

**CONSEIL SCIENTIFIQUE DE L'INSTITUT NATIONAL DES
SCIENCES MATHÉMATIQUES ET DE LEURS INTERACTIONS**

Rapport de prospective (Mandat 2014-2018)



INSMI

Recommandations principales

Parmi toutes les recommandations détaillées, faites au cours de ce rapport, nous avons extrait les 14 recommandations principales suivantes.

- (1) La défense des postes de chercheu-ses (et d'enseignant-es-chercheu-ses) doit rester une priorité absolue dans le contexte difficile actuel. Comme la recherche en mathématiques se fait principalement à l'Université, les évolutions de carrière vers l'Université après un passage au CNRS doivent faire l'objet d'une attention particulière pour maintenir un important flux de postes de jeunes chercheur-euses CNRS. Il convient de veiller à ce que ces départs vers l'enseignement supérieur bénéficient en premier lieu aux universités françaises plutôt qu'étrangères : en effet les départs vers l'étranger conduisent à des détachements qui ne participent pas au flux des entrants.
- (2) Dans la droite ligne du point précédent, la politique de délégation au bénéfice d'enseignant-es-chercheur-euses est fondamentale en mathématiques pour soutenir l'activité de recherche. Les évolutions récentes dans les politiques de site ne doivent pas conduire à une dégradation de la politique nationale des délégations en mathématiques.
- (3) Avec le développement des politiques de site, l'influence du CNRS et particulièrement de l'INSMI se dilue. Il serait bienvenu que les mathématicien-nes compensent cette dilution par une meilleure présence dans les diverses instances locales où se prennent les décisions qui les affectent. Ils-elles pourront ainsi y expliquer la politique nationale en mathématiques et comment elle peut rentrer en harmonie avec les contextes locaux divers et variés.
- (4) Il est important d'avoir des indicateurs pertinents sur les questions de parité et surtout de les alimenter en continu et de les publier dans la durée.
- (5) Il est triste de constater que les effectifs de collègues femmes en section CNU 25 vont diminuant alors qu'ils sont déjà très faibles. Il est important d'inverser cette tendance par une politique volontariste : cela va au delà des seuls recrutements et devrait s'appliquer à tous les moyens d'action disponibles (délégations, CRCT, accompagnement vers l'HDR, etc...).
- (6) Les interactions ne sont pas valorisées à leur juste valeur dans l'évolution des carrières. Il faut développer les postes CR croisés *entre instituts*, et étendre ces ouvertures aux postes de DR.
- (7) Il est important d'encourager davantage les expériences d'immersion dans un laboratoire d'une autre discipline (par exemple via des délégations de 6 ou 12 mois, spécifiques pour ceux-celles qui veulent aller dans un tel laboratoire).

- (8) La politique des appels à projets est très mal cadrée pour être efficace en mathématiques : le rapport 1213 de l'assemblée nationale (25 juillet 2018) dit que le temps passé aux appels à projets est trop grand par rapport au succès pour qu'il y ait utilité. Revenir, sur les panels de mathématiques, aux taux de succès du début de l'ANR (1/3) serait un grand progrès, alors que les taux récents du type 8% et leur caractère uniforme au travers des disciplines sont nuisibles au financement des mathématiques.
- (9) Dans la domaine de la politique internationale, les succès du passé nous semblent indiquer qu'une politique forte vers les pays émergents doit être soutenue, avec tout particulièrement une stratégie à développer en direction de l'Afrique.
- (10) Le CNRS joue un rôle important dans la vie de ses unités à travers la présence de ses personnels support et soutien. Le CNRS a bien sûr une politique globale de suivi et de formations de ses agents, néanmoins il serait souhaitable que l'INSMI ait sa propre démarche de suivi, et sensibilise systématiquement les unités sur la nécessité d'un tel suivi dans l'évolution des agents. Les laboratoires de mathématiques n'ont, en proportion d'autres disciplines, que peu de personnel ITA et donc moins d'habitudes établies de suivi de carrière. Il faut veiller à ce que, malgré ces effectifs moindres, les personnels ITA qui souhaitent évoluer tout en restant rattachés à l'INSMI le puissent.
- (11) Les métiers des fonctions de support à la recherche évoluent ; les besoins des laboratoires également. On le constate de façon évidente pour les bibliothèques et l'informatique de proximité. L'INSMI possède ses propres réseaux métier (RNBM, Mathrice), c'est une force et ils complètent ceux du CNRS ; ils doivent accompagner l'évolution des métiers et veiller à ce que l'on ne prenne pas de retard. Le développement d'un réseau plus formalisé pour les métiers de gestion financière et comptable pourrait, peut-être, être envisagé pour mieux encourager les échanges sur ces thèmes.
- (12) L'inquiétude grandit par rapport au devenir des bibliothèques de mathématiques : le CNRS doit réfléchir à leur évolution et celle de leurs personnels, et, sans doute, envisager de nouveaux usages et missions pour ces grands outils des mathématiques.
- (13) Il convient d'aller vers un modèle de publication adossé aux acteurs académiques ou à des institutions à but non lucratif, au plus près des coûts réels : soutien fort aux dépôts des prépublications sur HAL et/ou ArXiv, soumissions en priorité à des revues académiques. Plus généralement, il faut soutenir les initiatives éditoriales permettant aux mathématiciennes de retrouver une souveraineté sur le système de publications.
- (14) Pour évaluer une somme de travaux, il faut d'abord les lire plutôt que de se contenter de les compter : la bibliométrie ne doit pas se substituer au travail de relecture par les pairs.

Introduction

L'Institut national des sciences mathématiques et de leurs interactions (INSMI)

L'Institut national des sciences mathématiques et de leurs interactions est un institut du CNRS qui ne contient qu'une seule section, la section 41 : mathématiques. Mais il gère également des personnels qui sont recrutés dans d'autres sections, notamment via les Comités interdisciplinaires. On dénombre 400 chercheur-ses et 200 ITA en ressources propres.

Il n'existe que trois instituts au CNRS qui ont une portée nationale, dont l'INSMI. En ce sens l'INSMI soutient la recherche et les carrières de l'ensemble de la communauté des mathématiciennes et des personnels techniques et de soutien présents dans les laboratoires relevant de sa tutelle, notamment à l'international.

L'INSMI est construit sur un squelette de 100 structures. Ces structures possèdent la plupart du temps une double tutelle (avec des universités par exemple). Au 1er janvier 2019, ces 100 structures se répartissaient de la manière suivante :

- ◇ 41 Unités mixtes de recherche (UMR),
- ◇ 10 Unités mixtes internationales (UMI),
- ◇ 6 Unités mixtes de service (UMS),
- ◇ 1 Formation de recherche en évolution (FRE),
- ◇ 11 Fédérations de recherche (FR),
- ◇ 1 Équipe de recherche labélisée (ERL) ¹,
- ◇ 27 Groupements de recherche (GDR),
- ◇ 3 Groupements de service (GDS).

Rôle du Conseil scientifique de l'INSMI (CSI)

Le Conseil scientifique de l'INSMI rassemble des membres élus par la communauté et des membres nommés par la direction de l'INSMI. Il est dirigé par un bureau constitué d'un président, d'un secrétaire, et d'adjoints au président. Le conseil est également assisté d'un personnel de soutien faisant le lien avec l'INSMI. Il a pour mission de conseiller et d'assister par leurs avis et leurs recommandations le directeur d'institut de manière prospective sur la pertinence et l'opportunité des projets et des activités de l'institut. Il doit être consulté sur les points de divergence entre les avis des sections et les positions des instituts, constatés lors d'une réunion entre le directeur de l'institut, le président du CSI et les présidents de sections concernés. Il doit aussi être consulté sur la nomination de membres des jurys d'admission des chargés de recherche. Son rôle principal rassemble donc plusieurs points statutaires qui permettent la séparation des pouvoirs au sein de l'INSMI. Le Conseil scientifique de l'INSMI doit statuer sur les divergences entre la section 41 et l'institut dans les créations et suppressions des unités. L'INSMI n'étant constitué que d'une seule section, il n'existe généralement pas de divergence avec le conseil scientifique. Le conseil scientifique doit également valider la composition des jurys pour le recrutement et les commissions interdisciplinaires (CID) ². La composition suit des règles strictes, diverses et contraignantes qui rendent difficile la création de tels jurys.

1. Il s'agit de l'Institut des Hautes Études Scientifiques (IHES).

2. <http://www.cnrs.fr/comitenational/cid/intitcid.php>

En section 41, les jurys d'admission entérinent traditionnellement les classements du jury d'admissibilité : il convient de souligner que ce n'est pas une règle établie mais que cela traduit la bonne qualité des travaux en amont du jury d'admission. D'autres instituts fonctionnent de manière totalement différente. Il convient de maintenir un dialogue constant entre institut et section/jury d'admissibilité : l'institut doit expliciter clairement sa politique en matière de recrutement, lorsqu'il en a une, à la section, qui doit pouvoir l'entendre.

Au cours de son mandat, le Conseil scientifique de l'INSMI est habilité à émettre des recommandations, qui sont sa principale manière d'interagir avec les instances extérieures et les membres de la communauté. Les recommandations du Conseil scientifique peuvent être retrouvées sur le site du CNRS dans la partie dédiée à l'INSMI : <http://www.cnrs.fr/comitenational/csi/reco/insmi.htm>.

La dernière mission du Conseil scientifique d'institut est la rédaction d'un rapport de prospective. L'objectif de ce rapport est de fournir à la direction de l'institut des études approfondies de plusieurs points clefs qui pourront être utilisées lors des discussions avec la direction du CNRS.

Membres du Conseil scientifique de l'INSMI

Lors du mandat de 2014 à 2018, certains membres nommés ont été renouvelés.

Membres élus :

- ◇ Jean-Baptiste BARDET,
- ◇ Saïd EL MAMOUNI,
- ◇ Anne-Laure FOUGÈRES,
- ◇ Catherine GOLDSTEIN,
- ◇ Ludovic GOUDENÈGE,
- ◇ Cyril IMBERT,
- ◇ Arnaud LEJEUNE,
- ◇ Christine NOOT HUYGHE,
- ◇ Frédéric PATRAS,
- ◇ Fabrice PLANCHON,
- ◇ Bruno VALLETTE,
- ◇ Anna WOJCIECHOWSKA.

Membres nommés :

- ◇ Marie-Claude ARNAUD,
- ◇ Vincent CALVEZ,
- ◇ Albert COHEN,
- ◇ Romain DUJARDIN,
- ◇ Étienne GHYS,
- ◇ Laurence HALPERN,
- ◇ Frédéric HELEIN,
- ◇ Daniel HUYBRECHTS,
- ◇ Gérard LAUMON,
- ◇ Eva LÖCHERBACH,
- ◇ Violaine LOUVET,
- ◇ Anne PHILIPPE,
- ◇ Anne NOURI,
- ◇ Adeline SAMSON-LECLERQ,
- ◇ Sylvia SERFATY.

Invités permanents ou occasionnels

Au titre de la Direction de l'Institut national des sciences mathématiques et de leurs interactions :

- ◇ Pascal AUSCHER, Directeur d'institut (depuis 2018).
- ◇ Christoph SORGER, Directeur d'institut (jusqu'à 2018).
- ◇ Catherine MATIAS, DAS, chargée des unités de recherche (depuis 2017).
- ◇ Clotilde FERMANIAN KAMMERER, DAS, chargée des unités de recherche (jusqu'à 2017).
- ◇ Virginie BONNAILLIE-NOËL, DAS, chargée de la politique de site.
- ◇ Jean-Stéphane DHERSIN, DAS, chargé des actions internationales.
- ◇ Emmanuel ROYER, DAS, chargé des unités de services, de la formation, communication, diffusion et parité.
- ◇ Marine GUERIN, chargée d'étude Europe internationale.
- ◇ Zoubeir ZADVAT, Directeur Adjoint Administratif.

Invités de droit aux séances du Conseil Scientifique d'institut :

- ◇ Maria ESTEBAN GALARZA, Membre du Conseil scientifique,
- ◇ Valérie BERTHE, Membre du Conseil scientifique,
- ◇ Peggy CENAC-GUESDON, Membre du Conseil scientifique,
- ◇ Sandro VAIENTI, Président de la CID 51,
- ◇ Didier BRESCH, Président de la section 41 (depuis 2016),
- ◇ Philippe BIANE, Président de la section 41 (jusqu'à 2016),
- ◇ Secrétariat Général du Comité national : Nicolas CLAUDON (depuis 2016),
- ◇ Secrétariat Général du Comité national : Fiona BENHAIDA (jusqu'à 2016).

Invités en fonction des ordres du jour durant les 4 ans de mandature :

- ◇ Xavier ANTOINE, responsable des mathématiques à l'ANR,
- ◇ Anne-Marie AUBERT, membre du Comité national.
- ◇ Christophe BLONDEL, physicien, membre du Conseil scientifique du CNRS,
- ◇ Philippe BRIAND, Délégué scientifique HCERES,
- ◇ Pierre COURAL, DHR du CNRS,
- ◇ Jean DOLBEAUT, directeur de la FSMP,
- ◇ François LOESER, président du CNMF,
- ◇ Odile LUGUERN, ancienne responsable du RNBM,
- ◇ Joël MARCHAND, premier directeur du GDS Mathrice,
- ◇ Pierre-Michel MENGER, professeur Collège de France, sociologue,
- ◇ Wilfriedo MESCHEBA, Observatoire des sciences et techniques.
- ◇ Christian PESKINE, ancien directeur scientifique adjoint pour les mathématiques (CNRS),
- ◇ Céline ROZIER, administratrice de l'institut de mathématiques de Toulouse,
- ◇ Frédérique SACHWALD, directrice de l'Observatoire des sciences et techniques,
- ◇ Jean-Marc SCHLENKER, ancien président du comité de suivi de la loi LRUL.

Fonctionnement adopté par le Conseil scientifique de l'INSMI

Lors de la première réunion du Conseil scientifique d'institut, après les élections du président, du secrétaire, et la nomination des membres du bureau, il est discuté d'une liste de points à aborder par le Conseil scientifique d'institut en concertation avec le directeur de l'INSMI Christoph SORGER. Ces questions font parfois suite aux problèmes soulevés par le précédent Conseil scientifique d'institut.

Lors de la deuxième réunion du conseil scientifique, il est constitué huit groupes de travail qui seront en charge d'étudier les points précédemment abordés, et regroupés selon des thématiques.

Ces groupes sont les suivants :

I. Carrières et évolution de la vie professionnelle des mathématicien-nes.

Analyse des carrières des chercheur-ses du CNRS et des différentes étapes de la vie professionnelle d'un-e mathématicien-ne aujourd'hui. Bilan et réflexion sur les recrutements et les affectations des chercheur-ses au CNRS. Recrutements aux interfaces disciplinaires : usage et fonctionnement des Commissions interdisciplinaires, recrutements croisés entre instituts. Délégations.

II - Politique nationale et politique de sites. État des lieux. Financements.

Politique disciplinaire nationale et politique de sites : cohérence globale, régionalisation, IDEX et autres dispositifs d'excellence. État des lieux des laboratoires. Relations avec les universités et les autres établissements, en particulier avec l'INRIA, le CEA, et l'ONERA. Réflexion sur la notion d'unité mixte de recherche et sur son évolution, rôle des directeurs et directrices d'unité. Dispositifs pour favoriser les interfaces et les interactions. Financements et grands outils : IHP, CIRM, IHES, CIMPA, AMIES.

III - Ingénieurs, techniciens et administratifs.

Évolutions des carrières, représentativité, reconnaissance de leur importance dans le fonctionnement des unités, problématiques communes avec les personnels universitaires correspondants (BIATOS), problématiques propres au CNRS, formations et stages, réseaux propres.

IV - Documentation. Publications.

Modes de publications, relations aux éditeurs privés et institutionnels, accès aux publications (Bib CNRS et autres dispositifs). Mathrice. Evolution du rôle des bibliothécaires et des documentalistes. Dépôt des prépublications, publications et données sur des serveurs. Archives. Financements.

V - Parité.

État des lieux, données chiffrées, statistiques. Identification des effets sur la parité de politiques variées, en particulier de la mobilité ou de pourcentage imposé dans les comités et commissions. Analyse des actions passées (dont le programme Integer). Problème du recrutement et de ses modalités. Mise en place de formations spécifiques à différents niveaux et de comités parités dans les laboratoires du CNRS. Moyens à mettre en œuvre.

VI - Communication.

Ouverture vers le grand public (influence sur la politique globale). État des lieux et analyse des opérations spécifiques : CapMath, Animath, Images des Maths, LABEX, instituts.

VII - Politique internationale.

Importance de la politique internationale pour l'INSMI. Analyse des objectifs visés selon les lieux de coopération internationale. Moyens déployés : UMI, LIAs, etc. Présence dans les organismes européens.

VIII - Interactions.

Identification de différents types d'interactions et des problématiques selon les disciplines associées (biologie, informatique, physique, sciences humaines et sociales). Problématique spécifique des données et de leur exploitation. Moyens mis en œuvre (commissions interdisciplinaires, postes, opérations spéciales). Problématiques propres aux chercheuses travaillant aux interfaces de deux ou plusieurs domaines, en particulier pour l'évolution de leurs carrières, leur accès à la documentation scientifique adéquate et aux programmes de financement.

Pour chaque groupe sont nommés un, une ou plusieurs responsables, et les membres du Conseil scientifique d'institut décident sur la base du volontariat de participer à un ou plusieurs groupes, tout en essayant de garder une homogénéité de taille entre les groupes. Au cours des réunions suivantes, les groupes feront part de leurs avancées, et ils inviteront des personnes extérieures à venir échanger avec l'ensemble du Conseil scientifique d'institut.

Les travaux de ces groupes et les débats en séance ont permis d'établir une liste finale de recommandations du Conseil scientifique d'institut disponible dans la partie "Recommandations principales". Pour la plupart d'entre elles, le Conseil scientifique d'institut a émis une recommandation officielle, dont la liste complète peut être retrouvée sur le site : <http://www.cnrs.fr/comitenational/csi/reco/insmi.htm>.

Les travaux cumulés de ces huit groupes ont donné naissance aux cinq chapitres qui suivent.

Parité

1. Mise en perspective de la situation actuelle

A la fin du précédent mandat (2010-2014), le rapport du CSI concluait : “Tous les indicateurs montrent que la situation des femmes en mathématiques se détériore au lieu de s’améliorer comme elle le fait dans d’autres disciplines ou dans d’autres pays. [. . .] À noter le petit nombre de femmes professeures en section 25, une espèce en voie d’extinction ? [. . .] Une action volontariste à tous les niveaux (recrutement, promotion) est désormais nécessaire.” (C. Kassel, rapport de prospective, ch. VII, p. 54-58, citations p. 54-55 et 56).

Constatons d’abord que la situation ne s’est pas substantiellement améliorée en termes de recrutements. En 2016, il avait environ 3500¹ mathématicien-nes à l’université et au CNRS, dont environ 750 femmes, soit 21%. Ce pourcentage global correspond à environ 26% parmi les maîtres de conférences et chargés de recherche (“rang B”) et 12,9% parmi les professeurs et directeurs de recherche (“rang A”). Il existe par ailleurs des disparités importantes selon les disciplines et les institutions, qui sont sans doute significatives.

Parmi le personnel des enseignant-es-chercheur-es de l’université, il existe une disparité nette entre les sections 25 (mathématiques) et 26 (mathématiques appliquées et applications des mathématiques) : en ce qui concerne la section CNU 25, en 2016-2017, il y avait 30 femmes et 477 hommes professeurs, soit 5,9% de femmes, 160 femmes et 683 hommes maîtres de conférences, soit 19% de femmes. En section CNU 26, 105 femmes et 544 hommes professeurs (soit 16, 2% de femmes), 399 femmes et 784 hommes maîtres de conférences (soit 33, 6%) de femmes². Autrement dit, si un plafond de verre (passage de rang B à rang A) peut être constaté dans les deux sections, il est bien plus prononcé en 25 (de 1 à 3 contre 1 à 2). Non seulement il y a proportionnellement moins de femmes en section 25, mais elles accèdent aussi moins souvent au rang de professeur.

Un aspect particulièrement préoccupant, déjà souligné par le précédent rapport, est que l’évolution n’est pas particulièrement favorable en section 25. On peut remarquer qu’en 2013-2014, il y avait 36 femmes professeures en section 25 (soit 6,7% des effectifs à ce niveau), et qu’il n’y en avait plus que 33 (soit 6,2%) en 2014-2015. L’augmentation du pourcentage et du nombre de femmes en section 26 est faible, mais régulier (15% environ de femmes parmi les professeurs en 2013-2014).

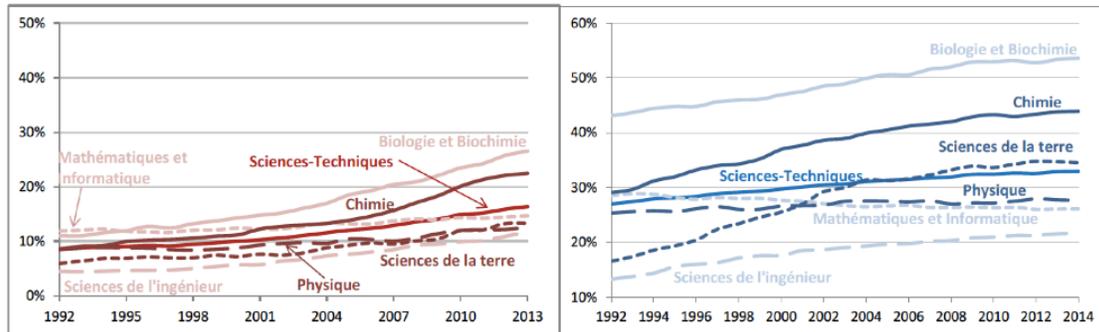
Il importe de mettre ces données en perspective avec un effondrement du nombre global de mathématiciens en section 25 : alors que l’augmentation des effectifs toutes sections confondues (lettres, sciences, etc, hors médecine et odontologie) est de 17,4% entre 1997 et 2017, les effectifs de la section 25 ont diminué de 11,1%. Cette diminution était déjà entamée en 2014 (-1,1%, alors que l’ensemble des sections augmentait sur 20 ans de 35,9%), mais était alors partiellement compensée par l’augmentation des effectifs en section 26 (+29,4%, augmentation

1. Rappelons qu’il existe aussi des mathématicien-nes dans d’autres institutions ou entreprises. Les données précises sur ces populations dans leur ensemble ne sont à notre connaissance pas accessibles.

2. Source RHSupinfo- DGRH A1-1. Rappelons que des fiches démographiques par année très complètes (pyramide des âges, évolution dans le temps, comparaison entre disciplines) sont disponibles en ligne, <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/pid24672/etudes-et-regards-statistiques.html>

néanmoins plus faible déjà que celle de l'ensemble des sections, et dont ont surtout profité les recrutements de professeurs), ce n'est plus le cas maintenant (augmentation de 16,9% des effectifs globaux en section 26 entre 1997 et 2017).

FIGURE 1. Évolution de la part de femmes PR (à gauche) et MCF (à droite) au sein des groupes disciplinaires des Sciences-Techniques de 1992 à 2014



Source : MENESR-DGRH, 1992-2014.

Note de lecture : en 2005, les femmes représentent 31% des MCF et 12% des PR en Sciences-Techniques.

Plus généralement, on peut constater que la proportion de femmes dans les sections scientifiques a légèrement augmenté globalement entre 1992 et 2014, mais qu'elle a pratiquement stagné en mathématiques et informatique.

TABLE 1. Chercheurs et chercheuses de l'INSMI (Bilan CNRS 2016)

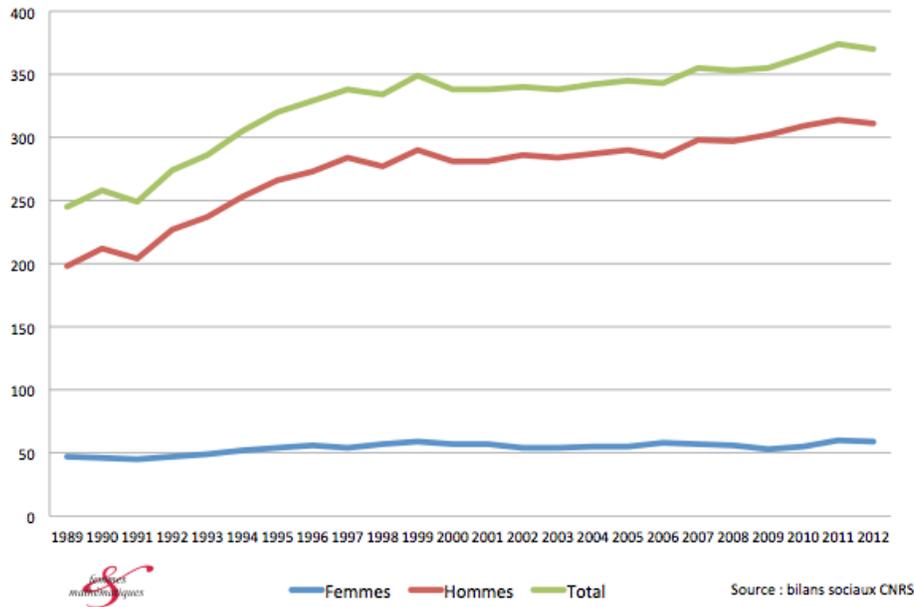
	Hommes	Femmes	Total	% Femmes/Total
DR	127	31	158	19,6%
CR	172	35	207	16,9%
Total	299	66	365	18%

La situation est différente au CNRS, pour les personnels dépendant de la section 41, rattachée³ à l'INSMI.

Comme on le constate, il n'y a pas de plafond de verre (passage de rang B à rang A) au CNRS. Au contraire, l'indice dit "d'avantage masculin", c'est-à-dire le pourcentage des DR parmi les hommes divisé par le pourcentage des DR parmi les femmes est de 0,89! C'est un des plus faibles, voire le plus faible de toutes les sections du CNRS. Il serait néanmoins utile d'affiner ce constat : d'une part en déterminant s'il y a des différences entre les domaines de recherche, d'autre part en tenant compte aussi de la proportion de femmes parmi les chargés de recherche partant vers l'université en tant que professeurs, au lieu de postuler à un poste DR.

3. Rappelons que l'Institut des sciences mathématiques et de leurs interactions est associée à une seule section, la section 41, mais que quelques personnes dépendant d'autres instituts peuvent être évaluées par cette section, et réciproquement. Les données utilisées ici sont celles du bilan social du CNRS pour 2016, pour la section 41, voir <https://www.dgdr.cnrs.fr/drh/omes/donnees.htm> et <http://bilansocial.dsi.cnrs.fr>. Notons qu'il y a globalement au CNRS, toutes sections confondues 11137 chercheurs permanents, dont 33,9% de femmes (38,1% parmi les chargés de recherche, 28,6% parmi les directeurs de recherche)

FIGURE 2. Évolution du nombre de chercheur-ses à l'INSMI de 1989 à 2012

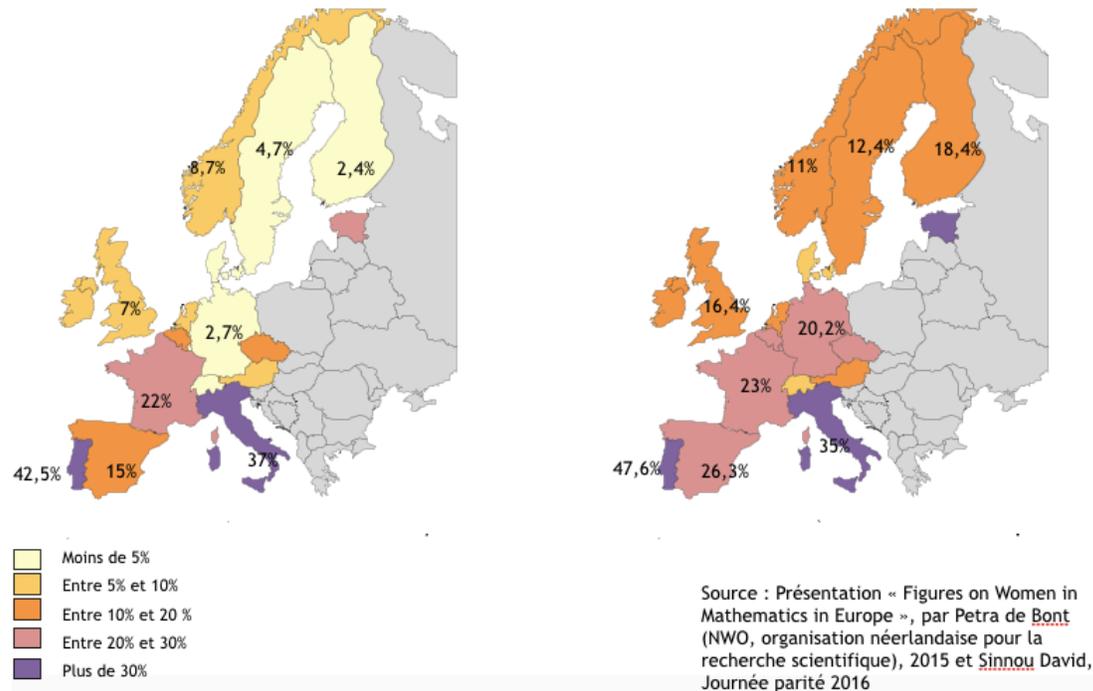
Au CNRS, le nombre de femmes n'augmente presque pas en mathématiques

Remarquons que l'augmentation sensible des effectifs totaux au cours des années 90 ne semble pas avoir conduit à une augmentation de la proportion de femmes. En 2012, le pourcentage de femmes à l'INSMI était de 16,5%, le plus faible de tous les instituts du CNRS, mais aussi celui avec la progression la plus forte – ou plutôt la moins faible (de 1,2 points)⁴ –, en 2014, le pourcentage de femmes était de 17%. Il semble donc y avoir maintenant une augmentation faible, mais régulière de la proportion de femmes parmi les chercheurs de l'INSMI.

Il importe néanmoins de souligner que si la proportion de mathématiciennes de la France était parmi les meilleures d'Europe, voire du monde, dans les années 1990, elle a stagné. D'autres pays européens ont mené des actions volontaristes et leur situation a évolué plus nettement. Les différences sont d'ailleurs frappantes entre pays : si la place des mathématiques et plus globalement la vision d'une carrière universitaire peuvent varier fortement, et constituer un facteur d'explication aux variations du pourcentage de mathématiciennes, il est remarquable que des pays ayant un nombre total comparable de mathématiciens et une place sensiblement comparable dans le monde mathématique aient des pourcentages de mathématiciennes aussi variables. Comme cela avait été remarqué dès 1992, lors de la création de la Société mathématique européenne et de l'enquête lancée par Eva Bayer sur les mathématiciennes en Europe, cette variation montre au moins clairement que la biologie n'explique certainement pas le faible pourcentage de mathématiciennes dans certains pays.

4. <http://bilansocial.dsi.cnrs.fr/2012/public/2012/1a-parite-dans-les-metiers-du-cnrs-2010/5.3.1.1/repartition-par-corps-et-par-grade#top>

FIGURE 3. Évolution de la part de mathématiciennes en Europe de 1993 (à gauche) à 2011 (à droite)



Une nouveauté importante est, en France, l'institutionnalisation de la question depuis quelques années, qui accompagne un investissement des hommes sur ces questions. Outre l'institution d'un groupe de réflexion sur la parité dans les deux derniers mandats du Conseil scientifique de l'INSMI et de recommandations de la part de l'INSMI, des actions ont été menées par la Mission pour la place des femmes au CNRS, en particulier le programme en collaboration européenne INTEGER.

A la suite de ce programme, la Mission a défini une série de bonnes pratiques, fondées sur 14 axes prioritaires et 37 mesures, afin d'améliorer la situation des femmes dans les sections où elles sont très minoritaires, comme d'informer plus systématiquement sur les possibilités de promotion, favoriser le télé-travail ou les gardes d'enfants pendant les conférences, etc.

Par ailleurs, certaines mesures ont été prises au niveau national et sur l'ensemble des disciplines, comme l'obligation d'une proportion importante de femmes dans les comités de recrutement, ou pour l'attribution des médailles, prix et financements, ou les mesures contre le harcèlement. Les sociétés savantes se sont aussi emparées de la question : une rubrique sur la parité figure régulièrement dans la *Gazette des mathématiciens*, le site *Opérations postes* a une rubrique sur la parité et recueille des données sur les pourcentages de femmes laboratoire par laboratoire.

2. Propositions du groupe de réflexion sur la parité du CSI

Le groupe de réflexion sur la parité du CSI soutient donc les propositions suivantes :

- ◇ Les données concernant l'indice de parité académique (<http://postes.smai.emath.fr/parite/ipa>) doivent être complétées chaque année pour chaque unité de recherche. Outre les données actuelles (chiffres et pourcentage de femmes et d'hommes de rang A et B, et parmi les professeurs en section 25), nous demandons que soient ajoutées les données concernant les doctorants et doctorantes. De même, l'indice de mobilité académique doit être renseigné chaque année et sexué (ce qui n'est pas le cas actuellement).

- ◇ Ces données doivent être indiquées explicitement dans les rapports d'évaluation des laboratoires, et prises en compte dans l'attribution de crédits et de personnel.
- ◇ Les mesures légales contre le harcèlement ou la discrimination doivent être soutenues par un appui informé aux victimes. Les modalités de signalement doivent être accessibles.
- ◇ Une formation sérieuse sur la parité, les discriminations et les stéréotypes doit être donnée aux membres du Comité national et aux directeurs et directrices de laboratoire. Cette formation pourrait utilement intégrer une comparaison avec les actions entreprises dans d'autres pays et leurs résultats.
- ◇ La nomination d'un comité parité et d'un référent ou d'une référente parité doit être encouragée dans chaque laboratoire.
- ◇ Un accès différencié à l'information, en particulier si elle repose sur des réseaux personnels, peut être une source de discrimination. Les informations sur les délégations et les CRCT doivent donc être facilement accessibles, complètes et diffusées à tout le personnel des laboratoires dès le début des périodes de candidature.
- ◇ Les femmes doivent être individuellement encouragées à demander des délégations ou des CRCT, par les directeurs d'unité et les responsables d'équipe, avec l'appui du comité parité.
- ◇ Elles doivent être aussi encouragées à préparer une HDR par les responsables d'équipe, là encore avec l'appui ou l'incitation du comité parité. Plus spécifiquement, une politique incitative au moment du redémarrage d'une activité de recherche après une période d'arrêt doit offrir le cas échéant la possibilité d'inviter des collègues ou des post-doctorants, de participer à des colloques ou de partir en mission.
- ◇ Un nombre minimal de femmes doit figurer dans les comités de rédaction des revues et les comités scientifiques des colloques, et parmi les conférenciers. Cela devrait être rendu obligatoire pour toute manifestation ou tout programme bénéficiant d'un soutien financier du CNRS.
- ◇ Une bonne pratique pour s'assurer de la présence de femmes dans les colloques et les comités, évoquée au point précédent, est de commencer par les choisir. De même, il est recommandé de commencer les procédures d'affectation des chercheurs recrutés au CNRS par celles des femmes.
- ◇ L'INSMI doit poursuivre la réflexion sur la manière dont les règles et pratiques implicites ou explicites dans la communauté mathématique en matière de recrutement, promotions, congés, organisation et environnement de travail peuvent affecter la situation des femmes et l'objectif de parité. Par exemple, il serait important d'étudier si le recul de l'âge de recrutement (avec la multiplication des post-docs) affecte hommes et femmes de la même manière ou de manière différenciée, et de même pour l'obligation de mobilité.
- ◇ L'INSMI doit aussi contribuer à augmenter le nombre de femmes susceptibles de s'engager dans une carrière mathématique, en soutenant des actions d'information en classes préparatoires, et dans les masters scientifiques (par exemple en coordination avec les sociétés savantes de mathématiques ou l'association Femmes et Mathématiques) et en participant également à la réflexion sur les concours d'entrée aux ENS et les filières alternatives. Un financement spécifique pour les étudiantes de Master et les doctorantes mériterait d'être étudié.
- ◇ La question de la parité a surtout été soulevée jusqu'à présent pour les personnels chercheurs. Elle doit être aussi étudiée pour les personnels ITA et assimilés. En 2016⁵, à l'INSMI, il y avait 208 IT, dont 59,1% de femmes, mais on constate d'importantes disparités selon les catégories : par exemple sur 52 IR, il n'y avait que 23,1% de femmes. Une enquête plus fine selon les postes et l'évolution des carrières doit donc être menée.

5. Voir le tableau 40, http://bilansocial.dsi.cnrs.fr/pdf/BSP_2016.pdf

3. Commentaires sur les propositions

Nous remarquons aussi et surtout que plusieurs de ces recommandations figurent déjà dans le précédent rapport et n'ont pas toujours été mises en pratique. Par exemple, malgré une demande explicite du directeur de l'INSMI, les données statistiques de l'indice de parité académique et de l'indice de mobilité ne sont pas remplies systématiquement. Une action plus volontariste, sur certains aspects au moins, est donc sans doute nécessaire.

Par ailleurs, certaines mesures ont ou pourraient avoir des effets négatifs. Un exemple est l'obligation légale d'un pourcentage élevé d'experts des deux sexes dans les commissions de recrutement ou dans les jurys de thèse qui, compte tenu du faible nombre de professeures en section 25, par exemple, conduit certaines d'entre elles à un excès de travail. Il est donc important d'examiner les mauvais effets potentiels des bonnes pratiques, et d'affiner ces pratiques en conséquence, ou de compenser ces effets par des mesures appropriées. Il est aussi important d'examiner les conséquences éventuelles sur la parité des transformations qui ne la concernent pas a priori directement (on peut penser à la création des PRAGS, au passage des commissions de spécialistes aux commissions ponctuelles de recrutement ou à la mastérisation du CAPES).

Améliorer la situation à un niveau n'entraîne pas nécessairement une amélioration à un autre. Un exemple récent est la publication d'un hors série du journal *Le Monde* sur la préparation en mathématiques pour le bac : seuls des hommes sont mentionnés parmi les mathématiciens ayant eu un rôle décisif sur l'évolution des mathématiques contemporaines. De nombreuses protestations ont suivi cette parution, en particulier des présidents des sociétés savantes et de la direction de l'INSMI : si cette prise en charge collective de la question manifeste un changement évident, le hors série lui-même témoigne que ce changement est loin d'avoir atteint les journalistes, les enseignants dans leur ensemble ou a fortiori le grand public.

La comparaison internationale pose aussi la question des modes de recrutement et de promotion en France. La plupart des pays témoignant d'une progression importante du nombre de femmes (en particulier le Royaume-Uni ou l'Allemagne) ont mis en place des politiques très explicites de recrutements ou de promotions de mathématiciennes, soit par des postes dédiés, soit par la possibilité de promouvoir localement les chercheurs et enseignants-chercheurs tout au long de leur carrière. En France, le passage de maître de conférence à professeur est un nouveau recrutement ; de plus en mathématiques, il s'accompagne le plus souvent d'une mobilité géographique. Il serait indispensable de vérifier (en particulier sur l'indice de mobilité) si cette dernière politique, qui évite le clientélisme, qui garantit un niveau d'excellence sur l'ensemble du territoire et à laquelle les mathématiciens sont très attachés, est ou non défavorable aux femmes, comme on l'entend souvent. Et éventuellement de réfléchir à des moyens de profiter de l'expérience réussie des pays voisins sans renoncer aux aspects les plus positifs du système français pour les mathématiques.

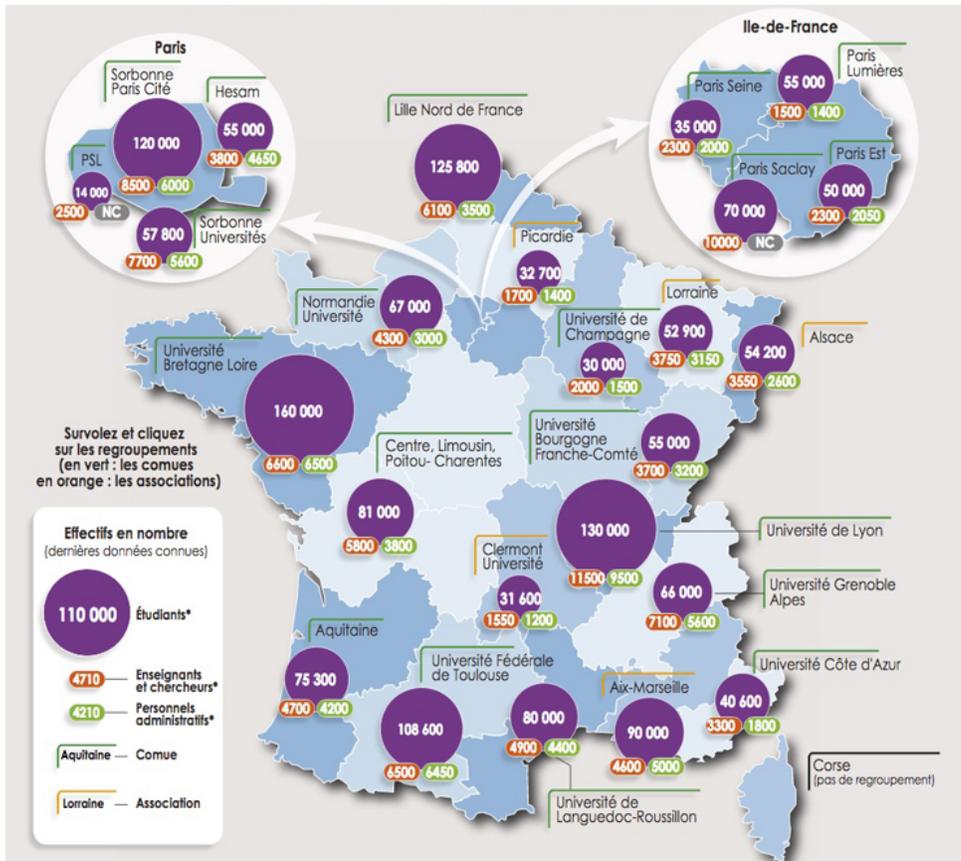
Politique de sites et modes de financement

1. Politique de sites et modes de financement : état des lieux

L'organisation administrative des universités et instituts de recherche a considérablement changé au cours des dernières années. Pour commencer cette partie du rapport, nous avons voulu essayer de dresser un portrait aussi fidèle que possible de la politique de sites et des modes de financement actuels.

1.1. Politique de sites. Ces dernières années ont vu un changement de paradigme dans la structuration des universités françaises. Après une longue période où cohabitaient plus de 80 universités, la logique récente est au regroupement autour d'un plus faible nombre de grands *sites*, 26 aujourd'hui (dont 8 en Ile-de-France). L'enjeu est de doter la France de pôles de formation et de recherche attractifs et visibles à l'international. Après les PRES (Pôles de Recherche et d'Enseignement Supérieur), la loi n°2013-660 du 22 juillet 2013 relative à l'ESR (Enseignement Supérieur et Recherche) prévoit plusieurs formes de regroupement.

FIGURE 1. Carte des regroupements universitaires



FUSION : La fusion pure et simple permet de ne former qu'une seule université de droit commun.

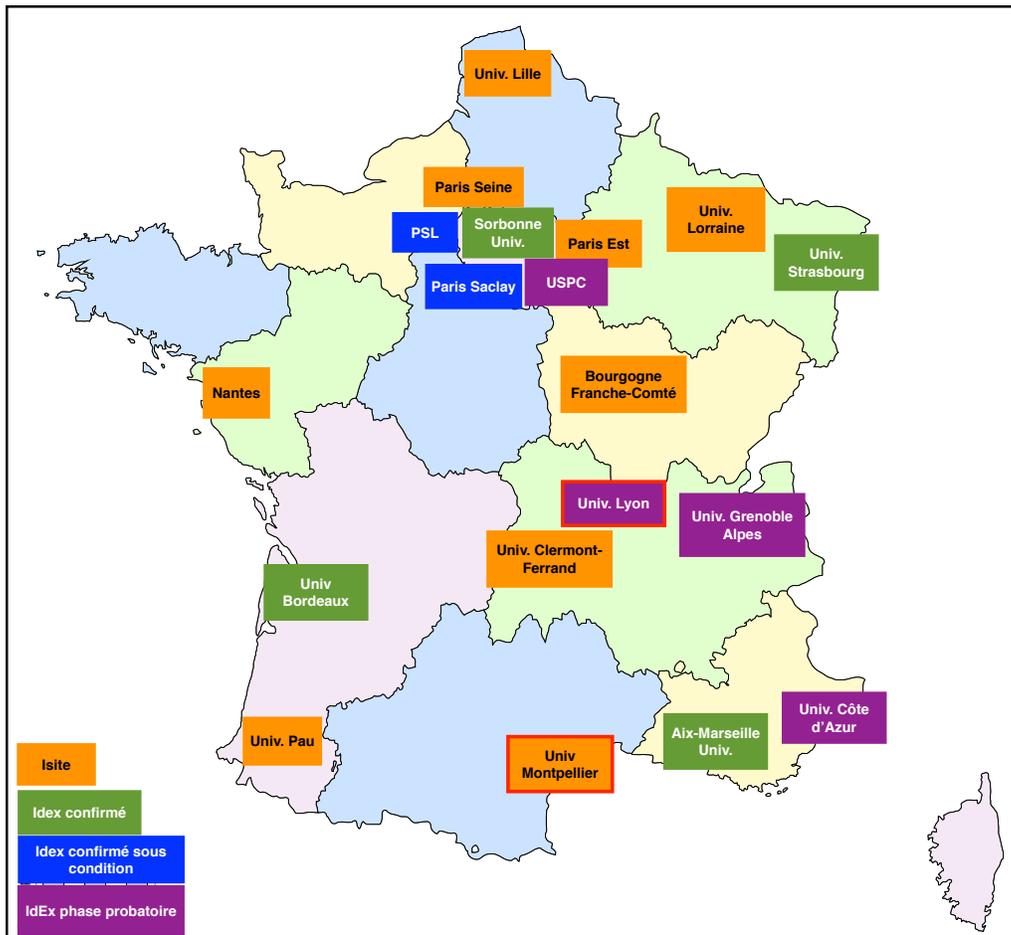
COMUE : La nouvelle entité dénommée "Communauté d'Universités et Établissements" revient à créer une organisation verticale, gérée par un Conseil d'Administration, un Conseil Académique et un Conseil des membres, le tout dirigée par un président élu.

ASSOCIATION : La forme la plus souple de regroupement consiste en la participation à une communauté d'universités et établissements ou à l'association d'établissements ou d'organismes publics ou privés.

On dénombre aujourd'hui 19 regroupements par ComUE et 7 associations autour d'une université fusionnée.

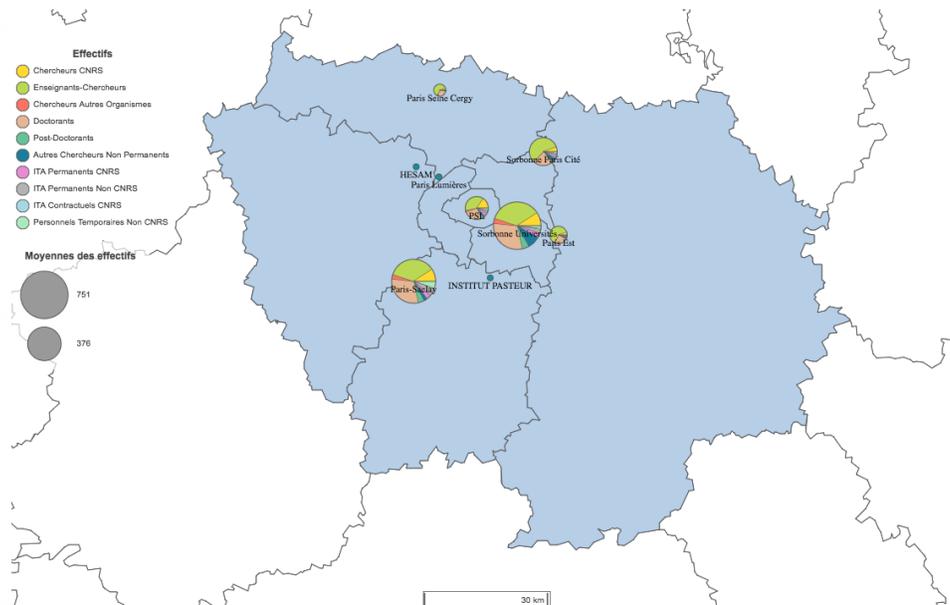
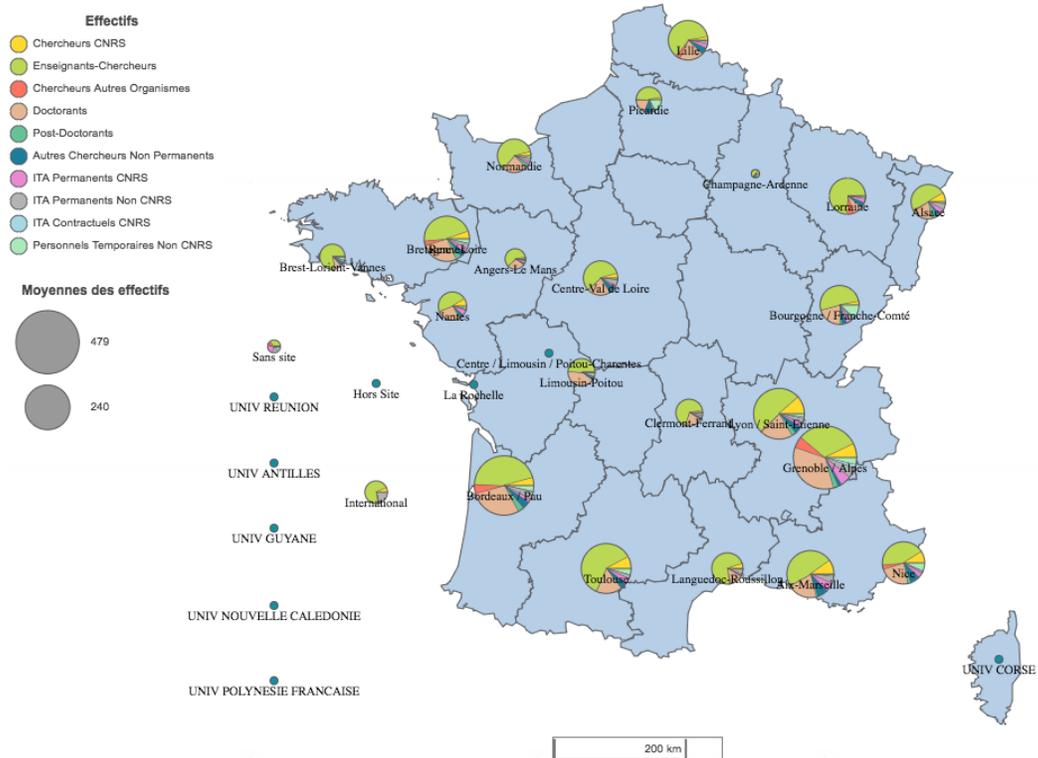
Ces regroupements d'établissements ont permis de postuler aux projets d'Initiatives d'Excellence (IDEX) et d'Initiatives Science-Innovation-Territoires-Économie (I-SITE) prévus dans le cadre du Programme Investissements d'Avenir (PIA1 2012, PIA2 2016). Les IDEX et les I-SITE prennent la forme de prêts ou de placements dont seuls les intérêts sont consommables. Les dotations des IDEX se situent entre 700 et 950 millions d'euros (avec une exception à 500 millions d'euros pour l'université Côte d'Azur, UCA) ce qui représente des intérêts annuels entre 24 et 30 millions d'euros (15 millions d'euros pour UCA). Les dotations des I-SITE se situent, elles, entre 190 et 550 millions d'euros pour des intérêts annuels situés entre 6 et 17 millions d'euros.

FIGURE 2. Carte des projets d'Initiatives d'Excellence (IDEX) et d'Initiatives Science-Innovation-Territoires-Économie (I-SITE)



L'INSMI est présent dans chacun de ces sites.

FIGURE 3. Effectifs en lien avec l'INSMI présents dans les sites IDEX/I-SITE



30 unités (Unité Mixte de Recherche ou Équipes de Recherche Labellisées) sont concernées par des IDEX/I-SITE.

FIGURE 4. Listes des UMR/ERL concernées par des IDEX/I-SITE

Situation	Acronyme	unités impliquées (UMR, ERL)
<i>IdEx confirmés</i>	Unistra	Irma
	A*midex (Marseille)	I2M
<i>sous condition</i>	IdEx Univ. Bordeaux	IMB
	Sorbonne U	IMJ-PRG, LMJL, LPSM
	PSL*	Ceremade, DMA
<i>IdEx probatoire</i>	Paris-Saclay	CMLA, LaMME, LMO, LMV, LAG
	UCA ^{JEDI}	LJAD
	Univ. Grenoble Alpes	IF, LJK, Lama
	IdEx Lyon	ICJ, UMPA
<i>Isite probatoire</i>	Univ. Paris	IMJ-PRG, LJLL, MAP5
	Isite-Bourgogne Franche-Comté	IMB, LMB
	LUE (Lorraine)	IECL
	Isite ULNE (Lille)	LPP
	CAP 2025 (Clermont-Ferrand)	LMBP
	FUTURE (Paris-Est)	Lama
	E2S (Pau)	LMPA
	MUSE (Montpellier)	Imag
NExT (Nantes)	LMJL	
	Paris Seine Initiative	AGM

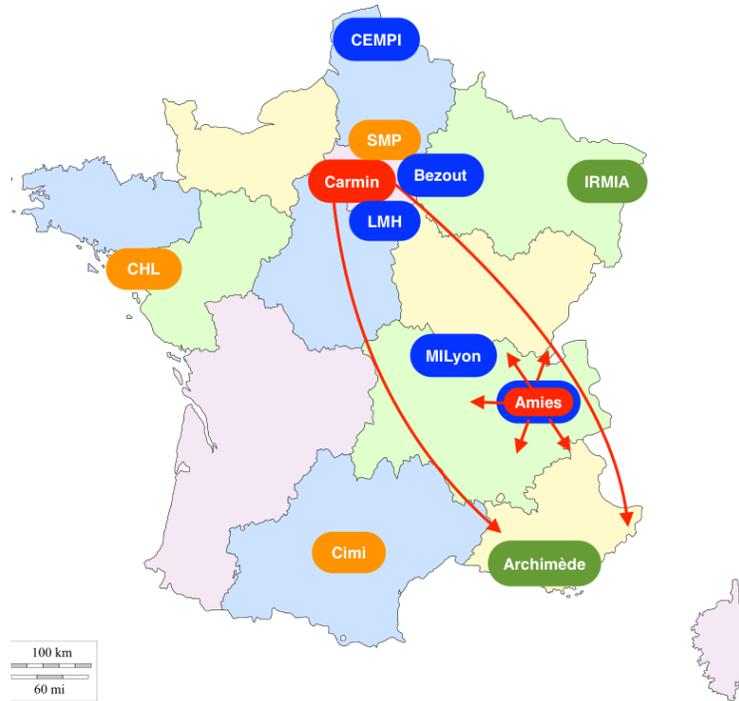
Les Laboratoires d'Excellence (LabEx) sont des instruments plus modestes du programme d'investissements d'avenir destinés à soutenir la recherche d'un ensemble d'équipes sur une thématique scientifique donnée. Leurs budgets s'étendent de 2 à 16 millions d'euros.

FIGURE 5. Liste des LabEx locaux concernant les mathématiques

Situation	LabEx	loaclisation	Unités impliquées (UMR, ERL)
<i>InIdEx confirmés</i>	Irma	Strasbourg	Irma
	Archimède	A*midex	I2M
<i>InIdEx non confirmés</i>	AMIES		labex national
	LMH	Paris-Saclay	CMAp, CMLA, CMLS, LaMME, LMO, LMV, LAG
	MILyon	Lyon St-Étienne	ICJ, UMPA
<i>InIsite non confirmés</i>	Bézout	Paris-Est	Lama
	CEMPI	Lille	LPP
<i>hors IdEx/Isite</i>	Carmin		LabEx national
	CHL	Nantes-Rennes	Irmar, LMJL, Larema, LMBA
	Cimi	Uniti	IMT
	SMP	Paris	Ceremade, DMA, IMJ-PRG, LAGA, LJLL, LPMS, MAP5

Enfin, certains LabEx nationaux ont trait aux mathématiques.

FIGURE 6. Liste des LabEx nationaux portés par les mathématiques



1.2. Modes de financement actuels. Nous recensons ci-dessous les principaux moyens de financements.

AU NIVEAU LOCAL.

- ◇ Dotations récurrentes des laboratoires, par l'université ou le CNRS (pour les UMR), et INRIA,
- ◇ BQR (Bonus Qualité Recherche) par l'université,
- ◇ Contrats d'ATER du ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation,
- ◇ Projets LabEx (Laboratoire d'Excellence) pour des bourses post-doctorales, bourses de thèse, financements d'écoles doctorales, par le ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation,
- ◇ Idex (Initiatives D'EXcellence), par le ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation,
- ◇ Financements par des ComUE.

AU NIVEAU NATIONAL.

- ◇ PEPS (Projet Exploratoire Premier Soutien) "Jeunes chercheuses et jeunes chercheurs" et PEPS Interactions, par le CNRS,
- ◇ ANR (Agence Nationale de la Recherche) projets "Jeunes chercheuses et jeunes chercheurs" (JCJC), projets de recherche collaboratifs (PRC), projets de recherche collaboratifs ouverture vers le monde de l'entreprise (PRCE), financement de bourses de thèse, et bourses post-doctorales ainsi que colloques,
- ◇ IUF (Institut Universitaire de France) crédits scientifiques sur 5 ans, décharges d'enseignement.

- ◇ AMIES (Agence pour les mathématiques en interaction avec les entreprises et la société) PEPS à l'initiative d'entreprises, semaines d'étude (SEME), journées de Rencontres Maths Industries (RMI) et Forums Emploi Maths (FEM).

AU NIVEAU INTERNATIONAL.

- ◇ ANR (programmes internationaux),
- ◇ PICS (Projet International de Coopération Scientifique), par le CNRS,
- ◇ PRC (Projet de Recherche Conjointe), par le CNRS,
- ◇ Bourses de l'ERC (European Research Council).

Répercussions financières locales. Les établissements reçoivent un pourcentage par projet. En ce qui concerne l'ANR, il faut compter sur 8% de frais de gestion (contre 4% auparavant). Mais l'ANR verse aussi un préciput annuel à l'établissement gestionnaire de ses contrats sur la base du nombre de contrats en gestion, ce qui représente 11% des sommes allouées. La somme globale reçue par les établissements dans le cadre de contrats ANR et donc comparable aux overheads de l'ERC qui sont de l'ordre de 20%. Cependant, il n'est pas sûr qu'ils s'y retrouvent, étant donné l'accroissement de tâches administratives entraîné par la gestion des différents projets. La lourdeur de celle-ci demande davantage de personnels administratifs : même en ayant doublé leur nombre depuis dix ans dans certains laboratoires, les services administratifs sont souvent à la limite de la rupture.

1.3. Exemples de budget de laboratoires. Nous avons choisi 3 laboratoires, les directions nous ont ouvert aimablement leurs budgets. Le laboratoire A, dit "de petite taille", le laboratoire B, dit "de taille moyenne", le laboratoire C, dit "de grande taille". Le laboratoire A se débat dans de grandes difficultés financières, comme son université, puisqu'il a vu sa dotation universitaire amputée de moitié en 2017, en échange de quoi l'université prend en charge le financement des revues. Le laboratoire B, qui était dans un PRES, mais n'est dans aucun IDEX, a aussi vu sa dotation récurrente fondre en 2018 alors qu'elle était stationnaire entre 2012 et 2016. De plus, tous ses postes d'enseignants-chercheurs et d'appui à la recherche sont gelés depuis 2 ans. Le laboratoire C n'a pas de problèmes financiers mais est dans une situation financière bien moins bonne qu'il y a dix ans. Le fait que son université ait un IDEX ne le fait pas échapper pas au gel des postes. Il dispose de beaucoup moins de mois d'invités qu'avant, et doit réserver un gros budget pour les stages, poste qu'il n'avait pas auparavant.

TABLE 1. Exemple de répartition du personnel en 2017

Labo	Chercheurs et EC		Doctorants	ITA et BIATSS	
	Université	CNRS		Université	CNRS
A	35	2	14	3	
B	66	7	57	2	4
C	134	27	63	7	8

TABLE 4. Exemple de répartition du budget (en milliers d'euros) : laboratoire C de grande taille

Labo C	Université	CNRS	AAP
2012	332	416	640
2013	393	374	648
2014	394	393	635
2015	406	351	501
2016	382	359	890

TABLE 2. Exemple de répartition du budget (en milliers d'euros) : laboratoire A de petite taille

Labo A	Université	CNRS	AAP
2012	85	15	45
2013	80	20	58
2014	77	18	50
2015	79	18	40
2016	79	18	50

LÉGENDE : AAP : Appel À Projet

TABLE 3. Exemple de répartition du budget (en milliers d'euros) : laboratoire B de taille moyenne

Labo B	Université	CNRS	AAP
2012	268	74	374
2013	281	76	382
2014	300	75	559
2015	278	82	351
2016	275	61	263
2016	275	61	263

1.4. Financements ANR et ERC. Les courbes suivantes décrivent les variations de financements de l'ANR en mathématiques sur les années 2008 à 2016.

FIGURE 7. Évolution des financements de l'ANR en mathématiques

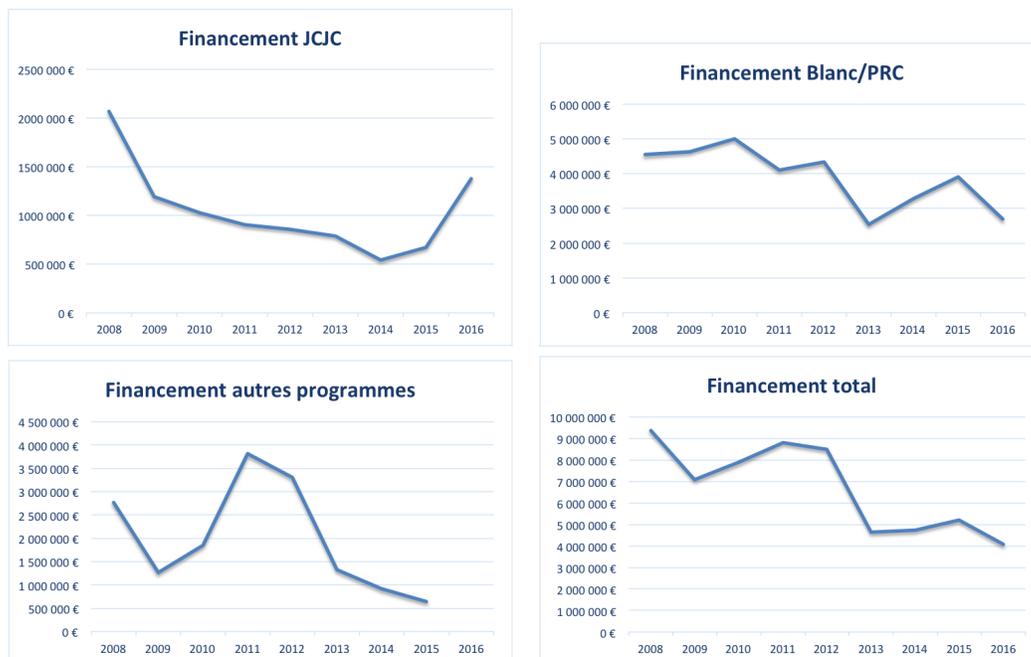


TABLE 5. Nombre total et budget total de projets ANR financés entre 2008 et 2016, en euros

TOTAL	Nombre de projets	Financement total	Financement moyen par projet
2008	41	9 387 829	228 971
2009	39	7 094 514	181 910
2010	44	7 887 952	179 271
2011	37	8 821 136	238 409
2012	33	8 495 212	257 430
2013	24	4 651 749	193 822
2014	16	4 735 748	295 984
2015	16	5 222 239	326 389
2016	21	4 068 205	193 724

Il est assez frappant de constater qu'en 8 ans, le nombre total de projets financés a été divisé par 2, le financement total par plus de 2.

Au niveau des bourses ERC, les résultats pour la France dans le panel PE1 : Mathématiques sont les suivants.

TABLE 6. Nombre de bourses ERC obtenues par la France/Nombre de bourses totales

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Starting		3/15	10/26	4/23	3/26	1/12	5/15	4/13	4/13	4/12	0/11
Consolidator						2/12	5/13	1/12	4/12	1/12	
Advanced	2/21	3/16	2/17	3/17	4/18	1/13	1/9	1/11	4/8	2/9	

Avec un nombre de bourses s'élevant respectivement à 38 (Starting), 13 (Consolidator) et 23 (Advanced), la France se situe nettement en tête du classement européen. Dans le détail, les montants des différentes bourses allouées sont les suivants.

TABLE 7. Montant des différentes bourses "Starting"

Année	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	710 000	880 270	887 600	787 233	1 043 172	1 267 500	935 000	1 222 329	1 293 763
	785 000	856 500	971 772	840 000		940 540	883 250	1 086 125	1 242 400
	490 000	905 700	366 598	1 203 569		876 750	882 844	1 049 182	1 056 664
		1 068 540	840 120			1 091 688	1 165 625	1 071 008	1 499 912
		1 020 840				1 153 750			
		856 320							
		932 626							
		1 148 460							
		1 053 101							
		809 000							
Total	1 985 000	9 531 357	3 066 090	2 830 802	1 043 172	5 330 228	3 866 719	4 428 644	5 092 739
Moyenne	661 666	953 136	766 522	943 600	1 043 172	1 066 046	966 680	1 107 161	1 273 185

TABLE 8. Montant des différentes bourses "Consolidator"

	2013	2014	2015	2016	2017
	912 000	1 438 745	1 523 963	1 455 000	1 385 247
	1 773 600	1 283 088		1 789 438	
		1 182 000		1 133 236	
		1 211 055		1 534 159	
		1 696 937			
Total	2 685 600	6 811 825	1 523 963	5 911 833	1 385 247
Moyenne	1 342 800	1 362 365	1 523 963	1 477 958	1 385 247

TABLE 9. Montant des différentes bourses "Advanced"

Année	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	1 432 769	1 549 200	1 403 100	1 491 348	998 277	1 848 000	1 809 345	1 229 255	2 192 500
	1 706 839	1 541 800	1 920 000	1 112 400	1 542 055				1 263 607
		1 837 568		2 079 798	1 871 400				1 301 863
					1 705 750				1 255 698
Total	3 139 608	4 928 568	3 323 100	4 683 546	6 117 482	1 848 000	1 809 345	1 229 255	6 013 668
Moyenne	1 569 804	1 642 856	1 661 550	1 561 182	1 529 370	1 848 000	1 809 345	1 229 255	1 503 417

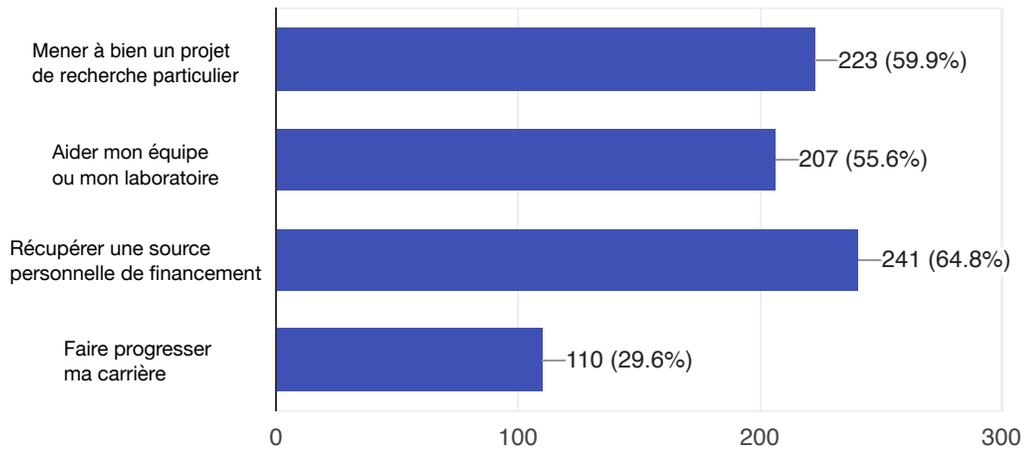
On voit bien que la logique des bourses ANR n'est pas la même que celle des bourses ERC. Dans ce dernier cas, les montants sont de l'ordre de 1 à 2 millions d'euros par projet. Pour l'année 2016, la somme totale des bourses ERC décrochées par des membres de laboratoires français atteint 16 354 145 euros, soit 4 fois plus que la somme totale des bourses ANR. Cette somme correspond aussi à environ 3 fois les crédits scientifiques dont dispose la direction de l'INSMI. On peut se demander s'il est sain que 12 porteur-euse-s de projet aient à leur disposition une puissance financière 3 fois supérieure à celle de l'INSMI, qui est le seul organisme à gérer nationalement la recherche mathématique.

2. Questionnaire sur les modes de financement par appels à projet

Entre janvier et mai 2018, nous avons proposé à l'ensemble de la communauté mathématique française de répondre à un questionnaire portant sur les différents modes de financement par appels à projet. Au final, nous avons reçu 540 réponses détaillées et commentées ci-dessous.

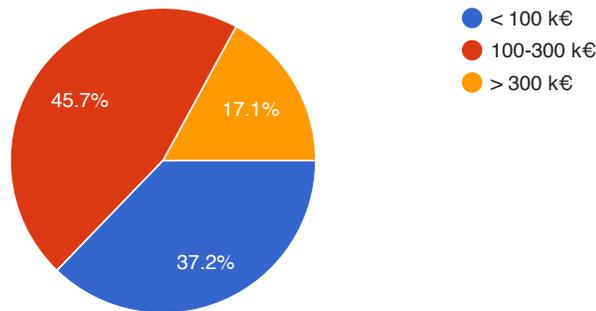
2.1. ANR/ERC/IUF (période 2012-2018). La première partie du questionnaire portait sur les appels à projets nationaux et internationaux.

- ◇ Si vous avez déposé un projet dans le cadre des appels de l'ANR/ERC/IUF, quelles ont été vos motivations ? (plusieurs réponses possibles). [372 réponses]



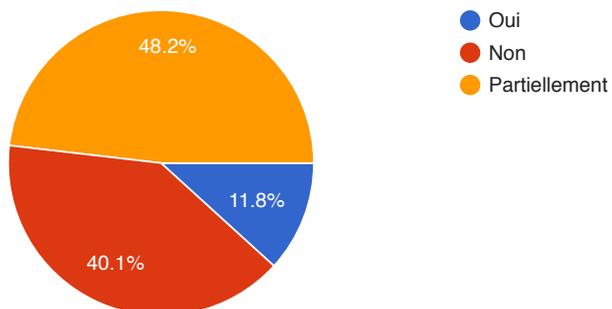
► *Au regard de ces réponses, il semble donc que la motivation principale pour déposer un projet de cette envergure ne soit pas uniquement, loin de là, la réalisation d'un projet scientifique.*

- ◇ Si vous avez obtenu un ou des financements, quel a été l'ordre de grandeur global ? [258 réponses]



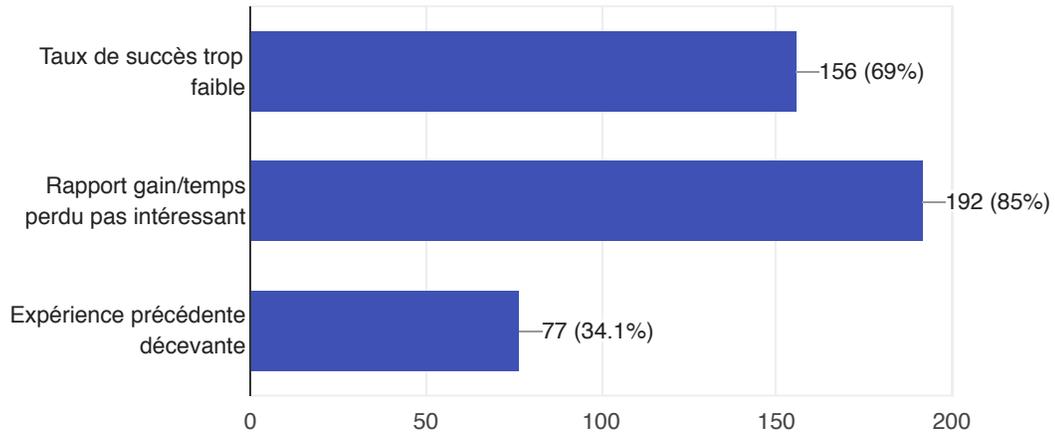
► *Seulement un tiers des financements obtenus portent sur des montants inférieurs à 100 000 euros. Le reste, soit les deux tiers portent sur des montants très importants, supérieurs à 100 000 euros ; il s'agit là de sommes très importantes pour la recherche en mathématiques.*

- ◇ Si vous n'avez pas obtenu de financement, avez-vous pu réaliser votre projet avec des fonds récurrents ? [272 réponses]



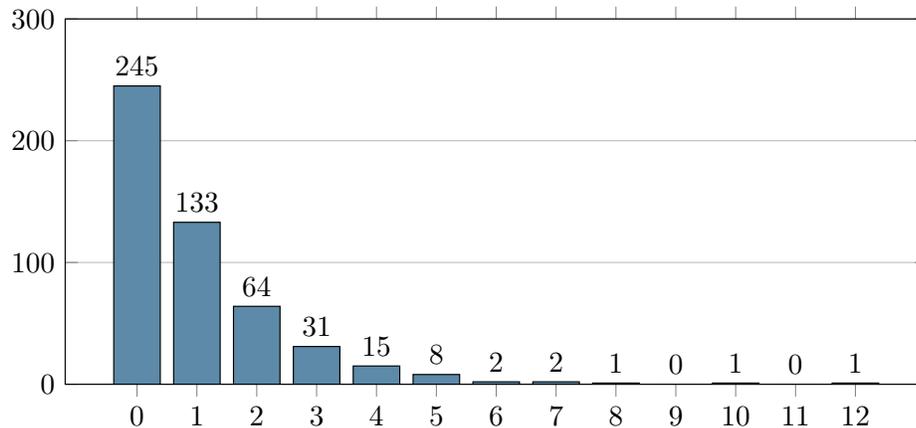
► *Le fort taux de réponses négatives et partiellement négatives montre que les fonds récurrents ne suffisent pas à pallier le faible taux de réussite des appels à projets.*

- ◇ Si vous n'avez pas déposé de projet, quelles en ont été les raisons ? (plusieurs réponses possibles) [226 réponses]



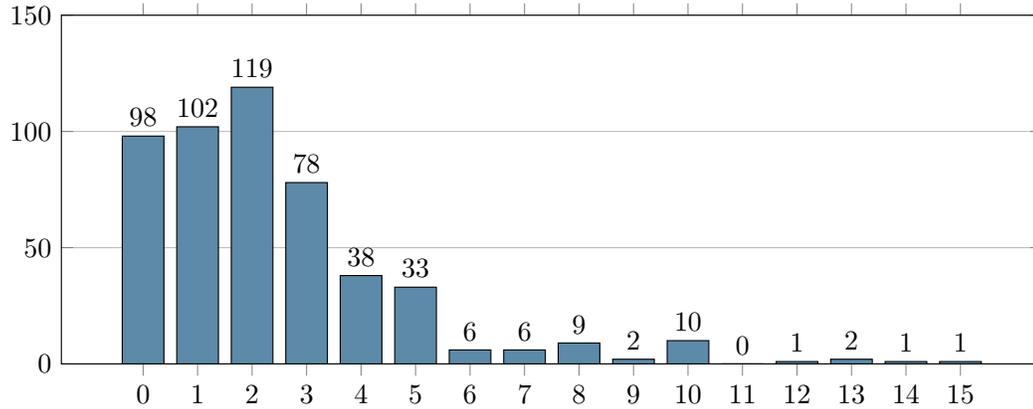
► *L'effet de levier gain/perte de temps trop faible et les très bas taux de réussite sont les principaux freins au dépôt de dossiers de candidature.*

- ◇ Combien de projets avez-vous déposés en tant que porteur-euse ? [505 réponses]



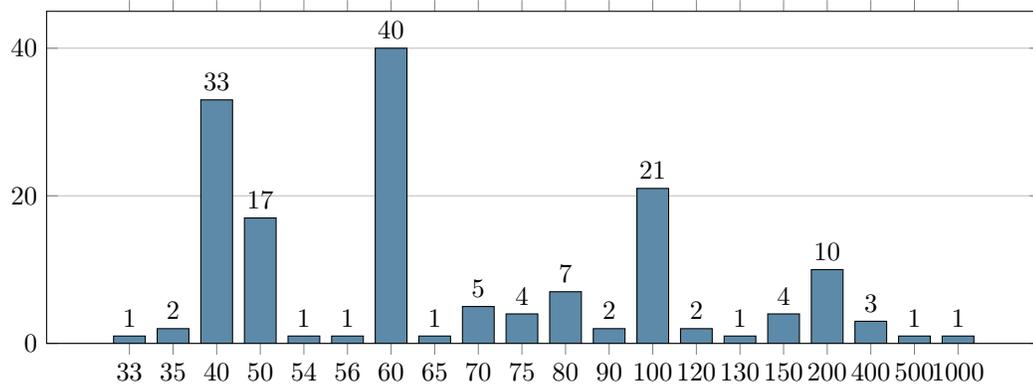
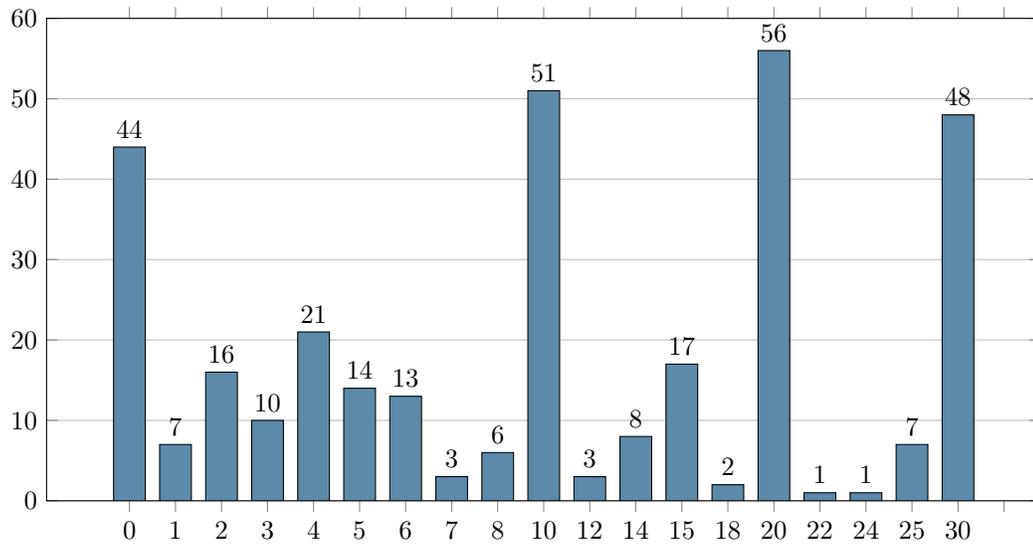
► *Dans la moitié des réponses, aucun dossier n'a été déposé comme porteur-se du projet. Dans l'autre moitié des réponses, les collègues n'ont été porteurs que d'un ou deux (voire 3) dossiers sur 5 ans.*

- ◇ Combien de projets avez-vous déposés en tant que partenaire (responsable de noeuds ou membre) ? [506 réponses]



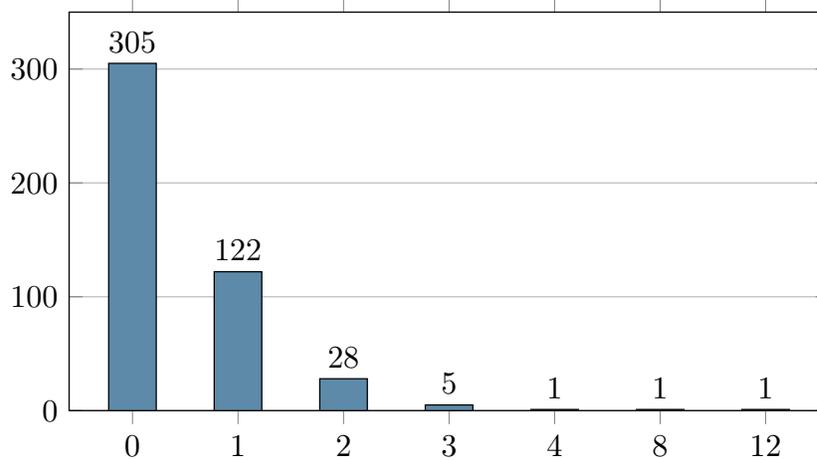
► Dans 80% des réponses, les collègues ont fait partie d'un dépôt de projet en tant que partenaire. Le nombre global de participations est néanmoins assez faible avec une grosse majorité des réponses dans la frange 1-3 projets.

◇ Donnez une estimation du temps passé (en nombre de demi-journées), par vous-même, à la préparation de ces projets pendant les 5 dernières années ? [486 réponses]



► Sur ces 486 réponses, on arrive à une moyenne de 38 demi-journées passées à rédiger de tels projets, soit un mois plein de travail sur une période de 5 ans.

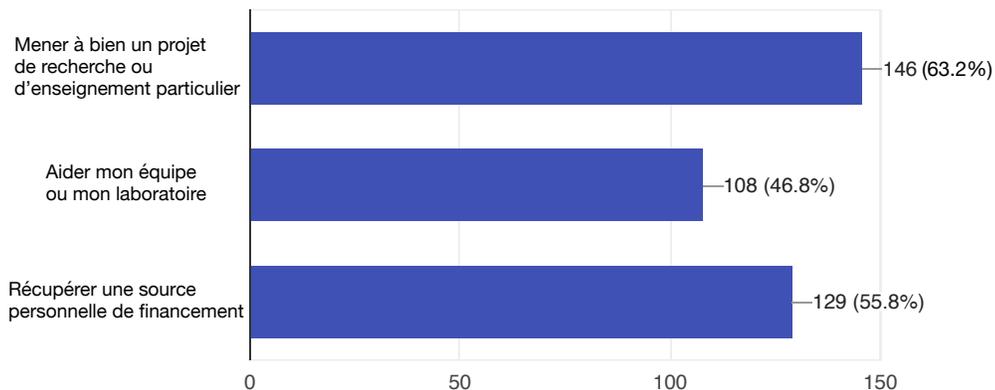
◇ Quel est le nombre de projets acceptés en tant que porteur-euses ? [463 réponses]



► Dans deux tiers des cas, aucun projet n'a été accepté. Avec les résultats de la question précédente, cela donne au moins 300 mois de travail perdus. Le tiers restant s'est vu financé principalement un projet, deux dans de plus rares cas.

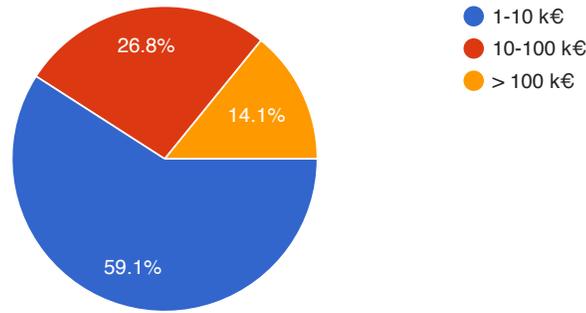
2.2. IDEX/LABEX/PEPS/BQR/etc. (période 2012-2018). La deuxième partie du questionnaire portait sur les appels à projets locaux.

◇ Si vous avez déposé un projet dans le cadre des appels de l'IDEX/LABEX/PEPS/BQR, quelles ont été vos motivations ? (plusieurs réponses possibles). [231 réponses]



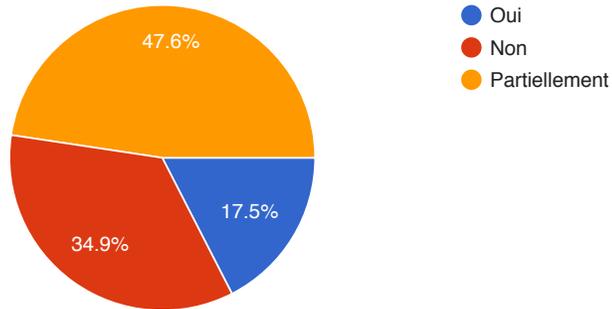
► Pour ces appels locaux à projet, on peut dresser le même constat que pour les appels nationaux et internationaux : la motivation principale n'est pas nécessairement la réalisation d'un projet scientifique.

◇ Si vous avez obtenu un ou des financements, quel a été l'ordre de grandeur global ? [198 réponses]



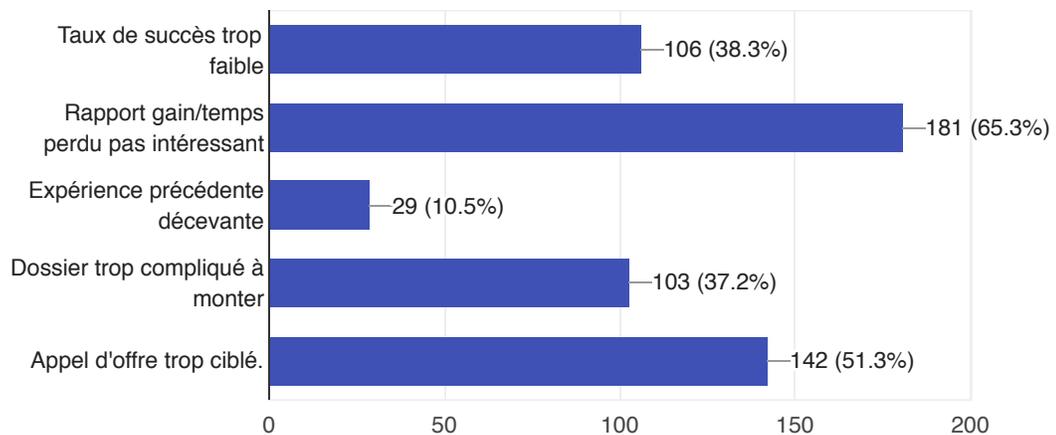
► *A la différence des appels nationaux et internationaux, les appels locaux portent sur de plus petits montants : un peu moins des deux tiers concernent des budgets inférieurs à 10 000 euros.*

- ◇ Si vous n'avez pas obtenu de financement, avez-vous pu réaliser votre projet avec des fonds récurrents ? [126 réponses]



► *Sans surprise, on peut faire le même constat que pour les appels nationaux et internationaux : les fonds récurrents ne suffisent pas à pallier le sous-financement des appels locaux à projets.*

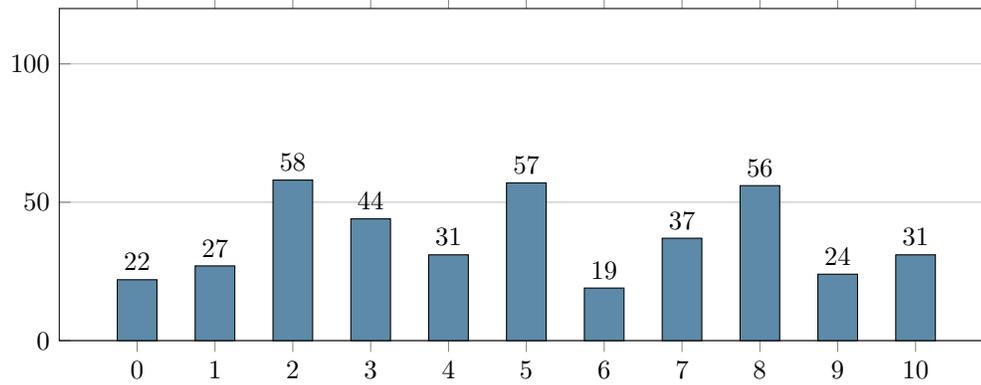
- ◇ Si vous n'avez pas déposé de projet, quelles ont été les raisons ? (plusieurs réponses possibles) [277 réponses]



► *Encore une fois, le faible effet de levier ainsi que les bas taux de réussite sont des freins importants au dépôt de dossier de candidature. Il en va de même pour la difficulté à monter certains dossiers ainsi que le périmètre des appels d'offre.*

2.3. Charges administratives (période 2012-2018). Le troisième partie du questionnaire portait sur l'évolution des charges administratives.

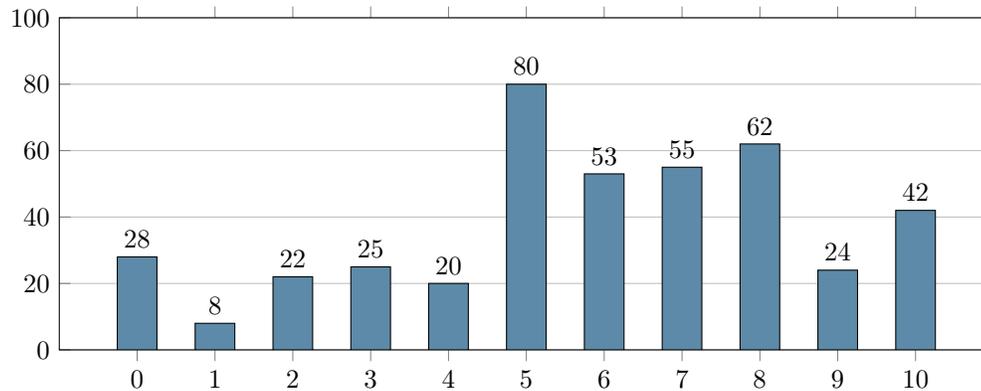
- ◇ Quel accroissement de charges administratives personnelles a-t-il découlé des projets acceptés ? [406 réponses]



LÉGENDE : 0=lourde surcharge, 10=aucune surcharge.

► *L'ensemble des réponses est symétrique : autant de collègues ont vu leurs charges administratives s'accroître que se stabiliser. Il serait sûrement plus pertinent de poser la même question mais de l'affiner en fonction du type de financement reçu.*

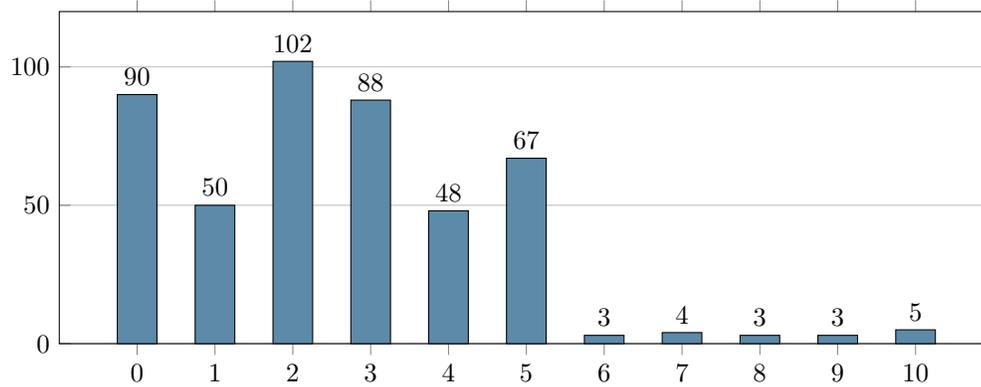
- ◇ Au final, pouvez-vous situer le bénéfice retiré ? [419 réponses]



LÉGENDE : 0=très positif, 10=très négatif.

► *75% des réponses se situent dans la partie négative : il semble donc que dans trois quart des cas, le bénéfice ne soit pas clair.*

- ◇ De manière générale, avez-vous ressenti une évolution de vos charges administratives ? [463 réponses]

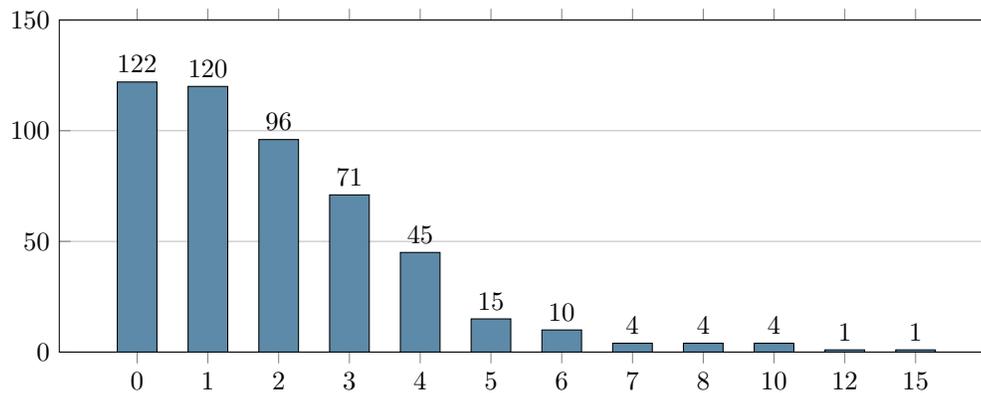


LÉGENDE : 0=lourde dégradation, 10=forte amélioration.

► La quasi totalité de nos collègues souffrent d'un alourdissement général de leurs charges administratives. Près de la moitié considèrent même cette évolution comme une lourde dégradation de leurs conditions de travail.

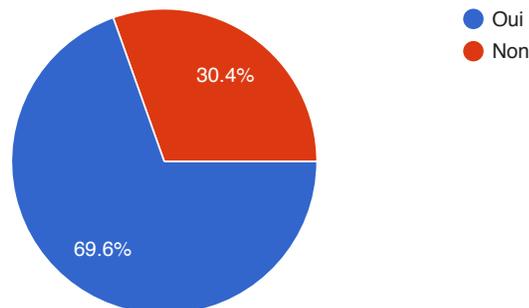
2.4. Thèse, ATER, Postdoc (période 2012-2018).

◇ Combien avez-vous obtenu de bourses de thèses ? [494 réponses]



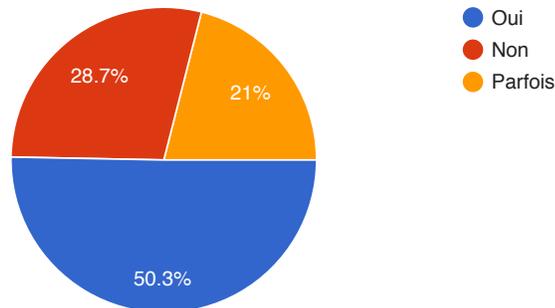
► Un quart de nos collègues n'ont pas réussi à financer une thèse. Deux tiers ont réussi à obtenir entre 1 et 4 bourses de thèse.

◇ Etait-ce suffisant ? [470 réponses]



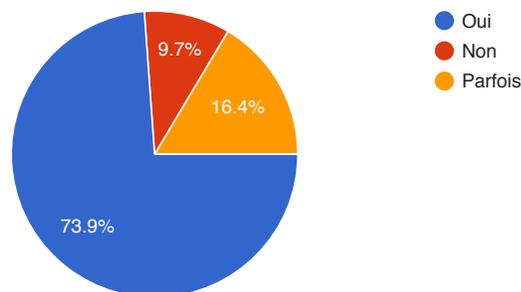
► On retrouve dans cette question la même proportion qu'à la question précédente : deux tiers satisfaits pour un tiers qui ne l'est pas.

- ◇ Vos étudiant-e-s ont-ils pu obtenir un poste d'ATER pour finir leur thèse lorsque cela était nécessaire ? [328 réponses]



► *L'obtention d'un poste d'ATER pour finir une thèse au delà des trois ans de financement n'est plus automatique mais reste une possibilité non négligeable : la moitié des réponses obtenues.*

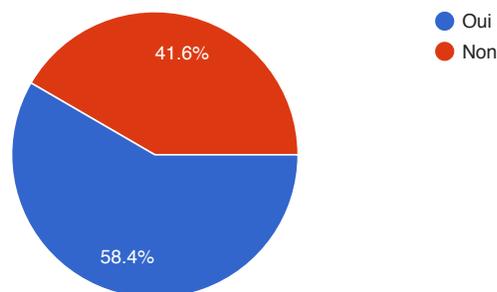
- ◇ Vos étudiant-e-s ont-ils réussi à trouver un postdoc ou un poste après leur thèse ? [371 réponses]



► *Dans au moins trois quarts des cas, les étudiants réussissent à poursuivre leur carrière pendant la période qui se situe juste après la thèse.*

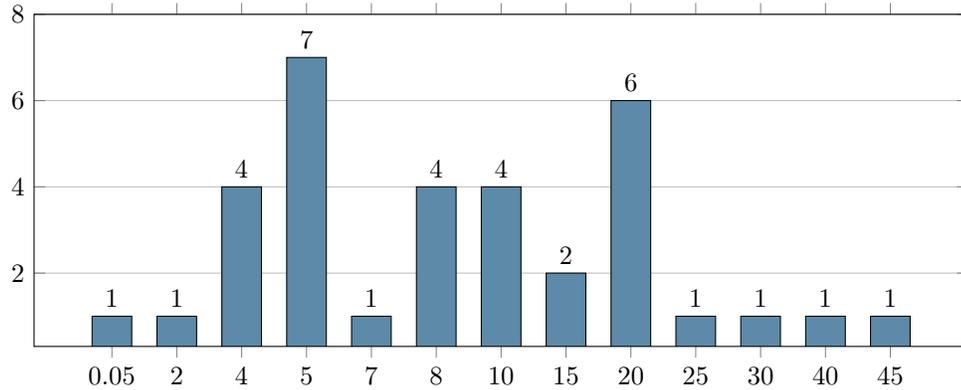
2.5. Partie réservée aux directeur-trice-s de laboratoire (période 2012-2018).

- ◇ Votre laboratoire a-t-il reçu un pourcentage des financements ANR et ERC ? [209 réponses]



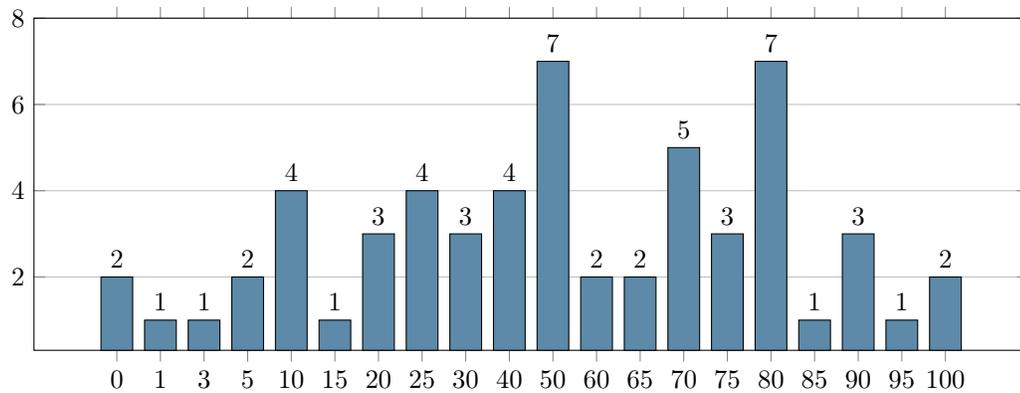
► *Cette question a reçu plus de 200 réponses alors qu'il n'y a que 42 unités mixtes de recherche et 1 équipe de recherche labellisé à l'INSMI. Il est donc fort probable qu'un nombre important de nos collègues, qui ne sont pas responsables de laboratoire, ai néanmoins répondu à cette question, biaisant ainsi le résultat.*

- ◇ Si oui, lequel ? [35 réponses]



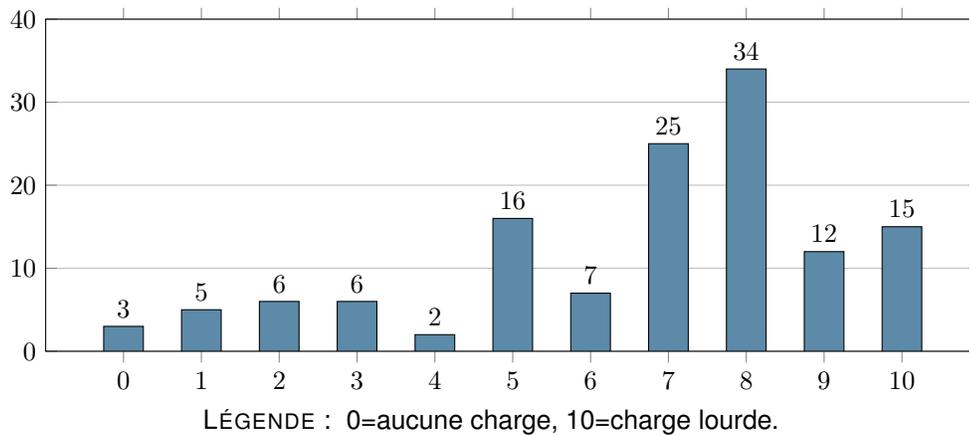
► *Le pourcentage du préciput perçu se répartit de la manière suivante : un tiers en dessous de 5%, un tiers entre 5% et 15% et un tiers au delà de 15%.*

- ◇ Chiffrer la part du financement sur projet dans le budget de votre laboratoire (en pourcentage). [58 réponses]



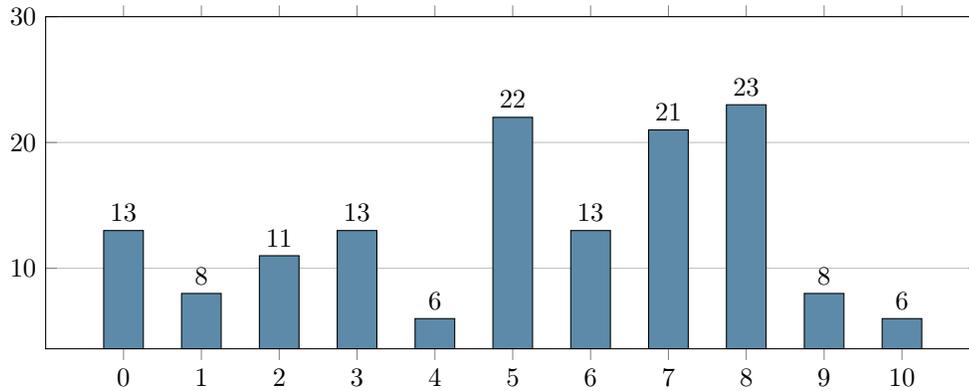
► *La part du budget des laboratoires provenant des appels à projet est très variable. Dans 18% des cas, cela représente moins de 15% du budget, dans 36% des cas, cela représente entre 20% et 50% du budget, dans 32% des cas, cela représente entre 50% et 80% du budget, dans 14% des cas, cela représente plus de 85% du budget.*

- ◇ Quelle est la charge administrative supplémentaire induite par ces projets au niveau de votre laboratoire ? [131 réponses]



► Avec moins de 50 responsables d'unités et plus de 130 réponses, l'interprétation stricte sensu des réponses à cette question doit être mesurée. On semble néanmoins relever un fort accroissement des charges administratives pour pouvoir gérer les projets sur appel.

- ◇ Donner une estimation du bénéfice global des dispositifs d'appel d'offre régionaux, nationaux (ANR, PIA, etc.), européens (ERC, H2020, etc.) pour votre laboratoire. [144 réponses]

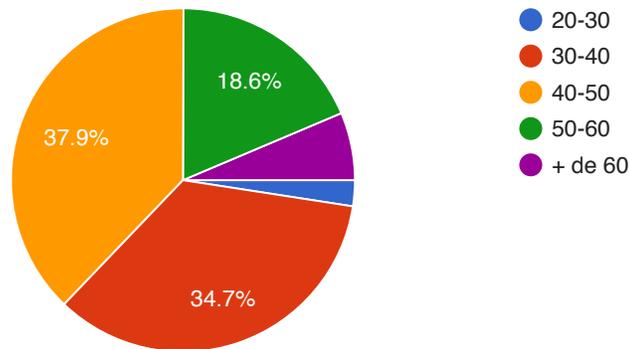


LÉGENDE : 0=pas de bénéfice, 10=bénéfice très important.

► Avec moins de 50 responsables d'unités et plus de 140 réponses, l'interprétation stricte sensu des réponses à cette question doit être mesurée. On note une nette majorité d'avis dans le sens d'un bénéfice global des dispositifs d'appel est important pour leurs laboratoires.

2.6. Autres commentaires.

- ◇ Quelle est votre tranche d'âge ? [533 réponses]



Nous avons en outre eu 200 commentaires dont voici des extraits les plus pertinents (et dont le contenu n'est pas déjà mentionné dans ce rapport).

- ◇ Une part importante du temps perdu dans l'élaboration des projets de recherche provient du fait que les appels à candidature sont tous différents. A défaut d'un guichet unique, il serait grandement profitable à notre communauté de disposer d'une page internet de référence où les différentes offres seraient centralisées avec éventuellement un guide de candidatures.
- ◇ Pour la recherche ayant des applications directes dans le monde de l'entreprise, il existe plus de financements que ceux évoqués dans ce questionnaire (bourses CIFRE, chaires financées par l'industrie, projets FUI, etc.). Néanmoins, la diminution des fonds propres

forcent les laboratoires travaillant dans ces domaines à rédiger plus de candidatures pour postuler sur des appels à projets. Dans ce contexte, il devient impossible de financer de nouvelles thématiques à long terme.

- ◇ Le mode de financement par appel à projet renforce les inégalités hommes-femmes : nos collègues en congé parental ne déposent pas de projets collectifs.
- ◇ De très nombreux collègues boycottent purement et simplement tous les appels à projet jugeant que ce système est néfaste à la recherche en mathématiques.
- ◇ Le format des dossiers à rédiger étant uniforme pour tous les domaines de la recherche, il se prête mal aux mathématiques où il est difficile par exemple de prévoir ce que nous ferons dans plusieurs années et où des notions comme les "résultats livrables" a peu de sens.
- ◇ De nombreux collègues disent payer eux-mêmes leurs participations à des conférences et autres activités de recherche.
- ◇ Certains responsables d'unité regrettent l'absence de règle systématique et claire pour que les coûts indirects induits soient financés aux laboratoires par les projets.
- ◇ Il est très difficile de donner une estimation fiable de la part de financement reçue par un laboratoire via des projets sur appel : des chercheur-euses d'autres laboratoires en font partie, des séminaires et autres activités des équipes sont souvent soutenus directement par des porteurs de projet.
- ◇ Il faut noter le problème sérieux de la bureaucratisation à l'extrême. Il y a dix ans, les laboratoires fonctionnaient bien. Les personnels administratifs travaillent aujourd'hui en permanence à la limite de la rupture. Ceci ne vient pas d'un manque d'efficacité, mais d'une complexification croissante des différentes tâches à accomplir (CNRS/Université/Contrats).

3. Conclusions

- ◇ En France et en Europe, les financements par appels à projet portent majoritairement sur des projets collectifs avec des gros budgets et des taux de réussite très bas, à la différence des bourses plus individuelles de la NSF aux États-Unis par exemple. Ce système, qui convient bien à d'autres domaines des sciences, n'est pas adapté aux mathématiques. Il induit de nombreux effets pervers : grande perte de temps pour l'élaboration des projets, perte de temps pour l'expertise de ces derniers, les heureux élus se voient transformés en gestionnaires et les perdants n'ont pas le minimum pour accomplir leur mission faute de financement récurrent à la hauteur. Pour mener à bien sa mission de recherche, un-e chercheur-se en mathématiques a besoin de pouvoir assister à au moins une conférence internationale et une conférence nationale par an. Il-elle doit aussi avoir la possibilité d'inviter ou de rendre visite à quelques collaborateurs. Ceci représente environ 2500 euros par an, ce qui est une somme très supérieure à ce que les budgets des laboratoires peuvent fournir. (D'autant plus que la tradition qui voulait que l'on paie le voyage des orateur-trice-s commence à disparaître.) Il faudrait en outre mener une large enquête sur le temps global consacré par notre communauté à la rédaction de candidatures et le comparer aux gains obtenus. Les résultats du présent questionnaire tendent déjà à montrer que *le bénéfice escompté n'est pas au rendez-vous*. **Pour tous les appels à projet en mathématiques, il serait préférable d'avoir plus de personnes bénéficiaires avec des montants moindres, notamment nos collègues jeunes et femmes.**
- ◇ À titre individuel, nos collègues ressentent de manière majoritaire l'accroissement des charges administratives liées aux projets sur appel. Si les petites sources de financement ne demandent pas de gestion lourde, ils souffrent d'une lourde dégradation des charges administratives globales au niveau des laboratoires.
- ◇ Les charges de travail supplémentaires supportées par les personnels administratifs des laboratoires devraient être rémunérées par une partie des financements obtenus.

- ◇ De nombreuses universités ont revu drastiquement à la baisse leurs offres de postes d'ATER et, dans certains cas, des postes de personnels BIATSS et d'enseignants-chercheurs pour des raisons de restrictions budgétaires. Ceci a des conséquences néfastes sur le fonctionnement des laboratoires de mathématiques.

Remerciements. Nous tenons à remercier la direction de l'INSMI pour son aide constante dans l'élaboration de cette partie du rapport, et plus particulièrement Virginie Bonnaillie-Noël pour les nombreux documents qu'elle a mis à notre disposition. Merci aussi aux intervenants des journées organisées autour de ces questions : Xavier Antoine, Christophe Blondel, Jean Dolbeault, Christian Peskine, et Jean-Marc Schlenker.

Recommandation du CSI de l'INSMI du 22/12/2017, au sujet de l'ANR et de sa politique de financement en sciences mathématiques

Il y a maintenant deux ans, le CES 40 (mathématiques et informatique) de l'ANR avait demandé et obtenu de la direction de l'ANR une certaine liberté d'action dans ses évaluations des projets qui lui étaient soumis : outre la connaissance préalable du budget total attribué aux projets sélectionnés, il a maintenant une certaine marge de manoeuvre sur les budgets des projets sélectionnés, ce qui lui permet une certaine modulation du nombre de ces projets. Le CSI de l'INSMI ne peut que se féliciter que cette nouvelle politique n'ait pas été remise en cause et que l'actuel CES 40 dispose de la même liberté. Il souhaite néanmoins attirer l'attention de l'ANR sur un certain nombre de points :

- ◇ La baisse des budgets alloués à la recherche fondamentale rend la liberté donnée au CES 40 plus que limitée. Rappelons que le budget total de l'ANR est passé de 650 M€ en 2008, à 390 M€ en 2015. À l'heure actuelle, une bonne moitié des projets qui mériteraient sans aucun doute d'être financés ne le sont pas ; l'ANR ne joue plus son rôle de financement incitatif, qui a permis durant ses premières années de donner des moyens substantiels à de jeunes chercheurs et à de jeunes équipes, dans des proportions qui rendaient attractive la soumission d'un projet.
- ◇ La liberté d'organiser l'allocation du budget (et, en corollaire, la liberté de moduler le taux d'acceptation en conséquence) est cruciale pour un panel d'experts : ces taux sont susceptibles de varier grandement d'un champ disciplinaire à un autre, en fonction des besoins, d'une part, et des objectifs à long terme d'autre part, beaucoup plus aléatoires à juger dans une discipline fondamentale : par nature, une prise de risque importante sur un grand nombre de projets, à budget moindre, a plus de chance de conduire à des succès probants qu'une concentration sur peu de projets à gros moyens (fussent-ils des réseaux de recherche déguisés : rappelons qu'il existe d'autres outils, comme les GDRs, les réseaux européens, ayant cet objectif)
- ◇ La stabilité et la lisibilité de l'action de l'ANR et de ses panels dans le temps est indispensable pour permettre un taux de réussite satisfaisant, pour des chercheurs dont la qualité n'est pas à prouver car ils ont réussi à passer le cap de concours de recrutement dans le supérieur toujours plus difficiles dû à la baisse significative du nombre de postes dans l'enseignement supérieur et la recherche.
- ◇ Dans ce sens, les panels doivent avoir les moyens d'émettre des avis constructifs et cohérents sur les dossiers refusés. L'information relative aux budgets alloués et aux taux de réussite doit être largement diffusée.
- ◇ L'INSMI, dont l'une des missions est de mener une politique scientifique cohérente en sciences mathématiques à l'échelle nationale, doit être associé, de manière institutionnelle, aux réflexions sur les thèmes et financements sur projet dans son périmètre, et est à ce titre l'interlocuteur le mieux à même de dialoguer avec l'ANR sur ces sujets.

Mathématiques et interactions

1. Introduction

Ce chapitre est issu du travail du sous-groupe du comité scientifique de l'INSMI étudiant les interactions des mathématiques. L'objectif de ce document est d'élaborer un tour d'horizon (nécessairement non exhaustif) des mathématiques en interaction, tant sur le plan scientifique que sur la problématique des personnels, chercheur-ses ou ingénieur-es, et sur les moyens mis en oeuvre au service des interactions. Nous avons dans ce travail délibérément centré notre étude sur les interactions avec d'autres domaines scientifiques, écartant deux types d'interactions conséquents qui sont les interactions à l'intérieur des mathématiques d'une part, et les interactions avec les entreprises d'autre part.

Nous avons sollicité la communauté mathématique, mais aussi des chercheur-ses d'autres sciences, en faisant appel à de nombreux collègues susceptibles d'apporter une lumière particulière sur certains sujets. En particulier, nous avons demandé aux porteurs des groupements de recherche (GDR) à l'interface des mathématiques et d'autres disciplines leur avis sur les différents aspects que nous avons traités. Nous remercions chaleureusement celles et ceux qui nous ont apporté leur contribution, enrichissant ainsi notre réflexion.

Malgré cet appel large à des représentants de la communauté mathématique, il est certain que nous ne serons pas exhaustifs sur ces questions (du fait de l'arbitraire dans le choix de nos interlocuteurs, de l'hétérogénéité des différentes contributions, des risques d'inégalité entre thématiques).

Ce texte propose tout d'abord un descriptif rapide des interactions des mathématiques avec d'autres sciences, d'une part en détaillant les tendances générales qui se dessinent et d'autre part en identifiant quelques domaines particulièrement émergents. La deuxième partie est consacrée aux personnels en interactions, chercheur-ses ou ingénieur-es, tant sur la question des recrutements, que sur la problématique des carrières. Les moyens disponibles pour encourager les interactions sont détaillés dans la partie 3. Le document se termine par une section qui synthétise un certain nombre de recommandations visant à favoriser et faciliter les interactions.

2. Paysage scientifique

Nous nous positionnerons ici en complément du rapport de prospective précédent, qui dressait un état des lieux détaillé du paysage scientifique des interactions sur la période 2010-2014. Point de surprise à constater que la dynamique actuelle se retrouve majoritairement dans les mêmes directions, quatre ans étant bien peu à l'échelle de la maturation des mathématiques et de la construction de nouveaux travaux en interaction. Une question complexe est du reste celle des indicateurs permettant d'apprécier correctement les zones interdisciplinaires émergentes : les indicateurs bibliométriques, si tant est qu'ils puissent avoir une utilité, sont calculés sur des échelles trop courtes (2 ans), les bases de données de référence généralistes ne sont pas complètement pertinentes dans les domaines concernés, les indicateurs sont fondés sur des collaborations institutionnelles seulement... Tous ces aspects ne facilitent pas la détection de pistes naissantes dans les champs interdisciplinaires. L'objectif de la section suivante est avant tout d'apporter une information en complément du rapport précédent¹.

1. http://rapports-du-comite-national.cnrs.fr/sites/default/files/uploads/pdf/4-rapport_prospective_cs_insmi_sept2014_pdf.pdf

2.1. Tendances générales.

2.1.1. *Mathématiques, informatique.* L'interaction entre mathématicien-nes et informaticien-nes s'est consolidée depuis plusieurs décennies autour des grands axes thématiques suivants :

- (1) Calcul formel, quantique, algorithmique et complexité,
- (2) Logique et fondements mathématiques de l'informatique,
- (3) Méthodes formelles, vérification et certification de code,
- (4) Codage et cryptographie,
- (5) Calcul scientifique haute performance,
- (6) Optimisation et recherche opérationnelle,
- (7) Traitement du signal et de l'image,
- (8) Apprentissage et science des données.

Les interactions naturelles des mathématiciens et informaticiens autour de ces disciplines constituent des tendances de long terme, on se référera en particulier au rapport de prospective 2014 dans lequel elles sont détaillées. Sur les 5 dernières années, parmi les tendances particulièrement marquantes ont peu remarquer les suivantes :

- ◇ Le développement de l'apprentissage profond a chamboulé l'état de l'art dans des domaines aussi variés que la classification d'image, l'informatique graphique, le traitement du langage. Cette évolution a été avant tout favorisée par la conjonction de plusieurs facteurs : montée en puissance des capacités de calcul sur processeur graphique (GPU, pour "Graphics Processing Unit"), arrivée à maturité des outils logiciels de calcul scientifique généraliste sur GPU, et abondance de données recueillies sur internet.
- ◇ L'optimisation d'architectures complexes de réseaux neuronaux multicouches a fortement bénéficié de développements mathématiques en optimisation, en particulier méthodes de gradient stochastiques et différentiation automatique.
- ◇ Des théorèmes mathématiques tels que le théorème de Feit-Thompson ou la conjecture de Kepler ont été démontrés et certifiés au moyen d'assistants à la démonstration tels que Coq ou Isabelle.
- ◇ Un point de convergence novateur et profond a été établi entre théorie des types dépendants en logique et théorie de l'homotopie en topologie algébrique, avec à la clef un axiome d'univalence qui révolutionne notre manière de comprendre l'identité et la réécriture dans les assistants à la démonstration.
- ◇ La digue qui séparait jusqu'ici théorie des modèles et théorie de la démonstration est en train de céder, avec l'arrivée d'outils nouveaux de nature catégorique (logique linéaire, dualités, monades) dans la théorie des modèles finis, avec des applications inattendues à la vérification et à la théorie des automates.
- ◇ Dans le domaine des problèmes inverses, qui demeure central en traitement du signal et de l'image, des avancées importantes ont été obtenues grâce à la régularisation parcimonieuse et aux techniques d'optimisation non-convexe et/ou non-lisses.
- ◇ Le traitement de classes de données dont la structure irrégulière est capturée par un graphe ou une variété s'est consolidé grâce aux outils de théorie spectrale sur les graphes et d'analyse topologique des données. On a ainsi vu éclore des extensions remarquables des outils classiques du traitement du signal, de statistique et du calcul scientifique.
- ◇ L'algèbre linéaire et multilinéaire randomisée a été stimulée par le développement du *compressed sensing*, qui a mis un coup de projecteur sur l'utilité de techniques probabilistes telles que les projections aléatoires. Elle occupe aujourd'hui une place importante dans l'analyse de données à grande échelle.

- ◇ Un lien profond entre certaines équations aux dérivées partielles et la géométrie algorithmique a été mis en lumière ces dernières années et a permis d'obtenir des nouvelles discrétisations géométriques, permettant de développer des algorithmes efficaces, notamment en transport optimal. Ces algorithmes sont désormais utilisés dans plusieurs contextes allant de la résolution de problèmes d'optique à la modélisation de l'univers.

2.1.2. *Mathématiques, sciences du vivant.* Les interactions entre mathématiques et sciences du vivant sont désormais bien établies en France et bien représentées à travers plusieurs réseaux de recherche et d'équipes pluri-disciplinaires : mathématique et santé, mathématique pour la dynamique des populations, statistique et génome. La filière "neuro-mathématiques" est, quant à elle, plus récente.

Le CNRS a travaillé à la structuration de la communauté actuelle avec la création des groupements de recherche (GDR) Mamovi (Mathématiques appliquées à la modélisation du vivant) qui vient de voir le jour en septembre 2017, BIM (Bioinformatique moléculaire), EcoStat (Écologie statistique), StatsSanté, Robotique, Vision et finalement BioComp.

L'importance de former une nouvelle génération de chercheurs interdisciplinaires n'est plus à démontrer. Ceci a donné lieu à la création d'équipes interdisciplinaires math-bio et de masters interdisciplinaires.

Des événements plus ponctuels vont dans le même sens, tel le semestre thématique du CIMI "Mathématiques et Informatique pour les sciences du vivant" à Toulouse, qui a eu lieu de septembre 2017 à février 2018, ou l'école d'été CEMRACS 2018 "Numerical and mathematical modeling for biological and medical applications : deterministic, probabilistic and statistical descriptions". Un nombre croissant de petites conférences pluridisciplinaires, mettant l'accent sur la mise en place du dialogue (complexe) entre chercheur-ses en sciences du vivant, neuro-physiologues, mathématicien-nes et physicien-nes, voit le jour ; on peut citer par exemple la suite des conférences *Probabilistic structures of the brain* (Cergy 2012), *Statistical methods for neuronal data* (Paris Descartes 2013), et *MathStatNeuro workshop* (Nice 2015). Au cours des dernières années, quelques thématiques ont tout particulièrement émergé :

- ◇ L'avènement des technologies à haut-débit en biologie (en génomique, transcriptomique, en imagerie médicale, mais aussi en neuro-sciences) a révolutionné la collecte de données dans les sciences du vivant. De même, l'épidémiologie fait face à un nombre toujours plus grand de données, avec un nombre de plus en plus important de variables décrivant chaque individu. Ces variables commencent à être mesurées de manière répétée dans le temps, et les bases de données intègrent de plus en plus d'individus. Le traitement des données massives (en lien fort avec la section 2.2.2) demande des mises au point et des développements de nouvelles techniques mathématiques, surtout côté statistique (statistique en grande dimension, tests multiples, apprentissage profond, apprentissage machine, par exemple), mais également en lien avec les mouvements collectifs, le transport, etc.
- ◇ Un autre aspect novateur est celui de l'inférence causale : en épidémiologie, comme ailleurs, on a souvent tendance à interpréter de simples mesures d'association comme des effets causaux. Bien que la différence entre les deux, ainsi que les "biais" pouvant expliquer ces différences, aient été décrits de longue date dans la littérature statistique/biostatistique/épidémiologique, la formalisation des modèles causaux (Neyman, Rubin, Robins, Pearl, etc.) conduit aujourd'hui à une analyse plus systématique des hypothèses permettant d'interpréter une association statistique en terme de causalité. Ce formalisme contribuera peut-être à améliorer les analyses de survie, où l'étude, à première vue simple, de l'effet d'une exposition (ou d'un traitement) sur la survenue d'une maladie s'avère relativement délicate en présence de risques compétitifs (tels que le décès).

- ◇ En neurosciences, plusieurs outils ont porté leurs fruits, tels les équations de champs neuronaux, les équations différentielles stochastiques, les systèmes de particules en interaction (markoviens ou avec mémoire), les systèmes dynamiques non-linéaires, les EDP, les limites de champs moyens de systèmes stochastiques. Les spécificités du contexte des neurosciences ont également donné lieu à l'étude de nouvelles propriétés, comme la description non markovienne des trains de décharge, ou de nouveaux types de modèles incluant des processus à mémoire longue, des mesures de Gibbs ou de Gibbs faible, s'appuyant sur les dynamiques sur les graphes aléatoires, ou sur l'étude des phénomènes de synchronisation dans des grands systèmes de neurones ou d'autres organismes... D'un point de vue statistique, ces nouveaux modèles induisent des problèmes d'inférence comme la prise en compte de la complexité des modèles, de leur grande dimension, des données seulement très partiellement disponibles.

2.1.3. *Mathématiques, physique, chimie.* L'interaction entre mathématicien-nes et physicien-nes est ancienne. Elle continue à être alimentée par des questions fondamentales de physique théorique, faisant intervenir en particulier l'analyse variationnelle et les équations aux dérivées partielles (EDP). Elle se développe par ailleurs autour de la simulation numérique et du calcul haute performance. Ce dernier aspect est particulièrement marquant dans les interactions avec les chimistes. Sur les 5 dernières années, quelques tendances peuvent être notées :

- ◇ Des avancées en relativité générale mathématique ont eu lieu sur plusieurs questions ouvertes du domaine, en particulier stabilité des trous noirs, conjecture de censure cosmique fort.
- ◇ Des avancées importantes ont été obtenues en homogénéisation stochastique.
- ◇ En chimie électronique, l'analyse *a priori* et *a posteriori* pour le calcul de structures électroniques conduit aujourd'hui à des résultats de convergences optimaux et des bornes calculables et fiables, permettant de distinguer différentes sources d'erreur (discrétisation, algorithme et modèle).
- ◇ Pour la chimie moléculaire, on peut noter l'utilisation des techniques de décomposition de domaine parallèle pour l'étude de problèmes de solvatation, l'accélération notable des simulations permettant d'envisager des calculs instationnaires.

Un certain nombre des sujets évoqués ci-dessus en physique théorique ne sont pas clos et vont continuer à se développer. On peut s'attendre à voir émerger des sujets à l'interface entre probabilités et EDP en lien avec la physique.

Les possibilités expérimentales en physique des atomes froids se sont constamment étendues au cours des vingt dernières années. Ceci fournit une source d'inspiration très riche, où des branches des mathématiques traditionnellement proches des applications (équations aux dérivées partielles, probabilités) sont amenées à côtoyer des branches comme la topologie et la géométrie.

La simulation en chimie devrait continuer à se développer autour des domaines décrits ci-dessus, en particulier en vue de la compréhension et simulation des systèmes hors équilibres, et l'étude théorique et numérique de systèmes multiéchelles. On peut s'attendre à des développements en lien avec le calcul scientifique intensif et la science des données.

2.1.4. *Mathématiques, sciences de l'ingénieur.* La mécanique et les mathématiques interagissent naturellement l'une avec l'autre sur des domaines récurrents de manière plus ou moins cycliques : bifurcations/instabilités, méthodes asymptotiques et homogénéisation, réductions de modèles, etc. Parmi les tendances, on notera des collaborations entre les acteurs de la géométrie et de la mécanique (géométrie symplectique, intégrateurs géométriques, géométrie de Poisson, groupes de Lie...). Des avancées ont également eut lieu à l'interface entre mécanique de la rupture et approche variationnelle (gamma-convergence des modèles de rupture par exemple).

L'émergence du *big data* et de l'intelligence artificielle entraîne par ailleurs de nouveaux points de vue notamment probabilistes, et la mise en lumière de la mécanique digitale nécessitant des travaux à l'interface maths/méca/info. De nombreux éléments ont également été apportés en mécanique des fluides, citons en particulier :

- ◇ Résolution de la conjecture de Onsager pour les équations d'Euler,
- ◇ Démonstration presque complète de la non unicité des solutions faibles de Leray pour Navier–Stokes,
- ◇ Démonstration de l'existence de solutions croissant avec la double exponentielle pour Euler,
- ◇ Obtention de théorèmes d'existence globale pour les water-waves autour de l'équilibre,
- ◇ Extension des résultats de Landau Damping à d'autres équations, telle Euler 2D,
- ◇ Extension du temps de validité de la démonstration de Lanford.

Dans le domaine de l'automatique, l'interface avec les mathématiques se situe dans la théorie du contrôle, les systèmes dynamiques ou les EDP. Parmi les avancées peu anciennes, nous pouvons citer la commande prédictive (*model predictive control*), technique pour laquelle le cas non-linéaire émerge fortement depuis peu. D'autres interactions fortes entre automatique et mathématiques se sont développées récemment autour des *systèmes hybrides* (mêlant des aspects dynamiques et des aspects computationnels), des systèmes multi-agents (aspects algébriques et techniques d'optimisation) et des systèmes d'événements discrets.

D'autres grandes thématiques émergentes sont le contrôle d'EDP d'un point de vue automatique (*input-to-state stability* (ISS) pour des systèmes *sampled data*), incluant la présence de non-linéarités dans la commande et l'observation, ainsi que les problèmes inverses associés à l'identification de paramètres ou la reconstruction d'états pour la commande. Également en lien avec les systèmes hybrides, l'étude des systèmes hybrides de dimension infinie tels que ceux obtenus en combinant une EDP et une condition de saut sont des problèmes ouverts. Mathématiques et automatique vont aussi se retrouver autour des méthodes et de l'explicabilité de l'apprentissage profond (*deep learning*), avec les notions d'invariance, de stabilité ou d'optimalité. Enfin, les problèmes de contrôle en neurosciences, ainsi que les problèmes de parcimonie et de grande dimension en contrôle sont autant de thématiques émergentes partagées.

2.1.5. *Mathématiques, environnement et écologie.* Une certaine effervescence a lieu dans les interactions entre mathématiques et sciences de l'environnement, certains aspects existant déjà depuis plusieurs années : on peut mentionner les travaux sur les modèles pour les écoulements (atmosphériques, océaniques, etc.), l'assimilation de données, impliquant notamment analyse numérique, équations aux dérivées partielles et turbulence. Par ailleurs, de nouvelles interactions ont vu le jour récemment, mettant en avant l'éclairage nouveau que peuvent apporter les systèmes dynamiques sur certains phénomènes ; l'apport réalisé par les outils de transport optimal et de théorie ergodique en terme de description du changement climatique est également à ses débuts. Un autre pan des mathématiques présente de belles avancées récentes très encourageantes, il s'agit des interactions entre sciences du climat et statistique, qui incluent des travaux de correction de biais des modèles déterministes existants, de modélisation d'événements extrêmes, de mise en place de générateurs de temps stochastiques. Plus récemment, la statistique a permis de démarrer des interactions sur détection et attribution du changement climatique, et les questions de causalité émergent, suscitant un intérêt nouveau tout en posant des défis mathématiques inédits et délicats. On peut cependant noter que tous ces travaux bénéficieraient d'un accroissement des échanges entre sciences du climat, systèmes dynamiques et statistique, même si quelques initiatives existent pour créer du lien (conférence Data Science and Environment², école thématique MathDACC³ (Mathematics for climate change detection and attribution),

2. <http://conferences.telecom-bretagne.eu/dse2017/>

3. <http://mathdacc.lsce.ipsl.fr/>

conférence Environmental risk modeling and extreme events⁴...). Une autre piste de prospective, notamment envisagée au sein du GDR EGRIN⁵ (Ecoulements Gravitaires et Risques Naturels), est celle de la quantification des incertitudes et de leur propagation dans les modèles numériques existants.

Les interactions avec l'écologie sont également bien établies aujourd'hui. Il existe notamment un GDR EcoStat⁶ liant statistique et écologie (comme déjà mentionné en section 2.1.2). Par ailleurs, le réseau PathTIS⁷, qui a été financé par l'INRA durant les 5 premières années et maintenant par le Réseau National des Systèmes Complexes, se focalise plus spécifiquement sur le lien entre statistique et écologie du mouvement, regroupant écologues, halieutes et statisticien-nes autour du développement de questions et méthodes sur l'analyse des trajectoires. Un colloque mixant les communautés a déjà vu 2 éditions, en 2015⁸ et en 2017⁹.

Certaines études des systèmes écologiques prennent en compte les interactions entre espèces (par exemple au sein d'un réseau trophique) et leur dynamique au travers d'une modélisation par systèmes d'équations différentielles ordinaires ou stochastiques. Mais la possibilité récente d'acquérir des signaux longitudinaux issus de données de capteurs (GPS, accéléromètres, positions des animaux/bateaux à moindre coût) nécessite des développements mathématiques spécifiques dans le champ du traitement du signal et de la statistique. Les données sont de différentes natures (positions, capteurs de température, de pression, variables environnementales, etc) mesurées à différentes échelles, donnant lieu à des jeux de données potentiellement massifs et hétérogènes. Les méthodes permettant d'appréhender ces jeux de données ne sont pas classiques et demandent des développements adaptés d'un point de vue statistique mais également algorithmique. Il en va de même pour les nombreuses photos et vidéos désormais disponibles auprès des écologues, qui constituent un nouveau champ d'interactions prometteur pour les méthodes de "computer vision". Finalement, la prise en compte des évolutions de la diversité dans les océans, les lacs, les rivières suite aux changements climatiques, et plus généralement, un couplage écoulements / biologie (vie animale ou végétale) et les rétroactions possibles, présentent des défis importants impliquant une interaction mathématiques / géophysique / écologie importante.

2.1.6. *Mathématiques, sciences humaines et sociales (SHS)*. Il faut ici distinguer entre les sujets où les mathématiques sont objets d'études par des approches relevant de divers domaines des sciences humaines (sociologie, philosophie, histoire des mathématiques, anthropologie du calcul, par exemple) et ceux où les mathématiques interviennent comme outils et modèles, structurants ou non, dans des domaines de SHS (statistique en économie, modélisation mathématique des risques, etc).

Les premiers ont connu des processus de structuration et d'évolution différenciés, en France et internationalement. L'histoire des mathématiques a un statut particulier du point de vue de l'INSMI, puisqu'elle a été incluse dans la liste des thèmes relevant du champ d'action de la Section 41. Mais aucun recrutement n'a eu lieu depuis 20 ans. En revanche, un GDR, "Histoire des mathématiques"¹⁰, porté et financé par l'INSMI, a été consacré à l'histoire des mathématiques, afin d'aider au rassemblement des personnes travaillant sur ce thème dans les laboratoires de l'INSMI (le renouvellement de ce GDR sera discuté prochainement). Il faut noter que de nombreuses approches y sont représentées, depuis l'histoire épistémologique jusqu'à l'histoire sociale ou l'anthropologie. La philosophie des mathématiques est quant à elle soutenue par le

4. http://www.crm.umontreal.ca/2017/Extreme17/index_e.php

5. <http://gdr-egrin.math.cnrs.fr/>

6. <https://sites.google.com/site/gdrecostat/>

7. <https://sites.google.com/site/statistiqueetrajectoires/>

8. <https://moving2gather.sciencesconf.org/>

9. <https://m2g-2017.sciencesconf.org/>

10. http://irma.math.unistra.fr/~schappa/NSch/GDR_Hist_Math.html

GDR “Philosophie des mathématiques”¹¹ (PhilMath), porté et financé par l’INSHS (avec une intersection importante avec le précédent). L’INSMI a par ailleurs soutenu en 2017 et 2018 une action *Animation de la recherche en didactique des mathématiques de l’enseignement supérieur au niveau national et relations avec l’international*. Notons que si la didactique des mathématiques est gérée par la section 26 du CNU, elle n’est pas représentée au CNRS. Il conviendrait sans doute de réfléchir à une évolution car des enjeux réels existent.

En ce qui concerne le deuxième groupe thématique, les domaines concernés incluent en particulier l’économie (décisions collectives, contrôle ; voir en section 2.1.7) et la finance (prix, gestion de portefeuilles ; voir en section 2.1.7), la sociologie (ségrégation socio-spatiale, réseaux sociaux et leurs évolutions temporelles), la musicologie (étude du son, mais aussi création musicale), la linguistique, la géographie. Les mathématiques mises en oeuvre couvrent elles aussi un large spectre : combinatoire, théorie des graphes, équations aux dérivées partielles, optimisation, statistique, etc. Il faut souligner la grande perméabilité des techniques aux interfaces, permettant à certains chercheurs d’intervenir tout autant en médecine qu’en écologie ou en sociologie (stratégies de développement durable, données massives en sciences sociales ou biologiques, processus de décision ou d’apprentissage).

2.1.7. *Mathématiques, économie, actuariat et finances*. En ce qui concerne les interactions avec l’économie, cette dernière décennie a vu les approches liées à l’expérimentation et aux neuro-sciences prendre le pas sur les approches théoriques combinant développements mathématiques quantitatifs et théories économiques. Certains domaines mathématiques sont néanmoins toujours très sollicités, englobant les thématiques suivantes :

RÉSEAUX : Les développements récents autour de ce thème (théorie des graphes, recherche opérationnelle, simulations, théorie des jeux) ont permis des avancées sur des questions de tarification dans les réseaux dans un contexte concurrentiel, de transmission de risques (financiers notamment) dans ces réseaux (phénomènes de contagion de crises financières et rôle que les institutions y jouent), ou de nuisances (fausses informations).

(BIG) DATA : La disponibilité sans précédent des “data” (qui sont de moins en moins “données”, au sens où l’on aimerait voir la taille des échantillons augmenter, tandis que ce sont la variété et l’hétérogénéité des observations qui s’accroissent) a apporté une nouvelle dimension cruciale à la recherche en économie, notamment en ce qui concerne les conseils / recommandations publiques (santé, emploi, transport, finances). On retrouve ici toutes les difficultés mathématiques associées à des bases de données nombreuses et peu structurées (réduction de dimension, processus spatiaux...), auxquelles s’ajoutent des aspects propres à l’économie / économétrie (contrôle des biais d’endogénéité, importance des prévisions, effets d’équilibre général).

CALCUL INTENSIF, SIMULATIONS À GRANDE ÉCHELLE : Les techniques quantitatives sont parfois très gourmandes en calcul intensif ; c’est le cas notamment pour les problèmes liés à des considérations de choix discrets faisant régulièrement intervenir des problèmes de quadrature : choix individuels d’éducation, de localisation, de transport, de santé. C’est également le cas suite à la popularisation des techniques d’estimation bayésiennes (MCMC (Markov chain Monte Carlo), exact sampling...), que ce soit pour les études de micro-économie ou, de plus en plus, pour la mise au point des modèles de prévision macro-économique.

L’une des mouvances récentes dans les interactions entre mathématiques, finance et actuariat est liée au phénomène “data science” ayant conduit à une utilisation parfois un peu trop systématique de modèles “boîtes noires”. Se pose alors la question de l’interprétabilité des variables, et des craintes se dessinent notamment du côté des régulateurs de ne pouvoir comprendre certains

11. <http://www.sphere.univ-paris-diderot.fr/spip.php?rubrique143>

phénomènes émergents (citons par exemple la survenue d'une population d'assurés se retrouvant exclus). La problématique est donc de "garder la main" sur la compréhension mathématique des modèles non paramétriques naissants de la communauté d'apprentissage. Cette question est également abordée un peu plus loin dans ce rapport (cf. section 2.2).

2.2. Quelques domaines émergents.

2.2.1. Mathématiques et sport. Parmi les domaines ayant émergé très récemment, on peut notamment évoquer l'interaction entre mathématiques et sport. Elle englobe côté sport de très nombreuses facettes, allant des performances, de l'analyse de stratégie de jeux collectifs, à la santé des sportifs, qu'ils soient professionnels, en situation de handicap ou issus de la population générale, en passant également par des aspects plus socio-économiques en lien avec les paris sportifs, les records ou l'étude de l'ascenseur social que peut être le sport.

De plus en plus de travaux sont issus de ces interactions comme les modèles de réalité virtuelle pour analyser le mouvement, l'utilisation du machine learning pour détecter l'activité ou le mouvement optimal, la modélisation de pied par éléments finis pour optimiser la conception des chaussures, ou les modèles de contrôle optimal pour analyser la performance en course à pied.

Un intérêt commun d'interagir s'est construit il y a peu, et l'on peut citer plusieurs actions récentes montrant l'émergence du phénomène : rencontre maths et sport en 2016, colloque "Stat et Sport" à l'IHP en février 2018, colloque "Mathematics and movement in sports" en mars 2018 (dans le cadre de la semaine des mathématiques). On peut aussi mentionner la création en partenariat avec l'INJEP, l'INSEP et la FFR¹² d'une entité fédératrice "Statistique et Sport" matérialisée par un Groupe Spécialisé de la Société Française de Statistique (SFdS ; création officielle juin 2018) ; à noter également que "Maths et Sport" fut le thème de la semaine des mathématiques en 2016.

Les domaines d'interaction sont donc nombreux, et certains grands événements sportifs pourront contribuer à dynamiser ces collaborations. Quelques pistes peuvent se dessiner. En particulier, il semble pertinent de développer les interactions avec des industriels, notamment autour du machine learning, travailler sur les modèles mathématiques pour extrapoler la précision des capteurs, étendre les calculs de performance à d'autres sports d'endurance (vélo, course/trail, ski de fond, natation, équitation, aviron), améliorer la génération des mouvements artificiels grâce à la réalité virtuelle.

2.2.2. Science des données. La problématique du big data et de l'intelligence artificielle est devenue incontournable et en forte expansion. Les mathématicien-nes sont bien présent-es sur ces thématiques (comme le démontre l'enquête menée par l'INSMI en octobre 2017) mais il est essentiel qu'ils s'emparent de ces problématiques aux côtés des collègues de l'informatique et des autres disciplines.

Dans le domaine de l'apprentissage profond, de nouvelles ramifications apparaissent via des liens entre réseaux de neurones à poids aléatoires, *random features*, et méthodes à noyaux. Par ailleurs, il semble que les concepts et techniques du transport optimal aient un potentiel important en apprentissage (*transfer learning*). L'apprentissage non supervisé a pris une ampleur particulière autour du développement des GANs (*generative adversarial networks*) qui présentent une analogie avec la théorie des jeux par la recherche d'un point selle par rapport à deux réseaux de neurones.

12. INJEP : Institut National de la Jeunesse et de l'Éducation Populaire ; INSEP : Institut national du sport, de l'expertise et de la performance ; FFR : Fédération Française de rugby.

Les mathématiques derrière les techniques de réseaux de neurones profonds restent mal comprises : quelles sont leurs propriétés d'approximation de ces méthodes pour des classes pertinentes de fonctions multidimensionnelles ? Comment en garantir la stabilité ? Pourquoi les algorithmes actuels permettent-ils de sélectionner les bons paramètres alors que la théorie classique prévoit de façon pessimiste un sur-apprentissage ? De ce fait, l'apprentissage profond est souvent utilisé en boîte noire, sans analyse, et des développements mathématiques seront indispensables pour garantir un contrôle de la qualité des solutions.

Les avancées sur les problématiques de qualité des données seront aussi déterminantes, en particulier pour les communautés devant faire face à des données "sales" ou manquantes, et aux problèmes de détection d'anomalies.

2.2.3. Mathématiques et SHS. Les SHS connaissent une évolution profonde du fait des humanités numériques, dont l'usage implique un nouveau rapport aux archives et aux données, mais également des problématiques nouvelles, comme l'utilisation de l'intelligence artificielle pour détecter et analyser les textes, les langues, les données. A ce jour cette évolution semble surtout portée par une interaction avec l'informatique, il serait sans doute souhaitable d'encourager des interactions avec les mathématicien-nes, que ce soit sur des aspects de modélisation ou d'analyse (par exemple des méthodes de deep learning). De façon plus générale, des actions comme des PEPS "modélisation mathématique en SHS" pourraient contribuer à la structuration du champ, encore trop peu développé et organisé.

L'étude mathématique des comportements collectifs et de leur évolution se renouvelle également. La modélisation des systèmes complexes fait intervenir des EDP non linéaires (diffusion de comportements), de nombreux problèmes liés aux réseaux font appel aux mathématiques : communautés dynamiques, création d'autorités, réseaux socio-sémantiques (diffusion par les blogs), réseaux spatiaux de déplacements urbains.

3. Personnels en interaction

Une des difficultés dans les interactions entre mathématiques et une ou plusieurs autre(s) discipline(s) peut être l'étanchéité entre les communautés. Chacune a généralement ses propres journaux, conférences, GDR, et les lieux d'échanges sont parfois rares. Ceci peut s'expliquer par une différence de vocabulaires, de concepts, de méthodes utilisées pour résoudre des problèmes similaires. Mais cette complémentarité des approches permet justement de rendre les interactions plus productives. Il pourrait donc être judicieux de soutenir des groupes focalisés sur un domaine de recherche spécifique pour faciliter les échanges. Un soutien en terme de postes pérennes peut également permettre de transformer des interactions ponctuelles en des projets à plus long terme, impliquant davantage de personnes. L'un des avantages à être rattaché à un laboratoire d'une autre discipline que la sienne est que l'on peut obtenir des financements d'autres origines ; on apprend de plus les codes de la communauté avec laquelle on travaille, et l'on se trouve dans un environnement plus proche des évaluateurs. A l'inverse, on peut parfois ressentir une certaine frustration lorsque les retours d'évaluations montrent que le caractère pluridisciplinaire des projets de recherche n'est pas sans produire des difficultés d'appréciation. Notons toutefois que les différents aspects généraux évoqués ci-dessus ne sont pas nouveaux, et qu'ils figurent déjà depuis une dizaine d'années dans de nombreux rapports descriptifs ou prospectifs. On peut par conséquent se demander dans quelle mesure des actions sont effectivement mises en place pour changer cette situation désormais connue...

Un autre point spécifique à l'approche interdisciplinaire, quelle que soit l'application, est le fait que la concentration sur l'application envisagée plutôt que sur l'approche mathématique pousse à un mélange des communautés mathématiques (menant par exemple à une confrontation entre approche déterministe ou probabiliste en écologie, neuro-sciences, à une modélisation prenant en compte différents points de vue...).

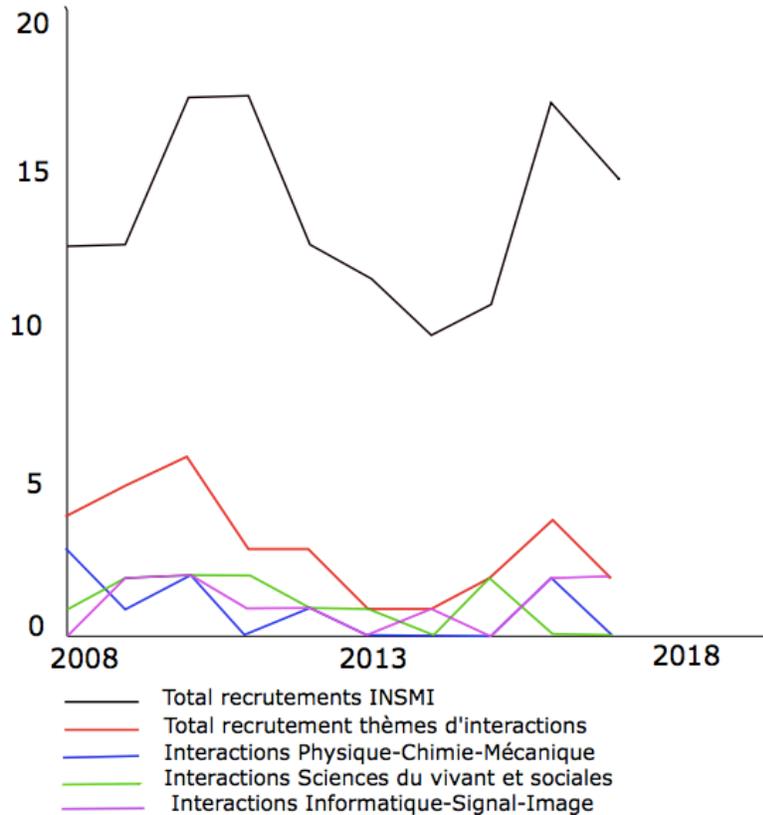
3.1. Recrutements.

3.1.1. *Synthèse des recrutements de l'INSMI sur les dernières années.* Le recrutement à l'INSMI comporte chaque année une part de chercheur-ses dont l'activité se situe clairement sur des thèmes d'interaction multidisciplinaire. Depuis dix ans, cette part est stable et se situe en moyenne autour de 18% (31 recrutements sur 141 au total sur les années 2008-2017). Les domaines d'interactions pourvus sont équilibrés entre les trois grands thèmes suivants :

- ◇ Physique-Chimie-Mécanique,
- ◇ Sciences du vivant et sciences humaines et sociales,
- ◇ Informatique-Signal-Image.

La figure 1 synthétise ces tendances générales.

FIGURE 1. Nombre de recrutements effectués par l'INSMI de chercheurs aux thématiques interdisciplinaires, décliné selon le type d'interaction, lors des dix dernières années.



3.1.2. *Synthèse des recrutements via les commissions interdisciplinaires sur les dernières années.* Sur la période septembre 2012 - septembre 2018, on dénombre plusieurs recrutements de mathématicien-nes via la commission interdisciplinaire (CID) 51 (Modélisation, et analyse des données et des systèmes biologiques : approches informatiques, mathématiques et physiques), créée par l'Institut des sciences biologiques (INSB) : en moyenne sur la période, 1 poste de directeur de recherche (DR) par an et 1 poste de chargé de recherche (CR) par an ont été attribués par la CID 51. Toutes les personnes ainsi recrutées ne sont pas affectées dans un laboratoire relevant de l'INSMI (2/3 le sont pour les DR, 1/3 pour les CR).

En ce qui concerne la CID 53 (Méthodes, pratiques et communications des sciences et des techniques), rattachée à l'Institut des sciences humaines et sociales (INSHS), seulement 2 mathématicien-nes ont été recruté-es (sur des postes de DR) sur la période septembre 2012 - septembre 2018.

3.1.3. *Participation de l'INSMI aux comités de recrutement CID.* Parmi les cinq CID existantes (dont quatre thématiques), l'INSMI se trouve généralement représenté dans les comités de recrutement des deux CID 51 et 53.

La mandature 2012-2016 de la CID 51 a été marquée par l'absence de membres issus des collèges A ou B de la section 41. Ceci n'a pas favorisé les échanges entre la CID, pilotée principalement par l'INSB, et la section 41, entraînant parfois quelques incompréhensions. Durant cette période, l'INSMI n'était pas opposé à un recrutement d'une personne au profil de recherche non-mathématicien-ne, du moment que cette personne soit affectée dans un laboratoire dépendant de l'INSMI. On peut déplorer cependant que la communication sur cette prédisposition n'ait pas été mieux orchestrée. Par ailleurs, une telle contrainte peut s'avérer lourde dans certaines situations. Elle montre du reste une certaine asymétrie, l'INSB acceptant régulièrement d'affecter des postes dans des laboratoires relevant de l'INSMI. Pour plus de précisions, on peut se reporter à la liste complète des postes, disponible sur le site

<http://gestionoffres.dsi.cnrs.fr/fo/offres/default-fr.php>.

En ce qui concerne la CID 53, le comité national de la section 41 a participé par l'intermédiaire d'un de ses membres pendant les deux dernières années du mandat 2012-2016 seulement. La composition et la culture du jury semblent déterminantes, l'appréciation des problématiques spécifiquement SHS et de leur évaluation propre n'étant pas toujours perçue par les membres issus des autres sections (et réciproquement). Se pose ici la question de l'utilité que ces jurys soient eux-mêmes préparés à l'interdisciplinarité.

Un point qui pourrait être simplifié est qu'il y a actuellement un décalage de calendrier entre le comité national et les CID, qui oblige les gens à se représenter au CSI pour poursuivre le mandat de la CID. Ce décalage pourrait-il être supprimé ?

3.2. Carrières. L'objet de cette section est de se concentrer sur l'impact de l'interdisciplinarité sur la carrière des personnels des unités de recherche CNRS relevant du périmètre de l'INSMI. Cet impact étant différent pour les personnels ITA/ITRF¹³ et pour les personnels Chercheur-ses/Enseignant-es-Chercheur-ses, la distinction est faite dans les deux sections suivantes. Les outils ayant permis de réaliser cette synthèse sont d'une part les rapports "Interdisciplinarité des ingénieur-e-s et technicien-ne-s au CNRS"¹⁴ et "Étude sur l'interdisciplinarité dans la gestion des personnels chercheurs, Phase 1"¹⁵ mis à disposition par l'Observatoire des métiers et de l'emploi scientifique¹⁶ (OMES), et d'autre part les résultats d'un sondage partiel mené par le Conseil scientifique de l'INSMI en 2017.

3.2.1. *Carrières des chercheur-ses, enseignant-es-chercheur-ses et assimilé-es.* L'interdisciplinarité, vécue comme source d'épanouissement et d'enrichissement par les collègues, est soutenue par le CNRS au travers d'actions et de structures spécifiques (voir Section 4), ainsi que par la mise en place des commissions interdisciplinaires du CNRS (voir section 3.1.2). De plus, l'interdisciplinarité est un atout pour s'inscrire dans les enjeux sociétaux présents dans les récents appels à projets régionaux, nationaux et internationaux. Elle peut par ailleurs trouver un écho particulièrement favorable auprès des entreprises en terme de transfert et de valorisation de la recherche.

13. ITA : ingénieurs techniques et administratifs ; ITRF : ingénieurs techniques de recherche et de formation.

14. <http://blog-rh.cnrs.fr/etude-linterdisciplinarite-ingenieur-e-s-technicien-ne-s-cnrs/>

15. https://www.dgdr.cnrs.fr/drh/omes/documents/pdf/Rapport-Phase1_EtudeInterdisciplinarite_COS19062014.pdf

16. <https://www.dgdr.cnrs.fr/drh/omes/>

Toutefois, si le financement de projets interdisciplinaires se fait relativement bien pour des projets qui démarrent, au caractère prospectif, et donc généralement associés à un budget peu important, il semble véritablement plus complexe d'obtenir des financements plus ambitieux sur des projets interdisciplinaires. Le cloisonnement par institut des ressources CNRS (plafond d'emplois et moyens humains, ressources documentaires, financements d'écoles thématiques ou d'actions récurrentes, groupements de recherche...) peut également constituer un frein à l'interdisciplinarité. L'exemple le plus frappant est sans conteste celui posé par l'accès non autorisé aux publications du périmètre d'autres instituts. Ainsi, un membre d'un laboratoire INSMI n'a plus accès aux publications en sciences humaines, sciences pour l'ingénieur, par exemple. Un retour à la situation antérieure (accès indépendant de l'institut de rattachement) est demandé unanimement par les personnels.

Par ailleurs, si les collègues aux interfaces insistent unanimement sur la richesse qu'apporte le dialogue entre différentes disciplines, ils mentionnent également se trouver confrontés pour cette raison à des problèmes de temps de maturation des recherches plus longs que ceux purement disciplinaires : la nécessité d'assimiler le langage et la culture de la discipline aux interactions, les délais allongés lors du processus de publication, sont autant d'éléments perturbateurs. A ceux-ci peuvent s'ajouter une incompréhension et un manque de reconnaissance des travaux par chacune des communautés disciplinaires. La difficulté provient la plupart du temps de la sous-représentativité des pairs "en interaction".

Enfin, il est à noter que si la création des CID a été un message fort de soutien à l'interdisciplinarité, il serait vraiment dommageable que l'existence de ces postes spécifiques serve de prétexte pour éliminer les profils en interaction des concours disciplinaires.

Finalement, le recrutement initial par les CID ne peut être suffisant, s'il ne s'accompagne d'une politique de promotion des chercheurs adaptée à ces profils spécifiques, et d'un suivi de l'insertion des chercheurs dans leur laboratoire d'accueil, en particulier lorsque celui-ci n'est pas rattaché à l'INSMI. Ainsi, un-e jeune mathématicien-ne isolé-e dans un laboratoire d'une autre discipline risque de devenir un soutien technique au laboratoire, au détriment du développement de sa propre recherche.

Parmi les difficultés rencontrées par les personnels de recherche en interdisciplinarité se trouvent donc la gestion de carrière et la reconnaissance des profils aux interfaces. Pour le corps des chercheur-ses, les personnels peuvent être recrutés et évalués par les CID. Cependant celles-ci sont par définition vouées à ne pas perdurer dans le temps ; ceci pose la question d'une gestion de carrière lors de la disparition de la CID. Il est essentiel que le processus de promotion des chercheurs aux interactions soit fait en dehors des seules sections disciplinaires. Quel pourrait être un cadre pérenne dans les conditions mentionnées ci-dessus ? La question est ouverte et suscite des débats délicats auquel l'INSMI peut difficilement se soustraire.

L'autre point important permettant de favoriser la recherche interdisciplinaire est d'octroyer des délégations (de 6 à 12 mois) aux chercheurs et enseignants-chercheurs rendant possible une immersion dans un laboratoire d'une autre discipline.

De plus, l'affectation des chercheurs à une structure stable est essentielle (et est plutôt bien faite), mais elle pourrait être couplée à des initiatives ponctuelles, promotion de la mobilité vers d'autres laboratoires, d'autres instituts (délégations, participation à des projets, etc.) Une piste de réflexion pourrait être d'envisager une double affectation : pourrait-elle être mise en avant dans les descriptifs d'offres de postes ? ou au moins sur le site des CID où sont listées les recommandations ?

3.2.2. *Carrières des personnels d'appui, de soutien et de support à la recherche.*

CONTEXTE DES EMPLOIS DANS LES LABORATOIRES INSMI. Les ITA (et les ITRF) sont recrutés sur concours avec des profils de postes classifiés par Branches d'Activités Professionnelles (BAP) selon le référentiel des métiers de l'enseignement supérieur et de la recherche (base REFERENS III). D'après la base de données Labintel, ils se répartissent dans les catégories A, B ou C de la fonction publique en différents corps : Adjoints Techniques, Techniciens, Assistants Ingénieurs, Ingénieurs d'Etudes (IE) et Ingénieurs de Recherche (IR). Au début de l'année 2018, on dénombre environ 220 personnels ITA permanents rattachés à l'INSMI et 240 ITA non CNRS. La répartition est d'environ 52% dans la BAP J (Gestion et Pilotage), 31% la BAP E (Informatique, Statistiques et Calcul scientifique), 16% dans la BAP F (Culture, Communication, Production et diffusion des savoirs) et 1% en BAP G (Patrimoine immobilier, Logistique, Restauration et Prévention). Notons que ces chiffres sont à relativiser du fait de l'absence d'information sur certains personnels non CNRS.

INTERDISCIPLINARITÉ DES ITA/ITRF DANS LES LABORATOIRES INSMI. Suivant la terminologie employée dans le rapport "Interdisciplinarité des ingénieur-e-s et technicien-ne-s au CNRS"¹⁷, on distingue l'*interdisciplinarité* (définie comme "l'ensemble des situations où les ingénieurs techniques exercent des activités d'un fort niveau de technicité relevant de plusieurs BAP, voire de plusieurs familles professionnelles") de la *polyvalence* (caractérisée par "un nombre élevé de tâches d'un faible niveau de technicité, en dehors de leur coeur de métier, les amenant à une dilution de leurs compétences, une perte d'expertise").

Les concours de recrutements, basés sur l'emploi-type et donc distincts de l'application métier, autorisent la prise en compte de l'interdisciplinarité. On est dans le cadre précis des fonctions de soutien à la recherche et parfois dans un cadre d'ingénieur-chercheur (un personnel IE ou IR qui fait plus que collaborer à des publications et travaux, en développant une recherche propre ou publiant en premier auteur). Les personnels sondés disent s'épanouir grâce à l'interdisciplinarité et aux ouvertures que cela autorise. Les enjeux sociétaux liés au cadre applicatif interdisciplinaire sont, dans la majorité des cas, fortement valorisables. Aussi, les personnels aux interfaces bénéficient d'un environnement de travail propice au développement et à l'acquisition de compétences très techniques. Ils se construisent un profil d'emploi très spécifique et dans certains cas recherchés (maths/info, bio/math, par exemple). On peut cependant s'interroger sur la reconnaissance par les employeurs académiques de ces expertises très spécifiques. En effet, étant donné la rareté des profils réellement interdisciplinaires, les tutelles pourraient valoriser cet aspect, notamment au travers du nouveau régime indemnitaire RIFSEEP. Sur la base de la mise en place récemment effectuée, ce n'est pas le cas. Il en est de même pour les évolutions de carrière.

Pour les personnels techniques, indépendamment de l'interdisciplinarité, l'expertise technique n'est donc pas reconnue, ou dans une moindre mesure par rapport à des postes d'encadrement, notamment pour l'application des nouveaux régimes indemnitaires. En l'absence de réelle reconnaissance, le risque à terme, dans un contexte de marché de l'emploi positif, est de voir les personnels à fort potentiel se détourner des métiers de support et de soutien à la recherche. L'explosion des offres et des rémunérations des "Data scientists" en est l'exemple parfait.

4. Moyens et actions

4.1. Mission interdisciplinarité. La Mission pour l'interdisciplinarité (MI) du CNRS, devenue récemment la MITI (Mission pour les Initiatives Transverses et Interdisciplinaires), conduit une réflexion coordonnée et transversale à l'organisme afin d'assurer la mise en œuvre d'une politique de soutien et de renforcement de l'interdisciplinarité. Une des principales missions de la MITI est d'accompagner les équipes de recherche qui produisent de nouveaux concepts, de nouvelles méthodologies et des solutions innovantes qui n'auraient pu être obtenus sans coopération entre les différentes disciplines du CNRS.

17. <http://blog-rh.cnrs.fr/etude-linterdisciplinarite-ingenieur-e-s-technicien-ne-s-cnrs/>

Ces principaux moyens d'actions sont le soutien financier (quelques milliers d'euros en général) à des projets interdisciplinaires à travers différents appels d'offre, gérés par un comité de pilotage composé d'un représentant par institut.

Le taux de succès de l'INSMI à ces appels à projet est plutôt bon (de l'ordre de 44% sur les 5 dernières années pour 76 projets retenus - institut principal de l'unité du porteur INSMI). Cependant, l'INSMI est plutôt en retrait en ce qui concerne les appels à projet portés par les instituts, loin derrière l'INP et l'INS2I. On peut par ailleurs déplorer (voir la section 4.3) une certaine opacité ressentie lors des appels à projets vis-à-vis du contenu des dossiers attendus, des comités d'évaluation, etc.

4.2. Moyens structurants.

GROUPEMENTS DE RECHERCHE (GDR). Il existe de nombreux GDR portés par l'INSMI ou par d'autres instituts qui traitent de thématiques aux interfaces de plusieurs disciplines, et qui sont donc des lieux naturels pour les interactions. Ces GDR ont d'ailleurs été mis à contribution de façon importante pour dessiner le paysage scientifique des interactions des mathématiques de ce document. Il est important de noter qu'il est très difficile, voire impossible, d'identifier les GDR auxquels les mathématiciens participent, hormis ceux qui sont soutenus par l'INSMI, ou par l'INS2I.

FÉDÉRATIONS DE RECHERCHE (FR). Concernant les FR, une recherche sur labintel permet d'obtenir la liste des FR principalement et secondairement rattachées à l'INSMI. Certaines de ces fédérations de recherche ont une vocation inter-disciplinaire forte qui pourrait être davantage mise en avant sur le site de l'INSMI (on ne les trouve pas par exemple sur la partie "interactions" du site). Cependant il est délicat de se faire une idée précise du rôle que pourraient avoir ces structures car il n'existe aucun indicateur accessible, et les sites web de certaines fédérations ne sont pas à jour. On peut cependant noter que les FR s'affichant réellement multi-disciplinaires (hors des FR INSMI-INS2I) ne semblent pas accueillir réellement de mathématicien-nes, au point que l'on peut s'interroger sur la pertinence que l'INSMI soit institut secondaire pour certaines.

LABEX. Le site de l'INSMI recense une liste qui semble assez exhaustive des labex auxquels participent des mathématicien-nes, voir la section 1.1 du chapitre 2. Les labex fortement interdisciplinaires, ou hors des collaborations traditionnelles (en particulier mathématiques et informatique), auxquels participent activement les mathématiciens sont peu nombreux. Ces structures apportent pourtant des moyens assez importants qui permettent de faciliter le montage de collaborations, et sont souvent vécues comme très facilitantes et enrichissantes par les mathématicien-nes qui y participent.

4.3. Actions incitatives.

APPELS D'OFFRE INTERDISCIPLINAIRES. Il existe plusieurs appels d'offre spécifiques pour soutenir des projets interdisciplinaires. La plupart sont portés par la Mission pour les Initiatives Transverses et Interdisciplinaires (Défis, PEPS - Projet Exploratoire Premier Soutien, projets inter-instituts). Si le taux de succès des porteurs issus d'une unité principale INSMI aux appels à projet de la MITI est plutôt encourageant, des améliorations pourraient être apportées sur la clarté du processus de sélection, a minima rendre publique a posteriori la composition du comité d'évaluation, ainsi que les noms des lauréats et le résumé des projets retenus. Les appels à projet de type PEPS sont un instrument intéressant pour permettre d'initier des collaborations en particulier entre disciplines scientifiques. Ils sont majoritairement proposés par la Mission pour les Initiatives Transverses et Interdisciplinaires, pour tous les projets en interaction, et par AMIES¹⁸ (Agence pour les Mathématiques en Interaction avec l'Entreprise et la Société) pour les projets en collaboration avec des entreprises.

18. <https://www.agence-maths-entreprises.fr/a/>

ÉCOLES THÉMATIQUES. Les écoles thématiques sont une modalité de formation particulièrement intéressante, en soutien aux politiques des instituts mais aussi au développement de l'interdisciplinarité. Quelques écoles thématiques du CNRS sont à l'interface de l'INSMI et d'un ou plusieurs autres instituts (depuis 2014 de 6 à 12 selon les années). Très majoritairement, ces écoles se positionnent entre l'INSMI et l'INS2I, et de façon marginale avec les autres instituts.

5. Recommandations

De façon générale, on note un manque de visibilité des interactions à tous les niveaux (personnels, publications, projets, structures, financements, etc.). Il est finalement assez difficile de se faire une idée précise de l'ampleur réelle des interactions.

Par ailleurs, les problématiques se posent différemment selon que l'on considère : (a) une collaboration ponctuelle (problème de la mise en contact et du développement d'un vocabulaire et d'une compréhension commune) ; (b) une personne ayant des activités interdisciplinaires (problème de l'évaluation, de la carrière, de l'accès aux financements, du sentiment d'appartenance à la communauté) ; ou (c) une connexion entre équipes ou laboratoires. Les interactions sont souvent mal définies, et cet aspect est par voie de conséquence mal évalué. Il n'existe ainsi par exemple pas de mesure de la variété d'une liste de publications.

Enfin, les mathématiques peuvent quelquefois être perçues comme une discipline de service : il est essentiel de trouver des solutions pour changer cet état d'esprit. Ce constat n'est toutefois pas récent, et peu d'actions semblent avoir été menées en vue d'une amélioration.

Outre les suggestions ou recommandations exprimées au cours des sections 3 et 4, la fin de cette annexe synthétise les recommandations qui ont pu être recueillies lors des sondages lancés auprès de chercheur-ses, enseignant-es-chercheur-ses, ou des personnels d'appui, de soutien et de support à la recherche.

5.1. Personnels en interaction.

CONCERNANT LES CID :

- ◇ L'INSMI doit d'une part s'assurer d'une bonne représentativité de l'institut dans les différentes CID, et d'autre part mieux communiquer sur l'ouverture thématique effective des différents postes à coloration interdisciplinaire affectés à un laboratoire dépendant de l'INSMI.
- ◇ Les membres de CID doivent avoir une expérience interdisciplinaire ou avoir été sensibilisés sur le sujet.
- ◇ Il existe actuellement un décalage de calendrier entre le comité national et les CID, qui oblige les personnes à se représenter au CSI pour poursuivre le mandat de la CID. Ce décalage pourrait-il être supprimé ?
- ◇ Les CID devraient être en mesure d'assurer le suivi des carrières des chercheur-ses recrutés-es, en particulier les promotions.

CONCERNANT L'INSMI :

- ◇ Les efforts en matière de postes tournés vers les interactions sont à poursuivre. Ces dernières années, des investissements conséquents ont été opérés par plusieurs instituts du CNRS (INS2I, INEE, INSB¹⁹), et l'on peut pour le futur se questionner sur le positionnement de l'INSMI par rapport à ces instituts qui émergent aujourd'hui activement sur les thématiques des mathématiques appliquées que sont par exemple le signal, l'optimisation, l'apprentissage.

19. INS2I : Institut des Sciences de l'Information et de leurs Interactions ; INSB : Institut des Sciences Biologiques ; INEE : Institut pour l'écologie et l'environnement.

- ◇ Il faut développer les postes CR fléchés *entre instituts*, et étendre ces ouvertures aux postes de DR.
- ◇ Il est important d'encourager davantage les expériences d'immersion dans un autre laboratoire (par exemple via des délégations de 6 ou 12 mois, spécifiques pour ceux/celles qui veulent aller dans un laboratoire d'une autre discipline).
- ◇ Il semble opportun de réfléchir davantage à l'établissement d'équipes inter-UMRs inter-instituts.
- ◇ Il y a un manque critique de visibilité concernant les interactions. En particulier, au niveau humain, l'INSMI pourrait rendre plus visibles les mathématicien-nes qui ne sont pas ou plus dans des laboratoires INSMI, mais qui contribuent cependant activement au développement des mathématiques en interaction.
- ◇ Enfin, il est essentiel de débloquent l'accès aux publications par des accords entre instituts.

5.2. Moyens et actions. Il existe un certain nombre de facilitateurs des interactions qui ne sont sans doute pas suffisamment exploités.

CONCERNANT LES FINANCEMENTS SUR PROJETS :

- ◇ Une solution constructive pour initier des dynamiques d'interactions avec les mathématiques sur le long terme serait de soutenir des groupes focalisés sur un objet spécifique de recherche. Le contraste est ici fait entre *objet* et *domaine* ou *discipline* (par ex. GDR Robotique, ou GDR Vision), ou encore *approche* (par ex. GDR BioComp). Le projet porté par l'IXXI²⁰ (Institut Rhônalpin des systèmes complexes) et soutenu par la MITI, nommé "Connaissances collectives et cognition individuelle"²¹ est un exemple allant dans cette direction.
- ◇ L'INSMI devrait être à l'origine de davantage de propositions pour des appels à projet de type PEPS inter-instituts à la MITI.
- ◇ Il est important de soutenir les étapes intermédiaires entre un financement de type premier PEPS et les appels européens.
- ◇ Il faut faciliter les accès aux financements. Trop souvent les conditions imposent un rattachement à un institut spécifique, ou une position spécifique et trop de restrictions. Cela ne permet pas une sélection des meilleurs projets interdisciplinaires.
- ◇ L'INSMI pourrait soutenir financièrement des projets d'étudiants (stages) inter-UMR.

POUR CE QUI SE RAPPORTE AUX STRUCTURES :

- ◇ Il est nécessaire de pouvoir identifier, soutenir et offrir de la visibilité aux GDR interdisciplinaires qui sont des vecteurs très importants et particulièrement pertinents des interactions.
- ◇ Les créations de GDR inter-instituts devraient être facilitées, voire sollicitées.
- ◇ Les structures de type labex sont très pertinentes pour le développement des interactions : regroupement de personnes avec des moyens incitatifs, sur une durée finie mais suffisante pour construire des projets entre plusieurs disciplines. Il semble opportun de réfléchir à la mise en place de ce type de structure en dehors des "vagues PIA" (Programme d'investissements d'avenir), et sur des thématiques spécifiquement interdisciplinaires.
- ◇ On note une insuffisance marquée d'identification, de visibilité et d'affichage des structures multi-disciplinaires. Il est important de trouver un moyen de remédier à ce constat.
- ◇ Les besoins financiers des mathématicien-nes et de certaines autres disciplines peuvent être très déséquilibrés : il est important d'en tenir compte dans les montages de structures, de projets, et de s'assurer de cette compréhension mutuelle sans que cela ne nuise aux collaborations.

20. <http://www.ixxi.fr/>

21. <https://co3i.hypotheses.org>

Il a été relevé à de nombreuses reprises que les interactions nécessitent un investissement commun de la part des disciplines concernées, qui peut prendre du temps. Un accompagnement au développement d'une culture commune est important. Les écoles thématiques sont particulièrement adaptées au développement de l'interdisciplinarité, car elles permettent d'initier aux concepts, de former, et elles sont des lieux d'échanges particulièrement enrichissants.

- ◊ Il faut envisager et inciter au soutien d'écoles inter-instituts, la difficulté étant que bien souvent ce type de demande peut n'être soutenu ni d'un côté ni d'un autre, n'étant pas dans le cœur du métier de chacun.
- ◊ Une réflexion doit être menée sur l'élaboration de formations pour mathématicien-nes apportant les pré-requis indispensables d'autres disciplines (biologie, chimie...) et inversement.

6. Remerciements

Comme précisé dans l'introduction, nous avons sollicité la communauté mathématique, mais aussi des chercheur-ses d'autres sciences, en faisant appel à de nombreux collègues susceptibles d'apporter un éclairage particulier sur certains sujets. Nous avons également demandé aux porteurs de GDR à l'interface des mathématiques et d'autres disciplines leur avis sur les différents aspects que nous avons traités. Nous remercions chaleureusement celles et ceux qui nous ont apporté leur contribution, enrichissant ainsi notre réflexion. Que soient notamment remerciés ici Amandine Aftalion, Jean-Paul Allouche, Moreno Andreatta, Mark Asch, Jean-François Aujol, Pierre Barbillon, Avner Bar-Hen, Dominique Bechmann, Liliane Bel, Laure Blanc-Féraud, Patricia Bouret, Didier Bresch, Clément Cancès, Antoine Chambaz, Francisco Chinesta, Sarah Cohen Boulakia, François Coquet, Stéphane Cordier, Fabien Crauste, Sébastien Dejean, Christian Derquenne, Thierry Dumont, Marie-Pierre Etienne, Jalal Fadili, Irène Gannaz, Olivier Gaudoin, Christophe Giraud, Rémi Gribonval, Laura Grigori, Matthieu Haefele, David Holcman, Florence Hubert, Pablo Jensen, Amaury Lambert, Mathieu Lewin, Carine Lucas, Yvon Maday, Stéphane Mallat, Florent Malrieu, Benjamin Mauroy, Sylvie Méléard, Clothilde Melot, Vincent Miele, Jean-Michel Muller, Frédéric Nataf, Philippe Naveau, Anne Nouri, Irène Passeron, Benoît Perthame, Gabriel Peyré, Franck Picard, Sabine Ploux, Pierre Pouget, Isabelle Queinnet, Jean-Charles Quinton, Gaël Raoul, Anne Renault, Aurélien Ribes, Cédric Richard, Nicolas Rougerie, Olivier Saut, Norbert Schappacher, Jérémie Szeftel, Guillaume Theyssier, Chi Tran, Vivian Viallon, Bernard Ycart, Pascal Yiou, Hatem Zaag.

7. Références utiles

Les rapports listés ci-dessous nous ont également apporté un éclairage fort utile, et sont complémentaires avec la synthèse que nous avons construite. Ils constituent de notre point de vue une base de données précieuse.

- ◊ Rapport de prospective du CSI de l'INSMI (2014)²².
- ◊ Rapport Dehornoy *et al.* "Les interactions pluridisciplinaires des mathématiques" (2010)²³.
- ◊ "La difficile évaluation de la recherche interdisciplinaire", O. Monod, educpros.fr (2012)²⁴.
- ◊ "Evaluer les pratiques interdisciplinaires", F. Jouliau, S. De Cheveigné, J. Le Marec (2011)²⁵.
- ◊ "Interdisciplinarité des ingénieur-es et technicien-nes au CNRS", OMES (2017)²⁶.
- ◊ "Etude sur l'interdisciplinarité dans la gestion du personnel chercheur", OMES (2013)²⁷.

22. http://rapports-du-comite-national.cnrs.fr/sites/default/files/uploads/pdf/4-rapport_prospective_cs_insmi_sept2014_pdf.pdf

23. <https://www.cnrs.fr/insmi/IMG/pdf/Djd.pdf>

24. <https://www.letudiant.fr/educpros/actualite/la-difficile-evaluation-de-la-recherche-interdisciplinaire.html>

25. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00172064/document>

26. <http://blog-rh.cnrs.fr/etude-linterdisciplinarite-ingenieur-e-s-technicien-ne-s-cnrs/>

27. http://www.dgdr.cnrs.fr/drh/omes/documents/pdf/Rapport-Phase1_EtudeInterdisciplinarite_COS19062014.pdf

- ◇ “Point of View : Correcting the bias against interdisciplinary research”, E. Shapiro (2014)²⁸.
- ◇ “Disciplines et interdisciplinarité”, P. Chantelot et M. Neveu (2016)²⁹.

28. <https://elifesciences.org/articles/02576>

29. https://www.snesup.fr/sites/default/files/fichier/snesup-642-dossier_disiciplines_et_interdisciplinarite.pdf

Relations internationales

1. Présentation

La dynamique des collaborations internationales témoigne de l'excellence des équipes mathématiques françaises et l'entretien. L'activité à l'international de l'INSMI s'appuie d'abord sur les outils structurants mis en place par le CNRS, par ordre décroissant d'importance :

- ◇ Unités mixtes internationales (UMI),
- ◇ Réseau de recherche international (IRN, ex GDRI),
- ◇ Laboratoires internationaux associés (LIA),
- ◇ Projets internationaux de coopération scientifique (PICS), établis conjointement par deux équipes de recherche,
- ◇ Programmes de recherche conjoints (PRC), non spécifiques aux mathématiques et relevant d'accords de coopération signés par le CNRS avec certaines agences de financement ou organismes de recherche étrangers.

La logique de création de structures de coopération est en général pilotée par des initiatives personnelles locales, mais peut parfois relever d'enjeux spécifiques (la politique de coopération internationale de la France, par exemple). Pour aider à l'émergence de projets et tester la viabilité du montage d'une nouvelle structure, l'INSMI développe une politique d'actions exploratoires (une spécificité de l'Institut au CNRS).

L'INSMI est par ailleurs, du fait de son rôle structurant en mathématiques, souvent appelé à intervenir et représenter la recherche française, directement ou indirectement, dans les projets et instances internationales. Il travaille en particulier avec le CIMPA (Centre international de mathématiques pures et appliquées) afin de promouvoir la coopération internationale au profit des pays en développement, dans le domaine de l'enseignement supérieur et la recherche en mathématiques et dans les disciplines connexes, informatique notamment. Il aide les chercheurs dans le montage de projets, en particulier lors des appels à candidatures européens (H2020).

La suite du rapport vise simplement à donner une cartographie des principales actions du CNRS à l'international au 1er Janvier 2018.

2. Panorama des actions

2.1. Unités mixtes internationales. Les Unités mixtes internationales (UMI) sont des unités du CNRS localisées à l'étranger. Elles sont en co-tutelles avec des partenaires du pays de localisation, et le CNRS peut y affecter du personnel. Les UMI du CNRS sont le plus souvent adossées à un ou plusieurs laboratoires français constituant une « UMI miroir », mais cette pratique a été peu suivie en mathématiques. Il existe 10 UMI liées à l'INSMI :

- ◇ l'UMI CMM à Santiago du Chili,
- ◇ l'UMI CNRS-CRM à Montréal,
- ◇ l'UMI PIMS-Europe également au Canada,
- ◇ l'UMI "Jean-Christophe Yoccoz" CNRS-IMPÀ à Rio de Janeiro,
- ◇ l'Institut CNRS-Pauli à Vienne,
- ◇ l'UMI-Eurandom à Eindhoven,
- ◇ le Laboratoire Fibonacci à Pise,

- ◇ l'IFCAM à Bangalore.

On soulignera celles de création récente :

- ◇ le Laboratoire Solomon Lefschetz, à Mexico, a été créée en 2017,
- ◇ l'UMI Abraham de Moivre a été créée au 1er janvier 2018 en co-tutelle avec Imperial College London.

Il existe aussi :

- ◇ l'institut Poncelet (Moscou) qui est passé sous le pilotage de l'INP (Institut de Physique) ; l'INSMI restant en pilotage secondaire,
- ◇ en Inde, l'INSMI est en pilotage secondaire de RELAX (sous tutelle principale INS2I).

2.2. Laboratoires internationaux associés. Les LIA sont des "laboratoires sans murs" qui associent des laboratoires du CNRS et des laboratoires d'un autre pays autour d'un projet défini conjointement. On en comptait 9 début 2018 :

- ◇ le LIA AnGe (Analyse et Géométrie) avec l'Australian National University,
- ◇ le LIA franco-italo-allemand en Contrôle, EDP et Calcul Scientifique (COPDESC),
- ◇ le LIA Franco-Vietnamien (LIA ForMath),
- ◇ le Laboratoire sino-français en mathématiques fondamentales (LIA LSFMF),
- ◇ le Programme Franco-Indien pour les Mathématiques (LIA PFIM),
- ◇ le Laboratoire sino-français en mathématiques appliquées (LIASFMA), qui a pour objectif d'intensifier les coopérations entre la France et la Chine dans le domaine des mathématiques appliquées.

Enfin, de création récente (2016) :

- ◇ le Laboratoire Ypatia en Sciences Mathématiques franco-italien (LYSM) et, en années de montage,
- ◇ le LIA France-Corée en mathématiques,
- ◇ l'Institut franco-uruguayen en mathématiques (IFUM).

2.3. Réseaux de recherche internationaux. Les Réseaux de recherche internationaux (IRN, ex GDRI) réunissent plusieurs laboratoires français et étrangers. Il y a en 7 début 2018 :

- ◇ Mathématiques en Europe centrale et orientale (ECO-Maths) avec la Hongrie et la Roumanie,
- ◇ France-Japan-Vietnam Network in Singularity Theory,
- ◇ French-British-German Network in Representation Theory,
- ◇ Geometry and Arithmetic (GandA) avec l'Afrique du Sud, le Danemark et Madagascar,
- ◇ Groupement Euro-Maghrébin en Mathématiques et Interactions (GEM2I),
- ◇ GDRI coréen-franco-japonais Reaction Diffusion Network (ReaDiNet),
- ◇ Réseau franco-brésilien de mathématiques (GDRI RFBM).

Documentation et publications

Le monde de la documentation et des publications scientifiques connaît depuis le début du XXIème siècle des mutations importantes, induites par l'apparition des plateformes de données accessibles sur internet. Sur de nombreux aspects la situation décrite dans ce rapport peut être considérée comme instable et en cours d'évolution.

1. Évolution du rôle des publications

1.1. État des lieux. Rappelons en premier lieu que l'importance de la documentation et des publications pour la recherche mathématique, expliquée dans le rapport précédent, reste toujours d'actualité. La fonction des publications scientifiques a progressivement évolué depuis plusieurs décennies, sous l'effet de "besoins" en évaluation de plus en plus massifs et d'intérêts commerciaux des grands éditeurs : aux rôles de validation par les pairs, de diffusion et de constitution d'un corpus scientifique de référence s'est ajouté celui d'apposer un label sur le travail des chercheur-ses, nécessaire à leur reconnaissance et donc à leur carrière. Cette dernière fonction tend à prendre le pas sur les autres. Ces évolutions et l'augmentation constante du volume de la production scientifique qui l'accompagne posent des problèmes identifiés depuis longtemps : baisse de la qualité des publications en moyenne, difficulté à évaluer et à trouver des chercheur-ses pour expertiser sérieusement les articles (et donc un manque de fiabilité des indices bibliométriques, sous-produits de ce système d'évaluation). *In fine* ces problèmes constituent un risque pour la fiabilité de la science. Par ailleurs, depuis quelques années, les chercheur-ses disposent en même temps de portails d'archives ouvertes comme HAL ou arXiv qui permettent une dissémination universelle au moindre coût de leurs résultats et qui les protègent mieux que jamais des éventuels conflits de paternité.

Le fait que les fonctions de diffusion et d'évaluation soient confondues au sein du système de revues permet aux grands éditeurs commerciaux qui détiennent les titres de ces revues de préserver un pouvoir très fort. L'effet est de limiter un plein usage des archives ouvertes, et plus généralement la diffusion totalement ouverte des connaissances souhaitée par les pouvoirs publics à moins de payer des frais de publication en accès ouvert (Open Access) excessivement élevés¹.

Les parades juridiques au pouvoir de ces éditeurs sont le code de la propriété intellectuelle français, qui garantit à un auteur le droit inaliénable de déposer ses prépublications sur des archives ouvertes et, plus récemment, l'article 30 de la "Loi pour une République Numérique", qui permet à un auteur de déposer le contenu intégral d'un article paru dans une revue au plus tard six mois² après sa publication. Bien que les mathématicien-nes soient parmi les scientifiques qui usent le plus de ces droits, le taux de dépôt des articles versions antérieures et postérieures reste insuffisant.

1. De plus, le fait de payer des frais de publication en accès ouvert ne garantit pas qu'on puisse pratiquer la fouille de textes et de données sur le corpus sans entrave supplémentaire, à moins que la législation future (dont le contenu dépendra d'une directive européenne toujours en cours d'élaboration) protège suffisamment bien les institutions de recherches face aux intérêts des éditeurs.

2. Six mois pour les sciences exactes, douze mois pour les sciences humaines

1.2. Recommandations. Le Conseil scientifique de l'INSMI encourage les chercheur-ses et les enseignant-es-chercheur-ses à *systématiquement* déposer leurs prépublications avant qu'elles soient soumises, ainsi que les contenus de leurs articles six mois après leur publication sur les sites de dépôt d'archives³. Pour aller dans ce sens, on pourrait envisager d'imposer que seuls les articles dont les versions antérieures ou postérieures à la publication sont déposées sur les bases de donnée HAL ou arXiv soient pris en considération lors de l'évaluation des unités.

De manière plus générale, la communauté mathématique doit s'attaquer au problème de fond, à savoir, agir pour développer de nouveaux modes d'évaluation à la fois plus fiables et indépendants des modes de diffusion. Les mathématiciens et les institutions qui les administrent et les évaluent doivent aussi éviter de fonder leurs évaluations sur des indicateurs bibliométriques⁴ (nombre d'articles, facteurs d'impact, *h*-index).

2. Évolution des modèles éditoriaux commerciaux

2.1. État des lieux.

2.1.1. *Le "marché" de l'édition scientifique.* La concentration, déjà évoquée dans le rapport précédent, des revues dans les mains d'un groupe de très grosses sociétés d'édition continue (*Elsevier, Springer* et *Nature* qui ont fusionnées en 2015, *Wiley*, etc.). Mais en mathématiques, une très large proportion de revues restent publiées par de petites maisons d'édition ou de petits éditeurs académiques, dont l'équilibre économique est fragile.

Les négociations pour les ressources en mathématiques avec un éditeur important comme Springer étaient menées il y a plus de dix ans par le RNBM⁵. Elles le sont aujourd'hui par le consortium *Couperin*, qui représente à la fois toutes les disciplines et tous les établissements français d'enseignement supérieur. Le plus souvent et afin d'obtenir de meilleures conditions, Couperin conclut des abonnements à des *bouquets de revues*. Le revers de la médaille de cette rationalisation est qu'il est plus difficile de faire entendre le point de vue des mathématicien-nes et que le système de bouquets ne permet pas de sélectionner les revues sur la base de leur qualité scientifique. Néanmoins grâce à l'insistance de l'INSMI, le RNBM joue un rôle actif dans les négociations au sein de Couperin, surtout avec Springer⁶.

En parallèle le RNBM négocie des contrats avec la SMF et l'EMS qui permettent aux institutions de recherche françaises de bénéficier d'un accès à plus d'une vingtaine de revues entièrement financé par l'INSMI. Un intérêt supplémentaire de ces accords est qu'ils permettent de sécuriser les revenus de ces sociétés savantes.

La plupart des abonnements aux petits éditeurs (qui restent moins coûteux que les gros) sont négociés individuellement par chaque bibliothèque et ne sont pas pris en compte par le consortium Couperin (à l'exception d'un accord récent avec EDP-science, voir plus bas). Enfin les bibliothèques associées à des institutions qui publient des revues académiques (*Annales de l'ENS, de l'Institut Fourier, de la Faculté des Sciences de Toulouse*, etc.) reçoivent des fascicules ou des accès à d'autres revues académiques en l'échange de l'accès à leur revues académiques. Ce système de troc, invisible dans les calculs macro-économiques, constitue une source d'économie importante pour les bibliothèques qui en bénéficient et, à travers le réseau RNBM, pour les bibliothèques en France.

3. Nous rappelons que HAL dispose de fonctionnalités permettant de déposer la version possédant le même contenu que l'article publié en programmant à l'avance le moment où cette version sera mise en ligne.

4. À ce sujet soulignons en particulier que les données du Web of Science fournies par Clarivate, dont l'usage à des fins d'évaluations bibliométriques est déjà critiquable pour l'ensemble des disciplines scientifiques, sont **totalem**ent inadaptées aux mathématiques.

5. Réseau National des Bibliothèques de Mathématiques, GDS 2755 au sein de l'INSMI

6. Cela aussi grâce au fait supplémentaire que les mathématiques représentent une proportion importante du catalogue de cet éditeur

Malgré le fait que, dans la plupart des pays développés, les bibliothèques soient regroupées au sein de consortia, les prix des abonnements aux gros éditeurs n'ont jamais cessé d'augmenter depuis trente ans, alors que leurs "coûts de production" n'ont pas augmenté. Ces abus suscitent depuis au moins dix ans un mécontentement croissant des mathématicien-nes et des chercheur-ses en sciences humaines, dont les budgets sont relativement modestes. Un phénomène nouveau, qui semble se cristalliser depuis 2017, est que ce mouvement de mécontentement gagne toutes les communautés scientifiques. Il se traduit par le succès de sites de téléchargement illégal des articles comme *Sci-Hub* et par l'apparition de *négociations dures* avec ces géants de l'édition, assorties de ruptures des contrats d'abonnement, notamment en Allemagne et en Finlande⁷ avec *Elsevier* et en France avec *Springer*.

2.1.2. *Le débat sur l'Open Access*. Le grand débat qui agite le monde des bibliothèques, des éditeurs et des chercheur-ses tourne autour de la publication des articles en accès ouvert (ou *Open Access*). Une **première question** est : **quel modèle de publication en Open Access voulons-nous ?** Une **deuxième question** est : **comment y parvenir ?** L'urgence de ces questions ne vient pas seulement du fait qu'il s'agit d'un des objectifs *Horizon 2020* fixés par la Communauté Européenne, mais aussi parce que le système actuel est au bord de la rupture, à cause des prix abusifs pratiqués par les gros éditeurs.

Pour répondre à la première question, la plupart des éditeurs proposent un système *auteur-payeur*, dans lequel l'accès électronique aux articles est gratuit, mais l'auteur (ou plus précisément son institution) paye des frais de publication, les APC (author processing charges). Un tel modèle pose d'emblée des problèmes éthiques, scientifiques et économiques⁸ :

- ◇ Il remplace l'inégalité dans l'accès à la connaissance, que le mouvement en faveur de l'Open Access se propose de supprimer par une inégalité dans la possibilité de publier et de faire reconnaître ses travaux.
- ◇ Avec la disparition d'un marché des abonnements, disparaissent les outils de sélection naturelle des revues et donc un mécanisme économique pouvant limiter la prolifération de revues médiocres ou prédatrices.
- ◇ Pour que les gros éditeurs puissent conserver leur marges bénéficiaires gigantesques, il faudrait, par exemple pour Elsevier, qu'ils facturent les frais de publication d'un article à plus de 6000 euros en moyenne, montant qui a de quoi refroidir, mais qui aurait la vertu de porter à la connaissance des chercheurs le coût de la publication. Pour les petits éditeurs, disposant de faible trésorerie, la transition vers un tel modèle est une opération complexe, qui risque de leur être fatale.
- ◇ Les institutions sont actuellement dans l'impossibilité de chiffrer la dépense en APC, poste de dépense hors de contrôle et qui s'ajoute aux dépenses déjà excessives des frais d'abonnement. Remarquons qu'un pourcentage important des recettes des éditeurs (qui peut atteindre 20%) provient actuellement des ventes d'abonnement aux industries, lesquelles publient peu d'articles. Dans un système auteur-payeur, ce seraient les institutions publiques qui devraient supporter seules le coût de la publication.

Deux options opposées (et tous les compromis entre ces deux extrêmes) se présentent alors aux chercheur-ses et aux institutions face à ces problèmes. La première est de profiter de l'instabilité actuelle du système pour en faire table rase et construire un nouveau système de publication. Il en sera question au paragraphe suivant. La deuxième est de continuer à confier l'essentiel de la publication en Open Access aux grands éditeurs commerciaux, mais en rationalisant le paiement des frais de publication, c'est-à-dire en concluant des accords nationaux couvrant globalement ces frais.

7. La négociation finlandaise avec Elsevier a finalement abouti début 2018, avec un résultat très décevant.

8. Voir aussi à ce sujet le rapport précédent, page 52.

Différentes variantes de cette dernière stratégie apparaissent, essentiellement dans les pays d'Europe du Nord⁹, allant¹⁰ de contrats combinant abonnements et frais de publication, comme aux Pays-Bas, au projet allemand, théorisé par l'initiative *OA2020*, de faire basculer la planète entière à des contrats ne couvrant que les frais de publication (les frais d'abonnement devenant alors sans objet). Mais les négociations menées en Allemagne en ce sens n'ont toujours pas abouti. De plus cette seconde stratégie ne résout pas l'essentiel des problèmes posés par un système de publication en Open Access type auteur-payeur et elle risque même de fragiliser davantage les petits éditeurs qui seraient servis en second, comme d'habitude dès qu'il s'agit de négociations globales.

En France et dans la plupart des pays, le débat entre les deux options possibles n'est pas tranché. Une partie de la gouvernance de Couperin penche clairement pour la seconde, à savoir la négociation d'accords nationaux couvrant les frais de publications des auteurs français. Mais beaucoup d'institutions comme le CNRS, l'Inria et certaines sociétés scientifiques, souhaitent développer la première. Il est regrettable que la communauté scientifique soit d'emblée écartée de ce débat entre services communs de documentation (SCD) et institutions organisé au sein de Couperin.

La réponse à la seconde question (comment ?) est sans doute encore plus complexe et dépend déjà de la réponse à la première. En attendant les éditeurs tablent sur deux stratégies :

- ◇ la création de revues totalement Open Access avec frais de publication *ex nihilo*. Les APC sont alors modiques (de 500 à 1000 euros), puisque ces revues sont *a priori* moins attractives que les revues bien établies. Il semble que les mathématiciens français publient peu dans de telles revues. L'espoir des éditeurs est bien entendu que ces revues acquièrent une réputation suffisante pour qu'ils puissent justifier des augmentations des APC,
- ◇ les revues *hybrides* : il s'agit de revues vendues par abonnement, faisant partie de bouquets et la plupart du temps bien établies. L'éditeur "propose" à l'auteur-e que son article paraisse immédiatement en Open Access, à condition qu'il paye les frais de publication. Autrement dit l'éditeur est à la fois payé par l'auteur et le lecteur¹¹. L'éditeur se permet alors de fixer des APC plus élevés, en général de 2000 à 3000 euros pour les revues en mathématiques. L'espoir de l'éditeur est de faire basculer la revue en une revue totalement Open Access, une fois que la proportion d'articles en Open Access est suffisante.

A ce sujet, il est dommage que, dans le cadre du plan de soutien à l'édition française, Couperin et le Ministère (MESR) aient opté en 2017 pour un contrat cadre avec *EDP Science* prévoyant des abonnements à des revues hybrides, prévoyant de surcroît de ne faire payer les APC qu'aux auteurs hors de France !

Finalement l'importance prise par le débat sur l'Open Access ne doit pas faire oublier qu'aujourd'hui de 90 à 95% des dépenses liées aux publications mathématiques concernent toujours les frais d'abonnement.

2.2. Recommandations. Nous recommandons aux chercheur-ses et enseignant-es-chercheur-ses des sciences mathématiques, lors de la publication de leurs articles, de ne pas choisir les options qui imposent un paiement d'APC pour que les articles soient en Open Access et surtout, lorsqu'il s'agit de revues hybrides.

À propos du débat sur le choix de modèles en Open Access, le conseil scientifique de l'INSMI fait état de sa grande méfiance vis-à-vis des stratégies de basculement vers des règlements

9. Pays où sont fortement implantées la plupart des grosses multinationales de l'édition scientifique

10. Le Royaume-Uni a suivi une voie à part, en ayant développé dès 2012 un système complexe de paiement individuel des APC, qu'aucun autre pays n'a suivi, car ce modèle s'est révélé extrêmement coûteux.

11. *Attention!* Il arrive que certains auteurs choisissent la publication de leur article en Open Access (option appelée « Open Choice » chez Springer) sans comprendre que cela engage des frais et sans possibilité de revenir en arrière !

globaux à l'échelle national des frais de publication en Open Access. Sur le plan économique, ces stratégies reposent sur des raisonnements macro-économiques sommaires qui ignorent la très grande complexité du marché de la publication. Sur le plan scientifique une telle opération perpétuerait la perte de souveraineté des institutions publiques sur les publications scientifiques que nous connaissons actuellement. Enfin un tel basculement serait difficilement réversible.

3. Évolution des modèles d'édition alternatifs

Il s'agit ici de rechercher des solutions innovantes permettant, autant que possible, de corriger les dérives actuelles observées, d'améliorer les modes d'évaluation et le système de diffusion et de permettre ainsi à la communauté scientifique de reprendre le contrôle de ces outils. L'*Appel de Jussieu*, lancé officiellement en octobre 2017, a pour but de mobiliser les institutions afin qu'elles soutiennent ces initiatives. Il a recueilli un grand nombre de signatures en France (dont le CNRS) et commence à en recueillir à l'étranger.

3.1. État des lieux. Il convient de distinguer les *innovations économiques* permettant de construire un système de diffusion en Open Access moins coûteux que le système actuel¹² et indépendant des intérêts privés et, d'autre part, et les *innovations éditoriales*, destinées à en améliorer la qualité, la pérennité et l'efficacité.

3.1.1. *Innovations économiques.* Avec leurs collègues des sciences humaines, les mathématicien-nes ont été parmi les premier-ères en France à développer des modèles vertueux d'édition. Le *Cedram*, développé par la cellule *Mathdoc*, regroupe aujourd'hui neuf revues de mathématiques en Open Access sans APC, les coûts étant financés par diverses institutions dont essentiellement l'INSMI. Ce projet s'élargit aujourd'hui en devenant le *centre Mersenne*, destiné à accueillir des revues dans toutes les disciplines nécessitant une composition en LaTeX (le portail *OpenEdition*, beaucoup plus important, assurant déjà un rôle équivalent pour les sciences humaines) et offrant un support pour toute la chaîne de publication électronique, de la gestion éditoriale à la mise en ligne, en passant par la composition en LaTeX. Ce centre est d'ores et déjà doté d'un comité scientifique, nécessaire à sa montée en puissance.

On ne peut que souhaiter que le *centre Mersenne* se développe, gagne en visibilité, et, notamment, que des revues académiques comme les *Annales de l'IHP*, le *Journal de l'IMJ*, ou encore les revues des sociétés savantes rejoignent les *Annales de l'Institut Fourier* au sein du *Cedram* et deviennent ainsi *Open Access* sans frais de publication. Cela passe évidemment par un renforcement des moyens de *Mathdoc*. Une autre idée envisageable serait de créer une antenne du *centre Mersenne* à Luminy pour améliorer sa visibilité.

Un autre projet est *Episciences*, un portail de revues "*overlay*", c'est-à-dire utilisant une plateforme comme HAL ou arXiv comme support de diffusion et de stockage des articles, afin de réduire les coûts, mais dont le fonctionnement éditorial est identique à celui d'une revue traditionnelle. Ce projet fut proposé initialement par Jean-Pierre Demailly et il a vu le jour grâce au soutien du CCSD (CNRS) et d'Inria. Après une longue période de mise en route, ce projet semble maintenant démarrer avec, aujourd'hui une dizaine de revues, dont deux en mathématiques, parmi lesquelles la toute nouvelle *Epiga* (géométrie algébrique).

Un des obstacles à ce type de projet est le manque de moyens qui y sont investis. Les fondations de droit néerlandais *Compositio Mathematica* et *MathOA*¹³ se sont constituées pour recueillir ces financements¹⁴, notamment auprès des bibliothèques.

12. Le coût réel de la publication d'un article est estimé en moyen à moins de 1000 euros, alors qu'actuellement il revient à plus de 6000 euros

13. Conçue sur le modèle de *LingOA* en linguistique

14. *Knowledge Unlatched*, société à responsabilité limitée (GmbH) allemande, effectue un travail similaire avec la publication de livres et a commencé en 2017 à financer des revues.

3.1.2. *Innovations éditoriales.* Celles-ci sont encore très timides en mathématiques, à part le journal *IPOL*, financé par le CMLA (ENS de Cachan), en traitement d'image, qui permet au "lecteur électronique" de faire tourner en ligne les logiciels afin de les tester immédiatement.

En revanche des innovations en matière d'évaluation, notamment avec l'*Open Peer Review*, c'est-à-dire fondée sur des rapports rendus publics et souvent non anonymes, sont en plein développement dans d'autres disciplines (Science du vivant, physique,...). Le système ayant rencontré le plus vif succès est *F1000* (pour "*Faculty of 1000*"), géré par une *Non profit organization* américaine et comportant des frais de publication très modérés (pour l'instant!). D'autres projets, totalement non commerciaux et financés par des subventions, ont vu le jour depuis la création de *F1000*, dont *SciPost*, fondation de droit néerlandais et *Peer Community in X*, association loi 1901 fondée par des chercheurs de l'INRA. Ces projets créent des conditions pour construire un système d'évaluation dans lequel celle-ci serait découplée de la diffusion.

3.2. Recommandations.

Le Conseil scientifique de l'INSMI

- ◇ encourage les revues académiques françaises (SMF, SMAI, Annales de l'IHP, JIMJ, etc.) à évoluer vers des revues en Open Access sans APC au sein du *centre Mersenne* et, pour cela, encourage les différents partenaires (*Mathdoc*, sociétés savantes...) à fixer un calendrier pour se rencontrer et avancer sur ces projets ;
- ◇ appelle de ses vœux que les institutions participent au financement de ces projets innovants, dans l'esprit de l'*Appel de Jussieu* et que divers modèles de financements (comme le modèle *Freemium*, utilisé par *OpenEdition* ou des partenariats avec des prestataires privés, notamment pour l'impression sur papier) soient explorés ;
- ◇ attire l'attention des mathématicien-nes sur les différentes innovations en matière d'*Open Peer Review* et invite la communauté mathématique à les étudier en détail et concevoir et expérimenter des systèmes d'évaluation qui lui sont adaptés.

4. Évolution du rôle des bibliothèques et du métier de bibliothécaire

4.1. **État des lieux.** Sous l'effet de la généralisation de la diffusion électronique, le rôle des bibliothèques et le métier de bibliothécaire évoluent toujours et la transition vers l'Open Access devrait induire des changements encore plus profonds. Toutefois celle-ci, dont on a évoqué la complexité plus haut, prendra du temps et certaines fonctions traditionnelles demeurent toujours d'actualité, parmi lesquelles :

- ◇ le suivi et la mise à jour des accès aux revues électroniques et aux abonnements sur papier ;
- ◇ le référencement et le catalogage des collections ;
- ◇ la conservation des collections de revues sur papier, laquelle ne s'envisage pas sans *désherbage*, c'est-à-dire la mise au pilon ou le don de collections devenues inutiles, opération encadrée par les chercheur-ses ;
- ◇ l'acquisition d'un nombre minimal d'exemplaires sur papier de revues, sur toute la France (rappelons à ce sujet que le papier¹⁵ reste le support qui offre le plus de garantie de pérennité pour une conservation à long terme actuellement) ;
- ◇ la gestion des accès électroniques pour les accès distants ;
- ◇ l'acquisition et la conservation de livres sur papier, support qui garde la préférence des mathématicien-nes lorsqu'il s'agit de livres ;¹⁶
- ◇ d'autres services, comme le prêt entre bibliothèques, etc.

15. Lorsque l'impression est de bonne qualité

16. Un questionnaire réalisé par le RNBM montre que les mathématicien-nes restent majoritairement attachés aux livres sur papier, et considèrent les livres électroniques comme un outil complémentaire. Ces points de vue ne dépendent pas des tranches d'âge interrogées.

Mais les moyens utilisés ont évolué et la plupart de ces tâches sont effectuées dans le cadre d'un fonctionnement du *Réseau National des Bibliothèques de Mathématiques*, le *RNBM*, regroupant les bibliothécaires et des mathématicien·nes : le signalement des revues s'appuie sur le CFP¹⁷, conçu avec le soutien de *Mathdoc* et du réseau *Mathrice* ; la conservation est organisée au niveau national, dans le cadre d'un *Plan de conservation partagée*, piloté par le *RNBM*, dont un des objectifs est de garantir la conservation d'au minimum un ou deux exemplaires de chaque revue sur le territoire ; enfin la stratégie d'acquisition au niveau national est en pleine restructuration depuis 2017 : la mission d'acquérir un corpus complet et représentatif d'une discipline, qui incombait aux *Cadist* est de plus en plus organisée en réseau, dans le cadre du plan *Collex-Persée* piloté par le Ministère via des appels à projets (on peut à ce sujet déplorer que les crédits alloués soient en baisse). Néanmoins la bibliothèque *Jacques Hadamard*, à Orsay, qui était *Cadist* pour les mathématiques, a conservé un rôle pilote dans le contrat conclu en 2017.

De plus le *RNBM*, *Mathrice* et *Mathdoc* sont les artisans du *Portail Math*, projet de l'INSMI mis en place à partir de 2015, lequel, en plus d'offrir un accès personnalisé à chaque chercheur·se aux ressources auxquelles il·elle a droit, intègre de nombreux services en ligne ("cloud" pour le stockage de données, outil d'édition en LaTeX, vidéo-conférence, etc.). A cet outil s'ajoute la facette "Mathématiques" du portail bib.cnrs mis au point par l'INIST (CNRS). Ces deux portails offrent des services qui sont en partie complémentaires et en partie identiques et une réflexion devrait être menée pour définir leur articulation et les possibles mutualisations.

À côté de cela, un phénomène indéniable est que les bibliothèques de recherche en mathématiques sont de moins en moins fréquentées, à l'exception des bibliothèques des grandes universités. De ce fait le travail des bibliothécaires devient moins visible, bien qu'il n'ait rien perdu de son importance et soit même devenu plus complexe. En effet ce travail nécessite la maîtrise d'outils informatiques, les contrats d'acquisition électroniques deviennent aussi de plus en plus complexes, voire opaques, et il est parfois parfois nécessaire de pallier les défaillances et les erreurs des prestataires privés. De ce fait le·la chercheur·se qui accède à une ressource électronique sur son ordinateur depuis son bureau ne se rend pas forcément compte que c'est grâce au travail des bibliothécaires, organisés en réseau et assistés par les moyens de *Mathrice* et de *Mathdoc*, ainsi qu'au travail des SCD, de l'INIST et de Couperin que tout fonctionne.

Une autre source d'inquiétude est la baisse du nombre de bibliothécaires, conséquences d'une baisse du nombre de remplacements des départs à l'INSMI sur ces postes et du désengagement de certaines universités. Ces postes sont néanmoins nécessaires au fonctionnement des bibliothèques et des activités du réseau.

À plus long terme, le rôle des bibliothèques est à définir dans un futur et hypothétique système de publication en Open Access. Au niveau des SCD, la tentation de se reconvertir en services d'achats d'APC semble présente et cette position est visible dans certaines options exprimées au sein du consortium Couperin. Nous estimons que la mission des bibliothèques doit plutôt être de participer à la construction d'un modèle d'édition conforme aux objectifs de l'*Appel de Jus-sieu*. Les bibliothèques doivent pour cela continuer à travailler en étroite collaboration avec les chercheur·ses et des solutions comptables et juridiques doivent être recherchées afin de pouvoir financer des associations ou des fondations soutenant ces objectifs. Les solutions ne pouvant être envisagées qu'à l'échelle internationale, il est important de pouvoir développer des collaborations avec des bibliothécaires d'autres pays.

Enfin il est probable que la gestion de données scientifiques, devenue usuelle dans les sciences expérimentales, devienne un besoin important en mathématiques. Les réseaux *RNBM* et *Mathrice* peuvent jouer un rôle important pour répondre à ces besoins, en partenariat avec l'INIST, qui propose déjà des outils pour cela.

17. Catalogue Fusionné des Périodiques

4.2. Recommandations. Face à la désaffectation des lieux, les bibliothèques de mathématiques doivent s'ouvrir à un public plus large que celui des chercheur-ses, comme par exemple aux étudiants de Master ou de Licence, qui peinent à trouver de la place dans les bibliothèques universitaires souvent surchargées. Dans le cas, non souhaitable, où une bibliothèque de mathématiques viendrait à fermer et où son fonds serait reversé à la bibliothèque centrale, il est capital que les laboratoires concernés, seules entités capables d'avoir une vision scientifique, ne confient pas l'intégralité de la gestion des acquisitions aux SCD, mais conservent la maîtrise du budget d'acquisition et continuent à superviser la politique d'achat.

Face à la menace de réduction des postes de bibliothécaires, nous affirmons que le métier de bibliothécaire est plus que jamais nécessaire pour faire fonctionner un réseau de services documentaires au service de la recherche, dans la mesure où il doit être redéfini pour faire face aux nouveaux besoins décrits plus haut. Les bibliothécaires devraient par exemple offrir les services d'aide à la publication dont ont besoin les chercheurs, face à un "marché de l'édition" de plus en plus complexe et parsemé de pièges de plus en plus nombreux.

Comme cela fut mentionné dans le précédent rapport, cela nécessite une formation initiale des bibliothécaires et documentalistes très différente de la formation traditionnelle, apportant des compétences informatiques solides et aussi des connaissances juridiques (droit d'auteur et copyright). L'effort de formation continue des bibliothécaires et documentalistes organisé par le RNBM avec le soutien de l'INSMI, du CIRM et du CNRS doit être poursuivi, en impliquant encore davantage les chercheur-ses. Les bibliothécaires pourraient aussi bénéficier de moyens pour des contacts avec des bibliothécaires d'autres pays, par exemple à l'occasion de rencontres CIMPA.

En conclusion, nous sommes en pleine période de transition et il est important que les bibliothèques et les chercheur-ses travaillent ensemble pour affronter l'ensemble des défis.

Table des matières

Recommandations principales	3
Introduction	5
Chapitre 1. Parité	11
Chapitre 2. Politique de sites et modes de financement	17
Chapitre 3. Mathématiques et interactions	39
Chapitre 4. Relations internationales	57
Chapitre 5. Documentation et publications	59