

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ
DEP - Département énergétique et procédés

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET
ORGANISMES :

Mines Paris – université Paris Sciences & Lettres -
Mines Paris-PSL

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2023-2024
VAGUE D

Rapport publié le 26/02/2024



Au nom du comité d'experts¹ :

Jean-Noël Jaubert, président du comité

Pour le Hcéres² :

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

Président :	M. Jean-Noël Jaubert, Université de Lorraine
	M. Philippe Destrac, INP Toulouse (personnel d'appui à la recherche)
	M. Jean-Henry Ferrasse, Aix-Marseille université - AMU
Experts :	M. Gilles Flamant, DR Émérite CNRS
	M. Bruno François, École centrale de Lille
	Mme Anne Ventura, Université Gustave Eiffel

REPRÉSENTANTE DU HCÉRES

Mme Francine Fayolle

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

M. Julien Haccoun, Mines Paris-PSL
M. Arnaud Tourin, Université Paris Sciences et lettres – université PSL
M. Yannick Vimont, Mines Paris-PSL

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Département énergétique et procédés
- Acronyme : DEP
- Label et numéro :
- Nombre d'équipes : 4 équipes
- Composition de l'équipe de direction : M. Philippe Blanc (directeur) / M. Andréa Micchiori (directeur adjoint) / Mme Élise El Ahmar (directrice adjointe)

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies
ST5 Sciences pour l'ingénieur

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

Le Département Énergétique et Procédés (DEP) est structuré en quatre centres (ou équipes) de recherche dont les activités scientifiques s'articulent autour de trois thématiques centrées sur le génie des procédés pour l'énergie et plus particulièrement sur la problématique de la transition énergétique. Ces trois thématiques scientifiques sont : l'efficacité énergétique, la décarbonation des procédés et des combustibles et l'intégration des énergies renouvelables.

Par ordre alphabétique, le premier centre est le Centre d'Efficacité énergétique de Systèmes (CES) composé de cinq groupes de recherche qui se concentrent sur l'efficacité énergétique des villes et bâtiments, sur l'efficacité énergétique et la décarbonation de l'industrie et des procédés, et sur l'efficacité énergétique et la décarbonation des systèmes embarqués et de transport. Le deuxième centre, composé d'un unique groupe de recherche, est le Centre Thermodynamique des Procédés (CTP) dont les activités s'inscrivent autour de la détermination expérimentale et de la modélisation des diagrammes de phases et des propriétés thermophysiques de systèmes renfermant des molécules d'intérêt pour les procédés énergétiques. Le troisième centre est le Centre Observation, Impacts, Énergie (OIE), qui comprend deux groupes de recherche et dont les travaux sont relatifs à l'évaluation des ressources énergétiques renouvelables et à l'évaluation des impacts des systèmes énergétiques. Le quatrième et dernier centre est le Centre Procédés, Énergies Renouvelables et Systèmes Énergétiques (Persee), structuré en trois groupes de recherche qui se consacrent au développement de matériaux et composants pour l'énergie, à la conception de procédés de stockage et de conversion d'énergie, à l'intégration des énergies renouvelables et des systèmes énergétiques bas carbone dans le mix énergétique actuel.

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

L'origine du Département Énergétique et Procédés (DEP) de Mines Paris - PSL remonte à la création en 1976 du Centre d'Énergétique (Cenerg), qui rassemblait initialement une équipe de six personnes dont les activités de recherche étaient centrées sur l'énergie solaire et le stockage de l'énergie. L'intégration ultérieure du Centre Réacteurs et Processus (Cerep) a donné naissance en 2004 au Centre Énergétique et Procédés (CEP), fusionnant ainsi les enjeux liés à l'énergétique et aux procédés, dans le contexte spécifique de la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Suite à sa restructuration en quatre centres de recherche autonomes en 2013, le CEP est devenu l'actuel DEP. Il est multi-localisé et réparti entre quatre sites, trois en région Île-de-France (Paris, Palaiseau et Fontainebleau) et un en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (Sophia-Antipolis). Plus spécifiquement, le CES est basé à Paris et Palaiseau, le CTP est localisé à Fontainebleau et les centres OIE et Persee sont situés à Sophia-Antipolis.

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

Le DEP a pour tutelle Mines Paris – PSL, une école d'ingénieurs généraliste de renommée internationale, placée elle-même sous la tutelle du ministère de l'Industrie.

Le DEP bénéficie du soutien d'Armines, organisme de recherche et de diffusion des connaissances qui, dans le cadre d'une convention de quasi-régie (signée le 1^{er} janvier 2022 avec Paris PLS), valorise les équipements de pointe et les travaux de recherche de Mines Paris. En outre le DEP est l'un des 44 laboratoires rattachés à l'institut Carnot Mines (Méthodes INnovantes pour l'Entreprise et la Société) reconnu notamment pour ses activités de recherche dans les énergies d'avenir et les matériaux du futur.

Certains membres du DEP ont également une participation active au sein de la fédération européenne de photocatalyse (EPF) et de la fédération de recherche sur l'énergie solaire (Fedesol).

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	6
Maitres de conférences et assimilés	4
Directeurs de recherche et assimilés	10
Chargés de recherche et assimilés	8
Personnels d'appui à la recherche	35
Sous-total personnels permanents en activité	63
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	2
Personnels d'appui non permanents	15
Post-doctorants	5
Doctorants	70
Sous-total personnels non permanents en activité	92
Total personnels	155

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
Autres	2	2	21
Mines Paris-PSL	8	16	14
Total personnels	10	18	35

AVIS GLOBAL

Le Département Énergétique et Procédés de Mines Paris – PSL et ses quatre centres sont un acteur majeur de la recherche nationale dans le domaine du génie des procédés pour l'énergie et plus particulièrement dans trois thématiques phares de la transition énergétique que sont l'efficacité énergétique, la décarbonation des procédés et combustibles, et l'intégration des énergies renouvelables.

Les quatre centres sont autonomes scientifiquement et financièrement, deux sont situés en région parisienne et deux dans le sud de la France. Si cet éclatement et cette autonomie interrogent sur la nécessité d'un département pour les chapeauter, on peut constater que le DEP est l'interlocuteur unique de sa tutelle. Des actions communes entre les centres sont en cours mais restent à renforcer.

La production scientifique globale est très soutenue, régulière et en progression de près de 15 % par rapport à l'évaluation précédente. Sur le plan qualitatif, le niveau est excellent comme l'attestent les très nombreuses publications scientifiques dans les meilleurs journaux du domaine. Dans plusieurs thématiques, le DEP occupe une position de leader sur les scènes nationale et internationale qui lui a permis de développer une très forte interaction avec le secteur économique. On peut par exemple citer la concrétisation de plus de 500 contrats industriels, la levée annuelle d'environ 7 M€ de ressources propres, la mise en place de 43 dispositifs Cifre, la participation au dépôt ou à la publication d'extension de douze brevets et l'accompagnement à la création de sept entreprises. Le DEP a, en outre, remporté un nombre impressionnant de succès à des appels à projets sélectifs (24 projets européens, une vingtaine de projets ANR) et de nombreux chercheurs étrangers sont venus effectuer un séjour dans les divers centres, ce qui démontre une visibilité et une attractivité hors norme. Un point à souligner est que ces interactions avec les mondes industriel et académique nourrissent des réflexions scientifiques, et permettent de maintenir au plus haut niveau les contenus pédagogiques que délivrent les enseignants-chercheurs du DEP.

Un autre atout majeur du département repose sur la possession de plusieurs plateformes expérimentales et logicielles – souvent uniques – qui ont fait émerger de multiples avancées technologiques.

Outre ses interventions régulières dans des manifestations de vulgarisation de la Science, destinées au grand public, le DEP est également un acteur majeur dans le développement de produits à destination du monde culturel et social au travers de ses plateformes logicielles et de ses cours en ligne ouverts et massifs (Mooc).

ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

« Les partenariats industriels devraient s'organiser afin de maintenir l'excellence scientifique et laisser la place aux actions de ressourcement (actions Carnot, par exemple). »

À cette fin, un conseil de département (généralement appelé conseil d'unité) a été mis en place. Il a pour mission de renforcer la coordination scientifique intercentres et notamment la stratégie scientifique.

« Le comité encourage le DEP dans sa démarche de développement d'outils, notamment logiciels et de création de start-up. »

Durant les cinq années sur lesquelles porte l'évaluation, le DEP a été à l'origine de la création de sept start-up et a développé treize logiciels ce qui est remarquable.

« Le comité recommande de maintenir la trajectoire qui consiste à avoir une taille critique dans certains domaines rendant ainsi son activité plus visible, et permettant d'avoir une meilleure interaction avec la tutelle et avec l'extérieur (communication). La surcharge liée à l'activité contractuelle constatée dans certaines équipes encourage la mise en place d'un modèle plus collectif de gestion des personnels. Plus globalement, une réflexion sur la mutualisation au sein du DEP devrait être menée collectivement. »

Comme évoqué précédemment, le conseil de département a été créé afin d'induire un modèle plus collectif de gestion des personnels et réfléchir sur la façon de mieux coordonner les actions scientifiques. De gros efforts de mutualisation sont prévus. Un exemple marquant est la fusion de deux des quatre centres (le CES et le CTP).

« Les thèmes scientifiques proposés dans le projet sont pertinents et à fort impact sociétal. Leur développement doit se faire en maintenant les moyens expérimentaux du département construits au fil des années. La capacité du DEP à structurer un projet collectif dont la réalisation dépend des centres est un défi. La réflexion sur la visibilité du DEP doit être poursuivie, en particulier afin de positionner le projet dans le contexte francilien, au plan national et au plan international. Enfin, la présence du DEP dans les différentes structures nationales et internationales doit être maintenue. »

À nouveau, le conseil de département a pour ambition de réfléchir sur les coordinations possibles d'actions de recherche et sur la possibilité de proposer des projets fédérateurs et stratégiques d'excellence. Ces actions devraient fortement renforcer la visibilité du DEP dont les quatre centres ont un niveau d'interaction remarquable avec le secteur industriel. Les différents centres continuent à être actifs dans de multiples structures nationales et internationales (sociétés savantes, GdR, réseaux internationaux, etc.).

B - DOMAINES D'ÉVALUATION

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

Appréciation sur les objectifs scientifiques de l'unité

Les objectifs scientifiques des quatre centres qui forment le DEP sont particulièrement pertinents, bien choisis et complémentaires à l'heure où l'Europe est en train de construire sa transition énergétique. Ils concernent en effet l'augmentation de l'efficacité énergétique des procédés de production d'énergie, l'évaluation environnementale de bâtiments et de quartiers plus économes, la conception de procédés innovants dans une perspective de transition énergétique ainsi que l'intégration territoriale des énergies renouvelables. Le comité souligne l'excellente initiative de mener des travaux à différentes échelles : de la molécule au territoire en passant par le procédé.

Appréciation sur les ressources de l'unité

Les ressources financières du département sont remarquables. Elles atteignent un niveau impressionnant, compte tenu de la taille de l'unité, avec environ 7,5 M€ de ressources propres, dont 4,3 M€ de masse salariale des chercheurs et enseignants-chercheurs permanents.

Les ressources humaines d'appui à la recherche sont d'un niveau remarquable, avec des personnels impliqués et compétents.

Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

Les quatre centres formant le DEP fonctionnent de manière autonome et il existe une très bonne concertation interne à chaque centre ainsi qu'une bonne émulation scientifique. Outre leur autonomie, les centres sont dispersés sur plusieurs sites géographiques ce qui est un frein à la gestion d'un département commun destiné à les fédérer. Des actions ont été entreprises pour rapprocher davantage les quatre centres mais le régime permanent n'est pas encore atteint.

Un point positif est le rôle d'interface que le département assure avec la direction de la recherche et la direction de l'enseignement de Mines Paris - PSL.

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

Points forts et possibilités liées au contexte

Les activités menées par le DEP portent sur le relèvement de défis sociétaux majeurs et notamment sur le développement de systèmes énergétiques et les procédés industriels. Cette unité propose des solutions pour lutter contre le changement climatique en limitant les impacts environnementaux des systèmes de production d'énergie et des procédés industriels ainsi que des alternatives crédibles à l'utilisation des combustibles fossiles. Les objectifs du DEP s'inscrivent parfaitement dans ceux de développement durable adoptés par les Nations Unies en 2015 et plus particulièrement dans les objectifs « Énergie propre et d'un coût abordable », « Industrie, innovation et infrastructure », « Villes et communautés durables », « Consommation et production responsables ».

En agissant de manière complémentaire sur de multiples leviers, le DEP et ses quatre centres sont un acteur majeur de la transition énergétique. Le choix des nombreux objectifs scientifiques (augmentation de l'efficacité énergétique, diminution de l'impact environnemental, développement des énergies renouvelables) traduit une parfaite connaissance et une maîtrise de l'état de l'art dans le domaine des procédés pour l'énergie. En outre, la politique scientifique menée par le DEP est en parfaite adéquation avec les objectifs du ministère chargé de l'industrie dont dépend le DEP.

Le découpage en quatre centres permet une répartition probante des objectifs à atteindre tout en jouant la carte de la complémentarité.

Points faibles et risques liés au contexte

La transition énergétique qui se joue au niveau européen fait sans cesse émerger de nouvelles problématiques. Un risque pour le DEP serait de répondre à trop de sollicitations et de se disperser thématiquement.

Malgré la complémentarité citée précédemment, les interactions et collaborations entre les quatre centres restent faibles

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

Grâce à sa notoriété, à la qualité de ses recherches et à son rattachement au ministère de l'Industrie, le DEP a une interaction de tout premier plan avec le secteur économique, ce qui lui a permis de lever environ 7 M€ par

an de ressources propres au cours des six dernières années, auxquels s'ajoutent entre trois et cinq contrats doctoraux (24 pendant la période) financés en propre sur le budget de Mines Paris –PSL. Le DEP a ainsi à sa disposition une masse financière qui lui permet d'envisager sereinement le développement de projets ambitieux comme le déploiement de plateformes, le recrutement de personnels, l'achat d'appareils à la pointe de la technologie. Notons qu'environ 70 % de cette somme provient de collaborations industrielles et environ 10 % ont pour origine des projets européens. Tous les grands groupes industriels français qui ont une activité dans le domaine de l'énergie comme, par exemple, Total Énergies, Air Liquide, Engie (et dans une moindre mesure EDF) ont de solides relations avec le DEP.

Les centres ont su mettre à profit la souplesse de la gestion permise par Armines.

Points faibles et risques liés au contexte

L'atout majeur du DEP repose, d'une part, sur sa très forte interaction avec le secteur économique et, d'autre part, sur la possession de plusieurs plateformes expérimentales et logicielles. Cette force pourrait éventuellement se transformer en une faiblesse compte tenu des ressources humaines restreintes disponibles dans tous les centres. En effet, les effectifs des permanents du DEP sont en baisse notable (-18 %), encore plus prononcée pour les enseignants-chercheurs (-26 %) entre 2017 et 2022.

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

Le DEP et plus généralement Mines Paris - PSL et Armines ont développé une politique d'hygiène et sécurité très complète qui comprend, entre autres, la mise en place de quatre commissions HSE (Hygiène, Sécurité, Environnement), d'un comité social d'administration (CSA) et d'un vaste réseau hygiène et sécurité.

Afin de prévenir les risques en matière de protection de son patrimoine scientifique et de ses systèmes d'information, Mines Paris - PSL s'est doté d'une direction des systèmes d'information chargée de sécuriser et de maintenir opérationnel le système d'information. La sécurité des données est au cœur des préoccupations du DEP et à ce titre des sauvegardes quotidiennes sont opérées et des archivages sur bandes peuvent être réalisés. Une telle politique permet ainsi de protéger de manière très efficace les données importantes ou sensibles.

En outre, Mines Paris - PSL est un acteur qui s'est fortement engagé dans le développement durable. On peut citer la mise en place d'un programme pédagogique destiné à former des cadres engagés dans la transition écologique et la création de « the transition institute 1.5°C » pour porter des projets de recherche qui contribueront à limiter le réchauffement terrestre à 1,5 °C. Enfin, Mines Paris - PSL a édité une charte verte des marchés publics.

Points faibles et risques liés au contexte

En matière de gestion des ressources humaines, le respect de la parité de genre est difficile à atteindre dans le domaine des procédés de l'énergie. Le DEP ne déroge pas à cette règle puisque sur les 28 EC et C, seules six sont des femmes.

DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

Appréciation sur l'attractivité de l'unité

L'attractivité du DEP, est remarquable. Son excellente implantation dans les espaces européen et international de la recherche est visible à travers l'organisation d'un très grand nombre de manifestations scientifiques internationales, les multiples distinctions et prix scientifiques reçus, le nombre très important de conférences invitées qui ont été délivrées.

La visibilité et l'attractivité hors normes de l'unité sont également liées au nombre impressionnant de succès à des appels à projets sélectifs et aux nombreux chercheurs étrangers venus effectuer un séjour dans les divers centres.

L'unité dispose également d'équipements originaux au niveau français, jusqu'à des échelles préindustrielles, dans un environnement professionnel, très sécurisé. Ces multiples plateformes expérimentales et logicielles et le savoir-faire qui permet de les piloter contribuent largement au rayonnement et à l'attractivité du DEP et de ses recherches.

Pour autant, compte tenu des compétences recherchées, et de la concurrence du marché du travail, la stabilisation du personnel reste difficile.

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

Un signe fort de l'attractivité du DEP est le fait que plusieurs chercheurs étrangers, d'Europe (Écosse) et du reste du monde (États-Unis, Algérie, Brésil, Inde, Chine, Japon, Tchéquie, Liban, Russie, etc.) soient venus effectuer un séjour au DEP. Le comité tient également à faire remarquer que plusieurs doctorants du DEP sont titulaires d'un diplôme d'ingénieur de l'école Polytechnique. Le fait que de tels étudiants, particulièrement convoités par de multiples laboratoires de recherche à travers la planète, décident de venir préparer une thèse au DEP est un indicateur infaillible de son attractivité et de la qualité de sa politique d'accueil.

La dynamique de l'attractivité est également visible à travers la participation à onze comités éditoriaux de journaux qui font office de référence dans le domaine des procédés de l'énergie. À titre d'exemple, on peut citer Solar Energy ou encore Journal of Cleaner Production ou Energies. La grande majorité de ces onze journaux sont publiés par de prestigieuses maisons d'édition comme Elsevier ou Springer.

Enfin, le DEP a obtenu un nombre impressionnant de succès à des appels à projets sélectifs aussi bien au niveau international (24 projets européens) que national (une vingtaine de projets ANR). À titre d'exemple, citons deux projets européens H2020 : le projet Smart4RES sur l'intégration des énergies renouvelables dans les réseaux et sur les marchés de l'électricité qui regroupe douze partenaires de six pays différents (DTU, ICCS, DLR, etc.) et le projet e-shape sur l'application de l'observation de la Terre en général et son support pour les énergies renouvelables – dont le photovoltaïque – en particulier.

Un des atouts majeurs du DEP repose sur la possession de plusieurs plateformes expérimentales et logicielles – parfois uniques (comme par exemple le laboratoire plasma triphasé). L'appellation plateforme expérimentale fait référence à de grosses infrastructures expérimentales qui renferment divers pilotes ou appareils de mesure mettant en jeu diverses techniques expérimentales. Ces plateformes ont fait émerger de nombreuses avancées technologiques comme par exemple dans le domaine de la climatisation des voitures, des bus et des trains. On peut également citer les multiples équipements dédiés à la mesure des équilibres entre phases et des propriétés de transport dans des appareillages conçus et fabriqués à Fontainebleau et pouvant couvrir une large gamme de températures et de pressions. Le DEP est également reconnu internationalement pour ses trois plateformes plasmas, hydrogène et matériaux qui ont, entre autres, conduit à d'importantes innovations dans les domaines de la pyrolyse du méthane, des piles à combustible ou le développement de nouveaux matériaux.

Outre les plateformes expérimentales, le DEP rayonne à travers ses plateformes virtuelles – uniques au monde – comme la plateforme SoDa qui permet d'accéder à un ensemble de ressources dédiées au solaire. En 2020, la plateforme a reçu plus de 150 millions de requêtes ce qui démontre à nouveau l'attractivité du DEP liée à la qualité de ses équipements et de ses compétences technologiques.

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

Le corollaire de ce dynamisme dans les succès à des appels à projets compétitifs et dans le développement de plateformes de haute technicité est un risque d'essoufflement des enseignants-chercheurs, chercheurs et personnels d'appui à la recherche. L'impact de la baisse du nombre de personnels permanents doit être analysé afin de ne pas menacer cette attractivité avec des moyens humains insuffisants.

Malgré le développement d'une structure destinée à conseiller les personnels sur la construction de leur projet professionnel et malgré la mise en place de parcours de formation professionnelle, force est de constater que certains recrutements (doctorants, post-doctorants, personnels Armines) restent difficiles.

DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Appréciation sur la production scientifique de l'unité

La production scientifique globale est excellente. Elle est très soutenue, régulière et en progression de près de 15 % par rapport à l'évaluation précédente. Sur le plan qualitatif, le niveau est excellent. Environ la moitié du nombre total des articles ACL a été publiée dans les meilleures revues des thématiques couvertes. Sur le plan quantitatif, c'est également remarquable avec un total de 420 articles durant la période.

Par contre, le nombre de publications inter-centre est très faible.

La force du DEP réside également dans la publication, peu commune, de nombreux logiciels, dont un nombre important sont sous licence avec un contrat de publication CC-BY.

- 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

On dénombre plus de 420 publications ACL en six ans pour 63 permanents (tout statut confondu) ce qui conduit à un taux moyen de 1,1 ACL par an et par permanent. Un point important est que près de 70 % des articles ont été publiés en open access ce qui dénote une politique volontariste en matière de science ouverte. Peu de laboratoires en France atteignent un tel chiffre qui, dans le cas présent, fait écho avec les très importantes ressources financières du DEP (516 contrats industriels directs ont été signés pendant la période évaluée). Sur le plan qualitatif, la moitié du nombre total des articles a été publiée dans les revues clés et les meilleures des thématiques couvertes. Parmi ces journaux d'excellence, il y a Renewable and Sustainable Energy Reviews, Energy Conversion and Management, Applied Energy, Energy, Renewable Energy, Journal of Energy Storage, Energy and Buildings, etc.

Outre les publications ACL, le DEP a également participé à la rédaction de 44 ouvrages ou chapitres d'ouvrages, a été partie prenante de douze dépôts ou publications d'extension de brevets et a délivré environ 500 communications dans divers congrès. On compte également 88 thèses et cinq HDR soutenues.

Un autre fait marquant, extrêmement original, est lié à la publication, peu commune, de nombreux outils numériques qui en plus d'être utiles à la communauté scientifique et à l'environnement socio-économique, contribuent à la dissémination des connaissances développées au sein des centres du DEP et à son attractivité. On peut, par exemple, citer la plateforme webservice-energy.org qui permet de disséminer des informations géolocalisées relatives aux énergies renouvelables et le logiciel d'optimisation de systèmes thermodynamiques (appelé Thermoptim) qui fait office de référence dans tous les établissements où le génie des procédés est enseigné.

Il est important de noter que non seulement les permanents mais aussi toutes les autres catégories de personnel, à savoir les doctorants, les post-doctorants, les ingénieurs de recherche, les techniciens et les personnels d'appui, sont signataires des publications.

À côté de la politique volontariste en matière de science ouverte, les membres du DEP sont sensibilisés à l'intégrité scientifique au travers de plusieurs services développés par Mines Paris - PSL. Les questions de droit d'auteur et de plagiat sont largement abordées. Les personnels du DEP sont également sensibilisés à la qualité du reviewing, à l'évolution du paysage éditorial et aux différentes licences des contrats de publication (creative commons). Les doctorants suivent une formation complète sur la gestion des données.

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

Il n'y a pas de points faibles détectés. On peut seulement souligner une certaine hétérogénéité entre les centres en ce qui concerne la production moyenne par personnel permanent et un faible taux de publications intercentres (à peine 14 au cours de la période).

DOMAINE 4 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

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

Les activités de recherche du DEP s'inscrivent de manière remarquable dans la société. L'interaction avec le secteur économique est de tout premier plan. Les collaborations avec certains acteurs économiques majeurs s'inscrivent dans le long terme, ce qui confirme l'excellence du savoir-faire de l'unité, et permet en retour de renouveler le questionnement scientifique.

La qualité des travaux menés au DEP permet à ses membres de contribuer aux actions d'institutions internationales telles que l'ONU et l'agence internationale de l'énergie (IEA).

En outre, à travers ses plateformes logicielles et ses Mooc, le DEP est un acteur majeur dans le développement de produits à destination du monde culturel et social qui intervient également dans des manifestations de vulgarisation de la science, destinées au grand public.

- 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

Durant la période 2017-2022, le DEP a su inscrire de manière remarquable ses activités de recherche dans son environnement sociétal. Du fait de la qualité de ses recherches et de son rattachement au ministère de l'Industrie, le point le plus saillant du DEP est son interaction avec le secteur économique. On peut citer la concrétisation de plus de 500 contrats industriels, la levée annuelle d'environ 7 M€ de ressources propres, la mise en place de 43 dispositifs Cifre, la participation au dépôt ou à la publication d'extension de douze brevets et l'accompagnement à la création de sept entreprises. Un point capital est que ces interactions avec le monde industriel nourrissent des réflexions scientifiques, et permettent de maintenir au plus haut niveau les contenus pédagogiques que délivrent les enseignants du DEP.

Le DEP a également développé de multiples produits à destination du monde socio-économique. Outre la participation à la création de sept entreprises, un premier exemple est la mise en place d'une plateforme logicielle avec Enedis, consacrée à la planification des réseaux électriques et qui devrait être prochainement déployée au niveau national. Un deuxième exemple est la plateforme SoDa qui permet d'accéder aux données de rayonnement solaire à partir d'imagerie satellite. Un troisième point fort du DEP est également la

vente d'équipements de mesure d'équilibres entre phase ou de propriétés physico-chimiques à des laboratoires académiques et à des industriels.

De surcroît, le DEP participe de manière très active à la diffusion de ses résultats auprès du grand public en participant à la journée portes ouvertes organisée par Mines Paris - PSL (Mines Paris research Day). On peut également citer l'incroyable succès des cours accessibles gratuitement en ligne et créés ou animés par le DEP. Celui relatif aux « problèmes énergétiques globaux » a été suivi par des dizaines de milliers de personnes, ce qui est vraiment exceptionnel.

Finalement, plusieurs membres du DEP participent régulièrement à des actions de vulgarisation de la science en se déplaçant dans des collèges ou des lycées ou en animant des conférences grand public, des émissions de radio ou en postant des vidéos sur YouTube.

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

La baisse du nombre de personnels permanents doit être réfléchi afin de ne pas menacer l'excellente dynamique de collaboration industrielle de l'unité. Les actions du DEP en matière de partage des connaissances avec le grand public sont nombreuses mais peu structurées à l'échelle globale de l'unité. Elles se font surtout à l'initiative personnelle des membres des équipes. Le comité tient cependant à saluer ces initiatives qui reposent souvent sur du volontariat et qui s'ajoutent à de très fortes charges de travail.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

Durant ces quinze dernières années, les activités de recherche du DEP ont été organisées autour de trois axes scientifiques dans le but de réduire la consommation en énergie des procédés tout en limitant les impacts environnementaux. Ces thèmes sont particulièrement pertinents à l'heure où la France et l'Europe sont en forte mutation énergétique. Ils seront donc naturellement poursuivis dans les années futures ce qui devrait permettre au DEP de maintenir une position de leader sur les scènes nationale et internationale. Le DEP pourra, en outre, profiter de la mise en place au sein de Mines Paris - PSL du tout nouvel institut « The transition institute » dont le programme scientifique est particulièrement en phase avec le sien (design de la transition, la planète électrique, la planète inclusive et la planète comme enjeu d'influence).

En ce qui concerne la future organisation de l'unité, il est prévu de renforcer la synergie entre les quatre centres à commencer par la fusion du CES et du CTP.

Chaque centre propose sa feuille de route annuelle qui est discutée avec la direction scientifique de l'école.

Le rôle du DEP sera de proposer une animation scientifique permettant une coordination entre les différentes feuilles de route, et favoriser la synergie tout en laissant à chaque centre, une pleine autonomie dans ses activités scientifiques. Le comité reconnaît que ce mode de fonctionnement devrait bien convenir au DEP compte tenu de sa présence sur différents sites et de son historique. Un certain nombre d'actions ont d'ores et déjà été prises pour atteindre cet objectif. Le plus important est certainement la mise en place d'un conseil de département qui a pour ambition de réfléchir aux coordinations possibles d'actions de recherche et à la possibilité de proposer des projets fédérateurs et stratégiques d'excellence.

La mise en place d'un séminaire scientifique annuel qui est évoquée est un excellent moyen d'améliorer la connaissance mutuelle, et d'augmenter les synergies.

Cependant, à l'heure actuelle, chaque centre gère ses financements de manière autonome, et il n'existe pas de budget propre imputé au département. Il serait donc souhaitable que la direction du DEP puisse disposer de moyens spécifiques à la hauteur de ses ambitions et destinés à l'animation transversale. Le DEP est invité à réfléchir aux moyens à mettre en œuvre en ce sens.

Ce haut niveau d'activités, la fusion prévue de deux centres, le renforcement de la synergie entre les centres vont inévitablement soulever la question de sa soutenabilité et le comité recommande de veiller à un risque de surmenage des personnels.

RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

Recommandations concernant le domaine 1 : Profil, ressources et organisation de l'unité

Compte tenu de la difficulté de recrutement, le comité recommande d'organiser un débat au sein du département concernant l'affectation des nouveaux personnels et par voie de conséquence les profils demandés. Même si cela sera certainement difficile à mettre en place, le comité recommande au DEP d'essayer d'améliorer la parité de genre dans la mesure où il est prévu que cinq EC et C soient renouvelés dans les prochaines années.

Le comité encourage le DEP à poursuivre ses efforts de coordination et d'animation scientifique avec notamment la fusion des centres CES et CTP.

Des échanges sur les pratiques des différents centres, notamment en termes de communication et d'accueil des nouveaux entrants, permettraient d'homogénéiser ces dernières.

Recommandations concernant le domaine 2 : Attractivité

L'attractivité scientifique est remarquable, le comité encourage le DEP à la mettre à profit pour pallier la difficulté de recrutement et susciter des vocations de chercheurs d'excellence.

Recommandations concernant le domaine 3 : Production scientifique

Le DEP a publié dans plus de 150 journaux différents. Il pourrait être intéressant de réduire ce nombre pour accroître la visibilité des centres, en continuant à cibler des revues de premier ordre.

Recommandations concernant le domaine 4 : Inscription des activités de recherche dans la société

Le nombre d'interactions avec les industries, de même que les actions de vulgarisation scientifiques sont impressionnantes. Le comité recommande d'être vigilant à un éventuel surmenage des permanents.

ÉVALUATION PAR ÉQUIPE

Équipe 1 : Centre d'Efficacité énergétique des Systèmes (CES)

Nom du responsable : M. Maroun Nemer

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe CES porte la thématique de l'amélioration de l'efficacité énergétique qu'elle décline dans trois domaines, le contexte urbain, celui des procédés industriels et celui du transport. L'approche commune utilisée est l'approche systémique avec des outils et des méthodes propres pour chaque domaine. Les travaux s'étendent de l'étude d'appareillages aux modèles multi-échelles. Pour le bâtiment, les travaux portent sur un ensemble de développement de modélisations physiques (pompe à chaleur, bâtiment, réseaux de chaleur) et l'analyse par ACV dynamique. Dans le domaine de l'industrie, les travaux portent sur le couplage modélisation simulation de procédés avec un focus expérimental sur les procédés gaz-liquide. Dans le domaine des transports terrestre et maritime, le véhicule automobile à travers ses composants et son trajet sont modélisés.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations du rapport précédent portaient sur trois points.

Sur les produits et activités de recherche, il était demandé de « conserver des actions de ressourcement scientifique et d'éviter la dispersion thématique tout en maintenant les forts partenariats ». Le nombre de chercheurs a diminué alors que les thématiques affichées sont identiques et que le montant contractuel a fortement augmenté (environ 30 %). Le départ de chercheurs n'a pas affecté la contractualisation ni diminué la dispersion thématique. Les actions dites de ressourcement scientifique n'apparaissent pas clairement comme ayant significativement varié.

La seconde portait sur « le ratio permanent/docteurant élevé ». Ce ratio est resté élevé et va diminuer prochainement par un double effet de recrutement de chercheurs et de la difficulté de recrutement. Pour l'instant, on note en moyenne huit soutenances de thèse par an pour quatre EC et C possédant une HDR.

Enfin, le comité demandait à ce que « les plateformes expérimentales soient pérennisées et que la répartition entre enseignement et recherche soit équilibré au sein de l'équipe. Pour les plateformes, au-delà du maintien, il y a un développement avec une nouvelle plateforme dite « gaz verts » et l'installation dans de nouveaux locaux. L'équilibre enseignement/recherche semble avoir été atteint globalement.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	3
Maitres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	15
Sous-total personnels permanents en activité	21
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	9
Post-doctorants	0
Doctorants	27
Sous-total personnels non permanents en activité	36
Total personnels	57

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe CES est une équipe dynamique et remarquable au sein du département de par le montant contractuel engagé. Sa forte attractivité lui a permis de remporter de multiples appels à projets compétitifs. Ses activités sur l'amélioration de l'efficacité énergétique des systèmes sont aujourd'hui reconnues et se traduisent par un grand nombre de partenariats industriels. Les réalisations expérimentales qui appuient les avancées techniques sont d'un haut niveau de réalisation et d'expertise. L'équipe a su prendre les risques nécessaires pour proposer de nouvelles installations en investissant par elle-même dans de nouveaux projets d'envergure. En outre, elle a maintenu un excellent niveau de publications dans des journaux scientifiques de qualité et dans de nombreux ouvrages. Son rayonnement scientifique est remarquable et a permis la création d'entreprises, l'organisation d'écoles d'été ou encore la participation au conseil d'administration de l'ATEE.

Points forts et possibilités liées au contexte

Les thématiques de l'équipe couvrent les trois domaines principaux de la consommation énergétique (industrie, habitat, transport). Elle occupe ainsi une position unique qui lui permet d'avoir un fort taux de collaboration avec le monde socio-économique (industriel ou institutionnel) sur ces domaines. Certaines collaborations, comme, par exemple, celles développées avec EDF R&D ou Vinci sont pérennes et créent un partenariat stable ce qui permet d'avoir une programmation intéressante des objectifs de recherche. Les activités sont globalement partagées parmi les différents EC et C de l'équipe que ce soit dans la responsabilité des contrats, l'encadrement doctoral et les publications.

Cette activité partenariale se traduit par une contractualisation d'activités pour un montant de 17 M€ pendant la période. Cela représente une part très significative de l'unité et une moyenne très élevée de 360 k€ /an/EC. Cette activité contractuelle se traduit aussi par la participation à quatre brevets, trois d'entre eux incluant des doctorants. Cette activité s'accompagne d'un bon taux de publication avec une moyenne proche de 2,2 publications/an/EC dans des journaux reconnus du domaine de l'énergie et du bâtiment. La participation des doctorants aux 2/3 des publications est équilibrée. Dans le même esprit et quasiment les mêmes ratios, les communications dans des congrès internationaux, très représentatifs du domaine de l'énergie et du génie des procédés, sont très présentes (2,5/an/EC et 71 % des communications associent un doctorant) et montrent le même équilibre. Il faut ajouter la publication d'ouvrages et de chapitres d'ouvrages et de rapports à visée institutionnelle dans le domaine de l'énergie. Enfin, cette activité s'appuie sur une plateforme technologique, pérenne qui permet d'accueillir dans un environnement d'ambiances thermiques variées (de -190°C à 1 500°C) des pilotes industriels et d'assurer un pilotage et un suivi énergétique complet. Le personnel dédié à cette plateforme est conséquent et assure un développement au meilleur niveau et sur une position quasi unique au niveau national.

L'équipe CES a pu augmenter ses activités durant cette période et ce malgré un effectif d'EC/C en baisse, compensé par un encadrement technique élevé (15 permanents et 9 non permanents), soutien fort aux projets portés. Une action de soutien au personnel technique pour leur promotion en tant qu'EC/C est envisagée. C'est un point très positif pour la dynamique.

L'équipe pourra compter sur des recrutements nouveaux et son rayonnement important à travers ses partenariats mais aussi l'utilisation des brevets. Le nombre de start-up issues directement des travaux de l'équipe s'inscrit dans une logique porteuse de l'importance du travail d'énergéticien pour les objectifs de décarbonation nationaux et européens. Ce développement et la proximité avec les étudiants de l'école sont en plus d'une belle opportunité, une évolution intéressante à même d'attirer vers le laboratoire des candidats en thèse de talents et des ingénieurs vers des métiers techniques renouvelés.

Points faibles et risques liés au contexte

L'équipe gère un montant contractuel élevé. L'exposition à un tel montant doit être bien accompagnée pour ne pas garder ce montant comme une cible à augmenter et la diminution vécue comme une difficulté à gérer. Le domaine de l'efficacité énergétique étant porteur, la demande contractuelle ne devrait pas diminuer s'accompagnant d'une multiplication des opportunités qui, si elles sont toutes saisies, pourraient être préjudiciables au temps de recherche hors contrats. D'autant plus qu'au vu du nombre de thématiques portées et du nombre de doctorants encadrés, le nombre d'EC et C est faible, d'autant plus faible qu'il reste peu de marge de manœuvre sur le passage d'HDR. La présentation de l'équipe fait apparaître cinq groupes de

recherches pour cinq permanents ce qui crée une forte « personnalisation » de chaque groupe très différente de la présentation en axe par domaine ; renforçant le sentiment de foisonnement voire de doublons sur certains sujets. Le découpage en autant de groupes de recherche risque de mener à un travail autonome non concerté, ce qui serait préjudiciable au fonctionnement en équipe et à l'effort de mutualisation.

Le rayonnement de l'équipe n'est pas assez exploité. On note peu de collaborations académiques majeures que ce soit au niveau national ou international, voire intra-laboratoire, collaborations qu'il est toujours difficile de mener dans un cadre industriel. De même, on s'attend à des actions envers les médias plus importantes à la vue des sujets abordés.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe CES a maintenu un lien très fort avec le monde socio-économique en augmentant l'ensemble des indicateurs possibles (montant, nombre de contrats, diversité des partenaires, etc.). La visibilité de l'équipe dans la thématique de l'efficacité énergétique est importante et s'appuie à la fois sur des développements conceptuels et technologiques. Si le CES était l'équipe la plus importante en termes d'effectifs permanents, elle est aujourd'hui à quasi-égalité avec une autre équipe du laboratoire mais devrait se redévelopper avec l'arrivée de nouveaux permanents et la fusion avec le CTP. L'affichage ambitieux de huit groupes de recherche va se réaliser et ce projet devra être mis en bonne adéquation avec à la fois les domaines et les projets courts termes déjà engagés. Le projet de fusion semble cohérent. Il regroupe géographiquement deux équipes avec des activités potentiellement très synergiques. Néanmoins, la présentation faite et les objectifs affichés ne revêtent pas l'ambition d'une nouvelle équipe qui va significativement augmenter son potentiel de recherche. Le seul gain d'échelle de personnel ne peut à lui seul décider d'une telle fusion. Le déménagement semble avoir été parfaitement anticipé et la projection proposée laisse entrevoir un bon développement de l'espace de l'équipe.

Les projets ciblent les trois domaines de consommation énergétique. La liste des projets demeure ambitieuse et dans la continuité de cette excellente activité. Le déploiement de nouvelles méthodologies conceptuelles et technologiques (Intelligence Artificielle, Power to Gas, turbines diphasiques, échangeurs, etc.) est bien engagé, avec de nouveaux partenaires et de nouveaux permanents et montre la continuité de la dynamique.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe est aujourd'hui à un point très haut en matière de projets et de réalisations. Il est facile de conseiller à l'équipe de garder ce cap, notamment sur l'activité de partenariat avec le monde socio-économique et les publications avec, pour ce dernier point, une valorisation dans de meilleurs journaux ce qui devrait mener naturellement à l'augmentation du rayonnement. Il n'y a pas nécessité d'augmenter a priori ces indicateurs. La pression qui en résulterait pourrait être préjudiciable. À terme, l'équipe pourrait plus être contrainte à répondre à une multitude de projets, plutôt que de mener une activité guidée par une véritable politique scientifique.

L'intégration de nouveaux EC et C pourrait aider à améliorer la cohésion de l'équipe par des activités plus transversales. Les actions de l'équipe, très centrées sur la thématique de l'efficacité énergétique, doivent aussi s'intégrer plus naturellement dans des axes transverses regroupant plusieurs permanents. L'arrivée de nouveaux permanents doit être mise à profit pour cet effort, ce qui pourrait, à terme, créer une plus grande « efficacité » d'équipe. L'arrivée des nouveaux EC et C devrait aussi être mise à profit pour augmenter les collaborations académiques.

Ainsi, la synergie de fonctionnement pourrait dégager du temps en confiant certains développements et en gardant un aspect de conseil scientifique jusqu'à leur maturité.

Le maintien et le développement de la plateforme technique sont acquis. Il faudrait développer en parallèle une plateforme logicielle transverse sur l'efficacité pour capitaliser les résultats du laboratoire en utilisant au moins l'existant.

Plusieurs des points de recommandations doivent être lus à la faveur de la fusion de deux équipes CES et CTP pour aboutir à une équipe qui aura un poids très fort dans le DEP. Réussir le déménagement est une chose mais avoir une vision plus active de la fusion entre équipes autrement qu'un effet d'échelles des dépenses est plus important. La nouvelle équipe devra prendre le temps de recul et de discussions pour réfléchir à sa propre projection.

Équipe 2 : Centre Thermodynamique des Procédés (CTP)

Nom du responsable : M. Paolo Stringari

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

La thématique scientifique de l'équipe CTP est la compréhension de l'influence que les propriétés d'une molécule ont sur le comportement collectif d'un grand nombre de molécules et donc sur les propriétés thermophysiques et l'équilibre entre phases.

L'approche s'appuie sur une synergie entre la thermodynamique computationnelle et expérimentale. Le CTP a en effet créé un lien très fort entre la conception et la construction d'équipements pour l'étude des propriétés d'un système thermodynamique, l'utilisation de ces équipements pour produire des mesures expérimentales et le développement d'outils informatiques pour corrélérer ou prédire les propriétés mesurées. Parmi ces outils, on peut citer le recours à la simulation moléculaire et le développement d'équations d'état originales, dont certaines ont d'ores et déjà été interfacées avec des simulateurs de procédés commerciaux.

Les travaux réalisés s'articulent autour de quatre grandes familles de molécules d'intérêt pour l'industrie et la société, notamment dans le domaine de la transition énergétique : d'une part, le dihydrogène en tant que vecteur énergétique, avec les problématiques de sa liquéfaction, de son stockage et de sa reconversion/purification à partir d'ammoniac. Vient ensuite le dioxyde de carbone en vue de l'adoucissement du gaz naturel et de la purification du biogaz par des procédés de captage du CO₂ (absorption et captage cryogénique). Troisièmement, le méthane : il s'agit ici de s'intéresser au constituant principal du gaz naturel et du biométhane avec les problématiques de comportement pour le stockage à basse température, les étapes de purification, de transport ou de stockage ; et pour finir les fluides « de travail », notamment pour la production de froid.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

« Le comité recommande à l'équipe de veiller à conserver des actions de ressourcement scientifique tout en conservant la forte activité partenariale, et d'éviter la dispersion thématique. »

La recherche partenariale a augmenté pendant la période en passant de 3,7 M€ pour 2012-2016 (740 k€/an) à 5,9 M€ pour 2017-2022 (980 k€/an). Néanmoins, des actions de ressourcement ont été réalisées avec notamment trois projets ANR, des projets Carnot, des collaborations universitaires nationales et internationales tandis que la production d'articles ACL a été conservée à un haut niveau.

« Il conviendra de remédier à l'hétérogénéité dans l'implication des cadres et de veiller à favoriser une vie de laboratoire au sein de l'équipe. »

Une meilleure organisation de l'équipe est revendiquée (fin d'un accord-cadre avec une entreprise, séminaires scientifiques à partir de 2018, avec une cadence de 1 par trimestre à partir de 2021).

L'implication des EC HDR qui étaient les moins impliqués dans l'activité d'encadrement a augmenté dans la période 2017-2022, avec une codirection de thèse et le suivi scientifique de la chaire Minaumet. Cependant, la production scientifique est encore très marquée, dans la période 2017-2022, par la présence du précédent responsable d'équipe. Une augmentation de la productivité scientifique des autres EC de l'équipe a été encouragée à partir de 2022.

« L'équipe devra veiller à ce que les ambitions du projet soient en phase avec les évolutions futures en ressources humaines. »

La taille globale de l'équipe est restée stable pendant la période mais de très nombreux événements significatifs se sont déroulés (départ du précédent responsable d'équipe fin 2021, départ d'un EC HDR, départ du responsable d'atelier, un poste de Tenure Track obtenu, départ du responsable des moyens expérimentaux, départ du personnel administratif avec un remplacement, un poste de technicien ouvert, un apprenti mécanicien). Les ressources humaines sont donc restées en tension mais ont fait l'objet d'une politique volontariste du CTP qu'il restera sans doute encore à poursuivre sur la prochaine période.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maitres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	3
Personnels d'appui à la recherche	7
Sous-total personnels permanents en activité	12
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	1
Post-doctorants	2
Doctorants	5
Sous-total personnels non permanents en activité	8
Total personnels	20

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

Le centre CTP a su maintenir un excellent niveau scientifique tout en faisant évoluer ses thématiques de recherche de façon habile et réfléchie. L'activité partenariale est intense avec des contrats de prestation mais aussi des collaborations durables et internationales. Les ressources humaines restent néanmoins en tension avec un renouvellement important des effectifs au cours de la période et un nombre de chercheurs et enseignants-chercheurs possédant une HDR restreint. Le savoir-faire technologique du centre est un point fort qui participe à son attractivité académique et industrielle.

Points forts et possibilités liées au contexte

La production scientifique du centre est soutenue avec 2,3 articles/an/EC+C (3,8 par EC+C/an lors de la précédente période évaluée) avec une répartition thématique au cours de la période se répartissant entre CO₂ (25 %), CH₄ (23 %) et fluides de travail 22 %. Le pourcentage restant (30 %) recouvre des sujets diversifiés. À noter que l'hydrogène ne représente pendant la période que 1 % de la production scientifique. La participation des membres de l'équipe à ces publications concerne à 32 % des doctorants et à 45 % les personnels d'appui à la recherche. En continuité avec la période précédente, le rayonnement de l'équipe est également excellent avec la participation à 40 congrès internationaux, de nombreuses demandes de séjour et visites de doctorants, post-doctorants et chercheurs académiques ou privés en provenance de divers pays comme, par exemple, l'Italie, l'Écosse, la Norvège, le Japon, la Chine ou la Malaisie, mais également une forte participation à des activités d'évaluation de projets de recherche (9), de jurys de thèses (31) ou d'HDR (3) ou à l'organisation de congrès et de colloques.

L'activité partenariale de l'équipe est impressionnante avec 84 % des ressources provenant de partenariats industriels, ce qui représente au cours de la période près de 140 contrats et un montant cumulé de 5,37 M€. Parmi ces industriels, le CTP possède deux partenaires majeurs, Air Liquide et Total Énergies, avec lesquels les relations sont structurées par des accords-cadres. La moyenne du montant d'un contrat est de 41 k€ et la médiane à 16 k€ avec une production de 127 rapports. Pour rappel, lors de la précédente évaluation, les ressources globales de l'équipe s'élevaient à 3,7 M€ (financement public : 40 %, recherche partenariale : 40 %, prestation : 20 %). Ces données permettent d'illustrer l'augmentation de l'activité partenariale mais aussi l'évolution structurelle des ressources avec une part de financement public qui s'est restreinte à 16 %.

Cette conjugaison d'excellence scientifique et de dynamisme partenarial est un point fort et original de l'équipe CTP qui demeure une référence à la fois dans le monde académique et dans le monde industriel pour l'étude

des équilibres de phases. Outre l'aspect financier, ce fort lien avec l'industrie permet aussi un renouvellement continu des sujets de recherche. Citons, notamment, l'organisation depuis 2015 de cinq séminaires (équilibres de phases en conditions cryogéniques, appliqués au transport et au stockage de l'énergie) réunissant académiques et industriels. Ces séminaires se sont traduits par des collaborations industrielles très riches, notamment la dernière en date, le Joint Industry Project « Evaluation of the crystallization risk in LNG production » qui a démarré en 2021. Sur les quinze thèses (deux abandons sur la période), quatre se sont déroulées dans le cadre de dispositifs Cifre. Terminons par l'accord-cadre 2021/2025 avec la société Air Liquide autour de la thématique de la liquéfaction et de la distribution de l'hydrogène. Ces exemples illustrent la capacité du CTP à passer d'un cadre de prestations industrielles à des collaborations de recherche s'inscrivant dans le temps.

La qualité des équipements et la compétence technique de l'équipe demeurent toujours un axe fort et essentiel de son attractivité. Ces ressources se décomposent en trois sous-ensembles : une plateforme expérimentale (20 équipements, 7 laboratoires) avec des équipements couvrant une large gamme de température, de pression et sur fluides réels, une plateforme de conception et de construction d'équipements permettant de construire à façon des installations pour la première plateforme et assurant aussi la vente d'équipements en externe, une plateforme de calculs (simulation moléculaire et modélisation macroscopique basée sur des équations d'états). Les départs à la retraite ont fait l'objet d'une politique dynamique avec un recrutement programmé d'un technicien en 2023 et un recrutement d'un technicien mécanicien sous statut apprenti depuis 2021.

Points faibles et risques liés au contexte

Le CTP ne participe pas au cours de la période à des contrats européens.

Posant nécessairement des exigences de résultats et d'immédiateté fortes, la forte activité partenariale (en augmentation) peut conduire à l'épuisement des personnels de l'équipe.

La précédente évaluation posait le problème de la forte dépendance du CTP vis-à-vis du responsable d'équipe qui est resté au sein du DEP jusqu'à la fin de l'année 2021. Cette interrogation est restée valable avec, par exemple, une participation de l'ancien responsable d'équipe à 61 articles sur les 79 produits par l'équipe.

L'encadrement des thèses est resté essentiellement concentré sur trois personnels EC+C HDR (dont l'ancien responsable d'équipe). L'évolution de l'équipe (retraite, départ, nombre d'HDR) a renforcé cette situation avec, pendant la période écoulée, quinze doctorants présents (dont deux abandons) pour quatorze encadrements assurés par l'ancien (9) ou le nouveau responsable d'équipe (5). À noter que six de ces quinze thèses font l'objet d'un co-encadrement mais plutôt extérieur au CTP (1 par un EC+C du CTP, 5 hors CTP).

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La trajectoire scientifique de l'équipe s'articule autour de trois grandes familles de molécules : l'hydrogène (3 défis identifiés : liquéfaction, stockage et conversion/purification à partir de l'ammoniac), le dioxyde de carbone (2 défis identifiés : CCUS - Carbon Captur Utilization and Storage et retrait direct de l'atmosphère) et le méthane (upgrading du biogaz et du biométhane) avec en toile de fond la question de la transition énergétique. Une 4^{ème} grande famille, celles des fluides de travail et qui est une activité ancienne du CTP, apparaît explicitement dans le document d'autoévaluation mais n'a pas été mis en avant lors de la visite par souci de compactage des thématiques scientifiques.

Par rapport au contexte socio-économique global mais également à l'organisation scientifique du DEP, la trajectoire apparaît comme tout à fait pertinente et démontre la capacité (scientifique et technique) de réponse du CTP face à des enjeux socio-économiques, par exemple pour la prochaine période sur la question des équilibres de phase de l'Hydrogène.

Fait important, le projet scientifique a évolué entre le document d'autoévaluation et la présentation réalisée lors des entretiens. Le CTP affiche résolument la volonté de s'impliquer dans des projets de recherche fondamentale dans le domaine de la santé et de la physique des particules (gaz nobles liquéfiés, isotopes stables). Les projets présentés sont de très haut niveau avec des collaborations internationales de premier plan.

Le fait marquant de la trajectoire organisationnelle est la fusion prochaine du CTP et du CES dans un centre qui prendra l'appellation de Centre Énergie, Environnement et Procédés (CEEP). Le CTP deviendra une équipe de ce nouveau centre, dénommée équipe « Thermodynamique des Procédés » (équipe TP). Ce projet de fusion CES/CTP présente une vraie pertinence scientifique et industrielle avec une approche multi-échelle allant de la molécule (CTP) au procédé (CES). Toutefois, cette fusion n'aura finalement pas d'impact sur la localisation des laboratoires (l'ex-CTP demeurant à Fontainebleau) ni sur leurs trajectoires scientifiques présentées comme devant rester indépendantes. Cette fusion a été essentiellement présentée comme issue d'une demande des tutelles. Un risque fort est ici une perte de visibilité du CTP. Le futur CEEP comprendra en effet un total six équipes dont une équipe Thermodynamique des Systèmes et une équipe Thermodynamique des Procédés (« ex-CTP »).

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le maintien des compétences techniques et administratives de l'équipe doit demeurer un point central d'attention. Au cours de la période, on peut noter plusieurs départs de personnels expérimentés, partiellement compensés par de nouveaux recrutements (8 ITA permanents fin 2019, 7 fin 2022). Le CTP est encouragé à poursuivre la politique de recrutement, récemment mise en place.

L'augmentation du nombre d'HDR doit rester un objectif afin de parvenir à une meilleure répartition des encadrements mais également de l'implication de l'ensemble des EC et C.

Le renouvellement et la stabilisation des ressources techniques sont essentiels et sont à poursuivre, notamment de par la croissance de thématiques comme l'hydrogène ou les gaz nobles qui engagent l'équipe dans des défis techniques.

Le risque de surmenage des personnels (scientifiques, techniques, administratifs) est à prendre en compte, notamment dans un contexte de fusion future CES et CTP qui génère inévitablement des questionnements.

Le CTP, ou plutôt l'équipe Thermodynamique des Procédés du futur centre CEEP, doit parvenir à garder une visibilité à la fois académique et institutionnelle. Ce projet de fusion peut aussi amener des synergies scientifiques (mais aussi techniques et administratives) à la condition de mettre en place un fonctionnement clair, partagé, qui laisse une indépendance aux équipes tout en impulsant une dynamique collective. Les éléments organisationnels présentés lors de l'évaluation vont dans cette direction. Des séminaires scientifiques à l'échelle de ce futur centre CEEP pourraient compléter ce dispositif.

Équipe 3 : Centre Observation, Impacts, Énergie (OIE)

Nom du responsable : M. Thierry Ranchin

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les thématiques de l'équipe se présentent en deux grands axes : l'évaluation des ressources énergétiques renouvelables au travers des moyens d'observation de la Terre (axe Energie) et la modélisation de leurs impacts environnementaux (axe Impacts).

L'axe Energie utilise des données collectées à différentes échelles spatiales et temporelles, combinant des mesures au niveau du sol et au niveau satellitaire, pour prédire le rayonnement solaire et sa variabilité en un point donné du globe. La modélisation de cette ressource est ensuite positionnée dans son environnement terrestre et les technologies utilisées pour produire de l'énergie, afin d'identifier les facteurs influents sur les rendements, et leur déploiement dans un système énergétique existant.

L'axe impacts environnementaux étudie l'énergie solaire (et plus largement les énergies renouvelables) sur leur cycle de vie, depuis l'échelle technologique, à l'implantation de mix de production et leur utilisation dans un territoire sous forme de bilans et de scénarios. L'approche, initialement centrée sur les impacts environnementaux, s'élargit aux aspects socioéconomiques.

Sur les deux axes, les démarches de recherche présentent des similitudes : il s'agit d'intégrer des modèles complexes multi-échelles dans leurs incertitudes et leurs variabilités pour en extraire les facteurs influents dans un contexte connu. Cette approche commune aux deux axes fait appel aux sciences de la donnée (traitement de l'information, compatibilité de données, statistiques, etc.).

L'équipe valorise ses recherches par le développement d'outils (logiciels et plateformes web) d'information et de calculs ouverts et accessibles pour aider à l'évaluation et à la décision des acteurs de la transition énergétique. Elle est également active en dispensant des enseignements sur ses thématiques.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent rapport soulignait le déséquilibre des thématiques. Des efforts de recrutement ont été faits, mais des départs imprévus ont contribué à maintenir le déséquilibre. La stabilisation des personnels est en cours.

L'équipe a mis en place une stratégie de gestion de ses données, en particulier sur leur valorisation.

Pour éviter la dispersion, la thématique énergie renouvelable a été recentrée sur l'énergie solaire, tandis que la thématique Impacts a élargi ses activités montrant l'effort pour laisser la place à la nouveauté.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maitres de conférences et assimilés	2
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	2
Personnels d'appui à la recherche	4
Sous-total personnels permanents en activité	10
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	3
Doctorants	8
Sous-total personnels non permanents en activité	12

Total personnels

22

ÉVALUATION

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe OIE est très dynamique au plan académique avec un excellent niveau de publications (3,4 articles/an/EC+C) dans des journaux phare des disciplines cœur de ses recherches, tels que « Atmospheric measurement Techniques » et « The International Journal of Life Cycle Assessment ». Ces publications démontrent des collaborations interdisciplinaires internes à l'équipe très nombreuses qui lui permettent de répondre avec pertinence aux enjeux actuels. L'équipe bénéficie également d'un fort esprit collectif qui induit à une remarquable cohérence allant au-delà des aspects scientifiques grâce à des échanges fréquents et une discussion régulière des intérêts collectifs.

L'activité partenariale est également très importante, avec notamment la création d'une chaire de mécénat SciDoSol en 2022 (Chaire SciDoSol : les Sciences de la Donnée appliquées à l'énergie solaire pour la transition énergétique), mais également de nombreux contrats (38 portés par l'équipe et 17 en tant que contributrice). On note, en particulier, quatre projets H2020/Horizon Europe dont un en coordination (e-shape), quatre projets dans le cadre du programme Copernicus et un projet ERA-NET (financement ANR). Au niveau national, l'équipe a obtenu neuf projets lors des appels d'offres de l'Ademe. Sept de ces projets sont en lien avec l'évaluation des impacts environnementaux. Ces projets montrent la visibilité et la reconnaissance nationale et européenne d'OIE.

Au plan des collaborations avec les entreprises, l'équipe a établi un partenariat stratégique avec EDF puis avec RTE sur l'évaluation des ressources solaires et des impacts environnementaux, et sur les services climatiques pour l'énergie. Total Énergies fait partie des partenaires de l'équipe avec la chaire SciDoSol et avec le financement de deux dispositifs Cifre. On note également une collaboration étroite avec la société Somfy.

Les indices de reconnaissance académique sont également très significatifs avec dix-huit conférences invitées, l'organisation ou la co-organisation de onze événements, et la participation à dix-huit + trois jurys (thèses + HDR). Avec 96 articles à comité de lecture, la production scientifique de l'équipe OIE a augmenté de plus de 30 % au cours de la période par rapport à la période précédente.

Les approches disciplinaires sont unifiées au travers de leur intégration dans des outils à destination de la société grâce à des collaborations internes sur les sciences des données et de l'informatique. C'est indéniablement un point très fort de l'équipe qui comprend la mise à disposition d'outils dès l'amont des projets de recherche ou de partenariats.

Points faibles et risques liés au contexte

Le principal point faible de l'équipe est la menace de sous-criticité et, en particulier, la sous-représentation en nombre de chercheurs de l'activité « Impacts ». Cette situation présente des risques de surimplication des personnels actuels, déjà très actifs, du fait d'un accroissement très important de la demande sociale actuelle, poussée par les exigences réglementaires qui ne peuvent qu'augmenter dans les années à venir. Cette situation peut avoir un impact à long terme sur le potentiel de ressourcement de l'équipe et sur sa capacité à mobiliser des ressources humaines pour supporter ses activités de recherche et d'enseignement.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe OIE propose de recentrer ses activités sur le solaire dans le futur par une approche intégrative. Elle inclut la modélisation et la prédiction du rayonnement solaire, la variabilité spatio-temporelle de la ressource solaire, et le déploiement de l'énergie solaire dans les systèmes énergétiques territoriaux en lien avec leur évaluation socio-environnementale.

Dans le domaine de l'évaluation et la modélisation des ressources énergétiques renouvelables, l'équipe valorisera l'expertise acquise au cours des dernières décennies sur la physique de l'atmosphère et l'observation de la Terre ainsi que sur les mathématiques appliquées et les sciences de la donnée. La caractérisation de la ressource solaire et la modélisation du rayonnement solaire seront améliorées dans leur précision (lancement du satellite Meteosat de troisième génération) et leur pertinence au regard des technologies solaires émergentes, en intégrant de nouvelles informations (notamment météorologiques et physicochimie de l'atmosphère). Dans cette démarche, la prise en compte des nuages est une étape importante. La caractérisation des spécificités de captage et d'usages sera également étudiée en tenant compte de pratiques nouvelles comme, par exemple, l'agrivoltaïsme et le photovoltaïque flottant.

Dans le domaine de l'évaluation des impacts environnementaux des filières énergétiques, les travaux porteront en particulier sur des approches prospectives pour appuyer les décisions publiques, en tenant compte des évolutions technologiques, et des trajectoires temporelles et par une meilleure prise en compte de la fin de vie des équipements. L'approche proposée tiendra compte des incertitudes associées au manque d'informations détaillées (limitations des modèles pour représenter la réalité) et de l'accroissement de la consommation de matières premières associée au développement des énergies renouvelables. Elle intégrera également une analyse des risques. Les effets du et sur le contexte socioéconomique du déploiement des scénarii seront considérés au travers d'approches conséquentielles et par un élargissement des approches « cycles de vie » vers les impacts socio-économiques.

Cette trajectoire est tout à fait cohérente avec les points forts de l'équipe, et renforcera sa stature nationale et internationale.

L'équipe est consciente que ce recentrage ne doit pas fermer la nécessaire ouverture aux enjeux globaux des énergies renouvelables, qui peuvent être traités dans la thématique Impacts.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Concernant la trajectoire, les recommandations sont de continuer les efforts pour stabiliser la position de l'équipe sur la thématique des ressources solaires et pour renforcer celle sur les impacts.

Elle est également invitée à être attentive aux risques de surmenage du personnel, en continuant à maintenir une atmosphère de travail collective qui a prouvé son efficacité et en augmentant le nombre de personnes titulaires d'une HDR. Dans ce contexte, le recrutement de jeunes chercheurs sur des positions permanentes est une priorité pour l'équipe.

Équipe 4 : Centre Procédés, énergies renouvelables et systèmes énergétiques (Persee)

Nom du responsable : M. Arnaud Rigacci

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les activités de recherche et innovation de l'équipe Persee sont structurées autour de trois thématiques : (a) les matériaux et les composants pour l'énergie ; (b) les procédés de stockage et de conversion d'énergie ; (c) les énergies renouvelables et les systèmes énergétiques bas carbone. Ce découpage thématique diffère légèrement de l'intitulé des trois groupes de recherche constituant l'équipe : « Matériaux et Procédés pour l'énergie » (Matpro), « Thermochimie et Plasmas » (TeP) et « Énergies Renouvelables et Systèmes Électriques Intelligents » (Ersei). Les recherches développées intègrent différentes échelles (de la structure des matériaux aux systèmes énergétiques) et différents TRL (de 2 à 6). Le vecteur hydrogène (production, convertisseur, intégration au réseau) est l'un des dénominateurs communs des recherches.

L'équipe a une forte composante technologique avec trois plateformes expérimentales : plasma, hydrogène et matériaux.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

« Progresser sur le taux de publication dans les revues de rang A, mais aussi sur la présence des chercheurs de l'équipe dans les « keynote lectures » et présidence de grandes conférences notamment. »

Sur un plan strictement quantitatif, la progression a été significative avec une moyenne annuelle de l'ordre de 25 ACL /an contre un peu moins de dix-sept lors de la précédente évaluation. Au plan qualitatif, la progression a également été notable avec des publications dans des journaux qui font référence dans les domaines (ACS Catalysis, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Applied Catalysis B: Environmental, Applied Energy, IEEE Transactions, Journal of Power Sources, etc.).

« Maintenir le bon niveau de recherche d'anticipation, libre de toute sollicitation industrielle, pour mieux préparer l'avenir. »

Des contrats doctoraux financés par l'école au sens large (i.e. DEP, PSL, TTI.5) ont été fléchés sur des opérations de ressourcement scientifique dégagées de toute contingence contractuelle. Par exemple sur les sujets suivants : plasmas froids et la catalyse par plasma, l'IA et le big data pour la transition énergétique et son volet digitalisation, les accumulateurs Li-ion « tout solide » et l'étude de la prochaine génération de super-isolants thermiques à base de pectine.

« Renforcer la synergie entre les groupes. »

L'évolution majeure concerne l'enseignement bien que des actions de recherches intergroupes soient identifiables en particulier sur le design de matériaux poreux sol-gel de grande surface spécifique.

« Risque de dispersion lié aux sollicitations extérieures. »

Les collaborations industrielles directes ont été renforcées durant la période (2/3 des ressources contractuelles). Elles ne sont pas vécues par l'équipe comme une cause de dispersion mais comme un facteur de renforcement des compétences et de structuration. On note, en effet, la signature d'accord-cadre à moyen terme (5 ans) avec plusieurs entreprises.

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	6
Chargés de recherche et assimilés	3
Personnels d'appui à la recherche	9
Sous-total personnels permanents en activité	20

Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	5
Post-doctorants	0
Doctorants	30
Sous-total personnels non permanents en activité	36
Total personnels	56

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe Persee se singularise par l'excellence de ses résultats et de ses partenariats (région PACA, industrie, Europe), établis sur la durée, dans les trois thématiques développées, à savoir : matériaux et composants pour l'énergie, procédés de stockage et de conversion et énergies renouvelables et systèmes énergétiques bas carbone. Certains ont abouti à des développements à l'échelle industrielle ce qui constitue un résultat remarquable. Les sujets traités présentent de forts enjeux pour la transition énergétique. La qualité des publications est très bonne et en progression. Le rayonnement et l'implication de l'équipe dans la communauté académique nationale sont satisfaisants.

Points forts et possibilités liées au contexte

La qualité des résultats obtenus par Persee, concerne aussi bien des résultats à caractère fondamental que des développements technologiques innovants transférés à l'industrie. Parmi ceux-ci, on peut citer la synthèse de matériaux catalytiques pour remplacer les catalyseurs à base de platine dans certaines piles à combustibles, la conversion catalytique directe de CO₂ et CH₄ en produits liquides par plasma froid, la co-optimisation entre, prévision de la ressource et marché de l'électricité afin de maximiser la valeur des énergies renouvelables, le transfert de la technologie de pyrolyse du méthane par plasma thermique à la société Monolith Materials.

Parmi les autres points forts, on peut citer, le leadership de Persee dans le domaine de la prévision de la production des énergies renouvelable, éolien et solaire, avec, en particulier, la coordination du projet européen H2020 Smart4RES (13 partenaires originaires de 7 pays) et le partenariat avec la société Symbio sur les piles à combustibles pour véhicules électriques. Au plan des interactions avec le monde socio-économique, Persee a réalisé le développement d'études et d'outils de modélisation prospective des territoires concernant notamment l'industrie, le bâtiment, la production d'énergie, la distribution d'électricité, la production d'hydrogène. Cette activité fait l'objet de nombreuses collaborations avec par exemple, Enedis, le CSTB, Engie, la région PACA.

On note durant la période l'obtention d'un financement régional (région PACA) dans le cadre de l'appel « Plateformes » pour le développement d'un nouvel outil de type « Micro-réseau multi-énergie », la contractualisation de sept projets ANR, la participation à sept projets européens (4 projets H2020 (Pegasus, Pretzel, XFLEX et Smart4RES), 2 projets ERA-NET (Regions et EVA) et 1 projet Erasmus (Most)) dont deux en coordination.

La production scientifique de l'équipe s'est accrue significativement. Au plan quantitatif, avec une moyenne annuelle de l'ordre de 25 ACL/an contre environ dix-sept ACL/an lors de la précédente évaluation Hcéres, et cette croissance ne s'est pas faite au détriment de la qualité. En effet, on peut citer des articles publiés dans les meilleures revues des domaines concernés (Renewable and Sustainable Energy Reviews, Applied Catalysis, Chemical Engineering Journal, Journal of Material Chemistry, IEE Transactions, etc. L'augmentation du nombre de publications est probablement corrélée à celle du nombre de doctorants, progressant de 30 à 54 par rapport à la dernière évaluation.

Les collaborations industrielles mises en place par l'équipe assurent actuellement la majorité des ressources propres de l'équipe. Elle a bénéficié de neuf dispositifs Cifre durant la période d'évaluation. Un point remarquable de l'équipe est l'établissement de partenariats industriels structurants. Sur la période d'évaluation, les ressources mobilisées grâce à trois collaborations (Monolith, Symbio et Enedis) s'élèvent à plus de 4,6 M€. Par ailleurs, les travaux concernant l'intégration des énergies renouvelables prennent en compte la dimension

territoriale. L'implication des membres de Persee dans les sociétés savantes et instances nationales et internationales est très bonne, par exemple : CIRED, SFEC, IEEE, EPF, EERA, IEA. Enfin, l'équipe participe activement à des actions de médiation scientifique : depuis 2021, Persee participe régulièrement - et plusieurs fois par an - aux « Cordées de la réussite » avec des établissements du département et de la région.

Points faibles et risques liés au contexte

Les interactions et collaborations entre les trois groupes de Persee et les autres équipes du DEP restent faibles bien qu'un projet commun concernant les procédés catalytiques par plasma froid ait été mené avec succès. L'attractivité vers le monde industriel est puissante mais, comparativement, le rayonnement scientifique dans la communauté académique, notamment française, offre des marges de progression. La contribution de Persee aux débats sociétaux concernant la transition énergétique est peu visible.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La trajectoire de Persee est en prise directe avec la transition énergétique et se donne comme objectif pertinent de répondre aux enjeux environnementaux et climatiques du 21^e siècle. Elle s'inscrit dans la continuité de la période précédente avec comme ambition d'approfondir les thèmes de recherche phares actuels. Un point fort est de suivre les recommandations européennes relatives à l'intégration des systèmes énergétiques (ESI) qui est le processus de coordination de l'exploitation et de la planification des systèmes énergétiques à travers plusieurs voies ou échelles géographiques afin de fournir des services énergétiques fiables et rentables avec un impact minimal sur l'environnement. La trajectoire est déclinée en quatre thématiques : matériaux pour l'énergie, procédés de conversion d'énergie par voie électrochimique, conversion thermochimique par voie plasma, énergies renouvelables et systèmes énergétiques bas carbone. Le choix de conforter les activités de recherche qui font l'objet de collaborations à moyen terme est pertinent compte tenu des enjeux associés. De nouveaux sujets sont proposés dans chaque thématique, tels que l'électrolyse de l'ammoniac, l'électrocatalyse du dioxyde de carbone, les super isolants à base de pectine, la production d'hydrogène, les plasmas sous pression, les modèles de prévision, l'analyse prédictive et la planification des systèmes énergétiques. On note une forte implication dans les PEPR du PIA4, en particulier les PEPR TASE et DEMO.

Il manque néanmoins dans cette trajectoire une réflexion globale impliquant les chercheurs des trois groupes.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'évolution du nombre de permanents reste un sujet de vigilance encore prégnant. On note une diminution du nombre de permanents durant la période (de 24 à 20, et de 13,5 à 11 pour les EC) bien que l'activité n'ait pas baissé. Des recrutements sont prévus mais ils permettront au mieux de maintenir le potentiel. L'équipe devra veiller à adapter ses projets à ses capacités en filtrant les sollicitations et en sélectionnant les projets par rapport à ses capacités d'encadrement, voire à prioriser une part de ses efforts sur des contributions scientifiques (plutôt que technologiques ou applicatives).

Il conviendrait de mieux exploiter les capacités de collaborations entre groupes dans Persee et avec le DEP plus globalement.

Les appels à projets évoluent vers l'intégration de l'interdisciplinarité dans les propositions, en particulier avec les sciences humaines et sociales. L'équipe est encouragée à réfléchir en ce sens.

Le comité recommande à Persee de mieux faire connaître ses recherches dans la communauté académique française et le grand public afin d'accroître son rayonnement scientifique, de bénéficier des synergies académiques nationales dans ses thèmes de recherche, et d'augmenter sa contribution au débat sur la transition énergétique.

L'équipe est également encouragée à partager librement ses produits : données ouvertes, applications logicielles libres, ouverture des plateformes, accueil de chercheurs, etc., afin de consolider et capitaliser ses connaissances et les rendre plus visibles.

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

DATES

Début : 8 novembre 2023 à 8h00

Fin : 9 novembre 2023 à 15h30

Entretiens réalisés en présentiel

PROGRAMME DES ENTRETIENS

Mercredi 8 novembre 2023

(Entretien sur le site de Sophia Antipolis)

08h00 - 08h15	Présentation de l'évaluation par conseillère scientifique (F. Fayolle)
08h15 - 08h45	Bilan de l'unité (P. Blanc) [20 min + 10 min questions]
08h45 - 09h30	Bilan équipe 1 : Centre Efficacité Énergétique des Systèmes (CES) [30 min + 15 min questions]
09h30 - 10h15	Bilan équipe 2 : Centre Thermodynamique des Procédé (CTP) [30 min + 15 min questions]
10h15 - 10h45	pause
10h45 - 11h30	Bilan équipe 3 : Observation, Impacts, Énergie (OIE) [30 min + 15 min questions]
11h30 - 12h15	Équipe 4 : Procédés, Énergies Renouvelables et Systèmes Energétiques (Persee) [30 min + 15 min questions]
12h15 - 12h45	Questions et discussions générales
12h45 - 14h00	Repas/discussion scientifique
14h00 - 14h10	Présentation trajectoire équipe 1 (CES)
14h10 - 14h20	Présentation trajectoire équipe 2 (CTP)
14h20 - 14h30	Présentation trajectoire équipe 3 (OIE)
14h30 - 14h40	Présentation trajectoire équipe 4 (Persee)
14h40 - 14h50	Présentation trajectoire de l'unité
14h50 - 15h30	Questions et discussions
15h30 - 16h00	Pause
16h00 - 18h00	Visite des laboratoires OIE et PERSEEE
18h15 - 19h00	Débriefing du comité à huis clos

Judi 9 novembre 2023

08h15 - 09h00	Entretien avec les chercheurs/EC
09h00 - 09h45	Entretien avec les personnels d'appui à la recherche
09h45 - 10h30	Entretien avec les doctorants et post-docs
10h30 - 11h00	Pause
11h00 - 11h45	Entretien avec la tutelle
11h45 - 12h30	Entretien avec la direction du laboratoire
12h30 - 13h30	Repas à huis clos
13h45 - 16h00	Débriefing du comité à huis clos

Mercredi 22 novembre 2023

(président, représentant PAR et CS)

08h00 - 08h30	Accueil au CTP Fontainebleau
08h30 - 10h00	Visite des laboratoires du CTP
10h00 - 10h15	Point avec les doctorants du CTP
10h15 - 11h15	Transfert au CES Palaiseau
11h15 - 12h45	Visite des laboratoires du CES
12h45 - 13h15	Point avec les doctorants du CES
13h15 - 14h30	Repas
14h30 - 15h30	Débriefing du comité

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

Arnaud TOURIN

Vice-président recherche, sciences et société

+33 1 80 48 59 13
arnaud.tourin@psl.eu

Paris, le 6 février 2024

M. Eric SAINT-AMAN
Directeur
Département d'évaluation de la recherche
HCÉRES

Référence : DER-PUR250024253 - DEP - Département énergétique et procédés

Monsieur le Directeur,

L'Université PSL et MINES Paris-PSL remercient l'ensemble des experts du Comité pour leur travail d'évaluation.

Vous trouverez ci-après les observations de portée générale formulées sur leur rapport par MINES Paris-PSL.

Je vous prie de recevoir, Monsieur le Directeur, mes salutations les plus cordiales.



Arnaud Tourin

Direction Générale

Paris, le 30 janvier 2024

Évaluation de l'Unité de Recherche DEP

DEPARTEMENT ENERGETIQUE ET PROCEDES

Observations

La Direction de Mines Paris - PSL tient à saluer le Comité de visite HCERES pour l'objectivité et le sérieux de son évaluation qui a souligné de façon particulièrement positive les résultats scientifiques, la visibilité et la dynamique du Département Energétique et Procédés. Nous l'en remercions.

Quelques points d'attention sur lesquels nous souhaitons apporter des éléments de réponses ont néanmoins été notés.

Concernant le rôle et les moyens à la disposition du Département pour assurer efficacement son rôle de coordination des centres constitutifs (localisés sur plusieurs sites géographiques distincts), nous tenons à préciser que la direction du DEP a parmi ses attributions l'arbitrage des demandes d'investissement de ses centres et l'attribution des contrats doctoraux financés sur le budget propre de Mines Paris - PSL. Elle dispose en outre d'un petit budget d'intervention alloué par la Direction de la Recherche afin de soutenir les actions d'animation scientifique, séminaires et autres événements. La pratique montre que malgré la distance géographique, ce mode de fonctionnement est efficace et ne souffre d'aucun problème de communication dans l'exécution des tâches qui incombent au Département et à ses centres.

Concernant la production scientifique, le comité a relevé le grand nombre de titres dans lesquels publient les chercheurs. Cette remarque est dûment notée et une réflexion sera menée quant à la pertinence de réduire ce nombre afin d'augmenter l'impact et la visibilité des publications.

En matière RH, le comité a noté une baisse globale des effectifs et une stabilisation difficile des personnels recrutés. De fait, sur toutes les catégories d'emplois, compte-tenu du contexte dynamique du secteur, les recrutements se révèlent problématiques, notamment face à la concurrence des acteurs industriels : plusieurs postes mis au concours restent non pourvus à ce jour. Dans ce contexte, l'Ecole mobilise depuis plusieurs mois des moyens spécifiques, au niveau de la DRH et en dialogue suivi avec la Direction de la Recherche, pour répondre à cette situation, notamment par le biais de la révision des procédures de recrutement ou des canaux de diffusion des offres.

Enfin, le comité attire également l'attention sur les conséquences possibles du fort niveau d'activité des centres. L'Ecole des Mines est tout à fait sensibilisée à cette problématique qui a déjà été soulevée lors de la précédente évaluation en mettant en œuvre des moyens dédiés aux RPS et QVT.

Pour conclure, Mines Paris - PSL tient à remercier les membres du Comité d'évaluation du HCERES pour le très bon esprit - constructif, attentif et bienveillant - dont ils ont fait preuve lors de l'évaluation de l'Unité, ainsi que l'ensemble des personnels du DEP pour leur implication dans l'unité et dans cet exercice d'évaluation exigeant.



Vincent LAFLECHE
Directeur Général
Mines Paris-PSL

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)