

GDR MathSAV

MATHématiques, SAnté, sciences de la Vie

Institut : INSMI

Directeur : **Fabien Crauste**

Groupement : MAP5 UMR 8145, Université de Paris

1 Contexte Scientifique

La modélisation mathématique en sciences du vivant et en santé est, en 2020, identifiée et reconnue en France. Cela se manifeste notamment par des recrutements sur des profils interdisciplinaires, l'organisation de conférences dédiées ou de sessions dans des conférences généralistes, ou encore la remise de prix pour des travaux dans ce thème. Cette “modélisation mathématique” inclut la construction de modèles, leur analyse, leur résolution numérique, leur confrontation à des données, et un travail d'interactions scientifiques à l'interface avec les disciplines concernées.

Cette activité scientifique recouvre cependant des pratiques et des sujets d'études très variés. Quand on parle de modélisation, on identifie facilement les modélisations déterministes, souvent à base d'EDP, et les modélisations aléatoires. On différencie également facilement les applications en santé ou en biologie cellulaire par exemple. Il est toutefois encore difficile de déterminer, même pour un membre de cette communauté, ce qui motive le développement d'un modèle déterministe ou probabiliste, ou les différences conceptuelles entre une cellule et un virus. La communauté “modélisation mathématique en sciences du vivant et en santé” est donc très hétérogène, tant dans les méthodes et approches développées que dans les sujets étudiés.

Dans un environnement scientifique de l'ESR français toujours mouvant et aux prises avec des problématiques nouvelles (comme la crise du covid-19 a pu le souligner récemment), la structuration de cette communauté est essentielle. Elle a débuté grâce aux précédents GDR sur des thèmes similaires (cf. Sections 3 et 5) et se consolide notamment par l'action de sociétés savantes (la SMAI a récemment créé le GT MABIOME). Mais il est important de se souvenir que cette communauté est relativement récente en France, contrairement à d'autres pays (USA, Royaume-uni), et que la société civile, les décideurs politiques, et les collègues en santé et sciences du vivant demandent chaque année aux mathématiciennes et mathématiciens plus de compétences afin de répondre à des questions importantes.

L'INSMI, à travers sa mission nationale de structuration et d'accompagnement de la recherche mathématique, est à même d'accompagner la structuration de cette communauté *biomathématiques*. À ce titre, l'exemple de la communauté de bioinformatique est informatif : cette communauté a su se structurer dans les années 1990, pour répondre à un besoin de développement d'outils pour l'analyse des séquences d'ADN et d'ARN générées par les biologistes, en s'appuyant sur un GDR (Génomes et Informatique). La structuration de la communauté “modélisation mathématique en santé et sciences du vivant” passe par la définition de contours forts, inclusifs, affirmés par une liste de diffusion nationale et l'organisation d'un événement scientifique régulier et rassembleur, dans des contextes scientifique et politique requérant des adaptations rapides.

2 Objectifs du GDR MathSAV

Le premier enjeu du GDR est d'aboutir à une structuration pérenne et inclusive de la communauté “modélisation mathématique en santé et sciences du vivant”. Pour cela, nous nous appuierons sur une communication régulière et large, un événement scientifique annuel centré sur des axes scientifiques forts et rassembleurs, et nous mènerons une réflexion sur la pérennisation de la communauté en lien avec la SMAI. Cela sera réalisé en remplissant les trois objectifs ci-dessous.

Objectif 1. Le premier objectif du GDR MathSAV sera de consolider et compléter une liste de diffusion nationale afin de faciliter la communication au sein de la communauté et de limiter l'isolement (notamment géographique) ressenti par certaines et certains collègues. L'existence du Portail Math (portail.math.cnrs.fr) et des services numériques associés est un atout sur lequel le GDR MathSAV s'appuiera.

Objectif 2. Le second objectif sera de pérenniser un événement scientifique national autour de la modélisation mathématique en santé et sciences du vivant. Cet événement mettra en avant, lors de chaque session annuelle, un thème scientifique commun à la majorité des membres du GDR (cf. Section 4), dédié à des questions scientifiques actuelles, mais aussi prospectif afin de s'interroger collectivement sur l'avenir de nos thématiques de recherche. Il permettra également l'expression des différentes sensibilités de la communauté, en donnant la parole prioritairement aux jeunes chercheuses, enseignantes-chercheuses et aux jeunes chercheurs, enseignants-chercheurs.

Il est évident que l'organisation régulière d'un événement scientifique, en plus de nécessiter des financements, requiert l'implication de collègues et chacune et chacun a déjà une charge de travail certainement suffisante. Il faudra donc trouver un mode d'organisation léger et mettre en place un soutien fort (par exemple en bénéficiant de l'expérience des précédentes éditions), passant par un comité scientifique chapeautant plusieurs éditions et un remplacement partiel régulier du comité afin de ne pas perdre les compétences et savoir-faire acquis. Le comité scientifique du GDR MathSAV (cf. Section 7) sera sollicité pour la réflexion et la mise en place de cet événement.

Objectif 3. Le troisième objectif du GDR sera de basculer sur une représentation pérenne de la communauté de modélisation mathématique en santé et sciences du vivant, le GDR ayant vocation à structurer mais pas à s'inscrire dans le temps. La création récente du Groupe Thématique MABIOME de la SMAI, dédié aux “Mathématiques pour la Biologie et la Médecine”, permet d'envisager de remplir cet objectif. D'une part les GT de la SMAI n'ont pas de durée limitée dans le temps. D'autre part, Florence Hubert et Magali Ribot, qui co-dirigent ce GT (avec Gaël Raoul), ont accepté de rejoindre le comité scientifique du GDR et sont favorables à un rapprochement du GT et du GDR, afin de rassembler cette communauté et de bénéficier du travail réalisé par les GDR ces dernières années.

Il y a toutefois deux points importants à étudier : le GT MABIOME ne dispose d'aucun financement pérenne, or une communauté ne peut exister sans financement, et les contours du GDR MathSAV (comme MAMOV avant lui) ne se limitent probablement pas aux membres de la SMAI. Pour répondre au premier point, l'organisation d'un événement scientifique pourrait être financée par une contribution (inscription) des participantes et participants permettant au GT d'avoir des finances régulières. Le comité scientifique du GDR sera force de proposition pour trouver des solutions à cette question. Concernant le deuxième point, l'intersection entre les membres du GDR et les membres de la SMAI devra être évaluée, et en fonction du niveau de différence il faudra procéder à des choix (inclure dans les listes de diffusion des personnes n'étant pas membres de la SMAI par exemple).

Au-delà de ces trois objectifs, le GDR MathSAV souhaite s'engager dans deux directions : le soutien prioritaire aux jeunes chercheuses, enseignantes-chercheuses et aux jeunes chercheurs,

enseignants-chercheurs, et une défense forte de la parité femmes-hommes.

Le soutien prioritaire aux jeunes mathématiciennes et mathématiciens s'inscrit dans la politique de financement des GDR, et se manifestera par :

- le co-financement d'événements scientifiques facilitant la participation de jeunes collègues, tant comme participantes ou participants que comme oratrices et orateurs ;
- l'invitation de jeunes collègues lors des journées du GDR, représentant au moins la moitié des oratrices et orateurs ;
- la présence de jeunes collègues dans le comité scientifique du GDR (cf. Section 7) et dans les comités scientifiques des événements soutenus par le GDR.

Afin de défendre la parité femmes-hommes, la direction du GDR et son comité scientifique demandera la parité dans les oratrices et orateurs ainsi que les comités scientifiques des événements soutenus par le GDR, condition *sine qua none* pour obtenir un soutien. Bien évidemment, les moyens financiers du GDR ne permettront pas d'exercer une pression forte, mais ce n'est pas non plus le but : l'enjeu est de faire réfléchir à la parité et sa mise en place à chaque fois qu'une décision doit être prise. Il est important d'attaquer la prochaine décennie en montrant, par les actes, que les mathématiques ne sont pas fermées aux femmes et que les mathématiciennes peuvent être tout aussi visibles que les mathématiciens. Le GDR, en tant qu'émanation de l'Institut, peut et doit jouer ce rôle.

Ces exigences seront bien évidemment clairement affichées sur le site web du GDR et communiquées à la communauté dès la création du GDR.

3 Bilan du GDR Mamovi

Le GDR MAMОВI, dirigé par Vincent Bansaye et Thomas Lepoutre entre 2017 et 2021 (en cours), avait pour objectif de structurer les différentes communautés mathématiques impliquées dans la modélisation mathématique en biologie et médecine. En particulier, un objectif affiché concernait la stimulation d'échanges entre deux communautés larges, celle des modèles déterministes du vivant et celle des modèles aléatoires du vivant, indépendamment des applications.

Le GDR MAMОВI a organisé, à ce jour, deux sessions dédiées, en 2017 à Lyon et en 2019 à Tours (en 2018 et 2020 le choix a été fait de ne pas organiser de session dédiée alors que le GDR soutenait le CEMRACS en 2018 et le mois thématique au CIRM en 2020). Ces journées ont accueilli à chaque fois une cinquantaine de participantes et participants, représentant différentes sensibilités mathématiques et divers intérêts en santé et sciences du vivant. Ces journées ont été l'occasion d'échanges fertiles et enthousiastes.

Le GDR MAMОВI a également soutenu financièrement une quinzaine d'événements scientifiques, assez divers tant dans leurs thématiques scientifiques qu'en nombre de participantes et participants. Le soutien s'est porté prioritairement sur les jeunes membres de la communauté, doctorantes et doctorants principalement. L'année 2020, marquée par l'épidémie de SARS-COV-2, a bien évidemment suspendu temporairement l'activité du GDR.

Enfin, et c'était un des objectifs initiaux, le GDR MAMОВI a créé une liste de diffusion ouverte à toute personne intéressée par les activités de modélisation mathématique en médecine et biologie. Cette liste de diffusion est administrée par les directeurs de MAMОВI et comporte actuellement 119 personnes, ce qui en fait un outil de diffusion important pour la communauté mais à pérenniser.

En conclusion, l'action du GDR MAMОВI a permis de consolider un peu plus les liens entre les différentes communautés biomathématiques françaises, les écoles EDP et Probabilités en particulier, ce qui était un objectif prioritaire du GDR. La construction de la liste de diffusion a été un point fort de ce GDR.

Toutefois, il est notable que le nombre d'événements dédiés à l'animation spécifique de cette communauté a probablement été trop faible pour créer un sentiment d'appartenance suffisant.

De plus, certaines collègues et certains collègues contribuant à ces thématiques de recherche ne sont pas encore inclus dans la liste de diffusion et n'ont pas participé à ces journées. L'année 2018 aura également vu la création d'un Groupe Thématique de la SMAI, MABIOME, dédié aux "Mathématiques pour la Biologie et la Médecine". Les liens entre le GT MABIOME et le GDR MAMOMI n'ont pas été réellement développés, et il serait bon que cette situation ne perdure pas.

4 Périmètre Scientifique et Enjeux du GDR

4.1 Périmètre scientifique du GDR

Le périmètre scientifique du GDR est assez large, toute personne travaillant dans la thématique "modélisation mathématique en santé et sciences du vivant" aura sa place dans ce groupe, que le travail soit motivé par des développements mathématiques spécifiques ou une application biomédicale particulière.

Mathématiquement, de nombreuses approches déterministes (EDP, EDO, simulations numériques...), probabilistes (équations stochastiques, processus de branchement...), statistiques (modèles, apprentissage, inférence...), utilisant des modèles continus ou discrets, sont développées dans les différentes équipes de la thématique. De plus en plus ces approches se révèlent complémentaires, et il est souvent nécessaire d'associer des méthodologies différentes pour répondre à une question biomédicale. L'organisation structurelle des laboratoires de mathématiques, historiquement basée sur un découpage en équipes "méthodologiques", n'a pas favorisé les discussions entre expertes et experts de différents domaines, et a parfois mené à une certaine ignorance des compétences pourtant proches (au moins géographiquement). Ceci est moins le cas au sein des équipes projet Inria en mathématiques appliquées (même si une grande majorité de ces équipes s'est construite sur une méthodologie commune) ainsi que des équipes INRAE. Malgré tout, il s'agit d'un constat globalement partagé par toute la communauté. Le GDR Mamomvi avait comme objectif prioritaire le rapprochement de ces différentes communautés, et cet objectif sera poursuivi dans ce GDR. Il apparaît important, voire crucial, à la réalisation de travaux de recherches mathématiques à l'interface avec la santé et les sciences du vivant de pouvoir développer toute méthode pertinente, et cela nécessite souvent d'aller chercher des outils au delà de son champs d'expertise.

D'un point de vue applicatif, les questions traitées au sein du GDR seront inclusives : alors que les mathématiques et la modélisation sont de plus en plus utilisées en sciences biomédicales, et recherchées par les actrices et acteurs de ce champs de recherches, il est important de bénéficier des expériences acquises dans divers champs applicatifs pour répondre aux nouvelles questions. De grands thèmes de recherche se dégagent toutefois, par leur intérêt sociétal ou l'existence de groupes de recherches déjà construits. En voici une liste non exhaustive :

Modélisation en écologie Cette thématique regroupe des questions variées : dynamiques évolutives, gestion de ressources, biodiversité, relations proies-prédateurs..., ainsi que des approches mathématiques tout aussi diverses : analyse d'EDP, modèles stochastiques, modèles discrets, etc.

Modélisation en cancérologie Les cancers représentent encore la première cause de mortalité chez les hommes et la deuxième chez les femmes en France, à ce titre la recherche en cancérologie est extrêmement dynamique et s'intéresse à de nombreux aspects : détection, traitement, contrôle, résistance, immunothérapies, etc. La modélisation en oncologie s'intéresse à l'heure actuelle à tout type de cancers, avec de nombreux travaux sur la croissance tumorale (à base d'EDP notamment) et l'identification de marqueurs (biostatistique).

Dynamique des populations De nombreuses équipes de recherche s'intéressent aux propriétés mathématiques de modèles de dynamiques de populations. Il peut s'agir de populations de molécules, de cellules, d'individus, ou d'animaux, généralement en interactions (entre eux et/ou avec l'environnement), et caractérisées par un comportement dynamique : les modèles sont non-linéaires, les dynamiques sont souvent temporelles. Les approches mathématiques sont nombreuses, déterministes, aléatoires, statistiques.

Données génomiques La génération et l'analyse de données génomiques n'ont cessé de se développer durant les 30 dernières années, donnant naissance à une toute nouvelle thématique de recherche, la bioinformatique. Les contributions aux sciences biomédicales sont nombreuses, et ont permis des avancées spectaculaires dans le traitement de maladies. Ces travaux s'appuient sur des méthodes et outils d'analyse pointus, développés entre autres dans les équipes de mathématiques, d'informatique, de biologie. De nouvelles technologies déclenchent régulièrement le développement de nouvelles approches.

D'autres thématiques, parfois liées à celles mentionnées ci-dessus, comme les modélisations en épidémiologie, en neurosciences, en biomécanique, en cardiologie, représentent des axes de recherche majeurs, avec des enjeux en biologie fondamentale ou en clinique importants. Toutes ces applications, incluant la variété des questions qui peuvent être posées, sont incluses dans le périmètre du GDR.

Certaines thématiques font l'objet de GDR dédiés, comme l'analyse de données issues de la génomique (GDR BIM) ou les statistiques pour la santé (GDR Stat et Santé), cf. Section 5. Il n'est pas question, dans ces cas là, de récupérer ou d'assimiler ces thématiques, mais au contraire de collaborer avec les structures existantes. Rien n'empêche de participer à et de s'impliquer dans plusieurs GDR, en particulier quand les recouvrements sont significatifs, et cette participation amènera de nouvelles discussions scientifiques propices au développement de la thématique.

4.2 Enjeux et thèmes scientifiques du GDR

En plus des enjeux structurels définis dans la Section 2, le GDR MathSAV se concentrera sur un certain nombre d'enjeux scientifiques. L'application de méthodes mathématiques à des questions de biologie ou de santé nécessite une forte réactivité mais aussi une capacité à se projeter dans un futur proche afin d'anticiper les challenges à venir.

Bien que la communauté de ce GDR soit vaste et hétérogène¹, de nombreuses problématiques sont communes à une grande majorité des participantes et participants. Nous avons décidé d'en retenir trois, et de les discuter en particulier lors des journées annuelles du GDR, en dédiant une session annuelle à chacune. Ces trois problématiques sont les suivantes :

Thème 1 : Données biologiques et médicales. Selon l'application concernée, les données générées et fournies par les collègues biologistes, médecins, écologues, etc., bien que standards pour les domaines concernés, peuvent être de natures très différentes : séries temporelles ou mesures atemporelles, données échantillonnées ou pas, présence de réplicats ou pas, données manquantes, données censurées, excès ou défaut de données ; mais aussi, de plus en plus, association de données différentes (cf. le Thème 4 ci-après) : comptes cellulaires et imagerie médicale, nombre de molécules d'ARN et niveau d'expression de protéines, quantité de biomasse et mesures de températures...

Mathématiciennes et mathématiciens doivent déterminer quels outils utiliser (cf. Thème 2) mais également comment gérer intelligemment ces données parfois qualitativement et quantitativement différentes. Il est notamment important d'identifier ce qui a mené à la production de ces données : quelles contraintes, technologiques ou humaines ? Quel sens

1. Un peu plus de 450 membres permanents, 66 équipes ou laboratoires, au 8 février 2021.

biologique ou médical ? Quels liens avec la problématique à l'origine du travail ? Un plan d'expérience a-t-il été mis en place, en impliquant mathématiciennes et mathématiciens ? Souvent, ces informations sont apportées au fur et à mesure du développement de la collaboration scientifique, et nécessitent des retours en arrière et des adaptations, parfois des changements importants dans les approches mathématiques.

Afin de mieux cerner les enjeux scientifiques au centre de ces collaborations interdisciplinaires, il est important de déterminer les raisons qui mènent à la génération des données, d'être capable de déterminer rapidement l'information contenue dans les données (*via* des outils de visualisation ou de classification non-supervisée par exemple), mais aussi l'ensemble des limitations associées aux données (en particulier, qu'en est-il de la reproductibilité des résultats ?), car ces raisons et limitations contiennent des informations nécessaires au choix et au développement des modèles (Thème 2) et à leur confrontation aux données (Thème 3).

Thème 2 : Modélisations mathématiques. La modélisation mathématique consiste, dans le cadre défini par ce GDR, à formaliser à l'aide d'outils mathématiques des processus, comportements ou interactions biomédicaux afin d'en extraire des informations grâce à nos connaissances des objets mathématiques. Le choix du formalisme, et donc du modèle, est central dans les interactions entre mathématiques et sciences du vivant, santé. Dans la grande majorité des collaborations, le choix du formalisme est guidé par l'expertise de la mathématicienne ou du mathématicien. Sans remettre ici en cause la pertinence de ces choix, cela mène à la publication – et la défense – de modèles différents pour répondre à des questions similaires.

Les questions que ce GDR posera sont : pourquoi et comment choisir une modélisation ? Quelles complémentarités entre les différents choix ? Quelle adéquation entre le modèle, les hypothèses du domaine d'application, et les données disponibles ? Comment associer/coupler des modèles de nature différentes ? Quel rôle pour les méthodes et la simulation numériques dans la modélisation ?

Pour cela, les témoignages des membres du GDR seront essentiels, ils apporteront un éclairage sur les démarches réalisées et les choix faits, en les replaçant dans le contexte de la collaboration. Comprendre ces choix permettra de mieux réaliser des couplages de modèles de natures différentes, une question récurrente ces dernières années dans divers champs applicatifs, et notamment liée à la "modélisation multi-échelles" (cf. Thème 4).

Thème 3 : Confrontation modèle-données. De nombreuses collaborations à l'interface mathématiques et sciences du vivant/santé requièrent de confronter un modèle mathématique à des données, biologiques ou médicales. Il s'agit de problèmes d'optimisation, d'identifiabilité pratique des modèles, de propagation d'incertitudes, d'estimation de paramètres... Fortement liées aux modèles utilisés, et aux compétences des personnes ayant développé les modèles, ces questions trouvent actuellement de multiples réponses, plus ou moins spécifiques.

L'objectif de cet axe scientifique est d'éclairer les membres du GDR sur les différentes approches utilisées, leurs motivations et complémentarités. En mélangeant des communautés (mathématiques discrètes, déterministes, aléatoires par exemple), la propagation des pratiques respectives sera facilitée. Cela permettra également de comprendre l'histoire de certaines méthodes, leur implantation dans certaines communautés. L'implémentation pratique des différentes approches, qui représente un moment crucial dans une collaboration, méritera notamment d'être discuté.

L'enjeu sera de traiter les différentes questions mentionnées ci-dessus : optimisation, identifiabilité, propagation d'incertitudes, estimation de paramètres, mais également la prise en compte de la variabilité inter-individuelle, l'implémentation de méthodes numériques, ou l'analyse de sensibilité, dans des cadres déterministes, probabilistes, stochastiques,

statistiques, pour des modèles discrets ou continus.

Ce thème sera également l'occasion de poser la question de la place de l'intelligence artificielle (IA) dans nos pratiques actuelles. Depuis la mise en place d'une stratégie nationale en IA, de nombreuses questions se posent sur la pertinence et les limites de ces approches, et ce qu'elles recouvrent.

Les questions ci-dessus sont partiellement ou totalement au coeur de nombreux travaux des membres du GDR. Parmi ces questions, certaines sont assez récentes, ayant émergé ces dernières années, souvent liées à l'arrivée de nouvelles technologies. Un enjeu scientifique du GDR est également d'animer les discussions de la communauté sur ces nouvelles questions et d'accompagner le développement de réponses appropriées, c'est l'objet du thème qui suit :

Thème 4 : Nouveaux challenges méthodologiques. Au-delà des questions méthodologiques discutées dans les Thèmes 1 à 3, qui visent à définir un cadre relativement standard dans le traitement mathématique de questions biomédicales, des questions nouvelles se sont posées ces dernières années. Pour répondre à ces questions, il faudra développer de nouvelles approches et de nouvelles façons de penser l'interaction entre mathématiques et sciences du vivant et de la santé. Deux points retiendront particulièrement l'attention du GDR : les choix de modélisation, et la prise en compte de nouvelles données issues de technologies émergentes.

Les choix de modélisation sont souvent inspirés par les approches développées en physique ou en chimie. Ces choix butent parfois sur la spécificité du vivant. Il apparaît alors nécessaire de développer des approches propres au vivant. Cela mène toutefois à des réflexions complexes. Comment définir et analyser un modèle hybride, ou multi-échelles ? Comment coupler modèles déterministes et stochastiques ? Mais aussi quelle place pour l'analyse asymptotique ? Quid de la modélisation de phénomènes transitoires ? Quels schémas numériques pour répondre à ces questions ? Autant de questions auxquelles des réponses *ad hoc* sont apportées à chaque nouvelle collaboration, et que le GDR se propose de discuter collectivement.

Les récentes innovations méthodologiques réalisées en mathématiques ont eu lieu alors même que de nombreux développements techniques ou technologiques affectaient la pratique de la biologie et le domaine de la santé. Cela a généré de nouvelles données, ou plus précisément de nouveaux types de données, dont il faut tenir compte dans le développement de modèles mathématiques, et qu'il faut parvenir à analyser ou intégrer. Il s'agit par exemple d'analyse de données en cellules uniques, du traitement de données en grande dimension, d'intégration de mesures extrêmement précises, de l'identification de structures sur des images, de simulations de dynamiques biomécaniques, etc.

Ces questions sont devenues récurrentes durant les dernières années et mobilisent de nombreux travaux de recherche. Bien que liées aux questions posées dans les Thèmes 1 à 3, ces questions nécessitent un travail interdisciplinaire approfondi afin de proposer des méthodologies nouvelles lorsque cela s'avère nécessaire, et adaptées à des problématiques récentes. Elles impliquent souvent différents champs disciplinaires, et se retrouvent donc à l'interface de différentes méthodologies. Afin de répondre à ces problématiques, le GDR travaillera à faciliter les discussions et les mises en contact de chercheuses et chercheurs compétent.e.s.

Un dernier thème scientifique sera discuté dans le GDR : il concerne les sciences humaines et sociales. De nombreuses questions biomédicales requièrent – parfois de manière obligatoire – une approche sociétale, et de plus en plus les interactions entre mathématiques et sciences

du vivant et de la santé requièrent la prise en compte de considérations sociales et humaines². La récente crise liée au covid-19 a mis en avant l'impact de décisions prises sur la base de simulations et leur conséquences sociales, mais aussi la difficulté de prendre en compte des aspects sociaux et humains dans les modélisations mathématiques, soulignant la nécessité de développer les interfaces avec les sciences humaines et sociales, ou sciences des humanités. Ces interactions, dans le cadre de la modélisation en santé et sciences du vivant, représenteront un enjeu d'ouverture pour ce GDR. En conséquence, un thème scientifique y sera dédié, avec pour objectifs d'identifier des interlocuteurs et faire émerger des questionnements communs :

Thème 5 : Biomathématiques et sciences humaines et sociales. De nombreuses questions biomédicales requièrent une approche sociétale, tant pour évaluer des problématiques éthiques que l'impact social de recherches, ou encore avoir un point de vue philosophique sur un objet ou une méthode scientifique. Les interactions entre mathématiques et sciences sociales existent (*e.g.*, modélisation des mouvements de foules, ou de la diffusion d'opinions), tout en restant marginales. Les mathématiques sont donc certainement restées relativement éloignées de ces changements récents en sciences du vivant et santé, et les collaborations dans ce domaine ont été peu ou pas affectées.

Toutefois, plusieurs appels à projets (agences de santé, ERC) demandent explicitement une composante ou un partenaire en sciences sociales. À l'interface avec les sciences du vivant et la santé ces questions deviennent donc de plus en plus présentes. La récente crise liée au covid-19 a mis en avant l'impact de décisions prises sur la base de simulations et leur conséquences sociales, soulignant la nécessité de développer les interfaces avec les sciences humaines et sociales, ou sciences des humanités.

L'ouverture à ces disciplines, dans le cadre de la modélisation en santé et sciences du vivant, apparaît inévitable, et certains membres du GDR la pratiquent déjà. Il n'est cependant pas évident d'ajouter une nouvelle dimension à un projet interdisciplinaire, d'autant plus quand l'interaction principale (ici mathématiques et sciences du vivant/santé) pose encore de nombreuses questions (cf. Thèmes 1 à 4). Interagir avec des chercheuses et chercheurs en sciences sociales nécessite, comme dans toute collaboration interdisciplinaire, de se familiariser avec le langage, les méthodes, et les approches propres à l'autre discipline.

Le GDR souhaite, à travers cet axe scientifique prospectif, identifier des interlocutrices et interlocuteurs en sciences des humanités, faire émerger des questionnements communs ou complémentaires, mais aussi familiariser ses membres avec des réflexions et des pratiques différentes, afin de répondre au mieux aux enjeux sociaux à venir.

4.3 Modes d'actions

Plusieurs actions, s'inscrivant dans des temps différents, seront mises en place pour animer le GDR.

L'organisation de journées annuelles du GDR sera l'occasion, pour la communauté, de discuter les Thèmes scientifiques mentionnés ci-dessus – et bien sûr toute question qui se poserait dans les prochaines années – et d'écouter des chercheuses et chercheurs, expérimenté.e.s et jeunes, représentant différentes sensibilités mathématiques, et d'échanger avec elles et eux. Chaque thème scientifique identifié dans la section précédente sera mis à l'honneur, avec au minimum un thème par journée du GDR (mais potentiellement plusieurs thèmes par journée).

Le financement ou co-financement d'écoles communes aux approches déterministes, probabilistes, statistiques permettra également de développer les réseaux des jeunes chercheuses et jeunes chercheurs, facilitant les interactions futures et contribuant à structurer la communauté.

2. À titre d'exemples, les questions suivantes sont étudiées par plusieurs membres du GDR : intégration de comportements humains dans des modèles d'épidémiologie, acceptabilité de protocoles cliniques, questions éthiques lors de l'acquisition expérimentale ou clinique, perception de la biodiversité en milieu urbain, etc.

La création d'un annuaire de la communauté, hébergé sur le site web du GDR, sera également envisagée : cela permettrait d'identifier les membres de la communauté tout en permettant des contacts facilités entre membres de cette communauté. On peut noter que la communauté "modélisation mathématique en santé et sciences du vivant", en plus d'être hétérogène scientifiquement, est également très diverse géographiquement : on trouve des groupes de plusieurs personnes dans certains laboratoires mais aussi des chercheuses et chercheurs plutôt isolés dans d'autres³. Les raisons sont multiples (taille du laboratoire, de la communauté scientifique locale, distance aux autres centres universitaires, etc.) mais la communauté est structurée ainsi, comme le montre la liste des participantes et participants (Section 8). Le GDR a pour objectif, en structurant la communauté, de trouver des contacts pour les chercheuses et chercheurs isolé.e.s.

5 Liens avec d'autres GDR et Structures

5.1 GDR soutenus par l'INSMI

L'INSMI soutient actuellement 2 groupements de recherches ayant des liens avec cette proposition. Je précise m'appuyer sur la liste des GDR mise à jour en octobre 2020 sur le site de l'INSMI.

GDR "Statistiques et Santé". Dirigé par Nicolas Savy, et prochainement par Philippe Saint Pierre (Université Paul Sabatier, Toulouse), ce GDR concerne de très nombreuses équipes de recherche en France, équipes de mathématiciennes et mathématiciens mais également unités Inserm (biostatistique, recherche clinique, etc.). Faisant le constat d'un manque de lien entre ces différentes communautés, et l'impact potentiellement négatif que cela peut avoir en particulier sur les doctorants, la direction de ce GDR souligne également la complémentarité de ces équipes et les retombées positives qu'auraient des collaborations.

Ce GDR s'adresse à une communauté plus restreinte que celle visée par le GDR MathSAV, mais en revanche bien structurée : les biostatisticiennes et biostatisticiens interagissent depuis longtemps avec les communautés biomédicales et sont associé.e.s depuis longtemps à la communauté bioinformatique française. Pour cette raison peut-être, souvent biostatisticiennes et biostatisticiens ne sont pas inclus.es dans la communauté "modélisation mathématique en santé et sciences du vivant". Le GDR MathSAV ayant vocation à structurer une communauté large et inclure des compétences et profils divers, un effort sera fait afin de tisser des liens avec le GDR "Statistiques et Santé" pour, notamment, que les informations diffusent aux membres des deux GDR (une discussion avec Philippe Saint-Pierre a déjà acté ce point). L'inclusion dans le CS du GDR MathSAV de biostatisticienne et biostatisticien (Maud Delattre, Pierre Neuvial, Guillem Rigaill) favorisera le rapprochement avec cette communauté.

GDR "Mathématiques de l'Imagerie et de ses Applications". Dirigé par François Aujol (Institut de Mathématiques de Bordeaux), et prochainement par Julie Delon (MAP5), ce GDR pluridisciplinaire a pour objectif de favoriser l'émergence de nouvelles méthodes mathématiques en imagerie. En cela, il s'inscrit dans l'interaction avec des disciplines biomédicales (imagerie médicale, neurosciences, etc.) et de nombreux membres du GDR pourraient être intéressé.e.s par les thématiques du GDR MathSAV.

Les membres de ce GDR qui le souhaiteraient seront invités à participer à la vie du GDR MathSAV, notamment par une diffusion réciproques des informations, mais aussi en invitant des membres de ce GDR à présenter lors des journées du GDR MathSAV. Cela représentera un moyen efficace de souligner les points communs entre les deux GDR et l'intérêt d'un rapprochement. Julie Delon, future directrice du GDR MIA, est d'accord pour travailler dans cette

3. Il y a en moyenne 7 personnes dans chacun.e des 66 laboratoires ou équipes associé.e.s au GDR, avec de fortes disparités : 7 équipes avec plus de 15 membres permanents, et 16 équipes avec moins de 3 membres permanents.

direction commune. Il est toutefois notable que le GDR “Mathématiques de l’Imagerie et de ses Applications” est centré sur le développement de méthodes ce qui n’est pas le cas du GDR MathSAV, et son activité ne se restreint pas aux applications biomédicales (en l’occurrence, celles-ci n’apparaissent pas dans le projet du futur GDR).

Au-delà de l’INSMI, des GDR soutenus par d’autres instituts ont des thématiques proches de celle du GDR MathSAV.

5.2 GDR soutenus par l’INS2I, l’INSB, et l’INEE

GDR 3003 “Bioinformatique Moléculaire” (BIM), INS2I. Ce GDR couvre l’ensemble des approches de bioinformatique, biologie structurale, biologie des systèmes, évolution phénotypique, et biostatistiques pour l’analyse de données omiques. Le GDR BIM co-organise avec la Société Française de Bio-Informatique (SFBI) la conférence JOBIM, événement national rassemblant la communauté bioinformatique, et se structure en 6 groupes de travail dont les groupes de travail BIOSS (biologie systémique symbolique) et Statomique (statistique pour l’analyse de données à haut débit).

Les périmètres scientifiques du GDR BIM et du GDR MathSAV sont globalement distincts, et l’enjeu sera de faire discuter les deux communautés. Objectivement, c’est déjà le cas, mais souvent dans des cadres informels ou par proximité géographique. L’invitation de membres du GDR BIM lors des journées du GDR MathSAV, en particulier des membres impliqués dans les groupes de travail BIOSS et Statomique, dont les activités sont proches de thématiques étudiées dans MathSAV, représente un moyen de favoriser les communications entre les deux GDR. Anne Siegel, membre du CS du GDR MathSAV, est également co-responsable du groupe de travail BIOSS. Guillem Rigaill, directeur adjoint du GDR BIM, a accepté de rejoindre le comité scientifique du GDR MathSAV, afin d’y représenter le GDR BIM.

GDR 3699 “Biologie de Synthèse et des Systèmes” (BioSynSym), INSB. Créé en 2015, ce GDR est un lieu privilégié d’échanges entre toutes les équipes françaises travaillant sur la biologie de synthèse et la biologie des systèmes. Ces axes de recherche regroupent thèmes et outils développés dans une approche multidisciplinaire de la biologie, en interaction constante avec d’autres disciplines scientifiques dont les mathématiques. Les liens avec cette communauté existent déjà et sont même assez nombreux, plusieurs collaborations de mathématiciennes et mathématiciens se font avec des membres du GDR BioSynSym. En ce sens, certaines thématiques et leurs représentantes et représentants ont toute leur place dans le GDR MathSAV. Le GDR MathSAV s’efforcera donc, à l’occasion de ses journées annuelles, d’inviter des membres du GDR BioSynSym, et encouragera également ses membres à s’inscrire à la liste de diffusion du GDR.

GDR 2108 “Approches quantitatives du vivant” (AQV), INSB. Ce GDR est en cours de création, il n’a pas été possible d’accéder au projet scientifique. Toutefois, ce GDR sera dirigé par Marc Lefranc, physicien à Lille, et il est donc assez facile d’imaginer que de nombreuses modélisatrices et nombreux modélisateurs travaillant sur les sciences du vivant participeront à ce GDR. Comme pour le GDR BioSynSym, le GDR MathSAV s’efforcera donc d’inviter des membres du GDR AQV lors des journées annuelles et encouragera ses membres à s’inscrire à la liste de diffusion du GDR.

L’Institut Ecologie et Environnement du CNRS (INEE) soutient deux GDR aux activités complémentaires :

GDR 3645 “Ecologie Statistique” (EcoStat), INEE, créé en 2014, ce GDR propose des actions visant à fédérer les scientifiques intéressés par le développement et l’application de méthodes et d’outils statistiques pour répondre aux questions de l’écologie et de la biologie

évolutive. Il facilite le transfert de connaissances et les échanges entre biologistes de l'évolution, écologues et statisticiens afin d'améliorer l'analyse et le traitement des données biologiques ;

GDR 3762 “Théorie et Modélisation de la Biodiversité” (TheoMoDive), INEE, ce GDR vise à doter la communauté scientifique française d'une structure commune permettant de confronter les approches et coordonner les efforts de recherche des différentes équipes travaillant sur la biodiversité afin d'établir connaissances théoriques fondamentales et modèles prédictifs des changements de biodiversité et de leurs conséquences écologiques et sociétales.

Le thème central de ces GDR, l'écologie, la biologie évolutive, est fortement représenté dans le GDR MathSAV, et de nombreux membres du GDR sont impliqués dans EcoStat et TheoMoDive. Le CMAP est par exemple laboratoire participant dans EcoStat et TheoMoDive. Au moins 8 équipes sont membres d'EcoStat (des équipes d'AgroParisTech, Bordeaux, Grenoble, Montpellier, Orsay, Paris, Pau, Rennes). Les liens entre le GDR MathSAV et ces deux GDR sont donc évidents, et ne nécessitent probablement pas l'ajout d'une structure pour être renforcés. Toutefois, la thématique des GDR EcoStat et TheoMoDive impliquant de nombreux membres de MathSAV il sera important de soutenir les interactions entre ces GDR et MathSAV, *via* le co-financement d'événements scientifiques par exemple.

6 Activités Scientifiques et Budget

Le GDR MathSAV animera la vie de la communauté en organisant des activités scientifiques. En plus des activités listées ci-dessous, nous souhaitons mentionner que la création de groupes de travail dédiés à des problématiques spécifiques sera envisagée et discutée par le comité scientifique, notamment dans le cadre d'un rapprochement avec le GT MABIOME de la SMAI. Cela pourra notamment dépendre de la pérennité du GDR, car la création de groupes de travail n'a de sens que si elle s'inscrit dans une certaine durée, en raison de l'implication que nécessite l'animation des groupes de travail.

Organisation d'une journée annuelle. La structuration d'une communauté et le sentiment d'appartenance de ses membres à cette communauté passent par un rendez-vous régulier permettant des échanges scientifiques. Pour cette raison, le GDR, à travers sa direction et son comité scientifique, mettra en place un événement annuel, d'une ou deux journées maximum, sur le modèle par exemple du CANum (mais en plus léger et moins de participants). L'organisation se fera localement, et sera prise en charge par des membres locaux du GDR.

La mise en place de cet événement se fera en concertation avec le GT MABIOME de la SMAI, afin que l'organisation de cette conférence s'inscrive dans une démarche pérenne. L'objectif sera de mettre en place un comité scientifique et/ou de pilotage à même de proposer aux comités d'organisation un fonctionnement simple et facilement reproductible d'année en année. Le GDR MAMOVl a organisé par deux fois un tel événement et le GDR MathSAV consacrera l'énergie nécessaire à la pérennisation de cette activité.

Organisation de sessions lors de conférences. Plusieurs conférences, nationales ou internationales, récurrentes ou pas, incluent dans leur programmation scientifique des sessions dédiées à la modélisation mathématique en santé et/ou sciences du vivant. En tant qu'acteur du domaine, le GDR MathSAV aura vocation à soutenir ces sessions, de façon raisonnable et ciblée, en privilégiant les événements récurrents. Afin d'inscrire ce soutien dans les objectifs du GDR (Section 2), un soutien aux jeunes chercheuses et chercheurs de la communauté sera privilégié, en prenant en charge partiellement ou totalement les missions des doctorantes, doctorants, et jeunes post-doctorantes et post-doctorants. L'avis du comité scientifique du GDR sera bien entendu demandé et pris en compte pour ces questions.

Diffusion de l'information. En lien avec l'objectif numéro 1 du GDR (cf. Section 2), la diffusion d'informations scientifiques par les membres du GDR vers les membres du GDR sera

un axe fort de l'activité du GDR. La liste de diffusion sera l'outil privilégié pour cela, cependant le site web représentera également une vitrine pour la communauté et reprendra donc toutes les informations scientifiques pertinentes. Le site web pourrait également permettre, via un formulaire dédié qu'il faudra implémenter, de demander un financement pour participer ou organiser un événement scientifique. Le directeur du GDR animera le site web, qui sera hébergé par la PLM.

Budget Annuel Prévisionnel. Le budget annuel s'élève à 25 k€, répartis comme suit :

- Journée annuelle : 15 k€
- Soutien aux conférences, workshops, missions jeunes chercheuses et chercheurs : 10 k€

7 Comité Scientifique

Les personnes ci-dessous ont accepté de faire partie du Comité Scientifique du GDR si celui-ci devait être soutenu par l'INSMI :

Vincent Calvez Directeur de Recherches CNRS, Institut Camille Jordan UMR 5208, Lyon ;
Thèmes de recherche : EDP, Equations de réaction-diffusion, Traveling waves, Dynamiques évolutives, Ecologie.

Camille Coron Maître de conférences, Laboratoire de Mathématiques d'Orsay, Université Paris Sud ; Thèmes de Recherche : Probabilités et statistiques, Ecologie, Processus de naissance et mort.

Maud Delattre Chargée de Recherches INRAE, Jouy en Josas ; Thèmes de Recherche : Statistiques, Equations différentielles stochastiques, Données cliniques.

Céline Grandmont. Directrice de Recherches Inria, CRI de Paris, Paris ; Thèmes de recherche : Modélisation mathématique, Analyse numérique et mathématique d'EDP, Interactions fluide-structure, Système fluide-particules, Système respiratoire.

Florence Hubert Professeur, Institut de Mathématiques de Marseille, Marseille ; co-responsable du GT MABIOME de la SMAI ; Thèmes de Recherche : Schémas numériques, Décomposition de domaine, Cancérologie, Migration cellulaire.

Thomas Lepoutre Chargé de Recherches Inria, CRI de Lyon, Lyon ; Thèmes de recherche : Analyse des EDP, modélisation en biologie.

Pierre Neuvial Chargé de Recherches CNRS, Institut de Mathématiques de Toulouse UMR 5219, Toulouse ; Thèmes de Recherche : Méthodes statistiques pour l'analyse de données génomiques, Tests multiples, Inférence post sélection de modèles, Reproductibilité des résultats scientifiques.

Clair Poignard Directeur de Recherches Inria, CRI Bordeaux Sud-Ouest, Bordeaux ; Thèmes de recherche : Analyse asymptotique, Electromagnétisme, Modélisation en cancérologie, Electroporation et cancer, Migration cellulaire.

Magali Ribot. Professeur, Institut Denis Poisson UMR 7013, Orléans ; co-responsable du GT MABIOME de la SMAI ; Thèmes de recherche : Modélisation pour la biologie, Analyse numérique des équations aux dérivées partielles, Analyse des équations aux dérivées partielles.

Guillem Rigai Chargé de Recherches INRAE, Laboratoire de Mathématiques et Modélisation d'Évry UMR 8071 ; Thèmes de recherche : Modèles et méthodes biostatistiques, Données haut débit, Biologie moléculaire, Bioinformatique.

Stéphanie Salmon Professeur, Laboratoire de Mathématiques de Reims UMR 9008, Reims ; Thèmes de Recherche : Analyse numérique, Calcul scientifique, Ecoulements sanguins.

Anne Siegel. Directrice de Recherches CNRS, IRISA UMR 6074, Rennes ; Thèmes de recherche : Systèmes dynamiques symboliques, Méthodes symboliques, Mathématiques discrètes, Bioinformatique.

Amandine Veber Directrice de Recherches CNRS, MAP5 UMR 8145, Paris ; Thèmes de Recherche : Probabilités, Processus aléatoires, Génétique des populations

La composition de ce Comité Scientifique respecte la parité femmes-hommes (8 femmes, 5 hommes), ainsi qu'un équilibre entre représentant.e.s de laboratoires parisiens et lyonnais (7) et hors régions parisiennes et lyonnaises (6).

8 Liste des Participantes et Participants

Les équipes et collègues mentionnés ci-dessous ont accepté de participer au futur GDR. Le nombre de participant.e.s étant élevé (un peu plus de 450 permanents et 66 équipes ou laboratoires), seuls les membres permanents sont indiqués.

8.1 Laboratoires de Mathématiques

Centre Borelli, ENS Paris Saclay

Rémi Tesson (correspondant), Pierre Saurel, Thomas Alazard, Laurent Oudre

Centre de Mathématiques Appliquées, Ecole Polytechnique

Vincent Bansaye (correspondant), Carl Graham, Marc Lavielle, Sylvie Méléard, Gael Raoul

CEREMADE, Université Paris Dauphine

Emeric Bouin (correspondant), Jean Dolbeault, Amic Frouvelle, Marc Hoffmann, Stéphane Mischler, Vincent Rivoirard, Gabriel Turinici, Yannick Viossat

Institut Camille Jordan, Université de Lyon

Mostafa Adimy, Morgane Bergot, Samuel Bernard, Alexandre Boritchev, Charles-Edouard Bréhier, Vincent Calvez, Sorin Ciuperca, Yohann De Castro, Thibault Espinasse, Léo Girardin, Hélène Hivert, Thomas Lepoutre (correspondant), Martine Marion, Philippe Michel, Grigori Panasenko, Laetitia Paoli, Laurent Pujo-Menjouet, Léon Tine, Vitaly Volpert

Institut de Mathématiques de Bordeaux, Université de Bordeaux

Bedreddine Ainseba, Frédéric Barraquand, Mostafa Bendahmane, Jean-Baptiste Burie, Annabelle Collin, Yves Coudière, Christèle Etchegaray (correspondante), Michaël Leguèbe, Pierre Magal, Clair Poignard, Mark Potse, Olivier Saut, Franck Sueur, Lisl Weynans, Nejib Zemzemi

Institut de Mathématiques de Bourgogne, Université de Bourgogne

Xavier Dupuis (correspondant), Hervé Cardot, Abdessamad Barbara, Pierre-Yves Louis, Franz Chouly

Institut de Mathématiques de Marseille, Aix-Marseille Université

Assia Benabdallah, Claudine Chaouiya, Guillemette Chapuisat, Eric Faure, Baddih Ghattas, Christophe Gomez, François Hamel, Florence Hubert (correspondante), Romain Hug, Michael Kopp, Julien Olivier, Etienne Pardoux, Elisabeth Rémy, Kay Schneider, Laurent Tichit, Magali Tournus

Institut de Mathématiques de Toulouse, Universités Toulouse 1, 2, 3 et INSA

Manon Costa, Fanny Delebecque, Grégory Faye (correspondant), Jérôme Fehrenbach, Francis Filbet, Philippe Laurençot, Pascal Maillard, Olivier Mazet, Sabine Mercier, Sepideh Mirrahimi, Ariane Trescases

Institut de Mathématiques d'Orsay, Université Paris-Saclay

Camille Coron (correspondante), Astrid Decoene, Danielle Hilhorst, Jean Baptiste Lagaert, Bertrand Maury

Institut Denis Poisson, Université d'Orléans et Université de Tours

Romain Abraham, Boris Andreianov, Julien Barré, Athanasios Batakis, Nils Berglund, Cécile Carrère, Emmanuel Chasseigne, Didier Chauveau, Stephane Cordier, Diarra Fall, Christine Georgelin, Michèle Grillot, Philippe Grillot, Guillaume Havard, Sophie Jacquot, François James, Cécile Louchet, Carine Lucas, Sten Madec (correspondant), Florent Malrieu, Simona Mancini, Stam Nicolis, Marc Peigné, Vincent Perrollaz, Kilian Raschel, Magali Ribot, Romain Yvinec, Marguerite Zani

Institut de Recherche Mathématique Avancée, Université de Strasbourg

Vincent Chabannes, Laurent Navoret (correspondant), Christophe Pouzat, Yannick Privat, Christophe Prud'homme

Institut de Recherche Mathématiques de Rennes, Université de Rennes 1

Nathalie Krell (correspondante), Fabrice Mahé, Eric Darrigrand, François Coquet, Hélène Guérin

Institut Elie Cartan de Lorraine, Université de Lorraine

Éliane Albuissou, Matthieu Barrandon, Nicolas Champagnat (correspondant), Sandie Ferrigno, Coralie Fritsch, Anne Gegout-Petit, Thomas Giletti, Antoine Henrot, Ulysse Herbach, Abderrahman Igdir, Angelo Efoévi Koudou, Jean-Marie Monnez, Aurélie Muller-Gueudin, Joseph Ngatchou-Wandji, Gauthier Sallet, Bruno Scherrer, Édouard Strickler, Pierre Vallois, Denis Villemonais, Sophie Wantz-Mézières

Institut Fourier, Université Grenoble Alpes

Loren Coquille (correspondante), Didier Piau, Charline Smadi

Institut Montpellierain Alexander Grothendieck, Université de Montpellier

Bertrand Cloez, Benoîte De Saporta (correspondante), Sonia Khier, Solym Manou-Abi, Jean-Michel Marin, Simon Mendes, Chiraz Trabelsi

IRIMAS, Université Haute-Alsace

Cornel Murea (correspondant), Zakaria Belhachmi

Laboratoire Analyse, Géométrie et Applications, Université Sorbonne Paris Nord

Linda El Alaoui, Olivier Lafitte, Jiaping Wang, John Chaussard, Sébastien Li Thiao Te, Vuk Milisic (correspondant), Julien Barral, Hatem Zaag, Marion Darbas, Bastien Mallein, Nicolas Vauchelet, Clément Foucart, Laurent Tournier, Thomas Duyckaer

Laboratoire Angevin de Recherche en Mathématiques, Université d'Angers

Fabien Panloup (correspondant), Frédéric Proia

Laboratoire d'Analyse et de Mathématiques Appliquées, Université Gustave Eiffel

Sara Brofferio, Raphaël Danchin, Christophe Denis, Arnaud Le Ny, Miguel Martinez, Sophie Penisson, Viet Chi Tran (correspondant)

Laboratoire de Mathématiques Appliquées de Pau, Université de Pau

Gilles Carbou (correspondant), Benoît Liquet, Christian Paroissin, Philippe Poncet, Guy Vallet

Laboratoire de Mathématiques Appliquées du Havre, Université du Havre

Aziz Alaoui, Benjamin Ambrosio, Nathalie Corson, Arnaud Ducrot (correspondant), Rabah Labbas, Valentina Lanza, David Manceau, Nathalie Verdier, Adnan Yassine

Laboratoire de Mathématiques Blaise Pascal, Université Clermont Auvergne

Azzaoui Nourddine, Bichon Julien (responsable), Cindea Nicolae, Chupin Laurent, Druihet Pierre, Grollemund Paul-Marie, Guillin Arnaud, Serlet Laurent, Yao Anne-Françoise

Laboratoire de Mathématiques d'Avignon, Université d'Avignon

Céline Lacaux (correspondante)

Laboratoire de Mathématiques de Besançon, Université de Franche Comté

Bastien Polizzi (correspondant), Ralucca Eftimie, Carlotta Donadello, Jean-Jil Duchamps, Julien Yves Rolland

Laboratoire de Mathématiques de Reims, Université de Reims

Philippe Regnault, Stephanie Lohrengel-Lefèvre, Stéphanie Salmon (correspondante)

Laboratoire de Mathématiques de Versailles, Université de Versailles

Tahar Boulmezaoud, Laurent Dumas, Pierre Gabriel (correspondant), Otared Kavian

Laboratoire de Mathématiques et Applications, Université de Poitiers

Hermine Biermé, Julien Dambrine (correspondant), Alain Miranville, Madalina Petcu, Morgan Pierre, Cécile Taing

Laboratoire de Mathématiques Jean Leray, Université de Nantes

Christophe Berthon, Marianne Bessemoulin (correspondante), Lise Bellanger, Abdeljalil Nachaoui, Mazen Saad, Aymeric Stamm

Laboratoire de Mathématiques Nicolas Oresme, Université de Caen Normandie

Leonardo Baffico (correspondant), Nour Seloula

Laboratoire de Mathématiques Raphaël Salem, Université de Rouen Normandie

Alfaro Matthieu (correspondant), Barbu Vlad, El Abdalaoui El Houcein, Glangetas Léo

Laboratoire de Mathématiques, Université Savoie Mont Blanc

Didier Bresch, Jimmy Garnier (correspondant), Stéphane Gerbi

Laboratoire de Probabilités, Statistique et Modélisation, Sorbonne Université

Julien Berestycki, Charles Billon, Anna Bonnet, Olivier Bouaziz, Charlotte Dion, Bastien Fernandez, Giambattista Giacomini, Svetlana Gribkova, Amaury Lambert, Catherine Larédo, Catherine Matias, Grégory Nuel (correspondant), Todd Parsons, Etienne Roquain, Emmanuel Schertzer, Michèle Thieullen, Annick Valibouze, Fanny Villers

Laboratoire Jacques-Louis Lions, Sorbonne Université

Yves Achdou, Luis Almeida, Chloé Audebert, Pierre-Alexandre Bliman, Laurent Boudin, Muriel Boulakia, Yves Capdeboscq, Jean Clairambault, Albert Cohen, Jean-Michel Coron, Marie Doumic, Dirk Drasdo, Miguel Fernandez, Jean-Pierre Francoise, Pascal Frey, Vivette Girault, Céline Grandmont, Sergio Guerrero, Alain Haraux, Frédéric Hecht, François Jouve, Sidi Mahmoud Kaber, Damiano Lombardi, Camille Laurent, Hervé Le Dret, Yvon Maday, Ayman Moussa (correspondant), François Murat, Grégoire Nadin, Frédéric Nataf, Benoît Perthame, Diane Peurichard, Olivier Pironneau, Marie Postel, Nastassia Pouradier-Duteil, Philippe Robert, Benoît Sarels, Fabien Vergnet, Marina Vi-drascu

Laboratoire J.A. Dieudonné, Université Côte d'Azur

Charles Bouveyron, Rémi Catellier, Yves D'Angelo, Stéphane Descombes (correspondant), Elena Di Bernardino, Simon Girel, Claire Guerrier, Thierry Goudon, Benjamin Mauroy, Laurent Monasse, Olivier Pantz, Elisabeth Pécou, Patricia Reynaud-Bouret

Laboratoire Jean Kuntzmann, Université Grenoble Alpes

Sophie Achard, Adeline Leclercq Samson, Julien Chevallier (correspondant)

Laboratoire MAP5, Université de Paris

Flora Alarcon, Etienne Birmelé, Antoine Chambaz, Fabienne Comte, Fabien Crauste (correspondant), Nathalie Eisenbaum, Joan Glaunès, Bérénice Grec, Irène Kaltenmark, Eric Luçon, Sébastien Martin, Lionel Moisan, Marie Perrot, Camille Pouchol, Annie Raoult, Ellen Saada, Marcela Szopos, Jean-Christophe Thalabard, Amandine Véber

Laboratoire Mathématiques Image Applications, La Rochelle Université

Michel Berthier, Catherine Choquet (correspondante), Renaud Péteri

Laboratoire Paul Painlevé, Université de Lille

Stephan de Bièvre, Gwenaelle Castellan, Olivier Goubet, Laurence Marsalle, Alexandre Mouton, Thomas Rey (correspondant)

LAMFA, Université de Picardie Jules Verne

Vivien Desveaux, Mohammed Guedda, Hervé le Meur, Youcef Mammeri (correspondant), Frédéric Paccaut

LaMME, Université d'Evry Val d'Essone

Lucilla Corrias (correspondante), Pierre-Gilles Lemarie-Rieusset, Julia Matos, Nicolas Meunier, Alexandre Vidal

MICS, CentraleSupElec

Stergios Christodoulidis, Paul-Henry Cournède, Kaniav Kamary, Pauline Laffitte, Sarah Lemler (correspondante), Véronique Letort, Maria Vakalopoulou

Unité de Mathématiques Pures et Appliquées, ENS de Lyon

David Coulette, Emmanuel Grenier, Hélène Leman (correspondante), Alexei Tsygvintsev, Paul Vigneaux

8.2 Equipes Projet Inria hors laboratoires Insmi

On peut noter que de nombreuses EPI n'apparaissent pas dans cette rubrique car leurs membres sont déjà mentionnés dans les laboratoires de rattachement ci-dessus (9 équipes, en plus des 11 ci-dessous).

BIOCORE, Centre Inria Sophia Antipolis Méditerranée

Valentina Baldazzi, Olivier Bernard, Madalena Chaves, Jean-Luc Gouzé, Frédéric Grogard, Ludovic Mailleret, Suzanne Touzeau (correspondante)

COMMANDS, Centre Inria Saclay Île de France

Joseph-Frédéric Bonnans (correspondant)

COMPO, Centre Inria Sophia Antipolis - Méditerranée

Dominique Barbolosi, Sébastien Benzekry (correspondant), Joseph Ciccolini, Florence Gattacceca, Anne Rodallec

DISCO, Centre Inria Saclay Île-de-France

Catherine Bonnet, Islam Boussaada, Guilherme Mazanti (correspondant), Frédéric Mazenc, Silviu-Iulian Niculescu

IBIS, Centre Inria Grenoble Rhône-Alpes

Eugenio Cinquemani, Hidde de Jong (correspondant), Johannes Geiselman, Aline Marguet, Delphine Ropers

INBIO, Centre Inria Saclay Île-de-France

Jacok Ruess (correspondant)

LIFEWARE, Centre Inria Saclay Île-de-France

François Fages (correspondant), Aurelien Naldi, Sylvain Soliman

MEDISIM, Centre Inria Saclay Île-de-France

Dominique Chapelle, Sébastien Imperiale, Philippe Moireau (correspondant)

MOSAIC, Centre Inria Grenoble Rhône-Alpes

Olivier Ali, Romain Azais, Guillaume Cerutti, Jonathan Legrand, Christophe Godin (correspondant)

MUSCA, Centre Inria Saclay Île de France

Frédérique Clément (correspondante), Pascale Crépieux, Frédéric Jean-Alphonse, Béatrice Laroche, Anne Poupon, Éric Reiter, Romain Yvinec

SISTM, Centre Inria Bordeaux Sud Ouest

Boris Hejblum, Mélanie Prague (correspondante), Laura Richert, Rodolphe Thiébaud, Linda Wittkop

8.3 INRAE

BioSP, UR 546

Jérôme Coville, Raphaël Forien, Lionel Roques (correspondant)

BIOS, UMR 0085

Pascale Crépieux, Frederic Jean-Alphonse, Lucie Pelissier, Anne Poupon, Eric Reiter, Romain Yvinec (correspondant)

MaIAGE, UR 1404

Béatrice Laroche, Elisabeta Vergu, Gildas Mazo, Olivier David, Estelle Kuhn, Patrick Hoscheit, Maud Delattre (correspondante), Florence Carpentier, Mahendra Mariadassou

MIA-Paris, UMR 518 AgroParisTech, INRAE, Université Paris-Saclay

Julie Aubert, Julien Chiquet, Sophie Donnet, Céline Lévy-Leduc, Marie-Laure Martin-Magnette, Sarah Ouadah (correspondante), Stéphane Robin, Laure Sansonnet

8.4 Equipes CNRS hors INSMI et équipes Inserm

Cancer Systems Pharmacology team, UMR 900 INSERM, PSL University

Annabelle Ballesta (correspondante)

Chrono-Environnement UMR 6249, CNRS et Université de Franche Comté

Eve Afonso, François Gillet, Antoine Perasso (correspondant), Francis Raoul

Écologie et évolution des réseaux d'interaction (EERI), IEES Paris

Florence Débarre (correspondante), Tom Van Dooren

Equipe Physical Biology of Chromatin, ENS de Lyon

Jean-Michel Arbona, Daniel Jost (correspondant)

Equipe Systems Biology of Decision Making, ENS de Lyon

Christophe Arpin, Olivier Gandrillon (correspondant), Franck Picard

Laboratoire TIMC-IMAG, Université Grenoble Alpes

Dominique Bicout, Arnaud Chauvière (correspondant), Ibrahim Cheddadi, Eric Fanchon, Julie Fontecave Jallon, Nicolas Glade, Virginie Mournetas, Pascal Petit, Angélique Stephanou

Laboratoire de Biométrie - Biologie Evolutive UMR 5558, Université de Lyon

Sandrine Charles (correspondante), Christelle Lopes [Equipe : Modélisation et Écotoxicologie PrédictiveS], Sylvain Mousset [Equipe : Sexe et Évolution]

Laboratoire de Biologie Computationnelle et Quantitative, Sorbonne Université

Chloé Audebert, Delphine Salort (correspondante)

Networks and Systems Biology for diseases, Marseille Medical Genetics U1251

Anaïs Baudot (correspondante)