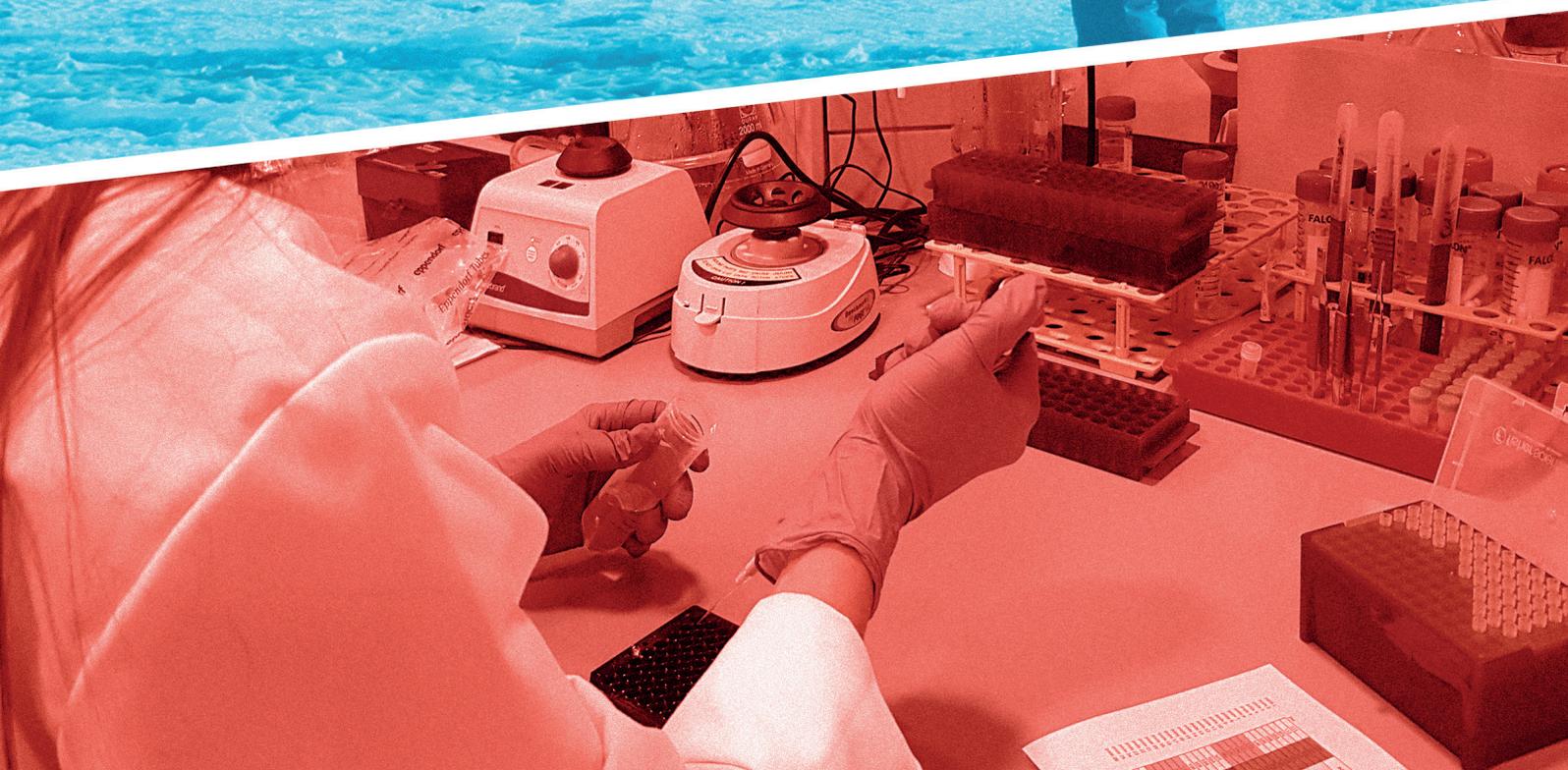


# CENTRE SCIENTIFIQUE DE MONACO





Créé en 1960 par le Prince Rainier III, le Centre Scientifique de Monaco est aujourd'hui une agence de recherche scientifique de renommée mondiale. Sous la conduite de son Président, le Directeur scientifique du centre veille à préserver l'excellence pluridisciplinaire au service de la Biologie, de la gestion de l'Environnement et de la Santé.

Historiquement reconnu pour la qualité de ses travaux en biologie marine, le Centre Scientifique de Monaco a concentré ses premières années de recherche sur l'écosystème corallien et la physiologie des coraux, excellents indicateurs de l'état de santé des océans.

Le département de Biologie Marine est aujourd'hui composé de deux équipes de biologie et d'une équipe d'économie de l'environnement permettant d'étudier les récifs coralliens du gène aux socio-écosystèmes. L'équipe de Physiologie et Biochimie corallienne étudie principalement la biominéralisation chez les coraux, processus qui conduit à la formation de leur squelette, alors que l'équipe d'Écophysiologie et d'Écologie s'intéresse surtout aux relations symbiotiques qui existent entre les coraux et les micro-organismes associés (dinoflagellés, bactéries, virus) qui forment un holobionte, ainsi que la réponse physiologique/métabolique de ces holobiontes aux perturbations environnementales.

Sous l'impulsion de S.A.S. le Prince Albert II, deux nouveaux départements sont venus enrichir le centre : un département de recherche en Biologie Polaire en 2010 et un département spécialisé en Biologie Médicale en 2013.

Le département de Biologie Polaire étudie le comportement, la physiologie et les capacités d'évolution de certaines espèces de manchots du Pôle Sud face aux changements environnementaux. À l'image des récifs coralliens, la banquise est également un excellent indicateur de l'état de la planète et de l'impact environnemental sur celle-ci.

Le département de Biologie Médicale développe une recherche à la fois fondamentale et appliquée pour un partage rapide des données à la pratique clinique en Principauté : recherche contre le cancer, contre les myopathies et étude des écosystèmes digestifs. D'autres axes sont intégrés à des programmes internationaux comme Monacord, un projet d'Eurocord, avec l'Observatoire International de la Drépanocytose, qui étudie le devenir des patients atteints par cette maladie. Ce département intègre également un Pôle Santé Humaine qui comprend une agence de financement de la recherche clinique en Principauté ainsi qu'un « think tank » essentiellement axé sur l'étude des conséquences pour la santé humaine des changements environnementaux et le lien Santé humaine / Santé de l'Océan dans un contexte *One Health*.

Le CSM est administré au quotidien par un Secrétaire Général et est épaulé par ses services supports, composés de professionnels qui mettent leurs connaissances et leur expertise au service des objectifs généraux du Centre en mobilisant leurs compétences et leurs talents. Les services regroupent en effet différents pôles qui sont indispensables à la réussite du Centre : la gestion administrative et financière, la gestion des ressources humaines, la gestion de la qualité, de l'hygiène et de la sécurité, les systèmes d'information, et les services techniques. Leur mission est d'assurer la continuité et le bon fonctionnement du Centre Scientifique, de gérer et d'accompagner les équipes opérationnelles dans leurs missions. Ils représentent environ 20% de l'effectif total du personnel. Ces fonctions stratégiques permettent au Centre de gagner en efficacité et participent à sa performance.

## SOMMAIRE

---

### Département de Biologie Marine

- 2** Équipe de Physiologie et Biochimie
- 3** Équipe d'Écophysiologie et Écologie
- 4** Unité de Recherche sur la Biologie des Coraux Précieux CSM – Chanel
- 5** Économie Environnementale

### Département de Biologie Polaire

- 6** Équipe Observatoires du Vivant

### Département de Biologie Médicale

- 7** Équipe Cellules Souches et Tumeurs du Cerveau
- 8** Équipe Écosystèmes et Immunité
- 9** Équipe Biothérapies Appliquées aux Handicaps Neuromusculaires
- 10** Monacord
- 11** Pôle Santé Humaine

### Services supports

- 12** Plateforme de Biologie Moléculaire
- 13** Secrétariat général et services supports
- 14** Association des Amis du CSM



# ÉQUIPE PHYSIOLOGIE ET BIOCHIMIE CORALLIENNE



## Effectifs en 2024

- 1 Directeur de Recherche
- 4 Chargés de Recherche
- 1 Chercheur Postdoctoral
- 1 Ingénieur
- 2 Doctorants
- 2 Techniciens Supérieurs
- 2 Techniciens à mi-temps

## Thématique de recherche

La thématique principale de l'équipe de Physiologie/Biochimie corallienne est l'étude de la biominéralisation chez les coraux, processus qui conduit à la formation de leur squelette.

Nos recherches visent à répondre à trois questions majeures :

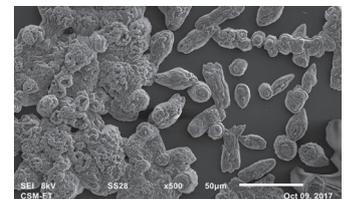
- Une question physiologique : quels sont les mécanismes mis en jeu dans le contrôle de la biominéralisation ?
- Une question évolutive : la biominéralisation résulte-t-elle du développement d'outils spécifiques et /ou de l'utilisation de fonctions ancestrales communes ?
- Une question environnementale : comment et pourquoi les coraux répondent aux changements globaux, dont l'acidification des océans, et pourquoi certaines espèces sont plus résistantes que d'autres ?

## Modèles d'étude

Nos modèles principaux d'étude sont le corail tropical constructeur de récifs *Stylophora pistillata* et le corail rouge de Méditerranée, *Corallium rubrum*, sur lesquels nous avons acquis des données depuis plus de 30 ans. Ces coraux appartiennent respectivement à la sous-classe des Hexacoralliaires et à celle des Octocoralliaires, deux classes qui ont divergé au cours de l'évolution avant l'apparition de la biominéralisation. Parmi les Hexacoralliaires, nous élargissons nos modèles d'études à d'autres coraux symbiotiques (*Acropora sp.*, *Pocillopora sp.*) et non symbiotiques (*Tubastrea sp.*). Nos études comparatives vont de l'échelle de l'organisme jusqu'au gène, en passant par les tissus, les cellules et les molécules.



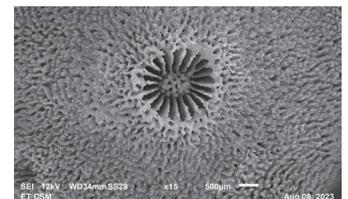
Un polype de *Stylophora pistillata blanchi*



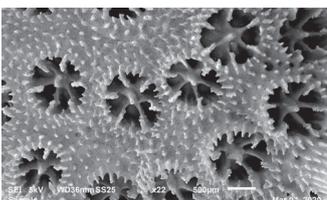
Cristaux d'aragonite déposés par *Stylophora pistillata* sur lame de verre



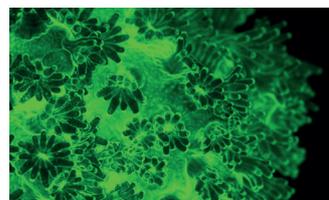
Polypes de *Turbinaria reniformis*



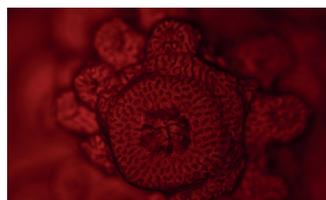
Calice de *Turbinaria reniformis* observé au MEB



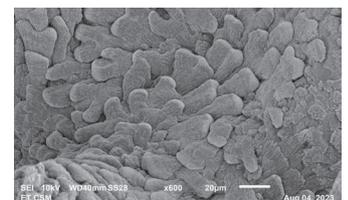
Squelette de *Stylophora subseratia* (observation au MEB)



*Pocillopora damicornis* observé en lumière bleue (fluorescence naturelle)



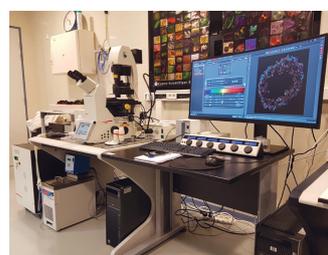
*Acropora sp.* observé en lumière bleue (fluorescence rouge des zooxanthelles)



Détail du squelette d'*Acropora sp.* observé au MEB



Microélectrodes *in vivo*



Microscope confocal

## Techniques utilisées

La plupart de nos expériences sont réalisées en laboratoire en conditions contrôlées et les techniques mises en œuvre sont nombreuses et complémentaires :

- Physiologie : cinétique isotopique, pharmacologie, microélectrodes *in vivo*.
- Microscopie optique et électronique pour études ultrastructurales.
- Imagerie cellulaire *in vivo* dont microscopie confocale.
- Biochimie, biologie moléculaire, bioinformatique et génomique.

## Nos collaborations

En plus de la collaboration avec les autres équipes du CSM, nous travaillons étroitement avec des équipes internationales (France, Italie, Allemagne, Royaume Uni, Arabie Saoudite, USA...).





# ÉQUIPE ÉCOPHYSIOLOGIE ET ÉCOLOGIE CORALLIENNE

BIOLOGIE MARINE



## Effectifs en 2024

- 1 Directeur de Recherche
- 4 Chargés de Recherche
- 1 Chercheur Postdoctoral
- 1 Ingénieur
- 2 Doctorants
- 2 Techniciens Supérieurs
- 2 Techniciens à mi-temps

L'équipe d'Écophysiologie et Écologie corallienne se concentre sur l'étude approfondie des interactions entre les coraux, les micro-organismes associés et leur environnement. Les recherches de l'équipe se divisent en quatre principaux domaines :

1. **Résilience des coraux face aux changements environnementaux** : identifier les facteurs qui permettent aux coraux de résister aux effets du changement climatique et de la pollution, y compris la pollution plastique et agricole. Cette recherche est cruciale pour développer des stratégies de conservation et de restauration des récifs coralliens.

2. **Acquisition et échange de nutriments au sein de l'holobionte corallien** : comprendre comment les coraux et leurs micro-organismes associés (bactéries, dinoflagellés, virus, champignons, etc...) échangent et acquièrent des nutriments. Cette étude est essentielle pour déchiffrer les mécanismes symbiotiques qui soutiennent la santé et la croissance des coraux. Ce domaine est complexe car les coraux peuvent utiliser aussi bien des nutriments inorganiques (azote et phosphore dissous dans l'eau, mais également métaux), que des nutriments organiques dissous ou particulaires (plancton).

3. **Diversité des micro-organismes associés aux coraux** : explorer la diversité et le rôle des micro-organismes vivant en symbiose avec les coraux, qui jouent souvent un rôle clé dans la santé, la résilience et la fonction écologique des coraux.

4. **Utilisation de marqueurs pour étudier le climat passé et prédire le climat futur** : utiliser des indicateurs tels que les isotopes stables et les éléments traces pour reconstituer les conditions climatiques passées et prévoir les tendances climatiques futures. Ces analyses permettent de mieux comprendre l'impact des variations climatiques sur les écosystèmes coralliens à long terme.

Pour mener à bien ses axes de recherche, l'équipe utilise trois modèles de coraux différents :

### 1. Les coraux tropicaux

Ces coraux nécessitent des températures stables et relativement élevées, autour de 25°C, et une forte luminosité, en raison de leur symbiose avec des algues photosynthétiques.

### 2. Les coraux tempérés

Adaptés aux fortes variations saisonnières de température et de lumière, ces coraux démontrent une grande résilience face aux fluctuations environnementales.

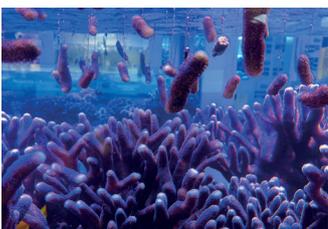
### 3. Les coraux d'eau froide

Habitant les profondeurs océaniques, ces coraux vivent dans l'obscurité à des températures très basses, variant entre 8°C et 12°C.



Gorgone *Paramuricea clavata*

L'utilisation de ces différents modèles permet à l'équipe d'étudier une gamme variée de conditions environnementales et de mieux comprendre les mécanismes d'adaptation et de résilience des coraux aux changements environnementaux.



Corail *Stylophora pistillata*



Corail mou *Xenia* sp.



Corail profond *Dendrophyllia ramea*



Corail méditerranéen *Cladocora caespitosa*



Salle de culture

Nous réalisons des expériences à la fois sur le terrain, en conditions naturelles, et en laboratoire, en conditions contrôlées. Pour cela, nous utilisons diverses techniques, notamment :

- **Isotopes et éléments traces** : pour tracer les flux de nutriments, étudier les processus biogéochimiques et retracer le climat passé dans les squelettes des coraux.
- **PAM fluorimétrie** : pour mesurer l'efficacité photosynthétique des algues symbiotiques.
- **Analyses biochimiques et enzymatiques** : pour évaluer les réponses physiologiques des coraux et leurs interactions avec l'environnement.
- **Techniques de microbiologie et de biologie moléculaire couplées à la bioinformatique** : pour étudier les communautés microbiennes associées aux coraux et comprendre leur rôle dans la santé et la résilience des récifs.



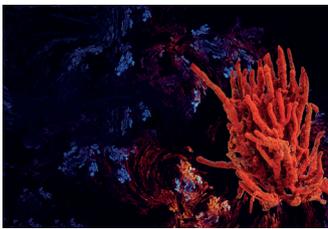
PAM (Pulse Amplitude Modulation) fluorimétrie

## Nos collaborations

En plus de la collaboration avec les autres équipes du CSM, nous travaillons en étroite collaboration avec des équipes régionales et nationales (Agence Internationale pour l'Énergie Atomique, Institut de la Mer de Villefranche, Observatoire Océanologique de Banyuls, CEA Paris-Saclay...) et des Équipes internationales (Italie, Espagne, Danemark, Royaume-Uni, Israël, Arabie Saoudite, Australie, États-Unis, Brésil...).

Ces collaborations renforcent notre capacité à mener des recherches de pointe et à développer des solutions innovantes pour la conservation des récifs coralliens.





# UNITÉ DE RECHERCHE SUR LA BIOLOGIE DES CORAUX PRÉCIEUX CSM – CHANEL

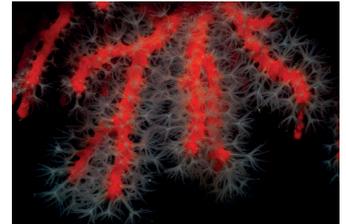


## Effectifs en 2024

- 2 Chargés de Recherche
- 2 Ingénieurs
- 2 Doctorants

Le Centre Scientifique de Monaco et la Maison CHANEL ont signé en septembre 2019 une convention de partenariat portant sur la création de l'Unité de Recherche sur la Biologie des Coraux Précieux. Cette unité de recherche est placée à l'interface entre les équipes de Physiologie et Biochimie corallienne et d'Écophysiologie et Écologie corallienne. Son objectif est de développer des recherches fondamentales afin d'acquérir des connaissances de base sur la biologie du corail rouge, pour proposer des solutions innovantes pour sa conservation et optimiser son utilisation en joaillerie.

Le corail rouge de Méditerranée est une matière emblématique de la joaillerie et est utilisé dans ce domaine depuis l'Antiquité. Sa couleur rouge, si caractéristique, le distingue des coraux tropicaux de couleur blanche et contribue à sa préciosité et la fascination qu'il exerce. Longtemps exploité et caractérisé par une croissance très lente, le corail rouge est aujourd'hui un trésor naturel méditerranéen qu'il faut protéger.



Initié en 2019 pour une durée de 6 ans, ce programme scientifique s'articule autour de trois axes de recherche fondamentale :

• **L'étude de la croissance et du contrôle de la calcification** : comment les gènes « contrôlent » la forme des squelettes ?  
Quel est le rôle des facteurs externes / internes dans le contrôle de la croissance du corail ?

• **L'étude du contrôle de la couleur des structures squelettiques** : quelle est l'origine des caroténoïdes qui confèrent au corail la couleur rouge qui lui donne sa valeur ?

• **L'étude des microorganismes associés** (microbiote) : comme tous les organismes vivants, le corail rouge héberge de très nombreux organismes comme des bactéries, des champignons, des protozoaires et des virus. Ce microbiote joue des rôles clés dans la physiologie de leur hôte : quels sont les micro-organismes qui vivent en symbiose avec le corail ? Comment sont-ils acquis ? Quels sont leurs rôles dans la couleur, la résistance au stress et la nutrition ? Quels sont les impacts du réchauffement climatique sur ce microbiote ?



En plus des trois axes de recherche fondamentale, le programme comprend aussi un axe de recherche appliquée à la coralliculture. Pour cela, des grottes à corail artificielles de 1m<sup>3</sup> ont été placées au large de Monaco et permettent d'étudier les facteurs qui contrôlent la reproduction du corail rouge. Quel sex-ratio (mâles/femelles) produit le plus de larves et pour quelle densité d'adultes ? Quel est le substrat qui permet la meilleure fixation des larves ? Quelle quantité de nourriture permet de maximiser la reproduction ?

Ces travaux voient le développement d'applications dans le domaine de la culture *in vitro* et *in situ* du corail rouge, ainsi que des avancées dans le domaine des biotechnologies. Afin d'assurer la sensibilisation du public sur l'avenir du corail rouge et l'importance de la recherche, l'Unité de Recherche sur la Biologie des Coraux Précieux met également en place différents moyens de communication tels que des articles, films, conférences, livres et expositions.





# ÉCONOMIE ENVIRONNEMENTALE

BIOLOGIE MARINE



## Effectifs en 2024

- 1 Chargée de Recherche
- 1 Chercheur postdoctoral



Les recherches de la thématique Économie environnementale sont axées sur trois thèmes :

### Impacts socio-économiques du changement climatique et de l'acidification des océans

La thématique d'économie environnementale du CSM étudie les impacts socio-économiques engendrés par les émissions de CO<sub>2</sub>, dus au changement climatique ou à l'acidification des océans. Cela se reflète aussi dans la série de Workshops multidisciplinaires "Bridging the gap between ocean acidification impacts and economic valuation" organisées conjointement par le CSM et l'AIEA sous la houlette du Dr Nathalie Hilmi.

Le Dr Hilmi a été auteur principal de deux rapports du GIEC du 6<sup>e</sup> cycle d'évaluation : rapport spécial sur l'océan et la cryosphère dans un climat en évolution et le 6<sup>ème</sup> rapport d'évaluation dans le 2<sup>ème</sup> groupe de travail sur l'impact, l'adaptation et la vulnérabilité.

Pour faire le lien entre la conservation de la nature et la finance durable, cette thématique étudie les écosystèmes de carbone bleu.

### Évaluation et valorisation des récifs coralliens

En milieu tropical, une attention particulière a été apportée pour étudier les méthodes d'évaluation des services systémiques des récifs coralliens. Une collaboration avec des experts en Sciences humaines a permis de prendre en compte tant les aspects économiques que sociaux et culturels dans une approche écosystémique. Plusieurs objectifs de développement durable des Nations Unies (ODD) sont concernés par la bonne santé des récifs coralliens (sécurité alimentaire, lutte contre la pauvreté, santé humaine...). De plus, les aspects de gouvernance sont cruciaux quand nous parlons de la gestion du capital naturel et de la conservation des ressources de l'environnement. En effet, les acteurs engagés dans le processus de protection ou de résilience sont multiples. La décision est prise à différents niveaux allant du local au global par une multitude d'acteurs. La communication est primordiale pour que les recherches atteignent tous les échelons de la prise de décision.



### Politiques économiques et développement durable

Quand on parle de politiques environnementales, la notion de développement durable est incontournable car elle reprend les trois piliers: économique, social et environnemental. Les politiques environnementales sont une composante des politiques économiques plus larges et, si on ne comprend pas le contexte macroéconomique et social dans lequel se trouvent les pays, il est impossible de faire des recommandations politiques adéquates pour un changement de paradigme : passage à une économie régénérative positive pour la nature. Dans un monde marqué par des fragilités et des instabilités locales et globales de tout ordre (politiques, sociales, économiques et financières), une catastrophe environnementale peut avoir des effets particulièrement dévastateurs sur le plan économique et humain. Par une approche macroéconomique, la thématique d'Économie environnementale peut appréhender les grands enjeux globaux et leur donner la dimension politique et internationale nécessaire pour les rendre lisibles par les décideurs politiques.





# ÉQUIPE OBSERVATOIRES DU VIVANT

BIOLOGIE POLAIRE



## Effectifs en 2024

- 1 Directeur de Recherche
- 1 Ingénieur de Recherche
- 1 Doctorant

L'objectif des recherches du département de Biologie Polaire est de comprendre l'évolution des écosystèmes polaires, régions les plus vulnérables de notre planète et touchées de plein fouet par le changement climatique. Nous nous intéressons aux oiseaux marins et notamment aux manchots, car ils sont de précieux bio-indicateurs de l'état de santé de leurs écosystèmes et ainsi de notre planète.

## Principales espèces étudiées

Nos études portent sur 3 espèces de manchots (manchots royaux, Adélie, empereurs) et sont localisées sur deux sites du continent Antarctique (Terre Adélie et Terre de la Reine Maud), ainsi que deux archipels subantarctiques (Crozet et Kerguelen).



Robot et système de détection de puce électronique sont déployés au sein de colonies de manchots



Installation d'une antenne de détection (Terre de la Reine Maud)



Manchot royal



Manchot Adélie



Manchot empereur

## Axes de recherche

Nous nous intéressons aux capacités d'adaptation des manchots face aux changements de leur environnement à travers :

1. L'étude des réponses individuelles aux conditions environnementales
2. La projection des dynamiques des populations en fonction des scénarios prévisionnels des changements climatiques
3. Le développement des méthodologies d'observation non-intrusives en milieu naturel
4. L'élaboration d'outils utiles à la mise en œuvre de stratégies de préservation de la biodiversité au côté d'organisations internationales (Traité sur l'Antarctique, CCAMLR)

## Observatoires du vivant

En partenariat avec le CNRS et les programmes des Instituts Polaires français (IPEV) et allemand (AWI), notre département met en place des suivis à long terme de populations de manchots non perturbés. L'implantation de puces électroniques (0,8 g) sous la peau des manchots et le déploiement d'antennes de détection sur les chemins d'accès aux colonies de reproduction permettent un suivi détaillé et non-intrusif de ces oiseaux tout au long de leur vie.

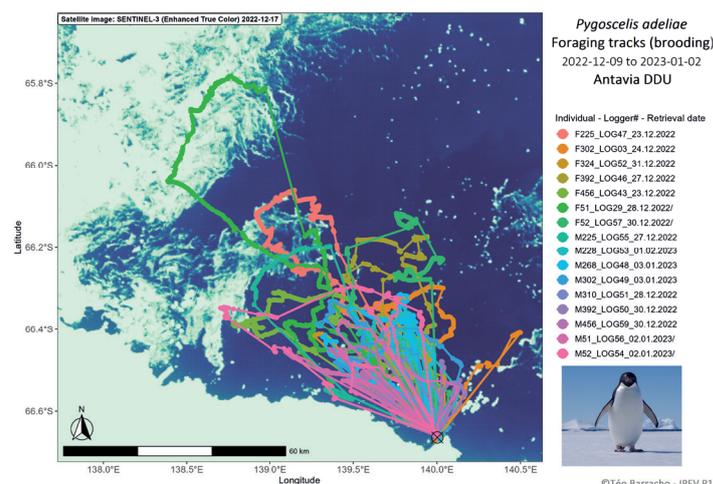
Le marquage de plus de 30 000 manchots depuis 1998 et leur suivi en continu ont permis de constituer une base de données unique au monde. En collaboration avec de multiples équipes internationales (Allemagne, Finlande, Italie, Canada), ces données nous permettent de mesurer l'impact des changements climatiques sur les écosystèmes polaires et ainsi de définir des zones qu'il serait crucial de préserver sous la forme d'Aires Marines Protégées.

## Innovations technologiques

Nous utilisons et développons de nombreuses technologies innovantes pour minimiser l'impact de nos observations sur les espèces étudiées, telles que des systèmes d'identification et de pesées automatiques ou des caméras enregistrant les mouvements et activités des individus dans la colonie. Grâce à des robots qui s'introduisent au sein de la colonie, ou des capteurs embarqués miniaturisés (GPS, Argos, capteurs de température et pression, accéléromètres) qui permettent de suivre les manchots pendant leurs déplacements en mer, nous avons rendu accessibles des informations jusqu'alors insoupçonnées. Pour gérer et analyser l'énorme quantité de données, nous utilisons des techniques d'intelligence artificielle et de "machine-learning".

## Nos collaborations

Nous travaillons étroitement avec des équipes internationales : Allemagne, USA, Italie, Finlande, Canada





# ÉQUIPE CELLULES SOUCHES ET TUMEURS DU CERVEAU

BIOLOGIE MEDICALE



## Effectifs en 2024

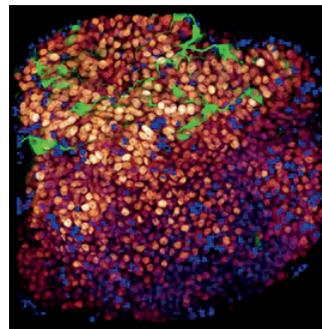
- 3 Chargés de Recherches
- 1 Ingénieur
- 2 Techniciens Supérieurs
- 2 Doctorants

Notre équipe s'intéresse aux tumeurs du cerveau de haut grade. Ces tumeurs sont composées en grande partie de cellules comparables à des cellules embryonnaires du système nerveux. Cette caractéristique est particulièrement notable dans les cancers pédiatriques qui semblent être causés par la persistance anormale de cellules embryonnaires prolifératives. Cette identité embryonnaire/souche des cellules influence profondément leur métabolisme, et notamment la manière dont elles utilisent le fer intracellulaire, ainsi que leur sensibilité aux traitements classiques tels que la radiothérapie. Cependant, aucun traitement actuel ne prend en compte ces particularités et notre objectif est de mieux les comprendre pour déceler de nouvelles vulnérabilités des cellules cancéreuses.

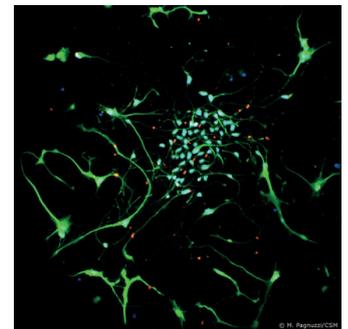
## Approches précliniques : repositionnement de molécules et sensibilisation à la radiothérapie.

Les cancers pédiatriques du cerveau sont, à ce jour, systématiquement traités avec des méthodes mises au point contre les cancers adultes adaptées aux enfants, notamment en terme de doses. Nos travaux dans ce domaine ont donné lieu à un essai clinique appelé MEPENDAX, au cours duquel 36 enfants atteints de cancers du cerveau en rechute recevront une thérapie ciblée actuellement validée uniquement chez les adultes. Les premiers résultats de cette étude en conditions réelles sont très prometteurs et justifient pleinement de continuer à évaluer cette nouvelle piste thérapeutique.

Nous avons par ailleurs montré que des techniques de sensibilisation des tumeurs à la radiothérapie ainsi que l'utilisation de techniques de radiothérapie interne vectorisée pourraient être efficaces pour traiter les cancers pédiatriques du cerveau. Ces études, réalisées notamment en partenariat avec le Centre Hospitalier Princesse Grace de Monaco, pourraient elles aussi déboucher sur une amélioration de la prise en charge des cancers pédiatriques.



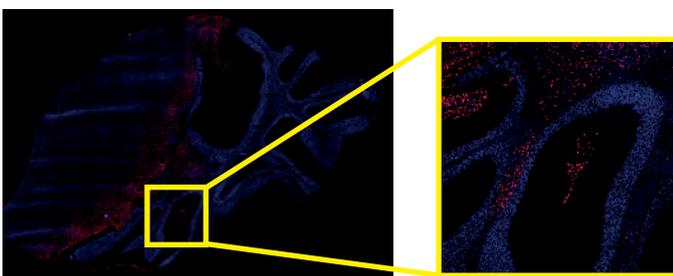
Tumeur embryonnaire générée *in vitro* (cellules embryonnaires en orange et neurones en vert)



Neurones (verts) et cellules cancéreuses (bleues) cultivés *in vitro*

## Recherche fondamentale : mieux comprendre les cancers pour découvrir de nouveaux traitements.

Notre équipe développe des modèles d'étude qui reproduisent fidèlement les mécanismes d'induction tumorale au cours du développement embryonnaire. Nous nous intéressons à la manière dont des tumeurs se forment par blocage de cellules embryonnaires/souches dans un état prolifératif. Ces modèles d'étude incluent notamment l'induction de tumeurs dans des embryons d'anémones de mer ou encore dans des organoïdes cérébraux, véritables mini-cerveaux fabriqués *in vitro*. L'exploitation de ces modèles nous permet de travailler à la mise au point de traitements spécifiques de ces cancers très particuliers. Nous mettons notamment en œuvre des méthodes qui permettent d'influencer les propriétés métaboliques des cellules cancéreuses pour les rendre plus sensibles aux traitements classiques, en particulier la radiothérapie.



Tumeur embryonnaire invasive: les cellules tumorales (rouges) envahissent le tissu normal adjacent à la tumeur (bleu)

## Nos collaborations :

En plus de la collaboration avec les autres équipes du CSM, nous travaillons avec :

- Le Centre Hospitalier Princesse Grace (Monaco) et plusieurs hôpitaux français (Nice, Marseille, Grenoble)
- D'autres équipes de recherche (Nice, Grenoble, Uppsala...)
- Des consortiums et réseaux thématiques internationaux (PETRA Network, Reac4Kids, SUNRISE...)





# ÉQUIPE ÉCOSYSTÈMES ET IMMUNITÉ

BIOLOGIE MEDICALE



## Effectifs en 2024

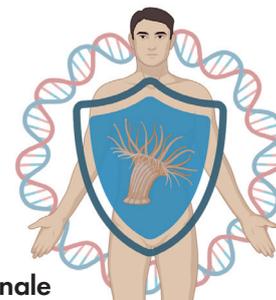
- 1 Directeur de Recherche
- 1 Chargé de Recherche
- 1 Ingénieur
- 1 Doctorant

Le développement de résistances contre les antibiotiques constitue un réel problème en santé publique et incite les recherches de nouvelles stratégies pour combattre les infections bactériennes.

Par ailleurs, les changements climatiques provoquent le réchauffement des océans, ce qui entraîne non seulement leur détérioration mais également l'émergence de nouvelles bactéries pathogènes pour l'homme et /ou pour les animaux marins.

## Thématique de recherche

L'immunité innée, la première ligne de défense dans le tube digestif, joue un rôle primordial dans la reconnaissance des pathogènes. Dans l'équipe, nous travaillons sur les réponses immunitaires induites par l'infection dans des modèles de cellules myéloïdes humaines et de souris. Des études comparatives sur les réponses à l'infection d'un invertébré marin, l'anémone de mer *Exaiptasia pallida* (*E. pallida*), nous permettent de faire des parallèles avec l'humain et découvrir de nouveaux mécanismes de défense. L'hypothèse étant que certains aspects de l'immunité sont conservés entre l'Homme et les cnidaires.

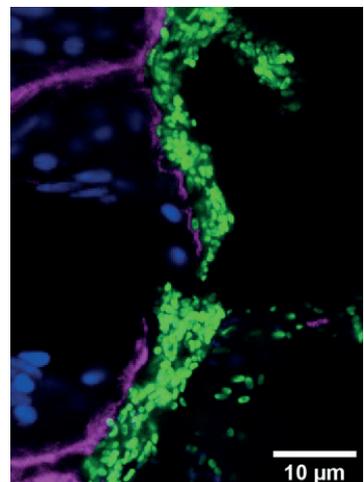


*Exaiptasia pallida* CC7  
Symbiotique

## Réponse immunitaire chez le vertébré : rôle de la microflore intestinale

Le concept d'une mémoire immunitaire innée « entraînée » est paru récemment et il stipule qu'une première exposition à un organisme non-pathogène peut amplifier des réponses pro-inflammatoires de type « protectrice » lors d'une seconde exposition à un pathogène. C'est dans ce contexte qu'un des axes de recherche de notre équipe s'intéresse à l'effet de la levure probiotique médicament *Saccharomyces boulardii* CNCM I-745 (*S. boulardii*) sur la réponse immunitaire innée entraînée dans les infections du tractus digestif.

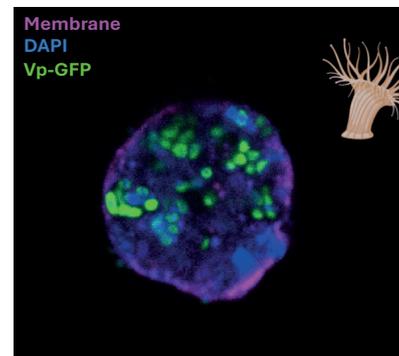
La microflore gastro-intestinale ou « microbiote » est un écosystème extrêmement complexe qui coexiste en équilibre avec l'hôte et joue un rôle vital dans le bon fonctionnement du système immunitaire inné digestif. Le rôle du microbiote en tant qu'immunomodulateur dans différents cancers est une voie prometteuse pour améliorer la survie des patients. C'est dans ce cadre-là que nous avons mené une étude en collaboration avec l'université MBRU à Dubaï sur l'effet du microbiote sur la réponse immunitaire lors des traitements par chimiothérapie chez des patientes atteintes du cancer du sein.



Colocalisation entre le mucus et Vp-GFP à la surface de *E. pallida*

## Réponse immunitaire chez un modèle invertébré : effet du réchauffement climatique

Le réchauffement climatique, et par conséquence la hausse de la température des eaux de surface de la mer, a pour effet : d'une part, une propagation plus importante d'espèces bactériennes pathogènes pour l'Homme et les organismes marins, et d'autre part, affecte l'hôte des similitudes de réponse immunitaire conservée entre l'anémone et l'Homme. Par une approche en cytométrie spectrale nous avons identifié dans *E. pallida* infectées par *Vibrio parahaemolyticus* (Vp) des cellules "amebocytes-like", qui phagocytent les bactéries et qui, de plus, présentent un spectre similaire aux cellules monocytaires humaines. Par ailleurs, nous avons identifié de nouvelles voies impliquant les NLRs dans la réponse de *E. pallida* à l'infection par Vp. Dans le cadre de ces travaux, l'équipe participe à un projet de recherche dont le but est d'identifier des cibles pharmacologiques inspirées par les mollusques et les cnidaires pour le traitement de maladies inflammatoires.

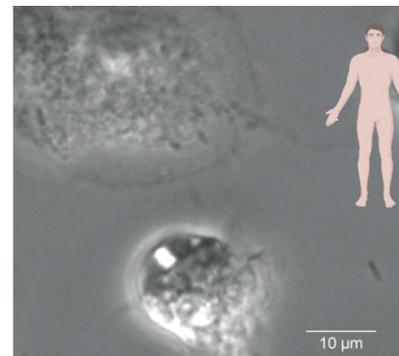


Cellules phagocytaires "amebocyte-like" isolées de *E. pallida* infectées

Nos études ont pour but une meilleure compréhension de la relation hôtes/pathogènes, qui permettra de définir de nouvelles stratégies pour combattre les infections chez l'homme. Ces travaux devraient également permettre de mieux comprendre les réponses de l'anémone de mer vis à vis des pathogènes humains provenant de la mer et d'appréhender certaines pathologies coralliennes. Les résultats de ces études auraient donc une conséquence dans le domaine environnemental, mais aussi dans celles des pathologies humaines liées aux infections.

## Nos collaborations :

- Animation du LIA-ROPSE (Laboratoire International Associé - Réponses des Organismes et Populations face au Stress Environnemental)
- Collaborations régionales : équipe de L. Boyer C3M, plateforme bio-informatique d'O. Croce IRCAN Université Côte d'Azur
- Collaborations internationales : MBRU Dubaï



Monocyte humain qui phagocyte des bactéries pathogènes





# ÉQUIPE BIOTHÉRAPIES APPLIQUÉES AUX HANDICAPS NEUROMUSCULAIRES

BIOLOGIE MEDICALE



## Effectifs en 2024

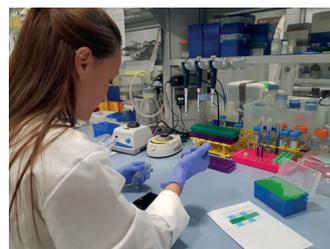
- 1 Directeur de Recherche
- 1 Ingénieur

Depuis 2013, la création du laboratoire international associé (LIA) Biothérapies Appliquées aux Handicaps Neuromusculaires (BAHN) entre le Centre Scientifique de Monaco (CSM) et l'Université de Versailles Saint-Quentin a permis le développement et la validation de différentes stratégies thérapeutiques fondées sur le transfert de gène et/ou la modulation de l'épissage des ARN messagers (ARNm) dans le cadre de maladies génétiques affectant le système neuromusculaire.

## Des biothérapies innovantes pour la Dystrophie musculaire de Duchenne (DMD)

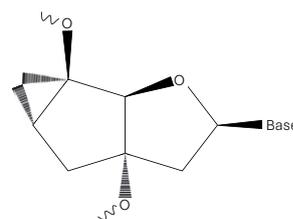
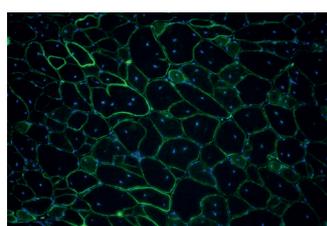
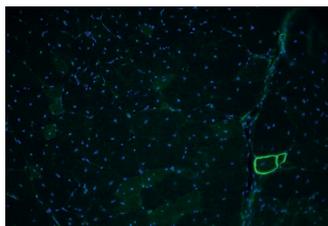
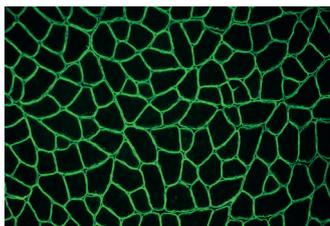
La DMD est la plus emblématique des maladies neuromusculaires d'origine génétique. Elle est en effet causée par des mutations affectant le gène DMD codant pour la Dystrophine, une protéine indispensable au maintien de la structure et de la fonction des fibres musculaires. Cette myopathie particulièrement sévère et très invalidante ne bénéficie actuellement d'aucun traitement satisfaisant.

Face à ce vide curatif, et grâce au soutien financier de l'Association Monégasque contre les Myopathies (AMM), différentes stratégies thérapeutiques innovantes ont été investiguées par le LIA-BAHN ces dernières années afin de restaurer l'expression de la protéine Dystrophine et d'ainsi limiter la détérioration musculaire. Parmi elles, la modulation de l'épissage des ARNm par saut d'exon.



## Tricyclo-DNA (tcDNA), une nouvelle génération d'analogues nucléotidiques synthétiques pour les approches de modulation d'épissage

Face à 2 différentes chimies d'ASO (oligonucléotides antisens) déjà approuvées en clinique par la FDA, les tcDNA ont rapidement montré leur supériorité pour la réexpression de la Dystrophine par saut d'exon dans différents modèles murins de la DMD. Avec pour objectif la clinique, le LIA-BAHN n'a ensuite cessé de renforcer l'efficacité des tcDNA par l'ajout de nouvelles modifications chimiques et/ou conjugaison, tout en veillant à limiter les risques de toxicité.



Visualisation de l'expression de la protéine Dystrophine par immunofluorescence sur des coupes transversales de tissu musculaire (triceps) de souris saine (gauche), malade DMD (milieu) et malade DMD après 8 semaines de traitement tcDNA (droite)

Structure chimique du tcDNA

## « Bench to bedside » \*

L'ensemble de ces travaux ont permis de sélectionner un tcDNA candidat-médicament nommé SQY51, qui est évalué depuis juin 2023 dans l'étude AVANCE1 menée par SQY Therapeutics. Cette étude de phase 1/2a inclut 12 patients pédiatriques et adultes et vise à évaluer l'innocuité, la pharmacocinétique et la pharmacodynamique de SQY51.

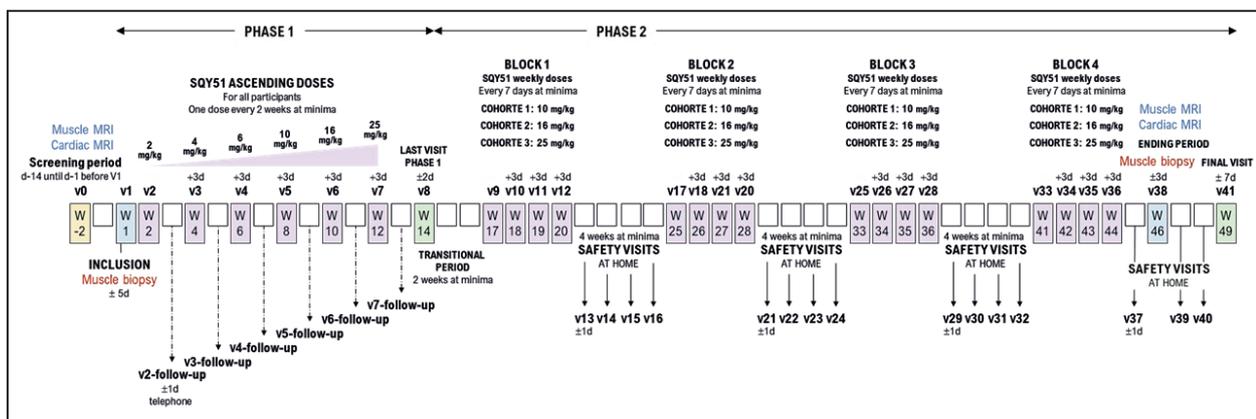


Schéma expérimental de l'étude clinique de phase 1/2a AVANCE 1

## Optimiser l'efficacité des tcDNA par des stratégies combinées

Si de nouvelles modifications chimiques et/ou conjugaisons permettront sans aucun doute d'encore améliorer l'efficacité des tcDNA, la technologie ASO en général se heurte malgré tout à certains points limitants qu'il faudra nécessairement résoudre pour atteindre le potentiel maximal de cette approche dans un cadre thérapeutique. C'est pourquoi, en parallèle de la validation de nouveaux designs de tcDNA, le LIA-BAHN travaille actuellement à la levée de 4 différents freins par des approches combinant l'utilisation des tcDNA à celles de molécules thérapeutiques ayant déjà été validées comme levier positif de ces voies.

\* De la paillasse au chevet des malades





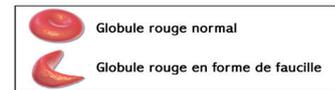
### Effectifs en 2024

- 1 Directeur de Recherche
- 2 Chargées de Recherche

Grâce au soutien de SAS le Prince Albert II et en partenariat avec le Gouvernement Princier, l'association Monacord a bénéficié, en 2012, d'une Convention entre le Centre Scientifique de Monaco et Eurocord-Paris aux fins de permettre la mise en place du groupe MONACORD « Observatoire International sur la Drépanocytose ».

La Drépanocytose est une maladie héréditaire sévère de l'hémoglobine atteignant, principalement, les personnes originaires des régions d'Afrique subsaharienne. Bien au-delà de ses origines géographiques et en raison de la migration mondiale de la population, la Drépanocytose atteint, désormais, de nombreux pays.

Les patients drépanocytaires présentent des symptômes tels que l'anémie, les crises vaso-occlusives et les accidents vasculaires cérébraux qui engendrent une mauvaise qualité de vie et une espérance de vie limitée. Le seul traitement curatif est la greffe de cellules souches hématopoïétiques et, plus récemment, la thérapie génique.



### Monacord a obtenu une reconnaissance internationale majeure dans le cadre de ses études scientifiques basées notamment sur :

- la greffe des cellules souches à partir de la fratrie HLA-identique comme traitement curatif définitif de la Drépanocytose,
- le développement de thérapies cellulaires dont les greffes à partir de cellules de sang de cordon ombilical de donneurs familiaux ou de donneurs non apparentés non HLA-identiques à partir de banques internationales de sang de cordon ombilical,
- les banques de sang de cordon pour les familles drépanocytaires,
- la diffusion des connaissances sur ce sujet, en particulier, dans les pays africains,
- l'étude des facteurs immunogénétiques chez les patients drépanocytaires qui ont permis de mieux définir cette maladie hétérogène.

### Au sein de ses futurs projets, Monacord va s'employer à :

- identifier les caractéristiques immunogénétiques du donneur qui peuvent influencer les résultats de la greffe, afin d'optimiser le choix du donneur,
- analyser la contribution de la diversité immunogénétique interindividuelle au développement de complications de la drépanocytose pour mieux comprendre les mécanismes moléculaires, en vue d'établir des critères cliniques de pronostic et ainsi à terme contribuer à une meilleure prise en charge des patients drépanocytaires.
- la formulation des recommandations cliniques pour la prise en charge de la Drépanocytose, incluant les indications pour la greffe de cellules souches hématopoïétiques ou les autres thérapies innovantes telle que la thérapie génique,
- le développement et la coordination des actions en faveur du diagnostic et du traitement de la Drépanocytose en Afrique.



### Nos collaborations :

- Eurocord, Hôpital Saint-Louis - Paris, France,
- Hôpital San Raffaele del Monte Tabor - Milan, Italie
- Université de Sao Paulo - Brésil
- Centre de Recherche et de Prise en Charge Ambulatoire de la Drépanocytose de l'Université Gaston Berger - Saint-Louis, Sénégal
- Kyoto University - Kyoto, Japon
- Fred Hutchinson Cancer Center - Seattle, USA
- Cordons de Vie, Association Scientifique Monégasque

### Registres internationaux :

- EBMT (European Society for Blood and Marrow Transplantation)
- CIBMTR (Center for International Blood and Marrow Transplant Research)
- Japanese Data Center for Hematopoietic Cell Transplantation - Nagakute, Japon.





# PÔLE SANTÉ HUMAINE

BIOLOGIE MEDICALE



## Effectifs en 2024

- 1 Médecin Délégué
- 1 Chargé de Mission

Le Pôle Santé Humaine du CSM comprend à la fois :

- Les activités d'évaluation, de soutien et de financement de la recherche clinique institutionnelle en Principauté de Monaco, mises en place depuis 2009 par le biais d'un appel à projets annuel ;
- Les activités "Santé & Environnement" initiées en 2012 et axées sur les conséquences pour la santé humaine des changements environnementaux.

## Axe Santé Environnement :

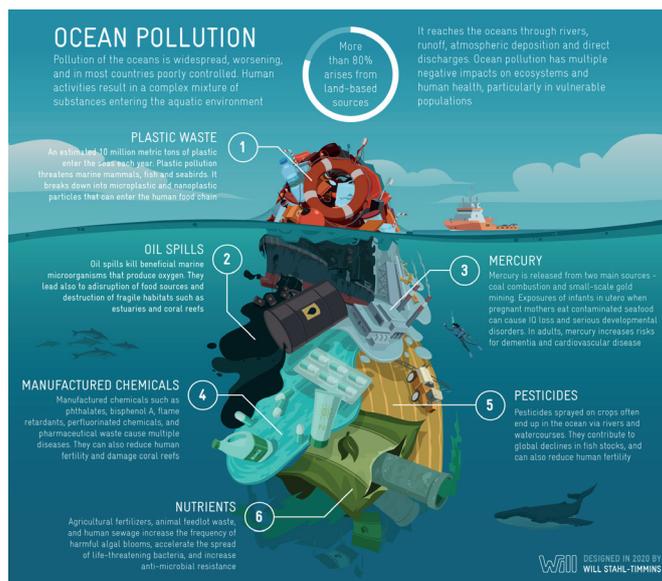
Initié en 2012, cet axe consiste en des activités d'enseignement, de formation, de publications et de communications scientifiques et grand public autour des conséquences pour la santé humaine des changements environnementaux, avec deux thématiques prédominantes :

- L'étude des bénéfices et des risques pour la santé humaine des océans, en particulier le changement climatique et la pollution.
- Les impacts environnementaux et sur la santé humaine de la production, l'usage et l'élimination des matières plastiques et de leurs additifs chimiques

Le PSH a coordonné deux rapports de synthèse sur ce thème :

En 2020, Human Health and Ocean Pollution (<https://tinyurl.com/HumanHealthOceanPollution>)

En 2023, The Minderoo-Monaco Commission on Plastics and Human Health (<https://tinyurl.com/Minderoo-Monaco>)



La pollution des océans, un phénomène complexe (issu du rapport publié en 2020)  
Crédit : Will Stahl Timmins

## Axe Recherche Clinique :

Son activité se compose essentiellement d'un appel à projets annuels qui vise à financer des projets de recherche clinique se déroulant au sein des établissements de santé de la Principauté de Monaco, avec les objectifs définis comme suit :

- Soutenir et dynamiser la recherche clinique monégasque en vue de promouvoir le progrès médical,
- Participer à l'amélioration de la qualité des soins par l'évaluation de nouvelles méthodes diagnostiques et thérapeutiques,
- Valider scientifiquement les nouvelles connaissances médicales,
- Favoriser les collaborations entre professionnels et entre établissements de Santé.

Les appels à projets sont dits "libres", et s'intéressent à tous les domaines de la recherche clinique. Les projets peuvent concerner l'évaluation thérapeutique, l'évaluation des technologies et des innovations, la prévention, les stratégies diagnostiques, la qualité des soins, l'analyse des risques, dans toutes les disciplines médicales ou chirurgicales. Cependant, une priorité est accordée aux projets portant sur le vieillissement et le cancer et, depuis 2024, aux projets associant les équipes de recherche du CSM.

Le Pôle Santé Humaine apporte un soutien financier, méthodologique et réglementaire aux porteurs de projets, assiste les équipes dans la mise en œuvre de leurs projets et effectue un suivi régulier de leur déroulement, aussi bien sur le plan scientifique que sur l'utilisation des sommes allouées. Il est l'interlocuteur des établissements de santé concernés (CHPG, CCM, IM2S, CHPM).

Depuis 2009, cette activité a suscité un intérêt soutenu de la part de la communauté médicale monégasque de par la quantité de projets de recherche clinique financés (en 15 ans, le CSM a reçu 80 projets et en a financé 50), mais également en permettant la mise en place de partenariats d'excellence lors de projets collaboratifs menés avec d'autres établissements (Institut Paoli Calmette, Centres Hospitaliers Universitaires) et des organismes de recherche (CNRS, INSERM).

## Nos collaborations :

- Global Observatory on Planetary Health du Boston College, USA
- Fondation Minderoo, Australie
- Woods Hole Oceanographic Institute, USA
- Heidelberg Institute of Global Health, Allemagne
- Centre Hospitalier Princesse Grace (CHPG), Monaco
- Institut Monégasque de Médecine et de Chirurgie du sport (IM2S)
- Centre Cardio Thoracique de Monaco (CCM)





# PLATEFORME DE BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

## Effectifs en 2024

- 1 Chargé de Mission
- 1 Bio-informaticienne
- 1 Ingénieur Qualité
- 2 Techniciennes

La plateforme de Biologie Moléculaire est une structure qui a vu le jour durant la pandémie. Afin de suivre les mutations du virus, un MiSeq de la société Illumina (M) et un Gridion de la société Nanopore (G) ont été installés

Le séquençage Illumina utilise une technique basée sur PCR dans laquelle un nucléotide fluorescent est analysé à la fois. En revanche, le séquençage Nanopore utilise des « nanopores protéiques » pour détecter les changements dans le courant d'une molécule d'ADN ou d'ARN lors de son passage à travers le pore.

Aujourd'hui, la plateforme de Biologie Moléculaire possède les ressources humaines et techniques afin de répondre au mieux aux besoins des chercheurs du centre. Le séquenceur utilisé va dépendre de l'analyse souhaitée, par exemple :

- L'analyse génomique des micro-organismes bactériens et viraux complets, et la résistance aux antibiotiques (M).
- L'étude du microbiome dans des échantillons environnementaux, intestinaux, buccaux, etc... (M).
- Le séquençage ciblé de gènes ou de régions spécifiques (M).
- Le séquençage de génomes longs, les études de génomique comparatives, la détection de variants structuraux, le séquençage de l'ARN et la transcriptomique (G).

## Biologie Marine :

- **Projet coraux**

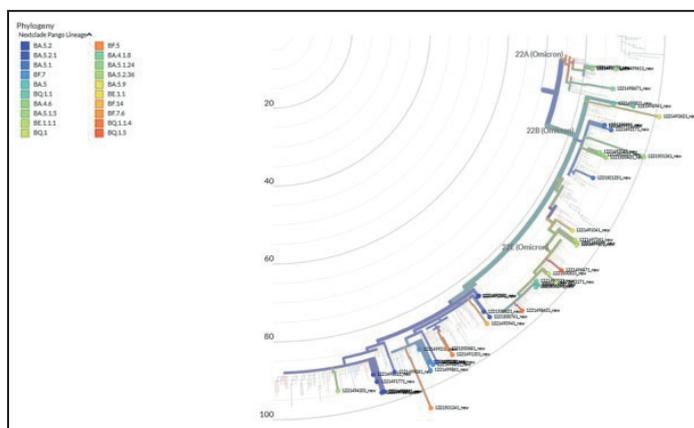
**Objectif :** Étudier les interactions microbiennes et leur rôle dans la santé des coraux.

**Méthode :** Séquençage de la région 16S pour les bactéries et ITS2 pour les zooxanthelles.

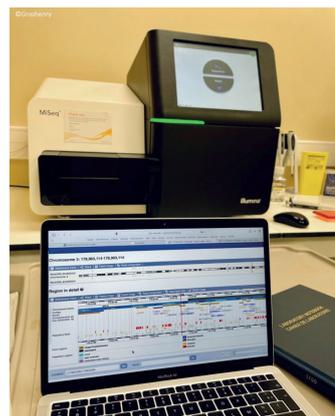
- **Projet élasmobranches**

**Objectif :** Comprendre les mouvements migratoires des grands vertébrés marins menacés en Méditerranée, notamment les raies et les requins.

**Méthode :** Analyse des prélèvements d'ADN pour confirmer l'identification des espèces et étudier les liens de parenté entre individus.



Exemple de résultats de séquençage COVID



## Biologie Médicale :

- **Tumeurs cérébrales**

**Objectif :** Analyser les profils d'expression génique des cellules souches tumorales.

**Méthode :** Identification des voies biologiques, des gènes régulateurs de la tumorigenèse et étude des modifications épigénétiques (ex : méthylation de l'ADN).

- **Microbiote et cancer du sein**

Collaboration équipe Écosystèmes et Immunité (CSM) et Mohammed Bin Rashid University of Medicine and Health Sciences (Dubai)

**Objectif :** Analyser microbiote intestinal et flore cutanée des poitrines des femmes atteintes de cancer du sein.

**Méthode :** Séquençage « Shotgun » de prélèvements de selles et de flore cutanée.

## Santé publique :

- **Recherche d'agents transmissibles (arboviroses)**

**Objectif :** Surveiller les zoonoses transmises par les moustiques, pour leur impact potentiel sur la santé publique.

**Méthode :** Analyses PCR pour détecter la présence d'arbovirus véhiculés par les moustiques *Aedes albopictus*.

- **Surveillance microbiologique des eaux usées**

**Objectif :** Anticiper l'apparition de clusters chez l'homme en identifiant les espèces microbiologiques pathogènes.

**Méthode :** Analyse et séquençage des pathogènes à partir de prélèvements d'eaux usées.



# LE SECRÉTARIAT GÉNÉRAL ET LES SERVICES SUPPORTS

## La gestion administrative et financière et secrétariat de la Présidence

Elle permet d'assurer le développement et la pérennité du Centre. En effet, elle fournit des éléments à la Gouvernance destinés à faciliter la prise de décision.

Le personnel du secrétariat général coordonne la gestion de l'administration et organise les réunions du Conseil d'Administration. Il assure le suivi des dons provenant de fondations, d'associations et/ou de particuliers et des subventions qui sont des dotations de l'Etat.

Il participe à l'élaboration et au suivi des budgets. Il assure également le secrétariat du Président, ainsi que le secrétariat de l'Association des Amis du CSM.

- 1 Agent Comptable
- 1 Secrétaire Comptable
- 1 Attaché Administratif

## L'équipe informatique

L'équipe informatique met à disposition des outils permettant à l'ensemble du personnel d'effectuer son activité et d'assurer une veille technologique consentant l'optimisation de ceux-ci. Elle apporte également l'assistance technique aux utilisateurs.

Enfin, elle se doit de protéger les systèmes, les données et les réseaux du CSM contre toute forme d'atteinte ou de menace numérique qui paralyserait le Centre. Au CSM, des données de valeur et souvent confidentielles sont manipulées. La sécurité vise à préserver l'intégrité et la confidentialité de ces données, ce qui est primordial.

Les équipes informatiques et de maintenance travaillent conjointement dans un même objectif : assurer une exploitation optimale et sécurisée de tous les systèmes, équipements et installations.

- 1 Informaticien / Resp. équipe
- 1 Administrateur Systèmes et Réseaux
- 1 Technicien de Run / Helpdesk
- 1 Chef de Projet



## La Qualité

- 1 Ingénieur qualité

Afin d'optimiser le fonctionnement du CSM et répondre à un besoin d'harmonisation des procédures, depuis janvier 2024 la mission Qualité a été créée. Son but est d'assurer la fiabilité des données et des activités en mettant en place une méthodologie qui s'appuie sur des référentiels. Elle pérennise les savoir-faire, le transfert de compétences et la traçabilité des données. Elle assure un suivi efficace des informations.

La démarche Qualité concerne toutes les activités du CSM.

## La Communication

La médiatisation du CSM se base sur une multitude de pratiques et d'approches, telles que la presse écrite et audiovisuelle, ainsi que les réseaux sociaux qui permettent l'objectif commun de reconnecter le monde de la science au grand public. Le CSM répond à de nombreuses interviews de journalistes de divers médias et rédige des communiqués de presse relayés par la Direction de la Communication à la Principauté.



## La gestion des moyens humains

- 1 Responsable RH
- 1 Secrétaire RH

Les Ressources Humaines occupent une fonction centrale au CSM car le capital humain est un véritable enjeu stratégique dans la bonne marche de celui-ci. Au sein du CSM le service des Ressources Humaines met en œuvre une politique au service de la science, favorisant l'épanouissement, le développement et la créativité de son personnel. Son responsable est un interlocuteur privilégié de tout membre au sein du Centre. Il assure l'expertise et le pilotage des grands domaines et processus RH : le suivi de la paie et de la masse salariale, le maintien des compétences, l'évolution professionnelle, la formation, l'action sociale, et le contrôle des effectifs.

Il est également la référence en matière de droit du travail.

- 1 Technicien Responsable HSE
- 1 Technicien de Maintenance

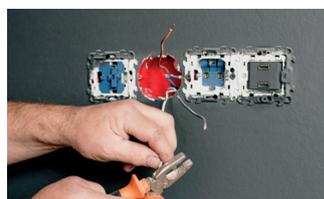
## L'équipe maintenance bâtiment Hygiène Sécurité Environnement

L'équipe maintenance assure différentes activités : la sécurité des locaux, le suivi des travaux d'aménagement et d'adaptation du poste de travail, les risques environnementaux etc..., qui sont essentiels aux activités de recherche du CSM

Cette équipe veille au bon fonctionnement technique de l'établissement et en assure la maintenance.

La bonne marche et la durée de vie des équipements, des biens ou des installations est cruciale, puisqu'elle impacte les travaux menés au sein du Centre. Les enjeux sont majeurs dans un contexte où les équipements et les technologies sont de plus en plus complexes et coûteux.

L'activité hygiène, sécurité et environnement (HSE) joue un rôle essentiel. Elle permet de garantir la sécurité des salariés, en prévenant et en corrigeant les éventuels dysfonctionnements d'éléments susceptibles d'être à l'origine de blessures de leurs utilisateurs. Elle est étroitement liée à la Qualité.



# ASSOCIATION DES AMIS DU CENTRE SCIENTIFIQUE DE MONACO



Cette association monégasque à but non lucratif a deux objectifs majeurs :

- Développer la connaissance et la culture scientifique en Principauté par la diffusion, auprès de nos membres, d'informations sur les activités du Centre Scientifique de Monaco et par la mise en place de conférences grand public, de débats ou de visites de sites scientifiques,
- Aider le Centre Scientifique de Monaco à développer ses activités scientifiques par des appuis financiers en complément des dotations de l'État pour des programmes de recherche, des programmes d'enseignement ou des bourses d'études pour des doctorants ou des post-doctorants.



**"J'entends pour ma part, donner un nouvel élan au Centre Scientifique. J'ai souhaité qu'en complément de ses activités de recherche dans le domaine de l'environnement marin, il développe des programmes de recherches biomédicale et polaire. Ces programmes scientifiques multidisciplinaires permettront de fédérer les talents et consolideront une réalité forte et singulière : celle d'une Principauté de Monaco tournée vers l'excellence et l'avenir."**

Extrait du discours de S.A.S. le Prince Albert II lors de l'inauguration des nouveaux locaux du CSM le 1er octobre 2013.

*Pour atteindre ces buts, nous avons besoin de vous pour développer nos actions.*

*Soutenez nos projets et faites un don !*





ASSOCIATION DES AMIS  
DU CENTRE SCIENTIFIQUE  
DE MONACO ◆◆◆



Gouvernement Princier  
PRINCIPAUTÉ DE MONACO

**Crédit photos :** C. Albuquerque / EdWrightImages / Freepik / Pixabay / Fotolia / Shutterstock / Graphie4 / C3M Plateforme d'imagerie et microscopie Côte d'Azur «MICA» / B. Fabry, F. Olivier et D. Zitterbart (AWI / CNRS / FAV / IPEV / WHOI).

Centre Scientifique de Monaco : G. Bardon / T. Barracho / É. Béraud / D. Czerucka / A. Dias Mota / M. Dufies / C. Lavagna / C. Le Bohec / M. Pagnuzzi / S. Parks / V. Picco / R. Pontier-Brès / S. Reynaud / S. Sacotte / D. Sevilgen / É. Tambutté / J. van de Water / A. Venn / D. Zoccola.

**Conception et réalisation :** Simon Sacotte sous la direction du Pr. D. Allemand.

8 quai Antoine I<sup>er</sup>  
MC 98000 MONACO  
[www.centrescientifique.mc](http://www.centrescientifique.mc)

**CENTRE SCIENTIFIQUE DE MONACO**  
Tél. +377 97 77 44 00  
[centre@centrescientifique.mc](mailto:centre@centrescientifique.mc)

*Etablissement Public*  
*Fondé par le Prince Rainier III*  
*le 23 mai 1960*



**CENTRE  
SCIENTIFIQUE  
DE MONACO**

**8 Quai Antoine 1er**

**98000 MONACO**

**Tél : +377 97 77 44 00**

**centre@centrescientifique.mc**

**www.centrescientifique.mc**

