

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ
LEM - Laboratoire d'électrochimie moléculaire

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET
ORGANISMES :

Université Paris Cité

Centre national de la recherche scientifique -
CNRS

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2023-2024
VAGUE D

Rapport publié le 24/04/2024



Au nom du comité d'experts :

Florence Geneste, présidente du comité

Pour le Hcéres :

Stéphane Le Bouler, président par intérim

En application des articles R. 114-15 et R. 114-10 du code de la recherche, les rapports d'évaluation établis par les comités d'experts sont signés par les présidents de ces comités et contresignés par le président du Hcéres.

Pour faciliter la lecture du document, les noms employés dans ce rapport pour désigner des fonctions, des métiers ou des responsabilités (expert, chercheur, enseignant-chercheur, professeur, maître de conférences, ingénieur, technicien, directeur, doctorant, etc.) le sont au sens générique et ont une valeur neutre.

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous. Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité. Les données chiffrées de ce rapport sont les données certifiées exactes extraites des fichiers déposés par la tutelle au nom de l'unité.

MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

Présidente : Mme Florence Geneste, CNRS Rennes

Experts : M. Xavier Allonas, université de Haute Alsace (représentant du CNU)
Mme Muriel Bouttemy, UVSQ - université de Versailles Saint-Quentin-En-Yvelines (personnel d'appui à la recherche)
M. Christophe Bucher, ENS de Lyon
Mme Petra Hellwig, université de Strasbourg

REPRÉSENTANT DU HCÉRES

M. François Guillaume

REPRÉSENTANTS DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES TUTELLES DE L'UNITÉ DE RECHERCHE

Mme Émilie Boutin, université Paris Cité
Mme Nathalie Eisenbaum, université Paris Cité
M. Mehran Mostafavi, CNRS
M. Alain Walcarius, CNRS

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Laboratoire d'électrochimie moléculaire
- Acronyme : LEM
- Label et numéro : UMR 7591
- Nombre d'équipes : 4 équipes
- Composition de l'équipe de direction : Mme Élodie Anxolabéhère-Mallart (directrice) / M. Julien Bonin (directeur adjoint)

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies
ST4 Chimie

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

Le Laboratoire d'électrochimie moléculaire (LEM) s'appuie sur son expertise en électrochimie pour comprendre et rationaliser des mécanismes réactionnels impliquant des entités (bio)moléculaires. Cette approche fondamentale l'amène à répondre à des problématiques touchant des domaines de recherche variés liés aux grands enjeux sociétaux actuels.

L'unité est divisée en quatre équipes. L'équipe Réactivité et catalyse par transfert d'électrons (Reacte) s'intéresse à l'activation électrochimique et photochimique des petites molécules (CO_2 , N_2 , O_2) et à l'électrocatalyse moléculaire. L'équipe Systèmes biomacromoléculaires, transport d'électrons à l'échelle nanométrique (Bionano) développe des techniques instrumentales pour étudier le transport d'électrons dans des systèmes bio-inspirés à l'échelle nanométrique pour des applications dans les domaines de la biosynthèse, des biocapteurs et des biopiles. L'équipe Méthodologies électroanalytiques et réactivité (MER) élabore de nouvelles méthodologies analytiques fondées sur un concept d'amplification moléculaire autocatalytique. Elle étudie également les mécanismes de stockage de charges dans des oxydes métalliques. L'équipe Électrochimie et ingénierie d'assemblages supramoléculaires (Elias) utilise l'électrochimie pour activer la liaison halogène et pour étudier ou élaborer des assemblages supramoléculaires pour des applications en catalyse. Cette équipe se positionne également dans la recherche de nouveaux fluorophores organiques.

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

Unité « historique » de l'électrochimie française, le LEM a été créé en 1971 sous le nom initial de laboratoire d'Électrochimie. Tout d'abord rattachée à l'université Denis Diderot Paris 7, l'unité se situe depuis 2008 dans les bâtiments Lavoisier du campus des Grands Moulins de l'université Paris Cité (UPCité), avec une extension dans le bâtiment Lamarck. La direction est assurée par Mme Élodie Anxolabéhère-Mallart depuis le 01/07/2016, direction prise à mi-parcours du troisième mandat de M. Benoît Limoges.

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

Le LEM est une unité mixte de recherche du CNRS et de l'université Paris Cité (résultat de la fusion des universités Denis Diderot Paris 7 et Descartes Paris 5 le 01/01/2020). Il est adossé à l'école doctorale Chimie-Physique et Chimie Analytique de Paris Centre (ED 388).

Il fait partie des six unités constituant la fédération de chimie de l'UPCité (FedCUP FR2046). Les membres du laboratoire sont très impliqués dans les instances constituant son environnement de recherche (présidence, faculté des sciences, UFR de chimie, école doctorale et FedCUP).

Le LEM participe au laboratoire d'excellence Chimie Intégrée multi-échelles (Michem). Il est soutenu financièrement par l'index UPCité et la région Île-de-France du fait de son implication dans les Domaines d'intérêt majeur (DIM) Respore (solides poreux), Analytics (défis analytiques, du concept au système) et MaTerRe (Matériaux avancés éco-responsables).

EFFECTIFS DE L'UNITÉ : en personnes physiques au 31/12/2022

| Catégories de personnel | Effectifs |
|--|-----------|
| Professeurs et assimilés | 5 |
| Maitres de conférences et assimilés | 3 |
| Directeurs de recherche et assimilés | 4 |
| Chargés de recherche et assimilés | 1 |
| Personnels d'appui à la recherche | 6 |
| Sous-total personnels permanents en activité | 19 |
| Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés | 2 |
| Personnels d'appui non permanents | 1 |
| Post-doctorants | 6 |
| Doctorants | 17 |
| Sous-total personnels non permanents en activité | 26 |
| Total personnels | 45 |

RÉPARTITION DES PERMANENTS DE L'UNITÉ PAR EMPLOYEUR : en personnes physiques au 31/12/2022. Les employeurs non tutelles sont regroupés sous l'intitulé « autres ».

| Nom de l'employeur | EC | C | PAR |
|-------------------------|----------|----------|----------|
| Université Paris Cité | 8 | 0 | 3 |
| CNRS | 0 | 5 | 3 |
| Total personnels | 8 | 5 | 6 |

AVIS GLOBAL

Unité historique de l'électrochimie française, le LEM s'appuie sur son expertise en électrochimie pour comprendre et rationaliser des mécanismes complexes impliquant des transferts d'électrons. Les recherches menées au LEM ont conduit à des avancées scientifiques de portée internationale sur des aspects fondamentaux, tout en répondant à des défis sociétaux d'intérêt majeur notamment pour la conversion et le stockage de l'énergie. On peut citer, par exemple, l'activation électrochimique des petites molécules axée sur la réduction sélective du dioxyde de carbone en monoxyde de carbone par électrocatalyse moléculaire à forte densité de courant et les batteries aqueuses éco-durables répondant aux critères de durabilité écologique et économique. Le LEM s'illustre aussi par des développements analytiques de très haut niveau couplant les microscopies à force atomique (AFM) et électrochimique, permettant de sonder l'activité enzymatique de bio-objets individuels à l'échelle de la monoparticule.

L'unité est structurée en quatre équipes, qui, pour certaines d'entre elles, ont connu des évolutions de personnel importantes durant le contrat.

La production scientifique est globalement excellente (149 articles avec comité de lecture [ACL]). L'unité s'attache à publier ses résultats dans des revues scientifiques de très grande notoriété comme les journaux du groupe Nature, Science, Chemical Society Revues, Journal of the American Chemical Society et Angewandte Chemie International Edition. La production est cependant relativement inhomogène entre les équipes. Les interactions au sein du laboratoire ont eu lieu majoritairement entre les équipes Reacte et Elias. L'animation scientifique n'est active qu'au niveau des équipes. Il n'y a, par exemple, pas de journée des doctorants de l'unité dans son ensemble.

Le rayonnement de l'unité à l'international se traduit par un grand nombre d'invitations dans des congrès internationaux (67). Grâce à sa réussite aux appels à projet, notamment de l'ANR (11 comme coordinateur), l'unité dispose de ressources propres importantes (870 k€/an). Elle est partenaire de deux projets financés par l'ANR-DFG et d'un contrat du programme MSCA-ITN portant sur l'ingénierie de microprocessus pour l'électrosynthèse. Bénéficiant d'un effectif de dix titulaires de l'HDR, elle a recruté 38 doctorants et 22 post-

doctorants de nationalités diverses. Le LEM ne pourra probablement pas conserver son statut actuel puisque cinq chercheurs et enseignants-chercheurs sur treize vont rejoindre l'Institut parisien de chimie moléculaire (IPCM) à Sorbonne Université. Malgré des recherches essentiellement à caractère fondamental, l'unité a su interagir avec le monde socio-économique. Elle a signé des contrats industriels (GRDF, Air Liquide, GRTGaz), s'est impliquée dans des projets de maturation et a déposé huit brevets. La création de la start-up Carboneo (prix national d'innovation i-lab) valorise ses travaux sur la réduction du dioxyde de carbone. La start-up Innoverda, spécialisée en électrosynthèse, a été hébergée pendant un an au LEM. L'unité participe à la promotion de la culture scientifique à travers des articles de presse (La Recherche, Science et Vie, Pour la Science) et des documentaires (Arte, Ushuaia TV) notamment sur les thèmes liés à la réduction du dioxyde de carbone et à la fluorescence des biomatériaux.

ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent rapport recommandait d'accroître les interactions entre les équipes et l'animation scientifique globale. Des efforts ont été faits en ce sens avec un projet soutenu par l'ANR impliquant les équipes Elias et Reacte, quatorze ACL impliquant plusieurs équipes, soit environ 10 % de la production scientifique du LEM, les co-encadrements entre Reacte et Elias de deux stagiaires et d'une doctorante en mobilité. Les interactions restent essentiellement limitées à ces deux équipes et l'animation scientifique (présentations orales des doctorants, des stagiaires, etc.) n'est organisée qu'au niveau des équipes, dont certaines sont de faible taille.

Il était recommandé d'améliorer le taux de féminisation parmi les chercheurs et enseignants-chercheurs. Le comité note que les deux derniers recrutements de chargés de recherche CNRS (CR) concernent deux hommes.

Pour maintenir un nombre important de personnels non-permanents et pour pallier les surfaces restreintes des locaux, il était mentionné qu'une vigilance sur l'organisation de la vie au quotidien du LEM devra être maintenue en bon accord entre les équipes. L'obtention de deux laboratoires et d'un bureau supplémentaire dans le bâtiment Lamarck a permis à l'unité d'accueillir le personnel non-permanent durant la période évaluée dans un espace néanmoins restreint. Des efforts de réaménagement des bureaux ont été réalisés et une rotation a été mise en place pour l'accès aux sorbonnes.

Il était recommandé de renforcer la politique de recrutement des jeunes chercheurs et enseignants-chercheurs. Du fait de l'absence de possibilité de recrutement d'enseignants-chercheurs pendant la période, l'unité s'est tournée vers le CNRS avec succès puisque deux CR ont été recrutés, le dernier en 2023 pour une prise de fonction début 2024.

B - DOMAINES D'ÉVALUATION

DOMAINE 1 : PROFIL, RESSOURCES ET ORGANISATION DE L'UNITÉ

Appréciation sur les objectifs scientifiques de l'unité

Le LEM s'appuie sur son expertise historique et internationalement reconnue en électrochimie moléculaire fondamentale pour répondre aux grands enjeux sociétaux actuels dans les domaines de l'environnement et de l'énergie. Ces objectifs s'inscrivent pleinement dans la politique de l'UPCité et du CNRS. L'unité s'attache à maintenir une recherche d'excellence tout en s'intéressant aux retombées sociétales de ses travaux.

Appréciation sur les ressources de l'unité

Le LEM a pu accueillir, au cours du contrat, trois PAR qui ont été mutualisés entre les équipes et deux nouveaux CR (équipes Reacte et Elias) en 2019 et 2023. Si ces arrivées compensent en nombre les départs, l'unité a néanmoins perdu des figures importantes de l'électrochimie moléculaire. Le soutien financier des tutelles s'est maintenu et a même légèrement augmenté pendant la période. La réussite remarquable du LEM dans des AAP nationaux (ANR, PEPR et idex) et plus récemment internationaux (deux contrats européens) lui a permis de développer avec confort ses thématiques de recherche (recrutement de personnels non permanents, achats et maintenance d'équipements). Les ressources propres représentent près de 90 % du budget du laboratoire. Ce succès est cependant inhomogène entre les équipes.

Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

L'organisation du LEM, en quatre équipes avec une mutualisation des équipements et d'une partie des PAR, est adaptée à la diversité des thématiques développées. Les aspects sécurité et égalité sont bien pris en compte dans l'unité, en particulier pour pallier le manque de sorbonnes. Un effort de l'unité sur fonds propres a été réalisé pour contribuer aux objectifs de développement durable avec l'achat de réfrigérants sans eau de type Condensyn.

1/ L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques pertinents.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité s'appuie sur son expertise en électrochimie moléculaire, historique et reconnue internationalement, pour répondre à des problématiques scientifiques liées aux grands défis sociétaux. Les thématiques abordées sont très variées comme l'activation électrochimique des petites molécules, le transport d'électrons à l'échelle nanométrique dans des macromolécules biologiques, l'étude du transport et du transfert de charges dans des films nano-structurés de TiO_2 , ou encore les assemblages supramoléculaires par la formation de liaisons halogène. Les finalités et les domaines d'applications visés pour ces activités de recherche de nature essentiellement fondamentale s'inscrivent pleinement dans les défis sociétaux majeurs du CNRS « Transition énergétique » et « Santé et environnement ».

L'unité est attentive à la politique de ses tutelles comme le montre l'implication importante de ses membres dans l'UPCité (directeur délégué recherche de la Comue Sorbonne Paris Cité 2016-2019, vice-présidence finances 2014-2018, vice-présidence valorisation, en charge du transfert économique de la recherche et des partenariats industriels 2017-2022), dans la faculté des sciences (direction et membres du conseil de la fédération de recherche de chimie de l'UPCité depuis 2022, membre élu de la commission recherche de la faculté des sciences 2019-2023) et au CNRS (membre du conseil scientifique du CNRS Chimie 2012-2018).

Les activités de l'unité s'intègrent dans son environnement local. Elle bénéficie du soutien financier du labex Chimie Intégrée Multi-Échelles (MicheM), de l'idex UPCité et de la région Île-de-France grâce à son implication dans les DIM Respire, Analytics et Materre.

Les membres de l'unité sont ou ont été également fortement impliqués dans des réseaux nationaux et internationaux comme membre du bureau et coordinateur d'axe thématique du GDR Solar Fuels, responsable régional du GDR BIOMIM, président de la division transversale enseignement et formation et secrétaire du groupe chimie supramoléculaire de la SCF, membre du comité de pilotage du GIS FrenchBIC et membre du conseil d'administration du Club CO_2 .

La politique scientifique de l'unité est élaborée en comité de direction constitué des responsables d'équipes, de la directrice et du directeur adjoint, avant d'être discutée et validée en conseil de laboratoire (réunion tous les deux mois environ).

Points faibles et risques liés au contexte

Aucune politique incitative de collaboration entre les équipes n'est mise en place au niveau de la direction.

2/ L'unité dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité compte vingt personnels permanents répartis entre quatre équipes, dont cinq chercheurs CNRS, huit enseignants-chercheurs UPCité, et un enseignant-chercheur de l'IUT de Paris Pajol. L'effectif de l'unité est en hausse par rapport au précédent quinquennat malgré les départs de sept personnes en retraite ou en mutation. Le LEM a en effet bénéficié du soutien des tutelles avec les recrutements de deux ITA et d'un CR, d'une part, d'un professeur agrégé (Prag) et d'un Biatss, d'autre part. Un professeur a également été recruté sur un poste de l'UPCité au premier septembre 2023 et un CR CNRS recruté en 2023 intégrera le laboratoire début 2024.

Le personnel PAR est mutualisé et les missions de chacun bien définies, ce qui contribue au bon fonctionnement de l'unité. L'un d'entre eux (AI CNRS) est en charge de l'équipement de la plateforme d'analyse en catalyse pour l'énergie et la synthèse (Paces).

L'unité dispose de ressources propres diversifiées, représentant en moyenne 87 % de son budget global soit environ 870 k€/an. Plus de la moitié de ses ressources proviennent de financements obtenus dans le cadre AAP nationaux (ANR, PEPR). Il faut aussi noter la progression des contrats issus du PIA (idex) et l'obtention de deux contrats européens en 2022 et au début de l'année 2023.

La mutualisation des crédits récurrents, ajoutée si nécessaire à des prélèvements sur les contrats, permet d'assurer le bon fonctionnement de toutes les équipes de l'unité.

Points faibles et risques liés au contexte

Les départs de l'unité d'un PAR électronicien indispensable à certains développements technologiques, de personnalités importantes de l'électrochimie moléculaire (4) et le décès de M. J.-M. Savéant, figure historique mondialement reconnue du domaine, risquent d'impacter certaines équipes en matière de moyens humains et financiers et de thématiques de recherche.

La part des ressources propres par équipe est inégale, la part la plus importante provient de l'équipe Reacte (> 65 %).

L'unité dispose de la même surface de locaux qu'au cours de la période antérieure, augmentée toutefois de deux pièces supplémentaires (42 m²) situées dans un autre bâtiment, alors que le nombre total de ses personnels est passé de 28 à 46. Le nombre de sorbonnes est limité (11 sont fonctionnelles), ce qui contraint les personnels non-permanents (6 à 8 par sorbonne) à effectuer des rotations sur chaque poste et pose des problèmes évidents d'hygiène et de sécurité. Ce sous-dimensionnement des locaux et le manque de sorbonnes risquent de présenter, à terme, un risque réel de sécurité (utilisation de solvants organiques et de divers gaz toxiques), malgré les mesures prises par l'unité, et d'être un frein à son développement.

3/ Les pratiques de l'unité sont conformes aux règles et aux directives définies par ses tutelles en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement, de protocoles éthiques et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité bénéficie de la présence d'une référente mission égalités pour la faculté des sciences. Il est à noter un très bon équilibre entre hommes et femmes dans les recrutements de doctorants, les promotions et les prises de responsabilité, preuve de la très bonne sensibilité du LEM à ces aspects.

La sécurité est bien prise en compte avec une assistante de prévention (AP), deux équipiers de sécurité incendie, deux personnes responsables des déchets, un référent sécurité laser (RSL) et deux sauveteurs secouristes du travail (SST). Le Document unique d'évaluation des risques (DUER) est tenu à jour et mis à la disposition du personnel, ainsi que le registre santé sécurité au travail. Les nouveaux entrants bénéficient d'un « livret d'accueil prévention et sécurité pour les nouveaux entrants » et d'une formation assurée par l'AP au cours de la première semaine de leur intégration.

Comme précisé dans le règlement intérieur, l'utilisation des moyens informatiques est soumise aux dispositions de la charte informatique en vigueur dans l'unité (chapitre VIII « Du bon usage des ressources informatiques et documentaires » du règlement intérieur de l'UPCité) qui doit être signée par tout nouvel arrivant.

Un représentant développement durable unique auprès de l'UPCité et du CNRS a été nommé au sein de l'unité. Le remplacement des réfrigérants classiques par des systèmes de refroidissement sans eau est en cours de réalisation et est financé sur fonds propres.

Points faibles et risques liés au contexte

L'informaticien de l'UFR de Chimie, qui prenait en charge les missions informatiques de l'unité, n'a pas été remplacé.

Aucune politique de développement durable ou de prévention des risques environnementaux n'est mise en place au niveau des UMR de chimie des bâtiments Lavoisier et Lamarck.

Le nombre de sorbonnes fonctionnelles n'a pas suivi le développement de l'unité, ce qui pose un réel problème de sécurité, malgré les mesures prises en interne.

DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

Appréciation sur l'attractivité de l'unité

Le rayonnement du LEM aux niveaux national et international est remarquable comme le montre le nombre important de conférences et de séminaires invités. Les personnels permanents du LEM sont fortement impliqués dans des instances de l'UPCité et de sélection de projets comme l'ANR ou d'expertise comme l'ERC. L'unité a accueilli pendant la période de nombreux doctorants, post-doctorants ainsi que des professeurs ou des chercheurs invités et elle a recruté des jeunes permanents. Le LEM a connu un réel succès aux AAP qu'il a soumis pour évaluation, ce qui rend compte de son excellente attractivité.

- 1/ *L'unité est attractive par son rayonnement scientifique et s'insère dans l'espace européen de la recherche.*
- 2/ *L'unité est attractive par la qualité de sa politique d'accompagnement des personnels.*
- 3/ *L'unité est attractive par la reconnaissance de ses succès à des appels à projets compétitifs.*
- 4/ *L'unité est attractive par la qualité de ses équipements et de ses compétences techniques.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les quatre références ci-dessus

Le rayonnement de l'unité est remarquable comme le montre le nombre important d'invitations (84) dans des congrès nationaux (journées d'électrochimie, SCF) ou internationaux (Electrochemical society meeting, International society of electrochemistry meeting, Conférence internationale sur la chimie de coordination [ICCC]) et de séminaires donnés (78). Ces présentations sur invitation sont majoritairement réalisées par un enseignant-chercheur, mais elles impliquent quasiment tous les chercheurs et enseignants-chercheurs de l'unité. Le personnel participe également à l'organisation de congrès internationaux tels que ICCC en 2018 et de journées de GDR (Biomim, Solar Fuels).

Les membres de l'unité se sont beaucoup investis dans diverses instances d'évaluation de la recherche au niveau national (ANR, labex, PEPR, AAP CNRS etc.) et international (ERC, expertise pour des pays européens et hors Europe comme les USA et l'Australie), dans une quarantaine de jurys de thèse et d'HDR (4).

Les membres du LEM ont reçu plusieurs distinctions décernées par la SCF comme le prix de la division enseignement-formation et le prix chercheur confirmé de la division de chimie physique. Plusieurs doctorants ont été récipiendaires de prix de thèse ou de meilleure communication dans des congrès. On peut aussi noter les nominations comme membre senior IUF d'un des membres du LEM, en 2017 sur la chaire fondamentale puis en 2022 sur la chaire innovation.

L'unité est particulièrement attractive et a pu accueillir de nombreux doctorants (25 thèses soutenues et 14 en cours pour 10 personnels titulaires de l'HDR) et post-doctorants (18) de différentes nationalités, ainsi que six attachés temporaires d'enseignement et de recherche (ATER) et 33 professeurs ou chercheurs invités. Les thèses ont une durée contrôlée et les doctorants ont tous publié (co-auteurs d'environ 50 % des articles du LEM) et ont participé à environ deux congrès au cours du doctorat. Leur insertion professionnelle ainsi que celle des post-doctorants est excellente. Le recrutement de personnels (2 CR, 1 PR, 2 AI et 2 TCN) et les nombreuses promotions rendent compte également de l'attractivité de l'unité.

Le dynamisme de l'unité pour répondre aux AAP est excellent avec 48 contrats obtenus pendant la période, dont deux projets européens, dix-neuf contrats de l'ANR (11 comme porteur dont deux JCJC), deux contrats du PEPR (un comme porteur), deux contrats du labex Michem et sept contrats de l'idex. L'unité a également formalisé ses collaborations internationales au travers de deux projets PICS, un projet International emerging actions du CNRS (IEA) et un projet PHC et elle est impliquée dans deux contrats européens.

L'unité possède un équipement lié à ses besoins expérimentaux en électrochimie, photochimie et en synthèse organique, avec la plateforme Paces dont la labellisation est en cours et un plateau technique photochimie et photocatalyse. Ces équipements ont été achetés sur fonds propres avec le soutien de l'index de l'UPCité pour la chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS). On peut aussi noter la présence de personnels affectés aux équipements avec l'arrivée de deux assistants-ingénieurs (analyse et synthèse) au cours du contrat et la préparation en interne d'une thèse sur du développement instrumental par un ingénieur d'études.

Points faibles et risques liés au contexte pour les quatre références ci-dessus

La participation des membres de l'unité aux activités éditoriales est limitée.

Le départ de chercheurs seniors de l'unité (4) pendant la période n'a pas été compensé par des mutations.

Les doctorants ne présentent leurs travaux qu'au sein des équipes (pas de journée des doctorants de l'unité).

Le personnel PAR mutualisé n'est pas toujours associé aux réunions scientifiques ayant lieu dans les équipes.

DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Appréciation sur la production scientifique de l'unité

Le LEM développe des thématiques porteuses qui s'appuient sur son expertise historique dans le domaine de la réactivité chimique fondamentale liée au transfert d'électron. L'unité s'attache à publier dans des journaux d'excellente qualité reconnus aux niveaux national et international. La production scientifique qui en résulte est globalement excellente, avec une contribution particulièrement remarquable de l'équipe Reacte. La collaboration scientifique entre les équipes pourrait être améliorée.

1/ La production scientifique de l'unité satisfait à des critères de qualité.

2/ La production scientifique de l'unité est proportionnée à son potentiel de recherche et correctement répartie entre ses personnels.

3/ La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.

Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

La production de l'unité est globalement excellente avec 146 ACL, en progression d'environ 20 % par rapport au contrat précédent, et globalement d'excellente qualité comme en témoignent les publications dans des journaux à forte audience (7 Journal of the American Chemical Society, 6 Angewandte Chemie International Edition, 8 dans les journaux du groupe Nature, 1 Science, 1 Joule, 1 ACS Central Science, 3 ACS Energy Letters, 9 ACS Catalysis, 3 ACS Applied Materials & Interface, 1 Accounts of Material Research, 2 Small, 5 Chemical Science, 2 Chemical Society Reviews, 1 Coordination Chemistry Reviews, etc.). À cela s'ajoutent six chapitres de livres (Elsevier, Wiley, RSC) et la coédition d'un livre de référence sur l'électrochimie du CO₂ (RSC, 2020).

Parmi les avancées majeures réalisées par l'unité, on peut citer les résultats sur l'activation électrochimique des petites molécules telle que la réduction sélective du CO₂ en CO par électrocatalyse moléculaire à forte densité de courant, thématique sur laquelle l'unité a acquis une expérience de plus de dix ans, ainsi que la réduction électrochimique de l'azote par un complexe de molybdène. Ce domaine de la catalyse redox moléculaire est également mis en avant pour apporter une plus grande soutenabilité aux réactions d'organocatalyse utilisées dans l'industrie chimique. Ces résultats s'accompagnent de développements technologiques avec notamment le couplage de l'AFM et de la microscopie électrochimique à balayage (SECM) qui a permis d'imager l'activité catalytique de virus individuels immobilisés sur des surfaces. On peut noter également les travaux de l'unité autour de capteurs pour la détection d'H₂O₂ à quelques nM par amplification moléculaire autocatalytique, du transfert réversible de protons dans du TiO₂ cristallin et de l'activation électrochimique de la liaison halogène.

L'ensemble des chercheurs et des enseignants-chercheurs permanents, des doctorants et des post-doctorants, contribue à la production scientifique de l'unité.

L'unité a mis en place une procédure qui impose notamment la sauvegarde des données avant le départ des personnels en particulier en fin de contrat. Aucun article n'est publié dans des revues dites « prédatrices ». Le dépôt sur le portail HAL des publications de l'unité est fortement encouragé pour les enseignants-chercheurs, elle est obligatoire pour les chercheurs CNRS depuis 2019.

Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

La quantité et la qualité de la production scientifique ne sont pas homogènes entre les équipes et une partie des articles majoritairement publiés dans des journaux à forte audience (par exemple, une trentaine pour Reacte, soit environ un tiers de la production de cette équipe) est portée par du personnel senior qui n'est plus dans l'unité.

Les PAR ne sont que peu associés aux publications.

Le nombre de publications impliquant plusieurs équipes est modeste (environ 10 %) et concerne principalement les équipes Reacte et Elias.

Le comité d'experts a noté que les articles scientifiques ne sont pas systématiquement déposés dans HAL.

DOMAINE 4 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

Appréciation sur l'inscription des activités de recherche de l'unité dans la société

Bien que l'unité aborde la compréhension des systèmes étudiés par une approche très fondamentale, elle a su interagir avec le monde socio-économique par le biais de contrats industriels, mais aussi en valorisant ses travaux au travers de projets de maturation et de dépôt de brevets. En résultent la création d'une start-up issue des travaux sur la réduction du CO₂ qui a reçu le prix i-lab et un fort partenariat avec une autre start-up spécialisée en électrosynthèse. En plus de ces résultats remarquables, l'unité s'est beaucoup investie dans des actions de communication auprès du grand public, notamment autour de la thématique portant sur la fluorescence des biomatériaux et pour faire la promotion des carrières scientifiques auprès des jeunes femmes.

- 1/ L'unité se distingue par la qualité et la quantité de ses interactions avec le monde non-académique.*
- 2/ L'unité développe des produits à destination du monde culturel, économique et social.*
- 3/ L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

L'unité a bénéficié jusqu'en 2022 de la présence d'un membre permanent vice-président valorisation qui a porté des projets essentiels pour l'UPCité tels que la création du programme prématuration et de la fondation UPCité. Ce personnel est en détachement auprès du CNRS en tant que directeur des opérations à la direction générale déléguée à l'innovation jusqu'en 2025.

Ainsi, en plus d'aborder les problématiques scientifiques par une approche très fondamentale, l'unité a développé des interactions avec le monde socio-économique comme en témoignent les contrats industriels (4) avec des grands groupes tels que GRDF, Air Liquide, GRTGaz, les start-up Innoverda et Idylle. Ainsi, deux dispositifs Cifre ont été mis en place et deux projets de recherche collaborative avec les entreprises (PRCE) ont été financés par l'ANR.

L'unité s'est montrée particulièrement active pour valoriser ses résultats avec cinq projets de prématuration (Satt Erganeo et IDF Innov), le dépôt de huit brevets et la création de la start-up Carboneo en 2020 issue des travaux de l'équipe Reacte sur la réduction du CO₂. On peut aussi noter le prix national d'innovation (i-lab) obtenu par la start-up en 2021. La start-up Innoverda, spécialisée en électrosynthèse et hébergée pendant un an au LEM, interagit fortement avec l'équipe Elias depuis 2018 (contrat idex de prématuration, PRCE, ITN Miel, dépôt d'un brevet en 2023).

L'unité s'est par ailleurs beaucoup investie, y compris à l'étranger, dans des actions de communication auprès du grand public (à titre d'exemples des articles dans des journaux comme La Recherche ou Pour la Science, interviews et films documentaires à ARTE et Ushuaia TV ou Radio classique) principalement sur les thèmes « réduction du CO₂ » et « fluorescence et biomatériaux ». Des membres de l'unité interviennent également auprès du jeune public lors de la fête de la science et dans des lycées, notamment pour promouvoir l'accès des jeunes femmes aux carrières scientifiques.

À souligner également, une formation annuelle en voltampérométrie cyclique (CVIS), technique d'analyse phare et historique de l'unité, à l'attention des étudiants français et étrangers, qui a été mise en place depuis 2015.

Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

Les interactions avec les industriels sont essentiellement centrées sur deux équipes (Elias et Reacte).

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

La trajectoire de six chercheurs et enseignants-chercheurs a été intégrée dans le document d'autoévaluation de l'IPCM, et d'autres mouvements de personnels sont en cours, ce qui ne permet pas au comité d'analyser les trajectoires des équipes Reacte et Elias.

Le comité n'analysera donc que la trajectoire des personnels restant *a priori* dans les locaux actuels de l'unité, à savoir la professeure recrutée en 2023, les équipes MER et Bionano ainsi qu'un professeur et une IE de l'équipe Elias. Le comité a noté la volonté du personnel de s'inscrire dans un projet commun avec l'unité Interfaces, traitements, organisation et dynamique des systèmes (Itodys). Des discussions sont en cours entre le LEM et Itodys.

La thématique portant sur les dispositifs électrochimiques de conversion d'énergie, englobant la partie matériaux et analyses *operando* portée par la nouvelle professeure recrutée en 2023 devrait bénéficier de ce rapprochement, notamment avec la possibilité de mettre en place une plateforme de catalyse, photocatalyse et électrocatalyse comprenant des électrolyseurs à membranes échangeuses de protons et d'anions.

Une continuité scientifique de leurs thématiques d'excellence est envisagée pour les équipes Bionano et MER. L'équipe Bionano poursuivra ses travaux concernant le développement de cascades enzymatiques artificielles (projet idex) et la mesure du bruit de grenaille des événements redox. Elle développera également une nouvelle thématique portant sur la conversion photonique d'événements électrochimiques individuels en collaboration avec l'Institut des sciences moléculaires (ISM) de Bordeaux. Le départ récent de l'ingénieur électronicien vers l'industrie fragilise cette équipe qui a besoin de maintenir le haut niveau technologique de ses équipements, indispensables au bon développement de ses thématiques de recherche.

L'équipe MER poursuivra ses travaux récents liés notamment au développement de nouvelles méthodologies analytiques fondées sur les concepts d'amplifications moléculaires autocatalytiques (ANR et projet Émergence). Elle continuera également sa thématique originale sur les batteries aqueuses rechargeables (ANR et projet DIM). Ces deux thématiques bénéficieront du renforcement en synthèse organique lié au rattachement à l'équipe d'une AI précédemment mutualisée.

L'évolution du contour de l'unité devrait permettre de résoudre les problèmes de suroccupation des locaux et de sécurité liés au manque de sorbonnes.

Les discussions entre les équipes restantes et partantes se font dans un état d'esprit constructif, en concertation avec les tutelles. Elles devraient permettre d'aboutir à de bons compromis concernant le partage des équipements et des moyens humains. Le comité a noté que les PAR avaient déjà très bien appréhendé leur devenir et les conséquences de ces mouvements. Le personnel non-permanent en est à ce jour assez peu informé.

Les équipes restantes devront poursuivre les discussions en cours avec Itodys et être force de proposition pour trouver des solutions permettant la poursuite de leurs thématiques d'excellence, s'appuyant sur des expertises de pointe en électrochimie moléculaire tout en tenant compte de l'épanouissement des personnels dans leur travail.

RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

Les circonstances et les éléments portés à la connaissance du comité lors de la visite ne permettent pas d'émettre des recommandations sur la future unité de recherche qui n'existera plus dans sa forme actuelle.

Les recommandations concernant les équipes Bionano et MER seront détaillées dans les parties consacrées aux équipes.

ÉVALUATION PAR ÉQUIPE

Équipe 1 : Reacte : Réactivité et catalyse par transfert d'électrons

Nom du responsable : M. Marc Robert

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe Reacte s'intéresse aux réactions de transfert d'électron et de proton induites par voie électrochimique et, dans une moindre mesure, par voie photochimique. Cette équipe concentre ses efforts sur la mise au point de processus permettant l'activation de molécules telles que CO₂, N₂ et O₂. L'équipe inscrit ainsi pleinement ses thématiques dans des enjeux sociétaux majeurs liés à la transition énergétique et l'électrosynthèse verte.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'équipe Reacte a pris en compte les recommandations du rapport précédent. En particulier, elle a renforcé ses collaborations avec Elias et ces deux équipes se sont impliquées dans le montage d'un projet européen Innovative Training Networks (ITN) « Microprocess engineering for electrosynthesis - new synthesis concepts for pharmaceutical/ fine chemical industry ».

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

| Catégories de personnel | Effectifs |
|--|-----------|
| Professeurs et assimilés | 2 |
| Maitres de conférences et assimilés | 0 |
| Directeurs de recherche et assimilés | 1 |
| Chargés de recherche et assimilés | 1 |
| Personnels d'appui à la recherche | 0 |
| Sous-total personnels permanents en activité | 4 |
| Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés | 1 |
| Personnels d'appui non permanents | 0 |
| Post-doctorants | 4 |
| Doctorants | 7 |
| Sous-total personnels non permanents en activité | 12 |
| Total personnels | 16 |

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe développe une recherche de pointe suffisamment variée pour permettre à chaque personnel d'exprimer sa créativité tout en évitant de disperser les énergies. Ce dynamisme important est porté par un nombre relativement faible de permanents et se focalise sur des thématiques majeures pour la société. Les différentes actions de Reacte sont bien réparties sur l'ensemble des personnels et touchent de nombreux aspects : enseignement, recherche fondamentale et contractuelle, valorisation, dissémination, actions auprès du grand public, tâches d'intérêt général, etc.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe montre un dynamisme exceptionnel et s'attache à des thématiques importantes pour la société qui permettent de mettre en avant une science de qualité. De nombreux projets et contrats alimentent financièrement ses thématiques tant du point de vue de l'équipement et du fonctionnement que de celui des ressources humaines à travers des recrutements de doctorants (22) ou de post-doctorants (14). Le dynamisme de l'équipe transparait quand on considère le nombre de chercheurs invités (27), le nombre d'invitations à des congrès (>40) ou l'organisation de colloques et de congrès (7). L'excellente et abondante production scientifique (109 ACL), publiée dans des journaux de référence (par exemple, Angewandte Chemie International Edition, Nature, Science, Journal of the American Chemical Society, Chemical Science), donne à cette équipe une visibilité de tout premier plan. De nombreuses collaborations nationales et internationales ont été développées et donnent lieu à de nombreuses publications communes. Cette recherche de haut niveau n'empêche pas l'équipe d'interagir avec le monde socio-économique, tel qu'attesté par la mise en place de contrats de collaboration avec GRTGaz, GRDF, Teréga et Air Liquide ou par la création d'une start-up Carboneo. Ces activités s'appuient sur le dépôt de sept brevets pendant la période de référence. La stratégie scientifique est claire pour les membres de l'équipe et parfaitement partagée entre eux. Il en découle un fonctionnement qui satisfait l'ensemble des personnels. Il est à noter qu'en plus de ces forts investissements en recherche, les membres de l'équipe s'impliquent aussi dans la promotion de la science auprès de jeunes publics.

Points faibles et risques liés au contexte

Le risque aurait été la faible disponibilité des locaux si l'équipe était restée intégrée au LEM.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La trajectoire de l'équipe Reacte ne s'inscrivant pas dans l'unité, le comité n'a pas procédé à son évaluation.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité recommande à Reacte d'impliquer plus systématiquement les PAR dans la vie de l'équipe, le montage de projets et les communications scientifiques.

Équipe 2 : Bionano : Systèmes biomacromoléculaires. Transport d'électrons à l'échelle nanométrique

Nom du responsable : M. Christophe Demaille

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe s'intéresse à des phénomènes de transfert d'électrons et à l'exaltation des systèmes catalytiques. Elle travaille sur l'utilisation d'une variante originale et à haute résolution de la microscopie électrochimique. Les travaux de Bionano nécessitent le développement de nouvelles techniques et de nouvelles approches expérimentales liées à la microscopie électrochimique. En faisant appel à l'électrochimie, des stratégies innovantes sont développées pour la détection d'évènements de transferts d'électrons individuels.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Lors de la dernière évaluation, il était indiqué que la production scientifique était de très bonne qualité mais assez peu abondante. Ceci peut s'expliquer par l'investissement requis par les forts développements instrumentaux et expérimentaux et par la difficulté des manipulations, mais ce point reste à améliorer. Une piste déjà proposée dans le précédent rapport était le développement de collaborations, soit en local, soit avec d'autres partenaires extérieurs au LEM, ce qui devrait être associé en amont à une politique de communication dans les congrès.

Il a également été indiqué qu'il convient de chercher des pistes permettant de stabiliser le nombre de permanents de l'équipe, par exemple, en présentant des candidats aux concours du CNRS.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

| Catégories de personnel | Effectifs |
|--|-----------|
| Professeurs et assimilés | 0 |
| Maîtres de conférences et assimilés | 1 |
| Directeurs de recherche et assimilés | 1 |
| Chargés de recherche et assimilés | 0 |
| Personnels d'appui à la recherche | 0 |
| Sous-total personnels permanents en activité | 2 |
| Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés | 0 |
| Personnels d'appui non permanents | 0 |
| Post-doctorants | 1 |
| Doctorants | 2 |
| Sous-total personnels non permanents en activité | 3 |
| Total personnels | 5 |

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe Bionano développe une technique d'imagerie fonctionnelle (AFM-SECM à médiateur lié). Elle met au point des développements et des applications de la microscopie électrochimique originaux et uniques en France. Elle a publié dans d'excellents journaux de large audience des résultats de grande qualité. La visibilité internationale est très bonne, mais pourrait être plus importante. L'équipe devrait être renforcée au niveau du nombre de personnels permanents.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe Bionano développe la microscopie électrochimique à médiateur lié, une technique unique en France qui lui confère une originalité et une très bonne visibilité internationale (5 conférences et séminaires invités). Elle a obtenu un nouveau projet financé par l'ANR ainsi qu'un projet idex (UPCité) et une Mission pour les initiatives transverses et interdisciplinaires (Miti) du CNRS. Elle a publié dans des journaux d'excellente qualité (Nanoscale, Small, ACS catalysis, Analytical Chemistry).

Au sein de l'équipe, cinq doctorants et deux post-doctorants ont été encadrés durant la période de référence.

Points faibles et risques liés au contexte

L'équipe est de petite taille avec un DR et un MCF (enseignant-chercheur à l'IUT). Elle a vu le départ d'une DR pendant le quinquennat et le détachement d'un PAR spécialisé dans l'électronique, un poste malheureusement essentiel pour cette équipe.

Le nombre de communications dans des événements scientifiques est modeste.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Les projets de l'équipe sont dans la lignée des travaux actuels. Elle souhaite continuer à développer la technique AFM-SECM à médiateur lié afin de conserver son rôle de leader et son originalité. Elle souhaite continuer les travaux visant à comprendre le fonctionnement des systèmes enzymatiques sur nanoparticules virales et à développer des stratégies innovantes pour la détection d'événements de transferts d'électrons individuels. Ces projets sont réalisés en collaboration avec des équipes à Bordeaux et au Japon.

L'équipe souhaite conserver son leadership en matière de détection de phénomènes électrochimiques se traduisant par des courants extrêmement faibles.

Ces projets confèrent à Bionano une originalité et une visibilité importantes, mais qui devraient pouvoir être renforcées grâce au développement de nouvelles collaborations, notamment à l'international.

Le faible nombre de permanents et le départ de l'ingénieur électronicien vers l'industrie constituent un risque certain.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe Bionano a su développer une technique originale et un savoir-faire uniques en France. Ceci laisse espérer une production scientifique plus abondante en matière de publications et de communications dans des événements scientifiques ainsi qu'un plus grand nombre de collaborations.

Il convient de chercher des pistes permettant de stabiliser ou d'augmenter le nombre de permanents, par exemple, en présentant des candidats aux concours du CNRS.

Les discussions d'un projet commun entre les équipes du LEM restant dans les locaux actuels et Itodys pourraient permettre d'aborder le besoin spécifique d'un PAR spécialisé en électronique, un besoin qui est très important pour l'équipe et qui est certainement dans les intérêts de Itodys également.

Équipe 3 : MER : Méthodologies électroanalytiques et réactivité

Nom du responsable : M. Benoît Limoges

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe MER déploie ses activités de recherche autour de deux axes :

- L'électrochimie analytique, avec le développement de nouvelles méthodes d'analyse pour la détection de produits chimiques ou de molécules d'intérêt biologique ;
- Le stockage électrochimique de l'énergie, avec des études fondamentales sur les mécanismes de transfert et de transport de charges dans des matériaux d'électrodes.

Au cours du contrat écoulé, ces activités se sont concentrées sur le développement de méthodologies analytiques fondées sur le concept d'amplification auto-catalytique et sur l'étude des mécanismes de stockage de charges dans des matériaux d'électrodes à base d'oxydes métalliques. L'ensemble de ces travaux s'appuie sur des expertises bien établies et reconnues en électrochimie analytique et en spectro-électrochimie.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

La pérennité des thématiques du groupe a été assurée par la stabilité de l'effectif. En accord avec les recommandations émises en 2019, les interactions avec les autres équipes du LEM sont en progrès avec quatre articles publiés avec Reacte et deux avec Elias. La participation des doctorants à des manifestations scientifiques est satisfaisante.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

| Catégories de personnel | Effectifs |
|--|-----------|
| Professeurs et assimilés | 1 |
| Maitres de conférences et assimilés | 2 |
| Directeurs de recherche et assimilés | 1 |
| Chargés de recherche et assimilés | 0 |
| Personnels d'appui à la recherche | 0 |
| Sous-total personnels permanents en activité | 4 |
| Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés | 1 |
| Personnels d'appui non permanents | 1 |
| Post-doctorants | 0 |
| Doctorants | 5 |
| Sous-total personnels non permanents en activité | 7 |
| Total personnels | 11 |

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

Les activités de recherche se sont centrées sur le stockage de l'énergie et sur l'analyse physico-chimique. Ces deux orientations se sont appuyées sur des expertises reconnues en électrochimie analytique et en spectro-électrochimie et le taux de succès aux AAP régionaux et nationaux est très bon. Le bilan de la période écoulée fait également apparaître des efforts de valorisation des activités de recherche avec trois contrats de prématuration.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'effectif de l'équipe est resté constant pendant la période concernée (4 permanents, 2,5 ETP). La nouvelle thématique centrée sur l'étude du stockage des charges dans des oxydes métalliques a notamment pris une place importante dans l'activité et dans la production de l'équipe. Elle a bénéficié de ressources financières très importantes (760 k€ pendant la période 2017-22) au vu du nombre de permanents impliqués, avec des financements nationaux (3 ANR dont une JCJC, 2 idex), locaux (réseau Île-de-France, DIM Respire) et de (pré)maturation (CNRS, Satt). Les moyens humains mobilisés durant la période sont également très importants avec quatre thèses soutenues, quatre en cours, cinq post-doctorants (dont 2 Ater) et deux AI, financés sur fonds propres (ANR, idex), par l'école doctorale (4 thèses) ou par le China scholarship council (CSC, 3 thèses). La production scientifique est très bonne avec 24 ACL (et 1 brevet) publiés durant la période 2017-2022 dans d'excellents journaux généralistes, comme Journal of Materials Chemistry A ou Chemical Science, et spécialisés tel Applied Energy Materials, par exemple. Ce bilan remarquable inclut également la promotion de trois des quatre permanents de l'équipe pendant la période considérée (promotions DR2 vers DR1, MCF vers PR et MCF vers MCF-HC).

L'équipe bénéficie d'expertises reconnues en analyse (spectro)électrochimique et de l'excellente attractivité du laboratoire. Ces dernières années ont vu l'émergence de thématiques porteuses notamment dans le domaine de l'énergie et le nombre limité de thèmes abordés est cohérent avec la taille de l'équipe. Ces activités ont bénéficié d'un réseau collaboratif régional (DIM Respire et DIM Materre) et international, avec la Chine notamment, bien établi sur les thèmes énergie et analyse.

Au cours de la période, l'équipe a su développer des projets innovants à forts potentiel pour la valorisation (prématuration) et participer à différents processus d'évaluation de la recherche en France (ANR) et à l'étranger (Union européenne). L'équipe bénéficie également de la présence de deux jeunes MCF qui apportent des expertises complémentaires en électrochimie et en ingénierie moléculaire (1 ANR JCJC).

Points faibles et risques liés au contexte

L'implication des membres de l'équipe dans l'organisation d'événements scientifiques est faible. Les ressources financières sont exclusivement d'origine publique malgré le développement de thématiques à fort potentiel pour la valorisation (3 projets de maturation pendant la période). Aucune publication pendant la période signée par les PAR de l'unité n'est notée.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Les projets de l'équipe s'inscrivent dans la continuité logique des activités développées depuis 2018. Les nouvelles orientations proposées dans le domaine des dispositifs de stockage de charges reposent sur le développement d'électrodes organiques composites ou de fenêtres électrochromes intelligentes pour le bâtiment. Ce dernier projet à fort potentiel d'innovation et de valorisation (brevet en cours de dépôt), débuté en 2020 avec le soutien de l'idex puis du CNRS (financement prématuration), sera notamment développé jusqu'en 2026 dans le cadre du projet ANR BiWin. En bioanalyse, l'équipe souhaite étendre le concept d'amplification autocatalytique à des systèmes plus complexes impliquant des processus de réaction-diffusion non linéaires. La soutenance de l'HDR d'un des MCF de l'équipe et le rattachement récent d'un AI CNRS en synthèse organique sont des atouts qui devraient contribuer au développement et au renforcement des approches moléculaires.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité recommande de promouvoir la prise de responsabilité et l'engagement des jeunes permanents sur de futurs projets. Il serait aussi souhaitable de renforcer la visibilité de l'équipe en encourageant les plus jeunes à communiquer dans des manifestations scientifiques et tous les personnels à s'impliquer dans l'organisation d'événements scientifiques nationaux ou internationaux. Il est également recommandé de veiller à impliquer autant que possible l'AI nouvellement affectée à l'équipe dans les échanges scientifiques, le montage de projets et les communications scientifiques.

Équipe 4 : Elias : Électrochimie et ingénierie d'assemblages supramoléculaires

Nom de la responsable : Mme Claire Fave

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les travaux développés au sein de l'équipe Elias visent à déployer des stratégies électrochimiques d'activation de processus moléculaires ou supramoléculaires d'intérêt en reconnaissance moléculaire, en catalyse ou en synthèse organique. Un autre objectif qui a émergé au cours du contrat concerne l'exploration et l'étude des propriétés de biomatériaux fluorescents. Ces projets, largement multidisciplinaires, reposent sur un socle d'expertises complémentaires en chimie organique, en chimie supramoléculaire et en électrochimie moléculaire. Le bilan pour la période écoulée met en lumière les recouvrements thématiques et les nombreuses collaborations de Elias avec l'équipe Reacte.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

En accord avec les recommandations émises en conclusion du précédent rapport, l'équipe Elias a développé plusieurs projets avec des partenaires industriels (start-up Innoverda, société Linxens) et obtenu des financements en lien avec des objectifs de valorisation (idex prématuration, ANR PRCE). Le nombre de projets et de thématiques abordés reste néanmoins élevé compte tenu de l'effectif de l'équipe.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

| Catégories de personnel | Effectifs |
|--|-----------|
| Professeurs et assimilés | 2 |
| Maitres de conférences et assimilés | 0 |
| Directeurs de recherche et assimilés | 1 |
| Chargés de recherche et assimilés | 0 |
| Personnels d'appui à la recherche | 1 |
| Sous-total personnels permanents en activité | 4 |
| Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés | 1 |
| Personnels d'appui non permanents | 0 |
| Post-doctorants | 1 |
| Doctorants | 1 |
| Sous-total personnels non permanents en activité | 3 |
| Total personnels | 7 |

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

Les expertises et les activités de recherche menées à l'interface de la chimie organique et de l'électrochimie sont les composantes essentielles de l'identité de l'équipe Elias et de sa spécificité au sein de l'unité. Ces savoir-faire sont propices aux collaborations entre les équipes, notamment avec l'équipe Reacte, et avec des partenaires industriels.

Les très nombreuses thématiques abordées s'inscrivent dans une démarche scientifique cohérente centrée sur l'exploitation de l'électrochimie moléculaire pour la catalyse, la reconnaissance moléculaire et la synthèse organique.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'effectif de l'équipe est resté constant pendant la durée du contrat (4 permanents dont 1 IE et 1 Prag). Elias a su développer et pérenniser une identité propre au sein du LEM, avec des activités à l'interface de la chimie supramoléculaire, de la synthèse organique et de l'électrochimie. Les interactions avec l'équipe Reacte sont nombreuses (2 projets ANR), notamment motivées par une convergence des objectifs sur les activités orientées vers la catalyse. La production scientifique est très bonne avec vingt ACL dont dix en collaboration avec les équipes Reacte (8) et MER (2).

Les différentes activités de recherche ont été menées avec le support de nombreux financements de type ANR (3 PRC et 1 PRCE) dont deux en tant que porteurs et deux en collaboration avec l'équipe Reacte. La visibilité et l'attractivité de l'équipe lui ont également permis de porter un programme européen Doctoral Networks (DN, projet Microprocess engineering for electrosynthesis - new synthesis concepts for pharmaceutical/ fine chemical industry [Miel] dont Elias est partenaire) sur la thématique électrosynthèse et de programmes d'échange avec l'Allemagne (PHC, Office allemand d'échanges universitaires [DAAD]).

Points faibles et risques liés au contexte

Les thématiques sont très nombreuses et développées par un effectif limité. Il existe un recouvrement thématique significatif avec l'équipe Reacte sur toutes les activités tournées vers l'électrocatalyse. Le thème fluorescence de biomatériaux apparaît en revanche en dehors du périmètre scientifique de l'équipe, sans corrélation évidente avec les autres activités.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La trajectoire de l'équipe Elias ne s'inscrivant pas dans l'unité, le comité n'a pas procédé à son évaluation.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Aucune recommandation pertinente ne peut être formulée par le comité à l'équipe Elias compte tenu des nombreuses incertitudes sur son devenir.

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

DATES

Début : 18 décembre 2023 à 8h45

Fin : 19 décembre 2023 à 15h00

Entretiens réalisés en présentiel et en distanciel

PROGRAMME DES ENTRETIENS

Lundi 18 décembre 2023

| | |
|-------|--|
| 08h45 | Présentation du comité d'experts Hcéres |
| 09h00 | Bilan de l'unité |
| 09h15 | Discussions |
| 09h45 | Bilan équipe Reacte |
| 09h55 | Discussions |
| 10h15 | Bilan équipe Bionano |
| 10h25 | Discussions |
| 10h45 | Pause |
| 11h00 | Bilan équipe MER |
| 11h10 | Discussions |
| 11h30 | Bilan équipe Elias |
| 11h40 | Discussions |
| 12h00 | Huis clos comité et pause méridienne |
| 14h00 | Nouvelle trajectoire de l'unité |
| 14h20 | Discussions |
| 15h00 | Huis clos comité |
| 15h30 | Huis clos du comité avec les C/EC |
| 16h05 | Huis clos du comité avec les responsables d'équipe |
| 16h40 | Huis clos du comité |

Mardi 19 décembre 2023

| | |
|-------|--|
| 09h00 | Huis clos avec les PAR |
| 09h35 | Huis clos avec les doctorants et post-doctorants |
| 10h10 | Huis clos comité |
| 10h30 | Huis clos du comité avec les tutelles |
| 11h10 | Huis clos du comité |
| 11h30 | Huis clos du comité avec la direction |
| 12h00 | Huis clos du comité |
| 15h00 | Fin de la visite |

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

Le Président

Paris, le 18 avril 2024

HCERES
2 rue Albert Einstein
75013 Paris

Objet : Rapport d'évaluation de l'unité DER-PUR250024239 - LEM - Laboratoire d'électrochimie moléculaire.

Madame, Monsieur,

L'université Paris Cité (UPCité) a pris connaissance du rapport d'évaluation de l'Unité de Recherche LEM - Laboratoire d'électrochimie moléculaire.

Ce rapport a été lu avec attention par la direction de l'unité (cf ses courriers joints), par la vice-doyenne Recherche et le doyen de la Faculté des Sciences d'UPCité (cf le courrier joint du Doyen Cazayous), par la vice-présidente Recherche d'UPCité et par moi-même. L'ensemble des acteurs UPCité remercie le comité pour son travail d'évaluation

Présidence

Référence

Pr/DGDRIVE/2023

Affaire suivie par
Christine Debydeal -
DGDRIVE

Adresse

85 boulevard St-Germain
75006 - Paris

Comme le Doyen Cazayoux le souligne dans son courrier, je souhaite confirmer que l'université Paris Cité et le CNRS souhaitent accompagner le projet de fusion du LEM – du moins des personnels du LEM ne quittant pas l'université Paris Cité – avec l'UMR ITODYS. Ce projet cohérent, basé sur la synergie des acteurs, devrait permettre à la nouvelle structure d'occuper une position remarquable en physico-chimie au niveau international.

Je vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, l'expression de ma considération distinguée.

www.u-paris.fr

Édouard Kaminski



Référence
MC/NE/EB/2024-028

Faculté des Sciences
Université Paris Cité
5 rue Thomas Mann
75013 Paris

Objet : DER-PUR250024239 - Évaluation HCERES de l'UMR 7591LEM- Retour Tutelle Université Paris Cité

Chères et Chers Collègues,

Nous souhaitons par ce courrier remercier les membres du comité de visite pour le temps qu'ils ont consacré à l'évaluation du LEM, ainsi que pour leur écoute et le travail considérable qu'ils ont accompli.

La Faculté des Sciences est fière de compter le LEM parmi ses unités de recherche et rappelle la grande qualité de la recherche menée par tous les membres du laboratoire.

Après lecture du rapport provisoire d'évaluation de l'UMR 7591 LEM, la Faculté des Sciences souhaite juste ajouter que compte tenu du départ d'une partie importante des enseignants-chercheurs et chercheurs du laboratoire, les équipes restantes vont construire leur trajectoire au sein de l'ITODYS. La Faculté est présente à leurs côtés pour accompagner l'ensemble des collègues

En vous priant, chères et chers collègues, d'accepter nos chaleureuses salutations.

Maximilien CAZAYOUS
Doyen
Faculté des Sciences
Université Paris Cité

Nathalie EISENBAUM
Vice-Doyenne recherche Faculté
des Sciences
Université Paris Cité



LABORATOIRE D'ELECTROCHIMIE MOLECULAIRE - UMR 7591

Laboratoire d'Electrochimie Moléculaire
Université Paris Cité
Bât. Lavoisier, 15, rue Jean de Baïf
75205 Paris Cedex 13
France
elodie.anxolabehere@u-paris.fr

Paris le 05 avril 2024

Affaire suivie par : Colette FADEL, Directrice générale déléguée Faculté des Sciences
colette.fadel@u-paris.fr

Objet : Rapport d'évaluation **D2025-EV-0755976N-DER-ER-DER-PUR250024239-ST4-LEM-RT**.
Observations générales transmises par l'unité :

Vous trouverez ci-après quelques observations relatives au rapport d'évaluation du LEM :

- La précédente évaluation (2018) mentionnait que « la participation et la coordination de contrats européens demeurent des points à améliorer ». En 2023, l'unité est lauréate de l'ITN MiEL (« Microprocess engineering for electrolysis – new synthesis concepts for pharmaceutical/fine chemical industry ») porté par l'équipe ELIAS et du projet européens HORIZON (RIA) PHOTOSINT (« Photoelectrocatalytic systems for solar fuels energy Integration into industry with local resources ») porté par l'équipe REACTE. Je pense que ces informations devraient être incluses dans en page 7 du rapport d'évaluation, au paragraphe « PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DES PRECEDENTS RAPPORT ».
- Le rapport indique « qu'aucune politique incitative de collaboration entre les équipes n'est mis en place au niveau de la direction » (page 8, « *points faibles et risques liés au contexte* »). Sur la période, la direction a fortement inciter les équipes à collaborer, (les projets doctoraux en collaboration entre deux équipes encouragés) pour autant, à l'exception des équipes REACTE et ELIAS pour lesquelles il existe une convergence des objectifs de recherche en électrocatalyse, ces incitations n'ont pas été fructueuses.
- En page 9 et en page 11 « *points faibles et risques liés au contexte* » : l'identification des pertes en ressources humaines de l'unité depuis 2018 n'est pas claire : le texte rend compte du départ de **4** personnels séniors (p. 11), de personnel PAR et de « *personnalités importantes de l'électrochimie moléculaire* (4) et du décès de M. J.-M. Savéant qui « *risquent d'impacter certaines équipes* » en l'absence de compensation « *par mutations* ». La formulation ne me parait pas claire. Il y a eu effectivement **3** départs de rang A (1 DR en retraite, 1 PR en mutation et 1 PR en détachement au CNRS) et le décès du Pr Savéant (Emérite). Pour autant il est important de rappeler que sur la même période il y a eu le recrutement d'1 PR et de 2 CR CNRS, renouvelant ainsi en partie le personnel scientifique de l'unité.
- Page 12 « *points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus* ». Le rapport note le fait que les PAR soit peu associés aux publications. Cette observation est correcte, pour autant je ne pense pas qu'elle constitue un point faible. La politique de l'unité n'est pas d'associer systématiquement le personnel d'appui aux publications scientifiques. A titre d'exemple, la production d'un produit selon un protocole déjà établi ne justifie pas que le personnel soit associé à la publication. De même le personnel en charge d'un équipement scientifique n'est pas systématiquement associé.
- A noter que dans la partie « *ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE* » le comité ne prend en compte que les personnels des équipes MER et BIONANO et oublie de mentionner deux personnels de l'équipe ELIAS qui restent au LEM (un professeur et un PAR de l'équipe ELIAS). Ce point est également indiqué dans le courrier « *erreurs factuelles* ».

Les rapports d'évaluation du Hcéres
sont consultables en ligne : www.hceres.fr

Évaluation des universités et des écoles
Évaluation des unités de recherche
Évaluation des formations
Évaluation des organismes nationaux de recherche
Évaluation et accréditation internationales



2 rue Albert Einstein
75013 Paris, France
T.33 (0)1 55 55 60 10

hceres.fr

 [@Hceres_](https://twitter.com/Hceres_)

 [Hcéres](https://www.youtube.com/Hceres)