



# Le **CNRS** en Chine

La vie des laboratoires

**N° 30**

**Hiver 2019-2020**



■ Bureau du CNRS en Chine

## **Projets**

IRP MagMC / IRN  
CeSMer / IRN MAREES /  
IRN RFCCT...

Le destin des  
**systèmes  
planétaires**

Coopération  
internationale

**Signature lettre d'intention  
CNRS & CAS**

## **Environnement**

**Séminaire** : biodiversité,  
transport sédimentaire,  
microbiologie...

## Sommaire

## Editorial 3

## Actualités

- Signature CNRS-CAS : environnement - biodiversité
- Premier séminaire du projet DORN
- L'urbanisme et l'aménagement du territoire

4-7

## Projets

- Le destin des systèmes planétaires
- Développement analytique des inclusions fluides et des minéraux
- CeSMER : Cellules souches et médecine régénérative
- MagMC : Bio-adaptation et exploitation du champ magnétique terrestre
- MAREES : *New nanostructured materials and biomaterials for renewable electrical energy sources*
- Réseau Franco-Chinois de Chimie Théorique

8-25

## Découverte

- Destination « source du Yangzi » : itinéraire en terre nomade tibétaine
- Ascèse monastique d'immortalité et tourisme de longévité au Mont Qingcheng

26-37

## Dossier : environnement

- Les enjeux franco-chinois de la biodiversité
- Endiguer la progression de l'érosion de la biodiversité
- Microbiologie des sources hydrothermales océaniques profondes
- La pompe biologique du mercure, vecteur entre atmosphère et sols
- Dynamique des paysages et transport sédimentaire
- Ecologie microbienne des écosystèmes miniers
- MOST : les figuiers et les hyménoptères associés
- Les frelons : redoutables prédateurs et vecteurs de maladies ?
- Santé des écosystèmes et écologie des maladies environnementales
- La conservation du Rhinopithèque de Biet
- Evaluation des impacts de transformation des milieux urbains
- L'intensité de l'altération des sédiments et le barrage des Trois Gorges
- Analyse : principaux instituts (CAS) des domaines de l'environnement

38-67



## Responsables de publication :

Philippe Arnaud / Karine XIE

Graphisme et mise en page : LI Xin

Contact : [karine.xie@cnrs.fr](mailto:karine.xie@cnrs.fr)

Bureau du CNRS en Chine, Ambassade de France en Chine, N°60 Tianze lu, Liangmaqiao, 3<sup>e</sup> quartier diplomatique, District Chaoyang, 100600 BEIJING - PRC  
Tél : +86 10 8531 2264  
Fax : +86 10 8531 2269  
[cnrsbeijing.cnrs.fr](http://cnrsbeijing.cnrs.fr)



## Couvertures :

Un rover camouflé avec un faux poussin de manchot empereur.

© Fred Olivier/John Downer



Article : Destination « source du Yangzi », itinéraire en terre nomade tibétaine.

© Jean Leviol

## Editorial

Bureau du CNRS en Chine

Selon les auteurs du dernier rapport IPBES<sup>1</sup>, « **la nature décline globalement à un rythme sans précédent dans l'histoire humaine** – et le taux d'extinction des espèces s'accélère, provoquant dès à présent des effets graves sur les populations humaines du monde entier ». Dans les prochaines décennies, un million d'espèces (animales et végétales) seraient menacées d'extinction. Au cours des 500 dernières années, ce sont au moins 680 espèces de vertébrés qui ont disparu. Près de 33% des récifs coralliens, plus de 40% des espèces d'amphibiens ou encore 10% des espèces d'insectes sont en danger.

Lors de la 14<sup>ème</sup> **Commission mixte scientifique et technologique franco-chinoise** (COMIX) organisée à Pékin le 25 février 2019<sup>2</sup>, la France et la Chine se sont engagées à poursuivre leur coopération scientifique et technologique en particulier dans le domaine de l'environnement<sup>3</sup>. En novembre 2019 à Pékin, le Président Emmanuel Macron a confirmé l'importance de la coopération franco-chinoise en matière de lutte pour la biodiversité.

C'est dans ce contexte que s'est tenu les 4 et 5 novembre 2019, le **symposium « Environnement – Biodiversité »** organisé par le service pour la science et la technologie de l'ambassade de France en Chine en coopération avec l'INEE et l'INSU du CNRS et le Ministère chinois de la Science et de la Technologie (MOST). Les équipes de chercheurs français et chinois, dont une forte proportion de chercheurs du CNRS et de la CAS (Académie des Sciences de Chine), ont présenté les principaux résultats obtenus au cours des 10 dernières années sur quatre thèmes différents : biodiversité, biogéochimie de la zone critique, sciences de l'atmosphère et de la mer, écosystèmes et santé humaine.

Cette 30<sup>ème</sup> édition du magazine « Le CNRS en Chine » dédie un dossier spécial à cet événement et aux travaux de ces équipes (p.36-65).

Les retombées de ce séminaire ne se sont pas faites attendre. Ce début d'année est marqué par la signature, le 13 janvier 2020, d'une **lettre d'intention entre le CNRS et la CAS** pour la création d'un **centre virtuel de recherche** en lien avec l'environnement, le changement climatique et la biodiversité (p.4-5).

Les deux institutions ont également approuvé l'organisation d'une **réunion préparatoire à la quinzième session de la Conférence des Parties** (COP 15) sur la diversité biologique qui se tiendra à Kunming (Chine) en octobre 2020. Il conviendra alors pour les délégués de près de 200 pays de définir un nouveau cadre pour stopper la perte de biodiversité mondiale, protéger les écosystèmes de la planète et préserver les services écosystémiques pour les générations futures.

Le calendrier chinois entre dans l'année du Rat que l'on dit notamment ambitieux, intelligent, persuasif ou encore perspicace. A n'en pas douter, il faudra user de ces qualités pour relever les défis environnementaux qui se présentent. Cette année 2020 est qualifiée de cruciale pour le climat et la biodiversité.

**Le bureau du CNRS en Chine vous souhaite une très bonne année 2020 !**



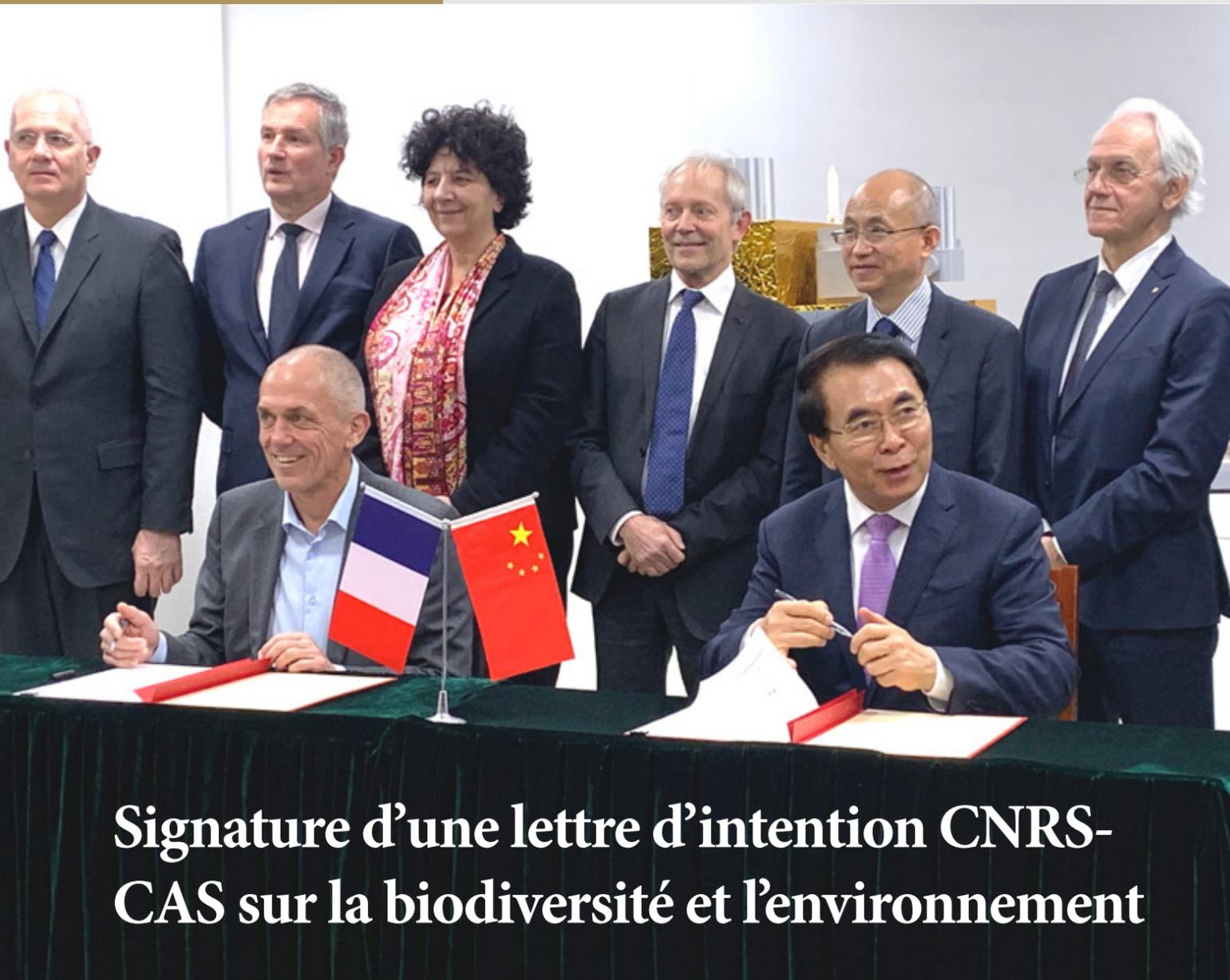
Philippe Arnaud

Directeur du bureau CNRS Chine

<sup>1</sup> Souvent décrit comme le « GIEC pour la biodiversité », l'IPBES est un organisme intergouvernemental indépendant comprenant plus de 130 Etats membres. Mis en place par les gouvernements en 2012, il fournit aux décideurs des évaluations scientifiques objectives sur l'état des connaissances sur la biodiversité de la planète, les écosystèmes et les contributions qu'ils apportent aux populations, ainsi que les outils et les méthodes pour protéger et utiliser durablement ces atouts naturels vitaux. Source <https://ipbes.net/news/Media-Release-Global-Assessment-Fr>. Voir également le N°28 du magazine « Le CNRS en Chine »

<sup>2</sup> Voir page 37 du numéro 29 du magazine « Le CNRS en Chine »

<sup>3</sup> Lors de la COMIX, le CNRS a été désigné pour coordonner au niveau français ce domaine et celui de la physique des particules.



## Signature d'une lettre d'intention CNRS-CAS sur la biodiversité et l'environnement

■ Signature officielle entre les présidents du CNRS (Antoine Petit) et de la CAS (BAI Chunli) en présence de la Ministre française du MESRI, Mme Frédérique Vidal. Pékin, le 13 janvier à l'Académie de Sciences de Chine (CAS).

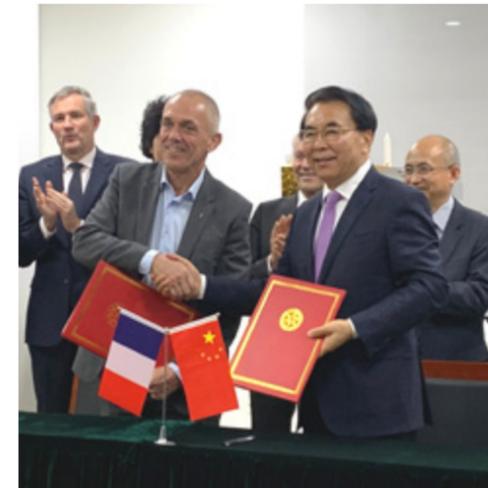
### Contexte

C'est dans le cadre de la visite à Pékin de la Ministre de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, Mme Frédérique Vidal, les 13 et 14 janvier 2020, qu'a été signée entre le CNRS et l'Académie des Sciences de Chine une lettre d'intention mentionnant, d'une part, l'organisation d'une réunion préparatoire à la COP15 sur la biodiversité qui se tiendra à Kunming en 2020 et, d'autre part, la **création d'un centre virtuel de recherche** CNRS-CAS sur les impacts de l'environnement, du climat et des activités humaines, notamment sur la biodiversité.

**Ce centre visera à intensifier la coopération et à former** la prochaine génération de jeunes scientifiques qui travailleront à des solutions de développement durable. Il poursuivra les objectifs suivants :

- **Démontrer les impacts et les mécanismes** des changements environnementaux et climatiques ainsi que les perturbations humaines sur la perte de biodiversité, l'invasion biologique, la transmission des maladies...

- **Fournir des solutions** pour la conservation de la biodiversité et la réduction des catastrophes biologiques.
- **Apporter une expertise scientifique** pour la Convention sur la diversité biologique (CDB) et la Convention sur le changement climatique.
- **Promouvoir et assurer l'éducation** et la formation des étudiants pour faire face aux défis de la biodiversité. ☘



La Chine compte plus de **98000** espèces. Parmi elles, il y a plus de **42000** espèces animales et plus de **44500** espèces végétales.

**21.4%** des vertébrés sont menacés, **13.7%** sont quasi menacés (NT)<sup>1</sup>

**10.9%** des plantes supérieures sont menacées, **8%** sont quasi menacées (NT)

\* Source : [rapport](#) «Etat des lieux de la Chine sur l'environnement 2018»

	Sc. de la Terre	Sc. Marines	Ecologie&ressources	Faune&flore	Autres*	Total
n <sup>bre</sup> d'instituts	13	5	6	7	3	34
Lab/centres de recherche	94	49	31	41	23	238
Laboratoires clés	13	2	6	7	2	30
chercheurs (fin 2017)	3304	1771	2454	1404	640	9573
n <sup>bre</sup> PhD	2132	837	1623	1540	471	6603
n <sup>bre</sup> Post-PhD	767	200	342	258	106	1673
Projets en cours (fin 2017)	7569	1218	2467	2388	1214	14856
SCI/SSCI (en 2017)	4201	1633	2526	2098	974	11432
Visites chercheurs étrangers	1081	255	631	853	368	3188

■ Environnement et biodiversité à la CAS : nombre d'instituts, de chercheurs, de doctorants, de projets...

Une liste non exhaustive des principaux organismes et instituts de recherche de la CAS par grands domaines scientifiques en lien avec l'environnement et la biodiversité est proposée p.66-67.

<sup>1</sup> Classification de l'IUCN : *International Union for Conservation of Nature*

## Detection of Outgassing Radon Premier séminaire du projet DORN

Par Pierre-Yves Meslin<sup>1</sup> et le Bureau du CNRS en Chine



■ A l'Institut de géologie et de géophysique de l'Académie chinoise des sciences (IGGCAS)



Le 11 janvier 2020 a été organisé à Pékin le premier séminaire du projet DORN. Ce projet est associé à la charge utile que la France souhaite voir embarquer sur la sonde lunaire chinoise Chang'e 6 à l'horizon 2023-2024 (déclaration conjointe signée à Pékin en présence des Présidents français et Chinois début novembre 2019).

Ce séminaire a été l'occasion pour l'équipe française de l'IRAP de rencontrer pour la première fois leurs partenaires scientifiques chinois et de jeter les bases d'une collaboration scientifique future. Les objectifs scientifiques du projet, portant sur l'étude de l'exosphère lunaire par la mesure du radon, ont été discutés et mis en regard avec les recherches réalisées en Chine sur la Lune et sur ce gaz radioactif (comme précurseur potentiel d'événements sismiques sur le territoire chinois). La présentation de l'instrument DORN a ensuite été l'occasion d'échanges plus techniques sur l'implémentation de cette expérience.

Le retour d'échantillons lunaires par la mission Chang'e 6 devrait aussi permettre de comparer les mesures de radon réalisées in situ, aux mêmes analyses réalisées en laboratoire sur ces échantillons (teneur en uranium, émanation de radon, propriétés de transport des gaz) pour mieux comprendre la mobilité de ce gaz dans l'environnement lunaire.

### Ce projet implique du côté français :

- Institut de Recherche en Astrophysique & Planétologie (IRAP)
- Observatoire Midi Pyrénées (OMP)
- Université Paul Sabatier à Toulouse
- Centre national d'études spatiales (CNES)
- Commissariat à l'énergie atomique (CEA)
- Subatech (CNRS/IN2P3/Université de Nantes)
- GIP d'Arronax
- Autre partenaire : l'Université de Kiel (Allemagne)

### ...et du côté chinois :

- National Space Science Center (NSSC)
- China University of Geosciences, Beijing (CUGB)
- Institute of Geology and Geophysics de la CAS (IGGCAS)
- China National Space Administration (CNSA)
- State Seismological Bureau
- Shenyang Institute of Automation (SIA-CAS)
- China Academy of Space Technology (CAST)

Nous reviendrons plus en détail sur ce projet dans un prochain numéro du magazine.

Pour en savoir plus sur ce projet, vous pouvez lire l'article : [DORN mission Chang'e 6](#)

<sup>1</sup> Porteur du projet à l'IRAP, UMR5277, Université Paul Sabatier.

## L'urbanisme et l'aménagement du territoire, des pratiques à réinventer en France et en Chine

Par Jean-François Doulet<sup>1</sup>



■ Dans le cadre des Rencontres franco-chinoises Ville et Territoires qui se sont tenues à Pékin les 13, 14 et 15 octobre 2019 à l'initiative de l'ambassade de France, l'université Tsinghua a organisé une conférence sur les « nouveaux enjeux de l'aménagement des villes et des territoires ».

Des enseignants-chercheurs français, dont certains issus d'UMR, ont croisé, avec leurs homologues chinois, leurs regards sur les formes d'adaptation des cadres institutionnels aux mutations territoriales.

Deux phénomènes notables se dégagent de ces réflexions. D'une part, il est apparu que la construction de l'analyse sur les enjeux urbains et territoriaux était influencée, aussi bien en France qu'en Chine, par des référentiels en voie de mondialisation : **la métropolisation et le développement durable** constituent en ce sens des socles communs et pour la mise en récit des changements et pour la production des politiques publiques.

D'autre part, les participants ont su mettre en exergue les formes d'incertitude produites par les glissements de paradigme : difficultés à stabiliser un nouveau cadre administratif et institutionnel, interrogations de professionnels soumis à la reconfiguration de leurs corps de

métiers, tâtonnements des concepteurs de formations pour imaginer les compétences utiles aux métiers de la ville et des territoires de demain.

Dernière la **notion de transition**, les échanges ont su révéler un paradoxe à la portée universelle : la confrontation entre la certitude sur le bien-fondé des changements à entreprendre et l'incertitude sur l'efficacité des normes et des pratiques qui sont en train de s'inventer. En France et en Chine, on est conscient que les réponses aux enjeux urbains et territoriaux obligent à confronter l'instabilité inhérente à toute expérimentation.

Pour poursuivre les échanges, l'Ecole d'architecture et de paysage de Bordeaux, en relation avec le LET - LAVUE (CNRS 7218), s'est proposée pour accueillir les prochaines Rencontres franco-chinoises Ville et Territoires en 2020. La revue *China City Planning Review* prépare un dossier spécial à partir d'une sélection de communications issues des rencontres. ☘

<sup>1</sup> Attaché de coopération universitaire et scientifique (SHS), service de coopération et d'action culturelle – Institut français de Chine, ambassade de France en Chine

# Le destin des systèmes planétaires

## Recherche de planètes autour de naines blanches variables entourées d'un disque de débris

Par Gérard Vauclair<sup>1</sup>

### Motivation scientifique

**Ma collaboration avec les astronomes chinois s'inscrit dans le cadre de l'étude des étoiles naines blanches qui présentent des variabilités lumineuses.**

Au cours de leur évolution, un grand nombre d'étoiles passent par des étapes pendant lesquelles elles se mettent à pulser. C'est en particulier le cas des **naines blanches**, qui se refroidissent après avoir épuisé toutes leurs ressources d'énergie nucléaire. Au cours du refroidissement elles traversent des phases d'instabilité pendant lesquelles elles pulsent avec des périodes comprises entre 100 secondes et quelques milliers de secondes. L'étude détaillée de leurs **fréquences de pulsation** permet de déduire leur structure interne avec une grande précision. C'est ce qu'on appelle la **sismologie stellaire, ou astérosismologie**. Le concept est similaire à celui des sismologues qui utilisent les ondes produites par les tremblements de terre pour en déduire la structure profonde de la Terre.

C'est en étudiant les pulsations des étoiles et en comparant leurs fréquences avec celles calculées dans des modèles stellaires que l'on parvient à sonder **leur structure et leur composition profondes**. Je m'intéresse en particulier aux étoiles naines blanches qui représentent la phase finale de l'évolution de la grande majorité des étoiles. Les étoiles ont alors perdu une grande partie de leur masse. Elles n'ont plus qu'environ 60 % de la masse du Soleil et leur rayon est devenu comparable à celui de la Terre. Leur densité est donc très grande et il règne à leur surface une gravité 10 000 fois supérieure à la gravité de surface du Soleil. En conséquence les éléments lourds tombent vers l'intérieur et il ne reste en surface que les plus légers, **l'hydrogène ou l'hélium**.

Grâce à des observations spatiales dans le rayonnement infrarouge, les astronomes ont récemment mis en évidence **l'existence de disques de débris** autour

de nombreuses naines blanches. Ces disques de débris sont très probablement les restes de l'ancien système planétaire. Par ailleurs, des observations spectroscopiques à haute résolution utilisant les nouvelles générations de grands télescopes ont détecté **la présence d'éléments lourds dans l'atmosphère** de ces naines blanches qui, a priori, ne devraient pas en contenir. L'interprétation couramment admise est que ces éléments lourds proviennent du disque et sont en train de tomber sur l'étoile. Ils sont le résultat de la destruction de petits corps solides, de type astéroïdes, par effet de marée, qui se produit s'ils s'approchent trop près de la naine blanche.

Un tel événement peut arriver si ces petits corps interagissent gravitationnellement avec un ou plusieurs objets plus massifs, peut-être des planètes. Une partie de la matière du disque tombe ainsi sur l'étoile et pollue son atmosphère en y apportant des éléments lourds comme le calcium, le fer, le silicium, le magnésium etc. Comme ces éléments tombent rapidement à l'intérieur de l'étoile à cause de la forte gravité, leur présence implique que ce phénomène d'accrétion est en train de se produire en ce moment.

*Ces découvertes nous apprennent que les systèmes planétaires, comme notre système solaire, peuvent survivre, au moins en partie, à l'évolution de leur étoile centrale, malgré le gonflement extraordinaire de son rayon lorsqu'elle devient une étoile géante rouge.*

De plus, l'étude détaillée de la composition chimique de l'atmosphère polluée des naines blanches nous renseigne sur celle des corps solides qui ont été détruits. On découvre que certains de ces corps contenaient de l'eau, ce qui apporte des informations précieuses sur les systèmes planétaires. En effet **la présence d'eau dans les planètes est une condition nécessaire à l'apparition de la vie**. Il s'agit là d'un sujet d'actualité particulièrement actif lié au développement de la nouvelle science qu'est **l'exobiologie**.

Le scénario de formation des disques de débris, décrit plus haut, implique la présence d'une ou de plusieurs planètes en orbite autour de la naine blanche. Mais à ce jour, aucune planète n'a encore été détectée observationnellement autour d'une naine blanche. C'est le projet que je poursuis en collaboration avec le **Pr. FU Jianning de Beijing Normal University**.

### Historique

Pour extraire correctement les périodes de pulsation des étoiles à partir des observations de la variabilité de leur luminosité, il est nécessaire de minimiser autant que possible les interruptions des observations induites par l'alternance jour-nuit. Une solution est de faire ces observations depuis l'espace. Cela a été entrepris grâce aux **missions CoRoT et Kepler** et se poursuit actuellement avec la mission **Tess**, entre autres. Une autre solution est d'organiser des campagnes d'observation simultanées utilisant des télescopes distribués autour de la Terre pour éviter ces interruptions. Cela a été entrepris avec succès dès la fin des années 1980 avec la constitution du **réseau WET (Whole Earth Telescope)**.



■ Le télescope de 2,16-m de diamètre de l'observatoire de Xinglong

C'est à cette occasion que j'ai pris contact avec le **Pr. JIANG Shiyang**, de l'observatoire de Beijing, lors d'un colloque au Japon. En effet, pour couvrir correctement en longitude notre réseau, il manquait un site d'observation à la longitude de la Chine. Ce site devait être doté d'un télescope d'environ 2-m de diamètre pour pouvoir obtenir des données de qualité suffisante sur les naines blanches variables. Le télescope de 2,16-m de diamètre de l'observatoire de Xinglong était opérationnel depuis quelques années. C'est ainsi que ma collaboration avec **l'observatoire de Xinglong** a débuté avec les premières

observations en 1994. Cette collaboration a ensuite continué avec le **Pr. FU Jianning** et son groupe.

Nous organisons régulièrement **des campagnes d'observation** simultanées impliquant un télescope au Mexique (le télescope de 1,5-m de diamètre de l'observatoire de San Pedro Martir), un télescope en France (le télescope de 1-m de diamètre de l'observatoire du Pic-du-Midi) et un télescope dans le Xinjiang (le télescope de 1-m de l'observatoire de Nanshan) en complément du télescope de 2,16-m de Xinglong.

### Les observations à l'observatoire de Xinglong

L'observatoire de Xinglong où je vais faire les observations se trouve à environ 120 km au nord-est de Beijing dans la province du **Hebei**. Il dépend de **NAOC (National Astronomical Observatories of China)**. On y trouve plusieurs télescopes dont celui de 2,16-m de diamètre que nous utilisons pour notre programme de recherche (voir la photo du télescope). C'est à l'observatoire de Xinglong que se trouve le télescope **LAMOST (Large Sky Area Multi-Objet Fiber Spectroscopic Telescope)**, en fonction depuis 2008. Ce spectaculaire télescope est constitué d'un miroir primaire de 5,7-m x 4,4-m formé de 24 segments hexagonaux et d'un miroir secondaire de 6,6-m x 6,0-m formé de 37 segments hexagonaux (voir la photo de LAMOST). Il permet l'obtention simultanée de 4000 spectres d'étoiles ou de galaxies.



■ Le télescope LAMOST (Large Sky Area Multi-Objet Fiber Spectroscopic Telescope)

### Les résultats de la coopération

De cette collaboration a résulté la publication d'une dizaine d'articles dans des revues à referee et d'une vingtaine de communications dans des colloques internationaux. Notre programme de travail actuel est consacré à la recherche de planètes autour de naines blanches variables entourées d'un disque de débris. La méthode consiste à utiliser le fait que si une planète est présente autour de l'étoile, la naine blanche et la planète tournent ensemble autour de leur centre de gravité mutuel.

En conséquence les fréquences de pulsation de la naine blanche doivent être modulées par la période orbitale de la planète. La mise en évidence d'une telle modulation périodique des fréquences de pulsation, prouvant la présence d'une planète autour de la naine blanche, constituerait une grande avancée dans nos connaissances sur le destin des systèmes planétaires. ☘

<sup>1</sup> Coopération de Gérard Vauclair avec la Chine; astrophysicien ([IRAP](http://irap.omp.eu), Observatoire Midi-Pyrénées, [gerard.vauclair@irap.omp.eu](mailto:gerard.vauclair@irap.omp.eu)).

## Accord de recherche conjoint

### Développement analytique des inclusions fluides et des minéraux et son application sur les gisements d'hydrocarbures profonds

Par le Bureau du CNRS en Chine

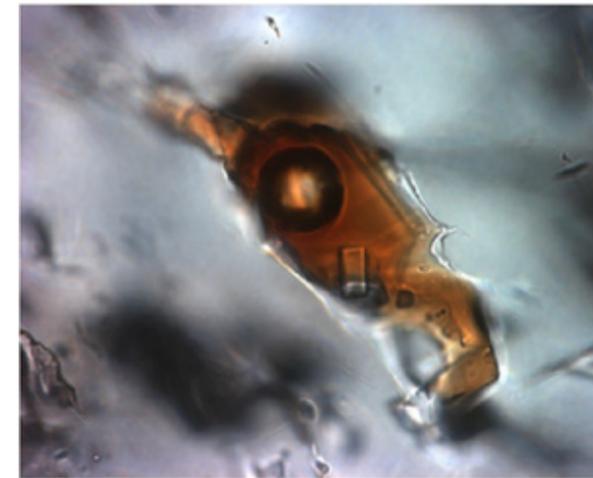


■ Signature du contrat RIPED/CNRS par M. J. Pironon (Dir. GeoRessources) et M. ZHANG Xingyang Directeur du département des affaires internationales (RIPED) en présence des représentants de l'ambassade de France et du CNRS à Pékin ainsi que des membres de la Direction de RIPED.



La séance de signature du contrat de collaboration entre le Centre de Recherche de PetroChina (RIPED)<sup>1</sup> et le CNRS a eu lieu le 11 octobre 2019 à Pékin, en présence des partenaires français et chinois.

Le CNRS et l'Université de Lorraine agissent en tant que tutelles et représentants légaux au nom et pour le compte du laboratoire GeoRessources, UMR 7359, dirigé par M. Jacques PIRONON<sup>2</sup>. Mme FAN Jun-jia<sup>3</sup> est la directrice du projet pour la partie chinoise.



■ Inclusion fluide dans un cristal de calcite ( $\text{CaCO}_3$ ) d'un réservoir pétrolier contenant une huile naturelle colorée, une bulle de gaz et un cube de sel. Taille de l'image : 100 micromètres

La finalité de ce travail est évidemment de construire des modèles pétroliers pertinents pour raconter l'histoire géologique des bassins et la formation des gisements. Pour cela trois bassins de l'Ouest et du Centre de la Chine feront l'objet d'études. Ils sont parmi les gisements les plus profonds au monde et vont permettre de comprendre comment le pétrole peut être stable chimiquement dans des environnements aussi extrêmes. Cette recherche doit permettre de faire émerger de nouveaux guides de prospection de gisements profonds. Elle favorisera l'exploitation de ressources en gaz ou huiles légères moins émettrices de  $\text{CO}_2$  que le charbon et les huiles lourdes.

Cette coopération conduira des collègues chinois à venir se former en France et à des collègues français de venir en Chine pour former les équipes par la théorie et la pratique.



L'Institut de recherche pour l'exploration et le développement du pétrole (RIPED) a été créé en 1958. Il s'agit du centre de R&D de la Société nationale du pétrole de Chine (CNPC) et de la PetroChina Company Limited (PetroChina). Ses activités de recherche couvrent presque **tous les domaines des activités pétrolières en amont** (exploration, extraction, approvisionnement, exploitation minière, études sur l'environnement, incluant la planification stratégique et technique, les études environnementales etc...).

Le siège de RIPED est basé à Pékin et ses trois instituts de recherche sont situés à Langfang (Hebei), Lanzhou (Gansu), et Hangzhou (Zhejiang). RIPED compte environ **2 000 professionnels de la recherche**, dont **6 membres de l'Académie chinoise des sciences (CAS)** et de l'Académie chinoise d'ingénierie (CAE). Il compte également **16 laboratoires clés au niveau national**, représentés par le laboratoire national pour la récupération assistée du pétrole et le centre national de recherche et développement sur le gaz de schiste<sup>4</sup>.

RIPED contribue aux avancées de la technologie pétrolière et au développement de l'industrie pétrolière chinoise. Il a été impliqué dans des recherches sur l'exploration et la production de pétrole dans la plupart des principaux champs pétroliers / gaziers en Chine et sur des projets outre-mer. Il a formé une solide équipe de recherche et mis au point de nouvelles théories et une expertise technique.

- l'exploitation et l'interprétation scientifique des observations des instruments réalisés.
- le développement de techniques avancées mises en œuvre dans des instruments au sol ainsi que des instruments spatiaux.

■ Cérémonie de signature de l'accord CNRS-RIPED. De gauche à droite M. Jacques PIRONON (UMR GeoRessources-UL), Mme LI Xin (CNRS), M. Luc Moreau (Ambassade de France en Chine - S&T), M. HU Suyun (Chef de la Géologie-RIPED), M. ZHANG Xingyang (Directeur du département des affaires internationales-RIPED), M. ZHANG Shuichang (Directeur du Centre expérimental en géologie pétrolière) et M. LIU Shaobo (vice-Directeur du Centre expérimental en géologie pétrolière). Pékin 11/10/2019

#### Ce contrat a pour objectifs

- La formation d'ingénieurs
- Le développement de nouvelles approches méthodologiques
- L'application à des gisements d'huile et de gaz profonds en Chine.

#### Axes de recherche du projet

Lorsque les gisements de pétrole et de gaz se forment, ils laissent quelques témoins sous la forme de minuscules inclusions de fluides piégés dans les minéraux. L'objectif de ce projet est de faire « parler » ces témoins pour en savoir plus sur les conditions de température et pression de formation des gisements, la nature des fluides piégés et l'âge des gisements. Pour cela GeoRessources et RIPED développeront de nouvelles approches analytiques et expérimentales pour extraire ces microquantités de fluides et les analyser.

<sup>1</sup> PetroChina Research Institute of Petroleum & Development <http://riped.cnpc.com.cn/>

<sup>2</sup> <http://georessources.univ-lorraine.fr/>

<sup>3</sup> Central Laboratory of Geological Sciences Research Institute of Petroleum Exploration & Development, PetroChina 中国石油勘探开发研究院石油地质实验研究中心

<sup>4</sup> State Key Laboratory of Enhanced Oil Recovery and the National R&D Center of Shale Gas



Le laboratoire **GeoRessources**, UMR 7359 est un Laboratoire de **recherche en géologie**, il couvre le champ des ressources du sous-sol, de leur exploration à leur exploitation, en passant par les étapes du traitement et de la valorisation, et des impacts sur la société et l'environnement.

GeoRessources est un laboratoire ayant deux tutelles : **l'Université de Lorraine et le CNRS** (INSU CNRS) avec un rattachement secondaire à **l'INSIS** CNRS. Les effectifs en personnel permanent dépassent la centaine (44 ITA/IATOS, 60 EC/C), pour un effectif total voisin de 190 personnes. La recherche à GeoRessources vise à comprendre le fonctionnement du système Terre au travers d'environnements exceptionnels comme les concentrations de ressources minérales ou carbonées, les sites géothermiques ou les milieux souterrains dédiés au stockage d'énergie, de CO<sub>2</sub> ou de déchets.

**L'UMR GeoRessources se décline en 3 axes de recherche :**

- l'axe « **GéoModèles** » se veut un lieu de rencontre des spécialistes des modèles géométriques, géostatistiques et de processus physiques
- l'axe « **Matières Premières** » promeut l'interaction et l'échanges entre les spécialistes des ressources carbonées et minérales pour leur exploration, exploitation et valorisation couvrant l'amont et l'aval du cycle des ressources
- l'axe « **GéoSystèmes** » est un espace de synergie où se retrouvent les spécialistes de l'exploitation du sous-sol à des fins de stockage et de géothermie et les spécialistes des aléas et des risques générés par les activités anthropiques, comme les excavations et les mines. 



■ Visite du Laboratoire de Recherche RIPED du CNPC et de PetroChina dans le cadre de la signature de l'accord. Pékin 11/10/2019.

## IRN CNRS n°851

### Cellules souches et médecine régénérative (CeSMeR)

Par Danièle Bensoussan, HE Xiaohua, Jean-François Stoltz et Jacques Magdalou<sup>1</sup>

#### Présentation de l'IRN CeSMeR

L'IRN CeSMeR comprend un réseau de 5 équipes de recherche chinoises de Wuhan, Kunming et Shangrao, 6 équipes de recherche françaises, dont 2 **UMR CNRS**, une unité **INSERM** à Nancy, Strasbourg et Paris, et un département hospitalier associé (Unité de Thérapie Cellulaire et Tissulaire, **UTCT**, **CHRU** Nancy-Brabois).

L'objectif scientifique de l'IRN créé en 2016 est de rassembler les expertises complémentaires de laboratoires de qualité français et chinois en ingénierie tissulaire à la croisée des sciences du vivant et de l'ingénieur pour réaliser un ambitieux programme préclinique, multidisciplinaire en médecine régénérative.

Ce programme vise à terme à développer de nouveaux traitements de plusieurs maladies dégénératives chroniques liées principalement à l'âge (arthrose, ostéoporose, maladies cardiaques ou hépatiques). Le projet tire profit de la mise en place de différentes approches expérimentales développées par les partenaires, pour la collection, l'étude de la prolifération et la différenciation de cellules souches d'origines variées, la conception, synthèse et optimisation de biomatériaux innovants, leur implantation dans les lésions, la modélisation de leurs interactions et l'appréciation de leur fonctionnalité au niveau de l'organe.

#### Le programme scientifique

La recherche entreprise par l'IRN CeSMeR est axée sur la réparation, par des cellules souches, de divers types de tissus ou d'organes (cartilage, os, tendons, foie, tissus cardiaques ou nerveux ...) dont la fonctionnalité est altérée par la maladie ou l'âge.

**Le programme scientifique s'organise autour de 4 thèmes complémentaires :**

- **Thème 1. Caractérisation et fonctionnalité de trois types de cellules souches mésenchymateuses (CSM) de moelle osseuse, de la gelée de Wharton et d'adipocytes**

Nancy est responsable de l'**obtention des CSM humaines** issues de plusieurs tissus ainsi que de leur caractérisation phénotypique (expression des marqueurs de surface) (FR3209, Unité de Thérapie Cellulaire et Tissulaire du CHRU Nancy Brabois). Ces cellules sont ensuite distribuées à l'ensemble des partenaires et étudiées pour leur capacité à se différencier vers des tissus d'intérêt, en particulier, le foie, le cartilage et l'os. D'autres tissus sont également considérés comme le pancréas en relation avec le diabète et le tissu érectile de la verge.



<sup>1</sup> - Coordinatrice : Danièle Bensoussan, PU-PH, UMR 7365 CNRS-Université de Lorraine, Ingénierie Moléculaire, Physiopathologie Articulaires, Faculté de Médecine, Vandœuvre-lès-Nancy

- Coordinatrice chinoise : HE Xiaohua, PU, *Department of Pathophysiology, School of Medicine, University of Wuhan*

- Secrétaires scientifiques : Jean-François Stoltz, PU-PH Emérite ; Jacques Magdalou, DRCE1 CNRS Emérite, UMR 7365 CNRS-Université de Lorraine, Ingénierie Moléculaire, Physiopathologie Articulaires, Faculté de Médecine, Vandœuvre-lès-Nancy

Cette collaboration effectuée avec nos partenaires chinois (Pr Z. Han, Shangrao, Y. Li et Y. Chen, Wuhan, Z. Lei, Kunming) conduit à étudier :

- La sénescence et la réplication, leur impact sur la stabilité, les propriétés phénotypiques et la capacité de différenciation cellulaire. Ce programme fait actuellement l'objet d'un contrat de recherche « *Cai Yunpei* »,
- L'optimisation des conditions de culture sur la qualité et les performances des cellules souches,
- L'action immunomodulatrice et immunosuppressive des CSM (approche immunothérapeutique contre les leucémies par transplantation allogénique de cellules souches hématopoïétiques ; l'intérêt grandissant des cellules CAR-T contre les leucémies),
- La différenciation des CSM et guidage de ces cellules vers les phénotypes tissulaires considérés. En particulier est étudiée la programmation fœtale des cellules souches, l'effet de xénobiotiques (caféine, nicotine, médicaments) sur le retard de croissance intra-utérin et l'impact de ces composés sur l'altération de ces cellules à l'origine possible de pathologies chez l'adulte (ostéoporose, arthrose, syndrome métabolique).

#### ■ *Thème 2. Conception, synthèse et propriétés des matrices supports*

L'INSERM U 109 (Strasbourg) ainsi que le laboratoire ICube (UMR CNRS 7357 (Strasbourg)) ont mis en place des techniques innovantes visant à **mettre en évidence le comportement des CSM**, notamment la différenciation cellulaire sous l'effet de sollicitations mécaniques. Ces unités s'intéressent plus particulièrement à **la modélisation des interactions tissus-matériaux**.

Des polymères construits à partir de protéines (zéine, protéines du soja) ou des polysaccharides (alginate, hémi-celluloses, chitosan) sont testés pour leur pouvoir à maintenir différenciées les cellules souches après être nanostructurés, en fibres, éponges ou multi-couches. Ces polymères sont fonctionnalisés par des facteurs de croissance (BMP-2, TGF-beta), prostaglandine E-2, acide gamma glutamique, insuline, ou des polyphénols anti-inflammatoires (acide férulique).

De nouvelles méthodes de production de polymères sont testées comme l'électrodéposition qui présente des applications potentielles en ingénierie tissulaire de la reconstruction nerveuse. La biofabrication de tissu cardiaque en 3D par des ondes acoustiques constitue un moyen original de production.

Des nanoparticules d'hydroxyde ferrique fonctionnalisées par BMP-2 sont capables de favoriser la cicatrisation de l'os en augmentant le phénomène d'homing et prolongeant la différenciation des cellules souches. De même, des nanoparticules contenant le motif peptidique RGD et la doxorubicine sont particulièrement intéressantes pour le traitement de glioblastomes.

Enfin, un programme ambitieux concerne la décellularisation des organes, en particulier le foie, et sa recolonisation par des cellules souches.

#### ■ *Thème 3. Caractérisation des propriétés mécaniques des tissus.*

Ce thème concerne **les propriétés mécaniques des tissus** ainsi que leur impact sur **les variabilités biologiques** induites. **La mécanotransduction ou la modulation de l'activité des gènes** par des facteurs mécaniques est une science incontournable de l'ingénierie cellulaire et tissulaire. Un couplage des outils expérimentaux et prédictifs est nécessaire pour permettre de suivre les évolutions cellulaires (différenciation, migration), leurs effets sur les tissus environnants et l'évolution de ces tissus dans le temps en vue de la construction de néotissus compatibles.

L'approche consiste à mesurer qualitativement et quantitativement les propriétés physiques et mécaniques, ainsi que les contraintes mécaniques développées au sein des matrices supports, afin de pouvoir alimenter des modèles théoriques et numériques et prédire leur évolution temporelle. Il est nécessaire de développer une approche multi-physique et multi-échelle pour permettre de prendre en compte à chaque instant les effets mécanobiologiques locaux sur le comportement macroscopique des tissus.

**Le tissu principalement considéré dans cette étude est l'os.** Son remodelage est continu et est influencé par des facteurs biologiques et mécaniques. La simulation numérique de la dégradation ostéoporotique de l'os a été abordée à partir de têtes fémorales fournies par l'UTCT (CHRU Nancy-Brabois) et étudiée au laboratoire ICube de Strasbourg.

#### ■ *Thème 4. Evaluation de la fonctionnalité des néotissus générés à l'aide de modèles animaux.*

Les champs d'applications envisagés sont **des pathologies dégénératives liées au vieillissement** dans le domaine de l'ostéoarticulaire (os, cartilage ligament, tendon) (Nancy), cardiovasculaire (Shangrao), tissu érectile (Nancy) ou hépatique (Kunming). Selon l'organe considéré, plusieurs modèles animaux ont été développés dans le but de tester la capacité de réparation du biomatériau. Des approches expérimentales en imagerie tissulaire multi-échelle, telles que l'histologie, l'immunohistochimie, la macro/microscopie confocale, l'IRM sont disponibles sur les différentes plateformes technologiques des laboratoires.

#### Animation scientifique de l'IRN CeSMer

Depuis sa création fin 2016, l'animation scientifique de l'IRN est importante. Elle organise chaque année alternativement dans les deux pays **des réunions scientifiques** pour évaluer l'avancement des travaux. Ces réunions sont suivies par l'organisation de **colloques internationaux sur les cellules souches et la médecine régénérative**.

Des conférenciers faisant autorité dans le domaine sont invités à ces manifestations qui permettent aux jeunes chercheurs de l'IRN de présenter leurs travaux. Ainsi de tels colloques se sont tenus en 2016 à Nancy, 2017 à Shangrao, 2018 à Wuhan et en 2019 à Strasbourg. **Le prochain aura lieu à Shangrao en 2020.**

Cette activité de recherche et de formation par la recherche est étroitement associée à la Filière Médicale Francophone de Wuhan ainsi qu'à la mise en place d'une licence et d'un master à Shangrao. Des enseignements en français sont donnés chaque année par des professeurs de la Faculté de Médecine de Nancy dans les deux universités.

#### Le bilan scientifique consiste en :

- Des séjours de 8 à 15 jours (en moyenne 6 par an) de chercheurs seniors pour des conférences ou l'apprentissage de techniques,
- Des séjours de 3 à 12 mois de jeunes chercheurs pour la réalisation d'une partie du programme dans un laboratoire partenaire ( ex : programme CNRS-K.C. Wong postdoctoral fellowships 2019 ),
- Une réunion de travail annuelle des membres de l'IRN alternativement en France et en Chine,
- La soutenance de PhD (5 en 4 ans),
- Les publications des travaux : plus de 40 publications communes dans des revues internationales à comité de lecture ont été produites depuis le début de l'IRN. Chaque colloque international donne lieu à des *proceedings* édités par IOS Press (Amsterdam),
- L'obtention de contrats bilatéraux ( Cai Yunpei, Académie des Sciences),
- L'aide de la Région Grand-Est et des Universités Lorraine et de Strasbourg. ☘

*« En conclusion l'IRN 851 CeSMer a permis de structurer une communauté scientifique franco-chinoise autour de la thématique prometteuse des cellules souches et de la médecine régénérative.*

*L'importance et la qualité des travaux effectués ont contribué à donner à chaque partenaire et équipe une dimension internationale grandissante. Les progrès réalisés au sein de ce réseau sur l'élucidation des mécanismes aux niveaux moléculaire, cellulaire et tissulaire laisse espérer l'utilisation prochaine de ces cellules au bénéfice des patients.»*

# Le projet MagMC

## Bio-adaptation et exploitation du champ magnétique terrestre

Par WU Longfei

Sun light consists of electro-magnetic waves that sustains the life on Earth. In addition, the geomagnetic field protects living organisms from the deleterious effect of solar winds radiation. How do microorganisms adapt and exploit the electro-magnetic irradiation and geomagnetic field? In 2019, LIA-MagMC teams have carried out experiments from near space to deep-sea hydrothermal vents, trying to provide some answers to the question. The detailed scientific achievements are described below.

### Origin and function of magnetosome and evolution of magnetotactic bacteria

Key words: Archean Eon; Reactive oxygen species; biosynthesis of magnetic crystals

Our teams studied origin and function of primeval magnetosomes.

Molecular clock and magnetic fossil analyses converge to the hypothesis that magnetotactic bacteria emerged 3400-3200 million years ago during the Archean Eon when the Earth's crust cooled enough to allow the formation of continents and life started to form. They have integrated new data from microbiology, geology, and nanotechnology studies and propose that initial

biomineralization of intracellular iron nanoparticles in early life evolved as a mechanism for mitigating the toxicity of reactive oxygen species (ROS), as ultra-violet radiation and free-iron generated ROS would have been a major environmental challenge for life on early Earth. This iron-based system could have later been co-opted as a magnetic sensor for magnetoreception in microorganisms, suggesting an origin of microbial magnetoreception as the result of the evolutionary process of exaptation (Figure 1).

Figure 1. Origin and function of magnetosomes. Magnetotactic bacteria (MTB) seem to emerge 3400-3200 million years ago and the primeval iron crystal and magnetosome proteins functioned to eliminate the reactive oxygen species (ROS), and later evolved to guide bacteria swimming along the geomagnetic field lines to escape from UV radiation.

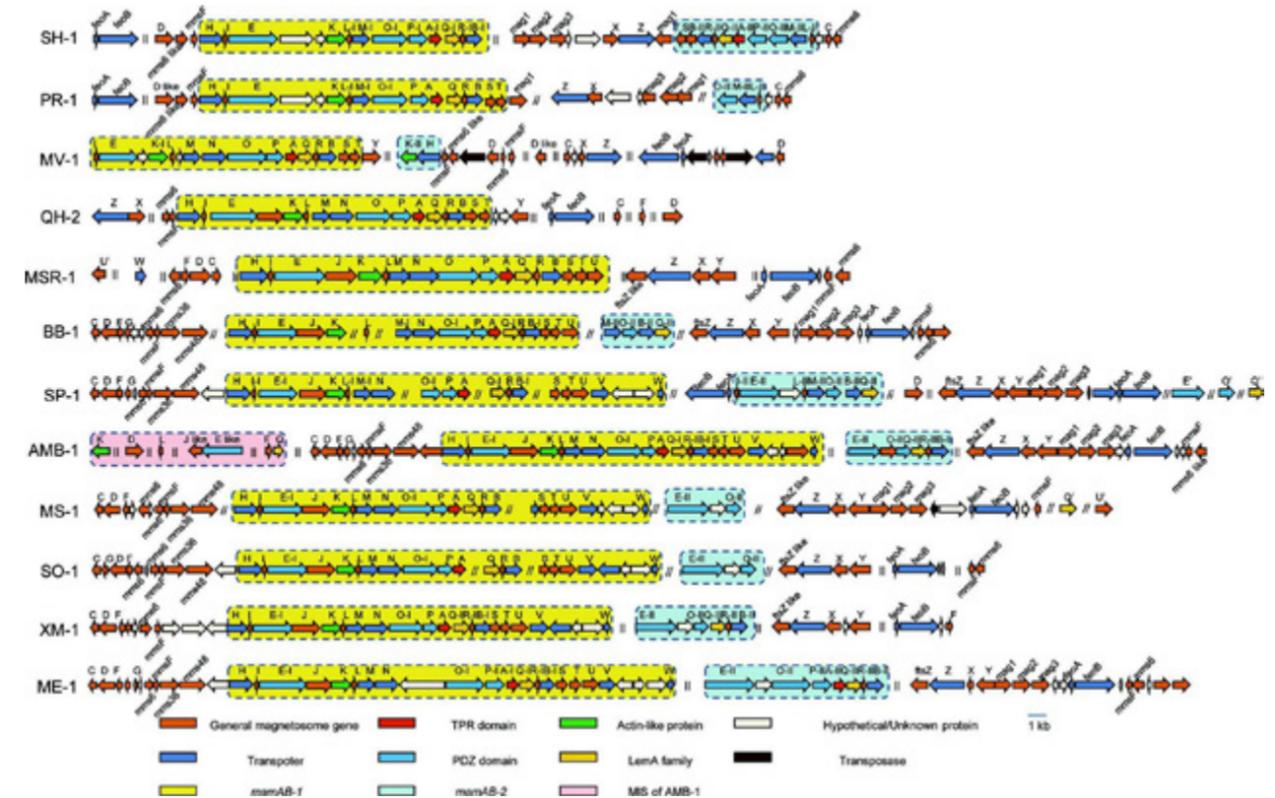
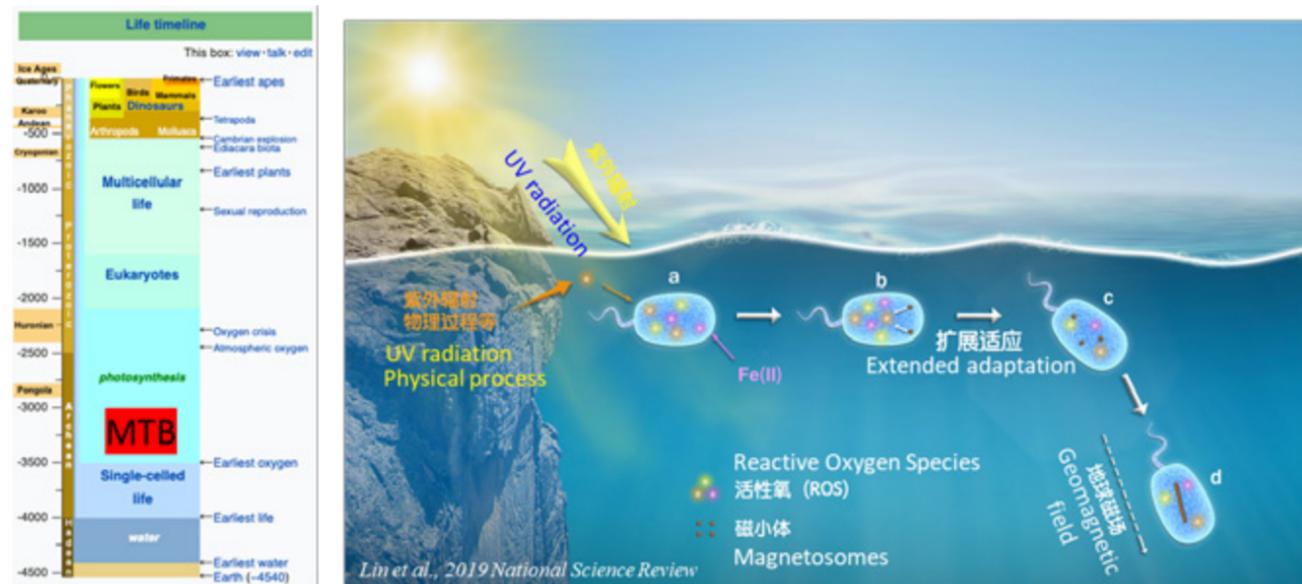


Figure 2. Genetic duplication of mamAB clusters. The mamAB clusters are highlighted with yellow and cyan colors.

To corroborate this hypothesis, teams have chosen using the near space to mimic the early Earth's environment with strong UV and cosmic radiation, cold and hypobaric pressure. They found that only magnetotactic bacteria and bacterial spores survived from this hostile environment.

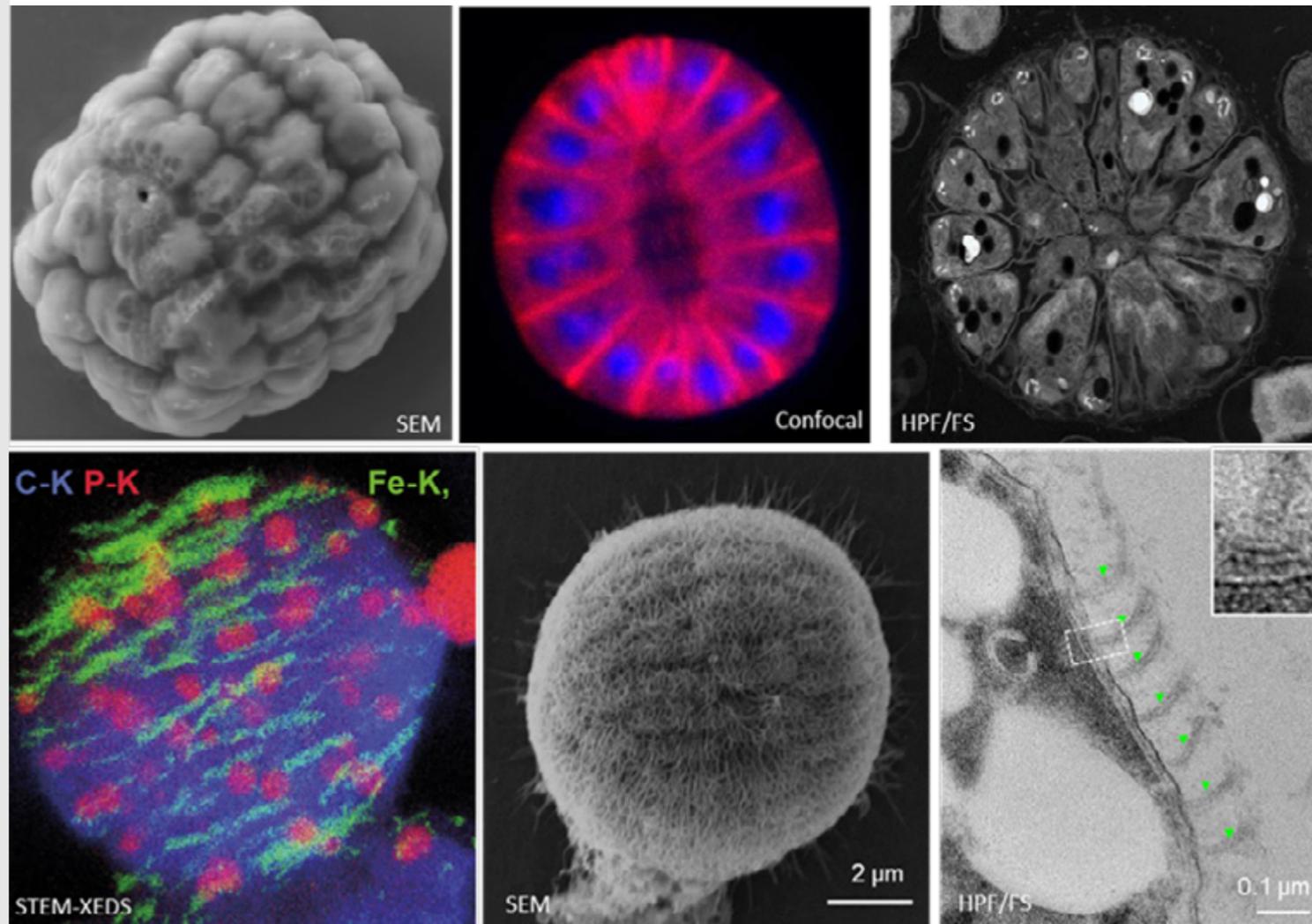
Synthesis of magnetosomes is a genetically controlled, enzymatic-catalyzed process. Recently, we analyzed the complete genome of a novel magnetotactic spirillum *Terasakiella* (*Terasakiella* sp. SH-1) and found an unexpected duplication event of magnetosome genes within the *mamAB* cluster that is essential for magnetosome biomineralization and magnetotaxis. The duplication of *mamAB* genes is common in the genomes of *Alphaproteobacteria* and *Deltaproteobacteria* (Figure 2), suggesting a conserved evolution process via gene duplication in these phyla. Therefore, MTB belonging to different taxonomic groups might undergo different evolution mechanisms.

### Distribution and diversity of magnetotactic bacteria

Key words: multicellularity; biodiversity

We have showed worldwide distribution of magnetotactic bacteria in freshwater, shallow sediments, sea-mounts and a deep-sea habitats. At the end of 2018 and beginning of 2019, our teams participated to a CAS-organized scientific expedition to Longqi hydrothermal vent field in Southwest Indian Ridge. Metagenomic analyses suggest occurrence of MTB in the hydrothermal vent chimney samples, which extends the distribution of MTB to another extreme ecosystem.

Simultaneous characterization of MTB phylogeny and biomineralization is crucial but challenging because most MTB are extremely difficult to culture. One team has developed a correlative fluorescence in situ hybridization (FISH) – scanning electronic microscopy (SEM) method. Using this approach we have identified novel genera and species of MTB affiliated with *Deltaproteobacteria* class and *Nitrospirae* phylum, and demonstrated great diversity of MTB in both freshwater and marine habitats.



■ Figure 3. Architecture of ellipsoidal magnetoglobules. SEM micrograph shows an ellipsoidal magnetoglobule composed of 60s constituent cells. Fluorescence confocal image indicates cells assembling axisymmetrically into one layer, hollow architecture with peripheral-core polarity. DAPI staining was used to visualize chromosomes (blue spots), FM-4-64 to visualize membranes (red color). HPF/FS-fixed ultrathin section shows the juxtaposed cellular membranes, unilateral indentation of cell outer membranes and the magnetosome crystals (peripheral white particles). Micrograph of scanning transmission electron microscope (STEM-XEDS) shows the aligned magnetosome chains (green color) along the long axis of the ellipsoidal magnetoglobule. SEM micrograph reveals flagella on the surface of magnetoglobules. Micrographs of HPF/FS-fixed ultrathin section shows the flagella (green triangles) and the typical flagellar motor (inset).

Multicellular magnetotactic prokaryotes (MMPs, magnetoglobules) acquired both magnetotaxis and multicellularity during the evolution. Approximately 40–80 cells assemble, with a helical geometry or axisymmetry, into spherical or ellipsoidal MMPs, respectively. To contribute to a comprehensive understanding of bacterial multicellularity we took multiple microscopic approaches to study the diversity, assembly, reproduction and motility of ellipsoidal MMPs. Using the FISH-SEM analysis and magnetic micromanipulation, we found an unexpected diversity in populations of MMPs in the Mediterranean Sea and the China Sea. They formed branches of an MMP clade that were affiliated with *Deltaproteobacteria* but distinguished from the multicellular myxobacteria, and thus represent a distinct taxonomic group of multicellular prokaryotes.

The high-pressure freezing/freeze substitution fixation technique allowed teams to show, for the first time, that cells adhere via juxtaposed membranes and are held together by a rimming lattice. Fluorescence confocal microscopy and ultrathin section images revealed not only the one-layer hollow three-dimensional architecture, but also periphery–core unilateral constriction of constituent cells and unidirectional binary fission of the ellipsoidal MMPs (Figure 3). This finding suggests the evolution toward MMPs multicellularity via the mechanism of incomplete separation of offspring.

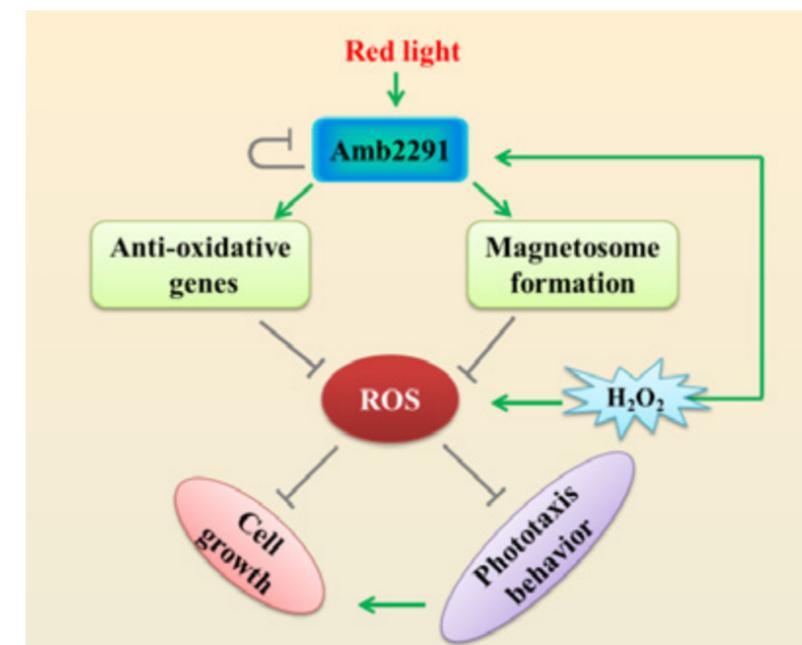
**Phototaxis and photosensitive magnetotaxis**

Key words: photoreceptor; photophobia; photokinesis; coordinated motility

Magnetoglobules possess tens of thousands of flagellar at their periphery surface (Figure 3) that coordinate swimming in response to mechanical, chemical, magnetic and optical stimuli. We showed especially a conspicuous photokinesis behavior; MMPs change the magnetotaxis direction with acceleration of swimming velocity upon illumination with short wavelength lights. We have sequenced five MMPs genomes and are searching potential photoreceptors that might involve in the photokinesis, besides study of the unilateral division mechanism of MMPs. Moreover, our teams have obtained an A\*Midex grant, with the participation of Dr.

Guillaume Baffou at Fresnel Institute in Marseille, to determine the wavelength responsible and number of photons required for triggering the photokinesis behavior.

Previously one team has reported a phototaxis behavior of the *Magnetospirillum magneticum* AMB-1. Magnetosomes extracted from AMB-1 exhibit photo-enhanced, peroxidase-like activity. In 2019, teams found that light irradiation can help AMB-1 cells to eliminate intracellular ROS by enhancing the peroxidase-like activity of magnetosomes. Furthermore, AMB-1 genome encodes an unusual LOV-like photoreceptor, *Amb2291*, of which the conserved Cys residue is replaced with alanine (Ala). In-frame deletion of *Amb2291* impaired the protective responses against hydrogen peroxide, thereby causing stress and growth impairment, which affected gene expression and magnetosome formation and led to high sensitivity to oxidative damage and defect phototaxis behavior (Figure 4). This finding expands our knowledge on the physiological function of this widely distributed group of photoreceptors and deepens the understanding of the phototaxis of MTB. ☘



■ Figure 4. Function model of LOV-like *Amb2291* photoreceptor. Red light illumination and the LOV protein *Amb2291* enhance expression of anti-oxidative genes and stimulate magnetosome formation, which in turn reduces intracellular ROS level. The overall function protects MTB cells from deleterious effect of oxidative stress.



■ Le second atelier France-Chine “*New nanostructured materials and biomaterials for renewable electrical energy sources*” (Chairmen : S. Cosnier, WANG Ek., CHEN H.) a eu lieu à Changchun du 20 au 22 août 2019.

## IRN “MAREES”

### *New nanostructured materials and biomaterials for renewable electrical energy sources*

Par Serge Cosnier<sup>1</sup>

Développer des sources d'énergie durable est un défi crucial pour le 21<sup>ème</sup> siècle

La production future d'électricité progressera en réduisant la dépendance aux combustibles fossiles, en utilisant de plus en plus de sources d'énergie renouvelables et en respectant davantage l'environnement. L'épuisement des combustibles fossiles et le besoin de méthodes de production d'électricité propre ont conduit à l'**émergence de nouvelles sources d'énergie durable et renouvelable**, indépendantes des combustibles fossiles et n'émettant pas de CO<sub>2</sub>. Parmi ces sources alternatives propres, la production d'énergie grâce à des moyens électrochimiques constitue une approche prometteuse mais requiert encore des innovations.

Dans ce contexte, **les nanotechnologies** offrent des potentiels d'amélioration essentiels pour le développement de sources d'énergie renouvelables, car de nombreux processus de conversion et de stockage de l'énergie ont lieu aux interfaces et aux surfaces de matériaux ou de biomatériaux nanostructurés. **Les (bio)matériaux nanostructurés** présentent les avantages d'offrir des rapports de surface sur volume énormes, des propriétés de transport favorables et des effets de confinement résultant des dimensions à l'échelle nanométrique. Ils ont été largement étudiés pour des applications liées à l'énergie telles que les cellules photovoltaïques, les (bio)catalyseurs, les batteries et les supercondensateurs ainsi que les systèmes de stockage d'hydrogène.

<sup>1</sup> Responsable français de l'IRN0876 (*International research network*) janvier 2019-décembre 2022, Directeur du Département de Chimie Moléculaire UMR CNRS 5250 <https://dcm.univ-grenoble-alpes.fr> ; Membre de l'*European Academy of Sciences* (EurASc) et de l'*Academia Europaea*.

Parmi les stratégies de production d'énergie propre, **les biopiles** qui convertissent l'énergie chimique en énergie électrique par la réaction catalytique d'enzymes ou de micro-organismes ont fait l'objet d'une attention considérable au cours des deux dernières décennies. Les biopiles, qui constituent une sous-classe de piles à combustible, reposent principalement sur des enzymes rédox, **biocatalyseurs très efficaces et sélectifs** pouvant avantageusement remplacer les catalyseurs rares et coûteux à base de platine dans les dispositifs à pile à combustible classiques. De plus, les catalyseurs biologiques offrent des spécificités exceptionnelles vis-à-vis de leurs substrats, permettant ainsi l'assemblage des électrodes anodique et cathodique d'une pile à combustible sans nécessiter de membranes séparatrices.

La possibilité de générer de l'énergie à l'aide de **catalyseurs biologiques** a maintenant largement dépassé l'étape de validation de principe et représente une alternative complémentaire attrayante aux autres systèmes d'alimentation convertissant l'énergie mécanique, thermique ou photovoltaïque en électricité. Outre l'attrait des biopiles comme source d'énergie portable pour les appareils électroniques miniaturisés tels que les téléphones portables, la possibilité d'auto-alimenter des dispositifs médicaux implantés chez l'homme par des biopiles implantables utilisant le sucre et l'oxygène comme source d'énergie, constitue une perspective particulièrement intéressante.

*...Cependant, il reste encore de nombreux obstacles à surmonter avant que les biopiles implantées ou portables ne deviennent une réalité commerciale.*

#### Un groupement sino-français

La création de cet IRN sino-français est dédiée au développement de piles à combustible, de biopiles et de photo-biopiles pour la production d'électricité ou son stockage via la conception et la caractérisation de nouveaux nanomatériaux moléculaires ou hybrides. La structure réunira les laboratoires français et chinois travaillant dans différents domaines impliquant : la nanotechnologie, les systèmes électrochimiques, la caractérisation de matériaux à l'échelle nanométrique (nanoparticules, couches minces et nanostructures) et la conversion biologique de l'énergie.

Il faut souligner que le coordinateur français (Prof. **Serge Cosnier**, université de Grenoble Alpes) et le coordinateur chinois (Prof. **WANG Erkang**, académicien) ont une vaste expérience des relations franco-chinoises. En effet, depuis 15 ans, les deux coordinateurs ont déjà développé avec succès des collaborations bilatérales avec des programmes de recherche avancée (PRA) associant un laboratoire français et chinois. Ils ont également été fortement impliqués dans le programme **P2R** de la recherche franco-chinoise: Eau et développement durable 2004-2007, du programme ARCUS (2006-2009) et plus récemment du GDRI CNRS (actuel IRN) (2009-2012) « Nouvelles approches pour le contrôle de la qualité de l'eau et le développement d'énergie durable via des biocapteurs électrochimiques et des biopiles ».

Grâce à cette structure fondée par l'Institut de l'écologie et de l'environnement (INEE) du CNRS, le ministère chinois de la science et de la technologie (MoST), le ministère chinois de l'éducation (MOE) et la Fondation nationale des sciences naturelles de Chine (NSFC), les professeurs WANG et Cosnier ont ainsi organisé **4 ateliers binationaux** alternativement en Chine et en France renforçant grandement les liens entre les laboratoires français et chinois.

*Cet IRN sino-français se concentre sur l'exploration des mécanismes fondamentaux impliqués dans la conversion et le stockage de l'énergie avec des nanomatériaux, des assemblages supramoléculaires et des biomatériaux structurés à l'échelle nanométrique.*

Il permet d'initier des approches novatrices en matière de conception et de synthèse de matériaux, ainsi que d'évaluer les problèmes de durabilité constituant ainsi une plate-forme commune pour des échanges scientifiques sur les développements futurs **des nano (bio) matériaux dans les technologies de conversion de l'énergie**. Le concept de nouveaux mécanismes et structures et leur caractérisation constitueront un objectif majeur pour renforcer davantage les capacités des matériaux nanostructurés pour la conversion de l'énergie chimique en énergie électrique et son stockage.

Le déroulement de l'activité scientifique de notre groupement franco-chinois dans le domaine des matériaux et biomatériaux nano-structurés pour

l'énergie voire la détection, s'est soldé par la parution de **11 publications dans les journaux internationaux** et la participation des partenaires chinois et français à la rédaction de **10 chapitres de livres** dans deux livres<sup>2</sup>.

#### De nombreux échanges fructueux

Outre l'organisation d'ateliers binationaux, le but de ce groupement IRN est principalement l'échange de chercheurs, enseignant-chercheurs et étudiants.

Dans ce contexte, l'année 2019 s'est révélé très fructueuse avec les visites en France du Professeur **XU Guobao**<sup>3</sup> qui a bénéficié pendant un mois d'un poste en tant que Professeur-Invité à l'Université de Bordeaux (Novembre 2019). Cela s'est fait dans le cadre d'une collaboration sur la détection par électrochimiluminescence (ECL). **La chimie-luminescence électrogénérée** aussi appelée électrochimie-luminescence est la génération de lumière initiée par une réaction électrochimique.

Cette visite avait été précédée de celle du Professeur **JIANG Dechen**<sup>4</sup> toujours à l'Université de Bordeaux sur la thématique de la microscopie ECL et ses échanges se poursuivent actuellement avec l'accueil d'une étudiante (Mlle **HAN Dongni**) de Nanjing à l'Université de Bordeaux pendant un an (oct. 2019 à Sept. 2020).

Une chaire de professeur invité a été proposée **Pr. WANG Wei** (université de Nanjing) par l'université de Paris Diderot afin de financer son voyage et séjour durant 2 semaines en 2020 et ainsi pouvoir participer au prochain atelier franco-chinois et au congrès international ElecNano. Un des sujets de la collaboration aura trait à : **la microscopie optique**: une approche versatile pour l'imagerie de processus électrochimiques.

Quant aux chercheurs français, ils ont rendu visite aux universités de Xiamen, Harbin, Nanjing, Wuhan et Yangzhou.

Plusieurs collaborations au travers de ces visites, ont été initiées ou renforcées comme avec le professeur **ZHANG Zhaowei** (*Oil Crops Research Institute, CAAS à Wuhan*) où un accord a été signé et l'objectif sur le design de biocapteurs électrochimiques pour les mycotoxines a été décidé. La visite rendue au prof **DING Shou-Nian** (*School of Chemistry and Chemical Engineering, Southeast University à Nanjing*) a permis de discuter des différents programmes de recherche que nous pouvons développer entre nos deux laboratoires, axés sur des nouvelles stratégies de préparation et d'utilisation des nanomatériaux pour la conversion énergétique.

Nous explorerons les possibilités d'échanges d'étudiants, en particulier avec le **programme Xu Guanqi** voire déposer un programme « **1000 talents** ».

Concernant la collaboration entre le professeur **SHAN Dan** de *Nanjing University of Science and Technology* de Nanjing et le Dr **Serge Cosnier** du Département de Chimie Moléculaire UMR CNRS 5250 de l'université Grenoble-Alpes, un système efficace de **détection des protéines** basé sur une interface bien définie de **glycopolymères** a été conçu et développé. Ces nouveaux matériaux précurseurs en glycopolymères constituent des interfaces d'électrodes particulièrement adaptées à l'ancrage de protéines et donc à l'élaboration de biopiles enzymatiques.

Parallèlement, les deux laboratoires travaillent sur des modèles simulant l'activité des enzymes impliquées dans les biopiles, comme des **complexes de cobalt** comme catalyseur hautement actif pour la réduction de l'oxygène ainsi que sur des fibres électrofilées contenant RuP2 pour la réaction de réduction des protons en hydrogène à différentes valeurs de pH.

Des expériences sont également en cours avec de nouveaux catalyseurs hybrides à base de Zn et Co qui présente des performances attractives pour la réaction de réduction de l'oxygène et génération d'hydrogène. Ces systèmes seront employés pour fabriquer des piles biomimétiques oxygène/hydrogène ou glucose/oxygène.

En particulier, une visite a été organisée par notre partenaire de l'IRN, prof SHAN Dan pour célébrer la collaboration qui a débutée 20 ans plus tôt à l'université de Yangzhou entre le professeur Shan et le Dr Serge Cosnier. Cette visite a permis d'établir des discussions avec le *Dean of School of Chemistry and Chemical Engineering*: prof **HAN Jie** et prof **XU Qin** et de présenter un **séminaire scientifique** sur les biomatériaux à base de nanotubes de carbone, polymères et nanoparticules rédox pour le design de biocapteurs électrochimiques et les biopiles et une rétrospective : *20th Anniversary Celebration of Sino-French Cooperation*.

Cet atelier a été couplé à un congrès international organisé par le Prof WANG. Erkang<sup>5</sup> et le Prof. **LU Lehui**<sup>6</sup>. La délégation française a participé à ce congrès : **The Seventeenth International Symposium on Electroanalytical Chemistry & The Third International Meeting on Electrogenerated Chemiluminescence**<sup>7</sup>, qui a rassemblé environ un mil-

lier de chercheurs. Il faut souligner que les membres de l'IRN ont été invités à donner des conférences lors de ce congrès international par le coordinateur chinois ; il a été ainsi présenté 3 conférences plénières, 1 keynote lecture et 11 conférences invitées.

Pour 2020, nous organiserons notre réunion (3<sup>ème</sup> *Sino-France Workshop*) à Paris, du 24 au 29 mai. Cet atelier sera également couplé à un congrès international auquel participera la délégation chinoise : **ElectroNano** à Paris du 25 au 27 mai 2020. A cette occasion, 20 professeurs et professeurs associés chinois feront le déplacement.

Quant au 4<sup>ème</sup> *Sino-France Workshop*, il devrait se dérouler à Pékin en 2021 et le 5<sup>ème</sup> *Sino-France Workshop* en 2022 pourrait avoir lieu en France près de Grenoble sur le plateau du Vercors. ☘

#### The Seventeenth International Symposium on Electroanalytical Chemistry & The Third International Meeting on Electrogenerated Chemiluminescence (17th ISEAC & 3rd ECL)

August 22-25, 2019, Changchun, China



■ 17th ISEAC & 3rd ECL, Changchun, China, 23 – 25 August 2019

<sup>2</sup> «Bioelectrochemistry: Design and Applications of Biomaterials» édité Verlag Walter de Gruyter GmbH, Berlin, Germany en mars 2019 et «Analytical Electrogenerated Chemiluminescence. From Fundamentals to Bioassays» édité par The Royal Chemical Society en novembre 2019.

<sup>3</sup> State Key Laboratory of Electroanalytical Chemistry, Changchun Institute of Applied Chemistry, Chinese Academy of Sciences

<sup>4</sup> State Key Laboratory of Analytical Chemistry for Life Science, Nanjing University

<sup>5</sup> CAS Changchun Institute of Applied Chemistry, Changchun, China

<sup>6</sup> Changchun Institute of Applied Chemistry, SKLEAC, CAS, China

<sup>7</sup> 17th ISEAC & 3rd ECL, at the Redbuds Hotel, Changchun, August 22-25

## Réseau de recherche international

### IRN RFCCT : Réseau Franco-Chinois de Chimie Théorique

Par Isabelle Navizet<sup>1</sup>

#### Présentation de l'IRN RFCCT

La création de l'**IRN franco-chinois de chimie théorique** est issue de la reconduction pour quatre années supplémentaires (2018-2021) du GDRI du même nom (GDRI 0808) créé en 2014 sous l'impulsion du « Réseau Francophone de Chimie Théorique » (RFCT), réseau des chimistes théoriciens français soutenu sous forme de GDR (GDR3333) par le CNRS depuis 2010.

Depuis une vingtaine d'années des collaborations existent entre plusieurs groupes français et chinois de recherche en chimie théorique (notamment Orsay-Xiamen et Toulouse-Nanjing) et depuis 2008, des relations fortes se sont établies entre les communautés de chimie théorique françaises et chinoises qui se sont traduites par de nombreuses visites et l'**organisation de conférences régulières (Workshops)** réunissant chacune une cinquantaine de participants: le premier Workshop a eu lieu en France à Royaumont en novembre 2008, le second à Pékin en mai 2010, le 3<sup>ème</sup> à La Colle sur Loup près de Nice en octobre 2011 et le 4<sup>ème</sup> à Nanjing, en juin 2013.

La création du GDRI a permis de pérenniser cette pratique d'**un workshop tous les deux ans** et localisé alternativement en France et en Chine : le 5<sup>ème</sup> workshop a eu lieu à Strasbourg en mai 2015, le 6<sup>ème</sup> à Xiamen en mai 2017 et enfin le 7<sup>ème</sup> à Toulouse cette année en mai 2019. Au cours de chacune de ces conférences, des binômes ou trinômes thématiques franco-chinois ont été construits, réunissant les meilleurs spécialistes du domaine. Ces réunions ont été suivies de nombreux échanges entre scientifiques et des travaux en commun ont été amorcés.

#### L'état de l'art de la chimie théorique en France et en Chine

*La Chimie Théorique s'attache à comprendre et à expliquer les principales étapes et les mécanismes mis en jeu dans les phénomènes chimiques complexes qui font l'objet de ses études. Elle développe des méthodologies innovantes, utiles pour caractériser les systèmes chimiques à l'œuvre dans un vaste champ d'applications.*

Les systèmes étudiés comportent aussi bien les molécules isolées, de tailles très variées, que les systèmes périodiques, les agrégats et les systèmes complexes (milieu condensé peu ou pas organisés, phénomènes de surface, macromolécules d'intérêt biologique ou technologique). Les modèles se basent aussi bien sur **des théories bien établies ou en cours d'élaboration** (fonction d'onde, théorie de la fonctionnelle de la densité électronique, Hamiltoniens exacts ou effectifs en mécanique quantique, ou encore champs de force paramétrés en mécanique moléculaire), que sur **des méthodologies de calcul performantes** (calcul informatique hautes performance, machine learning, grandes masses de données) et visent au **développement de simulations** en relation avec des problèmes spécifiques de physico-chimie (spectroscopies, dynamique réactionnelle, dynamique quantique, réactivité, propriétés optiques ou magnétiques ...).

Ces développements méthodologiques et les champs d'applications sont utiles pour mieux comprendre des phénomènes de plus en plus complexes, affectant des échelles d'espace et/ou de temps de plus en plus variées.

#### Missions de l'IRN RFCCT

L'IRN coordonné par **Isabelle Navizet** de l'université Paris-Est Marne-la-Vallée promeut le partage de compétences présentes en France et en Chine dans le domaine de la chimie théorique. L'organisation de séjours plus ou moins longs (**financement de séjours** d'un mois pour des chercheurs confirmés ou doctorants chinois dans une institution française ou français dans une université chinoise) permet d'amorcer, de développer ou de consolider des collaborations franco-chinoises.

L'organisation des workshops franco-chinois tous les deux ans a pour but d'**inspirer de nouvelles collaborations**, de se mettre au fait des nouvelles avancées et d'entretenir une convivialité entre les deux communautés. Un certain nombre d'informations sont disponibles sur un site internet dédié aux activités de l'IRN : <http://gdri-rfcct.org>.

#### Le workshop de Toulouse en mai 2019

En mai 2019, le workshop franco-chinois de chimie théorique s'est déroulé à Toulouse. Comme à chacune de ces rencontres, un binôme constitué d'un chercheur français et d'un chercheur chinois a été constitué. Cette année, les thématiques retenues pour des sessions d'une heure (20 min de présentation de chacun des membres du binôme et 20 min d'échange avec le public) ont été :

- Le développement méthodologique de la théorie de valence bond (Peter REINHARDT de Paris et SU Peifeng de Xiamen)
- Le développement méthodologique des dynamiques non adiabatiques (Patrick CASSAM-CHENAI de Nice et LAN Zhenggang de Guangzhou)
- Le développement des méthodes post-Hartree Fock (Emmanuel GINER de Paris et LI Shuhua de Nanjing)
- Le développement de méthodes QM/MM (Fabris KOSSOSKI de Marseille et SHEN Lin de Pékin)
- L'application des méthodes de dynamique quantique (Roberto MARQUARDT de Strasbourg et ZHANG Donghui de Dalian)
- L'application pour l'étude des organométalliques (Karine COSTUAS de Rennes et LIN Zhenyang de Hong Kong)
- Les surfaces solides (Hasar GUESMI de Montpellier et WANG Jinlan de Nanjing)
- La catalyse et la conception de nouveaux matériaux avec trois binômes (Marie-Liesse DOUBLET de Montpellier et YANG Jinglong de Hefei, Aude SIMON de Toulouse et XU Xin de Shanghai, Jean-Sébastien FILHOL de Montpellier et LIU Zhipan de Shanghai)
- La spectroscopie (Valérie BRENNER de Gif sur Yvette et SHUAI Zhigang de Pékin)
- La chimie quantique relativiste (Nicolas GALLAND de Nantes et LI Jun de Pékin)
- L'application des méthodes QM/MM (Isabelle NAVIZET de Marne-la-Vallée et MA Jing de Nanjing)
- L'étude des protéines avec deux binômes (Thomas SIMONSON de Palaiseau et WU Yundong de Pékin, Matthieu MONTES de Paris et LI Guohui de Dalian)

Les animateurs des débats venaient de Chine (FANG Weihai de Pékin, SHUAI Zhipang de Pékin et LIU Wenjian de Shandong) et de France (Gilberte CHAMBAUD de Marne-la-Vallée, Nicolas FERRE de Marseille, et Jean-Paul MALRIEU, Hélène BOLVIN, Michel CAFFAREL et Stefano EVANGELISTI de Toulouse). Les échanges scientifiques portaient sur des sujets à la pointe des nouvelles techniques et applications que peut procurer la chimie théorique. Le cadre historique et culturel de l'hôtel d'Assezat de Toulouse et la gastronomie du Sud-Ouest français ont ajouté un cadre chaleureux à une ambiance de travail et aux moments d'échanges amicaux. Tout cela a contribué à une grande réussite de ce workshop. Le prochain est programmé en 2021 à Hefei. ☘



<sup>1</sup> Isabelle Navizet (Université Paris-Est Marne-la-Vallée)

# Destination « source du Yangzi » Itinéraire en terre nomade tibétaine

Par Jean Leviol avec LIN Cheng<sup>1</sup>

## Rappels sur la province du Qinghai

- Le Qinghai, principale province de notre expédition, compte moins de **6 M d'habitants** pour une superficie équivalente à un ensemble France + Belgique + Suisse ; la température moyenne à l'année est négative et une bonne partie du territoire se situe au-dessus de **4 000 m** d'altitude.
- Cette province réunit ce qui fût l'essentiel de l'ancienne province tibétaine de l'**Amdo** et, au sud, la partie septentrionale de l'ancien **Kham**.
- Avec les peuplements contemporains, les **Hans** constituent plus de la moitié de la population totale, les **Tibétains** 25% et les **Huis** musulmans environ 15% mais dans les zones que nous avons fréquentées et en-dehors des quelques villes traversées, l'essentiel du séjour s'est déroulé sur le haut plateau au cœur de la vie tibétaine.
- Certains noms sont transcrits à la fois dans leur prononciation tibétaine et chinoise.
- 1 Euro = 7,80 Renminbi (Rmb)



■ Location of the Yangtze River source region (YRSR), China, national meteorological stations and hydrological station, and the distribution of glaciers.



■ Prairie près de la source du fleuve Yangzi (5 000 m)

## 1-La source du Yangzi

### Ma première expédition à la source nord-ouest (ancienne source officielle/1995)

C'est en août 1995 que je décidais pour la première fois d'atteindre la source du Yangzi avec l'aide de l'association des montagnards du Qinghai. Mon itinéraire, de Xining vers Golmud puis Tuotuoheyuan, m'avait permis, au terme de 100 km de pure prairie et de franchissement de nombreux gués, d'atteindre le pied du **Mont Geladaindong** (6 700 m au sommet) que j'appelle la source nord-ouest du fleuve et qui à l'époque était reconnu en tant que source officielle par l'autorité chinoise.

Un lieu majestueux et inhospitalier à 5 200 m d'altitude, alors inhabité à l'exception d'une seule tente nomade pendant l'été, dévoilant son grand glacier (Gyangguteru) qui dans l'intervalle semble avoir reculé de un kilomètre (le quart de la surface des glaciers a fondu entre 1970 et 2010), ses séracs, ses moraines et ses lacs de montagne que nous avons explorés ; c'est de cette zone, combinée avec les torrents issus d'une partie des autres 600 glaciers qui couvrent le Geladaindong, que court vers l'est, sur plus de 350 km, la **Tuotuo River** jusqu'à sa confluence avec la **Dangqu River** (DamQu) pour former à son tour la **Tong-Tian River** qui coule sur plus de 800 km avant de devenir la **Jinsha River** ; ce sont encore 2 300 km de rivière jusqu'à la confluence avec la **Min River** (à Yibin/Sichuan) avant de devenir le Chang Jiang jusqu'à Nankin d'où, pour les chinois, ce

fleuve prend le nom de Yangzi Jiang. Pour les Européens, par simplification, on attribue généralement le nom de Yangzi (Kiang) à l'ensemble du parcours de ce grand fleuve.

### La découverte de la source « géographique et scientifique » (datée de 2005) et la définition d'une nouvelle source officielle (2017)

Comme dans beaucoup d'autres cas, même si les critères physiques objectifs qui définissent une source sont connus (plus longue distance jusqu'à l'embouchure et débit le plus fort), la localisation d'une source a longtemps été une matière très évolutive jusqu'à ce que deviennent disponibles les images satellites haute résolution. S'agissant du Yangzi, la localisation est maintenant stabilisée et la situation est la suivante :

- en 1985 et en 1995, alors qu'officiellement la source se trouvait au pied du Geladaindong, **How Man Hong**, fondateur du CERS (*China Exploration & Research Center, une ONG basée à Hong Kong*) avait déjà remonté, à plus de 300 km au sud est du Geladaindong, la Dam Qu (Dang Qu River) ; la Dam Qu rejoint la Tuotuo River après avoir coulé dans la direction du nord-ouest depuis une zone située au sud-est de cette confluence ; How Man Hong avait ainsi identifié ce qu'il appelle maintenant la **source traditionnelle du Yangzi** à un point connu localement comme « **Ruo Sha Neng** », un kilomètre en aval de ce qui en 2005 allait devenir la source géographique et « scientifique » ;

Il y a plus ou moins 25 ans j'entreprenais d'ouvrir ma collection de sources de grands fleuves d'Asie : successivement **le Fleuve Jaune** (en chinois : Huang He ; en tibétain : Ma Chu), **le Yangzi** (en chinois : Chang Jiang ; en tibétain : Dri Chu), **le Mékong** (en chinois : Lancang Jiang ; en tibétain : Dza Chu), tous trois sur le haut plateau tibétain, et **le Ienisseï** (en Mongolie)<sup>2</sup>. S'agissant des trois premiers, Anne Chayet, alors directrice de la chaire Tibet au CNRS, m'avait demandé de coucher sur le papier mes notes de voyage et elle avait souhaité produire la préface de mon carnet de route « **Circumambulation tibétaine : à la source des grands fleuves chinois** »<sup>3</sup>.

Depuis quelques années je ressentais le besoin de retourner sur **le haut plateau tibétain à la source du Yangzi**. C'est durant cet été 2019 que j'ai fait le choix de marcher de nouveau avec mon ami Cheng

aux origines de ce fleuve tout en allant aussi saluer, sans l'atteindre complètement faute de temps, la source du Fleuve Jaune. Impossible dans cet article de narrer l'ensemble de mon voyage qui sur 4 500 km de jeep et de marche à pied nous a conduit de Chengdu vers Ma'Erkam (Barkam), Ngawa (Aba), Padma (Baima/Banma), Darlag, Maqen, Huashixia, Maduo, Lacs Ngoring et Gyaring, Gyegu (Jyekundo/Yushu), Zado, sources du Yangzi puis retour vers Gyegu (Jyekundo/Yushu), ChabCha (Gonghe), Re-bKong (Tongren), SangChu (Xiahe) et enfin Lanzhou pour regagner Pékin en avion. Par-delà mon carnet de route complet, écrit jour après jour<sup>4</sup>, j'ai choisi d'aborder cette brève narration au travers d'une matrice qui d'un côté permet d'embrasser nature et vie quotidienne sur le haut plateau et de l'autre offre une mise en perspective temporelle grâce au souvenir de mes expéditions des années 90's.

<sup>1</sup> Jean Leviol (administrateur de sociétés et ex-CSER Pékin et *New Delhi/DG Trésor*), LIN Cheng (Tsinghua/ParisTech).

Remarque : les droits sur la totalité du texte et des illustrations de cette contribution sont strictement réservés à l'auteur et à son éditeur

<sup>2</sup> « Malentendus mongols » (Editions Youfeng ISBN 2-84279-049-9)

<sup>3</sup> Editions Youfeng ISBN 2-84279-089-8 ; [Livres de Jean Leviol](#)

<sup>4</sup> Carnet de route en version pdf : [déchargeable ici](#)

■ **en 2005**, How Man Hong (CERS), organisait une nouvelle expédition le long du segment amont de la Dam Qu ; après visionnage de nouvelles cartes satellites, exemptes de nuages, il s'apercevait que la source de la Dam Qu devait se trouver un kilomètre plus loin qu'initialement défini ; une fois sur le terrain, l'expédition atteignait **le 15 juin à 13h15 la source « scientifique et géographique » du Yangzi** ; elle est située légèrement en contrebas du bassin versant d'une colline appelée Jashigele Shanpu au lieu dit Duo Shao Neng au point géographique 32° 36'14" Nord et 94° 30' 44" Est à 5 170 m d'altitude. Indiscutablement le point à la fois le plus distant par rapport à l'embouchure (6 200 km) et situé sur la branche offrant en aval de la source et juste en amont de sa confluence avec la Tuotuo River, le plus fort débit ; si on la compare aux torrents impétueux observés à la source nord-ouest, au pied du mont Geladaindong, cette mesure de débit peut paraître contre-intuitive mais elle est parfaitement avérée dès lors que l'on tient compte de la multiplicité des tributaires qui alimentent la Dam Qu sur son parcours depuis la source « scientifique et géographique » identifiée en 2005 jusqu'à sa confluence avec la Tuotuo River ;

■ **le 19 mai 2017 une mission mandatée par Pékin** établissait le lieu d'une **source dite « officielle »**, à **18 km à vol d'oiseau au nord-est de la source « géographique et scientifique »** ; cette source officielle est située sur le territoire du Qinghai, également sur une branche de la Dam Qu mais elle est un peu moins distante de l'embouchure ; une stèle nous indique le point géographique correspondant (32° 43' 54".3 Nord et 94° 35' 55.6" Est à 5 054 m d'altitude) et le débit observé en aval, juste avant la confluence avec la Tuotuo River : 204 m3/seconde (contre 46,7 m3/seconde pour la Tutuo River -à comparer aussi aux 25/30 000 m3/seconde de débit moyen de l'ensemble du cours du Yangzi) ; à noter que dans une correspondance How Man Hong m'écrivait précédemment qu'en 1976 et 1978, la mesure du débit de la Dam Qu à sa confluence avec la Tuotuo River s'avérait déjà près de cinq fois supérieure à celle observée au pied des glaciers du mont Geladaindong.



■ A la source officielle du Yangzi (5 054 m)

**Ma deuxième expédition jusqu'à la nouvelle source officielle puis jusqu'à la source « scientifique et géographique »**

**Tandis que le 22 août 2019** nous avons d'abord rejoint cette nouvelle source « officielle », nous sommes revenus sur nos pas un peu plus vers le sud-est (32°43'19 Nord et 94° 35' 55" Est) pour rejoindre une tente nomade, la seule du secteur, où nous avons passé la nuit suivante. Depuis cette tente, ma boussole et mon GPS m'indiquaient en direction du sud-ouest une distance à vol d'oiseau de 16km jusqu'à **la source « scientifique et géographique » identifiée par How Man Hong en 2005**, la plus éloignée de l'embouchure, où nous allions nous rendre le lendemain par boussole interposée et itérations successives en contournant plusieurs massifs et en franchissant plusieurs points intermédiaires<sup>5</sup>.

C'est depuis la dernière position, à **4 954 m** d'altitude, que nous avons entrepris l'approche finale jusqu'à un autre point qui surplombe le bassin de la source « scientifique et géographique » après l'ascension d'une prairie et d'un grand pierrier au sommet duquel, à **5 170 m**, se trouve posés un cairn et une inscription religieuse d'inspiration de l'obédience non réformée du bouddhisme tibétain (32° 36' 34.8 Nord 94° 28' 47.5 » » Est). Tout au long de cette journée nous aurons croisé quelques tentes, de nombreux aigles, des gazelles sauvages, des marmottes et bien sûr des troupeaux de yacks et, ici et là, les restes de leurs squelettes.

<sup>5</sup> 32° 40' 17.1" Nord 94° 31' 10.7" Est puis, près d'une tente, 32° 39' 26.2" Nord 94° 28' 20.1" Est puis, encore une autre tente, 32° 38' 54.8" Nord 94° 28' 33.4" Est.



■ A la source « scientifique et géographique » (5 170 m)

**2-Reliefs, nature et vie sauvage**

Pendant ces trois semaines, l'immensité du territoire parcouru (environ 1 200 km du nord au sud mais aussi d'est en ouest) nous aura naturellement offert **une grande diversité de paysages**.

Vingt-cinq ans après mes premières incursions, le cœur de l'expédition nous a fait retrouver cette **prairie herbeuse et humide** qui caractérise tant le **haut plateau tibétain** à une altitude généralement comprise entre 4 000 m et 4 800 m à quelques exceptions près par le haut (jusqu'à 5 200 m) et par le bas (jusqu'à 3 800 m). La hauteur apparente des reliefs environnants, posés sur ce « plancher » déjà très élevé, paraît d'autant plus dérisoire qu'il s'agit de collines aux pentes douces, espaces adorés des troupeaux de yacks ; l'illusion est parfaite car ils s'élèvent tous au-dessus de 5 000 m.

Toute blanche en hiver, la prairie d'été n'est jamais uniforme et varie selon l'altitude, l'exposition, les précipitations et bien sûr selon qu'il s'agit du dé-

but ou de la fin de l'été : souvent verte, parfois plutôt jaune, parfois aussi plus rocailleuse mais très souvent percée de flaques remplies d'eau ou simplement boueuses dans lesquelles le pied s'enfoncé un peu ; là-haut, près de la source, les flaques et les mares hébergent en été des colonies de **spirogyres** et de **cyanobactéries, les plus anciennes bactéries sur notre planète**. Dans les régions proches du haut bassin versant du Fleuve Jaune, l'eau est beaucoup plus abondante et envahissante avec ses milliers de lacs de toute dimension, dispersés dans la haute prairie.

Quelques étages plus bas que la zone des sources du Yangzi, du Fleuve Jaune et du Mékong, toutes situées autour de 5 200 m d'altitude, lorsque nous côtoyons les berges de ces fleuves dans leur cours inférieur autour de 3 500 m d'altitude, la prairie et les collines font souvent place à **une géologie plus tourmentée** avec des pics acérés ou des falaises entaillées et érodées ; parfois Dame Nature y a sculpté des formes improbables et même suggestives, parfois aussi cette roche friable est à l'origine de nombreux éboulements de pierre sur les pistes et les routes. Le nuancier de couleurs de la terre est un vrai arc-en-ciel avec ses tons rouge, rose, marron ou jaune et parfois, près des fleuves, il est enveloppé d'une pellicule brumeuse qui lui confère un caractère mystérieux. Ailleurs, entre Maqen et Hua Shi Xia, c'est la chaîne vénérée de l'Amnye Machen qui déploie toute l'année son manteau blanc, ses glaciers et ses pics acérés.



■ Palette de couleurs dans la montagne (entre XI QU He et Zaduo - 4 300 m)



« En cette saison, au-dessus de 4 000 m, à défaut d'arbres et, pratiquement, de buissons, l'herbe de la haute prairie accueille volontiers pour leur courte vie annuelle une variété de plantes et de fleurs qui ont su s'adapter à l'altitude et au climat rude. »

■ Terres rouges près de Zaduo (4 300 m)



J'ai pu les photographier à loisir pour en fabriquer une palette de couleurs : **la gentiane** au bleu vif ; **la caltha scaposa** jaune ; **le myosotis** des bois aux cinq pétales bleues ; **l'aster souliei** au bouton jaune avec sa vingtaine de pétales longilignes violet rose ; **la pédiculaire (longiflora)** blanche jaune et la **pédiculaire verticillée** rose que certains appellent l'herbe à poux ; la « rue sauvage » (**peganum harmala**) à fleur blanc jaunâtre utilisée pour ses vertus médicinales (antidiarrhéique, purification du sang, lutte contre les rhumatismes) ; la fleur de **Gesang** (cosmos bipenné/potentilla fruticosa) au bouton jaune et aux pétales couleur fuschia, souvent utilisée comme prénom féminin par les Tibétains, symbole de l'amour et du bonheur, de la pureté et de la fermeté ; **l'orpin rose (Rhodiola rosea)** à fleur rouge, jaune ou verdâtre, appréciée pour son action contre la fatigue et le stress. Je n'oublie pas non plus **la menthe** dans ses variétés « **haplocalyx** » ou « **spicata** » tout comme **une ortie** de haute montagne (**hyperborea**). Mais je faillirais si je ne mentionnais pas celle que, par définition, n'étant pas résident local, je n'ai pas pu cueillir ou photographier dans l'herbe, celle qui suscite tant de passion pour ses vertus préventives et thérapeutiques mais aussi tant de conflits en raison de son prix de vente et du

risque de son extinction : **cette chenille devenue champignon** que l'on appelle ici **la yartsa gumbo** (voir carnet de route).

**La flore n'a évidemment pas le monopole de la vie sur ces territoires.** La faune sauvage s'y sent aussi chez elle. L'ours ne nous est pas apparu mais combien de conversations n'a-t-il pas alimenté pendant notre expédition lorsque nos hôtes nomades nous évoquaient la panique des troupeaux à leur approche et les attaques mortelles subies par certaines de leurs bêtes. **Le loup** s'est montré furtivement dans les gorges boisées au sud de Nangchen avant de disparaître. **Le renard** nous est apparu à plusieurs reprises, notamment entre Zaduo et la zone de la source. **L'âne sauvage** tibétain (le « equus kiang »), amateur de plantes salées, est venu en groupe à notre rencontre dans la prairie lorsque nous nous approchions et lorsque nous quittions la zone environnant la source du Fleuve Jaune mais nous savons que les installations minières ont, jusqu'à une période récente, de plus en plus empiété son territoire. **La gazelle tibétaine** est venue nous saluer sans crainte au sud de Nangchen tandis que l'antilope tibétaine, en petits groupes de 2 ou 3 individus, s'est montrée beaucoup plus

farouche lorsque nous traversons la grande prairie qui borde le lac Ngoring en remontant vers la source du Fleuve Jaune ; c'est là aussi que nos pas ont croisé une multitude de **canards**, de **cormorans** et de **mouettes**. Que dire de la minuscule **belette** venue se cacher presque à nos pieds dans une anfractuosité de la prairie ou **des innombrables marmottes** montant la garde au-dessus de leurs galeries ou encore des campagnols effrayés par nos pas.



### 3-Vie quotidienne

Sur le haut plateau, quand on est éleveur, on vit sous la tente et pas ailleurs. Les autorités construisent et mettent gratuitement à leur disposition dans certains hameaux ou villages de bord de route, des maisons en dur érigées en petits lotissements ; mais **les Tibétains ne veulent pas encore vraiment en faire usage** si ce n'est parfois en hiver par grand froid et pour l'accès aux facilités de toilette ; la promiscuité, l'eau du robinet, le confort comme en ville ne fait pas encore partie de leur grammaire préférée. La tente noire traditionnelle en poils de yacks est encore répandue mais de plus en plus et, aujourd'hui, majoritairement, c'est la tente blanche ou bleue en toile synthétique qui colonise la prairie achetée autour de 4 000 Rmb.

**La transhumance d'été et la mobilité en général ne sont plus tout à fait aussi contraignantes** car, désormais, la plupart des camps nomades assurent leurs déplacements lourds avec une camionnette et leur mobilité légère avec une moto. Les communications par téléphone sont permises par le **déploiement massif de lignes de fibres optiques** sur tout le haut plateau, surtout au long des années 2005/2015. Plus de confort mais en même temps les kilomètres de prairie sont désormais ponctués par des dizaines de milliers de poteaux téléphoniques et de



■ Tente nomade en route vers la source (4 200 m)

câbles, fragiles en hiver sous le poids de la neige et de la glace ; avec ce maillage, auquel s'ajoutent un peu partout les clôtures en fil barbelé qui délimitent des parcelles de pâturage, **le paysage de la prairie a perdu un peu de sa virginité.**

Autre évolution notable et peu surprenante en l'espace de vingt-cinq ans : **l'énergie et les télécommunications.** La plupart des camps nomades sont désormais équipés de panneaux solaires, achetés environ pour 5 000 Rmb, utilisés pour le chargement d'un téléphone portable de base et du talkie-walkie, pour s'éclairer à l'ampoule sous la tente après le coucher du soleil et pour faire fonctionner l'écrémeuse. Pour le reste c'est toujours la bouse de yacks qui permet de chauffer la tente et de cuire les repas : **l'énergie verte n'est pas nouvelle sur le haut plateau et elle s'est généralisée.**

« L'habit ne fait pas le moine » dit-on ! Une maxime qui s'applique à merveille à ce peuple nomade. En vingt ans beaucoup d'habitudes ont changé. Le contraste est désormais saisissant entre les « *millenials* » masculins et tous les autres. Beaucoup de jeunes hommes ont adopté un **code vestimentaire** très modeste, très bon marché mais « occidentalisé » en abandonnant dans la vie quotidienne **la chuba** au profit de vestes, de T-shirts et de pantalons « *western* » achetés dans les petites villes les plus proches le jour du marché ; les hommes dans la trentaine ou la quarantaine commencent aussi à adopter ce code mais conservent majoritairement la chuba, généralement noué à la ceinture pendant le temps de repos et des activités domestiques ; les femmes conservent leur manteau traditionnel également noué autour de la ceinture mais le chemisier et le couvre-chef proviennent de plus en plus de « l'usine du monde ».

Dans le sillage des traditions, **les parures et bijoux ont gardé toute leur place** chez les adultes : sous la ceinture le poignard logé dans son fourreau métallique voire en argent, orné d'une pierre de corail rouge, la pierre de feu à silex également en métal ; autour du cou et des poignets, un ou plusieurs colliers ou des bracelets en pierres de turquoise bleu/vert, de corail rouge ou en os de yack aux motifs géométriques; moins on est riche et moins on en dispose mais même dans les familles pauvres on rencontre encore ces femmes mariées de la trentaine ou de la quarantaine qui portent fièrement toute la journée leur coiffe constituée de bandelettes sur lesquelles viennent se fixer les pierres de turquoise et d'ambre jaune : toute la zone d'influence de Yushu dans les années 90's comme en 2020 se distingue par cette élégance ostentatoire.



Sans nul doute, s'il y a une constante qui traduit bien la vie quotidienne sur le haut plateau dans la prairie, c'est bien **le bol alimentaire**. Pas de nouilles instantanées, guère de légumes, tous ces mets étant le cas échéant réservés aux Tibétains des villes et villages qui fréquentent les petits restaurants souvent exploités par des Huis ou des Hans. Rien ne saurait **remplacer la tsampa** de toujours, cette bouillie d'orge grillé agrémentée d'un peu d'eau, d'une pincée de sel, d'un peu de thé et d'une bonne ration de beurre : malaxée, tournée dans la main comme une céramique que

l'on va cuire, lovée dans le bol, consommée avec les doigts et la main et léchée jusqu'au dernier milligramme dans le bol, elle nourrit bien et, contrairement à nos idées reçues, s'avère aussi digeste que la bouillie d'avoine que j'ai l'habitude de consommer chez moi près de Quimper. **La viande est consommée de manière plus sélective** et je n'ai pas manqué de goûter au plaisir de gratter l'os de la côte de yack comme on se délecte chez nous d'une côte de bœuf. Et sans cesse remettre l'ouvrage sur le métier, pardon « remettre éternellement la bouilloire sur le fourneau » pour pouvoir s'hydrater continûment dans la journée.

D'une manière générale **le confort de vie apparent s'est plutôt amélioré**. Le progrès matériel tient en partie à la rémunération tirée d'une **activité d'élevage** avec un yack qui se vend entre 6 et 7 000 Rmb (2 000 Rmb de l'époque en 1996), un litre de lait autour de 55 Rmb, un yaourt environ 5 Rmb, une livre de laine de yack 50 Rmb. Pour beaucoup aussi la ruée vers le **champignon chenille** (voir ci-dessus) aura été pendant ces années une vraie manne financière atteignant des prix astronomiques, un peu comme le pétrole pour les pays du Golfe mais un jour certains déchanteront car **la surexploitation de cet or jaune et le changement climatique menacent la ressource** ; c'est un peu le syndrome de la maladie hollandaise qui se profile. Si l'on y ajoute l'appauvrissement quantitatif et qualitatif des pâturages disponibles, affectés par l'élévation de la température et la diminution des précipitations, on peut prédire au contraire **un risque d'appauvrissement progressif de la population des éleveurs nomades**.



■ La traite de la dri près de la source officielle (5 000 m)



■ Allée des moulins du grand monastères de Nagwa (Aba) 3 200 m

Au Qinghai la région méridionale autour de Yushu produisait aussi autrefois beaucoup d'orge cultivé en terrasses mais en août 2019, à la recherche des moissonneurs rencontrés en août 1996, j'ai pu constater **le repli considérable des surfaces cultivées**. Aujourd'hui ce sont plutôt les producteurs proches de la province du Gansu et ceux du Gansu qui continuent à produire les céréales (orge principalement auquel s'ajoute un peu de maïs), le colza et la pomme de terre et à pratiquer le maraichage ; ils bénéficient de meilleures conditions de production à moindre altitude.

#### 4- Dévotion et pérégrinations

La cinquantaine de monastères et les centaines de monuments religieux que nous avons croisés ou visités pendant ce périple fournissent une bonne idée de l'expansion matérielle et d'une forme **d'enrichissement du patrimoine religieux** bâti depuis vingt-cinq ans : Aba, Baiyu, Zaduo et bien d'autres sont de bons exemples. La fréquentation des bâtiments de cérémonie et des zones de logements laisse aussi deviner que le nombre de jeunes moines venus accomplir leur retraite ou engagés pour de nombreuses années dans

**l'apprentissage du bouddhisme tibétain n'a pas subi de recul marqué**. Des témoignages montrent cependant que certains lamas auraient aimé pouvoir accueillir plus de jeunes garçons, y compris étrangers, ayant déjà bénéficié auparavant d'un socle éducatif de base, ce qui est rare chez les adolescents issus des zones de nomadisme : leur première et dernière institution d'enseignement reste la lamaserie et pas l'école de la République qu'ils ne connaissent pas.

Sous la tente, comme une constante depuis toujours, le petit meuble rouge aux motifs fleuris sert d'autel pour recevoir les images pieuses, les photos des maîtres, un calice et les sept coupelles en cuivre pour l'eau bénie et les lampes à beurre.

Chemin faisant de Yushu vers Zaduo, nous avons croisé plusieurs fois **ces pèlerins** partis du Qinghai oriental pour rejoindre Lhasa au rythme de dix kilomètres de marche par jour à force de prosternations précédées et suivies des cinq pas en avant ; selon le lieu d'origine, **ce moment unique dans la vie prend jusqu'à un an de route**, parfois d'ailleurs sur des routes principales pour garantir suffisamment d'offrandes monétaires de la part des occupants des



■ Femmes dans l'allée des moulins à prière du monastère de Se Ba Se près de Yushu (3 720 m)



■ Prostrations de Garze à Lhasa (près de Zaiduo - 4 300 m)

voitures qui transitent dans un sens ou l'autre. Notre route vers Nangchen nous a aussi donné l'occasion d'échanger avec une fratrie khampa en milieu de matinée dans sa pratique rituelle : accroupis sur la berge d'un ruisseau, alignés en rangs d'oignon l'un à côté de l'autre, la vingtaine de membres du clan plonge dans l'eau son amulette « tsa tsa » moulée en forme de stupa et dans laquelle chacun fait virevolter un grain d'orge pour remercier ou implorer le ciel ; hommes et femmes s'y retrouvent à parité.

Cette parité est en revanche rarement respectée dans la réalisation des travaux de maintenance courante autour des lamaseries, souvent confiés aux seules femmes, mais aussi dans les allées de moulins à prière le long desquelles j'ai noté la quasi-absence des hommes. Est-ce un signe ?

Vie des glaciers, vie de la faune et de la flore sauvages, vie des hommes. Les évolutions constatées depuis vingt-cinq ans ont et vont en partie être influencées par le changement climatique. La région du haut plateau est extrêmement vulnérable puisque l'élévation de la température s'y est accrue trois fois plus vite que partout ailleurs (+0,43°C par décennie au lieu de 0,12°C) et les glaciers y ont reculé de 15% en un demi-siècle. Selon le géologue chinois Yang Yong, l'accès à la source des grands fleuves sur le haut plateau était particulièrement ardu jusqu'en 2006 puisque le sol spongieux impliquait d'abandonner le véhicule, de contracter des yacks et des mules puis de marcher à leurs côtés sur les vingt derniers kilomètres : c'est le reflet exact de mes propres expériences passées. Mais, selon son témoignage, depuis 2016 ces zones subissent un assèchement et une baisse du niveau des cours d'eau tels que les véhicules parviennent désormais à se rapprocher considérablement des sources : là encore c'est ce que j'ai pu constater en 2019.

Face aux menaces climatiques, au besoin de protéger l'environnement et la biodiversité et de lutter contre le risque de dégradation accélérée des pâturages, les autorités ont lancé un projet pilote de protection environnementale qui couvre la zone des sources des trois grands fleuves (« Sanjiangyuan Nature Reserve and National Park ») ; il deviendrait opérationnel à partir de 2020 c'est-à-dire qu'il se verrait appliquer des règles plus strictes notamment quant à l'utilisation des sols et à la circulation. C'est désormais un des enjeux majeurs de cette région. ☘

## Ascèse monastique d'immortalité et tourisme de longévité au Mont Qingcheng

Par Hélène Bloch



Hélène Bloch

Les recherches d'Hélène Bloch se situent dans la continuité du programme de recherche international « Vieux maîtres et nouvelles générations de spécialistes religieux. Ethnographie du quotidien. Anthropologie du changement sociale » (acronyme SHIFU<sup>1</sup>) financé par l'ANR en 2012 et coordonné par Adeline Herrou au sein du LESC (cf. *Le CNRS en Chine* numéro 21). Une attention particulière est ainsi portée aux pratiques religieuses et à leur transmission en lien avec les transformations sociales.



■ Champs de colza sur la plaine sichuanaise. Au pied des montagnes le colza est très largement cultivé par les locaux qui tiennent aussi des logements touristiques. Avec la modernisation de l'agriculture, les rendements des rizières ont fortement augmenté et les agriculteurs se convertissent de plus en plus vers la culture des légumes, des fruits et des arbres ornementaux pour alimenter la proche capitale provinciale.

L'une des spécificités de l'anthropologie est d'associer enquêtes ethnographiques et réflexions théoriques afin d'étudier l'être humain dans ses rapports sociaux. Cette démarche privilégie des recherches de terrain sur la durée, qui s'appuient sur une maîtrise des langues locales et des retours réguliers dans les mêmes lieux. La description ethnographique ainsi que les outils théoriques de différentes disciplines permettent une mise en perspective à la fois historique et géographique. Ces méthodes prennent en compte les spécificités de chaque terrain, reflétant des enjeux locaux qui nous éclairent d'autant plus sur notre humanité qu'ils sont ancrés dans le contemporain.

Depuis 1967, les membres et doctorant.e.s du LESC (Laboratoire d'Ethnologie et de Sociologie Comparative, UMR 7186, Nanterre) étudient des phénomènes sociaux en allant directement sur le terrain. Spécialistes de pratiques locales qu'ils documentent par des descriptions ethnographiques rigoureuses, les chercheur.se.s et apprenti.e.s chercheur.se.s du laboratoire suivent également des préoccupations théoriques et comparatistes qui les amènent à se rendre sur différents terrains. Hélène Bloch étudie les pratiques ascétiques du clergé taoïste du Mont Qingcheng (Sichuan) et leur place au sein d'une économie marchande en pleine expansion.

### Le Mont Qingcheng, vaste territoire taoïste

Le Mont Qingcheng est un territoire montagneux situé à une soixantaine de kilomètres de Chengdu, la capitale provinciale du Sichuan. Aujourd'hui, il est rattaché à la ville de Dujiangyan, mais ses frontières sont difficiles à définir puisqu'elles ont été mouvantes selon les époques. La géographie du Mont Qingcheng est intimement liée à l'histoire du taoïsme, puisque ce serait au cœur des montagnes que le fondateur de cette religion aurait reçu la révélation de Laozi au II<sup>e</sup> siècle de notre ère.

Considéré comme l'un des lieux les plus sacrés du taoïsme, ce territoire est marqué par le taoïsme monastique depuis le XVII<sup>e</sup> siècle. Il est l'un des premiers à voir le renouveau religieux des années 1980. La reconstruction des temples est conjointe au développement d'une activité touristique organisée autour de l'histoire du taoïsme et de l'environnement montagneux. Le Mont Qingcheng est aujourd'hui visité tant pour son écosystème préservé que pour ses nombreux temples, dont la plupart sont habités et gérés par des moniales et des moines taoïstes.

<sup>1</sup>当代中国的宗教教师：关于日常生活的民族志与社会变迁的人类学

**Taoïsme, santé et tourisme**

Dans le cadre monastique taoïste, « nourrir la vie » (yangsheng 养生) peut s'apparenter à une hygiène de vie, qui permettrait aux maîtres de poursuivre une quête religieuse d'immortalité. Considéré comme un chemin à la fois physique et spirituel, il nécessite la mise en œuvre de pratiques de santé, tant prophylactiques que thérapeutiques. Le territoire du Mont Qingcheng est depuis longtemps une destination de choix pour son histoire religieuse et son environnement. Il est aussi considéré comme un lieu où apprendre et pratiquer ces savoirs taoïstes de la longévité.

Depuis quelques années, ces techniques trouvent un écho dans le domaine de la santé publique en tant que réponses au vieillissement de la population et aux maladies liées au stress. Le gouvernement local soutient ainsi la mise en place d'un tourisme autour de la culture taoïste de la longévité. L'un des objectifs principaux de la thèse de doctorat d'Hélène Bloch est d'étudier **la place du mode de vie monastique et des savoirs taoïstes en rapport avec la nouvelle économie touristique.**

**Un savoir ordinaire : l'astrologie**

Les moniales et les moines taoïstes maîtrisent souvent une ou plusieurs pratiques divinatoires associées à une connaissance des **théories astrologiques chinoises**. Loin d'être cantonnée au cadre de consultations payantes, la divination est souvent utilisée par les maîtres pour prendre des décisions au quotidien ou bien pour donner de simples conseils aux fidèles. Les conjonctions entre le destin individuel et des éléments cosmiques sont souvent évoquées en rapport avec la bonne ou la mauvaise santé. Les théories astrologiques se trouvent alors combinées avec des **savoirs biomédicaux** et des techniques de **médecine chinoise**. Certains voient ces considérations divinatoires comme une spécificité de la longévité taoïste.

La méthode ethnographique permet à Hélène Bloch d'observer la transmission et la pratique quotidienne de ces savoirs, leur place dans le champ social et leur application au domaine du soin en particulier. La doctorante développe cet objet d'étude dans sa thèse mais également au sein d'une recherche spécifique dans le champ de **l'anthropologie de l'invisible.**



■ Les jardins de thés des temples de montagne. Un temple en montagne où du thé vert est cultivé et produit sur place. Le thé vert des temples taoïstes du Mont Qingcheng est parfois vendu dans des boutiques touristiques ou donné aux fidèles.



■ Un laïc aide les maîtres d'un temple taoïste à faire du thé vert. La dessiccation et le séchage du thé demandent un savoir-faire spécialisé que les moines et moniales ne maîtrisent pas forcément. Cela montre l'interdépendance entre les temples et les communautés locales.

**Mission et activités scientifiques**

La mission a pris la forme d'enquêtes de terrain réalisées entre 2016 (4 mois) et 2018 (9 mois) dans les régions de Chengdu et du Mont Qingcheng au Sichuan. Ces recherches ont été effectuées avec l'aide du Département d'ethnologie de l'Université des nationalités du Sud-Ouest 西南民族大学 située dans la ville de Chengdu. Plusieurs ateliers et conférences ont été organisés en collaboration avec des professeurs et des étudiants du département.

Cette recherche trouve également sa place dans le champ des **études taoïstes**. Elle a été présentée lors de la 12<sup>e</sup> Conférence internationale sur les études taoïstes à Pékin en juin 2018 ; une conférence qui s'était tenue à Nanterre l'année précédente. Par ailleurs, Hélène Bloch a présenté ses premiers résultats dans le cadre des services scientifiques et Campus France du Consulat général de France à Chengdu avec une perspective de diffusion de la recherche. En automne 2019, la doctorante se rendra à nouveau sur le terrain pour une enquête complémentaire. ✂



■ Des savoir-faire variés. Une moniale taoïste est en train de rénover de grands panneaux de bois où sont gravés les noms des palais de culte de son temple ainsi que des expressions sacrées. Les plaques seront ensuite recouvertes de vernis rouge sombre ou marron. On ajoutera aux noms une couche de peinture dorée et on les accrochera sur les palais de culte. Les maîtres taoïstes apprennent et effectuent eux-mêmes certains travaux de construction et de réparation lorsque matériaux et main-d'œuvre sont trop coûteux.



■ Un fidèle laïque aide à disposer des sacs de plantes médicinales qui seront vendus lors d'une fête de temple taoïste.



**Laboratoire d'ethnologie et de sociologie comparative**

Fondé en 1967 par **Éric de Dampierre**, le Laboratoire d'ethnologie et de sociologie comparative est l'une des unités mixtes de recherche de la **Maison Archéologie & Ethnologie** (LESC, UMR 7186, CNRS/université Paris Nanterre). Associé à l'enseignement dispensé dans le cadre du Département d'anthropologie et prenant appui sur une grande diversité de ressources documentaires, le **LESC** est un **centre de recherche en anthropologie** à vocation « généraliste », c'est-à-dire ouvert quant aux orientations méthodologiques, théoriques et aux aires régionales.

Depuis sa fusion, au cours des années 2000, avec le centre Enseignement et recherche en ethnologie amérindienne (**EREA**) et le Centre de recherche en ethnomusicologie (**CREM**), il bénéficie également des compétences de chercheurs spécialisés dans la connaissance du fait musical et l'étude de diverses populations amérindiennes d'Amérique du Sud.



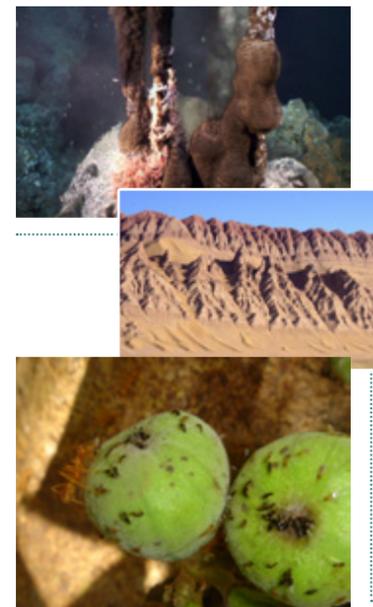


## Dossier Séminaire Environnement

■ Séminaire scientifique Franco-Chinois « Environnement et Biodiversité » les 4-5 novembre 2019 à Pékin.  
Présentation des travaux de l'IRP MOST par les porteurs du projet.

### Sommaire

- Les enjeux franco-chinois de la biodiversité
- Endiguer la progression de l'érosion de la biodiversité
- Microbiologie des sources hydrothermales océaniques profondes
- La pompe biologique du mercure, vecteur entre atmosphère et sols
- Dynamique des paysages et transport sédimentaire
- Ecologie microbienne des écosystèmes miniers
- MOST : les figuiers et les hyménoptères associés
- Les frelons : redoutables prédateurs et vecteurs de maladies ?
- Santé des écosystèmes et écologie des maladies environnementales
- La conservation du Rhinopithèque de Biet
- Evaluation des impacts de transformation des milieux urbains
- L'intensité de l'altération des sédiments et le barrage des Trois Gorges
- Analyse : principaux instituts (CAS) des domaines de l'environnement



Le Symposium Franco-Chinois « Environnement et Biodiversité », organisé les 4 et 5 novembre à Pékin par l'ambassade de France en Chine avec le CNRS, en coopération avec le MoST, a réuni une quarantaine d'orateurs scientifiques français et chinois ainsi que des représentants du MoST, de l'ANR, de l'AFB et du MESRI.

Le CNRS, par la participation de ses chercheurs et de ses instituts a été fortement impliqué dans cet événement (interventions, ateliers des structures conjointes etc...). Nos chercheurs ont été nombreux à contribuer à la réalisation de ce cahier spécial « Environnement », sous la forme d'articles de présentation de leurs projets de coopération avec leurs partenaires chinois.

Ces actions structurantes témoignent une nouvelle fois de la richesse et de la portée de leurs recherches scientifiques, ayant toutes pour objet de répondre aux enjeux globaux et aux perspectives de la coopération franco-chinoise dans les domaines très variés de l'écologie et de l'environnement.



- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| ■ Études des socio-écosystèmes | ■ Géologie  |
| ■ Biologie de la conservation  | ■ Océanographie                                       |
| ■ Biologie de l'Insecte        | ■ Écologie microbienne                                |
| ■ Microbiologie marine         | ■ Outils et techniques d'observation Environnementale |
| ■ Archéobotanique              | ■ Ecologie- santé                                     |
| ■ Dynamique des paysages       | ■ Climatologie etc...                                 |
| ■ Géochimie de l'environnement |   |

**Nous les remercions vivement pour leur engagement !**

## Les enjeux franco-chinois de la biodiversité

Par Yvon Le Maho



Directeur de recherche émérite au CNRS, membre de l'Académie des sciences, membre associé de l'Académie nationale de pharmacie, membre de l'Academia europaea, membre étranger de l'Académie norvégienne des sciences et des lettres. Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien, CNRS/ Université de Strasbourg et Centre Scientifique de Monaco.

Après avoir dirigé le laboratoire de Strasbourg pendant 14 ans, Yvon Le Maho se consacre à l'étude des manchots comme indicateurs de l'impact de la variabilité climatique sur les écosystèmes marins de l'Océan Austral.

« L'essentiel de la perte actuelle de biodiversité est directement lié aux activités humaines, à travers l'agriculture intensive, l'urbanisation, la surexploitation des ressources... »

L'emphasis actuelle justifiée sur le défi « **écologique** » lié au changement climatique masque paradoxalement la nécessité d'agir rapidement pour enrayer l'érosion accélérée de la biodiversité, érosion annonciatrice de perte de patrimoine et de précieux services écosystémiques. Certes, le changement climatique va aggraver cette érosion. Mais, comme nous l'avons récemment rappelé dans un rapport de l'Académie des sciences<sup>1</sup>, l'essentiel de la perte actuelle de biodiversité est directement lié aux activités humaines, à travers l'agriculture intensive, l'urbanisation, la surexploitation des ressources... Face à ce constat, les enjeux scientifiques restent majeurs comme l'a bien illustré le séminaire organisé début novembre à Pékin et pour y répondre la collaboration franco-chinoise dispose de nombreux atouts. Ces atouts sont précieux à la veille de la **COP15 que la Chine va organiser à Kunming en octobre 2020**.

Comme le président Macron l'a rappelé lors de son déplacement en Chine début novembre 2019, **la préservation de la biodiversité et la lutte contre le changement climatique constituent des enjeux majeurs de la collaboration entre la France et la Chine**. Dans ce contexte, la collaboration entre

les équipes de chercheurs CNRS ou d'enseignants chercheurs et de chercheurs de laboratoires de l'Académie des sciences de Chine (CAS), souvent depuis des décennies, repose sur des bases solides. Cette collaboration répond en effet à la principale exigence qui comme je l'ai appris au cours de ma carrière conditionne l'excellence de la recherche : celle de **rassembler une expertise pluridisciplinaire** et de la mettre au service d'une recherche avant tout animée par la curiosité, c'est-à-dire qui reste indépendante des effets de modes. Ce n'est pas une tâche facile car la mode génère des communautés importantes et donc dominantes. Or c'est celles-ci qui orientent les priorités de recherche et donc de financement.

### Le financement de la recherche en biologie

Je me souviens d'une période particulièrement difficile, dans les années 80. La biologie cellulaire et moléculaire était alors en plein essor et on nous assénait comme un leitmotiv que le suivi à long terme que nous assurions pour les oiseaux et les mammifères des Terres australes et antarctiques françaises (TAAF) était complètement ringard... La pression était donc très forte pour que nous abandonnions ces travaux d'observatoire pour des recherches plus mécanistiques ...

Comme j'ai eu récemment l'occasion de le dire dans la préface du livre « La grande odyssee » sur les Expéditions Polaires Françaises<sup>2</sup>, c'est grâce à leur statut d'alors d'Association loi 1901 et au fait que la Mission de recherche des Terres australes dépende du Ministère de l'Outre-Mer que nous avons pu conserver les moyens financiers permettant d'échapper à ce diktat. Aujourd'hui, les bases de données à long terme sur les animaux des TAAF nous sont enviées ! Dans le cadre de l'Institut Polaire Français Paul-Emile Victor, elles constituent en effet un atout exceptionnel pour leur valorisation par les approches mécanistiques...

Cependant, le financement de la recherche en biologie à l'Agence Nationale de la Recherche est devenu tellement influencé par le court laps de temps de 3 à 4 ans propres aux approches de biologie cellulaire et moléculaire que le suivi des animaux à très long terme est une tâche difficile à assurer.

Les observatoires de la biodiversité d'aujourd'hui n'ont rien à envier aux observatoires des sciences de l'univers, tels que les réseaux d'observatoires sismologiques ou ceux qui permettent l'évolution du trou de l'ozone en antarctique. Ils ne bénéficient cependant pas des moyens humains et financiers dédiés qui font la force de nos collègues des sciences de l'univers (INSU). Ce sont en effet, et de longue date, des personnels à statut particulier qui assurent le fonctionnement de ces observatoires. Dans le cadre de du développement de la collaboration entre les équipes françaises et chinoises sur la biodiversité, dont le modèle pourrait être l'**Institut virtuel SOFIE de l'INSU**, il serait donc intéressant d'avoir une réflexion sur les moyens humains et financiers qui permettraient d'en optimiser le suivi à long terme.

« Chaque espèce animale est une remarquable somme d'innovations puisqu'elle a fait le plus souvent face à de multiples contraintes environnementales depuis des millions d'années et est donc une potentielle source d'inspiration médicale »

Il est bien connu qu'environ la moitié de nos médicaments sont issus de plantes, notamment d'origine tropicale. Concernant les animaux, l'essentiel de la recherche biomédicale repose sur des travaux réalisés sur la souris de laboratoire, considérée comme un « animal standard ». Il y a déjà dix ans, suite à la découverte chez le rat-taupe de mécanismes « anti-cancer » qui n'existent pas chez la souris, un éditorial des Proceedings de l'Académie des Sciences US<sup>3</sup> a questionné le bien-fondé de cette stratégie de financement et milité pour la diversification des modèles biomédicaux animaux.

La situation n'ayant guère évolué depuis, le Comité Nobel du Karolinska de Stockholm a organisé début septembre une conférence sur ce thème. Chaque espèce animale est en effet une remarquable somme d'innovations puisqu'elle a fait le plus souvent face à de multiples contraintes environnementales depuis des millions d'années et est donc une potentielle source d'inspiration médicale. S'ajoutant bien sûr au renforcement des excellentes recherches déjà menées par des équipes franco-chinoises dans le **domaine de l'écologie santé, la biodiversité comme source d'innovation biomédicale à travers la diversification des modèles animaux** pourrait donc être également l'un des enjeux de la collaboration franco-chinoise.

### Des progrès constants en micro-électronique et informatique

Enfin, l'**étude des animaux dans leur milieu naturel**, c'est-à-dire des mécanismes par lesquels les animaux font face aux contraintes de leur environnement et aux changements globaux est révolutionnée par l'essor du **bio-logging**. Il résulte des progrès constants en micro-électronique et informatique, c'est-à-dire de l'équipement d'animaux avec des *loggers*. Ce sont des instruments miniaturisés qui permettent de mieux comprendre leur comportement ou leur physiologie et/ou d'acquérir grâce à eux des informations sur des environnements difficilement accessibles à l'homme. De nouvelles perspectives sont offertes dans ce **domaine avec le développement de nouveaux capteurs**. Plus les *loggers* sont miniaturisés moins ils sont perturbants pour les animaux, mais on n'en mesure encore très mal l'impact.

Dans ce contexte, il était crucial de pouvoir comparer les performances d'animaux équipés ou non de *loggers*, ou encore plus simplement de moyens d'identification comme des bagues. En d'autres termes, pour pouvoir déterminer l'effet de toute intervention, ne fût-ce que l'impact de la manipulation de l'animal, il était indispensable d'obtenir des informations sur le comportement d'animaux « témoins », c'est-à-dire n'ayant pas fait l'objet d'une perturbation. Ceci est aujourd'hui possible grâce à l'**identification des animaux par radiofréquence (RFID)**. Celle-ci n'introduit aucune perturbation hydrodynamique du fait que l'étiquette électronique (un transpondeur) est introduite sous la peau.

Cette technique a donc permis de montrer que la bague à l'aile utilisée pour identifier des manchots induit une gêne hydrodynamique lors de leurs déplacements en mer, avec pour conséquence une diminution d'environ 40% de leur succès reproducteur<sup>4</sup>. La RFID permettrait d'éviter de continuer à utiliser des méthodes aussi traumatisantes et perturbantes que l'utilisation du code basé sur la section de phalanges pour l'identification de batraciens ou de petits rongeurs... Le problème est donc clairement à la fois du ressort de la science et de l'éthique !

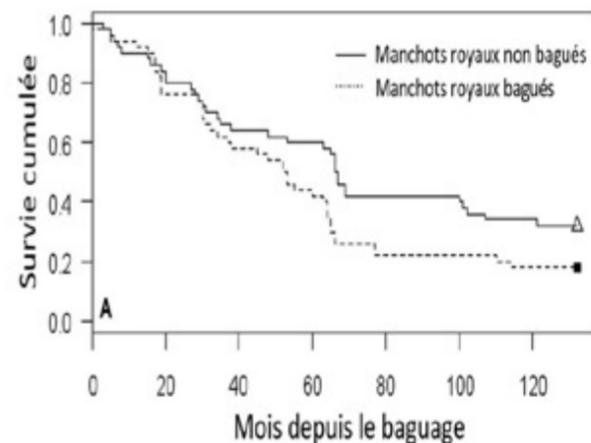
La limitation majeure de la RFID est cependant la courte distance de lecture liée au fait que les étiquettes électroniques fonctionnent sans batterie, ce qui explique leur extrême miniaturisation. De ce fait, pour qu'elles puissent émettre leur signal les identifiant individuellement (d'où leur nom de transpondeurs), il faut leur fournir l'énergie nécessaire en les approchant à courte distance (entre 50 et quelques cm seulement selon le type de transpondeur) avec une antenne générant une radiofréquence. L'animal portant le transpondeur peut donc être facilement identifié avec une antenne détectrice fixe sur un point de passage habituel ou obligé.

Mais comment faire dans le cas contraire ? Comment approcher un animal là où il se trouve, et avec la mobilité nécessaire ? Pourquoi alors la robotique et l'utilisation de capteurs seraient-ils uniquement réservés à l'exploration de l'origine de la vie sur Mars ou d'autres planètes et pas à l'étude de la biodiversité sur notre propre planète ? Cette question se pose d'autant plus avec acuité avec la prise de conscience croissante de l'impact des perturbations qu'induit l'étude des animaux dans leur milieu naturel et des sérieux biais scientifiques qui en résultent. Le problème se situe par conséquent à l'interface entre science et éthique.



■ Un rover camouflé avec un faux poussin de manchot empereur permet d'approcher les vrais dans leur milieu naturel sans les effrayer. Cela ouvre des perspectives scientifiques, comme par exemple l'utilisation de rovers pour identifier les individus par radiofréquence (RFID) qui nécessite une courte distance de lecture. Or l'identification et la localisation individuelle sont à la base de toute étude... © Fred Olivier/John Downer

► Fig. La RFID a permis de mettre en évidence l'impact du baguage à l'aile, méthode généralement utilisée pendant des décennies pour identifier les manchots



16% survie des adultes  
41% succès reproducteur

Saraux et al. 2011



Pour résoudre ce problème, j'ai donc eu l'idée d'utiliser **des robots-RFID**<sup>5</sup>... Leur approche ne perturbe pas plus que le passage d'autres congénères chez des animaux qui défendent leur territoire de reproduction. Pour d'autres, comme le manchot empereur, il faut faire preuve d'ingéniosité, comme par exemple en camouflant le robot avec un faux poussin... Il ne fait pas de doute que chaque espèce animale ou presque représentera un cas particulier à résoudre.

**Mais la robotique constitue une nouvelle voie riche en perspectives** pour étudier les animaux sans les perturber... Il est donc aisé de prédire que l'intelligence artificielle et la robotique vont révolutionner l'étude des animaux dans les prochaines années. C'est certainement l'une des nouvelles voies à prospecter pour la collaboration scientifique entre la France et la Chine... ☞

#### Références :

1. Rapport de l'Académie des Sciences (2017). Les mécanismes d'adaptation de la biodiversité aux changements climatiques et leurs limites. Coordonné par Sandra Lavorel, Jean-Dominique Lebreton et Yvon Le Maho [https://www.academie-sciences.fr/pdf/communiqu/rads\\_250917.pdf](https://www.academie-sciences.fr/pdf/communiqu/rads_250917.pdf)
2. La grande odyssée (2019). Une histoire des expéditions polaires françaises. Editions Paulsen. 250 pages.
3. Sedivy, John. (2009). How to learn new and interesting things from model systems based on "exotic" biological species. *PNAS* 106 (46): 19207-19208.
4. Claire Saraux, Céline Le Bohec, Joël M. Durant, Vincent A. Viblanc, Michel Gauthier-Clerc, David Beaune, Young-Hyang Park, Nigel G. Yoccoz, Nils C. Stenseth & Yvon Le Maho (2011). Reliability of flipper-banded penguins as indicators of climate change. *Nature* : 469: 203-206.
5. Yvon Le Maho, Jason D Whittington, Nicolas Hanuise, Louise Pereira, Matthieu Boureau, Mathieu Brucker, Nicolas Chatelain, Julien Courtecuisse, Francis Crenner, Benjamin Friess, Edith Grosbellet, Laëtitia Kernaléguen, Frédérique Olivier, Claire Saraux, Nathanaël Vetter, Vincent A Viblanc, Bernard Thierry, Pascale Tremblay, René Groscolas & Céline Le Bohec (2014). Rovers minimize human disturbance in research on wild animals. *Nature Methods* 11: 1242-1244.

## Des dispositifs de recherche pour endiguer la progression de l'érosion de la biodiversité et des services écosystémiques associés

Par Dominique Joly



Dominique Joly

Directrice adjointe scientifique, Institut Ecologie et Environnement du CNRS, Grands équipements et infrastructures <https://inee.cnrs.fr/fr/institut>

Les cinquante dernières années ont vu la transformation la plus rapide dans l'histoire de l'humanité de **la relation entre les humains et leur environnement**. De nombreuses activités anthropiques ont bouleversé durablement les écosystèmes depuis la fin du XX<sup>ème</sup> siècle. De nos jours, de nombreux indicateurs biologiques ont clairement dépassé les limites de la variabilité passée. Cette année, l'IPBES (Plateforme Intergouvernementale sur la Biodiversité et les Services Écosystémiques) a souligné le fait **qu'un million d'espèces sont en voie de disparition**, entraînant une perte de **42% d'animaux et de plantes** au cours des dernières décennies en Europe et en Asie centrale, et davantage encore pour la biodiversité marine, avec **90% des espèces** qui seront gravement dégradées d'ici 2050. Parmi les principales menaces de cette érosion massive de la biodiversité, la dégradation de l'habitat, l'exploitation des espèces (chasse et pêche), et le changement climatique sont les plus importantes. **Il existe cependant de nombreuses voies pour développer des solutions**, adaptées localement, afin d'endiguer cette progression et préserver à la fois la biodiversité mais aussi et surtout les services écosystémiques associés.

*Intensifier les connaissances scientifiques dans ses différentes composantes (biologiques, spatiales et temporelles) est essentiel pour consolider nos connaissances sur l'impact des changements globaux sur les socio-écosystèmes et avancer dans la recherche de solutions.*

Les dispositifs de recherche à long terme offrent des outils opérationnels pour étudier les interactions entre les différentes composantes de ces systèmes complexes, passés et présents. Ils sont très puissants pour **documenter et quantifier les composantes biophysiques des écosystèmes** sur la base d'observations et d'expérimentations afin de contribuer au développement de scénarios prédictifs de changements dans le temps et dans l'espace. Le CNRS a développé de tels dispositifs de recherche à long terme en France et dans différentes régions du monde. Ils sont caractérisés par des gradients de pressions anthropiques, d'intensité variables et de niveaux de connectivité différents.

Cette diversité de situation permet d'acquérir des connaissances fondamentales sur les processus clés du fonctionnement et des trajectoires des écosystèmes et sociaux-écosystèmes, contribuant à **promouvoir une recherche ancrée dans l'action**. Les dispositifs brièvement décrits ci-après sont ouverts à la communauté internationale ; de nombreuses interactions pourraient être développées avec les collègues et institutions chinoises.

Parmi les sites de recherche à long terme, les **stations d'écologie** expérimentale du CNRS ([www.insee.cnrs.fr/fr/recherche](http://www.insee.cnrs.fr/fr/recherche)) offrent toutes les facilités et le support technique nécessaires pour accueillir des recherches de court ou long terme, et fournir des séries d'observations parfois accumulées depuis des décennies. Elles sont implantées dans des zones où les écosystèmes sont particulièrement sensibles au changement climatique et à la pression humaine, comme les zones de montagne ou les zones tropicales, ce qui en font des outils au front des enjeux sociétaux actuels.

Outre ces installations *in-natura*, les **écotrons français** ([www.ir-ecotrons.cnrs.fr](http://www.ir-ecotrons.cnrs.fr)) fournissent à la communauté scientifique internationale des plateformes expérimentales uniques au monde, d'avant-garde et technologiquement avancées. Ils sont adaptés pour faire progresser la connaissance du fonctionnement des écosystèmes dans des conditions environnementales strictement contrôlées, avec des mesures automatisées et en continu des processus écosysté-



Patrick Giraudoux  
ZAArc-Jurassien

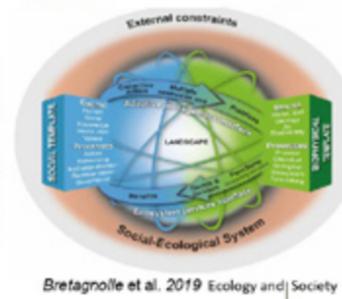


Hervé Fritz  
ZAHwange

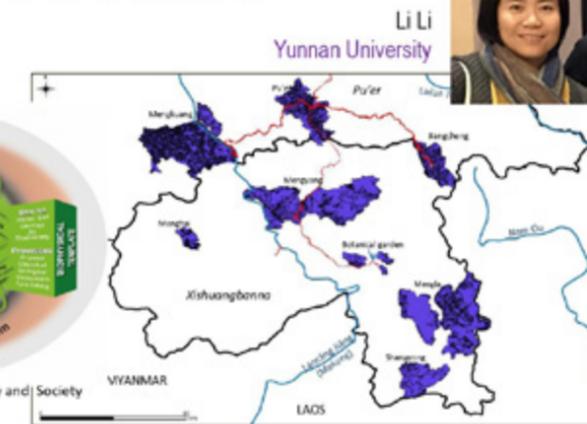


### Gestion adaptative des interactions hommes - environnement

Zones Ateliers  
LTSE FRANCE



Bretagnolle et al. 2019 Ecology and Society



Li Li

■ Collaboration entre les Zones Ateliers Arc Jurassien et Hwange (France) et les réserves de la préfecture de Xishuangbanna (Chine) autour du schéma conceptuel des LTSE français, pour une gestion adaptative des conflits hommes-environnement, avec ici le cas particulier des populations d'éléphants.

miques. **Ces données permettent de développer et de tester des théories et des modèles écologiques**, qui en retour affinent les méthodes expérimentales afin d'identifier et quantifier les processus à l'œuvre. La prévision du devenir des écosystèmes dans différents scénarios du changement global, tels que ceux prédits par l'IPCC, ainsi que le développement de **l'ingénierie écologique** font partie des objectifs majeurs de cette infrastructure. Ces avancées scientifiques constituent une étape fondamentale dans la compréhension des systèmes écologiques naturels et permettront diverses applications telles que la modélisation du rôle des compartiments vivants dans la régulation des flux.

#### Collaboration pour une gestion adaptative des conflits hommes-environnement

Les plateformes françaises de recherche à long terme sur les socio-écosystèmes (Zones Ateliers, LTSE, [www.za-inee.org](http://www.za-inee.org)) traitent plus largement des interactions homme-environnement au travers d'une approche interdisciplinaire à long terme. En définissant les processus de couplage explicites entre deux interfaces, la gestion adaptative et les services écosystémiques, elles inscrivent dans une approche paysagère globale, un cadre d'actions exploitable pour **promouvoir la durabilité des socio-écosystèmes**. Cette approche a été formalisée dans le cadre d'un schéma

conceptuel générique déclinable en fonction des spécificités de chaque socio-écosystème. Dans ce contexte, une action à long terme a été initiée depuis une quinzaine d'années dans la **Zone Atelier LTSE Hwange** au Zimbabwe afin d'élaborer une stratégie régionale pour limiter les conflits entre humains et faune sauvage.

En effet, les actions humaines, notamment vis-à-vis de la ressource en eau, et les dérégulations climatiques provoquent des migrations sai-

sonnières de populations d'éléphants en dehors de leur zone de protection. Ces déplacements, pouvant aller jusqu'à 200 kilomètres, engendrent des dommages préjudiciables aux populations humaines locales et aux actions de conservation des populations animales sauvages. Les travaux entrepris à Hwange ont donc pour objectif d'acquérir une meilleure analyse de **l'impact du changement climatique et de la gestion de l'eau** sur les interactions entre les populations humaines et les éléphants. Ils permettent d'identifier des actions de gestion, par exemple au travers de corridors de migrations des éléphants, acceptables pour leur conservation mais aussi pour les activités humaines.

Une telle approche pourrait être déployée de façon très opérationnelle en Chine dans la préfecture de Xishuangbanna et de Pu'er dans le Yunnan où une problématique similaire existe entre humains et éléphants. Une collaboration entre les équipes de l'IRN EHEDE (Patrick Giraudoux), de la **Zone Atelier Hwange** (Hervé Fritz) et de **l'université de finances et d'économie de Yunnan** (Li Li) ont déjà été initiées depuis plusieurs années (cf. articles p.58-60). Les rencontres dans le cadre du séminaire environnement-biodiversité des 4 et 5 novembre à Pékin ont été particulièrement propices pour renforcer et élargir ces collaborations. ☘

# Microbiologie des sources hydrothermales océaniques profondes : 12 ans de coopération franco-chinoise

Par Karine ALAIN<sup>1,2</sup>

## L'exploration des milieux hydrothermaux profonds

Les sources hydrothermales océaniques profondes représentent l'un des environnements les plus extrêmes de la planète. Situées entre 500 et 5000m de profondeur au niveau des dorsales médio-océaniques, elles sont caractérisées par l'émission de fluides chauds et réduits, chargés en minéraux et en gaz. Ces écosystèmes singuliers sont basés sur la chimiosynthèse microbienne : les **microorganismes** extraient l'énergie des composés chimiques présents dans les fluides, au travers de réactions d'oxydo-réduction, pour produire de la biomasse et permettre l'installation de communautés animales luxuriantes.

Ces communautés biologiques denses et très productives se développent dans une large gamme de conditions physiques et chimiques (pression, pH, métaux, présence de radiations, températures élevées...), extrêmes pour certaines d'entre elles. Si certains champs hydrothermaux ont fait l'objet de nombreuses investigations microbiologiques,



les sources hydrothermales restent encore largement sous-explorées à l'échelle planétaire et de nombreuses questions demeurent quant aux communautés qui les peuplent et au fonctionnement de ces écosystèmes.

Les microorganismes vivant dans ces milieux sont très divers d'un point de vue phylogénétique et comprennent notamment une large diversité de lignées bactériennes et archéennes, sans représentants cultivés, contribuant de toute évidence aux **cycles biogéochimiques** majeurs. Ces taxons microbiens sont adaptés aux paramètres physico-chimiques extrêmes de leur habitat et représentent, pour certains, d'excellents modèles pour étudier les adaptations aux extrêmes limites de la vie. Ces écosystèmes abritent aussi des lignées profondes de l'arbre du vivant, dont l'étude s'avère précieuse pour l'émission de scénarii évolutifs.

Compte tenu de leur importante diversité et des conditions singulières de leur habitat naturel, les microorganismes hydrothermaux constituent vraisemblablement un **réservoir d'organismes nouveaux**, possédant des propriétés physiologiques uniques, voire de nouvelles voies métaboliques. Dans ce domaine en pleine expansion, les questions de l'exploration des milieux hydrothermaux profonds, de l'inventaire des taxons microbiens qui les peuplent et du décryptage de leurs fonctions biologiques, ainsi que de la compréhension de leurs interactions et de leur adaptation aux conditions extra-ordinaires de leur habitat, sont donc de prime importance.

■ Photographie d'une source hydrothermale océanique profonde (©Ifremer), l'écosystème sur lequel portent les travaux du IRP MicrobSea

## Une coopération bilatérale qui se renforce

Depuis 2007, le **Laboratoire de Microbiologie des Environnements Extrêmes** (LM2E, UMR 6197 CNRS-UBO-Ifremer), implanté à Brest-Plouzané, et le Laboratoire clé en Ressources Biogénétiques Marines du 3<sup>e</sup> **Institut d'Océanographie de Chine** (KLAMBR-TIO-SOA), localisé à Xiamen, coopèrent autour de ces questions. Cette coopération bilatérale s'est intensifiée au fil des années, renforcée au travers d'échanges de personnels et de thèses en cotutelle, à tel point qu'en novembre 2018, nos 2 unités se sont réunies pour former un laboratoire international (Projet de recherche international IRP). Notre laboratoire franco-chinois « sans murs » est dirigé pour la partie chinoise par le **Prof. SHAO Zongze** et pour la partie française par **Karine ALAIN**. Il se nomme **Laboratoire de Microbiologie des grands fonds** (acronyme : **MICROBSEA**) et focalise ses travaux sur la microbiologie des sources hydrothermales.



■ Les directeurs de l'IRP MicrobSea (Dr. Karine ALAIN et Prof. SHAO Zongze) lors du séminaire Environnement/Biodiversité qui s'est tenu les 4 et 5 nov. 2019 à Pékin.

*Nos études visent à appréhender la diversité et la biologie des microorganismes des sources hydrothermales océaniques profondes - avec un effort particulier sur la culture de microorganismes encore non cultivés - et à mieux comprendre le fonctionnement de cet écosystème singulier, depuis l'échelle écosystémique jusqu'à l'échelle moléculaire.*

Dans cette optique, les problématiques suivantes sont abordées :

- Évaluation du potentiel métabolique des archées et bactéries non-cultivées via des approches de *meta-omics* ;
- Culture, isolement et caractérisation physiologique de micro-organismes non-cultivés à ce jour ;
- Écologie virale et caractérisation d'éléments génétiques mobiles ;
- Fonctionnement, interactions et biogéographie ;
- Caractérisation des processus cellulaires intervenant dans l'adaptation aux conditions extrêmes.

A ce jour, les travaux menés ont conduit à la publication de **plus d'une vingtaine d'articles scientifiques**. A l'échelle de l'écosystème, les études en cours visent à décrire les microbiomes hydrothermaux de différents sites géographiques, via des approches de métagénomique, et à étudier le potentiel physiologique de microorganismes issus de panaches hydrothermaux, via des travaux de *single cell genomics*. Par ailleurs, des associations symbiotiques entre des crevettes hydrothermales et leurs épibiontes bactériens ont été caractérisées d'un point de vue fonctionnel, et d'autres associations symbiotiques entre des métazoaires et leurs symbiontes sont en cours d'investigation.

A l'échelle de la cellule et de la population, les travaux menés ont déjà permis de découvrir et de caractériser **3 nouveaux genres bactériens et 9 nouvelles espèces microbiennes** aux physiologies variées. Des associations entre des hôtes microbiens et leurs virus sont également en cours de caractérisation. Enfin, à l'échelle intracellulaire, des investigations portent sur la description d'un métabolisme primitif (dismutation des composés inorganiques soufrés) et de ses voies enzymatiques.

Notre laboratoire a aussi une longue histoire de collaboration sur l'étude des mécanismes adaptatifs des microorganismes thermophiles à la pression ; Il poursuit ses travaux sur cette thématique, avec comme résultat marquant, **l'isolement de la souche *Pyrococcus yayanosii*** qui détient le record actuel de croissance sous pression. Dans le futur, nous allons étudier l'impact des activités anthropiques sur ces écosystèmes des grands fonds. ☘

<sup>1</sup> IRP 1211 MicrobSea, Sino-French Laboratory of Deep-Sea Microbiology, Xiamen-Plouzané

<sup>2</sup> CNRS, Univ Brest, IFREMER, UMR 6197 Laboratoire de Microbiologie des Environnements Extrêmes LM2E, IUEM, Rue Dumont d'Urville, F-29280 Plouzané, France

Partenaire chinois : Key Laboratory of Marine Biogenetic Resources, the Third Institute of Oceanography SOA, Xiamen, Fujian 361005, China

# La pompe biologique du mercure, vecteur important entre atmosphère et sols

Par Jeroen Sonke et CHEN Jiubin, chercheurs en géochimie de l'environnement\*

## Les effets du dépôt de mercure, origine et surveillance

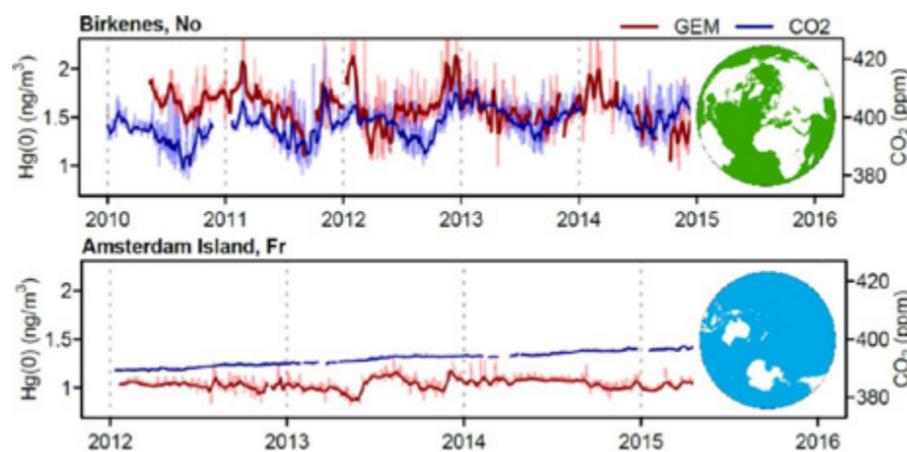
Le mercure est un métal lourd qui provoque des effets neurotoxiques chez les nourrissons et les enfants et des maladies cardiovasculaires chez les adultes. Nous sommes tous exposés au mercure lorsque nous consommons du poisson, car le mercure se bioaccumule et se bioamplifie tout le long de la chaîne alimentaire marine à des niveaux élevés dans les poissons, tel que le thon. En Chine, l'exposition au mercure peut également être causée par la consommation de riz, provenant des rizières contaminées par des activités minières.

Au cours des 150 dernières années, les émissions anthropiques de mercure dans l'atmosphère ont été 10 fois supérieures aux émissions volcaniques naturelles. Ces émissions proviennent majoritairement des centrales thermiques au charbon, de la production de ciment et de l'exploitation minière, dont l'orpaillage illégal. Le mercure émis reste dans l'atmosphère pendant environ un an, se répand sur la terre entière, des tropiques aux pôles, avant de se déposer vers les écosystèmes marins et terrestres.

Pendant longtemps les spécialistes du mercure supposaient que les dépôts de mercure vers la zone critique provenaient essentiellement de la pluie, de la neige et des particules atmosphériques. Des réseaux de surveillance monitorent ces dépôts depuis les années 1980 en Europe et en Amérique du Nord. Depuis 10 ans nous nous sommes spécialisés dans l'analyse des signatures isotopiques du mercure, redoutable outil pour identifier des sources d'émission et le chemin emprunté par le mercure à travers la Terre<sup>1</sup>. En analysant les signatures isotopiques du mercure dans les divers écosystèmes terrestres, nous avons observés que les signatures de la végétation et des sols ressemblaient plus aux signatures du mercure gazeux, qu'à celles du mercure présent dans la pluie<sup>2,3</sup>.

En comparant la variation saisonnière du CO<sub>2</sub> et du mercure gazeux sur des sites forestiers de l'hémisphère nord, et des sites océaniques de l'hémisphère sud, nous avons établi que la séquestration du mercure gazeux par la végétation constitue une véritable pompe biologique<sup>4</sup>

(cf. figure). Nous avons ensuite mis en évidence qu'en milieu polaire, la toundra a depuis la dernière ère glaciaire séquestré des milliers de tonnes de mercure dans les pergélisols, lesquels sont aujourd'hui mobilisés par les grands fleuves sibériens vers l'Océan arctique<sup>5,6</sup>.



■ La variation saisonnière du CO<sub>2</sub> (ppm) et du mercure gazeux élémentaire (GEM, Hg(0), ng/m<sup>3</sup>) au site de Birkenes, Norvège, dans l'hémisphère nord (haut), dû à la pompe biologique<sup>4</sup>. Dans l'hémisphère sud, principalement océanique, la séquestration du CO<sub>2</sub> et du mercure par les plantes est beaucoup plus faible, comme l'illustre l'absence de covariation sur l'île Amsterdam (bas).

\*CNRS & University of Toulouse, [jeroen.sonke@get.omp.eu](mailto:jeroen.sonke@get.omp.eu) ; Tianjin University, [jbchen@tju.edu.cn](mailto:jbchen@tju.edu.cn)



■ Les signatures isotopiques du mercure dans la végétation et les sols ressemblent plus aux signatures des émissions gazeuses du mercure, qu'au mercure présent dans la pluie<sup>2</sup>. La séquestration du mercure gazeux par la végétation constitue ainsi une véritable pompe biologique<sup>4</sup>.

## Des efforts importants faisant appel aux technologies modernes sont déployés

Depuis 2013, la Convention de Minamata des Nations Unies a été ratifiée par plus de 130 pays, dont la Chine et la France, et vise depuis son entrée en vigueur en 2017 à réduire l'utilisation et les émissions de mercure dans le monde. Des efforts politiques antérieurs déployés en Amérique du Nord et en Europe ont permis de réduire de moitié les émissions de mercure et les concentrations atmosphériques depuis les années 1980. Des efforts importants, faisant appel aux technologies modernes de contrôle des émissions, sont déployés en Chine depuis une décennie et devraient permettre de réduire considérablement les émissions de mercure. Cependant, le réchauffement global modifie radicalement le fonctionnement biogéochimique et écologique des écosystèmes terrestres et marins.

« Comprendre comment le changement global influence le cycle du mercure et l'exposition au mercure est donc devenu une priorité de recherche, à la fois en Chine comme en France. »

## Publications

- Chen, J., Hintelmann, H., Feng, X. & Dimock, B. Unusual fractionation of both odd and even mercury isotopes in precipitation from Peterborough, ON, Canada. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 90, 33–46 (2012).
- Sun, R. et al. Historical (1850–2008) stable mercury stable isotope emissions from natural and anthropogenic sources to the atmosphere. *Elementa* 4: 000091, (2016).
- Zheng, W., Obrist, D., Weis, D. & Bergquist, B. A. Mercury isotope compositions across North American forests. *Global Biogeochemical Cycles* 30, 1475–1492 (2016).
- Jiskra, M. et al. A vegetation control on seasonal variations in global atmospheric mercury concentrations. *NATURE GEOSCIENCE* 11, 244+ (2018).
- Sonke, J. E. et al. Eurasian river spring flood observations support net Arctic Ocean mercury export to the atmosphere and Atlantic Ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115, E11586–E11594 (2018).
- Obrist, D. et al. Tundra uptake of atmospheric elemental mercury drives Arctic mercury pollution. *Nature* 547, 201–+ (2017).



## Axes de recherche du projet en Chine

Dans les années qui viennent, le CNRS et l'Université de Tianjin étudieront la manière dont le changement climatique global modifiera le cycle du mercure et l'exposition de la faune et des humains. Nous espérons mobiliser un nombre important de doctorants et de scientifiques, via des événements et projets communs. Nous travaillerons sur trois grandes questions :

- A quelle vitesse le mercure séquestré dans le pergélisol sera-t-il mobilisé et transporté vers les rivières arctiques et vers l'atmosphère ?
- Quelle est la nature, biotique ou abiotique, de la méthylation du mercure dans les eaux marines ?
- Quels sont les rôles respectifs des émissions de mercure et du changement climatique dans l'évolution à long terme des niveaux de mercure dans l'atmosphère et la faune marine ?

# Dynamique des paysages et transport sédimentaire

## un voyage à travers les échelles

Par Clément Narteau<sup>1</sup> & CHEN Jiubin<sup>2</sup>

pour l'ensemble du Laboratoire International Franco-Chinois IRP SALADYN

### Une nouvelle étape vers une meilleure compréhension de la vulnérabilité environnementale et de l'habitat

Le territoire chinois offre un cadre exceptionnel pour étudier les déformations d'origine tectonique, l'érosion des chaînes de montagnes, l'altération des roches et le transport sédimentaire, qui sont les principaux agents de la dynamique des paysages. Au cours des six dernières années, au sein du **Laboratoire International (IRP) SALADYN**, des scientifiques français et chinois ont exploré ensemble divers environnements naturels pour documenter une large gamme de processus géomorphologiques et confronter de nouveaux jeux de données collectés sur le terrain aux résultats expérimentaux et aux prédictions théoriques obtenus au laboratoire.

Tout un éventail des méthodes géophysiques et géochimiques permet maintenant de caractériser les flux sédimentaires à différentes échelles de temps des rivières glaciaires jusqu'aux embouchures des plus grandes fleuves Chinois en passant par les grands bassins sédimentaires d'Asie Centrale dans lesquels

s'établissent des équilibres dynamiques entre le transport fluviale et éolien. Tous ces travaux offrent un panorama non exhaustif des mécanismes qui régissent l'évolution des paysages, de l'échelle des grains à celle d'un continent. Dans un contexte de changement climatique, ils constituent une nouvelle étape vers une meilleure compréhension de la vulnérabilité environnementale et de l'habitat, en particulier dans les zones au sein desquelles il devient indispensable d'**anticiper l'augmentation des impacts économiques et sociaux** (biodiversité, agriculture, surpâturage, développement d'infrastructures).

*La recherche s'articule autour des interfaces entre les différentes disciplines des sciences de la Terre et de l'environnement planétaire.*

**Les études de tectonique active** cherchent principalement à déterminer le fonctionnement sismique des grandes failles continentales qui participent au soulèvement et à l'extrusion orientale du plateau tibétain. Ces études fournissent non seulement de précieuses informations sur les taux de déformation long termes mais aussi sur la magnitude et les taux de récurrence des tremblements de terre majeurs susceptibles de dévaster des régions à forte densité de population en l'espace de quelques minutes.

<sup>1</sup> Université de Paris, Institut de Physique du Globe de Paris, CNRS, F-75005 Paris, France.

<sup>2</sup> State Key Laboratory of Environmental Geochemistry Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, 46 Guanshui Road Guiyang 550002, China.

■ Expression conjointe de la déformation le long d'une faille chevauchante, de l'érosion et du transport éolien dans le désert du Taklamakan (Xinjiang, Chine).



■ Acquisition de données des équipes de recherche franco-chinoises dans de multiples environnements naturels de Chine, des rivières glaciaires aux embouchures des plus grande fleuves en passant par les déserts arides du Taklamakan et de Gobi.

Sur des échelles de temps de l'ordre du million d'années, ces **taux de déformation** sont comparés aux enregistrements morpho-sédimentaires afin d'estimer les conséquences des changements climatiques passés sur la dynamique des paysages. **Les taux d'érosion et de déposition** obtenus à l'échelle des plus grandes chaînes de montagne peuvent alors être analysés en fonction des mesures de transport in-situ et de la morphologie des rivières, en méandres ou en tresses.

En parallèle, afin de mieux évaluer la contribution relative des mécanismes **d'érosion éolienne** à la dynamique des paysages des zones arides, ces mesures de transport fluviale sont comparées aux flux de sable au sein de grandes dépressions éoliennes dans lesquelles les champs de dunes fournissent de nombreux enregistrements sédimentaires à l'échelle du dernier cycle climatique. En aval, dans les zones plus humides de Chine **les morphologies karstiques** de la région de Guilin (Guangxi) présentent de spectaculaires motifs permettant de tester

l'impact des mécanismes de dissolution sur les reliefs continentaux. Les éléments chimiques issus de ces processus de dissolution, ou plus directement du lessivage des sols, peuvent ensuite être identifiés le long des principaux fleuves dans le but d'intégrer l'intensité des mécanismes d'altérations et des événements extrêmes à différentes échelles de temps.

La combinaison de ces études dans le cadre de l'IRN est un voyage à travers les échelles qui permet d'appréhender **l'extraordinaire variabilité des processus morphogéniques** qui continue de façonner la Terre telle que nous la connaissons. La gamme de ces échelles de longueurs et de temps met à l'épreuve notre capacité à mesurer, à modéliser et à comprendre. Elle constitue cependant **la clef des futurs outils de prédiction** qui nous permettront de mieux appréhender les défis modernes des systèmes terrestres et les enjeux environnementaux et de biodiversité qui en dépendent. ☘

## Ecologie microbienne des écosystèmes miniers

Par Robert Duran<sup>1</sup>, YAO Jun<sup>2</sup>

### Des outils pour la prévention de la pollution des activités minières en Chine

Chaque jour les activités minières produisent d'importantes quantités de résidus miniers (environ 200 000 tonnes) menaçant l'environnement et la santé humaine. **Les activités minières durables** nécessitent la gestion et le traitement des résidus miniers afin d'atténuer leur impact environnemental. Les microorganismes jouent un rôle principal dans le fonctionnement des écosystèmes. Ils sont dotés des capacités métaboliques nécessaires à la transformation et à la dégradation des contaminants, qu'ils soient métalliques ou organiques. Par conséquent, il

est essentiel de comprendre l'organisation, la diversité et l'écologie **des communautés microbiennes** qui colonisent les écosystèmes miniers. De telles connaissances peuvent fournir des informations primordiales pour gérer les ressources microbiennes afin de mettre en œuvre des procédés de bio-remédiation ainsi que des outils microbiens pour suivre leur efficacité.

La collaboration entre l'Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA) et l'Université Chinoise des Géosciences de Beijing (CUGB) vise à **étudier les communautés microbiennes** colonisant les résidus miniers non ferreux issus des activités minières en Chine. Ainsi, nous avons déterminé la diversité et la composition des communautés microbiennes de résidus miniers sur le site minier de Guangxi (Chine). Par une approche de macro-écologie, la comparaison de la structure des communautés microbiennes de résidus miniers à différents âges a révélé les facteurs géochimiques qui déterminent l'organisation des communautés microbiennes. Par ailleurs, la mise en place d'un traitement de bio-augmentation grande nature, avec un consortium de bactéries sulfato-réductrices (BSR), a permis de

mieux comprendre la colonisation bactérienne et la coalescence des communautés dans des sites miniers fortement contaminés par les métaux. Le suivi temporel des communautés microbiennes a révélé la succession écologique au cours du biotraitement. Nos études fournissent des informations essentielles **pour la gestion des ressources bactériennes** vivant dans les résidus miniers issus de l'exploitation de métaux non ferreux.

*De telles informations permettent de mettre en place des recommandations techniques pour la prévention de la pollution.*

L'ensemble de ces résultats, issu de la collaboration réalisée dans le cadre du **projet PRC1416 (CNRS/NSFC)**, a fait l'objet de **huit publications conjointes** dans les revues internationales comme «*Scientific Reports*», «*Environmental pollution*», «*Environmental Science and Pollution research*» et «*Ecotoxicology and Environmental Safety*». Trois autres articles sont actuellement en cours d'évaluation.

### Actualités de la coopération

La collaboration UPPA-CUGB initiée dans le cadre du projet «Utilisation des microorganismes pour la réhabilitation des sites pollués par des métaux lourds et des composés organiques dans les zones minières productrices de métaux non ferreux»<sup>3</sup> s'est renforcée par l'obtention d'un projet européen Erasmus+ MIC (mobilité internationale de crédits) assurant l'échange d'étudiants (Licence, Master ou Doctorat) et de personnel d'enseignement et de recherche. Dans les trois prochaines années, ce projet offrira des bourses de mobilité à six étudiants pour des séjours d'un semestre, ainsi que 12 allocations pour des séjours d'enseignants chercheurs.

**Robert Duran**, professeur à l'UPPA responsable du projet, vient d'obtenir une chaire de 5 ans dans le cadre du programme «*Professeur China's High-level foreign experts (MOST)*».

### Les objectifs/perspectives de la coopération

Afin de pérenniser la collaboration établie dans le cadre du projet CNRS/NSFC-PRC1416, les responsables du projet ont la volonté d'agréger d'autres partenaires ayant des préoccupations communes et des compétences complémentaires pour aborder les problématiques environnementales liées aux activités minières. Un **consortium de scientifiques** européens et d'autres pays miniers se met en place afin de répondre à des appels d'offres internationaux visant à acquérir des connaissances pour favoriser le développement d'activités minières durables soucieuses de l'environnement.



■ Les directeurs français et chinois du projet Robert Duran (UPPA) et YAO Jun (CUGB)

Les responsables du projet souhaiteraient renforcer la collaboration bilatérale franco-chinoise entre l'UPPA et la CUGB **par la mise en place d'un laboratoire international**. Une telle structure permettrait de réunir géochimistes et microbiologistes focalisant leurs efforts sur les rejets miniers, allant de leur caractérisation géochimique et microbiologique, à leur traitement. Le laboratoire international permettrait également de former, par et pour la recherche, des spécialistes de l'exploitation durable des ressources géologiques à travers des co-tutelles de thèse entre l'UPPA et la CUGB. ☘



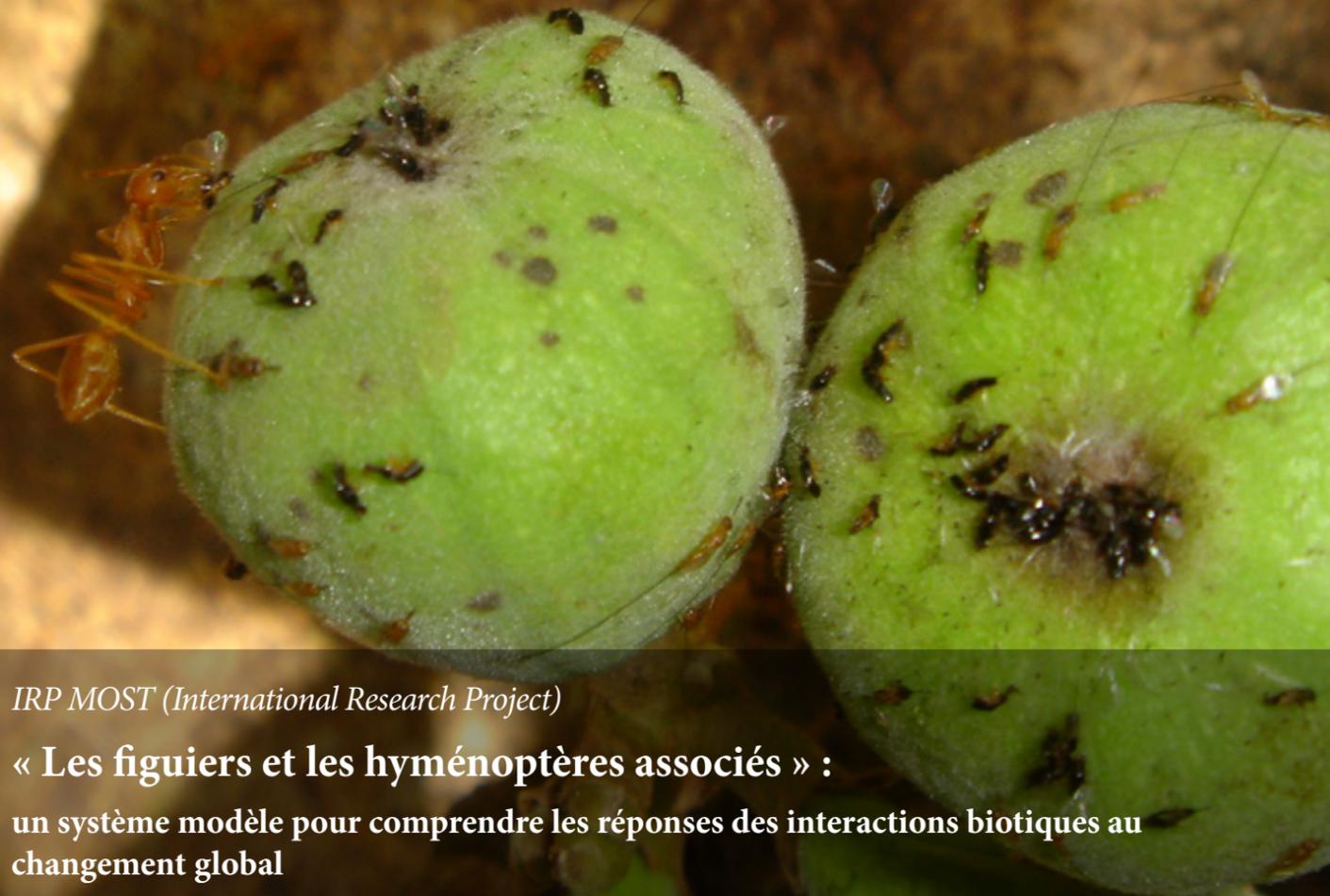
■ Site minier à Chengdu (province du Sichuan)

<sup>1</sup> Equipe Environnement et Microbiologie, MELODY group, Université de Pau et des Pays de l'Adour, IPREM UMR CNRS 5254, BP 1155, 64013 Pau, Cedex, France

<sup>2</sup> School of Water Resource and Environment Engineering, Research Center of Environmental Sciences and Engineering, China University of Geosciences (Beijing), 29 Xueyuan Road, Haidian District, Beijing 100083, China



<sup>3</sup> projet CNRS/NSFC-PRC1416



IRP MOST (International Research Project)

## « Les figuiers et les hyménoptères associés » : un système modèle pour comprendre les réponses des interactions biotiques au changement global

Par Magali Proffit<sup>1</sup>

Dans le contexte général des études sur les changements globaux, leurs effets sur la **communication plantes-insectes**, indispensable au maintien des interactions de pollinisation, ont été largement ignorés. Les conséquences potentielles de l'augmentation de la pollution atmosphérique et en particulier de la concentration d'ozone troposphérique (O<sub>3</sub>), un polluant majeur, sont inconnues mais pourraient être dramatiques car l'O<sub>3</sub> affecte la communication plantes-insectes à travers ses effets oxydants, sur la plante, les composés organiques volatils (COV) émis et sur l'insecte. L'objet de notre projet est de caractériser l'**impact de niveaux croissants d'O<sub>3</sub> sur la stabilité des réseaux d'interaction** et plus particulièrement sur les services écosystémiques de pollinisation.

■ Guêpes pollinisatrices et parasites spécifiques ("non-pollinating fig wasps") sur les figes de *Ficus racemosa*. Les composés organiques volatils émis par les figes jouent un rôle primordial dans l'attraction de ces espèces de guêpes vers leur figuier hôte. Les fourmis prédatrices vont également utiliser les signaux chimiques pour localiser leurs proies sur les figes. (Photo M. Proffit)

Nous utilisons un système modèle en écologie et biologie évolutive, le **mutualisme spécifique entre *Ficus* et insectes des figes**. Dans ces interactions chaque espèce de figuier est généralement pollinisée par une espèce spécialiste de guêpe qui se développe exclusivement dans les figes de son espèce hôte et qui utilise les COV émis par les figes réceptives (c'est-à-dire, prêtes à être pollinisées) pour les localiser. Cette interaction représente un exemple remarquable de coespéciation et de coévolution plantes-pollinisateurs. Dans le monde, il y a environ **800 espèces de figuiers** qui sont des espèces clef-de-voûte dans les forêts tropicales.

<sup>1</sup> Magali Proffit CNRS INEE CEFE (UMR 5175), Univ Montpellier, Univ Paul Valéry Montpellier, directrice de l'IRP MOST

Le « Xishuangbanna Tropical Botanical Garden » (XTBG)<sup>2</sup>, le « South China Botanical Garden » (SCBG)<sup>3</sup> et le Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE)<sup>4</sup> sont les acteurs principaux de l'étude de la communication figuiers-guêpes associées *via* les COV.

Récemment, notre IRP a reçu un appui financier de l'ambassade de France en Chine. Ce soutien va nous permettre de comparer la sensibilité de différentes espèces de pollinisateurs de figuiers à différentes concentrations d'O<sub>3</sub> dans la région de Guangdong. A ce jour, les valeurs seuils d'O<sub>3</sub> affectant l'activité des pollinisateurs de figuiers ne sont connues que

*L'IRP MOST résulte d'une longue collaboration entre nos trois équipes, et qui s'est récemment intensifiée, dans notre effort de répondre à des questions écologiques et évolutives à l'aide du modèle figuiers-pollinisateurs.*

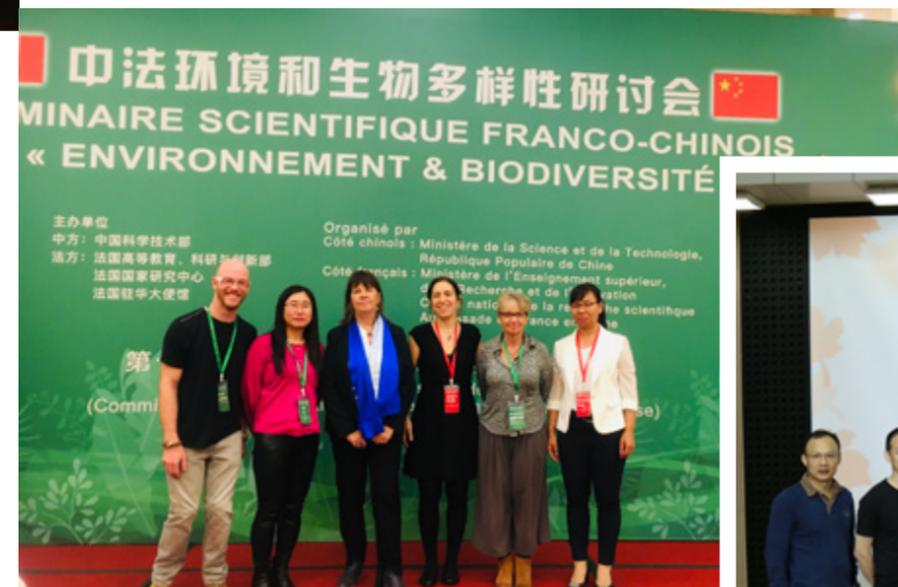
pour une seule espèce, celle du pollinisateur du figuier méditerranéen. La diversité des *Ficus* ainsi que la pollution de l'air sont largement plus importantes dans la région de Guangzhou qu'en France. Il devient donc urgent de déterminer les **valeurs seuils d'ex-**

**position aux polluants atmosphériques**, et spécifiquement à l'O<sub>3</sub>, pour le maintien des interactions plantes-pollinisateurs en Chine.

Sur le long terme nous souhaiterions comparer les réponses de différents pollinisateurs du figuier, dans des environnements avec des concentrations d'O<sub>3</sub> différentes, comme le Sud du Yunnan. Par rapport à d'autres modèles plantes-pollinisateurs, l'extrême spécificité des interactions figuiers-pollinisateurs ainsi que le rôle primordial joué par les COV émis par les figes pour attirer leurs pollinisateurs, facilitent l'accès aux mécanismes sous-tendant la communication entre plantes et pollinisateurs et leur adaptation face aux changements globaux.

Ainsi, à travers des études comparatives il sera possible d'élucider **les bases fonctionnelles de la réponse à l'O<sub>3</sub>** intégrant les aspects moléculaires de la production de COV par la plante jusqu'aux bases physiologiques de la perception des odeurs par les insectes et à leur réponse comportementale. De plus, ce projet de recherche devrait fournir des résultats importants sur **la capacité d'adaptation et la résilience des interactions plantes-insectes** confrontées à une pollution croissante de l'air et notamment de l'O<sub>3</sub>. ☘

Chercheurs impliqués dans l'IRP MOST lors de la cérémonie d'inauguration de l'IRP MOST au « Xishuangbanna Tropical Botanical Garden » (XTBG) dans le Yunan, le 13 Novembre 2019. ■



■ Chercheurs impliqués dans l'IRP MOST lors du séminaire scientifique Franco-Chinois « Environnement et Biodiversité » le 4 Novembre 2019 à Pékin.

<sup>2</sup> <http://en.xtbg.ac.cn/>

<sup>3</sup> <http://english.scib.ac.cn/>

<sup>4</sup> <https://www.cefe.cnrs.fr/fr/cefe>



## Les frelons : redoutables prédateurs et vecteurs de maladies ?

Par Eric Darrouzet<sup>1</sup>, HOU Chunsheng<sup>2</sup>

Parmi les nombreux problèmes que vivent les abeilles de nos jours (manque de nourriture, présence de parasites et/ou de microorganismes pathogènes, problèmes de pratiques apicoles...), les prédateurs, tels que les frelons, représentent parfois un réel souci pour les colonies ; notamment depuis l'introduction en Europe d'une espèce invasive qu'est le frelon asiatique *Vespa velutina nigrithorax*. Outre la prédation majeure sur les ruches, qui impacte dramatiquement les colonies d'abeilles, le frelon pourrait aussi être un vecteur de maladies pour ces dernières. Ce double effet serait lourd de conséquences pour les abeilles, et par conséquent pour le secteur apicole européen.

Les effets de la prédation du frelon sur les colonies d'abeilles commencent à être bien connus, **alors que ceux liés au transport, par exemple, de virus restent totalement inconnus**. Pour répondre à cette question, une collaboration franco-chinoise a été initiée en 2018 entre des spécialistes français des frelons et des virologues chinois spécialistes des virus d'abeilles. Les premiers résultats de cette collaboration ont été présentés lors du séminaire franco-chinois Environnement & Biodiversité les 4 et 5 novembre 2019 à Pékin.

■ Attaque de frelons *Vespa velutina* sur une ruche d'abeilles *Apis cerana* (Chine)



■ Attaque de frelons *Vespa velutina* sur une ruche d'abeilles *Apis mellifera* (France)

### Les frelons et les abeilles, une cohabitation difficile

*Vespa velutina* est un prédateur généraliste et opportuniste de nombreux insectes. Comme les autres espèces de guêpes et frelons connues, *V. velutina* peut attaquer les colonies d'abeilles mellifères. En Europe, *V. velutina* est ainsi devenu une des menaces majeures de l'abeille domestique *Apis mellifera*. Cette dernière semble totalement démunie face à la prédation et n'a pas de mécanismes de défense efficaces contre ce prédateur. Cette prédation pose un grave problème aux apiculteurs, qui font ainsi état de la perte de nombreuses colonies

d'abeilles chaque année. Cette menace sur l'abeille, et de fait sur les activités apicoles, est l'une des plus importantes à ce jour à laquelle de nombreux acteurs doivent faire face. Outre l'Europe, ce problème peut également se poser pour la Corée du sud et le Japon où *V. velutina* est aussi une espèce invasive.

Dans le sud de la Chine, de nombreuses espèces de frelon peuvent chasser les abeilles en élevage, que ce soit l'abeille asiatique *Apis cerana*, que l'abeille introduite *Apis mellifera*. La première est capable de se défendre contre un faible nombre de frelons en prédation, alors que la seconde, comme ses semblables en Europe, reste totalement démunie. Les apiculteurs restent de fait le meilleur moyen de défense des ruches. Ils recherchent activement les colonies de frelon à proximité des ruches attaquées afin de les éliminer et de les commercialiser (larves et nymphes vendus à des restaurants, frelons adultes mis dans de l'alcool, nids vendus pour de la pharmacopée traditionnelle...). Mais il reste le problème de la transmission potentielle de maladies aux abeilles par les frelons.

### Les frelons pourraient-ils être vecteurs de maladies ?

En chassant de nombreux insectes, un frelon peut entrer en contact avec des agents pathogènes (bactéries, virus) portés par ses proies. De fait, ces microorganismes peuvent-ils se multiplier dans les frelons, et surtout peuvent-ils être transmis à d'autres insectes par les frelons ?

**Les premiers résultats**, obtenus dans le cadre de cette coopération franco-chinoise (projet TEVAH : « *Transmission and Evolution of honeybee Viruses between Apis bees and Hornet* »), ont démontré que des frelons échantillonnés en Chine (aire d'origine de *V. velutina*) et en France (aire d'invasion) peuvent être porteurs de différents virus d'abeilles. Certains virus ont été ainsi trouvés comme par exemple les IAPV (« *Israeli Acute Paralysis Virus* »), DWV (« *Deformed Wing Virus* ») et SBV (« *Sacbrood Bee Virus* »), trois virus parmi les plus pathogènes et donc dommageables pour l'apiculture. L'étude a été élargie à d'autres espèces de frelons dans les deux pays, montrant que tous pouvaient porter des virus d'abeilles.

Ces résultats démontrent donc la possibilité pour les frelons d'être porteurs de virus connus chez les abeilles. Lors de la seconde année du projet, un second échantillonnage de frelons, mais également d'abeilles sur les ruches attaquées, a été réalisé en France comme en Chine, afin d'analyser et de comparer l'identité des virus portés à la fois par les proies (abeilles) et les prédateurs (frelons). Cette seconde analyse permettra d'étudier une possible corrélation sur les virus portés par les abeilles et leurs prédateurs directs. De même, une analyse de ces mêmes échantillons sera menée afin de vérifier si ces virus sont présents dans divers tissus des insectes et ainsi démontrer s'ils s'y répliquent. Enfin, le projet se terminera sur une série d'expériences menées au laboratoire afin de démontrer les transferts de virus entre les deux espèces.

Cette étude devrait apporter des informations clés dans la **compréhension de la biologie des frelons et de leurs impacts** sur les autres populations d'insectes. Tout d'abord, l'apport de virus pathogènes par les ouvrières frelons dans leurs colonies pourrait entraîner des problèmes sanitaires dans celles-ci. Mais, si les frelons peuvent capter et transporter des virus, ils pourraient leur servir de réservoirs et être par conséquent des vecteurs de ces virus entre différentes colonies d'abeilles et entre différents ruchers. Ces transferts viraux pourraient de fait être un autre facteur qui impacterait grandement la santé des colonies d'abeilles, et par conséquent les activités apicoles. ☘



■ Responsables français et chinois du projet TEVAH

<sup>1</sup> Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte, UMR 7261, CNRS-Université de Tours, Parc de Grandmont, 37200 Tours, France

<sup>2</sup> Institute of Apicultural Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences, No.1 Xiangshan, Haidian District, Beijing, China

Contacts : [eric.darrouzet@univ-tours.fr](mailto:eric.darrouzet@univ-tours.fr); [houchunsheng@caas.cn](mailto:houchunsheng@caas.cn)



## Santé des écosystèmes et écologie des maladies environnementales

### 25 années de coopération franco-chinoise

Par Patrick Giraudoux et LI Li\*

Sur la base des concepts d'écologie du paysage et d'*ecohealth*, notre groupe mène depuis 1994 des recherches pluridisciplinaires visant initialement à comprendre l'écologie de la transmission d'*Echinococcus multilocularis*, un parasite émergent responsable d'une des zoonoses helminthiques les plus pathogènes en Europe et en Chine, l'**échinococcose alvéolaire** humaine.

Des études de terrain et des travaux de modélisation dans la zone atelier Arc Jurassien, en France, dans les communautés agricoles pauvres des hautes terres du sud du Gansu et du Ningxia, sur le plateau tibétain oriental du Sichuan et du Qinghai et dans le nord du Xinjiang, ont montré l'importance de considérer les processus des socio-écosystèmes dans leur complexité, afin de comprendre la répartition multi-échelles du parasite et les risques d'infection<sup>1-3</sup>. Un minimum de **quatre socio-écosystèmes en Chine**, et un seul en France, ont été identifiés<sup>4-5</sup>.

Bien que les espèces, les espaces et leur utilisation soient différents de l'un à l'autre, les processus responsables de la transmission s'avèrent être les mêmes : dans un contexte climatique suffisamment froid et humide favorable à la préservation des œufs du parasite, un changement d'usage des terres (spécialisation dans la production d'herbe, déforestation, reforestation, surpâturage, etc.) augmente les surfaces d'habitats favorables à une ou plusieurs espèces d'hôtes intermédiaires (rongeurs ou lagomorphes), qui atteignent alors de fortes densités sur de longues périodes.

Cette situation permet aux hôtes définitifs (renards, chien) de spécialiser leur régime alimentaire sur ces espèces pullulantes et intensifie le flux parasitaire. Le chien peut servir de relais d'exposition à l'homme, en établissant un cycle parasitaire péri-domestique extrêmement dangereux. **Le suivi pendant plus de 25 ans d'un foyer du sud du Gansu** a, de plus, permis

de montrer les différentes phases et points de bascule d'un tel socio-écosystème conduisant successivement à l'amplification de la transmission puis à son élimination<sup>6</sup>. Les membres de **l'IRN EHEDE** participent régulièrement aux travaux de recherche qui accompagnent le programme national chinois de contrôle des échinococcoses.

#### Biologie de la conservation des populations et des espèces

Ce modèle d'approche pluridisciplinaire et systémique a été adapté parallèlement à des questions de biologie de la conservation dans le Yunnan. **Le Rhinopithèque de Biet** est un primate endémique qui vit entre 2500 et 4200m dans les forêts d'altitude du Haut-Mékong (Yunnan et Tibet). Il a été découvert à la science au XIX<sup>ème</sup> siècle par un missionnaire français, **André Soulié**, et décrit en 1897 par **Alphonse Milne-Edwards**, alors directeur du Muséum National d'Histoire Naturelle, où les spécimens-types sont déposés. Sa biologie est restée virtuellement inconnue jusque dans les années 1990s, période où un naturaliste chinois, **Long YongCheng**, et quelques scientifiques occidentaux réalisèrent les premières études. L'espèce est actuellement fragmentée en une quinzaine de sous-populations, comptant au total moins de 3000 individus.

Les membres de l'IRN EHEDE s'attachent à combiner **des méthodes de modélisation spatiale, de génétique** des populations et la documentation historique (musées, archives), pour étudier l'histoire de ces sous-populations et proposer des scénarios de reconnexion des groupes actuellement séparés par la fragmentation forestière<sup>7-10</sup>. Ils étudient également l'effet de l'éco-tourisme sur la population de Xianguqing, dans la réserve naturelle nationale des BaiMa XueShan <sup>\*\*</sup>(lire article p.61-63). Les méthodes mises au point à propos du Rhinopithèque de Biet ont pu être étendues au **Rhinopithèque de Roxellane** dans la réserve de Shennongjia, dans le Hubei, et à l'effet potentiel du réchauffement climatique sur sa distribution<sup>11</sup>.



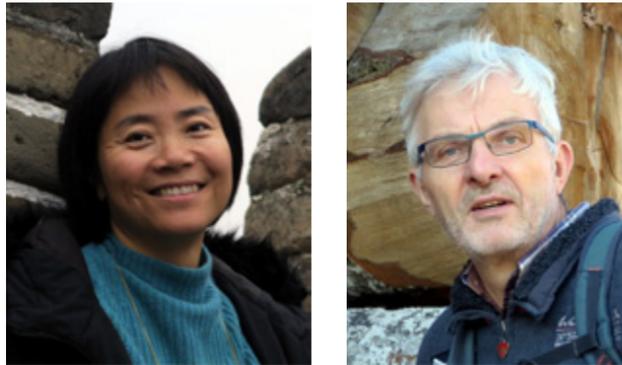
#### Approche socio-écosystémique des conflits entre faune sauvage et humains

Les mesures de protection de l'**éléphant sauvage d'Asie en Chine**, ont conduit depuis les années 1990s à une augmentation progressive des populations, qui dépassent maintenant 250 individus. Les réserves de la préfecture de XiShuangBanNa dans le sud du Yunnan sont, depuis, le point de départ d'excursions de groupes d'éléphants qui cherchent à s'établir ailleurs, dans des milieux qui ne leur sont pas réservés, et effectuent des raids dans les plantations vivrières et agro-industrielles et parfois même dans les villages. La cohabitation de ces groupes d'éléphants avec la population pose alors des problèmes sérieux.

L'IRN EHEDE a organisé des rencontres entre les chercheurs de la zone atelier Arc Jurassien (France) et la zone atelier Hwange (Zimbabwe), du CNRS, et les chercheurs et administrations chinois, afin de partager l'expérience acquise dans le domaine de l'approche socio-écosystémique des conflits entre faune sauvage et humains.

\* Coordinateur français de l'IRN EHEDE (<https://gdri-ehede.univ-fcomte.fr>); Laboratoire Chrono-environnement (UMR 6565) UMR sous tutelle de l'Université de Franche-Comté et du CNRS (INEE, INSHS, INSU et INSB) associée à l'INRA, l'INRAP, au ministère de la Culture et au CEA.

Coordinatrice chinoise de l'IRN EHEDE; Key Lab of Hazard Risk Management and Wildlife Management and Ecosystem Health (LWMEH), Yunnan University of Finance and Economics, Kunming, China.



L'ensemble de ces travaux a conduit à la fondation du *Laboratory of Wildlife Management and Ecosystem Health* au sein du *Key-Lab of Hazard Risk Management* de l'Université des finances et de l'économie du Yunnan (YUFE), Kunming, en 2012, dont le **professeur Li Li** et le **professeur Patrick Giraudoux**, également professeur distingué de l'YUFE, sont respectivement la directrice et le directeur étranger. Ce laboratoire et l'IRN EHEDE sont des portails pour les partenaires français et chinois, souhaitant bénéficier de l'expérience acquise dans les études pluridisciplinaires des socio-écosystèmes. ☘

### Pour en savoir plus... (articles «grand public») <sup>a,b</sup>

#### Bibliographie

1. Giraudoux, P. *et al.* Interactions between landscape changes and host communities can regulate *Echinococcus multilocularis* transmission. *Parasitology* **127**, 121–131 (2003).
2. Pleydell, D. R. J. *et al.* Landscape Composition and Spatial Prediction of Alveolar Echinococcosis in Southern Ningxia, China. *PLoS NTD* **2**, e287 (2008).
3. Giraudoux, P. *et al.* Drivers of *Echinococcus multilocularis* Transmission in China: Small Mammal Diversity, Landscape or Climate? *PLoS NTD* **7**, e2045 (2013).
4. Giraudoux, P. *et al.* Transmission ecology of *Echinococcus multilocularis* in wildlife: what can be learned from comparative studies and multiscale approaches? in *Cestode Zoonoses: Echinococcosis and Cysticercosis: An Emergent and Global Problem* (eds. Craig, P. & Pawlowski, Z.) 251–266 (IOS Press, 2002).
5. Giraudoux, P. *et al.* Transmission ecosystems of *Echinococcus multilocularis* in China and Central Asia. *Parasitology* **140**, 1655–1666 (2013).
6. Giraudoux, P. *et al.* Long-term retrospective assessment of a transmission hotspot for human alveolar echinococcosis in mid-west China. *PLoS Neglected Tropical Diseases* **13**, 1–20 (2019).
7. Li, L., Xue, Y., Wu, G., Li, D. & Giraudoux, P. Potential habitat corridors and restoration areas for the black-and-white snub-nosed monkey *Rhinopithecus bieti* in Yunnan, China. *Oryx* **49**, 719–726 (2015).
8. Clauzel, C., Deng, X. Q., Wu, G. S., Giraudoux, P. & Li, L. Assessing the impact of road developments on connectivity across multiple scales: Application to Yunnan snub-nosed monkey conservation. *Biological Conservation* **192**, 207–217 (2015).
9. Clauzel, C., Bannwarth, C. & Foltete, J. C. Integrating regional-scale connectivity in habitat restoration: An application for amphibian conservation in eastern France. *Journal for Nature Conservation* **23**, 98–107 (2015).
10. Li, W. *et al.* Improving landscape connectivity for the Yunnan snub-nosed monkey through cropland reforestation using graph theory. *Journal for Nature Conservation* **38**, 46–55 (2017).
11. Zhang, Y. *et al.* Identifying refugia and corridors under climate change conditions for the Sichuan snub-nosed monkey (*Rhinopithecus roxellana*) in Hubei Province, China. *Ecology and Evolution* **9**, 1680–1690 (2019).

<sup>a</sup> (en français) <https://lejournal.cnrs.fr/articles/la-face-cachee-des-zones-aoc>  
<https://inee.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/elimination-socio-ecologique-dun-parasite-letal-lechinocoque-alveolaire-dans-le-gansu>  
<https://inee.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/sur-les-traces-du-rhinopitheque-de-biet>

<sup>b</sup> (en anglais) <https://gdri-ehede.univ-fcomte.fr> ; <https://sciencediscoveries.degruyter.com/path-endangered-snub-nosed-monkey>

## Apport de la génétique des populations et des musées à la conservation du Rhinopithèque de Biet

Par Eve Afonso, Cécile Callou, Patrick Giraudoux et Li Li



■ In natura (© C. Callou -2019)

L'expérience acquise par les différents laboratoires membres de l'IRN EHEDE dans l'étude des socio-écosystèmes a permis de développer **plusieurs projets portant sur la biologie de la conservation d'espèces animales**, notamment à travers une collaboration entre le *Laboratory of Wildlife Management and Ecosystem Health* (Université des finances et d'économie du Yunnan, Kunming, Chine), le laboratoire Chrono-environnement (Université de Franche-Comté, Besançon, France), et le Muséum National d'Histoire Naturel (Paris, France). Ce consortium étudie l'impact de l'exploitation des écosystèmes par l'Homme sur les populations de **Rhinopithèques de Biet**. Cette espèce de primate est emblématique de la Chine. Classée en danger par l'IUCN depuis 1988, elle est endémique et vit dans le nord-ouest du Yunnan et le sud-est du Tibet, entre les fleuves Jinsha (haut Yangtze) et Lancang (haut Mékong), dans des forêts sempervirentes situées entre 2500 et 4130 m d'altitude. La population est répartie dans au moins 15 groupes distincts totalisant moins de 3000 individus.

La distribution spatiale des différentes espèces de Rhinopithèques a connu une réduction dramatique depuis 200 ans. Les populations ont d'abord disparu dans les régions de faible altitude le long des côtes, puis dans les régions de moyenne mon-

tagne, jusqu'à ce qu'elles soient finalement confinées aux hautes montagnes. **L'expansion des terres agricoles, l'accélération de la déforestation, l'augmentation des populations humaines et le braconnage** ont depuis constitué les principales causes de réduction des effectifs de populations ainsi que de leur morcellement. Des données génétiques ont permis de montrer que le morcellement des populations du Rhinopithèque de Biet a débuté dans le Nord de l'aire de répartition de cette espèce, à la suite de la colonisation des étendues forestières par l'Homme (initiée il y a plus de 20 000 ans). L'extension des zones agricoles au cours du dernier millénaire a contribué à fragmenter la partie Sud de l'aire de répartition. Les 15 groupes connus sont actuellement partiellement déconnectés et pourraient constituer 5 sous-populations génétiquement différenciées.



### En combien de temps cette différenciation génétique a pu se mettre en place ?

Afin de mieux analyser et comprendre comment et en combien de temps cette différenciation génétique a pu se mettre en place, la recherche de spécimens dont la date de collecte était antérieure au morcellement du paysage était indispensable. Si l'espèce est rare aujourd'hui, sa présence dans les collections muséales l'est tout autant. En 1897, **Alphonse Milne-Edwards**, titulaire de la chaire des vertébrés et alors directeur du Muséum national d'Histoire naturelle, publie une « note sur une nouvelle espèce du genre Rhinopithecus provenant de la haute vallée du Mékong » (Bulletin du Muséum d'Histoire naturelle, 3 : 156-160). Cette note relate la découverte d'un groupe de sept individus, identifiés comme *Rhinopithecus bieti*, expédié par le Révérend Père **Jean-André Soulié**, un des missionnaires correspondants de l'établissement. Le nom de l'espèce est dédié à Mgr **Félix Biet**, évêque apostolique du Tibet, organisateur de l'incroyable réseau de collecte de spécimens (faune et flore) en Chine par les missions étrangères de Paris ; une grande partie de ces collections ayant également rejoint les collections du Muséum.

Ces individus, mâles et femelles, jeunes et adultes, sont conservés dans les collections du Muséum, où ils constituent la série type de l'espèce *Rhinopithecus bieti* Milne-Edwards, 1897, référence scientifique mondiale. D'autres peaux, crânes ou éléments squelettiques de spécimens collectés plus récemment (années 60, 80 et 90) sont par ailleurs conservés et exposés au **Muséum d'Histoire naturelle de Zoologie de Kunming**. Ces deux ensembles sont au centre des recherches actuelles, per-

mettant un élargissement des collaborations franco-chinoises. Les analyses génétiques particulières, portant sur l'ADN dégradé extrait des peaux ou des os, sont en cours d'analyse et de publication, dans le respect des réglementations propres à ces spécimens appartenant à une espèce CITES et du protocole de Nagoya sur l'accès aux ressources génétiques et le partage des avantages.

### Concilier écotourisme & conservation du R. de Biet

Des travaux sont également en cours sur les groupes actuels, notamment pour **comprendre l'impact de l'écotourisme sur la conservation de cette espèce**. L'écotourisme connaît une expansion grandissante partout dans le monde et permet de développer des activités commerciales et des projets ayant pour objectif la conservation des espèces et des habitats, ainsi que de soutenir financièrement les populations humaines locales. Cependant, l'écotourisme peut également affecter les schémas comportementaux, physiologiques et écologiques des populations animales, en particulier lorsque des sites de nourrissage sont installés pour permettre aux touristes de mieux observer les animaux dans leurs écosystèmes. Ces sites d'alimentation n'attirent généralement qu'une petite partie de la population nourrie, et ce groupe devenu dépendant aux apports de nourriture peut être déconnecté du reste de la population, limitant le brassage génétique.

Chez les espèces en danger, **les tailles de populations réduites et/ou déclinantes les exposent déjà à des risques de perte de diversité génétique et de consanguinité**. Les sites de nourrissage, en isolant de petits groupes conditionnés par la nourriture, pourraient amplifier ce risque, ce qui conduirait à terme à diminuer les chances de survie des individus nourris. Nous étudions un groupe de

Rhinopithecus de Biet localisé près du village de XiangGuQing (Yunnan), dans le but de comprendre les mécanismes génétiques et éco-épidémiologiques des impacts des sites de nourrissage sur les populations de singes. ☞

### Pour en savoir plus... (articles «grand public»)

(en français)

<https://inee.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/sur-les-traces-du-rhinopitheque-de-biet>

(en anglais)

<https://gdri-ehede.univ-fcomte.fr/spip.php?article12&lang=en>



Eve Afonso

Chrono-environnement,  
Université de Bourgogne  
Franche-Comté/CNRS,  
Besançon, France



Cécile Callou

Archéozoologie, archéobotanique : sociétés, pratiques et environnements (AASPE),  
Muséum national d'Histoire naturelle/CNRS

■ Dans les collections du Muséum ; paratype MNHN-ZM-MO-1897-71 (© MNHN - RECOLNAT - L. Flamme - 2014)

## Outils et techniques d'observation pour évaluer les impacts de transformation des milieux urbains

Par Thomas Corpetti, TANG Ping et ZHAO Lihao<sup>1</sup>

Aujourd'hui, les villes sont soumises à des transformations drastiques (étalement urbain / transformations internes) et dans un contexte de changement climatique, ces modifications renforcent les phénomènes environnementaux extrêmes (vagues de chaleur/canicules, fortes pollutions), ...

En pratique, les villes sont composées de zones différentes en termes de densité de bâtiments, de végétation, d'imperméabilité des sols, ... et ces zones ne sont pas soumises de manière uniforme à ces risques environnementaux, ce qui renforce les inégalités spatiales et sociales (prix des logements, accès aux services, ...).

Comme les scénarios prospectifs prévoient que **70 % de la population mondiale vivra en ville d'ici 2050**, il devient urgent de comprendre et de contrôler les impacts spatiaux de la morphologie des villes sur **le climat urbain** et sur **la qualité de l'air**.

C'est l'objet de nos recherches où l'objectif est non seulement de proposer des outils pour modéliser ces relations mais aussi de fournir des méthodes capables d'évaluer les impacts de tout scénario de transformation de la ville (nouvelle zone, plan de végétation/transport, construction avec matériaux récents) en termes de climat urbain et de qualité de l'air. Pour ce faire, nous développons beaucoup **de techniques d'observation du milieu urbain** (images satellites, mesures terrain, LiDAR, ...) afin d'analyser et de modéliser ces différents phénomènes. Cela est réalisé dans le cadre de différents **programmes sino-français pluridisciplinaires** mêlant la télédétection, géographie, informatique/apprentissage statistique et mécanique des fluides.

### Actualité de notre coopération avec la Chine

Nous avons eu de nombreux programmes d'échanges au cours de ces 5 dernières années sur ce sujet (CNRS-CAS, *China Scholarship Council*, *National Natural Science Foundation of China*...):

- 9 mois de visites de professeurs chinois en France
- 36 mois de doctorants chinois
- 20 mois de visites de doctorants français en Chine
- 3 thèses en co-encadrement soutenues.

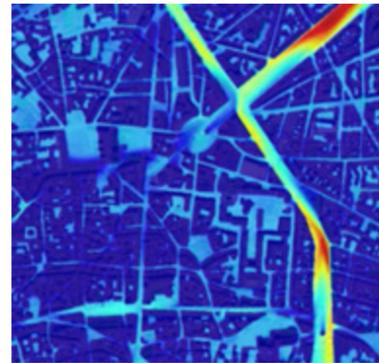
### Objectifs/perspectives de cette coopération

Nous sommes en train de construire un IRP (*International Research Program*) nommé **UQaM (Urban quality monitoring with remote sensing)** pour structurer ces collaborations avec :

- Le Laboratoire LETG (Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique, UMR CNRS 6554)
- *Aerospace Information Research Institute of Chinese Academy of Sciences (AIRCAS), Beijing, China*
- *The School of Aerospace Engineering, Department of Engineering Mechanics, Tsinghua Univ., Beijing, China* ☞



■ Thomas Corpetti, RAO Mengbin, TANG Ping (responsable chinoise de AIRCAS) et TANG Jiwen. RAO et TANG ont passé 6 mois en France en 2019.



## Changjiang (fleuve Yangtsé)

### Évolution progressive de l'intensité de l'altération des sédiments depuis la mise en service du barrage des Trois Gorges<sup>1</sup>

Par Nathalie Vigier<sup>2</sup> et YANG Shouye<sup>3</sup>

La collaboration entre le *State Key Laboratory of Marine Geology* et le Laboratoire d'Océanographie de Villefranche (LOV) a débuté il y a deux ans, dans le cadre d'un financement d'un doctorat en cotutelle entre Sorbonne Université et Tongji University, qui sont les tutelles des deux laboratoires impliqués (financement CSC).

Le but de ces recherches est d'**étudier la composition chimique et minéralogique des sédiments** déposés par le *Changjiang* dans son delta. En effet certains traceurs géochimiques mesurés dans ces sédiments nous permettent de mieux quantifier **l'érosion des chaînes de montagnes** d'où ils proviennent, **la formation des sols** dans le bassin versant, et surtout d'établir le **rôle du climat** sur cette érosion/altération des continents.

Dans ce cadre, il est important de distinguer l'impact du climat de celui des activités anthropiques.

Dans ce contexte, comprendre **comment les barrages influent sur la composition chimique des sédiments** est une question importante qui a été peu explorée jusqu'à maintenant, et c'est ce que nous développons dans cet article. ☞

**Pour en savoir plus** sur les résultats scientifiques de cette collaboration, lire l'article : "*Progressive Evolution of the Changjiang (Yangtze River) Sediment Weathering Intensity Since the Three Gorges Dam Operation.*" (*Journal of Geophysical Research: Earth Surface* 10.1029/2019JF005078): [pdf](#)



LOV

海洋地质国家重点实验室  
State Key Laboratory of Marine Geology

<sup>1</sup> Le barrage des Trois-Gorges est situé au cœur de la Chine, sur le Fleuve *Changjiang*, dans la province du Hubei. Il a été mis en production par étapes de 2006 à 2009. Il représente la plus grande centrale hydroélectrique au monde. Depuis sa mise en eau et pour répondre aux besoins énergétiques croissants, la Chine, premier émetteur mondial de gaz à effet de serre, construit d'autres ouvrages hydroélectriques importants, programmés pour parvenir à l'objectif de 15% d'énergies renouvelables à l'horizon 2020. Avec une capacité équivalente à plus d'une douzaine de réacteurs nucléaires, le barrage des Trois-Gorges sert de modèle. Il permet de protéger les populations des crues parfois violentes. Le revers de la médaille est l'assèchement du fleuve en été et autres impacts sur l'environnement.

<sup>2</sup> **Nathalie Vigier**, Laboratoire d'Océanographie de Villefranche (LOV) • CNRS, Sorbonne Université

<sup>3</sup> Pr YANG Shouye, *State Key Laboratory of Marine Geology (Shanghai Tongji)*

# Chinese Academy of Sciences

## Principaux instituts (CAS) des domaines de l'environnement



Dans le cadre de notre dossier spécial «Environnement», nous avons recensé une liste non exhaustive des principaux organismes et instituts de recherche de la CAS dans le domaine de l'environnement. La CAS représente l'organisation de recherche la plus importante en Chine et un partenaire incontournable pour le CNRS. ☘

\* Source : annuaire CAS 2018

Les dates et noms de création des principales structures ci-dessous sont fixées en fonction de leur entrée sous tutelle de la CAS

Les stations d'observation et/ou grandes infrastructures ne sont pas recensées dans ce tableau

«-» : informations manquantes

Nom d'institut	Principaux sujets de recherche	Date de création	Nb Lab/centre de recherche	Nb lab clé nation.	Nb chercheur (fin 2017)	Nb PhD	Nb Post-PhD	Projet en cours (fin 2017)	SCI/SSCI (en 2017)	Visite chercheurs étrangers
<b>Science de la terre</b>										
<a href="#">Institute of Geochemistry (IGCAS)</a>	Ore deposit geochemistry, environmental geochemistry, high temperature and high pressure experimental geochemistry of the Earth's interior, and lunar and planetary science	1966	5	2	195	203	45	517	233	46
<a href="#">Guangzhou Institute of Geochemistry (GIG-CAS)</a>	Earth and environmental sciences, and is focused on continental dynamics, lithospheric evolution and associated mineral deposits, regional environment, and sustainable development	1987	10	2	172	-	73	553	487	125
<a href="#">The Institute of Earth Environment (IEE-CAS)</a>	Monsoon-dominated East Asian environmental evolution, abrupt climate change, cosmogenic nuclides and environmental tracer isotopes, dendroclimatology, atmospheric dust and black carbon...	1999	8	1	72	68	14	180	239	104
<a href="#">The Institute of Geology and Geophysics (IGGCAS)</a>	Tethys tectonic domain evolution and energy resource effect, craton destruction and massive metal mineralization, the Earth's interior structure and process, comparative planetology,	1999	7	1	299	473	188	740	456	192
<a href="#">The Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research (IGSNRR-CAS)</a>	Land surface resources, environment and regional sustainable development, regional development, resources utilization and ecological construction	1999	12	1	457	546	265	1835	1008	-
<a href="#">The Northeast Institute of Geography and Agroecology (IGA-CAS)</a>	Geography, agriculture, ecology, and environmental science and technology	1958	10	-	344	125	22	159 (new 2017)	249	81
<a href="#">Institute of Geodesy and Geophysics (IGG-CAS)</a>	Local and global earth movement, earth's internal structure and interaction between layers within the earth system, mass distribution and migration...	1957	7	1	124	84	9	180	126	-
<a href="#">The Institute of Remote Sensing and Digital Earth (RADI-CAS)</a>	Construction and operation of major Earth observation infrastructure and the air-space-ground integrated Earth observation technology system	2012	-	1	586	-	37	1627	278	200
<a href="#">Nanjing Institute of Geology and paleontology</a>	Palaeontology and stratigraphy and in public science communication	1951	6	1	169	44	9	175	273	131
<a href="#">The Institute of Soil Science (ISSAS)</a>	Agricultural development, ecological conservation and environmental protection, and to promote the development of soil sciences	1953	13	1	220	187	34	368	325	92
<a href="#">Nanjing Institute of Geography and Limnology (NIGLAS)</a>	Lake resources and environment as well as regional sustainable development based on the exploration of process and structure of lake	1958	4	1	184	125	26	382	257	78
<a href="#">Institute of Rock and Soil Mechanics (IRSM-CAS)</a>	Geomechanics and geotechnical engineering	1958	8	1	318	137	24	492	131	32
<a href="#">Institute of Mountain Hazards and Environment (IMHE-CAS)</a>	Formation and mitigation of mountain hazards, Degradation and reconstruction of mountain environment, Evaluation, planning and sustainable development of eco-environment, GIS, and Agroecology .	1965	4	-	164	140	21	520	139	-
<b>Marine</b>										
<a href="#">Institute of Deep-sea Science and Engineering (IDSSSE-CAS)</a>	Deep-sea science, deep-sea technology, resource development and industrialization	2011	2	-	268	34	6	285	270	39

<a href="#">The Institute of Oceanology (IOCAS)</a>	Experimental marine biology; marine ecology and environmental sciences; ocean circulation and wave studies; marine geology and environment; and marine corrosion and protection	1950	10	-	655	256	132	316 (new 2017)	502	-
<a href="#">The Yantai Institute of Coastal Zone Research (YIC-CAS)</a>	Land-ocean interactions, the evolution and sustainable development of resources, and the nature of coastal zone environments...	2006	6	-	162	79	-	244	237	24
<a href="#">Institute of Hydrobiology (IHB-CAS)</a>	Life processes of inland aquatic organisms, ecological environment protection and utilization of biological resources	1950	17	1	194	287	35	689	381	89
<a href="#">The South China Sea Institute of Oceanology (SCSIO-CAS)</a>	Structure and evolution of the hydrosphere, lithosphere, atmosphere, and biosphere in tropical marginal seas and their interaction with each other...	1959	14	1	492	181	27	219 (new 2017)	243	103
<b>Ecologie et ressources</b>										
<a href="#">Research Center for Eco-Environmental Sciences (RCEES-CAS)</a>	Environmental sciences, environmental engineering, systems ecology and environmental biotechnology	1975	12	3	460	501	206	566	546	361
<a href="#">Institute of Applied Ecology (IAE-CAS)</a>	Forest and Forestry Ecological Engineering, Soil Ecology and Agricultural Ecological Engineering, Landscape Ecology and Regional Planning, Bio-Resources and Bio Technology	1954	4	-	382	172	27	405	244	80
<a href="#">The Northwest Institute of Eco-Environment and Resources (NIEER-CAS)</a>	Cryosphere and global climate change, frozen ground and cold regions engineering, desert and desertification, plateau atmospheric physics and meteorology, water and land resources and environmental rehabilitation...	2016	-	2	1026	483	-	573	920	190
<a href="#">The Xinjiang Institute of Ecology and Geography (XIEG-CAS)</a>	Resources, ecology and the environment in arid areas	1998	4	1	294	220	41	435	344	-
<a href="#">The Institute of Subtropical Agriculture (ISA-CAS)</a>	Agricultural sustainable development, the processes of agroecosystems and their adaptive management, integrated systems of livestock farming and crop production.	1978	8	-	131	87	13	338	174	-
<a href="#">Institute of Tibetan Plateau Research (ITP-CAS)</a>	Land surface processes and environmental changes on the Tibetan Plateau by subjecting geophysics, tectonics, and Plateau atmospheric physics under long-term and continuous observation...	2003	3	-	161	160	55	150	298	-
<b>Faune et flore</b>										
<a href="#">Institute of Botany (IB-CAS)</a>	Development of plant science in China	1950	6	2	303	387	65	491	396	199
<a href="#">Institute of Zoology (IOZ-CAS)</a>	Entomology, animal ecology, and experimental embryology...	1962	6	3	252	398	100	108	281	-
<a href="#">Kunming Institute of Zoology (KIZ-CAS)</a>	Diverse biological resources of southwestern China	1959	7	1	185	164	20	446	241	-
<a href="#">Kunming Institute of Botany (KIB-CAS)</a>	Exploration of functions and utilization of valued natural plant products; fundamental research into and industrial exploitation of plant resources...	1950	6	1	-	229	-	149 (new 2017)	473	207
<a href="#">South China Botanical Garden (SCBG-CAS)</a>	Botany, ecology, plant resource conservation and sustainable utilization	1954	6	-	195	164	40	806	323	204
<a href="#">The Wuhan Botanical Garden (WBG-CAS)</a>	Biodiversity conservation and sustainable utilization, aquatic botany and freshwater quality, and watershed ecology and ecological security related to major hydraulic engineering projects	1956	8	-	138	91	7	247	138	39
<a href="#">Xishuangbanna Tropical Botanical Garden (XTBG-CAS)</a>	Impact of human activities and climate change on ecosystem structures and services as well as endangerment mechanism of species	1959	2	-	331	107	26	290	246	204
<b>Autre</b>										
<a href="#">The Institute of Atmospheric Physics (IAP-CAS)</a>	Modern weather forecast; East Asia atmospheric circulation; cloud precipitation and weather modification, numerical weather forecast; satellite meteorology...	1966	9	2	405	279	76	694	636	218
<a href="#">Institute for History of Natural Sciences (IHNS-CAS)</a>	History, nature, and routes and models of the development of science and technology	1957	7	-	54	29	9	149	-	-
<a href="#">The Institute of Urban Environment (IUE-CAS)</a>	Development of high-tech for environmental remediation and waste management, encompassing the impacts of urbanization on ecosystems and social economy...	2006	7	-	181	163	21	371	338	150



法科研中心中国代表处祝您新年快乐!

Le bureau du CNRS en Chine  
vous présente ses meilleurs vœux pour



Bureau du CNRS en Chine,  
Ambassade de France en Chine,  
N°60 Tianze lu, Liangmaqiao,  
3e quartier diplomatique, District  
Chaoyang, 100600 BEIJING – PRC  
Tél : +86 10 8531 2264  
Fax : +86 10 8531 2269  
[cnrsbeijing.cnrs.fr](http://cnrsbeijing.cnrs.fr)

**Responsables de publication :**  
Philippe Arnaud / Karine XIE  
**Graphisme et mise en page :** LI Xin  
**Contact :** [karine.xie@cnrs.fr](mailto:karine.xie@cnrs.fr)