



L'enseignement des sciences

WAYT GIBBS • DOUGLAS FOX

Une enquête internationale menée dans une cinquantaine de pays a montré que les lycéens français ont de bons scores en mathématiques. En revanche, ils sont plutôt mal classés en sciences.

Depuis la fin des années 1940, de nombreux pays se lamentent cycliquement : le niveau des étudiants baisse dans les matières scientifiques. Le pessimisme a atteint son paroxysme, aux États-Unis, en 1957, quand l'Union soviétique a lancé le premier *Sputnik*. Les Américains étaient persuadés que les Russes étaient de bien meilleurs scientifiques qu'eux, notamment parce que l'enseignement dispensé aux lycéens était plus rigoureux en sciences et en mathématiques. Puis le Japon les inquiéta : les Japonais, eux, avaient su enseigner les sciences appliquées à leurs étudiants, et ils maîtrisaient désormais les techniques nouvelles.

Si les circonstances qui déclenchent les crises varient, quelques éléments demeurent. Chaque fois, le corps enseignant tire la sonnette d'alarme. De plus en plus de pays se demandent si leur système éducatif est adapté aux valeurs et aux enjeux de leur société. On s'interroge sur les connaissances réellement acquises par les jeunes, sur les moyens qui sont mis ou que l'on devrait mettre à leur disposition pour satisfaire les exigences auxquelles ils seront soumis au cours de leur vie professionnelle.

En analysant les rapports sur l'enseignement publiés au cours des 30 dernières années, Gregory Cizek, de l'Université de Toledo, a dénombré plus de 4 000 livres et articles où les enseignants déplorent la baisse du niveau des élèves. Une autre question revient périodiquement : à quel point

la réussite économique d'un pays dépend-elle du niveau scientifique et technique de ses étudiants ? Selon G. Cizek, la domination économique et scientifique des États-Unis s'effrite parce que les universités ne produisent plus assez de scientifiques, d'ingénieurs et de techniciens de haut niveau. Ce manque de bons scientifiques menacerait le développement économique et limiterait l'augmentation du niveau de vie. Une des difficultés vient sans doute du fait que, dans les périodes de crise, on préfère mettre en chantier de vastes réformes dont les fondements sont fragiles plutôt que des réformes plus limitées, mais sans doute plus efficaces.

En fait, le niveau en mathématiques et en sciences des élèves parvenant en fin d'études secondaires a-t-il vraiment baissé ? D'après un test réalisé à l'échelon national, aux États-Unis, le niveau des élèves est meilleur qu'il y a dix ans, et, en moyenne, les jeunes adultes ont davantage de connaissances en sciences fondamentales que leurs parents ou leurs grands-parents.

Entre 1980 et 1995, le nombre des lycéens américains a augmenté de près de 30 pour cent, malgré la baisse du nombre des adolescents. En France, si le nombre des collégiens est resté quasiment stable pendant cette période, le taux d'accès au baccalauréat a plus que doublé, atteignant 68 pour cent d'une classe d'âge, et la proportion de ceux qui obtiennent un niveau de formation reconnue (brevet

d'enseignement professionnel, certificat d'aptitude professionnelle ou baccalauréat) a atteint 91 pour cent. Depuis une dizaine d'années, le nombre de maîtrises obtenues en sciences et technique a augmenté, en France comme aux États-Unis.

Un demi-million d'étudiants dans 50 pays

Pour évaluer objectivement le niveau en mathématiques et en sciences des élèves de fin d'études secondaires, 500 000 jeunes d'une cinquantaine de pays de tous les continents ont participé à une étude internationale, la Troisième étude internationale sur les mathématiques et sur les sciences (TIMSS), organisée sous l'égide de l'IEA, l'Association internationale pour l'évaluation du rendement scolaire. Trois « populations » d'élèves constituaient cette cohorte : des élèves de neuf ans, de 13 ans et de fin d'études secondaires. La France a participé à l'évaluation des élèves de 13 ans, c'est-à-dire des collégiens des classes de cinquième et de quatrième, et des élèves de fin d'études secondaires d'enseignement général, technologique et professionnel.

Les élèves devaient répondre à diverses questions à choix multiple ou à des questions ouvertes, où l'on ne

1. EXPÉRIMENTATIONS en milieu naturel et en classes de travaux pratiques doivent aider les élèves à élaborer leur culture générale en sciences.



B. Daemirch, The Image Works

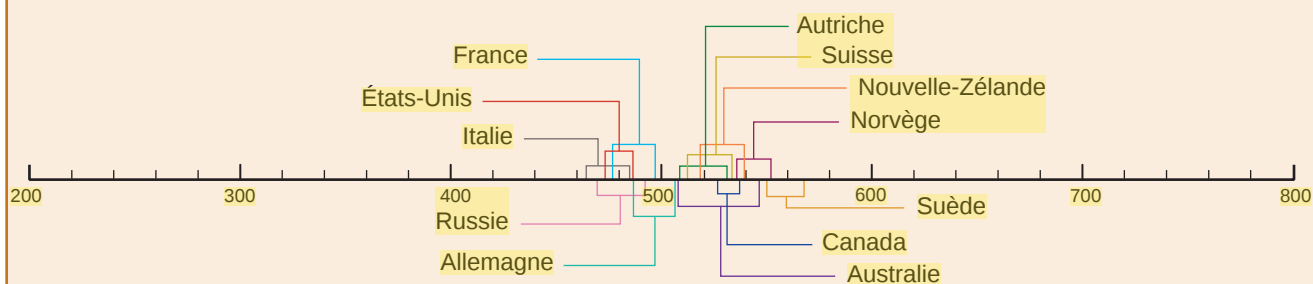


X. Tesselin/Rapho



Caroline Aitbold/Rapho

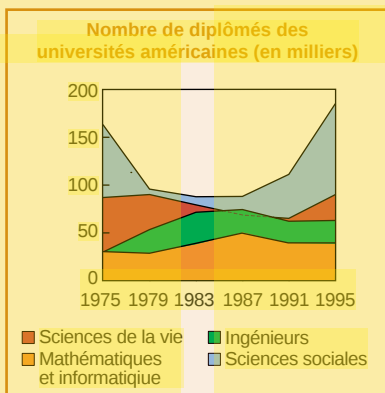
Comparaison des résultats obtenus en fin d'études secondaires



2. LES RÉSULTATS globaux obtenus par les lycéens des différents pays qui ont participé aux tests comparatifs sont voisins. Les Suédois viennent en tête. La France, les États-Unis et l'Italie obtiennent des résultats comparables si l'on tient compte des marges d'erreurs.

La recherche américaine n'est pas en crise

Quel que soit le niveau des lycéens en sciences et en mathématiques, les universités américaines ne manquent pas d'élèves brillants. Le nombre de doctorats en sciences et de diplômes d'ingénieur délivrés a augmenté de 130 pour cent depuis 1966, tandis que la population des États-Unis n'a progressé que de 35 pour cent. Les progrès ont été plus marqués dans certaines disciplines, les thésards en physique ayant diminué de 27 pour cent depuis 1992. Selon Patrick Mulvey, de l'Institut de physique américain, cette évolution reflète une diminution du nombre d'offres d'emploi dans l'industrie de l'armement et dans les industries dérivées, depuis la fin de la guerre froide.



Dans d'autres disciplines, un excès de thésards serait plus à craindre qu'un manque. Ainsi, en France comme aux États-Unis, la sonnette d'alarme doit être tirée en biologie. En 1988, le département américain de la recherche a demandé de limiter le nombre de thèses en biologie.

La situation aux États-Unis est encore compliquée par le fait que, traditionnellement, ce pays accepte de nombreux étudiants en thèse, voire même après la thèse, et que la proportion des étudiants qui veulent rester après leur thèse augmente. En 1996, près de 68 pour cent des étudiants étrangers ayant obtenu un doctorat scientifique ou technique voulaient s'installer aux États-Unis, contre 49 pour cent en 1980.

proposé pas un choix de réponses (voir l'encadré page 66). Ces tests évaluaient les connaissances générales en mathématiques, les connaissances générales en sciences et la capacité de raisonnement de l'ensemble des élèves en fin d'études secondaires ; s'y ajoutaient des questions sur l'environnement et sur la société. Les lycéens répondaient également à un questionnaire sur leur environnement social et culturel, sur leurs opinions et attitudes par rapport aux mathématiques et aux sciences, et sur certains aspects des méthodes pédagogiques utilisées par leurs enseignants.

Selon William Schmidt, qui a coordonné l'enquête aux États-Unis, une telle étude – largement soutenue et prise en compte par le gouvernement américain – présente l'intérêt de clarifier comment les différentes méthodes d'enseignement modèlent les connaissances des élèves. Toutefois, les résultats de cette enquête, due à une collaboration internationale solide, doivent être interprétés avec quelque précaution : l'âge des élèves, le nombre d'heures de cours, la structure des études, les programmes et les types d'enseignement pris en compte dans l'étude varient notablement d'un pays à l'autre.

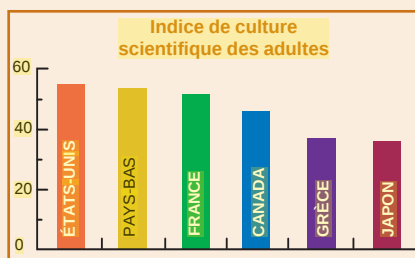
Dans les pays qui ont les scores les meilleurs, les élèves sont parfois plus âgés, mais ne font pas de petits métiers pour payer leurs études, ce qui est souvent le cas aux États-Unis. Toutefois, l'étude n'a pas montré que les résultats sont meilleurs quand on allonge la durée des études ni quand on offre des allocations aux étudiants – c'est le cas en Suède.

Certains ingrédients considérés comme nécessaires et suffisants à l'obtention de bons résultats ont été remis en question par l'étude. Dans les pays obtenant les meilleurs scores, les

Non, le niveau ne baisse pas

Contrairement au dogme, le niveau des élèves en sciences ne baisse pas. D'après une étude conduite par Jon Miller, à Chicago, la culture scientifique des adultes a augmenté depuis 1985, et les résultats obtenus à des tests de culture scientifique générale par des jeunes de 18 à 29 ans sont meilleurs que les résultats des plus de 40 ans. Les résultats obtenus en mathématiques et en sciences par des jeunes de 17 ans sont un peu meilleurs que les résultats de 1982, mais restent inférieurs aux résultats de tests datant de la fin des années 1960. Toutefois, même dans les pays qui obtiennent les meilleurs scores, beaucoup d'étudiants ne savent pas répondre à des questions telles que : qu'est-ce qu'une

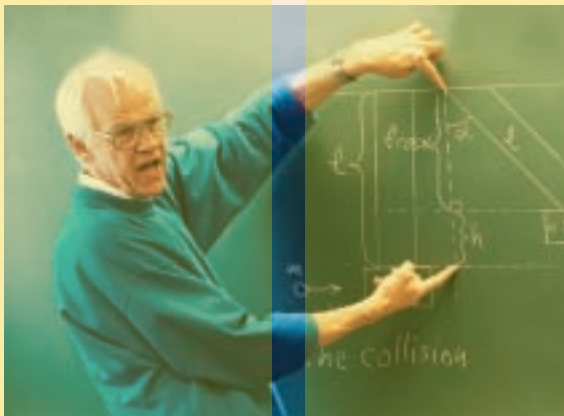
molécule ? (11 pour cent seulement de réponses correctes) ; qu'est-ce que l'ADN ? (22 pour cent de réponses correctes) ; les lasers fonctionnent-ils avec des ondes sonores ? (39 pour cent) ; quelle est la durée d'une révolution de la Terre autour du Soleil ? (48 pour cent).



Pour une culture scientifique générale

L'enseignement des sciences de la nature (de la physique, de la chimie ou de la biologie) s'effectue parfois en trois étapes : les professeurs commencent par enseigner les concepts ; puis ils les illustrent par des exercices qu'ils résolvent au tableau et ils donnent des exercices d'application ; enfin, ils donnent des instructions précises pour que les élèves fassent des expériences dont ils connaissent déjà le résultat. Diverses études ont montré que les élèves, face à une information nouvelle, ne raisonnent pas de la même façon que les adultes. Quand on dit à un enfant que la densité d'un objet est égale à sa masse divisée par son volume, il pense au «volume» de son baladeur, ou à son frère qui l'a qualifié, la veille, de «lourd». Les enfants se sentent parfois frustrés de ne pas comprendre le sens même des mots.

D'autres approches, où l'expérience vient en premier, semblent préférables. On peut notamment encourager les élèves à explorer eux-mêmes un phénomène. L'enseignant cherche ensuite à aider les élèves à formuler des hypothèses sur ce qu'ils ont observé. Alors seulement le professeur formalise le problème étudié. D'autres expériences, divers problèmes, des lectures complémentaires font ensuite le lien entre ce nouveau savoir et les expériences de la vie quotidienne.



Johan Gunseus, Pressens Bild/ABA

Les élèves qui bénéficient de ce type d'enseignement semblent retenir mieux ce qu'ils apprennent, apprécier davantage les sciences, atteindre des niveaux de raisonnement supérieurs et mieux résoudre les problèmes scientifiques de la vie courante. Il semble également que la culture scientifique générale soit meilleure quand les enseignants se limitent à quelques concepts fondamentaux, ce qui leur laisse du temps pour élaborer avec les élèves des projets à long terme qui font le lien entre la science du laboratoire et celle que l'on côtoie tous les jours.

Lorsque les élèves abordent les sciences physiques, ils ont parfois des idées fausses sur le fonctionnement du monde. Certains pensent que des matériaux, telle la laine, sont intrinsèquement chauds,

tandis que d'autres, par exemple les métaux, sont froids. Même un cours ne réussit souvent pas à battre en brèche ces idées fausses. Pour les combattre, certains enseignants proposent aux enfants d'exposer leurs idées, qu'ils utilisent comme point de départ pour des expériences qui leur servent à exposer des hypothèses scientifiques. Les enseignants doivent posséder parfaitement leur sujet pour rendre cette approche efficace. Quand ils y parviennent, les élèves résolvent beaucoup mieux les problèmes de physique.

TIMSS : des années de coopération internationale

L'enquête TIMSS a-t-elle été l'objet d'une compétition internationale acharnée, ou bien chaque pays s'est-il enrichi des réflexions des autres participants ? Selon Anne Servant, du ministère de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie, qui a coordonné l'étude pour la France, des pédagogues d'horizons et de pays variés ont participé, dès 1991, à la mise en place d'un cadre général de contenus et de compétences accepté par tous. Plusieurs comités spécialisés dans divers domaines ont été créés, regroupant de nombreux partenaires. Loin de se borner à des tests proposés aux élèves, l'enquête a recueilli un grand nombre d'informations sur les opinions des élèves et des professeurs, et sur les pratiques pédagogiques. Une analyse comparative approfondie des programmes d'enseignement a été menée.

Les réunions bisannuelles de représentants de tous les pays et de compétences diverses ont permis de confronter différentes problématiques. Ainsi, en 1993, près de 700 exercices destinés aux élèves de 13 ans ont été traduits dans toutes les langues et expérimentés, puis revus, corrigés, discutés durant des années en fonction des différentes remarques formulées. L'élaboration d'exercices adaptés aux élèves de fin d'études secondaires des différents systèmes éducatifs a été ardue.

Les informations recueillies au collège montrent que les sciences n'occupaient pas, en France, en 1995, la place qu'elles avaient dans l'environnement social d'autres pays : la France était le dernier pays sur 37 où les professeurs considéraient comme important que les élèves fassent preuve de créativité, le trente-quatrième à considérer que la science est un guide pratique et structuré pour traiter des problèmes concrets, le troisième pays sur 39 où les élèves et leur entourage considéraient qu'il est plus important de réussir en mathématiques qu'en sciences.

Les résultats obtenus par les élèves français de 13 ans ont été médiocres. Même si peu d'exercices de sciences correspondaient aux programmes de ces élèves, les résultats n'étaient guère meilleurs quand on ne retenait que les exercices correspondant au programme, et le classement changeait peu. En Corée, de nombreux exercices ne correspondaient pas non plus au programme ; pourtant les collégiens ont bien réussi. Il semble que, dans ce pays, les sciences occupent une bonne place dans l'environnement social (émissions de télévision consacrées aux sciences, par exemple).

À la fin des études secondaires, l'enquête a donné des informations sur les connaissances générales de l'ensemble des jeunes en mathématiques et en sciences, et des épreuves spécifiques ont été réservées aux lycéens de la série S. Les résultats médiocres en connaissances générales, très bons en mathématiques, mais faibles en physique sont peut-être la suite de certaines constatations faites au collège.

Grâce à TIMSS, une voie d'échanges approfondis entre les pays des divers continents a été ouverte. C'est à ce besoin d'ouverture qu'ont répondu les établissements scolaires : ils ont activement pris part à l'enquête à une période de l'année où les élèves passent le baccalauréat, et la mise en place de l'étude dans toutes les filières n'a pas été aisée. Le ministère français de l'Éducation nationale s'est engagé dans l'étude, souhaitant bénéficier d'informations complémentaires dans un processus général de réflexion ; depuis, il a poursuivi cet effort et l'a approfondi, voulant doter le pays de tous les moyens de réflexion sur un enseignement de mieux en mieux adapté aux besoins des jeunes face à la société moderne.