

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ

CRMBM - Centre de Résonance Magnétique,
Biologique et Médicale

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

Aix-Marseille université - AMU

Centre national de la recherche scientifique -
CNRS

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2022-2023
VAGUE C

Rapport publié le 19/10/2023



Au nom du comité d'experts¹ :

Marlène Wiart, Présidente du comité

Pour le Hcéres² :

Stéphane Le Bouler, président par intérim

En vertu du décret n° 2021-1536 du 29 novembre 2021 :

1 Les rapports d'évaluation "sont signés par le président du comité". (Article 11, alinéa 2) ;

2 Le président du Hcéres "contresigne les rapports d'évaluation établis par les comités d'experts et signés par leur président." (Article 8, alinéa 5).

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

MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

Présidente :	Mme Marlène Wiart, CNRS, Bron
	M. Gilles Bonvento, CEA, Fontenay-aux-Roses (représentant du CoNRS)
	M. Léonard Feasson, CHU St-Etienne
Expert(e)s :	M. Jérôme Redouté, Université Claude Bernard Lyon 1 (personnel d'appui à la recherche)
	M. Luc Zimmer, Université Claude Bernard Lyon 1
	M. François Pontana, Université de Lille (représentant du CNU)

REPRÉSENTANT DU HCÉRES

M. Cyrille Colin

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Centre de Résonance Magnétique Biologique et Médicale
- Acronyme : CRMBM
- Label et numéro : UMR 7339
- Nombre d'équipes : 3
- Composition de l'équipe de direction : Mme Monique Bernard

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

SVE Sciences du vivant et environnement

SVE7 Prévention, diagnostic et traitement des maladies humaines

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

La recherche du CRMBM porte sur le développement de méthodes d'imagerie par résonance magnétique (IRM) et de spectroscopie RM pour l'étude morphologique, structurelle, fonctionnelle et métabolique des systèmes cardiovasculaire, musculo-squelettique et nerveux central. Ces développements méthodologiques visent à apporter de nouveaux biomarqueurs d'imagerie permettant de mieux comprendre la physiologie et la physiopathologie des maladies d'intérêt, d'en améliorer le diagnostic et le pronostic, et de suivre les effets des nouvelles thérapies. Cette recherche interdisciplinaire est menée dans une approche translationnelle.

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

L'unité a été créée en 1986 par le Pr Patrick Cozzone. Elle est dirigée par Madame Monique Bernard (DR1 CNRS) depuis 2012, avec Sylviane Confort Gouny (IR CNRS) comme directrice adjointe et Maxime Guye (PU-PH) comme directeur adjoint à partir de 2016. Le CRMBM a pour tutelles le CNRS (rattachement primaire : INSIS et secondaire : INSB) et Aix-Marseille université (AMU). Une convention contractuelle a été signée avec l'Assistance Publique Hôpitaux de Marseille (AP-HM). L'unité de recherche est rattachée au service d'imagerie clinique (pôle d'imagerie) de l'AP-HM et pilote une unité clinique dédiée aux explorations avancées en IRM humaine au CHU de La Timone (CEMEREM, chef de service : Pr Maxime Guye).

L'unité est partagée entre deux sites situés à proximité l'un de l'autre :

1. Le CRMBM (Centre de Résonance Magnétique Biologique et Médicale) situé à la faculté de médecine de la Timone à Marseille (1 000 m² et agrandie en 2015 à 1 040 m²), où sont effectuées les recherches sur le petit animal et les études précliniques sur des modèles murins de maladies cardiaques, musculaires et pathologies neurologiques ;
2. le CEMEREM (Centre d'Exploration Métabolique par Résonance Magnétique) créé en 1998 sur 200 m² et agrandi en 2008 (+1 000 m²) puis en 2013 (+200 m²), situé au CHU La Timone, où sont réalisées les recherches cliniques sur le cerveau, la moelle épinière, le cœur, l'aorte, le muscle squelettique, le cartilage et les os.

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

Le CRMBM est impliqué dans 3 des instituts de recherche de l'AMU : Marseille Imaging, Neuro Marseille, et l'institut Laënnec (intelligence artificielle et innovations digitales). L'unité fait partie de l'institut Carnot STAR qui est dédié au développement de la recherche dans le domaine du sport, de la santé et du bien-être (renouvelé en 2020). Elle est également partenaire de deux Fédérations Hospitalo-Universitaires (FHU DHUNE, maladies neuro-dégénératives et EPINEXT, épilepsie), d'un Réseau Hospitalo-Universitaire (RHU Epinov, épilepsie) et des Equipex+ HIPE (activité physique) et 4D OMICS (données biologiques). L'unité pilote le hub marseillais de France Life Imaging (FLI). Elle a été lauréate de 2 chaires industrielles (Siemens, Multiwave Imaging) et elle est active dans plusieurs réseaux internationaux (iLab Spine, Human Brain Project, FET-Open MCUBE).

EFFECTIFS DE L'UNITÉ : en personnes physiques au 31/12/2021

Personnels permanents en activité	
Professeurs et assimilés	12
Maîtres de conférences et assimilés	3
Directeurs de recherche et assimilés	6
Chargés de recherche et assimilés	6
Chercheurs des EPIC et autres organismes, fondations ou entreprises privées	0
Personnels d'appui à la recherche	19
Sous-total personnels permanents en activité	46
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	12
Personnels d'appui à la recherche non permanents	9
Post-doctorants	9
Doctorants	24
Sous-total personnels non permanents en activité	54
Total personnels	100

RÉPARTITION DES PERMANENTS DE L'UNITÉ PAR EMPLOYEUR : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2021. LES EMPLOYEURS NON TUTELLES SONT REGROUPES SOUS L'INTITULE « AUTRES ».

Employeur	EC	C	PAR
CNRS	0	11	10
Aix-Marseille Université	15	0	4
CHU Marseille	0	0	5
Inserm	0	1	0
Total	15	12	19

BUDGET DE L'UNITÉ

Budget récurrent hors masse salariale alloué par les établissements de rattachement (tutelles) (total sur 6 ans)	881
Ressources propres obtenues sur appels à projets régionaux (total sur 6 ans des sommes obtenues sur AAP idex, i-site, CPER, collectivités territoriales, etc.)	5 024
Ressources propres obtenues sur appels à projets nationaux (total sur 6 ans des sommes obtenues sur AAP ONR, PIA, ANR, FRM, INCa, etc.)	4 285
Ressources propres obtenues sur appels à projets internationaux (total sur 6 ans des sommes obtenues)	1 363
Ressources issues de la valorisation, du transfert et de la collaboration industrielle (total sur 6 ans des sommes obtenues grâce à des contrats, des brevets, des activités de service, des prestations, etc.)	1 617

AVIS GLOBAL

Les objectifs scientifiques du Centre de Résonance Magnétique Biologique et Médicale (CRMBM) sont de contribuer aux progrès de la médecine par le développement de méthodes innovantes en imagerie et spectroscopie par résonance magnétique (IRM/SRM). C'est une recherche translationnelle (allant de la pré-clinique à la clinique), et innovante, avec de nombreux transferts industriels. L'unité est structurée en 3 équipes, chacune focalisée sur une application biomédicale : le système cardio-vasculaire (CVS), le système musculo-squelettique (MSK) et le système nerveux central (SNC). Des thématiques transversales permettent aux équipes d'unir leurs forces pour relever des défis méthodologiques, tels que le développement de l'imagerie à très haut champ (7T) pour la clinique, pour lequel l'unité fait figure de pionnière. La conjonction de compétences multidisciplinaires sur l'ensemble de la chaîne (instrumentation, acquisition, analyse, applications), d'un parc d'imageurs RMN de pointe, et son implantation sur un site hospitalier, confèrent à l'unité un positionnement unique en France. L'unité bénéficie également d'un environnement local de recherche favorable (instituts d'établissement recherche, institut Carnot) qu'elle a contribué à structurer au cours du contrat. L'intégration dans plusieurs réseaux nationaux et internationaux et le succès aux appels d'offre ambitieux (H2020, Equipex+, RHU, chaires d'excellence) confirment la reconnaissance de l'unité comme un acteur incontournable dans son domaine et son leadership au niveau international.

L'unité présente un haut niveau de production scientifique, tant en quantité qu'en qualité. Elle joue pleinement son rôle dans la formation de jeunes chercheurs, avec 45 doctorants accueillis au cours du contrat. La politique managériale est très bien maîtrisée, avec une certification ISO 9001, un accompagnement des personnels dans leur carrière et un encouragement à la mobilité entrante et sortante. L'ensemble des personnels a souligné l'excellente ambiance de travail qui règne au sein de l'unité. Le recrutement de jeunes chercheurs par voie de concours demeure difficile en raison du nombre limité de postes proposés, mais il serait vraiment souhaitable pour pérenniser les expertises /savoir-faire du laboratoire et pour favoriser la pleine expression de son potentiel d'innovation. L'une des forces de l'unité réside dans sa capacité à lever des fonds à différents niveaux (fondations, agences de moyens, contrats industriels) afin de s'auto-financer. Cependant, la difficulté est de maintenir ce haut niveau de contrats qui permet de financer, entre autres, les coûts de maintenance élevés des gros appareils d'imagerie (IRM 7T). Jusqu'à récemment, l'unité bénéficiait d'une position de pionnière en France quant au développement de la technologie IRM clinique 7T et d'un partenariat privilégié avec le constructeur Siemens. Un nombre croissant de nouveaux centres français équipés de ce type d'imageur haut champ pourrait changer la donne. Il est donc important de veiller à maîtriser cette situation au travers de collaborations nouvelles ou en poursuivant les participations de l'unité à des réseaux structurants.

L'unité présente un bilan remarquable en termes de sciences ouvertes, de transition écologique, de bien-être animal et de communication grand public. Elle répond parfaitement en cela aux exigences sociétales en termes de recherche expérimentale biomédicale et elle est encouragée à poursuivre ses efforts dans ces domaines. L'ensemble de ces éléments traduit une capacité exceptionnelle à s'adapter à un environnement changeant et très compétitif, avec un niveau d'excellence au rendez-vous sur l'ensemble de ses missions.

ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le Comité relève que l'ensemble des recommandations émises lors du précédent rapport ont été prises en compte et ont fait l'objet d'actions correctrices.

- Qualité et production scientifiques : Conformément aux recommandations, le CRMBM a publié dans des revues généralistes prestigieuses (*New England Journal of Medicine*, *The Lancet*, *Lancet Neurology*, *JAMA*, *Lancet Digital Health*, *Nature Physics*, *Nature Communications*, *Circulation*, *Nature Review Neurology*, *Crit Care Medicine*, *JAMA Neurology*, *Journal of the American College of Cardiology*, *PLoS Genetics*, *Medical Image Analysis*, *JAMA Neurology*) à propos de sujets applicatifs étudiés en collaboration avec des biologistes et des cliniciens.

- Rayonnement et attractivité académiques : Malgré de multiples collaborations, le CRMBM a su se concentrer sur les domaines de recherche spécifiques aux compétences de ses équipes avec des publications de haut niveau.

- Organisation et vie de l'unité : Un conseil de laboratoire a été élu en septembre 2018 qui s'est réuni deux à trois fois par an. Le conseil de laboratoire a été informé et consulté sur toutes les décisions importantes et une réunion du personnel permanent a également été organisée régulièrement.

- Implication dans la formation par la recherche : Le recrutement d'étudiants physiciens a été étendu par l'affiliation à l'école doctorale de physique et la participation à l'enseignement dans les masters de physique. Ainsi, l'unité est désormais affiliée à 3 écoles doctorales.

- Perspectives et stratégie scientifique à cinq ans : Malgré la disparition de l'équipe de méthodologie, ce domaine a continué d'être une composante forte des activités de recherche de l'unité comme le montre le nombre d'articles dans les journaux de référence pour les développements en résonance magnétique (*Magnetic Resonance in Medicine*, *NMR in Biomedicine*, *JMRI*, *Investigative Radiology*, *Neuroimage*, *J Cardiovascular Magnetic Resonance...*) et le nombre croissant de brevets déposés au cours de la période. Concernant la recherche à ultra haut champ, le CRMBM ayant su profiter de l'opportunité d'être le deuxième site en France à être équipé d'un système 7T pour l'humain comme le montre le nombre de publications durant cette période. La haute qualité du travail a été reconnue par la création d'une chaire industrielle par la Fondation Amidex avec le partenaire Siemens et par l'installation d'un nouveau système 7T en 2021. Comme conseillé par le précédent comité, deux anciens aimants pour l'imagerie du petit animal et un pour l'étude chez l'Homme, ont cessé d'être exploités afin de limiter les charges de maintenance. En ce qui concerne les nouvelles orientations, l'unité a établi une collaboration avec le Dr Ling Peng au CINAM à Marseille sur le développement de nouveaux agents de contraste multimodaux basés sur des dendrimères originaux avec une thèse de doctorat collaborative soutenue sur ce sujet.

B - DOMAINES D'ÉVALUATION

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

Appréciation sur les ressources de l'unité

L'unité rassemble une équipe pluri-disciplinaire pour mener ses recherches dans le domaine des développements méthodologiques en IRM et SRM pour des applications biomédicales. Elle est très bien intégrée dans son environnement local et présente un positionnement unique en France de par son approche intégrative allant de l'instrumentation et techniques d'acquisition jusqu'aux applications médicales en passant par le traitement de l'image et du signal. Elle entretient un parc d'imageurs conséquent dont elle assure les coûts de maintenance grâce à ses capacités d'auto-financement.

Appréciation sur les objectifs scientifiques de l'unité

Les objectifs de l'unité sont clairs et son périmètre est bien délimité. Les équipes se sont constituées autour de grands systèmes physiologiques (système nerveux central, cardio-vasculaire, musculo-squelettique), avec des axes transversaux, notamment en ce qui concerne les développements de l'imagerie clinique à 7T pour lesquels l'unité est pionnière.

Le comité souligne l'excellence de la gouvernance opérationnelle, avec une feuille de route très claire et des résultats remarquables aussi bien en termes de production scientifique que de transfert clinique et industriel.

Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

Le fonctionnement de l'unité est exemplaire, avec une approche qualité (certification ISO 9001) qui permet une amélioration continue. Un conseil d'unité a été mis en place. La localisation sur le site hospitalier est idéale pour favoriser les interactions avec les médecins. Les contributions des personnels sont bien valorisées, notamment par un accompagnement dans leur progression de carrière. L'ambiance de travail est bonne et les conditions de travail sont en accord avec la réglementation. Une attention particulière a été portée sur la transition écologique au cours de ce contrat.

1/ L'unité possède des ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité s'intègre parfaitement dans son environnement local : elle émerge à 3 des 19 instituts d'établissement recherche et formation d'Aix-Marseille Université (AMU) : Institut Laënnec (sciences des données et intelligence artificielle en santé), Neuro Marseille (neurosciences) et Marseille Imaging (imagerie biologique et médicale), dont elle est co-fondatrice. L'unité fait également partie de l'institut Carnot STAR qui est dédié au développement de la recherche dans le domaine du sport, de la santé et du bien-être (renouvelé en 2020).

L'unité est pleinement investie dans les Programme d'Investissement d'Avenir (PIA). Elle pilote le hub marseillais de France Life Imaging (FLI), l'infrastructure nationale qui coordonne les plateformes d'imagerie multimodale en France (reconduite jusqu'en décembre 2024). La création d'une chaire industrielle par la fondation Amidex en partenariat avec Siemens et l'installation d'une IRM TERRA 7T en 2021 témoignent de sa position de leadership dans le domaine de l'IRM haut champ pour la clinique. Une autre chaire industrielle a été obtenue au cours du contrat, en collaboration avec l'institut Fresnel, avec la start-up Multiwave Imaging dans le but d'utiliser des métamatériaux pour la fabrication d'antennes qui améliorent la résolution des images IRM à très haut champ. L'unité a été lauréate de plusieurs appels à projet (APP) de l'Amidex, citons notamment l'APP Emergence et Innovation pour développer la SRM hétéronucléaire à 7T. L'unité est partenaire de 2 Fédérations Hospitalo-Universitaires (FHU DHUNE, maladies neuro-dégénératives et EPINEXT, épilepsie), d'un Réseau Hospitalo-Universitaire (RHU Epinov, épilepsie) et des Equipex+ HIPE (activité physique) et 4D OMICS (données biologiques). Au niveau international, l'unité est active dans plusieurs réseaux : le laboratoire international iLab Spine (imagerie et biomécanique du rachis), le Human Brain Project et le réseau FET-Open MCUBE en sont des exemples.

La mobilisation des ressources humaines est à la hauteur de ces ambitions, avec un accroissement des effectifs en comparaison du contrat précédent (96 personnels en fin de contrat contre 76 personnels en début de contrat). La localisation sur le site hospitalier est idéale pour favoriser la recherche avec les médecins. L'unité gère un parc d'imageurs impressionnant, permettant de réaliser l'imagerie *in vivo* du petit animal à l'Homme, sous la forme d'une plateforme labellisée. Les ressources financières sur contrats et prestations représentent 88 % des recettes de l'unité, démontrant une forte capacité d'auto-financement. Un modèle économique vertueux basé sur un partage équilibré du temps-machine entre prestations et recherche propre (25%/75 %) permet d'assurer un bon fonctionnement de l'unité et notamment de prendre en charge le coût très élevé des maintenances.

Points faibles et risques liés au contexte

Le manque de place et la nécessité de rénover une partie des locaux ont été évoqués par l'ensemble des personnels. Ce problème n'a pas de réponse simple. Des pistes d'améliorations sont à l'étude en coordination avec les tutelles.

Le bilan extrêmement positif laisse peu de place à l'identification de points faibles. La coordination de projets nationaux et internationaux d'envergure (RHU/IHU, Horizon Europe) pourrait représenter une étape supplémentaire vers l'excellence.

2/ L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques, y compris dans la dimension prospective de sa politique.

Points forts et possibilités liées au contexte

Les objectifs de l'équipe sont de développer de nouvelles méthodes d'IRM/SRM en vue d'améliorer le diagnostic, la compréhension de la physiologie et de la physiopathologie et le suivi de traitement dans les maladies cardiaques, musculo-squelettiques et du système nerveux central. Les compétences pour mener à bien ce projet sont nécessairement pluri-disciplinaires, comme en témoignent les différentes communautés auxquelles appartiennent les personnels : physique, électronique, instrumentation, traitement du signal et de l'image, radiologie entre autres. Des axes transversaux permettent de fédérer les équipes autour de thématiques fortes telle que l'imagerie clinique 7T.

Les nombreuses collaborations cliniques, académiques et industrielles (articles co-signés) ainsi que l'intégration dans des réseaux locaux et internationaux (tels que décrits dans le paragraphe 1 du Domaine 1) complètent cette expertise propre pour produire une recherche à vocation translationnelle répondant aux grands enjeux de société que sont la santé globale, la bioingénierie et la société numérique. Les faits marquants au cours du contrat se déclinent dans différents domaines : les méthodes innovantes d'acquisition (imagerie de la perfusion, imagerie de la myéline, imagerie du sodium, imagerie de la susceptibilité magnétique), l'imagerie clinique à ultra haut champ (verrous technologiques, nouveaux contrastes, nouvelles applications), l'analyse d'images (analyses multi-paramétriques et multi-modales) et l'intelligence artificielle (reconstruction et segmentation d'image). Cela démontre que l'unité a bien identifié ses points forts au regard de l'état de l'art et que ses approches sont pertinentes pour un large spectre d'applications.

Les objectifs scientifiques de l'unité sont en adéquation avec les attentes de ses tutelles : publications dans les périodiques de prestige et les meilleures revues disciplinaires du domaine (56 % des publications dans ces catégories), politique de valorisation aussi ouverte que possible (15 logiciels en open access) et aussi fermée que nécessaire (11 brevets, 2 contrats de maturation SATT), production scientifique diversifiée (bases de données, cohortes, pipelines). Le management de l'unité est remarquablement bien organisé avec la certification ISO 9001 qui permet une gouvernance opérationnelle efficace basée sur la gestion de processus avec une évaluation régulière par audit. L'unité s'est dotée d'un conseil d'unité au cours du contrat (3 réunions par an) et elle a mis en place différents cadres d'échanges : conseil des permanents, réunions d'équipe, séminaires hebdomadaires. L'organisation interne apparaît optimale et répond aux exigences de consultation des personnels dans la politique de l'unité et d'amélioration continue.

Points faibles et risques liés au contexte

Des efforts ont été réalisés au cours du contrat pour renseigner les publications dans HAL et de manière générale pour rendre les résultats de la recherche accessibles dans une démarche de science ouverte (publications en « open access », logiciels en open source). L'unité est vivement invitée à poursuivre ces efforts et les généraliser à l'ensemble de la production scientifique dès que cela sera possible.

3/ Le fonctionnement de l'unité est conforme aux réglementations en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement et de protection du patrimoine scientifique.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité présente un bilan exemplaire sur tous les aspects évalués dans ce référentiel.

En matière de ressources humaines, l'ensemble du personnel (administratif, technique et de recherche) est encouragé et soutenu dans sa progression de carrière, avec de très beaux résultats en termes de promotions (CNRS : 1 CR > DR2, 1 DR2 > DR1, 1 IRHC > IRHCB, 2 TCE > AI, 1 IE > IEHC et AMU : PUPH2 > PUPH1, PUPH1 > PUPHCE, PR1 > PRE1, TCN > TCS). La mobilité est également encouragée, comme en témoigne l'équilibre entrants/sortants (CNRS : 3 entrants/3 sortants et AMU : 5 entrants/2 sortants). La parité est remarquablement bien respectée (45 femmes/51 hommes au total ; 29 femmes/28 hommes chez les permanents) si l'on prend en compte le fait que les femmes sont sous-représentées dans le domaine des STIM (science, technologie, ingénierie et mathématiques). Il est à noter que les femmes se retrouvent en position de responsabilité aussi bien au niveau des équipes que de la direction. L'unité est également attentive à promouvoir et favoriser la formation continue des personnels, avec la définition d'un planning annuel de formations multidisciplinaires et en s'appuyant sur les tutelles (CNRS, AMU), le réseau académique (FLI) et les industriels (Siemens). Les aspects Hygiène et Sécurité sont supervisés par un correspondant dédié, avec une information aux nouveaux arrivants.

Deux membres de l'unité se sont portés volontaires pour être référents des risques psycho-sociaux au travail. Lors de la visite, les personnels ont fait valoir une bonne ambiance de travail et de bonnes relations avec la direction.

En matière de protection de son patrimoine scientifique et de ses systèmes d'information, l'unité s'est attachée à améliorer l'encryptage des données et à assurer la sauvegarde des données par le biais de systèmes redondants.

En matière environnementale, l'unité a mis en œuvre un certain nombre d'actions sous la coordination de 2 responsables du développement durable : augmentation de la durée de vie des matériels informatiques et recyclage en fin de vie, création de dossiers sur le serveur commun pour éviter l'envoi de pièces jointes, etc. Le personnel est encouragé à venir travailler en mode doux, notamment par la mise à disposition d'abris permettant de sécuriser les vélos. Il est également sensibilisé à l'impact environnemental des déplacements, par la mesure de l'impact carbone lié aux congrès par exemple. L'unité participe à l'initiative du CNRS Labo1point5 afin de réduire l'empreinte de ses activités de recherche sur l'environnement. Un bilan carbone de l'ensemble des activités a ainsi été réalisé en 2019 afin de servir de référence pour l'évaluation des effets des mesures mises en place. L'unité réfléchit en parallèle aux manières d'optimiser la consommation énergétique de ses équipements IRM.

Points faibles et risques liés au contexte

La direction souhaite améliorer la prévention des risques psycho-sociaux. Les efforts dans le domaine de l'empreinte écologique sont remarquables et à poursuivre.

DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

Appréciation sur l'attractivité

En termes d'attractivité, le bilan de l'unité est exemplaire. Elle se démarque par la qualité de son parc technologique et l'excellence de ses personnels pour exploiter ces équipements. Son rayonnement académique et industriel, tant national qu'international, est incontestable. La politique de recrutement de nouveaux personnels chercheurs est volontariste, mais son taux de succès notamment aux concours CNRS mériterait d'être amélioré. Enfin, l'attractivité de l'unité comme lieu de formation est également remarquable et confortée par la productivité des doctorants et leur devenir professionnel.

1/ L'unité est attractive par son rayonnement scientifique et contribue à la construction de l'espace européen de la recherche.

Points forts et possibilités liées au contexte

Le rayonnement de l'unité tant au niveau national qu'international est incontestable. Le haut niveau d'expertise de son personnel ainsi que l'accès à une plate-forme technologique RMN de dernière génération, et parmi les rares disponibles en France, lui confèrent une attractivité remarquable. L'unité bénéficie d'un historique solide dans son domaine d'expertise et elle continue de proposer des développements innovants.

Cette excellence se retrouve dans le haut niveau de production scientifique, tant en quantité (562 publications sur la période évaluée), qu'en qualité, puisque 84 % des productions de l'unité ont paru dans les meilleurs périodiques disciplinaires du domaine. Les membres de l'unité ont également bénéficié de 180 invitations pour présenter leurs travaux en conférences sur la période considérée.

La participation de l'unité à la construction de l'espace européen de la recherche se reflète également dans ses excellentes performances en termes de formations de nouveaux chercheurs avec 45 thèses encadrées pendant la période de référence, tout en notant le très bon niveau de publication des doctorants (3,5 articles par thèse) et l'aboutissement des travaux puisque 12 % des articles sont achevés après la soutenance. Par ailleurs, le devenir professionnel des doctorants de l'unité est assuré avec 40 % qui obtiennent des postes permanents dans le secteur privé, 45 % qui poursuivent par un post-doctorat (en France ou à l'étranger) et 15 % qui rejoignent la fonction publique à l'issue de leur thèse.

Points faibles et risques liés au contexte

L'unité bénéficiait jusqu'à récemment d'une position pionnière en France concernant l'exploitation d'un imageur IRM 7T clinique et des développements autour de cette technologie. L'équipement croissant de nouveaux centres en France avec ce type d'imageurs très haut champ pourrait être de nature à réduire l'attractivité de l'unité. Il est donc important de bien veiller à maîtriser cette situation au travers de collaborations nouvelles ou en poursuivant les participations de l'unité à des réseaux structurants.

2/ L'unité est attractive par la qualité de sa politique d'accueil des personnels.

Points forts et possibilités liées au contexte

Sur la période de référence, 16 nouveaux personnels titulaires ont rejoint l'unité (4 chercheurs, 5 enseignants-chercheurs, 2 ingénieurs de recherche, 2 ingénieurs d'étude et 3 assistants ingénieurs), dont la moitié sont des nouveaux recrutements. Dix chercheurs post-doctoraux ont également été accueillis sur la période. L'unité présente des candidats aux différents concours de recrutement chaque année.

Quarante-cinq doctorants ont effectué leur thèse au sein du laboratoire (31 nouvelles inscriptions / 22 soutenances / 3 abandons) ce qui démontre la politique volontariste de l'unité en termes de formation de nouveaux chercheurs. La qualité de l'encadrement des doctorants a été remarquée par le comité, avec un suivi régulier le long de la thèse, un accès à plusieurs conférences nationales et internationales, aux formations essentielles (usage d'animaux à des fins scientifiques) et un accompagnement concernant les débouchés post-doctoraux.

Points faibles et risques liés au contexte

Le comité relève que sur la période de référence, un seul recrutement de chercheur issu d'un concours (CNRS) a abouti malgré des candidatures annuelles. Ce petit taux de réussite contraste avec l'excellence par ailleurs remarquée des recherches effectuées dans l'unité et de son rayonnement national et international.

Le comité note également les capacités limitées d'encadrement de thèse au sein de l'équipe 2.

Enfin, l'unité pourrait être limitée dans sa capacité à accueillir de nouveaux personnels dans de bonnes conditions du fait du manque de place.

3/ L'unité est attractive par la reconnaissance que lui confèrent ses succès à des appels à projets compétitifs.

Points forts et possibilités liées au contexte

Le nombre de contrats de recherche obtenus est remarquable et a permis, sur la période considérée, un apport de financement de plus de 11 M€ qui se répartissent entre contrats nationaux/régionaux (9 M€) et internationaux (2.2 M€). Cette capacité de l'unité à collecter des fonds en provenance d'un panel très large d'appels à projets est une de ses principales forces.

Au-delà de la réalisation des projets de recherche, et du support nécessaire aux frais de maintenance des appareils d'imagerie, les fonds récoltés ont également permis de financer un nombre conséquent de contrats post-doctoraux (15), ingénieurs (7) et doctoraux.

Points faibles et risques liés au contexte

Le modèle économique de l'unité, notamment en ce qui concerne le financement des contrats de maintenance des gros équipements d'imagerie (> 600 k€ / an) repose essentiellement sur sa capacité à remporter des appels à projets. Il est impératif de maintenir un haut niveau de contrats de recherche obtenus pour permettre de financer ces coûts.

4/ L'unité est attractive par la qualité de ses équipements et de ses compétences technologiques.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité dispose d'un parc d'imageurs de très grande qualité et bénéficie de l'environnement hospitalier nécessaire pour l'exploiter au mieux. Le renouvellement au cours de la période de référence de l'imageur IRM 7T humaine pour une machine dernière génération a participé au maintien de sa position de leader sur cette technologie dans l'environnement de la recherche nationale et internationale.

Les certifications ISO-9001, NFX50-900, ainsi que les labellisations IBISA et FLI concrétisent ce positionnement d'excellence.

Les compétences techniques des membres de l'unité sont reconnues et mises à profit au sein d'un réseau d'expertise national (REMI). L'unité bénéficie également d'une forte implication de Siemens notamment par la mise à disposition d'un ingénieur application et par la mise en place d'une chaire industrielle.

Le modèle économique de gestion du parc et d'exploitation des différents imageurs est jusqu'à présent maîtrisé. Une ouverture à l'activité clinique sur l'IRM 7T est en cours d'instruction, afin de répondre aux demandes croissantes des cliniciens pour accéder à cette technologie, mais également pour dégager de nouvelles ressources de financement de l'imageur.

Points faibles et risques liés au contexte

Le risque principal réside dans l'augmentation croissante des frais de maintenance et de fonctionnement des gros équipements d'imagerie, notamment de l'IRM 7T Humaine (400 k€/an) qui sont à la charge exclusive de l'unité. Une diminution des contrats de recherche remportés pourrait mettre en péril le maintien du parc.

DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Appréciation sur la production scientifique de l'unité

La production scientifique est répartie entre de la recherche méthodologique, pré-clinique et clinique, avec des finalités claires vers de nouvelles applications. La majorité des publications est de très bonne qualité avec 84% des articles relevant des meilleures revues disciplinaires du domaine. Les doctorants participent largement à ces publications avec une moyenne de plus de 3 articles par thèse. La plus grande participation de certains titulaires d'HDR à un encadrement doctoral effectif constituera une marge de progression à ce bilan scientifique globalement de très haut niveau.

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

Points forts et possibilités liées au contexte

La production scientifique du laboratoire est excellente, tant en termes de quantité (562 publications sur la période évaluée), qu'en termes de qualité, puisque 84 % des productions de l'unité ont paru dans les meilleurs périodiques disciplinaires du domaine.

Plus précisément, le laboratoire produit des articles scientifiques qui se répartissent entre des travaux de développement méthodologique, des travaux portant sur des modèles animaux et des travaux de recherche clinique. La grande majorité des publications a une finalité clinique avec la mise au point de méthodes innovantes et leurs validations précliniques avant le passage à l'Homme. Ainsi, les développements méthodologiques mis au point au CRMBM sont utilisés dans des cohortes de patients lors de protocoles de recherche clinique et ils sont valorisés par des publications dans des revues disciplinaires particulièrement notoires (exemple : ihMT dans la sclérose en plaques (SEP), spectroscopie proton et spectroscopie P-31 dans des cohortes de patients diabétiques, mise en évidence d'un gradient proximo-distal de l'infiltration graisseuse dans le muscle). Ces investigations cliniques ont leur pendant en matière de travaux méthodologiques comme précliniques qui sont publiées dans les revues du domaine de l'imagerie ou de la résonance magnétique. Certains développements méthodologiques sont transférés à la clinique comme par exemple la spectroscopie

cérébrale chez les foetus, utilisée en neuroradiologie. Enfin, des études de recherche clinique menées au CRMBM génèrent des cohortes exploitées par le laboratoire : diabète, cardiomyopathies hypertrophiques ou dilatées dans le cadre de l'équipe 1 ; myopathies dans le cadre de l'équipe 2 ; épilepsie, SEP, sclérose latérale amyotrophique (SLA) dans le cadre de l'équipe 3.

Points faibles et risques liés au contexte

Sans objet.

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

Points forts et possibilités liées au contexte

La production scientifique est en rapport avec les ressources humaines propres à chaque équipe. Elle est également liée et proportionnelle au parc de matériels disponibles et à leur caractère innovant, dont la valorisation est ainsi optimisée. Ainsi, l'équipe 1 a produit 145 articles (incluant les revues), l'équipe 2 a produit 121 articles, l'équipe 3 a produit 296 articles.

En termes de notoriété des journaux de publication, des distinctions peuvent être apportées selon les équipes : en tête, l'équipe 1 qui a publié 63 % de ses articles dans les toutes meilleures revues disciplinaires, puis l'équipe 3 qui a publié 56 % de ses articles dans ce même cadre et ensuite l'équipe 2 dont 47 % des publications sont dans ce cas. Il est à noter que l'équipe 2 affiche également un plus faible taux de publications effectuées en collaborations internationales (21 %) ; les équipes 3 et 1 réalisant 37 % et 26 %, respectivement.

Les doctorants du laboratoire ont globalement un très bon niveau de publication, avec une moyenne de 3,5 articles par thèse (avec un maximum pour l'équipe 3 qui affiche 5 publications par thèse pour les doctorants ayant soutenu durant la période examinée).

Autre point, seuls 12 % des articles doivent être achevés après la soutenance, ce qui est un pourcentage remarquablement limité montrant une bonne gestion du calendrier au cours des trois années de contrat doctoral.

Enfin, le nombre d'abandon de thèse est limité (3 durant la période et pour des raisons indépendantes du laboratoire).

Points faibles et risques liés au contexte

L'encadrement doctoral et, plus précisément, le pourcentage de chercheurs titulaires de l'HDR qui encadrent effectivement, est très variable d'une équipe l'autre, dénotant d'une grande marge de progression.

Ainsi, sur les 6 HDRs de l'équipe 1, 5 (83 %) ont encadré effectivement sur la période, ce qui est un taux élevé. Sur les 10 HDR de l'équipe 3, 7 (70 %) ont encadré effectivement durant la période. Enfin, sur les 5 HDRs de l'équipe 2, seuls 2 (40 %) ont encadré effectivement sur la période.

Il apparaît que la thématique musculo-squelettique de l'équipe 2 est essentiellement valorisée par des publications dans lesquelles figurent en rangs utiles des doctorants et post-doctorants d'un même encadrant, ou lui-même.

La production scientifique semble reposer, à l'instar de l'encadrement sur 2/3 des ressources humaines en chercheurs, enseignants-chercheurs et enseignants-chercheurs hospitalo-universitaires de l'unité. En d'autres termes, il existe des personnels n'ayant pas publié durant la période évaluée qui mériteraient d'être davantage associés à l'activité de recherche du laboratoire.

3/ La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte.

Points forts et possibilités liées au contexte

La politique de publication de l'unité témoigne d'un bon équilibre entre la quantité de données mises à disposition en « open access » et celle valorisée sous forme de brevets ou autres publications scientifiques méthodologiques moins accessibles.

Points faibles et risques liés au contexte

Sans objet.

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'unité est fortement impliquée dans des activités de recherche collaboratives avec des entreprises et a établi des liens solides avec des partenaires industriels comme celui avec Siemens. L'orientation des recherches du CRMBM dans plusieurs domaines de la physiopathologie humaine produit un impact majeur pour la santé, en particulier via sa contribution à des essais cliniques et au suivi de cohortes par imagerie RMN.

1/ L'unité se distingue par la qualité de ses interactions non-académiques.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité a établi des liens solides avec des partenaires industriels. Elle a un partenariat de longue date avec Siemens, grâce à un accord-cadre de recherche établi depuis 2010 et renouvelé depuis. Une chaire industrielle a été mise en place avec Siemens grâce à l'acquisition d'un nouveau système IRM 7T. Une seconde chaire a été établie avec la société "Multiwave imaging" en partenariat avec l'Institut Fresnel pour la conception d'antennes. Des contrats de collaboration ont été établis avec plusieurs partenaires industriels (Medday, Novastell) pour le test d'agents potentiellement thérapeutiques. L'unité est également impliquée dans des essais cliniques avec des acteurs notoires du domaine pharmaceutique et se retrouve impliquée dans le suivi de cohortes nationales et internationales. L'unité est membre du réseau local de l'Institut Carnot-STAR. Trois doctorants Cifre encadrés par l'équipe 1 ont trouvé un emploi dans l'industrie.

Points faibles et risques liés au contexte

L'équilibre des partenariats industriels est par nature fragile et il faut veiller à mettre à profit au mieux l'expertise et les outils développés par l'unité dans les domaines de la valorisation, des publications et des retombées financières pour assurer la maintenance des aimants.

2/ L'unité développe des produits à destination du monde socio-économique.

Points forts et possibilités liées au contexte

Le positionnement des activités de recherche de l'unité lui permet de développer des liens forts avec le monde socio-économique. La collaboration avec l'Institut Fresnel et Multiwave Imaging (amélioration de l'excitation radiofréquence à ultra haut champ) a conduit à 3 brevets communs. Plusieurs brevets ou logiciels protégés par la propriété intellectuelle ont été développés par l'équipe 3. Deux membres de l'équipe sont à titre personnel financeur (Ventio) et co-fondateur (VB-Tech) de deux start-ups dans des domaines scientifiques associés à l'équipe 3. L'unité participe de manière significative à des essais cliniques.

Points faibles et risques liés au contexte

Sans objet.

3/ L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité contribue très régulièrement à la diffusion de la science avec la participation aux événements « Fête de la Science », « Semaine du cerveau », aux opérations « Open lab » (Téléthon, ARSEP) et à la diffusion publique dans les médias. L'unité accueille régulièrement des élèves pour des stages d'observation et a été impliquée dans un programme d'accueil de professeurs des écoles. Le groupe SEP de l'équipe SNC est très impliqué dans la fondation ARSEP (Association pour la Recherche sur la Sclérose En Plaques), avec des membres de l'équipe en tant que président, et membres du comité médico-scientifique.

Points faibles et risques liés au contexte

Si l'ensemble des équipes et du personnel du CRMBM se mobilise, les activités de vulgarisation et de partage des connaissances avec le grand public pourraient encore se renforcer.

C - RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

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

Le comité encourage l'unité à poursuivre ses efforts pour rénover certains de ses locaux et/ou pour en trouver de nouveaux, en concertation avec ses tutelles.

La coordination de projets nationaux et internationaux d'envergure (RHU/IHU, Horizon Europe) représente une piste d'amélioration, sur un bilan déjà très remarquable.

Recommandations concernant le domaine 2 : Attractivité

Le comité recommande de veiller à maintenir le leadership dans le domaine de l'IRM 7T clinique.

Recommandations concernant le domaine 3 : Production scientifique

L'ensemble des titulaires de l'HDR de l'unité devrait être encouragé à participer à la formation de jeunes chercheurs via l'encadrement de doctorants.

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

Les activités de sensibilisation du public et de partage des connaissances pourraient être encore améliorées si toutes les équipes étaient mobilisées autour de cet objectif.

ÉVALUATION PAR ÉQUIPE

Équipe 1 : Résonance magnétique du système cardiovasculaire

Nom du responsable : Mme Monique Bernard et M. Frank Kober

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les grandes thématiques de recherche de l'équipe "Résonance magnétique du système cardiovasculaire" sont axées sur les altérations métaboliques, physiologiques et fonctionnelles dans les pathologies cardiovasculaires, notamment celles donnant lieu à des altérations diffuses (diabète et obésité, transplantation cardiaque, cardiomyopathie dilatée). L'objectif est de fournir de nouveaux biomarqueurs d'imagerie pour mieux comprendre la physiologie et la physiopathologie des maladies cardiovasculaires et d'améliorer le diagnostic, le pronostic et le suivi thérapeutique. L'équipe est multi-disciplinaire avec des compétences en biochimie, en physique et dans diverses disciplines médicales en lien avec les sciences cardiovasculaires (cardiologie, radiologie et chirurgie cardiovasculaire).

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Concernant la production scientifique, le précédent rapport avait souligné son excellente qualité, mais avait recommandé le renforcement de la partie méthode pour le traitement des images afin de publier les études en cours. Depuis, l'équipe a produit 137 articles entre 2016 et 2021 avec un taux de production en constante progression. Le haut niveau de rayonnement et d'attractivité a été maintenu par des collaborations avec plusieurs universités de renommée internationale : l'Université de Heidelberg à Mannheim ayant conduit au financement d'un stage de longue durée au CRMBM, à 2 publications et à de multiples présentations internationales. Dans le domaine de la perfusion cardiaque, une collaboration avec l'Université de Californie du Sud a donné lieu à un article de synthèse conjoint. Une collaboration scientifique avec l'équipe du Pr. Thoralf Niendorf (Charité, Berlin) en appliquant la méthode cine-ASL développée au CRMBM sur des souris a été initiée à Marseille et poursuivie à Berlin donnant lieu à un article conjoint. Les outils de segmentation cardiaque basés sur l'intelligence artificielle ont été validés dans une étude sur la non-compaction à partir de la UK Biobank grâce à une collaboration avec Steffen Petersen (Queen Mary University London) et ont donné lieu à un article dans un journal de haut rang. Une partie des activités pré-cliniques sur l'impact cardiovasculaire du diabète est développée en collaboration avec l'Université Catholique de Louvain.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE

Personnels permanents en activité	
Professeurs et assimilés	4
Maîtres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	3
Chercheurs des EPIC et autres organismes, fondations ou entreprises privées	0
Personnels d'appui à la recherche	2
Sous-total personnels permanents en activité	11
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche non permanents	1
Post-doctorants	0
Doctorants	6
Sous-total personnels non permanents en activité	8

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

Le comité constate que l'équipe 1 a présenté au cours du dernier quinquennat une production scientifique de haut niveau et a maintenu des collaborations internationales dans la recherche en IRM cardiovasculaire pré-clinique et clinique avec une expertise notamment dans les biomarqueurs de la perfusion myocardique, du métabolisme énergétique et lipidique, de l'imagerie paramétrique et de la maîtrise de l'IRM cardiaque à haut champ. L'équipe a également su développer des compétences en intelligence artificielle appliquée au post-traitement des données d'imagerie par RM cardiovasculaire.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe 1 possède une expertise en recherche sur l'IRM et la SRM cardiovasculaire dans le but de créer de nouveaux biomarqueurs (perfusion, SRM, SMS, post-traitement par apprentissage profond). La liste des collaborations montre que l'équipe est en échange permanent avec des partenaires industriels (Siemens) et des membres du CHU, stimulant ainsi de nouveaux sujets de recherche dans les deux domaines : méthode RM (perfusion, spectroscopie, IRM ultra haut champ, caractérisation du tissu adipeux) et sujets cardiovasculaires (non-compaction, diabète, nutrition, métabolisme). La participation de plusieurs membres de l'équipe à des réseaux locaux et nationaux ajoute des opportunités supplémentaires de lancer de nouveaux sujets et d'obtenir un soutien financier pour ceux-ci. Grâce à une interaction fructueuse et de longue date avec le service de radiologie du CHU, des algorithmes originaux et des stratégies d'IA pour la segmentation d'images cardiaques spécifiques à la non-compaction ventriculaire ont été développés et de nouvelles informations sur cette malformation cardiaque ont été fournies dans des modèles pré-cliniques développés à l'IBDML Marseille. L'équipe a apporté des contributions scientifiques significatives dans plusieurs domaines : technique d'acquisition multi-coupes à ultra haut champ en coopération avec Siemens ; logiciel tout-en-un d'acquisition et de post-traitement en cartographie de perfusion myocardique par marquage de spin artériel ; amélioration de la segmentation cardiaque utilisant l'IA pour quantifier les trabéculations dans la non-compaction ventriculaire ; étude des différences liées au sexe dans les répercussions cardiaques du diabète et cibles potentielles de traitement avec différentes approches thérapeutiques en cours de développement dans des modèles animaux pré-diabétiques mâles et femelles, dans le but ultime de fournir une médecine personnalisée ; développement des solutions radio-fréquence (RF) passives basées sur des méta-matériaux pour contrôler la forme du champ d'excitation produit par l'antenne pour des études pré-cliniques ainsi que dans des situations de champs élevés et ultra-élevés.

Points faibles et risques liés au contexte

L'utilisation croissante d'algorithmes basés sur l'intelligence artificielle en RM cardiovasculaire nécessite de recourir à de nouvelles compétences informatiques, mathématiques et de gestion des données, dont ne dispose pas complètement l'équipe 1, ce qui représente un frein potentiel au développement de cet axe de recherche. Les biomarqueurs développés par l'équipe de recherche en RM cardiovasculaire doivent être évalués sur de larges cohortes nationales ou internationales, comme la collaboration entreprise avec la UK Biobank. L'émergence d'une quatrième équipe dont les thèmes de recherche se concentrent vers les domaines de l'inflammation et des maladies infectieuses pourrait représenter un risque de réduction d'accès au plateau technique du CRMBM et notamment à l'IRM 7T.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité recommande à l'équipe 1 de développer localement ou de recruter des experts en deep learning et en gestion des données afin de consolider l'axe de recherche basé sur les applications de l'IA en IRM cardiovasculaire.

L'accès de l'équipe 1 à l'IRM 7T doit être assuré dans un contexte de déploiement d'une quatrième équipe et d'une ouverture potentielle à l'activité clinique.

Dans le but de valider les biomarqueurs développés en cardiovasculaire, le comité encourage l'équipe 1 à une participation active dans de larges cohortes européennes et/ou au projet français de biobanque nationale.

Équipe 2 : Métabolisme et fonction du système musculo-squelettique

Nom du responsable : M. David Ben Dahan

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

La recherche conduite par l'équipe 2 "Métabolisme et fonction du système musculo-squelettique" est reconnue pour ses applications physiologiques et physiopathologiques sur des modèles pré-cliniques et la translation vers l'humain. Elle s'illustre en particulier sur l'observation des mécanismes métaboliques, d'oxygénation et d'involution adipeuse intra-tissulaire musculaire squelettique. Le muscle, épicerne de la thématique, est exploré au repos et à l'exercice par des techniques et matériels validés par l'équipe, tant concernant les modèles pré-cliniques que chez l'humain.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Une vigilance sur la masse critique de l'équipe 2 était déjà formulée dans le précédent rapport d'évaluation. Malgré une recherche d'un niveau scientifique de tout premier ordre, l'attractivité de l'équipe peine à retenir des ressources humaines en capacité d'assister puis d'assurer le leadership. En revanche, la mutualisation de certaines méthodes à l'échelle de l'unité a bénéficié à l'équipe, comme en témoignent certaines productions scientifiques.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE

Personnels permanents en activité	
Professeurs et assimilés	3
Maîtres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	1
Chercheurs des EPIC et autres organismes, fondations ou entreprises privées	0
Personnels d'appui à la recherche	1
Sous-total personnels permanents en activité	6
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	4
Personnels d'appui à la recherche non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	4
Sous-total personnels non permanents en activité	8
Total personnels	14

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

La dynamique de l'équipe 2 est très favorablement illustrée par l'obtention d'importants financements et de nombreuses collaborations nationales et internationales. La quantité et la qualité des publications sont à souligner. Des méthodes innovantes d'exploration par l'imagerie et d'exploitation des signaux en appui sur l'intelligence artificielle sont actuellement développées et valorisées.

Points forts et possibilités liées au contexte

La production scientifique de l'équipe 2 est très importante malgré un effectif modeste. Il convient de souligner l'excellence de la qualité des publications parues dans des revues relevant pour 94 % d'entre elles des meilleurs périodiques des disciplines concernées. D'importants financements ont été obtenus durant le quinquennat et de nombreuses collaborations nationales et internationales sont entretenues, conduisant à l'excellence de la valorisation scientifique. La pertinence de l'IRM 7T dans l'exploration du tissu osseux, notamment au cours de l'ostéoporose, complète par plusieurs publications récentes de très haut niveau, ouvrant vers la sous-thématique squelettique.

Points faibles et risques liés au contexte

La principale limite de cette équipe réside dans l'absence de relève affichée parmi les enseignants-chercheurs, chercheurs ou Hospitalo-Universitaires, spécialistes de la thématique. Le responsable d'équipe demeure le principal publiant et encadrant effectif de l'équipe, or il ne sera pas en mesure de poursuivre bien au-delà du prochain quinquennat.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité recommande à l'équipe d'initier dès à présent et de manière progressive une relève en termes de leadership (en interne et en cherchant à recruter). Ceci est indispensable pour assurer la pérennité de la thématique de recherche de l'équipe au sein du laboratoire. Le comité recommande un accompagnement et/ou une vigilance de la direction pour cette action.

Équipe 3 : Imagerie du système nerveux central normal et pathologique

Nom du responsable : M. Jean-Philippe Ranjeva et Mme Angèle Viola

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les objectifs scientifiques de l'équipe "Imagerie du système nerveux central normal et pathologique" sont centrés sur le développement, la validation et l'utilisation de biomarqueurs IRM et SRM afin d'étudier la physiopathologie des maladies du système nerveux central de manière non-invasive, pour une meilleure prise en charge des patients. Les applications médicales principales sont la SEP, l'épilepsie et les processus neurodégénératifs de la moelle épinière. Les recherches sont menées du petit animal à l'Homme et guidées par un objectif de transfert clinique.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le rapport précédent évaluait positivement la fusion de l'équipe 3 "Système Nerveux Central Humain" et de l'équipe 4 "Résonance Magnétique de Modèles Animaux de Pathologies du Cerveau". De fait, l'équipe 3 issue de cette fusion a produit une recherche translationnelle de haut niveau dans le domaine de la neuroimagerie. Dans ce contexte, l'autonomisation d'une nouvelle équipe avec des contours sensiblement similaires à ceux de l'ancienne équipe 4 (IRM préclinique du cerveau et des maladies infectieuses) représente un défi qui pourra être relevé à la condition de bien définir son périmètre d'action compte-tenu des forces limitées, et de sécuriser les financements nécessaires.

Une autre recommandation concernait le modèle financier autour de l'IRM 7T humaine. Même si cela demeure un point de vigilance en raison du coût de maintenance élevé qui revient à la charge de l'unité, il est à souligner l'excellent travail réalisé par l'équipe afin de renouveler cet équipement et d'en financer le fonctionnement par un modèle adapté reposant sur un équilibre judicieux entre prestations et recherches propres au sein de la plateforme d'imagerie.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE

Personnels permanents en activité	
Professeurs et assimilés	5
Maîtres de conférences et assimilés	3
Directeurs de recherche et assimilés	3
Chargés de recherche et assimilés	2
Chercheurs des EPIC et autres organismes, fondations ou entreprises privées	0
Personnels d'appui à la recherche	2
Sous-total personnels permanents en activité	15
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	6
Personnels d'appui à la recherche non permanents	6
Post-doctorants	9
Doctorants	10
Sous-total personnels non permanents en activité	31
Total personnels	46

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe 3 développe de nouvelles méthodes IRM et SRM, de nouveaux contrastes et des biomarqueurs innovants pour mieux comprendre et traiter les maladies du système nerveux central (SNC). Il s'agit d'une équipe leader dans son domaine au niveau international, avec des développements phares pour l'imagerie de la myéline, de la moelle épinière et du sodium.

Points forts et possibilités liées au contexte

Les objectifs scientifiques de l'équipe SNC sont axés sur le développement, la validation et l'application de biomarqueurs RMN avancés pour suivre de manière non invasive les processus physiopathologiques associés notamment à la SEP et à l'épilepsie pour un meilleur suivi et une meilleure prise en charge des patients.

L'équipe est pionnière dans le développement de l'IRM 7T au sein des neurosciences et de la neuroimagerie clinique du SNC. L'équipe développe des méthodes innovantes au travers des différentes expertises portées par les chercheurs (étude de la moelle épinière ; étude de la dynamique cérébrale du sodium; transfert de magnétisation inhomogène (ihMT) pour une application à l'étude de la myéline; approches multimodales) et a tissé des liens forts avec les cliniciens. Les développements méthodologiques sont transférés vers la clinique et les industriels. L'équipe se caractérise par une excellente production scientifique (+280 articles pour 29,3 ETP), une transdisciplinarité et des collaborations internationales fortes. La capacité de financement est remarquable (6.5 M€ financements, 2 chaires industrielles, participation à une ERC Synergy, ANR, fondations et associations) et l'ouverture vers le monde socio-économique ainsi que la dissémination des résultats auprès des associations et du grand public est très solide. L'attractivité de l'équipe est très bonne (réseau de doctorants et post-doctorants internationaux).

Points faibles et risques liés au contexte

L'équipe est structurée autour de plusieurs groupes de recherche portés par les expertises des chercheurs CNRS (5 ETP) et des enseignants-cliniciens universitaires (12 = 4.4 ETP). La capacité de développer des projets incluant plusieurs de ces expertises en multimodalité doit être encouragée.

L'émergence d'une nouvelle équipe dont les thèmes de recherche se concentrent vers les domaines des maladies infectieuses et de l'inflammation dans le cerveau, mais également les autres organes, est une opportunité d'ouverture thématique, mais également un potentiel risque de dispersion et de fragilité. Un effort doit être entrepris afin de structurer et délimiter les activités de cette équipe, de la soutenir via des modèles pré-cliniques adaptés et un accompagnement de la direction de l'unité.

L'effort doit être poursuivi dans le domaine du partage de data sets (même si cela n'est pas facile pour des raisons de format, de taille des données, et des questions éthiques en ce qui concerne les données cliniques).

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité encourage le développement de projets ambitieux transdisciplinaires au sein de l'équipe.

Les efforts réalisés pour partager les données d'imagerie dans le cadre de la science ouverte doivent être poursuivis et renforcés.

Le comité recommande un accompagnement de la direction pour la création de la nouvelle équipe 4.

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

DATE

Début : Lundi 23 janvier à 9h

Fin : Lundi 23 janvier à 16h

Entretiens réalisés : en distanciel

PROGRAMME DES ENTRETIENS

Lundi 23 janvier 2022 (visioconférences)

MATIN

- 9h00-9h15 : Accueil, présentation de la Hcéres et du comité d'experts
- 9h15-10h : Présentation générale de l'unité CRMBM et de ses plateformes
10h-10h30 : Discussion
- 10h35-10h45 : Présentation de l'équipe 1 (10 min)
10h45-10h55 : Discussion (10 min)
- 11h-11h10 : Présentation de l'équipe 2 (10 min)
11h10-11h20 : Discussion (10 min)
- 11h25-11h40 : Présentation de l'équipe 3 (15 min)
11h40-11h55 : Discussion (15 min)

Pause

APRES-MIDI

- 13h00-13h45 : Échanges entre le comité et les enseignants-chercheurs et chercheurs
- 13h45-14h15 : Échanges entre le comité et les agents Biatss
- 14h15-14h45 : Échanges entre le comité et les doctorants/post-doctorants
- 15h-15h30 : Échanges entre le comité et les tutelles
- 15h30-16h : Échanges entre le comité et le directeur/directeur adjoint
- 16h-17h30 : Réunion à huis-clos du comité

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

Le Président de l'université

au

Département d'Évaluation de la recherche -
Hcéres

Objet : Observations de l'unité relatives au
rapport d'évaluation des experts Hcéres
N/Réf. : VPR/LS/AMS/CM – 23-06

Dossier suivi par : Cécile Merle
Tél : 04 13 94 95 90
cecile.merle@univ-amu.fr

Vos réf : DER-PUR230023069 - CRMBM - Centre de résonance magnétique, biologique et médicale

Marseille, le mardi 25 juillet 2023

Madame, Monsieur,

Je fais suite à votre mail du 10/07/2023 dans lequel vous me communiquez le rapport d'évaluation Hcéres de l'Unité de Recherche CRMBM - Centre de résonance magnétique, biologique et médicale.

Comme demandé dans ledit mail, je vous indique que les tutelles du CRMBM, Aix-Marseille Université et le CNRS, n'ont pas d'observation à formuler.

Vous souhaitant bonne réception des présentes,

Je vous prie de croire, Madame, Monsieur, l'expression de mes respectueuses salutations.



Eric BERTON



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)

