

CARTE
BLANCHESophie Germain,
mathématicienne
masquée

Par ÉTIENNE GHYS

Mon regard a été attiré par une banale armoire électrique, place Saint-Michel, à Paris, portant une peinture au pochoir. En s'approchant, on découvre qu'il s'agit d'un portrait de Sophie Germain [1776-1831], appartenant à la série «Figures sixtines, les illustres du 6». Cette femme est-elle à ce point illustre? On peut en douter. D'ailleurs, on ne dispose d'aucun portrait fiable, et l'artiste de rue Christian Guémy, alias C215, a dû faire preuve d'imagination pour la représenter. Les passants savent-ils qu'il s'agit d'une mathématicienne qui a dû se battre pour trouver sa place dans le milieu scientifique masculin du début du XIX^e siècle?

Imaginez une jeune fille parisienne, sortant probablement peu de chez elle pendant la Révolution, se prenant de passion pour les mathématiques en lisant deux livres improbables dans la bibliothèque familiale : *Cours de mathématiques à l'usage des gardes du pavillon et de la marine*, d'Etienne Bézout, et *L'Histoire des mathématiques*, de Jean-Etienne Montucla. L'école polytechnique ouvre ses portes en 1794, mais ne les ouvre, bien sûr, que pour les garçons (et cela jusqu'en 1972).

Sophie Germain imagine un stratagème : elle invente un pseudonyme masculin, « Antoine Auguste Le Blanc », ce qui lui permet de correspondre avec le célèbre professeur Lagrange. Elle a même le culot d'écrire à Carl Friedrich Gauss, l'un des plus importants mathématiciens de tous les temps. Et ça marche!

Une véritable correspondance scientifique s'établit sur des questions de théorie des nombres. En 1806, elle craint pour la vie de son héros car les troupes de Napoléon vont passer par Brunswick, où habitait Gauss. Elle se souvient alors de la description par Montucla de la mort d'Archimède. Lors de la prise de Syracuse par les Romains, Archimède est concentré sur un problème de géométrie et répond imprudemment à un soldat : «*Ne dérange pas mes cercles!*» Ce seraient ses derniers mots.

«Un noble courage»

Germain contacte un général de ses connaissances et lui demande de protéger Gauss, ce dont il s'acquitte. Mais Gauss déclare qu'il n'a jamais entendu parler de Germain et le pot aux roses est découvert : Sophie Germain et Augustin Leblanc sont une seule et même personne. La lettre que Gauss envoie à la suite de cette révélation est magnifique et montre que tous les mathématiciens ne sont pas des machistes. En voici un extrait : «*Lorsqu'une personne de ce sexe qui, par nos mœurs et par nos préjugés, doit rencontrer infiniment plus d'obstacles et de difficultés que les hommes à se familiariser avec ses recherches épineuses, sait néanmoins franchir ces entraves et pénétrer ce qu'elles ont de plus caché, il faut sans doute qu'elle ait le plus noble courage, des talents tout à fait extraordinaires, le génie supérieur.*» Gauss connaissait notre langue!

En 1808, Ernst Chladni, un physicien et musicien allemand, avait réalisé une expérience devant l'Académie des sciences. On saupoudre du sable sur une plaque métallique qu'on fait vibrer avec un archet de violon. Le sable se répartit alors sur des courbes dont la géométrie est fascinante. Napoléon, présent lors de l'expérience, proposa d'instaurer un prix pour celui, ou celle, qui comprendrait ce phénomène. Après de nombreuses péripéties, Sophie Germain emportera le prix en 1816 : le premier prix de l'Institut de France remis à une femme.

Un problème d'arithmétique dû à Pierre de Fermat hantait les mathématiciens depuis plus d'un siècle. Vers 1823, Sophie Germain le résout dans de nombreux cas. Ce sera une étape importante avant sa solution complète en 1994.

Le portrait de la place Saint-Michel est déjà endommagé par des travaux urbains, comme on en voit tant à Paris. La municipalité ne pourrait-elle le protéger? On risque de voir Sophie Germain disparaître de nouveau. ■

Etienne Ghys

Mathématicien, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, directeur de recherche (CNRS) à l'ENS Lyon.
etienne.ghys@ens-lyon.fr

Renforcer l'enseignement de l'écologie scientifique et expérimentale à l'école

TRIBUNE - Un collectif de chercheurs plaide pour être davantage impliqué aux côtés des professeurs dans leur mission et pour une découverte de la nature hors des murs de la classe

La rationalité n'est pas toujours au rendez-vous des questions environnementales. Selon le dernier baromètre de l'esprit critique publié par Universcience, trois quarts des Français ne considèrent pas l'écologie avant tout comme une science. Or, la crise écologique que nous traversons impose des transformations profondes, systémiques, individuelles et collectives dans nos modes de vie et nos valeurs. Seule une appréhension rationnelle du monde permettra qu'elles soient choisies par les individus plutôt qu'imposées à eux. Il est donc nécessaire et urgent de renforcer l'enseignement de l'écologie scientifique.

L'écologie étudie les êtres vivants, les interactions qu'ils développent entre eux et avec leur environnement. Cette science éclaire les liens entre les activités humaines et le fonctionnement des écosystèmes en articulant des notions de géographie, d'économie, d'histoire et de biologie, en empruntant notamment aux mathématiques, à l'informatique, à la physique et à la chimie. Bref, l'écologie scientifique unit les sciences humaines et sociales et celles de la nature. Il est donc légitime que l'école lui donne une place centrale.

C'est désormais le cas dans les programmes scolaires, malgré un volume horaire insuffisant. Cependant, les professeurs font face à de nombreux défis logistiques et intellectuels. Ces programmes abordent en effet des concepts récents et complexes, imposant un investissement important des enseignants et de leur tutelle dans la formation initiale et continue. Enseigner

l'écologie nécessite par ailleurs de croiser les savoirs issus de différentes disciplines et de les positionner par rapport à ses propres convictions et à celles des élèves. Or, la formation des enseignants, déjà appauvrie de ses contenus naturalistes et disciplinaires, laisse peu de place à l'épistémologie et à l'interdisciplinarité.

Enfin, l'enseignement de l'écologie ne prend tout son sens que dans une expérience sensible du vivant difficile à transmettre, notamment dans l'univers très minéral de nombreuses cours d'école. Les enseignants sont peu préparés à gérer les contraintes organisationnelles d'une sortie pédagogique dans la nature, et les rapports d'inspection témoignent d'un déclin des classes vertes et autres dispositifs de découvertes naturalistes.

Le renforcement des contacts directs entre les scientifiques, qui construisent les nouveaux savoirs au quotidien, et les enseignants, qui les transmettent aux élèves, est un levier pertinent pour relever ces défis. Pour l'activer, nous appelons à ce qu'une portion des financements transversaux alloués à la transition écologique soit utilisée pour soutenir les actions permettant aux chercheurs, enseignants-chercheurs et formateurs experts d'intervenir auprès des enseignants, tout au long de leur carrière, au travers des formations initiale et continue.

Pour les enseignants, les sciences participatives en écologie représentent un formidable moyen d'exploiter un cadre préétabli se prêtant à des activités pédagogiques, tout en bénéficiant d'un ac-

L'ÉCOLOGIE
SCIENTIFIQUE
UNIT LES SCIENCES
HUMAINES ET
SOCIALES ET CELLES
DE LA NATURE

compagnement scientifique. En faisant sortir l'enseignement de la classe, elles donnent du sens aux apprentissages et offrent aux élèves une approche expérientielle et authentique du vivant et de la science. En partageant avec les scientifiques leurs observations naturalistes, élèves et enseignants participent à la production des savoirs sur l'état et la dynamique de la biodiversité et des écosystèmes, en même temps qu'ils acquièrent ou renforcent un savoir sur la manière dont se construit la connaissance scientifique.

Il est de la responsabilité des pouvoirs publics de former les professeurs du premier et du second degré à l'exploitation pédagogique des concepts et méthodes en écologie. C'est également à eux de donner aux enseignants la possibilité, le temps et les moyens de déplacer la classe hors de ses murs et de favoriser les dispositifs permettant les interactions entre les disciplines.

En tant qu'acteurs impliqués dans ces liens entre science, école et société, nous témoignons de l'immense potentiel transformateur qu'ont les disposi-

tifs rapprochant ceux qui produisent les connaissances, ceux qui les transmettent, et ceux qui se les approprient. Nous appelons les ministères responsables (éducation nationale, enseignement supérieur, transition écologique) à nous donner les moyens de renforcer les compétences et les outils qui existent déjà : par une valorisation de l'implication des chercheurs dans la formation et l'accompagnement des enseignants et des structures pédagogiques telles que les maisons pour la science; par des missions spécifiques confiées aux personnels de l'éducation nationale titulaires d'un doctorat; par des moyens donnés aux établissements scolaires pour soutenir leur implication dans les sciences participatives; par une facilitation administrative des sorties scolaires en nature. Sans ces différents éléments, il est probable que toute politique publique de transition écologique soit un échec, source d'incompréhension et de mécontentement idéologique. ■

¶ **Bastien Castagneyrol**, directeur de recherche à l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (Inrae); **Mathieu Farina**, professeur agrégé de SVT; **Sébastien Turpin**, professeur agrégé, université Paris-Est-Créteil (UPEC); **Marc André Selosse**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle (MNHN), membre de la Fédération BioGée.
Retrouvez la liste complète des contributeurs sur Lemonde.fr

Le supplément «Science & médecine» publie chaque semaine une tribune libre. Si vous souhaitez soumettre un texte, prière de l'adresser à sciences@lemonde.fr



ZOOLOGIE

Le coucou, un parasite en évolution permanente

Cruel, fourbe, paresseux, voire immoral. Le coucou n'a pas franchement bonne réputation. Pondre ses œufs dans le nid des autres, les laisser nourrir les oisillons au détriment de leur propre progéniture, souvent poussée hors du nid : difficile de rester tout à fait insensible à ses turpitudes. Pourtant, étudier de plus près le génie qu'impose un tel «parasitisme de couvée» fait changer de perspective. Pour parvenir à ses fins, le coucou doit pondre en toute discrétion des œufs presque identiques à ceux de son hôte et tromper sa vigilance. Il y parvient de façon magistrale. Il peut imiter le cri d'un prédateur pour faire fuir temporairement sa cible. Pondre à une vitesse record. Reproduire la forme, la couleur, les motifs mêmes des coquilles, comme un faussaire avec une toile de maître.

Un exploit d'autant plus remarquable qu'en face, le propriétaire légitime du nid n'a aucun intérêt à fournir ainsi gîte et couvert. L'évolution va donc le doter de «contre-mesures» lui permettant de détecter l'intrus. Dans un article paru lundi 30 mai dans la revue *Science*, une équipe internationale vient de montrer comment cette «course aux armements», comme l'appellent les biologistes, conduit les coucous à évoluer plus rapidement que les autres oiseaux. Mieux, les chercheurs ont établi que ce parasitisme dopait la spéciation, autrement dit l'apparition de nouvelles espèces.

Cette question taraude les biologistes depuis toujours. Comment sont nées ces millions d'espèces qui peuplent notre planète? Darwin y a en partie répondu. Pour faire très simple : la néces-

sité d'échapper à un prédateur, d'atteindre une proie ou encore d'améliorer son succès reproducteur, conduit, dans chaque espèce, à la sélection de certaines mutations favorables, parmi toutes celles que le hasard produit à chaque génération. Pour peu qu'une population se trouve alors scindée en deux par un événement extérieur, notamment l'apparition d'un obstacle environnemental (rivière, bras de mer, disparition de forêt...), les deux sous-groupes vont poursuivre le processus chacun de leur côté et irrémédiablement s'éloigner. Mais il arrive que deux espèces apparaissent sur un même territoire. Le parasitisme aurait-il un rôle dans l'histoire?

Imitation des œufs et des poussins

Pour le comprendre, les chercheurs australiens et britanniques ont commencé par suivre les oiseaux du genre *Chrysococcyx*, ceux que la langue anglaise, dans son goût des noms imagés, nomme les coucous de bronze. «*Les joyaux de la couronne dans le monde des coucous*, insiste Naomi Langmore, de l'université nationale australienne, à Sydney. *Les plus petits et les plus beaux, avec leur plumage vert iridescent.*» Des maîtres du parasitisme, aussi. La professeure d'écologie évolutive les observait déjà depuis de nombreuses années quand elle s'est aperçue que l'oiseau, non content de copier les œufs de son hôte, imitait aussi ses poussins. «*La couleur de la peau, la bouche, le nombre de plumes de duvet, les cris... chaque coucou les re-*

produit avec une extraordinaire précision», poursuit-elle.

Son équipe est donc allée fouiller le génome des coucous. Elle y a trouvé de subtiles différences, parfois associées à des espèces distinctes, parfois seulement à des sous-espèces, chacune adaptée à son bailleur. Des individus encore capables de se croiser mais qui ne le font pas. Ainsi les coucous menus (*C. minutillus*) qui pondent dans les nids des gérygones enchanteresses semblent ignorer ceux qui piratent les gérygones à bec fort. Ils ont alors examiné d'un peu plus près les adultes et ont constaté cette fois encore de petites variations dans le plumage et dans le chant. De quoi se reconnaître et s'assembler. Jusqu'à, un jour sans doute, devenir deux espèces à part entière.

Restait toutefois à vérifier si, à l'échelle de l'évolution, pareil mécanisme pouvait avoir véritablement agi sur les quelque 140 espèces de coucous. Les chercheurs ont comparé le taux de spéciation de celles pratiquant le parasitisme de couvée et des autres. Et parmi les espèces parasites, ils ont distingué les plus virulentes, qui jettent les œufs de leur hôte hors du nid et celles qui se contentent de se faire nourrir. Le verdict est tombé : plus le parasitisme est intense, poussant l'hôte à chercher des parades, au prix d'une violente course aux armements, plus la spéciation est grande.

Pour les chercheurs, l'affaire est entendue : le parasitisme dope bien la spéciation. Mais c'est la coévolution dans son ensemble qu'ils invitent à mieux regarder. Entre parasite et hôte, proie et prédateur, plante et pollinisateur. Deux siècles après le voyage de Darwin, l'évolution n'a pas encore révélé tous ses secrets. ■

NATHANIEL HERZBERG