



# SOMMAIRE

- 3 RÉSUMÉ EXÉCUTIF**
- 4 INTRODUCTION :**  
**Pourquoi les mathématiques ? De quoi parle-t-on ?**
- 5 Les mathématiques et l'avenir de la nation**
  - ▲ Les mathématiques et le développement de l'économie
  - ▲ Les mathématiques et la digitalisation de la société
- 7 Réalités et raisons du déclin**
  - ▲ Le déclin
  - ▲ Insuffisances structurelles
  - ▲ Positionnement et nature de l'enseignement des mathématiques
- 9 Que faire ? Pistes pour des solutions**
  - ▲ Réaménager le système éducatif et l'enseignement des mathématiques
  - ▲ Innover dans l'apprentissage des mathématiques
  - ▲ Synthèse des orientations
- 11 CONCLUSION**
- 12 ANNEXE RÉCAPITULATIVE**



## À PROPOS

La Fondation 2100<sup>1</sup> a pour vocation d'éclairer l'avenir des sociétés humaines, et de la société française en particulier. À ce titre, elle a jugé nécessaire de contribuer à la réflexion sur la situation de l'enseignement des mathématiques en France et son évolution possible, non seulement parce que cette question fait l'objet d'un débat public très animé (cf. les importants rapports publiés sur ce sujet<sup>2</sup>, sur lesquels cette note s'appuie), mais surtout parce que l'enjeu engage l'avenir même de la nation, principalement – mais pas seulement – en matière de science, technologie et innovation (STI).

1. Placée sous égide de la Fondation CNRS, la Fondation 2100 est issue des travaux de prospective sur le XXI<sup>e</sup> siècle, conduits au ministère de la Recherche et l'association Prospective 2100 dans les années 1990-2010, par Thierry GAUDIN, qui en est le président d'honneur. Son comité de fondation est composé de Jean-Éric AUBERT (président), Jean-Pierre BOURGUIGNON, Thierry CHAMBOLLE, Patrick de GIOVANNI, Fabienne GOUX-BAUDIMENT, Françoise ROURE, et Michel MORTIER (directeur de la Fondation CNRS). La Fondation agit au moyen de prix, concours, et études.

2. Rapport VILLANI TOROSSIAN. (2018) [désigné par VT dans la suite de ce texte] ; Rapport du HCÉRES préparé pour les Assises nationales des mathématiques (2022) [désigné par HC dans la suite de ce texte] ; Avis concernant la place et l'enseignement des mathématiques en France (septembre 2023) [désigné par AT dans la suite de ce texte].

# RÉSUMÉ EXÉCUTIF

## Contexte et importance des mathématiques

Les mathématiques jouent un rôle crucial dans la culture, la pensée logique et critique, et la technologie. Une bonne maîtrise des mathématiques est essentielle pour le développement personnel et professionnel, pour une participation active et informée à la société numérique, et pour garantir la souveraineté du pays dans un certain nombre de sciences et de technologies critiques.

## Déclin de l'enseignement des mathématiques

Le niveau des élèves français en mathématiques est en déclin depuis plus de 30 ans, comme le montrent les études PISA et TIMSS. Ce déclin est marqué par une baisse de la maîtrise des concepts de base dès l'entrée en 6<sup>e</sup> et un désintérêt croissant pour les mathématiques au lycée, affectant particulièrement les jeunes femmes et les élèves issus de milieux défavorisés.

## Insuffisances structurelles

Le système éducatif français souffre de plusieurs faiblesses structurelles :

- **Pénurie d'enseignants qualifiés** : un nombre significatif de postes de mathématiques ne sont pas pourvus en raison de la faible attractivité du métier, liée notamment aux bas salaires.
- **Formation inadéquate** : les formations initiales et continues des enseignants sont insuffisantes, particulièrement dans les mathématiques, où les besoins évoluent rapidement.
- **Réformes inefficaces** : des réformes, comme celle du lycée en 2018, ont réduit les heures de mathématiques et créé des parcours perçus comme élitistes, exacerbant les inégalités.
- **Pédagogie inadaptée** : l'approche française de l'enseignement des mathématiques en donne l'image d'une matière difficile d'accès, très théorique et insuffisamment liée à la compréhension du monde.

## Impact sur l'économie et la société

Les compétences en mathématiques sont essentielles pour démystifier les technologies numériques et permettre aux citoyens de prendre des décisions éclairées. Un faible niveau en mathématiques peut conduire à une population plus aisément manipulable, compromettant la liberté et les droits fondamentaux.

## Propositions de solutions

### 1. Réévaluation des salaires des enseignants et chercheurs :

Augmenter les salaires pour les aligner sur ceux des pays nordiques et de l'Allemagne.

### 2. Renouveau de la formation des enseignants :

Créer de nouvelles « Écoles normales » et accentuer la formation continue, notamment dans les statistiques et les méthodes numériques.

### 3. Approche individualisée :

Adapter la pédagogie aux besoins individuels des élèves pour mieux traiter les décrochages.

### 4. Rigueur et confiance :

Restaurer une évaluation rigoureuse des compétences tout en renforçant la confiance en soi des élèves.

## Conclusion

**L'amélioration de l'enseignement des mathématiques, qui s'inscrit dans la problématique de la qualité de l'ensemble de l'enseignement en France, nécessite une réforme en profondeur du système éducatif français. Des solutions existent : revaloriser le métier d'enseignant, améliorer les formations, promouvoir des pédagogies inclusives pour combler les lacunes actuelles et préparer les citoyens aux défis futurs... Face à l'accélération des évolutions technologiques et sociétales, l'urgence de leur mise en œuvre s'impose désormais.**

# INTRODUCTION

## Pourquoi les mathématiques ? De quoi parle-t-on ?

Le mot « mathématiques » provient du mot grec pluriel *mathêmata* qui signifie à la fois le fait d'apprendre et sa résultante : la connaissance et la science. Avec la même racine, le mot *mathesis* signifie la leçon. Ainsi, étymologiquement, les mathématiques ont une portée universelle et ne se limitent pas à une discipline, comme l'Histoire le montre. Dans l'Antiquité, géométrie et nombres sont déjà au cœur des mathématiques grecques ( $\pi$ ). Ont ensuite progressivement pris leur autonomie : l'algèbre, l'arithmétique, l'astronomie, les statistiques, la mécanique...

Aujourd'hui une relation confortable avec les mathématiques, présentes dans tous les domaines de la connaissance, est plus que jamais nécessaire au bon fonctionnement de nos sociétés. Pourquoi ? Parce que, bien plus qu'un langage ou une capacité de calcul, elles sont un instrument incontournable de compréhension du monde, sous de multiples formes :

- **Un fondement de la culture.** Car celle-ci repose sur un esprit structuré, logique, critique, rigoureux. Les mathématiques y contribuent considérablement. C'est pourquoi l'enseignement de cette matière dans les classes primaires et secondaires joue un rôle essentiel dans l'acquisition et la consolidation ultérieures de savoirs. Si l'on considère que la formation d'un tel esprit est l'un des objectifs premiers du système éducatif, l'apprentissage des mathématiques doit donc impliquer tous les élèves afin de faire partie intégrante de leur culture générale, quels que soient leur niveau ou leur future orientation ;

- **Un accès à des outils pratiques essentiels pour vivre au quotidien.** Il s'agit aussi bien de la maîtrise d'opérations simples, comme faire une proportion pour comparer des prix ou avoir des ordres de grandeur, que de la compréhension évidente de phénomènes physiques comme la gravité, l'électricité ou encore « pourquoi la terre ne peut pas être plate » contrairement à ce que pensent 9 % des Français (IFOP, 2018). La probabilité de devenir une personne sans éducation, formation ou emploi (NEET<sup>3</sup>) est très

élevée chez les personnes qui ne possèdent pas ces compétences de base en mathématiques ;

- **Une compétence pour la pratique professionnelle.** Malgré l'accessibilité généralisée à des outils de calcul, inimaginable il y a encore 50 ans, la capacité de manier les concepts mathématiques à un niveau un peu plus approfondi conditionne l'accès, aussi bien à un grand nombre de filières d'enseignement et de pratique des techniques, qu'à l'ensemble des sciences « dures » et de l'ingénierie, via la modélisation. Une bonne connaissance des mathématiques, qui irriguent de diverses façons toutes les activités économiques, est un des fondements de la compétitivité d'une nation et demeure, à l'échelle personnelle, l'un des facteurs importants d'employabilité des individus<sup>4</sup> ;

- **Un objet de recherche.** Pour contribuer au progrès des connaissances et à la compréhension ainsi qu'à la représentation du monde au bénéfice de l'humanité tout entière, l'existence d'une filière de recherche de haut niveau en mathématiques fondamentales et appliquées est essentielle. Longtemps la France a occupé un premier rang mondial, comptant autant de médailles Fields que les États-Unis pour une population plus de 4 fois inférieure en nombre. Cette situation très favorable est menacée par la crise actuelle. ▲

3. NEET. Not in Education, Employment or Training (DARES).

4. Les enquêtes de l'ONISEP montrent que les diplômés en mathématiques sont ceux pour lesquels les temps de recherche d'emploi sont les plus courts.

# Les mathématiques et l'avenir de la nation

D'après des études menées dans plusieurs pays européens<sup>5</sup>, les mathématiques contribueraient pour environ 15 % au PIB<sup>6</sup>. Bien que ce genre de calcul puisse prêter à caution du fait d'inévitables difficultés d'attribution, cela souligne leur importance cardinale dans la vie d'une nation. À plus long terme, dans les décennies à venir, tous les pays vont continuer à être confrontés à des défis d'importance majeure<sup>7</sup> : changement climatique, révolutions technologiques, bouleversements géopolitiques, déséquilibres démographiques... Pour répondre à ces défis, il conviendra de mobiliser toutes les disciplines et technologies qui supposent la maîtrise de notions mathématiques de plus en plus complexes.

Nous nous bornerons, ci-après, à pointer quelques faits saillants relatifs à la situation actuelle de la France, sur laquelle les mathématiques ont un impact-clé, tant en matière de développement économique qu'en ce qui concerne la digitalisation de la société.

## Les mathématiques et le développement de l'économie

### Une créativité technologique et industrielle amoindrie.

Il n'est pas d'économie puissante sans performances technologiques de haut niveau. Les industries les plus prolifiques en brevets et diverses formes de propriété intellectuelle sont aussi les plus créatrices d'emploi de qualité et celles qui tirent le plus la croissance vers le haut<sup>8</sup>. Or, en la matière, la France apparaît loin du peloton de tête, au-delà du « top ten » mondial en matière de brevets déposés par tête<sup>9</sup>. Une autre statistique concerne les *clusters* territoriaux innovants autour du globe, dont les performances sont mesurées par un critère combinant les dépôts de brevets internationaux et les publications scientifiques. La France ne compte qu'un *cluster* dans les 50 premiers : Paris, qui se situe au 10<sup>e</sup> rang mondial. En Europe, elle est loin derrière l'Allemagne (5 *clusters*) et se situe même après les Pays-Bas (2). De même, la part des brevets français dans les innovations de rupture est bien inférieure non seulement

à celle des États-Unis et des champions asiatiques – Chine, Japon, Corée –, mais aussi à celle de pays européens tels que l'Allemagne, le Danemark, la Finlande et les Pays-Bas<sup>10</sup>.

Le rapport précité de l'Académie des technologies (AT) donne de nombreux exemples sur le rôle fondamental que les mathématiques jouent et joueront dans le développement de technologies et d'industries les plus diverses, de l'énergie à la santé en passant par le transport, l'environnement, etc. La lutte contre le changement climatique, les applications de l'intelligence artificielle, les ordinateurs quantiques, entre autres, déboucheront inéluctablement sur des projets de grande envergure (appelés aujourd'hui des projets *moonshot* en référence au programme Apollo des années 1960) impliquant des percées radicales, comme l'initiative BRAIN, le projet Artemis de la NASA, le projet international ITER (fusion nucléaire), Neuralink (interfaces cerveau-machine), etc. Ces programmes, qui repoussent les limites du possible, mobilisent tous des compétences solides en mathématiques, correspondant à leurs besoins technologiques, économiques, environnementaux et sociaux, mais aussi au développement de nouvelles mathématiques.

**Un manque de ressources humaines.** L'avenir à moyen et long terme de l'industrie et de la technologie nationale dépend principalement de la qualité et de la quantité des ressources humaines. De ce point de vue, il y aurait un déficit annuel de 10 000 ingénieurs. La demande s'élèverait à 50 000 tandis que les écoles n'en formeraient que 40 000 environ. Et nombre d'entre eux, à la sortie de l'école, s'expatrient, attirés par les salaires des industries de pointe proposés aux États-Unis et ailleurs. Dans le même ordre d'idées, alors que les contingents d'enseignants-chercheurs en mathématiques diminuent de façon significative, de plus en plus de jeunes docteurs mathématiciens partent à l'étranger pour poursuivre leur carrière. Enfin, à l'exception notable du secteur de l'IA, l'intégration des docteurs en mathématiques dans l'industrie et l'économie est moins naturelle en France que dans la plupart des autres puissances économiques<sup>11</sup>.

5. Cf. rapport *Measuring the Economic Benefits of Mathematical Science Research in the UK* (2013) confié à Deloitte par le Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC) ; rapport *The Mathematical sciences and their value for the Dutch economy* (2014) confié à Deloitte par la Plateforme Wiskunde Nederland ; rapport *Socio-economic impact of mathematical research and mathematical technology in Spain* (2019) ; rapport *THE ERA OF MATHEMATICS. An Independent Review of Knowledge Exchange in the Mathematical Sciences* (2022) sous la conduite de Philip BOND à la demande de l'EPSRC.

6. Rapport VT. Le Rapport HC (page 35) fait état d'une contribution de 17,8 % à la valeur ajoutée en 2019 et de 13 % des emplois.

7. Voir les travaux en cours de la Fondation 2100 et de la Société Française de Prospective sur « Visions du 21<sup>e</sup> siècle : Cartes et Routes ».

8. INPI. (2020). Les droits de propriété intellectuelle boostent l'économie européenne.

9. Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle. (2023). Indice mondial de l'innovation 2023.

10. BELLIT, S. & CHARLET, V. (2023). L'innovation de rupture, terrain de jeu exclusif des start-ups ? L'industrie française face aux technologies clé. Presses des Mines.

11. Rapport HC.

### Que deviendrait une France dépourvue de compétences mathématiques ?

- Si la France souffre d'un retard dans les domaines cruciaux suscités, elle peut toujours avoir recours à l'embauche d'étrangers prêts à venir y travailler, sous réserve de son attractivité, celle-ci se dégradant actuellement, qu'en sera-t-il en 2050 ? Pourra-t-elle encore attirer une élite scientifique ?
- Si seule l'élite socio-professionnelle conserve un niveau intellectuel compétitif, comment le fossé entre celle-ci et le reste de la population pourra-t-il être géré (fracture sociale, troubles sociaux, etc.) ? Cette élite travaillera-t-elle encore en France (*brain drain*, *job drain*) ? Pourra-t-elle maintenir un avantage compétitif face au rythme de développement mathématique observé dans d'autres pays ? Quelle dépendance technologique envers d'autres États cela pourrait-il imposer ?
- Enfin, si la grande majorité de la population est affectée par l'amointrissement de sa compétence dans ce domaine, la France devra-t-elle compter essentiellement sur le tourisme et les services comme facteurs de création de richesse, ayant perdu sa compétitivité dans une grande partie de l'industrie ? Quel avenir cela assurera-t-il alors à la population en matière d'État-providence (service des retraites, Sécurité sociale, minima sociaux, etc.) ?

## Les mathématiques et la digitalisation de la société

Il importe de bien comprendre comment la digitalisation<sup>12</sup> impacte la vie économique et sociale. Trois points méritent particulièrement l'attention pour maintenir un niveau minimum de maîtrise du champ technologique au sein de la communauté nationale : la formation mathématique de base nécessaire aux professionnels confrontés à l'IA, la question de la traçabilité des données et celle du libre arbitre des individus, au-delà de la requalification massive de la population active imposée par la révolution de l'IA.

**Dans tous les secteurs d'activité économique**, de plus en plus de professionnels vont devoir non seulement apprendre à travailler avec l'IA – aujourd'hui générative et demain sans doute générale – mais aussi avoir la capacité d'évaluer et d'utiliser efficacement les algorithmes mis en œuvre<sup>13</sup>. Pour cela, ils auront besoin d'une solide formation en statistiques, en data science, en organi-

sation des données massives, et en capacité à rédiger de manière précise et concise des prompts (instructions destinées à une IA générative).

**Un univers de «data» où la traçabilité est clé.** Il s'agit de collecte, stockage, fusion, modélisation, extraction et redistribution massive ou ciblée de données, avec une puissance de calcul qui conditionne la fluidité et permet toutes les traçabilités, et, si l'on n'y prend garde, au détriement du respect de la vie privée. Les méthodes de calcul servent la sphère monétaire et financière, les transactions et spéculations à la vitesse de la lumière ATAWAD<sup>14</sup>, le secteur bancaire et assurantiel, la production robotique et co-botisée avec sa gestion des stocks et des flux et son optimisation, les systèmes de navigation, l'extraction minière pilotée à distance, les régulations en temps réel de réseaux de ressources (eau, énergie, télécommunications, ...), la chirurgie et l'ensemble du secteur de la santé, l'enseignement à distance en 3D, etc.

La traçabilité des données exige une compréhension approfondie des algorithmes et de la cryptographie pour sécuriser les échanges et stockages d'informations, disciplines fondamentalement ancrées dans les mathématiques. Cela permet non seulement de sécuriser les données personnelles mais aussi de garantir leur intégrité contre les manipulations. Cela renforce aussi la capacité d'un pays à protéger ses infrastructures de données et contribue à maintenir la confiance dans ses systèmes numériques.

**Le libre-arbitre dans un monde régi par l'IA** nécessite une population capable de comprendre et d'interroger les décisions algorithmiques. Les compétences mathématiques permettent de démystifier les processus sous-jacents des technologies numériques, donnant aux individus les outils nécessaires pour évaluer la pertinence et la justesse des conclusions tirées par les IA. Sans une solide éducation mathématique, les citoyens risquent de devenir des spectateurs passifs et manipulés, sans pouvoir sur les systèmes qui influencent de plus en plus leur vie quotidienne et l'exercice de leur libre choix.

Ainsi, il est essentiel de renforcer et démocratiser l'éducation mathématique pour équiper efficacement les citoyens confrontés aux défis de la digitalisation. ▲

12. Le numérique se réfère à la fondation technique, la manipulation des données binaires qui sous-tend la technologie moderne. Le digital englobe l'application stratégique et transformatrice de ces technologies numériques dans tous les domaines de la vie et du travail. (Kwark). Cf. Dubasque, D. (2019). Comprendre et maîtriser les excès de la société numérique. Presses de l'EHESP.

13. Cf. la création du Centre Européen pour la Transparence des Algorithmes (17 avril 2023).

14. Any Time, Any Where, Any Device : la possibilité offerte par les technologies numériques d'être toujours connecté depuis n'importe quel appareil.

# Réalités et raisons du déclin

## Le déclin

Face à ces besoins multiples de connaissances et de compétences en mathématiques, l'évolution de la situation française est préoccupante, comme le montrent les données relatives aux deux extrémités du spectre : l'éducation de base et la recherche de pointe.

**Au niveau de l'enseignement scolaire**, le problème se pose de manière distincte à deux niveaux.

- **Au primaire et au collège, la maîtrise des compétences mathématiques de base décline.** D'après les enquêtes internationales (PISA, TIMSS...) le niveau des élèves ne cesse de baisser depuis plus de 30 ans (cf. figure 1, extraite du rapport de l'Académie des technologies). La dégradation est confirmée dans l'étude PISA 2022 : la France figure aujourd'hui dans les derniers rangs européens. Une donnée est particulièrement frappante : à l'entrée en 6<sup>e</sup>, la plupart des élèves ignorent le sens des fractions les plus simples<sup>15</sup>.

- **Au lycée, l'appétence pour les mathématiques s'effondre.** En effet, la réforme du lycée a rendu possible le fait, maintenant établi, que de moins en moins de jeunes étudient les mathématiques en classe de terminale<sup>16</sup>, une évolution qui conduit à un rétrécissement de la compréhension des mathématiques au sein de la population, avec un impact particulièrement fort sur les jeunes femmes.

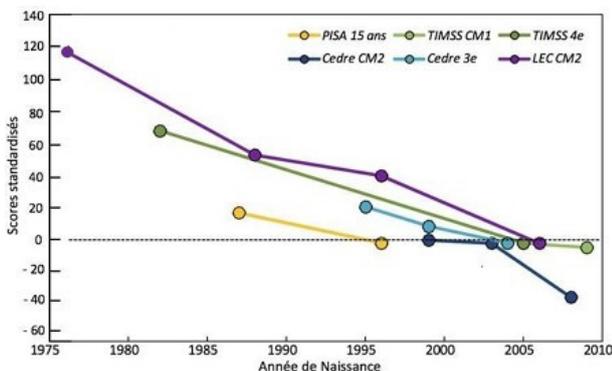


Figure 1: résultats en mathématiques des élèves français selon différentes évaluations (rapport AT)

Pour ce qui est de la recherche, les performances mesurées par les publications scientifiques situent la France au 5<sup>e</sup> rang derrière la Chine, les États-Unis, l'Inde et

l'Allemagne<sup>17</sup>. Cependant la situation se détériore. On observe une baisse relative des publications par rapport au reste du monde. Dans certains domaines, on ne compte plus de Français parmi les jeunes finalistes des concours internationaux (ce qui peut faire craindre un tarissement des plus hautes distinctions comme la médaille Fields). Enfin, le nombre de chercheurs et d'enseignants-chercheurs en mathématiques a diminué considérablement dans les dix dernières années<sup>18</sup>, à cause d'une réduction du nombre de postes ouverts aux concours, d'une désaffection des candidats face aux obligations de gestion pesant de plus en plus lourdement sur les postes universitaires dans le cadre de l'augmentation massive de la population étudiante (de 310 000 étudiants inscrits en 1960 à 2 935 000 à la rentrée 2022) et dans un contexte de vieillissement de la population des enseignants-chercheurs en mathématiques.

## Insuffisances structurelles

Il est important de noter d'emblée que la baisse du niveau de mathématiques s'inscrit dans une baisse générale du niveau éducatif et culturel de la jeunesse française : c'est l'ensemble du système éducatif français qui « flanche »<sup>19</sup>, malgré des dépenses d'éducation nationale (données 2019) supérieures à celles de la moyenne des pays de l'OCDE (5,2 % du PIB vs 4,9 %). La situation des mathématiques s'inscrit donc dans un contexte général dégradé. Celui-ci se caractérise d'abord par un manque croissant d'enseignants dans pratiquement toutes les disciplines. Parmi les principales causes : l'insuffisance des rémunérations et la difficulté d'exercer le métier dans de bonnes conditions. Ainsi, pour les enseignants du secondaire, la France se situe dans le bas de l'échelle en Europe de l'Ouest, avec des rémunérations très inférieures à celles offertes dans les pays du Nord de l'Europe, Allemagne en tête. La question des salaires des enseignants, trop bas, est une spécificité délétère française<sup>20</sup>. À ces problèmes de recrutement s'ajoute une grave insuffisance des formations au métier d'enseignant<sup>21</sup>.

Ces faiblesses structurelles sont encore plus manifestes pour les enseignants de mathématiques. C'est, en effet, dans ce secteur que :

- **Le manque d'enseignants est le plus important**, une forte proportion des postes ouverts au concours (CAPES) ne sont pas pourvus, faute de candidats ;

15. Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse. (2023, Septembre). Note d'alerte du CSEN, n°2.

16. Rapport HC, Figure 33 : 158 000 élèves en terminales générales en 2021, contre 274 000 en 1993. Une légère remontée en 2023 est à noter.

17. Rapport HC.

18. Rapport HC, pages 50 et suivantes.

19. CHARBONNIER, E. & HU, I. (2023). Programme International pour le Suivi des Acquis des élèves (PISA) : principaux résultats pour la France

du PISA 2022. OCDE. Le graphique, p. 6, montre que la baisse de niveau depuis 2000 ne porte pas que sur les mathématiques, mais aussi sur la compréhension de l'écrit (lecture) et les sciences.

20. De même que les salaires en général, écrasés par la dévaluation compétitive de la valeur travail à défaut d'ajustement possible par les parités monétaires dans un élargissement constant du libre-échange.

21. Pointée de manière récurrente par les rapports PISA.

- **La faiblesse relative des rémunérations** est la plus pénalisante pour le recrutement car la tentation de fuite des cerveaux vers l'entreprise est particulièrement sensible pour les diplômés en mathématiques, très demandés pour exercer des fonctions de plus en plus diversifiées ;

- **La formation professionnelle fait le plus défaut**, alors que cet enseignement requiert des qualifications particulières, avec une évolution rapide des besoins.

Enfin, les réformes sont insuffisantes, brouillonnes, parfois néfastes, voire catastrophiques dans leurs effets, comme celle du lycée en 2018. Celle-ci a significativement réduit les horaires consacrés aux mathématiques, tout en créant une section de « maths expertes » dont se sont détournés nombre d'élèves, la percevant comme ouvertement élitiste. Le nombre d'élèves de terminale qui suivent des cours de mathématiques a chuté de manière considérable au fil des années alors que le nombre total d'élèves a fortement augmenté<sup>22</sup> avec un effet particulièrement marqué chez les jeunes femmes et les jeunes issus de milieux défavorisés.

## Positionnement et nature de l'enseignement des mathématiques

Pendant de longues années, l'étude des mathématiques a été considérée par l'Éducation nationale, et progressivement intégrée dans les mentalités, comme la voie royale par excellence, au mépris d'autres matières non scientifiques et bien qu'elle ne détienne évidemment pas le monopole de construction d'un esprit rigoureux. Au fil des ans, elle est devenue l'instrument principal de sélection dans une société caractérisée par un sens poussé de l'honneur<sup>23</sup>. La sélection, au cours du secondaire, se fait sur la maîtrise du symbole (et du verbe, au niveau de l'élite post-bac, quand l'ENA était un modèle).

Parallèlement, les méthodes d'enseignement traditionnelles en France, qui privilégient la sanction des erreurs plutôt que l'encouragement à essayer pour surmonter l'échec, tendent à saper la confiance des élèves<sup>24</sup>. Ainsi, sélection par les maths et déficit de confiance en soi ont conduit à une crainte et un rejet des mathématiques par une partie importante des élèves, au fil de plusieurs générations (ce qui finit par créer une masse critique dans la population des parents). On peut ajouter à cela une tendance croissante à refuser la pénibilité : nombre de jeunes ne parviennent pas à faire l'effort nécessaire pour sur-

monter la difficulté d'un exercice de maths, pas plus que celui de la lecture d'un livre, même en français.

Il convient également d'évoquer la question de l'abstraction dans l'enseignement mathématique. La montée en abstraction est précisément au fondement des mathématiques, et c'est un objectif cardinal et justifié de son enseignement. Cela étant, l'introduction à l'abstraction, surtout dans le primaire et les premières années du secondaire, doit être faite dans le cadre d'une pédagogie équilibrée, qui a tendance à faire défaut ; c'est pourtant indispensable pour mettre cette discipline au niveau des esprits plus tournés vers le concret que vers l'abstrait. Il existe un déficit de variété des approches pédagogiques dans l'enseignement de cette matière. Comme proposé dans l'avis de l'Académie des Technologies, il convient de fonder davantage l'enseignement sur des démarches inductives (qui offrent l'exemple d'applications concrètes) plutôt que déductives (plus conceptuelles)<sup>25</sup>. Des méthodes, comme celle dite « de Singapour », s'appuient sur cette approche<sup>26</sup>. Il convient également de s'inspirer des informations fournies par les neurosciences sur les processus d'apprentissage des enfants, qui « commencent par la maîtrise de concepts et procédures simples »<sup>27</sup>.

La situation est compliquée par le caractère très inégalitaire du système d'enseignement français. Alors qu'il est confronté à une proportion significative d'enfants issus de classes défavorisées, il ne corrige pas les écarts entre les « inégalités de destin », voire il les aggrave<sup>28</sup>. Dans la mesure où les mathématiques sont perçues comme un instrument de sélection discriminant, elles contribuent au processus d'éviction et de déclassement. Parallèlement, elles accroissent aussi les inégalités de genre. Alors que les filles ont une maîtrise similaire à celle des garçons dans cette matière à l'entrée en CP (cours préparatoire), elles en sortent avec une maîtrise inférieure à celle des garçons<sup>29</sup>. Par la suite, ce décrochage se poursuit, comme en atteste la situation en terminale. Enfin, il n'y a que 25 % de femmes parmi les enseignants-chercheurs en maths<sup>30</sup>, même si on doit noter que cette situation est pourtant meilleure que celle d'autres pays européens. Les facteurs explicatifs sont multiples mais l'effet des préjugés de genre dans une société encore dominée par des valeurs patriarcales demeure important et on doit se montrer très attentif à cet aspect après l'impact négatif de la réforme du lycée.

Les problèmes évoqués ci-dessus commencent dès l'école primaire. Les décrochages s'observent dès la fin du CP et vont en s'aggravant lorsqu'ils ne sont pas traités à temps au niveau individuel. ▲

22. Rapport HC, Figure 33 : 158 000 élèves en terminales générales en 2021, contre 274 000 en 1993. Une légère remontée en 2023 est cependant à noter.

23. D'IRIBARNE, P. (1993). *La Logique de l'honneur*. Seuil.

24. ALGAN, Y., CAHUC, P., & ZILBERGER, A. (2012). *La Fabrique de la défiance*. Albin Michel.

25. Avis de l'AT, page 20 (Recommandations principales).

26. Voir Rapport VT, pages 18-20.

27. Voir Annexe 2 du Rapport AT.

28. Un trait régulièrement mis en évidence dans les études PISA. De ce point de vue la France est l'un des pays les plus inégalitaires de l'UE.

29. Rapport AT.

30. Rapport HC.

# Que faire ?

## Pistes pour des solutions

La crise de la COVID-19 a pointé l'impréparation comme facteur décisif ayant exacerbé l'effet de cette crise. Cette partie vise à décrire quelques pistes de solutions permettant de se préparer à affronter l'avenir en marche. Au vu de ce qui précède, il convient de penser l'enseignement des mathématiques, d'une part, dans le cadre d'une réforme générale du système éducatif, et, d'autre part, dans le cadre de l'enseignement spécifique des mathématiques, en dépassant la forme élitiste que l'on a souvent donnée à cet enseignement.

### Réaménager le système éducatif et l'enseignement des mathématiques

**À problème systémique, solution systémique** : il est clair que la réforme de l'enseignement des mathématiques doit s'inscrire dans celle du système éducatif dans son ensemble. Celle-ci inclut :

- **Une revalorisation des salaires** des enseignants, qui devraient progressivement être relevés au niveau de ceux des pays nordiques et de l'Allemagne ;
- **Un renouvellement des dispositifs de formation** des enseignants. L'établissement de nouvelles « Écoles normales » adaptées à notre temps, récemment annoncé, offre une opportunité importante à ne pas manquer ; une attention toute particulière à la formation continue dans une discipline où la formation initiale n'a pas, par exemple, donné une place suffisante aux statistiques et aux méthodes numériques (notamment dans le cadre de la formation des maîtres) mais aussi une culture générale des mathématiques (histoire des mathématiques et des différentes contributions culturelles au développement des mathématiques comme Pi, zéro, etc.) ;
- **Une prise en compte des élèves au niveau individuel** pour définir la meilleure pédagogie à leur appliquer ;
- **Une restauration de la rigueur dans l'évaluation** des savoirs et du savoir-être des élèves, mais dans une perspective de renforcement de la confiance en soi plutôt que de peur de l'échec.

**En ce qui concerne plus spécifiquement l'enseignement des mathématiques**, de nombreuses recommandations très pertinentes ont été exposées dans les rapports susmentionnés :

- **Reconnaître l'importance capitale du primaire** (le premier degré). C'est là où les décrochages commencent et où il est encore possible d'y remédier ; les

mesures à prendre, très détaillées dans les rapports VT et AT, portent, entre autres, sur la formation des enseignants et la nécessité de les rendre à l'aise avec la discipline indépendamment de leur formation initiale, le dédoublement des classes en zone prioritaire, un enseignement plus inductif, des évaluations régulières et standardisées de l'apprentissage du calcul... ;

- **Au niveau du secondaire**, remédier rapidement et de façon affirmée aux déséquilibres engendrés par la réforme du lycée de 2018 ; faire en sorte que les élèves de différents niveaux puissent progresser de concert, sans pénaliser les plus aptes à l'abstraction ; offrir pour les mathématiques des possibilités d'étalement du premier cycle des collèges sur 5 ans (au lieu de 4 ans) pour faciliter les rattrapages ;

- **Au niveau du supérieur et des enseignants-chercheurs**, diverses mesures sont proposées dans le rapport HC, en particulier un grand programme pour favoriser la rétention des docteurs dans le système français et leurs interactions avec l'économie comme la création en grand nombre de postes de « lecteurs » (« Maths 2030 ») ;

- **Au niveau de la formation professionnelle continue**, une mise à niveau des compétences en statistiques, manipulation des données, utilisation des algorithmes de l'IA, etc. s'impose. Cette mise à niveau s'effectue de plus en plus dans le cadre « d'universités d'entreprise », mais devrait aussi bénéficier à l'ensemble des employés concernés dans l'économie, notamment dans les PME, via les fédérations professionnelles. À noter que les (grandes) entreprises pourraient, en retour, faciliter l'emploi de leurs cadres scientifiques par l'Éducation nationale afin de pallier la pénurie d'enseignants en mathématiques, à la vacance, dans le contexte de la RSE.

**La mise en œuvre de ces mesures** devrait s'accompagner d'un suivi précis et continu de leurs effets, avec le concours de toutes les parties prenantes, y compris des représentants des parents d'élèves. Et, en fonction des résultats, il faudrait les ajuster sans tarder pour en corriger les insuffisances ou les effets négatifs, ou généraliser celles qui, initiées à titre pilote, donnent satisfaction. À cet égard, on ne peut que s'étonner de l'inertie dont a fait preuve la société française face à un déclin repéré il y a déjà une trentaine d'années, avec les premières enquêtes PISA. Mais on a longtemps préféré en contester la méthodologie. Plus récemment, les alertes lancées sur l'aggravation du problème, tout comme les propositions de réformes faites dans les rapports susmentionnés, n'ont pas reçu toute l'attention qui s'imposait. C'est pourquoi des dispositifs d'évaluation bien conçus, impliquant toutes les parties, sont indispensables.

À l'évidence, les efforts de redressement — tant ceux qui concernent le système éducatif dans son ensemble que l'enseignement des maths — requièrent des ressources financières non négligeables. Comme la moyenne des pays de l'OCDE, la France investit environ 7 % de son PIB dans l'éducation. Mais la conjoncture actuelle n'est pas favorable à une dépense publique accrue. Il reste, dès lors, soit à diminuer le coût moyen annuel d'un apprenant dans le système éducatif français<sup>31</sup>, soit à augmenter la contribution financière des apprenants, option très délicate à mettre en œuvre.

## Innover dans l'apprentissage des mathématiques

Les mesures rappelées ci-dessus sont indispensables. Mais elles risquent de ne pas être suffisantes pour résoudre les problèmes de fond qui détournent beaucoup de jeunes des mathématiques du fait de la nature de l'enseignement qui est prodigué. Pour sortir, d'une part, de la sacralisation passée des mathématiques (voie royale) et, d'autre part, d'un excès d'abstraction de la matière qui peut prendre un caractère élitiste, il est proposé de déployer une conception pyramidale à base large de l'enseignement de cette discipline, et remplacer ainsi son silotage et sa verticalisation actuels, selon les mesures suivantes (qui s'inscrivent dans la ligne du rapport VT) :

- **Former des enseignants bi-matières**, ce qui non seulement donnerait plus de souplesse dans la gestion du corps enseignant (notamment pour pallier les absences), mais surtout permettrait d'intégrer les mathématiques dans les disciplines connexes et d'en faire un usage plus en situation ; cette dualité serait facilitée par le dispositif de formation des enseignants proposé par le rapport VT, à savoir des masters dédiés à l'enseignement dès la première année, dont les contenus seraient modulés suivant les enseignements auxquels les étudiants se destinent, les mathématiques prenant plus d'importance pour ceux qui s'y destinent mais tous les étudiants recevant une formation minimale dans la matière ;
- **Généraliser l'individualisation de l'apprentissage**, par exemple la Khan Academy, portant sur les enseignements du primaire et du secondaire, permet à chaque élève de suivre selon ses propres capacités (importance de la « pédagogie par ses pairs »), gratuitement ; les programmes de cette académie (qui portent sur de nombreuses matières et pas seulement sur les mathématiques) ne viennent pas se substituer

aux enseignements des « profs », mais ils viennent les compléter et les renforcer. L'IA ouvre des perspectives intéressantes avec le même objectif d'un enseignement adapté à chaque élève : individualisation de contenus et mentorat virtuel personnalisé<sup>32</sup> ;

- **Relier l'enseignement des mathématiques au concret dans une démarche inductive**. Dans cet esprit, mieux faire comprendre leur utilité pratique grâce à des exemples, d'abord simples puis de plus en plus complexes (apprentissage de la programmation en informatique et de la fabrication des algorithmes...) ; ou encore offrir à l'élève des exemples d'applications concrètes de ce qu'il apprend. Ainsi la métrologie est intimement liée aux mathématiques, s'agissant des calculs de résolution de problèmes requérant la mesure du visible et de l'invisible (ondes acoustiques et électromagnétiques, ondes ionisantes et radioprotection), de l'espace et du temps (cf. la gnomonique), et de leurs incertitudes. La métrologie permet aussi à l'élève d'entrer dans la mesure des phénomènes et des sciences de son temps<sup>33</sup> ;
- **Développer les mathématiques alternatives**, reconnaître qu'il existe différentes formes d'intelligence des phénomènes ne signifie pas faire l'impasse sur l'acquisition de notions essentielles mais, au contraire, se servir d'approches alternatives (adaptées à ces différentes intelligences) pour favoriser cette acquisition : l'informatique et la technologie par exemple ;
- **Aborder cette discipline par le biais des « méta-math »**<sup>34</sup> pour les élèves les plus réfractaires : des narratifs, des substituts comme l'enseignement du latin par exemple ; aujourd'hui les technologies de l'information et de la communication, à travers les animations, les vidéos, etc. offrent des outils de compréhension au potentiel encore largement sous-utilisé dans l'enseignement.

## Synthèse des orientations

D'après ce qui précède, il est clair qu'il convient d'inscrire l'action pour les mathématiques dans une politique d'éducation et de recherche rehaussées, à la mesure des ambitions et des moyens de la nation et des défis auxquels elle aura à faire face.

Les mesures à prendre peuvent se résumer en quelques formules simples, qui s'appliquent à l'effort éducatif en général et qui trouvent leur déclinaison spécifique pour

31. « En 2022, la dépense moyenne d'éducation est de 7 910 € pour un élève du premier degré, 10 770 € pour un élève du second degré et 12 250 € pour un étudiant » dans le système éducatif français. Ces chiffres reflètent les dépenses globales d'éducation qui comprennent les salaires des enseignants, les infrastructures, et les programmes éducatifs. INSEE.

32. World Economic Forum. (2024, April).

33. Par exemple, pour un élève qui aborde la génétique, il importe de savoir que la production d'une séquence d'ADN requiert une préci-

sion de mesure à la femtoseconde, et que la qualité de la métrologie du temps est cruciale ; elle requiert des dispositifs techniques très complexes tels que les horloges à atome froid dont la précision en laboratoire est de l'ordre de 10<sup>-16</sup> à 10<sup>-18</sup>s ; il en est de même avec la géolocalisation à précision élevée par satellites, qui embarquent des horloges atomiques pour cette raison.

34. Terme emprunté à CHAITIN, G. (2006). Meta Math! The Quest for Omega. Knopf Doubleday Publishing Group.

les mathématiques, en gardant à l'esprit que c'est une œuvre de longue haleine dans une perspective de long terme :

- **Élever le niveau de chacun.** Accomplir un effort bénéficiant à l'ensemble des élèves, en surmontant en particulier les inégalités de destin, de richesse et de genre, dès l'école primaire ;
- **Stopper la paupérisation.** Faire face aux pénuries d'enseignants, particulièrement sensibles en mathématiques, en revalorisant considérablement les rémunérations par rapport aux autres professions, même si ce rattrapage prendra naturellement du temps ;
- **Former les formateurs.** Prodiguer des enseignements de qualité en mathématiques, grâce à une formation poussée et adaptée aux différentes filières des candidats enseignants – une mise à niveau générale s'impose sur ce plan, y compris dans le cadre de la formation permanente, hors du calendrier d'enseignement ;
- **Innover dans les méthodes,** afin de surmonter des biais élitistes et des modalités d'enseignement ne s'appuyant que sur des approches abstraites qui détournent certains élèves de la matière ;

- **Évaluer et ajuster.** Se donner les moyens de suivre finement et en temps réel les impacts des réformes mises en œuvre et d'ajuster en conséquence les mesures prises, avec le concours de toutes les parties prenantes ; cela aurait permis par exemple de repérer immédiatement les effets très négatifs de la réforme du lycée pour les jeunes femmes.

- **Interagir avec l'IA.** Orienter les recherches en IA pour améliorer la qualité de l'apprentissage des mathématiques et, simultanément, repenser l'apprentissage des mathématiques pour prendre en compte les interactions croissantes avec l'IA.

Inspirées, pour la plupart, par les rapports importants publiés sur ce sujet ces dernières années, les mesures suggérées dans cette note sont rassemblées dans le tableau ci-après. Elles sont classées selon les trois catégories suivantes : les pistes d'action applicables au système éducatif dans son ensemble, les actions concernant spécifiquement les mathématiques, et l'horizon auquel on peut s'attendre que ces effets se manifestent – résultats tangibles à court terme (1 à 3 ans), moyen terme (3 à 10 ans) ou long terme (10 ans et plus). Toutes les mesures sont à mettre en place d'urgence, de manière pleine ou progressive s'il y a lieu (par exemple pour la rémunération et la formation des enseignants).

## CONCLUSION

Cette note d'alerte de la Fondation 2100 relative à l'enseignement des mathématiques en France, synthétisant les principaux travaux récents réalisés en la matière<sup>35</sup>, vise à souligner un triple enjeu systémique à moyen et long terme :

- **Perte de liberté et de rationalité critique** de la majeure partie de la population française face aux manipulations accrues par le pouvoir du numérique, des réseaux sociaux aux algorithmes conversationnels ;
- **Inégalités socio-professionnelles croissantes** si les apprenants féminins, les jeunes des milieux défavorisés ou les élèves aux aptitudes plus concrètes qu'abstraites devaient continuer à abandonner l'instruction mathématique ;
- **Perte de la souveraineté nationale** si nous ne devions plus maîtriser le champ technologique dans son ensemble et dans sa transversalité.

**Les trois axes de recommandation proposés, indispensables et urgents, se résument ainsi :**

- **Interrompre la dégradation du niveau mathématique de la jeune génération** en France. Il est d'autant plus important de s'y employer sans délai que cela prendra du temps et que nombre de mesures ne porteront leurs fruits qu'à long terme ;
- **Articuler la politique d'enseignement et de recherche en mathématiques** avec les progrès et les défis de la digitalisation de la société et de l'économie, et plus particulièrement ceux afférents à l'IA ;
- **Inscrire cet effort dans une politique d'éducation,** de recherche et d'innovation plus ambitieuse et plus prospective, caractérisant un État visionnaire autant que gestionnaire.

Notre avenir culturel, économique et social se joue maintenant. ▲

35. Rapports mentionnés p.1.

# ANNEXE RÉCAPITULATIVE

Actions générales	Actions spécifiques pour les mathématiques	Effets attendus à...
Mobilisation de toutes les parties prenantes dans le cadre d'un rehaussement des politiques nationales d'éducation et de recherche avec actions et budgets correspondants	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rétablissement des enseignements de maths pour toutes les filières au lycée</li> <li>• Mise en place de pédagogies adaptées au niveau des élèves dans l'ensemble du système éducatif</li> <li>• Face aux pénuries d'enseignants, mobilisation de cadres (scientifiques, ingénieurs) d'entreprises pour des enseignements ponctuels dans le contexte de la RSE (vacations)</li> </ul>	Court terme (1-3 ans)
Adaptation de la formation des professeurs (Nouvelles Écoles normales)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formation d'enseignants « bi-matières »</li> <li>• Développement des démarches inductives dans l'enseignement</li> <li>• Généralisation de dispositifs d'apprentissage à distance (de type Khan Academy) en appui des enseignements en classe</li> <li>• Promotion des « maths alternatives » (informatique, technologie, etc.) et des « méta maths » (narratifs, par exemple)</li> <li>• Adaptation des modes d'évaluation des progrès réalisés par les élèves</li> <li>• Pour les « post-docs », grand programme pour favoriser leur intégration dans l'économie (« lecteurs »)</li> </ul>	Moyen terme (3-10 ans)
Augmentation significative de la rémunération des enseignants  Dispositifs d'évaluation des mesures prises et d'ajustement en fonction des résultats obtenus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour la recherche en mathématiques : rénovation des infrastructures (centres de rencontres, bibliothèques, centres de calcul, etc.)</li> <li>• Maîtrise de l'IA</li> </ul>	Long terme (10 ans et plus)

## Contacts :

Jean-Éric AUBERT ([aubert@2100.org](mailto:aubert@2100.org))  
Jean-Pierre BOURGUIGNON ([jpb@ihes.fr](mailto:jpb@ihes.fr))