



HAL
open science

Formations et carrières mathématiques en France : un modèle typique d'excellence ?

Pierre-Michel Menger, Colin Marchika, Yann Renisio, Pierre Verschueren

► To cite this version:

Pierre-Michel Menger, Colin Marchika, Yann Renisio, Pierre Verschueren. Formations et carrières mathématiques en France : un modèle typique d'excellence ?. *Revue Française d'Economie*, 2020, pp.155-217. 10.3917/rfe.202.0155 . hal-03010492

HAL Id: hal-03010492

<https://hal.science/hal-03010492v1>

Submitted on 10 Oct 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Pierre-Michel MENGER
Colin MARCHIKA
Yann RENISIO
Pierre VERSCHUEREN

**Formations et carrières
mathématiques en France :
un modèle typique
d'excellence ?**

L

a recherche mathématique française a une longue histoire de qualité superlative. Le classement 2020 de Shanghai l'a à nouveau mise en lumière, mais bien d'autres

indices nous sont connus depuis longtemps, comme le palmarès des médaillés Fields, qui place la France et les États-Unis au sommet, loin devant la troisième grande nation mathématicienne, la Russie. Les données compilées annuellement par l'Observatoire des sciences et des techniques du Haut Conseil de l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (Hcéres) sur les publications et leurs citations confirment la solidité de l'éminence française. Quand on plonge dans la machinerie de cette excellence française, que voit-on ? Voici quelques indications sur la formation et la carrière des douze médaillés Fields français.

Tableau 1

Quelques caractéristiques des trajectoires de formation et de carrière des lauréats français* de la médaille Fields

Médaillé	Date	Sexe	Olympiades	ENS Ulm	Thèse	Date de soutenance	Passé par le CNRS
Laurent Schwartz	1950	H	–	oui	Strasbourg	1943	oui
Jean-Pierre Serre	1954	H	–	oui	Paris	1951	oui
René Thom	1958	H	–	oui	Paris	1951	non
Alexandre Grothendieck	1966	H	–	(auditeur)	Paris	1953	oui
Alain Connes	1982	H	non	oui	Paris 6	1973	oui
Pierre-Louis Lions	1994	H	oui	oui	Paris 6	1979	oui
Jean-Christophe Yoccoz	1994	H	oui	oui	Paris 11	1985	oui
Laurent Lafforgue	2002	H	oui	oui	Paris 11	1994	oui
Wendelin Werner	2006	H	non	oui	Paris 6	1993	oui
Cédric Villani	2010	H	non	oui	Paris 9	1998	non
Ngô Bảo Châu	2010	H	oui	oui	Paris 11	1997	oui
Artur Ávila	2014	H	oui	non	IMPA	2001	oui

Note : * précisons que parmi les douze médaillés, Ngô Bảo Châu est Franco-vietnamien et Artur Ávila est Franco-brésilien.

Onze sur douze ont étudié à l'École normale supérieure (ENS) de la rue d'Ulm (dont l'un comme auditeur et non comme élève), onze ont fait leur thèse dans une université parisienne¹, et dix ont commencé leur carrière au Centre national de la recherche scientifique (CNRS). Cinq médaillés Fields ont été lauréats aux Olympiades de mathématiques, sur sept possibles depuis que la France y participe (à partir de 1967). Ces indications portent sur les deux versants distincts de ces trajectoires individuelles. Les quatrième et cinquième colonnes concernent les mécanismes sélectifs emboîtés de la formation initiale qui culminent avec l'entrée dans une grande école, les trois dernières caractérisent l'entrée sélective dans la carrière d'apprenti chercheur (doctorant) puis de chercheur et/ou d'enseignant-chercheur.

Sur le premier versant, la production de jeunes talents mathématiques obéit au principe de l'identification précoce et du développement intensif des aptitudes, à travers le filtre sélectif des épreuves scolaires et extra-scolaires qui sélectionnent et homogénéisent progressivement les cohortes d'adolescents pour les orienter vers les filières les plus exigeantes de l'enseignement supérieur. L'âge précoce et la mention la plus élevée au baccalauréat scientifique (assortis éventuellement d'un succès au concours général) sont deux facteurs prédictifs habituellement identifiés pour qualifier les performances scolaires *stricto sensu*. La réussite aux olympiades indique autre chose. Dans tous les grands pays de forte tradition mathématique, et sans doute plus encore hors de France qu'en France, les Olympiades ne sont que le couronnement d'un investissement intensif et compétitif des adolescents qui fait intervenir de multiples formes périscolaires de développement des jeunes talents mathématiques, à la manière des associations, clubs et concours qui rythment la formation précoce aux échecs, aux arts techniquement exigeants (musique et danse classiques) et aux sports. Ce monde associatif des pratiques mathématiques périscolaires est souvent formé de professeurs et d'anciens professeurs qui déploient des efforts comparables à ceux d'entraîneurs sportifs amateurs. Les ressources qu'il offre forment, avec celles des familles et du sys-

tème scolaire, le triangle de forces de la production éducative : le sociologue Bernard Zarca [2006, 2012] a montré que les enfants mathématiciens ont, plus que les autres scientifiques, des parents enseignants et chercheurs. La composition des trois forces a une action précoce et cumulative. Elle peut faire jouer à la pratique des mathématiques un rôle identique à celui qu'elle a dans les sports ou dans l'apprentissage musical. Elle déclenche dans ces activités une forme particulière de socialisation à un comportement caractéristique de loisir et d'implication exigeante, qui mobilise la stimulation et l'estime des parents et des « entraîneurs » — professeurs et formateurs dans et hors le cadre scolaire. S'y mêlent, pour citer ici les catégories d'analyse de Roger Caillois [1967], le *ludus*, le plaisir éprouvé à résoudre des difficultés par le contentement d'y parvenir, et l'*agôn*, la rivalité avec des camarades pour s'entraîner à conquérir une habileté graduée par des apprentissages motivants.

Avant de lutter avec des concurrents, les mathématiciens, à tout âge, luttent contre des obstacles. On connaît les « conjectures » mathématiques, ces défis qui, du théorème de Fermat au programme de Langlands (*i.e.* un vaste ensemble de conjectures) sont lancés aux chercheurs audacieux, sur des décennies ou sur des siècles. Il s'agit en somme d'apprendre assez tôt, et pour toute une vie, à jouer avec la difficulté d'opérations cognitives abstraites plutôt que de se laisser écraser par elle. Progressivement, le contrat d'effort sous pression agonistique que structurent ces apprentissages précoces et continus construit une trajectoire de formation supérieure conduisant aux concours et aux institutions les plus sélectifs. Retenons ici un facteur dont nous montrerons l'importance décisive : la formation est précoce, sélective et intensive, et l'enseignement, fourni par diverses catégories de formateurs et mentors, acquiert des propriétés comparables à celles de l'entraînement à un sport de haut niveau. Il paraît logique de supposer que l'enseignement ainsi conçu correspond à une expérience assez différente de ce qu'est une transmission des savoirs par l'institution scolaire à des publics d'élèves diversement tolérants au contrat d'effort contenu dans le couple *ludus-agôn*. Il s'apparente plutôt à un

co-investissement du coach et de l'apprenant. Le terme de ce parcours scolaire est, pour nos médaillés Fields, l'entrée en classe préparatoire et la réussite au concours le plus sélectif, celui de l'ENS Ulm. À ce stade, l'identité des coaches (les professeurs de classes préparatoires) doit être suffisamment proche de celle de leurs élèves pour qu'une dynamique de co-investissement opère. Nous testerons cette hypothèse à partir de l'étude de certaines des caractéristiques des professeurs de classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE).

Le second versant de la carrière des médaillés concerne la transmutation de l'apprentissage en une activité de recherche, d'abord doctorale, puis professionnelle. Le doctorat réalisé en université de recherche intensive, et le début de carrière dans une position statutaire de recherche, paraissent être des traits saillants de la production de l'excellence mathématique française. Mais comment opèrent ces rouages qui activent l'enseignement de recherche, puis séparent la recherche de l'enseignement ? Nous savons, par la « Gazette des mathématiciens » publiée par la Société mathématique de France (Verschueren [2018]), et par quelques travaux exploratoires de portée variable², que la communauté des mathématiciens porte une attention soutenue, depuis plusieurs décennies, aux équilibres entre positions statutaires de recherche pure et positions statutaires d'enseignement-recherche en université, et aux architectures des carrières qui en dérivent — différenciation complète des deux types de carrières ou complémentarités dynamiques. D'un côté, l'avantage procuré par les positions de pure recherche peut être un gain collectif s'il s'agit de permettre aux jeunes mathématiciens recrutés sur de telles positions d'obtenir les meilleures chances d'exprimer pleinement leur potentiel, à l'âge où l'inventivité est réputée maximale. De l'autre côté, il y a déséquilibre de concurrence, puisque les universitaires consacrent une partie significative de leur activité statutaire aux diverses tâches du métier d'enseignant. Enfin, il est logique de supposer que la spécialisation dans l'activité de pure recherche peut briser le mécanisme fondamental de production des jeunes talents par l'enseignement que devraient prodiguer leurs aînés les plus brillants. Les

motifs d'équité et d'efficacité apparaissent dans ces arguments, qui ne tiennent cependant pas compte de l'insertion des carrières dans des logiques institutionnelles. Les chercheurs en mathématiques du CNRS ont progressivement demandé non seulement davantage de postes pour pallier les fluctuations des recrutements universitaires, mais aussi davantage de possibilités de carrières internes de pure recherche pour bénéficier de l'expansion progressive et générale des carrières dans toutes les disciplines hébergées par le CNRS depuis les années 1950.

Dans les quelques analyses proposées par les mathématiciens pour expliquer la position éminente de la recherche française dans leur science figure un motif, non documenté dans le tableau n°1, mais auquel nous accorderons toute sa place dans notre analyse, celui du bannissement de l'endorecrutement (ou recrutement d'un docteur par sa propre université ou son propre laboratoire d'exercice). Alors que cette pratique et son rejet progressif, mais très variable selon les disciplines et les établissements, sont étudiés empiriquement depuis près d'un siècle aux États-Unis (sous le nom d'« inbreeding »), ils n'ont commencé à être étudiés et documentés, en France, que depuis une décennie, mais de manière très partielle. En mathématiques pourtant, le rejet de l'inbreeding est devenu une *quasi*-norme régulatrice. Nous pouvons faire l'hypothèse qu'une telle norme exprime une conception universaliste de la pratique scientifique, dont l'adoption et la prééminence sont plus fréquentes dans une science qui requiert, comparativement, peu ou très peu de moyens matériels de recherche pour être exercée et qui dispose d'un langage aussi puissamment abstrait qu'universel. Le refus du localisme pourrait, comme nous chercherons à le vérifier, être exprimé en termes symétriques et inverses, ceux d'une ouverture délibérément forte aux recrutements internationaux, renforcée par l'attractivité de la recherche mathématique française.

Un dernier trait saillant apparaît dans la liste des lauréats français de la médaille Fields : l'absence complète de femmes lauréates — ce qui est tout sauf une spécificité française, puisqu'à ce jour Maryam Mirzakhani est la seule femme à avoir obtenu ce prix. La sous-représentation des femmes en mathématiques

est connue et étudiée internationalement, mais n'a été examinée en France qu'à l'aide de sources limitées, et n'y a reçu aucune quantification précise, ni pour la période couvrant les décennies de la plus grande expansion universitaire ni dans la comparaison des mathématiques avec les autres disciplines. Nous y remédierons dans la conclusion de notre article.

Ces commentaires introductifs du tableau n°1 nous conduisent à préciser l'ambition et l'originalité de notre article. Nous nous proposons d'analyser et de documenter, avec une précision statistique inédite, les caractéristiques du modèle français de production de l'élite mathématique, à partir de la localisation comparative des mathématiques dans l'espace des disciplines. Dans le prolongement de recherches théoriques et empiriques antérieures (Menger [2016a] ; Menger *et al.* [2017]), nous caractérisons la tripartition des rôles professionnels statutaires, qui distingue l'exercice de la recherche seule par les chercheurs (ici ceux du CNRS)³, celui de l'enseignement seul des professeurs de classes préparatoires, et celui de l'enseignement et de la recherche des universitaires, à partir de la formation et de la carrière de ces personnels. Nous montrons comment en mathématiques, la séparation des deux rôles voués partiellement ou complètement à la recherche est construite comme un équilibre temporaire, dans l'organisation séquentielle des carrières.

Il est peu fréquent d'analyser les caractéristiques individuelles et les carrières d'un ensemble complet de personnels académiques. Nous avons choisi d'étudier la communauté des mathématiciens qui, à la différence d'autres communautés scientifiques, centralise et rend publiques des informations essentielles à l'analyse de son organisation et de sa stratification. Un exemple frappant concerne le recensement mondial des publications et leur accès sur le site de l'American Mathematical Society (AMS). En France, l'existence d'une association des professeurs de mathématiques des classes préparatoires, l'Union des professeurs de spéciales (UPS), et des dispositifs bénévoles de centralisation de l'information professionnelle comme Opération postes, permet d'accéder à des informations sur une fraction importante de cette population.

Les mathématiques peuvent être entendues aujourd'hui à la fois comme une matière scolaire, comme une discipline de l'enseignement supérieur et comme un domaine de recherche. Différents travaux ont montré que sur chacune de ces dimensions, les mathématiques occupent une position singulière. En tant que discipline d'apprentissage scolaire, elles constituent l'un des deux piliers de la formation de base : numératie et littératie (calcul et lecture, dirait-on dans un vocabulaire moins international) constituent les apprentissages dont l'évaluation rythme l'analyse de la progression des acquis scolaires et des écarts de performance des élèves, mais aussi les comparaisons internationales des performances des systèmes scolaires nationaux. En tant que matière test, elle agit comme un levier de sélection. Nous avons montré que, dans les concours des grandes écoles de commerce, le coefficient de l'épreuve écrite de mathématiques de la filière scientifique est parfaitement corrélé au prestige de ces écoles (Menger et Marchika [2015]). En tant que discipline de l'enseignement supérieur, elle se distingue par de nombreux traits socio-démographiques qui ont commencé à être explorés (Renisio [2017]), et que nous allons détailler dans la section suivante. En tant que discipline de recherche, et par comparaison avec les autres sciences, elle dépend moins des financements sur projets, elle produit un nombre moins élevé de publications par individu, elle associe un nombre également moindre d'auteurs par publication (Grossman [2002, 2005]), elle cite de façon plus internationalisée (Luukonen *et al.* [1992] ; Wagner [2005]), et elle dispose d'un éventail plus large de revues « prestigieuses » (Behrens et Luksch [2011] ; Lindahl et Danell [2016]) que dans les sciences physiques, chimiques ou biologiques. En tant que communauté d'individus enfin, elle connaît une mobilité géographique et institutionnelle plus importante de ses membres que celle des autres sciences (Chauveau et Cordier [2013] ; Bernela [2016]). Elle constitue aussi une communauté scientifique beaucoup plus « masculine et élitare » (Zarca [2006]).

Notre article est organisé comme suit. Dans une première partie, nous présenterons les traits distinctifs des recrutements et des carrières en mathématiques, à partir d'une

comparaison générale avec l'ensemble des autres disciplines de l'enseignement supérieur. Nous recourons à une base de données constituée en collaboration avec la direction générale des ressources humaines (DGRH) du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (MENESR). Nos données, anonymisées, portent sur les carrières de l'ensemble des personnels titulaires des établissements d'enseignement supérieur relevant du ministère entre 1984 et 2014⁴. Ces données sont extraites du « fichier historique » de gestion des personnels enseignants de l'enseignement supérieur, dénommé ci-après « FH MENESR ». À notre connaissance, aucune recherche n'a proposé jusqu'ici, s'agissant des recrutements, des carrières et des caractéristiques des universitaires, une comparaison aussi ample entre les disciplines et les établissements d'exercice, et une analyse aussi précise des évolutions sur longue durée.

Après avoir situé les mathématiques dans l'espace des disciplines, nous procéderons à l'étude des caractéristiques différentielles des mathématiciens selon qu'ils sont recrutés et qu'ils exercent dans chacun des trois types d'établissements et selon chacun des trois modèles de spécialisation ou de combinaison des tâches d'enseignement et de recherche. Pour opérer cette comparaison, nous avons collecté des informations individuelles à partir de plusieurs sources publiquement accessibles⁵ : listes des membres des promotions des quatre principales grandes écoles en mathématiques (écoles normales supérieures de Cachan, Lyon et Ulm, École polytechnique), année d'obtention de l'agrégation et rang de classement, établissement et année d'obtention du doctorat, nombre de publications de la *quasi*-totalité des mathématiciens recrutés en tant que maîtres de conférences, chargés de recherche du CNRS ou professeurs de classes préparatoires entre 1995 et 2014. Nous exploitons ces données conjointement avec celles de notre base de données sur les personnels universitaires. Dans une troisième partie, nous étudierons l'une des singularités des carrières en mathématiques : la mise en complémentarité partielle des carrières d'enseignement et de recherche, qui est admise et promue comme un principe régulateur de mobilité professionnelle et comme un

levier de production de l'excellence scientifique. Nous concluons en répondant à la question que pose notre titre. Après avoir caractérisé la culture de la sélection et de la compétition propre aux mathématiques, nous rappellerons qu'elle ne se satisfait pas d'une opposition entre travail d'enseignement et travail de recherche si souvent évoquée par ceux qui rêvent d'un monde *post*-humboldtien de spécialisation radicale des carrières académiques, principalement fondée sur les aptitudes et performances de recherche. Enfin, nous examinerons brièvement un trait singulier, la sous-féminisation considérable des mathématiques, en demandant quelle contribution le format des épreuves de sélection concurrentielle précoce et cumulative des talents fournit à l'explication de cette anomalie française et internationale.

La position originale des mathématiques dans l'enseignement supérieur et la recherche en France

Par tout un ensemble de traits, les recrutements et les carrières en mathématiques se distinguent très fortement de toutes les autres disciplines universitaires. Ces traits morphologiques ressortent d'une analyse statistique de données exhaustives sur la population de l'ensemble des universitaires recrutés et actifs en France sur une période de trente ans. Chacune des caractéristiques que nous étudions n'était jusqu'ici connue que de manière très fragmentaire ou anecdotique, et jamais à partir de comparaisons systématiques entre toutes les disciplines ou ensembles de disciplines. Nous établissons, dans cette première partie, cinq constats majeurs : les mathématiques recrutent tôt au premier emploi universitaire statutaire, promeuvent plus tôt, mais aussi beaucoup plus sélectivement au rang de professeur ; les femmes

sont massivement sous-représentées, sur toute la période observée, à l'entrée dans la carrière universitaire et parmi les enseignants de rang professoral, l'évolution allant vers l'aggravation en mathématiques pures, et plutôt vers une amélioration relative en mathématiques appliquées ; les recrutements sont beaucoup plus ouverts aux candidats étrangers, aux deux rangs de la carrière (maîtres de conférences, professeurs) ; enfin, une *quasi-norme* régulatrice s'est imposée en matière de recrutement, celle du refus de l'endorecrutement (aussi appelé localisme ou inbreeding), terme qui qualifie le choix par une université d'un enseignant titulaire d'un doctorat obtenu dans l'université même qui le recrute. Quatre de ces cinq traits qui font système confirment que les mathématiques s'organisent collectivement pour limiter les effets de sélection fondés sur d'autres critères que les compétences académiques d'enseignement et, *a fortiori*, de recherche, et que les épreuves d'entrée dans la carrière maintiennent leur double propriété concurrentielle de précocité et de sélectivité lors de l'autre transition professionnelle majeure, celle de l'accès au professorat.

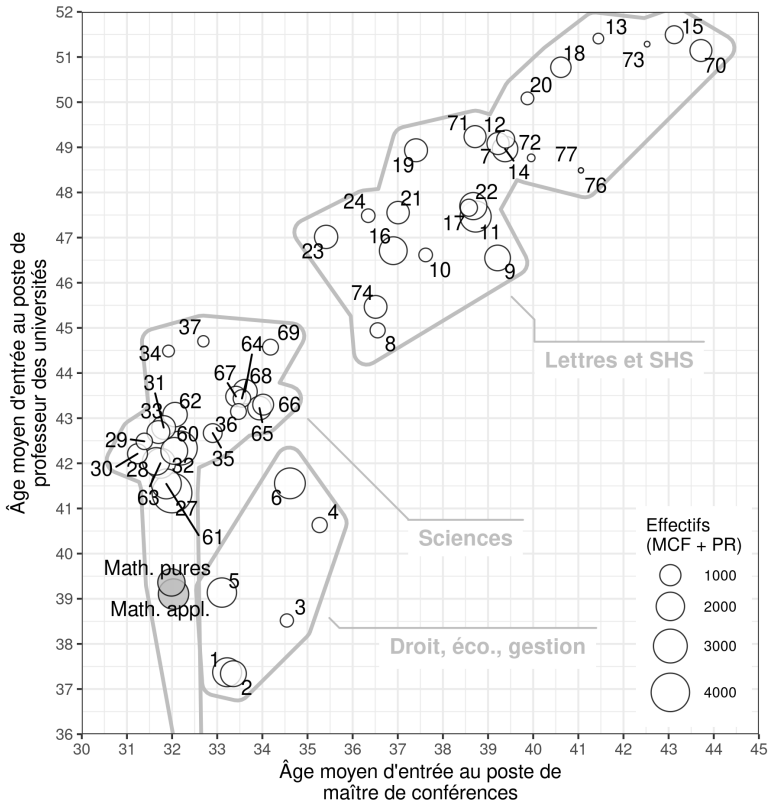
Précocité des recrutements et des promotions

Le graphique n°1, qui distribue les disciplines selon l'âge au recrutement dans l'emploi de maître de conférences et l'âge à l'accès à la position de professeur des universités met en évidence la précocité des mathématiciens chez les enseignants-chercheurs au regard de ces deux dimensions. Les mathématiques pures et appliquées disposent même d'un âge de recrutement au poste de professeur comparable à celui des disciplines à agrégation du supérieur (relevant du groupe de sections droit, économie, gestion), qui allouent les emplois de professeur sur concours national sans que la détention d'une habilitation à diriger des recherches soit requise.

Les sources disponibles sur le CNRS vont également dans le sens d'une précocité spécifique des mathématiques : comme le montre le tableau n°2, le dernier bilan social dispo-

nible du CNRS indique que les chercheurs en mathématiques sont également recrutés et promus sensiblement plus jeunes que dans les autres domaines⁶.

Graphique 1
Âge moyen d'accès aux postes de maître de conférences et de professeur des universités par discipline (1985-2014)



Source : FH MENESR.

Champ : 48 253 maîtres de conférences et 15 495 professeurs des universités, recrutés ou promus entre 1985 et 2014 et affiliés à une des 54 sections disciplinaires du Conseil national des universités. Les disciplines sont identifiées selon la numérotation des sections du CNU.

Tableau 2

Âge au recrutement et à la promotion au CNRS par institut (2016)

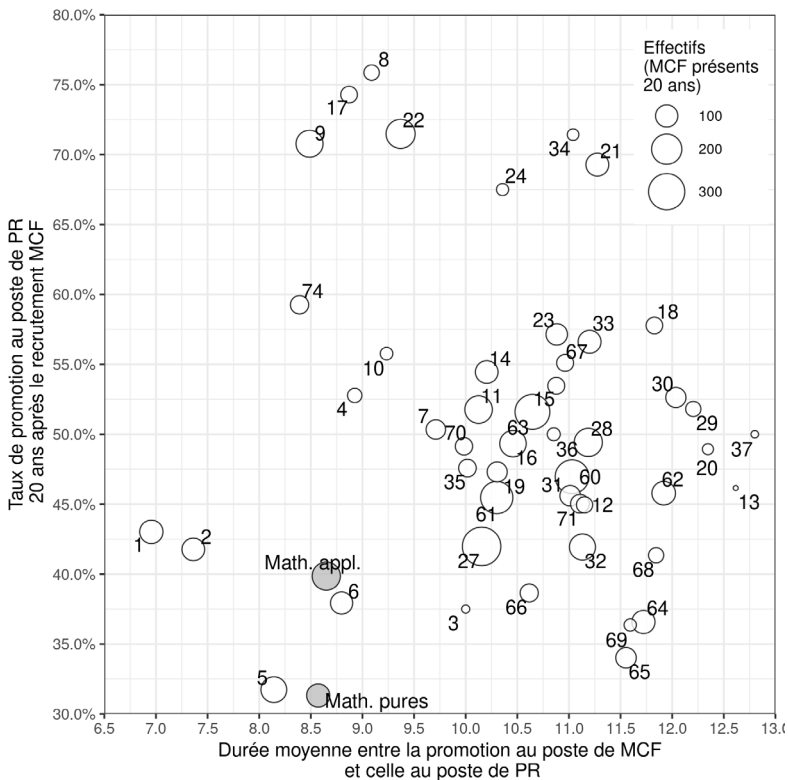
Institut	CR2	CR1	DR2
Institut national de physique nucléaire et de physique des particules	31,0	33,7	NA
Institut national de chimie	32,2	35,9	43,0
Institut national écologie et environnement	33,7	38,2	39,7
Institut national de physique	31,4	35,8	46,5
Institut national des sciences de l'information et de leurs interactions	31,5	35,3	40,7
Institut national de biologie	33,8	37,0	46,0
Institut national des sciences humaines et sociales	35,8	38,8	46,3
Institut national des sciences de l'ingénierie et des systèmes	31,9	34,2	41,0
Institut national des sciences mathématiques et de leurs interactions	29,3	33,5	NA
Institut national des sciences de l'univers	32,6	36,6	50,5

Source : CNRS [2017].

Le graphique n°2 permet de préciser l'analyse dans le cas des maîtres de conférences en distribuant les disciplines selon la fréquence observée des promotions au rang de professeur des universités (en ordonnée) et selon le délai moyen de promotion à ce rang (en abscisse), les probabilités de promotion étant observées sur une durée de vingt ans après le recrutement au poste de maître de conférences. Il ressort de cette analyse que la précocité relative des mathématiques en termes de promo-

tion s'accompagne d'une forte stratification pour y accéder : moins d'un maître de conférences sur trois en mathématiques pures atteint le statut de professeur des universités dans les vingt années qui suivent son recrutement.

Graphique 2
Âge moyen d'accès aux postes de maître de conférences et de professeur des universités par discipline (1984-2014)



Source : FH MENESR.

Champ : 10 140 maîtres de conférences recrutés pour la première fois entre 1985 et 1995, affiliés à une des 54 sections disciplinaires du Conseil national des universités et encore présents dans le fichier vingt ans après ce recrutement. Les disciplines sont identifiées selon la numérotation des sections du CNU.

Une discipline plus cosmopolite

Quel est le degré d'ouverture et de diversité d'une science ? Les mathématiques constituent, là encore, un cas d'école, qu'illustrent deux indicateurs de signe bien différent : leur forte masculinité, que nous examinerons en conclusion, pour rechercher si elle exprime un *ethos* compétitif particulier, et leur forte internationalisation. Celle-ci apparaît dans le taux particulièrement élevé de mathématiciens de nationalité étrangère parmi les enseignants chercheurs. Dans le détail, on voit que les mathématiques sont même plus cosmopolites que les disciplines d'enseignement des langues, et que parmi toutes les disciplines scientifiques, seule la physique théorique est plus internationalisée, au rang professoral (tableaux n^{os} 3 et 4). Si le taux de mathématiciens d'origine étrangère était déjà nettement plus élevé que dans la plupart des autres disciplines dès 1984, cette tendance s'est renforcée durant les trente années suivantes (graphique n^o3) : en 2014, un maître de conférences sur quatre et un professeur des universités sur trois sont de nationalité étrangère au sein de la section des mathématiques pures.

Différentes hypothèses peuvent être avancées pour interpréter ces données : une plus grande universalité de la langue mathématique ; une communauté de mathématiciens mondialisée depuis longtemps ; des mobilités plus fréquentes qu'ailleurs, qui sont rendues plus aisées et plus productives par le haut degré de *consensus* scientifique au sein de la communauté, et par la très faible intensité capitalistique de la recherche mathématique ; une attractivité internationale plus forte des mathématiques pratiquées en France, du fait de leur réputation.

Tableau 3
Les dix disciplines au plus fort taux d'étrangers parmi les maîtres de conférences

Section CNU	Discipline	Taux d'étrangers
25	Mathématiques	24,1 %
75	Théologie	22,7 %
15	Autres langues	21,6 %
26	Mathématiques appliquées	18,8 %
61	Génie informatique	18,8 %
13	Langues slaves	17,2 %
12	Langues germaniques	17,1 %
14	Langues romanes	16,2 %
27	Informatique	16,1 %
29	Constituants élémentaires de la matière	15,3 %

Source : FH MENESR.

Champ : 69 726 maîtres de conférences ayant appartenu à ce corps au moins un an entre 1984 et 2014.

Tableau 4
Les dix disciplines aux plus forts taux d'étrangers parmi les professeurs d'université

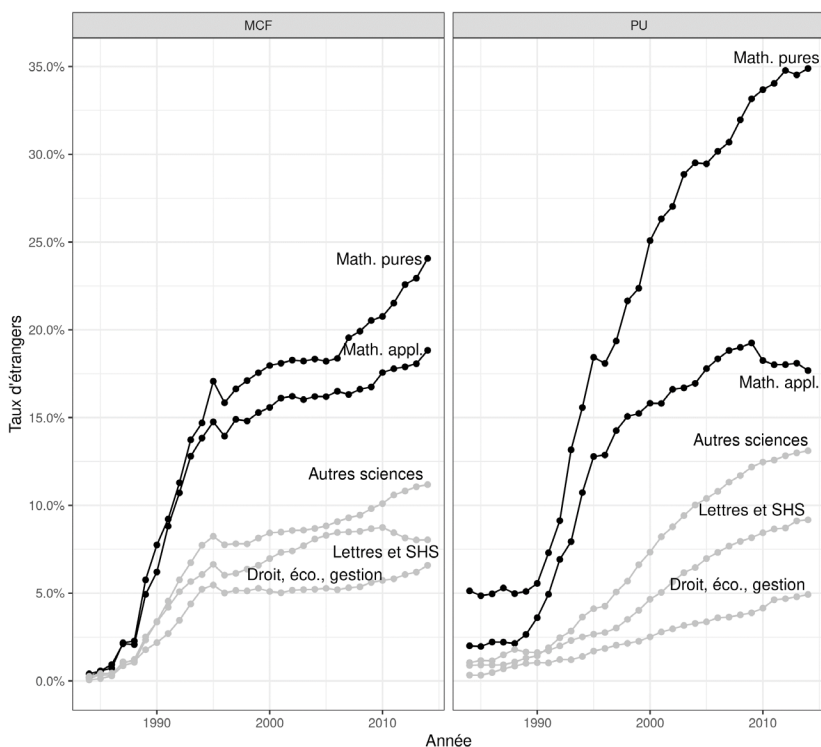
Section CNU	Discipline	Taux d'étrangers
29	Constituants élémentaires de la matière	35,7 %
25	Mathématiques	34,9 %
30	Milieus dilués	22,1 %
12	Langues germaniques	22,1 %
75	Théologie	21,2 %
28	Milieus denses	19,8 %
14	Langues romanes	19,3 %
65	Biochimie et biologie moléculaire	18,6 %
26	Mathématiques appliquées	17,7 %
37	Météorologie	16,9 %

Source : FH MENESR.

Champ : 31 287 professeurs des universités ayant appartenu à ce corps au moins un an entre 1984 et 2014.

Graphique 3

Évolution du taux d'étrangers selon le corps et le domaine d'exercice entre 1984 et 2014



Source : FH MENESR.

Champ : 69 726 maîtres de conférences et 31 287 professeurs des universités ayant appartenu à ce corps au moins un an entre 1984 et 2014.

Le non-localisme des mathématiques

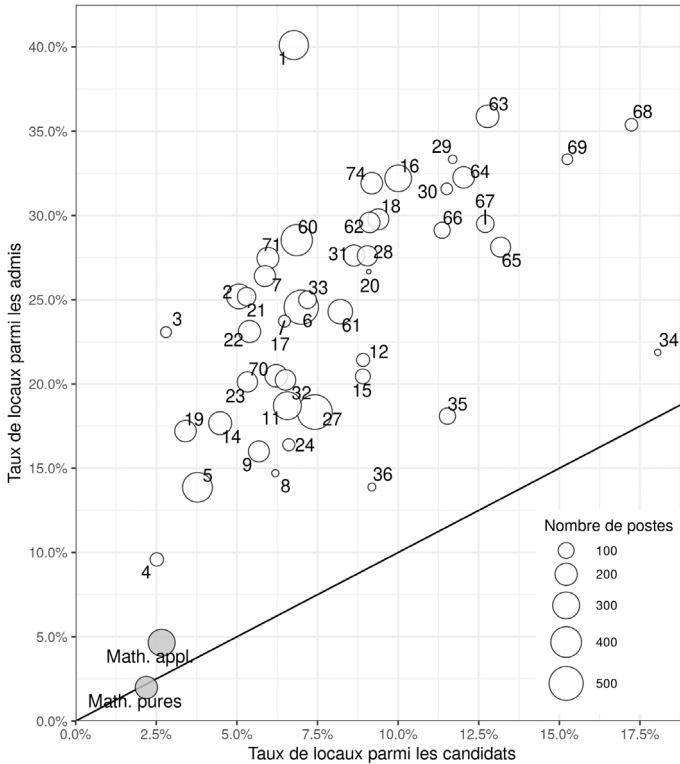
Lorsqu'une université recrute, les candidats peuvent avoir été formés et être titulaires d'un doctorat dans l'université qui recrute, ou avoir été formés ailleurs, compte ici non tenu de la période intermédiaire entre la réalisation du doctorat et la présentation d'une candidature, le *post*-doctorat ou toute autre acti-

tivité exercée dans l'intervalle pouvant avoir été réalisé ailleurs ou dans l'établissement de doctorat. Le choix qui est fait dépend de la qualité des candidats et des préférences composées des jurys de recrutement, qui peuvent être soit indifférents à l'origine locale ou extra-locale des candidats, soit hostiles à l'inbreeding (*i.e.* au recrutement localiste), soit sensibles aux avantages des locaux. Les délibérations et les choix des comités de recrutement font agir tous ces facteurs en interaction : par exemple, à qualité comparable, les délibérations du jury peuvent amener à préférer un outsider, ou préférer un insider de qualité supérieure ; les membres du jury qui appartiennent à l'université peuvent se comporter autrement que les membres externes, etc. Mais les jurys peuvent aussi adopter une métarègle qui dominera les autres : celle qui dira que la qualité seule prime, ou celle de la prohibition de l'inbreeding, en toute circonstance⁷.

Nous n'avons pas accès aux délibérations des commissions de recrutement, mais nous connaissons l'origine des candidats, le nombre et la composition des candidatures par poste, et le choix final des jurys, et nous comparons la situation de toutes les disciplines dans le graphique n°4.

Deux niveaux d'analyse peuvent être distingués pour qualifier le processus dit de localisme : l'un porte sur les candidats aux postes ouverts, l'autre sur les candidats élus par les membres des comités de sélection. Ces deux degrés de qualification du localisme (proportion de candidats locaux, proportion de recrutés locaux) permettent d'identifier un degré de favoritisme qui mesure la préférence des jurys pour les candidats locaux, après caractérisation de la compétition par la proportion de candidats locaux. Une discipline rejetant complètement le favoritisme est située dans ce graphique sur la bissectrice (droite noire sur le graphique), une discipline favorisant les candidats locaux se situera au-dessus de cette droite, une discipline les défavorisant se situera en dessous⁸. De ce point de vue, les mathématiques occupent à nouveau une position tout à fait distinctive : les candidats de ces disciplines sont les seuls à ne pas privilégier les candidatures locales, les recrutements dans ces disciplines sont les seuls à ne pas privilégier les candidats locaux.

Graphique 4 Localisme des candidatures et recrutements universitaires selon les disciplines



Source : FH MENESR.

Champ : 281 643 candidatures à un poste de maître de conférences entre 2009 et 2013. Les disciplines sont identifiées selon la numérotation des sections du CNU.

Ces différentes caractéristiques des chercheurs, des carrières et des lieux d'exercice du métier de mathématicien suggèrent que les universitaires, d'une part, et les chercheurs d'un établissement tel que le CNRS, d'autre part, sont issus d'un même vivier de candidats. Ce sont très majoritairement des hommes, plus jeunes à leur début de carrière que la moyenne de leurs homologues des autres disciplines, et promus plus jeunes quand leur carrière est ascendante. Enfin, universitaires et cher-

cheurs se côtoient au sein d'unités mixtes de recherche qui sont des infrastructures légères, dotées d'un ratio « chercheurs sur ingénieurs et techniciens » plus faible que dans toutes les autres disciplines, et ayant généralement de faibles besoins en capital d'équipements.

D'une part, donc, chercheurs et universitaires mathématiciens partagent des caractéristiques distinctives qui les singularisent dans le monde de l'enseignement et de la recherche. Mais, d'autre part, nous savons aussi que les emplois de recherche procurent un avantage professionnel direct puisque la tâche la plus valorisée, dans une carrière académique, est la recherche. Rappelons, en effet, que la recherche constitue la part ouvertement concurrentielle du travail universitaire et celle qui ne peut être évaluée légitimement que par les pairs, au sein des revues et des instances d'évaluation (Zuckerman et Merton [1971]). Les activités d'enseignement sont, quant à elles, exercées selon des protocoles qui laissent une place plus réduite à l'incertitude sur le résultat. Elles ne bénéficient pas des effets de levier réputationnel que procure à la recherche l'espace d'appréciation et de valorisation de ses productions, étendu à la communauté professionnelle tout entière. Ensemble, l'ascendant pris par la fonction de production de connaissances nouvelles sur la fonction de transmission de connaissances établies et la valorisation asymétrique des performances d'enseignement et de recherche expliquent pourquoi ces dernières déterminent principalement les chances d'ascension professionnelle des universitaires.

Cette asymétrie entre recherche et enseignement s'exprime aussi dans une hiérarchie institutionnelle des établissements qui place au sommet les universités à forte intensité de recherche, que cette hiérarchie soit explicite, comme dans la typologie Carnegie des universités aux États-Unis, ou, de manière plus implicite, par le jeu combiné des informations sur les classements nationaux et internationaux des établissements et des évaluations que pratiquent quotidiennement les insiders, les académiques eux-mêmes. Et cette asymétrie entre recherche et enseignement apparaît directement associée à la mobi-

lité des universitaires sur le marché national et international des emplois.

La stratification des carrières en mathématiques et sa morphologie

Les caractéristiques et indices que nous avons présentés jusqu'ici nous conduisent à deux hypothèses. La première est que le système de formation et de recrutement en mathématiques est bâti sur des mécanismes de sélection qui agissent plus précocement que dans d'autres disciplines. La précocité peut être comprise comme un mécanisme de détection et de propulsion à travers des épreuves sélectives de formation dont le rendement s'élève à mesure que les effectifs d'élèves sont plus homogènes en qualité. La seconde est que les mécanismes de compétition sélective sont emboîtés : obtenir la meilleure formation dans l'enseignement secondaire, puis dans l'enseignement supérieur (notamment *via* l'admission en classe préparatoire), réaliser une thèse dans l'une ou l'autre des meilleures universités, dotées des enseignants-chercheurs les plus réputés et les plus inventifs, obtenir un poste offrant les meilleures chances d'avancer ses recherches, sachant que la tâche de recherche est la plus valorisée et la plus visible dans la communauté professionnelle qui fait les réputations, les recrutements et les promotions. Les matériaux que nous avons réunis pour tester ces deux hypothèses ont pour intérêt de permettre de caractériser les titulaires d'emploi de mathématicien-ne-s dans les trois composantes du système français d'enseignement supérieur : chercheurs, universitaires, professeurs de classes préparatoires.

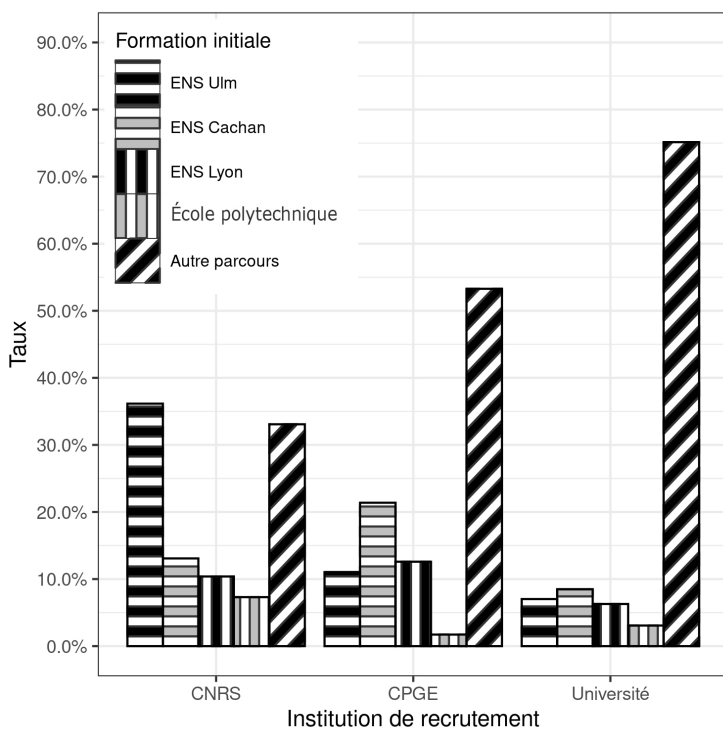
La formation, levier de la sélectivité concurrentielle

L'admission et la formation dans l'une des quatre grandes écoles scientifiques les plus prestigieuses est un avantage saillant pour

l'accès aux positions de recherche en début de carrière, comme le montre le graphique n°5 : deux chargés de recherche sur trois sont passés par l'une de ces quatre écoles, contre un sur deux pour les professeurs de classes préparatoires et un sur quatre pour les maîtres de conférences. L'admission et les études dans les écoles normales supérieures agissent comme filtre sélectif principal pour l'accès aux postes de recherche : plus de la moitié des chargés de recherche en sont issus, et plus d'un tiers ayant été admis et formé à l'ENS Ulm, qui est, comme nous l'indiquions en introduction, le lieu majeur de formation des élites mathématiques françaises (Andler [1994]). La population des professeurs de classes préparatoires aux grandes écoles se recrute pour un cinquième parmi les anciens élèves de l'ENS Cachan. Les universitaires n'ont puisé qu'environ 8 % de leurs effectifs de maîtres de conférences parmi les normaliens d'Ulm et autant parmi ceux de Cachan.

L'organisation complète de la relation entre la formation sélective et la hiérarchie des rôles professionnels académiques apparaît comme suit. Les grandes écoles fournissent la majorité des chercheurs en mathématiques. Ces anciens élèves devenus chercheurs ont été initialement formés par des enseignants qui sont eux-mêmes issus pour près de la moitié de ces grandes écoles, et qui se sont orientés exclusivement vers l'enseignement. En revanche, les trois quarts des universitaires ont été formés hors de ces filières sélectives. La stratification des carrières est fortement ancrée dans celle des trajectoires de formation. Nous verrons plus loin qu'une telle organisation asphyxierait la recherche si des passerelles n'étaient pas établies entre l'activité de recherche et celle d'enseignement. En se préoccupant depuis des décennies des risques d'une excessive séparation des carrières dans des spécialisations en silo, la communauté mathématique française a voulu prendre la mesure des déraillements possibles de cet engrenage sélectif et a recherché des solutions originales.

Graphique 5
Distribution des taux d'anciens élèves aux quatre principales grandes écoles parmi notre population de mathématiciens, selon leur type d'emploi à l'entrée dans la carrière



Source : base mathématiciens — Collège de France.

Champ : 2 180 maîtres de conférences, 580 professeurs de classes préparatoires et 260 chargés de recherche recrutés entre 1995 et 2014.

D'un concours à l'autre : l'agrégation comme signal

La réussite au concours de l'agrégation paraît *a priori* découplée des enjeux de travail et de carrière dans la recherche et l'enseignement supérieur, puisque l'agrégation de mathématiques est un concours de recrutement pour l'enseignement secon-

daire. À l'inverse, la réalisation d'une thèse est une condition *de facto* nécessaire pour l'accès aux emplois universitaires et de recherche. Passer le concours d'agrégation, en être lauréat et y obtenir un rang élevé peuvent alors avoir quatre significations, s'agissant d'emplois situés hors de l'enseignement secondaire.

- i)* L'obtention de l'agrégation peut faire partie du contrat explicite ou implicite du statut d'élève fonctionnaire des écoles normales supérieures, même si le respect du contrat a pu devenir moins impératif, avant de le redevenir après 2015.
- ii)* L'agrégation peut constituer un marche-pied de carrière, et une sécurité initiale, avant l'accès à des emplois autres que ceux auxquels l'agrégation du secondaire destine ses lauréats. Comme les emplois dans les trois composantes de l'enseignement supérieur-recherche sont en effet beaucoup moins nombreux que les emplois de professeur de l'enseignement secondaire, la détention d'une agrégation peut avoir une fonction assurantielle dans le démarrage d'une carrière.
- iii)* Réussir l'agrégation dans un bon rang peut avoir une fonction de signal de qualité, même si les recrutements aux emplois du supérieur ne comportent pas d'enseignement (cas des chercheurs) ou comportent une activité d'enseignement plus spécifique que les connaissances requises aux épreuves d'agrégation.
- iv)* L'agrégation, et son classement, ne sont requis que pour être recruté comme professeur de classe préparatoire.

La portée du premier motif, contractuel, est aisée à vérifier. Le tableau n°5 présente le taux d'agrégés selon la filière de formation initiale. Les normaliens mathématiciens recrutés sont très majoritairement agrégés (80 % pour les élèves de l'ENS Ulm, plus de 90 % pour les élèves des ENS de Cachan et Lyon). À l'évidence, pour la population observée, le contrat de recrutement des normaliens comme élèves fonctionnaires fixe un schéma de pré-recrutement professionnel, au minimum comme enseignant soit du secondaire soit du supérieur. *A contrario*, ceux des mathématiciens de notre population d'enseignants et de chercheurs qui ont été formés à l'École polytechnique, dont le statut est militaire, ne comptent que 18 % d'agrégés dans leurs rangs. La fonction assurantielle est donc clairement subor-

donnée à la fonction contractuelle de l'agrégation, parmi les mathématiciens issus des grandes écoles. Elle est plus marquée parmi les mathématiciens issus des formations universitaires, qui comptent un tiers d'agrégés. C'est dans leurs rangs que se recrutent ces enseignants du secondaire qui effectuent leur service dans le supérieur, pour en renforcer les effectifs enseignants, et qui, pour une partie d'entre eux, préparent leur doctorat au cours de ces années d'enseignement (Menger, Marchika, Paye, Renisio et Zamith [2017]).

Tableau 5
Taux d'agrégés de notre population de mathématiciens selon la formation

Formation initiale	Non agrégés	Agrégés	Taux d'agrégés
ENS Ulm	62	249	80,1 %
ENS Cachan	15	328	95,6 %
ENS Lyon	15	222	93,7 %
École polytechnique	79	17	17,7 %
Autre parcours	1406	627	30,8 %

Source : base mathématiciens — Collège de France.

Champ : 2 180 maîtres de conférences, 580 professeurs de classes préparatoires et 260 chargés de recherche recrutés entre 1995 et 2014.

Le succès à l'agrégation peut-il agir aussi comme un signal de qualité apte à renforcer les chances de recrutement dans des carrières universitaires et de recherche ? La réponse peut être recherchée d'abord dans la relation entre la détention du titre d'agrégé et la position professionnelle occupée. Comme le montre le tableau n°6, la détention de l'agrégation est effectivement une condition nécessaire pour l'accès aux emplois de professeurs de classes préparatoires. Les chercheurs en mathématiques du CNRS sont, eux aussi, pour moitié titulaires de l'agrégation, et les mathématiciens universitaires le sont pour un tiers. Même en excluant les mathématiciens formés à l'étranger, ces valeurs contrastent avec l'inutilité fonctionnelle du titre,

celui d'un concours de recrutement dont ces lauréats ne feront pas usage.

Tableau 6
Taux d'agrégés selon l'emploi de début de carrière

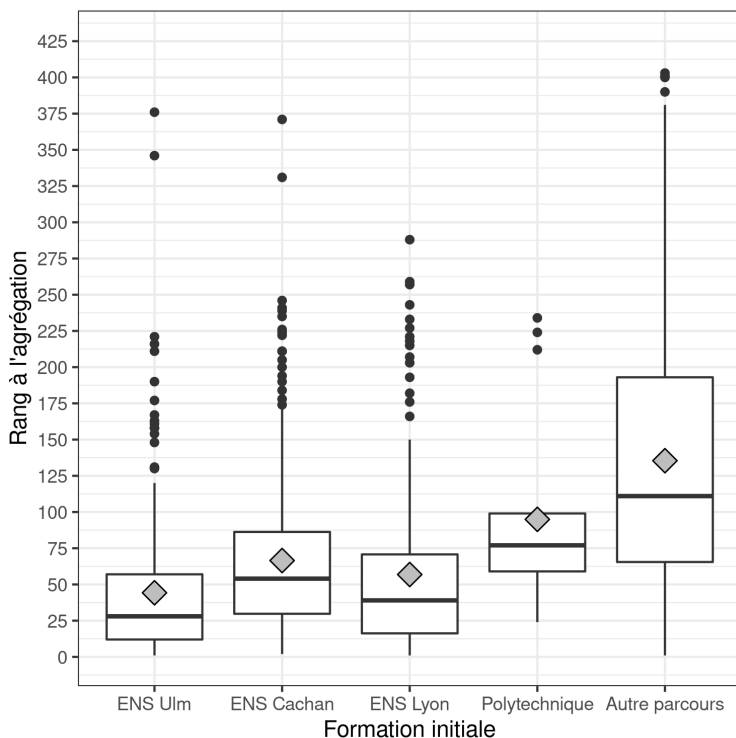
Type de poste	Non agrégés	Agrégés	Taux d'agrégés
Chargé de recherche au CNRS	132	128	49 %
Maître de conférences	1 445	735	34 %
Professeur en CPGE	0	580	100 %

Source : base mathématiciens — Collège de France.

Champ : 2 180 maîtres de conférences, 580 professeurs de classes préparatoires et 260 chargés de recherche recrutés entre 1995 et 2014.

Ces valeurs sont elles-mêmes le produit du poids différentiel des formations initiales des recrues du CNRS et de l'université (graphique n°5) et du rôle contractuel de l'agrégation dans certaines de ces formations (tableau n°5). Mais, puisque le titre est détenu par beaucoup de ceux qui accèdent aux carrières les plus recherchées, il faut faire l'hypothèse qu'une différenciation secondaire permet d'exploiter la valeur fiduciaire du titre. C'est l'hypothèse d'un signalement de la qualité individuelle. Cette fonction de signalement peut être trouvée dans l'information positionnelle que produit le concours d'agrégation, à savoir le rang de classement⁹. Si la hiérarchie sélective des formations initiales révèle efficacement la valeur concurrentielle des individus, le rang à l'agrégation doit en porter l'empreinte. De fait, passer un concours d'élève fonctionnaire normalien, puis un concours de recrutement dans la fonction publique, paraît appartenir à une même ontologie de sélection par les capacités d'apprentissage scolaire. Comme le montre le graphique n°6, le rang à l'agrégation est en effet distribué comme la position relative des écoles normales supérieures dans la hiérarchie de ces établissements et dans la hiérarchie d'admission de leurs élèves au concours d'entrée.

Graphique 6 Distribution des rangs à l'agrégation selon le type formation initiale



Source : base mathématiciens — Collège de France.

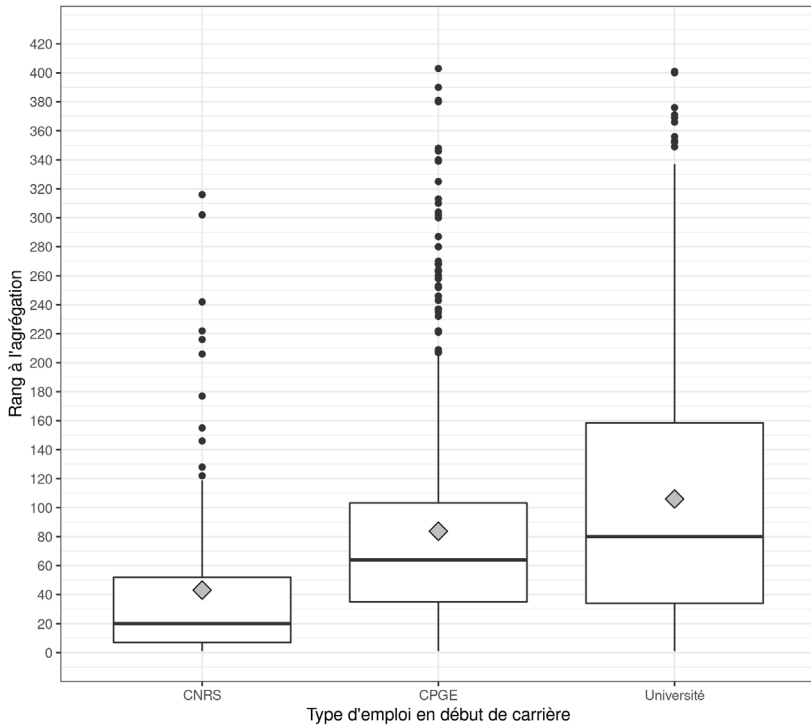
Champ : 2 180 maîtres de conférences, 580 professeurs de classes préparatoires et 260 chargés de recherche recrutés entre 1995 et 2014.

Lecture : la moitié des mathématiciens issus de l'ENS Ulm qui sont les mieux classés à l'agrégation se situent dans les vingt-huit premières places (barre horizontale de la médiane). Le rang moyen est représenté par un losange gris.

Le pouvoir classant de ces épreuves sélectives emboîtées peut encore être lu dans les trois trajectoires professionnelles que nous comparons (graphique n°7). La position de recherche au CNRS, quand elle est associée à une agrégation, ce qui est le cas d'un chercheur sur deux, va à des agrégés beaucoup mieux classés que les universitaires agrégés. C'est un premier indice de

la logique d'écrémage qui organise l'allocation des positions de recherche, qui sont les plus rares.

Graphique 7 Distribution des rangs à l'agrégation selon le type d'emploi en début de carrière



Source : base mathématiciens — Collège de France.

Champ : 735 maîtres de conférences, 580 professeurs de classes préparatoires et 128 chargés de recherche en mathématiques ayant obtenu l'agrégation de mathématiques dans notre population.

Lecture : la moitié de la population des chargés de recherche agrégés les mieux classés à ce concours se situe dans les vingt premières places (barre horizontale de la médiane), celle des professeurs de classes préparatoires dans les soixante premières places, et celle des maîtres de conférences agrégés aux quatre-vingts premières places. Le rang moyen à l'agrégation (représenté par un losange gris) est de 43 pour les chargés de recherche, de 84 pour les enseignants de classes préparatoires et de 106 pour les maîtres de conférences.

Étonnons-nous pourtant. L'élévation des chances de carrière en fonction des succès cumulés à des concours qui concernent avant tout la carrière d'enseignant est hautement paradoxale, s'agissant d'individus qui sont recrutés pour leur capacité de recherche. *A contrario*, la position intermédiaire des professeurs de classes préparatoires dans la distribution des rangs de classement à l'agrégation n'a rien de surprenant. Elle est conforme à la logique de recrutement dans ce corps : ces professeurs sont choisis par les inspecteurs généraux de l'enseignement secondaire parmi les agrégés qui ne se dirigent pas vers une carrière universitaire, pour en constituer l'élite (en prestige et en rémunération).

Pour comprendre comment peuvent s'emboîter les rouages de la sélection scolaire et ceux de la stratification des carrières, il nous faut introduire l'étape clé de la formation à la recherche.

La hiérarchie des formations doctorales et la hiérarchie des débouchés académiques

La réalisation d'une thèse de doctorat est requise pour accéder aux emplois de maître de conférences. Dans le cas des recrutements sur des positions de chercheur, elle n'est pas exigée statutairement, mais nous l'observons pour tous les cas de recrutement au CNRS. En revanche, le doctorat n'était pas exigé pour l'accès aux emplois dans les classes préparatoires, même si les sources professionnelles indiquent une tendance récente à la généralisation du recrutement d'agrégés docteurs pour ces emplois. La population de professeurs de classes préparatoires compte 36 % de docteurs.

Mais que vaut exactement une thèse ? Pour identifier son indice de sélectivité, nous disposons d'une mesure aisée à documenter à partir des sources que nous avons exploitées, le lieu de réalisation de la thèse, pour toutes les thèses réalisées en France. Le graphique n°8 présente les dix premiers établissements qui ont concentré le plus grand nombre de

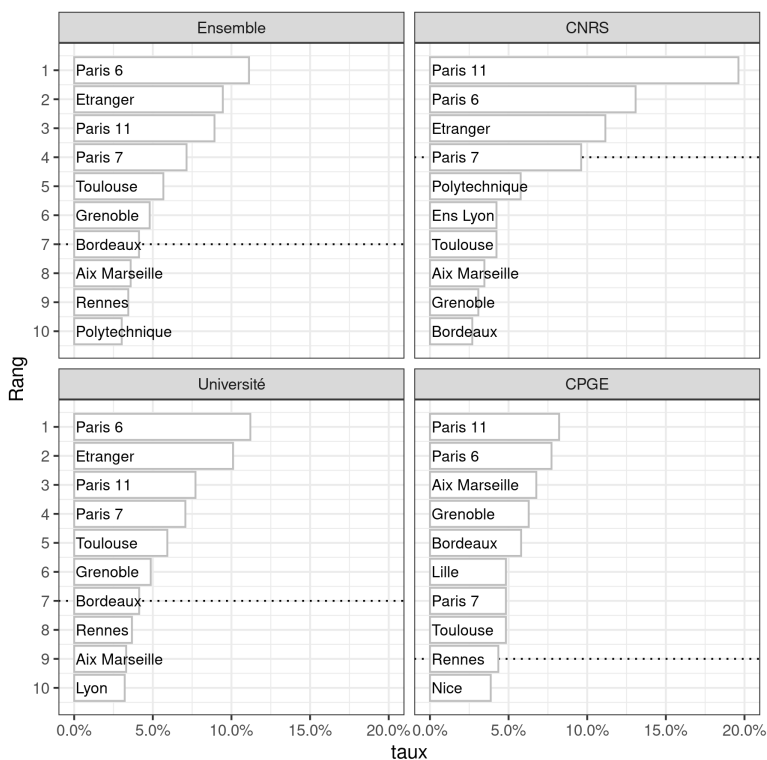
docteurs au sein de notre population de mathématiciens. Les mathématiciens formés à l'étranger sont regroupés dans une catégorie spécifique.

La répartition est donnée d'abord pour l'ensemble des emplois occupés en début de carrière, puis séparément pour chacune des trois catégories d'emploi. Cette distribution correspond à peu près exactement à la position des universités françaises dans les classements internationaux et notamment dans le plus influent d'entre eux, le classement de Shanghai. La consultation de ce classement depuis son origine montre que cette hiérarchie française est remarquablement stable. L'admission, dans le classement 2020 de Shanghai, des « établissements expérimentaux » créés par les réformes françaises de la décennie écoulée a consolidé le rang des grandes universités mathématiques et des grandes écoles françaises concernées dans le haut du palmarès mondial, *via* leur nouvelle identité (Paris 11 et l'ENS Cachan dans Paris-Saclay, l'ENS Ulm et Paris-Dauphine dans PSL*, Paris 6 dans Sorbonne Université, Paris 7 dans université de Paris). Notre liste ne présente que les dix premiers établissements producteurs de docteurs devenus mathématiciens dans la recherche et l'enseignement supérieur français. L'absence de l'ENS Ulm et de Paris-Dauphine peut s'expliquer soit par la modestie des effectifs formés, soit par le choix, ou la nécessité faite aux étudiants, de rejoindre des formations doctorales extérieures, soit encore par l'orientation des docteurs formés vers des carrières à l'étranger ou vers des carrières non académiques.

Observons les deux catégories d'emplois dont les titulaires détiennent tous une thèse. Sans prendre en compte les chercheurs du CNRS formés à l'étranger, nous constatons que près de la moitié des chercheurs ont fait leur doctorat dans l'un des trois établissements parisiens qui dominent la recherche doctorale mathématique française : les universités Paris 11 (université Paris-Sud), de Paris 6 (UMPC) et de Paris 7 (université Paris-Diderot)¹⁰. Le bassin de recrutement des universitaires est beaucoup plus ouvert : la hiérarchie des formations des docteurs recrutés sur un emploi de maître de conférences est la même dans le haut de la distribution, mais la dispersion est plus forte,

puisqu'il faut neuf établissements pour trouver la moitié des docteurs devenus universitaires, docteurs formés à l'étranger mis à part.

Graphique 8
Les dix principaux établissements de doctorat des mathématiciens de notre population — hiérarchie d'ensemble et par catégorie d'emploi



Source : base mathématiciens — Collège de France.

Champ : 2 180 maîtres de conférences, 208 professeurs de classes préparatoires et 260 chargés de recherche recrutés entre 1995 et 2014.

Lecture : parmi les titulaires d'un doctorat, 11 % l'ont obtenu à Paris 6, et les sept premiers établissements (ligne en pointillés) concentrent au moins la moitié de cette population.

Les conditions de la production scientifique et l'écologie de l'intensité de recherche

Les tâches d'enseignement et les activités de recherche sont généralement considérées comme rivales par les universitaires dès lors qu'un pouvoir de signalement réputationnel beaucoup plus élevé s'attache aux performances de recherche. Fait exception l'enseignement doctoral, lieu par excellence de la complémentarité entre les deux tâches, puisque les doctorants sont tout à la fois de potentiels futurs collègues avec qui il est courant de collaborer graduellement, et un personnel complémentaire d'enseignement et d'assistance à la recherche (Menger [2016a]). Les données présentées dans cette section ont révélé la force d'un levier essentiel de la stratification des universités en fonction de leur intensité de recherche, le levier de l'appariement sélectif, qui opère de manière cumulative au fil des épreuves sélectives de formation et de professionnalisation académique. Les universités réputées choisissent et sont choisies par les candidats au doctorat qui présentent les crédits scientifiques les plus solides.

La distribution hiérarchisée des établissements français que nous présentons plus haut fournit un premier indice de ce qu'est la contribution des départements de mathématiques à la qualité d'université de recherche intensive. Cette qualité est à la fois fonctionnelle et positionnelle. Le couplage des tâches de recherche et d'enseignement doctoral qualifie la complémentarité fonctionnelle entre l'enseignement et la recherche dans la production d'une intensité élevée de recherche. Au demeurant, comme nous le montrerons plus loin, la différenciation statutaire entre des emplois de recherche et des emplois universitaires d'enseignement-recherche est encadrée dans diverses formes de production conjointe des deux tâches : les laboratoires de mathématiques du CNRS sont tous insérés dans des départements universitaires, et les chercheurs en mathématiques affectés dans ces laboratoires sont incités à contribuer aux enseignements doctoraux¹¹.

L'activité de recherche a, elle, une valeur positionnelle, puisqu'elle constitue le vecteur principal de la réputation (clas-

sante ou non) des individus et de leurs établissements au sein de la communauté nationale et internationale des universitaires et des étudiants, à partir de la mesurabilité de la productivité scientifique et de l'évaluation des publications par leur usage et leur audience. Logiquement, si le couplage enseignement-recherche dans la stratification des universités est à la fois fonctionnel et asymétrique, l'intensité de recherche est mesurée doublement : par l'appariement sélectif entre les établissements de formation et la trajectoire professionnelle des docteurs formés, comme nous venons de le faire, et par la production individuelle des mathématiciens en emploi, comme nous allons le faire.

La production scientifique des chercheurs et des universitaires diffère selon l'établissement d'exercice. Nous utilisons la base de données constituée par Jean-Marc Schlenker sur les publications mathématiques enregistrées par le site Mathscinet par recensement de la production mathématique mondiale dans un ensemble d'environ 650 revues. La base sur laquelle nous avons pu travailler est limitée à la partie supérieure de la hiérarchie des revues, qui comprend un ensemble d'une centaine de revues les plus importantes pour la discipline¹². Dans le tableau n°7, nous étudions la production de recherche dans les établissements dont le département de mathématiques emploie au moins trente personnes, et nous classons ces établissements en fonction de la production individuelle de leurs mathématiciens, toujours par référence aux publications dans la centaine des meilleures revues de la base Mathscinet. Les données ainsi produites ne décrivent pas la productivité individuelle des mathématiciens, qui dépend du nombre d'années d'exercice depuis l'entrée en fonction, et ne tient pas compte des mobilités des individus au cours de leur carrière, puisque nous n'affectons pas aux établissements le volume de publications produites par les individus qui ont connu une ou plusieurs mobilités au *pro rata* de leur temps de service dans l'établissement. Le tableau n°7 mesure donc essentiellement le capital scientifique total dont disposent les établissements à partir de leurs effectifs en activité dans l'année considérée. Dans ces deux tableaux, nous affectons les individus à leur premier employeur, d'où la distinction entre

le CNRS et les universités, même si, dans le cas des chercheurs CNRS, leur établissement d'exercice est presque toujours un laboratoire universitaire.

Tableau 7

Les dix établissements avec le plus grand nombre de publications par individu dans le *corpus* MCQ (établissements de plus de 30 individus dans notre *corpus*)

Établissement	Nbr de publications	Nbr d'articles MCQ	Population	Nbr moyen d'articles MCQ par individu
CNRS	8312	3166	260	12,2
Paris-Dauphine	1192	462	50	9,2
Paris 6	2831	969	115	8,4
Paris 11	1888	671	94	7,1
Paris 13	818	288	48	6,0
Toulouse 3	1813	540	93	5,8
Aix-Marseille	1716	499	88	5,7
Rennes 1	869	276	50	5,5
Nice	919	258	49	5,3
Paris 7	1212	395	79	5,0

Source : base mathématiciens — Collège de France.

Lecture : les 260 mathématiciens recrutés comme chargés de recherche au CNRS qui font partie de notre population ont publié, au cours de la période allant d'au maximum 5 ans avant, et jusqu'à 15 ans après leur recrutement, 8 312 articles, dont 3 166 articles MCQ, soit en moyenne 12,2 articles MCQ, contre 9,2 pour les individus recrutés comme maîtres de conférences à Paris-Dauphine.

En examinant ainsi la productivité selon le statut d'emploi et selon le site d'emploi, nous faisons apparaître la

double hiérarchie des conditions de production des connaissances mathématiques, qui place le CNRS au-dessus de tous les établissements universitaires. La production des chercheurs du CNRS est sensiblement plus importante. Elle résulte d'un recrutement plus sélectif, en qualité de formation doctorale, et en signalement du potentiel de réalisation par la réussite et le rang aux épreuves de sélection par concours, d'une part, et des conditions de travail, d'autre part, puisque le temps alloué à la recherche est en théorie de 100 % dans le cas d'un chercheur, et de 50 % dans le cas d'un universitaire. Pour les universitaires, le capital scientifique individuel détenu selon l'établissement d'exercice présent respecte à peu près la logique observée pour la production des docteurs : les universités parisiennes et quelques grandes universités régionales dominent les mathématiques françaises. N'apparaissent pas ici les grandes écoles, dont les effectifs sont trop faibles pour entrer dans le calcul tel que nous l'avons défini.

Cette double hiérarchie est aussi le produit de la dualisation statutaire. Nous avons cherché à évaluer l'avantage que procure une position au CNRS. Dans le graphique n°9, nous comparons l'activité des mathématiciens recrutés au CNRS ou à l'université entre 1995 et 2014 et qui ont publié dans des revues appartenant au groupe de la centaine de revues déjà mentionné, selon qu'ils ont commencé leur carrière au CNRS ou à l'université. Les publications sont observées jusqu'à cinq ans avant l'entrée en emploi et jusqu'à quinze ans après ce début professionnel. La statistique est cumulative : il s'agit d'affecter un volume cumulé de publications à des emplois, plutôt que d'analyser les variations individuelles de publication d'une année sur l'autre. Une partie de ceux qui ont commencé au CNRS est passée ensuite à l'université (en moyenne au bout de 5,8 ans), mais nous ne disposons de données longitudinales que pour les carrières des universitaires, et non pour les chercheurs du CNRS. Mais nous savons aussi que la majorité des personnels recrutés comme chercheurs font toute leur carrière au CNRS, comme nous le montrons plus loin.

une compétition de recrutement plus sélective qu'à l'université, étant donné la rareté des postes de recherche, d'une part, et des conditions de travail plus favorables dans l'accomplissement de la tâche de recherche, d'autre part. Cet avantage n'est pas visible avant le recrutement en emploi, mais intervient à partir du recrutement. Nos calculs portant sur des volumes cumulés de publications par catégorie d'emploi, l'écart grandissant entre les deux populations signale, de fait, un mécanisme d'avantage cumulatif, qui procède de l'effet combiné des facteurs mentionnés ci-dessus.

Parvenus à ce point, il paraît aisé de définir le modèle de l'excellence mathématique française. Celle-ci résulte majoritairement de l'action d'un petit nombre de lieux de recrutement sélectif et de formation doctorale (grandes écoles et universités à forte intensité de recherche), et de la sélection des candidats à une carrière académique sur des emplois et des catégories d'emplois qui sont appariés à l'excellence recherchée dans l'exercice des tâches demandées (recherche uniquement, enseignement uniquement, recherche et enseignement). Les emplois dont l'allocation est la plus sélective sont aussi les plus productifs dans l'exercice de la tâche de recherche, qui oriente toute la stratification des trajectoires à partir des études doctorales. Mais un rouage manque : si l'excellence était fortement concentrée dans des emplois de recherche en silo, les doctorants se priveraient largement des bénéfices de la transmission par l'enseignement, au contact de cette excellence. Examinons à présent les comptabilités individuelle et collective des gains et des défauts du modèle.

Productivité, compétition et mobilité professionnelle

Nous avons montré que le CNRS écrème les meilleurs profils et fournit des conditions de travail plus favorables à la recherche :

la productivité de recherche de ses recrues est supérieure. L'avantage procuré par un début de carrière au CNRS paraît impliquer qu'une carrière entière dans la recherche seule est désirable. Nous savons aussi que les mathématiciens ont régulièrement mis en avant les gains collectifs que la communauté peut tirer de la mobilité des chercheurs vers l'enseignement. Par les témoignages et les débats au sein de cette même communauté qui sont publiés, nous savons en outre que cette mobilité fait l'objet d'appréciations contrastées et de réticences ouvertes, soit par volonté de se maintenir dans une position avantageuse, soit par opposition à une mobilité géographique coûteuse ou embarrassante, soit pour des motifs de correction volontariste de la sous-représentation féminine dramatiquement persistante, qu'une culture d'organisation auto-gouvernée comme celle de ses sections du comité national peut décider d'adopter (Bonami et Jaffard [2012] ; Verschueren [2018]).

Dans un grand nombre de disciplines, les chercheurs répondraient sans doute que la carrière en recherche seule est de loin la plus désirable, puisque les tâches de recherche sont les plus valorisées et les plus directement génératrices de promotion. Certes, mais l'activité de recherche présente aussi un coefficient plus élevé de risque de productivité inférieure à celle des concurrents, et fluctuante ou plus rapidement déclinante au cours de la carrière¹³.

Nous disposons de deux informations sur la vitesse d'avancement dans la carrière. D'une part, nous savons qu'à l'université elle est plus rapide en mathématiques : on y devient professeur des universités à 38 ans en moyenne (1^{er} quartile : 35 ans ; 3^{ème} quartile : 43 ans) contre 43 ans pour les universitaires de l'ensemble des disciplines. D'autre part, pour le CNRS, faute de disposer de données aussi précises puisque nous n'avons pas accès à des données primaires de carrière de l'organisme, les bilans sociaux annuels renseignent les âges de promotion au grade de directeur de recherche. En 2014, il est de 37 ans en mathématiques, contre 44,7 ans pour l'ensemble des chercheurs de toutes les disciplines du CNRS. Mais en 2016, il est respectivement de 42,7 ans et 45 ans¹⁴. Un travail sur des données

complètes s'impose, pour corriger les fluctuations annuelles qui portent l'empreinte des petits nombres de cas.

Sans pouvoir considérer ici l'ensemble des facteurs qui peuvent élever ou abaisser l'attractivité des emplois et des carrières dans les corps respectifs des chercheurs et des enseignants¹⁵, nous partirons des trajectoires observées pour établir s'il existe ou non une porosité entre ces corps et, si oui, pour proposer certaines hypothèses explicatives que nous pouvons étayer par nos données.

Carrière et mobilité des universitaires et des chercheurs

Nos données sur les carrières universitaires montrent que 51 % des professeurs des universités relevant de la section 25 « Mathématiques pures » du Conseil national des universités (CNU) et 35 % de ceux qui relèvent de la section 26 « Mathématiques appliquées » n'étaient pas universitaires antérieurement à leur recrutement comme professeur. La comparaison avec la situation dans les autres sciences et dans les autres ensembles disciplinaires révèle la forte singularité de l'ouverture des mathématiques pures à des recrutements par mobilité externe (tableau n°8). Cette ouverture porte elle-même l'empreinte d'une forte internationalisation des recrutements par mobilité externe. Comme l'indique le tableau n°9, parmi les professeurs de mathématiques sans passé proprement universitaire, une majorité est de nationalité étrangère (55 %) en section 25 du CNU et un tiers en section 26 du CNU.

Tableau 8

Position antérieurement occupée par les professeurs d'université, selon les disciplines ou ensembles disciplinaires

Domaine	Emploi non universitaire ou étranger	Maître de conférences	PRAG, PRCE, assistant	Professeur associé
Mathématiques pures	48,9 %	47,9 %	0,9 %	2,3 %
Mathématiques appliquées	29,9 %	65,4 %	2,8 %	1,9 %
Autres sciences	26,2 %	71,2 %	0,4 %	2,2 %
Droit, économie, gestion	13,5 %	81,2 %	0,6 %	4,7 %
Lettres et SHS	23,6 %	73,9 %	0,8 %	1,7 %

Source : FH MENESR.

Tableau 9

Nationalité des professeurs d'université sans passé universitaire en France

Domaine	Étranger	Français
Mathématiques pures	55 %	45 %
Mathématiques appliquées	35 %	65 %
Autres sciences	29 %	71 %
Droit, économie, gestion	12 %	88 %
Lettres et SHS	15 %	85 %

Source : FH MENESR.

Lecture : parmi les professeurs des universités en mathématiques recrutés à ce grade sans avoir été au préalable maîtres de conférences, 55 % sont étrangers.

Pour identifier l'origine des recrutements extérieurs à l'université parmi les mathématiciens et déterminer la fréquence des mobilités entre les positions de recherche du CNRS et le professorat universitaire, nous exploitons nos deux bases sur les universitaires et sur les chercheurs du CNRS dont la situation de carrière est observée au moins neuf années après leur recrutement (tableau n°10). Les carrières mathématiciennes commencées au CNRS présentent une mobilité supé-

rieure, à la fois par accès au corps supérieur (49 % des chargés deviennent professeurs ou directeurs de recherche, contre 34 % des universitaires) et par changement de catégorie d'emploi. Ce second type de mobilité est totalement asymétrique puisque 1 % seulement des maîtres de conférences de notre population est recruté au CNRS, contre 38 % pour le mouvement inverse — toujours ascendant.

Tableau 10

Devenir des maîtres de conférences des universités et des chargés de recherche du CNRS sur une durée de 9 ans ou plus après leur recrutement

Évolution de carrière	Débute comme chargé de recherche	Débute comme maître de conférences
Chargé de recherche	47,8 %	0,7 %
Maître de conférences	0,0 %	64,2 %
Professeur des universités	27,1 %	30,9 %
Professeur à l'étranger	10,8 %	2,9 %
Directeur de recherche	11,3 %	0,2 %
Incertain	2,5 %	0,7 %
Autre	0,5 %	0,4 %
Total	100 %	100 %

Source : base mathématiciens — Collège de France.

Champ : 1 851 individus recrutés comme maître de conférences ou chargé de recherche entre 1995 et 2009.

Lecture : parmi les individus de notre population débutant leur carrière comme chargés de recherche, 47,8 % le sont toujours au moins 9 ans après leur recrutement, 27,1 % sont devenus professeurs des universités, 11 % directeurs de recherche et 11 % professeurs à l'étranger.

Des carrières de recherche sans mobilité externe ?

Nous voyons aussi que les carrières internes, au sein du CNRS, sont majoritaires¹⁶. Comment la carrière interne au CNRS diffère-t-elle de la carrière par mobilité vers l'université ? Des quatre propriétés d'un marché interne habituellement étudiées (fermeture, taux de mobilité, vitesse de mobilité, et homogénéité ou

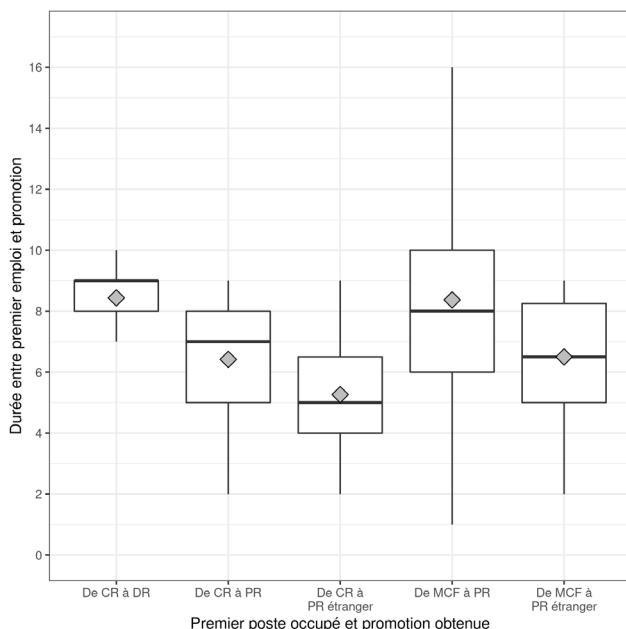
dispersion des transitions individuelles), nous avons approché les deux premières dans le tableau n°10 et dans ses compléments proposés en note 16, et nous examinons les deux autres dans le graphique n°10.

Le critère de la fermeture (non pas réglementaire, mais observée) suggère que, puisque la promotion au grade de directeur de recherche du CNRS ne concerne que les chargés de recherche, la sélectivité de ces emplois d'entrée puis de promotion confère à cette population une forte homogénéité de qualité. Par hypothèse, les carrières en marché interne fermé doivent recevoir un traitement plus homogène de la promouvabilité. De fait, les délais de passage au CNRS sont plus concentrés autour du point moyen, ce qui suggère que l'ancienneté dans la file d'attente, pour celles et ceux des chercheurs dont la production est suffisamment qualifiante, constitue un instrument régulateur et accepté de gestion de la rareté des emplois supérieurs. La situation est différente pour la mobilité vers l'université et pour les carrières ascendantes au sein de l'université. Comme le nombre d'emplois de professeurs est plus important, le bénéfice, que nous avons mesuré plus haut, d'un début de carrière au CNRS rend plus rapide la transition par mobilité vers le professorat universitaire, par comparaison avec les carrières purement universitaires, qui présentent la dispersion la plus élevée des délais de mobilité ascendante.

Au bout d'au moins neuf années, les chargés de recherche CNRS qui connaissent une évolution de carrière demeurent encore deux fois plus nombreux à se diriger vers l'université et vers une position de professeur, en France (27 %) ou à l'étranger (11 %), que ceux des chargés de recherche qui deviennent directeurs (11 %), même si le taux de mobilité verticale de la carrière au sein du CNRS peut varier en fonction de la politique de gestion des emplois de l'établissement, comme le montrent les valeurs contrastées des taux de passage des deux enquêtes mentionnées en note 16. La mobilité des emplois de recherche pure vers les positions supérieures d'enseignement-recherche a été souvent décrite sinon prescrite comme une transition désirable, par la communauté des mathématiciens, ou du moins par ceux

qui parlent en son nom et agissent sur les normes professionnelles du métier de mathématicien. Elle est bien apparente dans nos données, tout comme la part des mobilités vers l'étranger, mais elle n'est pas majoritaire.

Graphique 10 Distribution des délais de promotion selon le type de début de carrière



Source : base mathématiciens — Collège de France.

Champ : 1 851 individus recrutés comme maîtres de conférences ou chargés de recherche entre 1995 et 2009 (nous avons retiré les trois cas de passages de maître de conférences à directeur de recherche, insuffisants numériquement pour ce type de représentation).

Comment interpréter ces deux faits saillants et divergents que sont la mobilité vers l'université, d'une part, et la tendance à la dualisation des carrières, qui se manifeste si les mouvements de promotion interne, stimulés par le rééquilibrage des emplois de recherche entre les deux corps (chargés et

directeurs), renforcent les attentes de progression hiérarchique dans le métier de chercheur, d'autre part¹⁷ ? Il paraît *a priori* plus facile d'expliquer le second fait (dualisation) que le premier (mobilité). Si nous reprenons les termes d'une analyse en termes d'attractivité relative des deux catégories d'emplois, la carrière de chercheur n'est pas soumise à la pression de coordonner deux tâches statutaires d'exercice très différent (recherche et enseignement), ni à celle de s'impliquer *quasi*-impérativement dans les tâches d'administration et d'évaluation associées à l'enseignement universitaire. La carrière dans la recherche est prioritairement soumise à la pression de la productivité et de la compétition pour la reconnaissance de son inventivité utile, au sein de la communauté professionnelle. Et les carrières au CNRS sont gérées par les pairs (membres élus et membres nommés appartenant ou non au corps des chercheurs) au sein de la section 41 du comité national du CNRS. Ce sont ces membres de la section qui fixent les critères de promouvabilité.

La mobilité entre une position initiale de chercheur et une position ultérieure de professeur d'université peut s'expliquer par la vitesse relative plus grande d'une carrière universitaire, facilitée par le nombre d'emplois professoraux disponibles, et la compétitivité élevée des chercheurs dans les concours de recrutement des professeurs, étant donné l'avantage procuré par une accélération initiale de la production de recherche. On peut aussi supposer une gestion individuelle de la courbe de productivité en mathématiques, qui décale l'essentiel de la fécondité inventive vers les années professionnelles allant jusqu'à la quarantaine (qui est l'âge limite pour être distingué par la plus haute distinction en mathématiques, la médaille Fields). La précocité signifierait alors non seulement la compression de l'énergie sélective dans la succession des épreuves à franchir pour se situer dans le haut de la distribution des talents mathématiques, mais aussi le calendrier particulier de la productivité mathématique, l'énergie productive étant maximale avant 40 ans. Les recherches sur ce sujet montrent des variations selon les pays et l'organisation de l'activité mathématique (Dubois *et al.* [2014]). Il existe au demeurant un effet propre de l'obtention

de la distinction la plus haute (la médaille Fields) qui inclinerait à réorienter son travail dans des directions nouvelles ou vers des activités plus larges, plutôt que de demeurer dans la ligne des travaux ayant conduit à la distinction (Borjas et Doran [2015]). Enfin, il faut souligner une construction délibérée et originale de la mise en complémentarité de l'activité de recherche et de l'activité d'enseignement, qui paraît se rencontrer en mathématiques plus radicalement que dans d'autres disciplines.

Ce sont les dispositifs de cette mise en complémentarité que nous allons examiner à présent.

Quatre dispositifs de complémentarité entre enseignement et recherche

Les recherches sur le travail académique montrent que la relation de complémentarité est substantielle dans l'enseignement de master et plus encore de doctorat, où l'activité d'enseignement et l'activité de recherche se renforcent mutuellement, puisqu'une part significative des doctorants sont de futurs collègues et que la relation entre les professeurs et leurs doctorants peut, dans les meilleurs départements de mathématiques, s'apparenter à un mécanisme d'appariement sélectif entre talents avérés et talents prometteurs ou émergents. Les gains à l'appariement sont réciproques, pour l'enseignant comme pour l'étudiant. Parce que la précocité agit dans le franchissement des épreuves sélectives de formation comme dans l'inventivité, cette relation de complémentarité est certainement plus soutenue que dans des disciplines qui ne présentent pas les mêmes caractéristiques de sélectivité et de stratification rapide. La traçabilité des mathématiciens à l'aide d'un outil généalogique tel que le Mathematics Genealogy Project constitue un bon indice de l'importance des lignées d'enseignants et chercheurs dans lesquelles les étudiants s'inscrivent à la faveur de leur choix d'un sujet et d'un directeur de thèse.

Le rôle joué ou non dans l'enseignement doctoral ne doit pas être analysé en termes strictement binaires, en fonc-

tion du seul statut d'emploi. Nous avons montré plus haut que les personnels de recherche (chercheurs et ingénieurs) de l'institut des sciences mathématiques du CNRS étaient en *quasi*-totalité affectés à des unités mixtes, à la différence de la situation dans les autres instituts du CNRS. L'insertion des chercheurs dans des laboratoires universitaires suggère que, dans un nombre très significatif de cas (qu'il faudrait quantifier et caractériser), les chercheurs du CNRS contribuent à l'enseignement doctoral, même si leur engagement dans l'enseignement n'est pas de même nature que l'exercice statutaire du métier d'enseignant-chercheur. La relation de complémentarité entre l'enseignement et la recherche ne relève pas d'une simple évidence fonctionnelle de solidarité des tâches à partir d'un certain niveau de formation, et dans les établissements qui réalisent au mieux l'appariement sélectif sur les deux versants des enseignants et des étudiants. La relation paraît, en outre, être institutionnellement organisée de manière plus active en mathématiques que dans d'autres disciplines.

Nous en donnons quatre indices. Le premier est à chercher du côté des universités, où l'on relève le taux élevé de succès des mathématiciens aux campagnes de candidatures à l'Institut universitaire de France (IUF). La position de membre de l'IUF procure un allègement des deux tiers du service d'enseignement et s'accompagne de l'octroi d'une prime personnelle et d'une dotation annuelle de recherche, pour une période de cinq ans (renouvelable une fois pour les membres seniors). Les données sur l'identité disciplinaire des lauréats de l'IUF sont accessibles sur le site de l'institution. Nous les avons exploitées. Le résultat est présenté dans le tableau n°11 : les mathématiques sont en tête des disciplines pour le recrutement des membres seniors, et au deuxième rang pour les membres juniors de l'IUF.

Un deuxième levier de complémentarité ou de réduction de la dualisation des carrières est l'accueil des universitaires en délégation au CNRS. Le ou la bénéficiaire d'une délégation demeure rémunéré(e) par son université, mais cesse tout ou partie de son service d'enseignement pendant le temps de sa délégation (six mois ou un an à temps plein, ou un an à

mi-temps) afin de se consacrer au projet de recherche qui aura été validé par le CNRS et par son université¹⁸. Le bilan social du CNRS fait apparaître les données sur les accueils en délégation, nous reproduisons les données de 2016 dans le tableau n°12. Les mathématiques, qui relèvent de l'Insmi du CNRS, obtiennent le tiers du total des accueils en délégation de six mois (demi-délégations).

Tableau 11
Les dix sections CNU qui bénéficient du plus grand nombre de membres IUF (1991-2014)

	Section CNU	Junior	Senior	Total
25	Mathématiques	67	57	124
28	Milieus denses et matériaux	76	42	118
22	Histoire des mondes modernes et contemporains	66	50	116
21	Histoire et archéologie des mondes anciens et médiévaux	55	42	97
26	Mathématiques appliquées	59	34	93
5	Science économique générale	48	35	83
32	Chimie organique, minérale, industrielle	44	34	78
17	Philosophie	38	32	70
9	Langue et littérature françaises	36	25	61
27	Informatique	34	25	59

Source : les nominations à l'Institut universitaire de France, de 1991 à 2014, <https://data.enseignementsup-recherche.gouv.fr/explore/dataset/fr-esr-iuf-les-membres/information/?sort=-annee>

La troisième caractérisation de la position particulière de l'enseignement dans les carrières mathématiciennes nous est fournie par les propriétés des enseignants de mathématiques des classes préparatoires. Ils sont recrutés parmi les agrégés qui se situent dans le haut du palmarès du concours d'agrégation, et un

tiers d'entre eux détient un doctorat de mathématiques. Nous ne connaissons pas suffisamment, à ce stade de notre étude, les trajectoires individuelles de ces enseignants, pour déterminer, parmi ceux qui sont docteurs, la proportion de reconversions après un début de carrière dans la recherche (*e.g. post-doctorat* et emploi dans un organisme de recherche) ou dans l'enseignement supérieur (comme enseignant affecté dans le supérieur ou comme maître de conférences), ni la proportion de réorientations après des candidatures au CNRS ou à l'université qui ont échoué. Nous ne connaissons pas non plus l'affectation de ces enseignants dans la hiérarchie des classes préparatoires et dans celle des lycées (en fonction de leur taux de réussite aux concours). Il est, en revanche, assez simple d'affirmer que ces enseignants de classes préparatoires jouent un rôle clé dans la formation des apprentis mathématiciens et qu'ils obtiennent des compensations et des gratifications inhabituellement élevées de l'exercice de l'enseignement¹⁹. Premièrement, des gratifications monétaires : les rémunérations moyennes des enseignants des classes préparatoires dépassent non seulement celles des agrégés du secondaire mais aussi celles des universitaires et des chercheurs du CNRS, par le jeu combiné des avantages statutaires et des compléments de revenu liés aux activités supplémentaires (heures supplémentaires, « colles ») dont l'allocation est *quasi* automatique. Deuxièmement, des gratifications sociales et psychologiques liées à l'exercice du rôle face à des étudiantes et étudiants avec lesquels est passé un contrat d'effort d'apprentissage inhabituellement intense, contrat assorti d'une probabilité *quasi* certaine d'admission dans l'une des grandes écoles préparées, la différence de réussite étant liée à la position relative de l'école obtenue dans la hiérarchie des écoles. Face à des étudiants motivés et assurés d'une réussite relative, mais soumis à un effort élevé d'apprentissage et à une forte pression concurrentielle, le rôle d'enseignant est, tout à la fois, plus gratifiant et plus engageant. Troisièmement, enfin, des gratifications liées à l'ancrage des carrières et de leur gestion dans une organisation communautaire dotée d'une forte relation d'interconnaissance, qui est assortie au rôle central de l'inspection générale.

Tableau 12

Les accueils en délégation ou demi-délégation au CNRS selon les instituts

Institut du CNRS	Demi-délégation		Délégation	
	Nbr	%	Nbr	%
INSB	26	4,7	12	6,1
INC	36	6,5	10	5,1
INEE	16	2,9	18	9,1
INSHS	75	13,5	86	43,4
INS2I	32	5,7	24	12,1
INSIS	53	9,5	20	10,1
INSMI	180	32,4	17	8,6
INP	89	16,0	0	0
IN2P3	27	4,8	2	1,1
INSU	18	3,2	8	4,1
RC	4	0,7	1	0,5
Total	556	100,0	198	100,0

Source : CNRS [2017].

Note : pour les sigles des instituts du CNRS, voir le tableau n°2.

Le quatrième indice de singularité des mathématiques au regard de l'association entre l'enseignement et la recherche peut être trouvé dans une comparaison portant sur les seuls élèves de l'École normale supérieure de la rue d'Ulm, dont nous avons détaillé la contribution à la production des élites mathématiques françaises. Le tableau n°13 présente certains résultats d'une enquête réalisée en 2017 sur le devenir des normaliens scientifiques des promotions 1993 à 2007 (Laszlo [2017]). On y voit que les élèves mathématiciens se dirigent davantage (86 %) que les autres scientifiques (69 %) vers les carrières de recherche et d'enseignement — résultat particulièrement robuste sur le temps long (Karady [1979] ; Verschueren [2015]).

Tableau 13

Le devenir des normaliens et normaliennes scientifiques entrés à l'ENS Ulm entre 1993 et 2007 et observés en 2017. Comparaison entre élèves en mathématiques et autres élèves scientifiques

Position observée	Mathématiciens				Autres scientifiques			
	Nbr	%			Nbr	%		
Direction ou administration d'un établissement de l'ESR					4	0,9		
Professeur des universités	37	12,1	EPSCP : 41,0 %	Ens sup : 50,2 %	22	4,7	EPSCP : 21,0 %	Ens sup : 28,7 %
Maître de conférences	72	23,6			58	12,4		
PR ou MCF sans précision	14	4,6			13	2,8		
Agrégé détaché dans l'ESR	2	0,7			5	1,1		
Enseignant en CPGE	28	9,2			36	7,7		
Directeur de recherche	12	3,9	EPST : 29,8 %	Rech. : 36,1 %	22	4,7	EPST : 33,0 %	Rech. : 40,9 %
Chargé de recherche	51	16,7			83	17,8		
DR ou CR sans précision	26	8,5			47	10,1		
Ingénieur de recherche	2	0,7			2	0,4		
Post-doctorant	19	6,2			37	7,9		
Doctorant	17	5,6			21	4,5		
Établissement public	2	0,7			18	3,9		
Entreprise privée	22	7,2			96	20,6		
Cas indécidables	1	0,3			3	0,6		

Source : Laszlo [2017].

Conclusion

Nous demandions, dans le titre notre article, si les carrières et les réussites professionnelles en mathématiques fournissent un modèle typique d'excellence. La question pourrait faire écho à la présentation conventionnelle de la hiérarchie des sciences, dont les mathématiques sont réputées occuper le sommet. Les controverses sont aujourd'hui nombreuses pour déterminer si, et jusqu'où, les valeurs d'excellence et les leviers de la compétition doivent encadrer les conditions d'exercice du travail scientifique. La production des classements internationaux en exacerbe la résonance. Pour écarter l'alternative trop commode que propose l'invocation du premier terme du dualisme coopération-compétition, avançons un argument général avant d'en spécifier l'application aux mathématiques. Deux mécanismes simples gouvernent l'expansion et l'organisation de la recherche. La différenciation horizontale illimitée du travail de recherche stimule la production exploratoire de connaissances à valeur incertaine. Elle procède par décomposition des objets de recherche et des disciplines scientifiques en de multiples lignes et sous-ensembles de spécialisations, par recombinaison incessante des connaissances disponibles, et par réagencements et hybridations disciplinaires. Ce vecteur de différenciation permet l'engagement individuel dans des activités incertaines de leur réussite, et il autorise le développement de niches de spécialisations qui confèrent à la production scientifique le caractère d'une compétition efficacement imparfaite : le travail des individus et des équipes de recherche a son coefficient de singularité et son gradient de comparabilité.

La différenciation verticale des activités de recherche est le vecteur de la mise en compétition des individus et des équipes. Elle gouverne la sélection et l'utilisation des connaissances jugées fécondes et elle signale et amplifie, selon le principe des avantages cumulatifs, les inégalités dans l'exer-

cice et dans la réussite du travail de recherche. Les inégalités qui caractérisent la distribution des performances des individus, des équipes, des institutions, des pays, sont réputationnelles et symboliques (l'attention, la citation, la reconnaissance, les récompenses), et s'expriment dans les chances de carrière, d'appariement collaboratif avec des équipes et institutions réputées, et de mobilité professionnelle sur l'échiquier de la compétition internationale.

Sans avoir détaillé ici tous les ressorts de la différenciation horizontale, et de la segmentation en sous-disciplines, nous avons cherché à montrer que les mathématiques obéissent à ce modèle typique de double différenciation, mais, selon notre analyse, en lui imprimant des traits originaux : une stratification forte et inhabituellement précoce des trajectoires individuelles de formation et de recherche, mais aussi le recours inhabituellement saillant à des principes et à des dispositifs de compétition ouverte et juste, pour que les propriétés de la différenciation horizontale puissent être conservées par la compétition hiérarchisante.

Le monde académique français des mathématiciens construit, d'une part, la hiérarchie de ses recrutements et de ses carrières sur un emboîtement de mécanismes sélectifs puissants et précoces — détection des jeunes talents et acculturation périscolaire aux jeux et concours mathématiques, rôle des classes préparatoires et des grandes écoles, aimantation d'un petit nombre de formations doctorales. En étant emboîtées, les épreuves sélectives créent une stratification par avantage cumulatif, dont le ressort est tendu à un âge plus précoce qu'ailleurs en sciences. Les épreuves concurrentielles distribuent ainsi les individus dans une hiérarchie d'écoles et d'universités où ils se forment, avant que la compétition par la recherche (d'abord doctorale puis *post*-doctorale) n'agisse sur l'entrée en emploi.

Nous avons montré, d'autre part, comment les carrières se distribuent sur trois types d'emplois statutaires couplant ou découplant les deux tâches principales du travail académique : recherche uniquement (RU), enseignement et recherche (ER), enseignement uniquement (EU). Les emplois RU et ER sont

directement concurrents, puisque la recherche est le vecteur prévalent de l'avancement de carrière et de la visibilité professionnelle. L'avantage de productivité de recherche va à celles et ceux qui détiennent d'emblée des positions RU. Si la compétition est juste et méritocratique, les emplois du CNRS, qui procurent un avantage en termes de temps alloué à la recherche, doivent aller à des candidats jugés plus prometteurs. Mais la compétition est alors rendue de plus en plus imparfaite, puisque les universitaires sont d'emblée moins bien lotis. Les mobilités entre les emplois RU et ER et les dispositifs de complémentarité entre recherche et enseignement corrigent-ils cette imperfection ou la rendent-ils simplement plus fonctionnelle ? Souvent exprimé dans la communauté mathématicienne, l'impératif de mobilité oblige à retourner l'analyse vers les carrières entièrement spécialisées dans la recherche. Celles-ci sont courantes dans les sciences expérimentales, notamment au motif de l'intensité capitalistique de la recherche fortement appareillée. Mais ce motif ne vaut pas pour la recherche en mathématiques. La mobilité, nous l'avons montré, peut recevoir plusieurs justifications, au-delà d'un simple motif d'équité. Qu'en est-il de l'immobilité dans la seule position de recherche ? Des analyses plus approfondies sont nécessaires pour évaluer les conditions d'exercice du seul métier de chercheur, son profil longitudinal, et la dispersion de la productivité dans une tâche aux performances beaucoup plus inégalement distribuées que celle de l'enseignement.

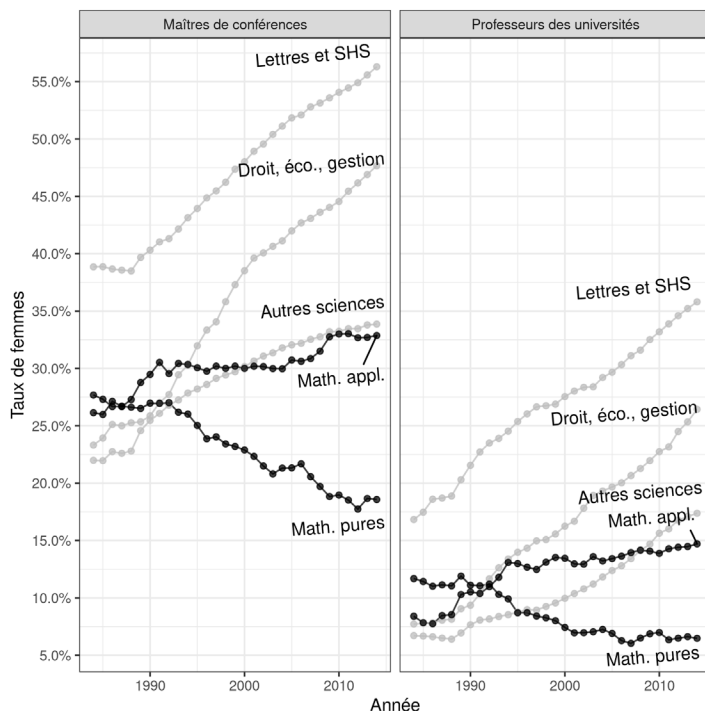
Nous concluons notre analyse de la machinerie de la compétition sélective sur un défaut d'universalité absolument saillant, la sous-féminisation massive et persistante des mathématiques. Le phénomène n'est pas simplement français, et il a fait l'objet de multiples recherches depuis plus de trente ans, sur le plan international, mais demeure énigmatique, en raison de son caractère multifactoriel. L'une des raisons avancées pour expliquer cette sous-féminisation est l'aversion pour la culture et la situation de compétition (Niederle et Vesterlund [2010, 2011] ; Ellison et Swanson [2010, 2016, 2018] ; Ors *et al.* [2013] ; Iriberry et Rey-Biel [2019]), qui sont plus abruptement sélectives et séparatrices que dans les sciences expérimentales.

tales. Notre recherche permet-elle de soutenir la portée explicative de cet argument ?

Les mathématiques sont féminines par leur nom, dans la langue française, mais massivement masculines, plus que tout autre discipline universitaire. Les mathématiciens universitaires, qu'ils soient maîtres de conférences ou professeurs des universités, n'ont pas connu, au cours des trente années sur lesquelles portent nos observations, le phénomène de féminisation continue qui caractérise l'emploi universitaire au sein des autres ensembles disciplinaires (graphique n°11). En 2014, un maître de conférences sur cinq et un professeur des universités sur vingt étaient une femme en mathématiques pures, contre respectivement un sur deux et un sur trois en lettres et en sciences humaines et sociales. La situation était moins défavorable trente ans plus tôt, mais s'est dégradée continûment à partir du milieu des années 1990.

Nous savons aussi, par nos travaux statistiques sur les carrières universitaires (non présentés ici), qu'en sciences, le mouvement de féminisation relative a concerné, par ordre décroissant d'intensité, la biologie, la chimie, les sciences de l'univers et les sciences de la matière, et que la physique théorique et les mathématiques pures sont demeurées les plus contraires à cette évolution. Les mathématiques appliquées constitueraient alors, au sein des sciences mathématiques, la zone de contiguïté avec la dynamique observée dans les sciences moins mathématisées. Il faut en effet décomposer les mathématiques en leurs deux branches, pures et appliquées, pour observer une évolution morphologique de la seconde qui est partiellement convergente avec la tendance générale à la progression des femmes dans les recrutements universitaires. La divergence entre les deux branches des mathématiques, au regard de leur féminisation, est si profonde que l'hypothèse morphologique d'une dynamique interne de polarisation devrait être testée. L'évolution à rebours des mathématiques pures pourrait, en effet, suffire à entretenir une polarisation des préférences des étudiants et docteurs candidats aux carrières académiques.

Graphique 11 Évolution du taux de féminisation de l'enseignement supérieur, par corps (1984-2014)



Source : FH MENESR.

Champ : 69 726 maîtres de conférences et 31 287 professeurs des universités ayant appartenu à ce corps au moins un an entre 1984 et 2014.

Faute de données disponibles, nous n'avons pu comparer que sur une durée moins étendue de recrutement (vingt ans) la situation des universitaires et celle des deux autres populations de mathématiciens des classes préparatoires et du CNRS. Cette comparaison ne laisse pas de doute sur la présence d'un phénomène général (tableau n°14). Très masculine, la population des maîtres de conférences en mathématiques l'est pourtant moins (environ 75 %) que celle des professeurs de classes préparatoires (environ 80 %) et des chargés de recherche (environ 90 %). Ces différences illustrent l'histoire autant que l'état pré-

sent de la corrélation entre la sélectivité des emplois, d'une part, et les dispositions à la compétition, très présente dans la culture des classes préparatoires, et dans l'organisation du travail de recherche, d'autre part. La position des femmes apparaît un peu moins défavorable dans les emplois associant l'enseignement et la recherche, ou centrés sur l'enseignement, que dans les postes centrés sur la recherche.

Tableau 14

Répartition sexuée des trois populations de mathématiciens

Type	Femmes	Hommes	Total
Chargés de recherche au CNRS	12,3 %	87,7 %	100 %
Maîtres de conférences	24,3 %	75,7 %	100 %
Professeurs en CPGE	21,2 %	78,8 %	100 %

Source : base mathématiciens — Collège de France.

Champ : 2 180 maîtres de conférences, 580 professeurs de classes préparatoires et 260 chargés de recherche en mathématiques recrutés à cette fonction entre 1995 et 2014.

Nous ne faisons que désigner ainsi une extension possible de nos recherches, pour évaluer, dans la structuration d'une telle communauté scientifique, la contribution causale respective de la combinaison *versus* la séparation de tâches profondément différentes, au regard des performances compétitives, de la dépendance de sentier que crée une démographie professionnelle déséquilibrée dans la pratique sélective des recrutements, et de la culture des organisations.

Les auteurs expriment leurs plus chaleureux remerciements à Christophe Strassel, directeur de cabinet du secrétaire d'État chargé de l'Enseignement supérieur et de la recherche entre 2015 et 2017, à Brice Lannaud, chef du service des personnels enseignants de l'enseignement supérieur et de la recherche, et à Bruno Réguigne, chef du département des études d'effectifs et d'analyse des ressources humaines, au ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche, pour la constitution des bases de données sur les universitaires ; à Jean-Marc Schlenker, professeur de mathématiques à l'université de Luxembourg, pour l'accès à la base de données qu'il a constituée sur les publications des

mathématiciens ; à Stéphane Cordier, professeur de mathématiques à l'université d'Orléans et à Olivier Goubet, professeur de mathématiques à l'université de Picardie, pour la communication des travaux qu'ils ont réalisés sur les carrières des jeunes chercheurs en mathématiques du CNRS ; et à Yves Laszlo, professeur de mathématiques à l'université Paris-Sud et directeur scientifique adjoint de l'ENS au moment des recherches que les auteurs conduisaient, pour la communication des données de son enquête sur le devenir de plusieurs cohortes de normaliens scientifiques. Les recherches dont cet article est le produit ont bénéficié d'un soutien de PSL, dans le cadre d'un appel à projets dont notre équipe fut l'un des lauréats.

Pierre-Michel Menger est professeur au Collège de France, PSL & EHESS.

Adresse : 3 rue d'Ulm, 75005 Paris.

Email : pierre.michel.menger@college-de-france.fr

Colin Marchika est ingénieur d'études à l'EHESS, associé au Collège de France.

Adresse : 3 rue d'Ulm, 75005 Paris.

Email : colin.marchika@ehess.fr

Yann Renisio est chercheur à l'université d'Uppsala.

Adresse : von Kraemers allé 1 A, 752 37 Uppsala - Suède

Email : yann.renisio@edu.uu.se

Pierre Verschueren est maître de conférences à l'université de Franche-Comté, Centre Lucien Febvre.

Adresse : 30-32 rue Megevand, 25000 Besançon

Email : pierre.verschueren@univ-fcomte.fr

Notes

1. Laurent Schwartz fait exception. Sa thèse fut certes soutenue en 1943 devant la faculté des sciences de l'université de Strasbourg, alors repliée à Clermont-Ferrand, et son début de carrière porte l'empreinte d'une mobilité contrainte par la guerre. Mais sa formation initiale, au lycée, en classe préparatoire et à l'École normale supérieure, fut parisienne. Le réseau de ses principaux mentors, Georges Valiron (qui dirigea sa thèse), Henri Cartan, Jean Delsarte et les membres du groupe Bourbaki, qu'il fréquenta très tôt, était composé uniquement de normaliens, qui, pour la plupart, firent carrière à Paris.

2. Voir notamment Bonami et Jaffard [2012] ; Kropfinger [1998] ; Cordier [2006] ; Andler [2010] ; Goubet [2013].

3. Il est entendu ici que l'activité statutaire est définie par rapport aux obligations contractuelles des trois catégories de professionnels que nous distinguons. Les chercheurs et chercheuses en mathématiques allouent leur temps de travail aux activités de recherche et d'administration de la recherche (*e.g.* direction de laboratoire, expertise, etc.). Ils peuvent assortir, ou non, leurs recherches de tâches d'enseignement, selon des dispositifs de cumul diversement définis avec les universités dans lesquelles ils souhaitent enseigner. Par exemple, l'ENS-PSL a créé des positions d'enseignant-chercheur attaché pour des chercheurs du CNRS ou de l'Inria en poste dans un laboratoire de l'ENS et assurant un service partiel d'enseignant générateur d'un complément de rémunération co-financé par l'ENS et l'établissement de recherche.

4. Pour une présentation plus détaillée de cette base, voir Menger, Marchika, Paye, Renisio et Zamith [2017].

5. Nous ne pouvons pas ici détailler les difficultés de constitution de ces bases de données. Qu'il nous suffise de noter, avec gratitude, que la coopération avec la DGRH du ministère de l'Enseignement supérieur a été la plus féconde. Nos informations sur les chercheurs du CNRS et sur les enseignants des classes préparatoires ont été localisées et collectées par nos soins, souvent de manière lente et fastidieuse, dans des sources publiques ou dans les archives publiquement consultables (collections de la BNF, Journal officiel, etc.).

6. La statistique établie par le CNRS porte ici sur 2016, mais les statistiques sur les années antérieures, tirées des bilans sociaux successifs de l'organisme, confirment l'observation. Cette information n'a cependant pas la même qualité que les données exhaustives que nous exploitons sur les carrières universitaires. Une coopération avec le CNRS est hautement souhaitable pour améliorer la précision de ces analyses.

7. C'est, par exemple, à l'initiative de mathématiciens français et suédois qu'a été créé un outil anti-inbreeding, l'indice de mobilité académique (AMI). Les laboratoires de mathématiques étaient invités à renseigner publiquement le taux de leurs membres qui avaient réalisé leur doctorat à l'extérieur de l'université d'affiliation. L'outil a connu quelques succès dans la première décennie de son existence, avant de susciter des comportements plus variables d'adhésion, en France. Le site internet Opération postes en propose le calcul : <http://postes.smai.emath.fr/apres/ami/>.

8. L'analyse détaillée de l'anti-localisme, et plus généralement des mobilités de car-

rière en mathématiques, est menée dans un article conjoint, à paraître (Menger et Marchika [2021]).

9. Dans la période sur laquelle portent principalement nos analyses statistiques (1995-2014), le nombre de postes ouverts au concours d'agrégation de mathématiques a varié, selon les années, entre 250 et 490, environ.

10. Notre recherche exploite des données constituées sur une période qui a précédé les regroupements entre universités et entre universités et grandes écoles, lors de la décennie 2010-2020.

11. La contribution des chercheurs en mathématiques du CNRS aux activités d'enseignement doctoral fait partie des cinq missions statutaires présentées sur le site web du CNRS, selon les termes du « Livret d'accueil des mathématiciens », publié par des bénévoles sous l'égide de l'institut Henri-Poincaré. Il y faut des recommandations : « tous les chercheurs sont encouragés (par le comité national, notamment) à exercer une activité pédagogique, de quelque nature qu'elle soit... » (Collectif [2019], p. 34) et des incitations, telle l'extension aux chercheurs du principe de l'attribution de la prime d'encadrement doctoral et de recherche. Parmi les critères d'éligibilité figure en effet « l'encadrement doctoral et l'activité d'enseignement (avec engagement d'enseigner 64h ETD par an » (Collectif [2019], p. 34). Mais nous ne disposons d'aucune analyse systématique de l'intensité, des modalités et des effets de cette contribution des chercheurs aux tâches d'enseignement, et de l'efficacité des mécanismes d'incitation qui sont utilisés.

12. La hiérarchie des revues est établie par le site Mathscinet sur la base de son Mathematical Citation Quotient (MCQ), une mesure construite par la communauté des mathématiciens et définie comme suit : « The MCQ compares two counts for a selected journal and a selected year.

The first count is the number of matched references to papers in the given journal, from the selected publication year, over all reference list journals, where the references are within the 5-year period preceding the given year. The second count is the total number of papers (indexed in MathSciNet) in the given journal over the same 5-year period. The MCQ is the quotient, with the number of citations in the numerator and the number of papers in the denominator. » https://mathscinet.ams.org/mathscinet/help/citation_database_help_full.html \l "understanding" \h.

13. Rappelons que la distribution de la productivité dans la recherche scientifique (considérée dans son ensemble) a un profil parétien : 20 % de toutes celles et ceux qui sont producteurs de recherche, chercheurs et universitaires considérés dans leur ensemble, produisent environ 80 % des articles et obtiennent plus de 80 % des citations (Larivière *et al.* [2010]). La performance dans l'enseignement a, elle, un profil gaussien : évaluée par les étudiants, elle est concentrée autour de la moyenne (Menger [2016a]).

14. Voir CNRS [2015], p. 96 et CNRS [2017], p. 93.

15. Une analyse sur données individuelles longitudinales complètes pour les deux corps devrait notamment calculer les chances de promotion à partir du rapport entre les candidats éligibles et le nombre de positions disponibles (variable selon les décisions des établissements et des tutelles) et à partir des files d'attente créées par les fluctuations conjoncturelles d'emplois, et étudier l'évolution ou la stabilité des critères de choix et des corrections volontaristes de déséquilibres dans la composition des corps (sexe-ratio, âge, poids des sous-disciplines, etc.).

16. Deux enquêtes successives, bénéficiant de taux de réponse élevés (87 % et 81 %) ont été réalisées par Stéphane

Cordier [2006] et par Olivier Goubet [2013] auprès des chercheurs recrutés au CNRS respectivement entre 1992 et 1999 et entre 2000 et 2007, pour connaître leur situation professionnelle respectivement en 2006 et 2013. En adoptant la même périodisation pour nos données sur les universitaires, nous obtenons les résultats suivants après rapprochement des sources. Parmi les 116 chargés de recherche CNRS et les 1042 maîtres de conférences recrutés entre 1992 et 1999 et observés en 2006 :

- 78 % des maîtres de conférences sont toujours maîtres de conférences et 51 % des chargés de recherche sont toujours chargés de recherche ;

- 19 % des maîtres de conférences sont devenus professeurs des universités et 33 % des chargés de recherche sont devenus professeurs des universités ;

- 3 % des maîtres de conférences ont d'autres devenirs ; 9 % des chargés de recherche sont devenus professeurs à l'étranger et 7 % sont devenus directeurs de recherche.

Parmi les 90 chargés de recherche CNRS et les 846 maîtres de conférences recrutés entre 2000 et 2007 et observés en 2013 :

- 69 % des maîtres de conférences sont toujours maîtres de conférences et 51 % des chargés de recherche sont toujours chargés de recherche ;

- 26 % des maîtres de conférences sont devenus professeurs des universités et 21 % des chargés de recherche sont devenus professeurs des universités ;

- 5 % des maîtres de conférences ont d'autres devenirs ; 12 % des chargés de recherche sont devenus professeurs à l'étranger et 16 % sont devenus directeurs de recherche.

En 2020, Olivier Goubet a réitéré son enquête auprès des jeunes chercheurs mathématiciens du CNRS, en interro-

geant ceux qui avaient été recrutés entre 2008 et 2015. Le passage des chargés de recherche vers la position de professeur des universités en France est observé pour 13 % d'entre eux, et prend en moyenne 5,5 années. Pour le mouvement interne entre chargé et directeur de recherche au sein du CNRS, la proportion est de 9 % et le délai moyen de promotion est de 8,85 années.

17. La consultation des bilans sociaux du CNRS disponibles pour la période 1999-2018 permet de faire le constat suivant : les effectifs de chercheurs relevant de l'Insmi ont progressé modérément, passant de 349 à 397. Sur la même période, la proportion de directeurs de recherche, au sein de ces effectifs, est passée de 34 % à 45 %. La proportion de 45 % en fin de période est celle qui caractérise la structure des carrières des chercheurs du CNRS toutes disciplines confondues. Ceci confirme le progressif alignement des mathématiciens sur le schéma d'un marché interne pour les carrières de recherche au CNRS. Faut-il avoir eu accès à des données détaillées sur les personnels et les carrières en mathématiques au CNRS, nous ne savons pas, à ce stade, quels facteurs, notamment parmi ceux que nous évoquons dans notre texte, prévalent pour expliquer respectivement les orientations vers la carrière interne et les mouvements de mobilité externe.

18. La délégation auprès du CNRS fait l'objet d'une convention entre le CNRS et l'établissement d'origine de l'enseignant-chercheur. Une compensation financière est versée par le CNRS à l'établissement afin d'assurer le remplacement de l'enseignant-chercheur pour le service d'enseignement concerné.

19. Voir à ce sujet Menger [2016b].

Références

- M. Andler [1994] : *Les mathématiques à l'École normale supérieure au XX^{ème} siècle : une esquisse*, in J.-F. Sirinelli (dir.), **L'École normale supérieure : le livre du bicentenaire**, PUF, pp. 351-404.
- M. Andler [2010] : *Les mathématiques françaises : les leçons d'un succès*, note d'analyse, Terra Nova.
- H. Behrens et P. Luksch [2011] : *Mathematics 1868-2008 : A Bibliometric Analysis*, **Scientometrics**, 86 (1), pp. 179-194.
- B. Bernela [2016] : *Géographie des carrières universitaires et construction des collaborations scientifiques : une étude de cas en mathématiques*, **Géographie, économie, société**, 18 (2), pp. 235-256.
- A. Bonami et S. Jaffard [2012] : *Les mathématiques à l'épreuve de « l'excellence »*, **Esprit**, 7, juillet, pp. 30-40.
- G. J. Borjas et K. B. Doran [2015] : *Prizes and Productivity : How Winning the Fields Medal Affects Scientific Output*, **Journal of Human Resources**, 50 (3), pp. 728-758.
- R. Caillois [1967] : **Les jeux et les hommes**, Gallimard.
- D. Chauveau et S. Cordier [2013] : *Le recrutement local dans les universités : variable suivant les disciplines et stable dans le temps*, **Images des mathématiques**, http://images.math.cnrs.fr/spip.php?page=forum&cid_article=1389
- CNRS [2015] : **Bilan social et parité 2014**, Observatoire des métiers et de l'emploi scientifique et Mission pour la place des femmes du CNRS.
- CNRS [2017] : **Bilan social et parité 2016**, Observatoire des métiers et de l'emploi scientifique.
- Collectif [2019] : *Livret d'accueil des mathématicien(ne)s*, collectif de bénévoles, http://postes.smai.emath.fr/apres/accueil/livret/livret_2019.pdf
- S. Cordier [2006] : *Enquête sur les chercheurs en mathématiques recrutés par le CNRS entre 1992 et 1999*, **Matapli**, 80, pp. 29-37.
- P. Dubois, J.-C. Rochet et J.-M. Schlenker [2014] : *Productivity and Mobility in Academic Research : Evidence from Mathematicians*, **Scientometrics**, 2014, 98 (3), pp. 1669-1701.
- G. Ellison et A. Swanson [2010] : *The Gender Gap in Secondary School Mathematics at High Achievement Levels : Evidence from the American Mathematics Competitions*, **Journal of Economic Perspectives**, 24 (2), pp. 109-128.
- G. Ellison et A. Swanson [2016] : *Do Schools Matter for High Math Achievement ? Evidence from the American Mathematics Competitions*, **American Economic Review**, 106 (6), pp. 1244-1277.
- G. Ellison et A. Swanson [2018] : *Dynamics of the Gender Gap in High Math Achievement*, NBER working paper, n°24910.
- O. Goubet [2013] : *Enquête sur les chercheurs en mathématiques recrutés par le CNRS entre 2000 et 2007*, **Gazette des mathématiques**, 137, pp. 110-112.

- J. W. Grossman [2002] : *Patterns of Collaboration in Mathematical Research*, **SIAM News**, 35 (9), pp. 8-9.
- J. W. Grossman [2005] : *Patterns of Research in Mathematics*, **Notices of the AMS**, 52 (1), pp. 35-41.
- N. Iriberry et P. Rey-Biel [2019] : *Competitive Pressure Widens the Gender Gap in Performance: Evidence from a Two-Stage Competition in Mathematics*, **The Economic Journal**, 129 (620), pp. 1863-1893.
- V. Karady [1979] : *Les écoles normales supérieures de la rue d'Ulm et de Saint-Cloud et la formation des cadres de la recherche scientifique fondamentale (1941-1973)*, Centre de sociologie européenne.
- G. Kropfingher [1998] : *Les mathématiques au CNRS dans les années 1970*, Histoire du Centre national de la recherche scientifique, <http://www.histcnrs.fr/documentation-publications/kropfingher.html>
- V. Larivière, B. Macaluso, É. Archambault et Y. Gingras [2010] : *Which Scientific Elites ? On the Concentration of Research Funds, Publications and Citations*, **Research Evaluation**, 19 (1), pp. 45-53.
- Y. Laszlo [2017] : *Enquête sur le devenir professionnel des élèves scientifiques de l'École normale supérieure de la rue d'Ulm - promotions 1993-2007*, note de recherche de l'École normale supérieure.
- J. Lindahl et R. Danell [2016] : *The Information Value of Early Career Productivity in Mathematics : A ROC Analysis of Prediction Errors in Bibliometrically Informed Decision Making*, **Scientometrics**, 109 (3), pp. 2241-2262.
- T. Luukonen, O. Persson et G. Sivertsen [1992] : *Understanding Patterns of International Scientific Collaboration*, **Science, Technology, & Human Values**, 17 (1), pp. 101-126.
- P.-M. Menger [2016a] : *Academic Work. A Tale of Essential Tension between Research and Teaching*, **Journal of the Swedish Sociological Association**, 53 (2), pp. 175-192.
- P.-M. Menger [2016b] : *La production du savoir (suite). Carrières, disciplines et organisations*, cours au Collège de France, https://www.college-de-france.fr/site/pierre-michel-menger/p19612658465724748_content.htm
- P.-M. Menger et C. Marchika [2014] : *La technologie de sélection des étudiants dans les grandes écoles de commerce françaises*, **Revue française d'économie**, 29 (2), pp. 5-42.
- P.-M. Menger, C. Marchika et D. Hanet [2015] : *La concurrence positionnelle dans l'enseignement supérieur : les grandes écoles de commerce françaises et leur académisation*, **Revue économique**, 66 (1), pp. 237-288.
- P.-M. Menger, C. Marchika, S. Paye, Y. Renisio et P. Zamith [2017] : *La contribution des enseignants du secondaire à l'enseignement supérieur en France : effectifs, affectations, carrières (1984-2014)*, **Revue française de sociologie**, 58 (4), pp. 643-677.
- P.-M. Menger et C. Marchika [2021] : *Recrutements et mobilités dans les carrières universitaires - la position originale des mathématiques*, in P.-M. Menger et P. Verschueren (dir.), **Mathématiques : communautés et institutions**, à paraître.
- M. Niederle et L. Versterlund [2010] : *Explaining the Gender Gap in Math Test Scores : The Role of Competition*, **Journal of Economic Perspectives**, 24 (2), pp. 129-144.
- M. Niederle et L. Vesterlund [2011] : *Gender and Competition*, **Annual Review of Economics**, 3, pp. 601-630.

E. Ors, F. Palomino et E. Peyrache [2013] : *Performance Gender Gap : Does Competition Matter ?*, **Journal of Labor Economics**, 31 (3), pp. 443-499.

Y. Renisio [2017] : *L'infortune des sciences sociales : sociologie d'une illégitimation scientifique récurrente*, thèse de doctorat, EHESS.

P. Verschueren [2015] : *La science comme vocation ? Les élèves scientifiques de l'École normale supérieure et l'espace de leurs carrières (1944-1962)*, **Histoire de l'éducation**, 144, pp. 79-103.

P. Verschueren [2018] : *La Gazette des mathématiciens - 1968-1994. Une lecture*, note de recherche du Collège de France.

C. S. Wagner [2005] : *Six Case Studies of International Collaboration in Science*, **Scientometrics**, 2005, 62 (1), pp. 3-26.

B. Zarca [2006] : *Mathématicien : une profession élitaine et masculine*, **Sociétés contemporaines**, 64 (4), pp. 41-65.

B. Zarca [2012] : **L'univers des mathématiciens. L'éthos professionnel des plus rigoureux des scientifiques**, Presses universitaires de Rennes.

H. Zuckerman et R. K. Merton [1971] : *Patterns of Evaluation in Science : Institutionalization, Structure and Functions of the Referee System*, **Minerva**, 9 (1), pp. 66-100.