

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ

PIMENT — Laboratoire de physique et ingénierie
mathématique pour l'énergie

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

Université de La Réunion

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2024-2025
VAGUE E



Au nom du comité d'experts :

FLAMANT Gilles, président du comité

Pour le Hcéres :

Stéphane Le Bouler, président par intérim

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

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

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

MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

Président : M. Gilles Flamant, Centre national de la recherche scientifique (retraité)

Experts : M. Raphael Jolivet, École nationale supérieure des mines de Paris — PSL
(Personnel d'Appui à la Recherche)
Mme Amina Meslem, Université de Rennes 1
Mme Carole Rosier, Université du Littoral, Calais

REPRÉSENTANT DU HCÉRES

M. Lounès Tadrist

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

M. Patrick Mavingui, CNRS

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Physique et Ingénierie Mathématique pour l'Energie, l'environnement et le bâtiment
- Acronyme : PIMENT
- Label et numéro : EA 4518
- Nombre de thématiques : 3
- Composition de l'équipe de direction : M. Mathieu DAVID (directeur)

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

Panel 1 ST5 — Sciences pour l'ingénieur ST5_4 Énergie, thermique ST5_3 Mécanique des fluides ST5_2 Génie des procédés

Panel 2 ST1 — Mathématiques ST1_2 Mathématiques appliquées

Panel 3 SHS7 — Espace et relations hommes/milieus SHS7_4 Aménagement et architecture

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

L'unité est structurée en trois thématiques : Espaces Bâti et Environnement (EBE), Energie Durable (ED), Mathématiques et Applications (MA). Ces thématiques concourent à la réalisation des objectifs scientifiques de l'unité dans les domaines de l'efficacité énergétique et environnementale des bâtiments et des quartiers, des énergies durables, et des outils mathématiques adaptés à la physique. Elle dispose de trois plateaux techniques implantés à l'extérieur à trois altitudes différentes.

La thématique Espaces Bâti et Environnement a pour objectif de comprendre et modéliser les systèmes « espaces bâtis » dans leur environnement.

La thématique Energie Durable vise à réduire l'empreinte carbone et environnementale des systèmes consommateurs et producteurs d'énergie.

La thématique Mathématiques et Applications développe des méthodes et des outils pour la résolution numérique de problèmes de la physique.

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

L'unité de Physique et Ingénierie Mathématique pour l'Energie et l'Environnement et le Bâtiment (PIMENT) a été créée en 2010. Elle résulte de la fusion de deux équipes de recherche : (1) L'équipe d'énergéticiens, anciennement Équipe Génie Civil et Thermique de l'Habitat du Laboratoire de Génie Industriel (1995 – 2006) puis LPBS : Laboratoire de Physique du Bâtiment et des Systèmes (2006-2010) et (2) L'équipe de mathématiciens, anciennement équipe d'Analyse et Ingénierie Mathématique du laboratoire IREMIA (1990 – 2007) puis du Laboratoire d'Informatique de Mathématiques, LIM (2007 – 2010).

L'unité est localisée sur trois sites : le campus universitaire du Tampon (faculté Sciences de l'Homme et de l'Environnement (UFR-SHE)) ; le campus de Terre Sainte à Saint-Pierre (IUT de La Réunion et école d'ingénieurs ESIROI) ; Les campus du Moufia et de Bellepierre à Saint-Denis (faculté des Sciences et de Technique (UFR-ST) et à l'Institut National Supérieur du Professorat et de l'Éducation (INSPE)). Ces sites accueillent respectivement 40 %, 45 % et 15 % des effectifs de l'unité.

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

PIMENT est une unité de recherche de l'université de La Réunion. L'unité fait partie de la fédération de recherche OMNCG (Observatoire des Milieux Naturels et des Changements Globaux - FED4128). L'activité de cette fédération est orientée principalement vers l'observation et l'étude de la dynamique et de l'évolution des milieux naturels. L'Observatoire des Sciences de l'Univers Réunion (OSU-R), un observatoire en cotutelle du CNRS (INSU) et de l'université de La Réunion regroupe les mêmes laboratoires. L'OSU-R dirige la FED4128.

PIMENT mène des projets communs avec l'unité de recherche Energy Lab de l'université de La Réunion dans le domaine de la transition énergétique.

L'unité est impliquée dans le cluster régional TEMERGIE (transition énergétique de la Réunion). Elle en assure la vice-présidence depuis sa création en 2007. Elle est partenaire de la technopole de La Réunion qui a pour mission le développement économique et social de La Réunion par l'innovation (hébergement d'un incubateur de projets d'entreprises innovantes).

EFFECTIFS DE L'UNITÉ : en personnes physiques au 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	10
Maitres de conférences et assimilés	19
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	3
Sous-total personnels permanents en activité	32
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	13
Personnels d'appui non permanents	5
Post-doctorants	1
Doctorants	15
Sous-total personnels non permanents en activité	34
Total personnels	66

RÉPARTITION DES PERMANENTS DE L'UNITÉ PAR EMPLOYEUR : en personnes physiques au 31/12/2023. Les employeurs non tutelles sont regroupés sous l'intitulé « autres ».

Nom de l'employeur	EC	C	PAR
U LA REUNION	29	0	3
Total personnels	29	0	3

AVIS GLOBAL

PIMENT est une unité de recherche reconnue au plan national pour ses travaux sur les systèmes énergétiques et au plan international pour la mesure des données météorologiques. L'unité s'est fixée des objectifs scientifiques en cohérence avec les spécificités de La Réunion, des territoires insulaires similaires et des zones non interconnectées. Durant la période de contractualisation, son bilan scientifique est très bon et sa capacité à faire financer ses projets par la Commission européenne et les entreprises a augmenté de façon remarquable.

Les contributions de l'unité sur la mesure de la ressource solaire réalisée notamment dans le cadre du projet TwinSolar et avec les partenaires internationaux comme The Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Freiburg, Allemagne et Technical University of Denmark (DTU) sont remarquables. Les contributions en optimisation topologique en mécanique des fluides, notamment celles visant à localiser des solides multi-matériaux ainsi que celles relatives aux écoulements turbulents avec applications à la ventilation des bâtiments sont remarquables.

La période de contractualisation a été particulièrement difficile, car, aux contraintes liées à la relative dispersion géographique, inhérente à l'organisation de l'île de la Réunion, se sont ajoutées, la crise de la Covid suivie de celle de l'université. La position du CNRS concernant la demande de rattachement de l'unité a également été un élément déstabilisant. Ces difficultés ont affecté l'élaboration d'une stratégie scientifique de l'unité en cohérence avec ses domaines d'expertise et mobilisant l'ensemble des thématiques.

Des marges de progression existent dans les domaines de l'animation scientifique, de la formalisation du rôle des conseils et de la communication interne et externe. Les difficultés rencontrées dans la gestion financière des contrats et dans l'anticipation des charges de travail des personnels d'appui à la recherche ont mis en évidence la fragilité de l'organisation de l'unité dans le domaine de la gestion des personnels.

Une des forces de PIMENT réside dans son potentiel interdisciplinaire et son ancrage territorial. Il devrait être mis

à profit pour décloisonner les thématiques en interne et constituer une force de proposition pour élaborer un projet structurant autour de la transition énergétique de La Réunion. Ce projet pourrait s'appuyer sur des scénarios énergétiques élaborés en concertation avec l'ensemble des acteurs du domaine.

ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

A — PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Dans le précédent rapport plusieurs recommandations avaient été formulées. Ces recommandations ainsi que les réponses associées sont présentées dans ce qui suit.

-Recommandation 1 : « Maintien de l'effort de valorisation des travaux et poursuite de l'accroissement de la production scientifique, notamment pour la thématique "Espaces bâtis et environnement" »

L'unité a conservé un bon niveau de publication de ses travaux dans des revues internationales et des conférences. Elle a diversifié ses modes de valorisation avec le dépôt de quatre brevets et l'enregistrement de trois logiciels.

-Recommandation 2 : « Accroître sa visibilité internationale par des mobilités, la participation à des projets de recherches internationaux et l'implication dans des sociétés savantes »

Le rayonnement international a fortement progressé dans la zone Océan Indien et en Europe. La participation à des sociétés savantes n'a pas été significative. En revanche, l'implication dans des projets de recherches internationaux d'envergure est un des faits marquants de la période.

-Recommandation 3 : « Analyser de manière détaillée la durée élevée des thèses et sensibiliser les doctorants et leurs encadrants à cette question »

Les thèses Cifre et auto-financées durent en moyenne 7 mois de plus que les thèses financées par des contrats doctoraux ou des bourses des collectivités. Les encadrants et doctorants ont été sensibilisés par des formations proposées par l'École doctorale « Sciences, Technologies et Santé » et un processus interne d'évaluation des projets de thèses et des candidats a été mis en place par l'unité afin de garantir le bon déroulement du doctorat. Les effets de ces actions n'ont pas encore été observés.

-Recommandation 4 : « Coordonner les recherches avec les politiques locales et les acteurs locaux afin de bénéficier de la dynamique que devrait insuffler la décision de tendre vers l'autonomie énergétique de l'île »

L'unité a pris en compte cette recommandation en participant de manière active à la rédaction des feuilles de route de la stratégie de spécialisation de la Région Réunion sur les thématiques "Bâti tropical" et "Transition énergétique" pour la période 2021-2027. Elle fait également partie de la « gouvernance énergie » de la DEAL (Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement) et de la Région Réunion pour la rédaction du plan pluriannuel de l'énergie.

-Recommandation 5 : « Améliorer la vie collective de l'unité et l'animation interne des thèmes tout en offrant de nouvelles possibilités scientifiques inter-thèmes »

La direction organise chaque année un séminaire thématique, regroupant tous les membres de l'unité. Cet événement permet une animation au sein des thématiques et des synergies entre thématiques.

-Recommandation 6 : « Mise en œuvre de moyens permettant d'atteindre les objectifs fixés par les thématiques »

La direction a mobilisé des moyens financiers mutualisés à cet effet. Cette action a notamment permis d'accroître temporairement le soutien des personnels d'appui à la recherche (PAR) aux activités expérimentales. Les moyens financiers de l'unité ont plus que doublé par rapport à la précédente période. Le nombre de personnels contractuels (postdocs, ingénieurs, gestionnaires, etc.) a ainsi fortement progressé.

-Recommandation 7 : « Soutenir les effectifs de cadres en section CNU 62 et un accompagnement adapté par du personnel d'appui à la recherche »

Le laboratoire propose à chaque campagne-emploi la création d'un poste de professeur en section CNU 62 pour soutenir la structuration de l'unité. Un recrutement de PR (section CNU 62) a été obtenu en 2022. L'unité porte de manière récurrente et appuyée des demandes de PAR supplémentaires au niveau de la présidence de l'université. Le contexte de l'établissement ne permet pas d'envisager l'embauche de titulaires.

-Recommandation 8 : « Assurer un suivi attentif de la nouvelle thématique "Mathématiques et applications" avec la création d'un Master en ingénierie mathématique et le renforcement des collaborations avec les 2 autres thématiques »

Un suivi attentif et un accompagnement fort portant sur la production scientifique et le maintien des effectifs de la thématique ont été apportés par l'unité. Il a permis notamment de positionner une demande de recrutement d'un MCF en section CNU 26 dans les priorités de l'unité et de l'UFR SHE.

Un parcours de Master en ingénierie mathématique a également été mis en place dans l'offre de formation 2020-2024 à l'UFR SHE (Sciences de l'Homme et de l'Environnement). Néanmoins, son adossement à la Mention Génie Civil a été un élément pénalisant rendant ce parcours peu attractif auprès des étudiants inscrits en Licence de Mathématiques ou d'Informatique.

La collaboration avec les deux autres thématiques est effective avec des travaux communs développés dans la thématique EBE sur l'optimisation topologique en mécanique des fluides et la thématique ED sur l'optimisation énergétique.

Le comité a noté les mesures résolues prises par l'unité pour suivre les recommandations clefs affichées dans le précédent rapport, en particulier concernant la valorisation des travaux, le rayonnement international, la coordination avec les acteurs de la politique de la Réunion relative à la transition énergétique et l'accompagnement de la thématique MA. Certaines recommandations comme la durée des thèses, l'animation scientifique, la promotion et le recrutement de personnels peinent à se concrétiser. Néanmoins, le dernier point n'est pas de la responsabilité de l'unité.

B — DOMAINES D'ÉVALUATION

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

Appréciation sur les objectifs scientifiques de l'unité

PIMENT s'est fixé des objectifs scientifiques en cohérence avec les spécificités de La Réunion, des territoires insulaires similaires et des zones non interconnectées. Ces objectifs font appel à des compétences interdisciplinaires présentes dans l'unité. Par contre, elles sont insuffisamment mobilisées à l'interface des recherches développées par les trois thématiques et dans la définition d'une stratégie scientifique globale. L'unité peine à faire reconnaître son apport potentiel à la fédération OMNCG et à l'OSU-R.

Appréciation sur les ressources de l'unité

PIMENT dispose de ressources financières qui lui permettent de réaliser ses projets en particulier grâce à des contrats régionaux, européens et internationaux. Les ressources de l'unité ont augmenté significativement à partir de 2021. L'unité est dotée de plateformes et de démonstrateurs adaptés à ses objectifs scientifiques, qui méritent néanmoins d'être enrichis et dynamisés. Le respect des délais de réalisation des projets se heurte aux lourdeurs administratives qui ralentissent les engagements concernant les personnels et les matériels.

Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

L'unité a mis en place un ensemble de structures opérationnelles, décisionnelles et consultatives qui rythment sa vie. Des marges de progression subsistent en ce qui concerne la formalisation du rôle des différentes structures par un règlement intérieur, l'animation scientifique intra-thématique et inter-thématique et la communication interne.

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

Points forts et possibilités liées au contexte

Les objectifs scientifiques de l'unité concernant l'efficacité énergétique et environnementale des bâtiments et des quartiers, les énergies durables et les outils mathématiques nécessaires pour modéliser les systèmes précédents sont déclinés de façon pertinente afin de répondre aux conditions spécifiques de La Réunion. En effet, ils tiennent compte d'une part de la situation du réseau électrique de l'île (non interconnecté) et de sa localisation géographique en zone tropicale. En conséquence, ils contribuent à la résolution des défis sociétaux de l'île. L'effort apporté à la collecte de données météorologiques et d'ensoleillement dans des sites représentatifs des différents climats de l'île est remarquable à ce titre.

Les contributions de l'unité sur la mesure de la ressource solaire réalisée notamment dans le cadre du projet TwinSolar et avec les partenaires internationaux comme The Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Freiburg, Allemagne et Technical University of Denmark (DTU) sont remarquables. Celles-ci sont incluses dans le livre : « Best Practices Handbook for the Collection and Use of Solar Resource Data for Solar Energy Applications : Third Edition » édité par le National Renewable Energy Laboratory (NREL, USA) en 2021.

Les contributions en optimisation topologique en mécanique des fluides, notamment celles visant à localiser des solides multi-matériaux ainsi que celles relatives aux écoulements turbulents avec applications à la ventilation des bâtiments sont remarquables. Ces travaux ont donné lieu à des publications d'excellent niveau dans les journaux ("Mathematical Models and Methods in Applied Sciences" (M3AS) et "SIAM Journal on Control and Optimization").

Durant la période d'évaluation, PIMENT a mené une politique active de rapprochement avec l'unité de recherche Energy Lab de l'université de La Réunion. Les deux unités participent au cluster Témergie, à la création d'un pôle Energie initié par la région Réunion et la communauté d'agglomération du Territoire de la Côte Ouest, à une veille scientifique et technologique sur les vecteurs énergétiques en devenir.

Points faibles et risques liés au contexte

Les thématiques de PIMENT sont très peu représentées dans la fédération OMNCG et l'OSU-R dont les activités sont centrées sur l'observation dans le champ des sciences de l'univers. Les efforts importants faits par l'unité pour obtenir le label CNRS n'ont pas été couronnés de succès, ce qui fragilise sa dynamique scientifique. Par ailleurs, une trop grande spécificité des recherches appliquées au climat et à la politique énergétique de La Réunion peut conduire à restreindre le champ des collaborations possibles, en particulier avec les unités de la métropole.

Dans le contexte d'un manque de concertation entre les composantes dont dépend PIMENT, l'unité peine à faire reconnaître ses besoins et priorités, en particulier en termes de personnel.

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

Les ressources de l'unité ont doublé entre les périodes 2018-2020 et 2021-2023 en particulier grâce à l'obtention de financements de projets européens. Globalement, l'unité dispose d'un budget moyen de 1,1 M€/an pendant la période 2021-2023, la contribution des projets internationaux à ce budget est de 50 à 60 %. Cette contribution est remarquable. Les financements publics (FEDER, ANR...) et industriels (en particulier les dispositifs Cifre) sont très significatifs, ils représentent 20 à 30 % de budget en fonction des années. Ces ressources sont bien adaptées au financement des ambitions de recherche de l'unité.

Les nouveaux arrivants sont accueillis dans l'unité par une journée annuelle dédiée.

Points faibles et risques liés au contexte

La mutualisation des ressources en provenance des projets industriels à hauteur de 10 % reste faible. Elle exclut les projets européens. Cette situation risque de provoquer des écarts de ressources entre les thématiques nuisibles à la cohésion de l'unité.

La lourdeur et la complexité administrative associées à la gestion financière de la tutelle constituent un handicap pour mener les projets dans le respect des délais prévus.

La répartition des professeurs dans les thématiques n'est pas équilibrée, avec notamment un déficit de professeurs dans la thématique ED (1 PR pour 9 MCF) et un déficit de maîtres de conférences dans la thématique EBE (5 MCF pour 7 PR). La diminution critique du nombre d'enseignants-chercheurs dans la thématique MA (rapport de deux par rapport au précédent contrat) représente un risque de fragilisation du dialogue inter-thématique entre les problématiques et les outils, qui a été une force de l'unité.

L'augmentation de l'activité de recherche avec un doublement du nombre de doctorants pour un effectif d'enseignants-chercheurs constant pendant la période pourrait être contre-productive et expliquer, pour une part, les durées trop longues des thèses.

Les besoins en personnel d'appui à la recherche sont peu anticipés, ce qui peut conduire à des surcharges des personnes concernées. Par ailleurs, le suivi individuel des personnels par la tutelle présente des faiblesses qui sont dommageables à la qualité de vie au travail des contractuels, en particulier.

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

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité a mis en place un ensemble de structures opérationnelles, décisionnelles et consultatives. Cet ensemble comprend la direction (DU et DUA), un conseil de direction, un conseil d'unité, un conseil scientifique, un conseil des jeunes chercheurs et une assemblée générale.

L'unité est sensible à la parité de genre et à la non-discrimination. La parité est respectée dans le corps des PAR. Dans le domaine de la prévention des risques, l'ingénieur responsable du service technique assure le rôle d'agent de prévention. L'université de La Réunion assure le service lié à la protection du patrimoine scientifique et des systèmes d'information de l'unité, en particulier, la direction des services informatiques (DSI) propose des machines à unité de stockage cryptées et les moyens de calculs de l'université de La Réunion sont tous sécurisés.

Au plan de la préservation de l'environnement, les travaux de l'unité ont permis de réduire très fortement la consommation énergétique et l'impact environnemental des bâtiments dans lesquels la majorité des membres de PIMENT sont hébergés. Par ailleurs, les réunions en ligne sont privilégiées pour éviter les déplacements entre les sites.

Points faibles et risques liés au contexte

L'absence de règlement intérieur conduit à un manque de clarté sur le rôle du conseil d'unité, par exemple. Dans le corps des enseignants-chercheurs, le rapport femme-homme est loin de la parité avec seulement 10 % de femmes. La situation de l'île et l'organisation multi-site de l'unité constituent un handicap intrinsèque à la réduction de l'empreinte carbone liée aux déplacements.

DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

Appréciation sur l'attractivité de l'unité

Le rayonnement scientifique de l'unité est très bon et s'est notablement accru durant la période d'évaluation avec la mise en place de collaborations dans la zone de l'océan indien et des succès aux appels à projets compétitifs nationaux et européens. Dans ce contexte positif, la faible anticipation des besoins en personnel d'appui à la recherche, le suivi irrégulier de ces personnels par la tutelle et le financement inégal des doctorants constituent une menace pour la cohésion et l'attractivité de l'unité.

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

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

Le rayonnement scientifique de l'unité est très bon et s'est notablement accru durant la période d'évaluation. Dans la Zone Océan Indien (ZOI dont l'île Maurice, Madagascar, les Comores, les Seychelles) on note cinq co-encadrements de doctorants et l'accueil de quatre chercheurs invités (une dizaine au total, toutes origines confondues). L'investissement dans les projets européens est important avec la participation au montage et l'initiation de neuf projets H2020 et Horizon Europe (HE). Cet investissement a été couronné de succès puisque l'unité coordonne le projet HE TwinSolar et participe au projet H2020 ABC21.

Hormis les projets européens, l'unité est impliquée dans quatre programmes d'investissements nationaux : PIA3 (Territoires d'innovations pédagogiques), PIOM (Programme d'Innovation Outre-Mer), PEPR TASE (Technologies Avancées des Systèmes Énergétiques) et PIV-OM (Plan d'Investissement Volontaire sur fonds privés du groupe Action Logement Services). Elle est impliquée dans deux projets financés par l'ANR et trois projets soutenus par l'ADEME.

Les équipements originaux de l'unité sont constitués de deux stations de mesure météorologique et de deux dispositifs expérimentaux identiques de mesure thermique du bâtiment (échelle un) situé à Saint-Pierre et au Tampon, de deux « sky imagers » (collaboration avec Denmark Technical University (DTU) et Fraunhofer (Allemagne)) et de cellules de mesure thermique à échelle réduite. Deux machines virtuelles (VM) assurent depuis novembre 2020 le stockage des données expérimentales.

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

La participation de l'unité à des projets soutenus par l'ANR est modeste. L'unité ne dispose pas de document formalisé décrivant sa politique d'accueil des nouveaux personnels. Le nombre de personnels d'appui à la recherche est sous-dimensionné par rapport à l'ampleur des dispositifs expérimentaux à mettre en place et maintenir. Le recours à des PAR contractuels recrutés sur projet peut conduire à une perte de compétences sur des équipements clés. Les différents modes de financement des thèses de doctorants produisent des inégalités de revenu et de couverture sociale nuisibles à l'harmonie et l'attractivité.

DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Appréciation sur la production scientifique de l'unité

La production scientifique de l'unité est de bonne qualité, diversifiée et constituée principalement d'articles dans des journaux. Elle est déséquilibrée entre les thématiques et entre les personnels. Elle inclut un nombre significatif d'articles dans des revues à contribution payante. PIMENT a fait des efforts notables pour répondre aux incitations de la science ouverte.

- 1/ La production scientifique de l'unité satisfait à des critères de qualité.*
- 2/ La production scientifique de l'unité est proportionnée à son potentiel de recherche et correctement répartie entre ses personnels.*
- 3/ La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.*

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

La production scientifique de l'unité est diversifiée et constituée principalement d'articles dans des journaux (119 durant la période). La qualité des publications dans le domaine de l'énergie est très bonne avec plusieurs publications dans les journaux de référence du domaine, *Applied Energy, Energy Conversion & Management, Energy and Buildings, Journal of Energy Storage, Renewable Energy, Solar Energy*. Cette production est complétée par 71 communications dans des congrès, quatorze chapitres d'ouvrages, quatre brevets et trois logiciels. Plus de la moitié des articles sont co-signés avec des chercheurs extérieurs à l'unité.

En moyenne, chaque EC publie 1,4 ACL/an/EC (en comptant 50 % du temps consacré à la recherche). L'unité est attentive à l'équilibre des contributions des membres du laboratoire en tenant compte de l'ensemble des apports de chacun à la structure.

L'école doctorale STS de l'université de La Réunion propose tous les ans aux doctorants une formation à l'éthique de la recherche et à l'intégrité scientifique. Les principes de la science ouverte sont régulièrement présentés aux membres du laboratoire lors de séminaires. Durant la période, 68 % des dépôts réalisés dans l'espace HAL PIMENT donnent un accès libre aux données auxquelles ils se réfèrent. L'unité a publié trois jeux de données expérimentales sur les plateformes ouvertes Zenodo et Github. Des codes développés par les membres de l'unité sont proposés en accès libre sur cette dernière plateforme.

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

La production scientifique de l'unité est déséquilibrée entre les thématiques et entre les personnels. La thématique Energie Durable est la principale contributrice aux publications et un nombre significatif (5) d'enseignants-chercheurs ne publient pas ou très peu.

La valorisation des travaux de thèse est faible, environ la moitié des doctorants n'a pas publié d'article dans un journal à l'issue de leur thèse

Le comité note un nombre non négligeable de publications dans des revues considérées comme « prédatrices » (neuf publications chez l'éditeur MDPI, dont sept dans la thématique EBE).

Les jeux de données publiés par l'unité de recherche ne satisfont pas encore aux exigences FAIR (*Findability, Accessibility, Interoperability, and Reuse of digital assets*) : ils manquent de métadonnées et ne sont pas toujours fournis dans des formats interopérables et ne sont pas référencés sur des catalogues de données ouvertes.

DOMAINE 4 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

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

L'ancrage des activités scientifiques de PIMENT dans la société est très bon. Il se manifeste par de nombreux soutiens de la Région et des projets cofinancés par les entreprises, en particulier par des dispositifs Cifre. L'unité s'implique de façon volontaire dans le partage des connaissances avec le grand public. L'absence d'un site web actif constitue un handicap pour la vie interne de l'unité et un frein à la visibilité des compétences de PIMENT qui pourraient être utiles aux entreprises et donneurs d'ordre.

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

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

L'unité entretient des liens réguliers avec la région de La Réunion (dix projets subventionnés durant la période). Elle est également active dans des actions avec d'autres acteurs économiques locaux tels que la technopole de La Réunion et l'agence qualité construction. En ce qui concerne les actions avec les entreprises, elles se concrétisent par un nombre significatif de thèses financées sous dispositifs Cifre (8), des prestations (une quinzaine) et des projets collaboratifs (9) avec des entreprises des secteurs de l'énergie et du bâtiment. L'unité a déposé quatre brevets au cours de la période évaluée.

En 2022 et 2023, l'unité a participé au « Lab Tour » organisé par l'université pour présenter ses unités de recherche au monde économique. Elle a organisé également des « Rencontre Entreprises / Doctorants et Docteurs » (RED2) en 2019. Cette initiative réussie a été amplifiée par l'évènement « VaLoREn » organisé par le cluster Témergie, avec les unités PIMENT et Energy Lab.

L'unité s'implique de façon très volontaire dans le partage des connaissances avec le grand public. On dénombre la participation à 63 animations comme la « nuit européenne des chercheurs », « ma thèse en 180 secondes », « Experimentarium », la « fête de la science » et le « web magazine » de l'université de La Réunion. Par ailleurs, la chaîne Youtube de l'unité propose 22 vidéos de vulgarisation.

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

L'unité est présentée uniquement sur le site web de l'université de La Réunion. Cette organisation ne permet pas une diffusion large et actualisée de ses activités.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

L'unité ambitionne de devenir une unité de recherche en sciences de l'ingénieur incontournable sur la scène régionale et un acteur reconnu au niveau national et international dans le domaine de la transition énergétique pour la zone intertropicale et les territoires non-interconnectés. Cet objectif est ambitieux, l'unité le décline de façon réaliste en termes de moyens humains (maintenir le nombre de postes) et financiers (accroître les ressources externes), mais manque d'une stratégie globale. Un rapprochement avec la fédération OMNCG et l'OSU-R est proposé. Le projet inclut l'ouverture des moyens expérimentaux aux chercheurs de la zone Océan Indien proche (l'île Maurice, Madagascar, les Comores, les Seychelles, etc.). En termes de structuration interne le thème « Mathématiques & Applications », avec un effectif renforcé, devrait jouer un rôle transversal.

Dans le contexte de La Réunion, un rapprochement avec les unités de recherche voisines telle que Energy Lab est souhaitable sous une forme à définir entre les partenaires, mais dans le respect des compétences complémentaires de chacun. L'objectif d'un tel rapprochement est de définir un projet structurant autour de la transition énergétique de l'île et des territoires similaires.

Ce partenariat pourrait s'étendre à des unités du secteur SHS, par exemple, afin d'atteindre une masse critique indispensable pour peser au plan local et au plan national. Les chances de succès de cette démarche seront accrues par une stratégie scientifique plus lisible de PIMENT.

RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

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

Il est recommandé à l'unité d'intensifier l'animation scientifique afin de renforcer les liens et collaborations intra et inters thématiques, et l'interdisciplinarité.

La rédaction d'un règlement intérieur est fortement conseillée afin de préciser, en particulier, les rôles de différents conseils. Ce document serait utilement complété par un livret d'accueil des doctorants et nouveaux entrants.

La communication interne devrait être améliorée afin de faciliter la circulation de l'information, stimuler la vie sociale et renforcer le sentiment d'appartenance à PIMENT.

Le comité recommande la mise en place d'un site Web actif pour dynamiser la communication externe.

Le comité recommande d'accroître la mutualisation des équipements et de veiller à pérenniser les compétences nécessaires à leur maintenance.

Recommandations concernant le domaine 2 : Attractivité

Le comité recommande à l'unité d'être attentif aux inégalités engendrées par les différents modes de financement des thèses et aux mesures d'accompagnement à mettre en place pendant la période de dépassement de la durée standard des 36 mois.

L'interdisciplinarité de l'unité serait renforcée par une meilleure intégration des membres et doctorants SHS.

La pérennisation des fonctions PAR devra faire l'objet d'une attention particulière en relation avec les tutelles.

Les pratiques de la science ouverte, tout en évitant les revues prédatrices payantes, devront se consolider afin de contribuer à l'attractivité de l'unité.

L'unité devrait poursuivre ses efforts dans la publication de logiciels scientifiques et de données, en particulier les données des stations météo qui présentent un intérêt scientifique de premier plan.

Recommandations concernant le domaine 3 : Production scientifique

Le comité recommande d'éviter les publications dans les revues considérées comme prédatrices.

Le comité encourage l'unité à faire des publications interdisciplinaires, car elle en a le potentiel.

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

Le comité encourage l'unité dans sa démarche de valorisation par des brevets et des collaborations avec les entreprises.

ÉVALUATION PAR THÉMATIQUE

Thématique 1 : Efficacité énergétique des espaces bâtis et environnement

Nom du responsable : M. JEAN-PHILIPPE PRAENE

THÉMATIQUES DE EBE

La thématique "Espaces bâtis et environnement" (EBE), a une approche multi-échelle et multidisciplinaire de l'efficacité énergétique des espaces bâtis en tenant compte des spécificités du territoire insulaire tropical.

Les travaux de EBE s'articulent autour de trois grands axes : Ville durable tropicale, Territoire et environnement ; Matériaux, enveloppes et bâtiment ; Confort et climat.

L'objectif est d'augmenter l'efficacité et de rationaliser la consommation par une approche systémique qui intègre de multiples paramètres, tout en recherchant des dimensionnements optimaux. La dimension science humaine et sociale des interactions entre les utilisateurs et les bâtiments est prise en compte pour la compréhension de la consommation, du confort et de la perception des ambiances dans le bâtiment.

La thématique Espaces bâtis et environnement est composée aujourd'hui de sept PR (dont un devenu PREM en 2021 et un PR non-publiant suite à une prise de fortes responsabilités) et cinq MCF (dont 1 HDR et 1 non-publiant depuis 2009).

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations pour la thématique ont été traitées au niveau de l'unité. Les points saillants concernant la thématique sont mentionnés ci-dessous.

Il était recommandé de poursuivre l'accroissement de la production scientifique. Sur la dernière période, cette production a été de trois brevets et 40 articles dans des revues, auxquels s'ajoutent 27 communications dans des congrès. Cette production n'est pas à la hauteur du potentiel de la thématique. La thématique a parfaitement réussi l'accroissement de sa visibilité internationale par le biais de sa participation à des projets internationaux (FEDER et H2020). À noter également l'implication de membres de la thématique dans des réseaux d'experts tels que le programme « *International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures* » (RILEM) et dans des comités éditoriaux des revues comme *Energy and Building*. — Pour les durées de thèses, la recommandation n'a pas été suivie et la situation reste critique avec une durée moyenne qui approche cinq ans. La thématique collabore fortement avec les acteurs économiques régionaux (cinq dispositifs Cifre, douze contrats de prestations et cinq projets collaboratifs pendant la période). Enfin, le séminaire annuel organisé dans l'unité n'est pas suffisant pour créer une synergie avec les autres thématiques, puisque le nombre de publications communes dans des revues de EBE avec les autres thématiques reste limité. On dénombre quatre revues d'excellente qualité avec la thématique MA, mais aucune avec la thématique ED.

EFFECTIFS DE LA THÉMATIQUE EBE : en personnes physiques au 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	6
Maitres de conférences et assimilés	4
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	10
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	7
Personnels d'appui non permanents	3
Post-doctorants	0
Doctorants	12

Sous-total personnels non permanents en activité	22
Total personnels	32

ÉVALUATION

Appréciation générale sur la thématique

La thématique EBE a un impact marqué sur l'économie régionale illustré par de nombreux dispositifs Cifre. Elle a su mobiliser des ressources importantes par la réussite dans les appels à projets.

La production scientifique n'est pas à la hauteur du potentiel de la thématique en quantité et en qualité et du nombre de jeunes chercheurs accueillis pendant la période.

L'interaction avec la thématique MA a été remarquable par la qualité de la production scientifique dans le domaine des mathématiques appliquées à l'optimisation des écoulements de convection naturelle. Les travaux relatifs à l'axe Ville durable tropicale, Territoire et environnement et le lien avec l'axe Confort et Climat sont originaux et de qualités. Les travaux à l'échelle Matériaux ne sont pas encore matures. L'interaction avec la thématique ED peine à s'installer.

Points forts et possibilités liées au contexte

La thématique a une activité de recherche qui s'inscrit dans un contexte environnemental et réglementaire favorable. Elle a enregistré de nombreux succès à des appels à projets nationaux et internationaux (FEDER et H2020) et elle a bénéficié de collaborations industrielles qui se sont concrétisées par cinq Cifre et douze contrats de prestations avec plusieurs entreprises comme CIRBAT, INTEGRALE INGENIERIE, FIBRES INDUSTRIE BOIS, ...). Cette activité représente une part très marquée du budget de la thématique. Son positionnement stratégique lui permet de répondre à des problématiques rencontrées par les acteurs économiques de la chaîne de valeur de la construction telles que le développement de matériaux, composants d'enveloppe de bâtiment ou de méthodes de développement urbain à faible impact environnemental.

Ses dispositifs expérimentaux permettent de tester les composants de bâtiments en partant de l'échelle du matériau (test en laboratoire), en passant par le composant à échelle réduite jusqu'à l'environnement réel à échelle un.

Les travaux sur les écoulements turbulents et leur application à la ventilation et au mur Trombe, en collaboration avec la thématique MA, à travers l'exploitation d'outils d'optimisation, sont remarquables par la qualité des publications obtenues ("Mathematical Models and Methods in Applied Sciences" (M3AS) et "SIAM Journal on Control and Optimization") et au brevet déposé et étendu à l'international. La collaboration avec l'université de Montpellier sur les matériaux à changement de phase a donné lieu à trois publications dans des journaux reconnus. Les travaux sur les îlots de chaleur urbains dans l'axe Ville durable tropicale, territoire et environnement sont originaux et sont valorisés dans des journaux de haut rang (*Journal of Building Engineering ; Building and Environment*).

La thématique a produit trois brevets dont un avec MA sur le Mur Trombe optimisé.

D'autre part, les interactions avec le monde non-académique conduisent à une production significative d'outils directement utilisables : guides de conception, caractérisation de matériaux et composants ou encore outils de calcul.

Points faibles et risques liés au contexte

La qualité de la production scientifique est disparate. En parallèle de certaines revues de référence dans le domaine (*Journal of Energy Storage, Sustainable Cities and Society, Building and Environment, Journal of Building Engineering, Solar Energy*) et ceux de mathématiques appliquées en commun avec MA comme *Applied Mathematics and Optimization* ou *Journal of Computational and Applied Mathematics*, le comité note de trop nombreuses publications prédatrices (près de 20 % de la production de la thématique). D'autre part, le lien avec le domaine des SHS reste faible. À l'échelle de matériaux, les résultats obtenus au cours de la période sont modestes.

La production scientifique n'est pas proportionnée au nombre de jeunes chercheurs accueillis pendant la période (25 thèses de doctorat et cinq post-doctorants).

Le ratio MCF/PR est trop faible dans la thématique, ce qui peut en partie expliquer des durées de thèses trop longues (5 ans), et le fait que certains doctorants ne valorisent pas leurs travaux par des publications dans des journaux reconnus.

La dissémination à l'extérieur de la thématique des données expérimentales produites est faible. L'interaction avec la thématique ED est étonnamment absente et l'interaction avec la thématique MA concerne un seul chercheur de EBE. L'approche multi-échelle souhaitée des problématiques liées aux enjeux énergétiques et environnementaux peine à se mettre en place, Au-delà de la spécificité géographique insulaire et tropicale, la spécificité scientifique de la thématique n'est pas clairement affichée.

Analyse de la trajectoire de la thématique EBE

La plupart des sujets traités dans la thématique EBE sont historiquement ancrés dans l'unité. Les transferts énergétiques appliqués aux bâtiments et au confort, constituant le cœur des activités de la thématique, ont été étendus avec succès aux échelles de la ville et de l'environnement. Ainsi, les préoccupations scientifiques se veulent multi-échelles allant des matériaux jusqu'à la ville, voire le territoire tout en y intégrant le champ des sciences humaines et sociales.

La thématique entend maintenir ses préoccupations qui reposent sur les trois grands axes « Ville durable tropicale, Territoire et environnement », « Matériaux, enveloppes et bâtiments », et « Confort et Climat » en renforçant la démarche de décarbonation, notamment par le développement de matériaux innovants et éco-responsables à partir de ressources locales tout en accompagnant le territoire dans le développement des micro-filières et en œuvrant à rendre les innovations en matière de constructions acceptables, voire souhaitables par les communautés locales.

La caractérisation des territoires et la modélisation des interactions entre facteurs urbains visent à adapter la gestion des différents flux (énergie, déchets, mobilité...) aux mêmes objectifs de performance et de réduction des impacts environnementaux. À l'échelle du bâtiment un esprit d'économie circulaire et de recyclabilité est voulu. L'acceptabilité et le confort multisensoriel des usagers sont questionnés dans une vision d'adaptabilité au changement climatique et une prise en compte des contextes sociaux, économiques et culturels locaux.

Ce projet est ambitieux avec un fil conducteur en apparence clair et répond aux enjeux énergétiques et environnementaux actuels. Néanmoins, pour sa réussite des efforts importants devront être consentis, puisque les travaux actuels sur les matériaux éco-responsables pour le bâtiment sont à un stade balbutiant dans l'équipe et la vision multi-échelle à articuler avec les questions énergétiques traitées dans la thématique ED reste à penser et à construire en fédérant les forces.

RECOMMANDATIONS A LA THÉMATIQUE

Les durées des thèses sont aujourd'hui proches de cinq ans. Il y a lieu de corriger cette forte dérive.

Le comité recommande d'accroître les publications dans les journaux reconnus dans le domaine et d'éviter les publications dans les revues prédatrices comme MDPI.

Il est recommandé de redynamiser l'axe "Matériaux, enveloppes et bâtiment", en s'appuyant par exemple sur des collaborations externes à l'unité pour les matériaux biosourcés, à l'instar de la stratégie de collaboration développée dans cet axe sur les matériaux à changement de phase. Les moyens expérimentaux à l'échelle 1 de PIMENT pourraient alors accueillir des matériaux développés pour une mise en situation à l'échelle de la paroi.

Il est également recommandé de penser et œuvrer pour une stratégie holistique et multi-échelle favorisant les interactions inter-thématiques avec MA et ED et en interne à la thématique en impliquant fortement les compétences en sciences humaines et sociales.

Le comité encourage le soutien de l'axe "ville durable tropicale, territoire et environnement" dans sa trajectoire de développement bien amorcée.

Thématique 2 : Energie durable

Nom du responsable : M. Jean CASTAING-LASVIGNOTTES

THÉMATIQUES DE ED

Les axes de recherche de la thématique ED sont : Évaluation des besoins et des gisements et prévision de la ressource ; Performance des systèmes de conversion et Gestion des systèmes énergétiques.

L'objectif est de couvrir l'ensemble du champ de recherche de la ressource à la consommation en passant par l'étude des systèmes de conversion. Ces axes s'inscrivent dans l'objectif ambitieux de l'île de La Réunion qui est d'atteindre l'autonomie énergétique à l'horizon 2030.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations pour la thématique ont été traitées au niveau de l'unité. Les points saillants concernant la thématique sont mentionnés ci-dessous.

La thématique « Energie durable » a progressé dans l'accueil d'une dizaine de chercheurs durant la période, elle a également fortement contribué à l'orientation des politiques publiques. Elle a développé des collaborations avec les acteurs économiques locaux (trois thèses sous dispositifs Cifre, six contrats de prestations et cinq projets collaboratifs) et la valorisation de ses travaux où elle a produit un brevet et deux logiciels.

EFFECTIFS DE LA THÉMATIQUE ED : en personnes physiques au 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maitres de conférences et assimilés	9
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	10
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	6
Personnels d'appui non permanents	1
Post-doctorants	1
Doctorants	5
Sous-total personnels non permanents en activité	13
Total personnels	23

ÉVALUATION

Appréciation générale sur la thématique

La thématique ED a une visibilité internationale forte dans le domaine de l'évaluation de la ressource solaire. La qualité de sa production scientifique est très bonne avec certaines contributions remarquables. Son implication dans les réseaux nationaux et internationaux est également notable. La thématique souffre d'une certaine dispersion thématique révélant une stratégie scientifique améliorable qui devrait définir des priorités dans un cadre élargi aux acteurs de la transition énergétique de La Réunion.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'ambition de la thématique « Energie durable » est de couvrir l'ensemble des étapes caractérisant la conversion d'une source d'énergie renouvelable en vecteur pour une application donnée. Cette ambition s'est déployée avec succès pour l'énergie solaire. La thématique est reconnue internationalement pour ses travaux sur la prévision de la ressource solaire avec la coordination du projet européen TWINSOLAR. Les approches développées combinent des modèles statistiques et probabilistes couplés à des moyens d'observation et de prévision tels que des stations météorologiques au sol, des imageurs du ciel, des satellites ou encore des Prévisions Numériques du Temps (PNT). En ce qui concerne les systèmes de conversion, les approches sont centrées sur l'analyse de leurs fonctionnements instationnaires ou hors-nominal avec le développement de modèles de connaissance phénoménologiques multi-échelles. Elles sont validées par des expérimentations. Enfin, l'étape de la gestion des systèmes énergétiques, avec stockage, a conduit au développement d'un solveur basé sur la programmation dynamique probabiliste (PDP) permettant de résoudre des problèmes d'optimisation non-linéaire.

La production scientifique de la thématique ED est supérieure à la moyenne de l'unité avec 1,8 ACL/an/EC (en comptant 50 % du temps consacré à la recherche) dans des revues. Certaines contributions sont remarquables comme celles incluses dans le livre : « *Best Practices Handbook for the Collection and Use of Solar Resource Data for Solar Energy Applications : Third Edition* » édité par le *National Renewable Energy Laboratory* (NREL, USA) en 2021. Ses ressources sont issues majoritairement de projets internationaux.

La thématique est impliquée dans des programmes nationaux (PIA4) tels que le PEPR TASE (Technologies Avancées des Systèmes Énergétiques) avec le projet FINE4CAST (2023-2027). Elle contribue à des programmes internationaux tels que « PVPS Task 16 » de l'Agence Internationale de l'Energie (IEA) et l'*Ocean Thermal Energy Association* (OTEA).

La thématique a mis en place, en interne, une infrastructure solide de recueil et de stockage des données de mesures, afin d'assurer leur pérennité.

Points faibles et risques liés au contexte

La thématique est sous-critique en encadrement au niveau, professeur des universités. Cette situation pourrait nuire à terme au développement de ses activités. L'activité des différents axes de recherche n'est pas homogène et ne bénéficie pas de la même visibilité. Ces écarts se traduisent par une production scientifique inhomogène. Une marge de progression existe dans le domaine de la valorisation des résultats des recherches avec les acteurs locaux.

Analyse de la trajectoire de la thématique

La thématique a réalisé des progrès notables dans le succès aux appels à projets internationaux qui lui permettent de s'affirmer comme un acteur incontournable dans le domaine de la prévision de la ressource solaire. Elle gagnerait en visibilité par un resserrement de ses activités autour d'axes stratégiques en nombre limité.

RECOMMANDATIONS À LA THÉMATIQUE ED

Le comité recommande de poursuivre le travail sur les données de mesure par leur publication en open-data. Une attention particulière doit être portée sur le respect des principes FAIR, via l'utilisation de formats standardisés, la documentation des métadonnées et le référencement sur des catalogues de données ouvertes.

Le comité recommande à la thématique ED de définir des axes prioritaires en nombre limité.

Le comité invite la thématique à accroître les collaborations avec les autres thématiques de l'unité et avec les unités de l'université dont les domaines de recherche sont proches. En particulier, un rapprochement avec l'unité ENERGY Lab sur les bonnes pratiques dans le domaine du partage des données serait bénéfique.

Par ailleurs, le comité conseille à l'unité de maintenir une présence forte dans les programmes internationaux.

Thématique 3 : Mathématiques et applications

Nom du responsable : M. Vincent Fontaine

THÉMATIQUES DE MA

Les travaux de recherche de la thématique Mathématiques Appliquées relèvent essentiellement de la section 26 du CNU.

Ils portent sur des problèmes d'optimisation topologique en mécanique des fluides avec notamment des applications dans l'optimisation des performances d'échangeurs de chaleur, l'analyse mathématique de modèles de frottement en mécanique du solide, l'analyse de méthodes de Galerkin hybrides discontinues appliquées au transfert de masse en milieux fracturés, le développement de méthodes statistiques pour quantifier les incertitudes dans les modèles, les problèmes de programmation linéaire et non linéaire en optimisation de la gestion énergétique.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations pour la thématique ont été traitées au niveau de l'unité. Les points saillants concernant la thématique sont mentionnés ci-dessous.

Au cours des cinq dernières années, la collaboration inter-thématiques entre les membres de MA et ceux des deux autres thématiques (principalement avec EBE) s'est notablement accentuée, notamment autour des problématiques liées aux transferts thermiques dans les fluides et en gestion énergétique.

La thématique MA a aussi développé des liens avec les collectivités locales sur un projet étudiant la gestion optimale de la consommation électrique dans le Cirque de Mafate.

Par ailleurs, la thématique MA a enrichi ses collaborations avec la communauté nationale et internationale. Au niveau international, le comité note un travail de recherche avec des chercheurs du JRC (Joint Research Center) en Italie. Au niveau national, plusieurs membres de l'équipe collaborent régulièrement avec l'Institut Terre et Environnement de Strasbourg (ITES).

Dans les recommandations au niveau de l'unité et de la thématique, la création d'une filière « Ingénierie mathématique » en Master était fortement encouragée. Elle a été mise en place dans l'offre de formation 2020-2024 à l'UFR SHE. Néanmoins, son adossement à la Mention Génie Civil a eu un effet pénalisant rendant cette formation peu attractive auprès des étudiants inscrits en licence de Mathématiques ou d'Informatique. De ce fait, la faible attractivité de ce parcours n'a pas permis de rassembler suffisamment de candidats (seuil minimal de 12 étudiants en M1) pour pouvoir ouvrir sereinement.

EFFECTIFS DE LA THÉMATIQUE MA : en personnes physiques au 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	3
Maitres de conférences et assimilés	6
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	9
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	4
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	2
Sous-total personnels non permanents en activité	6
Total personnels	15

ÉVALUATION

Appréciation générale sur la thématique MA

La thématique MA a une production scientifique de qualité, qui est proportionnée au potentiel de recherche, mais inégalement répartie parmi ses effectifs. Il en va de même pour les encadrements doctoraux. Elle a su interagir sur des projets d'envergure dans le domaine des applications pour l'énergie et l'environnement en lien direct avec les activités des deux autres thématiques EBE et ED. Elle a accru sa visibilité nationale et internationale par le biais de collaborations, projets et participation à des conférences internationales. La thématique MA reste peu impliquée dans des projets ANR ou des GDR. Les implications de la thématique en termes de diffusion des connaissances ou d'actions tournées vers le grand public et les scolaires sont en retrait.

Points forts et possibilités liées au contexte

La thématique « Mathématiques et applications » a une production scientifique d'excellent niveau dans les journaux ("Mathematical Models and Methods in Applied Sciences" (M3AS) et "SIAM Journal on Control and Optimization") sur des problématiques avec un intérêt important en termes d'applications, en particulier les travaux en interaction avec les thématiques EBE et ED. Les contributions en optimisation topologique en mécanique des fluides, notamment celles visant à localiser des solides multi-matériaux ainsi que celles pour des écoulements turbulents avec applications à la ventilation des bâtiments sont remarquables. La construction de nouvelles fonctionnelles objectives minimisant les pertes de charge tout en maximisant les transferts thermiques pour de grands nombres de Richardson a permis de déterminer une forme optimisée d'un mur Trombe. Un brevet français sur la conception d'un mur Trombe présentant une paroi de stockage thermique a été déposé et étendu à l'international, avec extension européenne et internationale. Des membres de MA, ont aussi contribué au développement d'un modèle original de programmation linéaire en nombres entiers mixtes minimisant la consommation électrique d'un groupe de maisons. Ce travail s'est fait dans le cadre d'un projet avec les collectivités locales permettant de répondre à des besoins spécifiques de consommation électrique dans le Cirque de Mafate.

Par ailleurs, la thématique a enrichi ses collaborations avec la communauté nationale et internationale. Au niveau international, on note une collaboration avec les chercheurs du JRC de la Commission Européenne en Italie sur l'analyse d'une stratégie d'échantillonnage (appliquée à un modèle de forçage radiatif des aérosols de soufre). Ces travaux sont à l'origine du Logiciel [SIML@B](#) fournissant un ensemble d'outils en ligne pour l'analyse d'incertitude et l'analyse de sensibilité. Au niveau national, plusieurs membres de la thématique collaborent régulièrement avec l'ITES sur la modélisation des écoulements en milieux fracturés ainsi que sur la quantification des incertitudes appliquées à ces problématiques.

Les projets issus de l'ensemble de ces collaborations ont contribué à la mobilité des membres de la thématique ainsi qu'à leur participation à des conférences internationales (5), notamment celles des doctorants.

Points faibles et risques liés au contexte

La thématique MA a connu un net recul de son effectif au cours de la période d'évaluation : il y a eu trois départs de MCF en section CNU 26 (deux départs à la retraite et un échange avec l'université de Pau et des Pays de l'Adour). Ces départs n'ont pas été compensés par des recrutements MCF en section 26, ce qui fragilise MA d'autant que deux autres départs à la retraite sont à prévoir dans les années à venir.

L'animation scientifique (en particulier l'animation d'un séminaire régulier) est réduite. Cela a une incidence sur la cohérence et la cohésion de la thématique. Ce manque nuit aussi au sentiment d'intégration de ses membres, notamment celui des doctorants.

L'appartenance des membres de la thématique à des réseaux de recherche nationaux ainsi que son implication dans des projets ANR est assez faible : au cours de la période d'évaluation, la thématique MA a obtenu un projet ANR JCJC et n'a été impliquée dans aucun groupement de recherche.

La création du parcours « Ingénierie mathématique » dans le cadre du Master n'a pas eu les répercussions attendues en termes d'effectif. Cette situation impacte la formation universitaire de niveau master et doctorat dans le domaine des Mathématiques Appliquées et d'une manière plus générale pose la question du devenir de ce sujet à l'université de La Réunion.

Les implications de la thématique MA en termes de diffusion des connaissances et de culture mathématique ou ses actions tournées vers le grand public et les scolaires sont en retrait. Dans la période évaluée, la thématique a peu participé à des manifestations telles que la Fête de la Science, le Pi Day ou la Semaine des Mathématiques par exemple. Elle n'a pas non plus organisé de stages pour les collégiens ou lycéens tels que les ateliers MATH.en.JEANS ou les stages MathC2+.

Analyse de la trajectoire de la thématique MA

La trajectoire de la thématique s'inscrit dans la reconduction des trois axes de recherche : - l'analyse et la modélisation mathématique des systèmes dynamiques ; - la simulation et la résolution numérique des équations différentielles aux dérivées partielles ; — et dans la quantification des incertitudes et dans l'introduction. À ces trois axes historiques, un quatrième axe Intelligence Artificiel — Physics-Informed Neural Networks (PINN) est proposé. Cet axe est une nouvelle orientation de recherche que la thématique MA souhaite explorer avec de nouveaux partenaires comme l'université de Strasbourg et Rice University de Houston aux USA. Cet axe est intéressant, mais nécessite d'être mieux précisé.

Le projet de la thématique MA est dans la continuité des thèmes de recherche développés actuellement avec, néanmoins, une ouverture pertinente à l'intelligence artificielle.

Cette continuité peut en partie s'expliquer par les incertitudes liées au flux d'étudiants en mathématiques, en master et en doctorat, qui fragilise la perspective de remplacement des départs à la retraite ou en mutation.

RECOMMANDATIONS À LA THÉMATIQUE

Il serait vraiment important et bénéfique que la thématique puisse faire rapidement un recrutement MCF en section 26 pour compenser les récents départs. Cette faiblesse structurelle ainsi que la répartition non uniforme de la production scientifique au sein de la thématique (en particulier au sein des PR) la fragilisent grandement et peuvent même, à l'échelle de l'établissement, poser la question du devenir des mathématiques appliquées.

Des discussions en amont avec l'ensemble de l'unité sont recommandées afin de cibler les axes de recherche les plus appropriés permettant de conforter les liens de MA avec les deux autres thématiques. Il est crucial pour MA de continuer à participer à des projets de recherche avec EBE et ED en s'appuyant sur les moyens humains et techniques de l'ensemble de l'unité. Cette collaboration inter-thématique peut aussi se faire par le biais de co-encadrements doctoraux ou de co-encadrements de stages en master.

La thématique est encouragée à animer un séminaire de recherche régulier pouvant se tenir en mode hybride avec des invitations extérieures ce qui lui permettrait d'enrichir ses interactions et de renforcer son rayonnement et sa cohésion.

Le comité encourage aussi les membres de MA à faire partie de réseaux de recherche nationaux qui pourraient lui offrir des opportunités de co-encadrements doctoraux ainsi que l'opportunité de développer des collaborations inter-thématiques, nationales ou internationales.

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

DATE(S)

Début : 30 septembre 2024 à 9 h

Fin : 01 octobre 2024 à 13 h

Entretiens réalisés : Hybride

PROGRAMME DES ENTRETIENS

Lundi 30 septembre : Campus du Tampon

8 h 15-8 h 30 Accueil
8 h 30-9 h Réunion du comité à huis clos
9 h-9 h 10 Introduction de l'évaluation du conseiller scientifique
9 h 10-10 h 10 Bilan du laboratoire et discussions (30' présentation, 30' discussions)
10 h 10-1 h Présentations scientifiques, bilans et perspectives
Thématique 1 — EBE (30' présentation, 20' discussion)
11 h-11 h 15 Pause-café
11 h 15-12 h 5 Présentations scientifiques, bilans et perspectives
Thématique 2 — ED (30' présentation, 20' discussion)
12 h 5-13 h 30 Déjeuner (buffet — poster)
13 h 30-14 h 20 Présentations scientifiques, bilans et perspectives
Thématique 3 — M&A (30' présentation, 20' discussion)
14 h 20-15 h 10 Entretiens avec les personnels du Laboratoire
Chercheurs et Enseignants-Chercheurs (50')
15 h 10-15 h 50 Entretiens avec les personnels du Laboratoire (suite)
Personnel d'Appui à la Recherche (40')
15 h 50-16 h Pause-café
16 h-16 h 40 Entretiens avec les personnels du Laboratoire (suite)
Doctorants et Post-Doctorants (40')
16 h 40-17 h 40 Visite des moyens expérimentaux — Campus Tampon
17 h 40-18 h 40 Réunion du comité à huis clos

Mardi 1^{er} octobre : Campus de Terre Sainte

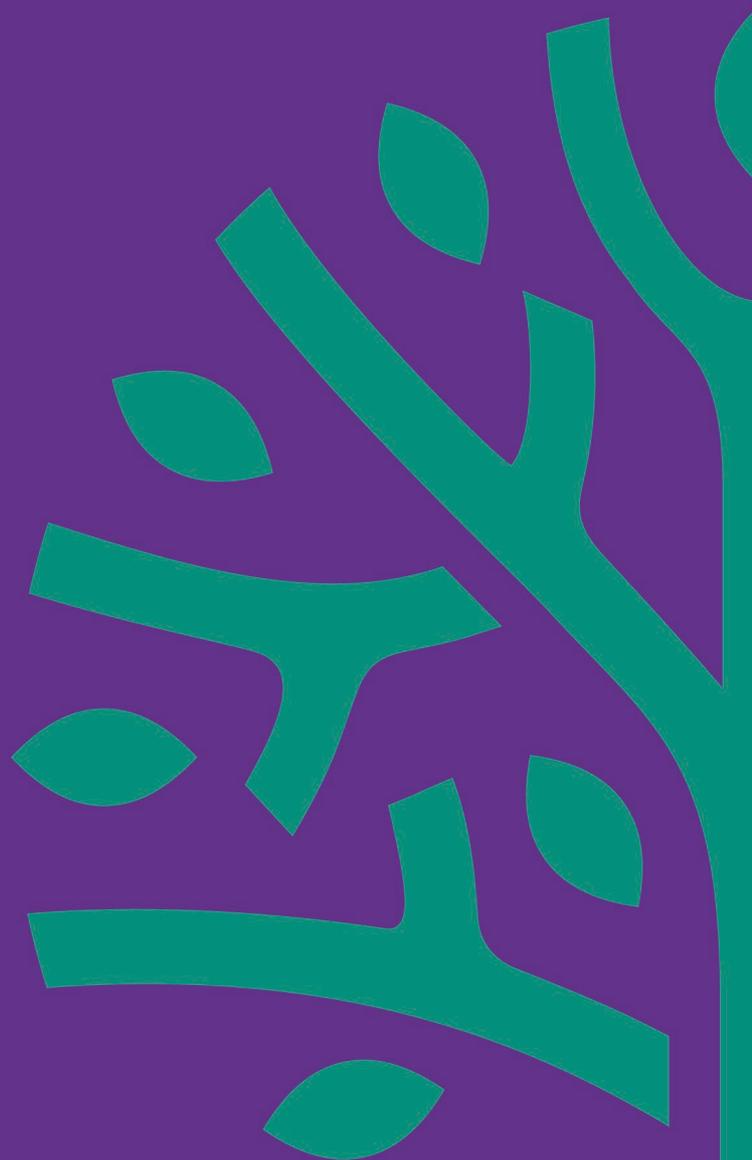
8 h 30-8 h 50 Accueil
8 h 50-9 h 30 Présentations de la trajectoire de l'unité
Exposé et discussions 40' (20'+ 20')
9 h 30-10 h 30 Visite des moyens expérimentaux — Campus Terre Sainte
10 h 30-10 h 50 Pause-café
10 h 50-11 h 25 Discussions avec les représentants des tutelles
11 h 25-12 h Entretien avec le porteur du projet
12 h-13 h 30 Réunion à huis clos du Comité de Visite et déjeuner
13 h 30 Fin de l'entretien

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

L'établissement responsable du dépôt, également responsable de la coordination de la réponse pour l'ensemble des tutelles de l'unité de recherche, n'a pas déposé d'observations de portée générale.

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



19 rue Poissonnière
75002 Paris, France
+33 1 89 97 44 00

