

**CONSEIL D'ADMINISTRATION
D'AIX-MARSEILLE UNIVERSITE**

DÉLIBÉRATION n° 2019/03/26-02

Le **conseil d'administration**, en sa séance du 26 mars 2019, sous la présidence d'Yvon BERLAND, Président,

Vu le Code de l'Education,

Vu les statuts modifiés d'Aix-Marseille Université,

Vu l'avis du conseil académique en date du 26 mars 2019 portant sur l'objet de cette délibération,

DÉCIDE :

OBJET : Création d'instituts d'établissement

Le conseil d'administration approuve la création d'instituts d'établissement dont les projets sont annexés à la présente délibération

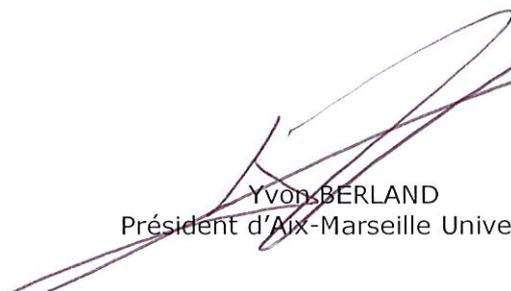
Cette délibération est adoptée par 30 voix pour et 5 abstentions.

Membres en exercice : 36

Quorum : 18

Présents et représentés : 35

Fait à Marseille, le 26 mars 2019


Yvon BERLAND
Président d'Aix-Marseille Université



Objectifs et vision de NeuroMarseille

Contexte

NeuroMarseille fédère la recherche et la formation en neurosciences au sein d'AMU (recommandations COS 2015 et demande des unités).



Objectifs

1. Conforter la visibilité et l'attractivité internationale des neurosciences à AMU
2. Renforcer l'intégration entre recherche et formation
3. S'accorder sur des stratégies communes
4. Encourager l'interdisciplinarité

Actions

1. Améliorer l'animation et la communication pour accueillir des équipes extérieures
2. Coordination étroite avec l'EUR NeuroSchool
3. Soutenir les plateformes technologiques mutualisées
4. Initier des actions incitatives et un programme postdoctoral sur projets collaboratifs

Vision

Façonner un centre de recherche et de formation en neurosciences de niveau international !

Contours de NeuroMarseille

Recherche

10 unités de recherche, 71 équipes

Neurosciences cognitives

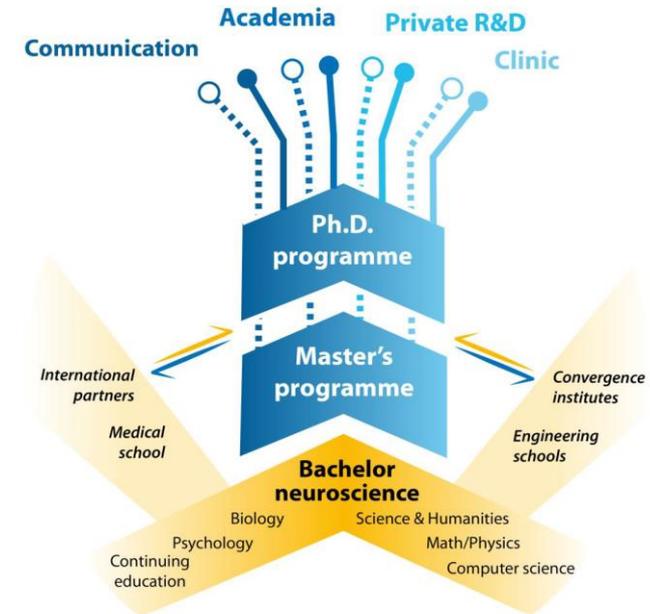
Neurosciences cliniques

Neurosciences cellulaires et développement

Formation

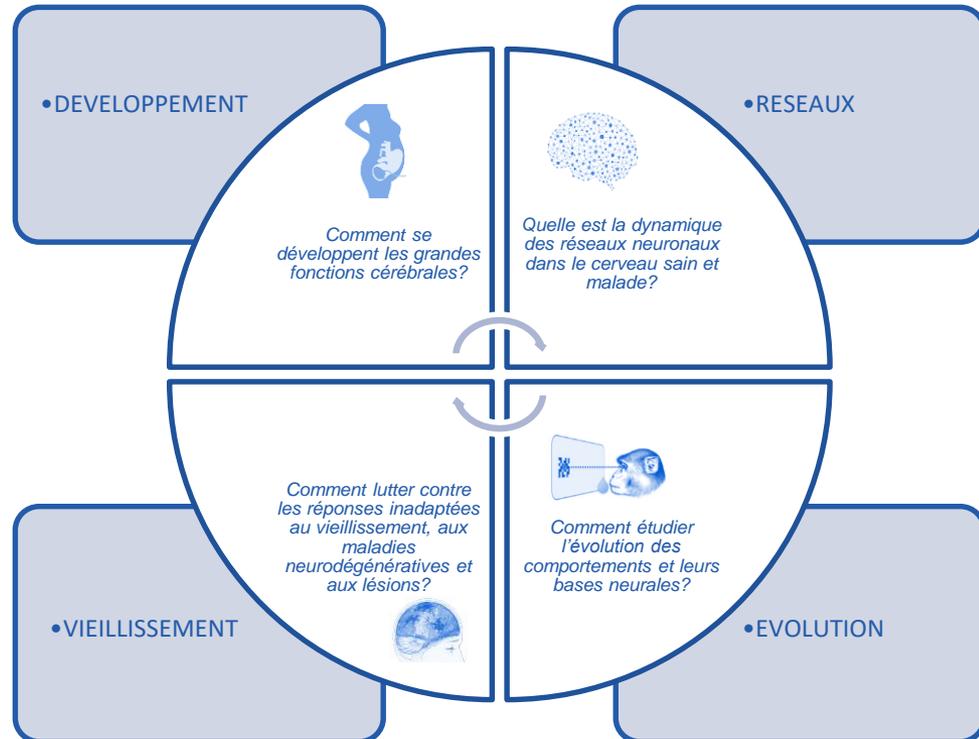
Licence, Master, PhD de Neurosciences

NEURO SCHOOL
(Aix-Marseille Université)

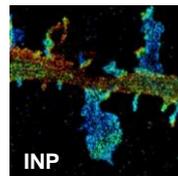


Points forts recherche

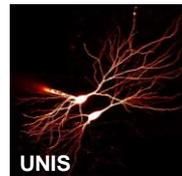
- Taille: **1000 ETP**
- Synergie et diversité: **4 axes**
- Financements: PIA (1 EUR, 1 RHU, 2 Convergence, 1 Equipex), ANR (**128**) et Europe (**22**)
- Interdisciplinarité (ILCB & Centuri)
- Valorisation (**14**)
- International (**5 LIA**)



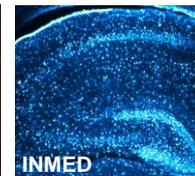
synapse



neurone



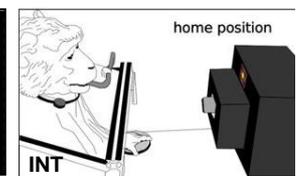
circuit



aire cérébrale



comportement



Points forts Enseignement:



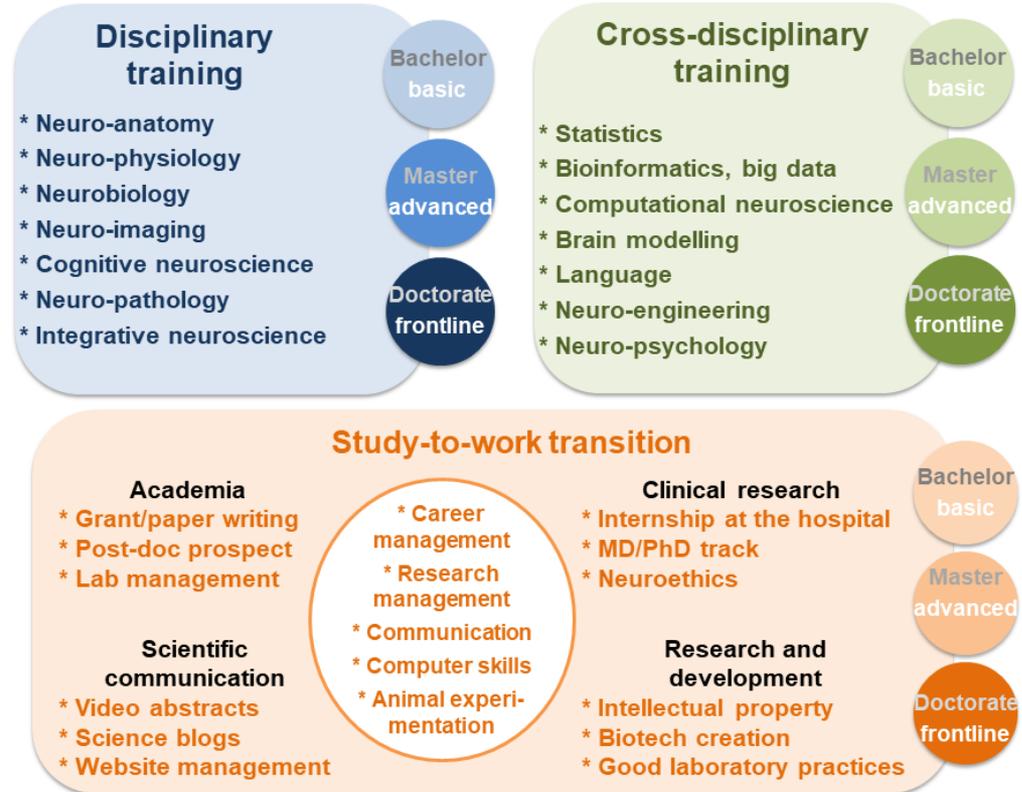
Pr. F. Féron

A graded training from BSc to PhD

Bachelor of Life Science
80 students

Master of Neuroscience
120 students

PhD of Neuroscience
130 students
30% international students



Conclusion

- La création de NeuroMarseille au sein d'AMU est une opportunité unique d'améliorer la **lisibilité** et la **visibilité** des Neurosciences de Marseille
- La **diversité** des recherches menées au sein du futur Institut doit devenir sa **force**
- L'Institut doit créer les conditions pour élaborer de nouveaux **objectifs communs** à la frontière des enjeux de la recherche fondamentale et appliquée
- L'Institut permettra aux Neurosciences marseillaises de lever les nouveaux **défis** de la compréhension du cerveau, notamment celui de **l'Interdisciplinarité**

MERCI POUR VOTRE ATTENTION



Marseille Institute of Imaging for Biology and Medicine

*Institut d'imagerie pour la biologie et la médecine de
Marseille*

Objectif et vision de l'institut

Développer un institut à visibilité internationale forte dans les domaines de la formation, de la recherche et de la valorisation sur l'imagerie biomédicale.

co-conception :

usager final (biologie ou médecine), conception instrumentale et sciences des données, intelligence artificielle: l'interdisciplinarité est au cœur de l'Institut.

Lien recherche-formation :

Formations internationales en lien étroit avec la recherche

Lien fort avec le monde socio-économique.

Grands groupes (Siemens, Novartis,...), PME (Supersonic Imagine, Olrea medical,...), Startups (Multiwave Innovation,...)

Contours de l'institut

- AMU : Faculté de Médecine, Faculté des Sciences, Polytech Marseille, IUT
- CNRS : INSIS, INSB, INS2I, INC, INP, INSU, IN2P3
- INSERM
- Centrale Marseille

- 19 unités de recherche : Institut Fresnel, CRMBM, INT, LCB, LIS, INMED, IBDM, CRCM/IPC, LAI, CPPM, ICR, LMA, CINaM, INS, LIIE, LP3, C2NV, IM2NP, LAM

Pour un total d'environ 360 équivalents temps-pleins

- écoles doctorales : ED Sciences de la vie et de la santé (ED 62), Mathématiques et Informatique (ED184), Physique et sciences de la matière (ED352), Mécanique, Physique, Micro et Nanoélectronique (ED353).

Recherche

**Un potentiel en recherche très important et d'excellent niveau.
Des plateformes et équipements au meilleur niveau.**

Un enjeu économique : nouvelles technologies – une culture de la valorisation importante.

**Un enjeu sociétal : meilleur diagnostic et suivi thérapeutique
(médecine personnalisée, théranostique, etc..)**

**Co-conception en imagerie, interdisciplinarité forte
(médecine, biologie, physique, informatique, mathématiques....)**

- Imageries ultimes
- Thérapie par l'imagerie
- Techniques émergentes et de rupture
- Imagerie pour le plus grand nombre

Formation

Former au niveau Master et PhD des personnes ayant une culture interdisciplinaire dans le domaine de la co-conception en imagerie biologique et médicale

Master Physique parcours Europhotonics

Master TSI parcours Signaux et Images BIOMedicaux
(internationalisation)

- Formation en alternance industrie ou recherche pour tous
- Cours mutualisés et plus orientés imagerie (Europhotonics)
- Mobilités sortantes et entrantes

PhD program

- Favoriser les liens entre disciplines
- Favoriser les liens avec le monde socio-économique

Conclusion

Une communauté de laboratoires et de formations renforcée, cohérente et attractive pour donner au site la visibilité internationale qui correspond à son potentiel :

Le site d'Aix-Marseille est l'un des leaders mondiaux dans le domaine de l'imagerie biologique et médicale

Marseille Institute of Imaging for Biology and Medicine

Table des matières

1.	Introduction : l'imagerie biomédicale, un domaine interdisciplinaire en lien fort avec l'industrie.....	2
2.	Etat des lieux du site d'Aix-Marseille dans le domaine de l'imagerie biomédicale	3
	Potentiel recherche existant	3
	Plateformes, équipements remarquables.....	4
	Objets structurants existants et participations aux réseaux.....	4
	Excellence du site, positionnement international.....	4
	Forces en formation	6
	Liens avec le monde socio-économique.....	6
3.	Projet d'Institut, les ambitions, les actions	7
	Effet structurant, coordination et animation.....	8
	Axes scientifiques d'excellence, recherche et attractivité	8
	Formation : lien formation recherche, internationalisation et attractivité.	11
	Lien monde socio-économique, transfert, valorisation, plateformes.....	13
	Liens avec les autres Instituts et structures.	13
4.	Questions du Board International d'A*MIDEX et réponses.....	15

1. Introduction : l'imagerie biomédicale, un domaine interdisciplinaire en lien fort avec l'industrie

L'imagerie est un vecteur de progrès essentiel dans le domaine de la biologie et de la médecine, sur lequel reposent de nombreuses avancées et découvertes. Nous pouvons citer les exemples des microscopies de fluorescence pour la biologie, ou encore de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) pour les neurosciences. Dans le domaine médical, les développements technologiques en imagerie ont amélioré considérablement les méthodes de diagnostic et de suivi de thérapies.

En outre, les progrès en imagerie s'appuient sur une recherche pluridisciplinaire où les domaines d'application tels que la biologie, les neurosciences, l'oncologie, etc. rencontrent les sciences des données, la chimie, les nanosciences et les sciences physiques. Il s'agit donc d'un domaine par nature à la croisée de plusieurs disciplines : ainsi ces dernières années, deux Prix Nobel de chimie ont récompensé la super-résolution en microscopie optique (2014) et la cryomicroscopie électronique (2017). Le schéma ci-dessous présente de manière synthétique ce domaine et illustre la pluralité des disciplines concernées à la fois par les développements technologiques et par les applications thérapeutiques.

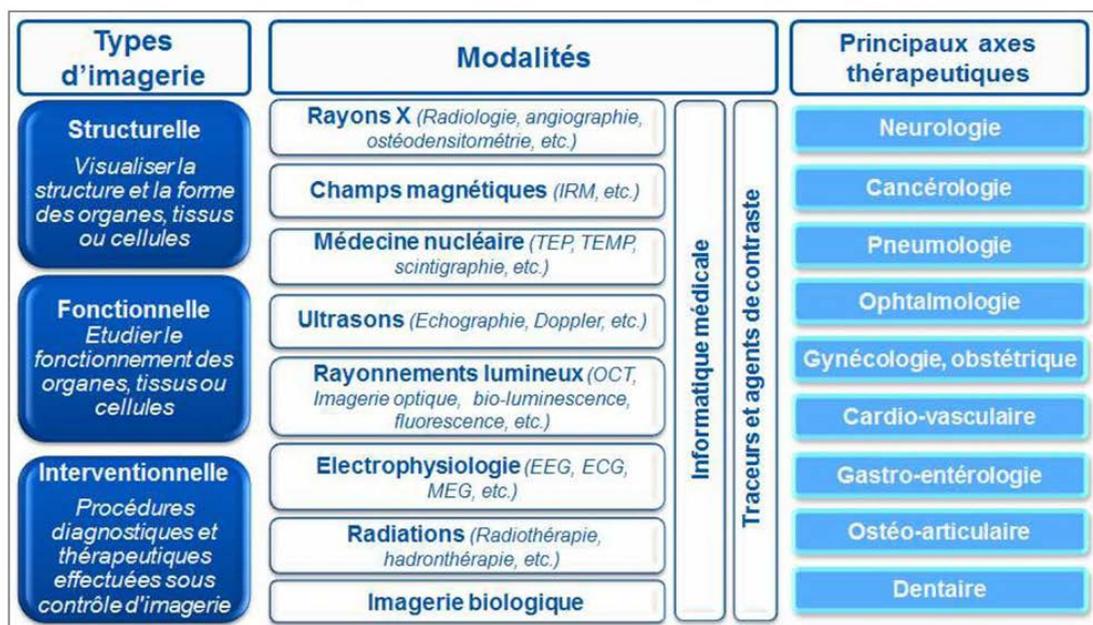


Schéma présentant l'imagerie médicale selon une étude de 2013¹ – l'informatique médicale regroupe le traitement, l'analyse, la transmission et le stockage d'image. Les microscopies électroniques ne sont pas indiquées dans cette étude.

Par ailleurs, les dispositifs d'imagerie sont actuellement en développement dans le cadre d'un tissu industriel très actif en Europe avec des leaders tels que Siemens Healthiners, Philips Healthcare, Thalès, Orsay Physics, Carl Zeiss Microscopy et Leica. Selon une étude de 2013¹ l'imagerie médicale représente 1000 chercheurs et 650 doctorants, 250 entreprises et 40 000 emplois en France, avec des PME qui exportent la moitié de leur production. Quelques succès montrent que ce potentiel est présent au niveau régional : ainsi SuperSonic Imagine située à Aix-en-Provence, ou encore Olea Medical (La Ciotat) racheté par Toshiba. AAA, dont l'implantation dans le bâtiment de CERIMED est un réel atout et qui a été racheté pour 3,3 milliards d'euros par Novartis, est un autre exemple emblématique de ce vivier de leaders du secteur implantés localement. Le

¹ http://competitivite.gouv.fr/documents/commun/Documentation_poles/etudes__rapports/2013-10-imagerie-medicale-futur.pdf

domaine de l'imagerie est également une source très importante de projets de maturation et de transfert industriel, depuis les laboratoires académiques.

Fort d'une recherche et de formations pluridisciplinaires d'excellence et d'un tissu industriel dynamique, le site d'Aix-Marseille a une carte à jouer pour se positionner comme un acteur mondial de premier plan dans le domaine de l'imagerie biomédicale. Un Institut qui coordonnerait stratégiquement l'ensemble permettrait d'exploiter davantage ce potentiel, favoriserait les synergies au sein de cette communauté pluridisciplinaire, rendrait plus visibles les activités de recherche et les plateformes, et accroîtrait l'attractivité du site dans ce domaine. C'est l'objet de cette lettre d'intention qui propose de créer un Institut pour l'imagerie biologique et médicale

2. Etat des lieux du site d'Aix-Marseille dans le domaine de l'imagerie biomédicale

Le potentiel académique du site d'Aix-Marseille dans le domaine de l'imagerie biomédicale est très riche et diversifié, mais réparti sur un nombre important d'unités et de formations, comme le montre l'état des lieux présenté ci-dessous.

Potentiel recherche existant

Le potentiel de recherche dans le domaine de l'imagerie biomédicale regroupe un peu plus de 350 équivalents temps plein (dont plus de 140 enseignants-chercheurs et chercheurs permanents et 75 doctorants le reste se répartissant entre ITA/IATSS et post-doctorants) et dix-sept unités de recherche. Les campus principalement concernés sont, du nord au sud, le campus de Château-Gombert, le campus de Saint Jérôme, le campus Timone, le campus de Luminy et le campus Joseph Aiguier. Deux PR2I sont concernés : Sciences et Technologies Avancées et Santé et Sciences de la Vie. Toutefois, le nombre important d'unités de recherche impliquées, même s'il démontre les forces du site, témoigne aussi d'une certaine dispersion.

Le tableau ci-dessous indique le personnel impliqué par unité de recherche ainsi que par modalité d'imagerie.

Unité	IRM	Nucléaire	Optique	X	Acoustique	TSI*	Contraste**	Autre	Total/unité
FRESNEL	5	8	54	1	1	16	0	0	85
CRMBM	66	0	0	0	0	8	0	0	74
INT	22	0	11	0	0	7	0	0	40
LCB	0	0	15	0	0	8	0	0	23
LIS	0	0	0	0	0	18	0	4	22
INMED	0	0	19	0	0	0	0	0	19
IBDM	0	0	15	0	0	1	0	2	18
CRCM/IPC	2	4	5,1	2	0	2,4	0	0	15,5
LAI	0	0	5,4	0	0	1,75	0	5,5	12,65
CPPM	0	4,65	0	4,5	0	0	0	2,05	11,2
ICR	0	0	0	0	0	0	3	4	7
LMA	0	0	0	0	6,5	0	0	0	6,5
CINaM	0	0	0	3	0	0	3	0	6
INS	0	0	0	0	0	4	0	2	6
LIIE	0	0	0	0	0	0	0	5	5
LP3	0	0	0	2,6	0	0	0,7	0	3,3
C2VN	0	1,75	0	0	0	0	0	0	1,75
IM2NP	0	0	0,6	0,4	0	0	0	0	1
LAM	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0,4
Total	95	18,4	125,5	13,5	7,5	66,15	6,7	24,55	357,3

* Traitement du signal et des images ** Agents de contraste

Plateformes, équipements remarquables

Le site d'Aix-Marseille regroupe un grand nombre d'équipements remarquables et de plateformes cliniques et précliniques dans le domaine de l'imagerie biologique et médicale. Il s'agit d'une force importante du site qui irrigue à la fois la recherche, la formation et le lien avec le monde socio-économique. Il n'existe pas d'équivalent en France présentant un tel regroupement de moyens d'imagerie. Les principaux éléments sont listés ci-dessous :

- IRM : plateforme IRM du CRMBM/CEMEREM, IRMF (INT/CERIMED), plateforme imagerie IPC.
- Optique : infrastructure nationale PICSL-France Bio-Imaging (IBDM/CIML), plateau technique Biophotonique (Fresnel), plateau technique Optique pour le biomédical (Fresnel/CERIMED), INPHIM (INT), plateforme INMAGIC (INMED), Technique épi-fluorescence (LCB), TIRF (LCB), SIM-TIRF pour la cellule bactérienne (LCB), plateformes de Microscopie et d'Imagerie Scientifique, d'Histopathologie Expérimentale et d'Imagerie du Petit Animal de la plateforme d'essai préclinique TrGET (CRCM/IPC), plateforme d'Endoscopie Interventionnelle (IPC).
- Imagerie Nucléaire : CERIMED, IPC.
- Imagerie X ultra-résolue : ASUR (Application des Sources Ultra-Rapides)
- MEG : plateforme de magnétoencéphalographie (INS), IPC.
- Radiologie Interventionnelle : CERIMED, IPC.
- Echographie : CERIMED, centre de ressources ultrasons (LMA).

Objets structurants existants et participations aux réseaux.

Le site d'Aix-Marseille s'est fortement impliqué dans les structurations nationales avec une participation aux infrastructures nationales « Biologie-Santé », France Life Imaging (FLI – imagerie médicale) et France Bio Imaging (FBI, imagerie cellulaire) et la création d'un DHU « Imaging » portant sur l'imagerie moléculaire et thérapie guidée par imagerie. Outre le site d'Aix-Marseille, seuls Paris et Bordeaux sont aussi membres des deux réseaux.

A noter également l'initiative lancée par plusieurs plateformes nationales dont le centre IRMF (INT/CERIMED) pour la création du Réseau d'Entraide Multicentrique en IRM (REMI), soutenu par FLI, qui permet de fédérer les compétences complémentaires des différents sites.

Le site est impliqué dans l'infrastructure européenne Euro-bioimaging, à travers la participation de FBI, et dans EIBIR (European Institute for Biomedical Imaging Research) (CRMBM).

Excellence du site, positionnement international

Un certain nombre d'indicateurs permettent de mesurer la qualité de la recherche en imagerie biomédicale. Nous en mentionnons ici une sélection qui démontre que le site d'Aix-Marseille bénéficie déjà d'une reconnaissance internationale notable dans ce domaine :

Liste des projets financés par le Programme d'Investissements d'Avenir (PIA) :

La communauté du site dans le domaine de l'imagerie biomédicale a été reconnue au niveau national à travers sa participation aux deux infrastructures nationales sélectionnées en imagerie que sont France Life Imaging (CRMBM, INT, INS, Institut Fresnel, CERIMED, LIS) et France Bio Imaging (CIML, IBDM, Institut Fresnel). De plus le site a pu bénéficier du second IRM 7T et premier corps entier en environnement clinique en France grâce au financement du projet Equipex 7T-AMI (CRMBM). L'imagerie est aussi impliquée dans le LabEX « INFORM » (Biologie du développement) et l'Institut de Convergence « CenTuri » disposant d'un « Tech Transfert » et visant à développer de nouveaux instruments sur la base des innovations des laboratoires AMU. Outre ces projets lauréats du premier Programme d'Investissements d'Avenir la fondation universitaire A*MIDEX a

soutenu l'imagerie après évaluation par des experts internationaux. Des projets tels que le DHU Imaging, deux chaires d'excellence, un projet Académie d'excellence (Europhotonics), et dix projets sélectionnés dans les appels d'offres interdisciplinaires, émergence et innovation ou encore photonique ont pu être financés.

Projets Européens :

Les projets suivants concernent directement le développement d'imageries innovantes ou l'utilisation de telles imageries de pointe :

- ERC Consolidator 3D-BioMat (V. Chamard) : compréhension des processus de biominéralisation grâce au développement d'une nouvelle microscopie aux rayons X.
- ERC Consolidator HiPhore (G. Baffou): Thermophorèse à haute température contrôlée par microscopies optiques avancées
- FET OPEN M-Cube (CRMBM, Institut Fresnel) : créer des antennes afin de contrôler les champs radiofréquences pour les IRM à ultra haut champ (7 Tesla et plus), en bénéficiant des propriétés remarquables des méta-matériaux.
- ERC Advanced (P. Belin): COVOPRIM : A Comparative Study of Voice Perception in Primates (Neurosciences principalement).
- ERC Starting ICARUS (E. Hugot, LAM): Systèmes d'imagerie innovants à base de capteurs courbes et d'optiques freeforms avec des applications à l'imagerie du cerveau et de la rétine.
- FLAG-ERA SCALES (C Bénar): INS, Hôpitaux universitaires de Genève, Université de Bucarest. Le projet (faisant partie du Human Brain Project) porte sur les enregistrements simultanés de surface (EEG ou MEG) et de profondeur (EEG intracérébral).
- European Training Network (ETN) #H2020-MSCA-ITN-2014-641943 "WAVES: Waves and Wave-Based Imaging in Virtual and Experimental Environments" (LMA): imagerie acoustique de modèles complexes.
- FET OPEN Neurofibres (INT, F. Debarbieux): H2020-FETPROACT-2016-ID732344 « Biofunctionalised electroconducting microfibres for the treatment of spinal cord injury »

Collaborations internationales structurées

Les collaborations internationales sont bien entendu nombreuses et nous ne citerons ici que les collaborations structurées :

- LIA ALPhFA (Australie) : dans le domaine de l'optique. Un des thèmes est la biophotonique. Les universités partenaires sont University of Sydney - Australian National University (ANU), Canberra - University of Technology Sydney (UTS) - Macquarie University, Sydney - RMIT University, Melbourne
- LIA NaBi (Israël) : collaboration avec le Weizmann Institute. Un des thèmes est le développement de microscopies innovantes.
- LIA iLabSpine dans le domaine de l'imagerie de la moelle épinière associée à la biomécanique (CRMBM-LBA). Les partenaires sont à Montréal : l'Ecole Polytechnique et l'Ecole de Technologie Supérieure, les centres de recherche du CHU Sainte Justine et de l'Hôpital du Sacré Cœur.
- LIA MINOS (Grèce) : Collaboration avec le laboratoire IESL (Institute of Electronic Structure and Laser) du FORTH (Foundation for Research and Technology – Hellas) dont l'un des thèmes est la bio-imagerie par résonance plasmonique localisée.
- LIA Vision4Action (Allemagne) : Collaboration avec le Juelich Research Center (Institut de Neurosciences) pour l'analyse et la modélisation des activités de populations neuronales (électrophysiologie de masse)

Dans le domaine des ultrasons pour le développement de nouvelles techniques d'imagerie, les universités partenaires sont University of Montreal Hospital Research Center (CRCHUM), Canada dans le cadre de l'ANR

CUMBA sur l'imagerie ultrasonore cellulaire, ainsi que Boston University et University of Southern California en élastographie.

Forces en formation

Dans le domaine de la formation, nous pourrions nous appuyer sur les deux masters dans lesquels les membres des laboratoires concernés sont particulièrement actifs : Traitement du Signal et des Images (TSI) et Europhotonics (label Erasmus Mundus en cours de renouvellement). Par ailleurs, dans un grand nombre de formations, des cours dans le domaine de l'imagerie biomédicale existent (Polytech, Faculté de Médecine, Faculté des Sciences, IUT, Centrale Marseille). Nous en donnons une liste non exhaustive ci-dessous :

- Faculté de Médecine : Master de Biologie-Santé, Formation continue INSERM (imagerie du petit animal), Master Pro Oncologie ;
- Faculté de Pharmacie : Master Ingénierie de la santé, certificat d'études supérieures universitaires Imagerie, diplôme d'études supérieures universitaires expérimentation animale, diplôme d'études spécialisées de médecine complémentaires radiopharmacie ;
- Faculté des Sciences : Master de Biologie Structurale et Génomique, Master de Biologie Intégrative et Physiologie, Master de Neurosciences, Master d'Immunologie, Master Acoustique ;
- Polytech : Diplôme d'Ingénieur en Génie Biologique et Médical (Département Génie Biologique et Médical) ;
- Ecole Centrale : Diplôme d'Ingénieur généraliste ;
- IUT : Licence Professionnelle Maintenance des Technologies Biomédicales (Centrale Marseille) ;
- PhD programs portés par les différentes Ecoles doctorales d'AMU : Formation ED EDSVS, Neurosciences ;
- DOC2AMU est un programme doctoral innovant permettant de financer 30 contrats doctoraux AMU. Il est basé sur des principes d'interdisciplinarité, d'intersectorialité et d'ouverture internationale (« 3I »). De par le principe d'interdisciplinarité, le programme est particulièrement favorable à des projets de thèse orientés imagerie. Ainsi, 4 des 7 projets de la 1^e promotion sont sur des thématiques d'imagerie et impliquent des laboratoires de Fresnel, CRCM, IPC, CIML, CRMBM, ICR, INT et ISM ainsi que des partenaires privés régionaux.
- Autres : AFMBioMed summer school, Biotrail/Labex Inform/Centuri.

Enfin, quatre écoles doctorales sont impliquées : Sciences de la vie et de la santé (ED 62), Mathématiques et Informatique (ED184), Physique et sciences de la matière (ED352), Mécanique, Physique, Micro et Nanoélectronique (ED353).

Liens avec le monde socio-économique

Les liens avec l'AP-HM sont nombreux et naturels. Les praticiens hospitaliers et praticien hospitalo-universitaires (PU-PH, MCU-PH) qui travaillent au sein des unités sont le principal vecteur qui concrétise ce lien. Leur participation active est indispensable afin que la co-conception (développement impliquant l'utilisateur final) dans le domaine de l'imagerie médicale se réalise. Par ailleurs, nous privilégierons un lien étroit avec les services hospitaliers, en particulier à travers l'animation de la communauté au-delà du périmètre strict de l'institut.

Le domaine de l'imagerie biomédicale fait également partie des préoccupations des pôles de compétitivité Eurobiomed et Optitec. Ainsi nous pourrions bénéficier des liens privilégiés avec les industriels de ces deux pôles de compétitivité. Enfin, l'Institut Carnot STAR implique cinq des unités concernées (qui représentent environ 170 ETP sur 300) par cet Institut. L'offre d'expertise en imagerie biologique et médicale permet de répondre à l'analyse des systèmes sensoriels, motivationnels et moteurs de l'être humain, à l'étude des

mécanismes et au développement de nouvelles voies thérapeutiques. Les recettes contractuelles éligibles de l'Institut Carnot STAR relatives à l'imagerie (contrats industriels directs) s'élèvent à plus d'un million d'euros en 2017.

Le site de la SATT SE mentionne une quinzaine d'innovations dans le domaine de l'imagerie biologique et médicale (brevets actifs).

Les liens industriels concernent aussi bien des grands groupes que des start-ups. Le tissu industriel local dans le domaine de l'imagerie comprend des sociétés du domaine du numérique mais aussi de l'instrumentation ou des marqueurs. Les laboratoires impliqués ont des liens établis avec un certain nombre sociétés locales ou non, telles que AAA (Novartis), Siemens, Nikon, Zeiss, Guerbet, Supersonic Imagine, Olea Medical (Toshiba), Multiwave Innovation, Anapix, First Light Imaging, Curve-One...

3. Projet d'Institut, les ambitions, les actions

Dans un domaine très compétitif et actif, nous proposons une approche originale. Il s'agit de promouvoir la co-conception, c'est-à-dire de mettre en avant la collaboration entre les acteurs des sciences des données, de l'instrumentation et des domaines d'application. L'essor des sciences des données (y compris l'intelligence artificielle, l'apprentissage automatique...) dans le domaine de l'imagerie biomédicale nécessite un effort particulier afin de ne pas rater une évolution majeure. Une des clés est sans aucun doute de concevoir les systèmes du futur en intégrant l'ensemble des acteurs dès le départ, c'est l'objectif de la co-conception, en rupture avec la pratique classique de développement qui sépare l'instrumentation de l'analyse de données et des applications. Ainsi la pluridisciplinarité est au cœur de la proposition d'Institut.

L'Institut pourra être la passerelle faisant le lien entre le projet et son financement par exemple dans de nouveaux modes de conceptions ouverts en traitement du signal dans des compétitions internationales du type Kaggle (<https://www.kaggle.com/competitions>).

Le positionnement de la recherche française dans le domaine de l'imagerie médicale a fait l'objet d'un rapport assez complet en 2013 :

http://competitivite.gouv.fr/documents/commun/Documentation_poles/etudes_rapports/2013-10-imagerie-medicale-futur.pdf

La région PACA est identifiée parmi les principaux pôles nationaux dans le domaine alors que le document ne mentionne que six unités actives dans le champ, là où nous en recensons une vingtaine, ce qui révèle une visibilité en-deçà de la réalité de notre potentiel. Un Institut améliorerait la lisibilité de notre offre, avec un impact positif pour la notoriété du site d'Aix-Marseille et sa compétitivité.

Au niveau national, les exemples de structures liant fortement recherche, formation et valorisation dans ce domaine sont assez rares et à notre connaissance l'équivalent n'existe pas. Ainsi dans les projets Ecoles Universitaires de Recherche et Instituts Convergences qui ont été sélectionnés, certains font apparaître l'imagerie optique soit comme un point saillant en recherche (EUR Advanced Graduate program in Light Sciences & technologies à Bordeaux et Surfaces Light Engineering Health&Society à Saint Etienne), soit comme un outil au service d'une discipline (par exemple en neurosciences, ou en biologie pour l'Institut CenTuri). Aucun de ces projets structurants ne considère l'imagerie biomédicale en tant qu'objet de recherche, de formation et de valorisation tel que nous l'avons défini ici.

A l'étranger, certains centres s'en rapprochent, comme par exemple aux Etats-Unis le National Institute of Biomedical Imaging (<https://www.nibib.nih.gov/>) ou encore en Suisse l'Institute for Biomedical Engineering (<http://www.biomed.ee.ethz.ch/>). A la lumière de notre état des lieux et de ce benchmarking, tout indique que le potentiel du site d'Aix-Marseille est remarquable et qu'en créant des synergies via le rassemblement

de nos forces en imagerie biomédicale au sein d'un institut, nous serions compétitifs par rapport aux meilleurs centres mondiaux dans ce domaine.

Une évaluation des coûts des actions proposées est indiquée. La création d'un Institut génèrera un effet de levier afin de répondre dans les meilleures conditions possibles aux appels d'offre PIA et H2020 et donc de financer ou cofinancer certaines de ces actions. Un des axes de travail de l'Institut sera donc de diversifier ses ressources pour construire un modèle économique pérenne.

Effet structurant, coordination et animation

Le bilan des forces montre que le site d'Aix-Marseille est un site de premier plan au niveau international et dispose d'un potentiel tout-à-fait remarquable dans le domaine de la recherche sur les imageries de pointe.

Cependant, la richesse de l'offre du site en matière d'imagerie s'accompagne d'une certaine dispersion. Ainsi, l'activité de recherche se répartit dans une vingtaine d'unités. De même, les formations qui abordent l'imagerie biomédicale sont nombreuses et manquent de coordination d'ensemble, tandis que les différentes plateformes qui existent en imagerie ne sont pas affichées comme une offre intégrée et cohérente. Or l'investissement financier sur les plateformes dans ce domaine est crucial et nécessite une approche homogène et concertée. L'acquisition, la jouvence et la maintenance des équipements de pointe seront donc des points d'attention particuliers et nous veillerons à faire des regroupements de maintenance d'instruments pour en abaisser les coûts.

Ainsi un Institut dans le domaine de l'imagerie biomédicale doit se donner comme objectif prioritaire d'animer, de coordonner et d'assurer la visibilité des activités dans le domaine sur le site d'Aix-Marseille. Ce faisant, nous toucherons une communauté plus large que celle recensée dans le bilan, dans la mesure où l'ensemble des utilisateurs et des personnes ayant des compétences connexes comme par exemple dans le domaine des sciences des données ou encore des industriels de l'imagerie (y compris pour d'autres secteurs applicatifs) seront ciblés. Ceci nécessitera de développer une communication professionnelle vers les acteurs internes et externes (mode socio-économique et politique) et une animation coordonnée de l'ensemble, et de mesurer son impact.

Par ailleurs, la coordination doit permettre l'aide au montage de projets structurants répondant aux objectifs de l'Institut (en concertation avec les structures et cellules existantes). Les cibles privilégiées de ces actions seront les programmes européens H2020 et le PIA.

Le pilotage sera assuré selon le modèle de gouvernance proposé pour les écoles universitaires de recherche comprenant un comité de pilotage, un *advisory board*, un bureau et des comités ad-hoc réunissant les acteurs concernés (directeurs d'unité, d'écoles doctorales, responsables des masters...)

Le budget prévisionnel du management est évalué à environ 150 000 euros par an (en incluant salaires, actions de communication et animation).

Axes scientifiques d'excellence, recherche et attractivité

La structuration des acteurs au sein d'un Institut doit permettre de concrétiser une vision commune orientée vers des projets collaboratifs innovants.

Les potentiels de recherche de rupture seront recherchés dans la notion de co-conception, c'est-à-dire que la conception des dispositifs doit faire intervenir l'utilisateur final formulant la question/problématique biologique et/ou médicale. Outre cette notion usuelle, il nous paraît indispensable que les parties conception instrumentale et intelligence artificielle, traitement d'images et sciences des données relatives à l'acquisition mais également à l'interprétation des données soient aussi liées dès le départ de la réflexion. Ainsi les domaines applicatifs, les sciences de l'information et l'instrumentation doivent progresser de concert et pas

séquentiellement ou séparément, comme cela se fait classiquement. L'approche proposée met par conséquent l'interdisciplinarité au cœur de l'Institut.

Cette approche sera appliquée à des axes de recherche dont nous donnons ci-dessous quelques exemples emblématiques mais qui seront certainement amenés à évoluer dans la durée de vie d'un Institut afin de rester parmi les sites les plus dynamiques. Notre objectif est de devenir le site de référence français dans le domaine de l'imagerie biologique et médicale.

- imageries ultimes. La recherche de performances ultimes dans le domaine de l'imagerie est sans aucun doute un point de convergence de la plupart des acteurs académiques. Nous pouvons citer à titre d'exemple l'ultra-résolution spatiale ou temporelle, la recherche de très bas niveaux de bruit et de rapports signal sur bruit les plus élevés possibles et de nouveaux contrastes. Plusieurs développements sur le site sont à la pointe de l'innovation au niveau national et international dans ce domaine à travers différentes modalités et laboratoires. En optique des développements uniques sont conduits en Raman cohérent, microscopie polarisée, imagerie de phase et endoscopie non linéaire par l'Institut Fresnel, en imagerie 2 photons pour l'étude des réseaux de neurones par l'INMED, en nanoscopie dynamique pour l'étude des membranes cellulaires par le CIML et en imagerie des forces pour l'étude des jonctions cellulaires par l'IBDM. Sur ces sujets la démarche de co-conception a démontré sa pertinence avec l'association de biologistes, spécialistes du traitement d'images et opticiens². Un projet d'imagerie à 3 photons microscopique et endoscopique pour l'exploration de l'activité des réseaux de neurones chez la souris et le primate est porté par l'Institut Fresnel, l'INMED et l'INT. Depuis l'acquisition d'une IRM 7T corps entier pour l'homme en 2014 par le CRMBM le site s'est imposé comme un acteur majeur dans le domaine de l'IRM à ultra-haut champ avec la mise en place d'un setup unique permettant d'imager, en utilisant plusieurs noyaux (multinoyaux), le cerveau, la moelle épinière, le coeur, les muscles squelettiques, l'os, et le cartilage. Les développements visent à exploiter tout le potentiel de cette technologie pour améliorer les méthodes de diagnostic, fournir de nouveaux biomarqueurs quantifiables de maladies ou des cibles thérapeutiques innovantes. Autour de ce système s'ouvrent des développements technologiques sur le site tels que le développement d'un nouveau type d'antennes fondées sur les métamatériaux, s'appuyant sur les expertises synergiques de l'Institut Fresnel et du CRMBM et objet d'un financement H2020 FET open. Le scanner spectral par comptage photonique est une modalité d'imagerie médicale anatomo-fonctionnelle émergente dont un prototype innovant a été développé par le CPPM pour les applications pré-cliniques. La multimodalité entre aussi dans la catégorie des imageries ultimes par l'information supplémentaire induite pour combiner notamment des images anatomiques et fonctionnelles. Le CPPM développe par exemple un système PET/CT innovant fondé sur les détecteurs à pixels hybrides.

- thérapie par l'imagerie. Les thérapies couplées à l'imagerie sont un champ d'investigation et de progrès extrêmement actif. Nous trouvons dans ce thème des recherches dans le domaine de la théranostique, de l'imagerie interventionnelle et de la radiothérapie par exemple. Un certain nombre d'entre elles font l'objet du DHU Imaging. Celui-ci porte notamment le projet de RHU « Theranos » sur la radiothérapie moléculaire des tumeurs exprimant les récepteurs de la somatostatine avec des approches innovantes de radiothérapie vectorisée (RIV). L'innovation porte sur les développements technologiques à la fois de nanoplateformes et de traitement d'image en partenariat avec 2 industriels (AAA/Novartis, leader mondial dans les traitements par RIV et détenteur du Lutathera, agoniste des récepteurs à la somatostatine et Dosisoft, concepteur de logiciels pour la dosimétrie en RIV) ainsi qu'avec 5 laboratoires de recherche au niveau national. Le domaine

² Quantitative nanoscale imaging of orientational order in biological filaments by polarized super-resolution microscopy Valades Cruz Cesar, Haitham Ahmed, Alla Kress, Nicolas Bertaux, Serge Monneret, Manos Mavrikis, Julien Savatier, Sophie Brasselet *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, National Academy of Sciences, 2016, 113 (7), pp.E820-E828.

de la théranostique inclut aussi le développement de molécules multifonctionnelles avec des fonctions d'agent de contraste, de ciblage et de thérapie. Dans ce contexte l'ICR développe des nitroxydes particulièrement stables dans les milieux biologiques et synthétise des macromolécules fonctionnalisées par plusieurs motifs nitroxydes comme alternative au gadolinium pour l'IRM. Le CINaM développe des nanoplateformes innovantes à partir de dendrimères qui présentent des capacités d'amélioration du contraste, d'imagerie multimodale et de ciblage pour la théranostique. En imagerie interventionnelle, La création de nouveaux dispositifs tels que les agents d'embolisation et les dispositifs endovasculaires est un sujet très porteur avec un haut potentiel de transfert industriel développé par le LiE.

- Techniques émergentes et de rupture.

Un des rôles que se donnera l'Institut sera de développer des recherches sur les techniques émergentes les plus prometteuses, favorisant ainsi la prise de risque au sein des laboratoires de recherche du site d'Aix-Marseille. L'utilisation de la polarisation dynamique nucléaire (PDN) est un exemple emblématique des opportunités existantes du site. En effet, la RMN/PDN est en train de s'affirmer comme une technique de caractérisation structurale incontournable, capable de fournir des informations précises sur la structure moléculaire d'une large gamme de matériaux fonctionnels. Un potentiel de développement très important existe particulièrement dans les domaines du diagnostic médical et des études du métabolisme. On dénombre actuellement deux finalités principales pour la technique RMN/PDN (appelée communément dans ce cas : « PDN par dissolution ») : augmenter la qualité du contraste d'expériences d'imagerie par résonance magnétique (IRM), ou suivre la métabolisation d'un composé chimique après son injection dans le corps. Ces deux applications permettent de fournir des informations complémentaires aux techniques classiques comme la tomographie par émission de positons (TEP). L'expertise en PDN des chercheurs du site permettrait à l'Institut, ainsi qu'à la communauté des médecins d'AMU, de bénéficier des travaux menés en PDN et sur la plateforme Spectropole pour développer, à plus long terme, de nouvelles applications spécifiques en RMN/IRM fonctionnelle, par exemple le diagnostic médical (suivi de tumeurs cancéreuses de la prostate) ou des études sur le métabolisme.

- imagerie pour le plus grand nombre. La réduction des coûts de l'imagerie biomédicale est un sujet majeur d'un point de vue sociétal et industriel. Cette réduction peut venir de protocoles impliquant de nouveaux traitements de l'information par exemple ou encore de détecteurs plus sensibles qui permettent des images ou analyses plus rapides ou encore des doses d'agent d'imagerie plus faible. Le développement d'imageurs portables, à bas coût ou encore dédiés à une application ciblée entrent aussi dans ce domaine, dont relèvent également le développement de systèmes dédiés au tri de greffons de cornée, ou encore les applications qui ont été développées comme aide au diagnostic de mélanomes (sur téléphone portable). Cet axe est sans doute un peu moins développé actuellement au sein des équipes de recherche mais constituera un enjeu majeur en particulier avec l'apport du numérique. Nous pouvons citer, par exemple, les travaux effectués à UCLA où l'intelligence artificielle permet d'obtenir les performances d'un microscope d'excellente qualité à l'aide d'un simple téléphone portable et d'optique simple³.

Les moyens d'action que nous envisageons mettent en avant la co-conception et la pluridisciplinarité, la prise de risque et l'attractivité.

³ Deep Learning Enhanced Mobile-Phone Microscopy Yair Rivenson, Hatice Ceylan Koydemir, Hongda Wang, Zhensong Wei, Zhengshuang Ren, Harun Günaydin, Yibo Zhang, Zoltán Göröcs, Kyle Liang, Derek Tseng, and Aydogan Ozcan ACS Photonics **2018** 5 (6), 2354-2364

Ainsi, nous souhaitons initier dans une première phase 3 à 5 projets de co-conception qui impliqueront du fonctionnement et des personnels (ingénieurs en particulier).

La création d'équipes projet inter-laboratoires et interdisciplinaires permettra de dynamiser fortement les activités. Ceci pourra se faire en particulier dans le cadre d'objectifs partagés avec d'autres Instituts thématiques ou convergence.

Un des problèmes auxquels nous sommes confrontés avec les principales sources de financements est qu'il est difficile d'y faire financer des sujets à risque sans apporter des preuves de concept. Aussi nous souhaitons pouvoir financer des projets d'amorçage sur ce type de sujets.

L'ensemble de ces projets nécessite un financement de l'ordre de 500 000 € par an.

Le financement de l'environnement de chercheurs séniors de haut niveau pourra permettre d'attirer les meilleurs sur le site d'Aix-Marseille. Le lien avec les sciences des données appliquées à l'imagerie biomédicale fera l'objet d'une attention particulière (avec par exemple le recrutement d'équipes dans le domaine des data sciences qui pourraient être conjointes avec un éventuel institut sur le domaine mathématiques et informatique).

Des chaires « junior » sur le modèle de contrats postdoctoraux de 4 ans environnés permettront de faire venir de jeunes talents sur le site.

L'ensemble des chaires (séniors et juniors) représentent un budget de l'ordre de 300 000 €/ an.

Des séjours en résidence de chercheurs de hauts niveaux contribueront au rayonnement du site (l'hôtel à projet de CERIMED pourrait permettre d'héberger l'activité scientifique, env. 10 000 €/ an). Cette action pourra être associée à l'IMERA.

Le potentiel du site permettra en outre le développement de partenariats internationaux (LIA/UMI) avec des sites d'excellence. Ce sera un axe important du plan d'action de l'institut. Parmi les cibles nous envisageons les zones prioritaires de la stratégie internationale d'AMU, par exemple, Boston avec qui l'imagerie marseillaise a déjà des liens (co-tutelle de thèse... env. 10 000 €/ an).

Nous envisagerons la mise en place d'une base de données biomédicale multimodale annotée. Elle offrira à l'échelle internationale des données publiques nécessaires à l'évaluation d'algorithmes de traitement de données et reposera sur l'utilisation du centre de calcul régional. L'utilisation de cette base sera conditionnée par la signature d'une charte. La citation de la base contribuera à la notoriété de l'Institut.

Formation : [lien formation recherche, internationalisation et attractivité.](#)

Le recensement des enseignements permettra la rationalisation et l'affichage d'une offre cohérente de formation au niveau Master et Doctorat. Les objectifs que nous visons concernent le lien formation-recherche ainsi que l'internationalisation et l'attractivité des formations.

La formation s'appuiera fortement sur les masters de Physique, parcours Europhotonics et Traitement du Signal et des Images (TSI), parcours Interactions Physique Signaux Image (IPSI), Signaux et Images Biomédicaux (SIBIOM) et Images Modèles et Vision (IMOMVI). Europhotonics est d'ores et déjà un master international qui repose sur un partenariat solide entre AMU, KIT (Karlsruhe) et les universités de Barcelone. Des partenaires supplémentaires (Vilnius et Tampere) rejoindront ce consortium coordonné par AMU dans l'avenir (dossier soumis pour renouveler le financement EMJMD). D'autres enseignements en imagerie sont retrouvés dans différents masters disciplinaires (Neurosciences, Pathologie Humaine, etc..). Le master TSI qui vient d'être créé, repose sur une équipe pédagogique pluridisciplinaire intégrant physiciens, mathématiciens,

informaticiens, traiteurs des signaux et des images et médecins. Les parcours IPSI, SIBIOM et IMOVI sont particulièrement concernés par cet Institut.

Nous souhaitons nous appuyer sur la création du master TSI pour développer le lien formation-recherche dans le domaine de la co-conception en intégrant fortement l'aspect de traitement d'image avancé dans cette démarche. En effet, l'aspect traitement d'images est transversal à l'ensemble des techniques et objectifs de recherche de l'Institut et cela favorisera la diffusion des méthodes dans l'ensemble des équipes.

D'un point de vue des modalités pratiques, l'aspect co-conception se traduira par des offres de stages qui s'appuieront sur les expertises de plusieurs laboratoires. Par ailleurs, le lien formation-recherche sera renforcé par la mise en œuvre d'une alternance recherche. Il s'agit d'appliquer le format de l'alternance classique à des périodes en laboratoire dès le M1. L'objectif est que l'étudiant évolue au sein d'une (ou plusieurs) équipe (s) de recherche pendant les deux ans de son master. Les expériences conduites montrent que le lien fort avec une équipe de recherche permet aux étudiants d'acquérir une maturité très importante et crée un lien fort avec la recherche. De plus, le lien entre les laboratoires de l'Institut est fortement renforcé. Cela permettra par ailleurs d'avoir un emploi du temps identique à celui des étudiants en alternance dans l'industrie et simplifiera la mise en œuvre de cette action (env. 130 000 €/ an).

Nous souhaitons également proposer des bourses de thèse d'excellence aux meilleurs étudiants de nos masters pour qu'ils effectuent une thèse dans les laboratoires du site d'Aix-Marseille, partie prenante de cet Institut (env. 300 000 €/ an).

Une Ecole d'été thématique sera organisée une fois par an. Elle associera des spécialistes internationaux dans différents domaines liés à l'imagerie biomédicale ainsi que les étudiants de master et doctorants dans les différents laboratoires adossés à l'Institut.

La formation sur nos plateformes de recherche de pointe couplée à la mise en place de plateformes spécifiques de formation permettra d'offrir à nos étudiants un environnement de formation unique et de niveau international et pourra renforcer le lien entre la formation et la recherche.

S'agissant de l'objectif d'internationalisation de nos formations, les bourses d'attractivité pour les étudiants de master (entrants) permettent de créer « un produit d'appel » avec un fort effet de levier sur les inscriptions internationales en master (env. 200 000 €/ an). D'autre part, afin de développer et généraliser dans le futur l'ouverture vers l'international de nos étudiants, cette offre sera complétée par des bourses d'aide à la mobilité sortante (env. 100 000 €/ an).

Le master TSI a obtenu pour les 2 prochaines années une mobilité internationale avec l'université Nationale de Hanoi. Cette action sera consolidée et reconduite avec d'autres universités prestigieuses européennes et internationales aussi bien pour l'accueil d'étudiants étrangers que pour permettre à nos étudiants de séjourner à l'étranger. Le parcours Europhotonics du master de physique a été sélectionné pour un financement Erasmus Mundus Joint Master Degree à partir de la rentrée 2019 ainsi qu'un financement A*MIDEX académie d'excellence.

Nous proposerons une formation doctorale ciblée de haut niveau. La première étape sera de rendre accessible les cours existant au sein de nos formations à l'ensemble des étudiants concernés.

Un projet de type Erasmus-Mundus peut être envisagé sur la base du parcours SIBIOM et des financements européens (type COFUND) seront recherchés pour les thèses.

Enfin, à moyen terme, nous envisageons de développer une formation de Physicien Médical (master en physique médicale) afin d'offrir la possibilité d'accéder au concours de diplôme de qualification en physique radiologique et médicale (DQPRM).

Comme cela a déjà pu être fait auparavant dans le domaine de l'imagerie biologique, nous fournirons une expertise pour aider au développement de plateformes dans les universités de pays avancés dans ce domaine comme par exemple les pays du Maghreb.

Lien monde socio-économique, transfert, valorisation, plateformes

La fédération des forces en recherche via une présentation plus cohérente et intelligible participera incontestablement à l'attractivité du territoire pour les industriels. La mise en place d'un tel « guichet d'entrée » simplifié sera un facteur de dynamisation des liens entre recherche et industrie.

La sensibilisation des acteurs à la recherche translationnelle permettra aussi de faire bénéficier les patients des progrès (dans ce sens nous anticipons le dépôt de projets RHU).

De plus, la possibilité d'accéder à des plateformes de premier plan est un atout non négligeable. En effet, les plateformes sont le lieu où industriels, étudiants et chercheurs se rencontrent et constituent une priorité dans tous les domaines où les coûts sont importants et donc dans l'imagerie en particulier. Leur valorisation sur un portail commun permettra de jouer le rôle de guichet d'entrée. Nous ciblons l'obtention de recettes de l'ordre de 1 000 000 € sur dix ans au travers de ces plateformes (formation et recherche).

Les formations en alternance pourront être mises en place progressivement, ce qui sera simplifié par l'adoption du format « alternance recherche ». Nous pourrions nous appuyer sur la Licence Professionnelle "Métiers de la Santé : technologies" portée par l'IUT. Par ailleurs, nous proposerons avec les différents établissements des formations continues sur catalogue et à la demande.

Nous envisageons également d'étendre le modèle du « tech-transfert » proposé dans l'Institut Convergences CenTuri (Turing Center for Living Systems). L'idée serait de mutualiser celui prévu sur le campus de Luminy et de développer des concepts identiques sur le campus Timone et sur le site de l'Etoile, en définissant des domaines spécifiques non-redondants. L'objectif étant de faciliter les étapes de prématuration grâce à des équipements et personnels dédiés. Ces objets devront être établis de manière concertée avec les acteurs de la valorisation et en particulier la SATT-SE et l'Institut Carnot. Le coût est évalué à 100 000 €/an.

Enfin, nous souhaitons développer des chaires industrielles et des laboratoires communs. Des démarches sont déjà entreprises avec les sociétés Multiwave Innovation et Siemens Healthineers. Des sociétés comme Novartis ou Olea Medical par exemple seront approchées.

Liens avec les autres Instituts et structures.

Par essence, un institut dans le domaine de l'imagerie biomédicale interagira avec des instituts disciplinaires dans les sciences fondamentales sur lesquelles repose l'imagerie, en particulier Math-Info (sciences des données) avec lequel des interactions fortes sont prévisibles, Nanotechnologies (marqueurs et détecteurs). Le lien avec un institut sur les sciences du nucléaire comprendra la validation de radiopharmaceutiques diagnostiques et thérapeutiques (théranostiques) combinant des radioéléments innovants produits sur le site du CEA Cadarache par le Réacteur Jules Horowitz qui a pour objectif de devenir le principal acteur européen et mondial de la production de radioéléments à visée médicale pour l'imagerie et la radiothérapie moléculaire.

Par ailleurs, nous devons entretenir des liens étroits avec les disciplines utilisatrices d'imagerie, c'est-à-dire la biologie (Labex INFORM/Institut Convergence CenTuri), les neurosciences (NeuroMarseille, Institut Convergence ILCB), et les spécialités médicales concernées (oncologie, cardio-vasculaire,...).

Ces échanges avec les Instituts concernés permettront de développer des méthodes d'imagerie sur des thèmes qui constituent des domaines d'excellence du site, créant ainsi un cercle vertueux. Le développement

de ces liens interdisciplinaires aura un rôle majeur dans la mise en place d'approches de co-conception telles qu'exposées plus haut. Cette interaction sera optimisée par la tenue de séminaires inter-institut thématiques, dans le cadre des PR2I.

4. Questions du Board International d'A*MIDEX et réponses.

Denis Bertin
Vice-Président délégué fondation A*MIDEX
Aix-Marseille Université
Pharo - 58 BVD Charles Livon
Jardin du Pharo - 13007 Marseille

Objet : Réponses *Marseille Institute of Imaging for Biology and Medicine*
Tél : 06 71 46 49 36
Fax : 04 91 28 87 03
monique.bernard@univ-amu.fr, stefan.enoch@uni-amu.fr

Marseille, le dimanche 3 février 2019

Nous remercions le Board International d'A*MIDEX pour ses remarques constructives auxquelles nous répondons précisément dans ce document qui vient donc en complément de la lettre d'intention initialement soumise.

Monique BERNARD et Stefan ENOCH
Porteurs du projet d'Institut *Marseille Institute of Imaging for Biology and Medicine*

1 – Structuration progressive sur les trois prochaines années

La structuration politique et opérationnelle de l'Institut sera constituée progressivement au cours de la première année.

La gouvernance sera constituée selon le modèle proposé lors de l'appel à proposition. Ce modèle pourra évoluer en fonction des discussions avec les tutelles.

Le comité de pilotage est constitué des Vice-Présidents Recherche, Formation, A*Midex, des Doyens et directeurs de composantes concernées, du Directeur du Collège doctoral et des représentants désignés par les EPST. Il sera constitué et réuni durant les 6 premiers mois.

Le comité exécutif sera constitué de la direction (directeur, directeur adjoint) et du chef de projet recruté pour l'Institut et des responsables des comités internes (recherche, formation,...). Bien entendu il sera constitué dès le démarrage de l'Institut.

Nous prévoyons les comités internes suivants :

Comité recherche : Le comité sera constitué de chercheurs reconnus des différentes disciplines et impliqués dans la thématique et seront renouvelés d'un tiers tous les ans. Une réunion par an conviera les directeurs des unités concernées et les vices-doyens ou directeurs adjoints recherche des composantes ou établissements impliqués. Les membres du comité seront choisis et renouvelés dans ces réunions annuelles.

Comité formation : Le comité formation sera constitué des représentants des masters ou parcours de master, des directeurs des écoles doctorales, des vice-doyens et directeurs adjoints formation des composantes ou établissements concernés ou de leurs représentants. Le comité pourra constituer un bureau s'il l'estime nécessaire.

Comité international : le comité sera constitué des vice-doyens ou responsables des relations internationales des composantes/établissements concernés ou de leurs représentants. Le comité pourra constituer un bureau s'il l'estime nécessaire.

Comité valorisation et relations avec le monde socio-économique : le comité sera constitué des représentants de la SATT SE, de Protisvalor, des services partenariats et valorisation des établissements, de l'Institut Carnot STAR et enfin d'industriels dont les relations sont fortes avec l'Institut (ex : Novartis, Siemens, ...) ou très implantés sur le territoire (ex Olea Medical, Supersonic Imagine,...). Le comité pourra constituer un bureau s'il l'estime nécessaire.

Ces différents comités seront constitués au cours des premiers mois et réunis (ou leur bureau) au moins une fois tous les deux mois la première année et la fréquence sera adaptée par la suite.

Advisory board : Nous constituerons un Advisory board constitué de spécialistes académiques et industriels du domaine. Les membres seront externes au site et des experts internationaux reconnus. Nous envisageons environ 6 personnes afin de couvrir l'ensemble des thématiques de l'Institut. Nous le réunirons avant la fin de la première année.

D'un point de vue purement opérationnel l'Institut s'appuiera sur un chef de projet, une personne en secrétariat/gestion et une personne pour la communication. Ces personnels devront être recrutés ou identifiés dès le démarrage. Certaines de ces fonctions pourraient être mutualisées entre plusieurs Instituts et avec les nœuds locaux des infrastructures nationales FBI et FLI

2 – Planification des ressources humaines à 5 et 10 ans

La planification des ressources humaines peut se décomposer en plusieurs grandes catégories : le fonctionnement, la communication et l'animation de l'Institut, les aspects liées à la formation, l'innovation et enfin la recherche.

Bien entendu les éléments décrits ci-dessous dépendent fortement des financements obtenus (quelles que soient les origines de ces financements).

Organisation, communication et animation de l'Institut :

Les besoins sont immédiats mais pourraient sans doute être mutualisés pour plusieurs Instituts, infrastructures et/ou unités de recherche.

- Un(e) chef(fe) de projet (niveau IGR)
- Un(e) chargée de communication (niveau AI)
- Un(e) gestionnaire / secrétariat (niveau T)

Formation :

Les masters et écoles doctorales sont actuellement gérés par les composantes et dotés en personnels de gestion. L'aspect RH concernant l'Institut est essentiellement la partie qui concerne les bourses de thèses d'excellence (hors projets de recherche), des financements destinés aux étudiants de masters sur critères d'excellence (attractivité internationale) des bourses de mobilité sortante pour les étudiants du site et la gratification des stages (et en particulier dans le modèle d'alternance recherche) que nous proposons de prendre en charge.

1 – 10 bourses de Master par an (i.e. 10 étudiants en M1 et 10 étudiants en M2), 800€/mois : 192k€ par an excepté 96k€ la première année (uniquement les M1 la première année)

2 – 20 bourses de mobilité sortantes (10 M1, 10 M2): 96k€ par an

3 – 3 bourses de thèse avec environnement (10k€ par an d'environnement). Donc en régime continu 9 étudiants sont payés (3 seulement la première année, 6 la seconde année, 9 la troisième) 275 400 € par an excepté la première année: 91 800 € et la seconde année 183 600 € (en incluant l'environnement).

4 – Alternance recherche (554,40 € par mois):

- M1 : 1663,2€ par an et par étudiant. Nous comptons 45 étudiants sur les deux parcours concernés (moins les 10 étudiants qui auront une bourse) : environ 60 k€ par an
- M2 : 3603,6€ par an et par étudiant. Environ 70 k€ par an

Innovation

- Chaires industrielles : les chaires industrielles seront génératrices de ressources RH (CIFRE, ingénieurs,...) financées par les industriels. Nous aurons un effet de levier fort sur ces aspects et cela permettra d'amplifier la reconnaissance du site dans le domaine. Deux chaires industrielles au moins seront mises en place dans les 5 premières années.

- Tech Transfert : le transfert technologique pourra reposer sur une équipe technique (deux ingénieurs envisagés dans un premier temps) – environ 100 k€ par an.

Recherche :

En recherche nous distinguons deux enjeux principaux en termes de RH :

Les chaires :

Nous envisageons que dans les 5 ans au moins deux chaires senior ou junior pourront être mises en place. Ces chaires pourront soit accompagner un recrutement sur poste statutaire soit permettre un recrutement de type CDD (à convertir en recrutement statutaire ou non). Dans tous les cas il s'agira d'attirer sur le site un chercheur considéré comme étant de très haut niveau.

Les chaires représentent un budget de l'ordre de 300 000 €/ an.

Le processus sera évalué au bout de 5 ans puis reconduit pour la suite le cas échéant.

Les projets de co-conception et les équipes inter-laboratoires :

Ces projets reposeront en partie sur le recrutement de ressources humaines et en particulier d'ingénieurs de recherche. Le financement global est de de l'ordre de 500 000 € par an et on peut estimer qu'au moins une personne sera recrutée sur la durée de chaque projet (de 3 à 5).

3 – planification annuelle détaillée sur cinq ans des actions

L'institut d'imagerie planifie ses actions progressivement pour mettre en avant tout le potentiel du site en imagerie sur les plans formation, recherche et liens avec le monde socio-économique. Les actions mises en œuvre s'appuient sur les thèmes forts du site et ont pour objectif de promouvoir de nouveaux projets, les interactions entre les différents acteurs de l'institut, l'attractivité pour de jeunes chercheurs et chercheurs extérieurs ainsi que la valorisation et les liens avec le monde socio-économique. La structuration rendra l'imagerie du site marseillais pleinement visible au niveau national et international sur ses aspects formation et recherche mais doit être également harmonieuse et fédérative.

La planification des actions dans le temps au cours des 5 prochaines années est schématisée sur le diagramme présenté suivant les 4 grandes classes animation, formation, recherche et liens socio-économiques.

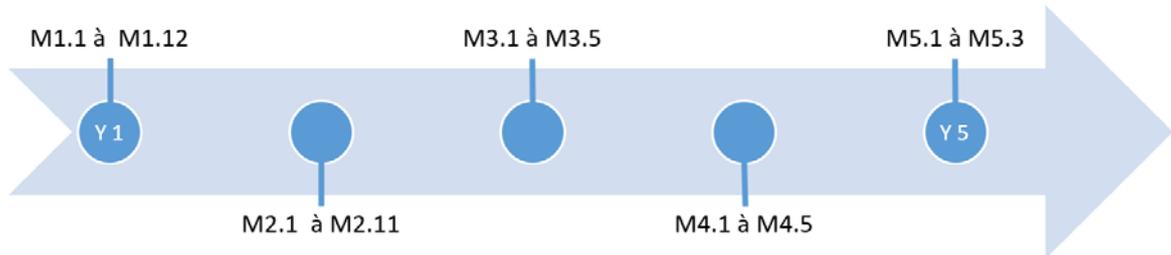
Une des premières actions visera à mettre en œuvre la structure d'animation du site chargée d'organiser séminaires et workshops pour favoriser les interactions entre les différents acteurs. La mise en place d'un site web sur l'ensemble de l'imagerie marseillaise ; thèmes, laboratoires, formations, plateformes et actions nous semblent également rapidement indispensable en termes de visibilité interne et externe. La veille sur les appels d'offres nationaux et internationaux du domaine nous semble aussi importante tout comme l'aide au montage des projets lorsque cela est nécessaire Ces actions nécessitent de bénéficier d'un chargé/chef de projet dédié à ces tâches.

Les actions en formation année par année sont fondées sur les masters existant Europhotonics et TSI et visent à renforcer ces formations sur nos axes prioritaires (mutualisation de cours entre les deux formations, intégration de nouveaux cours) et à promouvoir l'internationalisation (cofund, ITN, Erasmus Mundus).

En matière de recherche, nos actions consistent à mettre en place des financements promouvant des projets émergents (appels d'offres) et des projets interdisciplinaires entre les unités de recherche sur un mode collectif tandis que d'autres actions viseront à mettre en place des financements pour l'accueil de chercheurs invités sur de courtes à moyennes périodes ainsi que des chaires juniors/seniors. Les projets associant intelligence artificielle et imagerie seront particulièrement mis en avant.

En matière de liens avec le monde socio-économique, nos actions visent à promouvoir les interactions public/privé, que ce soit avec les grands groupes français ou étrangers ou les start-ups afin d'associer les compétences et les intérêts mutuels existant entre ces différentes entités. Les actions envisagées portent sur la mise en place de chaires industrielles et contrats de partenariat, et sur le plan formation nous développerons des masters en apprentissage, des bourses CIFRE ou mise à disposition de personnel. La mise en place d'offres de formations dans les laboratoires ou sur les plateformes (techniques, logiciels) est également d'intérêt pour le secteur socio-économique.

La planification des actions est détaillée dans le tableau ci-dessous.



	Formation	Monde socio-économique	Recherche	Organisation, communication et animation
Année 1	M1.11 : Offre PhD program M1.12 : proposition Cofund ou ITN	M1.9 : recensement et catalogue offre formation courtes. M1.10 Offre coordonnée plateformes technologiques	M1.6 : début AAP projets "amorçages" (M6) M1.7 Alternance recherche en Master (M6) M1.8 lettres d'intention co-développement et/ou équipes communes (M6)	M1.1 identification d'un(e) chargé(e) de projet (M1) M1.2 Constitutions et réunion des comités (M3) M1.3 organisation workshops et séminaires (M1) M1.4 Communication externe (web, etc.) (M6) M1.5 Veille sur les appels d'offre (Europe, PIA,...) – en continu
Année 2	M2.9 Mutualisation des enseignements / Offre d'options Imagerie (M13) M2.10 : Soumission dossier ERASMUS+ TSI (M18) M2.11 : Nouveaux partenariats internationaux (mobilité masters) (M24)	M2.6 Apprentissage Masters M2.7 identification d'une chaire industrielle ou académique sur l'apprentissage automatique (M24) M2.8 : Tech transfert y compris sur les aspects IA & bases de données (M18)	M2.3 : nouveaux partenariats internationaux (recherche) (M24) M2.4 identification d'une chaire industrielle ou académique sur l'apprentissage automatique (M24) M2.5 : AAP projets « amorçage » (M18)	M2.1 organisation workshops et séminaires (M13) M2.2 Veille sur les appels d'offre (Europe, PIA,...) – en continu
Année 3		M3.5 avoir créé au moins deux chaires industrielles Formation/Recherche (processus continu)	M3.3 : AAP projets « amorçage » (M30) M3.4 : 3 à 5 projets co-développement et/ou équipes communes. (M27)	M3.1 organisation workshops et séminaires (M25) M3.2 Veille sur les appels d'offre (Europe, PIA,...) – en continu
Année 4	M4.5 : Re-soumission dossier ERASMUS+ Europhotonics (M42)		M4.3 : AAP projets « amorçage » (M42) M4.4 avoir identifié et attiré au moins deux chaires Junior/Senior (M37)	M4.1 organisation workshops et séminaires (M37) M4.2 Veille sur les appels d'offre (Europe, PIA,...) – en continu
Année 5			M5.3 : AAP projets « amorçage » (M54)	M5.1 organisation workshops et séminaires (M49) M5.2 Veille sur les appels d'offre (Europe, PIA,...) – en continu

4- Répondre aux remarques pour chaque thème

Formation

Le PhD Program doit être précisé. Quels sont les contenus en termes de programme s'appuyant sur les formations existantes. Décrire les adéquations entre l'offre de formation et les thématiques majeures en recherche

Contenus en termes de programme s'appuyant sur les formations existantes :

D'ores et déjà l'Institut d'imagerie peut s'appuyer sur deux parcours de master : le parcours Europhotonics du Master de Physique et le parcours Signaux et Images Biomédicaux (SIBIOM) du master Traitement du Signal et des Images (TSI) qui intègrent l'imagerie biomédicale comme thématique forte avec d'une part, les aspects des méthodes physiques de l'imagerie et d'autre part, le traitement d'image. Il faut noter l'important effort de structuration qui a été fait dans le domaine du traitement du signal et des images récemment pour la création du master TSI. Le parcours Europhotonics, pour sa part, a obtenu pour la troisième fois des financements Erasmus Mundus Joint Master Degree (qui contribueront donc au financement de l'Institut). En parallèle les applications sont couvertes au travers de différents masters sur le site, ciblés sur des organes ou pathologies (Neurosciences, pathologie humaine, etc...).

Les cours les plus pertinents, par exemple « base du traitement d'images » du Master TSI ou « imagerie et systèmes en optique » du parcours Europhotonics seront identifiés et proposés dans le cadre de la formation doctorale. Ainsi nous pourrons proposer une offre riche et cohérente avec nos axes de recherche. Cela nous permettra de construire une offre de formation « à la carte » en adéquation avec le projet de l'étudiant et ses acquis antérieurs. En outre des écoles d'été internationales thématiques seront mises en place. Ouvertes à l'ensemble de la communauté internationale, elles bénéficieront aux étudiants du site en priorité.

Outre la Faculté des Sciences d'AMU qui porte les deux masters mentionnés, les écoles d'ingénieur du site (Polytech et Centrale Marseille) tout comme la Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales sont des partenaires privilégiés de la construction pluridisciplinaire de la formation dans le domaine de l'Imagerie biomédicale. Les masters seront bien entendu ouverts aux étudiants de ces établissements et composantes avec les aménagements nécessaires pour que ce soit possible.

Adéquation entre l'offre de formation et les thématiques majeures en recherche :

L'offre de formation du parcours SIBIOM du Master TSI permet de potentialiser les forces en imagerie autour du traitement d'images qui est un point commun fort entre les différentes modalités d'imagerie tandis que le parcours Europhotonics forme les étudiants aux méthodes d'imagerie (instrumentation, bases physiques) et a la capacité d'irriguer également en stagiaires les différents laboratoires de l'institut.

Pour parfaire l'adéquation entre l'offre de formation et la recherche notre objectif est d'enrichir les parcours existants avec les différentes modalités d'imagerie en se focalisant notamment sur les thèmes stratégiques et prioritaires du site. Ainsi, le master Europhotonics qui comprend déjà une composante large sur l'imagerie biomédicale est cependant essentiellement focalisé sur l'optique et devra s'élargir aux autres modalités d'imagerie. De même, le master TSI, centré sur le traitement du signal offre d'ores et déjà des enseignements d'introduction sur les différentes modalités d'imagerie (enseignements « physique des signaux et des images », « modalités d'imagerie biomédicale et instrumentation » dans le parcours SIBIOM).

Recherche

Le projet doit définir ses priorités stratégiques en termes de thématiques pour les 5 prochaines années au regard des forces en présence. Le sujet intelligence artificielle est un enjeu majeur. Le sujet intelligence artificielle est un enjeu majeur dans le domaine de l'imagerie biologique et médicale, les forces en présence sont peu importantes : définir la stratégie de l'institut pour acquérir les compétences pour être compétitif à l'échelle internationale.

Le projet doit définir ses priorités stratégiques en termes de thématiques pour les 5 prochaines années au regard des forces en présence.

Les priorités stratégiques pour les 5 prochaines années sont définies à partir des forces actuelles et des spécificités établies du site en optique, IRM et imagerie nucléaire, reconnues à l'échelle nationale et internationale et bénéficiant déjà de financements en cours. Ce sont les modalités avancées de microscopie optique et en particulier à 3 photons, l'IRM à haut et ultra-haut champ, l'imagerie nucléaire du biomarqueur au théranostique, et le développement de l'intelligence artificielle dans toutes les étapes de l'acquisition au traitement d'images. Nous développons ci-dessous des exemples de projets de recherche sur chacun de ces trois axes.

D'autres thématiques sont émergentes sur le site et seront également développées activement au cours des 5 prochaines années. Nous pouvons citer, par exemple, la polarisation dynamique nucléaire, pour laquelle une expertise existe sur le site, mais dont le développement pour l'imagerie biomédicale reste à faire.

Imagerie optique in vivo en profondeur dans le cerveau

Un projet innovant d'imagerie à 3 photons microscopique et endoscopique pour l'exploration de l'activité des réseaux de neurones chez la souris et le primate est porté par l'Institut Fresnel, l'INMED et l'INT qui ont une grande reconnaissance nationale et internationale dans le domaine de l'optique appliquée aux neurosciences

L'imagerie multiphotonique est très largement utilisée dans la communauté des neurosciences pour étudier le système nerveux central, son interaction avec le système immunitaire, ainsi que ses modifications pathologiques. Notamment la microscopie multiphotonique permet d'imager l'anatomie du cerveau mais également d'étudier et de contrôler, de façon minimalement invasive, l'activité neuronale. La fluorescence induite des sondes moléculaires synthétiques ainsi que génétiquement encodées, sensibles à la concentration calcique (OGB, GCaMP, GECO, ...) permet d'imager l'activité de grandes populations de neurones in vivo, avec une résolution sub-cellulaire. La méthode de choix consiste à activer ces sondes fluorescentes par un processus d'absorption à deux photons ce qui permet d'utiliser des lasers infra-rouges pénétrant jusqu'à quelques centaines de microns dans le cerveau. La combinaison des sondes fluorescentes calciques et de la fluorescence à deux photons ont permis aux équipes marseillaises de réaliser des découvertes majeures qui ont été publiées dans les meilleurs journaux.

Récemment il a été démontré qu'il était possible d'activer ces sondes fluorescentes calciques à l'aide d'un processus d'excitation à trois photons. En l'utilisant avec les longueurs d'onde de 1300nm et 1700nm il est possible d'étendre considérablement la profondeur d'imagerie de l'anatomie et de l'activité neuronale dans le cerveau, jusqu'à des profondeurs millimétriques. Cette percée méthodologique doit maintenant être mise en œuvre et évaluée dans les laboratoires de l'Institut pour mener des études sur l'activité de réseaux dans les modèles animaux, notamment murin et primate (marmouset). Il sera alors possible d'explorer des zones profondes du cerveau où

l'activité est largement inconnue. Par ailleurs des développements récents des équipes marseillaises ont montré que la microscopie à 2photon pouvait être étendue dans des endoscopes flexibles fibrés dont le diamètre de quelques centaines de microns était compatible pour une imagerie de l'activité du cerveau profond. Ici encore l'utilisation de processus à trois photons doit permettre d'étendre la distance de travail de l'endoscope à laquelle l'activité des neurones peut être imagée. Similairement, la profondeur de pénétration accrue permettra de mieux explorer l'interaction entre les systèmes nerveux et immunitaire dans les cas sain et pathologique, dans le cerveau et dans la moelle épinière (ou la forte diffusion des fibres myélinisées limite l'imagerie bi-photonique classique). Les développements de ces méthodes doivent inclure l'aspect traitement des images afin de prendre en compte les spécificités des signaux obtenus et améliorer la qualité des informations obtenues.

Dans ce contexte nous nous proposons :

- 1- De développer un microscope à 3 photons pour l'exploration in vivo de l'activité des réseaux de neurones chez la souris.
- 2- De développer un système d'imagerie à 3 photons endoscopique pour l'exploration de l'activité des réseaux de neurones chez la souris et le primate.

IRM à haut et ultra haut champ

Le site de Marseille comprend un large parc d'IRM de recherche pour l'animal et l'homme et une expertise reconnue dans ce domaine (CRMBM, INT) et a été équipé récemment d'un imageur à 7T qui reste un équipement rare de nos jours.

Nous pouvons anticiper que l'IRM 7T sera essentielle dans le domaine des sciences cliniques dans les 5 prochaines années. C'est un outil avec un fort potentiel non seulement pour mieux comprendre la physiopathologie des maladies mais aussi pour améliorer les soins cliniques, par exemple en montrant des lésions invisibles avec les IRM actuels, fournissant de nouveaux biomarqueurs quantifiables de maladies ou des cibles thérapeutiques innovantes. Plusieurs domaines cliniques pourront bénéficier de cette technologie: neurologie, neurochirurgie, psychiatrie, rhumatologie, chirurgie orthopédique, cardiologie, chirurgie cardiovasculaire, oncologie, radio-oncologie... SIEMENS Healthineers installe actuellement les premiers systèmes d'IRM 7T avec l'approbation de l'UE et de la FDA pour des applications neurologiques et musculo-squelettiques limitées.

Cependant, la technologie IRM 7T n'est pas encore prête à être largement utilisée en clinique. Les scanners IRM à 7T sont toujours confrontés à de nombreux problèmes qui doivent être résolus avant d'entrer dans la pratique clinique de routine. C'est pourquoi ces IRM 7T restent encore largement des outils de recherche dédiés aux centres de recherche experts en RMN. En outre, bien que certaines études aient démontré l'utilité potentielle en clinique, seules quelques cohortes d'un nombre relativement limité de patients ont été explorées à 7T jusqu'à présent. En effet, la norme de soin pour l'IRM est toujours d'utiliser (au mieux) un scanner IRM à 3T.

L'objectif est donc de favoriser les développements et la démonstration de la valeur ajoutée du 7T par rapport au 3T afin d'apporter la technologie IRM 7T réellement en clinique au bénéfice des patients et de la santé publique. Trois étapes ont été identifiées en fonction du stade de développement technique des paramètres étudiés :

- A) Evaluation clinique des biomarqueurs d'imagerie développés sur site et déjà validés chez des sujets témoins
- B) Validation sur des populations témoins de nouveaux biomarqueurs d'imagerie développés sur site (travail en cours après l'étape de preuve de concept).
- C) Développement de paramètres innovants ayant une utilité clinique potentielle.

Les développements comprennent l'instrumentation, l'acquisition, la reconstruction et le post-traitement.

En particulier, le développement d'un nouveau type d'antennes fondées sur les métamatériaux, s'appuie sur les expertises synergiques de l'Institut Fresnel et du CRMBM et est objet d'un financement H2020 FET open.

Radiothérapie moléculaire des tumeurs exprimant les récepteurs de la somatostatine : approches innovantes de radiothérapie interne vectorisée pour une médecine encore plus personnalisée (projet Theranos)

Le projet Theranos développé par DHU-Imaging fait l'objet d'une soumission en réponse à l'appel d'offres RHU 2018. Ces dernières années, la médecine nucléaire thérapeutique s'est implantée dans la prise en charge des patients oncologiques. Elle repose sur l'administration systémique d'un agent radiomarqué avec un isotope thérapeutique capable de cibler spécifiquement certaines cibles tumorales (récepteurs de membrane, antigènes, voie métabolique..): on parle de radiothérapie interne vectorisée (RIV).

Le projet THERANOS est né de la constatation que la RIV ciblant les récepteurs à la somatostatine dans les tumeurs neuroendocrines digestives permet des réponses objectives supérieures à celles obtenues avec les thérapies ciblées mais se traduisant principalement par des stabilisations de la maladie.

Ainsi, malgré un bon ciblage moléculaire des tumeurs et une excellente sélection des patients candidats (garantie par l'imagerie pré-thérapeutique), des efforts restent nécessaires pour améliorer l'efficacité de la RIV.

THERANOS a pour objectif d'augmenter l'efficacité thérapeutique de la RIV par trois approches :

- 1- Augmenter la dose à la tumeur tout en protégeant les organes à risque : Etude clinique de phase 1/2 pour proposer un nouveau schéma thérapeutique basé sur la dosimétrie personnalisée aux organes à risque (AP-HM)
- 2- Augmenter les effets radiobiologiques des radiations ionisantes : Développements technologiques de nano-plateformes et études précliniques pour co-délivrer l'isotope thérapeutique avec un radiosensibilisant
- 3- Identifier de nouveaux biomarqueurs d'évaluation de la réponse tumorale : Développements technologiques de traitement des images pour identifier de nouveaux biomarqueurs de réponse et modélisation mathématique pour proposer un outil d'aide à la décision thérapeutique.

Ce projet est interdisciplinaire et implique notamment 2 industriels : AAA/Novartis (leader mondial dans les traitements par RIV et détenteur du Lutathera® : agoniste des récepteurs de la somatostatine ayant eu l'AMM), et Dosisoft (concepteur de logiciels pour la dosimétrie en RIV).

Le sujet intelligence artificielle est un enjeu majeur dans le domaine de l'imagerie biologique et médicale, les forces en présence sont peu importantes : définir la stratégie de l'institut pour acquérir les compétences pour être compétitif à l'échelle internationale.

Le sujet de l'application de l'intelligence artificielle à l'imagerie biologique et médicale est bien pris en compte par les acteurs de l'institut et est en développement croissant sur le site pour l'ensemble des techniques d'imagerie, depuis l'acquisition jusqu'au traitement d'images. Cette thématique présente beaucoup d'engouement de la part des jeunes chercheurs et également des médecins associés à nos unités de recherche.

La question de la recherche en IA pour l'imagerie médicale ne peut être abordée sans la mêler intimement aux questions de création de plateforme adaptée (bases de données, ingénieurs

ressources en IA,..) de transfert et de partenariat industriel fort (chaires, bourses CIFRE,...) et de formation (à nouveau chaires,...).

Un enjeu important pour la recherche dans le domaine de l'imagerie est l'accessibilité des outils basés sur l'apprentissage automatique, sans doute plus qu'une recherche fondamentale sur l'IA. La mise en relation (réseau) des acteurs du site permettra d'assurer la diffusion de ces approches et la mise en place de formation continue opérationnelle tous niveaux (du médecin qui n'a pas de base solide en programmation, au chercheur déjà initié).

Des compétences en intelligence artificielle existent sur le site (en particulier l'équipe QARMA du LIS mais aussi de manière moins structurée dans d'autres laboratoires). Le partenariat entre les laboratoires de traitement d'images et les laboratoires d'imagerie au sein de l'institut va favoriser les échanges qui sont déjà actifs.

En IRM par exemple plusieurs projets sont en cours pour l'utilisation des méthodes d'apprentissage profond, non seulement pour la segmentation, mais aussi pour l'acquisition et la reconstruction d'images sur le cerveau, le cœur et le muscle (Cerveau : IRM quantitative du cerveau et pathologies neurodégénérative, Cœur : Automatisation de la segmentation des séquences de rehaussement tardif et paramètres de texture en IRM cardiaque. Muscle : segmentation sémantique de muscles individuels à partir d'images IRMs).

De plus l'institut devra en effet attirer les compétences dans ce domaine. Face à la concurrence de grands groupes et startups nous pensons qu'il faut développer le partenariat public/privé et tirer avantage de synergies réelles avec les entreprises et de compétences croisées qui pourraient vraiment bénéficier aux deux parties. Par exemple, le secteur académique peut avoir un rôle essentiel par l'apport de bases de données. En corollaire, il faudra mettre en œuvre des outils de financement pour favoriser les partenariats avec les groupes et start ups existant dans les domaines impliqués ; héberger des projets de recherche communs entre académiques et industriels, créer des chaires industrielles sur l'IA, soutenir et accompagner les entrepreneurs en IA issus du monde universitaire via des programmes favorisant la création de startup. En IRM par exemple un partenariat est déjà établi par le CRMBM avec la société Siemens avec le financement par l'entreprise d'un chercheur contractuel spécialiste en IA. Par ailleurs, la startup marseillaise O²Quant nous a approchés afin de développer des liens et collaborer sur la question de l'application de l'apprentissage automatique dans le domaine de l'imagerie. Sur la base de ces exemples, nous pouvons penser que nouer des partenariats industriels sur ces questions est parfaitement envisageable et cela permettra d'assurer un potentiel recherche et formation dont le site aura besoin dans les années à venir. En corollaire, la gestion des données et la création d'un « data center » avec les problématiques de masse de données, d'accès, confidentialité, etc...est également un sujet d'intérêt particulier pour l'institut. Des possibilités existent sur le site, telles que les actions en cours au CPPM et plus largement à l'IN2P3 et la possibilité de créer une structure autour des questions du cycle de vie des grandes masses de données à AMU. Dans ce cadre il sera nécessaire de prendre en compte les problématiques spécifiques de l'accessibilité et l'exploitation des données d'imagerie notamment médicales (également dans la perspective de partenariats public/privé). Le site devra se doter d'une cellule opérationnelle (plateforme) pour accompagner les collègues dans ces démarches.

Innovation

Mettre en adéquation la stratégie d'innovation au regard des thématiques prioritaires en recherche. Identifier les besoins des usagers dans les domaines biologique et médicale. Estimer les besoins budgétaires par projet de co-conception ainsi les co-financements potentiels

Dans les domaines biologique et médical l'innovation est attendue dans la performance des systèmes d'imagerie et des aspects logiciels (acquisition, post-traitement) pour obtenir l'image la plus précise et informative en repoussant les limites de résolution temporelle, spatiale, signal sur bruit et de contraste tout en étant le moins invasif. Ces avancées répondent aux objectifs des chercheurs et médecins de mieux comprendre le vivant ou avancer dans la connaissance de la physiopathologie, le diagnostic et la thérapie ou le suivi de thérapie. Nos thématiques prioritaires énoncées précédemment sont en adéquation avec ces objectifs d'innovation puisqu'elles couvrent de nouveaux instruments pour l'imagerie ou de nouvelles approches thérapeutiques fondées sur l'imagerie qui ont exactement ces objectifs. Les développements en optique permettent d'aller plus en profondeur dans l'organe tout en étant non invasif (3 photons, endoscope). En radiothérapie c'est l'amélioration du ciblage, l'efficacité et la réduction de dose qui sont visées. En IRM c'est également la recherche de plus en plus de précision en imagerie qui guide notre projet de site.

Par ailleurs, la réduction de coûts est un point important pour assurer l'accès au plus grand nombre d'une part et pour la viabilité industrielle des technologies d'autre part. C'est pour ces raisons que nous avons identifié un axe sur cette question. Le projet décrit précédemment dans le domaine de l'imagerie nucléaire, par exemple, s'inscrit très clairement dans cette voie par la réduction des doses, qui outre des questions de diminution de l'exposition, conduit aussi à une réduction des coûts.

Les projets de co-conception sont pensés pour des durées de 3 à 4 ans et des financements de 300 à 500 k€ environ. Ces ordres de grandeur permettent un réel effet d'amplification de l'activité en finançant des équipements, des personnels (ingénieurs, techniciens, post-doctorants principalement) et du fonctionnement. Les budgets précis seront l'objet de discussions avec les porteurs des projets. Un budget typique pourrait inclure un ingénieur de recherche et/ou un post-doctorant (env. 45 k€/an), des équipements et des consommables pour un total entre 100k€ et 150 k€ annuels. Les cofinancements seront recherchés auprès de partenaires industriels d'une part et auprès des guichets usuels de financement. Notre objectif est de rechercher un maximum d'effet de levier.

Ainsi, une politique d'incitation à répondre aux appels à projets de l'ANR, du PIA et de l'Europe sera menée. Un des rôles essentiels de l'Institut sera d'assurer la veille sur les différents appels à projets ainsi que l'aide au montage lorsque celle-ci n'est pas assurée par les structures des établissements. Il sera donc nécessaire de recruter un chef de projet au niveau nécessaire pour que cela soit efficient.

Un exemple du mode de financement que le PIA et les industriels pourront soutenir est donné par le projet RHU Theranos. Le dossier soumis prévoit un financement de 7,7 M€ par les partenaires industriels pour un coût total de 23,3 M€. Ceci montre à la fois la capacité des acteurs de l'imagerie à se mobiliser pour répondre à ce type d'appel à projet et l'intérêt que les partenaires industriels ont pour nos activités.

Enfin, les infrastructures nationales FLI et FBI ont largement contribué au développement de plateformes sur le site d'Aix-Marseille et notre participation active permettra de bénéficier des réseaux de ces infrastructures et de leurs éventuels financements dans le futur. Il faut noter que, par ailleurs, les moyens RH de l'Institut ainsi que les actions d'animation seront mutualisés avec les infrastructures. Ceci pourra être aussi considéré comme la participation qui sera vraisemblablement demandée par ces infrastructures aux établissements (un mi-temps et 50k€ par an à partir de 2025 pour FLI).

Il faut aussi noter que le DHU Imaging a mis en place une stratégie concernant les dons de particuliers et d'entreprises qui sera reprise et assurera une partie des cofinancements de projets scientifiques menés.

International

Définir les partenariats internationaux stratégiques en fonction des axes prioritaires de l'institut

Les partenariats internationaux de l'Institut actuels et à venir, associés à nos axes thématique stratégiques, sont tournés vers l'Europe, les Etats Unis, le bassin méditerranéen et l'Australie. Un certain nombre de collaborations internationales sont déjà établies et concrétisées par des outils de financement de type projet Européen ou LIA. Les partenariats stratégiques spécifiques à chaque axe prioritaire stratégique sont les suivant :

Optique : Israël (LIA NaBi : Weizmann Institute), Espagne (ICFO, Barcelona), Allemagne (Max Planck Institute, Munich).

IRM : Allemagne (Universités de Manheim, Wurzburg), Etats Unis (MGH Boston, UCLA), Canada (Institut polytechnique de Montréal), Plus spécifiquement antennes métamatériaux pour l'IRM ; Belgique (UCL Louvain), Pays-Bas (IUMC Utrecht), Russie (ITMO)

Imagerie nucléaire : Israël (Haïfa), Etats-Unis (NIH), Italie (Gênes), Suisse (Lausanne)

Lien avec le monde socio-économique :

Dans le cadre du partenariat avec le monde socio-économique, il est nécessaire de développer et préciser les retombées pour l'Université et les organismes nationaux.

Les grands comptes sont des entreprises étrangères, il n'y a plus de grands groupes français : quelle est la stratégie de l'institut pour être compétitif à l'échelle internationale dans le partenariat public/privé ?

Comment gérer la compétition entre l'Université/EPST et startups créées ?

Les retombées issues des travaux de l'Institut vont être à la fois économiques et sociétales.

Les retombées économiques reposent sur les partenariats avec les industriels (contrats de collaborations, chaires) et la production de propriété intellectuelle et de licences qui en sont issues. Il faut encore améliorer la valorisation par rapport à l'existant mais le potentiel est présent et cette valorisation est dans une dynamique positive sur le site avec les actions de la SATT et de l'institut Carnot. Nous pouvons citer les exemples des brevets en microscopie Raman licenciés à Horiba Medical récemment ou encore plusieurs brevets licenciés à la Multiwave Innovation, société fille de Multiwave Technologies (Suisse) qui s'est installée à Marseille pour bénéficier de la proximité avec les laboratoires de recherche.

L'hébergement de startups sur l'instrumentation ou les logiciels est un outil de valorisation économique pour nos établissements. De ce point de vue l'UMS CERIMED est une opportunité importante en raison de l'offre d'hébergement de projets industriels ou académique.

Outre les contrats de recherche, des personnels payés par les industriels sur le site constituent également une entrée financière indirecte. Des ingénieurs de recherche peuvent en effet être associés aux équipements les plus importants, mais, surtout, les financements de thèses CIFRE qui constituent un levier important que nous souhaitons développer fortement.

Bien entendu, le fonctionnement des plateformes et leur utilisation par le secteur privé seront également un outil de valorisation économique si les plateformes ont le potentiel suffisant en ressources humaines.

Le site a pu déjà démontrer qu'il pouvait être attractif pour des collaborations avec les grands groupes étrangers comme le montrent l'implantation de AAA (Novartis) pour les radiopharmaceutiques, le partenariat avec Siemens (Recherche Allemagne) pour l'IRM ou encore la création de la société Multiwave Innovation à Marseille. L'Institut doit en effet être attractif par les thèmes de recherche développés et identifier ses sujets de pointe, qui correspondent à nos axes prioritaires et stratégiques définis précédemment. Il est également nécessaire de bénéficier de structures favorisant et facilitant les partenariats avec les grands groupes ou startups (chaires) à la fois sur les aspects financier et juridique. Pour cela l'Institut a également besoin de l'implication des établissements. Des collaborations de longue date des laboratoires avec des industriels tels que L'Oréal, APE, ou encore Sanofi pourront être exploitées pour poser les bases de partenariats renforcés.

Comme nous l'avons exposé précédemment il ne s'agit pas d'opposer secteur académique et privé mais de les associer, de profiter des compétences complémentaires et de développer une politique de partenariat public-privé qui fait défaut actuellement en France par rapport à l'Allemagne notamment pour ne parler que de l'Europe. L'institut fera cette démarche en s'appuyant sur des mesures incitatives de l'état et des établissements.

Enfin, les développements en imagerie médicale ont pour objectif final l'amélioration des moyens de diagnostic, thérapie et suivi thérapeutique avec des retombées sociétales importantes pour le soin et le bien du patient tout en tenant compte des objectifs de réduction de coût en matière de santé. Le lien fort avec l'AP-HM et l'Institut Paoli Calmette sont, de ce point de vue-là, un élément essentiel.



Institut Cancer & Immunologie

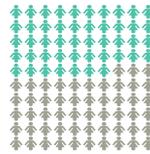
Directeur: Jean-Paul Borg

Le cancer, problème de santé publique avec accroissement de l'incidence

Plan Cancer depuis 2003



214, 000



186,000

Nouveaux cas de cancers en 2017 en France

- **Cancers de mauvais pronostic:** sein, pancréas, poumon, leucémies aigües, gliomes
- Problème de **résistance** aux traitements/récidives

Enjeu: mieux *comprendre* la biologie du cancer, son environnement et l'interface hôte-tumeur

Contexte local

- Avènement des **thérapies ciblées**, de la **médecine de précision**, de **l'immunothérapie**
- **Prix Nobel de Médecine et Chimie 2018**

- Masse critique et reconnaissance nationale et internationale importante en recherche et transfert
- Importante offre de formation: cancer (médecine), immunologie (sciences)
- **Nécessité d'établir des actions/structures transverses et augmenter attractivité**

Consortium



3 COMPOSANTES

FACULTÉS DE MÉDECINE ET PHARMACIE

Masters Biologie-Santé

40 étudiants/an dont 50% médecins/pharmaciens

FACULTÉ DES SCIENCES

Masters Biologie Intégrative et Physiologie

Masters Immunologie

Masters Bioinformatique

Masters Biologie Structurale et Génomique

80 étudiants/an

6 UNITÉS DE RECHERCHE



**INSTITUT
CANCER
IMMUNO**

1 ECOLE DOCTORALE

ECOLE DOCTORALE
SCIENCES DE LA VIE ET DE LA SANTÉ / ED 62

50-60 Doctorants inscrits / an

6 INDUSTRIES



AB SCIENCE

innate pharma

2 HÔPITAUX



2011-2016

142 CHERCHEURS ET CLINIENS

1805 PUBLICATIONS - **100** BREVETS - **24** FINANCEMENTS EU

RECHERCHE

• PERFORMANCE

- Publications
- 11 équipes 'Label Ligue'
- 6 équipes 'Label FRM'
- 2 équipes 'programme Fondation ARC'
- RHU PIONEER (25 M€)
- PIA : 4 en Cancer et Immunologie
- PAIR Pancréas 2018 (INCa)
- 3 CPER: FightCancer (15 M€), NeuroTimone (15M€) et Marseille Immunopole (5 M€)

• RECRUTEMENTS (2011-2016): **55**



• DISTINCTIONS (2011-2018): **76**

FORMATION

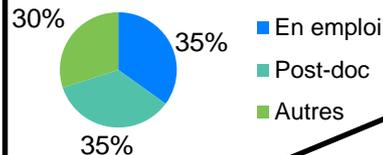
• 4 Prof AMU membres de l'IUF

• 80 masters / an

• 15 soutenances de thèse /an

• Bourses: MESR, LNCC, ARC, FRM, IPC, CIFRE, Inserm Région SUD

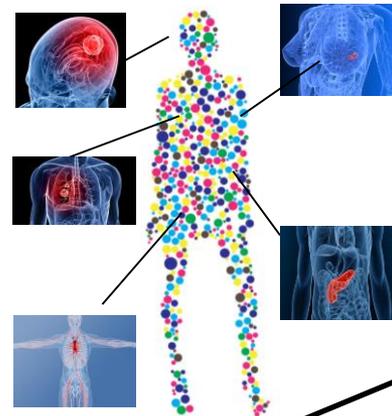
• Insertion professionnelle des étudiants 5 ans après doctorat:



HÔPITAL

• 2 CLIP²

• CIC pluridisciplinaire



TRANSFERT INDUSTRIEL

• Industriels: >470 personnes



AB SCIENCE

innate pharma



STRATEGIE DE L'INSTITUT

- Rester à la pointe de la recherche en oncologie et immunologie
 - Valoriser et transférer vers la clinique
 - Former les futures générations

RECHERCHE	FORMATION (EUR)	VALORISATION
<ul style="list-style-type: none"> - Soutien à l'excellence en recherche fondamentale, translationnelle et clinique (émergence) - Développement de plateformes technologiques - Attractivité du site pour de nouveaux talents 	<ul style="list-style-type: none"> - Établir des passerelles entre les secteurs santé et sciences - Mettre en place une formation attractive et pluridisciplinaire intégrée en onco-immunologie - Programmes collaboratifs et interdisciplinaires avec les autres instituts AMU et à l'international 	<ul style="list-style-type: none"> - Recherche et valorisation de cibles thérapeutiques, de nouveaux médicaments (anticorps, composés chimiques) et de biomarqueurs - Renforcement des partenariats public-privé - Création de start-ups

Recherche et valorisation

En cours



19M€/10ans

RHU PIONEER

8,5M€/5ans

**EQUIPEX PHENOMIX
1,5M€/5ans**



3.5M€/10ans

Fédération des structures du PIA par l'Institut

RHU Cancer du pancréas
HOPE: cHanges Of PancrEatic cancer therapeutic strategies

RHU radiothérapie
THERANOS: radiothérapie moléculaire des tumeurs exprimant les récepteurs de la somatostatine

~15M€/5ans chacun

EUR ONCO-IMMUNO

~12M€/10ans

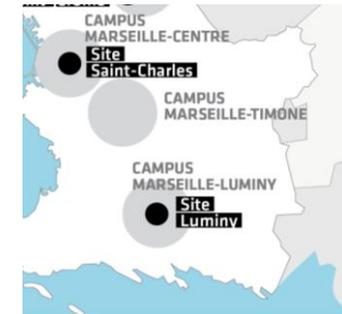
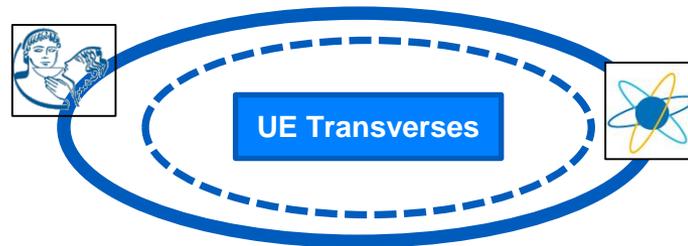
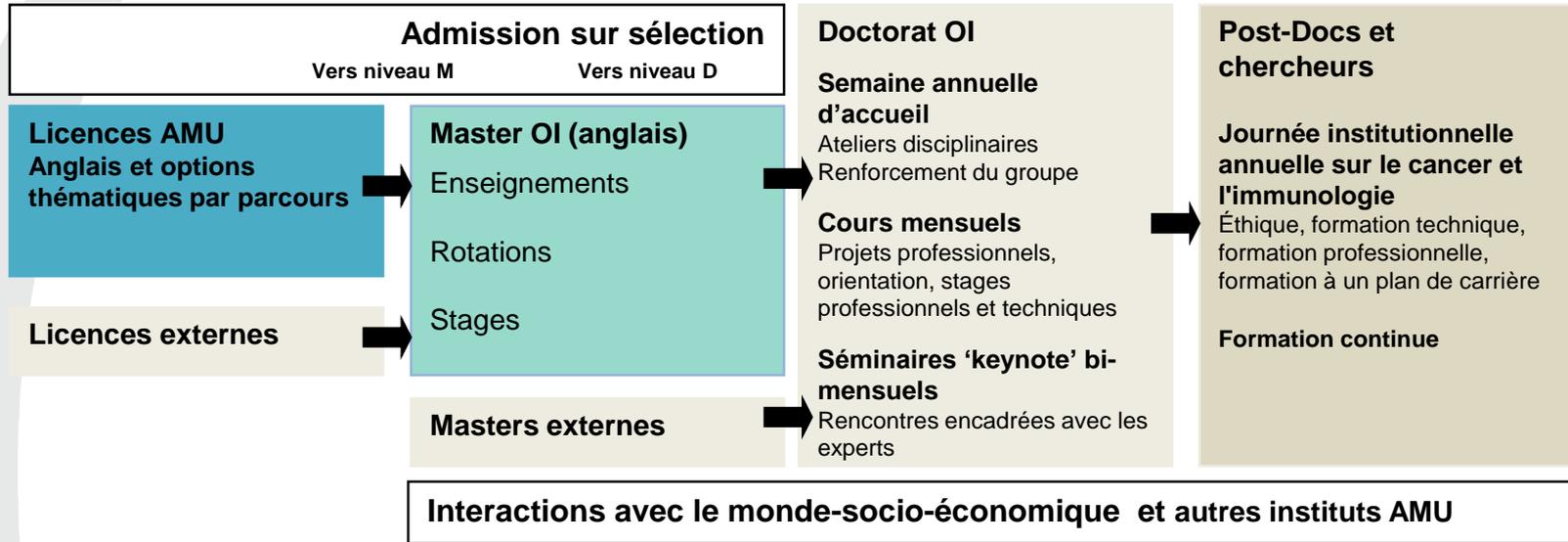
ERA PerMed
MOPTAML: médecine de précision (leucémies aigues)
BC-RESIST: médecine de précision (cancer du sein)
~2.5M€/3ans



3 CPER



Formation (Ecole Univ. Recherche)



Perspectives

Potentiel exceptionnel pour transformer l'essai de la découverte à la valorisation (FLT3, CTLA4, KIR)

Investir dans une formation de très haut niveau (EUR): masters (150), thèses (80) et post-doc (20)

Enrichir le potentiel recherche/formation du site par le recrutement de 2 Chaires d'Excellence en Onco-Immunologie

Amplifier la culture d'échanges public-privé déjà en place (CIFRE, partenariats, mobilité)

Développements technologiques (bio-informatique et cellule unique)

Devenir le 1^{er} centre français en Recherche, Développement et Formation en onco-immunologie

Institut d'Archéologie Méditerranéenne - ARKAIA

Porteur : Jean-Christophe SOURISSEAU

1. Contexte

Dans la diversité des pratiques scientifiques, l'archéologie est devenue un laboratoire de l'interdisciplinarité et de la collaboration entre les grands champs disciplinaires des sciences humaines des sciences de la vie, des sciences naturelles et aujourd'hui des sciences et techniques de l'ingénieur. Elle est en outre constamment et transversalement impactée par les progrès de la physique (datations...) et de la biologie (ADN...).

A Aix-Marseille Université, l'archéologie constitue un domaine d'excellence reconnu depuis plusieurs décennies tant au niveau national qu'international et porté par des actions centrées sur l'ensemble du domaine méditerranéen. Le projet vise donc à créer un **Institut d'Archéologie Méditerranéenne (ARKAIA)** conçu comme un pôle de convergences des compétences de recherche et de formation en archéologie, entendue dans son sens large, comme recherche et dialogue sur les traces du passé, et en archéosciences, en Méditerranée de la Préhistoire jusqu'aux périodes récentes. Il repose sur **la mise en synergie autour d'objectifs identifiés** des capacités matérielles et humaines des laboratoires d'archéologie de la MMSH (LAMPEA – Centre Camille-Jullian – IRAA - TDMAM – LA3M) en interface, pour en renforcer l'originalité et compléter le champ de la recherche archéologique, des équipes ou parties d'équipes, du CEREGE et de l'IMBE qui développent des approches innovantes en géosciences (datations, environnements, chimie...), d'ADES (archéologie de la mort et anthropologie biologique) et des ressources des laboratoires du champ des Sciences et techniques de l'ingénieur (Institut Fresnel, Madirel, LP3, LIS, LMA, CINaM, ISM).

Cette mobilisation des personnels et des laboratoires s'inscrit dans deux fenêtres d'opportunité :

- **un acte scientifique fort** : au niveau national comme international, les sites qui peuvent mettre en synergie l'ensemble des champs disciplinaires qui interviennent en archéologie et qui peuvent s'appuyer sur des plateaux techniques de haut niveau ne sont pas nombreux et souvent entravés par une organisation en silo. La création de l'**IAM-ARKAIA** appuyée sur une participation active des acteurs et des institutions permettra de positionner le site d'Aix-Marseille parmi les acteurs majeurs du point de vue international et comme leader sur le domaine méditerranéen pour faire **émerger de nouveaux questionnements de recherche** et être en capacité de mettre en place les outils conceptuels et techniques pour y répondre.

- **un acte politique nécessaire** : la situation politique et administrative actuelle de plusieurs pays du bassin méditerranéen a déstabilisé ou détruit les institutions en charge de la recherche et de la valorisation des vestiges archéologiques. En même temps, on assiste à une prise de conscience progressive des États et des opinions publiques de l'importance et de la fragilité des vestiges archéologiques, dont témoignent l'instrumentalisation parfois spectaculaire de plusieurs d'entre eux (Palmyre...). Le rôle de l'**IAM-ARKAIA** sera alors, en formation initiale ou continue, de former des futurs acteurs qui devront intervenir dans les champs scientifiques mais aussi politiques et administratifs. À terme, c'est un réseau de liens étroits qui sera tissé entre AMU et les pays méditerranéens.

2. Forces, Moyens, Partenaires institutionnels

Les champs de compétences reconnus des 7 laboratoires entièrement et partiellement impliqués sont le garant d'une approche décloisonnée et de l'émergence de problématiques innovantes. Le LAMPEA, le CCJ, l'IRAA et le LA3M engagent l'ensemble de leurs personnels dans le projet, le TDMAM et ADES une partie seulement. Pour le CEREGE et l'IMBE, seules les équipes spécialisées en archéosciences sont accueillies au sein de l'**IAM-ARKAIA**. Enfin, les liens qui se sont récemment tissés avec les laboratoires des Sciences de l'Ingénieur fondent une vision transversale du développement technologique des approches archéologiques, notamment dans l'étude des propriétés matériaux, de l'optique et de l'acoustique. Ce projet s'insère transversalement dans 4 PR2I : Humanités, Environnement, Santé et Sciences de la Vie, Sciences et technologies avancées et dans 3 instituts du CNRS : INSHS, INSU et INEE et mobilisent plus d'une centaine de personnels de recherche et d'accompagnement de la recherche.

A ce dispositif, il faut ajouter un fort partenariat déjà existant au niveau national avec les acteurs du Ministère de la Culture (Services régionaux de l'Archéologie en région PACA, Occitanie et Corse ainsi que le Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines - DRASSM, à compétence nationale), de la conservation et de l'étude des matériaux patrimoniaux (Centre Interrégional de Conservation et Restauration du Patrimoine –

CICRP) et de l'archéologie préventive nationale (Institut National de Recherches en Archéologie Préventive – INRAP). Les partenariats internationaux, souvent anciens avec les pays de la rive sud mais aussi avec l'Italie, l'Espagne, l'Albanie, Malte ou la Grèce, au travers du réseau des Ecoles françaises à l'Étranger notamment, fondent un réseau dynamique propice au développement de la recherche et des échanges scientifiques qui trouve aujourd'hui une première concrétisation institutionnelle dans le **Campus Transnational Méditerranéen** sur lequel s'appuie prioritairement notre proposition.

3. Vers la définition d'un nouveau périmètre de l'archéologie à AMU

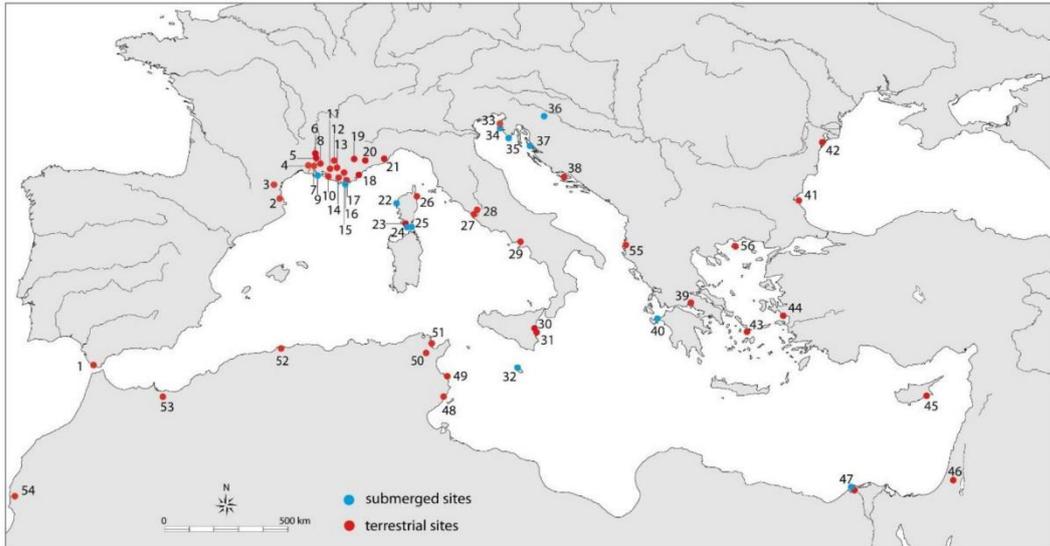
Les champs actuels de l'archéologie envisagent désormais une approche complexe, à la fois individuelle et globale des individus, des sociétés, des territoires et des environnements et invitent à reformuler les questions qui nous préoccupent. Les secteurs les plus dynamiques ont intégré depuis deux décennies des approches naturalistes en s'inscrivant dans des programmes de recherches communs aux spécialistes des sciences du vivant et des sciences de la terre, alors que le LabexMed a contribué, de son côté, à ouvrir le regard des chercheurs vers les sciences sociales. Aujourd'hui, la réflexion sur la co-construction des milieux et des sociétés, l'analyse des dynamiques sociales et environnementales des environnements maritimes, la question de la gestion des ressources dans les contextes spécifiques des environnements méditerranéens continentaux et insulaires, la datation à haut niveau de résolution des processus archéologiques et naturels sont devenus, en partenariat avec les équipes du CEREGE et de l'IMBE du périmètre OSU-Pythéas et des équipes d'ADES du périmètre Santé, des terrains de recherche communs à la fois féconds, originaux et à fort potentiel de développement. **Ils constituent une base saine pour la construction de notre projet** d'archéologie globale en permettant l'élaboration transectorielle de problématiques actualisées.

L'objet du projet d'**Institut d'Archéologie Méditerranéenne - ARKAIA** est donc de structurer cette évolution dont les résultats des dix dernières années montrent sans ambiguïtés que les ressources d'AMU ont le potentiel nécessaire pour exercer dans les dix années à venir un leadership scientifique sur les terrains méditerranéens. L'enjeu est de construire une synergie transdisciplinaire déjà riche d'expériences positives en l'imposant dans un **cadre systémique** qui sera la base d'une maîtrise méditerranéenne des problématiques archéologiques.

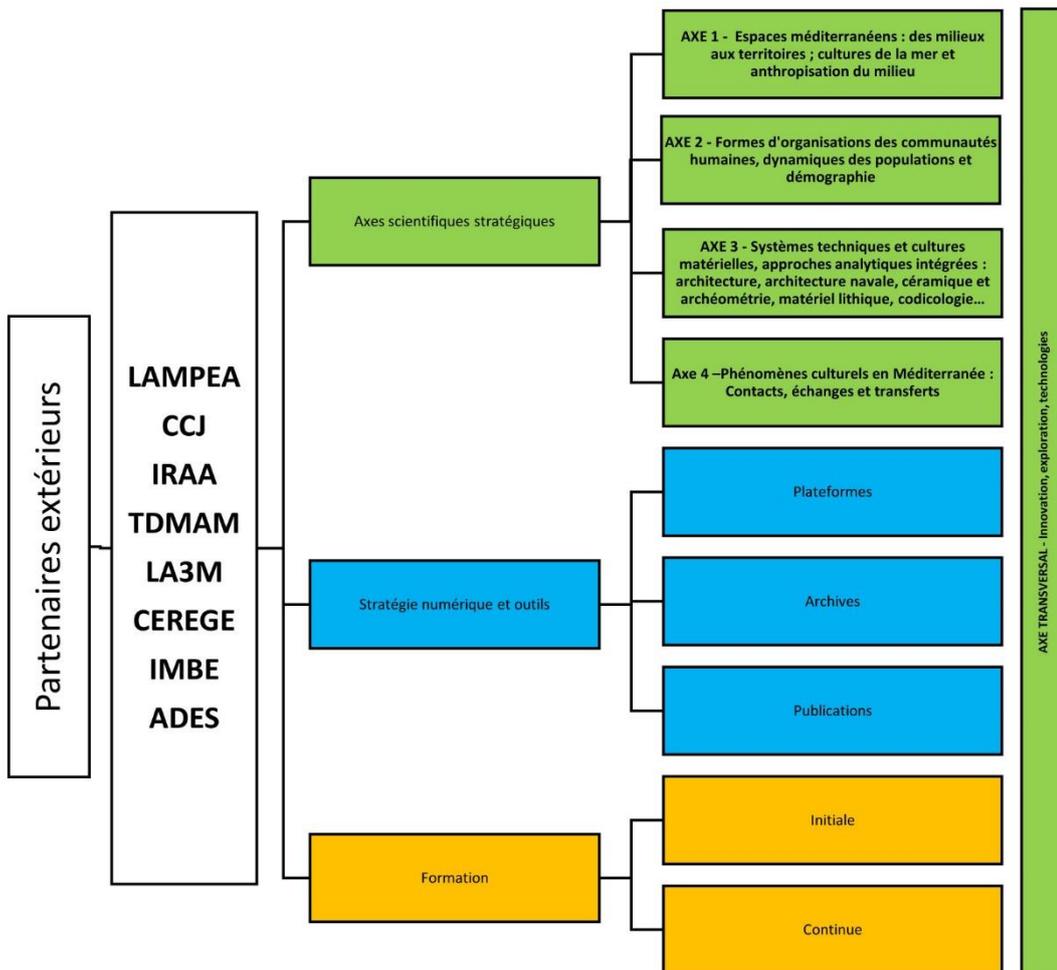
Le contexte de la mise en œuvre de ce projet est également particulièrement favorable d'abord parce que nos laboratoires ont une **forte capacité à se projeter sur les terrains archéologiques méditerranéens** et donc à développer la collecte de données primaires. C'est un point fort relevé dans tous les rapports des comités HCERES (2017). Ces terrains sont par ailleurs concentrés dans certains secteurs privilégiés qui sont partagés par l'ensemble des équipes : la France méridionale, l'Italie, la Grèce, les Balkans, les grandes îles (Corse, Sardaigne, Sicile, Crète), la Mer Noire, le Maghreb.

Ces espaces méditerranéens constituent **les spots scientifiques** de notre activité et sont autant de sites-ateliers au sein desquels nos étudiants ont vocation à se former en s'appuyant sur la documentation de l'archéologie dite classique (philologie, épigraphie, paléographie...), mais en prenant contact également avec la réalité des terrains, avec les méthodologies et les technologies les plus modernes de la recherche et donc à s'immerger dans la recherche transdisciplinaire en train de se faire. Depuis un peu moins de 10 ans, AMU a très largement soutenu par l'intermédiaire de ses Labex et d'A*Midex la recherche de terrain en Méditerranée dans le cadre de projets scientifiques innovants. Les différentes formes d'archéologies pratiquées sur le site en ont largement profité, ce qui a permis aux équipes de perfectionner nos actions en terme de méthodologie inter et transdisciplinaire, d'assurer notre présence continue sur les terrains et d'entraîner dans cette dynamique nos chercheurs et nos meilleurs étudiants.

Distribution of research and training sites in the Mediterranean



Structure de l'Institut Méditerranéen d'Archéologie



4. Structuration du Projet et axes scientifiques

Le projet d'Institut sera organisé en trois ensembles distincts organiquement liés :

- Un projet scientifique de recherche structuré en cinq axes stratégiques,
- Un projet structurant les moyens documentaires et techniques mis en œuvre dans le cadre d'une perspective de rationalisation et de développement,
- Un projet de formation intégré Master-Doctorat-Post Doctorat,

Ils sont construits, dans une démarche prospective, à la fois sur la base de nos domaines d'expertises reconnus, soutenus par une infrastructure déjà pour partie existante, mais aussi sur une évaluation de la plus-value attendue du regroupement de nos forces dans l'Institut.

Cinq axes de recherches structurent l'Institut dans le cadre d'une programmation à 10 ans, dans lesquelles les forces rassemblées trouveront le support nécessaire à leurs projets communs.

4.1. AXE 1 - Espaces méditerranéens : des milieux aux territoires ; cultures de la mer et anthropisation du milieu

Les équipes de l'Institut ont démontré individuellement l'amplitude de leurs champs d'expertise sur les thématiques environnementales de la Méditerranée, notamment les milieux maritimes, littoraux et portuaires, sur la gestion de l'eau dans les habitats et les territoires habités et exploités, ainsi que sur l'environnement biologique des sociétés humaines. L'Institut offre l'opportunité de construire des programmes communs pour mener l'analyse et la restitution des interactions entre l'homme et son milieu naturel, comprendre son évolution, ses pratiques et modes de vie autour des thématiques paléoclimatiques, paléoenvironnementales, géo et bioarchéologiques.

On privilégiera 3 directions :

- **Les cultures de la mer : environnements fluvio-deltaïques, installations humaines littorales et ports).** Cette partie de l'Axe 1 a vocation à soutenir la réflexion et les projets relevant en particulier des environnements côtiers, de l'exploitation, de la transformation, de la conservation, du recyclage et de l'échange des ressources de la mer et de l'exploration et des gisements archéologiques sous-marins et littoraux.
- **Hydroarchéologie et gestion de la ressource en eau des sociétés anciennes et médiévales.** Grâce au réseau HYDRQMED, mis en place avec le soutien financier de la fondation Amidex, et en partenariat avec des universités européennes et méditerranéennes, notamment avec le cluster d'excellence Topoi de la Freie Universität de Berlin, AMU occupe une place importante dans la réflexion internationale sur l'éventuelle création d'une nouvelle discipline, fortement interdisciplinaire, l'archéohydrologie. Le croisement des Humanités, sciences de l'environnement, architecture et ingénierie hydraulique favorise l'étude de la gestion de l'eau dans les cultures anciennes et la promotion de programmes de restauration et de valorisation culturelle d'un patrimoine hydraulique utile également au développement durable des espaces méditerranéens, touchés par la pénurie de la ressource.
- **Relations Homme / Environnement dans le bassin méditerranéen.** L'Institut sera l'occasion de confronter les écosystèmes et les organisations socio-économique en pointant la recherche sur les matériaux bio-archéologiques, comme les ressources floristiques et fauniques qui sont des indicateurs bioclimatiques et des supports d'informations indispensables pour cerner les stratégies de subsistance et d'occupation des territoires. L'objectif sera de mobiliser les forces et les moyens pour des approches croisées : données géologiques, biologiques et indicateurs bioclimatiques, paléontologie/archéozoologie. Les conséquences des modifications des environnements sur la santé des populations humaines seront également abordées sur la longue durée.

4.2. AXE 2 – Formes d'organisations de communautés humaines, dynamiques des populations et démographie.

Les équipes de l'Institut ont acquis une visibilité nationale et internationale sur certains aspects de cette thématique, qui sera appelée à se développer avec de nouveaux partenaires sur le site d'Aix-Marseille dans les années à venir. Que ce soit le LAMPEA, ADES, le CCJ ou le LA3M, l'étude des dynamiques de peuplement est bien implantée et la fédération

des forces permettra de porter un regard sur la longue durée des territoires méditerranéens explorés de longue date, comme la Provence et l'arc alpin, l'Italie, les grandes îles occidentales (Corse, Sardaigne, Sicile). Le cadre de l'Institut est particulièrement propice au développement de travaux croisés avec l'IMBE et le CEREGE pour la reconstitution des environnements biotiques et abiotiques qui constituent le cadre physique des peuplements et pour croiser les transformations des environnements et les évolutions des pratiques sociales et culturelles (ADES). Il est également propice à la collaboration des plateformes de biochimie isotopique entre le LAMPEA, seul laboratoire français à mettre en œuvre ces procédés dans une perspective d'anthropologie de l'alimentation, et le CEREGE afin de tester l'utilisation de nouveaux isotopes pour la reconstitution des régimes alimentaires.

C'est dans cette perspective que seront abordés la démographie et la dynamique des populations et l'anthropologie de la paléalimentation. Depuis la démographie des Néandertaliens jusqu'aux populations médiévales, on analysera les sociétés méditerranéennes à travers l'intégration des données démographiques classiques de l'archéologie ou paléogénétiques dans des systèmes mathématiques de modélisations pour la production de scénarios qui testent les relations entre les variations bioclimatiques, la distribution géographique, les mobilités et les choix économiques de production des sociétés jusqu'au recrutement dans les espaces funéraires. Les problématiques de la paléalimentation et des comportements socio-économiques des populations passées seront également abordées à partir d'approches isotopiques (C, N, S, O). Les dynamiques de peuplement et d'occupation des sols sont également des thématiques majeures mobilisant une analyse conjointe du registre archéologique. Dépassant une vision méditerranéo-centrée des espaces/terroirs de l'Europe occidentale au-delà d'une bande de 200 km de la côte, les dynamiques spatiales des populations, qui s'installent, structurent, exploitent leurs territoires et leurs terroirs, seront abordées à partir des méthodes de l'archéologie du paysage et de l'écologie fonctionnelle.

4.3. AXE 3 - Systèmes techniques et cultures matérielles, approches analytiques intégrées

L'analyse de la culture matérielle est au cœur de la démarche archéologique. Fondée au départ sur les concepts d'Anthropologie des techniques issus des travaux de Marcel Mauss ou d'André Leroi-Gourhan, la recherche a investi progressivement les champs des savoirs et des compétences individuels et collectifs, des savoir-faire, des compétences, des usages et des représentations. Sont ainsi abordés les champs de l'économie, de la segmentation dans le temps et l'espace des activités qui sont investis, des organisations économiques et politiques qui permettent la mise en place des circuits de production et de diffusion des produits. Cette analyse des vestiges matériels bénéficie actuellement de l'important développement d'outils analytiques relevant des géo- et biosciences et de la modélisation. La caractérisation précise de matériaux, la datation des objets et structures, la recherche de résidus et vestiges organiques, l'exploration non invasive par différentes technologies, les restitutions 3D... permettent de documenter avec une grande précision les différentes phases des chaînes opératoires et les processus fonctionnels et économiques. Cette collaboration entre méthodes analytiques et problématique archéologique a envahi l'ensemble des périodes et tous les types de vestiges, des productions artisanales aux édifices complexes et les laboratoires d'AMU ont acquis une expertise internationale sur l'analyse tracéologique des équipements techniques préhistoriques, sur les céramiques méditerranéennes ou dans l'architecture navale qui bénéficie d'une réputation mondiale.

L'IAM-ARKAIA permettra une intense plus-value de ces travaux par le développement des analyses numériques des productions matérielles, la conformation des plateformes analytiques pour un haut niveau de résolution de caractérisation des matériaux et de leurs utilisations et des innovations en termes de datation et de fonctionnement des structures et des objets archéologiques.

4.4. Axe 4 –Phénomènes culturels en Méditerranée : Contacts, échanges et transferts.

Les équipes de la MMSH ont exploré les thématiques culturelles des sociétés méditerranéennes antiques et médiévales depuis plusieurs décennies et y ont acquis une visibilité internationale, distinguée par des appels à projets locaux (LabexMed et A*Midex), nationaux (ANR), et européens (6^e PCRD, réseau européen Ramses² depuis 2006), avec des partenariats italiens, espagnols, grecs ou turcs. On peut les décliner en trois thématiques principales :

- **Contacts interethniques et structurations des espaces en Méditerranée**

La thématique des migrations, fortement insérée dans les problématiques portées par la MMSH, est également explorée par les équipes d'archéologie depuis la Préhistoire. Outre les mouvements de population étudiés à travers les traces biologiques, on confortera les positions acquises depuis une trentaine d'années en déplaçant le curseur vers l'appropriation et l'exploitation des espaces en milieu colonial, qu'il s'agisse des territoires occupés par les Grecs ou

dominés par Rome, en Gaule méridionale et au-delà (en Sicile à Mégara Hyblaea, en Albanie et en Gaule méridionale), puis par Byzance en Méditerranée orientale. Dans une dimension juridique, politique et économique, et à partir des sources conjointes de la philologie (littératures grecque, latine, arabe et hébreu au TDMAM et au CCJ), de l'épigraphie (au CCJ, notamment sur le cadastre d'Orange) et de la culture matérielle (CCJ, IRAA, LA3M), on appréhendera les notions d'espace privé / public / religieux comme clé de la fabrique de la ville et de ses architectures, tandis que l'organisation des territoires civiques sera envisagée par les relations entre les différentes cultures (grecque/romaine et indigènes d'un côté, byzantine/arabo-musulmane de l'autre), de manière à mettre en lumière les spécificités des relations entre les uns et les autres. Enfin, la dimension immatérielle de la langue, de la culture et du symbolique ne sera pas omise. Si les rapports Rome/Grèce restent un champ de recherche privilégié, la réflexion sera étendue à d'autres domaines des contacts culturels : Chrétiens et païens de la fin de l'Empire, monde chrétien et monde arabe, etc.

- **Constructions, représentations et mémorialisations des pouvoirs politiques et religieux**

La construction théorique des pouvoirs est explorée au travers des théorisations philosophiques du politique et des modes d'organisation politiques, juridiques, institutionnels et religieux. Cette analyse est poursuivie dans les représentations et les expressions du pouvoir, avec comme point focal les disjonctions entre les discours sur le pouvoir et les pouvoirs établis, depuis les sociétés grecques classiques jusqu'aux sociétés chrétiennes et musulmanes, et l'iconographie byzantine des saints. Les lieux du pouvoir sont enfin approchés par la mise en lumière des modalités d'appropriation culturelle de la ville par les différentes composantes de la société et la construction d'une mémoire urbaine, facteur d'adhésion et de conflits. Les témoignages de la littérature antique et médiévale, étudiés par les chercheurs du TDMAM et du CCJ, se conjuguent aux vestiges architecturaux ou sculpturaux, analysés par ceux du CCJ, de l'IRAA et du LA3M (bâtiments publics des sites de Thasos et d'Apollonia d'Albanie, statuaire honorifique) pour dessiner un paysage fortement politisé, construit par les pouvoirs politiques et religieux.

- **Construction et transferts des savoirs en Méditerranée antique et médiévale**

Enfin, l'Institut attachera un intérêt tout particulier aux phénomènes de construction et de transfert des savoirs (savoirs techniques en médecine ou en architecture, et histoire des idées), ainsi qu'à leurs modes d'expression et de transmission (encyclopédisme et collectionnisme), et aux lieux de leur élaboration et conservation. Ces thématiques ne pourront être explorées qu'à partir d'une étroite interdisciplinarité entre philologues du TDMAM et archéologues du CCJ et du LA3M : l'étude des corpus de textes est indissociable de leurs supports, du papyrus aux humanités numériques.

4.5. AXE 5 - Innovation, exploration, technologies.

L'axe 5 a vocation à encourager le développement des technologies innovantes en archéologie et dans tous les domaines de la documentation ancienne entrant dans le périmètre de l'Institut. Un dialogue déjà fécond est actuellement à l'œuvre avec le PR2I Sciences et Technologie et implique plusieurs équipes déjà bien identifiées comme l'Institut Fresnel, le Madirel, le LP3, le LIS, le LMA, le CINaM et l'ISM.

Deux orientations sont envisagées :

- **L'expérimentation et le développement de procédés nouveaux** permettant d'améliorer l'accessibilité, la lecture, le traitement ou la conservation de la documentation.
- **Soutenir la constitution et la diffusion numérique de corpus archéologiques et documentaires.**

Cet axe s'inscrira de manière transversale à l'ensemble des quatre autres axes.

5. Formation

Stratégie de l'offre de formation

Les formations adossées aux programmes de recherches de l'Institut s'inscrivent dans la cohérence de l'ensemble du dispositif. Structurées par un programme intégré de formations Master, doctorat et post doctorat, elles ont été conçues sur la base de nos pôles d'excellence reconnus ou en développement et sont portées par des méthodes pédagogiques innovantes dans le cadre d'une politique clairement affichée d'internationalisation et de professionnalisation.

Les principes qui ont prévalu dans leur conception peuvent être résumés comme suit :

- i. Des formations alternant enseignements théoriques et formation professionnalisante en immersion dans la recherche vivante (sous la forme d'activités pratiques encadrées, de stages encadrés en contexte de recherche, ou de stages en entreprises chez nos partenaires socio-économiques et industriels).
- ii. Une intégration dans la formation des personnels CNRS et des EC issus des divers périmètres de l'Institut, ainsi que des partenaires institutionnels non universitaires (Ministère de la Culture par ex.) et les acteurs du monde socio-économique et industriels.
- iii. Un haut niveau de prérequis qui impose un examen des dossiers à l'entrée et un nombre contrôlé d'inscrits.
- iv. Un suivi individualisé des parcours d'étudiants.
- v. Une internationalisation des recrutements (objectif, 50 % de recrutement à l'international).
- vi. Une internationalisation de la formation (professeurs invités, développement des échanges avec nos principaux partenaires étrangers), dans le cadre prioritaire du Campus Transnational Nord-Méditerranéen.
- vii. Un tutorat intégré par l'implication des doctorants et des post doctorants recrutés dans le cursus Master.

5.1. Formation initiale : Masters

La formation Master s'inscrit dans l'offre de formation de l'UFR ALLSH, plus précisément au sein du Master « Archéologie et Sciences pour l'archéologie ». 5 parcours ont été définis.

Ces cinq parcours thématiques dont les orientations sont l'expression de nos pôles d'excellence et qui garantissent notre positionnement spécifique, sont par principe diachroniques et trouvent leur cohérence dans un dispositif qui associe, pour l'étudiant, une formation de spécialité clairement identifiée et un tronc commun significatif permettant d'établir les bases du langage commun porté et souhaité par l'Institut. Cette cohérence d'ensemble est par ailleurs renforcée par une architecture commune à l'ensemble des parcours Master sur le modèle du Parcours MoMArch, porté par un projet Académie d'Excellence d'A*Midex depuis 2013, et dont l'expérience pédagogique et scientifique a été évaluée très positivement par le jury d'étape de l'Idex.

Architecture et parcours proposés

Cette formation de niveau Master se déploie sur deux années (M1 et M2) alternant semestres théoriques et semestres consacrés à la formation pratique en immersion recherche et/ou aux mobilités internationales. Un tronc commun structure l'architecture d'ensemble (25 % des enseignements théoriques) et accueille cinq parcours clairement identifiés :

- 1 **MoMArch** : *Master of Maritime and Coastal Archaeology*
- 2 **MoBio&GeoArch** : *Master of Bio and Geo Archaeology*
- 3 **MoMatCultArch** : *Master of technical Systems and Material Culture*
- 4 **MoDeath** : *Master of Death Archaeology*
- 5 **MoKnow** : *Master Forms of knowledge and cultures in the Classical and Medieval Mediterranean*

Le tronc commun

Tous les étudiants suivront les UE de tronc commun conçues comme un forum où enseignants, chercheurs et étudiants devront construire le langage commun de l'Institut autour d'une réflexion épistémologique sur les objets partagés et co-construits, autour d'une maîtrise commune des outils numériques et d'une réflexion sur leur intégration dans la stratégie scientifique de chacun, et enfin en partageant les expériences scientifiques dans le cadre de la semaine des professeurs invités.

Les semestres 2 et 4 sont partagés en deux UE de tronc commun destinées à encadrer les activités de stage ou les mobilités internationales et un mémoire scientifique dont les contenus, la forme et la progression du M1 au M2 seront définis par les équipes responsables de chacun des parcours en concertation avec la gouvernance de l'Institut et l'UFR ALLSH.

Contenus des parcours et publics cibles en formation initiale

- **1 - MoMArch** : *Master of Maritime and Coastal Archaeology*

Ce parcours vise à former les futurs spécialistes internationaux de l'archéologie sous-marine et de l'archéologie des littoraux. La formation, tant théorique que pratique, est assurée par une équipe composée d'enseignants-chercheurs d'AMU et du CNRS ainsi que par le Département des Recherches Archéologiques Subaquatique et Sous-Marines

(Drassm) du Ministère de la Culture. Soutenu par l'Académie d'Excellence de la fondation A*Midex, il est placé sous l'égide de la Chaire Unesco d'Archéologie maritime et littorale.

- **2 - MoBio&GeoArch** : *Master of Bio and Geo Archaeology*

Ce parcours a l'ambition de remédier à un écueil identifié de longue date en France, lié à la profonde césure de l'enseignement entre les Sciences Humaines et les Géosciences. La formation à des approches instrumentales et analytiques sera systématiquement croisée avec les problématiques archéologiques. Ce parcours s'appuie sur une pédagogie à double entrée. La première aborde les disciplines constitutives des archéosciences dans leur globalité, à travers les approches biologiques, physiques, chimiques, biochimiques et sédimentaires.

- **3 - MoMatCultArch** : *Master of technical Systems and Material Culture*

Ce parcours est dédié à la formation à l'analyse intégrée des vestiges matériels en articulant une double compétence : la maîtrise des concepts opératoires de l'analyse des productions matérielles en archéologie, fondée sur la notion de chaîne opératoire appliquée à l'ensemble des vestiges, des productions artisanales, à l'archéologie du bâti et la connaissance des méthodes analytiques actuelles et l'approfondissement d'une approche spécifique par l'immersion en laboratoire à travers les stages pour l'application des techniques actuelles invasives et non invasives d'exploration et d'études des productions matérielles.

- **4 - MoDeath** : *Master of Death Archaeology*

Ce parcours dispensera une formation à l'étude des rites funéraires des sociétés anciennes dans une perspective intégrative et pluridisciplinaire. Se reposant sur l'approche éprouvée de l'archéothanatologie, il s'agira de proposer des enseignements sur la « Mort » et les Morts intégrant plusieurs échelles, celle de l'ensemble funéraire, de la tombe (structure, mobilier archéologique) et du défunt (les gestes mortuaires et l'identité biologique- caractérisation du recrutement, âge, sexe, etc-). L'originalité de ce parcours est la prise en compte des aspects symboliques inhérents aux coutumes funéraires. Cette formation sera adossée à des enseignements pratiques sur le terrain (fouilles de sites funéraires) et en laboratoire (analyse des restes osseux et dentaires).

- **5 - MoKnow** : *Master Forms of knowledge and cultures in the Classical and Medieval Mediterranean*

Cette formation a pour ambition d'articuler, à parts égales, l'archéologie, l'histoire (de la Méditerranée antique et médiévale) et la philologie entendue au sens large (formation en langues anciennes, littérature et civilisation), dans l'esprit des *Classics*. L'objectif est que les étudiants acquièrent au terme des deux années de Master des outils épistémologiques et méthodologiques leur permettant de construire une démarche scientifique pluridisciplinaire à la croisée de l'archéologie, de l'histoire, des langues et littératures anciennes.

Calendrier de mise en œuvre et faisabilité

L'ensemble des parcours envisagés s'inscrivent ou ont vocation à s'inscrire dans le Master d'Archéologie et sciences pour l'archéologie de l'UFR ALLSH.

Le parcours 1 (*MoMArch*) existe depuis 2013 et est inscrit dans l'offre de formation du contrat 2018-2022. Le parcours 2 (*MoBio&GeoArch*) existe également sous une forme légèrement différente dans la même offre de formation. Sa transformation pourrait intervenir très rapidement, au plus tard lors de la révision à mi-contrat de l'offre de formation. Les parcours 3 (*MoMatCultArch*) et 5 (*MoKnow*) doivent en revanche être créés dans un calendrier qui reste à définir avec l'UFR ALLSH en fonction des opportunités administratives de révision de l'offre de formation. Le parcours 4 (*MoDeath*) doit également être créé bien qu'une partie des UE envisagées soient déjà inscrites dans l'offre de formation du Master Humanités médicales (parcours Anthropologie médico-légale et Bioarchéologie), en secteur santé.

En fonction de la situation et des exigences du calendrier de mise en œuvre des Instituts, la solution provisoire des diplômes d'établissement pourrait être envisagée.

L'exigence de mobilité

Stages et mobilités constituent un élément fondamental pour la pertinence et l'originalité de cette formation. Chaque parcours, selon ses exigences propres organisera sa stratégie qui reposera néanmoins, pour les activités de terrain sur un catalogue de sites-ateliers (voir carte provisoire, p. 3) accessibles aux étudiants en concertation avec leurs tuteurs scientifiques. Les possibilités de stages en entreprises ou en institutions patrimoniales reposeront également sur un catalogue constitué prioritairement des partenaires déclarés de l'Institut, qui a vocation à s'accroître avec le temps.

Les mobilités universitaires reposeront d'abord sur le réseau Campus Transnational Nord Méditerranéen qui associe les universités de Barcelone, de Madrid (Autonome) et de la Sapienza de Rome dans le cadre d'un programme de coopération académique et scientifique renforcée, et sur les nombreux accords Erasmus et Erasmus + déjà conclus. Ces accords sont aujourd'hui la base d'une réflexion en cours sur l'opportunité de construire dans ce cadre des co-diplomations.

Internationalisation et attractivité

Deux points principaux sont à retenir :

- Un objectif de recrutement à court terme de 50% d'étudiants étrangers, choisis sur la base de l'excellence de leur dossier et de leur projet scientifique et professionnel.
- Une offre de formation qui devra rapidement atteindre au moins 50 % des enseignements en anglais.

Au titre de l'attractivité, l'Institut proposera des bourses de mobilité entrante et sortante, en particulier à destination des étudiants de la rive sud et dans le cadre prioritaire du Campus Transnational Nord Méditerranéen.

Des bourses de mobilité entrantes sont déjà assurées pour les cinq prochaines années : Fondation Honor Frost pour les étudiants francophones syriens et libanais (parcours *MoMArch*).

Les chantiers-ressources recherche formation (sous-marins, portuaires et terrestres)

En collaboration avec nos partenaires nationaux et internationaux, un catalogue de chantiers-ressources sera proposé pour les stages pratiques aux étudiants de Master en fonction de leurs centres d'intérêts, de leur projet professionnel et des orientations de l'Institut. Une liste et une carte provisoire sont proposés en p. 3.

5.2. Formation Doctorat/Post-Doctorat

A l'issue de la formation Master, les étudiants de chacun des parcours Master pourront accéder à la formation doctorale dans le cadre des ED 355 (Espaces Cultures Sociétés), 251 (Sciences de l'environnement) et 062 (Sciences de la vie et de la santé). Le dispositif sera soutenu par l'Institut au travers d'une offre de contrats doctoraux spécifiques en copartage et/ou cofinancement avec nos partenaires régionaux (Régions, collectivités), nationaux (Ministère de la Culture) ou internationaux (Ecoles françaises à l'étranger, UMIFRE, ministère des Affaires étrangères et institutions étrangères conventionnées). Les conventions CIFRE seront également recherchées, tant auprès des collectivités publiques que des partenaires du secteur privé. Plusieurs expériences récentes nous ont montré la pertinence de la démarche. Les cotutelles internationales seront privilégiées, avec une priorité affichée pour le dispositif Campus Transnational Nord-Méditerranéen. Au titre de l'internationalisation, une large publicité sur ces opportunités portées par un contexte structuré de très haut niveau sera diffusée à l'international, afin d'attirer sur le site d'AMU les meilleurs étudiants internationaux en doctorat et post-doctorat.

Plusieurs dispositifs relatifs aux études doctorales et post-doctorales sont envisagés :

- Une insertion renforcée des doctorants et post-doctorants dans la formation Master avec la mise en place d'un tutorat à destination des étudiants de Master.
- La création d'un collège post-doctoral appuyé sur le réseau Alumni (voir 5.4).
- La mise à disposition d'un catalogue de formations scientifique et techniques complémentaire à destination des doctorants.

Le soutien à l'organisation d'Ecole Thématiques et d'Ecoles d'été impliquant les doctorants et post doctorants, ouvertes aux étudiants de parcours Master et coordonnées à l'international dans le cadre prioritaire mais non exclusif du Campus Transnational Nord-Méditerranéen.

5.3. Formation continue

Les enjeux de la formation continue à destination des cadres de la gestion du patrimoine méditerranéen nous apparaissent primordiaux.

A ce titre, les UE de Master constitueront un catalogue de formations ouvert à un large public de professionnels de l'archéologie préventive et des services patrimoniaux nationaux et internationaux. La formalisation de cette offre passera par la création d'un ou de plusieurs DU portés par le service de la formation professionnelle continue d'AMU.

Dans ce cadre, la diffusion de cours en ligne, en présentiel ou non, constituera une possibilité technique qu'il est urgent d'explorer au regard des demandes qui nous sont faites de la part des services patrimoniaux et de recherches des pays de la rive sud de la Méditerranée.

5.4. L'insertion professionnelle

La formation Master, outre la possibilité qu'elle offre d'entrer dans un cursus doctoral, a également été conçue, plus particulièrement pour les parcours 1 à 4, comme une formation à forte capacité d'insertion professionnelle, notamment vers les opérateurs de l'archéologie préventive nationale (terrestre et sous-marine), vers les services de collectivités territoriales, les organismes internationaux et, dans le cas des étudiants étrangers, vers les services exerçant la tutelle scientifique et patrimoniale dans leurs pays respectifs. L'expérience *MoMarch* nous a clairement démontré l'excellente insertion professionnelle des étudiants issus de la formation avec un niveau Master.

L'orientation interdisciplinaire et internationale des axes scientifiques de l'IAM-ARKAIA produira, en outre, une nouvelle génération de chercheurs inscrits dans la dynamique interdisciplinaire prônée par les organismes de recherche et d'enseignement supérieur (CNRS, Universités françaises et étrangères) vers lesquels les étudiants titulaires d'un doctorat ou ayant fait un séjour post-doctoral à l'IAM d'AMU pourront se positionner sur les recrutements. Ces jeunes chercheurs bénéficieront également des liens forts déjà existants avec les Ecoles françaises à l'Etranger en constituant un vivier de recrutement crédible. L'internationalisation du recrutement et des cadres de la formation assurera une bonne insertion des professionnels de la recherche archéologique et du patrimoine dans les services de leurs pays d'origine, tout en contribuant à construire le réseau de collaboration de demain de l'Institut.

Nous ne négligerons pas non plus le tissu économique régional, national et international, en particulier pour les étudiants diplômés dans des spécialités qui permettent de s'inscrire dans une démarche liée aux hautes technologies, aux approches sur les milieux naturels anthropisés, à la gestion numérique des données complexes, à l'intervention sous-marine, à l'édition par exemple. Les dispositifs CIFRE, sur lesquels nous insistons, permettront de préparer les projets professionnels de certains d'entre eux en les orientant vers des métiers d'expertises en particulier. Dans certains cas, la création de start up dans le cadre de l'incubateur eAMU en relation avec la SATT sud-est devra être envisagée et accompagnée.

En outre, les moyens mis en œuvre pour suivre le processus d'insertion et entretenir ces réseaux de solidarités scientifiques s'appuiera sur création d'un réseau Alumni de l'IAM-ARKAIA.

6. Les plateformes technologiques et documentaires ; nouveaux outils numériques

Les laboratoires participants de l'IAM-ARKAIA disposent tous de plateformes documentaires et techniques de niveau international ainsi que de compétences de très haut niveau. Equipements et forces sont cependant dispersés. L'objectif à 3 puis 6 ans est de progresser vers la structuration de plateformes communes, efficaces et adaptées aux besoins collectifs de l'IAM-ARKAIA. Ces actions se feront en concertation avec les laboratoires partenaires du site et, en ce qui concerne les plateformes techniques, avec le soutien, la collaboration et le conseil du consortium **E-RIHS** — *European Research Infrastructure for Heritage Science* —. Sur le volet documentaire, l'implication de certains d'entre nous dans le consortium MASA (*Mémoire des Archéologues et des Sites Archéologiques*), ou ArkeoGis, habilités par la TGIR HUMA NUM, sera élargi à l'ensemble l'Institut, dans le cadre d'une stratégie numérique de stockage et de diffusion de l'information scientifique.

6.1 Les plateformes techniques archéométriques : une mise en synergie nécessaire

Le CEREGE et l'IMBE disposent de plusieurs plateformes analytiques complètes et originales dédiées au biogéosciences. L'IMBE participe au développement de deux bases de données sur les restes botaniques implémentées dans la base de données européenne (*European Pollen Database* - EPD). En collaboration avec le CEREGE, un portail (*Fossil Pollen Database* - FPD) permet un accès à l'ensemble de ces méta-données ainsi qu'à la base de données dendrochronologique. Le laboratoire de sédimentologie (CEREGE) permet de développer l'ensemble des analyses visant à la reconstitution des paléo-environnements à partir des carottes sédimentaires, la caractérisation des particules, des matières carbonatées et l'évaluation des bio-indicateurs.

Les équipements du CEREGE en matière d'analyses isotopiques et géophysiques sont parmi les meilleurs en France. Ils permettent (i) d'analyser les isotopes stables des métaux (Pb, Cu, Zn, ...), les isotopes cosmogéniques (¹⁰Be, ³⁶Cl, ²⁶Al

...) permettant de caractériser les sources métallifères, les activités anthropogéniques anciennes et de dater de façon absolue les objets issus de contextes préhistoriques, (ii) de développer des études en archéomagnétisme et paléomagnétisme pour la détection des structures architecturales anciennes enfouies en vue de proposer des cartes archéologiques.

Le LAMPEA dispose d'une plateforme analytique de biochimie complète permettant la préparation des échantillons bio-archéologiques du terrain jusqu'à l'encapsulation des échantillons en vue d'analyses isotopiques (isotopes stables, C, N, S, O). Ces équipements permettent à la fois de caractériser isotopiquement les environnements passés et de reconstituer les pratiques alimentaires des sociétés passées dans le temps et l'espace. Le LAMPEA met également en place une plateforme de géo-archéologie, dotée de plusieurs équipements portatifs (Granulométrie, XRF), pour reconstruire les dynamiques paysagères, les caractéristiques paléoécologiques permettant une meilleure compréhension des sites archéologiques et des séquences naturelles.

ADES dispose d'une plateforme technique de cémento-chronologie humaine et histologie osseuse vouée aux recherches en bioarchéologie (recrutement, paléodémographie) et archéothanatologie (taphonomie). Les équipements permettent d'assurer toutes les étapes des observations histologiques et cémento-chronologiques d'échantillons de petite taille (dents, fragments d'os de quelques cms : enrobage, sciage par microtome, montage de lame-mince, observation au microscope doté d'une caméra).

Le rôle de l'Institut sera de contribuer à la rationalisation de ces plateformes dans le cadre de processus intégrés de recherches portées par les participants de l'Institut et d'en démontrer ainsi la complémentarité dans le cadre d'une chaîne de recherche intégrée fluide. Dans ce cadre, une réflexion sera menée sur la mise en cohérence des moyens à disposition et des manques qui conduira l'Institut à être force de proposition et à porter des demandes de financement de type Equipex en pleine cohérence avec la situation du site d'AMU.

6.2. Les plateformes de documentation

Collections de références : Aix-Marseille héberge des collections de référence de nombreux types de matériaux fossiles et actuels. Le LAMPEA possède une ostéothèque (animaux actuels et fossiles, européens/africains) ainsi qu'une lithothèque répertoriant l'ensemble des matières premières utilisées par les artisans préhistoriques pour la réalisation des équipements techniques. Le LA3M et l'IRAA ont également une importante collection de références des matériaux de constructions spécifiques de l'ensemble du Bassin méditerranéen. Le CCJ, avec le SRA, a la gestion d'une collection de référence dendrochronologique. En collaboration avec l'Université de Gênes, le CCJ possède également une collection de référence de plus de 12,000 de céramiques. L'ensemble de cette documentation est exceptionnel et nécessite à court terme de développer une gestion et un archivage répondant aux normes en vigueur des Open data et Open Access.

Bibliothèques : Les bibliothèques de la MMSH constituent des outils documentaires de renommée internationale. Néanmoins, l'actuelle gestion à l'échelle des laboratoires n'est plus possible aujourd'hui que ce soit en termes financier ou humain. Il devient urgent que cette situation héritée d'un autre temps évolue rapidement vers une structure fédérative à l'échelle de la MMSH (USR MMSH). Cette transformation doit également être accompagnée d'un projet structurant la gestion des ouvrages dans une politique commune d'archivage et d'accueil des publics académiques et non-académiques.

Archives : Les archives, documentaires et matérielles, héritées de la décolonisation de l'Afrique du nord, laissées par les chercheurs de la seconde moitié du XXème siècle, sont des documents inédits. C'est de notre responsabilité de les valoriser et les restituer à l'ensemble de la communauté scientifique. Cet objectif commun, visé par l'ensemble des laboratoires de la MMSH, a un coût humain et financier qu'il conviendra également de mobiliser dans le cadre du futur Institut, en s'appuyant sur les partenaires nationaux (TGIR HUMA NUM) et internationaux (NAHAN - North African Heritage Archives Network) au sein desquels AMU a déjà des accords officiels.

Sont également concernées ici les archives biologiques et scientifiques regroupées au sein de l'Ostéothèque régionale, dont une partie est co-gérée par ADES et la DRAC-PACA. Les séries ostéoarchéologiques proviennent exclusivement de sites archéologiques de la région PACA. Elles sont associées à une documentation scientifique (rapports, iconographie...): Website : <http://osteothequepaca.medethique.com>. ADES possède également sa propre ostéothèque constituée de 40 séries (2000 sujets) issues d'opérations archéologiques hors de la région PACA. Elles sont associées à une documentation scientifique (rapports, iconographie...).

6.3. Projet : le Pôle de compétences numérique pour l'archéologie: de la production des données à la diffusion des savoirs et l'infrastructure ArcaDIIS (*Archaeological Data Infrastructure for Interoperability and Sharing*)

L'objectif du pôle numérique est d'inscrire clairement les programmes scientifiques de l'Institut méditerranéen d'archéologie dans un mouvement international de science ouverte et collaborative. Il s'appuie sur les savoir-faire et les outils des Humanités numériques spécifiquement appliqués à l'archéologie. Il favorise l'intégration de chaînes opératoires vertueuses et l'appropriation des outils du numérique par les archéologues, dans le but de permettre la visibilité des résultats de la recherche en archéologie et la réutilisation des données scientifiques.

Le pôle s'appuie sur les expertises des ingénieurs et des chercheurs des laboratoires de l'IAM-ARCAIA, à la double compétence technique et disciplinaire, formés aux Humanités numériques et assurant une veille spécifique. Soutien à la recherche, il accompagne la mise en œuvre des projets, la structuration et l'exploitation des corpus, la valorisation des données et des résultats de la recherche et contribue à la réflexion épistémologique sur les innovations numériques en archéologie.

Pour répondre aux besoins des programmes scientifiques de l'Institut, le pôle propose plusieurs orientations :

- * **Accompagnement pour le suivi du projet numérique** : rédaction de cahiers des charges et des plans de gestion des données ;
- * **Mise en place d'une chaîne opératoire à trois volets** : (a) *gestion, stockage et archivage des données*, (b) *traitement et analyse scientifique des données*, en intégrant standards de description et de diffusion des données et de leurs métadonnées, choix d'ontologies et référentiels pour la création de BDD en vue de leur interopérabilité (c) *diffusion et publication* ;
- * **Organisation d'actions pédagogiques nécessaires à la diffusion des bonnes pratiques** et à l'appropriation des standards.

Pour ce faire, le pôle développe *ArcaDIIS*, infrastructure numérique inter-disciplinaires (archéologie et sciences connexes), pour l'interopérabilité et le partage des données, permettant le dépôt, le référencement et l'accès unifié aux données. Outil fédératif de service et de recherche tourné vers l'Open Science, *ArcaDIIS* adopte les principes FAIR ainsi que les protocoles du web sémantique et du Link Open Data. Un service de publication associé, accueille des formes éditoriales numériques originales au sein d'un workflow fondé sur une structuration XML.

Le pôle se situe ainsi à l'interface des actions de recherche et de formation favorisant le partage, l'accompagnement et l'échange dans l'expérimentation et la mise en place de nouvelles pratiques. En proposant d'adopter les normes et standards utilisés par la communauté archéologique internationale, le pôle s'intègre au paysage des acteurs des Humanités numériques nationales (TGIR, IR) à travers des collaborations déjà engagées et accompagne l'Institut dans sa démarche d'internationalisation et d'ouverture de ses recherches.

7. Relations avec le monde socio-économique

Les actions de l'Institut doivent également permettre d'approfondir la dimension de valorisation à l'attention des publics en s'appuyant notamment sur les services archéologiques de collectivités territoriales dont plusieurs sont justement acteurs au sein des UMR de l'Institut. En effet, les collectivités territoriales sont rompues à l'exercice de valorisation scientifique et archéologique, tant par le biais de musées municipaux (Marseille, Nice, Martigues) ou départementaux (Arles, Quinson) que par leur implication dans la communication événementielle (journées de la science, journées du patrimoine, journées de l'archéologie). Ces collectivités peuvent s'appuyer sur des services de communication expérimentés dans la diffusion et la gestion d'actions de sensibilisation à l'égard des publics.

Par ailleurs, l'Institut doit s'appuyer sur l'accord-cadre national CNRS/Ministère de la Culture, renouvelé en 2017, dont l'objet est de mieux concerter les politiques respectives de ces deux institutions. La dimension éducative et pédagogique à l'adresse des publics de certaines des opérations menées au sein de l'Institut doit en effet pouvoir bénéficier des actions d'éducation artistique et culturelle (EAC), point fort des politiques de démocratisation menées au ministère de la Culture.

Concernant les politiques patrimoniales, l'expertise et l'autorité du ministère de la Culture en matière de conservation et de patrimonialisation archéologique doit pouvoir permettre, au-delà de l'aboutissement d'études scientifiques spécifiques, de pérenniser certains sites, vestiges ou collections, par des mesures de préservation et d'accessibilité adaptées à une recherche durable.

Pour ce qui concerne la question de la professionnalisation des jeunes diplômés, l'institut doit également pouvoir trouver auprès des services archéologiques de collectivités territoriales de nouveaux relais dans une stratégie géographique de maillage du territoire.

8. Stratégie globale : Rôle prospectif et structurant de l'Institut

Le projet a donc vocation à mettre en synergie les forces scientifiques reconnues par le COS (Comité d'Orientation Scientifique – 2015) en Archéologie et Archéosciences actuellement dispersées sur le site d'AMU. Il associe donc des laboratoires du périmètre **MMSH**, de l'**OSU Pythéas** et du périmètre **Santé** pour mettre en œuvre des dynamiques de recherches et de formation communes et complémentaires associant des plateformes documentaires et techniques de niveau international au service de problématiques méditerranéennes **collectivement définies sur la bases de nos pôles d'excellence**. L'objectif est d'offrir une très forte visibilité à une offre de formation et de recherche transdisciplinaire et diachronique ancrée en Méditerranée. Le champ archéologique ainsi défini caractérise une discipline neuve qui aujourd'hui a acquis une maturité suffisante pour concevoir ses propres questionnements transversaux. Cette intégration passe en particulier par l'élaboration de langages communs à plusieurs champs disciplinaires et par l'expérimentation technologique de très haut niveau.

L'ambition de ce projet est donc de provoquer une confrontation des approches, des méthodes et des problématiques centrées sur un même objet : l'approche diachronique des sociétés méditerranéennes anciennes confrontées à leurs milieux. L'objectif est de provoquer et d'accompagner l'émergence dans les dix années à venir des nouveaux questionnements méditerranéens interrogeant la co-construction des milieux et des sociétés à partir de méthodes intégrant les différents champs disciplinaires et les outils d'analyse à haute résolution. Ce dialogue nouveau nous devons le construire avec nos partenaires, mais aussi avec ceux que nous formerons en les intégrant à toutes les phases du processus de recherche dans le cadre d'un cursus intégré Master – Doctorat – post doctorat et dans le cadre de dispositifs de formation continue. L'ambition à 10 ans est que l'**IAM-ARCHAIA** s'impose comme l'un des principaux centres opératoires pour l'archéologie méditerranéenne, mais aussi comme une tête de pont du dialogue épistémologique sur l'approche des sociétés anciennes et des patrimoines méditerranéens.

Ce positionnement s'inscrit dans une dynamique parallèle et complémentaire au projet d'Institut pour la Transition Environnementale (ITEM). La focale méditerranéenne est commune aux deux instituts ; la ressource en eau, les environnements littoraux et les relations homme/milieu sont également des thématiques communes fortes. Toutefois, le point de vue principal d'ITEM est avant tout actualiste et la finalité des études envisagées n'est pas réellement la connaissance du passé pour lui-même mais plutôt pour une meilleure compréhension des changements climatiques et environnementaux à long terme. ITEM privilégie les connexions entre les paléosciences et les sciences actualistes (écologie, climatologie, hydrologie ...). Néanmoins les deux instituts partagent plusieurs plateformes : European Pollen Database, dendrochronologie, sédimentologie, équipement isotopes stables et cosmogéniques. Il y a donc complémentarité et il est très souhaitable que les deux Instituts développent des projets communs, en particulier dans le cadre d'ECCOREV qui englobe les périmètres respectifs.

Au-delà de l'ambition épistémologique, le projet présente un caractère fortement structurant pour le site d'AMU en s'appropriant **la problématique de la rationalisation des plateformes documentaires** (bibliothèques, archives) **et techniques** (dispersées et souvent incomplètes) et en mettant en œuvre une réflexion sur la stratégie numérique de l'Institut portée par un Digital Specialist Service for Archaeology (DiS²Arch).

Notre démarche s'inscrit donc pleinement dans les problématiques actuelles liées, en Méditerranée, aux transformations des milieux marins, côtiers ou continentaux et aux processus d'adaptation/résistances/résilience des groupes humains à ces contraintes inscrites dans une histoire longue et culturellement complexe. L'ensemble des forces mobilisées sur le site d'AMU, associées aux réseaux de partenaires nationaux et internationaux déjà largement existants, constitue un pôle scientifique de très haut niveau particulièrement adapté au développement du projet et parfaitement capable de poser les bases d'une démarche originale de recherche et de formation en Méditerranée. En inscrivant les problématiques environnementales et biologiques dans le champ historique, notre intention n'est pas de construire une opposition ou une juxtaposition simple d'un rapport « Homme-Milieu » mais d'élaborer une

réflexion plus complexe dans le cadre d'une relation ternaire « Homme-Milieu-Culture ». C'est cette position conceptuelle que nous pouvons désormais défendre, que nous voulons défendre.

9. Modalités de Pilotage

Conformément à la lettre de cadrage, les modalités de pilotage prendront la forme proposée par AMU pour les EUR labellisées. Les contraintes exigées par ces modalités de pilotage imposent une demande RH minimale en termes de pilotage administratif et scientifique. Ces ressources exprimées ici *a minima* pourraient être mutualisées avec l'Institut International d'Etudes Méditerranéennes également installé sur le site de la MMSH.

Ressources humaines : appui sur les services de la MMSH (informatique, documentation, logistique, gestion, plateformes)

Au titre du pilotage et de la gestion administrative et scientifique

- Chef de projet : actuellement IR CDI mise à disposition par la DRV, financée par LabexMed, pour ce programme ; financement demandé pour l'Institut, en mutualisation avec l'Institut International d'Etudes Méditerranéennes.
- Coordination recherche : IR CDI composante MSH (mise à disposition par la composante), en mutualisation avec l'Institut International d'Etudes Méditerranéennes.
- Coordination formation : IE demandé, en mutualisation avec l'Institut International d'Etudes Méditerranéennes.
- Ingénieur ressources numériques : IR demandé.

Ces demandes en ressources humaines n'excluent pas d'autres demandes relatives à la mise en œuvre spécifique de l'IAM-ARKAIA, qui seront exprimées dans la suite du processus de validation du projet.

ANNEXE – Acteurs de l’Institut Méditerranéen d’Archéologie

Les forces vives d’AMU

Les laboratoires qui s’inscrivent dans le projet sont :

- Le Laboratoire méditerranéen de Préhistoire Europe Afrique (**LAMPEA** - UMR 7269)
- Le Centre Camille-Jullian (**CCJ** – UMR 7299)
- L’Institut de Recherche sur l’Architecture Antique (**IRAA** - USR 3155)
- Le Laboratoire d’Archéologie Médiévale et Moderne en Méditerranée (**LA3M** - UMR 7298)
- Le laboratoire Textes et documents de la Méditerranée antique et médiévale (**TDMAM** – UMR 7297)
- La Maison Méditerranéenne des Sciences de l’Homme (**MIMSH** – USR 3125 et Composante Recherche AMU)
- Le Centre de Recherche et d’Enseignement de Géosciences de l’Environnement (**CEREGE** - AMU UM 34, CNRS UMR 7330, IRD UMR 161, Collège de France).
- L’Institut Méditerranéen de la Biodiversité et d’Ecologie marine et continentale (**IMBE** - UMR 7263, IRD UMR 237).
- Le laboratoire d’Anthropologie bio-culturelle, droit, éthique et santé (**ADES** - UMR 7268)

Le LAMPEA, le CCJ, l’IRAA et le LA3M engagent l’ensemble de leurs personnels dans le projet. Le TDMAM une partie seulement. Comme indiqué plus haut, seules les équipes spécialisées en archéosciences du CEREGE et de l’IMBE ont rejoint le projet d’Institut, ainsi que l’équipe Bio-archéologie et Paléo-anthropologie d’ADES.

Au total, l’Institut regroupera 22 PU, 35 Mcf, 11 DR CNRS, 28 CR CNRS, 14 IR CNRS, 32 IE/AI CNRS, 4 IE AMU, soit **146 ETP** si l’on s’en tient strictement aux effectifs des deux tutelles principales AMU et CNRS. La tutelle du ministère de la Culture et le conventionnement avec l’INRAP étant bien effectifs dans plusieurs des UMR associées, il faut ajouter 14 Chercheurs du ministère de la Culture (Services Régionaux de l’Archéologie de PACA, Occitanie, Corse et du Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines) et 31 agents INRAP.

Ce projet s’inscrit transversalement dans **quatre PR2I : Humanités, Environnement, Santé et Sciences de la Vie, Sciences et technologies avancées,**

Dans **trois Instituts du CNRS : INSHS, INSU et INEE.**

La partie formation du projet s’intégrera pour partie, au niveau Master, dans l’offre de formation déjà existante ou à construire de **l’UFR ALLSH.**

Au niveau doctoral, trois Ecole doctorales sont mobilisées : les ED 355 (Espaces Cultures Sociétés), 251 (Sciences de l’environnement) et 062 (Sciences de la vie et de la santé). Des collaborations sont envisagées avec les ED 353 (Sciences pour l’ingénieur), 352 (Physique et sciences de la matière), 250 (Sciences chimiques) et 184 (Mathématiques et informatique).

Les principaux partenariats extérieurs (hors Campus Transnational Nord-Méditerranéen)

Ecoles françaises à l’étranger :

- Ecole française de Rome
- Ecole Française d’Athènes
- Casa de Velázquez (Madrid)

UMIFRE

- Centre d’Etudes Alexandrines (CEAlex, CNRS USR 3134, Alexandrie)
- Centre Jean-Bérard (CNRS USR 3133, Naples)

Partenaires nationaux

- Ministère de la Culture, sous-direction des patrimoines.
- DRASSM (Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines)
- INRAP (Institut National de Recherches en Archéologie Préventive)

- Musée du Louvre
- E-RIHS (European Research Infrastructure for Heritage Science)
- TGIR Huma Num (Très Grande Infrastructure de Recherche, Humanités Numériques)
- UMR 3495 MAP (Modèles et simulations pour l'Architecture et le Patrimoine, CNRS/Ministère de la Culture)
- INIST (Institut de l'information scientifique et technique)
- ENSTA – ParisTech (Ecole National Supérieure de Techniques Avancées, Paris).

Institutions régionales

- Musée départemental – Arles Antique
- Musée de la Préhistoire des Gorges du Verdon, Quinson
- Musée d'Histoire de la Ville de Marseille
- Services archéologiques des villes de Marseille, Aix-en-Provence, Martigues, Istres-Ouest Provence, Fréjus,
- Service départemental d'archéologie des Alpes-de-Haute-Provence

Institutions étrangères.

- German Archaeological Institute (DAI, Berlin and Roma)
- Institut National du Patrimoine de Tunis (partenariat signé en 2017)
- Centre National de la Recherche en Archéologie, Alger (partenariat signé en 2017)
- Department of Antiquities of Libya (partenariat signé en 2018)
- Institut National des Sciences de l'Archéologie et du Patrimoine, Rabat (partenariat en cours de signature)

Instituts français au Maghreb

- Institut Français de Tunisie
- Institut de Recherches sur le Maghreb Contemporain
- Institut Français d'Algérie et Service de Coopération et d'Action Culturelle de l'ambassade de France
- Institut Français de Libye (relocated in La Marsa, Tunisie)

Partenaires de la Chaire Unesco en Archéologie Maritime et littorale

- University of Cadiz, Spain
- University of Mayence, Geological Institute, Germany
- University of Cyprus, Department of History and Archaeology (Nicosia)
- University of Haifa, Department of Marine geosciences, Israël
- University of Haifa, Centre of maritime studies, Israël
- Musée Département de l'Arles Antique
- University of Zadar, Croatia
- University of Peloponnese, Department of History, Archaeology and Cultural Resources Management, Kalamata, Greece.
- University of Patras, Greece.
- École Française de Rome, Italy.
- University of Athens, Departement of Geography and Climatology, Greece
- Centre d'Études Alexandrines (CNRS USR 3134), Alexandria, Egypt
- National Centre of Underwater Cultural Heritage, Beijing, China
- National Council of Cultural Affairs, General administration of cultural heritage, Taichung, Taiwan

Entreprises partenaires de projets de recherche et de formation

- COMEX SA, Marseille
- Arc-Nucléart, CEA/Grenoble.
- Institut National de plongée Professionnelle (INPP) Marseille.
- IFREMER (Institut Français de Recherches pour l'Exploitation de la Mer), Paris.
- Dassault Systèmes 3d (virtual imaging, enhanced realty), Paris.
- Copetech-SM Underwater Survey, Marseille.
- A-Corros Expertise (rehabilitation of metals, treatment of metal corrosion), Arles.
- Les Belles Lettes, book publisher, Paris

Institut d'Archéologie Méditerranéenne - ARKAIA

Porteur : Jean-Christophe SOURISSEAU

1. Contexte

Dans la diversité des pratiques scientifiques, l'archéologie est devenue un laboratoire de l'interdisciplinarité et de la collaboration entre les grands champs disciplinaires des sciences humaines des sciences de la vie, des sciences naturelles et aujourd'hui des sciences et techniques de l'ingénieur. Elle est en outre constamment et transversalement impactée par les progrès de la physique (datations...) et de la biologie (ADN...).

A Aix-Marseille Université, l'archéologie constitue un domaine d'excellence reconnu depuis plusieurs décennies tant au niveau national qu'international et porté par des actions centrées sur l'ensemble du domaine méditerranéen. Le projet vise donc à créer un **Institut d'Archéologie Méditerranéenne (ARKAIA)** conçu comme un pôle de convergences des compétences de recherche et de formation en archéologie, entendue dans son sens large, comme recherche et dialogue sur les traces du passé, et en archéosciences, en Méditerranée de la Préhistoire jusqu'aux périodes récentes. Il repose sur **la mise en synergie autour d'objectifs identifiés** des capacités matérielles et humaines des laboratoires d'archéologie de la MMSH (LAMPEA – Centre Camille-Jullian – IRAA - TDMAM – LA3M) en interface, pour en renforcer l'originalité et compléter le champ de la recherche archéologique, des équipes ou parties d'équipes, du CEREGE et de l'IMBE qui développent des approches innovantes en géosciences (datations, environnements, chimie...), d'ADES (archéologie de la mort et anthropologie biologique) et des ressources des laboratoires du champ des Sciences et techniques de l'ingénieur (Institut Fresnel, Madirel, LP3, LIS, LMA, CINaM, ISM).

Cette mobilisation des personnels et des laboratoires s'inscrit dans deux fenêtres d'opportunité :

- **un acte scientifique fort** : au niveau national comme international, les sites qui peuvent mettre en synergie l'ensemble des champs disciplinaires qui interviennent en archéologie et qui peuvent s'appuyer sur des plateaux techniques de haut niveau ne sont pas nombreux et souvent entravés par une organisation en silo. La création de l'**IAM-ARKAIA** appuyée sur une participation active des acteurs et des institutions permettra de positionner le site d'Aix-Marseille parmi les acteurs majeurs du point de vue international et comme leader sur le domaine méditerranéen pour faire **émerger de nouveaux questionnements de recherche** et être en capacité de mettre en place les outils conceptuels et techniques pour y répondre.

- **un acte politique nécessaire** : la situation politique et administrative actuelle de plusieurs pays du bassin méditerranéen a déstabilisé ou détruit les institutions en charge de la recherche et de la valorisation des vestiges archéologiques. En même temps, on assiste à une prise de conscience progressive des États et des opinions publiques de l'importance et de la fragilité des vestiges archéologiques, dont témoignent l'instrumentalisation parfois spectaculaire de plusieurs d'entre eux (Palmyre...). Le rôle de l'**IAM-ARKAIA** sera alors, en formation initiale ou continue, de former des futurs acteurs qui devront intervenir dans les champs scientifiques mais aussi politiques et administratifs. À terme, c'est un réseau de liens étroits qui sera tissé entre AMU et les pays méditerranéens.

2. Forces, Moyens, Partenaires institutionnels

Les champs de compétences reconnus des 7 laboratoires entièrement et partiellement impliqués sont le garant d'une approche décloisonnée et de l'émergence de problématiques innovantes. Le LAMPEA, le CCJ, l'IRAA et le LA3M engagent l'ensemble de leurs personnels dans le projet, le TDMAM et ADES une partie seulement. Pour le CEREGE et l'IMBE, seules les équipes spécialisées en archéosciences sont accueillies au sein de l'**IAM-ARKAIA**. Enfin, les liens qui se sont récemment tissés avec les laboratoires des Sciences de l'Ingénieur fondent une vision transversale du développement technologique des approches archéologiques, notamment dans l'étude des propriétés matériaux, de l'optique et de l'acoustique. Ce projet s'insère transversalement dans 4 PR2I : Humanités, Environnement, Santé et Sciences de la Vie, Sciences et technologies avancées et dans 3 instituts du CNRS : INSHS, INSU et INEE et mobilisent plus d'une centaine de personnels de recherche et d'accompagnement de la recherche.

A ce dispositif, il faut ajouter un fort partenariat déjà existant au niveau national avec les acteurs du Ministère de la Culture (Services régionaux de l'Archéologie en région PACA, Occitanie et Corse ainsi que le Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines - DRASSM, à compétence nationale), de la conservation et de l'étude des matériaux patrimoniaux (Centre Interrégional de Conservation et Restauration du Patrimoine –

CICRP) et de l'archéologie préventive nationale (Institut National de Recherches en Archéologie Préventive – INRAP). Les partenariats internationaux, souvent anciens avec les pays de la rive sud mais aussi avec l'Italie, l'Espagne, l'Albanie, Malte ou la Grèce, au travers du réseau des Ecoles françaises à l'Etranger notamment, fondent un réseau dynamique propice au développement de la recherche et des échanges scientifiques qui trouve aujourd'hui une première concrétisation institutionnelle dans le **Campus Transnational Méditerranéen** sur lequel s'appuie prioritairement notre proposition.

3. Vers la définition d'un nouveau périmètre de l'archéologie à AMU

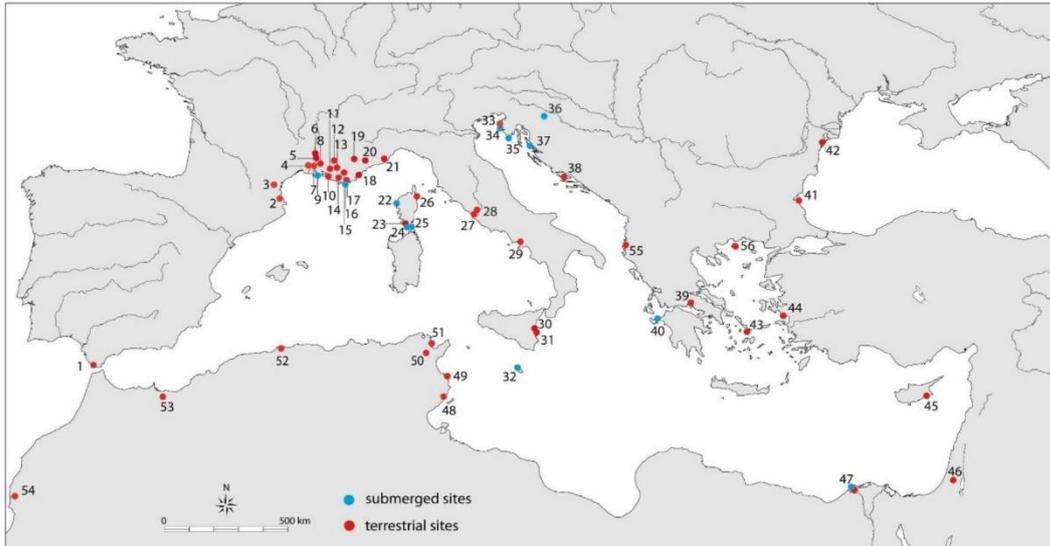
Les champs actuels de l'archéologie envisagent désormais une approche complexe, à la fois individuelle et globale des individus, des sociétés, des territoires et des environnements et invitent à reformuler les questions qui nous préoccupent. Les secteurs les plus dynamiques ont intégré depuis deux décennies des approches naturalistes en s'inscrivant dans des programmes de recherches communs aux spécialistes des sciences du vivant et des sciences de la terre, alors que le LabexMed a contribué, de son côté, à ouvrir le regard des chercheurs vers les sciences sociales. Aujourd'hui, la réflexion sur la co-construction des milieux et des sociétés, l'analyse des dynamiques sociales et environnementales des environnements maritimes, la question de la gestion des ressources dans les contextes spécifiques des environnements méditerranéens continentaux et insulaires, la datation à haut niveau de résolution des processus archéologiques et naturels sont devenus, en partenariat avec les équipes du CEREGE et de l'IMBE du périmètre OSU-Pythéas et des équipes d'ADES du périmètre Santé, des terrains de recherche communs à la fois féconds, originaux et à fort potentiel de développement. **Ils constituent une base saine pour la construction de notre projet** d'archéologie globale en permettant l'élaboration transectorielle de problématiques actualisées.

L'objet du projet d'**Institut d'Archéologie Méditerranéenne - ARKAIA** est donc de structurer cette évolution dont les résultats des dix dernières années montrent sans ambiguïtés que les ressources d'AMU ont le potentiel nécessaire pour exercer dans les dix années à venir un leadership scientifique sur les terrains méditerranéens. L'enjeu est de construire une synergie transdisciplinaire déjà riche d'expériences positives en l'imposant dans un **cadre systémique** qui sera la base d'une maîtrise méditerranéenne des problématiques archéologiques.

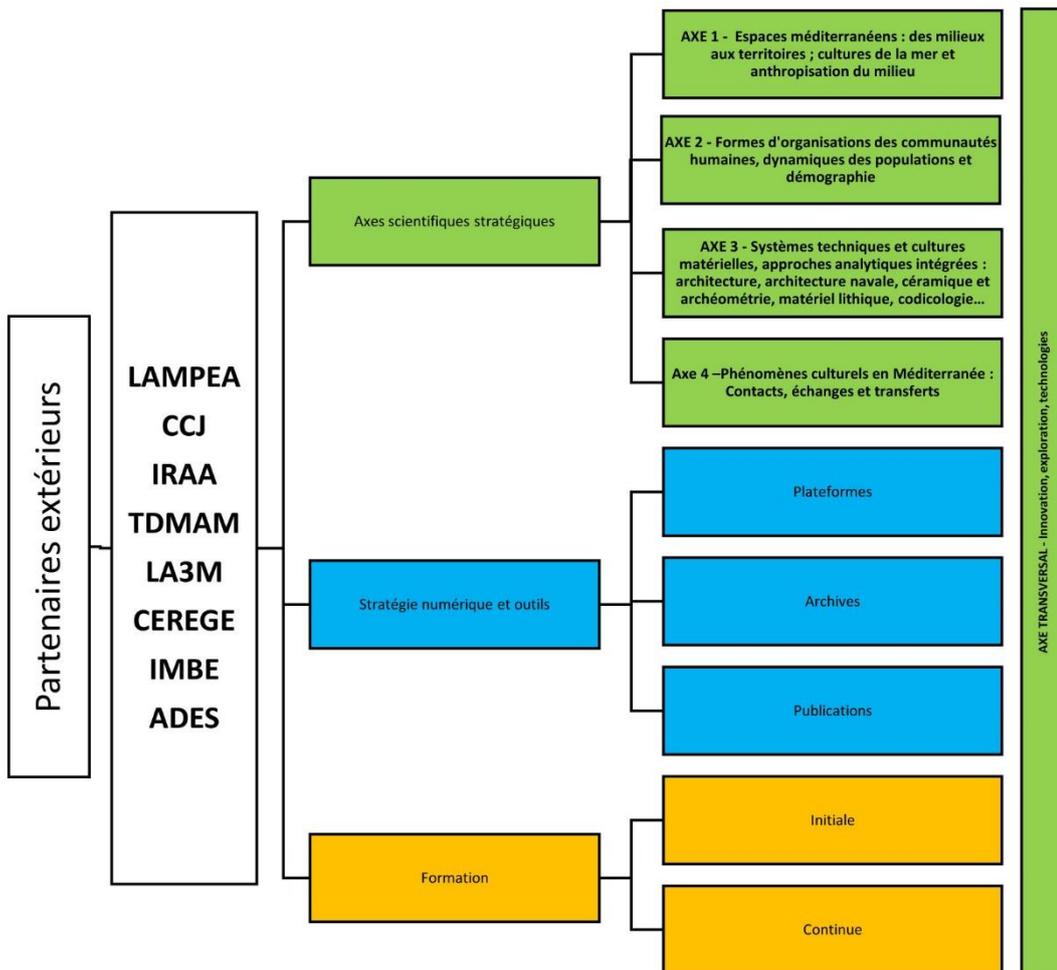
Le contexte de la mise en œuvre de ce projet est également particulièrement favorable d'abord parce que nos laboratoires ont une **forte capacité à se projeter sur les terrains archéologiques méditerranéens** et donc à développer la collecte de données primaires. C'est un point fort relevé dans tous les rapports des comités HCERES (2017). Ces terrains sont par ailleurs concentrés dans certains secteurs privilégiés qui sont partagés par l'ensemble des équipes : la France méridionale, l'Italie, la Grèce, les Balkans, les grandes îles (Corse, Sardaigne, Sicile, Crète), la Mer Noire, le Maghreb.

Ces espaces méditerranéens constituent **les spots scientifiques** de notre activité et sont autant de sites-ateliers au sein desquels nos étudiants ont vocation à se former en s'appuyant sur la documentation de l'archéologie dite classique (philologie, épigraphie, paléographie...), mais en prenant contact également avec la réalité des terrains, avec les méthodologies et les technologies les plus modernes de la recherche et donc à s'immerger dans la recherche transdisciplinaire en train de se faire. Depuis un peu moins de 10 ans, AMU a très largement soutenu par l'intermédiaire de ses Labex et d'A*Midex la recherche de terrain en Méditerranée dans le cadre de projets scientifiques innovants. Les différentes formes d'archéologies pratiquées sur le site en ont largement profité, ce qui a permis aux équipes de perfectionner nos actions en terme de méthodologie inter et transdisciplinaire, d'assurer notre présence continue sur les terrains et d'entraîner dans cette dynamique nos chercheurs et nos meilleurs étudiants.

Distribution of research and training sites in the Mediterranean



Structure de l'Institut Méditerranéen d'Archéologie



4. Structuration du Projet et axes scientifiques

Le projet d'Institut sera organisé en trois ensembles distincts organiquement liés :

- Un projet scientifique de recherche structuré en cinq axes stratégiques,
- Un projet structurant les moyens documentaires et techniques mis en œuvre dans le cadre d'une perspective de rationalisation et de développement,
- Un projet de formation intégré Master-Doctorat-Post Doctorat,

Ils sont construits, dans une démarche prospective, à la fois sur la base de nos domaines d'expertises reconnus, soutenus par une infrastructure déjà pour partie existante, mais aussi sur une évaluation de la plus-value attendue du regroupement de nos forces dans l'Institut.

Cinq axes de recherches structurent l'Institut dans le cadre d'une programmation à 10 ans, dans lesquelles les forces rassemblées trouveront le support nécessaire à leurs projets communs.

4.1. AXE 1 - Espaces méditerranéens : des milieux aux territoires ; cultures de la mer et anthropisation du milieu

Les équipes de l'Institut ont démontré individuellement l'amplitude de leurs champs d'expertise sur les thématiques environnementales de la Méditerranée, notamment les milieux maritimes, littoraux et portuaires, sur la gestion de l'eau dans les habitats et les territoires habités et exploités, ainsi que sur l'environnement biologique des sociétés humaines. L'Institut offre l'opportunité de construire des programmes communs pour mener l'analyse et la restitution des interactions entre l'homme et son milieu naturel, comprendre son évolution, ses pratiques et modes de vie autour des thématiques paléoclimatiques, paléoenvironnementales, géo et bioarchéologiques.

On privilégiera 3 directions :

- **Les cultures de la mer : environnements fluvio-deltaïques, installations humaines littorales et ports).** Cette partie de l'Axe 1 a vocation à soutenir la réflexion et les projets relevant en particulier des environnements côtiers, de l'exploitation, de la transformation, de la conservation, du recyclage et de l'échange des ressources de la mer et de l'exploration et des gisements archéologiques sous-marins et littoraux.
- **Hydroarchéologie et gestion de la ressource en eau des sociétés anciennes et médiévales.** Grâce au réseau HYDRQMED, mis en place avec le soutien financier de la fondation Amidex, et en partenariat avec des universités européennes et méditerranéennes, notamment avec le cluster d'excellence Topoi de la Freie Universität de Berlin, AMU occupe une place importante dans la réflexion internationale sur l'éventuelle création d'une nouvelle discipline, fortement interdisciplinaire, l'archéohydrologie. Le croisement des Humanités, sciences de l'environnement, architecture et ingénierie hydraulique favorise l'étude de la gestion de l'eau dans les cultures anciennes et la promotion de programmes de restauration et de valorisation culturelle d'un patrimoine hydraulique utile également au développement durable des espaces méditerranéens, touchés par la pénurie de la ressource.
- **Relations Homme / Environnement dans le bassin méditerranéen.** L'Institut sera l'occasion de confronter les écosystèmes et les organisations socio-économique en pointant la recherche sur les matériaux bio-archéologiques, comme les ressources floristiques et fauniques qui sont des indicateurs bioclimatiques et des supports d'informations indispensables pour cerner les stratégies de subsistance et d'occupation des territoires. L'objectif sera de mobiliser les forces et les moyens pour des approches croisées : données géologiques, biologiques et indicateurs bioclimatiques, paléontologie/archéozoologie. Les conséquences des modifications des environnements sur la santé des populations humaines seront également abordées sur la longue durée.

4.2. AXE 2 – Formes d'organisations de communautés humaines, dynamiques des populations et démographie.

Les équipes de l'Institut ont acquis une visibilité nationale et internationale sur certains aspects de cette thématique, qui sera appelée à se développer avec de nouveaux partenaires sur le site d'Aix-Marseille dans les années à venir. Que ce soit le LAMPEA, ADES, le CCJ ou le LA3M, l'étude des dynamiques de peuplement est bien implantée et la fédération

des forces permettra de porter un regard sur la longue durée des territoires méditerranéens explorés de longue date, comme la Provence et l'arc alpin, l'Italie, les grandes îles occidentales (Corse, Sardaigne, Sicile). Le cadre de l'Institut est particulièrement propice au développement de travaux croisés avec l'IMBE et le CEREGE pour la reconstitution des environnements biotiques et abiotiques qui constituent le cadre physique des peuplements et pour croiser les transformations des environnements et les évolutions des pratiques sociales et culturelles (ADES). Il est également propice à la collaboration des plateformes de biochimie isotopique entre le LAMPEA, seul laboratoire français à mettre en œuvre ces procédés dans une perspective d'anthropologie de l'alimentation, et le CEREGE afin de tester l'utilisation de nouveaux isotopes pour la reconstitution des régimes alimentaires.

C'est dans cette perspective que seront abordés la démographie et la dynamique des populations et l'anthropologie de la paléalimentation. Depuis la démographie des Néandertaliens jusqu'aux populations médiévales, on analysera les sociétés méditerranéennes à travers l'intégration des données démographiques classiques de l'archéologie ou paléogénétiques dans des systèmes mathématiques de modélisations pour la production de scénarios qui testent les relations entre les variations bioclimatiques, la distribution géographique, les mobilités et les choix économiques de production des sociétés jusqu'au recrutement dans les espaces funéraires. Les problématiques de la paléalimentation et des comportements socio-économiques des populations passées seront également abordées à partir d'approches isotopiques (C, N, S, O). Les dynamiques de peuplement et d'occupation des sols sont également des thématiques majeures mobilisant une analyse conjointe du registre archéologique. Dépassant une vision méditerranéo-centrée des espaces/terroirs de l'Europe occidentale au-delà d'une bande de 200 km de la côte, les dynamiques spatiales des populations, qui s'installent, structurent, exploitent leurs territoires et leurs terroirs, seront abordées à partir des méthodes de l'archéologie du paysage et de l'écologie fonctionnelle.

4.3. AXE 3 - Systèmes techniques et cultures matérielles, approches analytiques intégrées

L'analyse de la culture matérielle est au cœur de la démarche archéologique. Fondée au départ sur les concepts d'Anthropologie des techniques issus des travaux de Marcel Mauss ou d'André Leroi-Gourhan, la recherche a investi progressivement les champs des savoirs et des compétences individuels et collectifs, des savoir-faire, des compétences, des usages et des représentations. Sont ainsi abordés les champs de l'économie, de la segmentation dans le temps et l'espace des activités qui sont investis, des organisations économiques et politiques qui permettent la mise en place des circuits de production et de diffusion des produits. Cette analyse des vestiges matériels bénéficie actuellement de l'important développement d'outils analytiques relevant des géo- et biosciences et de la modélisation. La caractérisation précise de matériaux, la datation des objets et structures, la recherche de résidus et vestiges organiques, l'exploration non invasive par différentes technologies, les restitutions 3D... permettent de documenter avec une grande précision les différentes phases des chaînes opératoires et les processus fonctionnels et économiques. Cette collaboration entre méthodes analytiques et problématique archéologique a envahi l'ensemble des périodes et tous les types de vestiges, des productions artisanales aux édifices complexes et les laboratoires d'AMU ont acquis une expertise internationale sur l'analyse tracéologique des équipements techniques préhistoriques, sur les céramiques méditerranéennes ou dans l'architecture navale qui bénéficie d'une réputation mondiale.

L'IAM-ARKAIA permettra une intense plus-value de ces travaux par le développement des analyses numériques des productions matérielles, la conformation des plateformes analytiques pour un haut niveau de résolution de caractérisation des matériaux et de leurs utilisations et des innovations en termes de datation et de fonctionnement des structures et des objets archéologiques.

4.4. Axe 4 –Phénomènes culturels en Méditerranée : Contacts, échanges et transferts.

Les équipes de la MMSH ont exploré les thématiques culturelles des sociétés méditerranéennes antiques et médiévales depuis plusieurs décennies et y ont acquis une visibilité internationale, distinguée par des appels à projets locaux (LabexMed et A*Midex), nationaux (ANR), et européens (6^e PCRD, réseau européen Ramses² depuis 2006), avec des partenariats italiens, espagnols, grecs ou turcs. On peut les décliner en trois thématiques principales :

- **Contacts interethniques et structurations des espaces en Méditerranée**

La thématique des migrations, fortement insérée dans les problématiques portées par la MMSH, est également explorée par les équipes d'archéologie depuis la Préhistoire. Outre les mouvements de population étudiés à travers les traces biologiques, on confortera les positions acquises depuis une trentaine d'années en déplaçant le curseur vers l'appropriation et l'exploitation des espaces en milieu colonial, qu'il s'agisse des territoires occupés par les Grecs ou

dominés par Rome, en Gaule méridionale et au-delà (en Sicile à Mégara Hyblaea, en Albanie et en Gaule méridionale), puis par Byzance en Méditerranée orientale. Dans une dimension juridique, politique et économique, et à partir des sources conjointes de la philologie (littératures grecque, latine, arabe et hébreu au TDMAM et au CCJ), de l'épigraphie (au CCJ, notamment sur le cadastre d'Orange) et de la culture matérielle (CCJ, IRAA, LA3M), on appréhendera les notions d'espace privé / public / religieux comme clé de la fabrique de la ville et de ses architectures, tandis que l'organisation des territoires civiques sera envisagée par les relations entre les différentes cultures (grecque/romaine et indigènes d'un côté, byzantine/arabo-musulmane de l'autre), de manière à mettre en lumière les spécificités des relations entre les uns et les autres. Enfin, la dimension immatérielle de la langue, de la culture et du symbolique ne sera pas omise. Si les rapports Rome/Grèce restent un champ de recherche privilégié, la réflexion sera étendue à d'autres domaines des contacts culturels : Chrétiens et païens de la fin de l'Empire, monde chrétien et monde arabe, etc.

- **Constructions, représentations et mémorialisations des pouvoirs politiques et religieux**

La construction théorique des pouvoirs est explorée au travers des théorisations philosophiques du politique et des modes d'organisation politiques, juridiques, institutionnels et religieux. Cette analyse est poursuivie dans les représentations et les expressions du pouvoir, avec comme point focal les disjonctions entre les discours sur le pouvoir et les pouvoirs établis, depuis les sociétés grecques classiques jusqu'aux sociétés chrétiennes et musulmanes, et l'iconographie byzantine des saints. Les lieux du pouvoir sont enfin approchés par la mise en lumière des modalités d'appropriation culturelle de la ville par les différentes composantes de la société et la construction d'une mémoire urbaine, facteur d'adhésion et de conflits. Les témoignages de la littérature antique et médiévale, étudiés par les chercheurs du TDMAM et du CCJ, se conjuguent aux vestiges architecturaux ou sculpturaux, analysés par ceux du CCJ, de l'IRAA et du LA3M (bâtiments publics des sites de Thasos et d'Apollonia d'Albanie, statuare honorifique) pour dessiner un paysage fortement politisé, construit par les pouvoirs politiques et religieux.

- **Construction et transferts des savoirs en Méditerranée antique et médiévale**

Enfin, l'Institut attachera un intérêt tout particulier aux phénomènes de construction et de transfert des savoirs (savoirs techniques en médecine ou en architecture, et histoire des idées), ainsi qu'à leurs modes d'expression et de transmission (encyclopédisme et collectionnisme), et aux lieux de leur élaboration et conservation. Ces thématiques ne pourront être explorées qu'à partir d'une étroite interdisciplinarité entre philologues du TDMAM et archéologues du CCJ et du LA3M : l'étude des corpus de textes est indissociable de leurs supports, du papyrus aux humanités numériques.

4.5. AXE 5 - Innovation, exploration, technologies.

L'axe 5 a vocation à encourager le développement des technologies innovantes en archéologie et dans tous les domaines de la documentation ancienne entrant dans le périmètre de l'Institut. Un dialogue déjà fécond est actuellement à l'œuvre avec le PR2I Sciences et Technologie et implique plusieurs équipes déjà bien identifiées comme l'Institut Fresnel, le Madirel, le LP3, le LIS, le LMA, le CINaM et l'ISM.

Deux orientations sont envisagées :

- **L'expérimentation et le développement de procédés nouveaux** permettant d'améliorer l'accessibilité, la lecture, le traitement ou la conservation de la documentation.
- **Soutenir la constitution et la diffusion numérique de corpus archéologiques et documentaires.**

Cet axe s'inscrira de manière transversale à l'ensemble des quatre autres axes.

5. Formation

Stratégie de l'offre de formation

Les formations adossées aux programmes de recherches de l'Institut s'inscrivent dans la cohérence de l'ensemble du dispositif. Structurées par un programme intégré de formations Master, doctorat et post doctorat, elles ont été conçues sur la base de nos pôles d'excellence reconnus ou en développement et sont portées par des méthodes pédagogiques innovantes dans le cadre d'une politique clairement affichée d'internationalisation et de professionnalisation.

Les principes qui ont prévalu dans leur conception peuvent être résumés comme suit :

- i. Des formations alternant enseignements théoriques et formation professionnalisante en immersion dans la recherche vivante (sous la forme d'activités pratiques encadrées, de stages encadrés en contexte de recherche, ou de stages en entreprises chez nos partenaires socio-économiques et industriels).
- ii. Une intégration dans la formation des personnels CNRS et des EC issus des divers périmètres de l'Institut, ainsi que des partenaires institutionnels non universitaires (Ministère de la Culture par ex.) et les acteurs du monde socio-économique et industriels.
- iii. Un haut niveau de prérequis qui impose un examen des dossiers à l'entrée et un nombre contrôlé d'inscrits.
- iv. Un suivi individualisé des parcours d'étudiants.
- v. Une internationalisation des recrutements (objectif, 50 % de recrutement à l'international).
- vi. Une internationalisation de la formation (professeurs invités, développement des échanges avec nos principaux partenaires étrangers), dans le cadre prioritaire du Campus Transnational Nord-Méditerranéen.
- vii. Un tutorat intégré par l'implication des doctorants et des post doctorants recrutés dans le cursus Master.

5.1. Formation initiale : Masters

La formation Master s'inscrit dans l'offre de formation de l'UFR ALLSH, plus précisément au sein du Master « Archéologie et Sciences pour l'archéologie ». 5 parcours ont été définis.

Ces cinq parcours thématiques dont les orientations sont l'expression de nos pôles d'excellence et qui garantissent notre positionnement spécifique, sont par principe diachroniques et trouvent leur cohérence dans un dispositif qui associe, pour l'étudiant, une formation de spécialité clairement identifiée et un tronc commun significatif permettant d'établir les bases du langage commun porté et souhaité par l'Institut. Cette cohérence d'ensemble est par ailleurs renforcée par une architecture commune à l'ensemble des parcours Master sur le modèle du Parcours MoMArch, porté par un projet Académie d'Excellence d'A*Midex depuis 2013, et dont l'expérience pédagogique et scientifique a été évaluée très positivement par le jury d'étape de l'Idex.

Architecture et parcours proposés

Cette formation de niveau Master se déploie sur deux années (M1 et M2) alternant semestres théoriques et semestres consacrés à la formation pratique en immersion recherche et/ou aux mobilités internationales. Un tronc commun structure l'architecture d'ensemble (25 % des enseignements théoriques) et accueille cinq parcours clairement identifiés :

- 1 **MoMArch** : *Master of Maritime and Coastal Archaeology*
- 2 **MoBio&GeoArch** : *Master of Bio and Geo Archaeology*
- 3 **MoMatCultArch** : *Master of technical Systems and Material Culture*
- 4 **MoDeath** : *Master of Death Archaeology*
- 5 **MoKnow** : *Master Forms of knowledge and cultures in the Classical and Medieval Mediterranean*

Le tronc commun

Tous les étudiants suivront les UE de tronc commun conçues comme un forum où enseignants, chercheurs et étudiants devront construire le langage commun de l'Institut autour d'une réflexion épistémologique sur les objets partagés et co-construits, autour d'une maîtrise commune des outils numériques et d'une réflexion sur leur intégration dans la stratégie scientifique de chacun, et enfin en partageant les expériences scientifiques dans le cadre de la semaine des professeurs invités.

Les semestres 2 et 4 sont partagés en deux UE de tronc commun destinées à encadrer les activités de stage ou les mobilités internationales et un mémoire scientifique dont les contenus, la forme et la progression du M1 au M2 seront définis par les équipes responsables de chacun des parcours en concertation avec la gouvernance de l'Institut et l'UFR ALLSH.

Contenus des parcours et publics cibles en formation initiale

- **1 - MoMArch** : *Master of Maritime and Coastal Archaeology*

Ce parcours vise à former les futurs spécialistes internationaux de l'archéologie sous-marine et de l'archéologie des littoraux. La formation, tant théorique que pratique, est assurée par une équipe composée d'enseignants-chercheurs d'AMU et du CNRS ainsi que par le Département des Recherches Archéologiques Subaquatique et Sous-Marines

(Drassm) du Ministère de la Culture. Soutenu par l'Académie d'Excellence de la fondation A*Midex, il est placé sous l'égide de la Chaire Unesco d'Archéologie maritime et littorale.

- **2 - MoBio&GeoArch** : *Master of Bio and Geo Archaeology*

Ce parcours a l'ambition de remédier à un écueil identifié de longue date en France, lié à la profonde césure de l'enseignement entre les Sciences Humaines et les Géosciences. La formation à des approches instrumentales et analytiques sera systématiquement croisée avec les problématiques archéologiques. Ce parcours s'appuie sur une pédagogie à double entrée. La première aborde les disciplines constitutives des archéosciences dans leur globalité, à travers les approches biologiques, physiques, chimiques, biochimiques et sédimentaires.

- **3 - MoMatCultArch** : *Master of technical Systems and Material Culture*

Ce parcours est dédié à la formation à l'analyse intégrée des vestiges matériels en articulant une double compétence : la maîtrise des concepts opératoires de l'analyse des productions matérielles en archéologie, fondée sur la notion de chaîne opératoire appliquée à l'ensemble des vestiges, des productions artisanales, à l'archéologie du bâti et la connaissance des méthodes analytiques actuelles et l'approfondissement d'une approche spécifique par l'immersion en laboratoire à travers les stages pour l'application des techniques actuelles invasives et non invasives d'exploration et d'études des productions matérielles.

- **4 - MoDeath** : *Master of Death Archaeology*

Ce parcours dispensera une formation à l'étude des rites funéraires des sociétés anciennes dans une perspective intégrative et pluridisciplinaire. Se reposant sur l'approche éprouvée de l'archéothanatologie, il s'agira de proposer des enseignements sur la « Mort » et les Morts intégrant plusieurs échelles, celle de l'ensemble funéraire, de la tombe (structure, mobilier archéologique) et du défunt (les gestes mortuaires et l'identité biologique- caractérisation du recrutement, âge, sexe, etc-). L'originalité de ce parcours est la prise en compte des aspects symboliques inhérents aux coutumes funéraires. Cette formation sera adossée à des enseignements pratiques sur le terrain (fouilles de sites funéraires) et en laboratoire (analyse des restes osseux et dentaires).

- **5 - MoKnow** : *Master Forms of knowledge and cultures in the Classical and Medieval Mediterranean*

Cette formation a pour ambition d'articuler, à parts égales, l'archéologie, l'histoire (de la Méditerranée antique et médiévale) et la philologie entendue au sens large (formation en langues anciennes, littérature et civilisation), dans l'esprit des *Classics*. L'objectif est que les étudiants acquièrent au terme des deux années de Master des outils épistémologiques et méthodologiques leur permettant de construire une démarche scientifique pluridisciplinaire à la croisée de l'archéologie, de l'histoire, des langues et littératures anciennes.

Calendrier de mise en œuvre et faisabilité

L'ensemble des parcours envisagés s'inscrivent ou ont vocation à s'inscrire dans le Master d'Archéologie et sciences pour l'archéologie de l'UFR ALLSH.

Le parcours 1 (*MoMArch*) existe depuis 2013 et est inscrit dans l'offre de formation du contrat 2018-2022. Le parcours 2 (*MoBio&GeoArch*) existe également sous une forme légèrement différente dans la même offre de formation. Sa transformation pourrait intervenir très rapidement, au plus tard lors de la révision à mi-contrat de l'offre de formation. Les parcours 3 (*MoMatCultArch*) et 5 (*MoKnow*) doivent en revanche être créés dans un calendrier qui reste à définir avec l'UFR ALLSH en fonction des opportunités administratives de révision de l'offre de formation. Le parcours 4 (*MoDeath*) doit également être créé bien qu'une partie des UE envisagées soient déjà inscrites dans l'offre de formation du Master Humanités médicales (parcours Anthropologie médico-légale et Bioarchéologie), en secteur santé.

En fonction de la situation et des exigences du calendrier de mise en œuvre des Instituts, la solution provisoire des diplômes d'établissement pourrait être envisagée.

L'exigence de mobilité

Stages et mobilités constituent un élément fondamental pour la pertinence et l'originalité de cette formation. Chaque parcours, selon ses exigences propres organisera sa stratégie qui reposera néanmoins, pour les activités de terrain sur un catalogue de sites-ateliers (voir carte provisoire, p. 3) accessibles aux étudiants en concertation avec leurs tuteurs scientifiques. Les possibilités de stages en entreprises ou en institutions patrimoniales reposeront également sur un catalogue constitué prioritairement des partenaires déclarés de l'Institut, qui a vocation à s'accroître avec le temps.

Les mobilités universitaires reposeront d'abord sur le réseau Campus Transnational Nord Méditerranéen qui associe les universités de Barcelone, de Madrid (Autonome) et de la Sapienza de Rome dans le cadre d'un programme de coopération académique et scientifique renforcée, et sur les nombreux accords Erasmus et Erasmus + déjà conclus. Ces accords sont aujourd'hui la base d'une réflexion en cours sur l'opportunité de construire dans ce cadre des co-diplomations.

Internationalisation et attractivité

Deux points principaux sont à retenir :

- Un objectif de recrutement à court terme de 50% d'étudiants étrangers, choisis sur la base de l'excellence de leur dossier et de leur projet scientifique et professionnel.
- Une offre de formation qui devra rapidement atteindre au moins 50 % des enseignements en anglais.

Au titre de l'attractivité, l'Institut proposera des bourses de mobilité entrante et sortante, en particulier à destination des étudiants de la rive sud et dans le cadre prioritaire du Campus Transnational Nord Méditerranéen.

Des bourses de mobilité entrantes sont déjà assurées pour les cinq prochaines années : Fondation Honor Frost pour les étudiants francophones syriens et libanais (parcours *MoMArch*).

Les chantiers-ressources recherche formation (sous-marins, portuaires et terrestres)

En collaboration avec nos partenaires nationaux et internationaux, un catalogue de chantiers-ressources sera proposé pour les stages pratiques aux étudiants de Master en fonction de leurs centres d'intérêts, de leur projet professionnel et des orientations de l'Institut. Une liste et une carte provisoire sont proposés en p. 3.

5.2. Formation Doctorat/Post-Doctorat

A l'issue de la formation Master, les étudiants de chacun des parcours Master pourront accéder à la formation doctorale dans le cadre des ED 355 (Espaces Cultures Sociétés), 251 (Sciences de l'environnement) et 062 (Sciences de la vie et de la santé). Le dispositif sera soutenu par l'Institut au travers d'une offre de contrats doctoraux spécifiques en copartage et/ou cofinancement avec nos partenaires régionaux (Régions, collectivités), nationaux (Ministère de la Culture) ou internationaux (Ecoles françaises à l'étranger, UMIFRE, ministère des Affaires étrangères et institutions étrangères conventionnées). Les conventions CIFRE seront également recherchées, tant auprès des collectivités publiques que des partenaires du secteur privé. Plusieurs expériences récentes nous ont montré la pertinence de la démarche. Les cotutelles internationales seront privilégiées, avec une priorité affichée pour le dispositif Campus Transnational Nord-Méditerranéen. Au titre de l'internationalisation, une large publicité sur ces opportunités portées par un contexte structuré de très haut niveau sera diffusée à l'international, afin d'attirer sur le site d'AMU les meilleurs étudiants internationaux en doctorat et post-doctorat.

Plusieurs dispositifs relatifs aux études doctorales et post-doctorales sont envisagés :

- Une insertion renforcée des doctorants et post-doctorants dans la formation Master avec la mise en place d'un tutorat à destination des étudiants de Master.
- La création d'un collège post-doctoral appuyé sur le réseau Alumni (voir 5.4).
- La mise à disposition d'un catalogue de formations scientifique et techniques complémentaire à destination des doctorants.

Le soutien à l'organisation d'Ecole Thématiques et d'Ecoles d'été impliquant les doctorants et post doctorants, ouvertes aux étudiants de parcours Master et coordonnées à l'international dans le cadre prioritaire mais non exclusif du Campus Transnational Nord-Méditerranéen.

5.3. Formation continue

Les enjeux de la formation continue à destination des cadres de la gestion du patrimoine méditerranéen nous apparaissent primordiaux.

A ce titre, les UE de Master constitueront un catalogue de formations ouvert à un large public de professionnels de l'archéologie préventive et des services patrimoniaux nationaux et internationaux. La formalisation de cette offre passera par la création d'un ou de plusieurs DU portés par le service de la formation professionnelle continue d'AMU.

Dans ce cadre, la diffusion de cours en ligne, en présentiel ou non, constituera une possibilité technique qu'il est urgent d'explorer au regard des demandes qui nous sont faites de la part des services patrimoniaux et de recherches des pays de la rive sud de la Méditerranée.

5.4. L'insertion professionnelle

La formation Master, outre la possibilité qu'elle offre d'entrer dans un cursus doctoral, a également été conçue, plus particulièrement pour les parcours 1 à 4, comme une formation à forte capacité d'insertion professionnelle, notamment vers les opérateurs de l'archéologie préventive nationale (terrestre et sous-marine), vers les services de collectivités territoriales, les organismes internationaux et, dans le cas des étudiants étrangers, vers les services exerçant la tutelle scientifique et patrimoniale dans leurs pays respectifs. L'expérience *MoMarch* nous a clairement démontré l'excellente insertion professionnelle des étudiants issus de la formation avec un niveau Master.

L'orientation interdisciplinaire et internationale des axes scientifiques de l'IAM-ARKAIA produira, en outre, une nouvelle génération de chercheurs inscrits dans la dynamique interdisciplinaire prônée par les organismes de recherche et d'enseignement supérieur (CNRS, Universités françaises et étrangères) vers lesquels les étudiants titulaires d'un doctorat ou ayant fait un séjour post-doctoral à l'IAM d'AMU pourront se positionner sur les recrutements. Ces jeunes chercheurs bénéficieront également des liens forts déjà existants avec les Ecoles françaises à l'Étranger en constituant un vivier de recrutement crédible. L'internationalisation du recrutement et des cadres de la formation assurera une bonne insertion des professionnels de la recherche archéologique et du patrimoine dans les services de leurs pays d'origine, tout en contribuant à construire le réseau de collaboration de demain de l'Institut.

Nous ne négligerons pas non plus le tissu économique régional, national et international, en particulier pour les étudiants diplômés dans des spécialités qui permettent de s'inscrire dans une démarche liée aux hautes technologies, aux approches sur les milieux naturels anthropisés, à la gestion numérique des données complexes, à l'intervention sous-marine, à l'édition par exemple. Les dispositifs CIFRE, sur lesquels nous insistons, permettront de préparer les projets professionnels de certains d'entre eux en les orientant vers des métiers d'expertises en particulier. Dans certains cas, la création de start up dans le cadre de l'incubateur eAMU en relation avec la SATT sud-est devra être envisagée et accompagnée.

En outre, les moyens mis en œuvre pour suivre le processus d'insertion et entretenir ces réseaux de solidarités scientifiques s'appuiera sur création d'un réseau Alumni de l'IAM-ARKAIA.

6. Les plateformes technologiques et documentaires ; nouveaux outils numériques

Les laboratoires participants de l'IAM-ARKAIA disposent tous de plateformes documentaires et techniques de niveau international ainsi que de compétences de très haut niveau. Equipements et forces sont cependant dispersés. L'objectif à 3 puis 6 ans est de progresser vers la structuration de plateformes communes, efficaces et adaptées aux besoins collectifs de l'IAM-ARKAIA. Ces actions se feront en concertation avec les laboratoires partenaires du site et, en ce qui concerne les plateformes techniques, avec le soutien, la collaboration et le conseil du consortium **E-RIHS** — *European Research Infrastructure for Heritage Science* —. Sur le volet documentaire, l'implication de certains d'entre nous dans le consortium MASA (*Mémoire des Archéologues et des Sites Archéologiques*), ou ArkeoGis, habilités par la TGIR HUMA NUM, sera élargi à l'ensemble l'Institut, dans le cadre d'une stratégie numérique de stockage et de diffusion de l'information scientifique.

6.1 Les plateformes techniques archéométriques : une mise en synergie nécessaire

Le CEREGE et l'IMBE disposent de plusieurs plateformes analytiques complètes et originales dédiées au biogéosciences. L'IMBE participe au développement de deux bases de données sur les restes botaniques implémentées dans la base de données européenne (*European Pollen Database* - EPD). En collaboration avec le CEREGE, un portail (*Fossil Pollen Database* - FPD) permet un accès à l'ensemble de ces méta-données ainsi qu'à la base de données dendrochronologique. Le laboratoire de sédimentologie (CEREGE) permet de développer l'ensemble des analyses visant à la reconstitution des paléo-environnements à partir des carottes sédimentaires, la caractérisation des particules, des matières carbonatées et l'évaluation des bio-indicateurs.

Les équipements du CEREGE en matière d'analyses isotopiques et géophysiques sont parmi les meilleurs en France. Ils permettent (i) d'analyser les isotopes stables des métaux (Pb, Cu, Zn, ...), les isotopes cosmogéniques (¹⁰Be, ³⁶Cl, ²⁶Al

...) permettant de caractériser les sources métallifères, les activités anthropogéniques anciennes et de dater de façon absolue les objets issus de contextes préhistoriques, (ii) de développer des études en archéomagnétisme et paléomagnétisme pour la détection des structures architecturales anciennes enfouies en vue de proposer des cartes archéologiques.

Le LAMPEA dispose d'une plateforme analytique de biochimie complète permettant la préparation des échantillons bio-archéologiques du terrain jusqu'à l'encapsulation des échantillons en vue d'analyses isotopiques (isotopes stables, C, N, S, O). Ces équipements permettent à la fois de caractériser isotopiquement les environnements passés et de reconstituer les pratiques alimentaires des sociétés passées dans le temps et l'espace. Le LAMPEA met également en place une plateforme de géo-archéologie, dotée de plusieurs équipements portatifs (Granulométrie, XRF), pour reconstruire les dynamiques paysagères, les caractéristiques paléoécologiques permettant une meilleure compréhension des sites archéologiques et des séquences naturelles.

ADES dispose d'une plateforme technique de cémento-chronologie humaine et histologie osseuse vouée aux recherches en bioarchéologie (recrutement, paléodémographie) et archéothanatologie (taphonomie). Les équipements permettent d'assurer toutes les étapes des observations histologiques et cémento-chronologiques d'échantillons de petite taille (dents, fragments d'os de quelques cms : enrobage, sciage par microtome, montage de lame-mince, observation au microscope doté d'une caméra).

Le rôle de l'Institut sera de contribuer à la rationalisation de ces plateformes dans le cadre de processus intégrés de recherches portées par les participants de l'Institut et d'en démontrer ainsi la complémentarité dans le cadre d'une chaîne de recherche intégrée fluide. Dans ce cadre, une réflexion sera menée sur la mise en cohérence des moyens à disposition et des manques qui conduira l'Institut à être force de proposition et à porter des demandes de financement de type Equipex en pleine cohérence avec la situation du site d'AMU.

6.2. Les plateformes de documentation

Collections de références : Aix-Marseille héberge des collections de référence de nombreux types de matériaux fossiles et actuels. Le LAMPEA possède une ostéothèque (animaux actuels et fossiles, européens/africains) ainsi qu'une lithothèque répertoriant l'ensemble des matières premières utilisées par les artisans préhistoriques pour la réalisation des équipements techniques. Le LA3M et l'IRAA ont également une importante collection de références des matériaux de constructions spécifiques de l'ensemble du Bassin méditerranéen. Le CCJ, avec le SRA, a la gestion d'une collection de référence dendrochronologique. En collaboration avec l'Université de Gênes, le CCJ possède également une collection de référence de plus de 12,000 de céramiques. L'ensemble de cette documentation est exceptionnel et nécessite à court terme de développer une gestion et un archivage répondant aux normes en vigueur des Open data et Open Access.

Bibliothèques : Les bibliothèques de la MMSH constituent des outils documentaires de renommée internationale. Néanmoins, l'actuelle gestion à l'échelle des laboratoires n'est plus possible aujourd'hui que ce soit en termes financier ou humain. Il devient urgent que cette situation héritée d'un autre temps évolue rapidement vers une structure fédérative à l'échelle de la MMSH (USR MMSH). Cette transformation doit également être accompagnée d'un projet structurant la gestion des ouvrages dans une politique commune d'archivage et d'accueil des publics académiques et non-académiques.

Archives : Les archives, documentaires et matérielles, héritées de la décolonisation de l'Afrique du nord, laissées par les chercheurs de la seconde moitié du XXème siècle, sont des documents inédits. C'est de notre responsabilité de les valoriser et les restituer à l'ensemble de la communauté scientifique. Cet objectif commun, visé par l'ensemble des laboratoires de la MMSH, a un coût humain et financier qu'il conviendra également de mobiliser dans le cadre du futur Institut, en s'appuyant sur les partenaires nationaux (TGIR HUMA NUM) et internationaux (NAHAN - North African Heritage Archives Network) au sein desquels AMU a déjà des accords officiels.

Sont également concernées ici les archives biologiques et scientifiques regroupées au sein de l'Ostéothèque régionale, dont une partie est co-gérée par ADES et la DRAC-PACA. Les séries ostéoarchéologiques proviennent exclusivement de sites archéologiques de la région PACA. Elles sont associées à une documentation scientifique (rapports, iconographie...): Website : <http://osteothequedepaca.medethique.com>. ADES possède également sa propre ostéothèque constituée de 40 séries (2000 sujets) issues d'opérations archéologiques hors de la région PACA. Elles sont associées à une documentation scientifique (rapports, iconographie...).

6.3. Projet : le Pôle de compétences numérique pour l'archéologie: de la production des données à la diffusion des savoirs et l'infrastructure ArcaDIIS (*Archaeological Data Infrastructure for Interoperability and Sharing*)

L'objectif du pôle numérique est d'inscrire clairement les programmes scientifiques de l'Institut méditerranéen d'archéologie dans un mouvement international de science ouverte et collaborative. Il s'appuie sur les savoir-faire et les outils des Humanités numériques spécifiquement appliqués à l'archéologie. Il favorise l'intégration de chaînes opératoires vertueuses et l'appropriation des outils du numérique par les archéologues, dans le but de permettre la visibilité des résultats de la recherche en archéologie et la réutilisation des données scientifiques.

Le pôle s'appuie sur les expertises des ingénieurs et des chercheurs des laboratoires de l'IAM-ARKAIA, à la double compétence technique et disciplinaire, formés aux Humanités numériques et assurant une veille spécifique. Soutien à la recherche, il accompagne la mise en œuvre des projets, la structuration et l'exploitation des corpus, la valorisation des données et des résultats de la recherche et contribue à la réflexion épistémologique sur les innovations numériques en archéologie.

Pour répondre aux besoins des programmes scientifiques de l'Institut, le pôle propose plusieurs orientations :

- * **Accompagnement pour le suivi du projet numérique** : rédaction de cahiers des charges et des plans de gestion des données ;
- * **Mise en place d'une chaîne opératoire à trois volets** : (a) *gestion, stockage et archivage des données*, (b) *traitement et analyse scientifique des données*, en intégrant standards de description et de diffusion des données et de leurs métadonnées, choix d'ontologies et référentiels pour la création de BDD en vue de leur interopérabilité (c) *diffusion et publication* ;
- * **Organisation d'actions pédagogiques nécessaires à la diffusion des bonnes pratiques** et à l'appropriation des standards.

Pour ce faire, le pôle développe *ArcaDIIS*, infrastructure numérique inter-disciplinaires (archéologie et sciences connexes), pour l'interopérabilité et le partage des données, permettant le dépôt, le référencement et l'accès unifié aux données. Outil fédératif de service et de recherche tourné vers l'Open Science, *ArcaDIIS* adopte les principes FAIR ainsi que les protocoles du web sémantique et du Link Open Data. Un service de publication associé, accueille des formes éditoriales numériques originales au sein d'un workflow fondé sur une structuration XML.

Le pôle se situe ainsi à l'interface des actions de recherche et de formation favorisant le partage, l'accompagnement et l'échange dans l'expérimentation et la mise en place de nouvelles pratiques. En proposant d'adopter les normes et standards utilisés par la communauté archéologique internationale, le pôle s'intègre au paysage des acteurs des Humanités numériques nationaux (TGIR, IR) à travers des collaborations déjà engagées et accompagne l'Institut dans sa démarche d'internationalisation et d'ouverture de ses recherches.

7. Relations avec le monde socio-économique

Les actions de l'Institut doivent également permettre d'approfondir la dimension de valorisation à l'attention des publics en s'appuyant notamment sur les services archéologiques de collectivités territoriales dont plusieurs sont justement acteurs au sein des UMR de l'Institut. En effet, les collectivités territoriales sont rompues à l'exercice de valorisation scientifique et archéologique, tant par le biais de musées municipaux (Marseille, Nice, Martigues) ou départementaux (Arles, Quinson) que par leur implication dans la communication événementielle (journées de la science, journées du patrimoine, journées de l'archéologie). Ces collectivités peuvent s'appuyer sur des services de communication expérimentés dans la diffusion et la gestion d'actions de sensibilisation à l'égard des publics.

Par ailleurs, l'Institut doit s'appuyer sur l'accord-cadre national CNRS/Ministère de la Culture, renouvelé en 2017, dont l'objet est de mieux concerter les politiques respectives de ces deux institutions. La dimension éducative et pédagogique à l'adresse des publics de certaines des opérations menées au sein de l'Institut doit en effet pouvoir bénéficier des actions d'éducation artistique et culturelle (EAC), point fort des politiques de démocratisation menées au ministère de la Culture.

Concernant les politiques patrimoniales, l'expertise et l'autorité du ministère de la Culture en matière de conservation et de patrimonialisation archéologique doit pouvoir permettre, au-delà de l'aboutissement d'études scientifiques spécifiques, de pérenniser certains sites, vestiges ou collections, par des mesures de préservation et d'accessibilité adaptées à une recherche durable.

Pour ce qui concerne la question de la professionnalisation des jeunes diplômés, l'institut doit également pouvoir trouver auprès des services archéologiques de collectivités territoriales de nouveaux relais dans une stratégie géographique de maillage du territoire.

8. Stratégie globale : Rôle prospectif et structurant de l'Institut

Le projet a donc vocation à mettre en synergie les forces scientifiques reconnues par le COS (Comité d'Orientation Scientifique – 2015) en Archéologie et Archéosciences actuellement dispersées sur le site d'AMU. Il associe donc des laboratoires du périmètre **MMSH**, de l'**OSU Pythéas** et du périmètre **Santé** pour mettre en œuvre des dynamiques de recherches et de formation communes et complémentaires associant des plateformes documentaires et techniques de niveau international au service de problématiques méditerranéennes **collectivement définies sur la bases de nos pôles d'excellence**. L'objectif est d'offrir une très forte visibilité à une offre de formation et de recherche transdisciplinaire et diachronique ancrée en Méditerranée. Le champ archéologique ainsi défini caractérise une discipline neuve qui aujourd'hui a acquis une maturité suffisante pour concevoir ses propres questionnements transversaux. Cette intégration passe en particulier par l'élaboration de langages communs à plusieurs champs disciplinaires et par l'expérimentation technologique de très haut niveau.

L'ambition de ce projet est donc de provoquer une confrontation des approches, des méthodes et des problématiques centrées sur un même objet : l'approche diachronique des sociétés méditerranéennes anciennes confrontées à leurs milieux. L'objectif est de provoquer et d'accompagner l'émergence dans les dix années à venir des nouveaux questionnements méditerranéens interrogeant la co-construction des milieux et des sociétés à partir de méthodes intégrant les différents champs disciplinaires et les outils d'analyse à haute résolution. Ce dialogue nouveau nous devons le construire avec nos partenaires, mais aussi avec ceux que nous formerons en les intégrant à toutes les phases du processus de recherche dans le cadre d'un cursus intégré Master – Doctorat – post doctorat et dans le cadre de dispositifs de formation continue. L'ambition à 10 ans est que l'**IAM-ARCHAIA** s'impose comme l'un des principaux centres opératoires pour l'archéologie méditerranéenne, mais aussi comme une tête de pont du dialogue épistémologique sur l'approche des sociétés anciennes et des patrimoines méditerranéens.

Ce positionnement s'inscrit dans une dynamique parallèle et complémentaire au projet d'Institut pour la Transition Environnementale (ITEM). La focale méditerranéenne est commune aux deux instituts ; la ressource en eau, les environnements littoraux et les relations homme/milieu sont également des thématiques communes fortes. Toutefois, le point de vue principal d'ITEM est avant tout actualiste et la finalité des études envisagées n'est pas réellement la connaissance du passé pour lui-même mais plutôt pour une meilleure compréhension des changements climatiques et environnementaux à long terme. ITEM privilégie les connexions entre les paléosciences et les sciences actualistes (écologie, climatologie, hydrologie ...). Néanmoins les deux instituts partagent plusieurs plateformes : European Pollen Database, dendrochronologie, sédimentologie, équipement isotopes stables et cosmogéniques. Il y a donc complémentarité et il est très souhaitable que les deux Instituts développent des projets communs, en particulier dans le cadre d'ECCOREV qui englobe les périmètres respectifs.

Au-delà de l'ambition épistémologique, le projet présente un caractère fortement structurant pour le site d'AMU en s'appropriant **la problématique de la rationalisation des plateformes documentaires** (bibliothèques, archives) **et techniques** (dispersées et souvent incomplètes) et en mettant en œuvre une réflexion sur la stratégie numérique de l'Institut portée par un Digital Specialist Service for Archaeology (DiS²Arch).

Notre démarche s'inscrit donc pleinement dans les problématiques actuelles liées, en Méditerranée, aux transformations des milieux marins, côtiers ou continentaux et aux processus d'adaptation/résistances/résilience des groupes humains à ces contraintes inscrites dans une histoire longue et culturellement complexe. L'ensemble des forces mobilisées sur le site d'AMU, associées aux réseaux de partenaires nationaux et internationaux déjà largement existants, constitue un pôle scientifique de très haut niveau particulièrement adapté au développement du projet et parfaitement capable de poser les bases d'une démarche originale de recherche et de formation en Méditerranée. En inscrivant les problématiques environnementales et biologiques dans le champ historique, notre intention n'est pas de construire une opposition ou une juxtaposition simple d'un rapport « Homme-Milieu » mais d'élaborer une

réflexion plus complexe dans le cadre d'une relation ternaire « Homme-Milieu-Culture ». C'est cette position conceptuelle que nous pouvons désormais défendre, que nous voulons défendre.

9. Modalités de Pilotage

Conformément à la lettre de cadrage, les modalités de pilotage prendront la forme proposée par AMU pour les EUR labellisées. Les contraintes exigées par ces modalités de pilotage imposent une demande RH minimale en termes de pilotage administratif et scientifique. Ces ressources exprimées ici *a minima* pourraient être mutualisées avec l'Institut International d'Etudes Méditerranéennes également installé sur le site de la MMSH.

Ressources humaines : appui sur les services de la MMSH (informatique, documentation, logistique, gestion, plateformes)

Au titre du pilotage et de la gestion administrative et scientifique

- Chef de projet : actuellement IR CDI mise à disposition par la DRV, financée par LabexMed, pour ce programme ; financement demandé pour l'Institut, en mutualisation avec l'Institut International d'Etudes Méditerranéennes.
- Coordination recherche : IR CDI composante MSH (mise à disposition par la composante), en mutualisation avec l'Institut International d'Etudes Méditerranéennes.
- Coordination formation : IE demandé, en mutualisation avec l'Institut International d'Etudes Méditerranéennes.
- Ingénieur ressources numériques : IR demandé.

Ces demandes en ressources humaines n'excluent pas d'autres demandes relatives à la mise en œuvre spécifique de l'IAM-ARKAIA, qui seront exprimées dans la suite du processus de validation du projet.

ANNEXE – Acteurs de l’Institut Méditerranéen d’Archéologie

Les forces vives d’AMU

Les laboratoires qui s’inscrivent dans le projet sont :

- Le Laboratoire méditerranéen de Préhistoire Europe Afrique (**LAMPEA** - UMR 7269)
- Le Centre Camille-Jullian (**CCJ** – UMR 7299)
- L’Institut de Recherche sur l’Architecture Antique (**IRAA** - USR 3155)
- Le Laboratoire d’Archéologie Médiévale et Moderne en Méditerranée (**LA3M** - UMR 7298)
- Le laboratoire Textes et documents de la Méditerranée antique et médiévale (**TDMAM** – UMR 7297)
- La Maison Méditerranéenne des Sciences de l’Homme (**MIMSH** – USR 3125 et Composante Recherche AMU)
- Le Centre de Recherche et d’Enseignement de Géosciences de l’Environnement (**CEREGE** - AMU UM 34, CNRS UMR 7330, IRD UMR 161, Collège de France).
- L’Institut Méditerranéen de la Biodiversité et d’Ecologie marine et continentale (**IMBE** - UMR 7263, IRD UMR 237).
- Le laboratoire d’Anthropologie bio-culturelle, droit, éthique et santé (**ADES** - UMR 7268)

Le LAMPEA, le CCJ, l’IRAA et le LA3M engagent l’ensemble de leurs personnels dans le projet. Le TDMAM une partie seulement. Comme indiqué plus haut, seules les équipes spécialisées en archéosciences du CEREGE et de l’IMBE ont rejoint le projet d’Institut, ainsi que l’équipe Bio-archéologie et Paléo-anthropologie d’ADES.

Au total, l’Institut regroupera 22 PU, 35 Mcf, 11 DR CNRS, 28 CR CNRS, 14 IR CNRS, 32 IE/AI CNRS, 4 IE AMU, soit **146 ETP** si l’on s’en tient strictement aux effectifs des deux tutelles principales AMU et CNRS. La tutelle du ministère de la Culture et le conventionnement avec l’INRAP étant bien effectifs dans plusieurs des UMR associées, il faut ajouter 14 Chercheurs du ministère de la Culture (Services Régionaux de l’Archéologie de PACA, Occitanie, Corse et du Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines) et 31 agents INRAP.

Ce projet s’inscrit transversalement dans **quatre PR2I : Humanités, Environnement, Santé et Sciences de la Vie, Sciences et technologies avancées,**

Dans **trois Instituts du CNRS : INSHS, INSU et INEE.**

La partie formation du projet s’intégrera pour partie, au niveau Master, dans l’offre de formation déjà existante ou à construire de **l’UFR ALLSH.**

Au niveau doctoral, trois Ecole doctorales sont mobilisées : les ED 355 (Espaces Cultures Sociétés), 251 (Sciences de l’environnement) et 062 (Sciences de la vie et de la santé). Des collaborations sont envisagées avec les ED 353 (Sciences pour l’ingénieur), 352 (Physique et sciences de la matière), 250 (Sciences chimiques) et 184 (Mathématiques et informatique).

Les principaux partenariats extérieurs (hors Campus Transnational Nord-Méditerranéen)

Ecoles françaises à l’étranger :

- Ecole française de Rome
- Ecole Française d’Athènes
- Casa de Velázquez (Madrid)

UMIFRE

- Centre d’Etudes Alexandrines (CEAlex, CNRS USR 3134, Alexandrie)
- Centre Jean-Bérard (CNRS USR 3133, Naples)

Partenaires nationaux

- Ministère de la Culture, sous-direction des patrimoines.
- DRASSM (Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines)
- INRAP (Institut National de Recherches en Archéologie Préventive)

- Musée du Louvre
- E-RIHS (European Research Infrastructure for Heritage Science)
- TGIR Huma Num (Très Grande Infrastructure de Recherche, Humanités Numériques)
- UMR 3495 MAP (Modèles et simulations pour l'Architecture et le Patrimoine, CNRS/Ministère de la Culture)
- INIST (Institut de l'information scientifique et technique)
- ENSTA – ParisTech (Ecole National Supérieure de Techniques Avancées, Paris).

Institutions régionales

- Musée départemental – Arles Antique
- Musée de la Préhistoire des Gorges du Verdon, Quinson
- Musée d'Histoire de la Ville de Marseille
- Services archéologiques des villes de Marseille, Aix-en-Provence, Martigues, Istres-Ouest Provence, Fréjus,
- Service départemental d'archéologie des Alpes-de-Haute-Provence

Institutions étrangères.

- German Archaeological Institute (DAI, Berlin and Roma)
- Institut National du Patrimoine de Tunis (partenariat signé en 2017)
- Centre National de la Recherche en Archéologie, Alger (partenariat signé en 2017)
- Department of Antiquities of Libya (partenariat signé en 2018)
- Institut National des Sciences de l'Archéologie et du Patrimoine, Rabat (partenariat en cours de signature)

Instituts français au Maghreb

- Institut Français de Tunisie
- Institut de Recherches sur le Maghreb Contemporain
- Institut Français d'Algérie et Service de Coopération et d'Action Culturelle de l'ambassade de France
- Institut Français de Libye (relocated in La Marsa, Tunisie)

Partenaires de la Chaire Unesco en Archéologie Maritime et littorale

- University of Cadiz, Spain
- University of Mayence, Geological Institute, Germany
- University of Cyprus, Department of History and Archaeology (Nicosia)
- University of Haifa, Department of Marine geosciences, Israël
- University of Haifa, Centre of maritime studies, Israël
- Musée Département de l'Arles Antique
- University of Zadar, Croatia
- University of Peloponnese, Department of History, Archaeology and Cultural Resources Management, Kalamata, Greece.
- University of Patras, Greece.
- École Française de Rome, Italy.
- University of Athens, Departement of Geography and Climatology, Greece
- Centre d'Études Alexandrines (CNRS USR 3134), Alexandria, Egypt
- National Centre of Underwater Cultural Heritage, Beijing, China
- National Council of Cultural Affairs, General administration of cultural heritage, Taichung, Taiwan

Entreprises partenaires de projets de recherche et de formation

- COMEX SA, Marseille
- Arc-Nucléart, CEA/Grenoble.
- Institut National de plongée Professionnelle (INPP) Marseille.
- IFREMER (Institut Français de Recherches pour l'Exploitation de la Mer), Paris.
- Dassault Systèmes 3d (virtual imaging, enhanced realty), Paris.
- Copetech-SM Underwater Survey, Marseille.
- A-Corros Expertise (rehabilitation of metals, treatment of metal corrosion), Arles.
- Les Belles Lettes, book publisher, Paris



Conseil Académique

26 mars 2019

Institut d'Archéologie Méditerranéenne

ARKAIA

Porteur du projet : Jean-Christophe SOURISSEAU

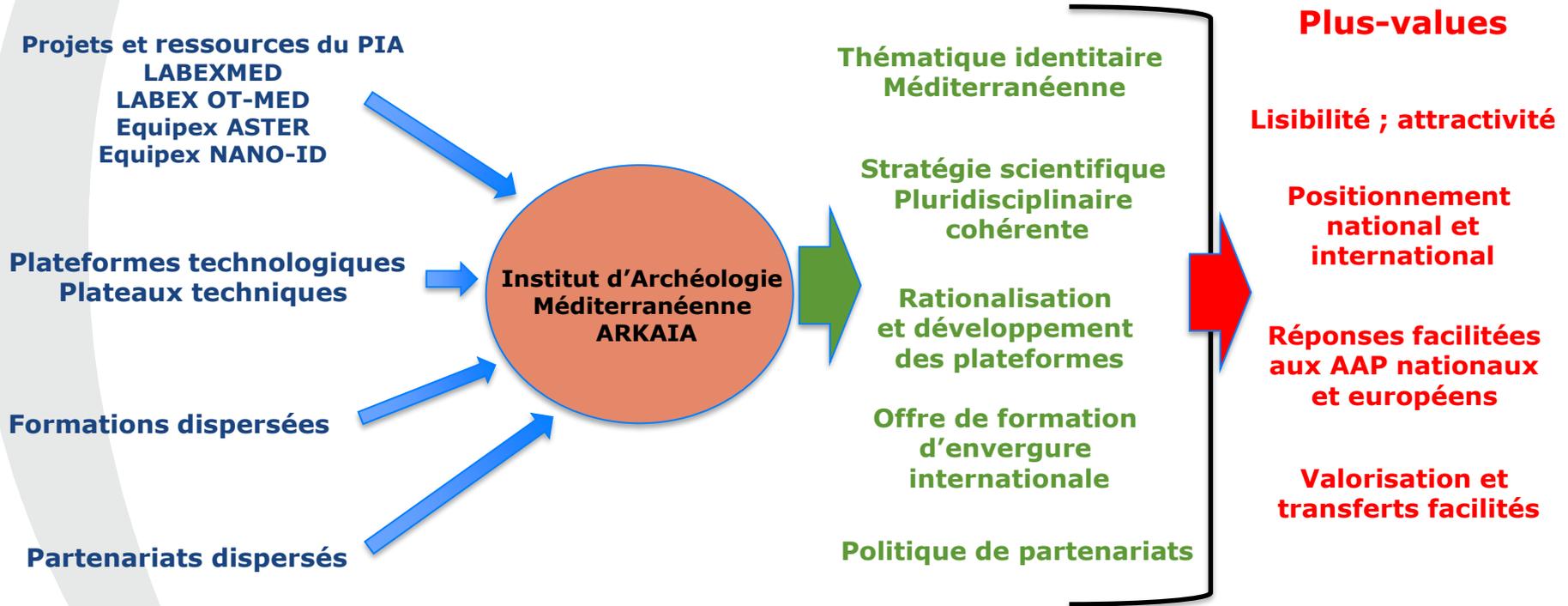
Professeur d'Archéologie – Aix-Marseille Université ;

Directeur du Centre Camille-Jullian (UMR 7299) ;

Titulaire de la Chaire UNESCO en Archéologie Maritime et Littorale

Contexte et objectifs

Synergie interdisciplinaire et Identité AMU



5 unités de recherche en SCIENCES HUMAINES



PRÉHISTOIRE ANTIQUITÉ



MOYEN-ÂGE ARCHITECTURE



3 unités de recherche en ENVIRONNEMENT ET SANTÉ



BIOÉCOLOGIE



GÉOSCIENCES



ANTHROPOLOGIE BIO-CULTURELLE

7 unités de recherche en SCIENCES ET TECHNOLOGIE



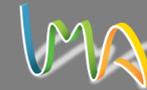
OPTIQUE-IMAGE



MATÉRIAUX



BIROBOTIQUE



laboratoire «mécanique

MÉCANIQUE ET ACOUSTIQUE

3 écoles doctorales principales : ED 355 – 251 - 062

4 composantes principales (MMSH – ALLSH – OSU PYTHEAS - Médecine)

3 instituts du CNRS (InSHS – INEE – INSU)

Stratégie de recherche :

Décloisonnement disciplinaire –Thématiques prioritaires

Rationalisation des moyens

5 Axes de recherche	Enjeux thématiques et sociétaux	Champs d'expertise reconnus d'AMU
Axe 1 - Espace méditerranéens : des milieux aux territoires ; cultures de la mer et anthropisation du milieu	<i>Analyser la réponse des sociétés aux changements environnementaux</i>	Archéologie portuaire Archéologie Sous-marine Bio et géoarchéologie Paléoclimatologie
Axe 2 - Formes d'organisations de communautés humaines, dynamiques des populations et démographie	<i>Comprendre les dynamiques historiques en Méditerranée dans la longue durée</i>	Paléobiochimie Archéothanathologie Paléodémographie Anthropologie historique
Axe 3 - Systèmes techniques et cultures matérielles, approches analytiques intégrées	<i>Décrire les systèmes économiques de production et de consommation</i>	Céramologie – Archéométrie Archéozoologie Architecture - Sculpture Archéologie des techniques
Axe 4 - Phénomènes culturels en Méditerranée : Contacts, échanges et transferts	<i>Percevoir les constructions intellectuelles, les transferts d'idées, de savoirs et de technologies</i>	Anthropologie historique Archéologie de l'artisanat « Classics »
Axe 5 – Innovations – exploration – Technologies	<i>Rationaliser et élaborer les futurs outils de la recherche</i>	

RECHERCHE

ACTIONS PRIORITAIRES

OBJECTIFS

Archéologie maritime

- Renforcer notre leadership international en archéologie sous-marine et littorale (France, Italie, Grèce, Syrie, Liban, Malte, Croatie, Egypte, Maghreb, Mer Noire)

Archéologie des sites clés de Méditerranée

- Renforcer notre action scientifique sur les sites les plus importants et à forte visibilité internationale (Grotte Cosquer, Rome, Pompéi, Delphes, Alexandrie)

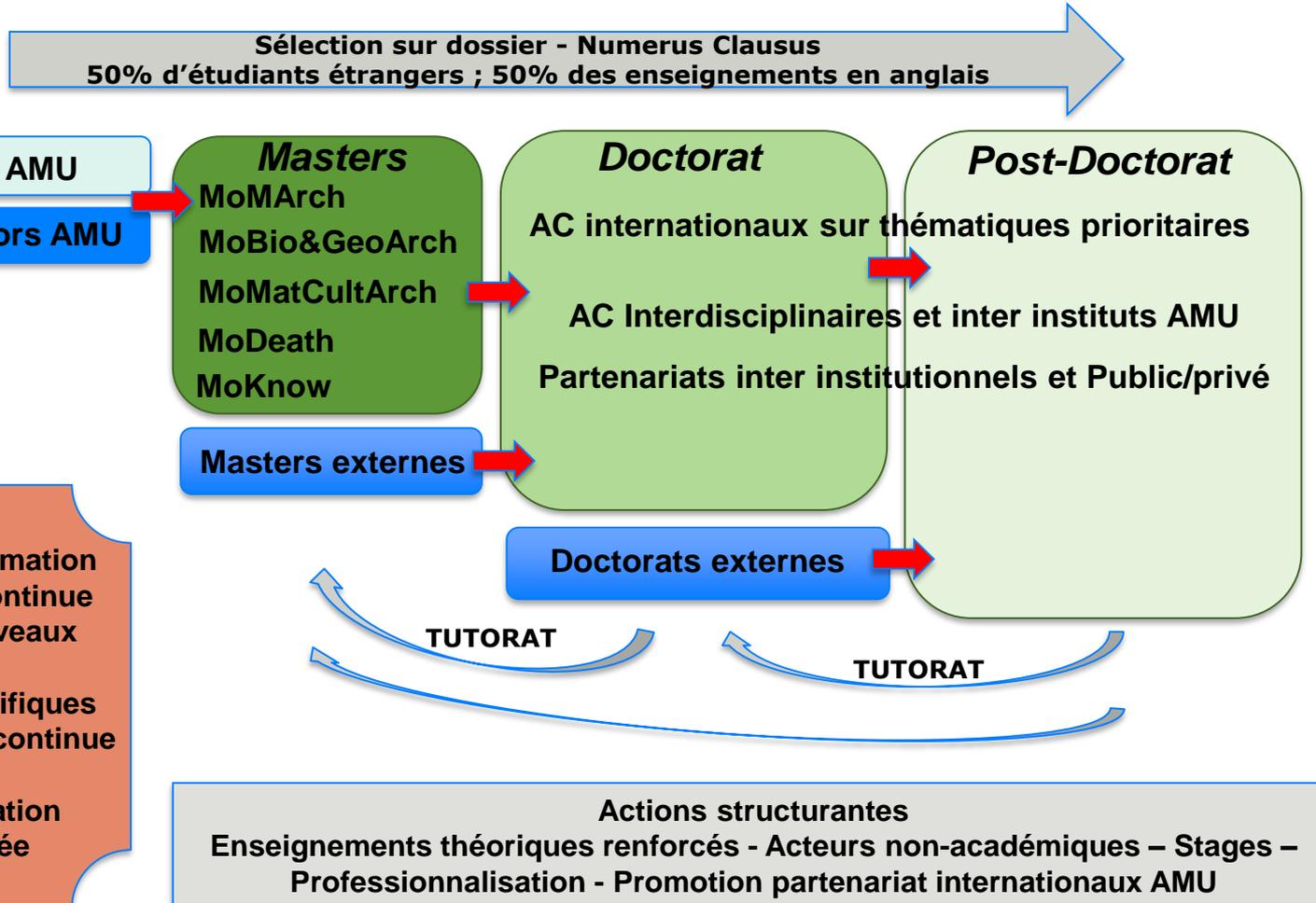
Archéologie des espaces maghrébins

- Renforcer notre position scientifique au Maghreb dans le cadre d'actions interdisciplinaires et diachroniques sur des terrains neufs à fort potentiel

Eau, Alimentation
Résilience, Mobilités
Mémoires, Identités

- Promouvoir des actions scientifiques transdisciplinaires à fort impact sociétal

Stratégie de formation : un parcours intégré Master – Doctorat – Post-doctorat



Plateformes et plateaux techniques :

Objectif 1 : créer une chaîne analytique et technologique intégrée par interconnexion des plateformes existantes

- **Plateforme MATRIX**
- **Equipex ASTER**
- **Equipex NANO-ID**
- **Plateforme de chimie élémentaire**
- **Plateforme mutualisée AVB**
- **PANIS**
- **Unité du radiocarbone**



- **Unité de géochimie organique**
- **Unité de géochimie élémentaire**
- **Laboratoire de sédimentologie**
- **Laboratoire de géophysique**
- **Plateforme isotopes radiogéniques**



- **Plateforme SIGEO: imagerie et géomatique**

- **Plateforme des couches minces optiques**
- **Plateau technique micro-ondes**
- **Plateau de métrologie par diffusion lumineuse**
- **Plateau photonique de puissance**
- **Plateforme technologique ASUR**



PLATEFORME
TECHNOLOGIQUE
AIX-MARSEILLE

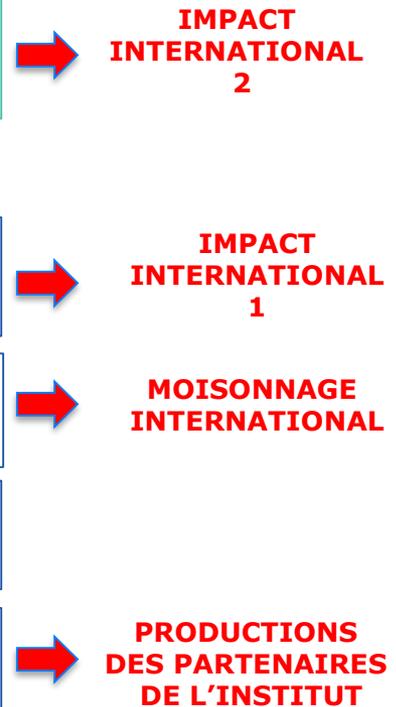
Objectif 2 : création d'une plateforme numérique des données

ArcaDIIS

*Archaeological Data Infrastructure
for Interoperability and Sharing*



IR partenaires
ArcaDIIS
Hub éditorial



Projet de création d'Institut Aix-Marseille Université:

'Institut Cancer et Immunologie'

Coordinateur: Jean-Paul Borg

Résumé

Depuis des décennies, AMU est reconnue comme un site d'excellence en recherche, formation et transfert en oncologie et immunologie comme le soulignent les évaluations des comités et agences (COS d'AMU 2015, HCERES, Inserm, CNRS), le soutien de l'Institut National du Cancer et d'AVIESAN (FHU-Marseille Immunopole), l'attribution de 6 PIA impliqués dans ces disciplines (Equipex *Phenomix*, démonstrateur *MI-mAbs*, Cohorte *Cryostem* et RHU *PIONeer*, LABEX DC-BIOL, et Labex INFORM), l'obtention d'une pléthore de projets financés par des appels d'offre compétitifs nationaux et internationaux et des organismes caritatifs et par la forte attractivité pour les industries locales et internationales du secteur. Basé sur l'effort de structuration déjà établi en cancérologie et immunologie de la science fondamentale aux applications cliniques et industrielles et sur les forces scientifiques, cliniques, industrielles et éducatives déjà en place, l'Institut Cancer et Immunologie ambitionne de coordonner et de développer une stratégie scientifique en recherche et développement dans des domaines prioritaires (onco-immunologie translationnelle, bioinformatique, analyse cellule unique,..), en formation et innovation clinique en lien étroit avec les autres disciplines d'AMU.

Contexte

Le cancer représente un défi sociétal, scientifique et médical reconnu comme une priorité aux niveaux régional, national et international. Seuls des efforts conjoints et synergiques des communautés scientifiques et médicales peuvent améliorer la connaissance sur la maladie et la prise en charge des patients. Une meilleure compréhension de l'initiation, du développement et de la dissémination du cancer, des relations hôte-tumeur, des réponses immunitaires, vasculaires et inflammatoires permettra d'identifier des biomarqueurs et des cibles et de générer de nouveaux médicaments. Le développement de médicaments ciblant les altérations moléculaires (thérapie ciblée) ou la reprogrammation du système immunitaire (anticorps et immunothérapie cellulaire) ont conduit à des percées majeures scientifiques et médicales. Ces réalisations s'accompagnent d'un essor économique sans précédent dans les secteurs de la biotechnologie et de la pharmacie et d'un attrait grandissant des industriels pour les collaborations académiques. Malgré cela, pour de nombreux cancers, la résistance aux traitements et la rechute restent deux problèmes majeurs qui ne pourront être résolus que par de nouvelles avancées scientifiques. Ce challenge ne peut être relevé que par un réseau exceptionnel de scientifiques, cliniciens et industriels : nous pensons qu'AMU abrite une telle communauté prête à relever ce défi.

Equipes participantes

La recherche en cancérologie et en immunologie à AMU est principalement centrée autour de 2 centres de recherche internationalement reconnus:

- le Centre de Recherche en Cancérologie de Marseille (CRCM) localisé sur le site de l'Institut Paoli-Calmettes (IPC), le centre régional de lutte contre le cancer, membre d'UNICANCER
- le Centre d'Immunologie de Marseille-Luminy (CIML) localisé sur le campus scientifique de Luminy.

Ces instituts composés de 18 à 20 groupes chacun étudient la complexité du cancer et du système immunitaire, du fondamental à la clinique, et collaborent depuis longtemps et avec succès en recherche et innovation, enseignement et développement technologique. La recherche dans ces deux instituts est reconnue pour son excellence et a un très fort impact sur la qualité globale de la recherche d'AMU, comme l'a souligné le COS 2015. AMU héberge également d'excellentes équipes en cancérologie et immunologie dans les instituts partenaires: Institut de Biologie du Développement de Marseille (IBDM) et Théories et Approches de la Complexité Génomique (TAGC) sur le Campus de Luminy, le Centre de Recherche en Cardiovasculaire et Nutrition (C2VN) et Institut de Neuro-Physiopathologie (INP) sur La Timone Campus. De plus, les cliniciens et pharmaciens, les infrastructures cliniques et technologiques et les ressources biologiques de l'IPC (3e centre français de lutte contre le cancer) et de l'Assistance Publique - Hôpitaux de Marseille (APHM) participent également activement aux programmes de recherche et d'enseignement. Au total, cet Institut rassemblera une masse critique de 150 scientifiques et cliniciens permanents temps plein en recherche sur le cancer et l'immunologie.

L'excellence des équipes participantes à l'Institut se vérifie par les succès suivants:

- 8 ERC (M. Bajenoff, M. Dalod, T. Lawrence, B. Malissen, M. Sieweke, R. Tomasini, S. Ugolini, E. Vivier),
- 1 ATIP/Avenir (C. Lachaud),
- 1 Chaire d'Excellence A*MIDEX (P. Ballester),
- 10 équipes 'Label Ligue' (D. Birnbaum, J.-P. Borg, P. Dubreuil, V. Géli, J. Iovanna, T. Lawrence, T. Lecuit, M. Modesti, E. Vivier, P. Zimmermann),
- 6 équipes 'Fondation pour la Recherche Médicale' (M. Dalod, P. Naquet, J.-P. Gorvel, D. Olive, P. Pierre, M. Sieweke)
- 2 équipes "programmes labellisés Fondation ARC" (B. Nadel, M. Sieweke).

L'excellence peut également être reconnue par le taux de réussite élevé aux concours de recrutements Inserm et CNRS (2011-2016): 16 au CRCM, 9 au CIML, 15 à IBDM, 6 au TAGC et 9 au C2VN. Pendant la période 2011-2018, les équipes ont publié dans les meilleurs journaux comme auteurs seniors en *recherche fondamentale*: Nature (5), Cell (2), Science (3), Nat. Cell Biol (3), Nature Struct. Mol. Biol. (1), Mol Cell. (4), Cancer Cell (2), Cell Reports (12), Dev. Cell (1), Nat Commun. (21), ELife (12), PNAS (15), Mol. Cell. Prot. (2), EMBO J. (6), EMBO Rep. (2), J Exp Med (7), Immunity (5), Nat Immunol (2); *recherche translationnelle*: EMBO Mol Med (6), J Clin Invest. (5), Blood (13), Cancer Res. (11), Leukemia (9), Clin. Cancer Res. (3), Nat Med (1) et *recherche clinique*: Lancet (2), N. Engl. J. Med (2), Lancet Oncol. (6), Ann. Oncol. (4), J Clin Oncol. (4), Lancet (2), J Nat Can Inst (1). B. Malissen and E. Vivier sont deux des cinq chercheurs les plus cités d'AMU (Thomson Reuters). Depuis 2015, de nombreux chercheurs ont été récompensés pour leurs réalisations par des prix nationaux et internationaux, ainsi que des médailles de bronze (4) et d'argent (1) de l'INSERM et du CNRS.

Recherche

Les activités de recherche des équipes de l'Institut abordent les aspects plus fondamentaux de l'initiation et de la dissémination du cancer et du microenvironnement tumoral en identifiant les altérations moléculaires et en comprenant leurs conséquences fonctionnelles *in vitro* et *in vivo*. D'autres sujets de recherche importants concernent la compréhension de l'hétérogénéité tumorale aux niveaux moléculaire et cellulaire, ainsi que la résistance et la

rechute. La recherche en immunologie des équipes aborde les grands principes installant et régulant le système immunitaire pour ouvrir la voie à de nouvelles solutions diagnostiques et thérapeutiques : voies de signalisation T, B, dendritique et NK, structure 3D du complexe récepteur T-peptide antigénique-molécule du CMH, signal de mort délivré par les lymphocytes T cytotoxiques et étude de la lignée myéloïde. Les chercheurs étudient également les mécanismes fondamentaux du développement embryonnaire, très fréquemment altérés dans les cancers, des cellules souches germinales à travers la différenciation et la morphogenèse embryonnaire, jusqu'à l'acquisition de fonctions complexes. Différents modèles animaux sont utilisés (de la drosophile à la souris), combinés à des approches multidisciplinaires en génétique, génomique, biologie cellulaire, biochimie, biologie du développement, physiologie et physiopathologie, mathématique, bioinformatique et physique. Les équipes développent également des approches translationnelles et cliniques pour identifier les biomarqueurs dans les maladies de mauvais pronostic (cancer du sein triple négatif, cancer du pancréas, leucémie, glioblastome, cancer du poumon) et lancer des essais cliniques innovants.

AMU a une longue tradition de découvertes en oncologie et en immunologie. *FLT3*, l'un des gènes les plus fréquemment mutés dans la leucémie myéloïde aiguë, a été cloné au CRCM dans les années 90. IPC est un acteur majeur dans le domaine de la transplantation de cellules souches allogéniques et est le premier centre européen pour le traitement des hémopathies malignes dans ce domaine. Il fut également le premier à concevoir une immunomodulation par des cytokines dans les hémopathies malignes et les tumeurs solides et à démontrer que l'immunomodulation *in vivo* modifie la malignité hématologique. En 2010, l'immunothérapie est entrée dans une nouvelle ère avec l'introduction de l'ipilimumab, un anticorps thérapeutique dirigé contre CTLA-4 dont le gène a été cloné au CIML, dans le mélanome métastatique. Ce médicament a apporté la preuve de concept que la manipulation des cellules immunitaires pouvait éliminer les cellules tumorales et a conduit à l'attribution du [prix Nobel de médecine 2018 à James Allison](#). [Pierre Golstein, découvreur de CTLA-4, a été récompensé en 2019 par le Prix Spécial de l'Inserm](#). Des anticorps anti-PD1 et anti-PD-L1 ont récemment été approuvés en tant que thérapies dans les cancers du poumon non à petites cellules. Des travaux collaboratifs entre le CIML, IPC et le CRCM ont récemment permis de réaliser des essais cliniques avec un anticorps anti-KIR (lirilumab) développé par Innate Pharma. Les découvertes et les réalisations en oncologie et en immunologie sont donc profondément enracinées dans la culture d'AMU.

Enseignement

La formation en cancérologie et en immunologie à AMU bénéficie d'une richesse d'enseignants de haute qualité et d'une excellence et d'une attractivité qui se traduisent par de nombreuses opportunités d'emploi pour les étudiants dans les secteurs académique et privé. Ceci est complété par le fort engagement en enseignement des chercheurs et des ingénieurs Inserm et CNRS, ainsi que par la contribution des partenaires industriels (Halio-Dx, Immunotech, Innate Pharma) dans l'enseignement pratique des étudiants, un atout pour coupler efficacement formation théorique et pratique. En plus des équipes de recherche, les étudiants ont accès à des plateformes de recherche en omique, imagerie cellulaire, modèles animaux, bioinformatique, conception de médicaments et développement d'anticorps mis en place dans les différents centres de recherche ainsi qu'aux services de ressources biologiques et des essais cliniques. Les entreprises de biotechnologie (Halio-Dx, Innate Pharma, Imcheck Therapeutics, Immunotech, AB Science) accueillent également des stagiaires, ce qui constitue un terrain propice aux projets de recherche académiques-privés (thèses Région, CIFRE,..) et contribue à accroître l'intégration professionnelle des jeunes scientifiques.

L'enseignement de l'oncologie est principalement présent dans le Master *Biologie-Santé* (40 étudiants/an, dont la moitié sont médecins et pharmaciens) de la Faculté de Médecine qui intègre la biologie, la pharmacologie et la thérapeutique et forme les étudiants aux médicaments innovants (thérapies ciblées et cellulaires, anticorps monoclonaux) et à l'identification de cibles et de biomarqueurs cellulaires et moléculaires. Ce programme est très apprécié par les universités françaises partenaires et les laboratoires de recherche hors-AMU en oncologie (Montpellier, Lyon, Grenoble, Lille, Besançon, Nice, Toulouse, Clermont-Ferrand) qui inscrivent 4 à 8 étudiants chaque année. Des cours d'oncologie et d'immunologie sont également dispensés à la Faculté des Sciences dans le programme de Master *Biologie Intégrative et Physiologie* (20 étudiants/an) et *Immunologie* (20 étudiants/an) sur le campus de Luminy qui, via une approche pluridisciplinaire incluant la biologie moléculaire, la biologie et la signalisation cellulaires, les techniques d'imagerie les plus avancées et la physiologie abordent les défis les plus importants qui émergent en immunologie, en cancérologie, en neurobiologie et en biophysique. Les programmes du Master *Bio-Informatique* (20 étudiants/an) et *Biologie Structurale et Génomique* (20 étudiants/an) (Faculté des Sciences, Luminy) forment des étudiants en biologie du développement, neurobiologie, immunologie et programmes de recherche sur le cancer avec des approches haut débit (sciences des données, biologie computationnelle, phylogénie, ...).

En ce qui concerne les bourses de doctorat, des initiatives ont été prises pour attirer des étudiants de haut niveau dans les centres de recherche affiliés à l'Institut et compléter les bourses nationales (Ministère de la Recherche, bourses caritatives) et européennes (ITN Marie-Curie PDZnet et COFUND A*MIDEX) par des bourses de l'hôpital (MD-PhD et PhD) et publiques-privées (CIFRE, Région Inserm-PACA). Le programme BIOTRAIL de l'Académie d'Excellence est un programme international de master et de doctorat en sciences de la vie financé par A*MIDEX en 2013 centré sur les instituts de recherche du campus de Luminy (IBDM, CIML, INMED) pour des programmes en immunologie, biologie cellulaire et développementale, et biophysique.

Pour les formations en immunologie et en oncologie, 25% des étudiants en master entrent en doctorat et environ 50-60 doctorants sont inscrits chaque année conduisant à environ 15 doctorats dans chaque discipline chaque année. Des programmes de formation sont coordonnés par *l'Ecole Doctorale Santé et Sciences de la Vie* et sont connectés aux programmes de doctorat financés par A*MIDEX et le PIA (A*MIDEX BIOTRAIL, LABEX INFORM). Ces unités de formation accueillent des étudiants de différents domaines de la biologie du développement, de la génétique, de la génomique et de la recherche cardiovasculaire et nutritionnelle.

L'excellence de l'enseignement en cancérologie et immunologie est reconnue au travers des prix reçus par des professeurs (4 chefs d'équipe membres seniors de l'Institut Universitaire de France) et des étudiants/postdocs (plusieurs prix des Fondations ARC, Bettencourt, .. ces 10 dernières années). Au cours des 8 dernières années, environ 30-40% des étudiants ont trouvé un emploi permanent en tant que chercheur, enseignant-chercheur ou ingénieur dans le milieu universitaire ou industriel en France ou à l'étranger 5 ans après leur doctorat. Environ 30-40% sont encore engagés dans la recherche en tant que chercheurs postdoctoraux ou jeunes chercheurs sous contrat. Les autres exercent en tant que médecins ou pharmaciens (environ 5 médecins ou pharmaciens avec une thèse de science chaque année), enseignants ou se sont réorientés vers des activités de soutien à la recherche (édition de revues scientifiques, administration) ou industrielle (marketing ou ventes).

Bien qu'excellents, les enseignements en Oncologie et Immunologie souffrent d'un manque de visibilité pour les étudiants en raison de la dispersion de l'offre, de l'absence d'enseignement en anglais (sauf Master *Biologie Intégrative et Physiologie*) et de l'absence d'un programme Master-Doctorat intégré. En outre, en raison de l'utilisation accrue des approches à haut débit, il est maintenant nécessaire d'intégrer à l'enseignement formel de la cancérologie et de l'immunologie une formation à l'analyse des données et à la statistique.

Enfin, la présence d'installations cliniques et technologiques de haute qualité au sein d'AMU offre une excellente opportunité d'enseignement pratique, actuellement peu exploitée, pour les étudiants. Nous proposons de mettre en place une nouvelle offre d'enseignement Master-Doctorat dans le cadre d'une EUR Onco-Immunologie qui intégrera l'ensemble de ces aspects.

Plateformes et ressources biologiques

Les centres de recherche de l'Institut ont installé les infrastructures de pointe suivantes: protéomique (IBiSA), immunomonitoring (IBiSA), nanobodies (IBiSA), biobanque (IBiSA), bioinformatique, oncogénomique, biopuce et séquençage de nouvelle génération (IBiSA), microscopie confocale et dynamique avancée (IBiSA Imaglmm, confocale, microscopie à deux photons et super-résolution, tomographie par transmission et microscopie électronique à balayage), cytométrie en flux et le tri cellulaire, l'analyse cellulaire, génomique fonctionnelle (*C. elegans*), histo-pathologie expérimentale, datacenter informatique et informatique scientifique, centre de gestion et d'analyse de données, et un réseau coordonné d'animaleries A2/A3 situées à IPC, Luminy et La Timone. Outre les plateformes IBiSA et AMU, certaines infrastructures et ressources biologiques liées à l'oncologie et à l'immunologie ont été reconnues comme priorités nationales: Centre d'Immunophénomique (CIPHE soutenu par Equipex *Phenomix*, PIA1) dédié à la génération de modèles de souris, *MI-mAbs* (soutenu par Démonstrateur, PIA2) pour le développement d'anticorps thérapeutique, *CryoStem* (soutenu par Cohortes, PIA2) pour la recherche en transplantation de cellules souches hématopoïétiques, le Centre d'Investigation Clinique Marseille Inserm-APHM-IPC et deux centres d'essais cliniques de phases précoces en oncologie (CLIP2) à l'IPC et à l'APHM labellisés par l'INCa. De plus, le cancer et l'immunologie sont soutenus par 2 CPER/FEDER (2015-2018) pour augmenter les activités de recherche, l'enseignement et le développement technologique sur les sites de Luminy et d'IPC.

Ces infrastructures d'excellence soutenues par AMU, Inserm, CNRS, IPC et APMH ainsi que le Canceropôle PACA et le FHU-Marseille Immunopôle sont des atouts exceptionnels pour la formation, les collaborations académique-privé et la recherche dans le développement de médicaments et biomarqueurs en cancérologie et immunologie.

Collaborations avec le secteur socio-économique

Le cancer et l'immunologie sont reconnus comme une priorité par les industriels ainsi que par le biocluster Eurobiomed regroupant la recherche industrielle et académique dans le cadre du FHU-Marseille Immunopôle et, récemment, par le Conseil Régional Sud-Provence Alpes-Côtes d'Azur dans le cadre d'un Plan Cancer. Les équipes de l'Institut ont une très forte activité en termes de valorisation soutenue par SATT PACA et Inserm Transfert (CRCM: 68 brevets ont été déposés sur la période 2011-2016, dont 13 ont été licenciés à un partenaire industriel; CIML: 25 actifs brevets et licences associées en 2016; IBDM: 15 brevets en 2011-2016), y compris dans la création d'entreprises. En effet, les membres du CRCM et du CIML ont une longue tradition de spin-offs et contribuent à la création de plusieurs entreprises dans le secteur du cancer et de l'immunologie (Immunotech, Innate Pharma, Ipsogen (acquis par Qiagen), ImCheck Therapeutics, HalioDx) en pleine croissance à Marseille. IBDM a créé Trophos Inc. qui a été racheté par Roche en 2015.

Les équipes de l'Institut bénéficient d'une longue expérience de collaborations avec le secteur privé et ont démontré leur capacité à établir des contrats avec des industries de classe mondiale dans le domaine du cancer et de l'immunologie. Des alliances structurées et

financées très actives ont été conclues avec de grands industriels pharmaceutiques (Pfizer, Sanofi, Medimmune, Roche, Innate Pharma, Boehringer Ingelheim, entre autres) ainsi qu'avec des fondations privées comme la Fondation AXA ou MSD Avenir (Merck) (MI-RIOT) grâce à l'attractivité des équipes scientifiques et médicales de l'Institut. De nombreux employés, y compris les directeurs des biotechs locales en cancérologie et en immunologie, ont été formés dans les laboratoires de recherche de l'Institut et gardent des relations privilégiées avec les laboratoires de recherche d'AMU à travers des programmes collaboratifs et l'enseignement. Enfin, les équipes des centres de recherche, de l'IPC et de l'APHM ont une longue tradition de diffusion auprès du grand public et organisent régulièrement des conférences et des visites avec des étudiants, des associations de patients et des associations caritatives.

Les liens avec le monde socio-économique seront amplifiés par l'activité de l'Institut, avec la participation des partenaires industriels de l'Institut à la formation (accueil d'étudiants par le biais de bourses CIFRE, post doctorants, participation aux enseignements). Les possibilités de contractualisation avec ces partenaires déjà présents dans Marseille Immunopôle et Eurobiomed seront discutées en 2019 par le management de l'Institut. Un nouveau bâtiment (IPC5, site Institut Paoli-Calmettes) dont la mise en service est prévue pour 2020, contiendra un espace réservé à l'accueil de start-ups dans le domaine de la cancérologie. Ce bâtiment, qui vient s'ajouter à l'incubateur de Luminy, augmentera de fait la capacité d'accueil et l'attractivité de l'Institut pour des acteurs du monde de l'innovation et pourra donner lieu à de nouvelles formes de partenariat.

Projet d'Institut Cancer Immunologie

Structuration, gouvernance

L'Institut a l'ambition de proposer une stratégie structurée et intégrée de recherche et développement, de la science fondamentale à l'innovation thérapeutique, et d'enseignement en cancérologie et en immunologie, d'audience internationale. Il proposera une organisation selon les recommandations organisationnelles de gouvernance d'AMU (modalités de l'EUR) avec une grande visibilité pour développer la meilleure science, dispenser le meilleur enseignement et augmenter l'attractivité des talents dans ces disciplines. Les unités de recherche et équipes participantes et hôpitaux membres de cet Institut ont accumulé des atouts considérables au cours des 20 dernières années, mais manquent séparément encore de visibilité pour concurrencer les grands clusters universitaires internationaux (Oxford, Harvard ...). Nous pensons qu'une partie du problème réside dans la présentation fragmentée des résultats de la recherche, de l'offre technologique et de formation, des productions (publications, financements, start-ups, ..), des réseaux internationaux et des réalisations cliniques et industrielles et qu'une structure commune telle qu'un Institut Cancer Immunologie augmentera de façon très importante la visibilité de ces disciplines et donc son attractivité et son développement.

L'Institut abritera les 4 PIA en cours (Cohorts *Cryostem*, Démonstrateur *Mi-mAbs*, RHU *PIONeeR* et Equipex *Phenomix*) et futurs (2 dans le champ du cancer sont actuellement soumis à l'expertise d'AMU) et l'EUR *Onco-Immunologie* qui sera resoumise au prochain appel d'offre du PIA. Le développement des biotechnologies en oncologie et immunologie à AMU est important mais limité à une poignée d'entreprises. Leur succès est étroitement lié à la capacité d'innovation académique sur le site qui doit être amplifiée par le recrutement de sang neuf avec de nouvelles idées et technologies et animé par le désir de faire partie d'un projet commun avec une stratégie et des perspectives cohérentes. Pendant de nombreuses années, de nombreuses équipes des unités de recherche participantes et des services hospitaliers de cancérologie et d'immunologie de Marseille ont collaboré, publié dans les meilleures revues, obtenu et mutualisé des financements compétitifs, des plateformes et des connaissances, organisé des réunions et des conférences d'une manière quelque peu dispersée : l'Institut aura pour mission de coordonner cette dynamique et de l'amplifier grâce

à une présentation commune, une meilleure diffusion des réussites et une stimulation des collaborations et partenariats académiques et industriels. Une communication interne efficace et une aide au montage de projets fertilisera les projets les plus disruptifs et collaboratifs avec pour objectif d'augmenter le succès aux appels compétitifs nationaux (PIA, INCa, ARC, ..) et internationaux (H2020, Marie Curie, ..). Grâce à des actions communes avec les clusters locaux (FHU-Marseille Immunopôle et Canceropôle PACA), la communication externe permettra de mieux convaincre les acteurs locaux, régionaux et nationaux d'investir dans des actions spécifiques promues par l'Institut.

Structuration de la gouvernance de l'Institut dans les 3 prochaines années :

Y0 : La gouvernance de l'Institut sera mise en place en année 0 (Y0 : 2019). Des réunions trimestrielles seront organisées entre les différents partenaires institutionnels, académiques, industriels et responsables de formation pour définir la composition et le fonctionnement des organes de gouvernance :

- le Comité de Pilotage (déjà opérationnel), organe décisionnel de l'Institut, formé des Directeurs de unités de recherche partenaires, Directeur de l'Ecole Doctorale, Doyens des facultés partenaires, Responsables de formation, Direction de Marseille Immunopôle. Il sera renforcé par la participation de Représentants des Etablissements hospitaliers et du monde socio-économique.
- le Comité Exécutif : Directeur de l'Institut, 1 Directeur Adjoint Recherche, 1 Directeur Adjoint Formation, Manager scientifique et administratif de l'EUR (à recruter), Chargé de Communication de l'EUR (à recruter)
- le Conseil Scientifique Consultatif (SAB) : comité d'experts internationaux

Un appel à candidature sera publié en Y0 pour le recrutement du/de la Manager scientifique et administratif de l'EUR et du/de la Chargé(e) de Communication de l'EUR.

Y1 :

- Prise de fonction du/de la Manager scientifique et administratif de l'EUR et du/de la Chargé(e) de Communication de l'EUR
- Manager scientifique et administratif (temps plein). Il/elle sera responsable de la coordination générale du programme, du suivi du budget du programme et des rapports administratifs, financiers et scientifiques.
- Chargé.e de communication (temps plein). Il/elle sera responsable de la mise en place et de l'édition du site Web de l'école doctorale, de la publicité du programme, de la gestion du système de candidature en ligne, de la communication avec les étudiants, enseignants et scientifiques participant au programme ainsi qu'avec les partenaires européens et industriels.
- Q1 : Kick-off meeting de l'Institut

Y2 :

- Signature de l'accord de consortium
- 1ère audition par le SAB

Planification pluriannuelle des Ressources humaines sur 5 ans:

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Scientific and administrative manager	68113	68113	68113	68113	68113
Communication officer	43993	43993	43993	43993	43993
Compensation teaching duties: DR	122676	122676	122676	122676	122676
Compensation teaching duties: CR	83208	83208	83208	83208	83208
Compensation teaching duties: Engineers	70260	70260	70260	70260	70260

Post doc fellowships 2/yr	193938	387876	387876	387876	387876
PhD fellowships 8/yr	431918	863836	1295754	1295754	1295754
M1 Masters fellowships (35/5yrs)	30000	70000	80000	90000	80000
M2 Masters fellowships (40/5 yrs)	40000	80000	90000	90000	90000

A cela, nous souhaitons solliciter AMIDEX pour le financement de 2 chaires d'excellence sur 5 ans pour un montant de 500 000€ chacune : coût total 1 000 000€.

Coûts de fonctionnement de l'Institut sur 5 ans:

Animation Scientifique (515 k€): site web (40k€), keynotes & workshops (175k€), summer school & opening week de l'EUR (300 k€),

Management (112k€): SAB (12k€), équipement visioconference (50 k€); missions gouvernance: 50 k€

Recherche (514.7k€): environnement des étudiants & postdocs (462.8 k€); ordinateurs portables PhD et post docs (51.9 k€)

Enseignement (330.5k€): TP Masters (50k€), interview étudiants & postdocs (220.5k€); missions enseignants (50k€), serveur pour les données pédagogiques (10 k€)

Equipement : 200 000€/an sur 5 ans soit 1 000 000€ (nature des équipements à définir en 2020)

Stratégie scientifique

Ce projet basé sur les forces scientifiques, cliniques et industrielles exceptionnelles des équipes de l'Institut apportera une très forte valeur ajoutée aux structures de recherche reconnues (unités de recherche, plateformes), aux programmes PIA associés et aux clusters locaux (FHU-Marseille Immunopôle et Canceropôle PACA) et offrira, dans son ensemble, une visibilité de classe internationale. L'objectif est d'être compétitif, sur certains projets, avec des centres d'excellence internationaux en cancérologie, tels que les Instituts Ludwig, toutes proportions gardées étant donné la différence d'expérience (45 ans d'existence) et de budget (>40 milliards d'EUR). Cette ambition sera réalisée par le recrutement de nouvelles équipes, d'étudiants et de post-doctorants de très haut niveau. Un appel à candidatures pour le recrutement de nouveaux chefs d'équipe de niveau ERC/ATIP-Avenir sera publié par le CRCM et le CIML en 2019 en bioinformatique; un second appel en cancérologie au CRCM & en immunologie au CIML sera publié en Y2. Il renforcera fortement les collaborations existantes entre les unités et équipes, les hôpitaux et les entreprises et augmentera l'attractivité pour les nouvelles équipes, post-docs et étudiants désireux de rejoindre AMU. L'Institut bénéficiera de l'engagement des chercheurs/ingénieurs de l'Inserm et du CNRS dans la recherche et l'enseignement, stimulera les collaborations inter-institutionnelles et offrira des opportunités d'enseignement aux nouveaux chercheurs et post-doctorants arrivant à AMU.

Les équipes de recherche et les projets/plateformes associés à l'Institut visent non seulement à rester à la pointe de la recherche fondamentale en oncologie et immunologie mais aussi à mettre en évidence les paradigmes et idées qui relient l'oncogenèse à l'immunité et leur traduction en applications cliniques. Un premier axe de recherche sera consacré à l'immunologie fondamentale et à sa régulation en cas de cancer, d'allergie ou d'infection. Un second axe scientifique complémentaire visera à élucider les mécanismes générateurs de tumeurs primaires et de métastases, ainsi que les nombreuses interactions hétérotypiques entre les cellules tumorales et leur environnement, ceci représentant un défi fondamental pour comprendre et contrôler la progression du cancer. Le projet réunira une expertise pluridisciplinaire permettant de mieux comprendre les mécanismes moléculaires et cellulaires menant à la tumorigenèse et à la surveillance immunitaire qui inhibe le développement tumoral ou provoque l'auto-immunité. Le projet abordera également les problèmes de résistance au traitement et à la rechute et développera des programmes

translationnels et cliniques dans les maladies à pronostic défavorable (cancer du sein, leucémie aiguë, cancer du pancréas, gliome, cancer du poumon).

Les projets de recherche seront axés autour de 5 thèmes basés sur les forces fondamentales-translationnelles-cliniques des équipes de l'Institut et étroitement liés aux programmes d'enseignement:

1. Circuits signalétiques dans les cellules cancéreuses et immunitaires

Equipes **CRCM**: Badache, Borg, Zimmermann, Dubreuil/De Sepulveda, Morelli/Collette, Olive/Nunes; **IBDM**: Le Bivic, Mann, Royet, Kodjabachian; **CIML**: Van De Pavert, Bajenoff, Marguet/He, Malissen, Ewbank, Pierre; **C2VN**: Dignat-George/Blot-Chabaud; **TAGC**: Rihet; **INP**: Figarella-Branger; MI-mAbs, IPC^{DD}. Partenaires: Innate Pharma, HalioDx, Imcheck Therapeutics, AB Science.

2. Hétérogénéité multi-échelle des systèmes tumoraux et immunitaires

Equipes **CRCM**: Aurrand-Lions, Charafe-Jauffret/Ginestier, Duprez, Borg; **IBDM**: Maina, Maurange, Habermann; **CIML**: Sieweke; **INP**: Figarella-Branger.

3. Immuno-surveillance et réponses inflammatoires contrôlant l'auto-immunité et le cancer

Equipes **CRCM**: Géli, Gaillard, Llorente, Modesti, Lachaud, Pagès, Iovanna, Olive/Nunes; **IBDM**: Graba, Royet; **CIML**: Vivier, Naquet; **TAGC**: Rihet; **C2VN**: Alessi/Morange, Blot-Chabaud, Dubois; **INP**: Figarella-Branger.

4. Modulation des réponses immunes en conditions normales et pathologiques

Equipes **CRCM**: Olive/Nunes, Chames; **CIML**: Bajenoff, Dalod, Gorvel, Lawrence, Pierre, Sieweke, Malissen, Vivier, Van De Pavert; MI-mAbs, IPC^{DD}. Partenaires: Innate Pharma, Imcheck Therapeutics, HalioDx, Immunotech.

5. Recherche translationnelle et cliniques en onco-immunologie

Equipes **CRCM**: Olive/Nunes, Bertucci/Birnbaum, Iovanna, Ballester, Duprez, Dubreuil/De Sepulveda, Morelli/Collette; **CIML**: Vivier, Nadel; **INP**: Figarella-Branger; Biobanks and Pathology Departments, CLIP², CIC. Partenaires: Innate Pharma, HalioDx, Imcheck Therapeutics, AB Science.

Les équipes fondamentales exploreront la complexité du vivant dans les axes 1 à 4 aux niveaux moléculaire, cellulaire et de l'organisme vivant afin de mieux comprendre la réponse immunitaire, le développement et la dissémination du cancer et les relations hôte-tumeur. L'expression des cibles potentielles et des biomarqueurs étudiés dans ces axes sera ensuite évaluée dans des échantillons cliniquement annotés (IPC et APHM), et de nouveaux médicaments (anticorps, composés chimiques) seront générés et testés contre des candidats sélectionnés. L'axe 5 abordera les questions de la résistance aux traitements et de la rechute de la maladie, de la stratification des patients et abritera les essais cliniques.

L'Institut se positionnera sur l'attribution des postes prioritaires pour les ingénieurs (la bioinformatique et l'analyse cellule unique sont déjà considérés comme des priorités) et cofinancera l'établissement de nouveaux chefs d'équipe dans les unités de recherche sur les programmes prioritaires en partenariat avec les hôpitaux (onco-immunologie translationnelle est une priorité) et les financements nationaux/internationaux (ATIP / Avenir, ERC, A*MIDEX ...).

Enseignement

Un cursus parallèle, au parcours individualisé : L'Institut soutiendra des bourses de Masters et de Doctorat dans le cadre des Masters *Biologie-Santé* de la Faculté de Médecine et de *Biologie Intégrative et Physiologie, Immunologie, Biologie Structurale et Génomique et Bio-informatique* de la Faculté des Sciences, des thèses de l'*Ecole Doctorale des Sciences de la Vie et de la Santé* avec un accent particulier sur les projets co-supervisés par des chercheurs de différents sites (incluant partenaires internationaux et industriels), des projets en interface avec d'autres instituts (Convergence, IHU, chimie, neurosciences ...) et le soutien aux médecins, pharmaciens et élèves-ingénieurs intégrant un cursus scientifique. L'EUR Cancer & Immunologie organisera un cursus parallèle (parcours individualisé) en lien avec l'offre actuelle enseignée en français en oncologie et immunologie. Naturellement, des connexions et des cours partagés seront organisés autant que possible principalement mais pas uniquement au niveau Masters 2. L'EUR permettra d'impliquer des chercheurs non universitaires (Inserm, CNRS, post-docs). Le premier semestre de Masters 1 (S1) sera consacré à des cours et à l'analyse d'articles scientifiques dans les disciplines suivantes (3 ECTS par unité de formation): immunologie fondamentale et appliquée, bases de l'immunothérapie, génétique, oncogénèse, signalisation cellulaire, migration, intégrité du génome, biostatistique.

Une intégration étroite des enseignements et des activités de recherche, une mobilité des étudiants : les stagiaires participeront très tôt aux activités de recherche par le biais de rotations dans les laboratoires et dans des plates-formes technologiques de pointe. Ce projet favorisera la **mobilité** des étudiants au sein des différents laboratoires d'AMU et avec les universités partenaires par le biais de stages en laboratoire et d'ateliers partagés. Le second semestre de Masters 1 (S2) sera consacré à 2 rotations de laboratoire de 3 mois dans des laboratoires partenaires, locaux ou étrangers, académiques ou industriels, scientifiques, technologiques (plateformes ou industriels) ou hospitaliers. Des conventions seront établies pour permettre la mobilité chez les partenaires étrangers et industriels, Nous faciliterons les échanges d'étudiants entre des équipes engagées dans une collaboration scientifique internationale en apportant une aide pour les frais de déplacement et de séjour (jusqu'à 6 mois).

Des conférences scientifiques de haut niveau et des analyses d'articles tutorées : Cela sera combiné à la participation à des cours magistraux et à l'analyse d'articles scientifiques. Le troisième semestre (Masters 2, S3) proposera une formation théorique et une analyse tutorée d'articles scientifiques dans les disciplines suivantes (3 ECTS par unité de formation): onco-immunologie, cellules souches, biothérapies, microenvironnement tumoral, cancer et métabolisme, intégrité du génome, conception de médicaments, formation pratique sur les plateformes technologiques et cliniques et analyse des données. Il offrira également des UE communes entre les masters (déjà en action entre les masters *Biologie-Santé* et *Immunologie*) et des cours introductifs transversaux axés sur les bases et les derniers développements en cancérologie et en immunologie, des séminaires tutorés dans les centres partenaires, des écoles d'été réunissant des experts universitaires, industriels et de R&D et des conférences mensuelles. L'Institut promouvra également la formation précoce des meilleurs étudiants chez les industriels (4 mois de stage entre Masters et thèse).

Masters Y1					
Semester 1	Semester 2				
Theoretical training <ul style="list-style-type: none">• fundamental and applied immunology,• basis of immunotherapy,• Genetics and genome integrity• cell signaling,• cell migration,• biostatistics.	Practical training Internship 2 rotations x 3 months – abroad or local				
	<table border="1"><thead><tr><th>LAB 1</th><th>LAB 2</th></tr></thead><tbody><tr><td colspan="2">Professional training Keynote tutored lectures Interaction with experts in academia & industry</td></tr></tbody></table>	LAB 1	LAB 2	Professional training Keynote tutored lectures Interaction with experts in academia & industry	
LAB 1	LAB 2				
Professional training Keynote tutored lectures Interaction with experts in academia & industry					
Masters Y2					

Au niveau du doctorat, nous proposons de renforcer la formation orientée vers les résultats émergents en matière de recherche, médicale et industrielle dans le domaine de recherche en plein essor de la recherche en onco-immunologie. Il débutera la première année de doctorat par la mise en place d'un cours d'introduction (30 heures, semaine d'ouverture de l'EUR) axé sur les bases et les derniers développements en oncologie et immunologie. Cette école, obligatoire pour les doctorants de l'EUR, sera ouverte aux Masters de l'EUR ainsi qu'aux autres doctorants de l'AMU. Ce sera une occasion pour les étudiants de l'EUR de se réunir et d'échanger sur leurs projets et leur avenir. Tout au long des trois années, la formation sera complétée par des séminaires dirigés dans des instituts partenaires, des universités d'été réunissant des experts du monde universitaire, de l'industrie et de la recherche-développement pour faire le point sur les développements récents et les opportunités d'emploi dans le domaine. Des séminaires Keynote auront lieu tous les deux mois dans les établissements partenaires de l'Institut. Les Masters et les doctorants de l'EUR recevront une formation initiale afin de préparer une interaction éclairée avec le conférencier invité. La visite consistera en un enseignement formel, suivi d'une conférence scientifique ouverte à un large public de chercheurs et d'une table ronde entre étudiants, post-docs et l'orateur.

Compétences péri-scientifiques : Une journée institutionnelle annuelle sur le cancer et l'immunologie sera organisée avec plusieurs objectifs: - *formation technique* (analyse de données, statistiques, visites de plateformes, nouvelles techniques), *formation professionnelle* (écriture de subvention et d'article, présentation devant un public, opportunités européennes) - *formation à un plan de carrière* (valorisation, propriété intellectuelle, carrières en recherche académique et industrielle) - et sera également ouverte aux post-doctorants et étudiants d'AMU intéressés par ces disciplines ainsi qu'aux professionnels des institutions publiques et privées.

Tutorat et enseignement innovants:

Les étudiants de Masters seront inscrits aux programmes de formation actuels et bénéficieront d'un encadrement personnalisé par des équipes pédagogiques et des chercheurs associés. Chaque doctorant aura accès à un tuteur et à un comité de thèse pour évaluer l'avancement de ses travaux à la fin de la première et de la deuxième année et, à terme, détecter les difficultés et anticiper les situations conflictuelles.

Au niveau du doctorat, l'école doctorale propose déjà un large choix de formations et d'ateliers disciplinaires; l'EUR ajoutera des cours spécialisés et des cours d'été pour améliorer l'acquisition de compétences en onco-immunologie.

Les post-doctorants ayant généralement une expérience limitée en enseignement, nous leur proposerons un coaching spécifique pour acquérir des compétences pédagogiques avec un mentor de l'EUR et seront invités à assister à des ateliers de formation et d'enseignement

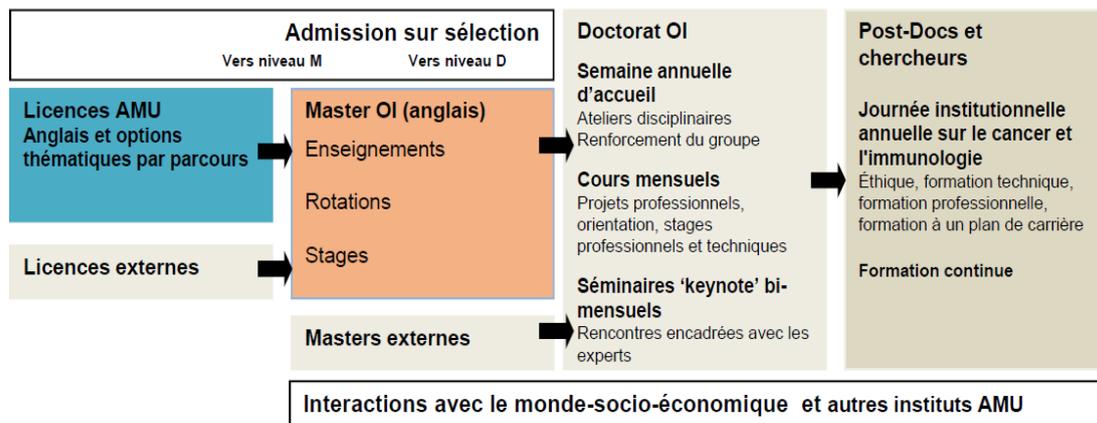
dispensés à l'AMU. Cela viendra compléter l'offre déjà existante d'AMU de Monitorat destinée aux doctorants enseignant des expériences pratiques de premier cycle.

Ecoles d'été : Les écoles d'été comprendront des expériences pratiques et des analyses de données pour les jeunes chercheurs ouverts aux étudiants locaux et internationaux. Les experts invités enseigneront aux étudiants en Masters, aux doctorants et aux post-doctorants les disciplines de pointe de l'EUR. L'objectif est d'encourager les projets de recherche en collaboration entre étudiants d'origines diverses, de promouvoir leur engagement et d'améliorer leur capacité à appliquer ce qu'ils apprennent. Les écoles d'été feront l'objet d'une large publicité afin de renforcer la visibilité internationale de l'EUR et d'attirer des candidats de haut niveau vers le programme post-doctoral.

Journée des doctorants en Onco-Immunologie : Nous faciliterons l'accès aux congrès internationaux et organiserons chaque année une journée des doctorants en Onco-Immunologie où les étudiants en doctorat présenteront l'avancement de leurs travaux. La formation transversale est déjà largement proposée par le Collège doctoral (principalement en français), mais une formation spécifique à l'EUR sera proposée en anglais en collaboration avec nos partenaires du monde économique afin de préparer les étudiants à leur future insertion professionnelle. Ces programmes transversaux pourraient être organisés conjointement avec les programmes de doctorat existants, les futures EUR des autres Instituts d'AMU et CenTuri, afin d'enrichir la formation transversale et interdisciplinaire en anglais à l'AMU.

Formation continue : Des sessions de formation tout au long de la vie seront proposées aux scientifiques/ingénieurs des secteurs académiques et privés, en interface avec les formations AMU, CNRS et Inserm. Les sessions de formation bénéficieront de l'accès aux infrastructures de pointe de l'Institut et de l'expertise des formateurs enseignants et ingénieurs des plateformes.

FORMATION (EUR)



Transfert de technologie

L'Institut créera les conditions optimales pour le développement de contrats de recherche et la coopération avec des partenaires industriels grâce à l'implication de SATT PACA, Protisvalor, CNRS innovation et INSERM Transfert. Ceci devrait renforcer la capacité des universités à développer des partenariats industriels et à conclure des accords de licence avec des partenaires industriels, et constituer une source de revenus pour les institutions partenaires de l'Institut. En fournissant des cibles d'intérêt thérapeutique en oncologie et en immunologie ainsi que des composés chimiques agissant sur les cibles, l'Institut facilitera et optimisera la valorisation des découvertes réalisées dans les laboratoires partenaires. Les partenaires industriels participeront à la promotion des résultats de la recherche fondamentale, des innovations technologiques et appliquées issues de l'Institut. Les

collaborations entre les universitaires et l'environnement socio-économique local seront renforcées facilitant le transfert de technologie et l'arrivée de fonds privés afin de donner naissance à des sociétés privées et créer des emplois dans les sociétés biotechnologiques et pharmaceutiques. Les collaborations avec les hôpitaux auront également un impact positif sur l'emploi et profiteront aux patients atteints de cancer. Afin de soutenir une veille stratégique et une détection de l'innovation dans les laboratoires, une personne chargée de l'innovation et du transfert de technologie sera identifiée au sein de l'Institut.

Interdisciplinarité

L'Institut favorisera le développement d'une approche multidisciplinaire hautement visible, de l'échelle moléculaire à l'échelle humaine, et les efforts et ressources combinés de chaque partenaire généreront des percées plaçant AMU à l'avant-garde de la recherche et l'innovation sur le cancer et l'immunologie. De multiples projets multidisciplinaires ont été financés entre les équipes et ont généré des articles dans les meilleures revues. Des programmes interdisciplinaires impliquant plusieurs équipes de l'Institut ont également été financés avec succès ces dernières années par A*MIDEX (appels interdisciplinaires, DOC2AMU, ...), LABEX INFORM et des agences de financement nationales. L'Institut continuera à stimuler des projets multidisciplinaires et interdisciplinaires entre 2-3 équipes à travers l'allocation spécifique de fonds dédiés à des projets émergents ou très risqués, si possible avec d'autres partenaires (IMéRA, autres Instituts, ...) préparant au mieux à des demandes de financements plus importants (A*MIDEX, ANR, INCa, H2020, ...). Un projet IMéRA/IPC a été récemment financé pour permettre l'accueil d'un chimiste canadien (Marco Ciufolini) souhaitant collaborer avec deux équipes du CRCM et créer une start-up dans le domaine de la cancérologie à la Faculté de Pharmacie. L'Institut promouvra des programmes collaboratifs et d'enseignement, ainsi que le développement de plateformes prioritaires avec d'autres disciplines (physique, chimie, mathématiques ...) d'AMU, et d'autres Instituts: Institut Convergence CenTuri pour explorer les systèmes vivants, Institut de Bio-Imagerie ... L'Institut pourra intégrer au fil de l'eau des équipes travaillant dans d'autres disciplines que la biologie et la médecine pour faciliter l'interdisciplinarité. Un projet de Réseau Hospitalo-Universitaire (RHU) combinant médecine personnalisée, immunothérapie et chirurgie laser porté par IPC (avec APHM, CRCM, Imcheck Therapeutics, DynaBio, Roche, CLS, une compagnie suédoise de lasers cliniques et le LP3 [AMU/CNRS] Laser, Plasmas et Procédés Photoniques) est actuellement en évaluation à l'ANR. En cas de succès, ce projet donnera l'opportunité d'intégrer le LP3 dans les équipes de l'Institut.

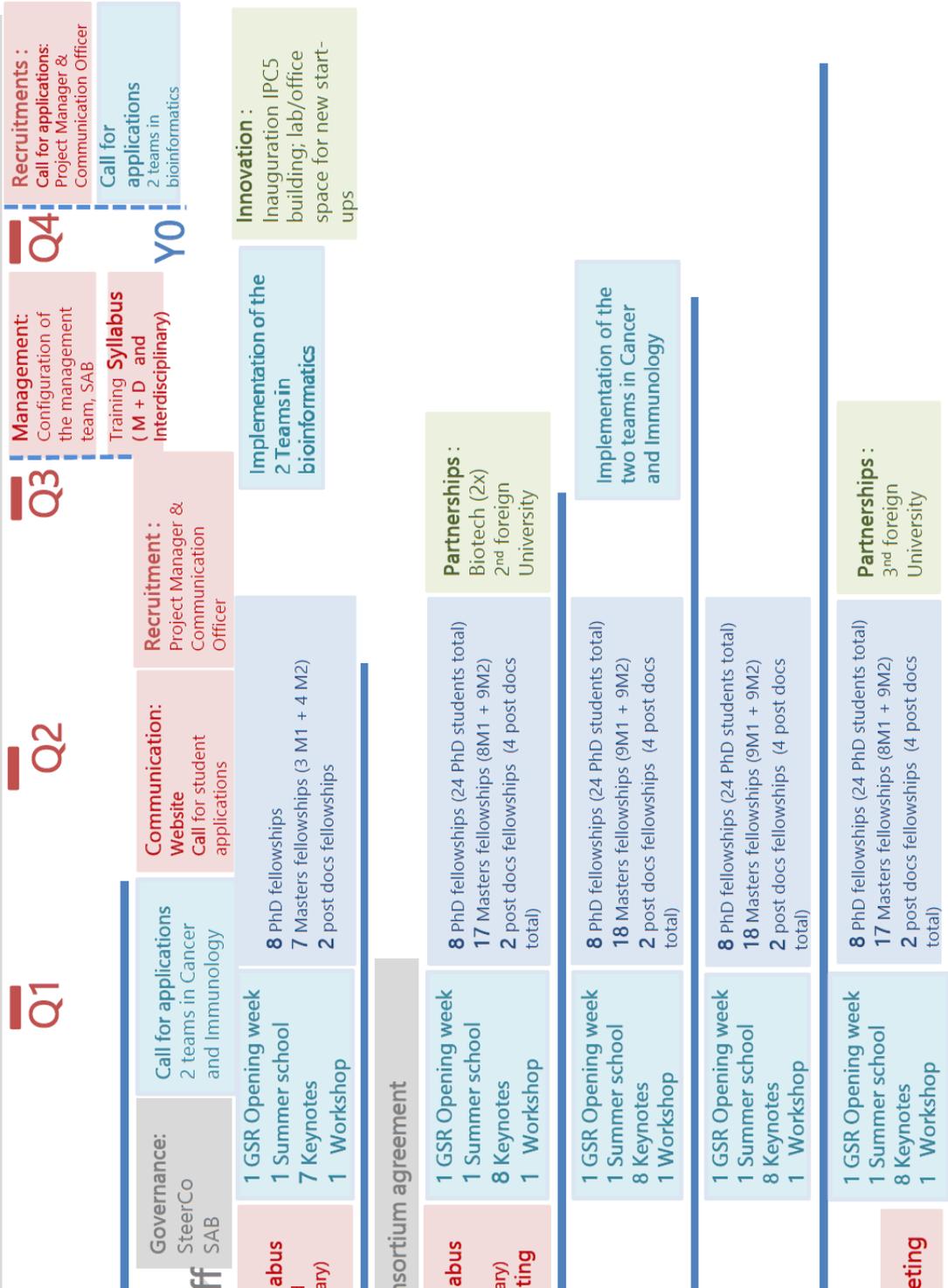
Un programme interdisciplinaire de première priorité sera axé sur la bioinformatique, le traitement et l'analyse des données.

Collaborations internationales

L'Institut renforcera les collaborations internationales que chaque unité de recherche a déjà mise en place dans le cadre de programmes de recherche et de formation avec plusieurs institutions internationales de premier plan: Dresden Technical University (coll. CIML), Weizmann Institute (coll. CIML-IBDM), Oxford cancer network et Wisconsin University (coll. CRCM), Shanghai Institute of Immunology of the Jiao Tong university (coll. CIML-IPC), Harvard Medical School (coll. CIML), et le Laboratoire International Associé (LIA, CIML - Shanghai Institute of Immunology). D'autres collaborations internationales seront établies au cours du programme en profitant d'un réseau européen en cours (ITN PDZnet, CRCM) réunissant 10 universités européennes (Copenhague, Uppsala, Sapienza, Goethe-Universität à Francfort et EMBL-Allemagne) et d'un programme ERA PerMed soumis sur la médecine personnalisée dans la leucémie myéloïde aiguë (IPC/CRCM, Univ Helsinki, Université de Copenhague, Université de Bergen, Karolinska Institute).

Planning Management, Education, Research, and Innovation

Management : meeting of the COPIL / management team Q1/Q2/Q3/Q4



La visibilité de l'Institut à l'international sera accrue par :

- La participation à des réseaux : ITN, projets EU (2 ERA PerMed seront soumis en 2019 dans le domaine de la leucémie aigue et du cancer du sein).
- La création du site internet en Y1
- L'organisation de conférences keynote par l'Institut (8/an) dont certaines pourront être retransmises dans les instituts partenaires à l'étranger
- L'organisation de summer schools avec des intervenants de haut niveau étrangers (CRCM-Oxford dès 2020).

Projet de création d'un Institut de Neurosciences: *NeuroMarseille*

1. Le contexte de la proposition “*NeuroMarseille*”

Au cours des dernières années, un consensus s'est dégagé au sein de la communauté des neurosciences d'AMU pour faire émerger une structure fédérative qui soutiendrait et organiserait les neurosciences, de la formation à la recherche. Cette structuration, encouragée par le Comité d'Orientation Scientifique d'AMU qui s'est réuni à l'automne 2015, a pour ambition de 1) regrouper les équipes de recherche autour d'objectifs scientifiques communs et ambitieux, 2) améliorer l'attractivité du site Aix-Marseille en structurant les plateformes technologiques, en renforçant l'animation et les collaborations scientifiques disciplinaires et interdisciplinaires, en affichant une stratégie partenariale et en faisant évoluer l'offre de formation, de la licence au doctorat.

Depuis 2015, la structuration s'est accélérée avec 1) la création au 1^{er} janvier 2018 de nouvelles unités de recherche regroupées sur 3 campus universitaires, 2) les succès du *Brain Master Program* et du *PhD Program en Neurosciences Intégratives et Cliniques* qui ont conduit à la création et le financement de l'EUR *NeuroSchool* en octobre 2017, 3) la structuration de la recherche translationnelle avec les FHU (DHUNE, EpiNext) et l'obtention de financements européens (CoEN), et d'un RHU (EPINOV) en 2018, 4) l'émergence d'un tissu local de sociétés de neuro-technologie et 5) l'ouverture de l'Institut Carnot STAR et l'Ecole des Mines de St Etienne-Campus Provence (Gardanne) aux neurosciences. Par ailleurs, le site Aix-Marseille a obtenu le financement de deux Instituts Convergence (ILCB et CenTuri) auxquels participent de nombreuses équipes de neurosciences, sur deux de nos frontières interdisciplinaires, les sciences cognitives et la biologie du développement, respectivement.

Ces évolutions s'inscrivent donc naturellement dans la volonté d'AMU de créer des Instituts liant formation et recherche pour donner une plus grande visibilité thématique aux neurosciences marseillaises, améliorer notre rayonnement et notre attractivité, aborder de nouvelles questions scientifiques et rénover nos formations, avec des débouchés dans le monde académique, clinique et industriel, mais également dans de nouveaux secteurs d'activité. Organiser les neurosciences au sein d'un tel Institut doit également se penser en lien avec les deux Instituts Convergence comme avec les autres propositions d'Institut en cours d'émergence (Imagerie, Data Science...).

L'obtention de l'EUR *NeuroSchool* en octobre 2017 est un formidable accélérateur de cette structuration sur le volet formation. Il démontre l'effet levier des efforts entrepris depuis 5 ans. Ce succès nous enjoint également à formaliser les ambitions du volet recherche et la liaison entre les deux. C'est le but de cette proposition d'un Institut Thématique en Neurosciences pour Aix-Marseille Université¹. Après un bref état des lieux soulignant les forces et les potentialités des neurosciences d'AMU, nous indiquons les lignes de force et les objectifs de cette structuration pour la recherche et pour la formation. Nous proposons une organisation en phase avec la structure générale de gouvernance proposée par AMU et une estimation des investissements à réaliser pour soutenir le volet recherche, les actions de formation étant financées par l'EUR.

2. Marseille : un site majeur pour les Neurosciences en France et en Europe

Aix-Marseille Université est la deuxième plus importante communauté de chercheurs en neurosciences en France après Paris. Au cours du contrat quinquennal 2018-2022, s'achèvera la réorganisation des trois sites de recherche (Saint Charles, la Timone et Luminy), accueillant près de 70

¹ Les 10 laboratoires ont mandaté 7 scientifiques pour rédiger cette demande, en lien avec l'EUR *NeuroSchool* : Rosa Cossart (INMED), Pascale Durbec (IBDM, *NeuroSchool*), Francois Féron (INP, *NeuroSchool*), Maxime Guye (CRMBM), Guillaume Masson (INT), Valéry Matarazzo (INMED, *NeuroSchool*), Bruno Poucet (LNC),

équipes réparties au sein de 10 unités de recherche en neurosciences². Toutes ces unités sont des unités mixtes de recherche d'AMU et du CNRS ou de l'INSERM, et au total représentent un ensemble de 452 personnels permanents (chercheurs des organismes de recherche, universitaires d'AMU, et techniciens et ingénieurs des différentes tutelles). En incluant le personnel non permanent (post-doctorants, doctorants, et personnel technique sur contrat), le réseau des unités de neurosciences comprend près de 1 000 personnes. Ce réseau est également impliqué dans 5 Laboratoires Internationaux Associés (LIA). De plus les liens entre recherche fondamentale et recherche clinique reposent sur la présence à Marseille de l'un des trois plus grands hôpitaux universitaires en Europe.

Historiquement, les problèmes créés par la dispersion géographique des laboratoires de neurosciences de Marseille (six sites en 2008) avaient été partiellement résolus grâce aux Instituts Fédératifs de Recherche (IFR), en charge de l'animation scientifique, de la coordination ainsi que de la gestion de grands équipements de recherche en neuroscience. Le programme IFR a disparu en 2012. Néanmoins, des efforts importants ont été déployés par les 3 tutelles (AMU, CNRS & INSERM), entre 2012 et 2018, pour rassembler des équipes au sein de nouvelles unités (INT en 2012, INP en 2018) et regrouper les unités de recherche autour de 3 sites (Saint Charles, Timone, Luminy) et de plateaux techniques modernes, en interface avec les équipes en SHS, en biologie, en physique-math-info, et en médecine.

Dans ce contexte, nous proposons la création d'un Institut Thématique en Neurosciences, appelé *NeuroMarseille*. Sur le plan de la recherche, *NeuroMarseille* fédère toutes les unités de neurosciences, en lien avec leurs partenaires naturels tels que les FHU (DHUNE, EpiNext : départements et fédérations récemment gérés par l'Université et l'AP-HM pour coordonner recherches fondamentale, clinique, translationnelle) et les Instituts Convergence (ILCB & Centuri). *NeuroMarseille* fédère également plus d'une dizaine de plateformes technologiques en imagerie, biologie moléculaire ou encore sur les modèles animaux, adossées aux laboratoires de neurosciences. Enfin, sur le plan de la formation, *NeuroMarseille* s'articule avec l'EUR *NeuroSchool* qui harmonise l'enseignement de la discipline, de la licence jusqu'au doctorat.

NeuroMarseille ambitionne de (1) promouvoir une réflexion stratégique et prospective sur l'évolution des neurosciences, (2) animer la communauté académique et médicale, notamment autour des 4 grands enjeux scientifiques décrits ci-dessous (section 4.1), (3) améliorer la visibilité et l'attractivité des neurosciences d'AMU en attirant de nouvelles équipes et leaders scientifiques au niveau international, (4) promouvoir les échanges scientifiques et les collaborations disciplinaires, interdisciplinaires et intersectorielles pour mieux comprendre ou guérir le cerveau, (5) mieux coordonner et mutualiser les plateformes technologiques pour les neurosciences, (6) favoriser l'émergence de sociétés de neuro-technologie et les partenariats avec le monde industriel, notamment les big pharma et (7) resserrer les liens entre formation et recherche en s'ouvrant vers les nouveaux métiers.

Sur le plan institutionnel, *NeuroMarseille* permettra de mieux coordonner tous les acteurs d'Aix-Marseille Université, notamment de tisser des liens plus étroits entre les Facultés de Médecine, Sciences et Sciences Humaines. *NeuroMarseille* doit promouvoir une stratégie collective pour répondre aux opportunités nationales et internationales de financements comme l'ont récemment montré les deux succès de l'EUR *NeuroSchool* et du RHU EPINOV.

² Sept unités relèvent principalement des neurosciences: INMED, INP, INS, INT, LNC, LNSC, UNIS. Trois unités sont à l'intersection entre les neurosciences et d'autres champs disciplinaires : biologie du développement (IBDM), psychologie (LPC) et imagerie biomédicale (CRMBM). Une brève description des 10 unités est fournie en fin de document.

3. Atouts et spécificités des unités de neurosciences à Marseille

L'une des principales caractéristiques des neurosciences au sein d'AMU est d'intégrer différents niveaux d'analyse pour étudier le fonctionnement cérébral, grâce à un large éventail de méthodes allant des approches moléculaires et cellulaires à la psychologie cognitive et aux sciences du comportement. Un tel éventail d'expertise est unique en France. Cette spécificité est encore amplifiée par l'existence, au sein des unités de neurosciences, d'équipes travaillant dans des champs disciplinaires connexes, tels que le développement, la psychologie cognitive et l'imagerie biomédicale. De plus, les neurosciences marseillaises s'insèrent dans un environnement dynamique et multidisciplinaire grâce aux interactions avec d'autres domaines de la biologie et de la santé (immunologie, biologie du développement) ainsi qu'avec des instituts de recherche prestigieux en physique, informatique et mathématiques (par exemple Institut Fresnel, IRPHE, CPT, I2M). Enfin, il existe des liens étroits avec la recherche clinique (AP-HM) et les entreprises locales pour créer un réseau de recherche translationnelle et partenariale innovant.

Cet environnement scientifique est structuré autour de 3 lignes de force scientifiques :

3.1 Une physiologie multi-échelle des circuits neuronaux dans les conditions normales et pathologiques

L'intérêt de l'approche multi-échelle est révélé par les progrès scientifiques majeurs accomplis au cours des dernières années. Aux niveaux moléculaire et cellulaire, plusieurs équipes ont découvert de nouveaux facteurs génétiques ou environnementaux impliqués de manière critique dans la maturation et la physiologie de circuits neuronaux spécifiques et ont démontré leur implication causale dans divers troubles cérébraux, dont l'épilepsie et l'autisme. Les travaux sur la biologie des cellules souches ont révélé les voies moléculaires qui sous-tendraient certains processus pathologiques tels que la formation de tumeurs cérébrales et qui permettraient de développer des substituts cellulaires ou des traitements endogènes pour réparer les circuits neuronaux endommagés, par exemple dans les maladies neurodégénératives. La caractérisation des mécanismes moléculaires, cellulaires et modulateurs qui contrôlent l'excitabilité des réseaux corticaux et spinaux est l'objectif de plusieurs équipes, et pourrait aboutir à de nouvelles stratégies thérapeutiques.

Au niveau des grands systèmes neuronaux, nos équipes étudient la dynamique des réseaux d'échelles différentes qui sous-tendent le contrôle moteur, la perception sensorielle et la cognition chez l'animal ou le sujet sain et pathologique. Ces équipes maîtrisent et développent un large éventail d'approches de pointe pour enregistrer et manipuler l'activité neuronale *in vivo*, en utilisant l'électrophysiologie ou l'imagerie, dans différents comportements, à la fois chez les rongeurs, les primates non humains et chez l'humain. Plusieurs équipes étudient le rôle des ganglions de la base dans le contrôle moteur, en mettant l'accent sur les aspects cognitifs des comportements moteurs. Le couplage entre cognition et action est également étudié chez les primates non-humains et humains, pour identifier la dynamique des interactions entre réseaux moteurs et cognitifs, corticaux et sous-corticaux. Ces couplages sont également étudiés au cours du développement des systèmes sensoriels et dans les réseaux de plus grande échelle impliqués dans la navigation spatiale.

Comprendre comment cette dynamique permet l'émergence des fonctions cognitives les plus élevées est un immense défi, à l'interface entre neurosciences et sciences cognitives. *NeuroMarseille* offre un tel maillage. Plusieurs équipes étudient, aux niveaux comportemental et neurophysiologique, la perception sensorielle visuelle, vestibulaire et auditive, le contrôle du mouvement humain et les fonctions cognitives supérieures telles que le langage, la mémoire, les interactions sociales ou le raisonnement. Une caractéristique des recherches menées à Marseille est le lien qui est opéré entre primates, humains et non humains, de la perception de bas niveau aux aspects plus élevés de l'apprentissage. Les recherches combinant études du comportement et imagerie (EEG, MEG, IRM) ont permis de dévoiler les réseaux corticaux impliqués dans la perception vocale et musicale, la préparation

motrice ou les interactions sociales et d'étudier leur plasticité et leurs modulations cognitives dans des conditions normales et pathologiques. Ces dernières ont vu l'émergence de fortes compétences en neurosciences computationnelles avec notamment la modélisation à grande échelle de la dynamique cérébrale (Virtual Brain) et de son dysfonctionnement au cours des états de repos et cognitifs.

3.2 Un lien étroit entre recherche fondamentale et recherche clinique pour le traitement des maladies du cerveau

Marseille accueille l'un des plus grands hôpitaux universitaires (CHU Timone) en Europe où clinique, formation et recherche sont étroitement liées, permettant ainsi à la recherche clinique et translationnelle d'être en résonance avec la recherche fondamentale. La plupart des laboratoires de neurosciences de Marseille ont des partenariats institutionnels avec les départements cliniques. Les départements de neurologie et de psychiatrie sont des partenaires naturels, et de nombreux cliniciens de ces départements sont également membres des laboratoires de neurosciences. Il existe également de nombreux liens avec les services cliniques (e.g. radiologie, oncologie, pédiatrie, génétique, biologie, rééducation). Au total, 45 universitaires permanents de la Faculté de médecine sont membres des équipes de recherche des unités de neurosciences. Le Master et le programme doctoral en neurosciences d'AMU sont co-habilités par la Faculté de Médecine et la Faculté des Sciences et participent à une fertilisation croisée entre les deux secteurs.

Au cours des dernières années, l'organisation de l'AP-HM a considérablement évolué et tous les départements de neurologie sont maintenant regroupés au même endroit (CHU Timone). AMU et l'AP-HM ont initié des projets communs fédérant recherche fondamentale et recherche clinique portant sur trois thèmes principaux. Un premier pilier (FHU EpiNext) regroupe les équipes de recherche en neurosciences et les services cliniques travaillant sur la physiopathologie des systèmes excitables, avec un accent mis sur l'épilepsie et ayant abouti au financement d'un projet national dans le cadre de l'appel d'offre 'RHU' du PIA3, sur l'étude du rôle de la modélisation large échelle des réseaux épileptogènes dans le pronostic de la chirurgie de l'épilepsie (EPINOV). Un deuxième axe (DHUNE) cible les maladies neurodégénératives et le vieillissement, et les équipes de neurosciences collaborent pour identifier de nouveaux biomarqueurs et de nouveaux traitements pour la maladie de Parkinson, la sclérose latérale amyotrophique et les maladies neuromusculaires, la sclérose en plaques et la maladie d'Alzheimer. La labellisation de DHUNE par AVISAN a permis le financement de plusieurs projets européens CoEN. Un troisième axe transversal (DHU Imaging) concerne l'imagerie préclinique et clinique reposant sur de nouvelles technologies (imagerie multi-spectrale, photonique) et de nouveaux vecteurs, issus à la fois de l'imagerie et de la thérapeutique.

3.3 Une approche interdisciplinaire des fonctions cérébrales

La majorité des unités de neurosciences développe une approche interdisciplinaire du fonctionnement cérébral. Le Programme d'Investissement d'Avenir (PIA) lancé en 2011 a dynamisé plusieurs initiatives de recherche qui reposent sur le dialogue entre plusieurs domaines. Un exemple de ce dialogue est représenté par l'Institut de recherche sur le cerveau et la langue (BLRI, Brain & Language Research Institute), un projet Labex dédié à l'étude interdisciplinaire du langage et qui combine des recherches en psychologie cognitive, en informatique, en neuropsychologie et en imagerie. Cette initiative a été prolongée en 2016 par la création de l'Institut Convergence ILCB (Institute Language Communication Brain), qui vise à explorer les bases neurales du langage humain et de la communication, avec l'ambition que les connaissances acquises seront transférées vers les domaines paramédicaux (orthophonistes, psychologues, neurochirurgie), le développement d'outils et de méthodes d'assistance pour le diagnostic et la rééducation, et de nouvelles technologies pouvant favoriser l'apprentissage, au cours du développement normal et pathologique.

Le même objectif interdisciplinaire s'applique au Turing Center for Living Systems (CenTuri), soutenu par le programme ANR Convergence et AMU. Cet institut vise à explorer l'auto-organisation dans les systèmes vivants (y compris le cerveau), à travers une approche interdisciplinaire combinant la biologie, la physique, l'informatique et les mathématiques. Là encore, les laboratoires de neurosciences sont utiles pour déchiffrer les fondements biochimiques de la mécanique cellulaire et tissulaire, pendant le développement du cerveau ou les principes d'auto-organisation, pendant le développement des circuits neuronaux ou pour le codage de l'information. En retour, les laboratoires de neurosciences bénéficieront de nouvelles approches quantitatives et computationnelles permettant d'extraire des structures significatives à partir de masses de données (Big Data).

Ces exemples montrent que les recherches en neurosciences sont de plus en plus influencées par l'innovation technologique permettant l'exploration multi-échelle du fonctionnement cérébral et par les avancées théoriques qui combinent ces différentes échelles pour déchiffrer le code neural. Elles dépendent donc des liens interdisciplinaires avec d'autres domaines, de la physique aux sciences sociales. À leur tour, les avancées en neurosciences ont des impacts sociétaux majeurs, allant du traitement des maladies neurologiques et psychiatriques aux développements technologiques ou à l'amélioration de l'éducation et de la culture.

Enfin, plusieurs équipes de neurosciences sont par ailleurs impliquées dans les propositions d'autres Instituts thématiques en cours d'évaluation, notamment le projet d'Institut « Marseille Institute of Imaging for Biology and Medicine » et dans le montage du projet d'Institut en Intelligence Artificielle. Ces ponts entre différentes actions structurantes sur le site Aix-Marseille vont renforcer les interactions interdisciplinaires permettant une meilleure exploration et modélisation du cerveau.

4. Pourquoi fédérer les unités de recherche en neurosciences ?

La création d'AMU a permis une organisation plus cohérente des unités de neurosciences tant au niveau géographique (par la réduction du nombre de sites de recherche) qu'au niveau institutionnel (toutes les unités sont désormais membres de la même université³). Une des forces du réseau des unités de neurosciences de Marseille réside dans l'existence d'un large éventail d'expertises allant du niveau moléculaire au niveau comportemental, avec une convergence évidente des thématiques de recherche entre les laboratoires. L'approche intégrative du fonctionnement cérébral, adoptée au sein de ce réseau, permet de mener des recherches de haut niveau dans plusieurs domaines pertinents pour, entre autres, les études cliniques, le développement du cerveau et du comportement, et les questions sociétales.

La création de *NeuroMarseille*, en phase avec le démarrage de l'*EUR NeuroSchool*, est une opportunité unique pour accélérer cette dynamique scientifique et répondre aux défis scientifiques et pédagogiques de demain. Nous décrivons brièvement ci-dessous les objectifs scientifiques, technologiques et académiques de *NeuroMarseille* et de l'*EUR NeuroSchool*.

4.1 Quatre grands enjeux scientifiques

Deux des enjeux majeurs des neurosciences modernes sont de connecter i) approches moléculaires et approches fonctionnelles des réseaux neuronaux, chez l'homme comme dans une diversité de modèles précliniques, et ii) neurosciences et d'autres domaines d'excellence de la biologie au sein d'AMU (immunologie, biologie du développement) et des sciences cognitives. En s'appuyant sur la

³ Les unités de neurosciences relèvent soit de la Faculté de Médecine (CRMBM, INP, INS, INT and UNIS), soit de la Faculté des Sciences (IBDM, INMED, LNC and LNSC). Une unité (LPC), qui relève de la Faculté des Arts, Lettres, Langues, Sciences Humaines, est une des composantes de la Fédération 3C qui englobe également deux unités de neuroscience (LNC and LNSC) avec lesquelles elle partage la plateforme "Comportement humain et neurophysiologie".

complémentarité des compétences scientifiques, cliniques et technologiques de nos équipes, et en ayant en tête l'amélioration de l'attractivité du site, nous avons identifié 4 grandes questions phares (Figure 1) :

- Comment se développe le cerveau pour aboutir aux fonctions cognitives les plus élevées? Analyser la dynamique du développement normal ou pathologique est une des clés de la compréhension du fonctionnement cérébral. *NeuroMarseille* regroupe 15 équipes de recherche qui étudient les mécanismes fondamentaux du neuro-développement, de la biologie des cellules souches à la neurophysiologie des systèmes en développement. Leur domaine d'expertise comprend également le développement cognitif et la maturation des réseaux neuronaux à grande échelle. Les équipes analysent, chez différents modèles (drosophile, ver, rongeur et primates humains et non humains) les signaux qui déterminent le devenir cellulaire, la plasticité, la formation du réseau et le câblage cérébral, de la naissance à l'âge adulte. Les cellules nerveuses, organes et animaux sont observés à différents niveaux grâce à des approches multidisciplinaires (génétique, épigénétique, protéomique, métabolomique, neurosciences computationnelles, électrophysiologie, imagerie et une grande variété de tests comportementaux). Combiner d'une part l'étude moléculaire et cellulaire de programmes développementaux précoces et d'autre part la patho-physiologie des circuits neuronaux, sur un même site, et avec un tel volume de chercheurs reconnus sur le plan international, est une particularité de *NeuroMarseille*, unique sur le plan international. A cela s'ajoute l'interaction interdisciplinaire avec physiciens et mathématiciens sur les questions d'auto-organisation et de croissance dans le cadre de l'Institut CenTuri. *NeuroMarseille*, en renforçant les ponts entre différentes approches, des gènes aux comportements, permettra de mieux comprendre les mécanismes physiopathologiques qui, lors du développement cérébral, peuvent mener aux troubles neurologiques et psychiatriques, et ainsi de proposer de nouveaux biomarqueurs ou des thérapies innovantes. Pour ce faire, *NeuroMarseille* construira un réseau d'excellence sur les troubles neuro-développementaux (ASD, MCD, encéphalopathie, épilepsie) en association avec les services de neurologie, de pédiatrie et de psychiatrie du CHU.
- Quelle est la dynamique multi-échelle des réseaux neuronaux dans le cerveau sain et malade? Les neurosciences marseillaises ont un leadership international dans la caractérisation de l'organisation et la dynamique des réseaux cérébraux, en utilisant l'ensemble des outils expérimentaux, d'analyse de données et de modélisation : microscopiques (moléculaires, génétiques, cellulaires), mésoscopiques (circuits neuronaux), macroscopiques (cerveau entier, comportement). Dans ce contexte, *NeuroMarseille* permettra de favoriser ou de renforcer les interactions entre les différents acteurs pour répondre à la question non résolue de la relation entre les différentes échelles de l'organisation et de la dynamique du réseau cérébral. Il s'agira en particulier de fournir aux modèles computationnels originaux les données expérimentales et les principes théoriques proposés par les différents groupes. Les chercheurs de *NeuroMarseille* sont directement impliqués dans l'infrastructure du Human Brain Project en passe d'être pérennisé. Dans un tel projet, l'identification des réseaux multi-échelle et le HPC (High Performance Computing) sont considérées comme une priorité à la fois au niveau européen et par les équipes de Marseille. L'accès aux patients et aux données cliniques ainsi que la modélisation du cerveau entier permettent l'intégration des données d'imagerie chez l'homme, qui est le fondement de la médecine personnalisée. A cet égard, le projet marseillais de "Cerveau Virtuel" est exemplaire, et a abouti au premier essai clinique mondial de modélisation personnalisée des réseaux cérébraux chez le patient épileptique. Ce projet-phare du Human Brain Project offre un exemple typique d'utilisation de la future infrastructure

européenne. Le cerveau conçu comme un réseau multi-échelle est donc devenu une idée clé dans le cadre de l'intégration des données scientifiques pour le transfert technologique. Grâce à une telle approche intégrée, il sera possible d'aboutir à une meilleure compréhension de la façon dont le comportement émerge de l'activité des réseaux neuronaux coopérant à de multiples échelles et ainsi d'améliorer, de manière très significative, notre capacité d'innovation technologique et de transfert vers les applications cliniques.

- Comment étudier l'évolution des comportements et leurs bases neurales? Les neurosciences cognitives "mécanistiques" visent à identifier la dynamique générique des circuits neuronaux qui sous-tendent les comportements complexes et à comprendre comment les organismes interagissent de façon adaptative avec leur environnement. Ces approches empiriques et théoriques sont utilisées par plus d'une vingtaine d'équipes de Marseille pour comprendre comment l'activité des neurones, qu'ils soient pris isolément ou au sein de petits réseaux ou de systèmes de plus grande taille, génère les comportements adaptatifs. Les équipes marseillaises sont reconnues internationalement pour leurs recherches sur les bases neurales des fonctions végétatives (respiration), sensorielles et motrices (vision, audition, proprioception, locomotion), cognitives (contrôle d'action, perception, mémoire) et cognitives d'ordre supérieur (prise de décision, langage, compétences sociales). Ces différentes fonctions, abordées à la fois grâce à des approches fondamentales et cliniques, permettent de déchiffrer le code neural spécifique sous-jacent aux différents comportements, qu'ils soient de bas ou de haut niveau, et de caractériser leurs dysfonctionnements. De plus, la possibilité de comparer les principes du codage neuronal chez plusieurs modèles animaux est un atout considérable. Marseille étant un site européen majeur de psychologie comparée et de neurobiologie des primates, les équipes disposent d'une large gamme de modèles animaux, des invertébrés (e.g. drosophiles) aux vertébrés (rongeurs, primates humains et non humains). En encourageant les collaborations entre des équipes utilisant différents modèles, avec des paradigmes comportementaux et computationnels comparables, *NeuroMarseille* contribuera à mieux identifier les circuits et mécanismes neuronaux génériques et mieux comprendre comment l'évolution a façonné les processus cérébraux et les fonctions comportementales.
- Comment lutter contre les mécanismes inadaptés intervenant dans les réponses au vieillissement, aux maladies neurodégénératives et aux lésions du système nerveux? Plus d'une vingtaine d'équipes, fédérées au sein de DHUNE, étudient le vieillissement, les maladies neurodégénératives (PD, AD, HD, MS, DMLA), les lésions du système nerveux (TC, AVC, lésion de la moelle épinière, douleur chronique) et les tumeurs cérébrales. Leur expertise multi-niveaux couvre le comportement et la cognition chez différents modèles animaux (dont l'Homme), l'électrophysiologie, la neuro-imagerie, la modélisation, la biologie cellulaire et moléculaire et la génétique. Les approches multimodales, intégratives et translationnelles visent à: (1) caractériser les anomalies comportementales et moléculaires liées à l'âge et développer des méthodes interventionnelles efficaces pour retarder l'effet du vieillissement; (2) identifier des cibles pour le développement de nouveaux traitements symptomatiques, des stratégies préventives ou curatives, basées sur la réparation ou la substitution cellulaire, grâce à la compréhension du rôle physiopathologique des populations cellulaires spécifiques et des acteurs moléculaires dans les mécanismes de mort cellulaire, de défense contre le stress et de réparation endogène, et dans le devenir cellulaire; (3) développer des modèles précliniques avec une meilleure capacité de transfert vers la clinique et identifier les marqueurs pour le diagnostic précoce, le pronostic et l'efficacité du traitement. Ces différentes approches répondent à des questions fondamentales sur l'organisation fonctionnelle du cerveau à

différents niveaux (de la biologie moléculaire à la cognition) ainsi qu'à des questions relevant de la recherche translationnelle sur de nouvelles voies pour soigner les désordres neurologiques. NeuroMarseille permettra d'encourager les initiatives visant à découvrir les points communs et les différences entre le vieillissement et les désordres du fonctionnement cérébral, ce qui permettra éventuellement la stratification des patients et un transfert technologique plus efficace vers la clinique. Ainsi, l'excellence des recherches, qui reposent sur un interfaçage entre fondamental et clinique ainsi que sur l'interdisciplinarité des expertises et approches, donne une visibilité nationale et internationale aux équipes marseillaises.

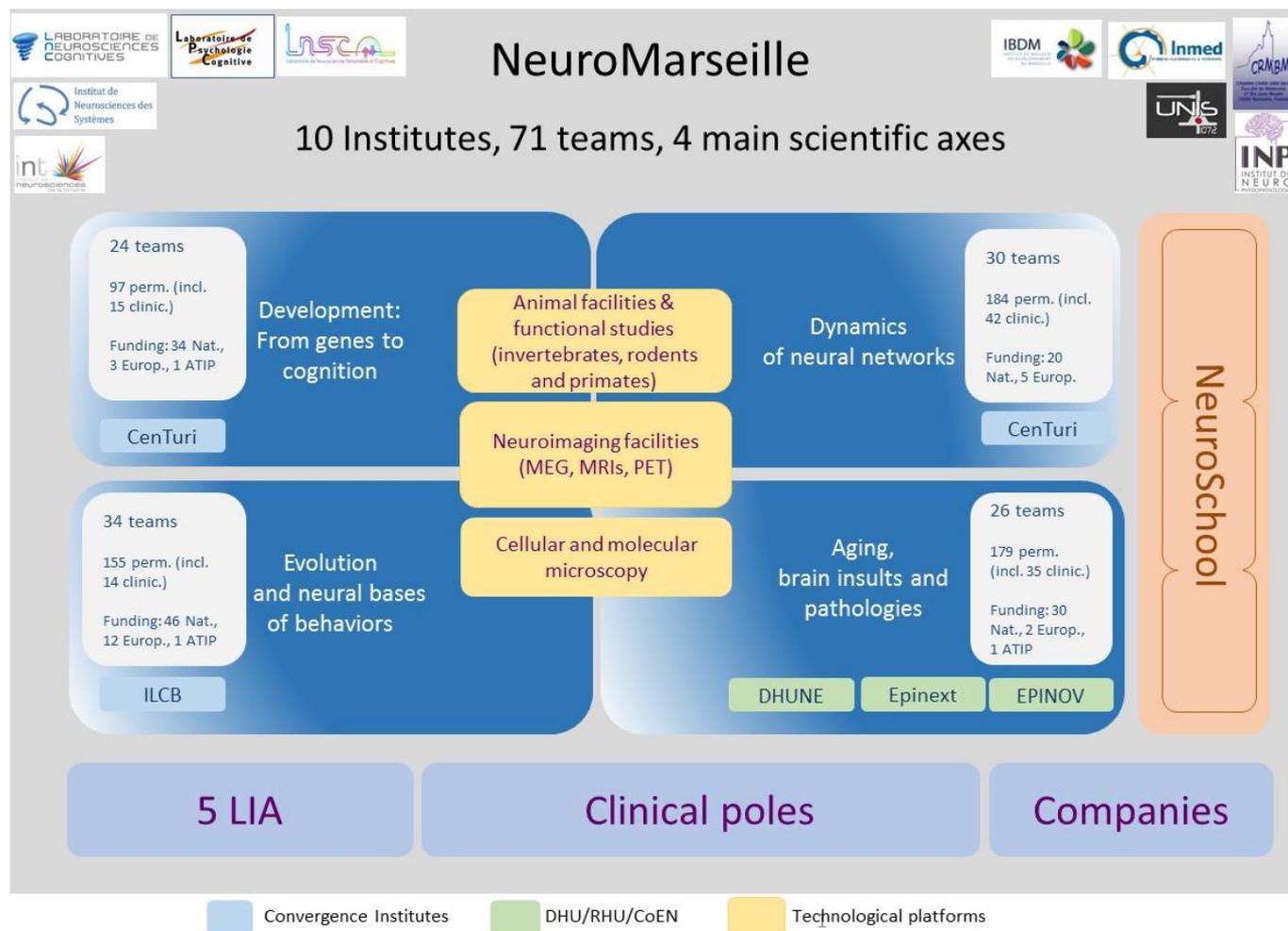


Schéma résumant le périmètre des équipes impliquées pour chacun des 4 enjeux scientifiques de NeuroMarseille.

De nombreuses équipes sont à cheval sur deux axes, un principal et un secondaire, conduisant à un total supérieur à 71. Si l'on ne considère que l'axe principal, le nombre d'équipes est de 14 pour l'enjeu "Développement", 15 pour l'enjeu "Dynamique des réseaux", 23 pour l'enjeu "Evolution et comportements" et 18 pour l'enjeu "Vieillesse et pathologies cérébrales". Pour chaque axe, figurent également le nombre de personnels permanents impliqués (pour un nombre de non-permanents à peu près équivalent), et les principales sources de financement nationales ("Nat.", montant > 300k€: ANR, FRM, etc.) et européennes ("Europ.": ERC, ITN, FET-Open, Marie Curie). Pôles cliniques: Pôle de Neurosciences Cliniques, Pôle de Psychiatrie, Pôle de Pédiatrie, Pôle de Médecine Physique et Réadaptation. Entreprises avec lesquelles des collaborations ont été établies: Biogen, CILOA, Globalstim/Exostim, IPSEN, Keyveo, NeuroService, Roche, Serono, Siemens, Trophos. Laboratoires internationaux associés (LIA): 1) Kazan University (Russie-INMED); 2) Indiana University (USA-INMED); 3) Cleveland Clinic (USA-INS); 4) Ecole Polytechnique Montréal/ETS de Montréal /Hôpitaux Sacré-Cœur et Sainte-Justine (Canada-CRMBM); 5) Jülich Computing Center (Allemagne-INT). NB: Aux 70 équipes rattachées aux dix unités de neurosciences, s'ajoute l'équipe (dirigée par Laurent Villard) du Centre de Génétique Médicale de Marseille (INSERM U1251).

4.2 Pour une meilleure coordination de l'évolution technologique

Dans le futur, les avancées scientifiques en neurosciences dépendront fortement de la disponibilité de nouvelles technologies permettant de générer, manipuler, enregistrer ou simuler des réseaux neuronaux tout en développant de nouveaux protocoles comportementaux. Il existe un consensus pour une meilleure coordination des compétences techniques existantes et l'ouverture de nouvelles installations partagées.

- Au cours des années récentes, plusieurs centres d'imagerie ont permis de soutenir la recherche fondamentale et clinique sur le cerveau humain (MEG, scanners IRM à haut champ et très haut champ –1.5T, 3T, 7T–, TEP). Ces centres avec plateformes labélisées sont situés sur le campus santé Timone au sein de laboratoires (CRMBM, INT, INS) et de la plateforme CERIMED (Centre Européen d'Imagerie Médicale), proches des installations d'imagerie clinique, ainsi que dans des services hospitaliers (Service de Neurophysiologie Clinique, CEMEREM). En marge de leur appui aux équipes de recherche, les centres d'imagerie sont impliqués dans de nombreux développements technologiques tels que l'enregistrement simultané bimodal (EEG-IRMf) ou tri-modal (SEEG-EEG-MEG), l'IRM à très haut champ, l'imagerie de la myéline et de la moelle épinière, l'IRM du sodium. Pour l'imagerie *in vivo* préclinique (rongeurs, primates non humains), les équipes ont accès à des scanners RM à haut champ (4.7T, 7T et 11.75T pour les petits animaux, 3T pour les primates), l'imagerie optique en temps réel et la microscopie bi-photonique, disponibles sur des plateformes réparties sur les différents sites.
- Le développement et l'utilisation de la microscopie structurale et fonctionnelle *in vitro* et *in vivo* (rongeurs, primates non humains) est également une des forces de plusieurs unités de neurosciences de Marseille (INS, INMED, INT, IBDM, LNC, LNSC, UNIS). Ces approches sont souvent mises en œuvre dans des infrastructures locales ou nationales (e.g. INT/INS/INMED/CRMBM dans FLI, IBDM/ dans FBI). La coordination de ces installations et le partage des développements technologiques ouvrira la voie à un centre d'imagerie photonique qui, bénéficiant de l'expertise locale de leaders internationaux en optique (Institut Fresnel) ou en physique (IMN2P, CPPM), fournira des technologies de pointe pour l'imagerie en microscopie optique et la manipulation optogénétique des réseaux neuronaux chez l'animal.
- Les modèles animaux sont essentiels pour l'étude du fonctionnement cérébral, normal et pathologique. Les développements récents de la connectomique, des outils viraux pour l'observation ou la manipulation de l'activité nerveuse ou encore des méthodes d'analyse comportementales imposent une évolution technologique rapide. Nos équipes s'appuient sur une diversité de modèles, des invertébrés aux primates non-humains, et de grandes infrastructures. Notamment, Marseille possède une expertise et une concentration de forces qui nous placent parmi les sites leaders en Europe sur les modèles primates non-humains. La coordination de ces installations permettra de nous inscrire dans les réseaux nationaux (CELPEDIA, Phenomin) et internationaux (EuPrimNet) des grandes infrastructures. Suivre ces évolutions technologiques va impliquer également un effort de formation initiale et continue sur les compétences pour l'expérimentation animale et la réglementation Ethique, AMU pouvant avoir un rôle leader pour une expérimentation animale responsable et soutenable.

4.3 Pour une meilleure articulation de la formation et de la recherche

Depuis 2012, A*MIDEX a été un formidable accélérateur pour l'innovation pédagogique en neurosciences avec la création du 1^{er} PhD Program thématique sur AMU puis d'un Master Brain

Program venant renforcer le Master de Neurosciences dans sa formation pour et par la recherche. Cette dynamique a été reconnue par la création début 2018 de l'EUR *NeuroSchool*.

Sélectionnée par l'ANR en octobre 2017 et officiellement créée le 2 juillet 2018, *Marseille NeuroSchool* bénéficie de l'expérience accumulée par deux programmes d'excellence : le Brain Master Program et le PhD Program in Integrative and Clinical Neuroscience, financés par A*MIDEX. Dotée d'un budget de 10 millions pour la décennie 07/2018-06/2028, *NeuroSchool* porte un projet ambitieux, construit dans un périmètre élargi, qui combine de nouvelles avancées éducatives, la diversification des formations complémentaires et une visibilité internationale accrue.

En lien très étroit avec *NeuroMarseille* et en coordination avec les futurs programmes de Master et de doctorat de deux partenaires locaux (CenTuri et ILCB), *NeuroSchool* s'appuie sur trois piliers : la troisième année de licence (parcours neurosciences), le master de neurosciences et le programme doctoral. Cette nouvelle structure académique est également intimement liée à l'Ecole des Mines de Gardanne, des composantes d'AMU (EJCAM, IAE), l'AP-HM, le CNRS, l'Inserm et bénéficie du partenariat actif de 3 sociétés de biotechnologie spécialisées dans les neurosciences (Neuroservice, OZ Biosciences, Vect-Horus).

NeuroSchool a pour ambition d'innover dans trois domaines principaux : la formation par/pour la recherche, la transition vers le monde du travail et l'internationalisation. Ses progrès seront évalués à la fin des années 1, 3, 6 et 9, par un comité consultatif international, composé d'experts scientifiques, académiques et économiques ainsi que d'étudiants. Ce comité est présidé par Menno Witter, directeur de l'Ecole Norvégienne de recherche en neurosciences.

Afin d'accroître les liens entre formation, recherche et clinique, *NeuroSchool* va :

- organiser chaque année une conférence internationale, en collaboration avec *NeuroMarseille*,
- augmenter et améliorer l'apprentissage en ligne,
- promouvoir l'apprentissage actif par l'apprentissage basé sur des problèmes et des jeux de rôle,
- mettre en place des FabLabs, des ateliers ouverts pour la création d'objets ou de concepts,
- promouvoir les liens entre les départements de science et de santé,
- établir un programme MD/PhD.

Afin de faciliter le passage professionnel, souvent difficile, de la recherche académique vers la recherche privée et d'améliorer l'employabilité des diplômés, *NeuroSchool* va mettre en œuvre les actions suivantes :

- plan de carrière individuel et coaching associé,
- diplômes dans les domaines de la communication, de la création d'entreprise et du big data,
- stages dans des unités de recherche clinique, recherche industrielle ou communication,
- bourses doctorales et postdoctorales pour promouvoir l'emploi dans la recherche privée,
- liens avec la future Cité des Innovations et des savoirs et création d'un centre NeuroTech.

Pour consolider et élargir ses partenariats internationaux, *NeuroSchool* prévoit de :

- créer de nouveaux cours en ligne (MOOC, SPOC) avec nos partenaires,
- organiser, chaque année, une Ecole d'été sur l'un des thèmes de recherche de pointe de la communauté marseillaise,
- financer des doctorats internationaux co-supervisés (cotutelle),
- mettre en place, tous les deux ans, une conférence internationale avec nos partenaires,
- signer un accord de jumelage avec d'autres écoles doctorales.

Ces évolutions sur la formation en Neurosciences s'articulent avec deux autres initiatives sur le site AMU. L'Institut CenTuri offre une opportunité unique de formation interdisciplinaire avec la physique, l'informatique et les mathématiques. Le Master de neurosciences a déjà conclu un partenariat avec le Master CMB (Computational and Mathematical Biology), porté par l'Institut Convergence CenTuri, pour

coordonner des unités d'enseignements communes en neurosciences computationnelles et en analyse quantitative de données biologiques. Il en est de même avec le Master de Sciences Cognitives, porté par l'autre Institut Convergence, l'ILCB. AMU rejoint ainsi l'autre grand site national, Paris, avec une offre complémentaire en Sciences Cognitives / Neurosciences / Interdisciplinarité en Biologie.

5. L'organisation et les objectifs de *NeuroMarseille*

5.1 Missions de *NeuroMarseille*

La mission principale de *NeuroMarseille* est de créer un cadre cohérent, collaboratif et intégratif visant à améliorer la visibilité, l'attractivité et l'impact de la recherche et de la formation en neurosciences, menées à Aix-Marseille Université. Cet Institut thématique s'appuie sur l'EUR *NeuroSchool* pour le volet formation. Il doit également être un accélérateur pour les neurosciences au sein d'AMU en proposant un schéma stratégique et en coordonnant les politiques des laboratoires et des plateformes, afin de mieux s'insérer dans les grands réseaux, nationaux et internationaux, d'infrastructures ou dans les grands projets internationaux (par exemple Human Brain Project en Europe). Enfin, *NeuroMarseille* a pour ambition d'être l'interlocuteur privilégié pour discuter avec AMU la stratégie en matière d'emploi scientifique.

Les efforts de *NeuroMarseille*, et les moyens financiers qui sont demandés visent 6 objectifs stratégiques :

- Promouvoir l'excellence de la recherche fondamentale et clinique: Le progrès des connaissances implique de mobiliser des compétences de plus en plus vastes. Un des premiers objectifs de *NeuroMarseille* sera de renforcer les collaborations entre nos équipes grâce à des actions incitatives visant à fédérer quelques équipes autour d'objectifs scientifiques clairs, les préparant au mieux à répondre aux Appels d'offre nationaux ou internationaux. Le recrutement de postdoctorants privilégiera également les projets collaboratifs structurants entre équipes. En lien avec les FHU et le CHU, il s'agira d'accélérer le transfert de la recherche fondamentale vers la clinique et d'aider à la constitution de consortia chercheurs-cliniciens pouvant organiser la recherche clinique, du moléculaire au cognitif. Enfin, l'animation scientifique sera organisée à l'échelle du site AMU grâce à des actions *NeuroMarseille* (Journées *NeuroMarseille*) ou au soutien à des actions (conférence, workshops) organisées par les laboratoires membres.
- Améliorer l'attractivité internationale du site AMU: Attirer les meilleurs scientifiques dans un domaine extrêmement compétitif implique de conduire des actions ambitieuses et lisibles. A la différence des autres sites européens, AMU manque d'un **Appel à Equipes** clairement identifié en Neurosciences, liant recrutement et un budget incitatif et compétitif permettant l'installation d'équipes extérieures. Notre objectif est de mettre en place un tel dispositif, avec l'appui d'un Jury International, visant à recruter dans nos laboratoires de jeunes leaders scientifiques ou cliniciens mais aussi d'accueillir des candidats potentiels à la Direction de nos structures de recherche. Un **programme postdoctoral** permettra d'attirer des chercheurs juniors et de créer ainsi un vivier de candidats CNRS/INSERM/AMU potentiels pour nos laboratoires. L'attractivité du site est un des objectifs de *NeuroSchool* avec une forte internationalisation des programmes Master et PhD Program visant à attirer des étudiants au niveau Master et doctorat.
- Renforcer l'interdisciplinarité : L'explosion des nouveaux moyens d'exploration du système nerveux engendre une compétition très importante pour la maîtrise de ces outils et des masses de données produites. En lien avec notre politique autour des plateformes existantes, nous souhaitons développer avec les partenaires existants (ILCB, CenTuri) ou à venir (Instituts Thématiques en Imagerie Biomédicale, Masses de données, Informatique & Mathématique) des actions visant à l'émergence de nouvelles collaborations, à la **création d'équipes inter-laboratoires** ou encore, avec *NeuroSchool*, à l'amélioration des échanges entre formations

disciplinaires. *NeuroMarseille* et *NeuroSchool* aideront à faire tomber les barrières institutionnelles mais aussi à mener une réflexion prospective sur les évolutions scientifiques interdisciplinaires.

- Améliorer la visibilité des neurosciences d'AMU : Rendre le site attractif et lisible implique de travailler à une présentation et une diffusion du paysage de recherche et de formation au niveau national et international. *NeuroMarseille* et *NeuroSchool*, mettront en place un portail internet dynamique qui rassemblera toutes les informations concernant les activités et les réalisations au sein de Marseille. Ils présenteront la recherche et la formation en neurosciences d'AMU dans les grandes conférences internationales, aideront à la mise en place et la coordination des partenariats internationaux (laboratoires associés, visiting scientist) en lien avec les différentes tutelles.
- Insérer nos plateformes dans les enjeux nationaux et internationaux : Rendre les neurosciences d'AMU attractives implique de renforcer nos plateformes technologiques et de les insérer dans les grandes infrastructures nationales (IBISA, FLI/FBI, TGIR) et internationales. *NeuroMarseille* vise à coordonner les unités portant des plateformes technologiques, à promouvoir les échanges entre plateformes et à élaborer et défendre un **schéma directeur stratégique**, en lien avec les autres Instituts et les tutelles.
- Améliorer la capacité du transfert technologique des neurosciences d'AMU : Les partenariats industriels sont essentiels au développement et à la pérennisation du transfert technologique. Ils participent à la mise en place de standards industriels dans la structuration et le fonctionnement de consortia académique-clinique, avec notamment des critères sévères pour l'identification de cibles diagnostiques et thérapeutiques et l'évaluation de marchés. *NeuroMarseille* a pour ambition de promouvoir le continuum entre recherche académique, clinique et translationnelle. C'est devenu un prérequis pour le financement de projets ambitieux avec pour exemple sur Marseille des projets soutenus par le gouvernement (investissements de l'avenir ex. RHU EpiNext) ou au niveau Européen (Human Brain Project, Flagship Européen, ou Aetionomy). Cela passe par l'organisation de formations, de forums dédiés, l'identification en amont de projets prometteurs sur le plan de la valorisation, avec les acteurs locaux, nationaux et européens, une participation active au développement d'un écosystème favorable à la création de sociétés de neuro-technologie, à l'attractivité et l'implantation sur Marseille de structures de recherche des entreprises (e.g. big pharma, cf. annexe 4). Cet écosystème bénéficiera de formations doubles, thèses CIFRE, soutiens PostDoc, stages en entreprises, expertise brevets, comptable, auditeurs, et de la mise en place de fonds régionaux biotechnologie et d'hôtels d'entreprises.

5.2 Les financements de *NeuroMarseille*

Sur le volet formation, *NeuroMarseille* bénéficie des 10 millions d'euros versés par l'Etat et AMU / A*MIDEX à l'EUR *NeuroSchool*. Ce financement de l'Etat vient compléter les financements A*MIDEX du *Brain Master Program* et du *PhD Program en neurosciences*. Il couvrira les actions de formation mais également les salaires des personnes associées (administration, communication...) à l'institut thématique. Cependant, à la différence des Instituts Convergence (ILCB et Centuri), ce financement ne comprend pas d'actions spécifiques sur le volet « Recherche ». Des moyens financiers importants et stabilisés sur le long-terme sont indispensables pour mettre en œuvre i) les 3 premiers objectifs de *NeuroMarseille* (Excellence, Attractivité, Interdisciplinarité), ii) les **Actions Incitatives**, iii) le programme **d'Accueil d'équipes** et iv) la promotion **d'Equipes interdisciplinaires**. Nous estimons les besoins de l'Institut à 8 millions d'euros sur 10 ans, dont environ la moitié sera consacrée au programme d'accueil de nouvelles équipes et le quart au programme postdoctoral. La gestion administrative et financière de *NeuroMarseille* bénéficiera d'une mutualisation d'une partie des ressources avec celles mises en place dans le cadre de *NeuroSchool*.

6. Organisation fonctionnelle et gouvernance de *NeuroMarseille*

La création de *NeuroSchool* induit une situation spécifique pour les neurosciences au regard du cadrage d'AMU concernant la gouvernance. En effet, la gouvernance actuelle de *NeuroSchool* répond aux critères du PIA et est déjà mise en place. Elle correspond au volet « Formation » du cadrage AMU. La proposition ci-dessous vise à répondre (i) à la mise en place d'une gouvernance globale et (ii) la définition de la partie fonctionnelle « Recherche ». Si le projet *NeuroMarseille* est retenu par AMU, ce dispositif sera précisé avec Aix-Marseille Université afin de faire converger l'EUR existante et l'Institut Thématique.

Le **directeur de *NeuroMarseille*** est assisté d'un **directeur adjoint**. Tous deux sont nommés par AMU sur proposition des directeurs des unités de recherche et du comité de direction de *NeuroSchool*.

Le **Conseil de Direction** est l'organe de décision. Il est composé du directeur et du directeur adjoint de *NeuroMarseille*, des directeurs de chacune des unités de neurosciences de Marseille ainsi que des membres du comité de direction de *NeuroSchool*. Le conseil de direction de *NeuroMarseille* identifie les actions à mener et discute de leur mise en œuvre opérationnelle et financière.

Différents **comités *ad hoc*** sont mis en place pour mettre en œuvre les actions décidées par le conseil de direction. Ces comités sont composés pour partie des membres du conseil de direction et pour partie de personnes sélectionnées pour leurs compétences spécifiques.

NeuroMarseille se dotera d'un **Comité Consultatif International** composé de de personnalités extérieures à la communauté marseillaise (scientifiques, enseignants, représentants du monde industriel, ...), pour fournir une évaluation critique de son fonctionnement et suggérer des améliorations possibles.

Le fonctionnement de *NeuroMarseille* s'appuiera en partie sur la structure administrative partagée avec *NeuroSchool*. Le **Comité de Pilotage** sera composé des membres du comité de surveillance d'A*MIDEX (AP-HM, CEA, CNRS, ECM, IEP, Inserm, IRD), de représentants de l'université (A*MIDEX, Faculté des Sciences et Faculté de Médecine, Département de Biologie, EDSVS), des directeurs des programmes partenaires financés par le Programme d'Investissement d'Avenir (RHU, FHU, Instituts Convergence, *NeuroSchool*) ainsi que de membres invités (monde industriel, étudiants). Il se réunira tous les 3 mois.

7. Conclusion

La création de *NeuroMarseille* au sein d'AMU est une opportunité unique d'améliorer la lisibilité et la visibilité des neurosciences à Marseille. L'implication des unités de recherche, des services cliniques et des programmes de formation permettra d'offrir une vision ambitieuse des neurosciences marseillaises, tant au plan scientifique que technologique et clinique. La diversité des recherches menées au sein du futur institut doit devenir sa force. L'institut doit créer les conditions pour élaborer de nouveaux objectifs communs, à la frontière des enjeux de la recherche fondamentale et de ceux de la recherche appliquée. Fort du soutien d'AMU, du CNRS et de l'INSERM, *NeuroMarseille* a le potentiel pour devenir un acteur clé aux niveaux local, national et international.

Annexes

1. Brève description des unités de neurosciences de *NeuroMarseille*⁴

CRMBM: Centre de Résonance Magnétique Biologique et Médicale. UMR7339, CNRS & AMU (Monique Bernard / Maxime Guye), 1 équipe impliquée en neurosciences (Jean-Philippe Ranjeva / Angèle Viola). Le CRMBM développe des méthodes d'IRM innovantes et des protocoles de recherche fondamentale et clinique pour des applications biologiques et médicales. Il est activement engagé dans la recherche contractuelle avec des partenaires industriels (essais cliniques, fabricants d'équipements d'IRM et dispositifs médicaux).

FR3C: Fédération de Recherche "Comportement, Cerveau, Cognition", FR3512, CNRS & AMU (Etienne Save / François-Xavier Alario). La FR3C fédère la recherche fondamentale en psychologie cognitive et en neurosciences intégratives à plusieurs niveaux, de la biologie moléculaire à l'expérimentation humaine et animale dans un contexte social. Il gère les plateformes technologiques partagées par le LNC, le LNSC et le LPC.

IBDM: Institut de Biologie du Développement de Marseille, UMR7288, CNRS & AMU (André Le Bivic), 11 équipes. Les recherches de l'IBDM sont principalement centrées sur la biologie du développement et les pathologies associées aux problèmes de développement en se focalisant sur les gènes et les mécanismes moléculaires régulant les premiers stades du développement.

INMED: Institut de Neurobiologie de la Méditerranée. UMR_S901, INSERM & AMU (Rosa Cossart), 9 équipes. L'INMED étudie les facteurs critiques contrôlant la plasticité des neurones et des circuits au cours du développement, des comportements adaptatifs ou dans les pathologies. L'INMED utilise un large éventail d'approches expérimentales intégrées allant de la biologie moléculaire à l'imagerie et au comportement en passant par l'électrophysiologie.

INP: Institut de Neurophysiopathologie (auparavant NICN), UMR7051, CNRS & AMU (Michel Khrestchatisky), 11 équipes. L'INP mène des recherches fondamentales sur les interactions entre cellules neuronales, gliales, endothéliales et immunitaires et leur rôle dans la plasticité des réseaux neuronaux et des fonctions cognitives, à travers des modèles animaux et cellulaires, à différents niveaux d'intégration (du moléculaire au plus intégré), et dans divers contextes pathologiques.

INS: Institut de Neurosciences des Systèmes. UMR_S1106, INSERM & AMU (Viktor Jirsa), 4 équipes. L'INS s'intéresse aux propriétés dynamiques des réseaux neuronaux à différents niveaux d'organisation allant de la cinétique des canaux ioniques au comportement en passant par les réseaux et les réseaux de réseaux, et combine des approches expérimentales, cliniques et théoriques.

INT: Institut de Neurosciences de la Timone, UMR7289, CNRS & AMU (Guillaume Masson / Christelle Baunez), 12 équipes. L'INT vise à rapprocher la recherche fondamentale et la recherche clinique en menant des études de neurosciences intégratives, du niveau cellulaire au niveau cognitif, pour comprendre les bases neurales des comportements et leur désorganisation dans les maladies neurologiques et psychiatriques.

LNC: Laboratoire de Neurosciences Cognitives, UMR 7291, CNRS & AMU (Thierry Hasbroucq), 9 équipes. Les recherches du LNC portent sur les substrats neuronaux de la cognition animale et humaine et sur la façon dont le traitement de l'information est affecté par différents facteurs,

⁴ Aux 70 équipes de neurosciences rattachées aux unités de neurosciences s'ajoute une équipe dirigée par Laurent Villard et qui appartient au Centre de Génétique Médicale de Marseille (INSERM U1251).

internes et externes, en utilisant des approches méthodologiques allant de l'imagerie cellulaire à l'imagerie systémique.

LNSC: Laboratoire de Neurosciences Sensorielles et Cognitives (auparavant LNIA), UMR 7260, CNRS & AMU (Béatrice Alescio-Lautier), 4 équipes. Les recherches du LNSC reposent sur l'approche multi-échelle des différents niveaux d'intégration sensorielle, de l'adaptation et de la restauration sensorielle, ainsi que de la modulation des systèmes sensoriels par des processus cognitifs dans des conditions normales ou pathologiques chez l'animal et l'humain.

LPC: Laboratoire de Psychologie Cognitive UMR7290, CNRS & AMU (Johannes Ziegler), 5 équipes. Le LPC étudie les fonctions cognitives qui caractérisent l'intelligence humaine (telles que l'attention, le raisonnement, la cognition sociale ou le langage) et leurs bases cérébrales.

UNIS: Unité de Neurobiologie des canaux ioniques et de la Synapse, UMR_S 1072, INSERM & AMU (Dominique Debanne), 3 équipes. Les recherches de l'UNIS se concentrent sur le rôle des canaux ioniques dans la communication neuronale, la plasticité et les maladies cérébrales aux différents niveaux moléculaire, cellulaire et synaptique.

2. Liens entre les unités de recherche et les autres structures fédératives

FHU/DHU

Deux Fédérations Hospitalo-Universitaire (FHU) et un Département Hospitalo-Universitaire (DHU) regroupent des équipes de recherche en neurosciences et des unités cliniques travaillant sur des maladies ou des groupes de maladies spécifiques. Les FHU sont soutenues par A*MIDEX et AP-HM.

- La FHU EpiNext (coordonnée par le Prof. Fabrice Bartolomei, INS) se concentre sur la physiopathologie des systèmes excitateurs, en mettant l'accent sur l'épilepsie. La FHU EpiNext regroupe des équipes de recherche de l'INMED, l'UNIS, l'INS et le CRMBM ainsi que du pôle hospitalier de neurosciences cliniques. Cette FHU a obtenu une subvention RHU (projet EPINOV: Improving EPilepsy surgery management and progNOsis using Virtual brain technology).
- La FHU DHUNE (coordonnée par le Prof. Olivier Blin, INS) cible les maladies neurodégénératives (par exemple la maladie d'Alzheimer, la maladie de Parkinson, la sclérose en plaques, la sclérose latérale amyotrophique, le vieillissement) dont il vise à découvrir de nouveaux biomarqueurs et thérapies. DHUNE associe des équipes de recherche des unités CRMBM, IBDM, INP, INS, INT, LNC, INMED, UNIS, et les pôles hospitaliers de neurosciences cliniques, d'imagerie médicale, de psychiatrie et de gériatrie.
- Le DHU Imaging (coordonné par le Prof. Eric Guedj, Institut Fresnel) poursuit des recherches concernant l'imagerie moléculaire et la thérapie guidée par imagerie utilisant de nouvelles technologies pour promouvoir les interactions diagnostiques et thérapeutiques. Le DHU Imaging associe des équipes de recherche du CRMBM et de l'INT, ainsi que des pôles hospitaliers de neurosciences cliniques et d'imagerie médicale.

Pôles Cliniques

Quatre pôles hospitaliers dont les médecins travaillent en étroite collaboration avec les unités de recherche seront associés à NeuroMarseille: (1) le Pôle de Neurosciences Cliniques, Prof. Jean-Philippe Azulay (LNC), qui regroupe la Neurologie, Neurochirurgie et les unités de neuro-oncologie des hôpitaux universitaires (AP-HM); (2) Le Pôle de psychiatrie, Dr Jean-Claude Samuelian; (3) le Pôle de Médecine Physique et Réadaptation, Prof. Alain Delarque; et le Pôle de Pédiatrie, Prof. Didier Scavarda.

Instituts Convergence

Un Institut Convergence est un institut thématique interdisciplinaire associant des groupes de recherche d'envergure internationale et de divers domaines travaillant sur une question scientifique bien définie à partir de perspectives multiples. L'Institut Convergence est soutenu par le Programme d'Investissement d'Avenir (PIA) via A*MIDEX.

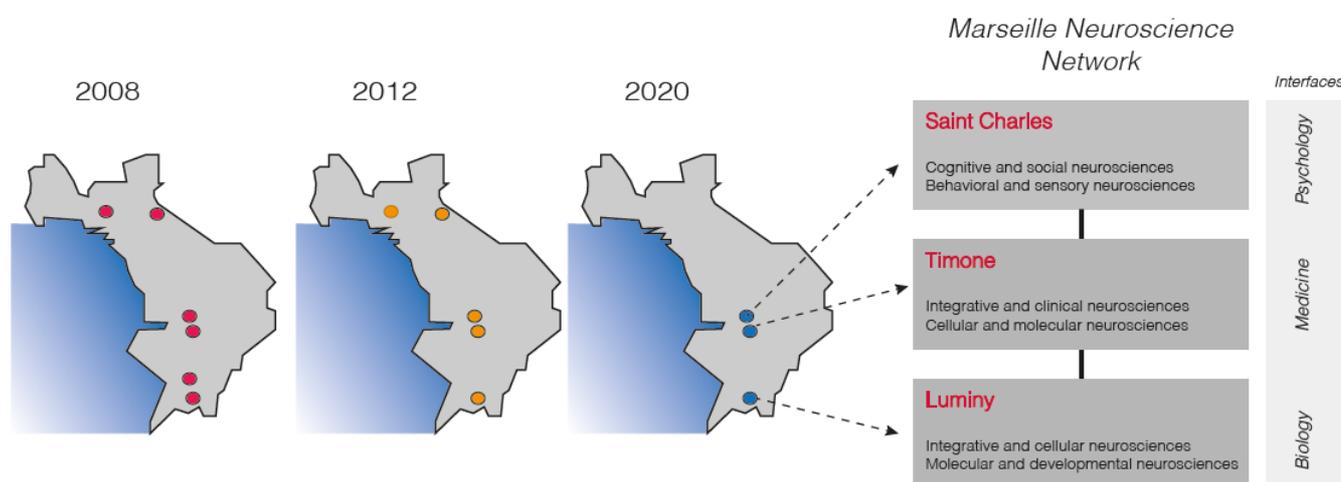
- L'ILCB (Institut Language Communication Brain, coordonné par Philippe Blache, LPL) explore les bases neurales du langage humain et de la communication et recherche les applications possibles dans le domaine paramédical. L'ILCB regroupe des équipes de neurosciences des unités INS, INT, LNC et LPC.
- CenTuri (Centre Turing pour les systèmes biologiques vivants, coordonné par Thomas Lecuit, IBDM) explore l'auto-organisation des systèmes vivants en utilisant une stratégie de recherche interdisciplinaire combinant la biologie (neurosciences, développement et immunologie), la physique, l'informatique et les mathématiques. CenTuri implique toutes les équipes de l'INMED et les équipes de neurosciences de l'IBDM.

3. Quelques indicateurs

La production scientifique sur la période 2010-2014 (compilée par AMU en préparation du COS 2015) a été de 1780 articles de recherche et de 250 revues. 5% des articles de recherche ont été publiés dans des revues à facteur d'impact > 10 et 67% dans des revues à facteur d'impact > 5.

Depuis 2010, les chercheurs d'AMU ont obtenu 13 subventions ERC (Junior, Consolidator, Senior) et 11 soutiens ANR aux jeunes chercheurs. Huit nouvelles équipes de recherche financées par le programme ATIP / Avenir, très sélectif, sont été créées au cours de cette période.

Evolution du réseau des unités de neurosciences de Marseille de 2008 à 2020.



En 2020, l'ensemble des unités de neurosciences sera rassemblé sur 3 sites (Saint Charles: LNC, LNSC, LPC; la Timone: CRMBM, INP, INS, INT; Luminy: IBDM, INMED, UNIS)

4. Lien avec les entreprises

Outre les liens privilégiés avec certaines des entreprises liées aux neurosciences mentionnées sur le portail des neurosciences (<http://neuro-marseille.org/fr/master-de-neurosciences/entreprises/>), des contrats ont été établis avec les sociétés suivantes:

- Biogen (pharmaceutique) : CRMBM
- CILOA (biotechnologie) : UNIS
- Globalstim/Exostim (informatique) : LNSC
- IPSEN (pharmaceutique) : UNIS
- Keyveo (réalité virtuelle) : LNSC
- Miltenyi (biotechnologie) : IBDM
- NeuroService (pharmacologie) : UNIS
- OleaMedical (neuro-imagerie) : INT
- Roche (pharmaceutique) : CRMBM
- Serono (biopharma) : CRMBM
- Siemens (neuro-imagerie) : CRMBM, INT
- Trophos (biotechnologie) : CRMBM, IDM

5. Laboratoires Internationaux Associés

- Université de Kazan (Russie) - INMED
- Université de l'Indiana (USA) - INMED
- Cleveland Clinic (USA) - INS
- Ecole Polytechnique Montréal/ETS de Montréal /Hôpitaux Sacré-Cœur et sainte-Justine (Canada) - CRMBM
- Jülich Research Center (Allemagne) - INT

6. Liste des abréviations

CoEN: Centre of Excellence in Neurodegeneration

CPT: Centre de Physique Théorique

EDSVS: Ecole Doctorale des Sciences de la Vie et de la Santé

I2M: Institut de Mathématiques de Marseille

IRPHE: Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Equilibre

EEG: Electro-encéphalographie

IRM: Imagerie par résonance magnétique

IRMf: Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle

MEG: Magnétoencéphalographie

sEEG: Stéréo-électro-encéphalographie

TEP: Tomographie par Emission de Positions

AD: Alzheimer disease

AVC: Accident vasculaire cérébral

ASD : Autism spectrum disorder

DMLA: Dégénérescence maculaire liée à l'âge

HD: Huntington disease

MCD: Malformation cortical disorders

MS: Multiple sclerosis

PD: Parkinson Disease

TC: Traumatisme crânien