Design
Arts
Médias

iGEM, laboratoire de l'égalité des genres en biologie de synthèse

Marguerite Benony
Aude Bernheim

2023-06-20

Marguerite Bénony est designer et chercheur dans une agence de design. Docteure en sociologie des sciences, elle travaille depuis plus de 10 ans à l'intersection du design et de la biologie synthétique. En 2013, elle remporte, avec l'équipe Paris Bettencourt le grand prix de la compétition de biologie synthétique iGEM. Depuis elle membre du comité de Human Practices, avec lequel elle accompagne, grâce au design, les étudiants de iGEM à mieux intégrer les préoccupations sociétales aux projets de biologie synthétique.

Aude Bernheim dirige un laboratoire de recherche à l'Institut Pasteur. Docteure en microbiologie, elle a co-fondé avec Flora Vincent l'association scientifique et féministe WAX Science. Elle s'intéresse aux liens entre féminisme et sciences et milite entre autres pour une plus grande place des femmes dans les sciences, ainsi que pour une prise de conscience de l'impact de la notion de sexe et de genre dans les questionnements scientifiques. Son engagement s'exprime à travers des interventions (entreprises, écoles, grand public...) et des écrits. Elle est la co-autrice avec Flora Vincent de l'ouvrage l'Intelligence artificielle, pas sans elles.

Résumé

L'article propose la relecture d'une étude quantitative sur la parité homme femme dans le domaine de la biologie de synthèse, réalisée en 2013 par une équipe étudiante participant au concours iGEM. Cette étude, la Gender Study montre l'intérêt des approches des sciences sociales et du design, pour la prise en compte de biais de sexe et de genre au sein des communautés scientifiques, et propose une analyse des solutions mises en place pour y pallier.

Abstract

The article proposes the rereading of a quantitative study on gender parity in the field of synthetic biology, carried out in 2013 by a student team participating in the iGEM competition. The Gender Study shows the interest of social science and design approaches in taking into account sex and gender bias within scientific communities and offers an analysis of the solutions put in place to overcome them.

1. Introduction

1.1. Les inégalités de genre dans le domaine scientifique

En 2013, seuls 30% des chercheurs en Europe étaient des femmes, tandis que 92% des doyens d'université en France étaient des hommes[1]. Selon les données de l'Université Sorbonne Université, les femmes ne représentaient qu'entre 15% et 30% des effectifs étudiants en physique et en informatique entre 2013 et 2017[2].

Une des raisons à ce déséquilibre sont que les normes et les attentes de la société influencent la formation d'aspirations professionnelles différenciées selon le genre, que ce soit dans l'enseignement supérieur ou sur le marché du travail[3]. Ajouté à cela, la sélection des domaines de recherche par les étudiants varie nettement selon leur sexe[4]. En analysant les métadonnées de plus de 8 millions d'articles sur JSTOR, des chercheurs ont relevé en 2013, des disparités significatives dans les principaux domaines de spécialisation des hommes et des femmes dans un large éventail de disciplines académiques, allant des sciences naturelles aux sciences humaines et sociales[5]. Et lorsque les femmes entrent dans des domaines à prédominance masculine, des formes subtiles de ségrégation sexuelle ont tendance à persister. Les femmes peuvent, par exemple, s'auto-sélectionner ou être « ghettoïsées » dans des domaines de travail moins compétitifs et prestigieux[6].

Au-delà des questions de sélection et d'attractivité, les processus d'évaluation et de recrutement scientifique sont aussi sujets à des biais de genre. Des préjugés sexistes du corps professoral

© La revue DAM
téléchargé le 2026-11-11 08:49:46, depuis le 216.73.216.42

dans les sciences universitaires pourraient être un obstacle à la participation des femmes dans ce domaine.

Des recherches ont démontré que les professeurs ayant des préjugés envers les étudiantes ont tendance à favoriser la sélection d'étudiants masculins[7], ce qui contribue directement à la disparité entre les sexes dans les universités. Les comités avec des préjugés implicites promeuvent également moins de femmes lorsqu'ils ne croient pas en l'existence de préjugés sexistes, comme l'ont démontré Regner et al[8]. Mais en quoi est-ce un problème ? Pour les auteures, ces disparités entravent non seulement la méritocratie universitaire, mais aussi l'avancement de la compétitivité nationale.

1.2 La norme du travail scientifique évolue toutefois vers plus de mixité de genres

Les universités et les décideurs scientifiques reconnaissent la mixité des genres comme un facteur clé d'excellence et d'innovation[9] comme en atteste les rapports de la Commission Européenne datée de 2012[10], *du Global research Council* daté de 2016[11], du rapport de développement stratégique 2030 de l'Unesco[12], de la *Royal Society*[13] et le rapport 2015 de la NIH[14]. La mixité fait ici référence aux différentes idées, croyances et perspectives que les femmes, les hommes et les personnes de diverses identités de genre apportent à l'équipe. Les avantages de la mixité des genres sont liés à la diversité cognitive, conceptualisée ici comme les différentes manières dont « les gens représentent les problèmes et s'y prennent pour les résoudre dans le cadre d'un travail d'équipe[15] ». Des recherches suggèrent que la diversité cognitive peut accroître la créativité et encourager la recherche de nouvelles solutions[16]. Les équipes composées de membres aux compétences diverses pour résoudre les problèmes peuvent dépasser les équipes qui se concentrent uniquement sur les performances individuelles[17]. L'approche la mieux comprise de la mixité concerne la composition des équipes. Si l'impact de la mixité des genres sur la performance des équipes a été largement analysé dans des études en laboratoire et dans des entreprises et des organisations publiques, mais pas dans la science[18]^,^[19]. Les quelques études existantes portant sur la diversité des genres dans les équipes scientifiques évaluent généralement les résultats de la recherche en fonction des taux de citation, de la productivité des publications et des brevets. Dans cet article, nous proposons une relecture de l'étude quantitative, menée en 2013, sur l'évolution du ratio homme-femme dans un domaine scientifique en émergence : la biologie synthétique. Nous discuterons de ce qui est venu en premier, la mise en place d'une politique active en faveur de l'égalité des sexes dans la biologie synthétique, au travers de la compétition scientifique iGEM ou la montée en puissance des femmes dans ce domaine ? Vraisemblablement, l'influence circule dans les deux sens. Pour résoudre cette question de manière empirique, nous proposons une étude longitudinale comparant les évolutions par étapes dans le temps.

2. Le cas de la biologie synthétique

La biologie synthétique est un domaine scientifique multidisciplinaire qui se concentre sur les systèmes et les organismes vivants, et qui applique des principes d'ingénierie pour reconfigurer des organismes vivants en vue de leur doter de nouvelles ou pour reconcevoir des systèmes existants trouvés dans la nature. C'est une branche de la science qui englobe un large éventail de méthodologies issues de diverses disciplines, telles que la biotechnologie, les biomatériaux, la science l'ingénierie des matériaux, ou encore le génie électrique et informatique. Le domaine de la biologie synthétique est relativement nouveau dans l'histoire des sciences. Il a été créé par un groupe d'ingénieurs, dans les années 1990, avec pour ambition de développer une discipline d'ingénierie rigoureuse pour créer, contrôler et programmer le comportement de cellules vivantes[20]. Le fil rouge du collectif travaillant au développement de la biologie synthétique est l'enchevêtrement, à la fois rhétorique et pratique, d'approches d'ingénierie et de biologie, qui se manifeste sous une forme *basée sur les parties*[21]. L'approche basée sur les parties est particulièrement liée à la logique et au langage de l'ingénierie où les ingénieurs-biologistes travaillent essentiellement à recréer le monde naturel selon les normes sociales de l'ingénierie[22].

© La revue DAM
téléchargé le 2026-11-11 08:49:46, depuis le 216.73.216.42

2.1 L'importance de la diversité dans le domaine de la biologie synthétique

Il est désormais reconnu que le sexe, le genre et les facteurs intersectionnels peuvent influencer toutes les étapes des processus de recherche ou de développement, des considérations stratégiques pour établir les priorités et construire la théorie aux tâches plus routinières de formulation des questions, de conception des méthodologies et d'interprétation des données[23]. Par exemple, les brevets déposés par des femmes se concentrent davantage sur la santé des femmes, mais le nombre de brevets déposés par des femmes est faible[24]. Il est donc important que des femmes déposent des brevets afin que les problématiques associés à la santé des femmes soient solutionnés.

Des exemples historiques suggèrent que l'avancée des femmes dans des disciplines traditionnellement dominées par les hommes a coïncidé avec l'expansion des programmes de recherche. Par exemple, au cours des années 1980 et 1990, la proportion de femmes entrant dans la recherche médicale universitaire aux États-Unis s'est accélérée[25] et l'attention s'est accrue sur des domaines traditionnellement sous-explorés de la santé des femmes, tels que les maladies cardiaques, le cancer du sein, l'urologie et les maladies auto-immunes[26],[27]. De même, la croissance rapide du nombre de femmes primatologues dans les années 1970 et 1980 a coïncidé avec des percées scientifiques majeures et de nouveaux paradigmes démystifiant les stéréotypes traditionnels fondés sur le sexe concernant le comportement des primates[28].

Les domaines des sciences sociales ont également vu l'émergence de nouveaux sujets au cours des 30 dernières années à mesure que les femmes sont entrées dans les disciplines. L'histoire, par exemple, comprend désormais des sujets tels que l'histoire des femmes, l'histoire du genre, l'histoire du ménage et l'histoire de la sexualité.

Une étude, basée sur les données de *Sociological Abstracts*, a montré que, en sociologie, les femmes étaient plus nombreuses dans des domaines de recherche sur le genre, le sexe, la famille et la médecine, tandis que les hommes étaient majoritaires dans des domaines comme la sociologie politique, comparée et économique[29]. Enfin, des études récentes documentent une nette surreprésentation des auteurs femmes dans les revues de sciences sociales sur le genre, le féminisme et la sexualité[30],[31].

La science est donc influencée par le sexisme, ce qui affecte à la fois les produits scientifiques et les domaines de recherche explorés, qui ont un impact sur l'ensemble de la société.

Or la biologie synthétique est présentée comme une technologie émergente pour répondre aux défis du XXIe siècle[32] où toutes les approches et stratégies sont nécessaires à être mobilisées pour répondre à ses ambitions.

Si la communauté de la biologie synthétique admet l'intérêt d'approche interdisciplinaires pour son développement, la question de l'accès de la biologie synthétique pour tou.t.e.s n'avait, en 2013, encore jamais été évaluée. Or la mise à l'écart de talents potentiels, dus à des préjugés sexistes et un manque de lucidité quant aux inégalités à l'œuvre dans le domaine représenterait un manque à gagner considérable pour son développement. Ainsi la question de la parité dans des domaines en émergence, comme que la biologie synthétique est une condition nécessaire à son succès.

2.2 Les laboratoires de biologie synthétique, une bonne représentation de l'(in)égalité des genres en science

En 2013, une équipe de chercheurs a examiné, dans une étude non publiée, la répartition des sexes dans le domaine de la biologie de synthèse, par l'étude de la composition des laboratoires et des ratios d'hommes et femmes dans les conférences de biologie synthétique. L'équipe a assemblé une base de données publique, à partir de données issues du Web, afin que chacun puisse tester sa propre hypothèse sur ce sujet controversé et de tirer ses propres conclusions[33]. Pour chaque laboratoire, plusieurs chiffres ont été reportés dans un tableau : nombre total de

© La revue DAM
téléchargé le 2026-11-11 08:49:46, depuis le 216.73.216.42

personnes dans l'équipe, nombre de femmes dans l'équipe, nombre de doctorants, post docs, responsables de laboratoires, nombre de femmes doctorantes, post docs, responsables de laboratoires. A partir de là, les sex-ratios (nombre de femmes / nombre total de personnes) ont ensuite été calculés pour chacune de ces catégories. Les premiers résultats de cette analyse révèlent qu'en 2013, 33% des personnels des laboratoires étaient des femmes, révélant une disparité de représentativité des genres dans le domaine de la biologie synthétique. Ces données sont représentatives de la moyenne européenne dans les années 2010, où 32 % des chercheurs d'alors étaient des femmes[34]. Ce constat reflète une réalité déjà connue en science : le plafond de verre. En 1995, le plafond de verre a été défini par le département américain du Travail comme un « terme politique utilisé pour décrire la barrière invisible, mais incassable, qui empêche les minorités et les femmes d'accéder aux échelons supérieurs de l'échelle de l'entreprise, quelles que soient leurs qualifications[35]» aussi décrit dans des publications plus récentes, dans le cas des domaines scientifiques.

Selon une étude européenne réalisée en 2008[36], seulement 15 % des femmes occupent des postes de recherche de haut niveau en Europe. Avec 17,85% de femmes en direction de laboratoires, la biologie de synthèse se positionne un peu au-dessus de cette moyenne. Finalement, bien que la biologie synthétique soit une discipline relativement récente au regard de l'histoire des sciences, elle demeure représentative des préjugés sexistes existants dans la science, au niveau européen. Une des raisons avancées à ces disparités, est le rôle central joué par l'ingénierie, domaine essentiellement masculin, en tant que modèle pour la biologie synthétique[37]. Au même titre que pour les autres domaines de recherche, une politique forte et active apparaît nécessaire pour apporter plus de mixité et donc de diversité dans ce domaine.

3. La compétition de biologie synthétique iGEM

La biologie synthétique a été développée en synchronicité avec la compétition iGEM (*international Genetically Engineering Machines*). La compétition iGEM est un concours scientifique international, se déroulant chaque année depuis 2003 où des équipes étudiantes constituées d'élèves allant du lycée au master, d'origines disciplinaires et géographiques variées, se disputent des médailles - gratifications obtenues en fonction de la résolution d'un certain nombre de critères pour un projet donné - et des prix -- qui récompensent la meilleure équipe dans un domaine précis - en concevant, construisant et testant des projets utilisant une méthode de biologie synthétique de pointe. Les équipes documentent leur travail à travers des livrables tels que des *wikis* - sorte de site internet hébergés sur le serveur de la fondation iGEM -, des vidéos et des présentations, qui sont évaluées par des jurys d'experts. La *Fondation iGEM*, qui organise la compétition, est une organisation indépendante à but non lucratif dédiée à l'avancement de la biologie synthétique, de l'éducation et au développement d'une communauté ouverte, collaborative et coopérative.

L'histoire d'iGEM commence avec deux pionniers de la biologie synthétique : Tom Knight et Randy Rettberg, deux ingénieurs électriciens de formation fascinés par l'idée d'appliquer des principes d'ingénierie à la biologie. Ensemble, ils développent un programme pour les étudiants de premier et second cycle, qui vise à les former à la réalisation de projets de biologie synthétique[38]. La première édition du concours a été organisé en 2003, avec un groupe de 8 étudiants au Massachussetts Institute of Technology (MIT). Au fil des ans, le nombre d'étudiants participants a augmenté de façon exponentielle et a fait d'iGEM un événement majeur pour le développement et la défense du domaine[39]. En 2022, plus de 350 équipes, soit plus de 7000 étudiants, issues de 46 pays différents ont participé à la compétition.

Chaque équipe iGEM est formée de 8 à 12 étudiants de disciplines, d'horizons et de niveaux d'expertises variés. La majorité des équipes se prévalent également un caractère interdisciplinaire, regroupant des étudiants en informatique, physique, ingénierie, biologie moléculaire, génétique, mais aussi droit, design, art et sciences politiques[40]. En effet, et outre la réponse aux défis scientifiques et technologiques liés à d'ingénierie du vivant, le concours se développe autour de normes de sureté biologiques dès les premières étapes de définition des projets, et des valeurs de

© La revue DAM
téléchargé le 2026-11-11 08:49:46, depuis le 216.73.216.42

Human Practices prônant, à ces mêmes étapes du projet, l'inclusion des sciences humaines et sociales.

Lié à la vision initiale de SynBERC Human Practice[41], il s'agit de dépasser les cadrages traditionnels des implications sociales des technologies, afin d'évaluer et d'analyser les manières d'encadrer la biologie synthétique.

3.1. iGEM, une communauté représentative du domaine de la biologie synthétique

Le concours est reconnu comme étant le symbole éducatif de toute une génération de biologistes[42]. Cet objectif pédagogique est rendu très explicite par la *Fondation IGEM* : Les étudiants ne sont pas seulement chargés de produire des ensembles de pièces standardisées pour remplir le *Registry,* une collection communautaire de pièces biologiques qui peuvent être mélangées et appariées pour construire des dispositifs et des systèmes de biologie synthétique et distribué à chaque équipe au début de la compétition, mais sont également censés s'engager « dans un processus d'apprentissage qui les mènera au-delà des limites de leur discipline d'origine dont l'ambition est de former les innovateurs de demain[43] ». Le concours s'adresse autant aux lycéens - avec la division *High-School* développée à partir de 2011 - jusqu'au niveau Master - avec la division *Overgraduate*. Les équipes impliquent également des instructeurs généralement doctorants ou post-doctorants et des superviseurs qui sont généralement directeurs de laboratoire ou professeurs dans les universités dans lesquelles évoluent les équipes. Ce sont ces mêmes responsables qui officient en tant que juge dans la compétition. iGEM représente alors l'échelle professionnelle complète de la biologie synthétique et la base de données de iGEM, ouverte et en libre accès, permet ainsi de disposer de données quantitatives des chercheurs impliqués dans la communauté, et cela, tout au long de la progression de carrière.

3.2. La *Gender Study* de iGEM

En 2013, dans le cadre de leur participation à la compétition iGEM, et de leurs activités de Human Practices une équipe étudiante a analysé l'ensemble des données de genre disponible sur la plateforme de l'iGEM depuis la création du *iGEM Registry* en 2008. L'étude repose sur la double hypothèse suivante : iGEM est représentatif de toute une génération de biologiste de synthèse en formation, et que le concours est caractéristique des futures dynamiques et évolutions du domaine de la biologie de synthèse. Pour l'équipe, l'observation de l'évolution des ratios de genre entre les différentes catégories de participants (Lycéens, étudiants, superviseurs, instructeurs et juges) permettra de mettre en avant la mise à l'écart des femmes à différentes étapes de leur carrière dans le domaine de la biologie synthétique, et de formuler des hypothèses sur les manière de résorber ces différenciations. Une bonne gouvernance de la parité entre les genres dans le cadre de la compétition iGEM serait alors un levier pour atténuer les disparités et inégalité de traitement des genres pour le domaine de la biologie synthétique.

L'équipe crée une base de données, à partir d'informations disponibles en ligne, reportant les sex-ratios des équipes iGEM depuis 2008. Toutes les données concernant iGEM ont été récupérées sur le site https://igem.org. La base de données documente la composition de 662 équipes, sur 5 ans. Pour chaque équipe ont été rapportés : Année ; région ; nom de l'équipe ; nombre de membres étudiants ; nombre d'étudiantes membres ; nombre de superviseurs ; nombre de femmes superviseurs ; nombre d'instructeurs ; nombre de femmes instructeur ; participation à la finale du championnat au MIT ; médaille ; prix régionaux ; prix du championnat.

3.2.1 Les femmes mises à l'écart dans les rôles de supervision et évaluation des équipes iGEM

La première question examinée a été l\'évolution du sex-ratio des équipes de l'iGEM à travers les continents et au fil des années. La conclusion frappante de cette comparaison est que le sex-ratio des équipes iGEM reste constant au fil des années et à travers les continents (37%).

© La revue DAM
téléchargé le 2026-11-11 08:49:46, depuis le 216.73.216.42

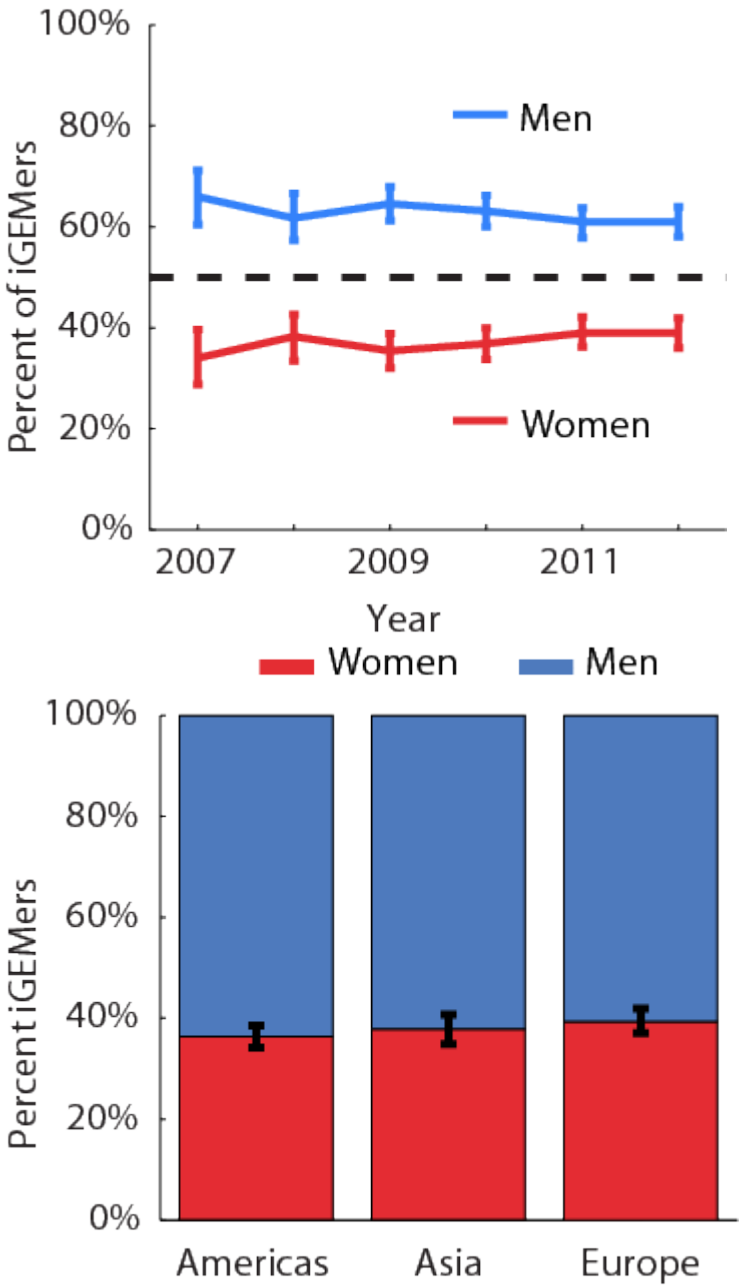


Figure 1 et Figure 2. La proportion de membres de l'équipe de chaque sexe au fil du temps et entre les régions.
Les barres représentent l'intervalle de confiance à 95 %.

Par ailleurs, le rapport entre les genres masculins et féminins est différent entre les membre étudiants
des équipes (39%), et des superviseurs d'équipes, des instructeurs et des juges (23%),
avec un rapport presque divisé par deux entre les deux catégories.

© La revue DAM
téléchargé le 2026-11-11 08:49:46, depuis le 216.73.216.42

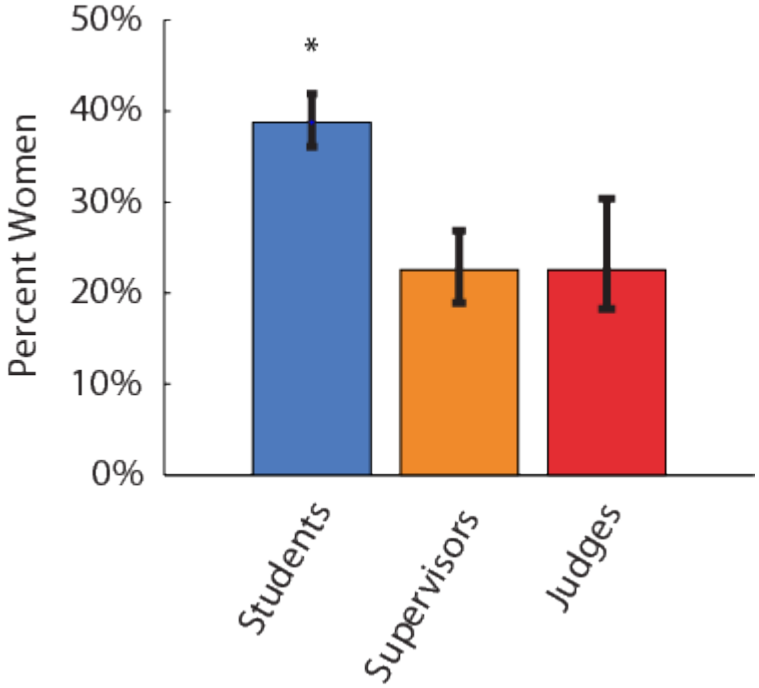


Figure 3. L'équilibre entre les sexes des étudiants, des superviseurs et des juges dans iGEM. Les barres sont des intervalles de confiance à 95 %.

Enfin, en examinant les rapports de genre dans la division *High School* de la compétition, on constate une part de femmes plus élevé que les équipes iGEM universitaires. La part de superviseures y est également beaucoup plus élevé que pour les équipes universitaires.

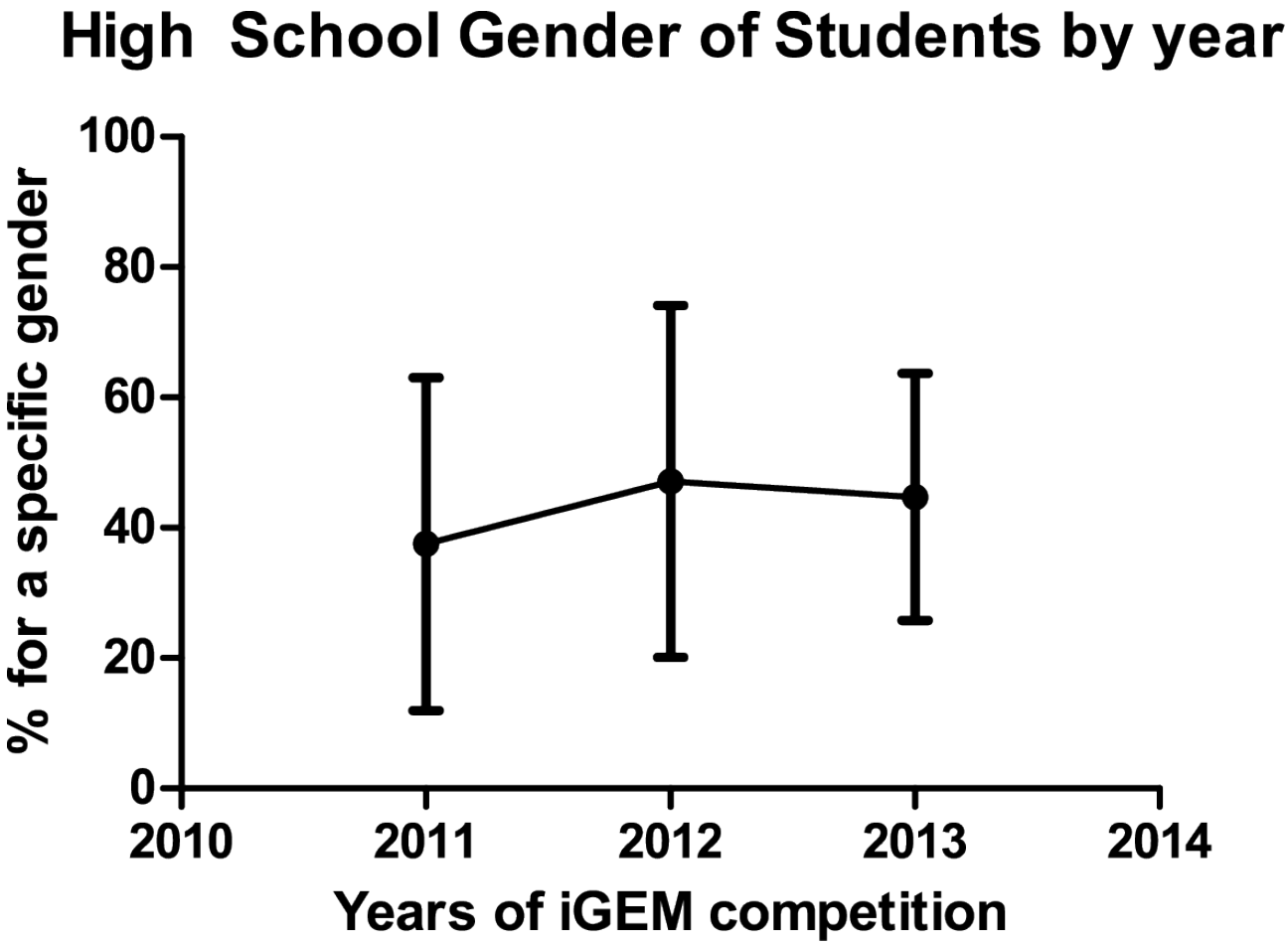


Figure 4. La proportion d'élèves de sexe féminin, participant à iGEM, dans la division *High School*

© La revue DAM
téléchargé le 2026-11-11 08:49:46, depuis le 216.73.216.42

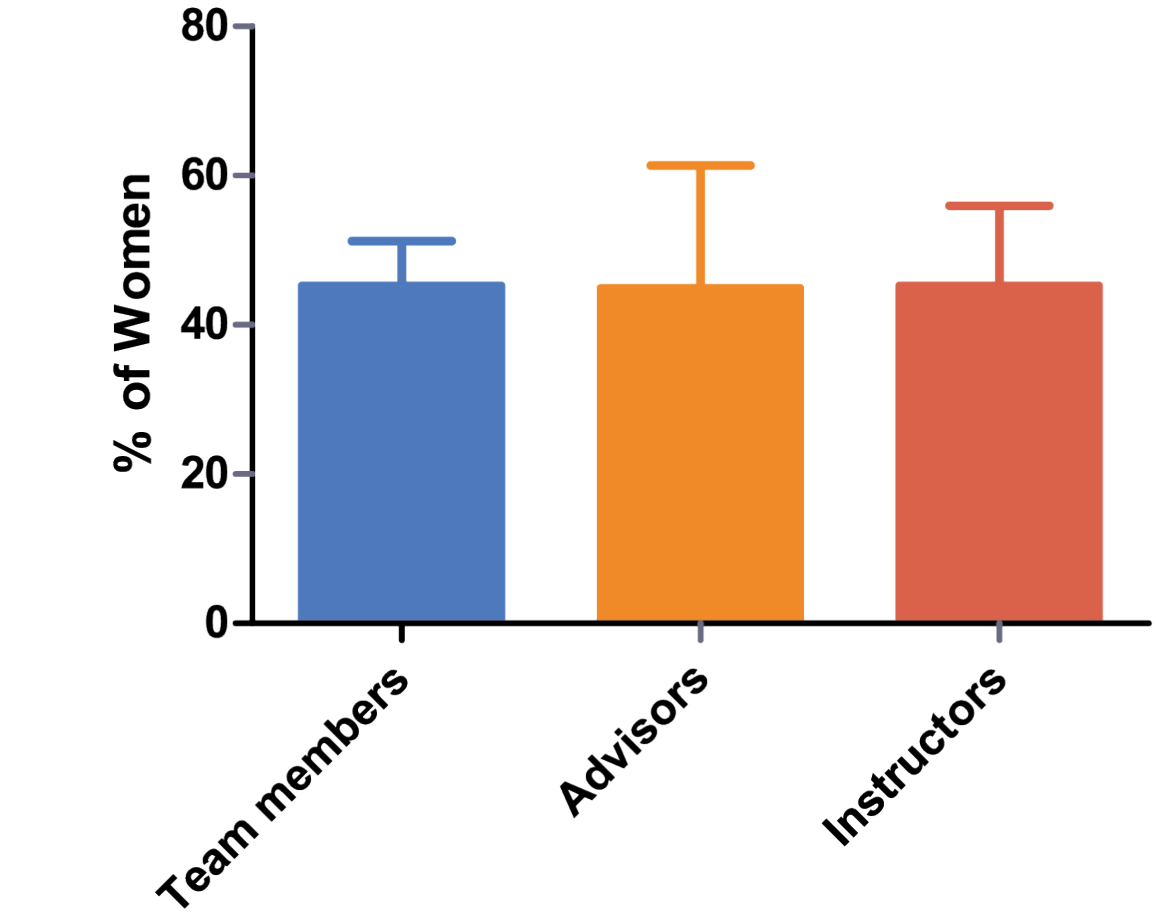


Figure 5. La proportion de femmes dans chaque rôle pour toutes les années, dans la division *High School* de iGEM.
Les barres représentent un intervalle de confiance à 95 %.

Les femmes constituent alors un vivier de talents présents dans la constituions des équipes iGEM et à tous les niveaux de l'enseignement secondaire, mais qui n'est pas mobilisé pour les superviser dans les établissements d'enseignement supérieur, et se retrouvent probablement "perdues" en cours de route.

Afin de comprendre les raisons de la mise à l'écart des femmes à différents stade d'évolution de leurs carrière, l'équipe a examiné la corrélation entre les sex-ratios et d'autres variables, telles que la taille des équipes, l'ancienneté, la thématique des projets, la situation géographique de l'équipe, etc... Le résultat le plus frappant est le lien entre la taille de l'équipe et le sex-ratio ; Les petites équipes, composées de deux ou trois membres étudiants, sont presque uniquement des équipes masculines.

Une étude comparative détaillée des 100 équipes les plus féminines et des 100 équipes masculines montre que si les superviseurs sont uniquement masculins, l'équipe sera majoritairement constituée de membres de sexe masculin.

Ces premiers résultats corroborent avec l'étude de Moss-Racusin et *al.*[44], qui montre que les directeurs de recherche, au niveau de l'enseignement supérieur, sont moins enclins à avoir une femme pour encadrer des étudiants qu'un homme. Il s'agirait d'un biais inconscient dus à un manque d'encouragement, mais aussi par une forme d'autocensure qui n'est pas prise en compte par les autres superviseurs.
L'hypothèse émise est qu'avoir une femme capable d'étudier et de réaliser un projet de biologie synthétique est un signal direct aux étudiantes qu'il leur est également possible de le faire. La présence d'instructeurs de sexe féminins serait alors un facteur important pour attirer les filles

© La revue DAM
téléchargé le 2026-11-11 08:49:46, depuis le 216.73.216.42

dans les équipes. Enfin, iGEM peut être un pont important pour que les femmes accèdent à de nouvelles opportunités de leadership dans l'enseignement supérieur.

3.2.2 La mixité comme facteur de succès dans iGEM

La seconde question a été de savoir si la diversité était un facteur de succès dans le concours iGEM.
Afin d'évaluer les performances des équipes iGEM au regard de l'équilibre de la répartition des sexes au sein des équipes, un système de points a été mis en place en fonction des succès de chaque équipe : l'obtention de médailles, de prix spéciaux et en tenant compte du classement final des équipes dans le concours. L'objectif était de donner à chaque équipe un score proportionnel aux récompenses qu'elle a gagnées. Des études de corrélations montrent que pour toutes les équipes, les principales variables expliquant le succès en iGEM sont le nombre d'années d'existence et la taille de l'équipe[45]. Il semblerait donc que la mixité ne soit pas un facteur. Cependant, les résultats de l'étude montrent des corrélations entre les équipes qui ont vraiment réussi (points > 20) respectent un équilibre entre les genres et le nombre d'encadrants.

Ils émettent alors l'hypothèse que les équipes iGEM débutantes doivent faire face à des défis majeurs mais lorsque l'équipe existe depuis quelques années et que des problèmes d'organisation générale ou de financement ont été réglés, la diversité peut être un facteur de réussite. Afin de vérifier cette hypothèse, l'équipe réalise un rééchantillonnage de la première analyse, en sélectionnant uniquement les équipes lauréates du concours (les 3 meilleures équipes de chaque catégories). Les chercheurs montrent alors que le sex-ratio des équipes gagnantes (45%) est significativement différente de celle des équipes participantes (37%).

© La revue DAM
téléchargé le 2026-11-11 08:49:46, depuis le 216.73.216.42

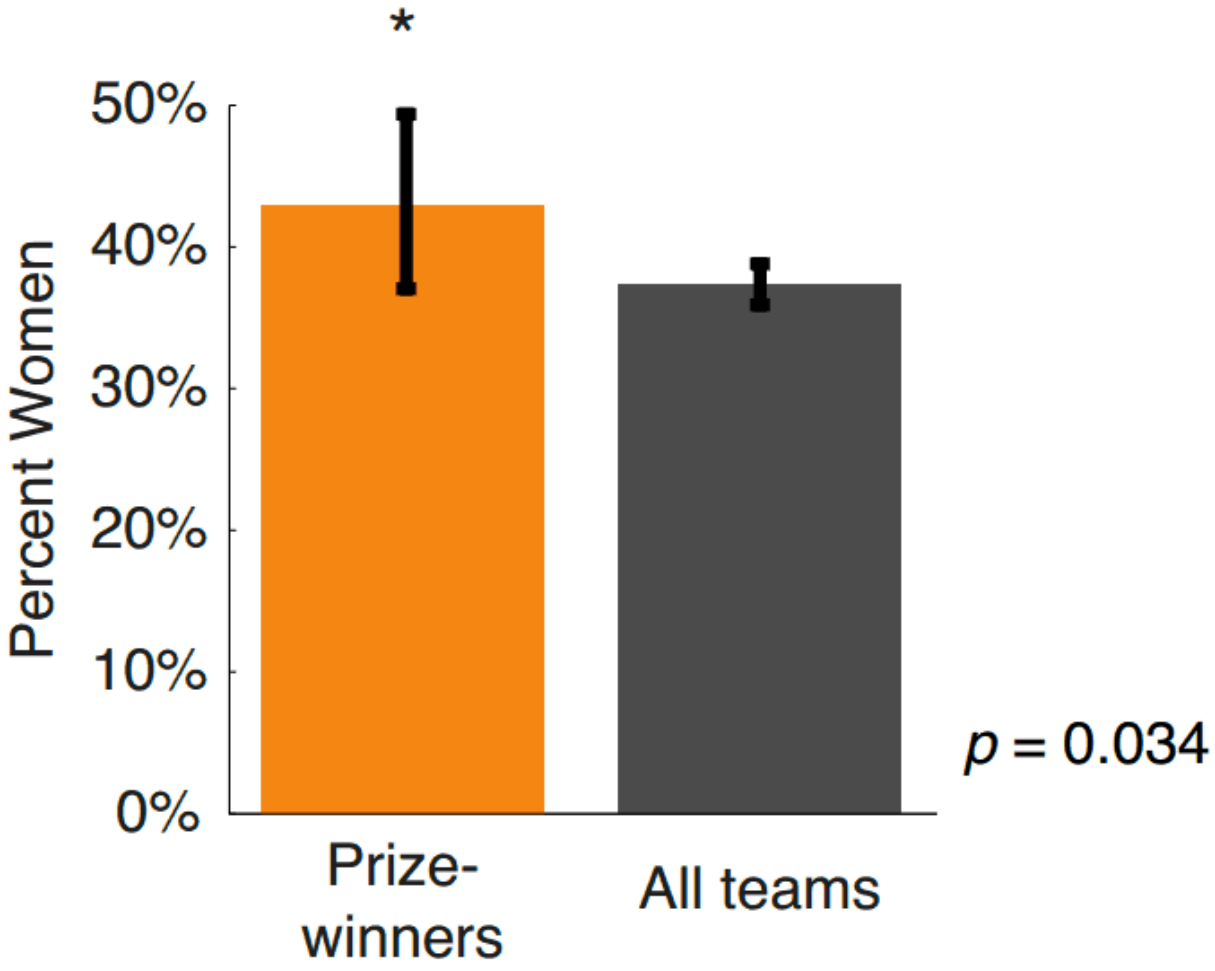


Figure 6. La proportion de femmes dans les équipes qui ont remporté des prix dans iGEM par rapport à la proportion dans l'ensemble des équipes. Il y a une proportion significativement plus élevée de femmes dans les équipes qui remportent des prix **(p=0.034)**.

Ils montrent ainsi que le succès des équipes iGEM dans la compétition, est corrélé à la mixité des genres des membres de l'équipe.

Les résultats de l'enquête ont été mis en avant sous forme d'infographies visuelles et imprimés sur des cartes, qui ont été massivement distribués par les membres de l'équipe, durant la finale de la compétition qui se déroulait en novembre 2013 sur le campus du MIT.

En plus d'une présentation devant toute la communauté, 1200 cartes ont été distribuées en l'espace de 48 heures, aux étudiants, superviseurs, instructeurs, juges, et personnels de la *Fondation iGEM*. Ces résultats participent à convaincre la communauté de iGEM qu'une politique active en faveur de la parité homme/femmes, à tous les niveaux de la compétition est nécessaire.

3.2.3 Les recommandations des chercheurs à la Fondation iGEM

iGEM est reconnu comme une plateforme d'essais et de prototypage en matière de gouvernance de l'éthique et des questions de sureté biologique, pour tout le domaine de la biologie de synthèse[46].

L'équipe émets alors une liste de préconisations à destination de la *Fondation iGEM* dans le but d'améliorer la mixité des genres dans la compétition iGEM, et de les évaluer.

© La revue DAM
téléchargé le 2026-11-11 08:49:46, depuis le 216.73.216.42

Il s'agit de promouvoir la constitution de grandes équipes ; d'insister sur l'importance de motiver les jeunes femmes à superviser des équipes ; de donner un point bonus aux équipes supervisée par des femmes ; et enfin, ajoutez aux règles d'obtention de la médaille de bronze - qui est la première forme de récompense, distribué sur l'accomplissement d'objectifs définis par la *Fondation iGEM* - une réflexion sur le genre. Et enfin, l'équipe préconise de poursuivre le travail initié par l'équipe de recherche en 2013, sur la compilation des données sur le genre, par équipe, afin de la tenir à jour. Par ce média, la *Fondation iGEM* dispose d'un outil unique de suivi quantitatif des effets de ses différentes politiques et actions dans le domaine de l'égalité de l'accès aux sciences.

4. Les effets de l'étude sur iGEM et la communauté de la biologie de synthèse

Cette étude a eu pour effet la mise en place, dès l'édition 2014, d'un comité iGEM spécial sur la diversité et l'inclusion - le *Gender Diversity working group* - dans le but d'améliorer la représentativité des femmes à différents niveaux de la compétition. Le groupe de travail, piloté par deux membres permanent de la fondation iGEM et de la responsable de la section Human Practices, rassemble 8 membres afin de travailler sur les questions de diversité de genre dans leur ensemble dans iGEM, y compris les femmes dans iGEM et la communauté LGBTQ.

Le groupe de travail a repris les premiers résultats de l'enquête pour proposer des changements dans les processus de travail des équipes, et favoriser l'égalité des chances pour tous au sein de la compétition iGEM. Entre 2014 et 2022, on identifie quatre phases d'évolution de la gouvernance des questions de diversité dans iGEM. Chacune des phrases est mise en lien avec d'autres initiatives portées par des acteurs de la communauté de biologie de synthèse.

4.1 Sensibiliser la communauté et ouvrir le débat

Dans un premier temps, la fondation iGEM a choisi de ne pas imposer de pénalités aux équipes ne respectant pas la parité, mais de concentrer ses efforts à définir ses valeurs et encourager les équipes à inclure une proportion égale d'hommes et de femmes à la fois comme étudiants et comme superviseurs dans les équipes.

La fondation crée alors à partir de 2014 une nouvelle page sur le site officiel de iGEM[47], mettant en avant les résultats de l'enquête de l'équipe Paris Bettencourt 2013.

Lors du *Jamboree* organisé en novembre 2014 à Boston, le groupe de travail *Gender and Diversity* a piloté un atelier de conversation de deux heures intitulé *Woman in Science* sur la question de la parité dans iGEM et la biologie de synthèse. Les organisateurs invitent les participants - étudiants, superviseurs, instructeurs, juges - à s'exprimer librement par groupe de 6 à 8 personnes sur les problèmes rencontrés et solutions potentielles au problème de déséquilibre de parité homme/femme dans la science.
Dans cet atelier, plusieurs thématiques sont discutées telles que l'ouverture de la thématique à la question de la diversité dans son ensemble ; la lutte contre les stéréotypes de genres, notamment le fait que des rôles au seins des équipes sont souvent prédéfinis par l'appartenance à un genre : par exemple, dans l'iGEM, les activités de *Human Practices* sont menées par les membres féminins alors que les activités d'ingénierie sont réalisés par les membres masculins, ou encore « Les techniciens de laboratoire sont toutes des femmes qui ont ajusté leurs attentes de carrière après avoir eu des enfants » ; la disparité du ration homme/femme parmi les membres du jury de l'iGEM ; les manières d'aborder les questions de genre auprès de publics réfractaires ; le pilotage d'initiatives pour soutenir toutes les identités de genre tels qu'offrir des toilettes neutres lors du jamboree, fournir une case à remplir vide pour le genre sur les formulaires/enquêtes et mettre en place des espaces ouverts et surs pour parler au sein de la communauté de l'iGEM ; la collecte des données sur la diversité des genres dans l'iGEM et leur mise à disposition en open source ; l'incitation aux équipes de l'iGEM à étudier les questions d'inclusion et de diversité dans le cadre de leurs activités de *Human Practices* ; le soutien financier, par la fondation iGEM, aux équipes des pays ayant des problèmes de droits des femmes.

© La revue DAM
téléchargé le 2026-11-11 08:49:46, depuis le 216.73.216.42

Des recherches ont montré que les comités avec des préjugés implicites promeuvent moins de femmes lorsqu'ils ne croient pas qu'il existe des préjugés sexistes[48]. Si ces recherches soulignent l'importance d'éduquer les comités d'évaluation sur les préjugés sexistes, ces espaces de discussion ont permis aux participants, à tous les niveaux de la compétition, étudiants à juges,, de s'ouvrir aux problèmes auxquels la communauté fait face en terme d'égalité, dans l'iGEM et dehors de l'iGEM.
En 2017, le *Community Bio Summit*[49] est organisé au *MIT Media Lab* par des membres liés à la communauté iGEM, et en lien avec le mouvement DIYbio, quelques jours avant le *Jamboree* annuel de iGEM.
Cet évènement annuel a pour but de former une communauté diversifiée et activiste de biologie synthétique et porter la parole de ceux qui ne l'ont pas dans les laboratoires académiques. De nombreux participants à iGEM font également parti de cette communauté.

4.3 Encourager les équipes à favoriser la diversité dans tous les domaines de recherche et à tous les niveaux

À partir de 2015, et à la suite de ce premier forum de discussion, la fondation iGEM met en place un certain nombre d'initiatives : Elle publie annuellement des ratios hommes-femmes à tous les niveaux (étudiants, instructeurs et juges) des années précédentes sur le site web de l'iGEM pour une transparence accrue ; instaure des toilettes neutres au *Jamboree 2016* et inclus une case à remplir vide pour le sexe sur tous les formulaires d'inscription. Par des campagnes de communication incitatives, iGEM encourage les équipes à répartir équitablement les rôles au sein de l'équipe et invite des superviseurs d'équipe féminines à devenir juges pour le *Jamboree* 2016.

À partir de 2017, un certain nombre de programmes de *leadership*, spécifiquement adressées aux femmes et aux minorités ethniques ont vu le jour pour le domaine de la biologie synthétique tels que *SynbioLeap*[50], à l'initiative de Megan Palmer, qui est aussi la directrice de la *Human Practices* de l'iGEM qui a contribué, en 2013 à mettre en avant la *Gender study* ; ou encore la *Community Bio fellowship*[51], fondée par David Kong, aussi très actif dans la communauté de l'iGEM. Depuis, des femmes sont mises en avant comme modèles d'engagement au sein de la communauté de biologie synthétique[52],[53].

4.3 Suivre l'évolution de la parité hommes/femmes à tous les niveaux de la compétition et dans le temps

À partir de 2016, le groupe de travail de l'IGEM du *Gender Diversity* devient un comité à part entière, le *Diversity and Inclusion Committee* qui a pour objectif de promouvoir la diversité et favoriser l'inclusion au sein de la communauté de l'iGEM.

Depuis 2018, des données autodéclarées sur le genre ont été recueillies auprès des participants de l'iGEM. En 2018, 42 % des étudiants de l'iGEM ont déclaré être des femmes ou non binaires, 44 % des superviseurs et des instructeurs d'équipes ont déclaré être des femmes ou non binaires (contre 25 % en 2017), 50% des juges étaient des femmes ou non binaires. Ces chiffres montrent une évolution notable de la part de femmes participants à différents niveaux de la compétition.

En 2020, lors de la conférence de biologie synthétique SB7.0, notamment co-fondée par Drew Andy et Tom Knight, aussi à l'origine de l'iGEM, et d'après les données disponibles sur le site[54], 43% étaient des femmes, alors qu'en 2013, lors de l'édition SB6.0, elles étaient seulement 33%[55]. Ces chiffres sont rendus plus transparents, où désormais, les noms et portraits des présentateurs sont systématiquement affichés sur les sites des conférences.

4.4 Récompenser la diversité

En 2020, iGEM décerne ses premiers *Inclusivity Awards*[56]. Ce prix récompense les équipes qui déploient des efforts pour inclure des personnes aux identités diverses dans la recherche scientifique. Il s'agit pour iGEM de communiquer et associer le succès scientifique des équipes à prise en compte de la diversité de ses membres.

© La revue DAM
téléchargé le 2026-11-11 08:49:46, depuis le 216.73.216.42

Les participants à la compétition de l'IGEM sont les professeurs et entrepreneurs et demain. Encourager et récompenser la diversité à tous les niveaux de la compétition permet d'éduquer toute une génération aux problèmes que suscitent es disparités[57].

La prise en compte des disparités de représentation des genres dans la compétition iGEM a eu des effets sur les capacités de financement et d'engagement de toute la communauté de biologie synthétique que les questions de genre. On ne peut cependant négliger que ces initiatives coexistent avec les discours et politiques des sciences, très actives dans ce domaine.

Il reste encore beaucoup de progrès à faire[58], et les efforts visant à ouvrir le débat, encourager les chercheurs, évaluer les évolutions et récompenser les progrès sont poursuivre et intensifier.

Conclusion

Cet article rend compte de l'évolution du processus d'élaboration des programmes et politiques de parité et d'inclusion dans un domaine scientifique émergeant, la biologie synthétique. Ce programme a eu comme effet, non pas de pointer du doigts les erreurs ou les manquements au domaine, mais d'élargir les champs d'action, les publics et les ressources de tout un domaine scientifique en expansion.

Encore aujourd'hui, la *Gender Study* de l'équipe de Paris Bettencourt 2013 est reconnu comme un exemple en termes de prise de conscience sur la question de l'inégalité des sexes pour le domaine de la biologie de synthèse. Les métriques et les formats d'évaluation en termes de parité dans le domaine de la biologie synthétique restent ceux développés par l'équipe étudiante, et sont désormais admises comme un standard dans le milieu[59]. Les illustrations et les chiffres de l'étude présentés par l'équipe Paris Bettencourt en 2013 sont régulièrement utilisées comme un exemple de médiation et de résolution des problèmes de disparité des représentation hommes/femmes dans la biologie de synthèse[60],[61],[62].

Enfin, l'étude a été un premier pas vers le développement d'études quantitative à partir de l'immense base de données de iGEM afin de mieux comprendre et caractériser les mécanismes de coopération des équipes et les facteurs de succès dans la compétition[63], notamment l'émergence de disciplines créatives telles que le design et l'art, les sciences sociales[64].

Bibliographie

Bear Julia B., and Anita Williams Woolley. "The role of gender in team collaboration and performance." *Interdisciplinary science reviews* 36, no. 2 (2011): 146-153.

Calvert Jane. "Synthetic biology: constructing nature?." *The sociological review* 58, no. 1_suppl (2010): 95-112.

Cameron D. Ewen, Caleb J. Bashor, and James J. Collins. "A brief history of synthetic biology." *Nature Reviews Microbiology* 12, no. 5 (2014): 381-390.

Causse Emmanuelle. "Women in Science in Europe: EU Policies for the Promotion of Women Scientists and the Role of the European Platform of Women Scientists in Shaping Them." In *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, September 7-12, 2009, Munich, Germany: Vol. 25/12 General Subjects*, pp. 393-396. Springer Berlin Heidelberg, 2009.

Kelwick Richard, Laura Bowater, Kay H. Yeoman, and Richard P. Bowater. "Promoting microbiology education through the iGEM synthetic biology competition." *FEMS microbiology letters* 362, no. 16 (2015).

© La revue DAM
téléchargé le 2026-11-11 08:49:46, depuis le 216.73.216.42

Koning Rembrand, Sampsa Samila, and John-Paul Ferguson. "Who do we invent for? Patents by women focus more on women's health, but few women get to invent." *Science* 372, no. 6548 (2021): 1345-1348.

McNamara Julie, Shlomiya Bar-Yam Lightfoot, Kelly Drinkwater, Evan Appleton, and Kenneth Oye. "Designing safety policies to meet evolving needs: iGEM as a testbed for proactive and adaptive risk management." *ACS Synthetic Biology* 3, no. 12 (2014): 983-985.

Mercer David. "identity and governance in synthetic biology: Norms and counter norms in the\'international genetically engineered machine\'(iGEM) competition." *Macquarie Law Journal* 15 (2015): 83-103

Moss-Racusin Corinne A., John F. Dovidio, Victoria L. Brescoll, Mark J. Graham, and Jo Handelsman. "Science faculty's subtle gender biases favor male students." *Proceedings of the national academy of sciences* 109, no. 41 (2012): 16474-16479.

Nielsen Mathias Wullum, Jens Peter Andersen, Londa Schiebinger, and Jesper W. Schneider. "One and a half million medical papers reveal a link between author gender and attention to gender and sex analysis." *Nature human behaviour* 1, no. 11 (2017): 791-796.

Nielsen Mathias Wullum, Bloch, Carter Walter, et Schiebinger, Londa. Making gender diversity work for scientific discovery and innovation. *Nature human behaviour*, 2018, vol. 2, no 10, p. 726-734.

Régner Isabelle, Catherine Thinus-Blanc, Agnès Netter, Toni Schmader, and Pascal Huguet. "Committees with implicit biases promote fewer women when they do not believe gender bias exists." *Nature human behaviour* 3, no. 11 (2019): 1171-1179.

Santolini Marc, Abhijeet Krishna, Christos Ellinas, Leo Blondel, Thomas E. Landrain, and Albert-Laszló Barabási. "Team success in the iGEM scientific competition." In *BOOK OF ABSTRACTS*, p. 27. 2017.

Schiebinger Londa. "Has feminism changed science?." *Signs: Journal of Women in Culture and Society* 25, no. 4 (2000): 1171-1175.

Stemerding Dirk. "iGEM as laboratory in responsible research and innovation." *Journal of Responsible Innovation* 2, no. 1 (2015): 140-142.

© La revue DAM
téléchargé le 2026-11-11 08:49:46, depuis le 216.73.216.42

1. Causse, Emmanuelle. "Women in Science in Europe: EU Policies for the Promotion of Women Scientists and the Role of the European Platform of Women Scientists in Shaping Them." In *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, September 7-12, 2009, Munich, Germany: Vol. 25/12 General Subjects*, pp. 393-396. Springer Berlin Heidelberg, 2009.
2. https://dauphine.psl.eu/femmes-et-science/recherche/these-le-genre-dans-les-parcours-universitaires-scientifiques (Consulté le 29 avril 2023)
3. Charles, Maria, and Karen Bradley. "Indulging our gendered selves? Sex segregation by field of study in 44 countries." *American journal of sociology* 114, no. 4 (2009): 924-976.
4. Alers, Margret, Lotte van Leerdam, Patrick Dielissen, and Antoine Lagro-Janssen. "Gendered specialities during medical education: a literature review." *Perspectives on medical education* 3 (2014): 163-178
5. West, Jevin D., Jennifer Jacquet, Molly M. King, Shelley J. Correll, and Carl T. Bergstrom. "The role of gender in scholarly authorship." *PloS one* 8, no. 7 (2013): e66212.
6. Gneezy, Uri, Muriel Niederle, and Aldo Rustichini. "Performance in competitive environments: Gender differences." *The quarterly journal of economics* 118, no. 3 (2003): 1049-1074.
7. Moss-Racusin, Corinne A., John F. Dovidio, Victoria L. Brescoll, Mark J. Graham, and Jo Handelsman. "Science faculty's subtle gender biases favor male students." *Proceedings of the national academy of sciences* 109, no. 41 (2012): 16474-16479.
8. Régner, Isabelle, Catherine Thinus-Blanc, Agnès Netter, Toni Schmader, and Pascal Huguet. "Committees with implicit biases promote fewer women when they do not believe gender bias exists." *Nature human behaviour* 3, no. 11 (2019): 1171-1179.
9. Maes, Katrien, Jadranka Gvozdanovic, Simone Buitendijk, I. R. Hallberg, and Brigitte Mantilleri. "Women, research and universities: excellence without gender bias." *Leuven: Leru. Dostupné z http://www. leru. org/files/publications/LERU_Paper_Women_universities_and_research. pdf* (2012).
10. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A Reinforced European Research Area Partnership for Excellence and Growth (European Commission, 2012).
11. Statement of Principles and Actions Promoting the Equality and Status of Women in Research (Global Research Council, 2016); https://www.globalresearchcouncil.org/fileadmin//documents/GRC_Publications/Statement_of_Principles_and_Actions_Promoting_the_Equality_and_Status_of_Women_in_Research.pdf
12. Huyer, Sophia. "Is the gender gap narrowing in science and engineering." *UNESCO science report: towards* 2030 (2015): 85-103.
13. Nielsen, Mathias Wullum, Carter Walter Bloch, and Londa Schiebinger. "Making gender diversity work for scientific discovery and innovation." *Nature human behaviour* 2, no. 10 (2018): 726-734.
14. Valantine, Hannah A., and Francis S. Collins. "National Institutes of Health addresses the science of diversity." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112, no. 40 (2015): 12240-12242.
15. Hong, Lu, and Scott E. Page. "Groups of diverse problem solvers can outperform groups of high-ability problem solvers." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101, no. 46 (2004): 16385-16389.
16. Phillips, Katherine W., Douglas Medin, Carol D. Lee, Megan Bang, Steven Bishop, and D.

© La revue DAM
téléchargé le 2026-11-11 08:49:46, depuis le 216.73.216.42

N. Lee. "How diversity works." *Scientific American* 311, no. 4 (2014): 42-47.

17. Scott, John C. "The Difference: How the Power of Diversity Creates Better Groups, Firms, Schools and Societies." (2009): 471-473.
18. Bear, Julia B., and Anita Williams Woolley. "The role of gender in team collaboration and performance." *Interdisciplinary science reviews* 36, no. 2 (2011): 146-153.
19. Van Dijk, Hans, Marloes L. Van Engen, and Daan Van Knippenberg. "Defying conventional wisdom: A meta-analytical examination of the differences between demographic and job-related diversity relationships with performance." *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 119, no. 1 (2012): 38-53.
20. Cameron, D. Ewen, Caleb J. Bashor, and James J. Collins. "A brief history of synthetic biology." *Nature Reviews Microbiology* 12, no. 5 (2014): 381-390.
21. A. O'Malley, Maureen, Alexander Powell, Jonathan F. Davies, and Jane Calvert. "Knowledge-making distinctions in synthetic biology." *BioEssays* 30, no. 1 (2008): 57-65.
22. Calvert, Jane. "Synthetic biology: constructing nature?." *The sociological review* 58, no. 1_suppl (2010): 95-112.
23. Nielsen, Mathias Wullum, Jens Peter Andersen, Londa Schiebinger, and Jesper W. Schneider. "One and a half million medical papers reveal a link between author gender and attention to gender and sex analysis." *Nature human behaviour* 1, no. 11 (2017): 791-796.
24. Koning, Rembrand, Sampsa Samila, and John-Paul Ferguson. "Who do we invent for? Patents by women focus more on women's health, but few women get to invent." *Science* 372, no. 6548 (2021): 1345-1348.
25. Nonnemaker, Lynn. "Women physicians in academic medicine---new insights from cohort studies." *New England Journal of Medicine* 342, no. 6 (2000): 399-405.
26. Rosser, Sue V. "An overview of women's health in the US since the mid-1960 s." *History and technology* 18, no. 4 (2002): 355-369.
27. Schiebinger, Londa. "Has feminism changed science?." *Signs: Journal of Women in Culture and Society* 25, no. 4 (2000): 1171-1175.
28. Fedigan, Linda Marie. "Primate paradigms: Sex roles and social bonds." (1992).
29. Light, Ryan. "Gender inequality and the structure of occupational identity: The case of elite sociological publication." In *Networks, work and inequality*. Emerald Group Publishing Limited, 2013.
30. Kretschmer, Hildrun, Ramesh Kundra, Donald deB. Beaver, and Theo Kretschmer. "Gender bias in journals of gender studies." *Scientometrics* 93, no. 1 (2012): 135-150.
31. Söderlund, Therese, and Guy Madison. "Characteristics of gender studies publications: A bibliometric analysis based on a Swedish population database." *Scientometrics* 105 (2015): 1347-1387.
32. Kemp, Luke, Laura Adam, Christian R. Boehm, Rainer Breitling, Rocco Casagrande, Malcolm Dando, Appolinaire Djikeng et al. "Bioengineering horizon scan 2020." *Elife* 9 (2020): e54489.
33. https://2013.igem.org/Team:Paris_Bettencourt/Human_Practice/Gender_Study (Consulté le 28 avril 2023)
34. Causse, 2009. *Op. cit.*
35. Frankforter, Steven A. "The progression of women beyond the glass ceiling." *Journal of Social Behavior and Personality* 11, no. 5 (1996): 121.
36. European Commission, 2008, *op. cit.*
37. Schyfter, Pablo. "Gender in synthetic biology: problems and potential." *EMBO reports* 21.6 (2020): e49049.

© La revue DAM
téléchargé le 2026-11-11 08:49:46, depuis le 216.73.216.42

38. Campbell, A. Malcolm. "Meeting report: synthetic biology jamboree for undergraduates." (2005): 19-23.
39. Endy, Drew. "Foundations for engineering biology." *Nature* 438, no. 7067 (2005): 449-453.
40. Stemerding, Dirk. "iGEM as laboratory in responsible research and innovation." *Journal of Responsible Innovation* 2, no. 1 (2015): 140-142.
41. Rabinow, Paul, and Gaymon Bennett. "From Bio-Ethics to Human Practice: Steps Toward Contemporary Equipment." (2007).
42. Kelwick, Richard, Laura Bowater, Kay H. Yeoman, and Richard P. Bowater. "Promoting microbiology education through the iGEM synthetic biology competition." *FEMS microbiology letters* 362, no. 16 (2015).
43. 2010.igem.org/À propos (Consulté le 29 avril 2022)
44. Moss-Racusin et al, 2012. *Op. cit.*
45. Santolini, Marc, Abhijeet Krishna, Christos Ellinas, Leo Blondel, Thomas E. Landrain, and Albert-Laszló Barabási. "Team success in the iGEM scientific competition." In *BOOK OF ABSTRACTS*, p. 27. 2017.
46. McNamara, Julie, Shlomiya Bar-Yam Lightfoot, Kelly Drinkwater, Evan Appleton, and Kenneth Oye. "Designing safety policies to meet evolving needs: iGEM as a testbed for proactive and adaptive risk management." *ACS Synthetic Biology* 3, no. 12 (2014): 983-985.
47. https://2021.igem.org/Diversity/Gender (consulté le 20 avril 2023)
48. Moss-Racusin et *al*., 2012. *Op. cit.*
49. https://archive.biosummit.org/2017 (consulté le 20 avril 2023)
50. https://www.synbioleap.org/ (consulté le 20 avril 2023)
51. https://www.biosummit.org/fellows (consulté le 20 avril 2023)
52. https://www.synbiobeta.com/read/why-biotech-is-failing-women-and-how-we-can-do-better (consulté le 20 avril 2023)
53. https://www.synbiobeta.com/read/five-pioneering-female-leaders-in-synthetic-biology (consulté le 20 avril 2023)
54. http://sb7.info/#speakers (consulté le 20 avril 2023)
55. https://2013.igem.org/Team:Paris_Bettencourt/Human_Practice/Gender_Study (consulté le 20 avril 2023)
56. https://blog.igem.org/blog/2021/10/13/the-inclusivity-award-advancing-accessibility-to-synthetic-biology (consulté le 20 avril 2023)
57. MOON, Tae Seok, SOLOMON, Kevin, BORODINA, Irina, *et al.* Impacting future generations of synthetic biologists by ensuring diversity, equity, and inclusion. *Trends in Biotechnology*, 2023.
58. Schyfter, 2020. *Op. cit*
59. Mercer, David. "'identity and governance in synthetic biology: Norms and counter norms in the\'international genetically engineered machine (iGEM) competition." *Macquarie Law Journal* 15 (2015): 83-103.
60. Kelwick, Richard, Laura Bowater, Kay H. Yeoman, and Richard P. Bowater. "Promoting microbiology education through the iGEM synthetic biology competition." *FEMS microbiology letters* 362, no. 16 (2015).
61. Chieza, Natsai, Alexandra Daisy Ginsberg, Suzanne Lee, Christina Agapakis, and Justinas Vilutis. "Design With Science." *Journal of Design and Science* (2019).
62. Donati, Stefano, Içvara Barbier, Daniela A. García-Soriano, Stefano Grasso, Paola Handal-

© La revue DAM
téléchargé le 2026-11-11 08:49:46, depuis le 216.73.216.42

Marquez, Koray Malcı, Louis Marlow, Cauã Westmann, and Adam Amara. "Synthetic biology in Europe: current community landscape and future perspectives." *Biotechnology Notes* 3 (2022): 54-61.

63. Santolini et *al*., 2017. *Op. cit.*
64. Palmer, M. (2020). iGEM Insight, Understandig iGEM through Data, En ligne : https://blog.igem.org/blog/2020/9/30/igem-insights-understanding-igem-through-data (consulté le 05/03/2023).

© La revue DAM
téléchargé le 2026-11-11 08:49:46, depuis le 216.73.216.42