacologie des anticorps thérapeutiques dirigée par Hervé Watier et une équipe de chimie dirigée par Marie-Claude Viaud. Deux autres équipes sont ensuite venues grossir les rangs du laboratoire qui allait devenir le GICC, une équipe de Nice dirigée par Patrick Gaudray et une d'Amiens animée par Fabrice Gouilleux. En janvier 2008, le GICC est devenu une UMR CNRS et Université de Tours.

Les atouts de la Région Centre

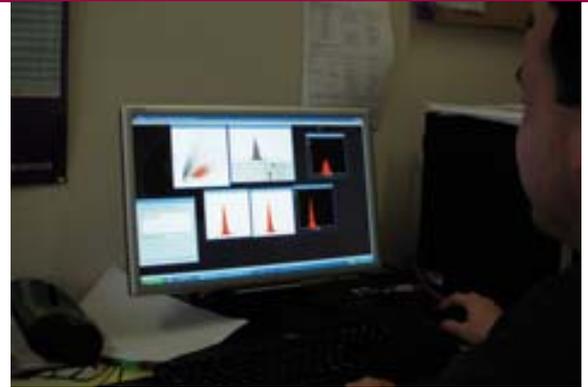
Le GICC est implanté en Indre et Loire pour diverses raisons. Certaines sont d'ordre personnel pour les membres du laboratoire. La qualité de vie en Touraine n'est pas à négliger. Mais des raisons plus professionnelles expliquent pourquoi une telle structure a été montée sur Tours. Le site de l'Université présente des potentialités importantes : des locaux pour travailler, de l'équipement de pointe dans diverses structures et des moyens financiers pour permettre l'émergence de nouvelles équipes de recherche dans des domaines de pointe. L'axe biologie/santé sur le site de Tours représente un millier de personnes, et 1 000 de plus sur Orléans. Avec un potentiel de 2 000 personnes, il est ainsi possible de monter

des réseaux, des projets, etc. Selon Y. Bigot « *dans la région, le terroir scientifique est très riche* ».

Un traitement à la carte

Au sein de notre corps, des cellules du système immunitaire produisent des anticorps (des protéines particulières) dirigés contre des molécules particulières, les antigènes, spécifiques d'un microbe donné ou d'une cellule cancéreuse. Cette reconnaissance permettra à certaines cellules du système immunitaire de venir interagir et de détruire ce microbe ou cette cellule cancéreuse. En thérapeutique humaine, il est possible d'injecter à un malade des anticorps spécifiques qui vont stimuler son système immunitaire et donc le guérir. Un individu contient à chaque instant de nombreux anticorps différents. Ce sont des molécules naturellement présentes dans le sang. Ainsi, l'utilisation de médicaments à base d'anticorps présente de nombreux intérêts. Ils sont spécifiques d'une cible donnée (cellule cancéreuse, bactérie) et surtout se caractérisent par leur non-toxicité; ceci à l'inverse de médicaments plus classiques qui eux sont des molécules étrangères à l'organisme. L'emploi d'anticorps thérapeutique pour traiter diverses pathologies, comme certains cancers, est donc une avancée importante en médecine humaine.

Toutefois, on sait qu'ils peuvent être efficaces, mais on ne connaît pas encore



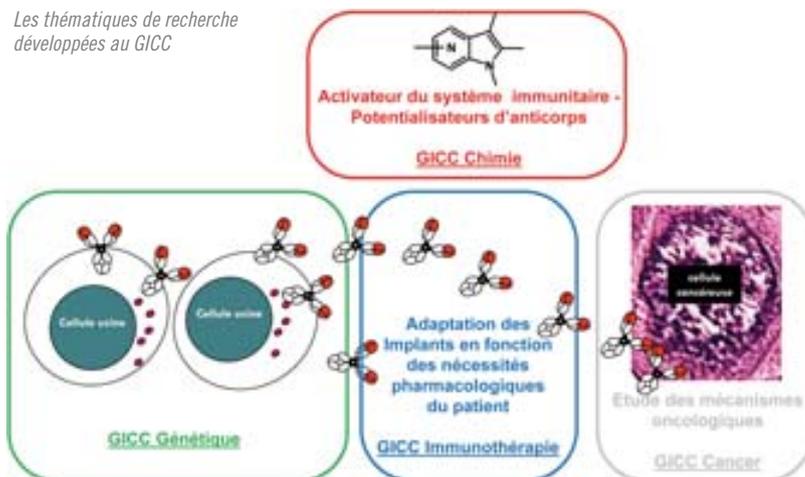
Résultats d'analyse de cytométrie en flux.

tous les détails de leur mode d'action. L'objectif des médecins est de traiter et guérir les patients sans forcément comprendre et expliquer les mécanismes physiologiques et moléculaires du traitement. Néanmoins, lors de traitements avec des anticorps thérapeutiques, ils se sont rendu compte que certains patients étaient beaucoup plus réceptifs au traitement que d'autres. La variabilité génétique de chaque individu pourrait influencer le succès ou l'échec de ce type de traitements. Il est donc nécessaire de connaître le profil génétique du patient pour adapter le traitement à l'aide d'anticorps thérapeutiques. On irait ainsi de plus en plus vers un traitement à la carte, c'est-à-dire adapté et spécifique de chaque patient. Un tel traitement, grâce aux anticorps thérapeutiques, ouvre de grande espérance dans le traitement de diverses pathologies (cancers, maladies métaboliques, maladies inflammatoires, etc.), mais pose aussi de nombreux problèmes qui restent à résoudre. Le GICC se positionne dans ce domaine.

De nombreux problèmes à résoudre

L'une des difficultés avec les anticorps, c'est qu'il faut les produire en grande quantité. Cette production pose des problèmes techniques de deux types : sélectionner et développer des outils cellulaires adaptés pour produire les anticorps et avoir des fermenteurs efficaces pour que ces usines cellulaires produisent en quantité. Pour cela, il faut modifier le matériel génétique de ces cellules usines en lui apportant de nouveaux gènes pour qu'elles produisent les protéines d'intérêt (anticorps spécifiques). De plus, au sein des fermenteurs, les cellules produisent, comme tout organisme vivant, des déchets qui, en s'ac-

Les thématiques de recherche développées au GICC





Manipulations de cosméto-textiles dans le cadre d'un projet labellisé par le pôle de compétitivité Cosmetic Valley. L'étude a pour objectif de poser les bases d'analyses chimiques à rendre obligatoire pour l'obtention d'un label "Cosmético-textile".

cumulant, vont réduire leur efficacité voire leur durée de vie. Elles doivent donc aussi produire des enzymes particulières dont le rôle sera de dépolluer leur environnement, c'est-à-dire d'éliminer et de recycler les déchets qu'elles produisent. Une ingénierie génétique importante est également à mettre en place pour fournir à ces cellules les gènes nécessaires pour résoudre ces défis techniques. Une autre difficulté: les gènes « étrangers » inclus au sein du matériel génétique cellulaire sont peu exprimés par la machinerie cellulaire car « reconnus » par la cellule hôte comme ne lui appartenant pas. Il faut donc faire en sorte que la construction génétique qu'on souhaite faire exprimer puisse l'être de manière optimale.

De la recherche fondamentale au développement préclinique

Au sein du laboratoire, les chercheurs s'intéressent à des éléments transposables (en particulier le transposon Mos1), c'est-à-dire des segments d'ADN capables de se déplacer de manière autonome dans un génome, par un mécanisme dit de transposition. L'objectif est de comprendre, à l'échelle moléculaire, les mécanismes de ces transferts d'ADN ainsi que les différents modes de régu-

lation au sein de la cellule. Une insertion de gènes exogènes par un mécanisme de transposition peut entraîner une mutation (phénomène de « mutagenèse insertionnelle »). Ces gènes peuvent s'insérer de manière aléatoire dans le génome, par exemple au sein même d'un gène naturel. Cette insertion peut conduire à la mort de la cellule. Il est donc nécessaire de comprendre les mécanismes de ces insertions d'ADN par transposition pour les maîtriser; ceci en vue de développer des stratégies de transfert d'ADN chez des patients (thérapie génique), sans utiliser des virus en tant que vecteurs.

Certaines maladies chroniques, comme le diabète, la sclérose en plaques ou le cancer, pourraient être traitées par ce type de stratégie. Actuellement, au laboratoire un gène médicament est inséré dans le génome de cellules isolées d'un patient. La construction génétique transmise à ces cellules permet la production d'anticorps thérapeutiques. Les cellules sont ensuite encapsulées (capsule biocompatible et semi-perméable) avant d'être réintroduites dans le corps du patient, pour permettre une délivrance à long terme et in situ des anticorps. Ce type de traitement devrait permettre d'augmenter la qualité de vie des patients.

Toutefois, il a été montré que l'efficacité des anticorps thérapeutiques peut être modulée par la variabilité génétique des patients traités. Des gènes-candidats sont donc sélectionnés à partir des mécanismes suspectés d'être à l'origine des effets des anticorps. Pour cela, les chercheurs travaillent sur des collections d'échantillons biologiques connus (par des données cliniques) stockés au Centre de Ressources Biologiques de Touraine. Les données récoltées permettront de développer de nouveaux anticorps plus adaptés pour les patients.

Pour aller plus loin dans un traitement « à la carte », la relation dose-effet des anticorps thérapeutiques est étudiée in vivo. Des techniques de mesure de la concentration des anticorps thérapeutiques dans le sang ont été mises en place

pour déterminer leur devenir dans l'organisme. Des modèles pharmacocinétiques et pharmacodynamiques sont en cours de développement. L'objectif est d'adapter individuellement les posologies pour obtenir la meilleure concentration circulante du médicament en vue d'avoir la meilleure efficacité.

La production et la libération d'anticorps thérapeutiques chez un patient peut aussi nécessiter l'utilisation de molécules adjuvantes pour faciliter le traitement. Des chimistes du laboratoire travaillent sur des substances hétérocycliques naturelles qui pourraient agir comme des activateurs et des inhibiteurs pour une action anti tumorale.

Ces différentes recherches sont appuyées par des bio-informaticiens et des spécialistes de la propriété intellectuelle. Ils développent par exemple de nouveaux outils d'analyse bio-informatique, mais également des outils pour gérer l'ensemble des collections du laboratoire (collections de vecteurs, de produits chimiques et d'anticorps thérapeutiques) pour une meilleure utilisation au sein du laboratoire.

Le GICC comprend ainsi des médecins et des pharmaciens qui s'intéressent aux patients et aux substances pharmacologiques utilisées pour leurs traitements (à savoir des anticorps thérapeutiques), des chimistes qui élaborent de nouvelles molécules pouvant être utilisés dans le traitement de cancers et enfin des chercheurs qui travaillent sur des transposons pour les études de thérapie génique. ■

Bertrand CASTAING, Eric DARROUZET, Pierre DESGARDIN



Passage d'échantillons pour analyse physico-chimiques en spectrométrie de masse.



QUESTIONS À Patrick DUNCAN

Des savanes africaines aux forêts charentaises

de la Tour de Valat. J'y suis resté 15 ans... j'ai fini comme directeur du laboratoire. En 1990, Pierre Jouventin, directeur de la Station de Chizé, m'a proposé de postuler au CNRS et de venir dans son laboratoire. J'ai passé le concours DR à 40 ans et suis ainsi arrivé à Chizé. De 1999 à 2006, j'ai dirigé le laboratoire. Actuellement, je poursuis mes activités de recherche et passe 2 jours par semaine au Ministère de la Recherche à Paris, en étant chargé de mission Biodiversité.

■ Sur quoi travaillez-vous? Quelles sont vos thématiques de recherche?

Le domaine scientifique qui m'intéresse est l'écologie. L'écologie n'est pas seulement une aventure intellectuellement excitante, elle est aussi un front pionnier de la connaissance. L'homme a un impact colossal sur le fonctionnement des systèmes naturels, pourtant il en dépend pour sa propre survie. On consomme environ la moitié de la production primaire de notre planète, ce qui montre les enjeux dans lesquels nous travaillons.

Ce qui m'intéresse est de comprendre les causes des changements que nous observons, dans le contexte des changements globaux, et en particulier ce qui limite des populations. Je travaille sur les mammifères herbivores (les mangeurs de graminées, d'arbres et d'arbustes) car ce sont des ingénieurs en écosystèmes. Ces animaux, de part leur présence ou absence, déterminent la structure de l'environnement et donc son utilisation par les autres espèces vivantes. En Afrique, j'ai travaillé sur un cousin du gnu, le damalisque, en Camargue sur les chevaux et les bovins, et enfin à Chizé sur les chevreuils. Le chevreuil est intéressant: depuis 30 ans, l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS) suit une

population sur laquelle beaucoup de recherche fondamentale a été réalisée au laboratoire de Chizé (collaboration avec Jean-Michel Gaillard, laboratoire de Biométrie et Biologie Évolutive à Lyon). Toutefois, cette population ne subit pratiquement pas de prédation et donc nous ne pouvons pas étudier les interactions biologiques avec des prédateurs. Je me suis donc tourné vers le Zimbabwe où, avec Hervé Fritz, nous analysons les principes régissant l'abondance et la composition de grands herbivores africains (éléphants, zèbres, antilopes...). Nous travaillons sur les interactions biologiques entre herbivores et entre herbivores et prédateurs (lycaons, guépards, léopards...).

■ Quel avenir pour l'écologie?

Un enjeu capital est la formation. Ce qui limite l'avancée de la science aujourd'hui est le manque de têtes et de mains, donc de jeunes chercheurs bien formés. Nous avons une tradition de formation à travers des stages en écologie à Chizé. Je participe également à des écoles européennes d'écologie tropicale où nous formons des étudiants européens et africains. C'est essentiel de former de nouveaux écologues pour répondre à la demande internationale. Il y a des postes, non seulement dans les organismes de recherche français (CNRS, INRA et Universités), mais aussi dans des organismes de gestion et de conservation, gouvernementaux ou ONG. Les étudiants français sont très bien perçus dans les concours internationaux car ils sont bien formés dans les concepts de biologie évolutive et en analyse de données. ■

Propos recueillis par Claire MALECOT
et Eric DARROUZET

■ Quel est votre parcours? Quelles sont les personnes clés ayant influencé vos choix professionnels?

Mon père était d'origine sud africaine et ma mère anglaise. J'ai vécu jusqu'à l'âge de 14 ans en Afrique du Sud, au Lesotho. La vie étant devenue difficile pour nous suite à la politique de l'Apartheid, nous avons rejoint le Royaume-Uni où j'ai fait mes études. Lors de mon adolescence, dans les années 60, mon père m'a fait rencontrer Max Perutz (collègue de Mrs Watson et Crick qui sont à l'origine de la découverte de l'ADN) à Cambridge. Cette rencontre, d'environ 10 minutes, a été une vraie révélation. Elle m'a décidé à devenir chercheur en biologie moléculaire. Avant d'aller à l'Université, mon père m'a encouragé à faire une année blanche en Afrique de l'Est. J'ai ainsi passé 6 mois au Serengeti comme stagiaire. Cette période m'a montré que bien que les mécanismes moléculaires étaient passionnants intellectuellement, j'aimais néanmoins plus la nature. J'ai donc décidé de travailler sur la biologie, mais sur les individus et non pas sur les échelles cellule et molécule. J'ai alors changé de cap pour la zoologie à l'Université. J'ai ensuite fait ma thèse en Afrique au Serengeti, et un post-doc en Camargue à la Station biologique

Le sélénium, un composant de l'eau sous surveillance

L'eau, élément indispensable à la vie, est omniprésente dans les milieux et sa qualité interfère directement ou indirectement avec la santé humaine. Si elle contient des éléments nécessaires à notre santé, certains autres peuvent selon leurs concentrations, se révéler bénéfiques ou toxiques. Le Laboratoire de Chimie et Microbiologie de l'Eau (LCME - UMR 6008 CNRS/Université de Poitiers), s'intéresse particulièrement à l'un d'entre eux, le sélénium.



La reconnaissance de l'influence de l'environnement sur la santé, a émergé officiellement, lors de la conférence d'Hel-sinki organisée par le bureau européen de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en 1994 et a abouti à l'élaboration d'une charte de l'environnement et de la santé.

La France a lancé le Plan National Santé-Environnement (PNSE) en 2004, renouvelé en 2009, pour répondre aux préoccupations des citoyens sur les conséquences sanitaires de l'exposition à certaines pollutions, avec pour objectifs prioritaires de :

- garantir un air et une eau de bonne qualité,
- prévenir les pathologies d'origine environnementale et notamment les cancers,
- mieux informer le public et protéger les populations sensibles.

Le PNSE souligne également la nécessité d'améliorer les connaissances par des études, impliquant une transdisciplinarité, et permettant de :

- développer des programmes épidémiologiques portant sur des risques sanitaires spécifiques liés à la consommation d'eau,
- renforcer les connaissances sur l'exposition des populations et sur la morbidité attribuable aux eaux de consommation,
- développer des programmes de recherche sur les perturbateurs endocriniens et notamment développer la recherche épidémiologique.

Le sélénium, essentiel et pourtant toxique

Le sélénium contribue à la santé humaine aussi bien qu'animale, mais peut devenir toxique à de fortes concentrations. Il a été associé à des phénomènes toxiques voire mortels lorsque les apports sont trop importants ou au contraire insuffisants. Le sélénium est aujourd'hui considéré pour ses propriétés anti-oxydantes, mais il possède une marge thérapeutique étroite. Chez l'homme, en dehors d'une exposition professionnelle, la principale source de sélénium est l'ingestion d'aliments. L'eau potable est généralement considérée comme une source négligeable, car elle contient moins de 1 µg/L de sélénium dans la majorité des cas. Les aliments les plus concentrés en sélénium sont ceux riches en protéines (viande, volaille, poisson), tandis que les aliments d'origine végétale sont pauvres en sélénium, sauf exceptions (champignons, ail, oignons, noix, choux...). Toutefois, des différences importantes de concentration en sélénium sont observées pour un même

aliment en fonction du sol où il a été produit. La richesse du sol en sélénium (qui varie en fonction de l'abondance naturelle et de l'apport anthropique), mais également différents facteurs physico-chimiques du sol (pH, degré d'oxydation et teneur en sels minéraux) influent sur la quantité de sélénium biodisponible captée par la plante. Par conséquence, les animaux ont un apport en sélénium variable d'une zone à l'autre suivant la teneur en sélénium des plantes ingérées. A l'extrémité de la chaîne alimentaire, l'homme ingère donc des quantités de sélénium très variables en fonction du type et de la provenance de son alimentation. Des valeurs extrêmes ont été observées entre les zones les plus pauvres en sélénium (zones séléniprives), avec des apports inférieurs à 20 µg/j et les zones les plus riches (zones sélénifères) avec des apports allant jusqu'à 5000 µg/j. Généralement, les apports européens moyens varient entre 40 et 100 µg/j, alors qu'aux États-Unis et au Japon ils seraient de l'ordre de 150 µg/j. En France, les apports moyens sont de l'ordre de 50 µg/j. La majorité des eaux de consommation est conforme à la réglementation (inférieur à 10 µg.L-1). Cependant, plusieurs collectivités du département de la Vienne sont desservies par une eau contenant entre 10 et 20 µg.L-1 de sélénium, nécessitant le recours à des dérogations.

Sélénium et eau potable

Puisqu'il existe une marge étroite entre les apports nutritionnels et les apports toxiques, et que la consommation d'eau

du robinet riche en sélénium peut être responsable d'une augmentation des apports, la concentration en sélénium de l'eau du robinet est un paramètre à contrôler. Les distributeurs d'eau potable se doivent donc de mettre à disposition une eau dont la teneur en sélénium est dénuée de risques d'effets délétères pour la santé de la population. Pour guider dans le choix de la valeur de cette teneur, l'Organisation Mondiale de la Santé propose une concentration limite autorisée dans l'eau potable de 10 µg/L, en précisant la nécessité d'adapter cette recommandation en fonction de la teneur en sélénium du sol, dans les zones géographiques concernées. Les instances françaises ont retenu cette valeur, et l'ont incluse dans la réglementation.

L'eau sous surveillance en Poitou

L'eau constitue un axe de recherche important, depuis longtemps développé à Poitiers, au travers d'un PROGRAMME-EAU transversal entre plusieurs composantes de l'Université, dont le principal acteur est le Laboratoire de Chimie et Microbiologie de l'Eau (LCME). Parmi toutes les thématiques du laboratoire, les chercheurs s'intéressent à l'exposition des populations aux risques (chimiques et parasitologiques) et leurs effets sur la santé, en relation avec la

consommation d'eau. Ils étudient, par une évaluation complémentaire chimique et épidémiologique, les effets des contaminants (qu'ils soient naturels ou anthropiques) sur la santé humaine.

Une étude concerne la mesure de l'exposition au sélénium de personnes alimentées par une eau potable à teneur élevée en cet élément dans la Vienne. Ce sujet est financé par le CNRS, l'Université de Poitiers, l'État (DRASS Poitou-Charentes), le Conseil Général de la Vienne, et diverses communes régionales. L'objectif était de quantifier le niveau d'exposition individuelle au sélénium de la population générale adulte résidant dans ces différentes communes. Les facteurs d'exposition identifiés étaient la consommation d'eau du robinet et l'autoconsommation (consommation de produits d'origine locale). Les apports séléniés quotidiens ont été estimés par la passation de questionnaires auprès des habitants, et par la collecte aux quatre saisons, de tous les aliments et boissons ingérés pendant deux journées complètes. L'imprégnation corporelle séléniée a été réalisée, par la mesure de la concentration en sélénium des coupures d'ongles, entre des personnes résidant dans ces collectivités et d'autres n'y résidant pas. Le sélénium total a été quantifié par spectrométrie de



masse à plasma induit (ICP-MS), à travers une collaboration avec l'Université de Pau et de l'Adour, Équipe de Chimie Analytique Bio-Inorganique et Environnement (UMR CNRS 5254). Les résultats ont montré que les sujets n'étaient pas exposés à des doses toxiques de sélénium. En effet, les apports quotidiens séléniés des sujets correspondaient aux recommandations et étaient largement inférieurs à la dose sans effet indésirable observée proposée par l'OMS. Concernant la mesure de l'imprégnation corporelle, les sujets résidant dans les collectivités avaient toutefois des concentrations dans les ongles légèrement plus élevées que les sujets n'y résidant pas. Cependant, cette différence ne se répercute pas au niveau clinique: il n'a pas été retrouvé de différences significatives concernant l'état de santé général des deux groupes d'habitants, évalué par le profil de santé de Duke (*).

Ces travaux ont été présentés à la commission « eaux » de l'Afssa en mai 2008, dans le cadre d'une révision de la limite française de qualité pour le sélénium dans les eaux potables. ■

() Pour évaluer la qualité de vie perçue par les personnes, les enquêtes Baromètre Santé utilisent depuis 1996 le profil de santé de Duke. Cet instrument est constitué de 17 questions, combinées entre elles, pour former 8 échelles : physique, mentale, sociale, santé perçue, anxiété, douleur, estime de soi et dépression. Les scores, pour les dimensions physiques, mentale et sociale, sont calculés et normalisés de 0 (mauvaise qualité de vie) à 100 (qualité de vie optimale). Ceux des dimensions d'anxiété, de douleur et de dépression sont exprimés en sens inverse.*



Contacts :

Virginie MIGEOT

virginie.migeot@univ-poitiers.fr

Sylvie RABOUAN

sylvie.rabouan@univ-poitiers.fr

L'eau : un risque pour les déchets radioactifs

Actuellement, deux solutions existent pour la gestion des déchets nucléaires ; le retraitement (uranium, plutonium et actinides mineurs) et le stockage. Dans ce second cas, il est indispensable de prévoir les conséquences des infiltrations d'eau qui pourraient se produire après des milliers d'années de stockage en zones géologiques profondes.

De 1991 à 2006, la communauté scientifique a concentré ses efforts sur les 3 axes principaux de recherche sur la gestion des déchets à haute activité et à longue vie (HAVL) : la séparation et la transmutation des déchets (tri et transformation de certains éléments afin d'en diminuer la radioactivité à long terme), les procédés de conditionnement et d'entreposage de longue durée en surface et enfin le stockage en formation géologique profonde. Ces voies de recherche prennent en compte la protection de l'environnement, de la santé, du droit des générations futures, de la réversibilité.

Le stockage a permis de proposer une technique de gestion du combustible usé en cours de validation. Le combustible usé est placé dans des conteneurs d'acier, eux-mêmes stockés dans une alvéole de béton. L'ensemble de l'installation est creusé dans une zone géologique stable, qui fait barrière naturelle entre le déchet et la biosphère, grâce à l'imperméabilité de l'argile. Toutefois, en cas d'infiltrations, les conditions réductrices qui règnent dans les couches géologiques profondes deviendraient au contraire très oxydantes : en effet le combustible enterré émet des rayonnements ionisants (α , β et γ) qui provoquent la radiolyse de l'eau. Il en découle la production de nombreuses espèces chimiques, majoritairement oxydantes, qui pourraient favoriser la dissolution du combustible nucléaire, d'ordinaire très peu soluble, et par conséquent une pollution de l'eau qui contaminerait la biosphère. Le combustible usé ne peut



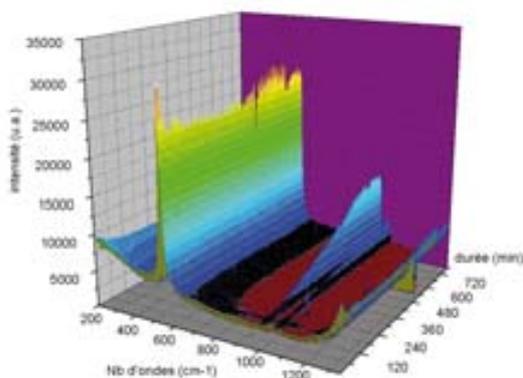
Mesure de diffusion Raman *in situ* sur un échantillon d'oxyde d'uranium pendant l'irradiation (particules α .)

théoriquement pas rencontrer d'eau, étant donné les différentes barrières qui l'en séparent. Mais comment être sûr de la stabilité géologique, ou du bon vieillissement des matériaux de protection, sur plusieurs dizaines de milliers d'années ? C'est pourquoi il est indispensable de mieux connaître les réactions de l'oxyde d'uranium s'il venait notamment à entrer en contact avec de l'eau.

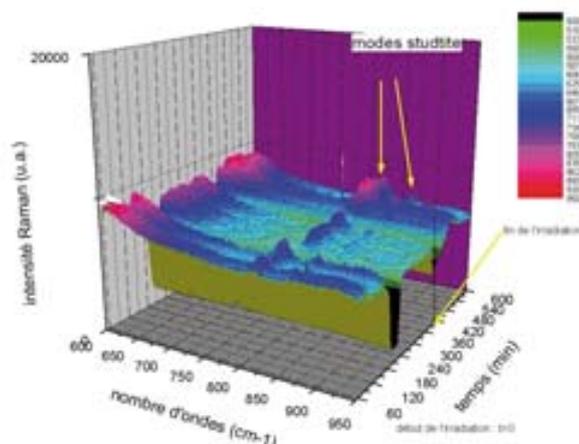
Les moyens d'étude du CEMHTI

Le CEMHTI possède et mobilise deux types d'outils et leur savoir-faire expérimentaux associés et collabore avec d'autres laboratoires (LSI, Palaiseau, LCPME Nancy) pour rassembler les connaissances scientifiques nécessaires à l'étude de l'effet de la radiolyse alpha de l'eau sur l'altération du combustible : l'effet des rayonnements alpha (α) sur

les interactions déchet/eau est simulé avec des particules α accélérées par le cyclotron, et le suivi de ces interactions est réalisé *in situ* en temps réel par des mesures de diffusion Raman couplées à des mesures d'électrochimie. Le cyclotron est un accélérateur de particules (protons, deutons, hélions, α). Ces particules chargées sont placées dans un champ magnétique et suivent une trajectoire en forme de spirale. Elles sont accélérées (grâce à un champ électrique alternatif) à des énergies de quelques MeV à une quarantaine de MeV. Le faisceau de particules est ensuite dirigé vers une cible et permet d'irradier un échantillon afin d'en étudier ses propriétés, ses défauts, son usure, ou de simuler la désintégration nucléaire. La spectrométrie de diffusion Raman est une technique d'investigation non destructive de



Évolution de l'altération du combustible en fonction du temps dans une solution d' H_2O_2 .



Évolution de l'altération du combustible en fonction du temps sous irradiation de particules.

la matière, que celle-ci soit à l'état de gaz, de liquide ou de solide (cristallisé ou amorphe). Cette technique consiste à analyser le rayonnement diffusé par la matière lorsque celle-ci est soumise à un faisceau lumineux monochromatique excitateur (laser). Le « spectre Raman » ainsi obtenu (reflet des fréquences de vibration des atomes) est spécifique de la nature chimique de l'échantillon excité, de son état structural, de son orientation par rapport au faisceau excitateur, de paramètres d'environnement tels que la température ou la pression, etc. La spectrométrie Raman peut être réalisée sous microscope et de ce fait sur des volumes limités au micromètre-cube. Effectuée point par point, elle conduit à l'imagerie Raman qui peut ainsi fournir une cartographie chimique, structurale, tridimensionnelle jusqu'à une résolution micrométrique. Les deux techniques de caractérisations utilisées, non-destructives, permettent ainsi de suivre en temps réel et pendant l'irradiation, l'altération du solide grâce à la spectrométrie Raman, et de caractériser les espèces radiolytiques en solution par voltampérométrie cyclique via une sonde électrochimique

Un modèle théorique des déchets

Certains laboratoires travaillent directement sur le combustible usagé. Mais ces expériences sont très contraignantes en raison de la radioactivité du maté-

riau. Le Laboratoire CEMHTI utilise pour sa part un modèle théorique du combustible pour déterminer par l'expérience les processus élémentaires régissant l'altération du déchet.

Lors de cette première campagne de mesures Raman *in situ*, les conditions ont été les suivantes : sur un échantillon de dioxyde d'uranium appauvri, le faisceau de particules α simule l'émission de rayons α par les radio-isotopes du combustible usagé. Les rayons β et γ ne sont par contre pas simulés car leur durée de vie est plus courte (10 000 ans). On étudie les interactions combustible/eau pure, et non pas eau naturelle (riche en électrolyte), afin de simplifier la simulation, en diminuant, au moins dans une première étape, le nombre de paramètres.

On peut faire varier l'énergie d'accélération des particules α (afin de faire varier la pénétration dans le matériau et l'eau), ainsi que leur flux (nombre de particules par unité de temps et ainsi se rapprocher au maximum de la radioactivité réelle du combustible usagé.

La formation de studtite

Au laboratoire, les chercheurs ont observé l'apparition et la croissance d'une couche d'altération (studtite : $UO_4 \cdot 4H_2O$) du solide UO_2 pendant et après l'irradiation. Une couche également composée de studtite apparaît aussi lorsqu'on met de l'eau oxygénée

au contact de l'échantillon. Dans l'avenir, les chercheurs du CEMHTI prévoient de développer des techniques de diffusion Raman résolues en temps réel. Couplées à des irradiations pulsées, elles donneront accès aux espèces transitoires créées lors de l'irradiation et ainsi à un champ de connaissances sur les phénomènes et les espèces radiolytiques transitoires, pour lesquels très peu de méthodes sont aujourd'hui opérationnelles.

Ces résultats constituent un premier pas dans le processus de compréhension de l'altération du combustible : ils attestent que la radiolyse de l'eau induite par le rayonnement α est à l'origine de la formation de cette couche de studtite. Restent à analyser *ex-situ* les échantillons grâce aux techniques d'imagerie Raman, afin de caractériser l'homogénéité de cette couche. Il conviendra également de corréler les résultats Raman obtenus dans des conditions variables de flux, et de fluence avec ceux relatifs à l'électrochimie afin de déterminer les processus majeurs qui contrôlent cette altération de la surface qui conduit à la dissolution de l'uranium dans l'eau pure. ■

Contact : Aurélien CANIZARES
aurelien.canizares@cnrs-orleans.fr



Prospection à vue sur un site de Toros-Ménalla Nord Tchad (MPFT 2004)

“Il est pas frais mon poisson !?!”

Moins médiatisés que les dinosaures, les premiers tétrapodes ou les hominidés anciens, les poissons fossiles sont le sujet de passionnantes recherches en paléontologie. On les étudie pour mieux connaître l'évolution de cet énorme groupe qui représente près de la moitié des vertébrés actuels, ou encore parce qu'ils apportent des informations uniques sur les géographies et les environnements aquatiques passés.

Ces derniers aspects sont développés à l'Institut international de paléoprimateologie, paléontologie humaine: évolution et paléoenvironnements (iPHEP – UMR 6046 CNRS/Université de Poitiers), où l'étude des poissons participe notamment à la reconstruction des environnements aquatiques associés aux hominidés anciens et à la reconstitution des relations hydrologiques entre les bassins habités par nos ancêtres.

Plus de 450 Ma d'évolution

Tout d'abord, de quoi parle-t-on quand on parle de « poisson » ? Sous ce terme se trouvent des organismes qui ne forment pas un groupe naturel mais un ensemble hétéroclite composé de nos cousins *coelacanthes* et *dipneustes* (*sarcoptérygiens*) et des poissons à nageoires rayonnées (ou *actinoptérygiens*). Certains y ajoutent les requins, les lamproies et myxines, des cordés et

vertébrés primitifs... Bref, on y trouve les cordés non-tétrapodes. Leurs histoires s'étendent sur plus de 450 millions d'années mais suivant les groupes, les diversités actuelles et passées sont très différentes. Les actinoptérygiens représentent aujourd'hui la très grande majorité des « poissons » et près de la moitié des vertébrés connus. On comprend alors aisément la grande variété des formes et les innovations observées sur le squelette osseux des actinoptérygiens.

Ces diversités actuelles et passées, la disparité des formes observées et leur présence dans des milieux aquatiques divers font des actinoptérygiens un groupe de choix pour étudier l'évolution et ses mécanismes à l'échelle des temps géologiques mais aussi pour reconstituer les milieux aquatiques passés ou encore les relations paléogéographiques entre les bassins hydrographiques. C'est

sur ces objectifs que le laboratoire développe à l'heure actuelle des recherches sur l'évolution des anthropoïdes et des hominidés et notamment leur contexte environnemental et géographique.

Les « poissons » des sites à hominidés

Les poissons fossiles des sites à hominidés sont collectés lors des campagnes de fouilles sur le terrain, en même temps que le reste de la faune. Les techniques de fouille sont communes à tous les organismes et dépendent plutôt de la taille des restes préservés et de l'encaissant. Les grosses pièces sont collectées à vue, tandis que les petites sont triées après tamisage des sédiments. Les os et les dents sont trouvés articulés ou isolés voire fragmentés suivant l'hydrodynamisme du dépôt. En milieu continental, il est plus rare de trouver des squelettes en connexion excepté le cas de sédiments lacustres.



Affleurement et campement le long d'une dune à Toros-Ménalla Nord Tchad (MPFT 2004)



Tamisage avant la tempête à Toros-Menalla Nord Tchad (MPFT 2004)

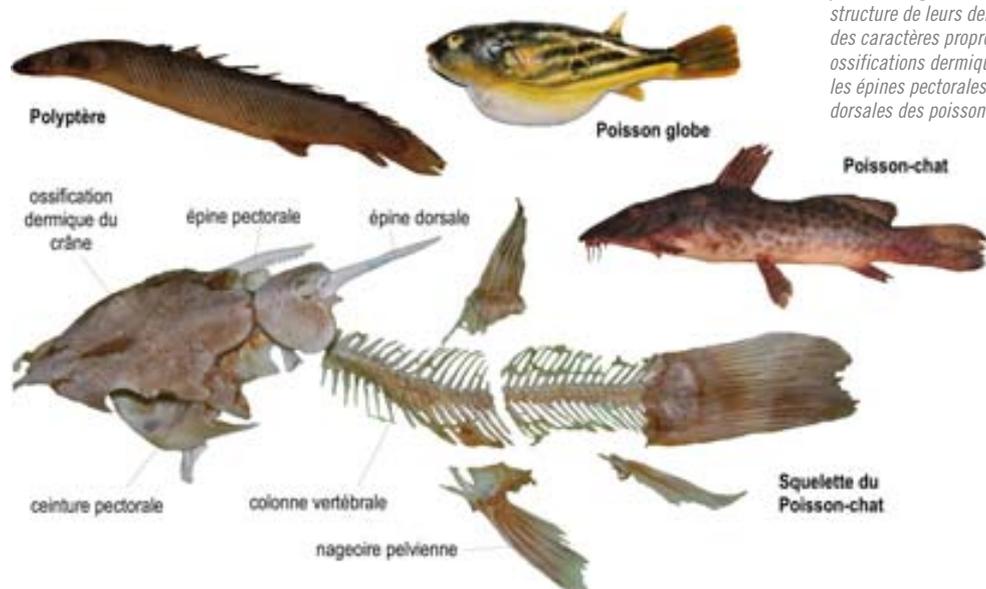
L'aire fossilifère de Toros-Ménalla (Tchad), datée à 7 millions d'années, a livré les ossements de *Sahelanthropus tchadensis* (Toumai), et l'une des plus riches paléoichthyofaunes connue en Afrique continentale représentée par des milliers de fossiles. La majeure partie des restes sont fragmentaires mais certains squelettes partiels ou complets sont préservés en connexion. Ils permettent alors de reconnaître plus précisément les espèces représentées. A Toros-Ménalla, c'est plus d'une vingtaine de genres et près de trente espèces qui ont été distingués. L'ichthyofaune fossilisée est moins riche que l'ichthyofaune actuelle, car de nombreux poissons ont les os trop fragiles pour être conservés et des dents trop petites ou indifférenciées.

Les poissons marqueurs des environnements

L'une des méthodes pour reconstituer un milieu aquatique est de considérer les poissons en tant que marqueurs biologiques de leur environnement. Chaque association de poissons est strictement liée à un milieu aquatique donné. Dans le fossile, on reconnaîtra ainsi, par exemple, une association à des eaux profondes, ou à des marécages. De plus, certains taxons sont inféodés à une niche écologique stricte et vont

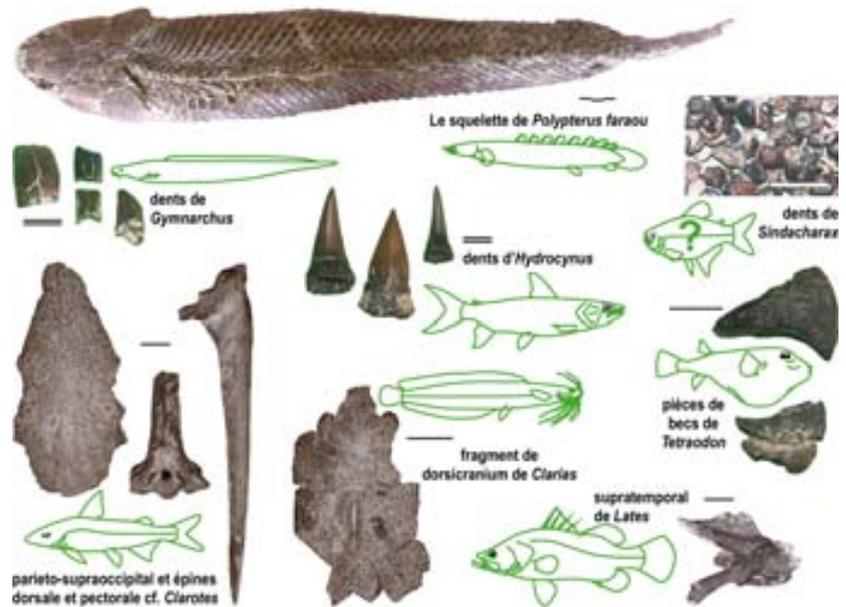
renseigner précisément sur l'état du facteur limitant incriminé dans leur environnement. Par exemple, la perche du Nil (*Lates niloticus*) indique un haut niveau d'oxygénation de l'eau, ou encore le *Gymnarchus* ne se trouve que dans des eaux non salées et a besoin de marécages pour sa reproduction. Ainsi, l'étude détaillée d'une paléoichthyofaune continentale permet, à partir de la connaissance de l'écologie des espèces actuelles, de définir précisément le paléoenvironnement aquatique enregistré dans un site fossilifère.

À l'époque de Toumai, le nord Tchad n'était pas un désert. La région était recouverte de végétation et d'un réseau hydrique qui alimentait un lac. Si certains des poissons qui y vivaient existent toujours, on y rencontre des espèces anciennes très proches des espèces actuelles, mais aussi des genres aujourd'hui disparus. À partir de la connaissance de l'écologie des taxons qui ont perduré, de leur abondance relative dans l'assemblage, et des associations en présence sur le site, on reconstitue l'environnement aquatique



La comparaison d'un polyptère, *Polypterus*, d'un poisson-chat, *Auchenoglanis*, et d'un poisson-chat, *Tetraodon*, illustre l'unité et la diversité des actinoptérygiens. Ils présentent des caractères anciens (ex: la présence d'un squelette axial vertébré), des caractères hérités de leur ancêtre commun (leur première nageoire dorsale, la structure de leurs dents) et des caractères propres (les ossifications dermiques et les épines pectorales et dorsales des poissons chats).

Suivant les sites, les assemblages ichthyologiques de Toros-Ménalla montrent des fossiles qui ont subi des histoires hydrodynamiques différentes. Les dimensions des fossiles sont très variables suivant le taxon et les restes préservés. Certains poissons sont morts en milieu calme et n'ont subi que peu ou pas de transport. Ils sont préservés en connexion. Le plus bel exemple est celui d'un exemplaire de *Polypterus faraou*, une espèce fossile tchadienne, retrouvé complet, posé sur le dos, avec les écailles du ventre effondrées dans la cavité viscérale. D'autres restes sont des os ou des dents isolés qui sont typiques de leur genre ou de l'espèce, comme par exemple les dents de *Sindacharax*, un genre éteint lointain cousin des piranhas (il faut une mâchoire en connexion pour reconnaître l'espèce), ou encore un supratemporal de *Lates niloticus*, la perche du Nil. Barre simple: 1 cm, barre double: 5 mm.



probable de chaque site. Le site qui a livré le crâne de Toumai, présente un environnement aquatique bien documenté, non seulement par le très grand nombre de fossiles et la diversité des poissons, mais aussi par la présence d'hippopotames et d'anthracothères, de crocodiles, de tortues et d'un python aquatique. En majorité, les poissons appartiennent à des espèces d'eaux courantes et bien oxygénées, telle la perche du Nil, *Lates niloticus*, ou encore le poisson-tigre, *Hydrocynus*, qui sont des carnivores chassant à vue. On rencontre aussi des poissons qui fréquentent plus particulièrement les bordures végétalisées où ils trouvent refuge et nourriture (comme certains *Synodontis*). Par contre, les espèces adaptées aux eaux marécageuses et peu oxygénées sont peu fréquentes. Enfin, l'abondance des poissons qui mangent des coquillages permet de supposer leur présence sur les fonds. Le milieu aquatique correspond à un lac ou un large cours d'eau, aux bordures végétalisées, ainsi que, pour une faible fraction à un marais et à des flaques marginales.

D'autres informations environnementales peuvent être obtenues à partir de ces mêmes fossiles. Deux pistes, géochimiques et histologiques, sont actuellement prospectées. Un organisme incorpore des éléments dans ses tissus tout au long de sa vie. En particulier,

l'oxygène est incorporé dans les phosphates et les carbonates des dents et des os. Dans un organisme ectotherme, comme les poissons, le fractionnement des isotopes de l'oxygène (exprimé par le $\delta^{18}O$) dépend de la température du milieu et du $\delta^{18}O$ de l'eau de boisson, lui-même fonction des cycles précipitation/ évaporation régionaux et/ou locaux. Le $\delta^{18}O$ renseigne donc potentiellement sur le climat. Par ailleurs, la croissance des poissons et de leurs os est continue. Suivant la qualité de leur environnement (ressources alimentaires, température, etc.) mais aussi de leur cycle biologique elle est plus ou moins rapide. Les stries de croissance dans les tissus minéralisés (os et écailles) sont visibles sur les restes fossiles. Leur analyse doit permettre d'apporter des informations sur des modifications de leur environnement au long de la vie. En suivant ces deux pistes, de nouvelles données, indépendantes, sur les environnements continentaux anciens africains, devraient être établies.

Les poissons traceurs de paléogéographie

La distribution des espèces n'est pas aléatoire. L'aire de distribution d'une espèce dépend de sa tolérance écologique et de l'histoire géologique et climatique. Au cours du temps, cette

histoire est enregistrée par les relations de parenté entre les espèces. Ainsi, une des façons de reconstituer les voies de dispersions des faunes de vertébrés entre des bassins est d'utiliser les poissons actuels et fossiles comme marqueurs des connexions entre réseaux hydrographiques.

Les migrations et les dispersions des poissons sont directement contraintes par l'existence et la qualité des connexions entre les bassins hydrographiques. Par exemple, des poissons particulièrement résistants passeront même par des connexions temporaires et des milieux contraignants. A contrario, la dispersion d'autres taxons n'est possible que pour des eaux pérennes et bien oxygénées. Les relations de parenté sont reconstruites en intégrant les poissons actuels et mais aussi les fossiles, ce qui permet d'avoir une vision plus complète de l'histoire du groupe et de caler le scénario proposé dans le temps.

Actuellement, douze régions ichthyologiques sont reconnues en Afrique. Elles sont caractérisées par des associations de poissons qui traduisent l'histoire géologique et climatique du continent. Les poissons fossiles et actuels du Tchad sont typiques de la zone Nilo-Soudanaise qui s'étend du Nil à l'est aux côtes de l'Atlantique à l'ouest, entre le Sahara

et la Dorsale centre-africaine. Certains fossiles tchadiens nous racontent l'histoire des contacts entre les sous-bassins de cette zone. Par exemple, les poissons chats de la famille des *Ariidae* ne sont actuellement connus que dans le bassin du Niger par une espèce unique qui est en train de disparaître. Pourtant entre 5 et 3 millions d'années, ils sont représentés dans d'autres bassins, au Tchad (autour de 5, de 4 et de 3,5 millions d'années), et en Libye (autour de 5 MA). Cette distribution ancienne nous indique que les contacts qui existent toujours entre les bassins du Tchad et du Niger fonctionnent depuis au moins 5 millions d'années. Par ailleurs, elle confirme l'existence de connexions anciennes trans-sahariennes entre la Tchad et la Libye qui avaient été montrées par la distribution d'un mammifère amphibien. De plus, elle permet de préciser la nature de ces connexions. Pour qu'un *Ariidae* ait pu transiter entre les deux bassins, un continuum d'eaux vives a existé. Cela indique qu'il y a quelques millions d'années la région Nilo-Soudanaise s'étendait au Nord du Sahara.

Une approche intégrant phylogénie moléculaire (des poissons actuels) et analyse de la distribution actuelle et passée d'un groupe permet d'établir un scénario biogéographique original entre

les bassins africains, calé dans le temps. À partir de l'étude des *Synodontis* l'histoire des échanges entre les bassins qu'ils habitent, a pu être reconstruite. Ce groupe de poissons-chats émerge autour de 35 millions d'années en Afrique Centrale, dans le bassin du fleuve Congo délimité au nord par la Dorsale centre-africaine. Il y a plus de 20 millions d'années, une population dépasse cette barrière et fonde le clade des *Synodontis* nilo-soudanais dont le plus ancien représentant connu a été découvert dans des dépôts d'Égypte datés de 18 millions d'années. Jusqu'à 10 millions d'années, un grand réseau de drainage trans-africain parcourt la zone Nilo-Soudanaise d'est en ouest comme le supporte l'existence de clades distribués sur l'ensemble de cette zone. Ensuite, ce grand réseau est interrompu en lien avec le fonctionnement du rift est-africain qui a généré des reliefs plutôt orientés nord-sud. Cet événement est révélé par des spéciations de *Synodontis* disjointes dans les bassins nouvellement séparés, mais aussi par certaines spéciations dans d'autres groupes aquatiques comme le poisson fossile *Semlikiichthys*, ou encore des hippopotames. Pour des périodes plus récentes (de 5 millions d'années à l'actuel), on enregistre de nombreux échanges,



Prélèvement sur site à Toros-Ménalla Nord Tchad (MPFT 2004)

entre le bassin du Tchad et le Nil, ou encore entre certains grands lacs de l'est africain.

Ces travaux, nouvellement développés par les ichtyologues de l'IPHEP en collaboration avec des géochimistes (PEPS, Lyon) et des néontologues (IRD Paris et Montpellier), ont reçu un accueil prometteur dans la communauté scientifique. En utilisant les poissons comme un outil pour répondre à des questions précises sur les paléoenvironnements et la paléogéographie, le laboratoire participe à la construction de la connaissance sur les changements environnementaux au cours des temps géologiques et leur impact sur la diversité en milieu continental, ainsi que sur la reconstitution des géographies anciennes intra-continentales. ■

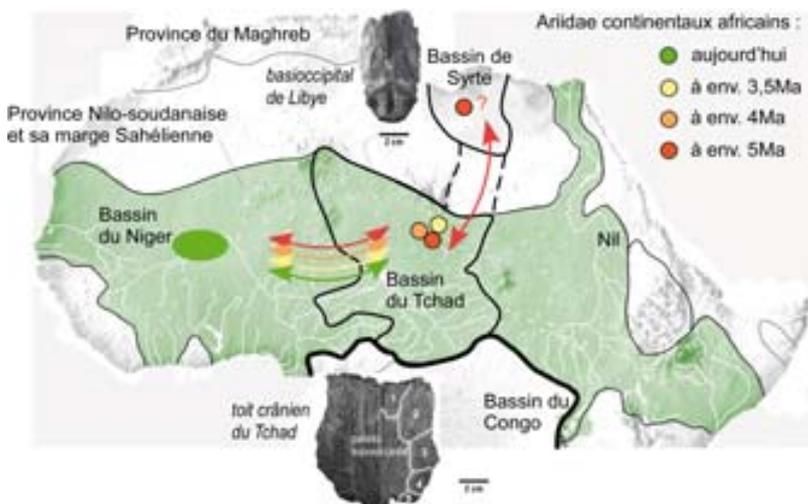
Contacts:

Olga OTERO

olga.otero@univ-poitiers.fr

Aurélien PINTON

aurelie.pinton@etu.univ-poitiers.fr



La distribution des *Ariidae* et les connexions trans-sahariennes entre bassins de la zone nilo-soudanaise. Des fossiles attestant la présence de cette famille de poissons sont représentés. On les reconnaît par la forme caractéristique de certains os (basioccipital), ou encore par leur organisation relative (nombre d'os en connexion avec le supraoccipital en vue dorsale).



Nasses de pêcheur le long du Chari Tchad (MPFT 2004).

Le monnayage en orichalque romain maîtrise d'un alliage monétaire

L'Institut de Recherche sur les ArchéoMATériaux d'Orléans (IRAMAT) développe des études pluridisciplinaires autour de la numismatique. Une étude(*) du monnayage en orichalque dans l'Empire romain [Ier av. J.-C. – IIIe ap. J.-C.] est en cours qui associe des recherches physico-chimiques aux études numismatiques, historiques et archéologiques.

Vers 23 av. J.-C., sous le principat d'Auguste (le fils adoptif de César), les romains ont introduit dans leur système monétaire le monnayage en orichalque, à partir d'un alliage de cuivre et de zinc aussi appelé laiton. Il était utilisé pour la fabrication des sesterces, dupondii et semisses. Ces monnaies complétaient un système monétaire déjà constitué de monnaies d'or (les *aurei*), d'argent (les deniers) et de cuivre (les as et les *quadrantes*). Le système était susceptible d'évoluer : les deniers ont été dévalués au cours de l'empire (l'argent a été remplacé petit à petit par du cuivre), et les as et *quadrantes* ont été parfois frappés en laiton (par exemple sous Néron). Il est arrivé même qu'il y ait des émissions en orichalque et en cuivre du même type de monnaies (des as par exemple) sous un même empereur. Le monnayage en orichalque n'a pas échappé non plus aux changements de composition : entre le I^{er} siècle av. J.-C. et le III^e siècle ap. J.-C., la teneur en zinc a diminué. Lors de la réforme monétaire de Dioclétien en 294 ap. J.-C., l'orichalque a été définitivement abandonné en tant qu'alliage monétaire au profit du bronze.



Sesterce de Néron, (BnF BNCMERII 77)

Les équivalences poids-teneurs

Les analyses élémentaires de ces monnaies par activation avec des neutrons rapides avec le cyclotron du laboratoire Conditions Extrêmes et Matériaux: Haute Température et Irradiation (UPR CNRS) ont permis à l'IRAMAT de mettre en évidence certaines relations poids-alliages et de préciser l'évolution de la composition.

Néron a été le premier empereur à émettre à la fois des as et quadrantes en cuivre et en orichalque de façon systématique. L'étude des exemplaires en orichalque a montré une équivalence entre les poids et la valeur de la monnaie. La teneur en zinc présente

dans l'alliage monétaire a aussi été prise en considération : elle est presque deux fois moins importante dans les petites monnaies (*semisses* et *quadrantes*) que dans les sesterces ou dupondii. Les Romains ont diminué la valeur de ces monnaies non seulement en jouant sur le poids, mais aussi en diminuant la valeur de l'alliage. L'élaboration du laiton était en effet plus coûteuse que l'extraction et la purification du cuivre. Elle nécessitait l'utilisation d'une quantité plus importante de charbon de bois, mais aussi de matériels supplémentaires tels que des creusets, ou des outils (pinces, etc.) car il était nécessaire d'une part de traiter le cuivre, et d'autre part de fabriquer l'alliage cuivre-zinc. Les *quadrantes* qui étaient normalement en cuivre, ont conservé ainsi une certaine parité de valeur avec les *quadrantes* en orichalque frappés de façon exceptionnelle.

La diminution de la teneur en zinc au fil du temps

Les analyses de composition mettent en évidence d'autres phénomènes : en effet, si on regarde les teneurs en zinc présentes non plus dans les monnaies d'un

(*) Thèse financée par la Région Centre

Équivalences entre les différentes espèces monétaires de l'Empire romain

Dénomination des monnaies romaines	Équivalence en denier et/ou en as
1 aureus	25 deniers = 250 as
1 denier	10 as
1 sesterce	4 as
1 dupondius	2 as
1 as	1 as
1 semis	1/2 as
1 quadrans	1/4 as

Poids et teneurs moyens des monnaies en orichalque de Néron

Dénomination	Poids moyen et écart type des monnaies (g)	Teneur moyenne en zinc et écart type (% pondéraux)
Sesterce	25,8 ± 2,9	20,7 ± 3,14
Dupondius	16,1 ± 2,2	20,5 ± 3,73
As	8,6 ± 0,3	22,6 ± 1,81
Semis	3,9 ± 0,3	13,0 ± 1,66
Quadrans	1,9 ± 0,0	12,5 ± 0,46

Entre ces différentes monnaies, il existe une équivalence fixée par les responsables romains et exprimée par des différences de poids, d'iconographie, de légende et d'alliage.



Coulée de laiton sur la plate-forme expérimentale du site des Mines d'Argent des Rois Francs à Melle (Deux-Sèvres)

seul empereur, mais dans l'ensemble du monnayage romain d'Auguste à Dioclétien, on observe une diminution progressive de la teneur en zinc. Ce sont tout d'abord les analyses chimiques par voie humide effectuées par E. Caley (***) dans les années soixante sur les monnaies romaines qui l'ont montré. Aujourd'hui, les analyses élémentaires non-destructives réalisées par activation avec des neutrons rapides de cyclotron sur le monnayage en orichalque affinent la vision que nous avons de ce phénomène. La baisse ne semble pas aussi prononcée que ce que paraissaient montrer les résultats de E. Caley. Les hypothèses actuelles pour expliquer cette tendance sont essentiellement liées à la pratique de la refonte. Les empereurs réutilisaient les monnaies des empereurs précédents, ce qui provoquerait une perte en zinc. Le zinc est en effet l'élément le plus volatil dans les

monnaies en orichalque. Sans précaution particulière lors des refontes, il est susceptible de disparaître complètement de l'alliage.

Afin de valider cette hypothèse, dont les sources anciennes ne disent rien, une approche expérimentale a été mise en place.

L'introduction des refontes et de l'expérimentation

Le but des expérimentations entreprises sur la plate-forme expérimentale du site des Mines d'Argent des Rois Francs à Melle (Deux-Sèvres) est de reconstituer les étapes de la fabrication de l'alliage au sein d'un atelier monétaire antique en se fondant sur les traces d'ateliers trouvées lors de fouilles archéologiques. Le four, les moules, les creusets, les couvercles, les outils, le choix du métal, mais aussi les gestes nécessaires à l'opération de refonte sont pris en considé-



Coulée en grappe de flans monétaires

ration. Cependant, aucun atelier officiel antique n'ayant été retrouvé, on prend en compte les informations obtenues à partir de l'étude des ateliers de faux-monayage, ainsi que des ateliers d'autres époques technologiquement proches.

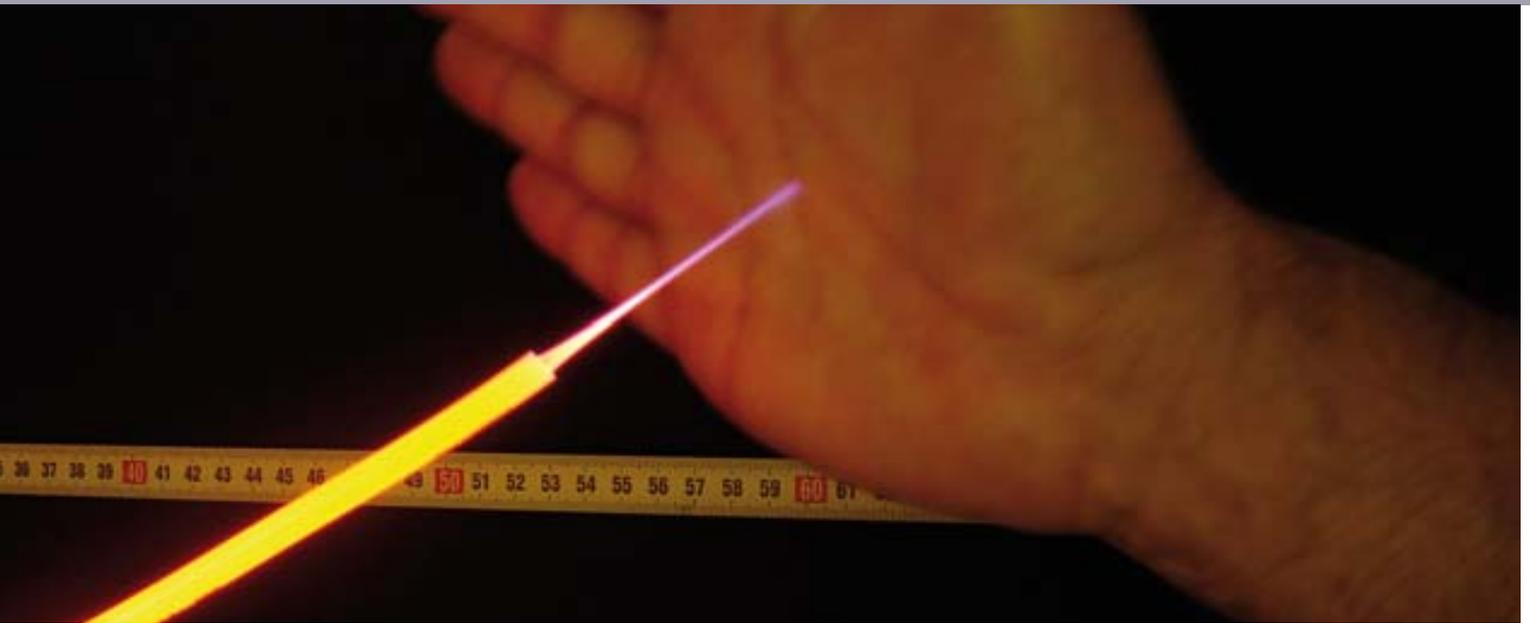
Ces expérimentations donnent une première approche physique des techniques de fabrication des monnaies. Les problèmes rencontrés par les artisans métallurgistes romains sont mieux appréhendés. Dans notre cas, elles permettent de mieux percevoir le contrôle des pertes en zinc et la technique de fonte. Le contrôle des teneurs en zinc dans les quadrantes et semisses et la capacité à limiter les pertes en zinc lors des refontes, laissent donc penser que les Romains maîtrisaient la composition de leurs alliages, et qu'ils avaient donc construit un système monétaire sophistiqué et cohérent. ■

Contact: Arwen GAFFIERO
arwen.gaffiero@wanadoo.fr



Flan monétaire frappé

(***) E. Caley, était un professeur de chimie à l'"Ohio State University". Ses travaux font références, c'est un des premiers chercheurs à montrer le déclin progressif de la teneur en zinc dans le monnayage en orichalque romain. Ses travaux sont cités 9 fois sur 10 dans les articles qui mentionnent le sujet.



Plasma Gun GREMI: Plasma froid transitoire (durée du plasma ≈ 75 ns) à grande vitesse (qq. 10^7 cm/s) à la pression atmosphérique en sortie d'un tube diélectrique.

Des plasmas pour la médecine

Quand on associe « plasma » et « médecine », on pense tout naturellement aux plasmas sanguins. Or, dans un futur proche, il faudra sans doute associer au domaine médical un autre type de plasma semblable à celui rencontré dans les écrans plats de télévision, les enseignes lumineuses, ou les tubes fluorescents, pour ne citer que ces quelques exemples.

Le plasma est un gaz ionisé, généralement créé par décharge électrique, qui présente des propriétés radiatives, thermiques et réactives et peut aussi transférer une partie de l'énergie qu'il a stockée dans la production de radicaux libres.

S'il existe de nombreuses sortes de plasmas présentant des caractéristiques extrêmement variées, aujourd'hui les chercheurs s'intéressent particulièrement aux plasmas dits froids hors équilibre à la pression atmosphérique (PFHEpa). Ils ont la particularité d'engendrer dans un gaz à une température très proche de l'ambiante des réactions nécessitant d'ordinaire des températures particulièrement élevées. Ce petit tour de magie est dû à la présence d'électrons de grande énergie qui se chargent de faire le « travail » sans chauffer les autres espèces alentours que sont atomes, molécules, ions et radicaux. Cet aspect est extrêmement important. En effet, les plasmas dits thermiques (où toutes les espèces en présence sont toutes à la même température qui est

en général assez élevée), déjà employés par exemple dans l'électrocautérisation, l'hémostase ou la section de tissus, engendrent en général des dégradations importantes des tissus touchés avec des zones de brûlures. Les PFHEpa offrent une plus grande flexibilité et permettent de créer des conditions préservant les tissus sains pour des traitements présentant a priori une meilleure sélectivité. Les plasmas froids hors équilibre offrent ces possibilités parce qu'au lieu de simplement brûler, ils catalysent une activité biochimique spécifique des tissus et des organes. Cette activité peut être ajustée en adaptant les propriétés des plasmas générés. On peut par exemple faire varier les proportions de radicaux, d'espèces excitées, d'ions ou d'électrons et les flux de photons

Depuis longtemps utilisés pour le traitement des polymères, la production de rayonnement ou la production d'ozone pour la désinfection de l'eau, ces PFHEpa viennent de connaître un énorme regain d'intérêt et font l'objet

de très nombreuses recherches aux USA, en Russie, au Japon, en Europe. Les PFHEpa présentent des propriétés tout à fait particulières qui les rendent spécialement attractifs pour le développement de nouveaux procédés dans le domaine médical pouvant conduire à de nouvelles applications thérapeutiques. Cela concerne aussi bien le contrôle des saignements ou la prévention du développement de bactéries sur des organes opérés, que les soins sur des plaies persistantes ou des ulcères, probablement le traitement de tumeurs et sans doute beaucoup d'autres domaines non encore explorés. On doit aussi bien évidemment mentionner tout ce qui concerne la prévention des infections au travers de l'éradication des organismes pathogènes qui se trouvent dans l'environnement immédiat du patient (corps et organes, instruments, air), applications liées à la stérilisation et décontamination.

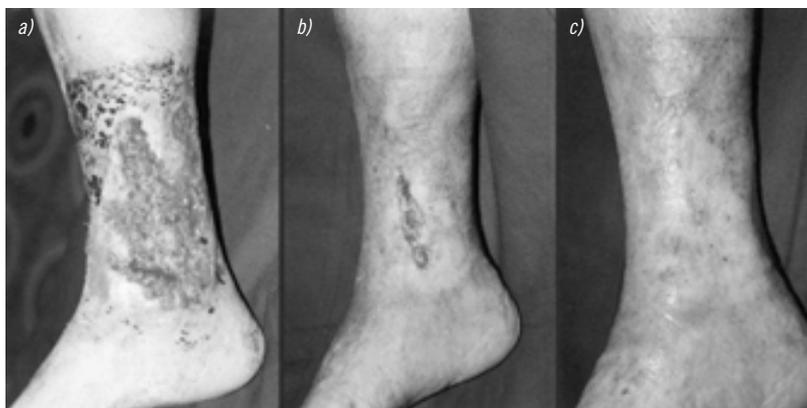
Des recherches multidisciplinaires
Ces recherches, au départ essentiel-

lement conduites par des plasmiciens (physiciens des plasmas) sont maintenant l'objet de collaborations étroites avec des biologistes et des praticiens. A ce jour, des progrès considérables restent cependant à faire dans la compréhension des mécanismes qui interviennent au cours de l'interaction plasma/tissu biologique. Une première conférence internationale « Plasma Médecine », organisée à Corpus-Christi aux USA fin 2007, a permis de jeter les premières bases d'une collaboration efficace entre les diverses communautés scientifiques concernées par le sujet qui ne parlent pas du tout le même langage et ont des pratiques expérimentales souvent aux antipodes les unes des autres.

Le 1^{er} juillet 2008, le Groupe de Recherche en Énergétique des Milieux Ionisés (GREMI) à Orléans, laboratoire reconnu pour ses compétences dans le domaine des PFHEpa, a organisé un premier workshop international « Plasma Santé » qui a permis à une large communauté régionale et nationale d'échanger avec les meilleurs spécialistes mondiaux du domaine, alors présents au laboratoire, venant des USA (Berkeley, Philadelphie, Norfolk, Minneapolis), du Canada (Hamilton), d'Italie (Bari), de Grande Bretagne (Loughborough), des Pays-Bas (Eindhoven) et d'Allemagne (Garching). Les échanges ont non seulement permis de souligner l'importance des nouveaux résultats obtenus, comme l'inactivation des promastigotes à l'origine de la leish-



Plasma d'air créé par une DBD Flottante (17kW/100Hz) actuellement utilisé pour des traitements de tumeurs sous-cutanées (photo GREMI).



Traitement par Plasma d'air et NO d'un d'ulcère veineux :
a) avant traitement ;
b) au bout de dix applications ;
c) après deux mois et vingt applications (from Sekhter et al.)

maniose cutanée, l'induction de l'apoptose (mort programmée de la cellule) de cellules tumorales, ou la guérison d'ulcères nécrotiques, mais aussi de pointer les principales directions de recherche des espèces chargées, du rayonnement, des variations importantes du champ électrique, de l'équivalent plasma de dose (analogie aux traitements radiothérapeutiques), ce dernier point ayant entraîné une discussion passionnante et passionnée.

Plumes, aiguilles, canons ... de plasmas

Dans ce contexte, de nombreux développements concernant des générateurs de plasmas à la pression atmosphériques ont été réalisés: Décharges à Barrière Diélectrique (DBD) à potentiel flottant, « aiguille » plasma, jets ou plume de plasma. Dans la plupart des cas, les décharges haute tension (quelques kV)..., mais faible courant, faible puissance (ouf!) générant les milieux plasmas sont créées à faible distance de la surface à traiter (~mm), soit à cause du type même de décharge (c'est le cas des DBD) ou à cause de l'extinction rapide du plasma se propageant dans l'air (plume plasma, aiguille plasma RF). Les chercheurs du GREMI ont récemment développé un nouveau type de plasma particulièrement original. Ce système « Plasma Gun » (canon plasma) basé sur des décharges impulsives très rapides, permet de générer des plasmas sur des distances importantes (de quelques cm à plus d'un mètre) à la

pression atmosphérique. Les plasmas produits sont des « balles » de plasmas se déplaçant à des vitesses extrêmement élevées pouvant atteindre jusqu'à 10^8 cm/s. Ces « balles » plasmas se propagent dans un tube diélectrique au bout duquel elles forment une plume pouvant encore s'étendre sur plusieurs centimètres. Des plasmas de mélange de gaz peuvent être produits près de la zone à traiter par addition de gaz spécifiques au niveau de la plume. Ce dispositif, très intéressant dans le traitement potentiel de cibles difficilement accessibles, a fait l'objet d'un dépôt de brevet international.

Un programme de recherche important, PLASMED, vient d'être financé dans le cadre des Appel à Projet de la Région Centre. Il va permettre aux chercheurs du GREMI en collaboration avec leurs collègues du Centre d'Imagerie du Petit Animal, du laboratoire Transgenèse et Archivages d'Animaux Modèles (TAAM - Orléans), de praticiens du Centre hospitalier universitaire de Tours et du Centre hospitalier régional d'Orléans, et deux entreprises, INEL et Germitech, de tester et optimiser divers types de décharges, dont le Plasma Gun, pour des applications médicales ciblées concernant notamment le traitement de tumeurs. ■

Contact: Jean-Michel POUVESLE
Directeur du GREMI
jean-michel.pouvesle@univ-orleans.fr

Des films minces à porosité contrôlée

Le monde des nanotechnologies connaît actuellement un essor considérable avec, en perspective, la possibilité de créer des produits plus petits, plus légers, moins chers, plus efficaces, plus résistants...

La réalisation de systèmes miniaturisés pourrait permettre la fabrication de puces de nano-échelle applicables au stockage de quantités considérables d'informations dans un espace limité. Pour réaliser ces dispositifs miniaturisés, il est indispensable de maîtriser des techniques nouvelles de gravure ou de dépôt à très petite échelle (quelques dizaines de nanomètres).

Des systèmes doués d'auto-organisation à l'échelle nanométrique.

L'utilisation de copolymère à blocs pourrait permettre de relever ce défi. Les copolymères à blocs sont de longues chaînes moléculaires issues de l'assemblage de deux ou plusieurs polymères de nature chimique différente. L'exemple le plus simple est celui des copolymères diblocs constitués de deux blocs A et B. Lorsque les blocs sont

incompatibles, une séparation de phase se produit et conduit à l'auto-assemblage des blocs en morphologies organisées.

Des copolymères à blocs aux films minces à mésoporosité contrôlée...

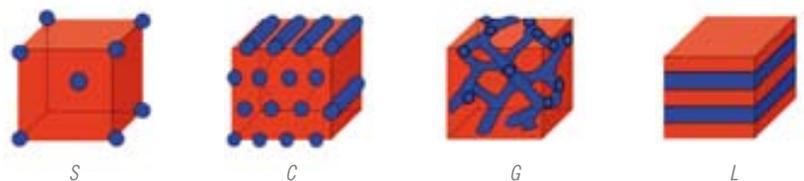
Avec 30-40 % de bloc minoritaire B on obtient une morphologie cylindrique avec un arrangement hexagonal des cylindres. En couches minces, si l'on peut organiser ce type de copolymère à blocs sous forme de cylindres orientés perpendiculairement à la surface et traversant la totalité de l'épaisseur du film, l'extraction du bloc minoritaire B peut permettre d'obtenir un masque poreux avec des pores orientés perpendiculairement à la surface. Ce masque peut ensuite permettre la préparation de nanoparticules de taille contrôlée à l'endroit des pores. Bien sûr, le procédé

décrit ci-dessus est idéal mais de nombreuses contraintes existent notamment lors de la mise en œuvre.

L'approche expérimentale en laboratoire

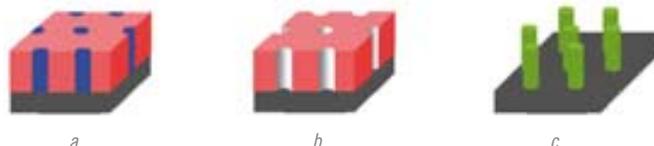
Une équipe du Centre de Recherche sur la Matière Divisée (CRMD – CNRS/Université d'Orléans) spécialisée dans les matériaux polymères travaille depuis plusieurs mois sur la fabrication de ces films minces à porosité contrôlée en utilisant des copolymères à blocs de type polystyrène-poly lactide (PS-PLA). Le bloc PLA est en effet dégradable et peut être éliminé par simple lavage acide ou basique. Le procédé de préparation du masque poreux passe premièrement par le dépôt du copolymère à blocs en couche mince d'épaisseur régulière de l'ordre de la centaine de nanomètres sur le substrat

Les copolymères à blocs possèdent des propriétés d'auto-organisation à l'échelle nanométrique en raison de l'incompatibilité chimique des blocs qui le constituent. La liaison chimique existant entre les différents blocs limite la séparation de phase et conduit à des domaines de taille nanométrique, s'organisant de manière régulière pour former des structures périodiques : sphérique (S), cylindrique (C), gyroïde (G) et lamellaire (L). La fraction volumique de chacun des blocs permet de sélectionner la morphologie finale. 1 nm est l'unité de base des nanotechnologies, il vaut 0,000 000 001 m (environ 50 000 fois plus petit que l'épaisseur d'un trait de stylo à bille, 30 000 fois plus fin que le diamètre d'un cheveu).*



Représentation schématique de l'utilisation de films minces de copolymères à blocs pour la fabrication de nano-objets :

- Les copolymères à blocs s'auto-organisent avec le constituant majoritaire dans la phase continue et la phase minoritaire dans les domaines cylindriques.
- L'extraction sélective du composant minoritaire conduit à l'obtention d'un film mésoporeux (c'est-à-dire avec des pores de taille nanométrique).
- Obtention de nano-objets par remplissage des pores et élimination du polymère.



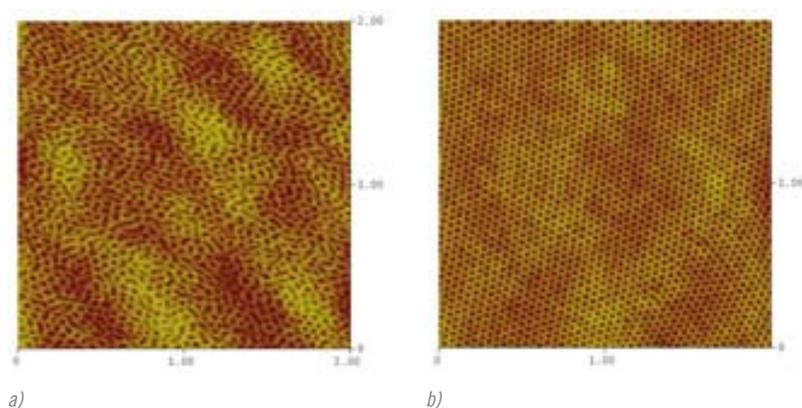


Image en microscopie à force atomique en mode contact intermittent et détection de la phase d'un film mince de PS-PLA permettant de visualiser les domaines de PS et de PLA (le PS apparaît en plus clair sur l'image).

(a) après spin-coating

(b) après spin-coating et recuit dans des vapeurs de solvant (diamètre des cylindres 35 nm, distance centre à centre 60 nm)

choisi (ici un wafer de Silicium). On utilise pour ceci un procédé de dépôt à la tournette (en anglais spin-coating) : le substrat est maintenu par aspiration sous vide et tourne à vitesse élevée, une goutte de solution de copolymère est déposée sur celui-ci. La vitesse élevée permet la répartition homogène de la solution sur le substrat et l'évaporation du solvant. On observe alors une nano-séparation de phase du PS et du PLA sur la surface mais qui ne conduit pas immédiatement à un arrangement régulier des blocs de PS et PLA, l'évaporation du solvant figeant le système dans un état métastable. Les films doivent donc ensuite être réorganisés : ils sont exposés pour ce faire à des vapeurs de solvant qui en pénétrant dans le film induisent une forte mobilité des blocs qui peuvent selon le cas, migrer préférentiellement à l'une des interfaces (substrat/film) ou (film/atmosphère) et se réorganiser. Grâce à un solvant et un temps de recuit approprié on observe sur la surface une organisation hexagonale des cylindres de PLA perpendiculairement à la surface.

La dernière étape du procédé consiste à éliminer le bloc de PLA ce qui conduit à un masque poreux comportant un réseau de pores cylindriques arrangés de façon hexagonale et traversant l'épaisseur du film.

L'apport de ces réalisations en nanotechnologie

Ces films à porosité contrôlée sont maintenant prêts à servir de masque pour la gravure sélective du substrat dans les procédés de nanolithographie. Ils peuvent également servir de gabarit pour la réalisation de nano-objets, ce qui offre à ces films minces obtenus au Centre de Recherche sur la Matière Divisée des perspectives multiples.

En particulier, la fabrication de nano-objets, ou nano-plots, magnétiques présente un grand intérêt dans la réalisation de disques durs où la course à une densité de stockage de l'information est toujours plus grande. Pour cela, il faut pouvoir disposer de réseaux de nano-structures régulièrement réparties dans lequel chaque nano-plot magnétique contient une unité élémentaire

d'information, le bit. Au lieu de graver les couches minces par des techniques de lithographie, l'auto-organisation de nanostructures sur des matériaux naturellement auto-assemblés est une technique de nano-fabrication simple et économique, permettant de stocker une grande densité d'information.

La fabrication de nano-structures produira également des matériaux aux propriétés nouvelles ou perfectionnées qui serviront à fabriquer par exemple des panneaux solaires, des revêtements anticorrosion, des outils plus durs et plus résistants, des instruments médicaux plus durables, des catalyseurs chimiques plus performants, des composants pour des applications optiques, électroniques ou encore pour le stockage d'énergie avec la fabrication de composants toujours plus petits. ■

Contacts :

Christophe SINTUREL

christophe.sinturel@univ-orleans.fr

Marylène VAYER

marylene.vayer@univ-orleans.fr

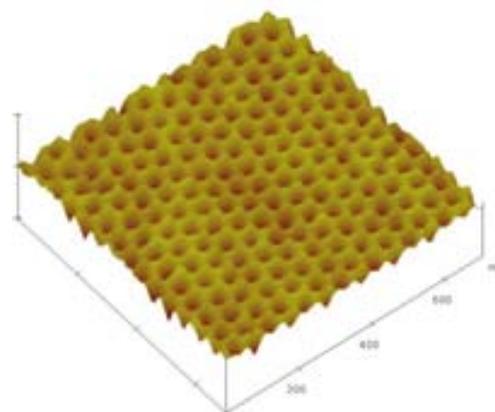


Image de microscopie à force atomique montrant la formation de la porosité après extraction sélective du bloc minoritaire.

Une puce sonde l'univers

Pour voir loin, il faut voir grand ! Avec une surface collectrice totale d'un million de mètres carré, SKA (Square Kilometer Array) sera le plus grand télescope jamais construit pour l'observation du ciel dans le domaine des ondes radios (radioastronomie) ! La Station de Radioastronomie de Nançay participe à une grande étude lancée par un consortium européen, financée en partie par la Commission européenne (dans le cadre du 6^{ème} PCRD), pour répondre à l'appel d'offre pour la construction de ce grand radiotélescope.

Le laboratoire de microélectronique de la station de radioastronomie de Nançay (CNRS / Observatoire de Paris) étudie depuis 2002 des fonctions électroniques analogiques pour les besoins des radiotélescopes destinés à l'observation des ondes radios de nombreux astres.

Un concept européen

Plutôt que de grandes antennes paraboliques, le concept européen SKA propose un réseau de plusieurs dizaines de milliers d'antennes réparties en paquets ou stations, distantes parfois de plusieurs milliers de kilomètres, permettant une résolution jamais égalée. La Station de Radioastronomie est impliquée dans l'étude d'un instrument de démonstration baptisé Embrace (European Multi-Beam Radio-Astronomy ConcEpt) dont une partie sera implantée à Nançay courant 2009, l'autre partie se situera à Westerbork aux Pays-Bas. La mise en œuvre d'une liaison fibre optique depuis la Station de Nançay

permettra d'échanger en temps réel les observations entre les deux sites.

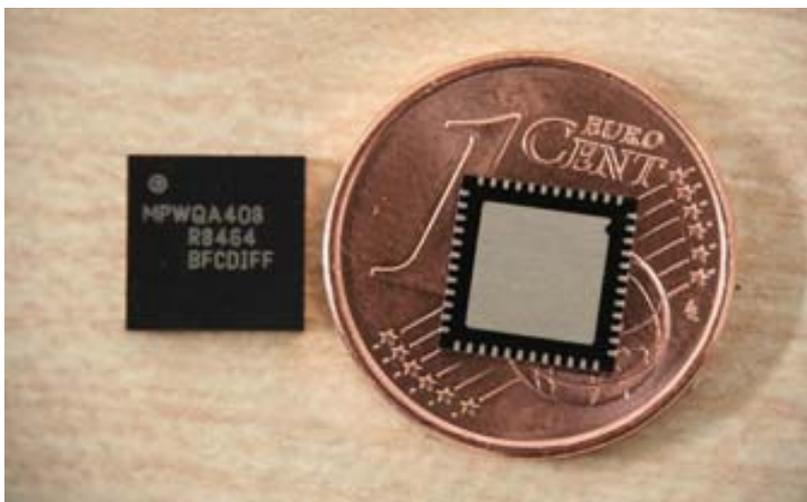
Dans ce contexte, la microélectronique de Nançay s'est engagée dans la conception d'un circuit intégré, baptisé BeamFormerChip. Ce circuit participe aux traitements des signaux provenant de 4 antennes, dans le but d'avoir deux champs d'observations (2 beams) indépendants l'un de l'autre. Les besoins techniques ont été déterminés par les Néerlandais de l'institut ASTRON à Dwingelo, conducteur du projet.

Les déphaseurs radiofréquences : une spécialité à Nançay

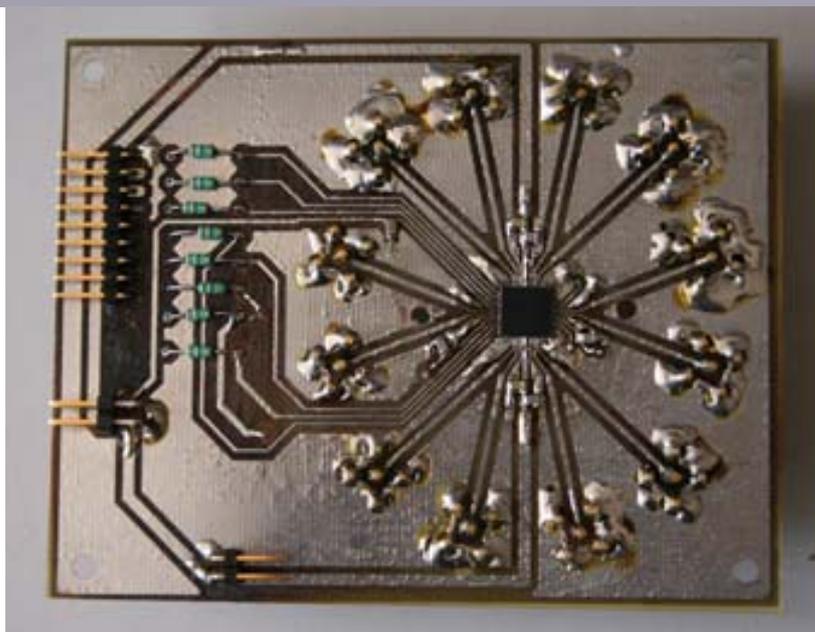
Les circuits analogiques intégrés servant à traiter les signaux radioastronomiques, sont les principales études parmi les nombreuses faites par la microélectronique de Nançay. Un premier prototype de ce microcircuit a été réalisé fin 2005, dont les mesures ont été concluantes pour une première approche. Un second

prototype réalisé en avril 2006 a atteint fidèlement les spécifications techniques nécessaires au projet Embrace. Cette deuxième « puce », avec quatre entrées et deux sorties distinctes, a retenu l'attention de l'institut ASTRON qui a alors proposé un cahier des charges précis à la microélectronique de Nançay, pour répondre aux exigences du projet Embrace. Ce troisième prototype a été conçu dans le mois de mars 2007. Cet ASIC (Application Specific Integrated Circuit), dont le développement des sous-ensembles spécifiques fait par la microélectronique de Nançay, a été en concurrence avec une puce développée par ASTRON avec les mêmes fonctionnalités. C'est au début de l'année 2008 que les Néerlandais ont décidé d'abandonner les tests de leur circuit intégré et d'utiliser celui de la microélectronique de Nançay, plus performant. L'intérêt d'une telle puce réside également dans son plus faible coût pour une production de plusieurs millions d'exemplaires.

Les fonctions analogiques pour traiter les signaux, sont connues depuis bien longtemps, pour créer un champ d'observation dans une direction voulue. Dans un système électronique voulant traiter les signaux pour la radioastronomie dans une large bande de fréquence, l'utilisation de lignes à retard (câbles, circuits imprimés...) est préférable pour avoir une très bonne précision. Mais le coût engendré par un tel système fait préférer des circuits déphaseurs (retard à une fréquence donnée entre un signal d'une antenne par rapport à celui d'une autre), beaucoup plus facilement intégrable. La microélectronique de Nançay



Puce Beam former ship



a donc conçu cette puce électronique BeamFormerChip, avec pour fonctions principales de déphaser. Cette puce sera utilisée pour le démonstrateur européen Embrace, qui verra le jour à Westerbork et à Nançay durant l'été 2009 (4000 exemplaires ont déjà été réalisés).

BeamFormerChip a été conçue en utilisant des transistors rapides venant d'une technologie faible coût (BiCMOS 0,25 μm) et innovante de NXP (New Experience Philips), permettant d'intégrer des fonctionnalités traitant les signaux pour la radioastronomie, tout en réduisant au mieux la taille de la puce. Cet ASIC regroupe donc les fonction-

nalités analogiques développées sur mesures. Plus en détail, l'ASIC sépare en deux le signal reçu de chacune des 4 antennes afin d'être traité par 8 sous-ensembles. Le traitement des signaux permet alors d'obtenir une direction de visée donnée. La somme de 4 sous-ensembles permet la création d'un champ d'observation. Le circuit ayant 8 sous-ensembles, ce sont donc deux champs d'observations qui sont ainsi créés à partir de 4 antennes.

Les futures puces

C'est dans cette réussite que Nançay continue ses études et conceptions en

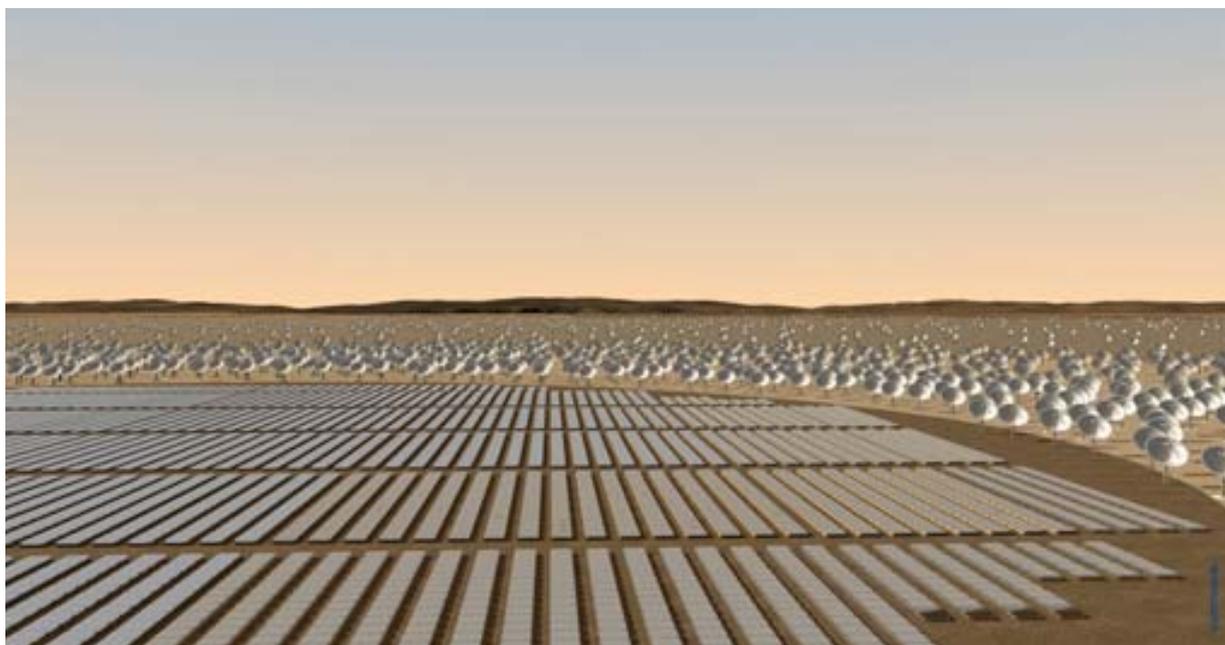
QUELQUES CHIFFRES CLÉS

44 transistors bipolaires NPN, 224 transistors CMOS, 586 résistances, 300 capacités MIM. L'étude et la conception de cet ASIC fut réalisées en combinant astucieusement la puissance de calcul des suites logicielles Cadence et Agilent ADS.

microélectronique en intégrant de nouvelles fonctions, en cours de développement, comme par exemple des amplificateurs ultras faibles bruit, l'amélioration du BeamFormerChip, mélangeur, échantillonneur-bloqueur, convertisseur analogique-numérique, sérialiseur... Le succès de la puce BeamFormerChip dans le projet Embrace a permis à la microélectronique de Nançay d'être considérée par ses collègues néerlandais comme un laboratoire compétent et incontournable dans la conception de fonctionnalités radiofréquences pour la radioastronomie. Elle participera bientôt à la partie électronique radiofréquence intégrée, dans la phase préparatoire de Ska soutenue par l'Europe et faisant suite au projet Embrace (dans le cadre du 7^{ème} PCRD). ■

Contact: Stéphane BOSSE

Stephane.bosse@obs-nancay.fr



Vue des antennes tuiles qui seront équipées des puces multibeam, et des paraboles haute fréquence des futures antennes de SKA.

Les mécaniciens mutualisent leurs équipements

Le 7 novembre 2008, le réseau régional des mécaniciens en Délégation Centre Poitou-Charentes a inauguré une fraiseuse numérique 5 axes acquises en mutualisation par quatre laboratoires.



Fraiseuse universelle 5 axes

Dès 2006, le réseau régional des mécaniciens a saisi l'opportunité de l'acquisition d'une fraiseuse dans un laboratoire d'Orléans pour lancer l'idée de mutualiser l'achat et la gestion d'un équipement plus performant, afin de le mettre à la disposition de la communauté des mécaniciens.

La mutualisation d'un tel matériel s'appuie sur une pratique expérimentée depuis des décennies sur des instrumentations scientifiques mi-lourdes et sur d'autres instruments mutualisés récemment.

Cette fraiseuse remplira trois objectifs :

- répondre à de nouvelles exigences de dimensionnement, de précision et de complexité croissante dans la fabrication d'appareillages scientifiques
- offrir aux laboratoires un potentiel et des compétences de proximité en fabrication mécanique indispensables à la réalisation de prototypes originaux.
- rajeunir le parc actuel des machines des laboratoires supérieur à 40 ans,

ne satisfaisant plus aux exigences de grande précision ni même aux formations professionnelles reçues aujourd'hui par les mécaniciens.

L'Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO), l'Observatoire des Sciences de l'Univers de la région Centre (OSUC), le Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement (LPCE), et le laboratoire Conditions Extrêmes et Matériaux : Haute Température et Irradiation (CEMHTI), ont adhéré au projet. Les mécaniciens de ces laboratoires, forts de l'expérience de leurs propres ateliers de mécanique, se sont accordés sur la définition technique de la machine : une fraiseuse universelle 5 axes à commande numérique de type DECKEL MAHO DMU 50 livrée avec un lot d'attachement, pour un montant total de 101 370 €.

Dans le cadre des appels à projets, le réseau des mécaniciens a sollicité la

Mission des Ressources et Compétences Technologiques du CNRS qui a accepté de financer 35 % de la machine. Les directeurs des laboratoires impliqués ont validé le choix des mécaniciens et se sont engagés sur le financement proposé.

Une charte de mutualisation proposée par les mécaniciens en collaboration avec les différents partenaires et les services de la Délégation régionale a également été signée le 7 novembre 2008. Elle régit le fonctionnement et l'évolution de cette fraiseuse numérique tout en décrivant ses missions et ses modes de fonctionnement, ses modalités d'accès et d'utilisation, notamment en définissant une charte qualité.

Cet équipement mis en mutualisation est situé dans le bâtiment technique de l'Institut des Sciences de la Terre d'Orléans où il est opérationnel depuis le début de l'année 2008, avec d'autres machines déjà mutualisées sur le campus d'Orléans. ■

Contact: Gilles CHALUMEAU
gchalume@cnsr-orleans.fr

Tableau de commande



Formations et recherches en géosciences réunies à Orléans



© Laurent ARBARET

L'ISTE a été conçu comme un affleurement de roches sédimentaires stratifiées. (Architectes J.M. GREMILLET, E. FALK)

L'Institut des Sciences de la Terre et de l'Environnement (ISTE) a été inauguré à Orléans le 21 novembre 2008 par Eric Doligé, Sénateur et Président du Conseil Général du Loiret ainsi que Gérard Guillaumet, Président de l'Université d'Orléans. Le Conseil Général a assuré la maîtrise d'œuvre de ce nouveau bâtiment et l'a partiellement financé avec l'État, le Conseil régional du Centre et l'Agglo.

L'ISTE rassemble les formations en géosciences de l'université d'Orléans et une partie de l'Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO, unité mixte de recherche du CNRS et des universités d'Orléans et de Tours), l'autre étant localisée dans un bâtiment du CNRS à proximité immédiate. L'ensemble forme le nouveau campus Géosciences.

Il accueille 250 étudiants en licence de « Sciences de la Terre et Environnement », ou en master de « Sciences de la Terre, de l'Univers et de l'Environnement » ainsi que les trois quarts des 120 acteurs de la recherche de l'ISTO (chercheurs, ensei-

gnants-chercheurs, ingénieurs, techniciens administratifs, doctorants et post-doctorants). Les recherches de l'ISTO couvrent un vaste champ disciplinaire des géosciences, des magmas jusqu'aux environnements actuels en passant par l'étude des ressources minérales et celles des bassins sédimentaires, au travers d'approches complémentaires (terrain, analyse, expérimentation, modélisation).

L'ensemble des deux bâtiments, universitaire et CNRS, totalise aujourd'hui une surface d'environ 6000 m². Il rassemble les compétences en recherche et formation de haut niveau de l'Université d'Orléans et du CNRS dans le domaine des géosciences et de l'environnement et favorise de nouvelles synergies au sein de l'ISTO ainsi que le développement de projets inter-organismes dans ce domaine.

L'ISTE abrite aussi l'Observatoire des Sciences de l'Univers en région Centre (OSUC), nouvelle composante en cours de création au sein de l'Université d'Orléans et dont l'ISTO, à l'instar du Labo-

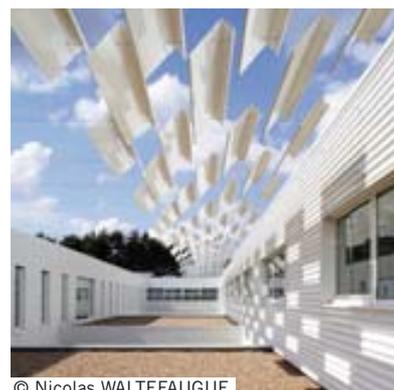
ratoire de Physique et Chimie de l'Environnement et de l'Observatoire de Nancay, fera partie. Trois missions fondamentales incomberont à l'OSUC : l'**observation**, la **recherche** et la **formation** dans le domaine des Sciences de l'Univers. L'OSUC aura ainsi pour effet de renforcer la visibilité des recherches dans le domaine des Sciences de l'Univers qui se déroulent en région Centre. ■

Contacts :

Ary BRUAND : Directeur de l'Institut des Sciences de la Terre d'Orléans

Bruno SCAILLET : Directeur-Adjoint

Nathalie POTHIER : Documentaliste



© Nicolas WALTEFAUGUE

Détail architectural des toits

Le talent féminin des Conférences Jacques Monod honoré

Le 18 novembre 2008, à l'Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte, à Tours, Josette Roger, Déléguée régionale du CNRS, remettait le Cristal du CNRS à Dominique Lidoreau, secrétaire incontournable des Conférences Jacques Monod (CJM) depuis déjà 21 ans.

Cette distinction du CNRS récompense l'excellence de quelques I.T.A., dont les travaux originaux permettent de faire progresser la recherche scientifique en bénéficiant à une collectivité professionnelle, dépassant le cadre d'un seul laboratoire.

Patrick Gaudray, Président du comité scientifique des CJM.



a souligné que la forte contribution de Dominique Lidoreau à la mise en place des conférences, de leur organisation et de leur gestion, permet, à la France et aux pays européens, d'occuper une place importante en matière d'échanges et de collaborations scientifiques. Les nombreuses qualités de Dominique Lidoreau ont également été soulignées et notamment sa modestie, aussi légendaire que son énergie, ainsi que sa disponibilité et « *sa connaissance de la psychologie scientifique.* » ■

Nicole MANDON

Regards croisés en numismatique

Le 12 décembre 2008, l'Institut de Recherche sur les Archéomatériaux (IRAMAT) – Centre Ernest-Babelon (UMR 5060 CNRS – Universités) a organisé une journée scientifique « *Regards croisés en numismatique* », pour rendre hommage aux travaux de son fondateur et directeur jusqu'en 2005, Jean-Noël Barrandon, décédé brutalement en janvier 2008.

Les communications se sont succédées pour dresser le bilan de la démarche pluridisciplinaire en numismatique et en établir les perspectives. La journée

a commencé par des témoignages illustrant les avancées des études menées en collaboration avec J.-N. Barrandon dans différents domaines historiques. Elle s'est poursuivie par la présentation de travaux scientifiques originaux et inédits portant sur des monnayages gaulois, romains, grecs et médiévaux. L'étude de la composition élémentaire associée aux données numismatiques ont permis d'alimenter la réflexion sur différents points : l'identification de pièces de monnaies corrodées, la chronologie des émissions monétaires, la fabrication des pièces, la circulation et l'approvisionnement du métal monnayé. La qualité des interventions, leur caractère novateur et pluridisciplinaire, ont montré que l'œuvre de J.-N. Barrandon se poursuit à travers les travaux de l'équipe et de ses chercheurs associés. B. Gratuze, actuel directeur de l'IRAMAT, a rappelé qu'un autre volet des recherches s'ouvrait avec l'acquisition prochaine d'un nouveau spectromètre de masse pour lequel J.-N. Barrandon s'était tant battu. ■

Maryse BLET-LEMARQUAND



Physicien nucléaire de formation, Jean-Noël Barrandon a développé au cours de sa carrière de chercheur au CNRS (1966-2008) des méthodes non destructives d'analyse élémentaire qu'il a principalement appliquées à la numismatique (étude des monnaies anciennes) mais aussi à l'étude de verres ou de céramiques archéologiques. Ses recherches pluridisciplinaires menées en collaboration avec des numismates et des archéologues ont couvert toutes les périodes depuis la préhistoire jusqu'à l'époque moderne. Le laboratoire qu'il a fondé en 1980 et dirigé jusqu'en 2005, le Centre Ernest-Babelon, a acquis une renommée internationale dans la communauté des numismates et des archéologues.





La Fête de la science 2008

Rendez-vous incontournable entre les citoyens et les acteurs de la communauté scientifique, la Fête de la Science est une manifestation nationale initiée par le ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. La 17^{ème} édition a eu lieu du 17 au 23 novembre 2008, avec, en point d'orgue, l'accès aux sites de recherche le week-end des 22 et 23 novembre. De nombreux laboratoires de la circonscription s'étaient une nouvelle fois mobilisés.

A **La Rochelle**, le laboratoire Littoral ENvironnement et Sociétés a réuni près de 200 personnes autour des conférences qu'il animait sur "la bio-corrosion" et "la stratégie de suivi de populations de mammifères marins". Pour la première fois, ce laboratoire qui développe des recherches pluridisciplinaires en sciences de l'environnement, sciences humaines et biotechnologies, a ouvert ses portes au grand public venu nombreux pour l'occasion.

Au Centre d'Études Biologiques de **Chizé**, les chercheurs, étudiants et personnels du laboratoire ont reçu le grand public dans le cadre de conférences ou stands sur l'écologie des animaux sauvages (manchot, outarde, couleuvre...). Une exposition était également consacrée aux reptiles, témoins des changements climatiques. Plus de 150 personnes se sont ainsi informées sur les programmes d'étude consacrés aux animaux sauvages dans leur milieu naturel.

A **Poitiers**, les scientifiques poitevins ont rencontré des jeunes de la région au sein de leur établissement scolaire ou dans des salles mises à disposition par les municipalités. Une ingénieure de recherche à l'Institut de Physiologie et

de Biologie Cellulaires a présenté aux élèves du collège Maurice Chastang de Saint-Genis de Saintonge (Charente-Maritime) les métiers de la recherche. Un doctorant au laboratoire Écologie, Évolution, Symbiose a répondu à l'invitation du maire de Naintré (Vienne) pour parler des écrevisses et des cloportes à des enfants de 8 à 14 ans.

Dans le cadre de l'opération qu'il avait intitulée « *Démystifier le cinéma numérique* », un enseignant-chercheur au laboratoire XLIM-SIC a, après une introduction au cinéma numérique et une présentation de ses enjeux, proposé à la trentaine de participants d'assister à une projection-commentée de séquences cinématographiques en 2D en image réel ou de synthèse comme le Big Bug Bunny et des séquences en 3D avec des lunettes spécifiques.

A **Tours**, le Village des Sciences s'est tenu à l'Université François-Rabelais, dans les nouveaux locaux des Tanneurs. Aux 25 stands (donc cinq par des laboratoires associés au CNRS) animés par des chercheurs, enseignants-chercheurs, ingénieurs, techniciens, doctorants, animateurs associatifs, il faut ajouter des conférences-débats dans le domaine biomédical. Environ 2000 visiteurs, en grande majorité un public fami-

lial ont ainsi pu découvrir les nombreux thèmes abordés en matière de Santé-Médecine, Sciences de l'Homme et de la Société, Informatique-Mathématiques-Physique, Sciences des Matériaux et nouvelles technologies, de façon théorique ou ludique.

A **Orléans**, la manifestation était accueillie sur le site du BRGM, qui a ouvert ses installations à 7000 visiteurs. Les organismes de recherche, réunis en Village des sciences, au travers de stands de présentation de leurs activités ou d'ateliers scientifiques, ont pu échanger avec les très nombreux visiteurs. Neuf laboratoires (propre au CNRS ou mixtes avec l'Université d'Orléans) étaient présents. Les plus jeunes visiteurs de 6/12 ans ont pu « s'essayer » à la recherche en réalisant des « manips » Graines de Chercheurs, sous les consignes et explications de doctorants et chercheurs. Le Service du personnel et des ressources humaines du CNRS s'était également mobilisé pour renseigner les lycéens et étudiants sur les métiers de la recherche scientifique, dans le cadre du pôle métiers. ■

Armelle COMBAUD
Claire MALECOT
Elisabeth NAU
Florence ROYER

CINÉ DIVERS CITÉS

*Festival sur la ville et les migrations
4^{ème} édition*



Photo : Elisabeth Cosimi

Du 17 au 19 février 2009

Poitiers

PROJECTIONS
EXPOSITIONS
DÉBATS

PROGRAMME

CINÉ
DIVERS CITÉS

Séances gratuites

05 49 45 46 09

www.cinediverscites.eu

