

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Formulaire demande de financement : ARED - ISblue - ETABLISSEMENTS - ...

pour dépôt sur le serveur <https://theses.u-bretagne.fr/sml> au format PDF

**Identification du projet**

**Acronyme du projet** (8 caractères *maximum*) : GEN-IOMM

**Intitulé du projet en langue française** : Observatoire de la biodiversité des mammifères marins dans le Sud-Ouest de l'Océan Indien : Caractérisation moléculaire et « ADN environnemental »

**Intitulé du projet en langue anglaise** : Monitoring marine mammal biodiversity in the South West Indian Ocean : molecular characterisation and environmental DNA

**Domaine d'innovation stratégique (DIS) du projet**

**Cocher le DIS prioritaire** au sein duquel le projet de thèse s'intègre.

- DIS 1 : Innovations sociales et citoyennes pour une société ouverte et créative
- DIS 2 : Chaîne alimentaire durable pour des aliments de qualité
- DIS 3 : Activités maritimes pour une croissance bleue
- DIS 4 : Technologies pour la société numérique
- DIS 5 : Santé et bien-être pour une meilleure qualité de vie
- DIS 6 : Technologies de pointe pour les applications industrielles

DIS 7 : Observation et ingénieries écologique et énergétique au service de l'environnement

Si aucun DIS ne correspond, cocher « Projet Blanc ».

« Projet Blanc »

**Préciser le sous-domaine correspondant :**

7A : Observation, surveillance et gestion de l'environnement et des écosystèmes et de leurs interactions

**DIS secondaire si nécessaire :**

**Présentation de l'établissement porteur (bénéficiaire de l'aide régionale)**

**Établissement porteur du projet** : Université de Bretagne Occidentale

**Ecole Doctorale** : Ecole Doctorale des Sciences de la Mer

## Identification du-de la responsable du projet (futur-e directeur-trice de thèse)

**Nom du laboratoire d'accueil :** BioGeMME (Biologie et Génétique des Mammifères marins dans leur Environnement)

**Code du laboratoire (U/UMR/USR/EA/JE/...) :** ERCR 4

**Directeur du Laboratoire :** Jean-Luc Jung

**Nom de l'équipe de recherche :** BioGeMME

**Nombre HDR dans le laboratoire :** 1

**Nombre de thèses en cours :** 1

**Nombre de post-docs en cours :** 0

**Nom et prénom du directeur de thèse (HDR), porteur du projet :** Jean-Luc Jung

- e-mail : [jung@univ-brest.fr](mailto:jung@univ-brest.fr)

- Téléphone : 02 98 01 61 29

- **Publications récentes du directeur-trice de thèse** (nb total et 5 références max au cours des 5 dernières années) :

- 22 publications dans des revues internationales avec comité de lecture et Impact facteur (7 en premier auteur, 9 en dernier auteur, 10 en tant que « corresponding author »). Liste actualisée depuis 2009 en ligne

<https://www.univ-brest.fr/menu/recherche-innovation/pages-chercheurs/JUNG-Jean-luc>

- 22 autres publications (ouvrages, revues sans comité de lecture, actes de la commission baleinière internationales, ...)

5 publications récentes

Richard G., Titova O.V., Fedutin I.D., Steel D., Meschersky I.G., Hautin M., Burdin A.M., Hoyt E., Filatova O.A.\* & **Jung J.-L.\*** Cultural transmission of fine-scale fidelity to feeding sites may shape humpback whale genetic diversity in Russian Pacific waters. [Journal of Heredity](#). 109:724–734.

Decker C., Hassani S., Jezequel M., Rault C., Dumas C., Meheust E., Alfonsi E., **Jung J.-L.** (2017) Mitochondrial DNA reveals historical maternal lineages and a postglacial expansion of the grey seal in European waters. [Marine Ecology Progress Series](#). 566:217-227.

Morin P.A., Baker C.S., Brewer R.S., Burdin A.M., Dalebout M.L., Dines J.D., Fedutin I., Filatova O., Hoyt E., **Jung J.-L.**, Lauf M., Potter C.W., Richard G., Ridgway M., Robertson K.M. & Wade P.M. (2017) Genetic structure of the beaked whale genus *Berardius* in the North Pacific, with genetic evidence for a new species. [Marine Mammal Science](#), 33: 96–111.

Trudelle L., Cerchio S., Zerbini A.Z., Geyer Y., Mayer F.X., **Jung J.-L.**, Hervé M.R., Pous S., Sallée J.-B., Rosenbaum H.C., Adam O. & Charrassin J.-B. (2016) Influence of environmental parameters on movements and habitat utilization of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Madagascar breeding ground. [Royal Society Open Science](#). 3:160616

**Jung J.-L.\***, Mullié W.C.\*, Van Waerebeek K.\*, Wagne M.M., Samba Ould Bilal A., Ould Sidaty Z.A., Toomey L., Méheust E. & Marret F. (2016) Omura's whale off West Africa: autochthonous population or inter-oceanic vagrant in the Atlantic Ocean? [Marine Biology Research](#), 12:66-75.

## **- Expériences d'encadrement et co-encadrement de doctorants (passées et en cours)**

(nom des doctorants dirigés et en cours et antérieurement, sur les 6 années passées : sujet, financement, date de soutenance, et situation professionnelle actuelle si connue)

Oumar Ba, Etude de la biodiversité des mammifères marins en Mauritanie par des approches couplées de terrain, d'écologie moléculaire et d'écotoxicologie, Université de Nouakchott Al Aasriya (Mauritanie), Co-encadrement (50%) avec le Professeur Zeinebou Sidoumou. Thèse débutée en septembre 2017. Financement Mauritanien.

Marion Arribart, Anatomie et imagerie comparées de la tête du dauphin commun (*Delphinus delphis*) et du marsouin commun (*Phocoena phocoena*) en relation avec l'écholocation, Thèse Vétérinaire, Ecole Vétérinaire de Nantes. Co-encadrement avec le Professeur Claude Guintard. Soutenue le 14 novembre 2016 (2 publications en commun).

Eric Alfonsi, Le marsouin commun et le phoque gris en mer d'Iroise et le long de la façade atlantique française : génétique des populations et modifications de l'écosystème, Université de Brest, Co-encadrement (90%) avec le professeur Yves-Marie Paulet, soutenue en septembre 2013 (7 publications en commun). Financement Cifre

## Présentation du projet (en langue française ou anglaise, 2 à 3 pages)

### Résumé du projet (4000 caractères maxi espaces compris) :

Le projet GEN-IOMM s'inscrit dans le prolongement de deux projets internationaux et pluridisciplinaires BAOBAB et GENERATION (portage, Prof Olivier Adam, CNRS Sorbonne Université, Financement Fondation Total) qui se sont déroulés successivement de 2012 à 2018. Ces deux projets d'étude de la biodiversité marine du sud-ouest de l'Océan Indien et de caractérisation des impacts des activités humaines sur cette biodiversité étaient ciblés sur une espèce sentinelle des variations du milieu marin, les baleines à bosse (*Megaptera novaeangliae*). Ils ont mis en œuvre des approches d'acoustique, de suivi par balise Argos, de Photo-Identification, et comportaient un volet d'étude génétique. Des compréhensions majeures et très innovantes ont été acquises grâce à ces projets, tant fondamentales qu'appliquées à la conservation du milieu marin en termes de comportement des baleines à bosse (communication acoustique, habitats préférentiels, relations mères-baleineaux-milieu, déplacement migratoires, ...). Les impacts potentiels des activités humaines sont mieux compris et caractérisés depuis ces travaux.

Les volets génétiques de BAOBAB et GENERATION ont été portés par le laboratoire BioGeMME de l'Université de Brest (responsable de ce volet : Jean-Luc Jung). Ils ont permis de collecter annuellement entre 60 et 100 biopsies de baleines à bosse dans le canal de l'île Sainte Marie depuis 2012. Plus de 600 biopsies de baleines à bosse ont déjà été collectées, créant ainsi la plus grande série chronologique jamais obtenue pour une espèce de mammifères marins. Le projet de thèse GEN-IOMM aura pour but d'analyser *in extenso* cette collection d'échantillons, permettant ainsi

- De caractériser génétique les baleines à bosse fréquentant le canal de l'île Sainte-Marie à Madagascar, zone très restreinte géographiquement mais d'importance majeure pour la reproduction de l'espèce dans l'Hémisphère Sud
- D'analyser les différences évolutives entre les trois sous espèces de baleines à bosse (Pacifique Nord, Atlantique Nord, Hémisphère Sud) : des résultats récents obtenus au Laboratoire BioGeMME ont montré que certains groupes de baleines à bosse du Pacifique Nord possédaient une fidélité géographique d'une précision inattendue pour des zones d'alimentation très précise. Cette fidélité, transmise de manière intergénérationnelle, et propre à certains groupes, se traduit par une des très rares cas prouvé de co-évolution gène-culture dans le monde animal (Richard et al. 2019 *Journal of Heredity* 109:724–734). A l'opposé, les premiers résultats d'analyse des échantillons provenant de Madagascar démontrent une très grande diversité génétique des baleines à bosse de l'île Sainte-Marie. Une hypothèse actuelle est que la nature plus fluctuante des zones d'alimentations estivales de l'hémisphère sud, dépendant plus de la limite de la banquise que dans l'Hémisphère Nord, pourrait être à l'origine de comportements migratoires divergeant pour la même espèce entre les deux hémisphères, plaçant ainsi les sous espèces sur des trajectoires évolutives différentes, dont l'importance dépend donc aussi du changement climatique global.  
La caractérisation génétique fine des baleines à bosse de Madagascar permettra de vérifier cette hypothèse.
- D'analyser de manière inédite les variations chronologiques (ou leur absence) au sein d'une espèce sentinelle de grands vertébrés très mobiles dans une zone géographique ciblée. Durant le déroulement de la thèse, les biopsies continueront à être réalisées, amenant au final à une collection d'échantillons couvrant dix années successives (2012 – 2021).

GEN-IOMM permettra donc une étude fine et totalement inédite des baleines à bosse du Sud-Ouest de l'Océan Indien, espèce ciblée car mobile, à longue durée de vie, sentinelle de la qualité du milieu, proxy des variations potentielles de l'écosystème marin et des impacts des changement du milieu, d'origine anthropique ou non.

## Présentation détaillée du projet :

### 1 - Hypothèse et questions posées, identification des points de blocages scientifiques

Les mammifères marins jouent un rôle prépondérant dans le fonctionnement des écosystèmes marins. Ils influencent la dynamique écologique et évolutive des populations de proies et par voie des conséquences l'ensemble de la chaîne alimentaire et les cycles biogéochimiques liés. Les cétacés, en tant que prédateurs supérieurs à longue durée de vie sont des indicateurs pertinents de la santé de nos océans : l'évolution de leurs populations nous informe sur impacts des changements, d'origine anthropique ou non, qui ont pu avoir lieu au sein de leur écosystème. La conservation des mammifères marins, véritables sentinelles de leur environnement, présente donc des enjeux écologiques, mais aussi économiques et culturels majeurs. Le Sud-Ouest de l'Océan Indien est une vaste région de plus de 5 millions de kilomètres carrés, à dominance largement maritime. Elle abrite les îles au large de l'est de l'Afrique : Madagascar et les archipels des Comores, des Mascareignes et des Seychelles. Il s'agit d'une zone où se concentre une forte biodiversité marine et notamment de nombreuses espèces de mammifères marins. La campagne REMMOA organisée par l'Agence Française pour la Biodiversité a recensé 32 espèces de cétacés dans cette région, parmi lesquelles 8 espèces de mysticètes, 8 espèces d'odontocètes « grands plongeurs » et 15 espèces de delphinidés. Parmi les espèces de cétacés fréquentant le Sud-Ouest de l'Océan Indien, l'une est particulièrement représentée. A la fin de l'été, les baleines à bosse (*Megaptera novaeangliae*) migrent des régions polaires et subpolaires antarctiques où elles se nourrissent vers des eaux chaudes et peu profondes des basses latitudes du Sud-Ouest de l'Océan Indien pour se reproduire, mettre-bas et s'occuper de leurs petits durant l'hiver. Il s'agit de l'une des plus importantes zones de reproduction pour les baleines à bosse dans l'hémisphère sud.

GEN-IOMM s'inscrit dans une logique d'observation à long terme des populations de baleines à bosse dans l'Océan Indien et s'ajoute à deux projets initiés par le Professeur Olivier Adam (Sorbonne Université CNRS) et l'équipe scientifique de l'association Cétamada : BaoBaB (2012-2014) et GENERATIONS (2015-2018).

Ils comprenaient plusieurs volets d'étude comme la photo-identification, les études acoustiques et comportementales, la pose de balises Argos mais aussi des campagnes récurrentes de biopsies et prélèvements de squames dans le canal de Sainte Marie (49°50' E-50°10' E, 16°60' S-17°55' S), au Nord-Est de Madagascar.

Situé entre la côte Est de Madagascar et l'île Sainte Marie, ce canal, d'environ 60 kilomètres de long et 30 de large, est caractérisé par un rétrécissement au niveau duquel les deux îles sont séparées de seulement 7 kilomètres. Cette zone est globalement peu profonde, en moyenne 25 à 35 mètres, avec une faible portion où l'on atteint les 60 mètres (Figure 2).

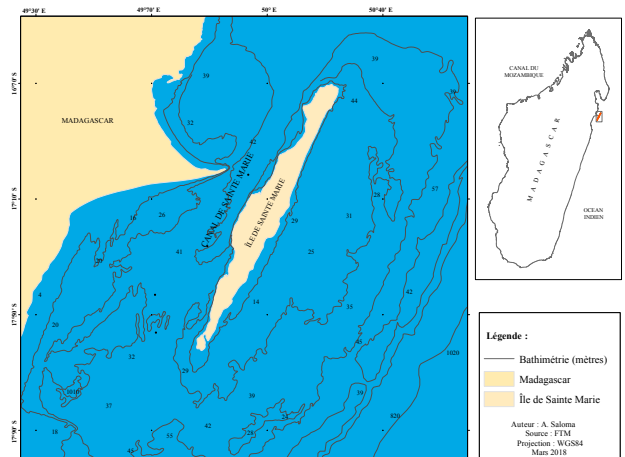


Figure 1: Carte bathymétrique du pourtour de l'île Sainte Marie, Nord-Est de Madagascar.

La principale problématique des études génétiques portant sur des grands vertébrés du milieu marin consiste à obtenir des échantillonnages en nombre suffisants. BOABAB et GENERATION ont permis justement de lever ce verrou, et plus de 600 biopsies ont été prélevées dans la période 2012-2018.

Le projet GEN-IOMM exploitera cette banque d'échantillons inédite et permettra

- De caractériser génétiquement les baleines à bosse fréquentant le canal de l'île Sainte-Marie à Madagascar, zone très

restreinte géographiquement mais d'importance majeure pour la reproduction de l'espèce dans l'Hémisphère Sud

- D'analyser les différences évolutives entre les trois sous espèces de baleines à bosse (Pacifique Nord, Atlantique Nord, Hémisphère Sud) : des résultats récents obtenus au Laboratoire BioGeMME ont montré que certains groupes de baleines à bosse du Pacifique Nord possédaient une fidélité géographique d'une précision inattendue pour des zones d'alimentation très précises. Cette fidélité, transmise de manière intergénérationnelle, et propre à certains groupes, se traduit par une des très rares cas prouvés de co-évolution gène-culture dans le monde animal (Richard et al. 2019 *Journal of Heredity* 109:724–734). À l'opposé, les premiers résultats d'analyse des échantillons provenant de Madagascar démontrent une très grande diversité génétique des baleines à bosse de l'Île Sainte-Marie. Une hypothèse actuelle est que la nature plus fluctuante des zones d'alimentations estivales de l'hémisphère sud, dépendant plus de la limite de la banquise que dans l'Hémisphère Nord, pourrait être à l'origine de comportements migratoires divergeant pour la même espèce entre les deux hémisphères, plaçant ainsi les sous espèces sur des trajectoires évolutives différentes, dont l'importance dépend donc aussi du changement climatique global.

La caractérisation génétique fine des baleines à bosse de Madagascar permettra de vérifier cette hypothèse.

- D'analyser de manière inédite les variations chronologiques (ou leur absence) au sein d'une espèce sentinelle de grands vertébrés très mobiles dans une zone géographique ciblée. Durant le déroulement de la thèse, les biopsies continueront à être réalisées, amenant au final à une collection d'échantillons couvrant dix années successives (2012 – 2021).

En étudiant la structure des populations de baleines à bosse dans cette région, il sera possible d'évaluer les risques potentiels pour chacune d'entre elles et concilier au mieux les activités humaines avec la présence des baleines dans cette zone pendant la période de reproduction. Ainsi, c'est tout l'écosystème marin local qui profitera des mesures de protection appliquées.

## 2 - Approche méthodologique et techniques envisagées :

GEN-IOMM mettra en oeuvre des approches de génétique moléculaire classique, utilisées de manière routinière au Laboratoire BioGeMME. L'ADN de chaque échantillon sera extrait, puis des marqueurs moléculaires d'intérêt seront amplifiés et séquencés : analyse de polymorphismes du génome mitochondrial, analyse de polymorphismes de microsatellites, mesures de diversité génétique des génomes mitochondriaux et nucléaires, et exploitation en termes de génétique de populations (voir par exemple (Richard et al. 2019 *Journal of Heredity* 109:724–734), mais aussi en termes de liens familiaux possibles entre individus.

En parallèle, les prélèvements de biopsies seront poursuivies chaque année Madagascar par l'association Cetamada selon les protocoles définis depuis 2012.

## 3 - Positionnement et environnement scientifique dans le contexte régional, national et international :

GEN-IOMM se positionne

- Dans la continuité des projets BAOBAB et GENERATION déjà réalisés (2012-2018)
- Dans le cadre des collaborations entre Olivier Adam (Sorbonne Université-CNRS), Cétamada (association malgache de science participative) et Jean-Luc Jung (BioGeMME-UBO) initiées dans le cadre de BAOBA et GENERATION et qui perdurent
- Dans le cadre des collaborations spécifiques entre BioGeMME et le Parc Naturel Marin de Mayotte d'une part et le cabinet Biotope d'autre part, qui permettront d'étendre géographiquement l'étude vers les régions voisines (La Réunion, Mayotte)

## 4 - Pour la région Bretagne: adéquation du projet au regard du DIS de rattachement (et/ou du DIS secondaire).

Le Domaine d'Innovation Stratégique n°7 doit permettre de répondre à des questionnements actuels concernant des enjeux environnementaux d'importance de plus en plus marquée comme la conservation du bon état écologique des milieux naturels, notamment marins. GEN-IOMM se place dans ce contexte et utilise un proxy (l'étude d'une espèce sentinelle de la qualité du milieu) pour répondre à ces questionnements. Les résultats obtenus concerneront aussi bien des compréhensions fondamentales (de nature écologique et comportementale notamment) qu'appliquée à la conservation du milieu (impact de activités humaines particulièrement). Les objectifs de GEN-IOMM sont donc clairement en adéquation avec le DIS7.

Ce sont donc aussi les possibilités de l'utilisation profitable mais respectueuse du milieu marin par les activités humaines qui sont concernées par GEN-IOMM.

5 - Si « projet blanc » (hors DIS), préciser les raisons de ce choix :

Non

6 - Si lien avec projet ERC, préciser lequel :

Non

7 - Autres informations utiles (CPER, FEDER, concernant la politique régionale) :

Non

8 - Le cas échéant, précisez le lien du sujet avec les thèmes ISblue

Non

- la régulation du climat par l'océan
- les interactions entre la Terre et l'océan
- la durabilité des systèmes côtiers
- l'océan vivant et les services écosystémiques
- les systèmes d'observation à long terme

Le cas échéant (si financement ISblue demandé): en regard de la formation par la recherche du futur docteur, perspectives d'insertion professionnelle dans le milieu académique et non académique

9 - Contexte scientifique et partenarial : éléments généraux

Le laboratoire BioGeMME collabore avec plusieurs laboratoires nationaux et internationaux (notamment américains, russes, péruviens, ..) pour l'étude des mammifères marins (voir par exemple les cinq publications listées dans ce document dont J-L Jung est co-auteur). BioGeMME porte les volets « caractérisation génétiques » de projets en général pluridisciplinaires ce qui lui permet de participer à des études en différentes zones géographiques (Pacifique Nord, Océan Indien, Mauritanie, ....), et d'effectuer des comparaisons à grande échelle géographique (par exemple entre les différentes sous espèces de baleines à bosse)

Au niveau plus local, BioGeMME collabore depuis de nombreuses années avec Océanopolis, très impliqué dans le suivi des mammifères marins (plusieurs publications en commun, financement CIFRE de la Thèse d'E Alfonsi) et avec le Parc Naturel Marin d'Iroise (projet « Inpecmam » de la Région Bretagne par exemple)

10 - Si projet de co-tutelle, internationale, précisez le pays et l'établissement

Non

11 - Financements Région Bretagne acquis par le porteur au cours des 3 dernières années (titre, montant)



Non

12 - Si projet cofinancé, nom du cofinancier (sollicité et ou acquis)

*Co financement demande à l'UBO*

13 - Si cofinancement refusé, autres sources de cofinancement identifiées

Appel d'offre internationaux, notamment spécifiques du sud ouest de l'Océan Indien., ou cabinet d'expert Biotope

### **Le – la candidat.e**

Profil souhaité du candidat (compétences scientifiques et techniques requises) :

- Titulaire d'un master 2 de Biologie, ayant mis en oeuvre des approches d'écologie moléculaire pendant ses différentes expériences en laboratoire précédentes
- Une première expérience d'étude des mammifères marins serait un plus, mais n'est pas nécessaire
- De même, une expérience du travail sur le terrain serait un plus, sans être un prérequis obligatoire

### **Projet de thèse en cotutelle internationale**

**S'agit-il d'un projet de thèse en cotutelle internationale (oui/non) :**

non

**Si oui, préciser l'établissement pressenti (et le pays de rattachement) :**

**Ce projet de thèse fera-t-il l'objet d'un cofinancement international (oui/non) : non**

*(Rémunération du doctorant par l'établissement implanté sur le territoire régional (18 mois sur 36 mois), et l'établissement étranger, qui s'engage également à rémunérer le doctorant dans le cadre de son séjour à l'étranger, soit durant 18 mois -a minima-)*

**En cas de cofinancement international, préciser -si vous en avez connaissance- l'organisation du calendrier des périodes de séjour :**

### **Financement du projet de thèse**

**Part de l'enveloppe financière régionale affectée au projet :**

Financement Région 100 %

Financement Région 50 % (préconisé)

**En cas de financement à 50 %, le cofinancement est-il déjà identifié (oui/non) : non**

**Si oui, préciser la nature du cofinancement (ANR, partenaire privé, Ademe, etc.) :**



**Si le cofinancement n'est pas encore confirmé, date prévue de réponse du cofinancier : mai 2019**

**En cas de non-obtention du cofinancement demandé, une autre source de cofinancement est-elle identifiée (*oui/non*) : Oui (pivée (cabinet Biotope) ou autre (financements internationaux)**

## **Annexe : Domaines et sous-domaines d'innovation stratégique**

### **Domaines d'innovation stratégique**

- 1/ Innovations sociales et citoyennes pour une société ouverte et créative
- 2/ Chaîne alimentaire durable pour des aliments de qualité
- 3/ Activités maritimes pour une croissance bleue
- 4/ Technologies pour la société numérique
- 5/ Santé et bien-être pour une meilleure qualité de vie
- 6/ Technologies de pointe pour les applications industrielles
- 7/ Observation et ingénieries écologique et énergétique au service de l'environnement

### **Ventilation en sous-domaines**

#### **D1 – Innovations sociales et citoyennes pour une société ouverte et créative**

- 1A- Démarches d'innovation sociale et citoyenne
- 1B- E-éducation et e-learning
- 1C- Patrimoine et tourisme durable
- 1D- Industries créatives et culturelles
- 1E- Transitions et mutations des modèles économiques des filières et des entreprises

#### **D2- Chaîne alimentaire durable pour des aliments de qualité**

- 2A- Qualité et sécurité sanitaire des aliments
- 2B- Nouveaux modèles de production agricole
- 2C- Usine agro-alimentaire du futur

#### **D3- Activités maritimes pour une croissance bleue**

- 3A- Energies marines renouvelables
- 3B- Valorisation de la biomasse marine et biotechnologies (pour toutes les applications)
- 3C- Valorisation des ressources minières marines
- 3D- Nouveaux modèles d'exploitation des ressources vivantes aquatiques (pêche et aquacultures)
- 3E- Navire du futur
- 3F- Sécurité et sûreté maritime

#### **D4- Technologies pour la société numérique**

- 4A- Internet du futur : objets communicants, cloud computing et big data
- 4B- Images et contenus
- 4C- Conception logiciels
- 4D- Modélisation numérique
- 4E- Réseaux convergents, fixes mobile broadcast
- 4F- Cybersécurité

#### **D5- Santé et bien-être pour une meilleure qualité de vie**

- 5A- Prévention – santé – bien-être
- 5B- Nouvelles approches thérapeutiques alliant génétique, bio-marqueurs et biomolécules
- 5C- Technologies médicales, diagnostiques et thérapeutiques et e-santé

#### **D6- Technologies de pointe pour les applications industrielles**

- 6A- Photonique et matériaux pour l'optique
- 6B- Matériaux multi-fonctionnels
- 6C- Technologies en environnements sévères
- 6D- Electronique, robotique et cobotique pour l'ingénierie industrielle
- 6E- Systèmes de production avancés de petites et moyennes séries (usine du futur)

#### **D7- Observation et Ingénieries écologique et énergétique au service de l'environnement**

- 7A- Observation, surveillance et gestion de l'environnement et des éco-systèmes et de leurs inter-actions
- 7B- Réseaux énergétiques intelligents
- 7C- Système constructif performant et durable (éco-construction et éco-rénovation, TIC et bâtiment)
- 7D- Véhicules et mobilités serviciels durables
- 7E- Eco-procédés, éco-produits et matériaux bio-sourcés.