



AMBASSADE DE FRANCE EN ALLEMAGNE
SERVICE POUR LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE

Rédactrice : *Philippine Régniez*

Mise à jour : 01. 01 .2018

**Etat des lieux de la recherche allemande
dans le domaine du stockage de l'énergie : les batteries**

*Le stockage de l'énergie fait partie des sujets d'importance stratégique tant pour la France que pour l'Allemagne. Ces dernières années, les besoins en stockage d'énergie embarqué (batteries, micro-batteries, piles), ont crû de façon exponentielle avec l'essor des objets électroniques tels que les téléphones portables, les prothèses médicales ou encore avec l'effort consacré au développement de véhicules électriques. Le domaine des batteries est donc au cœur **d'enjeux multisectoriels** (objets connectés, téléphonie mobile, électromobilité, santé) tout en s'inscrivant dans le contexte de la lutte globale contre le réchauffement climatique. La **COP21** de 2015, le **tournant énergétique** (Energiewende) initié par l'Allemagne en 2011 et la **Loi de Transition Énergétique** (LTE) adoptée en France en 2016 assurent un contexte juridique et politique favorable à l'investissement dans la recherche scientifique de ce domaine.*

A la croisée de la microélectronique et de l'électrochimie, la recherche scientifique et industrielle sur les batteries est très dynamique en France et en Allemagne. Les principaux objectifs en sont l'allongement de la durée de vie, de la sécurité et de l'autonomie des batteries, la réduction de leur poids, l'augmentation de leurs capacités de stockage tout en veillant à diminuer voire supprimer les émissions de carbone ainsi que l'impact écologique lié au recyclage des matériaux. Si le développement des piles à hydrogène fait l'objet d'un traitement particulièrement important, d'autres pistes de recherche sont explorées quant aux matériaux ou aux solutions chimiques utilisées.

La France et l'Allemagne possèdent chacune leur propre réseau de centres de recherches dans le domaine du stockage de l'énergie embarquée. **Les coopérations scientifiques entre les deux pays ont majoritairement lieu dans le cadre de projets européens**, bien que chacun bénéficie d'une expertise reconnue internationalement : l'Allemagne avec la Rhénanie du Nord Westphalie (Jülich, Aachen) et le Bade-Wurtemberg (Karlsruhe) ; la France avec le bassin grenoblois et les Hauts de France (Amiens).

Les scientifiques du domaine font état **d'un manque de structuration de la coopération bilatérale et de l'absence d'appels à projet franco-allemands dans le secteur des batteries**. Certains d'entre eux vont même jusqu'à analyser la relation franco-allemande comme une relation de concurrence qui ne favorise pas l'échange d'informations. Des appels à projet communs de recherche ainsi que la signature d'accords de coopération entre grands acteurs (par exemple, la société Fraunhofer et le CEA Leti signé en juin 2017) sont vus comme autant de moyens afin de combler ce besoin. Améliorer la coopération bilatérale serait en effet souhaitable pour faire face à la concurrence grandissante des acteurs venus d'Asie et conserver une souveraineté européenne sur l'actif stratégique que sont les batteries.

Sommaire

1. La recherche en Allemagne	3
a. Les spécificités de la politique énergétique allemande	3
b. Principaux acteurs	3
a. Agences gouvernementales	3
i. L'Agence allemande de l'énergie (Dena)	3
ii. La plateforme de recherche et d'innovation pour la transition énergétique (Ful-Plattform)	3
iii. La plateforme nationale pour l'électromobilité (NPE)	4
iv. Le réseau de compétences « Batteries Lithium-Ion » (KLiB) et le Forum allemand des batteries	4
b. Les clusters	4
i. ProZell (BMBF)	4
ii. CoolSilicon (Spitzencluster)	4
iii. Elektromobilität Süd-West (Spitzencluster)	5
c. Centres de recherche	5
i. L'Institut Helmholtz d'Ulm (KIT/DLR) (Bade-Wurtemberg)	5
ii. Le centre de recherche de Jülich FZJ (Rhénanie du Nord – Westphalie)	5
iii. ISEA - RWTH d'Aix La Chapelle (Rhénanie du Nord – Westphalie)	5
iv. La faculté de chimie de l'Université technique de Munich (TUM) (Bavière)	6
v. L'alliance Fraunhofer pour les batteries	6
2. Les coopérations franco-allemandes	6
d. L'institut Laue-Langevin (CNRS/CEA/ FZ Jülich)	6
e. L'European Energy Research Alliance (EERA)	6
f. La KIC Innoenergy	7
g. Recommandations pour la coopération bilatérale franco-allemande	7

1. La recherche en Allemagne

a. Les spécificités de la politique énergétique allemande

La politique énergétique allemande est toute entière tournée vers la transition énergétique, soit la modernisation et la transformation de l'infrastructure énergétique de l'Allemagne, afin qu'elle puisse rapidement sortir du nucléaire et réduire ses émissions de gaz à effet de serre. Différents leviers sont mis en place par le gouvernement allemand dans le cadre de sa politique énergétique, **dont le principal est le Programme de recherche énergétique (*Energieforschungsprogramm*)**, qui a vu le jour en 1977 avec pour objectifs de former des travailleurs qualifiés, de créer une production industrielle de batteries compétitive à l'international et de soutenir l'exportation.

Le sixième Programme de recherche énergétique est actuellement en vigueur, et ce depuis 2011. Il a pour principal objectif d'accélérer la transition énergétique de l'Allemagne et met ainsi l'accent sur l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables. **876 millions d'euros ont ainsi été investis dans la recherche énergétique en 2016.** D'autres sources de financements existent également de la part de l'état mais aussi des Länder ou de l'Europe.

La recherche dans le domaine des batteries est un point de passage obligé pour que l'Allemagne tienne les objectifs fixés en 2011 dans le cadre de la transition énergétique. Pendant la campagne électorale de 2017, la chancelière-candidate Angela Merkel a ainsi déclaré que l'Allemagne devait intensifier ses efforts sur la production de batteries et a souligné qu'il s'agissait tant d'une priorité pour le commerce extérieur – l'enjeu étant de ne pas dépendre des pays asiatiques – que d'un élément central du passage à l'électromobilité, vue comme une priorité afin de réduire les émissions de carbone et la dépendance aux énergies fossiles.

Le Ministère fédéral de l'enseignement et de la recherche (BMBF) investit annuellement 35 millions d'euros dans la recherche sur les batteries. Le secrétaire d'Etat au BMBF Georg Schütte avait annoncé en 2016 la création de deux clusters, l'un dédié à la recherche sur les batteries au niveau cellulaire (*Batteriezellproduktion*), l'autre spécialisé dans la production industrielle de batteries innovantes, le cluster ProZell (cf infra). **Un autre programme de recherche, « Batterie 2020 », a été lancé à l'été 2014.** Il vise à travailler sur les matériaux employés dans les systèmes lithium-ion. L'appel à projets est coordonné par l'agence de gestion de projet (« *Projekträger* ») PTJ (Rhénanie du Nord-Westphalie). Le BMBF finance ce programme à hauteur de 60 millions d'euros.

b. Principaux acteurs

a. Agences gouvernementales

i. *L'Agence allemande de l'énergie (Dena)*

L'Agence allemande de l'énergie (*Deutsche Energie Agentur*) (Dena) a été créée en 2000 et constitue le bras armé du gouvernement fédéral quant à la mise en œuvre de sa politique énergétique. Elle dépend du Ministère de l'économie et de l'énergie (BMWi). **L'un de ses volets thématiques porte spécifiquement sur les problématiques de flexibilité et de stockage de l'énergie (« *Flexibilität und Speicher* »).** Son congrès annuel aura lieu les 20 et 21 novembre 2017.

ii. *La plateforme de recherche et d'innovation pour la transition énergétique (Ful-Plattform)*

La plateforme de recherche et innovation pour la transition énergétique (*Energiewende-Plattform Forschung und Innovation*) est l'une des cinq plateformes dédiées à l'application de la politique énergétique du BMWI. Elle a pour fonction de conseiller le gouvernement sur les différents thèmes de la recherche et de l'innovation dans le domaine de l'énergie ainsi que de rassembler les différents acteurs du secteur. Elle a été créée en 2015 avec le BMBF et l'Académie allemande des technologies (Acatech) **dans l'optique de former une « task-force » capable de mobiliser l'ensemble des parties prenantes de la transition énergétique**. Elle comprend donc également un volet dédié au stockage de l'énergie.

iii. La plateforme nationale pour l'électromobilité (NPE)

La recherche sur les batteries fait largement partie de la recherche et développement sur l'électromobilité, soit l'utilisation de véhicules électriques. La plateforme nationale pour l'électromobilité (*Nationale Plattform Elektromobilität*) comprend donc naturellement un volet dédié au sujet du stockage de l'énergie. Mise en place en 2010, suite à l'adoption du Plan national de développement de l'électromobilité, elle mobilise 150 experts de différents secteurs industriels divisés en sept groupes de travail. La plateforme dispose d'un budget de R&D de 2.2 milliards d'euros, concentrée sur trois thématiques dont les batteries. Une chaîne de production de recherche pour les cellules de batteries se trouve à Ulm.

iv. Le réseau de compétences « Batteries Lithium-Ion » (KLiB) et le Forum allemand des batteries

Le forum allemand des batteries (*Batterieforum Deutschlands*) a pour objectif de rassembler l'ensemble de la chaîne de valeur des batteries en Allemagne, de réunir les différents acteurs ainsi que de vulgariser les derniers résultats de recherches sur les nouveaux types de batteries. Le forum des batteries est un événement annuel organisé par le réseau de compétences Batteries Lithium-Ion (*Kompetenznetzwerk Lithium-Ion Batterien*), qui rassemble la majorité des industriels du secteur depuis 2012 ainsi que des laboratoires de recherche concernés. Le réseau comme le forum annuel sont financés par le BMBF. Le prochain congrès aura lieu du 26 au 28 janvier 2018.

b. Les clusters

i. ProZell (BMBF)

Le pôle de compétitivité ProZell rassemble des expertises dans le domaine de la production de cellules pour les batteries. L'objectif étant de parvenir à faire baisser les coûts de développement des batteries ainsi que de développer de nouvelles générations de batteries, afin de créer une production industrielle de batteries « made in Germany ». Le cluster rassemble 12 universités et instituts de recherche, en collaboration étroite avec le BMBF et le réseau d'expertise des batteries Lithium-Ion (*Kompetenznetzwerks Lithium-Ionen Batterien*, KLiB).

ii. CoolSilicon (Spitzencluster)

Le pôle de compétitivité Cool Silicon fait partie du programme de clusters d'excellence (*Spitzencluster*) du BMBF. Situé à Dresde, le pôle rassemble près d'une centaine de partenaires afin de faire de la région un territoire reconnu dans le domaine de la microélectronique. Les scientifiques de Cool Silicon conduisent des recherches dans les micro- et nanotechnologies, les technologies d'information et de communication (TIC) ainsi que dans les réseaux de capteurs. Le développement de micro-batteries performantes fait partie de leurs objectifs car la transformation numérique de la société dépend aussi

de l'approvisionnement énergétique des objets connectés. L'efficacité énergétique de la branche des TIC est donc un enjeu central. Ce qui pose des défis conséquents pour les batteries, en termes de miniaturisation, de poids ou encore de matériau utilisé.

iii. Elektromobilität Süd-West (Spitzencluster)

Le cluster d'excellence Elektromobilität Süd-West rassemble plus de 80 acteurs de la recherche et de l'industrie tels que Bosch, Daimler, EnBW, Porsche ou IBM sur des problématiques telles que les transports, l'énergie et les TIC, afin de développer une mobilité de demain propre et connectée. Ainsi, le cluster accompagne des projets portant sur le rechargement des véhicules électriques et leur intégration dans des *smart grids*. Les membres du pôle viennent de Karlsruhe, Stuttgart, Mannheim et Ulm.

c. Centres de recherche

La recherche allemande sur les batteries est répartie en trois grandes régions d'excellence : le Bade-Wurtemberg, la Rhénanie du Nord – Westphalie, et la Saxe.

i. L'Institut Helmholtz d'Ulm (KIT/DLR) (Bade-Wurtemberg)

L'Institut Helmholtz d'Ulm (HIU) est engagé dans la recherche et le développement de batteries électrochimiques nouvelles générations. Il rassemble une centaine de scientifiques sur les thématiques du stockage stationnaire et embarqué d'énergie. Le HIU a été fondé par l'Institut de technologie de Karlsruhe (KIT) en 2011. En tant que membre de l'association Helmholtz, il collabore étroitement avec le Centre allemand pour l'aéronautique et l'astronautique (DLR), l'Université d'Ulm et le Centre de recherche pour l'énergie solaire et l'hydrogène du Bade-Wurtemberg (ZSW). L'HIU conduit simultanément des recherches fondamentales et appliquées.

ii. Le centre de recherche de Jülich FZJ (Rhénanie du Nord – Westphalie)

La recherche de matériaux performants, au centre des technologies de la transition énergétique, est une compétence reconnue du *Forschungszentrum Jülich*. Lors de sa visite dans les laboratoires de l'IEK-1 dirigé par le Pr. Guillon, la ministre Frédérique Vidal a pu mieux appréhender les moyens expérimentaux dédiés à la synthèse de matériaux et à leur mise en forme. En partant de poudres céramiques et en utilisant des méthodes de fabrication avancées comme le coulage en bande séquentiel ou la projection thermique, il est possible de développer plusieurs types d'applications en parallèle : piles à combustibles et cellules d'électrolyse à haute température, membranes séparatrices de phases gazeuses, batteries tout solide (lithium et sodium) ainsi que des matériaux et couches protectrices pour turbines.

iii. ISEA - RWTH d'Aix La Chapelle (Rhénanie du Nord – Westphalie)

L'Institut des convertisseurs de puissance et des systèmes de transmissions électriques (*Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe, ISEA*) de l'Université RWTH d'Aix-La-Chapelle est très reconnu pour son expertise dans le domaine des batteries. Fondé en 1965, il est actuellement réparti en deux chaires de recherche, lesquelles travaillent sur les thématiques suivantes :

- L'électronique de pointe ou *Leistungselektronik*
- Les systèmes de transmission électriques
- La modélisation, l'analyse et le diagnostic de durée de vie des batteries
- Les systèmes de batteries et leur intégration dans les véhicules
- L'intégration dans les réseaux des batteries et des systèmes d'analyse de stockage.

L'Université d'Aix La Chapelle dispose d'autres unités de recherche reconnues dans le domaine, telle que la chaire pour la synthèse des matériaux pour les technologies énergétiques.

iv. *La faculté de chimie de l'Université technique de Munich (TUM) (Bavière)*

La chaire universitaire sur l'électrochimie technique (*Chair of technical electrochemistry*) de la Faculté de chimie de l'Université technique de Munich (TUM) conduit des expérimentations sur les batteries avec comme double objectif de réduire la dépendance aux énergies fossiles et les émissions locales de dioxyde de carbone (CO₂). Les activités de la chaire comprennent la synthèse et la préparation de matériaux innovants pour le stockage de l'énergie ou encore la fabrication d'instruments de mesure pour analyser les performances électrochimiques des batteries.

v. *L'alliance Fraunhofer pour les batteries*

La société Fraunhofer comprend divers centres de recherche spécialisés dans la recherche sur les batteries ou susceptibles d'y contribuer indirectement. Ainsi, 19 centres Fraunhofer se sont regroupés au sein de la *Fraunhofer Battery Alliance* autour de quatre grands axes de recherche :

- La recherche sur les matériaux et les cellules
- Les systèmes de batteries
- La simulation des propriétés des matériaux et de la durée de vie des batteries
- Les tests et évaluations des batteries

Parmi les 19 centres concernés, figurent notamment le Fraunhofer IKTS, le Fraunhofer IPA ou encore IFAM. Il manque en revanche à l'appel le Fraunhofer IZM de Berlin, qui travaille sur le packaging des batteries, notamment des nano-batteries pour des applications comme le textile connecté ou encore les implants médicaux.

2. Les coopérations franco-allemandes

A l'issue du **conseil des ministres franco-allemands du 31 mars 2015**, la France et l'Allemagne ont affirmé leur volonté commune de coopérer dans le domaine de l'énergie et en particulier dans le stockage de celle-ci. Cette déclaration met l'accent sur **le développement de l'électromobilité**, pour laquelle la performance des batteries est un enjeu essentiel. La coopération scientifique franco-allemande sur les batteries s'est principalement développée dans le contexte européen, soit dans de larges projets de recherche impliquant plusieurs pays de l'Union.

d. L'institut Laue-Langevin (CNRS/CEA/ FZ Jülich)

L'**Institut Laue-Langevin** (ILL), nommé ainsi en l'honneur des physiciens Max von Laue (physicien allemand) et Paul Langevin (physicien français) est un organisme de recherche international situé sur le polygone scientifique de Grenoble qui symbolise lors de sa création en 1967 la réconciliation franco-allemande. Il est **financé par le CNRS et le CEA** pour la France, **le Forschungszentrum Jülich (FZJ)** côté allemand, et par **le Royaume-Uni** via le *Science and Technologies Facilities Council*. Il s'agit désormais d'un modèle de coopération européenne, accueillant des chercheurs de **plus de 14 pays**. Le programme « *Materials, components and process engineering* » comporte un volet important sur l'innovation dans les batteries, notamment Lithium-Ion.

e. L'European Energy Research Alliance (EERA)

L'Alliance européenne pour la recherche dans l'énergie dispose d'un programme conjoint dédié au [stockage de l'énergie](#), le « *Joint Program on Energy Storage* », piloté par le *Karlsruhe Institut für Technologie* (KIT) en partenariat avec le *Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt* (DLR) et le CEA. Il ambitionne d'établir une **plateforme européenne de simulation de stockage de l'énergie** (EIESP) ainsi qu'un **laboratoire virtuel pour le stockage de l'énergie** (EIESVL). Le but du programme étant de faire de l'Europe un leader dans ce domaine. Le programme réunit en tout **trente participants** de quinze Etats Membres de l'Union européenne et est **coordonné depuis Karlsruhe**.

f. [La KIC Innoenergy](#)

L'Institut européen pour l'innovation et la technologie (EIT) a financé à partir de 2009 la création d'une communauté de connaissances et d'innovation (KIC) spécialisée dans l'énergie, dont les thématiques de recherche favorisent l'innovation dans le domaine des batteries : stockage, énergie décarbonée, et efficacité énergétique. [Sept projets de recherche](#) sont soutenus financièrement dans le seul domaine du stockage, ainsi que plusieurs start-ups. Innoenergy regroupe **plusieurs centres de recherche et industriels allemands** (DLR, Eifer, Fraunhofer, KIT, TU Berlin, TU Dresden, Stuttgart Universität) et **français** (Areva, CEA, Engie, Ecole des Mines de Nantes, Ecole Polytechnique, Grenoble INP, INSA Lyon, McPhy Energy, Paris Saclay, Paris Tech, Savoie Technolac, Schneider Electric, Université Bordeaux, UPMC).

g. [Recommandations pour la coopération bilatérale franco-allemande](#)

Il n'existe pas de cadre structurant la coopération scientifique franco-allemande dans le domaine des batteries. Les scientifiques collaborent uniquement par le biais de rencontres à l'échelle européenne et internationale (montage de projets H2020, par exemple). Les autres relations sont exclusivement monétaires, par des achats mutuels de technologies qui excluent le partage d'information. En outre, les relations scientifiques franco-allemandes sur les batteries sont marquées par une forte concurrence qui menace d'affaiblir les résultats scientifiques de nos deux pays sur la scène internationale. Certains craignent donc que le scénario du photovoltaïque ne se reproduise, c'est-à-dire que les technologies françaises et allemandes ne soient dépassées par d'autres acteurs, notamment en provenance d'Asie.

Etant donné l'importance stratégique des batteries, tant en termes de souveraineté énergétique que de souveraineté numérique (les batteries sont amenées à jouer un rôle important dans le développement de *l'Internet of Things*, des ordinateurs, tablettes et smartphones), **il existe un véritable enjeu à promouvoir le partage constant d'information entre scientifiques français et allemands**. Pour cela, plusieurs outils peuvent être mis en œuvre, tels que :

- [des coopérations impulsées à l'échelle des centres de recherche](#), par exemple entre le CEA Leti en France et la société Fraunhofer en Allemagne, peuvent être répliquées
- [la poursuite de l'appel à projets bilatéral spécifique et récurrent](#), entre l'ANR et le BMBF, qui doit démarrer en 2018 et qui pourra donner aux scientifiques la volonté et les ressources pour coopérer davantage.