La quête de la qualité de l'air

Wahid Mellouki

▶ **To cite this version:**

Wahid Mellouki. La quête de la qualité de l'air. 2021. hal-03581745

HAL Id: hal-03581745
https://hal.science/hal-03581745v1

Submitted on 7 Apr 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La quête de la qualité de l'air

Par Abdelwahid Mellouki[1]

La Chine dans sa trajectoire d'amélioration de la qualité de l'air

Devenue le poumon industriel mondial, la Chine souffre… ou souffrait ?…d'une piètre qualité de l'air. La reconnaissance de ce problème, voilà près de deux décennies, a conduit à d'intenses travaux de recherches ayant pour objectif de mieux comprendre les spécificités des processus chimiques atmosphériques observés dans les mégalopoles asiatiques.

En effet, les épisodes de pollution réguliers et intenses observés et les impacts qui en résultent sur la population et les écosystèmes ont conduit les autorités chinoises à soutenir massivement les recherches dédiées à la compréhension des **mécanismes et transformations chimiques atmosphériques** conduisant à la formation d'aérosols et autres polluants gazeux notamment l'ozone, les nitrates organiques, etc. Ce soutien s'est concrétisé notamment par la **création de plusieurs centres et instituts de recherches** dans les différentes universités à travers le pays.

Finalement, des progrès conséquents ont eu lieu permettant à la Chine de prendre une trajectoire sur laquelle la qualité de l'air s'améliore. La France a pris une part active dans ce mouvement, au travers de la mise en place d'une collaboration des plus fructueuses, qui a permis non seulement des avancées scientifiques mais aussi l'éducation de nouvelles générations de chercheurs, ceux actuellement actifs en Chine.

En effet, des laboratoires français, notamment ceux du CNRS, ont participé et accompagné le **développement des axes de recherche sur la pollution atmosphérique**. Ainsi, des équipes d'**ICARE** (Institut de Combustion, Aérothermique, Réactivité et Environnement, **UPR 3021**, Orléans) et **IRCELYON** (Institut de Recherches sur la Catalyse et l'Environnement de Lyon) sont à l'origine de plusieurs collaborations entre les laboratoires français et chinois depuis plus d'une vingtaine d'années.

[1] Directeur de recherche, CNRS-ICARE/Orleans ;
e-mail: mellouki@cnrs-orleans.fr
http://www.researcherid.com/rid/H-5219-2011/
https://scholar.google.fr/citations?user=sg-u_H8AAAAJ&hl=fr&oi=ao
Editor: *Journal of Geophysical Research – Atmospheres*

Les origines de la collaboration

Les premiers contacts, initiés dans le cadre des échanges portés par le MAE, datent de la fin des années 1990 avec plus particulièrement **l'Académie des sciences de Chine** (A. Mellouki et Y. Mu). Ils ont été suivis dès le début des années 2000, par des liens avec le Prof J. Chen[2] de **l'Université de Fudan** (Shanghai). Ces collaborations ont été élargies à d'autres équipes françaises et chinoises à travers la série des colloques « ***Sino-French workshop on Atmospheric Environmen***t » dont le premier a été organisé à Pékin en 2008 et a regroupé **plus de cent participants** dont une quarantaine représentant des laboratoires français[3].

Les collaborations franco-chinoises sur la chimie atmosphérique ont été élargies à d'autres laboratoires européens dès le début des années 2010. Ainsi, des chercheurs de différents pays européens ont été invités régulièrement à participer aux colloques Franco-Chinois. Ces interactions ont conduit des chercheurs français (C. George et A. Mellouki), allemands (H. Herrmann) et chinois (J. Chen) à **créer une école d'été dédiée à la chimie atmosphériqu**e (***Sino-European School on Atmospheric Chemistry***, **SESAC**) qui se tient tous les deux ans à Shanghai depuis 2013[4] avec le soutien de la région Auvergne Rhône-Alpes. Ces écoles ont regroupé chacune plus d'une centaine de participants de Chine, d'Europe et d'ailleurs.

Sino-French workshop on Atmospheric Environment

[2] Prof CHEN Jianmin (*Fudan University*) vient d'être élu à ACADEMIA EUROPEA (https://www.ae-info.org/ae/Member/Chen_Jianmin).
Il avait reçu en 2015 les Palmes Académiques au Consulat Général de Shanghai (https://sesac2.sciencesconf.org/).

[3] Les autres colloques ont été organisés successivement à Orléans (2010), Qingdao (2012), Lyon (2014, https://sfjw2014.sciencesconf.org/), Xi'an (2016, https://sfjw2016.sciencesconf.org/), Orléans (2018, https://sfjw2018.sciencesconf.org/) et Chengdu (2019, https://sfjw2019.sciencesconf.org/). Quatre volumes spéciaux du *Journal of Environmental Sciences* ont été dédiés à ces colloques (Vol 24, 2012 ; Vol 26, 2014, Vol 40, 2016 et Vol 71, 2018).

[4] (https://sesac2.sciencesconf.org/, https://sesac3.sciencesconf.org/, https://sesac4.sciencesconf.org/)

[5] https://marsu-h2020.org/

Projets et axes des recherches

Les échanges et les collaborations entre les laboratoires français et chinois ont été très actifs dans le cadre de **deux projets européens du programme Marie Curie FP7** (**IRSES**, 2012-2016) et **H2020** (RISE, 2016-2020[5]), qui ont été coordonnés par A. Mellouki (ICARE). Plusieurs équipes chinoises étaient impliquées dans ces deux projets venant de ***Fudan University*** (Shanghai), **CRAES** (Pékin), **RCEES-CAS** (Pékin), ***Péking University***, **GIG-CAS** (Guangzhou), ***Shandong University*** (Jinan/Qingdao) et **IUE-CAS** (Fujian)[6].

Au cours de ces projets, **plusieurs campagnes d'études en laboratoire ou sur le terrain** ont été conduites en Europe et en Chine. Les résultats obtenus on fait l'objet de **plus d'une cinquantaine de publications** dans des journaux scientifiques à comité de lecture et présentés dans de nombreuses manifestations scientifiques.

Mais finalement, pourquoi tant d'intérêt pour la pollution de l'air chinoise ?

En fait, pour deux raisons majeures : stratégique et scientifique. Bien qu'à des milliers de kilomètres de la France, **les intenses épisodes de pollution asiatiques impactent la planète entière**. Il est donc essentiel de les circonvenir, ce que la Chine a entrepris avec un certain succès. Par ailleurs, la composition chimique de cet air est particulière du fait de l'intense développement industriel associé, donnant lieu à d'étonnantes découvertes.

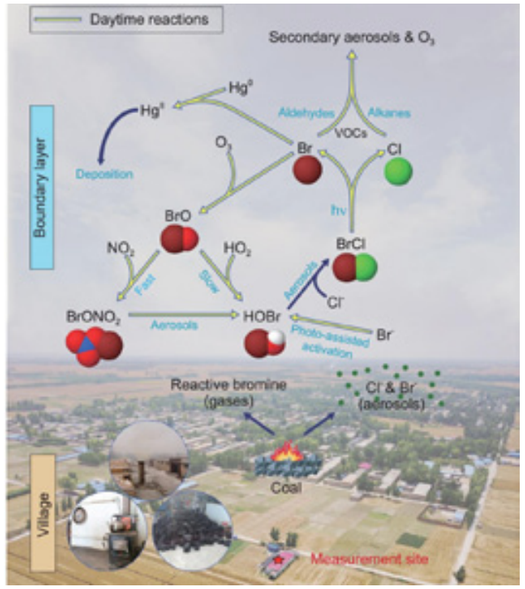
L'atmosphère est un milieu oxydant ce qui lui confère la possibilité d'éliminer en partie les polluants anthropiques. Comprendre cette capacité oxydante est donc essentielle mais aussi **un vrai défi scientifique**. Dans ce cadre, l**es composés halogénés** peuvent jouer un rôle prépondérant. Connus pour être massivement émis par les océans, l'iode, le brome et le chlore atomique sont des oxydants majeurs dans les environnements influencés par les mers et les océans, mais quid des surfaces continentales ?

Au travers d'une collaboration franco-chinoise, et plus largement internationale, il a été possible **d'observer pour la première fois par spectrométrie de masse**, des teneurs élevées (en moyenne 60 ppt) de **chlorure de brome** (BrCl) en période hivernale dans les plaines au nord de la Chine. L'origine de ce composé a été retracée et se trouve dans un mélange de photochimie et d'émissions primaires au travers de la combustion de charbon.

Qu'est-qui motive l'étude d'une espèce chimique à l'état de traces (ppt = partie par trillons) ?

La présence de cette espèce chimique augmente de 26 à 73 % les teneurs d'autres oxydants conventionnels comme OH, HO_2 et les radicaux peroxy RO_2, ce qui **double l'oxydation** des composés organiques présents et **intensifie** par conséquent **la formation d'ozone de près de 55%**.

Les conséquences sont donc majeures et souligne l'importance de contrôler au mieux les processus de combustion afin de maintenir la Chine dans sa trajectoire d'amélioration de la qualité de l'air[7]. ⌘



https://doi.org/10.1093/nsr/nwaa304

[6] Voir présentations des principaux partenaires pages : 37 à 39.

[7] https://doi.org/10.1093/nsr/nwaa304

Présentation des partenaires impliqués dans les projets

Abdelwahid Mellouki

Directeur de recherche CNRS, chimiste spécialiste en chimie atmosphérique à ICARE, a reçu le prix Yoram J.Kaufman *Outstanding Research and Unselfish Cooperation* 2020 de *l'American Geophysical Union.*

« ICARE et IRCELYON **sont** à l'origine de **plusieurs collaborations entre laboratoires français et chinois depuis plus d'une vingtaine d'années** »

En France

ICARE : Institut de Combustion, Aérothermique, Réactivité et Environnement

ICARE, UPR3021, CNRS, Orléans[1]

La pollution atmosphérique est un problème environnemental majeur avec des conséquences directes sur la qualité de la vie. Ces thèmes de recherche sont abordés actuellement avec l'objectif de contribuer à **mieux comprendre la chimie du système réactif atmosphérique** naturel ou perturbé.

Axes de recherches :

Dégradation des composés organiques volatils et semi-volatils et formation d'aérosols secondaires

- Réactivité des composés d'origine biogénique
- Réactivité des radicaux nitrates et des nitrates organiques polyfonctionnels
- Interaction halogènes-NOx-COV et impact sur la qualité de l'air
- Liens dans les chimies de la troposphère et la stratosphère : impacts de protoxyde d'azote sur le système Terre
- Simulation de la dispersion de polluants dans l'atmosphère

IRCELYON

L'IRCELYON[2], né de la fusion entre l'Institut de Recherches sur la Catalyse IRC et le Laboratoire d'Application de la Chimie à l'Environnement, LACE, est un centre de recherche de classe mondiale dédié à la compréhension globale **des réactions catalysées** appliquées aux problèmes industriels et de société dans les domaines de **l'énergie**, de **la chimie** et de **l'environnement**.

En Chine

Chinese Research Academy of Environmental Sciences

CRAES (Pékin)[3]

L'Académie chinoise de recherche en sciences de l'environnement (CRAES) a été créée en 1978, en affiliation avec le ministère de l'Écologie et de l'Environnement (MEE) de Chine. Elle mène une série d'activités de coopérations scientifiques qui soutiennent l'ensemble des objectifs du pays en matière de protection de l'environnement.

Ses missions :

- Développer la science et les technologies environnementales de la Chine
- Résoudre les grands problèmes environnementaux liés au développement économique et social
- Encourager la coopération et la communication internationales sur les problèmes environnementaux mondiaux
- Fournir un soutien technologique, une intégration technique, une démonstration, une promotion et une transition

La CRAES compte : **1 100 personnels, dont 5 académiciens, 331 chercheurs au niveau ingénieur et 350 titulaires d'un doctorat** (système complet de formation pour les diplômes de maîtrise et de doctorat).

[1] https://icare.cnrs.fr/en/icare-cnrs-orleans/

[2] https://www.ircelyon.univ-lyon1.fr/

[3] http://www.craes.cn/en/

Au total, 15 départements de recherche, 2 laboratoires clés d'État[4] et 8 laboratoires ministériels, travaillant sur les domaines de l'atmosphère, de l'eau, du sol et des déchets solides, de l'écologie, de la production propre, du contrôle des émissions des véhicules, de l'ingénierie environnementale, de la sécurité et des nomes environnementales, etc.

Research Center for Eco-Environmental Sciences

RCEES-CAS (Pékin)[5]

Le RCEES de l'académie des sciences de Chine est le premier institut de recherche complet engagé dans les sciences et technologies écoenvironnementales en Chine.

Le RCEES compte 473 personnels, dont 5 académiciens, 105 enseignants-chercheurs, 106 professeurs associés, 179 professeurs assistants et 28 chercheurs juniors et administrateurs.

Il est divisé en **11 départements** et laboratoires de recherche dont **3 laboratoires clés** (*State Key Laboratory* RCEES, CAS*)*

- SKLab de **chimie de l'environnement et d'écotoxicologie**
- SKLab de **chimie aquatique**
- SKLab d'**écologie urbaine et régionale**
- KeyLab en **biotechnologie environnementale**
- KeyLab en **sciences et technologies de l'eau potable**
- Lab. d'**environnement atmosphérique et de dépollution**
- Lab. des t**echnologies de contrôle de la pollution de l'eau**
- Lab. des **sciences de l'environnement des sols**
- Lab. des **nano-matériaux environnementaux**
- Lab. de **traitement et recyclage des déchets solides**

En matière d'éducation et de formation, le RCEES propose des **programmes de maîtrise**, **PhD et postdoctoral** en sciences de l'environnement (écologie, génie, économie et gestion de l'environnement, chimie organique, chimie analytique, biologie…).

L'Institut de géochimie de Guangzhou (GIGCAS)

L'Institut de géochimie de Guangzhou de la CAS (GIGCAS[6]), est l'une des institutions de recherche chinoises engagées dans la recherche en **sciences de la terre et de l'environnement**. Il se concentre sur la dynamique continentale, l'évolution lithosphérique et les gisements minéraux associés, l'environnement régional et le développement durable.

Domaines :

- Gisements minéraux
- Ressources en gaz naturel et en pétrole
- Dynamique continentale et évolution lithosphérique
- Géologie marine
- Composition et structure de l'intérieur de la terre profonde
- Pollution de l'environnement et développement durable
- Changements globaux.

Axes de recherche :

- Compositions et évolution dynamique des matériaux du manteau de certaines régions typiques
- Enregistrements géochimiques de l'évolution climatique et environnementale de la mer de Chine méridionale et de ses régions périphériques
- Développement et application de nouvelles techniques et méthodes pour la géochimie des hydrocarbures
- Géochimie régionale et mécanisme de pollution des polluants organiques toxiques dans la région du delta de la rivière des Perles
- Nouvelles méthodes et nouvelles techniques d'exploration et de mise en valeur des ressources océaniques
- Minéralogie à très haute pression et minéralogie du manteau.

[4] *State Key Laboratory of Environmental Criteria and Risk Assessment (SKLECRA), CRAES; National Engineering Laboratory for Lake Pollution Control and Ecological Restoration (NELLake), CRAES*
[5] http://english.rcees.cas.cn/
[6] http://english.gig.cas.cn/

Le GIGCAS associe 4 laboraroires et 2 centres[7]. Il compte 278 membres permanents, parmi lesquels 230 scientifiques (119 chercheurs titulaires, 122 chercheurs titulaires d'un doctorat), 1 académicien CAS, 1 académicien étranger (Russie), 17 lauréats du programme Talents, 13 lauréats de la fondation d'État pour jeunes scientifiques. Diplômes de maîtrise dans 8 disciplines et le diplôme de doctorat dans 4 disciplines.

L'Institut de l'environnement urbain IUE-CAS

Situé à Xiamen, dans le sud-est de la Chine (Fujian), IUE-CAS[8] est le seul institut de recherche national engagé dans des études approfondies sur **l'environnement urbain.**

Cet institut multidisciplinaire conduit des recherches fondamentales et appliquées en sciences de l'environnement. L'IUE développe des technologies pour l'assainissement de l'environnement et la gestion des déchets (englobant l'étude des impacts de l'urbanisation sur les écosystèmes et l'économie, la relation entre la qualité de l'environnement urbain et la santé, l'intégration d'instruments pour le contrôle et l'assainissement de la pollution de l'eau, du sol, de l'air etc.).

Il dispose de **4 centres de recherche** pour l'écologie et la santé urbaines, le contrôle et la restauration de la pollution urbaine, l'ingénierie de l'environnement et l'économie circulaire, la planification et la gestion, un centre d'assistance technique composé de divisions d'instruments scientifiques, un centre de calcul et de modélisation environnementale.

60 projets de recherche (financement de recherche allant jusqu'à 110 millions de RMB, soit 15 millions d'€).

l'IUE-CAS compte 760 personnes, dont 410 membres du personnel, 300 diplômés, ainsi que 50 chercheurs auxiliaires et boursiers postdoctoraux.

Education : un programme de maîtrise et un doctorat en sciences de l'environnement.

L'IUE-CAS abrite également **le Centre de coopération internationale en science et technologie**, approuvé par le MOST, le *KeyLab* Environnement et Santé Urbains (CAS) et le Centre d'ingénierie pour la sécurité et la qualité de l'eau à Xiamen.

3 universités partenaires

Fudan University (Shanghai)
pour en savoir plus :
https://www.fudan.edu.cn/en/

Péking University
pour en savoir plus :
https://www.fudan.edu.cn/en/

Shandong University (Jinan/Qingdao)
pour en savoir plus :
http://www.en.sdu.edu.cn/

[7] *State Key Laboratory of Isotope Geochemistry (SKLaBIG) ; Key Laboratory of Mineralogy and Metallogeny ; CAS Key Laboratory of Ocean and Marginal Sea Geology (OMG) ; State Key Laboratory of Organic Geochemistry (SKLOG); Research Center for Environmental Pollution and Control in the Pearl River Delta ; Research Center for Hydrocarbon and Mineral Resources*
[8] IUE-CAS : http://english.iue.cas.cn/