

Le CNRS en Chine

La vie des laboratoires



cnrs



N° 36
Automne
2022

Bureau du CNRS en Chine

R&D&I en Chine

Ecosystème S&T&I de Pékin /
R&D&I dans la circonscription
consulaire du Sud-Ouest /
R&D en Chine centrale

Projets

IRP TrEnamelFC /
IRP ISLANDS-ESEA /
IRP MOONGAS /
IRP M-Agri /
IRP DYF2M

Focus

Eliminer les microplastiques
/ Gains et coûts à
l'urbanisation en Chine

Cartographie

Principales structures
chinoises en SHS

Visites

IPP-CASS / NAOC-CAS /
IVPP-CAS

Sommaire

Editorial 3

R&D&I en Chine

- 3 grands pôles de la R&D&I chinoise... mais pas que.
- L'écosystème science, technologie et innovation de Pékin : un pôle de premier plan aux ambitions mondiales
- L'innovation et la R&D dans la circonscription consulaire du Sud-Ouest
- La R&D en Chine centrale

4-19

Cartographie SHS

- Carte des principales structures chinoises en sciences humaines et sociales (SHS)
- Présentation de l'Académie chinoise des sciences sociales (CASS)

20-24

Projets

- IRP TrEnamelFC
- IRP ISLANDS-ESEA
- IRP MOONGAS
- IRP M-Agri
- IRP DYF2M
- Eliminer les microplastiques
- Gains et coûts à l'urbanisation en Chine

26-54

Visites

- Institut de Protection des Plantes (IPP - CAAS)
- Observatoires Nationaux de Chine (NAOC - CAS)
- Institut de paléontologie paléonanthropologie des Vertébrés (IVPP - CAS)

55

Récompense

- Attribution de la médaille de cristal du CNRS 2022 à Karine Xié

56

Exposition

- MFCE 2022 « Avec le CNRS, explorons la planète bleue pour mieux la protéger »

57



Directeur de publication :

Philippe Arnaud

Responsable éditoriale :

Karine XIE

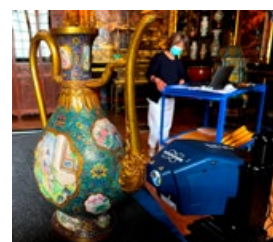
Graphisme et mise en page :

Li Xin

Contact : derci.beijing@cnrs.fr

Date de publication : octobre 2022

Bureau du CNRS en Chine, Ambassade de France en Chine, N°60 Tianze lu, Liangmaqiao, 3^e quartier diplomatique, District Chaoyang, 100600 Pékin
Tél : +86 10 8531 2264
cnrsbeijing.cnrs.fr



Prise de mesure au musée du château de Fontainebleau par les chercheurs du laboratoire MONARIS, France.
cf. article p.26-p.31

Photo : Ph. Colombar - Château de Fontainebleau / DR



Vue de nuit du Parc scientifique de Zhongguancun (district de Haidian à Pékin), plus important parc scientifique chinois.
cf. article p.5-p.9
© depositphotos.com

Selon l'Indice mondial de l'innovation 2022 de l'OMPI¹, la Chine se hisse en 11^{ème} position des économies les plus innovantes de la planète². Elle passerait devant la France (12^{ème}) et poursuivrait sa progression en gagnant 23 places en 10 ans. Le pays disposerait aujourd'hui d'autant de clusters scientifiques et technologiques dans le Top 100 que les Etats-Unis, soit 21. Cette année encore c'est Tokyo-Yokohama qui apparaît en tête du classement suivi par Shenzhen - Hong Kong - Guangzhou et Pékin qui devancent Séoul et San Jose - San Francisco.

En écho à ce classement, les premières pages de cette édition survolent la géographie des clusters chinois avant de se concentrer sur **l'écosystème scientifique, technologique et innovant de la ville de Pékin**, avec pour exemple le parc scientifique de Zhongguancun.

Ce tour d'horizon de la R&D&I chinoise, initié dans le magazine précédent avec les circonscriptions consulaires de Shanghai et de Canton³, se poursuivra dans ce numéro avec celles du **Sud-Ouest** et de **Chine centrale**.

Bien entendu, les projets de coopération avec la Chine demeurent au coeur de notre contenu éditorial avec au sommaire: l'**IRP TrEnamelFC** qui s'intéresse aux interactions technologiques, culturelles et diplomatiques qui existaient entre la Chine et la France notamment à travers la circulation des objets émaillés entre le XVII^{ème} et le XIX^{ème} siècle.

Le projet de l'**IRP ISLANDS-ESEA**, initié il y a plus de 40 ans, interroge les relations Hommes-Nature en Asie de l'Est et du Sud-Est en étudiant l'adaptation et la diversité des premiers insulaires de l'histoire de l'humanité.

La coopération qui se développe dans le cadre de l'**IRP Moongaz** a pour objectif de mieux connaître l'origine des éléments volatils des planètes telluriques. L'analyse des échantillons lunaires retournés en décembre 2020 par la mission Chang'e 5 y participera.

¹ Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle

² <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2022-section1-en-gii-2022-at-a-glance-global-innovation-index-2022-15th-edition.pdf>

³ Magazine numéro 35 (p.10-19)

Parmi les nouveaux IRP labellisés en 2022, « **M-Agri** » étudie l'intégration du microbiote végétal pour une nouvelle agriculture durable et productive, un projet au front des sciences en écologie avec de potentielles répercussions en agriculture.

Alors que les océans recouvrent les 2/3 de la planète et que les virus y sont la forme de vie la plus abondante, le projet de l'**IRP DYF2M** exploite la diffusion d'un faisceau laser violet pour améliorer la résolution des virus marins par cytométrie en flux.

A l'ère du plastique ou « Plasticocène », comment éliminer les débris qui contaminent les organismes vivants et la plupart des milieux naturels dans le monde? Pour y répondre, une collaboration fait l'inventaire des méthodes pour **éliminer les microplastiques**.

Enfin, ces deux dernières décennies la Chine a connu une urbanisation galopante. En 2020, près de 64% de la population chinoise vivait en zone urbaine. Identifier empiriquement **les gains et les coûts de cette urbanisation** rapide afin de mieux en cerner les enjeux est l'objet du dernier article de cette série de projets.

Pour clore ce numéro, une bonne nouvelle: notre collègue Karine Xié, reçoit la médaille de cristal du CNRS pour son implication remarquable dans le magazine « Le CNRS en Chine ».

Encore merci à toutes et à tous pour vos contributions !

Bonne lecture.



Philippe Arnaud
Directeur du bureau CNRS Chine

3 grands pôles de la R&D&I chinoise... mais pas que.

Par Philippe Arnaud

Selon les statistiques du Ministère chinois pour la Science et la Technologie (MOST), la Chine comptait, en 2021, **5,2 millions d'employés équivalent temps plein en R&D**¹ dont plus de 2,2 millions de chercheurs. Les 162 000 entreprises chinoises qui développent des activités en R&D en emploieraient 58%. Plus de 90% de ces ressources humaines dans les entreprises privées et les institutions de recherche publiques se focalisent sur les développements expérimentaux et la recherche appliquée.

Les grands pôles de la R&D en Chine restent pour l'essentiel concentrés dans les grandes métropoles comme **Pékin, Shanghai-Suzhou**, et en **Chine du Sud**, à **Canton, Shenzhen** et à **Hong Kong** (GBA, *Greater Bay Area*), mais pas que ...

En 2021, les fonds publics et privés en R&D de onze provinces et villes chinoises étaient de plus de 100 milliards de yuans chacune, soit plus de 14 milliards d'euros. On retrouve dans la liste le Guangdong (57 milliards d'€), le Jiangsu (49 milliards d'€), Pékin (37 milliards d'€), Shanghai (26 milliards d'€) mais aussi les

provinces du Zhejiang (31 milliards d'€), du Shandong (27 milliards d'€), du Sichuan (17 milliards d'€), du Hubei (16 milliards d'€), du Hunan (14,7 milliards d'€), du Henan (14,4 milliards d'€) et de l'Anhui (14,3 milliards d'€).

Si l'on en croit le dernier rapport de l'OMPI², les investissements commencent à payer et la géographie de l'innovation en Chine s'étend progressivement. Désormais, la Chine compte autant de clusters en S&T classés dans le Top100 que les Etats-Unis, soit 21. Pour mémoire, en 2017 elle en hébergeait 7 contre 31 pour les USA³.

Ainsi, après Shenzhen-Hong Kong-Canton, Pékin et Shanghai-Suzhou qui se classent respectivement en deuxième, troisième et sixième position du classement mondial, le réseau des pôles innovants chinois inclut aujourd'hui ceux de Nankin (13^{ème}), Hangzhou (14^{ème}), Wuhan (16^{ème}), Xian (22^{ème}), Chengdu (29^{ème}), Qingdao (34^{ème}), Tianjing (37^{ème}), Changsha (41^{ème}), Chongqing (49^{ème}), Hefei (55^{ème}), Harbin (56^{ème}), Jinan (61^{ème}), Changshun (63^{ème}), Shenyang (68^{ème}), Dalian (72^{ème}), Zhengzhou (85^{ème}), Xiamen (91^{ème}) et Lanshou (100^{ème}) (cf. Carte en illustration).

Selon l'OMPI, les clusters en Chine sont ceux qui croissent le plus rapidement dans le monde. En 2022, ceux de **Zhengzhou** dans le Henan, de **Qingdao** dans le Shandong et de **Xiamen** dans le Fujian ont connu la plus forte progression dans le classement.

Loin de se contenter de ses trois «Têtes de pont» à l'Est, la Chine a étendu en 10 ans ses pôles scientifiques de niveau international aux «**Provinces de l'Ouest**», motivées par les retombées économiques potentielles de nouvelles technologies innovantes. La dynamique semble engagée, reste à suivre son évolution dans un contexte de croissance économique plus incertain. ☘



■ Répartition des clusters S&T (Top 100) en Asie de l'Est
Source OMPI Statistic Database, avril 2022

¹ China Statistical yearbook on science and technology 2021

² <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2022-sec-tion1-en-gii-2022-at-a-glance-global-innovation-index-2022-15th-edition.pdf>

L'écosystème science, technologie et innovation de Pékin : un pôle de premier plan aux ambitions mondiales

Par Didier Guy et Pierre Frizon de Lamotte¹

Souvent moins reconnue internationalement que Shenzhen et Shanghai pour la science, la technologie et l'innovation, et plutôt associée au pouvoir politique, la ville de **Pékin** a pourtant été classée au **troisième rang mondial des clusters science et technologie en 2022** par l'Organisation Mondiale de la propriété intellectuelle (OMPI), juste derrière Tokyo-Yokohama et le *hub* régional regroupant Shenzhen, Hong Kong et Canton. Caractérisée par une recherche académique d'excellence, un tissu d'entreprises innovantes diversifié et un environnement particulièrement favorable au développement de *startups* et de licornes, Pékin est l'incarnation de politiques ambitieuses visant à faire de la ville une référence mondiale à l'horizon 2030.

Un pôle majeur de la recherche en Chine

Une des caractéristiques spécifiques de Pékin en ce qui concerne la recherche et développement (R&D), c'est tout d'abord **la complémentarité de ses financements** qui sont quasiment équilibrés entre fonds publics (48%) et fonds privés (52%), alors que la moyenne nationale est de 18% de financement d'État. Cette importante représentation des fonds publics s'explique en partie par une très forte activité de recherche amont à Pékin, qui concentrait à elle seule en 2018 près de **25% des dépenses de recherche fondamentale** du pays, dépenses essentiellement engagées par la puissance publique.

La recherche fondamentale pékinoise est pour une large part opérée par la CAS (*Chinese Academy of Science*), dont près de 40% des instituts sont situés à Pékin. La CAE (*Chinese Academy of Engineering*) est aussi largement impliquée, et Pékin héberge nombre de laboratoires universitaires parmi les plus prestigieux du pays.

Une préférence pour les sciences exactes et l'ingénierie

L'indice de spécialisation d'Elsevier pour la période 2016-2020, calculé à partir de l'intensité et de la qualité des publications scientifiques, fait de Pékin la ville de référence en Chine dans le domaine des **sciences de la terre**, de l'**énergie**, de la **physique** et de l'**astronomie**. La recherche pékinoise se positionne également fortement dans le domaine de l'**ingénierie**, ainsi que dans le domaine de l'**intelligence artificielle**.

« Un tissu d'entreprises innovantes diversifié, et des géants du numérique très actifs »

La création de valeur des industries innovantes des villes de référence que sont Shanghai et Shenzhen est largement focalisée sur le domaine du numérique. Ainsi à Shenzhen, en 2020, l'industrie numérique représentait 91% de la création de valeur de la totalité des industries innovantes ; pour Shanghai ce chiffre était de 74%. Pour Pékin, il n'était que de 57%, laissant ainsi une part significative à des domaines tels que les **biotechnologies**, la **pharmacie** ou encore l'**énergie**.

Des compagnies d'état innovantes

C'est à Pékin que l'on trouve les sièges et des centres de R&D de grands groupes publics, dont l'activité innovante est illustrée par les demandes de brevets : State Grid, acteur majeur de la distribution électrique, est le deuxième demandeur de brevets auprès de la CNIPA (office chinois des brevets), Sinopec, compagnie pétrolière, arrive 6^{ème}. BOE, géant industriel des écrans ayant notamment fourni l'écran haute définition de 10 000 m² du Stade olympique de Pékin pour les JO d'hiver 2022, est pour sa part depuis plusieurs années dans le top 10 des demandeurs de brevets internationaux PCT (OMPI, *Patent Cooperation Treaty*).

¹ Didier Guy (Expert Innovation - Expertise France / Ambassade de France)

Pierre Frizon de Lamotte (Chargé de mission - Ambassade de France)

Notons que **les entreprises d'état jouent un rôle crucial** pour le développement technologique chinois. A ce titre, elles augmentent de 10% par an en moyenne leurs dépenses en R&D, et sont de plus en plus attractives pour des talents en quête d'un emploi sécurisé en ces temps de crise économique latente.

Trois géants mondiaux du numérique sont pékinois



■ Locaux de Baidu dans le parc de Zhongguancun (Haidian)
© depositphotos.com

Parmi les quatre entreprises regroupées sous l'acronyme BATX, deux d'entre elles ont leur siège et leurs principales activités de R&D à Pékin : **Baidu**, le Google chinois, et **Xiaomi**, sorte d'Apple chinois au catalogue plus large encore. Les deux autres géants des BATX, **Alibaba** (siège à Hangzhou) et **Tencent** (siège à Shenzhen) ont eux aussi ouvert à Pékin leur deuxième quartier général et développé des activités de R&D.

Xiaomi, fondée en 2010 dans le domaine des terminaux mobiles, a très vite étoffé son offre d'équipements connectés (téléviseurs et boîtiers TV, ordinateurs portables et tablettes, terminaux et équipements *smart home*, etc.), et s'est récemment tournée vers le secteur du véhicule électrique (construction en cours à Pékin d'une usine d'une capacité annuelle de 300 000 unités). Selon une annonce de son PDG en juin 2022, Xiaomi aurait augmenté ses investissements en R&D de 40% sur les cinq dernières années, et prévoit d'investir 100 milliards de RMB sur les cinq prochaines années pour améliorer sa R&D et explorer de nouveaux domaines technologiques.

Quant à **Baidu**, ses 3 centres de R&D principaux sont situés à Pékin, dans la Silicon Valley, et à Seattle. Son activité de recherche couvre aujourd'hui des domaines aussi variés que le *big data*, le *deep learning*, la reconnaissance des langues naturelles, la vision artificielle, la conduite autonome, les technologies quantiques ou la bio-informatique. Sur ce dernier domaine, Baidu a notamment

conclu en 2022 un accord avec Sanofi pour fournir des algorithmes pour la mise au point de médicaments et de vaccins à ARNm.

Enfin, **Lenovo**, entreprise fondée en 1984 à Pékin, est le premier fournisseur mondial de PC (que ce soit sous sa propre marque ou sous la marque Think Pad, rachetée à IBM). Son principal centre de R&D est situé à Pékin, et l'entreprise cherche à recruter plus de 12 000 personnes pour ses activités de R&D, afin de diversifier son offre dans le domaine de la réalité augmentée, des services cloud et de l'IoT.

Une pépinière de licornes

En juillet 2022, selon CB Insights, la valorisation des licornes pékinoises atteignait 302 milliards de dollars, soit **le deuxième écosystème de licornes le plus valorisé au monde** après la Bay Area de San Francisco, encore loin devant avec 938 milliards de dollars. En Chine, l'écosystème de Shenzhen arrive en deuxième position, avec un total de 155 milliards de dollars (dont 100 milliards portés par Shein, licorne de la *fast fashion*), devant Shanghai.

3 des 20 licornes les plus valorisées au monde sont pékinoises : **ByteDance** (IA), **Yuanfudao** (*EdTech*) et **Yuanqi Senlin** (boissons basses calories Genki Forest).



■ Le siège social de ByteDance, licorne la plus valorisée au monde, est situé à Pékin © depositphotos.com

ByteDance, en tête du classement mondial, est la première licorne valorisée à plus de 100 milliards de dollars (140 milliards de dollars en juillet 2022 selon CB Insights, soit près de la moitié de la valorisation totale des licornes pékinoises). Les développements de ses deux applications phares (**Douyin** en Chine, **TikTok** à l'international) reposent sur la qualité de ses algorithmes de recommandation. La compagnie

explore par ailleurs de nouveaux domaines tels que la réalité virtuelle, le jeu en ligne, l'e-commerce, et cherche de nouveaux relais de croissance à l'international.

Sur les 166 licornes chinoises référencées en juillet 2022 par CB Insights, 62 sont pékinoises. Certaines sont particulièrement avancées dans le domaine de l'IA, comme Horizon Robotics (puces et logiciels pour la conduite autonome), MEGVII (reconnaissance d'images) ou Momenta (conduite autonome).

Enfin, parmi les **ex-licornes pékinoises**, on compte des compagnies devenues des géantes, comme **Didi Chuxing** (l'Uber chinois), **Xiaomi** ou encore **Meituan-Dianping** (services internet).

La clé du succès : des dispositifs pour favoriser l'innovation

Une intégration forte entre recherche et industrie : le parc scientifique de Zhongguancun



■ Vue de nuit du Parc scientifique de Zhongguancun (district Haidian à Pékin), plus important parc scientifique chinois © depositphotos.com

En 1988, suivant le modèle d'intégration des parcs *high-tech* nord-américains et taiwanais, les autorités fondaient la *Beijing Experimental Zone for New Technology and Industrial Development* dans le quartier de **Zhongguancun**, situé dans le district de Haidian au sein duquel on trouvait la *Rue de l'électronique* ainsi que nombre d'universités et instituts de recherche. Premier parc de cette nature en Chine lancé dans le cadre d'un programme de soutien à l'innovation du ministère de la science et de la technologie (programme *TORCH*), il s'agissait de créer des synergies entre les différents acteurs de l'innovation, et d'attirer des entreprises innovantes, notamment *via* des avantages fiscaux et des soutiens financiers à leurs projets de développement.

Cette zone expérimentale allait devenir au fil des années la *Silicon Valley* chinoise, et s'étendrait sur tous les districts de Pékin pour compter aujourd'hui **16 sous-parcs** regroupés sous la marque « **Z-Park** », ou *Zhongguancun Science Park*, sur des domaines aussi variés que les biotechnologies, le logiciel, les fintechs, l'électronique, l'énergie, etc. Le parc situé à Haidian demeure encore le plus actif, avec 50% des demandes de brevets de Pékin.

Aujourd'hui, le parc scientifique de Zhongguancun intègre plus de 200 instituts de recherche, 40 universités, des entreprises de premier plan (dont 40 centres R&D d'entreprises étrangères) et plus du tiers des licornes chinoises ; il permet à Pékin de concentrer **près de 25% des transferts de technologie du pays** (universités vers entreprises), et est de loin le parc scientifique chinois comptant le plus d'entreprises (plus de 27 000, le deuxième parc, situé à Shanghai, n'en comptant qu'environ 11 500).

Parmi les différents sous-parcs, le *Software Park*, conçu à l'origine pour regrouper les entreprises *d'outsourcing* dans le domaine des logiciels, a pivoté vers des activités d'innovation, et héberge les centres R&D de grands groupes chinois (Lenovo, Baidu) ou étrangers (Siemens, Microsoft), ainsi qu'un institut de la CAS spécialisé dans les technologies quantiques. Cette évolution d'activité est caractéristique de la volonté chinoise d'assurer la transition vers une économie à forte valeur ajoutée fondée sur l'innovation technologique.

Zhongguancun Innoway – La rue des entrepreneurs

En 2013, les autorités de Pékin décidaient de transformer une rue située cœur du quartier de Zhongguancun, au sein de laquelle opérait essentiellement des librairies, en un *hub* dédié à l'innovation et l'entrepreneuriat. Pour ce faire, elles ont facilité, sous la responsabilité de l'opérateur Innoway, l'installation d'infrastructures essentielles à la création d'**une communauté d'entrepreneurs et d'investisseurs** : espaces de travail partagés, incubateurs, accélérateurs, *coffee shops* avec espaces de travail, services facilitant la création d'entreprises, etc.

Si l'on ne ressent plus aujourd'hui dans cette *rue des startups* l'intense effervescence de ses premières années, notamment parce que, pour des raisons de coûts immobiliers et d'espaces disponibles, Innoway gère et anime désormais de nombreux autres espaces au sein du parc de Zhongguancun, elle demeure un lieu de référence pour l'entrepreneuriat, d'où ont été lancées des compagnies comme Xiaomi.

De « nouvelles institutions en R&D » sur des sujets clés

Lancées en 2018, et destinées à faciliter les transferts de technologie de la recherche vers l'industrie, le label « Nouvelle institution de R&D » est donné à des institutions particulières qui intègrent selon différentes modalités des instituts de recherche, des universités, des entreprises et les gouvernements locaux.

Sur plusieurs milliers de ces institutions en Chine, Pékin n'en compte qu'une douzaine, choisies sur des sujets technologiques particulièrement clés en tenant compte de la présence à Pékin d'entités de référence (instituts de l'Académie des sciences, laboratoires universitaires, etc.). Parmi celles-ci, on trouve notamment la *Beijing Academy of Quantum Information Sciences*, le *Chinese Institute for Brain Research*, la *Beijing Academy of Artificial Intelligence*, le *Beijing Institute of Nanoenergy and Nanosystem*, la *Beijing Academy of Blockchain and Edge Computing*, le *Yanqi Lake Beijing Institute of Mathematical Sciences and Applications*, le *Beijing Institute for Stem Cell and Regenerative Medicine*, le *National Institute of Biological Sciences*, ou encore le *Beijing Graphene Institute*.

Financements, talents et dispositifs d'accompagnement

En termes de financements, Pékin absorbe 11% des investissements en VC (*Venture Capital*) mondial, via notamment les fonds de Sequoia Chine, Sinovation Ventures et les principaux fonds d'entreprises chinoises (Tencent, Alibaba, etc.).



■ Université de Tsinghua (Haidian), université chinoise d'excellence par son rayonnement en termes de formation (26^{ème} université au classement de Shanghai) et de recherche scientifique (14^{ème} au classement QS *World University*)
© depositphotos.com

Les universités pékinoises contribuent aussi à la vitalité de l'écosystème. Parmi les 92 universités que compte la ville, c'est à Pékin que l'on trouve les universités chinoises les mieux placées au dernier classement de Shanghai (août 2022) : **Tsinghua** (26^e rang), **Peking University** (34^e). Sources indiscutables de talents, en 2020, les universités pékinoises ont délivré environ **65 000 doctorats** et près de **34 000 masters**. Une quinzaine d'entre elles opèrent par ailleurs leurs propres parcs scientifiques, intégrés au parc de Zhongguancun. Le plus connu est probablement TusPark, rattaché à l'université Tsinghua.

Il y a par ailleurs à Pékin **246 incubateurs**, dont 65 labélisés *de niveau national*. Citons notamment le Lenovo Capital and Incubator Group, Techcode, Tencent Westart, Sequoia China Incubator. Certains de ces incubateurs sont non-chinois (Plug and Play par exemple), ou rattachés à des groupes internationaux (Merck Accelerator, Microsoft for Startups). Les compagnies incubées à Pékin reçoivent environ 20% des capitaux engagés en Chine par les VC.

Les universités disposent elles-aussi de dispositifs d'incubation, comme Tsinghua avec l'incubateur x-lab et l'accélérateur x-elerator, ou *Peking University* avec le Beida Incubator.

Enfin, Pékin compte 54 des 425 centres nationaux de transferts de technologie, destinés à assurer la valorisation de la recherche auprès des acteurs industriels.

Des ambitions et des défis

Constitution de trois « sciences cities »

A l'horizon 2025, la municipalité de Pékin souhaite renforcer son positionnement dans les sciences et les technologies à travers la constitution de trois « *sciences cities* » situées dans les districts de Haidian, Huairou et Changping.

A **Haidian** il s'agit de renforcer le parc scientifique de Zhongguancun sur des domaines tels que la **blockchain**, les **semiconducteurs**, les **véhicules autonomes**, etc.

A **Huairou**, la *science city* se focalise sur les **sciences fondamentales** telles que la physique, et des infrastructures scientifiques avancées, telles que la *High Energy Photon Source* (HEPS), y sont en construction. Par ailleurs, des antennes d'incubateurs du parc scientifique de Zhongguancun doivent être implantées afin de faciliter le transfert des compétences et technologies de la recherche vers l'industrie.

Enfin, la *science city* de **Changping** se constitue autour « d'une **vallée de l'énergie** » et « d'une « **vallée de la vie** ». La vallée de la vie, extension du sous-parc de Zhongguancun du district de Changping, spécialisée dans la **santé et les biotechnologies**, compte notamment le *Chinese Institute for Brain Research* et héberge déjà des entreprises pharmaceutiques à fort potentiel comme Innocare. Quant à la vallée de l'énergie, son ambition est de placer Pékin au cœur de l'innovation sur les énergies renouvelables, la décarbonation, etc.

Un plan pour le numérique



■ La municipalité de Pékin encourage les expérimentations dans le domaine de la conduite autonome © depositphotos.com

Le plan pour le développement du numérique liste de nombreux projets devant faire de Pékin une ville modèle dans le domaine numérique. Citons par exemple la multiplication des zones pilotes pour la conduite autonome, la mise en place de plateformes d'échanges de données, ou le développement d'applications pour le yuan numérique.

Une attractivité encore limitée, notamment à l'international

Indépendamment de la situation internationale et du Covid, le rayonnement de Pékin hors des frontières chinoises a toujours souffert de la comparaison avec Shanghai, ville traditionnellement internationale, et Shenzhen, dont le développement a été fondé sur l'ouverture et qui inscrit aujourd'hui son développement dans le contexte du projet *Greater Bay Area*, couvrant des villes importantes de la province du Guangdong (dont Canton) ainsi que Hong-Kong et Macao.

Mais **Pékin peine aussi à attirer les talents chinois**, qui tendent à lui préférer des villes et provinces méridionales, dont le dynamisme est indéniable, autant que l'est leur éloignement géographique vis-à-vis du pouvoir central et de ses contraintes administratives. Si Shanghai et la *Greater Bay Area* sont bien entendu des destinations privilégiées, des villes comme **Hangzhou** (la ville d'Alibaba, proche de Shanghai) ou **Chengdu**, qui promeuvent un développement préservant une bonne qualité de vie allée à un moindre coût, s'avèrent de plus en plus attractives pour les jeunes talents. À ces considérations peuvent également s'ajouter des incitations financières importantes de la part des provinces et municipalités : la ville de Shenzhen propose ainsi une dotation de plusieurs dizaines de milliers de yuans aux jeunes talents à fort potentiel décidant de s'installer dans la ville, et dont la plupart sont issus des universités pékinoises. ☞

Sources

Sauf indication contraire dans le texte, les chiffres cités proviennent de documents parus en 2021 concernant l'année 2020.

- Global Innovation Index 2022 – OMPI (Office Mondial de la Propriété Intellectuelle)
- Data and Insights on International Science, Technology, and Innovation—Comparative Research Report of 20 Global Cities (2016–2020) – ELSEVIER
- China statistical yearbook 2021
- China statistical yearbook on science and technology 2021
- China Torch statistical yearbook 2021 (ministère chinois de la science et de la technologie)

État de l'innovation et de la R&D dans la circonscription consulaire du Sud-Ouest

Par Frédéric Bessat, Camille Bouscaud*

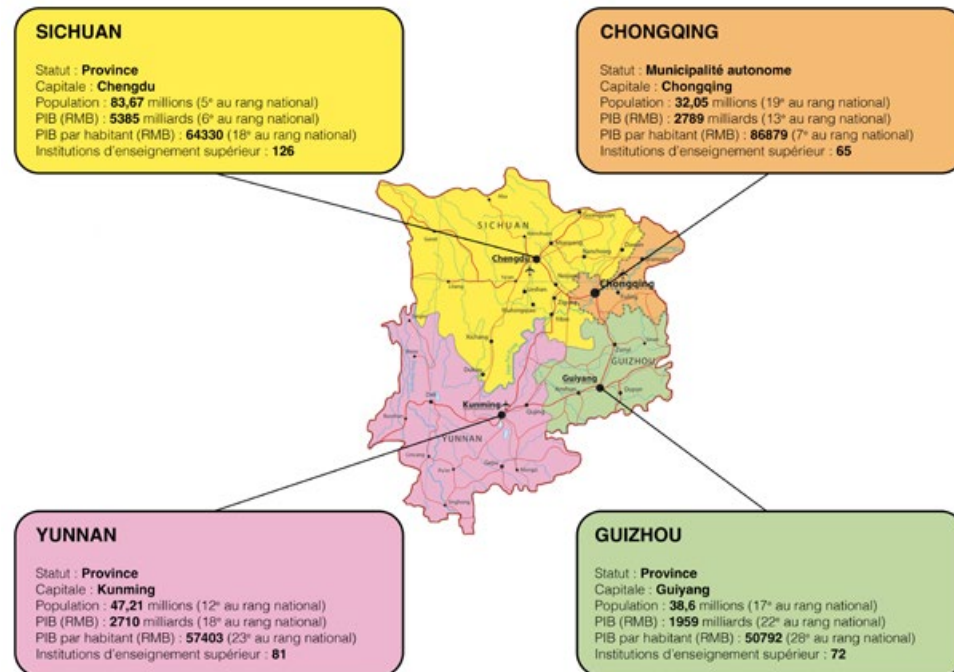
Introduction

La circonscription consulaire du Sud-Ouest est composée des provinces du **Sichuan**, du **Yunnan**, du **Guizhou** ainsi que de la municipalité autonome de **Chongqing**. Alors que le pouvoir central chinois réaffirme régulièrement sa volonté de faire de la **recherche et de l'innovation** l'un des moteurs de l'essor du pays, la Chine du Sud-Ouest n'est pas en reste et est maintenant bien ancrée dans le monde de la **recherche et développement** (R&D). Ce sont d'abord **les universités et les centres de recherche publics** qui se sont insérés progressivement dans le réseau de la recherche, puis des parcs scientifiques et techniques ont vu le jour dans de nombreuses villes attractives de la circonscription. En appui à

cette incroyable dynamique, le Sud-Ouest de la Chine peut compter sur un dispositif en matière d'enseignement supérieur et de recherche **fort de 344 institutions d'enseignement supérieur**. En raison d'une forte volonté de la Chine d'assurer un développement équilibré de la **R&D** et de **l'innovation**, une nouvelle stratégie d'intégration des deux villes clés de la circonscription, appelée « **Cercle économique Chengdu-Chongqing** » a été mise en place en janvier 2020.

Sichuan

Classé au **11^e rang** en termes de **capacité d'innovations**¹, le **Sichuan** a toujours attaché une grande importance au développement de l'innovation technologique et a décidé de mettre l'accent sur **six secteurs**,



■ Chiffres du PIB (SER-2021) et du nombre d'institutions d'enseignement supérieur (2019) de la circonscription consulaire du Sud-Ouest.

* Frédéric Bessat, Attaché de coopération scientifique et universitaire ; Camille Bouscaud, Chargé de mission scientifique, Pôle Enseignement Supérieur, Recherche et Innovation – Consulat général de France à Chengdu.

¹ Selon le rapport 2020 d'évaluation de la capacité d'innovation régionale de la Chine (中国区域创新能力评价报告2020)

dont **les hautes technologies, l'industrie traditionnelle, l'agriculture, l'environnement et les services S&T**. La composante de **recherche civilo-militaire** est régulièrement mise en avant par les autorités, la ville de **Mianyang** disposant, dans ce domaine, de plusieurs **laboratoires clés d'état** (SKL). En 2020, les dépenses de R&D ont dépassé pour la première fois les 100 milliards de yuans, atteignant **105,53 milliards** de yuans². Fort d'une augmentation annuelle moyenne de 19 000 personnes, le Sichuan disposait, cette même année, de **293 000 personnes** engagées dans des activités de R&D³. Le **plan quinquennal**, publié en 2021, indique que le « **Cercle économique Chengdu-Chongqing** », visant également à intégrer les municipalités secondaires du Sichuan autour de Chengdu, doit devenir à moyen terme le **quatrième pôle d'innovation scientifique et technologique de Chine**.

Du côté de l'enseignement supérieur, le Sichuan possède 3 universités dans le top du classement national, dont **l'Université du Sichuan** (SCU - 11^e au rang national)³, **l'Université des sciences électroniques et des technologies de Chine** (UESTC - 1^{er} en électronique et 2^e en technologie de l'information)⁴ et **l'Université Jiaotong du Sud-Ouest** (SWJTU - réputée en ingénierie des transports)⁵.



■ Tokamak HL-2M du Southwestern Institute of Physics
- Source : Yicai Global

Chengdu, capitale du Sichuan, s'inscrit comme l'un des pôles les plus importants de Chine dans le **domaine du nucléaire**. Elle héberge dans ses rangs un institut renommé et reconnu en Chine pour son excellence dans le domaine de la **fusion nucléaire**, le **Southwestern Institute of Physics** (SWIP). Habitué à réaliser de véritables prouesses, le SWIP a conçu en 2020 un nouveau tokamak (HL-2M)⁶ ayant battu de nombreux records et faisant partie des **trois grands tokamaks en service en Chine**. Sur le long terme, l'objectif de ce tokamak est de tester les technologies du méga projet de **réacteur thermonucléaire expérimental international** (ITER)⁷. En 2011, le SWIP a lancé la création d'un **laboratoire associé** (LA) franco-chinois, le **laboratoire fusion nucléaire contrôlée** (LA5) en partenariat avec **l'Institut de Recherche sur la Fusion Magnétique** (IRFM) et la **Direction des Sciences de la Matière** (DSM/CEA). Actuellement, **2 autres LA** spécialisés dans le domaine du nucléaire existent à Chengdu, le LA sur **la gestion du vieillissement et de la durée de vie des réacteurs à eau pressurisée** (LA1) et le LA sur **la gestion des accidents graves** (LA2)⁸.

Dans le domaine des **matériaux**, le **SKL of Polymer Materials Engineering** (SKLPME)⁹ créé en 1991 sur la base du département des matériaux polymères de **SCU**, est l'un des **75 SKL** de Chine et est devenu au fil des années l'une des plus grandes bases de recherche et d'innovation dans le domaine de la science et de **l'ingénierie des matériaux polymères en Chine**. SKLPME a mené des coopérations internationales fructueuses avec des instituts de recherche du monde entier, dont une coopération sino-française avec **l'Institut des Matériaux Jean Rouxel de l'Université de Nantes** dans le domaine des **nano-objets et nanomatériaux**.

Dans le domaine **médical**, **l'Hôpital de cancérologie du Sichuan** (SCH)¹⁰, affilié à **l'école de médecine** de l'UESTC, a procédé à de multiples coopérations à travers le monde, dont une **coopération en oncologie** avec le **CHU Henri Mondor de Créteil** dans le cadre du programme ASFOR (Association Sino-Fran-

² <http://www.scpublish.com/news/wx/detail?newsid=684106>

³ <https://www.shanghairanking.com/rankings/bcur/2022>

⁴ <https://en.uestc.edu.cn/>

⁵ <https://en.swjtu.edu.cn/>

⁶ <https://www.nucnet.org/news/china-commissions-hl-2m-reactor-12-1-2020>

⁷ https://en.cnn.com.cn/2020-01/14/c_448104.htm

⁸ <https://cn.ambafrance.org/IMG/pdf/nucleaire.pdf>

⁹ <http://sklpme.scu.edu.cn/sysgk/sysjj/>

¹⁰ <https://www.sichuancancer.org/yygk/yyjs.htm>

çaise d'Oncologie Radiothérapie). Toujours dans le cadre du programme ASFOR, une autre coopération mêlant le SCH, l'**Hôpital des tumeurs de l'école de médecine** de l'UESTC et l'**Institut Sainte Catherine d'Avignon** existe.

En se spécialisant au tout début des années 2000 dans les domaines de **l'électronique et des nouvelles technologies**, le Sichuan a su attirer de grandes multinationales comme *Intel*, *Foxconn*, *Cisco* et *Huawei* ainsi que de grands groupes chinois, tels que *BOE*, *Hikvision*, *iFLYTEK* et *TCL*. Pour ce qui est des infrastructures d'innovation, on notera la superbe **zone Hi-tech de Chengdu**. Avec pas loin de **10 000 start-up**, elle se classe **3^e** au niveau national derrière le parc de **Zhongguancun** de Pékin et la *Zhangjiang National Innovation Demonstration Zone* de Shanghai.

Chongqing

Classée au **8^e rang** en matière de **capacité d'innovations**¹¹, **Chongqing** a depuis quelques années mis en œuvre une stratégie de développement axée sur l'innovation qui a permis de réaliser de grands progrès dans des domaines de R&D importants tels que l'**IA**, les **Big Data**, l'**IoT** et les **robots intelligents**¹¹. En 2020, les dépenses de R&D de Chongqing représentaient **2,1 %** de son PIB (soit **53 milliards de yuans**)¹², se classant **16^e** au niveau national et **3^e** dans la région du Sud-Ouest. Avec près de **11,2 milliards de yuans**¹², l'**automobile** est le secteur ayant les plus grandes dépenses en R&D. En 2021, lors de la présentation de son **14^e plan quinquennal** pour le développement économique et social, Chongqing a souhaité que d'ici 2025 la valeur de **l'économie numérique** atteigne **35 % du PIB** et que **2,5 % du PIB** soit consacré à la R&D¹².

La municipalité de **Chongqing** est aujourd'hui considérée comme un centre national d'études supérieures abritant de nombreuses universités de renom, dont l'**Université de Chongqing (CQU)**¹³. Classée **34^e** au niveau national³, CQU possède **3 SKL** dans différents domaines de **l'ingénierie**. Elle est également considérée comme la meilleure université de **Chongqing** et fait partie des universités du programme « **double-top** »¹⁴.



■ Institut de Chimie de Chongqing University - Source : CQU

Jumelée à la ville de Toulouse (2^e plus ancienne coopération franco-chinoise - 1982), un accord de coopération scientifique liant l'Université fédérale Toulouse-Midi-Pyrénées à CQU existe depuis plus de 10 ans. Dans le domaine des processus catalytiques et organocatalytiques, l'Institut de chimie de CQU coopère avec l'Institut Lavoisier de Versailles de l'Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ), puis depuis 2010, avec l'Institut National Polytechnique (INP) de Toulouse dans le domaine de la **chimie organique**.

Avec le soutien d'entreprises clés telles que *Cloudwalk* et *Kaize Technology*, Chongqing forme aujourd'hui un **pôle de R&D industriel fort** dans le domaine de **l'informatique audiovisuelle** et de la **reconnaissance biométrique** basée sur l'**IA**. Chongqing a également aidé à s'implanter de nombreuses **entreprises innovantes**, dont *Google*, *Microsoft*, *Inspur*, *Witmart*, etc¹².

Yunnan

L'écosystème du **Yunnan** possédant de nombreux points forts, en grande partie grâce à ses ressources locales, le **gouvernement provincial** a donc décidé de mettre en place de nouvelles stratégies visant à développer des domaines clés comme **la santé et la médecine**, **l'industrie de l'information**, **l'agriculture propre** et **les nouveaux matériaux**. Le **14^e plan quinquennal pour l'innovation scientifique et technologique**, publié en 2021, souligne que le Yunnan doit s'efforcer d'atteindre le premier niveau national en matière d'innovation scientifique et technologique. D'ici 2025, le Yunnan prévoit à ce titre d'investir 52,5 milliards de yuans dans la R&D¹⁵. Du côté des entreprises, la province n'est pas en reste

¹⁴ Le programme « double top » (en chinois : 双一流 - shuāngyīliú) est une initiative de développement de l'enseignement supérieur de la République populaire de Chine visant à développer les universités chinoises d'élite afin d'en faire des établissements de classe mondiale d'ici 2050.

¹⁵ <https://www.chinanews.com.cn/gn/2021/10-08/9581865.shtml>

avec une prévision de **3 500 entreprises** de haute technologie d'ici 2025, dont **20 % des grandes entreprises** disposeront de leurs propres structures de R&D¹⁵.

La plupart des établissements d'enseignement supérieur de haute qualité du Yunnan sont situés à **Kunming**, capitale de la province. L'université la plus réputée, l'**Université du Yunnan (YNU)**¹⁶ est classée « *double-top* »¹⁴. Dès le début de sa création, elle a attaché une grande importance à la recherche scientifique et est par ailleurs l'un des leaders en Chine en matière d'**écologie**.

Faisant figure de modèle dans le domaine de la **protection des cultures**, le **LIA Plantomix**¹⁷ démarré en 2019, associe l'**UMR Biologie et Génétique des Interactions Plantes-Parasites (BGPI/INRAE/Cirad/Montpellier SupAgro)** et le **SKL for Conservation and Utilization of Bio-Resources in Yunnan (LCUBY)** de YNU.

Dans un autre domaine, l'**IRP MOST**¹⁸, véritable référence en **agroécologie**, résulte d'une collaboration entre 2 équipes chinoises et 1 équipe française, le *Xishuangbanna Tropical Botanical Garden (XTBG)*, le *South China Botanical Garden (SCBG)* de la CAS et le **Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (UMR 5175)** du CNRS.



■ Xishuangbanna Tropical Botanical Garden - Source : CGTN

Une autre solide collaboration entre la France et la Chine, créée en 2008 (**l'IRP Tianguan**)¹⁹ existe cette fois-ci dans le domaine de **l'astrophysique et des instruments utilisés au sol et dans l'espace**.

¹⁶ <http://www.ynu.edu.cn/>

¹⁷ <https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/CP%20Signature%20LIA%20A-AGD.pdf>

¹⁸ <https://cnrsbeijing.cnrs.fr/project/most/>

¹⁹ <https://cnrsbeijing.cnrs.fr/project/tianguan/>

Cet IRP mobilise côté français de nombreux acteurs comme l'**Observatoire de Paris/GEPI (UMR 8111)**, le **Département d'astrophysique (UMR 7158)**, l'**Institut d'astrophysique de Paris (UMR 7095)** et le **Laboratoire d'astrophysique de Marseille (UMR 7326)** ainsi que **YNU** pour la circonscription du Sud-Ouest.

Dans le domaine des **matériaux**, l'**INRAE de Nancy de l'Université de Lorraine (UL)** et l'**Université de Sylviculture du Sud-ouest** ont inauguré en 2016 un laboratoire conjoint dans le domaine des **matériaux issus des ressources naturelles et de l'environnement**.

Enfin, nous ne pourrions parler de recherche scientifique dans la province du Yunnan sans évoquer l'**Hôpital Calmette**. L'Hôpital Calmette²⁰ ou Hôpital n°1 fondé à Kunming par les Français en 1914 est un hôpital de classe A de troisième niveau. Il est aussi un des hauts lieux de la coopération hospitalière franco-chinoise. Un **laboratoire commun franco-chinois**²¹ axé sur les recherches de l'infection et du traitement des **virus tumoraux**, a même été inauguré en 2019. Son **Centre de Recherche Biomédicale** intervient également dans un réseau de recherche sino-français (**IRN CeSMER-CNRS**)²² en **ingénierie cellulaire et tissulaire**.

Guizhou

Le **Guizhou** figure parmi les trois premières provinces chinoises en termes de croissance économique et le gouvernement local a annoncé son intention d'augmenter la valeur ajoutée de son **économie numérique**, afin d'atteindre **33 % du PIB** d'ici la fin de l'année 2022²³. Le moteur de cette croissance marquée est en grande partie influencé par le domaine des **Big Data**. Le nombre d'entreprises associées aux **Big Data** dans la province a explosé, passant de moins de **1 000** en 2013 à pas loin de **10 000** en 2018²³.

Grâce à cette dynamique, des entreprises technologiques de premier plan, comme *Apple*, *Foxconn*, *Qualcomm*, *Intel*, *Hewlett-Packard*, *SAP*, *Alibaba*, *Tencent* et *Huawei* ont aussi décidé de s'implanter dans la province. Malgré une forte

²⁰ <http://www.ymci.cn/view/klmainMb/24/141/view/2064.html>

²¹ <https://yn.yunnan.cn/system/2019/06/12/030299450.shtml>

²² <https://irn.cesmer.cnrs.fr/>

²³ <https://www.china-briefing.com/news/guizhou-investing-chinas-big-data-valley-and-its-sustainable-development/>



■ Radiotélescope FAST - Source : NAOC

orientation vers les **Big Data**, qui reste à ce stade encore limitée en termes de R&D (surtout des centres de stockage de données), le Guizhou se démarque également dans d'autres domaines tels que **l'environnement et la médecine**.

L'**Institut de géochimie (IG)**²⁴ de l'Académie des sciences de Chine (CAS), créé en février 1966, est un **pilier de la recherche scientifique** et est le seul institut de la CAS de la province du Guizhou. L'institut compte actuellement **3 SKL** ainsi que **2 centres** de haut niveau. Des coopérations scientifiques actives

sino-françaises existent depuis plusieurs années entre l'**IG** et des universités et organismes français comme le **Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM)**, l'**UL**, l'**Université de Grenoble Alpes (UGA)**, l'**Université Paris-Saclay (UPSaclay)** et l'**Institut de physique du globe de Paris (IPGP) de l'Université Paris Cité (UPC)**.

En énergétique et génie des procédés, l'**Institut de technologie du Guizhou** et le **Laboratoire de Génie Électrique de Grenoble (G2ELab)** coopèrent dans le domaine des cryoplasmas. Cet institut a en outre rejoint une autre coopération dans le domaine du **bio-raffinage des plantes aromatiques et médicinales** portée par l'INP et CQU

Enfin, le Guizhou s'est sans nul doute illustré avec le lancement du projet le plus emblématique et innovant de ces dernières années, le **Five-hundred-meter Aperture Spherical Radio Telescope (FAST)**. **FAST** est un radiotélescope exploité par les **observatoires astronomiques nationaux de la CAS** ayant achevé sa construction en 2016. Il est considéré comme le plus grand et le plus sensible **radiotélescope à un seul appareil du monde**. Depuis sa mise en service, il a permis de faire énormément de nouvelles découvertes, dont plus de **500 nouveaux pulsars**.✂

Sources images

Tokamak HL-2M du *Southwestern Institute of Physics* - Source : <https://www.yicai.com/news/china-hl-2m-artificial-sun-to-be-ready-for-nuclear-fusion-trials-next-year>

Institut de Chimie de Chongqing University - Source : <http://hgxy.cqu.edu.cn/en/HOME.htm>

Xishuangbanna Tropical Botanical Garden - Source : <https://news.cgtn.com/news/3d3d414f34636a4d34457a6333566d54/index.html>

Radiotélescope FAST - Source : http://www.xinhuanet.com/english/2021-01/04/c_139641078.htm

²⁴ <http://www.gyg.cas.cn/yjsgk/jgjj/> 25 <https://fast.bao.ac.cn/>

La R&D en Chine centrale

Par Maxime Feraille*

Contexte de l'ESRI en Chine centrale

A côté des industries traditionnelles (sidérurgie, automobile, chimie) qui constituent les principaux secteurs économiques des provinces de Chine centrale : **Hubei, Hunan, Jiangxi**, les activités de hautes technologies n'ont cessé depuis 10 ans de se développer pour représenter aujourd'hui une part grandissante de l'investissement des entreprises et du PIB. Les provinces ont ainsi vu s'implanter tout un tissu de compétences en **optoélectronique** (télécoms sur fibres, lasers, semi-conducteurs...), **biotechnologies, énergies propres et nouvelles connectés et autonomes**.

Abritant plus de la moitié de l'ensemble de la population des trois provinces, les aires urbaines des capitales - **Wuhan, Changsha et Nanchang** pour le Hubei, le Hunan et le Jiangxi - concentrent aussi le

potentiel de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation (ESRI) de la circonscription.

La France porte traditionnellement une attention particulière à cette région, dont le dynamisme est avéré, tant sur le plan universitaire et scientifique qu'économique (environ **100 sociétés françaises** sont implantées à Wuhan, **130** dans la circonscription). On trouve ainsi, outre le groupe PSA implanté depuis 1992, et les équipementiers automobiles (Valeo, Faurecia, Efi Automotive, Plastic Omnium...), rejoints par Renault (usine inaugurée en février 2016), **plusieurs sociétés du secteur technologique** : Air Liquide, Alcatel, Alstom, Areva, Atos, groupe Delachaux, Roquette, Saint-Gobain, Sanofi-Pasteur, Schneider, Suez-Environnement ainsi que des entreprises de logistique ou de la grande distribution (Carrefour, Décathlon, Auchan, CMA-CGM...). Seules quelques entreprises disposent effectivement d'un centre de R&D ou d'un centre technique à Wuhan (PSA, Plastic Omnium, Valeo).



■ Figure 1 Circonscriptions consulaires françaises en Chine, la Chine centrale (Huazhong) apparaît en vert.

* Maxime Feraille, Attaché de coopération scientifique et universitaire – Consulat général de France à Wuhan.

La Province du Hubei

En 2021, la province du Hubei comptait 5,6% du nombre total de personnes en lien avec la R&D en Chine¹. L'investissement total en R&D de la province était évalué à 100,5 milliards de RMB (soit environ **14 milliards d'euros**), dont 4,5 milliards de RMB en recherche fondamentale, 12,2 milliards de RMB en recherche appliquée, et 83,7 milliards de RMB (**12 milliards d'euros**) pour le développement des équipements et infrastructures technologiques².

La capitale de la province, **Wuhan** (13,6 millions d'habitants en 2021, classée 8^e en Chine) et en particulier le « grand Wuhan » (environ 30 millions d'habitants, Wuhan + 8 villes satellites) constitue l'un des trois grands pôles universitaires de Chine avec une population étudiante estimée entre 1,2 et 1,4 millions et près d'une centaine d'établissements d'enseignement supérieur.

Le contexte universitaire et de recherche de Wuhan

La recherche et la formation universitaire à Wuhan sont en particulier assurées par les Universités de sciences et technologie Huazhong³ (HUST, 8^{ème} université chinoise), l'Université de Wuhan (WHU dite « WuDa », 9^{ème} université chinoise), l'Université de technologie de Wuhan (WUT, 55^e, dite « Ligong »), l'Université d'agriculture de Chine centrale (HZAU, 42^e), l'Université normale de Chine Centrale (CCNU, 50^e), l'Université de géosciences de Chine à Wuhan (CUG Wuhan, 58^e). Certaines de ces universités sont reconnues internationalement en particulier dans les domaines de la **cartographie** et **télé-détection** ou encore en **photonique**.



■ Porte d'honneur de l'Université de Wuhan

Les laboratoires de l'Académie des Sciences de Chine (CAS) viennent compléter l'écosystème de recherche avec l'Institut d'**hydrobiologie**⁴ (IHB), l'Institut de **virologie** (WHIV), l'Institut de **physique** et de **mathématiques** (WIPM), l'Institut de **géodésie** et de **géophysique**, l'Institut de **mécanique des roches et du sol** (WIRSM), le Jardin **botanique** et l'Institut d'**hydroécologie** et la *Wuhan library*.



■ Vue en surplomb du bâtiment administratif de la branche du Hubei de l'Académie des Sciences de Chine (CAS)

À Wuhan sont également présent le **laboratoire national en opto-électronique** WNLO et **16 laboratoires clés d'état** (*State key laboratories*) en écologie et biotechnologie des eaux douces, résonance magnétique et physique atomique & moléculaire, combustion du charbon, cartographie et télédétection, synthèse de matériaux et procédés, génétique et amélioration des récoltes, ressources en eau et hydroélectricité, microbiologie pour l'agriculture, géologie et ressources minérales, virologie, fabrication assistée par ordinateur, géomécanique, procédés des matériaux et moulage, électromagnétisme intensif, matériaux de construction en silicate, biologie et géologie environnementale.

Zones de développement des hautes technologies

Particulièrement attractive et dynamique, Wuhan compte **3 zones de développement des hautes technologies** de rang national : la « Zone de développement des hautes technologies du lac de l'Est (*Vallée optique*) », la « Zone de développement économiques et technologiques de Wuhan (WEDZ) » et la « Zone de développement économique et technologique de l'aéroport (*LingKongGang*) ».

En 2016, le Ministère chinois de l'industrie et des technologies de l'information (MIIT) a également sélectionné Wuhan pour héberger l'une des sept zones pilotes nationales chinoise pour le développement des **véhicules intelligents connectés** au sein de la WEDZ.

Selon un rapport 2021 de *China City Science and Technology Innovation Index*, **Wuhan se classerait au 8^e rang des villes chinoises les plus innovantes en Chine**. La ville occupe la 16^e position du dernier classement de l'OMPI 2022.

Coopération avec la FRANCE

La coopération universitaire et scientifique franco-chinoise a été initiée il y a plus de 35 ans dans la circonscription consulaire de Wuhan, avec les mathématiciens de l'Université de Wuhan. Depuis, elle s'est diversifiée pour impliquer de nombreux domaines : la physique/optoélectronique, chimie, technologies de l'information et de la communication, sciences du vivant (médecine, bio-technologie), environnement, énergies propres et renouvelables, sciences de l'ingénieur.

La **filiale médicale francophone de Wuhan** a été créée en 1997 dans le cadre d'un partenariat associant le pôle médical de l'Université de Wuhan (via l'hôpital Zhongnan qui lui est affilié) et la faculté de médecine de l'Université de Lorraine (via le CHU de Nancy).

Le département des sciences du vivant de l'Université des S&T du centre Chine (HUST) a établi le Laboratoire sino-français **Cerveau et signalisation** (*BrainSignal*) en partenariat avec l'Institut de génomique fonctionnelle de Montpellier. La collaboration s'est élargie en 2017

au centre de recherche en cancérologie de Marseille qui apporte une compétence supplémentaire dans le domaine des anticorps thérapeutiques. Les partenaires de cette collaboration sont également à l'origine de l'**école franco-chinoise d'oncologie**.

Wuhan est également le lieu de deux Instituts Franco-Chinois, d'une part, l'**Institut sino-européen des énergies propres et renouvelables, ICARE**, qui forme des jeunes ingénieurs spécialisés dans le solaire thermique ou photovoltaïque, la biomasse (gazéification), l'éolien, la géothermie, l'efficacité énergétique ; et d'autre part, l'**Institut franco-chinois Wuhan University of Technology - Aix-Marseille Université, WUT-AMU**, qui propose des enseignements en sciences de la vie, microbiologie et immunologie.

La province du Hunan

Province essentiellement rurale, le **Hunan** continue d'investir dans ses infrastructures de recherche, en décrochant la **11^e place nationale en 2022** en matière de capacité d'innovation, notamment dans des secteurs clé, entre autres, **riz super hybride**, **supercalculateur Tianhe**, traction pour **transports sur rail** à ultra-haute vitesse, **satellite Beidou**, **foreuse en mer profonde Hainiu II**, tunnelier à très large diamètre **Jinghua**, tunnelier sous-marin **Shenjiang I**, etc.

La province du Hunan développe progressivement ses activités de recherche avec des investissements qui ont atteint en 2021, 100,1 milliards de RMB, soit environ 15 milliards d'euros. Comme pour le reste de la Chine, l'investissement est principalement dirigé vers le transfert industriel, la recherche fondamentale ne comptant que pour 15% du budget total.



■ Photo de groupe de l'école franco-chinoise d'oncologie en 2019.

¹ China Statistical Yearbook 2021, <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2021/indexch.htm> (Chapitre 20)

² Hubei Statistical Yearbook 2021, tjj.hubei.gov.cn/tjsj/sjksxc/tjn/qstnj/202110/P020220418357887830518.rar (Chapitre 18)

³ Huazhong = Chine Centrale.

⁴ Géré conjointement avec le ministère des Ressources en eau.

Le Hunan compte cinq universités de premier rang dont l'Université du Centre Sud (CSU), classée 23^e en Chine⁵, l'Université du Hunan (HNU), 32^e, Université d'agriculture du Hunan (HAU), 168^e et l'Université nationale de technologie de la défense (NUDT), 88^e. Cette dernière, localisée à Changsha et sous cotutelle du ministère de la Défense, est particulièrement impliquée dans le développement des supercalculateurs chinois, dont « Tianhe » qui a occupé entre 2013 et 2016 le premier rang mondial.

C'est également dans la capitale provinciale que se trouve l'Institut d'agriculture subtropicale (ISA) rattaché à la CAS et **cinq laboratoires clés d'état labellisés par le MOST** dans les domaines suivants : « chimio et bio-détection » ; « conception et fabrication d'habitacles de véhicules » (HNU) ; « manufacture complexe à haute performance » ; « métallurgie des poudres » (CSU) et « riz hybride » (Centre de recherche sur le riz hybride + WHU).



■ Visite de courtoisie du service de coopération scientifique et universitaire à l'Université normale du Hunan.

Coopération avec la France

La **restauration écologique de l'eau** à Changsha (Hunan) avec l'étude notamment de l'atténuation de l'impact des effluents miniers et la remédiation par des procédés biotechnologiques est au cœur d'une coopération entre l'Université de Tours, le bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), l'entreprise O-Pure côté français et, à Changsha, l'Université du centre sud, l'Université d'agriculture du Hunan.

Jiangxi

La province du **Jiangxi**, la moins développée en Chine centrale (15^{ème} PIB national), tire toujours une part significative de son économie d'activités traditionnelles en agriculture et sylviculture. La médecine traditionnelle chinoise et la porcelaine de Jingdezhen représente également deux pôles d'excellence hérités du développement industriel de la Chine.

A l'image de nombreuses autres provinces chinoises, un plan d'action 2022-2025 a été établi afin de construire un pôle d'incubation d'industries émergentes incluant, entre autres, l'électro-informatique, la fabrication d'équipements, les nouveaux matériaux, l'aéronautique, les nouvelles énergies, et la biomédecine.

Par ailleurs, le dynamisme de l'économie numérique du Jiangxi se traduit par des taux de croissance de 40,5% et 18,6% dans les secteurs de l'automobile à nouvelle énergie et des batteries solaires⁶.

La province du **Jiangxi** emploie 3,5% du nombre total de personnes en Chine en lien avec la R&D et dispose d'un fond d'investissement R&D de 43 milliards de RMB (**6 milliards d'€**), dont 13% de budget public⁷.

Les ressources universitaires au Jiangxi sont représentées par trois universités de premier rang :

- Université de Nanchang (NCU), classée 75^e en Chine⁸
- Université normale du Jiangxi (JxNU)
- Université d'agriculture du Jiangxi (JxAU)

À ces universités, il faut ajouter l'**Université Technologique de Chine de l'Est (ECUT)**, située à Nanchang et à Fuzhou, qui est un établissement sous double-tutelle de la province et de l'agence atomique chinoise CAEA spécialisée dans les technologies liées au cycle de l'uranium.

Deux laboratoires clés d'état labellisés par le MOST : « Science et technologie de l'alimentation » sont hébergés à l'Université de Nanchang et l'Université de Jiangnan (Jiangsu) – seul laboratoire clé d'état du MOST en Chine dans ce domaine – et « Ressources nucléaires et environnement », *East China University of Technology (ECUT)*.

En 2020, l'**institut de recherche en aéronautique** du Jiangxi a été créé sous l'impulsion du bureau de la science et de la technologie (BST) du Jiangxi, du BST de Nanchang, du groupe *Jiangxi Hongdu Aviation Industry* et de l'université aéronautique de Nanchang.

Coopération avec la France

L'**Université de Nanchang** est un partenaire robuste de la coopération franco-chinoise via l'**Institut Franco-Chinois de Management (IFCM)**. Ses formations de Master Management International en partenariat avec l'Université de Poitiers ont abouti à près de 1100 étudiants diplômés et plus de 600 étudiants partis étudier en France.

Conclusions/ Observations :

Doté d'un bassin universitaire significatif et de nombreuses collaborations sino-françaises, le **Hubei** reste **une province motrice de la coopération scientifique et universitaire** en Chine centrale, notamment dans ses domaines clés en industrie **manufacturière et optoélectrique** ou encore **pharmaceutique/santé**. Toutefois le désengagement industriel français dans cette province, notamment automobile, pourrait entraîner un ralentissement des liens de coopération dans les prochaines années.

Dans le sillon de son dynamisme culturel, le **Hunan** présente sans doute un réel potentiel de coopération avec la France dans le domaine de la **robotique** et de la **manufacture avancée**, la logistique et le transport ferroviaire, mais aussi dans le domaine de la **biopharmacie**, en lien avec les axes industriels et innovants de cette province.

Le développement scientifique du **Jiangxi** n'est pas aussi soutenu que celui des deux autres circonscriptions. Néanmoins, cette province possède des atouts réels. Ainsi, à l'instar des autres provinces du bassin du Yangtze, le Jiangxi possède une expertise reconnue en **agriculture**. Par ailleurs, dans le cadre des enjeux socio-économique de la Chine Centrale, la province du Jiangxi continuera à développer sa formation et recherche dans le secteur de **l'aéronautique**. ☘

Complétez votre information sur nos différents supports



Consultez notre [site web](https://cnrsbeijing.cnrs.fr/) et découvrez les coopérations du CNRS en Chine avec la [carte interactive](#) :

<https://cnrsbeijing.cnrs.fr/>



Trois fois par an, le magazine « *Le CNRS en Chine* », édité en français et en chinois, donne la parole aux acteurs de la coopération à travers leurs actualités, leurs projets, des dossiers thématiques, des analyses, etc.

⁵ Classement de Shanghai 2022, <https://www.shanghairanking.cn/rankings/bcur/2022>

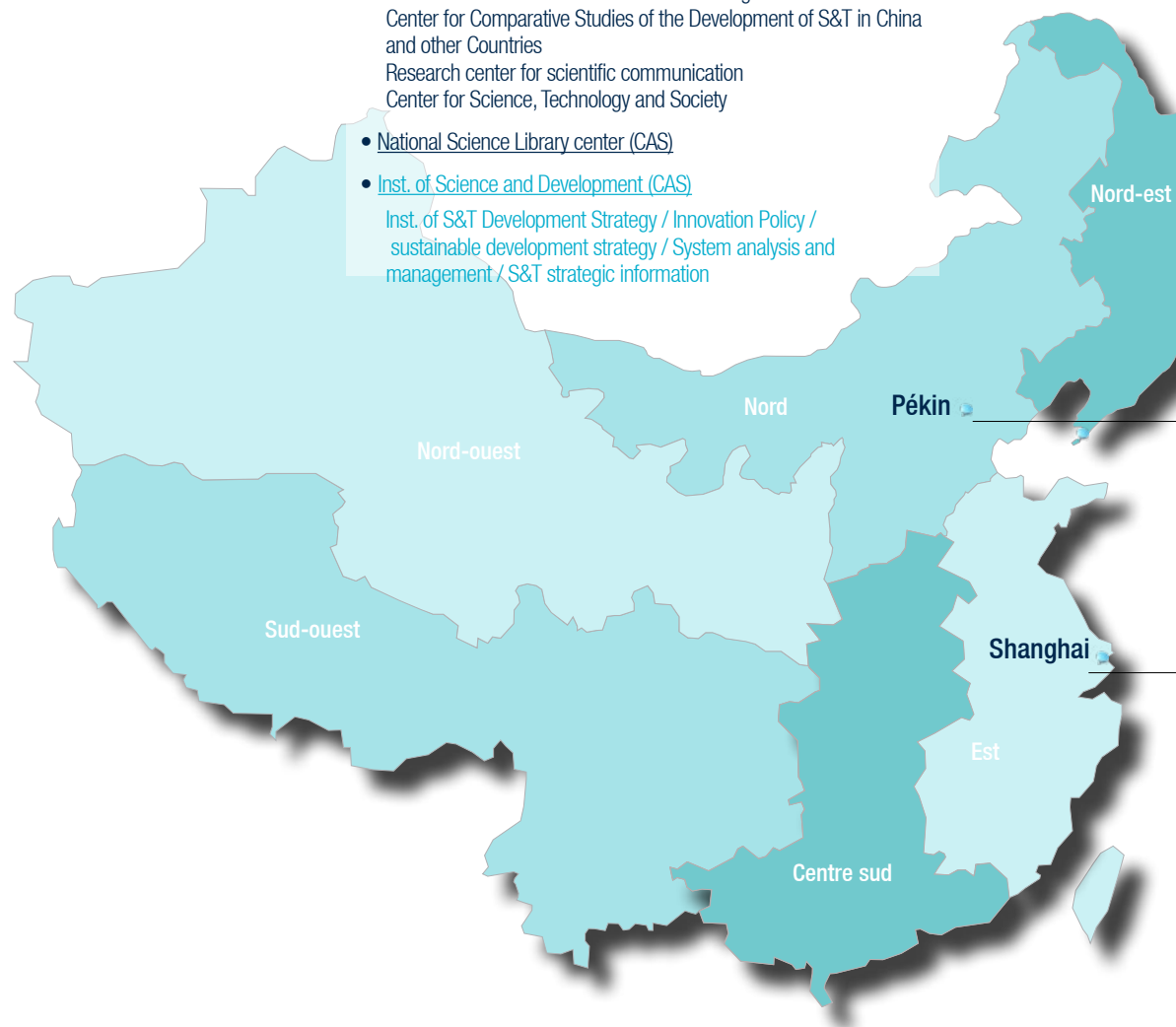
⁶ Bureau des statistiques du Jiangxi

⁷ Classement de *Jiangxi Statistical Yearbook 2021* : <http://tjj.jiangxi.gov.cn/resource/nj/2021CD/zk/indexch.htm>

⁸ Classement de Shanghai 2022, <https://www.shanghairanking.cn/rankings/bcur/2022>

Carte des principales structures chinoises en sciences humaines et sociales (SHS) - 1

- [Inst. of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology \(CAS\)](#)
Paleoanthropological Research Center of Choukoutien
- [Inst. of History of Natural Sciences \(CAS\)](#)
Center for Science and Culture Studies
Center of Scientific Studies on Cultural Heritage
Center for Comparative Studies of the Development of S&T in China and other Countries
Research center for scientific communication
Center for Science, Technology and Society
- [National Science Library center \(CAS\)](#)
- [Inst. of Science and Development \(CAS\)](#)
Inst. of S&T Development Strategy / Innovation Policy / sustainable development strategy / System analysis and management / S&T strategic information



- 13 académies
- 108 instituts
- 7 universités
- 1 écoles
- 133 centres
- 0 SKLab
- 4 KLabs

Univ. of Chinese Academy of Social Sciences

Inst. of Advanced Studies in the 21st Century Marxism in Contemporary China / Hermeneutics / Public Policy and Economics / Sino-Russia Relations / Belt and Road / Ideological and Political Education / "Rule of Law" Innovation in the New Era / Spatial Strategy for Urban Agglomeration
Innovative Development Center of Univ. Political and Civic Education
Literature and Hermeneutics / International Energy Security / Science, Technology & Law / Social Responsibility / Western Regions Studies / Ethical Value and Well-being Education / Chinese Traditional Culture Inheritance and Innovation / Pacific History and Culture / Brand Leadership Research Center
Energy Law / Law & Economics / Criminal Defense / Criminal Precedents & Interpretation / Rule of Law on the Internet / Competition Law / Juvenile Research Center
Media & Youth / Creative Communication / New Media / Political Communication / Media Law Research Center
Foreign Language and Literature / Social Organization and Public Governance / Leadership / Public Policy / Taxation Law and Governance Research Center
Higher Education / Univ. Student Development / Teaching Innovation & Entrepreneurship Research Center

Shanghai Academy of Social Sciences

Inst. Of economics / applied economics / word economy / international relations / law / Politics and public administration / chinese Marxism / social sciences / Urban and population development / ecology and sustainable development / Religion / Literature / History / Philosophy / Information research/ News / China Studies
Center of HR / Taiwan / Performance Evaluation / Shanghai Brand Development / International Strategic Research / Weijiang Urban Belt Industrial Transfer Research / FTZ Research / Urban Regional Research / Folklore and Intangible Cultural Heritage / Chinese Urban History / Social Governance Research / Soft Power Research

Chinese Academy of Social Sciences (CASS)

- Division of Philosophy and Literature
Inst. of Literature
Inst. of Ethnic Literature
Inst. of Foreign Literature
Inst. of Linguistics
Inst. of Philosophy
Inst. of World Religions
Biotechnology research center
- Division of History
Inst. of Archeology
Inst. of History
Inst. of Modern History
Inst. of World History
Inst. of Taiwan Studies
Research Center for Chinese Borderland History and Geography
- Division of Economics
[National Academy of Economic Strategy](#)
Inst. of Economics
Inst. of Industrial Economics
Rural Development Inst.
Inst. of Finance and Banking
Inst. of Quantitative & Technical Economics
Inst. of Population and Labor Economics
Inst. for Urban and Environmental Studies
- Division of Social, Political and Legal Studies
[National Academy of Social Development Strategy](#)
Inst. of Law
Inst. of International Law
Inst. of Political Science
Inst. of Ethnology and Anthropology
Inst. of Sociology
Inst. of Journalism and Communication Studies
- Division of International Studies
Inst. of World Economy and Politics
Inst. of Russian, Eastern European & Central Asian Studies
Inst. of European Studies
Inst. of West-Asian and African Studies
Inst. of Latin American Studies
National Inst. of International Strategy
Inst. of American Studies
Inst. of Japanese Studies
Inst. of Peaceful Development Studies
- Division of Marxist Studies
[Academy of Marxism](#)
Inst. of Contemporary China Studies
Inst. of Information Studies

Recherche académique en SHS en Chine

Quelques chiffres* (2019-2022)

+ 102 230 publications, impact de citation de 1.20

+ 448 125 citations

Principales Institutions/Universités chinoises dans ce domaine (en nombre de publications)

- Académie des sciences de Chine (6 487)
- Université de la CAS (3 402)
- Université normale de Pékin (3 379)
- Université Tsinghua (3 248)
- Université de Pékin (2 890)
- ...
- Académie chinoise des sciences sociales (15^{ème}, 530)

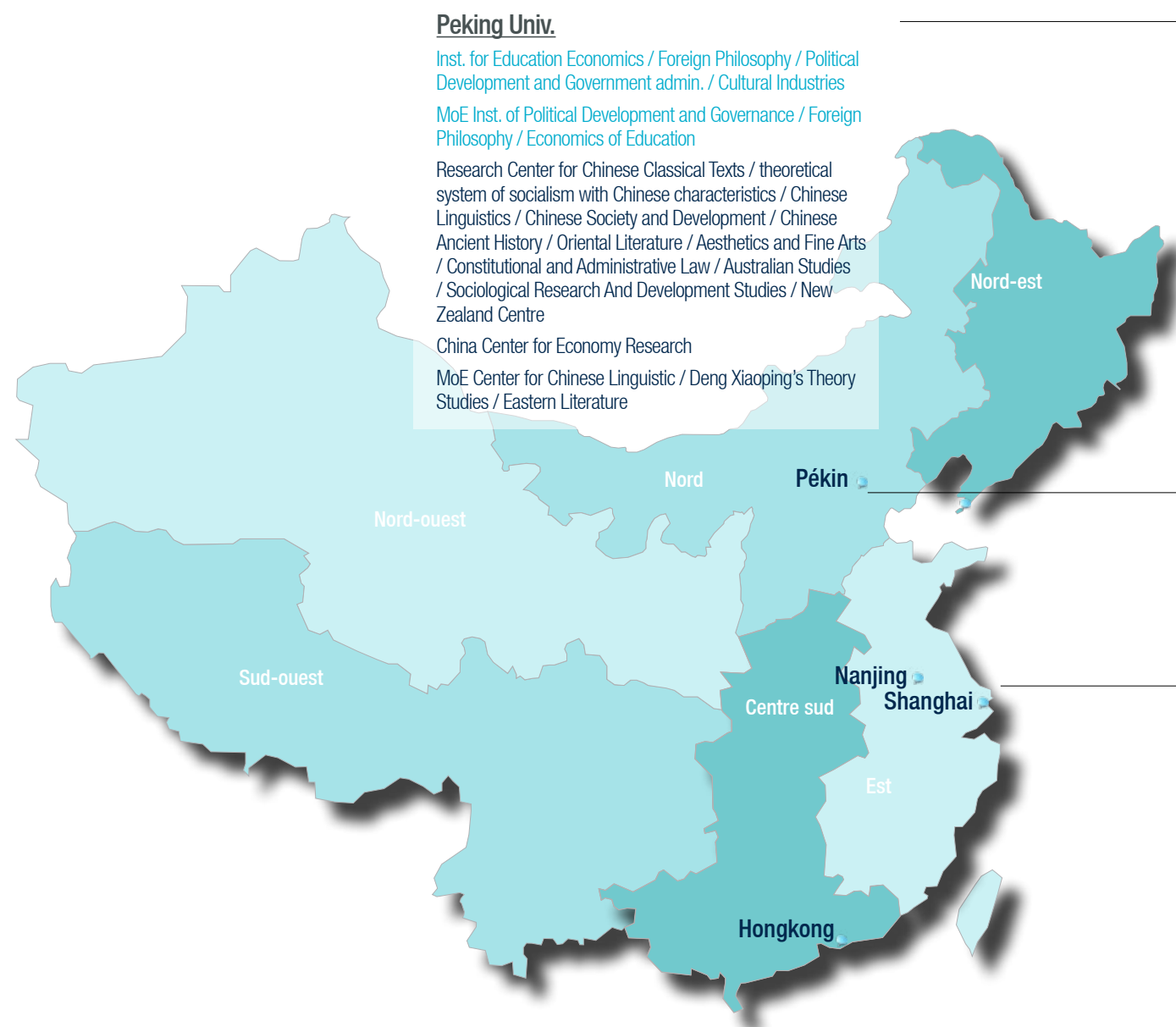
33,1% en coopération internationale

• Etats-Unis	33.6%
• Royaume-Uni	13.0%
• Hong Kong	11.9%
• Australie	10.0%
• Canada	5.8%
• Pakistan	4.4%
• Taiwan	3.9%
• Allemagne	3.8%
• Pays-Bas	3.8%
• Japon	3.7%
...	
• France (13^{ème})	2.0%

*Source : scopus.com

Pour en savoir plus, consultez nos cartes pour tous les domaines sur <https://cnrsbeijing.cnrs.fr/cartographie/>

Carte des principales structures chinoises en sciences humaines et sociales (SHS) - 2



Peking Univ.

Inst. for Education Economics / Foreign Philosophy / Political Development and Government admin. / Cultural Industries

MoE Inst. of Political Development and Governance / Foreign Philosophy / Economics of Education

Research Center for Chinese Classical Texts / theoretical system of socialism with Chinese characteristics / Chinese Linguistics / Chinese Society and Development / Chinese Ancient History / Oriental Literature / Aesthetics and Fine Arts / Constitutional and Administrative Law / Australian Studies / Sociological Research And Development Studies / New Zealand Centre

China Center for Economy Research

MoE Center for Chinese Linguistic / Deng Xiaoping's Theory Studies / Eastern Literature

Beijing Normal Univ.

National Engineering Lab. for Cyberlearning and Intelligent Technology

KL for the Integrated Development of Publication (BNU Press) of the State admin. of Press, Publication, Radio, Film and Television of the PRC

Inst. of International and Comparative Education / Developmental Psychology / International and Comparative Education

Research Center for Teacher Education / Literature and Art / Folklore, Classics and Chinese Characters / Historical Theories and Historiography / Values and Cultures / Russian Studies / International Cooperation Regarding Persons Sought for Corruption and Asset Recovery in G20 Member States / BRICS Cooperation / Beijing Cultural Development / Development of Language and Culture (Beijing)

Collaborative Innovation Center of Assessment for Basic Education Quality / Institutions in Beijing for the Study of Socialism with Chinese Characteristics

Advanced Innovation Center of Future Education

Renmin Univ. of China

Academy of Public Policy / China Cooperative / Government Statistics / Public admin. / CPC History and Theory

Humanistic Beijing Academy of Marxism

National Academy of Development and Strategy

Jin Tielin Chinese Academy of Vocal Arts

KL of Data Engineering and Knowledge Engineering

Inst. of China's Economic Reform & Development / Study of Buddhism and Religious Theory / Qing History / Beijing Social Construction / Promotion of Chinese Language and Culture / China Disability / China's Social Development
Advanced Inst. for Religious Studies / Sustainable Development

Research Center for Criminal Justice / Ethical Studies / China Financial Policy / Civil and Commercial Jurisprudence / Population Development Studies / Journalism and Social Development / Applied Statistics / European Studies / Studies of Sociological Theory & Method / Theoretical System of Socialism with Chinese Characteristics / Data Warehouse and Business Intelligence / National Survey / Chinese Operas

China Center for Social Science Cases

School of Chinese Classics

Fudan Univ.

Inst. of World Economy / higher education / Chinese classics research / international studies / advanced study in social sciences / Chinese ancient books preservation and conservation / Sixth industrial / archaeological science / Belt and Road & global governance / modern language studies / global public policy / Marxism

National inst. for advanced humanistic studies

Fudan development inst.

Center for American Studies / China Center for Economic Studies / Chinese Ancient Literature / Historical Geographical Studies / Information and Communication Studies / Contemporary Marxism in Foreign Countries / Comparative Studies of Modernization / historical geographical studies / research on Chinese excavated classics and paleography

Nanjing Univ.

Jiangsu KL of Data Engineering and Knowledge Service

Inst. of Nanjing Massacre History and International Peace Studies / Jiangsu "Two-Leading" / "Green Development" Research

Diane and Guilford Glazer Inst. for Jewish and Israel Studies

Research Center for China's New Literature / History of the Republic of China / Economic and Social Development of the Yangtze Delta / Study of Marxism / National Culture Industry / Linguistic and Strategic Studies / Risk, Disaster and Crisis Research / Southern-Jiangsu's Leading Realization of Basic Modernization / Studies of Contemporary Foreign Literature and Culture / Public Affairs and Local Governance / Confucianism, Buddhism, Taoism and Traditional Chinese Culture / Human Resource Development in Jiangsu Company / African Studies / Experimental Social and Behavioral Research of Jiangsu Province / Jiangsu Economic Internationalization / Jiangsu Yangtze River Industrial Economic / Chinese Think Tank Studies and Evaluation

Social Management Innovation / Urban modernization research center of Jiangsu Province

Collaborative Innovation Center of South China Sea Studies

Hongkong Univ. of S&T

GREAT Smart Cities Inst.

Inst. for Emerging Market Studies

Center for Aging Science / Applied Social and Economic Research / Business and Social Analytics / Business Strategy and Innovation / Chinese Linguistics / Display Research / Economic Development / Economic Policy / Investing

Global China / South China Research Center

Tanoto Center for Asian Family Business and Entrepreneurship Studies

Thompson Center for Business Case Studies

- 13 académies
- 108 instituts
- 7 universités
- 1 écoles

- 133 centres
- 0 SKLab
- 4 KLabs

Pour en savoir plus, consultez nos cartes pour tous les domaines sur <https://cnrsbeijing.cnrs.fr/cartographie/>

Présentation de l'Académie chinoise des sciences sociales (CASS)



■ Ancien site de l'Institut des sciences sociales de l'Académie chinoise des sciences
© baike.baidu



■ Actuel bâtiment de la CASS
© china.org



■ Université UCASS
© UCASS

L'Académie chinoise des sciences sociales (CASS)¹ est la plus haute institution universitaire et le principal centre de recherche ayant pour objet de promouvoir et de conduire les recherches dans les domaines de la philosophie, des sciences sociales et de la civilisation chinoise.

Fondée en mai 1977 pour remplacer le Département de philosophie et de sciences sociales de l'Académie chinoise des sciences (CAS), la CASS dépend du Conseil des Affaires de l'État de la république populaire de Chine. C'est par ailleurs, le *think tank* en Chine le plus influent pour les questions Internationales et stratégiques.

Cette académie compte actuellement **31 instituts et 45 centres de recherche** (cf. la carte en page 20), couvrant près de 300 sous-disciplines, dont 120 disciplines dites « clés ». Elle abrite également, une école doctorale (*Graduate School of Chinese Academy of Social Sciences, GSCASS*) et une université, l'Université de l'Académie chinoise des sciences sociales (UCASS), créée en 2017.

En 2022, la CASS compte plus de 4 200 membres dont plus de 3 200 chercheurs. Le professeur [Xie Fuzhan](#) en est l'actuel président.



Selon le site de l'Académie <http://www.cass.cn/>, les échanges universitaires internationaux restent une priorité et se seraient accélérés ces dernières années. La CASS aurait établi une relation constructive avec plus de 200 organismes de recherche, communautés universitaires, établissements d'enseignement supérieur, fondations et ministères, dans plus de 80 pays et régions.

Un article récent dans la revue *Nature-Index*² relève que la part des coopérations internationales de la CASS représente un peu plus de 12%. Parmi les principaux partenaires internationaux de cette Académie chinoise on trouve la *Max Planck Society*, la *Seoul National University*, *Harvard University*, l'*Australian Museum* ou encore *University of Richmond*.



¹ 中国社会科学院 (Zhōngguó Shèhuì Kēxuéyuàn, parfois dite Shè Kē Yuàn)

² <https://www.nature.com/nature-index/institution-outputs/china/chinese-academy-of-social-sciences-cass/513906ba34d6b65e6a000056>

Retrouvez notre Revue de presse

<https://cnrsbeijing.cnrs.fr/pressechine/>

Bulletin de veille

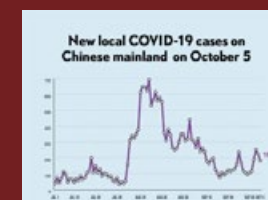
du CNRS en Chine et en Mongolie

Dans la presse chinoise en sept. 2022

Le bureau du CNRS à Pékin fait une revue de presse hebdomadaire de la politique et des grandes orientations en R&D en Chine et en Mongolie

Retrouvez la liste complète des articles sur notre site : <https://cnrsbeijing.cnrs.fr/pressechine/>

A la une



Epidémie de Covid en Chine

(06-10-2022) Alors que le pays connaît un nombre journalier de nouveaux cas positifs de Covid-19, la Chine adapte sa réponse pour y faire face. Il s'agit de détecter les cas positifs le plus tôt possible.

Batterie océanique bionique miniaturisée

(29-09-2022) Les chercheurs de l'Institut de microbiologie de la CAS mettent au point une batterie océanique bionique miniaturisée, une cellule bio-solaire qui convertit la lumière en électricité en imitant la structure écologique de base des écosystèmes microbiens marins. A lire dans *Nature Communications*.

Inauguration d'un institut de virologie à Shanghai

(28-09-2022) Fruit d'une collaboration entre le gouvernement municipal de Shanghai et l'Université Jiaotong, l'Institut de virologie de Shanghai, basé à l'école de médecine de l'Université, vise à devenir un centre de recherche en virologie de premier rang mondial.

IRP TrEnamelFC

La circulation des objets émaillés entre la France et la Chine (mi-XVII^e – mi-XIX^e siècle) : Interactions technologiques, culturelles et diplomatiques (2017-2022)



Par ZHAO Bing, Philippe Pons, Philippe Colomban, HAN Qian, QU Liang

Les animateurs du LIA/IRP TrEnamelFC

Le projet « TrEnamelFC » est coordonné en Chine, par **WANG Guangyao** (Directeur adjoint de l'Institut d'archéologie du musée du Palais de Pékin) et en France par **ZHAO Bing** (Directrice de recherche, CRCAO, UMR 8155, CNRS/EPHE/Collège de France/ Université de Paris). **Philippe Colomban**, Directeur de recherche émérite, MONARIS, Sorbonne Université/CNRS); **Philippe Pons**, Ingénieur d'études CRCAO; **HAN Qian**, conservatrice au Département des objets d'art, musée du Palais de Pékin; **QU Liang**, chercheur au Département de la restauration et de l'analyse scientifique, musée du Palais de Pékin.

France : CRCAO/CCJ/ICT/CAK/MONARIS/CEMES



Chine : Musée du Palais de Pékin (Département des objets d'art, Département de la vie curiale, Département de la restauration et des analyses scientifiques, Département des relations internationales, Institut d'archéologie)

La circulation des objets en émail entre la France et la Chine

Le projet LIA/IRP TrEnamelFC (INSHS, CNRS, 2017-2022), consacré à l'étude de la circulation des objets en émail peint et de leurs techniques entre la Chine et l'Europe entre le milieu du XVII^e siècle et le milieu du XIX^e siècle, a été créé en 2017 suite à la demande de collaboration lancée en 2015 par le musée du Palais de Pékin qui voulait développer cette problématique.¹ A l'encontre du lieu commun d'une Europe du XVIII^e siècle éprise de « chinoiseries » - d'objets, de culture ou de techniques -, le projet s'est proposé de découvrir l'envers peu connu d'une histoire globale. L'émaillage est une technique de traitement de surface avant tout

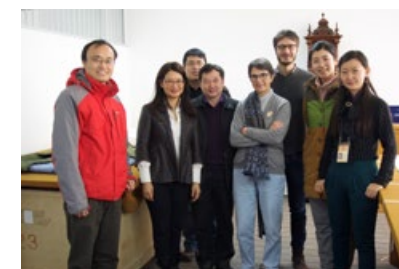


■ Figure 1 : Horloge hybride, production de l'atelier Balthazar Martinot (?-1697) sous Louis XIV et adaptation dans l'atelier impérial sous Qianlong (1736-1796), objet redécouvert et identifié tout récemment en 2018 dans les réserves du musée du Département de la vie curiale du Palais, Chine, H. 63 cm, La. 37 cm (gu 183185)

méditerranéenne puis européenne. Avec les objets, les différentes pratiques se sont déplacées d'Ouest en Est jusqu'en Chine et au Japon. Au tournant du XVII^e-XVIII^e siècles, la fascination pour les émaux peints européens à la cour en Chine était étroitement liée au prestige des instruments scientifiques et des montres et horloges produits en Europe, au décor à base d'émaux (Figure 1).

¹ Le colloque inaugural a eu lieu à Paris les 3-5 mai 2017. Les actes du colloque (Extrême-Orient extrême-Occident), n°142, sont parus en 2019.

Il y a quelques années, les meilleurs spécialistes chinois et français se sont réunis pour la première fois pour s'interroger sur les possibles liens entre les pratiques techniques de l'émail en France et en Chine (Figures 2, 3, 4, 5). Ces chercheurs avaient à cœur de proposer, sur la base de recherches nouvelles et collectives fondées sur des données inédites (archives manuscrites et quantification physico-chimique en particulier), une histoire « symétrique » de la circulation des techniques à grande distance entre la France et la Chine.



■ Figure 2 : Visite de la délégation française (ZHAO Bing, Véronique Notin, Sébastien Pautet) au Département de la vie curiale au musée du Palais de Pékin le 28 novembre 2017.



■ Figure 3 : Visite des membres du MONARIS (Philippe Colomban et Ludovic Bellot-Gurlet) en mars 2018 au Département de la restauration et des analyses scientifiques du musée du Palais de Pékin.



■ Figure 4 : Journée d'études au Collège de France à l'occasion de la venue de la délégation du musée du Palais de Pékin (LU Chenglong, NIAN Yong, SHI Ningchang), le 13 septembre 2019

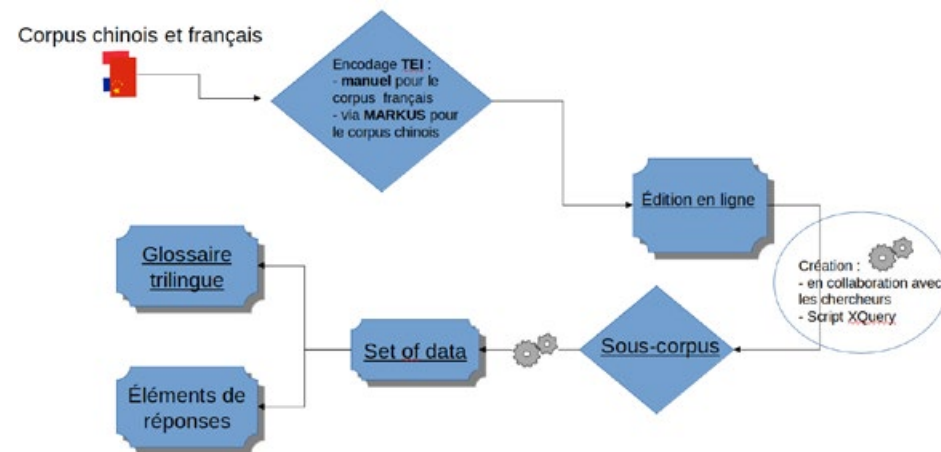


■ Figure 5 : Visites de la délégation chinoise en France (LU Chenglong, NIAN Yong, SHI Ningchang, Marie-Laure de Rochebrune, ZHAO Bing, Philippe Colomban, WANG Huayan) à l'INSHS au CNRS à Paris et au musée du château de Versailles, le 12 septembre 2019.

Concrètement, nous avons étudié les émaux peints sur deux types de supports (en porcelaine et en métal), et ce dans une approche transversale des techniques, alors que les travaux existants s'étaient cantonnés dans des approches déconnectées selon les matières du support ou les techniques décoratives. Nous avons ainsi réussi à proposer, dans l'approche globale avec des prismes locaux, l'exploitation et la confrontation inédites de trois ensembles de données : les archives chinoises du Palais des Qing, les archives et les imprimés français et les données physico-chimiques.

La création d'une base de données unique : CRCAO

Le partenaire chinois a confié la création et la gestion d'une base de données sur les corpus d'archives au partenaire principal en France, le CRCAO. Cette base de données comprend un corpus de sources chinoises de près de deux millions de caractères et d'un corpus européen (actuellement environ 600 000 mille caractères) en cours de constitution. Dans le cadre de la construction d'une histoire connectée et « symétrique » des échanges, ce corpus bilingue est un atout indéniable. Son objectif est d'une part, d'offrir une plate-forme d'édition offrant l'accès à l'ensemble des sources réunies dans le cadre de ce projet et d'autre part, de mettre en place un outil de recherche adapté visant à « faire parler » de nouvelles sources primaires. Pour y parvenir, un effort considérable est mis sur l'indexation des corpus, particulièrement sur les noms de personnes,



■ Figure 6 : Capture d'écran du site de la base archivale bilingue chinois/français, site en construction sous la responsabilité de M. Philippe Pons, Ingénieur d'études au CRCAO.

de lieux, sur les objets, leurs couleurs, les matériaux qui les constituent, les métiers qui participent à leur fabrication, etc. La mise en place de ces index doit permettre aux chercheurs, par l'utilisation d'un moteur de recherche à facettes, d'interroger ces archives de façon relationnelle et croisée. Ils offrent aussi la possibilité de constituer des fiches synthétiques sur des objets « pilotes », des individus particulièrement représentatifs, des couleurs ou encore sur la terminologie technique (Figure 6). Actuellement, cette base hébergée par Huma-Num² n'est accessible que par les membres du projet. À partir de juin 2024, il est prévu de la rendre entièrement disponible en *open-access*, en accord avec les principes de la science ouverte.

L'analyse physico-chimique des objets émaillés

La réalisation de ce programme ambitieux a également bénéficié de la double dynamique sino-française qui était particulièrement en phase à la fois pour l'étude des archives et pour les analyses physico-chimiques. Ces dernières ont permis de dépasser les observations visuelles des objets, parce que un parallélisme visuel ne signifie une parenté technique. La première étape de ce volet de recherche consistait à la mise en place de la méthodologie en France puis en Chine afin de définir les critères de performance permettant la confrontation des données d'analyses menées respectivement dans les deux pays. Des travaux méthodologiques autour des analyses ont aussi été conduits pour affiner la compréhension et l'estimation des incertitudes provenant des mesures XRF portables qui sont réalisées depuis la surface des objets.

Au total **plus de 300 objets ont été analysés** en France et en Chine. Ces analyses ont d'une part complété les lacunes des travaux sur l'émail peint français des

XVII^e-XVIII^e siècles. Elles ont également confirmé **l'importation de couleurs européennes et de savoirs faire depuis la France et l'Italie, voire l'Allemagne**. De nombreuses confirmations expérimentales ont été obtenues sur l'utilisation d'ingrédients européens pour obtenir certaines couleurs, que ce soit pour la réalisation d'émaux bleus (cobalt riche en arsenic en remplacement des cobalts asiatiques riches en fer et en manganèse mais exempts d'arsenic), pour l'utilisation de recettes européennes pour l'opacification en blanc (remplacement de la fluorine CaF₂ par des arsénites ou de la cassitérite (SnO₂), pour l'obtention des roses, pourpres, rouges et oranges, ou encore pour l'utilisation de nanoparticules d'or (Pourpre de Cassius) et non d'hématite (Figure7).



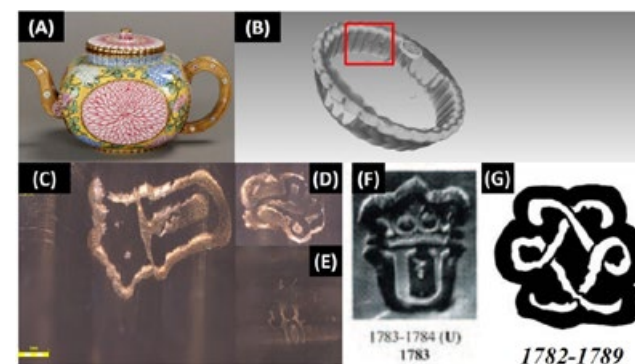
■ Fig 7 : Prise de mesure au musée du château de Fontainebleau par les chercheurs du laboratoire MONARIS, France

Une importante découverte inédite

Le travail de collaboration entre les équipes françaises et chinoises, notamment les études croisées des archives chinoises, des données stylistiques et physico-chimiques, ont permis de conclure que **plusieurs objets jusqu'ici connus comme étant des productions chinoises sont en fait des objets**

²<https://www.huma-num.fr/>

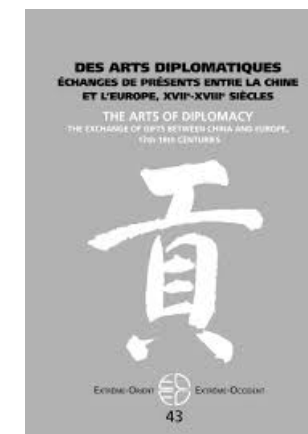
fabriqués en France, notamment dans les ateliers de **Jean Daniel Doerffer** et de **Joseph Coteau** (1740-1801). L'objet le plus emblématique d'une commande impériale à la France consiste en une théière en or à l'émail peint. La forme et le répertoire décoratif sont totalement chinois. Or, on remarque sur la base la discrète signature « Coteau ». Les analyses par Raman ont pu identifier des techniques originaires de la France (pigments, l'opacifiant, technique de soudure). L'ensemble de ces preuves atteste que l'objet a sans aucun doute été réalisé dans l'atelier du célèbre émailleur français Joseph Coteau. Ce même artisan a également produit le fameux service de Sèvres offert par Louis XVI à la Comtesse du Nord (future impératrice de Russie). Cette théière fait partie d'une série d'objets en émail peint produits en France sur la commande de l'empereur Qianlong. La radiographie a révélé que la technique de soudure est de technique française, ce qui est par ailleurs confirmé par la présence des poinçons du Bureau de taxe de Paris de 1784 (Figure 8). Des copies en alliage de cuivre doré ont été faites à Canton. Ces découvertes inédites très importantes apportent une nouvelle preuve du lien particulier et de la qualité exceptionnelle des échanges entre la France et la Chine dans les années 1760-1780 sous le patronage du Ministre d'État Henri Bertin (1720-1792).



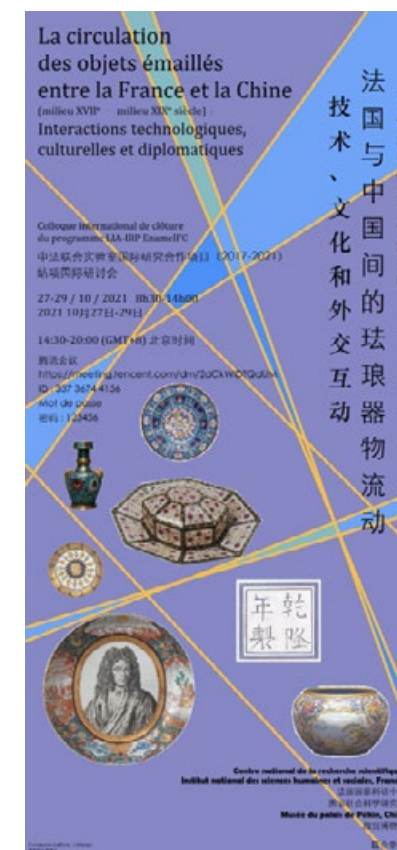
■ Figure 8 : Théière en émail peint sur support en or, fabriquée en France en 1783 sur la commande impériale de l'empereur Qianlong, ateliers de Jean Daniel Doerffer et de Joseph Coteau (1740-1801).

Toute la richesse de cette coopération fructueuse et dynamique

Ce programme LIA/IRP TrEnamelFC a réuni **plus de cinquante chercheurs et conservateurs chinois et français** aux compétences scientifiques variées, issus de cinq départements du **musée du Palais de Pékin** en Chine, de **sept laboratoires** de recherche et de **sept musées** en France (cf. encarts sur les partenaires). Le programme a organisé 6 colloques et journées d'étude et produit **plus de 50 publications**



■ Figure 9 : Couverture des actes du colloque inaugural du LIA/IRP TrEnamelFC. Des arts diplomatiques : échanges de présents entre la Chine et l'Europe, XVII^e-XVIII^e siècles (sous la direction de ZHAO Bing, DERON Isabelle, SIMON Fabien (Extrême-Orient extrême-Occident, n°43, 2019)

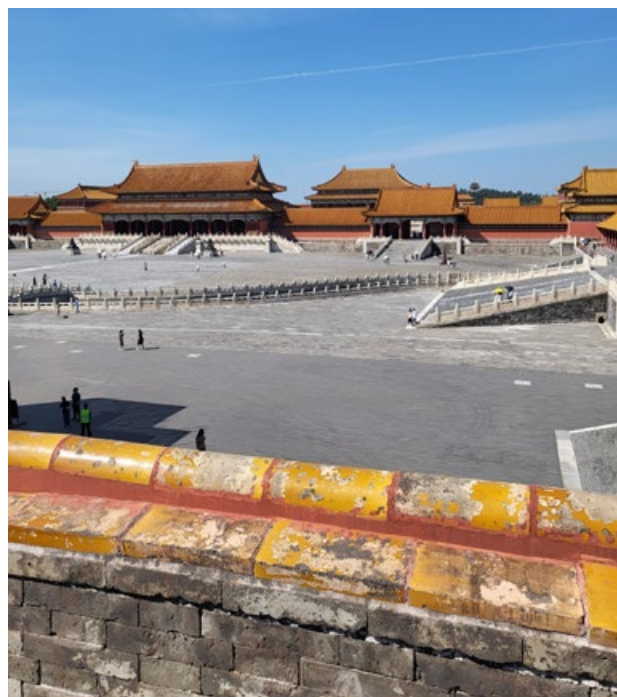


■ Figure 10 : Affiche du colloque du LIA/IRP TrEnamelFC en ligne qui a eu lieu les 27-29 octobre 2021.

en chinois, en français et en anglais (figs. 9-10). Il a été un formidable terrain d'expérimentation pour la méthodologie, pour les thématiques de recherche, ainsi que pour la **formation des étudiants** chinois et français en doctorat ou en master d'université. Son impact international se traduit par une nouvelle dynamique remarquable en Asie comme en Europe. En effet, depuis ces quatre dernières années, de nouveaux projets de recherche interdisciplinaires sur les techniques de l'émaillage entre la Chine et l'Europe ont vu le jour dans plusieurs pays européens

(Italie, Angleterre, Belgique et Suisse). Citons en particulier ceux des équipes dirigées par le Professeur A. Shortland (*Cranfield University, UK*), et par le Professeur H. Liang (*Nottingham University, UK*).

En s'appuyant sur cette dynamique remarquable, il serait sans aucun doute judicieux de **réfléchir à une nouvelle structure européenne pour fédérer l'ensemble de ces recherches**, dans laquelle la France devrait pouvoir jouer le rôle de pivot. 🌀



© Bureau du CNRS en Chine

Visite du bureau du CNRS en Chine au palais impérial de Pékin



■ Visite du CNRS au département de restauration et d'analyses scientifiques. Rencontre avec M. LEI Yong, directeur adjoint du département, et ses collègues chercheurs. 2022.09.05

Le Musée du Palais Impérial de Pékin

Le Musée du Palais Impérial de Pékin³ (故宫博物院) est un musée national installé dans la Cité interdite au centre de Pékin ; il a ouvert ses portes au public en 1925, après que le dernier empereur de Chine ait été évincé de son palais. Il est l'un des 5 plus grands musées du monde, avec plus 180 000 objets et documents.



Il est divisé en 4 départements de recherche⁴

■ **Le département des objets d'arts**, en charge de la conservation et de l'étude des objets en céramique, en émail, jades, laques, verres, argenterie, or, ivoire, bambous et corne, ainsi que des trésors de lettrés, des inscriptions et des stèles. En plus du travail d'expertise, d'expositions et de publication sur ces collections, les chercheurs de ce département développent d'importants projets de recherche nationaux et internationaux.

■ **Le département de recherche sur la vie de cour** qui se consacre aux recherches sur la société et la culture matérielle de cour (vie quotidienne, vie religieuse, vie administrative, etc.). Ses travaux ont également pour objectifs de préserver et promouvoir les particularités historiques de la Cité interdite.

■ **Le département de restauration et d'analyses scientifiques** est responsable de la protection, de la restauration et des analyses scientifiques des biens culturels du musée. En concordance avec les recherches sur les objets et sur l'architecture, il développe en parallèle des programmes d'analyses scientifiques et de reconstitution afin d'apporter des éléments quantifiables à la compréhension des techniques étudiées.

■ **Le département international** est responsable de toutes les collaborations internationales, à savoir les échanges de personnels scientifiques, les prêts aux musées étrangers, les projets d'exposition à l'étranger, les projets de recherche avec les institutions étrangères, l'accueil au musée du personnel scientifique et des expositions de pays étrangers.

L'Institut d'archéologie du Palais impérial de Pékin

Créé en oct. 2013, l'**Institut d'archéologie du Palais impérial de Pékin**⁵ est l'une des principales structures académiques abritées par le Musée du Palais Impérial de Pékin, installé dans les bâtiments de la Cité interdite. Il est en charge de fouilles et de recherches archéologiques.

Ses travaux concernent en premier lieu les fouilles des sites Ming (1368-1644) et Qing (1644-1911) de la Cité interdite, puis ceux d'autres sites relevant de l'espace impérial, par exemple le site de la manufacture impériale de la porcelaine à Jingdezhen (Jiangxi), le Site de Wangzhuang (Henan), le site du four à glaçure de la dynastie Ming à Pangwan (Hubei) ou encore un ancien site portuaire du Kerala, en Inde.

Les musées français partenaires

- Musée national des arts asiatiques-Guimet
- Musée Cernuschi
- Musée du Louvre
- Musée du Château de Fontainebleau
- Musée des Beaux-Arts de Limoges
- Musée Cognacq-Jay
- Musée de la compagnie des Indes à Lorient



© Bureau du CNRS en Chine

³ <https://en.dpm.org.cn/>

⁴ <https://en.dpm.org.cn/about/departments/> ; <https://trenomelfc.hypotheses.org/a-propos/laboratoires>

⁵ <https://en.dpm.org.cn/about/academic/2015-10-19/2338.html>

IRP ISLANDS-ESEA

Un laboratoire scientifique international pour les études archéologiques et la diversité naturelle en Asie de l'Est et du Sud-Est

Par C. Falguères¹, F. Sémah¹, Q. Shao², H. Tu³

¹ UMR7194, Département Homme et Paléoenvironnement du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris Sorbonne.

² College of Geographical Science, Nanjing Normal University, Nanjing, China.

³ Institute of Marine Sciences, Guangdong Provincial Key Laboratory of Marine Disaster Prediction and Prevention, Shantou University, Shantou, China.

Fondé sur une collaboration et une complémentarité scientifique développées sur le long terme, le projet international de recherche (IRP) ISLANDS-ESEA contribue à répondre à des questions scientifiques d'actualité sur les relations Hommes-Nature en Asie de l'Est et du Sud-est au cours des deux derniers millions d'années, avant la diffusion de l'espèce *Homo sapiens*. Ces dernières incluent : l'étude de l'adaptation et de la diversité des premiers insulaires de l'histoire de l'humanité, dans le cadre d'approches comparatives à la charnière continent-archipel ; l'extinction des *Homo erectus* les plus tardifs ; le franchissement précoce (il y a presque un million d'années) de détroits maritimes et d'autres barrières biogéographiques par des groupes humains ; les formes les plus endémiques d'humanité apparues dès les périodes anciennes dans les archipels ; l'impact sur les groupes humains des changements paléobiogéographiques et climatiques profonds et de l'activité volcano-tectonique qui ont marqué la région.

La collaboration sino-française s'ancre dans le temps, lorsque le Centre des Faibles Radioactivités (CEA-CNRS) initie, dans les années 1980 avec le Laboratoire de Préhistoire du MNHN, le développement de nouvelles méthodes de datation pertinentes pour l'obtention d'âges sur les types d'échantillons récupérés sur les sites préhistoriques. Elle implique alors un chercheur de l'Université Normale de Nankin (NNU) sur ce projet à long terme. Depuis le début des années 2000, la NNU a envoyé certains de ses meilleurs étudiants au Master International et Doctorat en Quaternaire et Préhistoire afin de poursuivre ces efforts, tout en acquérant des compétences et une expérience solide sur divers sites européens et asiatiques, ce qui a permis d'obtenir

une documentation essentielle sur les premiers peuplements humains en Eurasie (Shen, 1985 ; Han et al., 2010 ; Shao et al., 2011).

De retour dans leur pays, ces chercheurs ont développé des projets, des techniques et des laboratoires de pointe (Shao et al., 2012 ; 2014). Leurs postes dans des institutions chinoises réputées leur ont permis de renforcer non seulement leur collaboration avec les laboratoires européens, mais aussi avec un vaste réseau de jeunes chercheurs dans le monde entier (y compris dans de nombreux pays d'Asie et d'Asie du Sud-Est, la plupart d'entre eux s'étant rencontrés au cours de leur master et de leur doctorat), avec lesquels ils ont identifié des priorités scientifiques concernant l'évolution, les adaptations et les dispersions de l'Homme dans toute l'Asie.

« ISLANDS-ESEA est centré sur une approche stratigraphique, chronologique et paléoenvironnementale. »

L'IRP ISLANDS-ESEA, s'adossant à des travaux programmés de terrain, est concrètement centré sur les approches stratigraphique, chronologique et paléoenvironnementale, indispensables pour fournir un cadre temporel robuste à ces études et, parallèlement, pour progresser dans la reconstitution des environnements et de l'impact des cycles climatiques.

Dans ce cadre, les activités incluent l'approche chronostratigraphique (travaux de terrain en stratigraphie, approches chronologiques pluri-méthodes, analyses isotopiques à visée paléoenvironnementale et paléoclimatique). Elles donnent la priorité aux travaux de jeunes chercheurs (surtout en doctorat) et à leur co-direction.

Les principaux sites/régions étudiés

Le projet s'appuie sur un solide réseau de programmes de terrain, le plus souvent accompagnés de fouilles programmées, sous la responsabilité des participants ou de celle des proches partenaires actuels et de leurs équipes. A ce titre, il couvre une zone assez importante (Figure 1) qui fait l'objet de nombreuses publications des participants :

- en ISEA (*Island Southeast Asia*), notamment sur les sites de fouilles programmées co-organisées par le MNHN aux Philippines (dans le nord de Luzon) et en Indonésie (programmes à long terme dans le centre et l'est de Java) ;
- en Asie du Sud-Est continentale (par exemple, les fouilles programmées au Cambodge et en Thaïlande) ;
- en Chine, en particulier en ce qui concerne les études communes et actuelles de terrain et les programmes de datation entrepris en collaboration avec diverses institutions chinoises sur des sites préhistoriques, paléanthropologiques et paléontologiques (au premier rang desquels ceux qui contiennent des fossiles de *Gigantopithecus*).

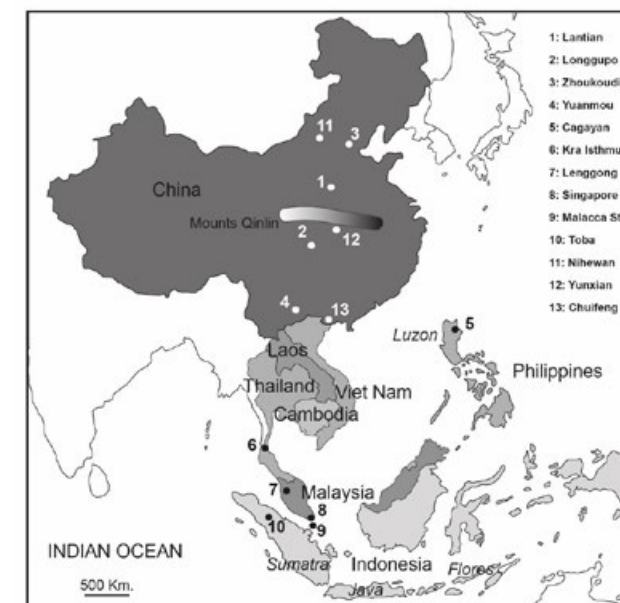
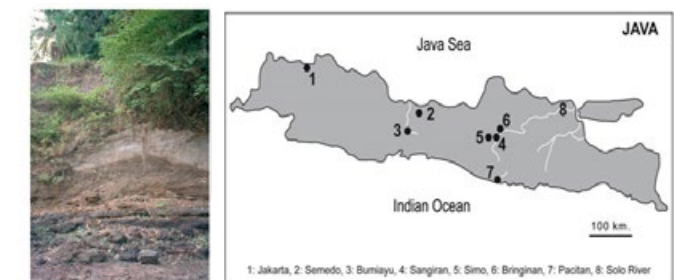


Figure 1 : Quelques sites majeurs étudiés en Asie continentale et insulaire.

Afin de contribuer à la compréhension des dispersions et des adaptations humaines au cours du Pléistocène inférieur et moyen en Asie de l'Est et du Sud-Est, le projet fait le lien entre les méthodes de terrain pertinentes et les méthodes de laboratoire de pointe, ce qui implique une collaboration étroite sur le terrain.

Au-delà de ces collaborations de routine obligatoires sur le terrain pour la plupart des sites concernés, les membres du projet se concentrent sur la clarification, ou le cas échéant l'établissement de la stratigraphie de sites spécifiques. C'est notamment le cas pour l'île de Java (Figure 2).

Ces zones nécessitent des approches stratigraphiques comparatives approfondies, car certaines pourraient bien avoir constitué des îles distinctes au cours du Pléistocène inférieur. Une approche comparable est menée dans les remplissages de grottes et de fissures karstiques du Pléistocène moyen à supérieur, contemporains des *Homo erectus* les plus dérivés et des premières dispersions de l'Homme moderne dans les archipels.



Site de Sambungmacan, solo river



Site de Ngebung, Sangiran Dome



Site de Song Terus, Pacitan

Figure 2 : Principaux sites étudiés à Java, Indonésie, dans le cadre du projet ISLANDS-ESEA majeurs étudiés en Asie continentale et insulaire.

D'autres travaux stratigraphiques s'avèrent nécessaires dans d'autres pays, par exemple dans le nord de Luzon (Philippines) suite au développement des recherches de terrain qui ont documenté la présence humaine la plus ancienne (vers 700 ka) dans cet archipel (Ingicco et al., 2018).

Spécificités de l'Asie du Sud-Est insulaire (ASEI)

Les dispersions de la faune et de l'homme dans l'ASEI, en provenance de l'Asie continentale, ont commencé depuis la baisse du niveau de la mer au début du Quaternaire sur le plateau de la Sonde. Cependant, l'impact des cycles climatiques sur les paysages terrestres et marins a été très variable :

- En ce qui concerne la **géographie physique**, les bas niveaux marins du Pléistocène inférieur étaient beaucoup moins prononcés que ceux du Pléistocène moyen, suite au contraste entre le forçage climatique de 41 ka et celui de 100 ka. Divers types de filtres géographiques en ont résulté : détroits/isolements marins, isthmes, grandes mangroves et marécages, ponts ou corridors terrestres actuels qui ont eu un impact sur les dispersions.
- A propos du climat local et des paysages végétaux, les fortes variations **des modèles de précipitations** et du rapport entre surface continentale et surface de la mer ont entraîné **des cycles de développement et de fragmentation contrastés des forêts** (forêt tropicale humide, marécages et mangroves, Sémah A.M., et al., 2016). De plus, les périodes de fragmentation de la forêt (conduisant à des paysages plus ouverts, tandis que la forêt persistait au moins sous forme de reliques ou de galeries le long des rivières) ont profondément influencé le taux d'érosion (biorhexistase), l'adaptation des animaux et l'endémisme (les barrières naturelles et l'isolement à l'intérieur des terres ont un impact sur la dispersion).
- Par ailleurs, les marges de la région sont profondément marquées par l'**activité volcano-tectonique**, notamment sur l'arc de la Sonde (par exemple sur l'île de Java), ainsi que dans les zones orientales (par exemple les petites îles de la Sonde, l'archipel des Philippines). Outre la mise en évidence de l'activité volcanique dans la stratigraphie, ce paramètre doit être considéré sous deux angles : (i) l'émergence des îles elles-mêmes (par exemple, l'aspect de l'île de Java au Pléistocène inférieur est susceptible d'avoir été celui d'une série de petites îles séparées) et (ii) l'impact du volcanisme sur la biosphère (par exemple, « l'extinction » de certains taxons après un événement volcanique sévère comme l'éruption du Toba au début du Pléistocène supérieur).

Zone péninsulaire et continentale

L'ASEI a été colonisée par des associations fauniques qui ont suivi les routes siva-malaise et sino-malaise depuis l'Asie continentale, d'où l'importance de considérer la frontière entre les deux régions. Le long de la route continentale - péninsule malaise - archipels, plusieurs zones sont d'une importance particulière, comme l'isthme de Kra (partie nord de la péninsule) et le détroit de Malacca (entre Singapour et Sumatra) qui ont joué le rôle de filtres réels pendant les hauts niveaux de la mer (notamment pendant le MIS 5, *Marine Isotope Stage*).

Les archives paléanthropologiques et culturelles de l'Asie du Sud-Est continentale sont encore très limitées mais se développent actuellement avec, par exemple, la découverte récente de bifaces dans le centre du Viet Nam qui pourrait constituer une étape importante dans le suivi de la dissémination vers les archipels de traditions culturelles au début du Pléistocène moyen. C'est le cas de l'Acheuléen, (cf. également l'assemblage de Bose en Chine méridionale), des assemblages de ce type étant documentés en Indonésie (Sémah et al., 2014).

Cependant, les aspects régionaux les plus importants liés au contexte dans lequel ont eu lieu les premières dispersions et adaptations humaines dans la zone concernée par le projet sont :

- **Le grand nombre d'*Homo erectus*** (par exemple à Zhoukoudian) et la présence d'outils en pierre du Pléistocène ancien (par exemple à Longgupo) dans plusieurs sites de diverses régions chinoises, permettant une approche stimulante des adaptations spécifiques aux environnements de latitudes plus élevées et plus basses tout au long du Pléistocène inférieur et moyen, ainsi que le rythme des dispersions vers le nord/sud, entre les domaines faunistiques dits paléarctiques et orientaux.
- **L'ensemble des archives anthropoïdes de la fin du Néogène et du Quaternaire**, susceptibles de documenter les migrations et l'évolution des singes (ancêtres de *Pongo* dans toute l'Asie du Sud-Est continentale, distribution et caractéristiques des restes de *Gigantopithecus*, coexistence possible avec les hominines) (Figure 3).
- **Les premières occurrences de fossiles d'*Homo sapiens***, vers le MIS 5 (par exemple en Chine méridionale, au Laos, les relations possibles avec le Pléistocène moyen tardif et le Pléistocène supérieur ancien dans la vallée de Lenggong, en Malaisie péninsulaire).

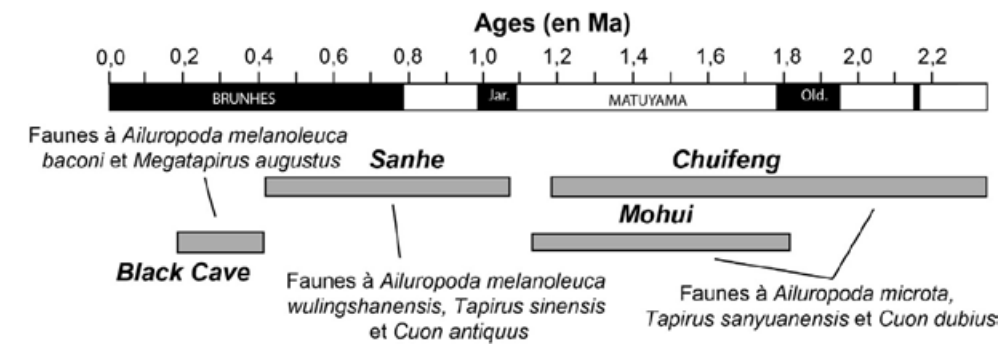


Figure 3 Domaines d'âges obtenus par ESR/U-Th sur les sites à giganthopithèques du Guangxi (d'après Bahain et al. 2017).

Les méthodes mises en œuvre

Les approches analytiques présentées ci-dessous bénéficient de la conception du réseau qui existe entre les laboratoires du **Muséum national d'histoire naturelle de Paris**, ceux de l'**Université Normale de Nankin** et de l'**Université de Shantou**, en termes de mise au point du protocole méthodologique et d'intercalibration des résultats. Cependant, leurs résultats reposeront essentiellement sur la qualité de l'implication des spécialistes dans le travail de terrain, et sur le travail stratigraphique robuste qui résulte de l'approche naturaliste (Sémah, 1986).

Le projet ISLANDS-ESEA ne peut être couronné de succès que si son objectif est étroitement combiné avec les résultats d'**approches paléoenvironnementales et chronologiques plus «classiques»**.

Dimension paléoenvironnementale du projet

Les études isotopiques stables, dont l'intérêt paléoenvironnemental est largement utilisé dans d'autres parties du monde, sont encore trop rarement appliquées en Asie du Sud-Est. Pourtant, leurs résultats peuvent apporter de nombreux éclairages sur l'environnement auquel l'*Homo erectus* a dû s'adapter. Ils sont appliqués, notamment en ASEI, en vue de trois objectifs :

- **Les tentatives de caractérisation** (isotopes C et O) de l'impact des cycles climatiques du Pléistocène ancien en ASEI doivent être développées sur des séries stratigraphiques pertinentes, telles que les premières couches de milieu saumâtre et continentales affleurant dans le centre de Java : les premières études sur les mollusques et sur les ossements semblent prometteuses dans cette optique.
- **Des analyses qualitatives** de Sr peuvent également aider à différencier, dans les nombreuses couches de transition, l'origine des biomarqueurs dominants (rivières s'écoulant des pentes des volcans ou eau marine).

- **La quantification des isotopes de l'oxygène dans les carbonates karstiques** peut concourir à caractériser et à préciser le modèle et la chronologie de l'impact des **cycles climatiques** à l'intérieur des terres. Par exemple, à Java, pendant les plus hauts niveaux de la mer du MIS 5, nous observons simultanément le développement de la forêt pluviale et la présence de taxons d'animaux forestiers spécifiques (par exemple l'orang-outan *-Pongo-*, l'ours malais (*Helarctos*) qui ne pouvaient certainement pas traverser des barrières marines comme le détroit de Malacca : cela pourrait indiquer un **décalage temporel** entre le développement de la forêt et la chronologie du niveau de la mer, permettant à la faune d'atteindre une île forestière. Des études couplées de datation/O-isotopes peuvent aider à clarifier l'**histoire de l'environnement** sur les terres (par exemple les précipitations) et à mieux la comparer à l'**histoire des changements du niveau de la mer**.

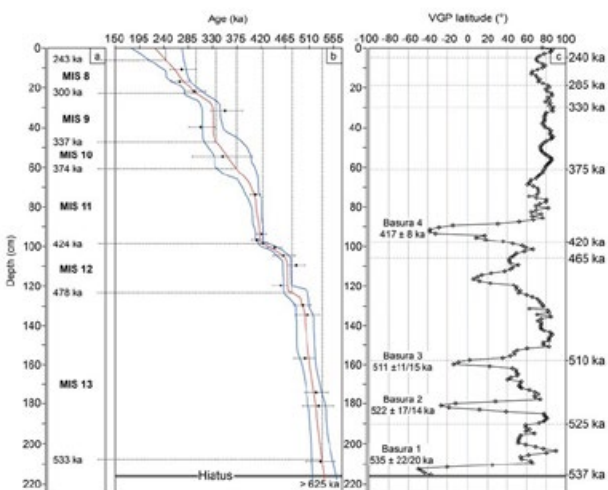
Dimension chronologique

La mise en œuvre de diverses méthodes de datation représente, outre l'accès partagé à de nombreux sites judicieusement répartis dans la zone de recherche, l'un des principaux atouts du projet. Mais la **mise en œuvre croisée apporte bien plus d'informations qu'une datation plus sûre des séquences** : elle peut conduire à une comparaison des protocoles d'analyse et de traitement des données entre les laboratoires et aussi, grâce à la diversité des contextes sédimentaires, à des développements de procédures analytiques.

- Le projet ISLANDS-ESEA regroupe (institutions coordinatrices et participantes) au moins **trois laboratoires de premier plan** impliqués dans la datation à haute résolution des séries U par ICPMS-MC et Quadripôle. De telles analyses peuvent actuellement être appliquées bien en deçà du Pléistocène moyen, à la fois sur des carbonates (voir ci-dessous le cas des

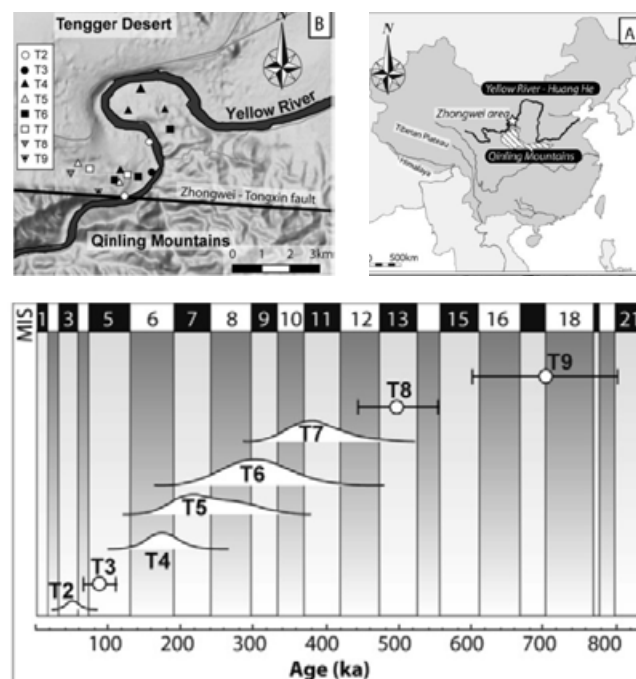
spéléothèmes) et sur des transects microscopiques (destinés dans un futur proche à mettre en œuvre l'Ablation Laser) sur des fossiles.

Un travail récent (dans lequel l'équipe candidate est chef de file) sur un spéléothème qui s'est développé sur l'ensemble du Pléistocène moyen a démontré les grandes capacités d'exploration de périodes plus anciennes que 500 ka avec cette méthode (Figure 4).



■ Figure 4 : Cohérence entre les stades isotopiques marins et la croissance de la calcite dérivée d'un âge modèle. La croissance augmente pendant les périodes interglaciaires et diminue pendant les périodes plus froides (d'après Pozzi et al., 2019). Les âges ont été obtenus par le labo de Nanjing.

- Des analyses couplées ESR/U-series **sur des dents fossiles** peuvent être réalisées conjointement dans les laboratoires français et chinois, et leurs modèles de calcul progressent grâce à la diversité des échantillons et à la calibration avec d'autres méthodes (par exemple l'argon) (Sémah et al., 2000 ; Falguères et al., 2017).
- Les analyses ESR **sur grains de quartz sédimentaires** blanchis sont maintenant développées avec succès par le partenaire français dans divers bassins alluviaux, y compris en Asie de l'Est et du Sud-Est. Dans plusieurs cas, notamment en milieu fluvial, le quartz à grain fin est le seul matériel qui peut être daté. Le registre sédimentaire diversifié couvert par le projet participe à établir et contraindre les protocoles liés à cette méthode. L'application de l'ESR sur d'autres matériaux (par exemple les carbonates ou les sulfates) est également explorée dans des environnements de dépôt spécifiques (Figure 5).



■ Figure 5 : Ages moyens pondérés des terrasses alluviales du fleuve jaune dans la région de Zhongwei obtenus par ESR sur quartz. Les erreurs verticales indiquent la différence entre les intensités ESR mesurées pour chaque aliquote (d'après Voinchet et al., 2019).

- Une situation partiellement comparable est rencontrée lorsqu'il s'agit de datation par nucléides cosmogéniques (par exemple $^{26}\text{Al}/^{10}\text{Be}$ dans les institutions chinoises), en utilisant principalement des graviers de quartz (d'origine volcanique ou métamorphique, indiquant des dynamiques érosives et sédimentaires différentes) mais aussi d'autres matériaux siliceux (par exemple la calcédoine). **La calibration avec d'autres méthodes s'avère importante** (résultats récemment obtenus sur le site de Ngebung, Sangiran, Indonésie et sur le site à hominine de Lantian en Chine), et de telles analyses peuvent conduire à la datation de sites majeurs dont l'âge est largement débattu (par exemple l'assemblage paléolithique pacitanien à Java Est).
- **Des méthodes plus «classiques»** comme la magnétostratigraphie et la datation Ar seront également appliquées. Concernant ces dernières, le principal défi dans la zone concernée est de traiter les effluents volcaniques partiellement remaniés : ponces (qui peuvent être plus anciennes que les couches dans lesquelles elles se trouvent), couches tufacées dont le caractère primaire doit être analysé par des moyens sédimentologiques avant d'extraire les minéraux à dater.

Conclusions

Le projet ISLANDS-ESEA contribue à répondre à des questions importantes concernant **les premiers établissements humains en Asie**, en s'appuyant sur des sites majeurs identifiés et actuellement pertinents dont l'accès est sécurisé grâce à un réseau partenarial robuste. Au-delà des résultats chronostratigraphiques, la collaboration entre les principaux laboratoires asiatiques, européens et américains offre l'opportunité de **renforcer la crédibilité des méthodes et protocoles de datation**, notamment ceux adaptés aux environnements spécifiques de dépôts tropicaux rencontrés dans la zone étudiée. Tirant parti de l'expérience de recherche et de formation à long terme, le projet favorise : **la réalisation de thèses, de master et de doctorat** en co-supervision dans un réseau international ; il encourage le recrutement de jeunes scientifiques dans les pays participants et dans d'autres pays, notamment ceux de l'ASEAN, qui ne disposent pas de laboratoires spécialisés.

Les résultats scientifiques du projet seront intégrés dans un réseau de collaboration auquel participeront des professionnels du patrimoine : à ce titre, le projet contribuera à évaluer la valeur des sites (en particulier du point de vue des géosciences) et aura un impact sur le développement de bonnes pratiques de conservation. ✂

Références citées

Bahain J.J., Shao Q., Han F., Sun X., Voinchet P., Liu C., Yin G., Falguères C. (2017). Contribution des méthodes ESR et ESR/U-Th à la datation de quelques gisements pléistocènes de Chine. *L'Anthropologie*, 121, 215-233.

Falguères C., Sémah F., Saleki H., Hameau S., Tu H., Féraud G., Simanjuntak H., Widiyanto H. (2016). *Geochronology of Early Human settlements in Java: What is at stake? Quaternary International*, 416, 5–11.

Ingicco, T., van den Bergh, G. D., Jago-on, C., Bahain, J.J., Chacón, M. G., Amano, N., Forestier, H., King, C., Manalo, K., Nomade, S., Pereira, A., Reyes, M. C., Sémah, A.-M., Shao, Q., Voinchet, Q., Falguères, C., Albers, P. C. H., Lising, M., Lyras, G., Yurnaldi, D., Rochette, P., Bautista, A., de Vos, J. (2018). *Earliest known hominin activity in the Philippines by 709 thousand years ago. Nature*, 557, 233–237.

Shen, G. (1985). Datation des planchers stalagmitiques de sites acheuléens en Europe par les méthodes des déséquilibres des familles de l'uranium et contribution méthodologique. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 162 pp., non publiée.

Han, F., Falguères, C., Bahain, J.J., Shao, Q., Duval, M., Lebon, M., Garcia, T., Dolo, J.M., Perrenoud, C., Shen, G.J., de Lumley, H., (2010). *Effect of deposit alterations on the dating of herbivorous teeth from Arago cave by the ESR-U series method. Quaternary Geochronology*, 5, 376–380.

Pozzi J.P., Rousseau L., Falguères C., Mahieux G., Deschamps P., Shao Q., Kachi D., Bahain J.J., Tozzi C. (2019). U-Th dated speleothem recorded geomagnetic excursions in the Lower Brunhes. *Scientific Reports*, 9:1114, 1–8.

Shao Q., Bahain J.J., Falguères C., Peretto C., Arzarello M., Minelli A., Thun Hohenstein U., Dolo J.M., Garcia T., Frank N., Douville E. (2011). *New ESR/U-series data for the early Middle Pleistocene site of Isernia la Pineta, Italy. Radiation Measurement*, 46, 847–852.

Shao Q., Bahain J.J., Falguères C., Dolo J.M., Garcia T. (2012). *A new U-uptake model for combined ESR/U-series dating of tooth enamel. Quaternary Geochronology*, 10, 406–411.

Shao Q., Bahain J.J., Dolo J.M., Falguères C. (2014). *Monte Carlo approach to calculate US-ESR age and age uncertainty for tooth enamel. Quaternary Geochronology*, 22, 99–106.

Sémah, F. (1986). Le peuplement ancien de Java. Ebauche d'un cadre chronologique. *L'Anthropologie* 90, 359–400.

Sémah F., Féraud G., Saleki H., Falguères C., Djubiantono T. (2000). *Did Early Man reach Java during the late Pliocene? Journal of Archaeological Science*, 27, 763–769.

Sémah F., Simanjuntak T., Dizon E., Gaillard C. Sémah A.-M. (2014). *Insular Southeast Asia in the Lower Paleolithic. In Smith, C. (Ed), Encyclopedia of Global Archaeology, Springer Ed., New York, 3904–3918.*

Sémah A.-M., Sémah F., Moigne A.-M., Ingicco T., Purnomo A., Simanjuntak T., Widiyanto H., (2016). *The palaeoenvironmental context of the Palaeolithic of Java: a brief review. Quaternary International* 416, 38–45.

Voinchet P., Yin G., Falguères C., Liu C., Han F., Sun X., Bahain J.J. (2019). *Dating of stepped quaternary fluvial terrace system of the Yellow River by Electron Spin Resonance, Quaternary Geochronology*, 49, 278–282.

IRP MOONGAS

L'origine des éléments volatils dans les planètes telluriques

Par Bernard Marty



Bernard Marty¹ est professeur de Géochimie à l'**Ecole Nationale Supérieure de Géologie, Université de Lorraine**, à Vandœuvre lès Nancy. Il effectue sa recherche au **Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (CRPG)** UMR 7358 CNRS - Université de Lorraine.

Ses travaux portent sur le **cycle des éléments volatils sur Terre et dans le système solaire**. Il a notamment travaillé sur les échantillons ramenés par des missions spatiales (Apollo, Genesis, Stardust) et fait partie de l'équipe analysant les **volatils dégazés** par la comète 67P (Mission Rosetta).

Il est le directeur français du projet de collaboration **MOONGAS**², IRP du CNRS qui associe, en France, le **Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (CRPG)** et, en Chine, l'**Institut de Géologie et de Géophysique de la CAS (IGGCAS)**, notamment pour l'analyse des échantillons retournés par les **missions spatiales chinoises (programme Chang'e)**³.

Les éléments volatils extraterrestres

L'**origine des éléments volatils** tels que l'hydrogène, l'azote et les gaz nobles dans les **planètes telluriques**⁴ (Terre, Lune, Vénus, Mars) reste largement inconnue. Ces éléments présentent de grandes variations isotopiques parmi les objets du système solaire, y compris les atmosphères planétaires, qui restent inexplicables à l'heure actuelle. Les travaux basés sur des approches théoriques sont dépendants du modèle adopté et ne parviennent pas, pour le moment, à un consensus.

Ainsi, les expériences en laboratoire ne peuvent reproduire que partiellement les **conditions et la chronologie des premiers stades du système solaire**. La plupart de nos connaissances proviennent de l'**analyse de matériaux extraterrestres** qui sont arrivés sur Terre sous forme de météorites, ou qui ont été retournés lors de missions spatiales. Pour les composés volatils terrestres, l'**analyse d'échantillons** soigneusement sélectionnés, tels que ceux provenant des profondeurs du manteau, donne également un aperçu des **conditions et du moment de la formation de la Terre**.

¹ B. Marty, *Fellow* de l'*American Geophysical Union*, de la *Meteoritical Society*, de la *Geochemical Society* et de l'*European Association of Geochemistry*. Membre honoraire de l'Institut Universitaire de France, le *Best Paper Award* a été attribué à son équipe par la *Geochemical Society of Japan*, et il est lauréat du Grand Prix Dolomieu 2016 de l'Académie des Sciences, de la médaille Norman L. Bowen de l'*American Geophysical Union* et de la médaille Victor Moritz Goldschmidt de la *Geochemical Society*.

² IRP MOONGAS : Projet de recherche international (IRP CNRS 2021-2025). Collaboration entre le CRPG (Centre Français de Recherches Pétrographiques et Géochimiques – CNRS/Université de Lorraine) et l'IGGCAS (Institut de Géologie et de Géophysique, Académie des Sciences de Chine). Plusieurs autres entités scientifiques française et chinoise sont également impliquées dans cette coopération (Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP), USTC, Université de Nankin, *Purple Mountain Observatory*, *Chinese Academy of Geological Sciences*, Université de Technologie de Guilin...).

³ Programme Chang'e : série de missions spatiales chinoises ayant pour but l'étude de la Lune. Pour en savoir plus, lire l'article « Lancement de Chang'e 5. Première sonde chinoise destinée à recueillir des échantillons lunaires » par Norbert Paluch, Conseiller spatial, représentant du CNES, Ambassade de France en Chine (Magazine [Le CNRS en Chine n° 32](#), p.8-11).

⁴ Une planète tellurique en opposition aux planètes gazeuses, est une planète composée essentiellement de roches et de métal qui possède en général trois enveloppes concentriques (noyau, manteau et croûte). Sa surface est solide et composée principalement de matériaux non volatils.

Objectif et complémentarité des équipes

L'objectif du projet que nous avons initié dans le cadre de l'**IRP MOONGAZ** vise à établir une collaboration entre deux laboratoires situés respectivement en Chine et en France, notamment dans le **cadre de futures missions chinoises de retour d'échantillons**.

Le **CRPG** a une longue expérience dans l'analyse des matériaux extraterrestres retournés par les missions spatiales, en particulier pour les gaz nobles et les isotopes stables. Il est l'un des seuls laboratoires à avoir eu accès aux échantillons de **toutes les missions spatiales**. En particulier, notre groupe analyse actuellement des échantillons renvoyés par le vaisseau spatial japonais JAXA Hayabusa2 depuis un astéroïde de type C. Le CRPG figure **parmi les meilleurs laboratoires dans le domaine de la géochimie des gaz nobles**.

L'**IGGCAS** aura un rôle central dans l'**analyse des échantillons lunaires** retournés par les **missions Chang'e** et pour y répondre l'Institut dispose d'une installation analytique de pointe qui comprend des sondes ioniques et des spectromètres de masse à gaz rares multi-collections.

Notre collaboration permettra aux scientifiques français d'une part, d'**accéder en France à du matériel inestimable en provenance de la Lune, échantillonné** dans des lieux différents de ceux des missions Apollo et

Luna et, d'autres part, de **développer des approches de recherche collaboratives et interdisciplinaires et de transfert de connaissances** entre les différentes équipes, avec un accent particulier sur les technologies et plateformes clés, afin de **coordonner les analyses des échantillons extraterrestres**. Les équipes française et chinoise interpréteront ensemble les données.

Jusqu'à présent, le projet n'a pu se développer réellement. Bloqué par les pandémies de COVID, aucun échange de personnel, ni aucun déplacement entre les deux instituts n'a été organisé. La mise à disposition internationale des échantillons de la **mission lunaire Chang'e 5** qui est revenue sur terre en décembre 2020 devrait être effective à partir du début de l'année 2023.

Les acteurs

Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (CRPG)

Le **Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (CRPG)** regroupe une centaine de personnes travaillant dans le domaine des Sciences de la Terre et des Planètes. Il étudie la plupart des étapes de l'histoire terrestre depuis la formation du système solaire jusqu'à l'évolution de l'environnement actuel de la planète. Le CRPG met en œuvre des moyens lourds de géochimie et deux services d'analyses de l'Institut national des sciences de l'Univers du CNRS ([INSU](#)).



■ Plateforme d'analyse des gaz rares au CRPG. Ce plateau techniques est développé grâce à 3 bourses ERC (2 à B. Marty et 1 à Evelyn Füre⁵, tous deux participant à l'IRP Moongas). @Crédit Image CRPG

⁵ Evelyn Füre : spécialiste de la cosmochimie et de la géochimie des éléments volatils comme l'eau, l'azote ou les gaz rares au CRPG (CNRS).

Institut de Géologie et de Géophysique de la CAS (IGGCAS)



Institut de Géologie et de Géophysique de la CAS à Pékin
@ Crédit Image CAS, english.igg.cas.cn/au

L'**IGGCAS** (*The Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences*) a été créé en juin 1999. Il est le résultat, dans un premier temps, de la fusion de l'**Institut de géologie** et de l'**Institut de géophysique de la CAS** puis, dans un deuxième temps, en 2024, du rattachement de l'**Ionosphere Research Room** de l'**Institut de physique et de mathématiques de Wuhan**. C'est la plus importante institution chinoise en géosciences.

L'IGGCAS abrite aujourd'hui le **Laboratoire d'Etat clé de l'évolution de la lithosphère et cinq autres laboratoires clés de la CAS⁶**, à savoir le laboratoire de physique de la Terre et des planètes, le laboratoire du gaz de schiste et du génie géologique, le laboratoire des ressources minérales, le laboratoire des ressources pétrolières et gazières et le laboratoire de géologie cénozoïque et de l'environnement.

La recherche à l'IGGCAS se focalise notamment sur des enjeux nationaux majeurs dans **les domaines des ressources, de l'énergie et de l'environnement**. L'Institut se veut également en pointe dans le développement de **solutions technologiques innovantes pour les équipements d'exploration des ressources profondes**.

L'institut compte **754 employés**, dont 257 cadres supérieurs, 17 académiciens de la CAS, 1 académicien de l'Académie chinoise d'ingénierie (CAE), 37 lauréats du « Fonds national scientifique pour les jeunes chercheurs », 7 lauréats du « Programme national de recherche fondamentale de Chine (programme 973) » et 7 groupes de recherche soutenus par la « *NSFC Science Fund for Creative Research Groups* ».

⁶ Les principales divisions de recherche de l'IGGCAS. <http://english.igg.cas.cn/rh/rd/>

L'IGGCAS dispose d'un système d'enseignement supérieur pour la formation des doctorants et la recherche postdoctorale. Il compte actuellement **673 étudiants diplômés** (dont 21 étudiants étrangers) et **198 chercheurs postdoctoraux**.

L'institut héberge **7 plates-formes employant 193 personnels techniques pour :**

- L'analyse de la composition et des propriétés des matériaux de la Terre.
- La datation géochronologique.
- La détection de la structure intérieure de la Terre
- L'observation sur le terrain de l'environnement spatial.
- L'analyse des données en paléo environnement
- Le traitement des données et la simulation numérique.
- La recherche et le développement d'équipements d'exploration des ressources profondes.

Leader lors de la création du « *Beijing Earth System and Environmental Science Major Instrument Region Center* », l'IGGCAS s'est impliqué, ces dernières années dans plus de 200 projets nationaux. ☞



2010, Noblesse 1F3M



2013, Helix SFT



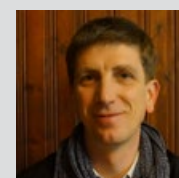
2016, Helix MC Plus

■ Le laboratoire des gaz rares de l'IGGCAS est le plus grand laboratoire de gaz rares en Chine. Il combine défis scientifiques, méthodes d'expérimentation et développement d'instruments.
© IGGCAS

IRP M-Agri

Intégration du Microbiote Végétal pour une nouvelle Agriculture durable et productive

Par Philippe Vandenkoornhuysse



Philippe Vandenkoornhuysse est Professeur en écologie à l'Université de Rennes 1 dans l'unité de recherche CNRS, UMR 6553 ECOBIO.

« *Un pont renforcé entre Rennes et Nankin par le projet de recherche international 'The Plant Microbiota within a new smart Agriculture' »*

Par le dispositif d'appel à proposition 'IRP', le CNRS entend renforcer les liens existants entre un laboratoire en France et un groupe de recherche dans un institut ou une université hors de France. Le projet ***The Plant Microbiota within a new smart Agriculture*** a été accepté par le CNRS et permet avec des crédits spécifiques le développement de liens entre un laboratoire CNRS Français et une université chinoise.

Origine du projet

Le projet coordonné par **Philippe Vandenkoornhuysse** (Professeur dans le laboratoire CNRS UMR 6553 ECOBIO) et **LING Ning** (Professeur à *Nanjing Agricultural University*) fait suite à une collaboration effective initiée depuis 4 ans, avec en particulier le séjour à Rennes pendant une année de LING Ning ainsi qu'un doctorant pendant 9 mois, XU Qicheng. Cette interaction forte a permis d'affiner et d'affirmer les thématiques de recherches communes, les synergies possibles et les bénéfices réciproques, dans une volonté partagée de développer cette collaboration.

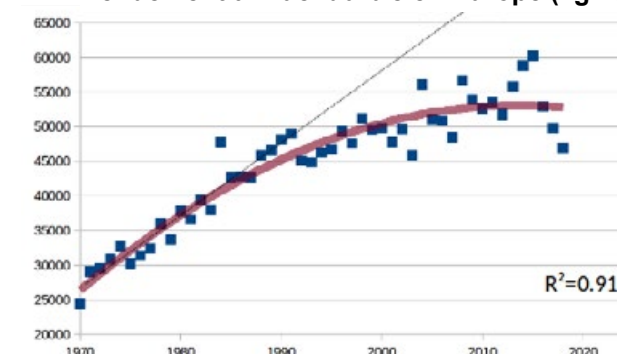
Ses objectifs

L'une des questions les plus brûlantes de notre époque est de savoir **comment satisfaire les besoins alimentaires**

compte tenu de la croissance de la population humaine et des dommages environnementaux associés.

En effet, l'agriculture conventionnelle actuelle n'est pas durable. En raison des pratiques agricoles (travail du sol, engrais, biocides, faible diversité végétale), les agrosystèmes sont fortement artificialisés. Depuis environ 20 ans, les rendements de la plupart des cultures ont commencé à plafonner en dépit d'investissements publics et privés massifs (Figure 1 comme exemple de rendement).

Rendement annuel du blé en Europe (kg/ha)



■ Figure 1 : Rendement du blé en Europe. Les données utilisées sont celles disponibles auprès de la FAO. La ligne pointillée fine est une extrapolation de l'augmentation linéaire des rendements de 1970 à 1990.

Dans ce contexte, il a été démontré que **le réservoir microbien du sol est responsable des principaux services écosystémiques**, notamment de la fertilité des sols en éliminant des contaminants, en affectant la plupart des transformations des nutriments à partir de la matière organique morte, en établissant des interactions symbiotiques avec les plantes hôtes limitant l'effet négatif d'organismes phytopathogènes et en améliorant la nutrition des plantes et leur résistance aux stress, telle la sécheresse.

Le projet IRP M-Agri (*The Plant Microbiota within a new smart Agriculture*) vise des objectifs aux fronts de sciences en écologie avec de potentielles répercussions en agriculture.

Les plantes et leurs symbiotes

Toutes les plantes interagissent avec un cortège de microorganismes très important pour elles formant leur **microbiote**. Ce microbiote hors et dans les tissus végétaux, notamment au niveau racinaire, impacte **le phénotype et la valeur sélective** (fitness) des végétaux d'une manière générale. Aucune exception n'est connue dans la nature.

Néanmoins, dans l'agriculture conventionnelle, les microorganismes symbiotiques sont peu considérés. Pire, la vision plante-centrée de l'agriculture conventionnelle actuelle n'incluant pas le microbiote des plantes cultivées, certains symbiotes semblent aujourd'hui engagés dans une trajectoire évolutive de **parasitisme** comme conséquence des pratiques.

Le diagnostic des dommages collatéraux induits par l'agriculture conventionnelle sur les symbioses est encore mal connu même si l'effet négatif du travail du sol sur les champignons mycorhiziens à arbuscules est bien documenté. Un travail publié en juillet 2022 (<https://www.nature.com/articles/s41559-022-01799-8>) démontre l'effet négatif de **l'usage de fongicides** qui dégradent de manière spectaculaire l'efficacité fonctionnelle de champignons dans leur capacité à alimenter en phosphore des plantes cultivées.

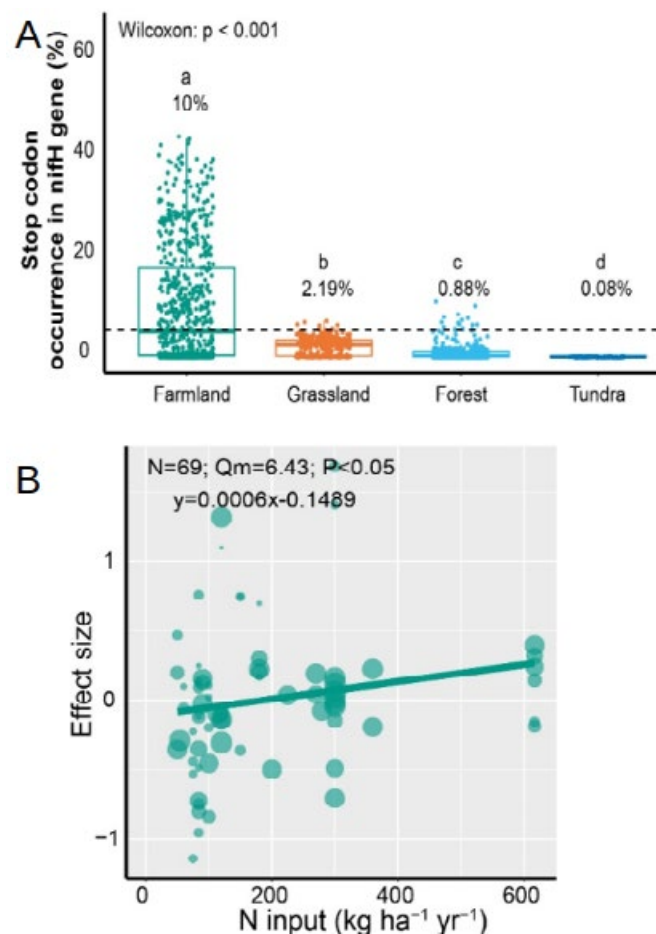
Vers la nécessité d'évaluer les conséquences de l'agriculture conventionnelle

Faire le diagnostic des conséquences à long terme de l'agriculture conventionnelle est très important pour permettre de modifier les pratiques et tirer meilleur profit des fonctions écologique naturelles.

Si les pratiques induisent des altérations fonctionnelles des symbioses, il faudra alors **imaginer des changements de pratiques** plus douces qui soutiendront une agriculture durable.

Nous avons par exemple initié dans le cadre collaboratif de l'IRP un travail sur les conséquences de l'agriculture conventionnelle et de l'amendement en engrais azoté en particulier. Nous avons pu démontrer que l'enrichissement en azote minéral des sols agricoles conduit à une augmentation impressionnante de la proportion de **codons-stop**¹ dans un gène clé codant pour le complexe enzymatique permettant de transformer l'azote atmosphérique N₂ en ammonium

¹ Des mutations produisant un codon non-sens qui marque la fin de la traduction d'un ARNm en protéine. *In fine* une mutation produisant un codon stop dans une séquence codante correspond généralement à une perte de fonction puisque la traduction de l'ARN sera tronquée.

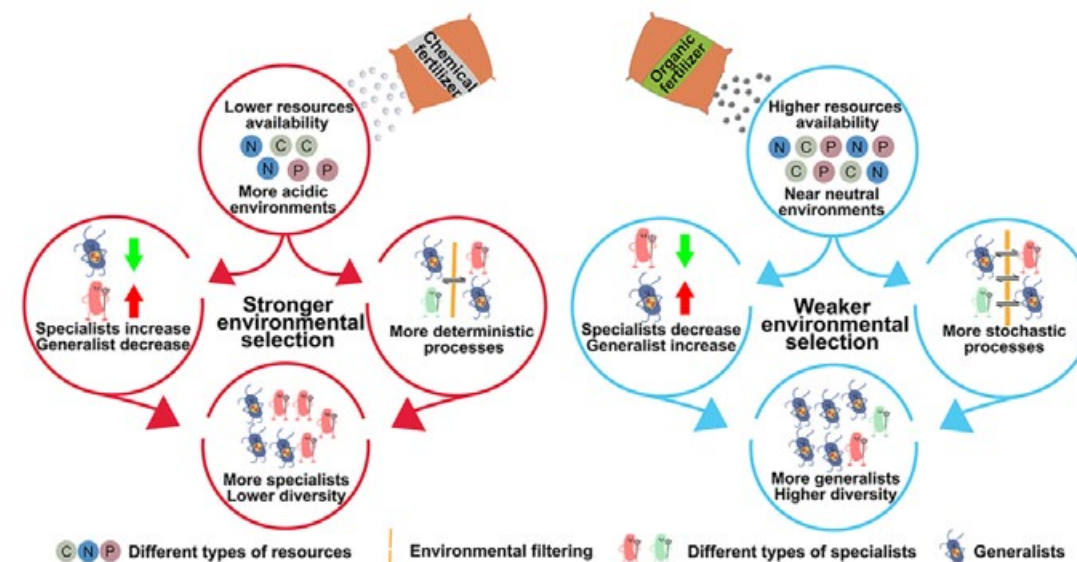


■ Figure 2 : Méta-analyse des séquences de gène nifH à travers le monde montrant (A) la présence de codons stop dans différents écosystèmes et (B) qui est en lien avec les apports d'azote dans les sols. Dans cette méta-analyse, des amplicons nifH séquencés provenant d'un total de 1 949 échantillons de sol représentant 226 842 248 séquences de haute qualité ont été utilisés (d'après Zhu et al., article soumis).

(Figure 2), c'est-à-dire **la perte de la fonction de diazotrophie**, une fonction pourtant considérée comme clé de voûte dans tous les écosystèmes.

Le projet IRP a permis aussi de démontrer que l'effet à long terme de l'usage d'engrais minéral conduisait à **un déclin de la biodiversité microbienne** du sol.

L'agriculture modifie la biodiversité des microorganismes du sol, la transforme et l'appauvrit. Pourtant les microorganismes du sol représentent le réservoir principal de symbiotes que les plantes peuvent recruter.



■ Figure 3 : modèle synthétisant les conséquences de types d'amendements (chimique ou organique) sur les microorganismes dans les agrosystèmes (d'après Xu et al., 2020)

Le concept d'holobionte dans l'agriculture

Le concept d'holobionte repose sur le fait de partenariats inévitables et indispensables entre la plante et un cortège de microorganismes, définissant l'holobionte comme l'entité émergente résultant des associations multiples entre un hôte et ses symbiotes microbiens. Il a été démontré à plusieurs reprises que les symbiotes d'un hôte donné peuvent avoir un impact profond sur le phénotype réalisé. Un dogme de la théorie néo-darwinienne est que **la sélection naturelle agit sur les traits de l'organisme** - ses phénotypes réalisés. Comme les phénotypes sont produits soit par l'hôte seul, soit par son ou ses microbes seuls, soit par des interactions entre l'hôte et ses microbes, l'évolution des phénotypes ne peut se produire sans tenir compte des multiples façons dont l'holobionte et le contenu génomique de l'holobionte (l'hologénome) impactent les phénotypes.

L'objectif de l'agriculture pour une plante focale est une production de biomasse ou de graines maximale c'est-à-dire **une valeur sélective maximale**. Pourtant, les recherches actuelles pour l'amélioration des cultures se concentrent marginalement sur les symbioses avec par exemple des investissements massifs dans la recherche sur l'édition du génome des plantes. La vision développée dans le projet **'The Plant Microbiota within a new smart Agriculture'** est différente. A cœur de cette vision est placée la nécessité dans les agrosystèmes de **promouvoir les symbioses**. Dans ce cadre alternatif, les plantes sont considérées dans une perception plus holistique, comme holobiontes, en intégrant leur microbiote comme clé pour la productivité des agrosystèmes.

Une des grandes ambitions du projet IRP aujourd'hui initié est de tester la validité d'hypothèses basées sur **le concept de l'hologénome** pour mieux en définir ses limites et son domaine d'applicabilité.

Son évolution

Le projet IRP **The Plant Microbiota within a new smart Agriculture** se concentrera sur de nouveaux développements conceptuels concernant (1) les mécanismes qui déterminent **les assemblages de microbiotes végétaux**, (2) l'analyse des **fonctions écologiques du microbiote végétal** par approches 'cellules unique-omiques' et (3) la compréhension **des relations causales plante-microbes** dans le contexte de l'holobionte (traits de performance des plantes en réponse à une communauté microbienne synthétique sur la base d'hypothèses éco-évolutives).

La collaboration scientifique de ce projet visera à développer de nouvelles connaissances qui pourraient permettre demain de contribuer à **un changement de paradigme pour l'agriculture**, en conciliant les nécessités de durabilité et de productivité. 🌱



IRP DYF2M

Amélioration de la résolution des virus marins par cytométrie en flux grâce à la diffusion d'un faisceau laser violet

Par Yuan Zhao^{1,2,3}, Yanchu Zhao^{1,2,4}, Shan Zheng^{2,3,5}, Li Zhao^{1,2,3}, Wuchang Zhang^{1,2,3}, Tian Xiao^{1,2,3}, Gérald Grégori⁶

¹ CAS Key Lab. of Marine Ecology and Environmental Sciences, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, China

² Lab. for Marine Ecology and Environmental Science, Pilot National Lab. for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao, China

³ Center for Ocean Mega-Science, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, China

⁴ University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

⁵ Jiaozhou Bay Marine Ecosystem Research Station, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, China

⁶ Aix-Marseille University, Toulon University, CNRS, IRD, Mediterranean Institute of Oceanography UM110, Marseille, France

Dans le Petit Prince de Saint-Exupéry, le renard dit à l'enfant que le plus important est ce qui ne se voit pas. C'est on ne peut plus vrai en écologie, et particulièrement dans l'océan. Les océans recouvrent les 2/3 de la planète et **les virus y sont la forme de vie la plus abondante** et la plus diverse génétiquement. L'abondance globale des virus libres est estimée, à partir de comptages dans des échantillons, à au moins 10^{30} individus dans l'océan global, ce qui correspond à environ 200 Mt de carbone [1].

Les virus jouent un rôle très important dans le fonctionnement de l'écosystème car **ils affectent les cycles biogéochimiques des éléments** et le **flux d'énergie** en régulant le transfert et la transformation de la matière organique dans le **réseau alimentaire microbien marin** [2].

Le projet IRP DYF2M

Le projet de recherche international (IRP) CNRS-CAS « DYF2M » (2021-2025) a pour objectif d'améliorer nos connaissances dans le domaine de **l'écologie microbienne** et de **la dynamique fonctionnelle des microorganismes marins** selon plusieurs thèmes d'intérêt.

«Le plus important est ce qui ne se voit pas.»

Son objectif est de mieux comprendre le rôle fonctionnel des principaux groupes planctoniques (microorganismes unicellulaires), dont font partie les virus dans les cycles biogéochimiques marins.

La détection et le dénombrement précis des virus marins sont indispensables pour fournir des informations fondamentales sur leur abondance, leur distribution, leur dynamique (production et dégradation) et comprendre leur fonction écologique en biogéochimie marine [3, 4]. Les virus ont été découverts dans les environnements aquatiques il y a une trentaine d'années, grâce à **la microscopie électronique à transmission (MET)** [5-7] qui permet d'avoir des informations sur leur forme et leur taille. Mais cette technique est coûteuse, chronophage et manque de précision dans les dénombrements [2].

Grâce au développement de colorants fluorescents des acides nucléiques, les scientifiques ont pu dénombrer les virus en utilisant **la microscopie à épifluorescence (EFM)** [8, 9], moins chère et comparativement plus rapide que la MET [2].

La cytométrie en flux, une technique efficace pour quantifier les virus

Depuis près de quarante ans **la cytométrie en flux (CMF)** s'est avérée un outil très puissant en microbiologie aquatique et marine, en particulier [10-12]. Cette technique a permis de collecter des informations qui ont changé fondamentalement notre compréhension des cycles biogéochimiques marins [13]. On lui doit la mise en évidence du plus petit **photoautotrophe** connu à ce jour, *Prochlorococcus*, qui est le producteur primaire le plus abondant dans l'océan du large [12].

La CMF analyse rapidement (jusqu'à plusieurs milliers par seconde) les cellules/particules individuelles en suspension dans un liquide en fonction de leurs **propriétés optiques de diffusion de la lumière et d'émission de fluorescence**. Elle fournit des informations quantitatives et qualitatives sur les compartiments microbiens du plancton, à savoir le pico- (taille comprise entre 0.2 et 2-3 μm) et le nanoplancton marin (taille comprise entre 2-3 et 20 μm) [14] ainsi que sur le viroplancton qui fait partie du femtoplankton (taille < 0,2 μm) [15].

La CMF est aujourd'hui la méthode privilégiée pour quantifier les virus dans les échantillons aquatiques en raison de sa vitesse, de sa précision et de son coût [4]. Depuis la première publication utilisant la CMF pour quantifier l'abondance des virus dans l'eau de mer [16], le nombre de publications n'a cessé de grimper et la plupart d'entre elles utilisent les colorants d'acide nucléique SYBR Green I ou SYBR Gold (Molecular probes, Eugene, OR), qui émettent par fluorescence une large bande spectrale après excitation par un faisceau laser bleu (488 nm), avec un maximum d'émission dans le vert (autour de 530 nm) et un rendement quantique (rapport entre le nombre de photons émis et reçus) élevé [15].

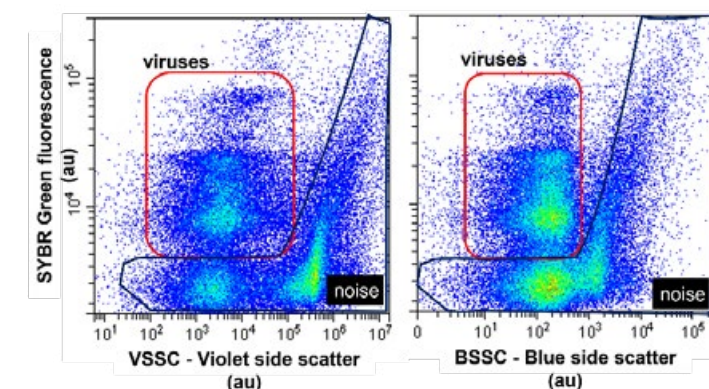
Les virus sont alors mis en évidence sur un graphique bi-paramétrique défini par la diffusion à 90° des photons du faisceau laser bleu (BSSC) en fonction de la fluorescence verte du colorant [15] (Figure 1). Dans des échantillons d'eau de mer naturelle, le viroplancton peut être ainsi subdivisé en **2 ou 3 sous-populations** caractérisées par des **intensités relatives de fluorescence** verte différentes [15, 17-19].

Le faisceau laser violet (VSSC) pour améliorer la résolution optique des virus

Une étude récente réalisée sur des **nanoparticules métalliques** suggère que la diffusion à 90° d'un

faisceau laser violet (VSSC) de 405 nm est plus efficace pour les détecter. En effet, la **VSSC** a donné des **coefficients de variations (CV) plus faibles** et un **indice de séparation (IS) plus élevé** que ce qui est obtenu avec une excitation plus conventionnelle par une lumière bleue [20]. L'IS a été mesuré en utilisant les moyennes et les écarts types de deux populations de billes plus petites (par exemple, 200 et 300 nm) [20]. L'IS était similaire à la mesure du rapport discriminant (Rd) de Fisher, qui est une mesure de la séparation statistique entre deux populations à l'aide de leurs moyennes et de leurs écarts types.

Dans l'étude de Zucker et al. [20], les auteurs ont conclu que le VSSC donnait des **CV plus petits** et un **SI plus grand** que le BSSC pour de petites particules. Cette caractéristique s'est avérée bien utile dans **l'analyse de microvésicules** provenant d'échantillons biologiques [21, 22]. Il se trouve que le diamètre des virus dans les échantillons aquatiques se situe principalement dans la gamme 20-200 nm, et les virus ayant un diamètre de 30-70 nm en représentent plus de 65% [23]. Les virus marins ont donc à peu près la même taille que les microvésicules ou les nanoparticules métalliques.




■ Figure 1 : Comparaison de la diffusion à 90° violette (VSSC) et de la diffusion à 90° bleue (BSSC) pour deux échantillons marins côtiers. au : unités arbitraires. Les deux graphiques (cytogrammes) montrent la fluorescence induite par le SYBR Green (au) par rapport au VSSC ou au BSSC : les régions en rouge montrent les différents sous-groupes de virus, les régions en noir le bruit de fond de l'échantillon.

C'est ce qui nous a donné l'idée d'utiliser le VSSC pour détecter les virus marins, dans le contexte du projet de recherche international IRP CNRS-CAS « DYF2M » (2021-2025). Dans l'étude publiée dans la revue *Cytometry* (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cyto.a.24674>) nous démontrons que l'utilisation du VSSC, associée à une légère modification du cytomètre en flux CytoFLEX S (Beckman Coulter) disponible à l'*Institute of Oceanology Chinese Academy of Sciences*

(IOCAS) à Qingdao, est parfaitement adaptée au dénombrement des virus dans divers échantillons aquatiques naturels, prélevés aussi bien en zone côtière qu'en haute mer, en surface ou en profondeur (Figure 1).

« le VSSC améliore la résolution optique des virus. »

Le SI calculé à la fois pour le BSSC et le VSSC a permis de quantifier la meilleure séparation entre les sous-populations de virus et le « bruit » de fond en utilisant le VSSC. Nous avons pu démontrer que le **VSSC améliore la résolution optique des virus**, ce qui permet de mieux les discriminer sur les graphiques (cytogrammes) et d'éliminer certaines particules non virales (bruit) dont les signaux chevauchent ceux des virus sur le BSSC. Les abondances virales obtenues, de l'ordre de 10^7 particules ml^{-1} pour les échantillons côtiers et 10^6 particules ml^{-1} pour les échantillons du large, sont dans la gamme des abondances virales rapportées dans la littérature pour des environnements similaires [23].

En résumé, l'utilisation du VSSC sur **une nouvelle génération de cytomètre en flux équipé de photodiodes en avalanche** augmente la précision de la mesure de l'abondance des virus dans les échantillons marins, variable indispensable en recherche en écologie virale afin de mieux comprendre le rôle des virus dans le fonctionnement de l'écosystème. 

Références :

1. Suttle CA. Viruses in the sea. *Nature* 2005; 437:356-361.
2. Weinbauer MG. Ecology of prokaryotic viruses. *FEMS microbiology reviews* 2004; 28:127-181.
3. Weinbauer M, Bettarel Y, Cattaneo R, Luef B, Maier C, Motegi C, Peduzzi P, Mari X. Viral ecology of organic and inorganic particles in aquatic systems: avenues for further research. *Aquatic Microbial Ecology* 2009; 57:321-341.
4. Wommack KE, Nasko DJ, Chopyk J, Sakowski EG. Counts and sequences, observations that continue to change our understanding of viruses in nature. *Journal of Microbiology* 2015; 53:181-192.
5. Bergh Ø, Børshiem KY, Bratbak G, Haldal M. High abundance of viruses found in aquatic environments. *Nature* 1989; 340:467-468.
6. Børshiem KY, Bratbak G, Haldal M. Enumeration and biomass estimation of planktonic bacteria and viruses by transmission electron microscopy. *Applied and Environmental Microbiology* 1990; 56:352-356.
7. Proctor LM, Fuhrman JA. Viral mortality of marine bacteria and cyanobacteria. *Nature* 1990; 343:60-62.
8. Suttle CA, Fuhrman JA. Enumeration of virus particles in aquatic or sediment samples by epifluorescence microscopy. In: Wilhelm SW, Weinbauer MG, Suttle CA, editors. *Manual of aquatic viral ecology*. Waco,

TX: American Society of Limnology and Oceanography; 2010. p 145-153.

9. Patel A, Noble RT, Steele JA, Schwabach MS, Hewson I, Fuhrman JA. Virus and prokaryote enumeration from planktonic aquatic environments by epifluorescence microscopy with SYBR Green I. *Nature protocols* 2007; 2:269.
10. Olson R, Vulot D, Chisholm S. Marine phytoplankton distributions measured using shipboard flow cytometry. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers* 1985; 32:1273-1280.
11. Yentsch CM, Horan PK, Muirhead K, Dortch Q, Haugen E, Legendre L, Murphy LS, Perry MJ, Phinney DA, Pomponi SA. Flow cytometry and cell sorting: A technique for analysis and sorting of aquatic particles. *Limnology and Oceanography* 1983; 28:1275-1280.
12. Chisholm SW, Olson RJ, Zettler ER, Goericke R, Waterbury JB, Welschmeyer NA. A novel free-living prochlorophyte abundant in the oceanic euphotic zone. *Nature* 1988; 334:340-343.
13. Lomas MW, Bronk DA, van den Engh G. Use of flow cytometry to measure biogeochemical rates and processes in the ocean. *Annual review of marine science* 2011; 3:537-566.
14. Marie D, Simon N, Guillou L, Partensky F, Vulot D. Flow cytometry analysis of marine picoplankton. In: Diamond RA, DeMaggio S, editors. *In Living Color: Protocols in Flow Cytometry and Cell Sorting*; 10.1007/978-3-642-57049-0_34. New York, NY, USA: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2000. p 421-454.
15. Brussaard CP, Payet JP, Winter C, Weinbauer MG. Quantification of aquatic viruses by flow cytometry. In: Wilhelm SW, Weinbauer MG, Suttle CA, editors. *Manual of Aquatic Viral Ecology*. Waco, Texas: American Society of Limnology and Oceanography; 2010. p 102-109.
16. Noble RT, Fuhrman JA. Use of SYBR Green I for rapid epifluorescence counts of marine viruses and bacteria. *Aquatic Microbial Ecology* 1998; 14:113-118.
17. Magiopoulos I, Pitta P. Viruses in a deep oligotrophic sea: Seasonal distribution of marine viruses in the epi-, meso- and bathypelagic waters of the Eastern Mediterranean Sea. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 2012; 66:1-10.
18. Payet JP, Suttle CA. Physical and biological correlates of virus dynamics in the southern Beaufort Sea and Amundsen Gulf. *Journal of Marine Systems* 2008; 74:933-945.
19. Winter C, Kerros M-E, Weinbauer MG. Seasonal and depth-related dynamics of prokaryotes and viruses in surface and deep waters of the northwestern Mediterranean Sea. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 2009; 56:1972-1982.
20. Zucker RM, Ortenzio JNR, Boyes WK. Characterization, detection, and counting of metal nanoparticles using flow cytometry. *Cytometry Part A* 2016; 89A:169-183.
21. McVey MJ, Spring CM, Kuebler WM. Improved resolution in extracellular vesicle populations using 405 instead of 488 nm side scatter. *Journal of Extracellular Vesicles* 2018; 7:1454776.
22. Wisgrill L, Lamm C, Hartmann J, Preißing F, Dragosits K, Bee A, Hell L, Thaler J, Ay C, Pabinger I. Peripheral blood microvesicles secretion is influenced by storage time, temperature, and anticoagulants. *Cytometry Part A* 2016; 89A:663-672.
23. Wommack KE, Colwell RR. Virioplankton: Viruses in Aquatic Ecosystems. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 2000; 64:69-114.

Éliminer les microplastiques

Par Didier Robert et Eric Lichtfouse

Didier Robert : Maître de conférences HDR au sein de l'Institut de Chimie et Procédés pour l'Énergie, l'Environnement et la Santé (ICPEES-UMR 7515) antenne de Saint-Avold, Université de Strasbourg, IUT-ME.

Eric Lichtfouse : Docteur en géochimie organique (Géosciences de l'Environnement), Université Aix-Marseille, CNRS, IRD, INRAE, CEREGE.

Co-auteurs: **WANG Chuanyi**, Président académique de la *Shaanxi University of Science and Technology (SUST)* ; *School of Environmental Science and Engineering (SUST Xi'an)*.

Notre collaboration qui associe les laboratoires CNRS des **Universités de Strasbourg et Aix-Marseille** avec l'**Université des Sciences et Technologies du Shaanxi** fait l'inventaire des méthodes pour **dépolluer les microplastiques** [1].

Les microplastiques sont des contaminants qui ont été identifiés récemment dans les organismes vivants et dans la plupart des milieux naturels dans le monde entier. Cette présence pose un problème de santé car d'une part, certains microplastiques sont toxiques, et d'autre part, ils transportent d'autres contaminants et des microbes pathogènes. C'est également un problème de changement climatique car **la plupart des plastiques proviennent du pétrole**, et donc leur dégradation augmente la teneur en CO_2 de l'atmosphère.

Le «Plasticocène», l'ère du plastique

Depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, la transformation de notre société s'est accompagnée d'une augmentation régulière de la capacité de production de matières plastiques. Elle a donné naissance à « **l'ère des plastiques** » [2]. La durée « d'utilisation » des produits plastiques peut varier d'une année à plus de 50 ans en fonction de leur utilisation et de leur nature. Ils sont ensuite éliminés comme déchets qui seront soit recyclés (9%), soit utilisés pour la **valorisation énergétique** (12%), mis en **décharge** (8%) ou **perdus dans l'environnement** (71%).

Par conséquent, le rejet et l'accumulation de déchets plastiques dans l'environnement représentent **une pollution majeure** au niveau mondial.

En effet, on considère que **près de la moitié des déchets plastiques ont été rejetés dans l'environnement en 2015** [3]. A l'échelle planétaire chaque année, plus de 350 millions de tonnes d'objets en plastique sont produites et environ 13 millions de tonnes sont rejetées dans les rivières et les océans [4] (Figure 1). Ce sont ainsi plus de **250 millions de tonnes** de déchets en plastique qui devraient s'accumuler d'ici 2025 [5].

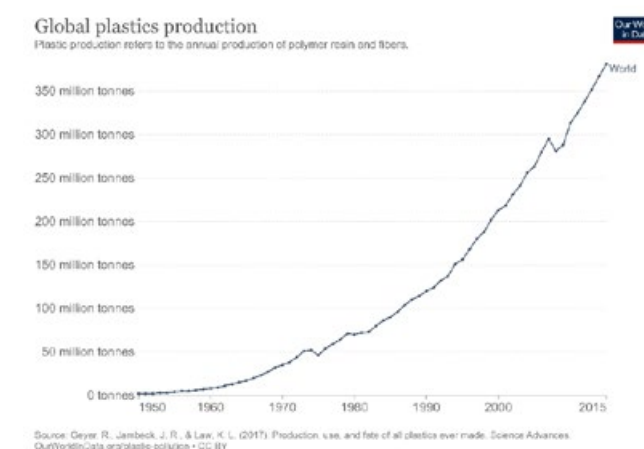


Figure 1 : Production mondiale de matériaux plastiques

D'où proviennent les microplastiques ?

Les débris et particules de plastique sont classés par taille. Les microplastiques (MPs) sont le plus souvent définis comme faisant moins de 5 mm, tandis que les plus petits, les nanoplastiques (NPs), sont caractérisés avec une taille allant de 1 nm à 1 μm [6]. Les MPs apparaissent dans les masses d'eau de surface et dans les mers et océans selon deux origines (Figure 2, page suivante) :

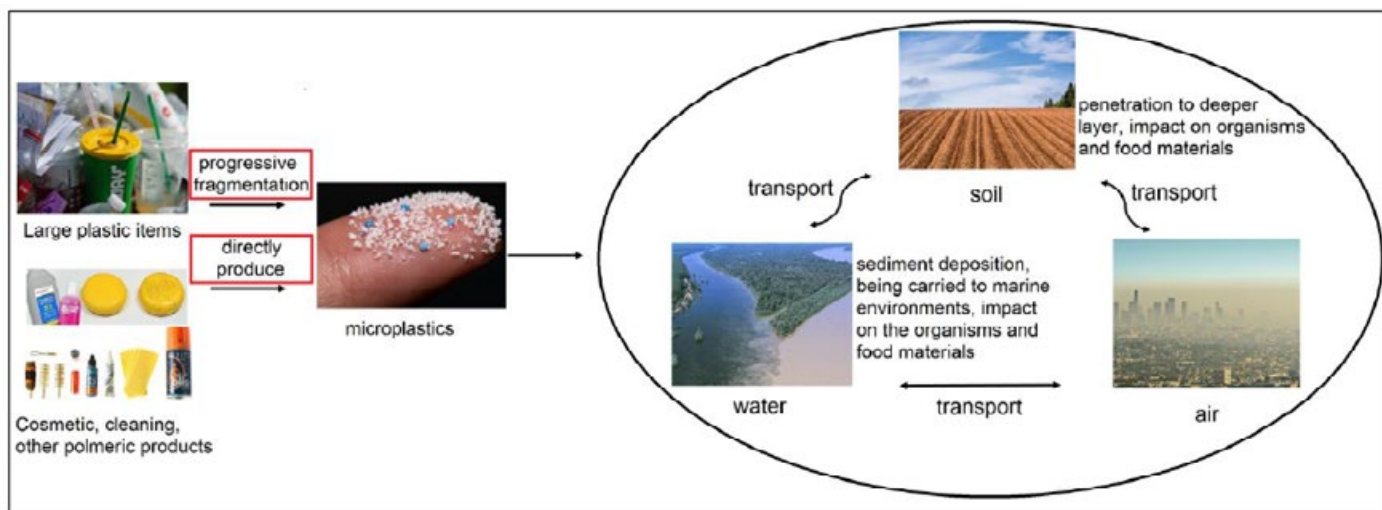


Figure 2 : Voies de transport des microplastiques depuis les sources d'origine vers les différents environnements.

- **Le transport dans le milieu marin sous forme de microparticules synthétiques** : par exemple des microbilles incorporées dans les produits cosmétiques et de soins personnels, dans les peintures, dans l'électronique ou certains adhésifs [7]. Ils sont également émis par les imprimantes 3D.
- **La fragmentation de gros débris de plastique par différents processus** : photodégradation par les ultraviolets, biodégradation, processus de dégradation mécaniques et chimiques, qui vont donc former ce qu'on appelle des MPs secondaires. Cependant, une grosse partie provient également de la fragmentation des matériaux plastiques dans les stations de traitement de l'eau (STEPs), ces micro- et nanoparticules se retrouvant ensuite dans les océans via les eaux de surface [8].

La présence des MPs dans les milieux aquatiques est maintenant bien identifiée et étudiée depuis le début du 21^{ème} siècle. Ils ont été détectés dans les eaux douces, les mers et les océans du monde entier y compris au niveau des pôles [9]. Cependant, l'intérêt de la communauté scientifique pour **les technologies de réduction ou d'élimination des microplastiques dans l'eau est très récent**. Si les microplastiques ont fait l'objet de travaux plus anciens, les premières études sur l'élimination des NPs ont été publiées il y a moins de 5 ans. C'est pour cette raison, qu'avec nos collègues : **WANG Chuanyi** et **Mohsen Padervand** de la *Shaanxi University of Science and Technology*, nous avons pensé qu'il était opportun de faire le point sur ce sujet sous la forme d'un article de revue publié dans le journal « *Environmental Chemistry Letters* » [1].

De nouveaux polluants toxiques

La toxicité des MPs peut avoir plusieurs origines. Elle peut être **chimique**. Par exemple, la présence de **résidus de polystyrène** dans les aliments causerait de graves problèmes de santé, tandis que les **résines époxy de bisphénol A** sont absorbées par les tissus vivants, interférant avec le taux de division cellulaire [10]. D'autre part, la libération d'**additifs chimiques**, utilisés pendant les processus de fabrication des polymères pour améliorer les performances des produits, y compris les additifs fonctionnels tels que les plastifiants, les stabilisants thermiques, les retardateurs de flamme et les antioxydants, les colorants, provenant des matériaux à base de plastique constituent une autre source d'effets toxiques.

La toxicité des MPs peut avoir également une **origine physique**. En 2015, des chercheurs ont montré que la forme et la texture des microplastiques ingérés par des amphipodes d'eau douce (des petits crustacés) influençaient leurs effets toxiques ainsi que leur capacité d'absorption [11]. Selon les résultats de cet article, **les fibres de microplastique de polypropylène** étaient plus toxiques que les particules sphériques. Ils ont attribué cela au temps de séjour plus long des fibres dans l'intestin, ce qui peut affecter la capacité de transformation des aliments.

Enfin, les microplastiques peuvent être des **vecteurs de micro-organismes toxiques** dans l'environnement. Ainsi une équipe allemande a mis en évidence, le transport de bactéries pathogènes (*V. parahemolyticus*) sur des microparticules de polyéthylène, de polypropylène et de polystyrène recueillies en mer du Nord [12].

Comment éliminer les microplastiques des eaux de surface ?

Supprimer tous les microplastiques présents dans les océans semble irréaliste et utopique. Cependant, **limiter leurs rejets dans l'environnement est possible**, par exemple en agissant en amont sur les stations municipales de traitement de l'eau. Actuellement, les matières plastiques sont principalement éliminées par des procédés **physico-mécaniques** (décantation, sédimentation, dégrillage, flottation...), **physico-chimiques** (coagulation-floculation, aération et clarification, séparation membranaire), biologiques (biofilm/boues activées...) et **chimiques** (oxydation, chloration, désinfection...).

Les processus intervenant dans les stations d'épuration peuvent donc être classés en deux catégories : **les processus de séparation** (coagulation-floculation, séparation membranaire, etc.) et **les processus de dégradation** (photo-oxydation, traitement biologique, etc.). Ils sont également considérés comme des étapes de traitement préliminaires, primaires, secondaires et tertiaires.

Néanmoins, les plus petits débris plastiques compris entre 20 et 100 nm (les NPs) peuvent contourner toutes ces étapes de traitement, et sont rejetés dans l'environnement [13]. À ce jour, aucune étude à grande échelle n'a été réalisée sur le rejet de NPs dans les eaux de surface, principalement parce qu'ils sont difficiles à détecter et à quantifier. De nombreuses études suggèrent que malgré leur mise à niveau, les stations d'épuration représentent toujours une voie importante de rejet quotidien de micro- et nanoplastiques dans l'environnement [14].

Vers la recherche de nouveaux procédés d'élimination des micro et nanoplastiques

D'autre part, les MPs perturbent le fonctionnement des procédés classiques de **traitement des eaux usées** (ralentissement de la filtration rapide sur sable, colmatage des filtres à membranes, etc.) et contrairement à la majorité des MPs, les NPs sont rejetées en quasi-totalité dans les milieux naturels. De plus, le principal inconvénient de la plupart des procédés conventionnels

est qu'ils sont non destructifs et ne font que transférer cette pollution vers d'autres sites (sur des filtres ou des adsorbants). Par exemple, les procédés de coagulation/floculation ou d'électrocoagulation produisent de grands volumes de boues contenant de fortes concentrations en microplastiques [15].

Le développement de **procédés de dégradation et de minéralisation** respectueux de l'environnement est donc nécessaire pour éliminer les MPs et surtout les NPs présents dans l'eau potable ou dans les eaux usées. Dans ce contexte, les **procédés d'oxydation avancés (POA)** peuvent représenter une solution intéressante pour la dégradation des NPs [16]. Le principe général des POA est basé sur la **génération in-situ d'agents oxydants puissants**, tels que les radicaux hydroxyles (HO•), à une concentration suffisante pour décontaminer efficacement les eaux. Au cours des 30 dernières années, plusieurs études ont comparé l'efficacité des principaux procédés d'oxydation avancés. Cependant, la plupart d'entre elles se sont concentrées sur la **dégradation des molécules organiques** (pesticides, colorants, médicaments, etc.) et leurs sous-produits [16]. Il n'y a eu que quelques tentatives sur les microplastiques. Une étude récente a montré qu'une **technologie de type électro-Fenton** basée sur une cathode TiO₂/graphite, était capable de dégrader le chlorure de polyvinyle (PVC) [17] (Figure 3).

Cependant, toutes les études sur la dégradation catalytique, photocatalytique et électrochimique des MP et des NP ont été réalisées à l'échelle du laboratoire, et des recherches supplémentaires sont nécessaires pour évaluer les défis associés à la mise à l'échelle.

La photocatalyse hétérogène utilisée pour éliminer des nanobilles de plastique

Peu de travaux ont été réalisés sur l'élimination des micro et nanoplastiques par **photocatalyse** hétérogène. Notre équipe de l'ICPEES à Strasbourg a été une des premières à démontrer la faisabilité de la dégradation photocatalytique de nanoparticules calibrées de polyméthacrylate de méthyle (PMMA) et de polystyrène (PS) avec des mousses de TiO₂-P25/β-SiC sous lumière UV-A [18]. Ainsi, lors de la

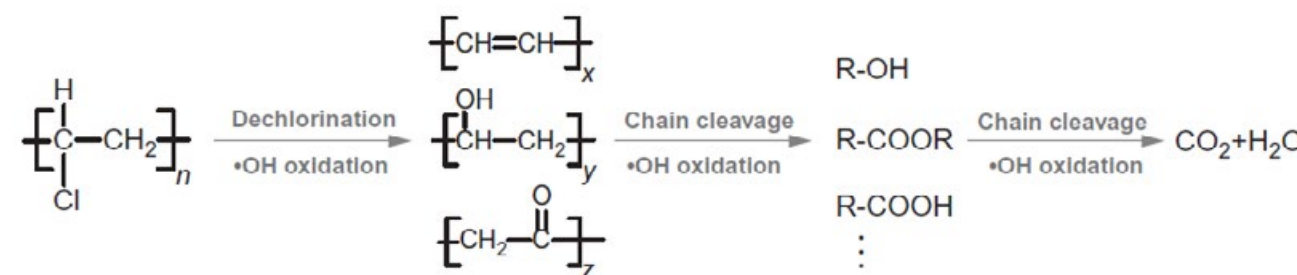
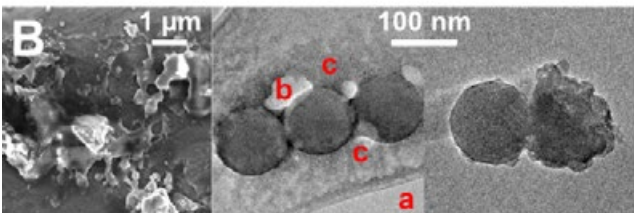
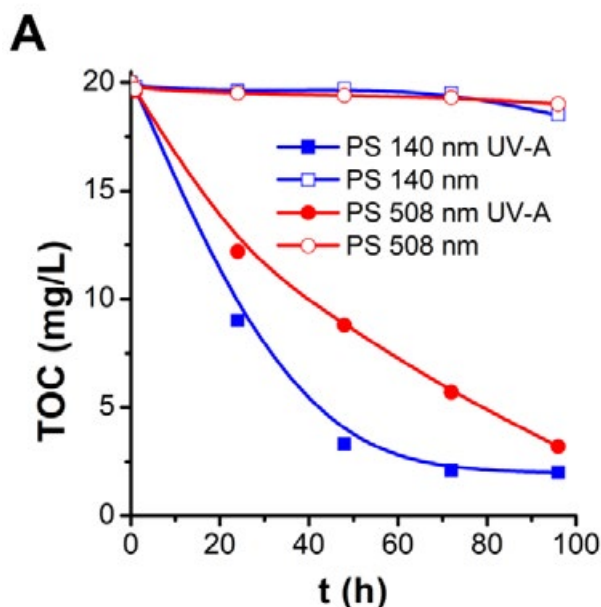


Figure 3 : Mécanisme de dégradation du PVC par électro-Fenton [17]

dégradation photocatalytique de suspensions de nanobilles de polystyrène (Figure 4A), nous avons montré une minéralisation de près de 80 % après 96h de traitement. L'image au microscope de la figure 4B après 48h d'irradiation montre la présence de débris polymériques avec une grande variété de tailles et de formes.



■ Figure 4 : Dégradation photocatalytique d'une suspension de nanobilles de polystyrène en présence de TiO₂ supporté sur mousse de SiC et sous irradiation UV.

Les images en microscopie révèlent la transformation de forme des NP de polystyrène sphériques de départ bien définis et montrent à quel point la morphologie des nanoparticules a été affectée par les multiples attaques des radicaux ((a) trou de membrane de carbone, (b) membrane de carbone, (c) matériau polymère libéré des nanobilles de polystyrène).

Nous avons également observé l'influence de la taille des nanoparticules de PS sur la vitesse de minéralisation, ainsi que d'autres facteurs tels que le pH, l'intensité de l'irradiation et le débit de la suspension dans le réacteur.

La quantité de carbone permet d'avoir une estimation de la proportion de nanopolymères photo-oxydés et

minéralisés. Pour obtenir plus d'informations sur la proportion de nanobilles de PS restantes, nous avons utilisé la **chromatographie en phase gazeuse par pyrolyse** couplée à la **spectroscopie de masse (Py-GC/MS)**, qui est une méthode prometteuse pour la **caractérisation et la quantification** directes des MPs et des NPs dans des échantillons environnementaux grâce à l'analyse de leurs produits de pyrolyse spécifiques. De plus, des analyses par pyGC/MS à basse température permettent de détecter la présence de sous-produits de dégradation lors de la photocatalyse du PS. Ainsi, plusieurs molécules dont l'acide acétique, l'acide benzoïque, la benzophénone et le monobenzoate de 1,2-Ethanediol ont été détectées. ☞

Références

[1] Padervand M, Lichtfouse E, Robert D, Wang C: Removal of microplastics from the environment. A review, *Environ Chem Lett* 18(3):807–828, 2020
 [2] Thompson, R.C., Moore, C. J., vom Saal, F. S., Swan, S. H. (2009). Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philos. Trans. R. Soc. London.* 364, 2153–2166.
 [3] Lebreton, L., Andrady, A. L. (2019) "Future scenarios of global plastic waste generation and disposal." *Palgrave Communications* 5: 1-11.
 [4] Geyer, R., Jambeck, J. R., Law, K.L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci. Adv.* 3, e1700782.
 [5] Foerster K.H. (2017). In: Idweaver (Ed.), *Plastics Europe -Association of Plastic Manufacturers.*
 [6] Gigault J, Ter Halle A, Baudrimont M, Pascal PY, Gauffre F, Phi T, El Hadri H, Grassl H, Reynaud S, (2018) Current opinion: What is a nanoplastic?, *Environ. Pollut.* 235, 1030.
 [7] Koelmans, A.A., Besseling, E., Shim, W.J. (2015) Nanoplastics in the aquatic environment. *Critical Review.* In : *Marine Anthropogenic Litter*; Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M. (2015). Eds.; Springer International Publishing.; pp 325– 340
 [8] Law K.L., (2017). Plastics in the Marine Environment. *Ann. env. Mar. Sci.*, 9, 205.
 [9] Eriksen M., et al, (2013). Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Mar. Pollut. Bull.*, 77, 177.
 [10] Lau O-W, Wong S-K (2000) Contamination in food from packaging material. *Journal of Chromatography A* 882 (1-2), 255-270.
 [11] Au SY, Bruce TF, Bridges WC, Klaine SJ (2015) Responses of *Hyalella azteca* to acute and chronic microplastic exposures. *Environmental Toxicology and Chemistry* 34 (11), 2564-2572.
 [12] Kirstein IV, Kirmizi S, Wichels A, Garin-Fernandez A, Eler R, Martin L, Gerdtz G (2016) Dangerous hitchhikers? Evidence for potentially pathogenic *Vibrio* spp. on microplastic particles. *Marine environmental research* 120, 1-8
 [13] Cesa, F.S., Turra, A., Baruque-Ramos, J., (2017) Synthetic fibers as microplastics in the marine environment: a review from textile perspective with a focus on domestic washings. *Sci. Total Environ.* 598, 1116-1129.
 [14] Enfrin M, Dumée L.F., Lee J., (2019) Nano/microplastics in water and wastewater treatment processes, origin, impact and potential solutions, *Water Research* 161, 621-638.
 [15] Talvitie, J., Mikola, A., Koistinen, A., Setälä, O., (2017). Solutions to microplastic pollution - removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies. *Water Res.* 123, 401–407.
 [16] Brillas E, (2020) A review on the photoelectro-Fenton process as efficient electrochemical advanced oxidation for wastewater remediation. *Treatment with UV light, sunlight, and coupling with conventional and other photo-assisted advanced technologies*, *Chemosphere*, 250, 126198.
 [17] Miao F, Yanfeng L, Mingming G, et al.: Degradation of polyvinyl chloride microplastics via an electro-Fenton-like system with a TiO₂/graphite cathode, *J Hazard Mater* 399:123023, 2020.
 [18] Allé P.H., Garcia-Munoz P., Adouby K., Keller N., Robert D., (2021). Efficient photocatalytic mineralization of polymethylmethacrylate and polystyrene nanoplastics by TiO₂/β-SiC alveolar foams. *Env. Chem. Lett.* 19, 1803.

Gains et coûts à l'urbanisation en Chine

Par Pierre-Philippe Combes et Sylvie Démurger

Pierre-Philippe Combes (Directeur de recherche CNRS, UMR8259, Département d'économie de Sciences Po)

Sylvie Démurger (Directrice de recherche CNRS, UMR5062, Institut d'Asie Orientale)

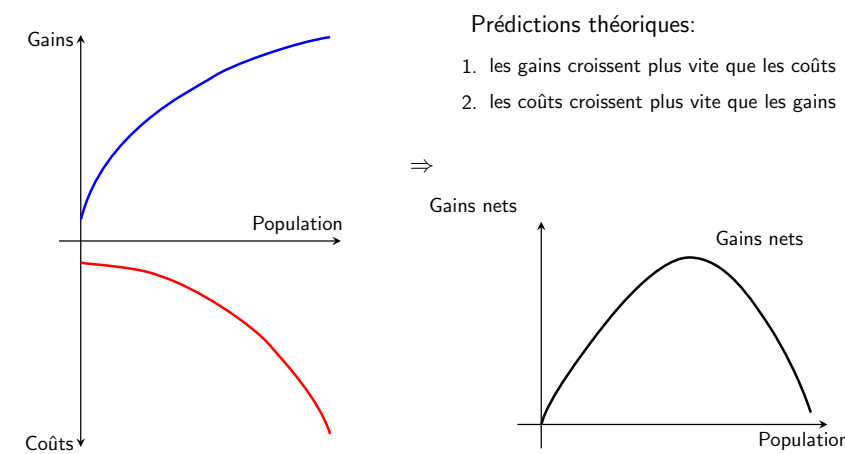
Les recensements décennaux de la population chinoise, dont le plus récent date de 2020, mettent en lumière une urbanisation extrêmement rapide du pays depuis le début des années 2000, qui contraste fortement avec les décennies antérieures d'une urbanisation très réglementée. Ainsi en 2020, **63.9 % de la population chinoise vit en zone urbaine**, soit une augmentation de 27.7 points de pourcentage par rapport à 2000 et de 43 points par rapport à 1982. Cette urbanisation a été largement alimentée par une **accélération sans précédent de la mobilité de la main d'œuvre rurale**, entraînant à partir des années 2000 des flux migratoires massifs des campagnes vers les villes. Ceux-ci n'ont par ailleurs pas manqué de susciter des inquiétudes quant à la gestion de l'expansion de la population urbaine, l'offre d'infrastructures urbaines et de services publics adéquats, ou encore, la stabilité sociale dans les villes.

Dans une série de travaux menés en collaboration d'une part avec **LI Shi** (*Beijing Normal University*, puis *Zhejiang University*) et **WANG Jianguo** (*Beijing Information Science and Technology University*), et d'autre part avec **CHEN Ziyang** (*Hong Kong University of Science and Technology*) et **LIU Xiuyan** (*Southeast University*), nous cherchons à identifier empiriquement **les gains et les coûts de cette urbanisation rapide** afin de mieux en cerner les enjeux.

Le champ de la recherche en économie urbaine prédit généralement des rendements positifs à l'échelle urbaine. Ceux-ci résultent d'effets d'agglomération qui comprennent des économies d'échelle dans la production finale mais aussi dans le partage d'intrants, la diffusion des connaissances, et de meilleurs appariements sur les marchés locaux du travail. **L'échelle urbaine augmente**

la productivité -et par suite le revenu nominal des employés- par des canaux divers, une technologie plus efficace de façon générale, et en particulier une plus grande efficacité de la main-d'œuvre, des revenus plus élevés pour les entreprises et des coûts moindres. Cependant, l'urbanisation induit également des coûts, monétaires comme non-monétaires, qui sont liés à l'augmentation des prix des terrains et du logement, aux coûts de transports intra et inter-villes, à la congestion des biens publics locaux ou encore à une pollution accrue ou des risques de criminalité plus élevés.

Une grande partie de la théorie urbaine contemporaine considère les villes comme le résultat d'un arbitrage entre des économies d'agglomération concaves en fonction de la taille de la ville et des coûts urbains convexes. Il en résulte que, d'un point de vue théorique, les gains nets des coûts produits par des migrations des petites vers les grandes villes seraient d'abord croissants puis décroissants, formant ainsi une relation en forme de cloche entre les salaires réels des résidents et la taille des villes. (Figure 1)



■ Figure 1 : Visualisation de la relation en forme de cloche entre les salaires réels des résidents et la taille des villes.

Effets d'agglomération et migrations internes augmentent la productivité dans les villes chinoises

Nos travaux avec LI Shi et WANG Jianguo ont eu pour objectif **d'estimer l'amplitude des économies d'agglomération en Chine** en tenant compte du rôle particulier de la migration interne sur les gains de productivité en ville¹. La simple augmentation de la population urbaine induite par les flux migratoires peut être bénéfique pour la productivité du travail à travers les économies d'agglomération standards.

En parallèle, la littérature économique sur la migration internationale a mis en avant le fait qu'en créant un choc sur l'offre de main-d'œuvre non-qualifiée, un afflux de migrants peut aussi peser sur les opportunités d'emploi pour les travailleurs locaux non-qualifiés et exercer ainsi une pression à la baisse sur les salaires. Cela reflète des préoccupations similaires pour les pays développés et les migrants internationaux. Néanmoins, il peut exister des complémentarités entre résidents urbains –relativement qualifiés– et migrants non-qualifiés et dans ce cas, l'externalité positive induite des migrants vers les travailleurs locaux peut compenser l'effet négatif de l'augmentation de l'offre de main-d'œuvre non-qualifiée. Par conséquent, le signe de l'effet dépend *in fine* du degré de substituabilité ou de complémentarité entre migrants et résidents urbains.

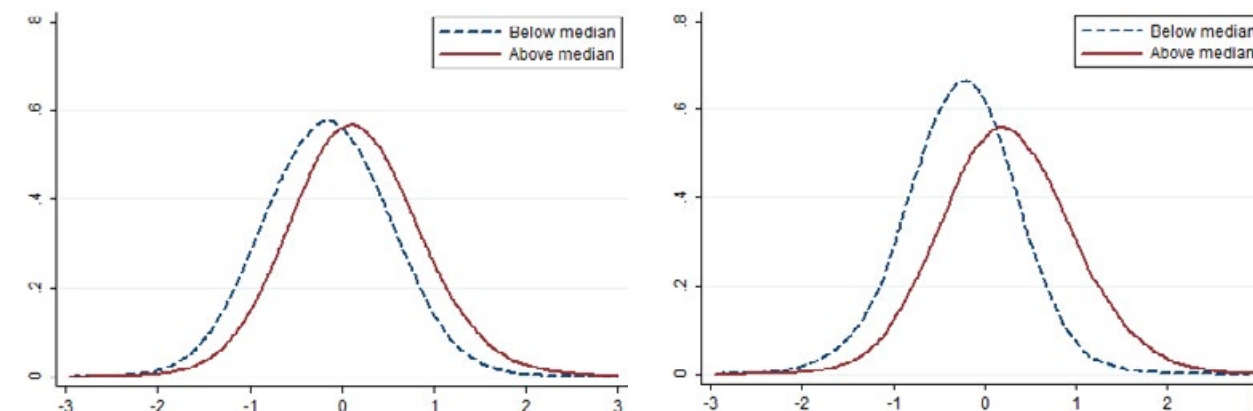
« La localisation explique une grande partie des disparités salariales nominales dans les villes chinoises. »

A l'aide de données microéconomiques issues **d'enquêtes ménages**², nous avons mis en évidence **l'importance de la localisation**, qui explique une grande partie des disparités salariales nominales dans les villes chinoises. Ainsi, en contrôlant par les caractéristiques des individus et des entreprises, **l'élasticité estimée des salaires par rapport à la densité de l'emploi** dans les villes chinoises est

environ trois fois plus importante que ce que l'on trouve habituellement pour l'Europe ou l'Amérique du Nord avec des spécifications similaires. En ce qui concerne **l'externalité de la migration interne**, l'impact de la part locale des migrants sur les salaires des résidents locaux est positif et significatif, complétant les autres gains d'agglomération. A titre illustratif, nos estimations suggèrent que, à population résidente locale constante, si de nouveaux migrants s'installent dans une ville de sorte que la part des migrants dans l'emploi total passe du premier quartile de la distribution de la variable migrant dans les villes chinoises au dernier quartile, alors l'augmentation salariale associée pour les résidents urbains de la ville est de 10%. Près des deux tiers de cet effet provient de la complémentarité des migrants avec les résidents urbains, et un tiers résulte des effets d'agglomération dus à l'augmentation de la densité d'emploi totale induite par l'afflux de migrants.

Cet effet n'est cependant pas homogène entre les différents groupes de travailleurs et si la localisation joue un rôle important dans l'explication des revenus individuels en Chine urbaine, c'est à des degrés divers en fonction du **niveau de qualification** et du **statut de résident ou de migrant**. C'est ce que nous avons mis en évidence à l'aide des données du **mini-recensement de 2005** qui permettent de distinguer, au sein des résidents urbains, les qualifiés et les non-qualifiés et de les comparer aux migrants ruraux³. Ainsi, les résidents urbains hautement qualifiés gagnent considérablement plus à l'urbanisation et à l'arrivée de migrants ruraux que les résidents urbains peu qualifiés, ceux-ci gagnant néanmoins plus que les migrants ruraux eux-mêmes.

Nous sommes également en mesure **d'identifier l'impact de la migration** simultanément au niveau de la ville et du secteur d'activité et nous montrons que cet impact diffère entre ces niveaux. Ainsi à l'échelle de la ville, une augmentation de la proportion de migrants par rapport aux travailleurs peu qualifiés **impacte positivement tous les groupes, y compris les migrants**, l'effet étant le plus fort pour les résidents urbains hautement qualifiés (Figure 2).



(a): Résidents urbains peu qualifiés

(b): Résidents urbains hautement qualifiés

■ Notes: Estimations à partir des données du mini-recensement chinois de 2005.

Figure 2 : Distribution du (logarithme) des salaires individuels des résidents urbains peu et hautement qualifiés dans les villes situées au-dessus et au-dessous de la part médiane de migrants.

A titre d'exemple, toutes choses égales par ailleurs, le taux de migration plus élevé à Shanghai contribue à un écart de 44 % des salaires des résidents urbains hautement qualifiés par rapport à ceux de Nanchang⁴. L'écart en faveur de Shanghai dû à la présence de migrants se réduit à 26% pour les résidents urbains peu qualifiés et à 10% pour les migrants ruraux. Par contraste, à l'échelle du secteur d'activité (au sein de la ville), les résidents urbains peu qualifiés et les migrants ruraux sont légèrement pénalisés par les migrants au sein de leur secteur d'activité. Cet effet de substitution en intra-industrie vient en partie contrebalancer l'effet externe positif de la migration au niveau de la ville pour ces deux groupes de travailleurs.

Les coûts à l'agglomération dominant-ils les gains ?

Si les gains d'agglomération sont importants en Chine -et induisent des gains de revenus nominaux-, l'urbanisation extrêmement rapide du pays a également généré des coûts nouveaux pour les employés, notamment en termes de **prix des logements**, qu'il est nécessaire de prendre en compte pour mesurer les écarts de revenu réel d'une ville à l'autre. Le grand boom immobilier des années 2000-2010, principalement alimenté par une demande élevée des résidents urbains, s'est traduit par une **augmentation**

simultanée de la quantité de logements et des prix.

Ainsi, entre 1996 et 2018, la construction annuelle de nouveaux logements a quadruplé, passant de 500 millions à **2 milliards de mètres carrés**. De 2003 à 2018, le prix moyen des logements urbains a quant à lui augmenté de **290%**, avec de fortes disparités entre les villes, le prix moyen des logements dans les villes les plus prisées, Pékin et Shanghai, ayant été multiplié par quatre ou cinq.

Dans un projet en cours avec **CHEN Ziyang** (*Hong Kong University of Science and Technology*) et **LIU Xiuyan** (*Southeast University*), notre objectif est de mesurer ce type de coûts à l'agglomération. Pour cela, il est nécessaire dans un premier temps de **construire un indice des prix du logement** qui dépend lui-même de trois grandeurs à estimer : les élasticités par rapport à la population de la ville du prix unitaire des terrains, de la part des terrains dans la production de logements et de la part des logements dans les dépenses des ménages. Pour mesurer les prix des terrains et des logements, nous avons compilé différentes sources de données administratives en ligne, notamment les transactions foncières en temps réel publiées par les bureaux fonciers locaux sur la période 2007-2015 pour toutes les villes chinoises, qui donnent des informations sur le mode d'acquisition de la parcelle, son utilisation, son prix, sa superficie et son adresse.

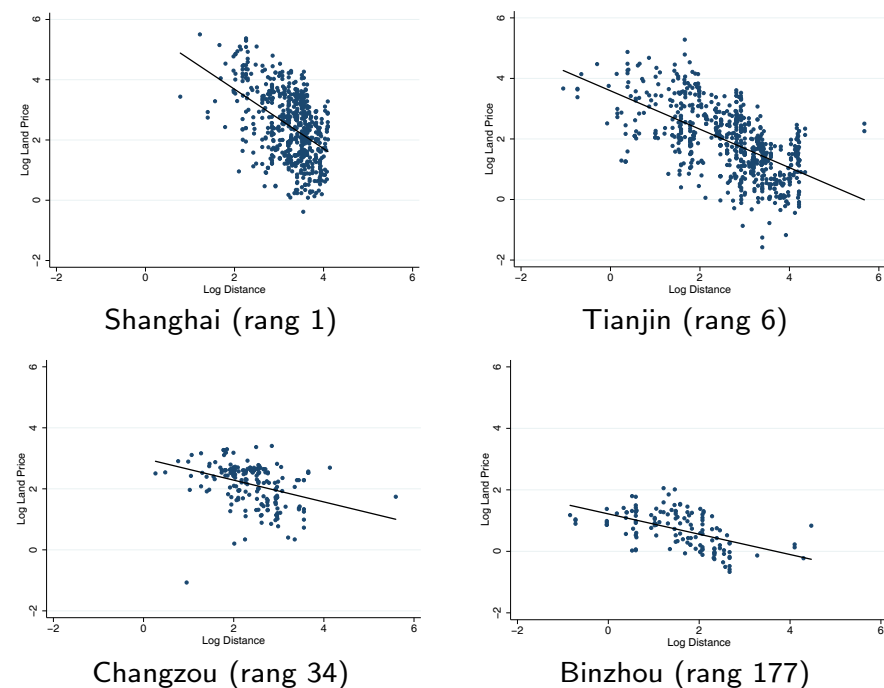
¹ Pierre-Philippe Combes, Sylvie Démurger, Shi Li & Jianguo Wang, "Unequal migration and urbanisation Gains in China", *Journal of Development Economics*, 2020, 142.

Pierre-Philippe Combes, Sylvie Démurger & Shi Li, "Productivity gains from agglomeration and migration in the People's Republic of China between 2002 and 2013", *Asian Development Review*, 2017, 34(2):1-17.

² Pierre-Philippe Combes, Sylvie Démurger & Shi Li, "Migration externalities in Chinese cities", *European Economic Review*, 2015, 76: 152-167.

³ Pierre-Philippe Combes, Sylvie Démurger, Shi Li & Jianguo Wang, "Unequal migration and urbanisation Gains in China", *Journal of Development Economics*, 2020, 142.

⁴ Nanchang est la capitale de la province du Jiangxi, située à 700 km à l'ouest de Shanghai. La densité d'emploi dans les deux villes est d'une ampleur similaire, mais ces deux villes diffèrent fortement en termes de leur ratio de migrants par rapport aux résidents urbains peu qualifiés, qui est plus de 6 fois plus important à Shanghai.



■ Notes: Le rang indique la position de chaque ville dans la distribution des villes chinoises en fonction de la taille de leur population (taille moyenne entre 2007 et 2015).
Figure 3 : Modèle urbain monocentrique : exemples de variation du prix des terrains en fonction de la distance au centre de la ville.

Les résultats préliminaires de ce travail confirment tout d'abord que **les prix des terrains en Chine sont plus élevés dans les villes les plus peuplées** et que, conformément au modèle urbain monocentrique, ils diminuent du centre à la périphérie des villes quelle que soit la taille des villes (Figure 3). S'agissant des coûts urbains du logement, ceux-ci semblent importants, d'une ampleur en moyenne similaire aux estimations pour la France. Toutefois, contrairement à la France, aux États-Unis ou au Royaume-Uni, nos estimations suggèrent que **les gains monétaires urbains individuels dominent les coûts de logement**, notamment pour les résidents urbains hautement qualifiés et pour les plus petites villes.

Ainsi, si la courbe des gains nets urbains a bien une forme de cloche, la majorité des villes se trouve sur la partie ascendante de la courbe, ce qui signifie qu'un **mouvement de main-d'œuvre vers une ville plus peuplée conduirait à l'augmentation du revenu individuel net** du coût du logement dans cette ville. Seules les très grandes villes semblent avoir atteint le début de la partie décroissante de la courbe, notamment pour les travailleurs peu qualifiés pour lesquels les coûts à l'agglomération pourraient par conséquent dominer les gains. ☘

« Nos estimations suggèrent que les gains monétaires urbains individuels dominent les coûts de logement, notamment pour les résidents urbains hautement qualifiés et pour les plus petites villes. »

Le bureau dans les laboratoires ...

A l'Institut de Protection des Plantes (IPP - CAAS)

Le Professeur Chun-Sen MA dirige l'équipe *Climate change biology of insects* à l'Institut de Protection des Plantes de l'Académie des Sciences Agricoles de Chine à Pékin. Il est également le porteur chinois du nouvel **IRP CNRS Gradients** qui étudie l'impact des changements climatiques sur les pucerons des céréales en Europe et en Chine (voir article du magazine numéro 35). Suite aux présentations des institutions françaises et chinoises et des projets de recherche en cours, la rencontre s'est poursuivie par la visite des laboratoires et des installations.



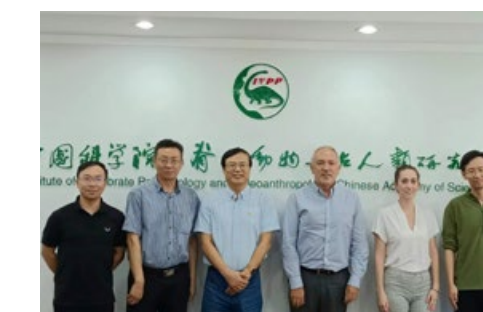
Aux Observatoires Nationaux de Chine (NAOC - CAS)

Officiellement fondée en 2001, la NAOC de la CAS gère plus de 20 sites d'observation et de plateformes en Chine, et 6 grands instruments dans le monde. C'est l'un des partenaires chinois de l'**IRP Tianguan**. La rencontre avec ZHAO Gongbo, directeur général adjoint de la NAOC et avec différents chefs de projets, a été l'occasion d'échanger sur la mission franco-chinoise **SVOM** dédiée à l'étude des sursauts gamma, sur le projet **GRAND** pour la détection des neutrinos (**IRP FCPPL**) mais aussi sur l'accès aux grands équipements chinois, LAMOST, FAST, ouverts aux coopérations internationales.



A l'Institut de Paléontologie et de Paléoanthropologie des Vertébrés (IVPP - CAS)

De renommée mondiale, l'IVPP est le **seul institut en Chine spécialisé en paléontologie**. Il est rattaché au Museum de Paléozoologie de Chine et héberge la plus grande collection de fossiles d'Asie incluant des fossiles humains et d'autres vertébrés, soit au total **plus de 210 000 spécimens**. Les collaborations de l'IVPP avec la France sont anciennes et remontent à **plus de 90 ans**. Nombreux sont ses chercheurs qui ont fait leurs études en France et ont développé des collaborations avec le **MNHN** et le **CNRS**.



© Bureau du CNRS en Chine

Chères lectrices et chers lecteurs du magazine « **Le CNRS en Chine** », le bureau se réjouit de l'attribution de la médaille de cristal du CNRS 2022 à notre collègue Karine Xié.

En poste au bureau du CNRS en Chine depuis 10 ans, Karine anime et veille depuis 2012 sur l'édition du magazine *Le CNRS en Chine*, un média d'information des activités scientifiques du CNRS dans l'Empire du Milieu. Responsable de la ligne éditoriale du journal, Karine sélectionne les articles à mettre en avant, assure la relation avec les auteurs et supervise la mise en page et l'édition du magazine. Sous son

impulsion ce média, qui ne comptait que quatre pages à ses débuts, n'a cessé d'évoluer dans son contenu et dans sa forme pour rassembler dans ses dernières éditions plus d'une cinquantaine de pages couvrant tous les domaines de l'actualité de notre coopération scientifique en Chine. Diffusé en français, et en chinois en version réduite, le magazine est aujourd'hui accessible à un large public incluant les chercheurs et les universitaires, les personnels des ministères et diplomatiques et, plus globalement, les intérêts français en lien avec la R&D.

Encore merci et félicitations à Karine. ☘

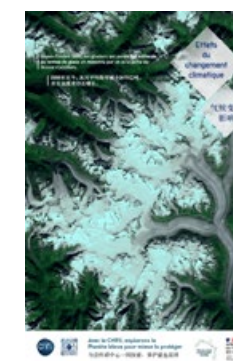


© Bureau du CNRS en Chine

« Je suis honorée de recevoir cette distinction et remercie très sincèrement la Direction du CNRS pour cet encouragement ! J'y vois une reconnaissance du travail accompli par l'ensemble de l'équipe du bureau à Pékin.

Ainsi, je partage la récompense avec mes directeurs successifs, Patrick Nedellec, Antoine Mynard, Philippe Arnaud, et avec mes collaborateurs chinois, GAO Peng et LI Xin, auprès desquels j'ai la chance d'exercer mes fonctions depuis dix ans au service de la coopération des chercheurs du CNRS en Chine. »

Karine Xié



Cette année, le **Mois Franco-Chinois de l'Environnement** (MFCE) est sur le thème de la planète bleue. Comme en 2021, le bureau du CNRS s'associe à ce temps fort de la coopération culturelle entre la France et la Chine par la réalisation d'une nouvelle exposition intitulée « **Avec le CNRS, explorons la planète bleue pour mieux la protéger** ».

A travers une série de photos extraites de CNRS Images et commentées en français et en chinois, l'exposition illustre les effets du changement climatique et les conséquences de la pollution et de la surpêche sur la faune et la flore marines. Le public pourra apprécier tout aussi bien la beauté et la diversité de notre planète que sa fragilité et sa vulnérabilité.

Cette exposition sera couplée à un ensemble de documentaires et au film « **Et si la terre était unique ?** » de Laurent Lichtenstein et co-produit par Point du Jour/France.tv Studio et CNRS Image. ☘

Du 4 au 30 novembre et du 10 au 17 novembre, l'Institut Français de Chine et l'Ambassade de France en Chine organiseront respectivement le **Mois Franco-Chinois de l'Environnement 2022** (MFCE 2022) et la **Fête de la Science** en Chine.

© CNRS Images / Bureau du CNRS en Chine



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
cnrsbeijing.cnrs.fr

Directeur de publication :
Philippe Arnaud
Responsable éditoriale :
Karine XIE
Graphisme et mise en page :
LI Xin
Contact : derci.beijing@cnrs.fr

