



3

Cadre d'évaluation de la culture scientifique du cycle PISA 2009

Ce chapitre présente les fondements théoriques du cadre d'évaluation de la culture scientifique dans le cadre de l'enquête PISA 2009. Il commence par définir la notion de culture scientifique, puis analyse l'organisation de ce domaine d'évaluation dans l'enquête PISA, avant de décrire le contexte des items. Le présent chapitre décrit, en outre, les connaissances et compétences au cœur de l'évaluation : identifier des questions d'ordre scientifique, expliquer des phénomènes de manière scientifique et utiliser des faits scientifiques. Il étudie ensuite la façon dont les connaissances et les attitudes sont également intégrées dans la définition PISA de la culture scientifique. Enfin, il présente tout au long de l'analyse des exemples d'items afin d'illustrer la classification, le format et la structure de l'évaluation PISA de la culture scientifique.



INTRODUCTION

Ce cadre décrit et illustre la définition de la *culture scientifique* retenue dans l'enquête PISA, et définit le contexte des items. Les sciences sont un domaine d'évaluation mineur du cycle PISA 2009. La définition du domaine est inchangée par rapport à celle du cycle PISA 2006, dont les sciences étaient pour la première fois le domaine majeur d'évaluation (OCDE, 2006 ; Bybee et McCrae, 2009), malgré quelques modifications terminologiques introduites dans le souci d'aligner la terminologie de l'enquête PISA sur celle employée dans l'initiative DeSeCo de l'OCDE (OCDE, 2003).

Dans ce cadre d'évaluation, l'expression « culture scientifique » renvoie à une compétence globale, constituée de trois compétences scientifiques spécifiques. La notion de compétence n'implique pas uniquement des savoirs et savoir-faire (OCDE, 2003), elle inclut aussi la capacité à mobiliser des ressources cognitives et non cognitives dans tout contexte donné. Dans la description des dimensions cognitives des compétences scientifiques spécifiques, correspondant à l'évaluation PISA de sciences du présent cycle, il est fait référence aux *connaissances et compétences scientifiques* des élèves, mais les sous-échelles créées en sciences lors du cycle PISA 2006 (OCDE, 2006) restent dites de *compétences scientifiques*.

Comme les sciences sont un domaine mineur d'évaluation dans ce cycle, le questionnaire Élèves ne comportera pas d'items sur les attitudes générales des élèves à l'égard de la science ; de la même façon, les épreuves n'incluront pas de questions sur les attitudes en plus des items cognitifs, comme ce fut le cas lors du cycle PISA 2006. Dans cette version du cadre d'évaluation de sciences révisé en vue du cycle PISA 2009, la section « Évaluation PISA de la *culture scientifique* » a été modifiée pour intégrer ces changements, la description des échelles de compétence a été actualisée et des items du cycle PISA 2006 qui ont été rendus publics sont inclus à titre d'exemple.

Une bonne compréhension des sciences et des technologies est essentielle pour un jeune qui se prépare à vivre dans une société moderne. C'est ce qui permet aux individus de participer pleinement à la vie d'une société où les sciences et les technologies tiennent une grande place. Cette compréhension leur permet aussi de prendre une part active dans les débats sur l'action publique, lorsque des thématiques en rapport avec les sciences et les technologies ont un impact dans leur vie. Comprendre les sciences et les technologies contribue significativement à la vie personnelle, sociale, professionnelle et culturelle de tous.

Dans la vie de tous les jours, très nombreuses sont les occasions où les individus sont confrontés à des situations, à des problèmes ou à des débats qu'ils ne peuvent véritablement comprendre ou résoudre sans une certaine maîtrise des sciences ou des technologies. Des questions d'ordre scientifique ou technologique se présentent chaque jour à eux, dans leur vie personnelle, dans celle de leur communauté et de leur pays, et même à l'échelle mondiale. Dans ce contexte, les dirigeants nationaux devraient être amenés à se demander dans quelle mesure les citoyens de leur pays sont préparés à y faire face. La question de savoir comment les jeunes réagissent face à des questions scientifiques au sortir de l'école est essentielle à cet égard. Sonder les jeunes de 15 ans peut fournir, de manière précoce, des indications sur la façon dont ils se comporteront plus tard dans les diverses situations qui impliquent les sciences et les technologies.

Il semble donc judicieux de fonder une évaluation internationale des compétences des jeunes de 15 ans sur la question « quels sont les savoir-faire, les connaissances et les valeurs qu'un citoyen doit posséder pour faire face à des situations impliquant les sciences et les technologies ? ». Répondre à cette question revient à déterminer sur quelles bases il convient d'évaluer les connaissances, les valeurs et les compétences des élèves par rapport à ce dont ils auront besoin à l'avenir. Au cœur de cette réponse se trouvent les compétences sur lesquelles repose la définition de la *culture scientifique* de l'enquête PISA. Il s'agit de déterminer dans quelle mesure les élèves sont capables de mettre en œuvre les compétences suivantes :

- identifier des questions d'ordre scientifique ;
- expliquer des phénomènes de manière scientifique ; et
- utiliser des faits scientifiques.

Pour pouvoir mettre ces compétences en œuvre lorsqu'ils abordent des questions scientifiques, les élèves doivent, d'une part, posséder des savoirs et des savoir-faire d'ordre cognitif et, d'autre part, avoir certaines valeurs, motivations et attitudes.

L'idée de cerner les savoirs, les valeurs et les savoir-faire des citoyens dans des situations impliquant les sciences et les technologies peut paraître simple et directe. S'atteler à cette tâche conduit à envisager le vaste champ de la compréhension des concepts scientifiques, ce qui n'implique pas la maîtrise de toutes les connaissances scientifiques.



Ce cadre conceptuel s'articule autour de ce dont les citoyens ont besoin. Quels sont les savoirs les plus pertinents pour les individus en tant que citoyens ? La réponse à cette question fait bien sûr intervenir la compréhension de concepts fondamentaux dans diverses disciplines scientifiques, sans oublier toutefois que ces savoirs doivent pouvoir être utilisés dans des situations que les individus sont amenés à rencontrer au cours de leur vie. Par ailleurs, il arrive souvent que les situations auxquelles les individus sont confrontés nécessitent une certaine compréhension de la science en tant que discipline, c'est-à-dire en tant que processus destiné à produire des connaissances et à proposer des explications relatives au monde naturel¹. Enfin, les individus doivent être conscients de la complémentarité entre sciences et technologies, et de l'influence omniprésente que les technologies fondées sur la science exercent sur la nature de la vie contemporaine.

Quelles valeurs importantes les citoyens doivent-ils conférer à la science et à la technologie ? Le rôle important que jouent dans la société la science et les applications technologiques de la science, la contribution qu'elles lui apportent et la place considérable qu'elles tiennent dans le contexte personnel, social et global des individus sont autant d'éléments de réponse. Il semble raisonnable d'attendre des citoyens qu'ils s'intéressent à la science, qu'ils valorisent la démarche scientifique et qu'ils agissent de manière responsable à l'égard de l'environnement et des ressources naturelles.

Quels sont les savoir-faire scientifiques qu'il est important pour les individus de pouvoir mettre en œuvre ? Il arrive souvent que les individus aient à tirer des conclusions probantes des faits et des informations qui leur sont communiqués, à évaluer des conclusions tirées par d'autres sur la base des éléments donnés à l'appui et à faire la distinction entre des opinions personnelles et des affirmations étayées par des faits. Les faits sont souvent d'ordre scientifique, certes, mais la science a un rôle plus général à jouer, dans la mesure où son propos est d'établir un principe de rationalité dans des démarches permettant de mettre des idées et des théories à l'épreuve des faits. Cela n'exclut pas pour autant la créativité et l'imagination, qui ont toujours joué un rôle essentiel dans les progrès accomplis par l'homme pour mieux comprendre le monde.

Les citoyens peuvent-ils faire la distinction entre des arguments scientifiques et des arguments dénués de fondements scientifiques ? L'homme de la rue n'est généralement pas amené à se prononcer sur la valeur de grandes théories ou d'avancées scientifiques potentielles, mais il a assurément à prendre des décisions sur la base de faits, qu'il s'agisse d'arguments publicitaires, de preuves juridiques ou d'informations relatives à sa santé ou à des problèmes liés à l'environnement et aux ressources naturelles. Une personne instruite doit être capable de faire la distinction entre les questions auxquelles les chercheurs peuvent ou ne peuvent pas répondre et les problèmes auxquels les technologies fondées sur la science peuvent ou ne peuvent pas apporter de solution.

DÉFINITION DU DOMAINE

La pensée moderne à propos des résultats souhaitables de l'enseignement des sciences met l'accent sur les savoirs scientifiques (y compris la connaissance de la démarche scientifique) et sur l'appréciation de la contribution des sciences à la société. Cela demande une compréhension globale non seulement des grands concepts scientifiques et des explications données par la science, mais aussi du potentiel et des limites de la science dans le monde – ce qui implique l'adoption d'une approche réfléchie et critique à l'égard de la science (Millar et Osborne, 1998).

Ces objectifs déterminent l'orientation de l'enseignement des sciences pour l'ensemble des individus (Fensham, 1985). L'enquête PISA se doit d'évaluer un vaste ensemble de compétences, compte tenu de divers aspects : utilité personnelle, responsabilité sociale et valeur intrinsèque et extrinsèque des connaissances scientifiques.

Ce qui précède définit une caractéristique centrale de l'évaluation PISA de la *culture scientifique* : cette évaluation doit porter sur des compétences scientifiques qui témoignent des savoirs, valeurs et savoir-faire que les jeunes de 15 ans sont capables d'appliquer dans des contextes raisonnables et appropriés, tirés de la sphère personnelle, sociale et globale. Cette perspective se démarque d'une approche fondée uniquement sur les programmes scolaires et les différentes disciplines scientifiques, car elle inclut des problèmes situés dans des contextes éducatifs et professionnels, et tient compte du rôle essentiel des connaissances, des méthodes, des attitudes et des valeurs qui définissent ces disciplines (Bybee, 1997b ; Fensham, 2000 ; Gräber et Bolte, 1997 ; Mayer, 2002 ; Roberts, 1983 ; UNESCO, 1993).

L'enquête PISA vise à évaluer à la fois des aspects cognitifs et des aspects affectifs de la *culture scientifique* des élèves. Par aspects cognitifs, on entend les connaissances scientifiques des élèves et leur capacité à les utiliser efficacement lorsqu'ils mettent en œuvre des processus cognitifs qui sont spécifiques à la science et aux investigations scientifiques dans des situations personnelles, sociales ou globales. L'enquête PISA cible des problèmes que les connaissances scientifiques peuvent contribuer à résoudre et qui amèneront un jour ou l'autre les élèves à prendre des décisions.



C'est en se fondant sur leur *culture scientifique* que les élèves réagissent à ce type de problèmes : ils doivent comprendre les notions scientifiques qui y interviennent, être capables de trouver les informations pertinentes, de les évaluer et de les interpréter, et pouvoir identifier les aspects scientifiques et technologiques des situations qui leur sont soumises (Koballa, Kemp et Evans, 1997 ; Law, 2002). Outre ces aspects cognitifs, l'enquête PISA s'intéresse aussi à des aspects non cognitifs, c'est-à-dire à la façon affective dont les élèves réagissent face à un problème. Les réponses des élèves au problème posé montrent aussi l'intérêt qu'ils y portent, les valeurs qu'ils défendent et leur motivation à agir (Schibeci, 1984).

Encadré 3.1 **Connaissances scientifiques : la définition de l'enquête PISA**

L'expression « connaissances scientifiques » est utilisée tout au long de ce cadre d'évaluation pour désigner d'une manière générique à la fois les « connaissances *en sciences* » et les « connaissances *à propos* de la science ». Les « connaissances *en sciences* » font référence à la connaissance du monde naturel tel qu'il se définit à travers les grandes disciplines scientifiques (physique, chimie, biologie, sciences de la Terre et de l'univers, et applications technologiques de la science). Les « connaissances *à propos* de la science » font référence à la connaissance des moyens utilisés par la science (démarche scientifique) et à ses objectifs (explications scientifiques).

L'évaluation PISA de la *culture scientifique* porte sur un continuum de connaissances scientifiques et sur les capacités cognitives associées à la démarche scientifique, intègre de multiples dimensions et traite des relations entre la science et la technologie. Il s'agit donc d'évaluer la *culture scientifique* des élèves sous l'angle de leur faculté à utiliser leurs connaissances scientifiques (Bybee, 1997a ; Fensham, 2000 ; Law, 2002 ; Mayer et Kumano, 2002).

Encadré 3.2 **Culture scientifique : la définition de l'enquête PISA**

Dans l'enquête PISA, la culture scientifique d'un individu est définie comme suit :

- les connaissances scientifiques de l'individu et sa capacité d'utiliser ces connaissances pour identifier les questions auxquelles la science peut apporter une réponse, pour acquérir de nouvelles connaissances, pour expliquer des phénomènes scientifiques et pour tirer des conclusions fondées sur des faits à propos de questions à caractère scientifique ;
- la compréhension des traits caractéristiques de la science en tant que forme de recherche et de connaissances humaines ;
- la conscience du rôle de la science et de la technologie dans la constitution de notre environnement matériel, intellectuel et culturel ; et
- la volonté de s'engager en qualité de citoyen réfléchi à propos de problèmes à caractère scientifique et touchant à des notions relatives à la science.

Culture scientifique

Les considérations suivantes clarifient la définition de la *culture scientifique* adoptée pour les besoins de l'enquête PISA.

L'expression « culture scientifique » a été préférée au terme « sciences » pour souligner que l'évaluation PISA accorde plus d'importance à l'application des connaissances scientifiques dans des situations tirées de la vie courante qu'à la simple restitution des acquis scolaires traditionnels. L'utilisation fonctionnelle de connaissances scientifiques exige de l'individu l'application de processus qui sont spécifiques à la science et à la recherche scientifique (les compétences scientifiques), et dépend de l'importance, de l'intérêt et de la valeur qu'il accorde aux questions scientifiques et de sa motivation à agir en la matière. La capacité des élèves à utiliser ces compétences scientifiques est déterminée non seulement par leurs connaissances scientifiques, mais aussi par leur compréhension de la science en tant que moyen d'acquérir des connaissances (c'est-à-dire leurs connaissances *à propos* de la science). La définition de la *culture scientifique* proposée prend aussi en compte le fait que la capacité des individus à mener à bien ces processus dépend de leurs attitudes à l'égard de la science et de leur volonté de s'engager dans des thématiques à caractère scientifique.



Connaissances scientifiques de l'individu et sa capacité d'utiliser ces connaissances pour identifier les questions auxquelles la science peut apporter une réponse, pour acquérir de nouvelles connaissances, pour expliquer des phénomènes scientifiques et pour tirer des conclusions fondées sur des faits

Dans cette définition de la *culture scientifique*, le terme « connaissances » désigne bien plus que la capacité de restituer des informations, des faits ou des noms. Il inclut les *connaissances en sciences* (connaissance du monde naturel) et les *connaissances à propos de la science*. Les premières renvoient à la compréhension de théories et de concepts scientifiques fondamentaux, et les secondes, à la compréhension de la nature de la science en tant qu'activité humaine, ainsi que du potentiel et des limites des connaissances scientifiques. Les questions qui doivent être identifiées sont celles auxquelles il est possible de répondre par la recherche scientifique, ce qui implique à nouveau des *connaissances à propos de la science* tout autant que des *connaissances en sciences*, c'est-à-dire la maîtrise des concepts abordés. Il est important de souligner que les individus doivent souvent acquérir de nouvelles connaissances, non pas en se livrant à leurs propres recherches scientifiques, mais en puisant dans des sources d'information (bibliothèques et sites Internet, par exemple). « Tirer des conclusions fondées sur des faits » signifie que l'individu doit connaître, sélectionner et évaluer des informations ou des données, tout en étant conscient que les informations disponibles sont souvent insuffisantes pour tirer des conclusions définitives, ce qui lui impose de faire des conjectures de manière prudente et réfléchie à partir des informations dont il dispose.

Traits caractéristiques de la science en tant que forme de recherche et de connaissance humaines

Telle que défini ici, être scientifiquement cultivé implique que les élèves puissent comprendre dans une certaine mesure comment les chercheurs s'y prennent pour obtenir des données et proposer des explications, et qu'ils reconnaissent les caractéristiques principales de la démarche scientifique ainsi que les types de réponse qu'il est raisonnable d'attendre de la science. Ainsi, les scientifiques se basent sur des observations et des expériences pour recueillir des données à propos d'objets, d'organismes et de phénomènes du monde naturel. Ils se servent ensuite de ces données pour proposer des explications qui viennent enrichir le savoir et qui peuvent être exploitées dans diverses formes de l'activité humaine. La collecte des données – qui est inspirée par des idées et des concepts (parfois énoncés sous la forme d'hypothèses), et qui doit se justifier en termes de pertinence, d'adéquation contextuelle et d'exactitude – et leur utilisation, le caractère provisoire des conclusions avancées, l'ouverture à l'analyse critique, la formulation d'arguments logiques, la nécessité d'établir des liens entre les connaissances actuelles et celles léguées par l'histoire, et l'obligation de rendre compte des méthodes et procédures appliquées pour recueillir des éléments de preuve sont autant de caractéristiques fondamentales de la science.

Rôle de la science et de la technologie dans la constitution de notre environnement matériel, intellectuel et culturel

L'idée maîtresse de ce point est que la science est une entreprise humaine, qui influence notre société et notre vie personnelle. Il en va de même pour le progrès technologique (Fleming, 1989). Malgré leurs différences d'objectifs, de processus et de produits, la science et la technologie sont étroitement associées et sont complémentaires à maints égards. La définition de la *culture scientifique* proposée ici intègre donc la nature des sciences et des technologies, et leur complémentarité. En tant qu'individus, nous prenons des décisions qui influencent l'orientation de la science et de la technologie au travers de l'action publique. La science et la technologie jouent un rôle paradoxal dans la société : elles permettent de répondre à des questions et de résoudre des problèmes, mais peuvent également être à l'origine de nouvelles questions et de nouveaux problèmes.

Volonté de s'engager en qualité de citoyen réfléchi à propos de problèmes à caractère scientifique et touchant à des notions relatives à la science

La « volonté de s'engager à propos de problèmes à caractère scientifique » va plus loin que le fait de prendre acte de la situation et d'agir de la manière requise. Elle implique aussi que l'individu porte un intérêt permanent aux questions scientifiques actuelles et à venir, qu'il se forge une opinion à leur sujet et qu'il s'y engage. La mention « en qualité de citoyen réfléchi » renvoie aux diverses attitudes que les individus adoptent à l'égard de la science et aux valeurs qu'ils lui confèrent. L'énoncé complet esquisse le profil d'une personne qui s'intéresse à des thèmes scientifiques, qui réfléchit à des questions d'ordre scientifique, qui se préoccupe des problèmes liés aux technologies, aux ressources naturelles et à l'environnement, et qui prend conscience de l'importance de la science dans une perspective à la fois personnelle et sociale.

Pour posséder des compétences scientifiques, il faut nécessairement des compétences en lecture et en mathématiques (Norris et Phillips, 2003). Par exemple, l'élève doit faire appel à sa *culture mathématique* dans des situations où il faut interpréter des données et à ses compétences en *compréhension de l'écrit* pour appréhender la terminologie scientifique.



Ces chevauchements entre l'évaluation de la *culture scientifique* et celle des autres domaines PISA ne peuvent être évités. Toutefois, il faut faire en sorte qu'au cœur de chaque tâche d'évaluation, il y ait des aspects relevant sans ambiguïté des compétences scientifiques.

ORGANISATION DU DOMAINE

La définition du domaine de la *culture scientifique* proposée ici fait référence à un continuum où les individus sont, à des degrés divers, scientifiquement cultivés ; il ne s'agit pas de distinguer les individus scientifiquement cultivés, et ceux qui ne le sont pas (Bybee, 1997a ; 1997b). Par exemple, un élève dont la *culture scientifique* est peu développée sera à même de restituer des connaissances scientifiques factuelles simples et d'utiliser des connaissances scientifiques courantes pour tirer ou évaluer des conclusions. Un élève dont la *culture scientifique* est plus développée se montrera capable de créer ou d'utiliser des modèles conceptuels pour faire des prévisions ou fournir des explications, d'analyser des recherches scientifiques, de proposer des données à titre de preuves, d'évaluer des explications différentes du même phénomène et de communiquer ses conclusions avec précision.

La définition de la *culture scientifique* retenue pour les besoins de l'évaluation PISA couvre quatre aspects interdépendants (voir la figure 3.1) :

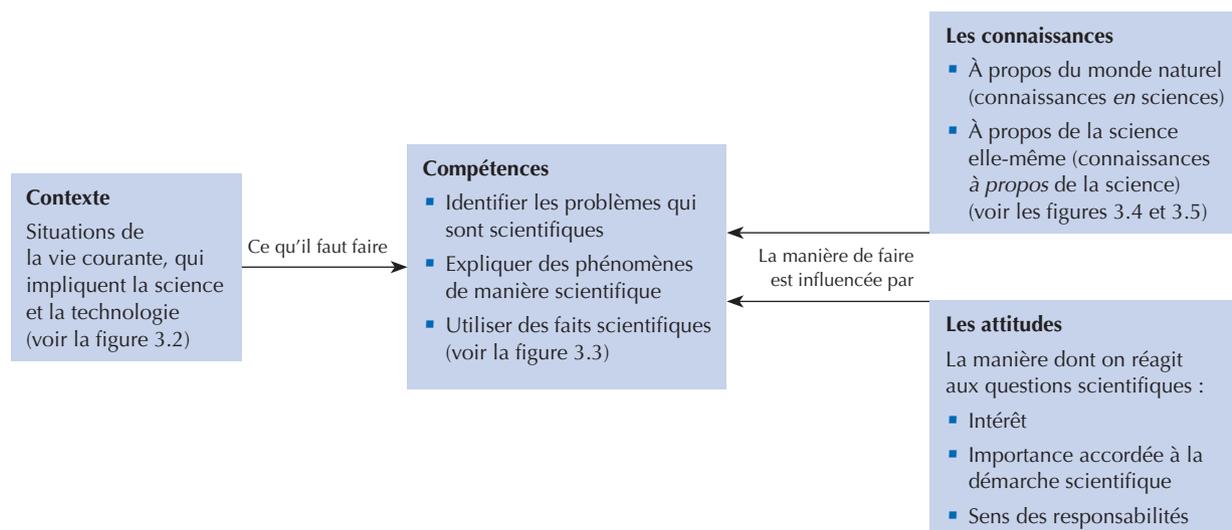
- *le contexte* : reconnaître des situations de la vie courante en rapport avec la science et la technologie ;
- *les connaissances* : comprendre le monde naturel sur la base d'un savoir scientifique qui inclut à la fois des connaissances sur des concepts relatifs au monde naturel et des connaissances *à propos* de la science elle-même ;
- *les compétences* : faire montre de compétences scientifiques, telles qu'identifier des questions scientifiques, expliquer des phénomènes de manière scientifique et tirer des conclusions à partir de faits ; et
- *les attitudes* : porter de l'intérêt à la science, accorder de l'importance à la démarche scientifique, être motivé à l'idée d'agir de manière responsable à l'égard, par exemple, de l'environnement et des ressources naturelles.

Les sections suivantes reviennent sur ces aspects interdépendants de façon plus détaillée. En mettant ces aspects en évidence, le cadre PISA de *culture scientifique* fait porter l'évaluation sur les résultats de l'enseignement des sciences. Ce cadre conceptuel d'évaluation a été conçu autour des questions suivantes :

- Quels sont les *contextes* à considérer comme appropriés pour des élèves de 15 ans ?
- Quelles sont les *compétences* que l'on peut raisonnablement attendre des élèves de 15 ans ?
- Quelles sont les *connaissances* que l'on peut raisonnablement attendre des élèves de 15 ans ?
- Quelles sont les *attitudes* que l'on peut raisonnablement attendre des jeunes de 15 ans ?

■ Figure 3.1 ■

Cadre PISA d'évaluation de la culture scientifique





Situations et contextes

L'engagement à l'égard des sciences dans diverses situations est un aspect important de l'évaluation de la *culture scientifique*. Le choix des méthodes et des représentations dépend souvent des situations dans lesquelles les questions sont présentées.

La situation est la partie du monde de l'élève dans laquelle les tâches s'inscrivent. Les items se situent dans des situations de la vie en général et ne se limitent pas à la vie à l'école. Les épreuves PISA de sciences privilégient les items s'inscrivant dans des situations qui concernent l'individu, sa famille et ses semblables (*situation personnelle*), la collectivité (*situation sociale*) et la vie dans le monde en général (*situation globale*). Il convient d'ajouter, pour certains sujets, la *situation historique* qui permet d'évaluer la compréhension des progrès de la science.

L'enquête PISA évalue des connaissances scientifiques importantes en rapport avec le contenu des cours de sciences des pays participants, sans toutefois s'imposer la contrainte de ne cibler que les contenus formant le dénominateur commun de ces programmes nationaux. Les épreuves demandent aux élèves de montrer qu'ils sont capables d'appliquer des connaissances et compétences scientifiques dans des situations qui reflètent le monde réel, en accord avec les priorités PISA, ce qui implique l'exploitation de connaissances choisies sur le monde naturel et sur la science elle-même, ainsi que l'évaluation des attitudes des élèves à l'égard de thématiques scientifiques.

La figure 3.2 dresse la liste des principaux thèmes scientifiques repris dans les contextes *personnels*, *sociaux* et *globaux* des items d'évaluation. D'autres contextes (par exemple, *historiques* ou *technologiques*) et d'autres champs d'application sont également prévus. Ils couvrent les thèmes suivants : « Santé », « Ressources naturelles », « Environnement », « Risques » et, enfin, « Frontières de la science et de la technologie ». Ce sont des domaines dans lesquels la science présente un intérêt particulier pour les individus et les communautés, car elle contribue au maintien et à l'amélioration de la qualité de vie, et à l'élaboration des politiques publiques.

L'évaluation PISA de sciences ne porte pas sur les contextes, mais sur des connaissances, compétences et attitudes qui sont présentées dans ces contextes ou qui s'y rapportent. Il importe donc de choisir les contextes sachant que le but de l'enquête est d'évaluer des connaissances, des compétences et des attitudes que les élèves ont acquises au terme de leur scolarité obligatoire.

■ Figure 3.2 ■

Contextes des items PISA de sciences

	Contexte personnel (L'individu, sa famille et ses semblables)	Contexte social (La collectivité)	Contexte global (La vie dans le monde)
Santé	Préservation de la santé, accidents et nutrition	Prévention des maladies, transmission des maladies, choix alimentaires, santé publique	Épidémies et propagation de maladies infectieuses
Ressources naturelles	Consommation personnelle de matériaux et d'énergie	Survie des populations humaines, qualité de vie, sécurité, production et distribution d'aliments, approvisionnement en énergie	Énergies renouvelables et non renouvelables, systèmes naturels, croissance démographique, exploitation durable des espèces
Qualité de l'environnement	Comportement respectueux de l'environnement, utilisation des matériaux, élimination des déchets	Démographie, gestion des déchets, impact sur l'environnement, météorologie locale	Biodiversité, durabilité environnementale, contrôle de la pollution, épuisement et régénération des sols
Risques	Risques naturels et dus à l'homme, choix en matière de logement	Changements brutaux (séismes, conditions météorologiques extrêmes), changements lents et progressifs (érosion côtière et sédimentation), évaluation des risques	Changement climatique, impact des guerres modernes
Frontières de la science et de la technologie	Intérêt pour les explications scientifiques des phénomènes naturels, hobbies à caractère scientifique, sports et loisirs en rapport avec la science, musique et technologies utilisées à titre individuel	Matériaux, appareils et procédés nouveaux, modification génétique, technologie de l'armement, transports	Extinction d'espèces, exploration spatiale, origine et structure de l'univers



Les items PISA sont regroupés en *unités*, basées sur un stimulus commun qui décrit leur contexte. Les contextes des items ont été choisis pour leur pertinence par rapport aux centres d'intérêt et à la vie des élèves. Les items ont été élaborés compte tenu des différences linguistiques et culturelles entre les pays participants.

EXEMPLES D'ITEMS DE SCIENCES

Cette section propose trois exemples parmi les unités de sciences utilisées lors du cycle PISA 2006. Ces exemples sont cités tout au long de ce chapitre pour illustrer la diversité des contextes, des compétences scientifiques, des domaines scientifiques et des formats des items PISA. De plus, les items sont accompagnés de leurs consignes de correction (voir la description des niveaux de compétence à la figure 3.10).

SCIENCES – EXEMPLE N° 1 : PLUIES ACIDES

Cette première unité proposée à titre d'exemple s'intitule *PLUIES ACIDES*. Le stimulus est constitué d'une photo de statues de l'Acropole d'Athènes, accompagnée d'un petit texte qui explique que les statues originales ont été placées à l'intérieur du musée de l'Acropole, car elles étaient rongées par les pluies acides. Cette unité relève du domaine des « Risques » et s'inscrit dans des contextes personnel et social.

La photo ci-dessous montre des statues appelées *cariatides*, qui ont été érigées sur l'Acropole d'Athènes il y a plus de 2 500 ans. Les statues sont sculptées dans du marbre (un type de roche). Le marbre est composé de carbonate de calcium.

En 1980, les statues originales, qui étaient rongées par les pluies acides, ont été transportées à l'intérieur du musée de l'Acropole et remplacées par des copies.



PLUIES ACIDES – QUESTION 1

Les pluies ordinaires sont légèrement acides parce qu'elles ont absorbé du dioxyde de carbone présent dans l'air. Les pluies acides sont plus acides que les pluies ordinaires parce qu'elles ont absorbé, en plus, d'autres gaz, comme les oxydes de soufre et les oxydes d'azote.

D'où proviennent ces oxydes de soufre et oxydes d'azote présents dans l'air ?

.....

Crédit complet (Niveau 3 : 506 points)

La réponse mentionne n'importe laquelle des sources suivantes : les gaz d'échappement des voitures, les émissions de gaz des usines, la *combustion* de pétrole, de charbon et autres combustibles fossiles, les gaz émis par les volcans et autres sources analogues.

Crédit partiel

La réponse inclut une source de pollution correcte ainsi qu'une autre source incorrecte.

OU La réponse fait référence à la « pollution », mais ne mentionne pas une source de pollution qui est une cause significative des pluies acides.



On peut simuler l'effet des pluies acides sur le marbre en plaçant des éclats de marbre dans du vinaigre pendant une nuit. Le vinaigre et les pluies acides ont à peu près le même niveau d'acidité. Lorsqu'on place un éclat de marbre dans du vinaigre, des bulles de gaz se forment. On peut déterminer la masse de l'éclat de marbre sec, avant et après l'expérience.

PLUIES ACIDES – QUESTION 2

Un éclat de marbre a une masse de 2.0 grammes avant d'être plongé dans du vinaigre pendant une nuit. Le lendemain, on retire et on sèche l'éclat. Quelle sera la masse de l'éclat de marbre séché ?

- A. Moins de 2.0 grammes.
- B. Exactement 2.0 grammes.
- C. Entre 2.0 et 2.4 grammes.
- D. Plus de 2.4 grammes.

Crédit complet (Niveau 2 : 460 points)

- A. Moins de 2.0 grammes.

PLUIES ACIDES – QUESTION 3

Les élèves qui ont réalisé cette expérience ont également placé des éclats de marbre dans de l'eau pure (distillée) pendant une nuit.

Expliquez pourquoi les élèves ont inclus cette étape dans leur expérience.

Crédit complet (Niveau 6 : 717 points)

Pour pouvoir comparer avec le test du vinaigre et du marbre, et montrer que l'acide (le vinaigre) est nécessaire pour produire la réaction.

Crédit partiel (Niveau 3 : 513 points)

Pour pouvoir comparer avec le test du vinaigre et du marbre, mais la réponse n'établit pas clairement que cela permet de montrer que l'acide (le vinaigre) est nécessaire pour produire la réaction.

SCIENCES – EXEMPLE N° 2 : L'EFFET DE SERRE

Cette deuxième unité proposée à titre d'exemple s'intitule *L'EFFET DE SERRE* et porte sur l'élévation de la température moyenne de l'atmosphère de la Terre. Le stimulus est constitué d'un texte bref qui explique l'expression « effet de serre » et de graphiques montrant l'évolution de la température moyenne de l'atmosphère et des émissions de dioxyde de carbone au fil du temps.

Cette unité s'inscrit dans le champ d'application « Environnement » et dans un contexte global.

Lisez les textes suivants et répondez aux questions qui les accompagnent.

L'EFFET DE SERRE : RÉALITÉ OU FICTION ?

Les êtres vivants ont besoin d'énergie pour survivre. L'énergie qui alimente la vie sur Terre provient du Soleil, qui dégage de l'énergie dans l'espace, tant il est brûlant. Une infime proportion de cette énergie atteint la Terre.

L'atmosphère terrestre agit comme une couche de protection autour de la surface de la planète, empêchant les variations de température qui existeraient dans un monde sans air.

La plus grande partie de l'énergie venant du soleil traverse l'atmosphère terrestre. La Terre absorbe une partie de cette énergie, et une autre partie est réfléchiée et renvoyée par la surface de la Terre. Une partie de cette énergie réfléchiée par la Terre est absorbée par l'atmosphère.

En conséquence, la température moyenne au-dessus de la surface terrestre est plus élevée qu'elle ne le serait s'il n'y avait pas d'atmosphère. L'atmosphère terrestre a le même effet qu'une serre, d'où l'expression « effet de serre ».

L'effet de serre se serait intensifié au cours du XX^e siècle.

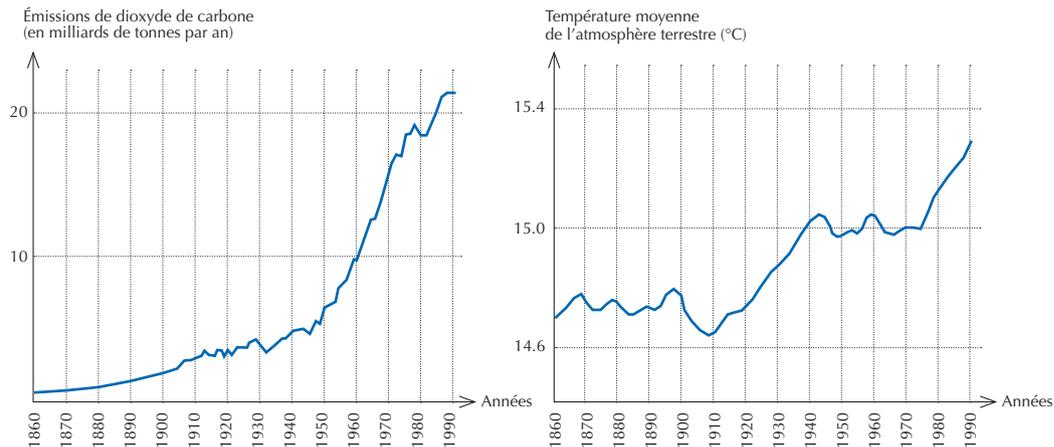
...



C'est un fait que la température moyenne de l'atmosphère de la Terre a augmenté. Les journaux et les magazines attribuent souvent à l'augmentation des émissions de dioxyde de carbone la principale responsabilité du réchauffement intervenu au XX^e siècle.

André, un étudiant, s'intéresse au rapport possible entre la température moyenne de l'atmosphère terrestre et l'émission de dioxyde de carbone sur Terre.

Dans une bibliothèque, il découvre les deux graphiques suivants :



André conclut, à partir de ces deux graphiques, qu'il est certain que la hausse de la température moyenne de l'atmosphère de la Terre est due à l'augmentation des émissions de dioxyde de carbone.

L'EFFET DE SERRE – QUESTION 1

Qu'est-ce qui, dans ces graphiques, confirme la conclusion d'André ?

.....

Crédit complet (Niveau 3 : 529 points)

Fait référence au fait que tant la température (moyenne) que les émissions de dioxyde de carbone ont augmenté.

OU

Fait référence (en termes généraux) à un rapport positif entre la température et les émissions de dioxyde de carbone.

L'EFFET DE SERRE – QUESTION 2

Jeanne, une autre élève, n'est pas d'accord avec la conclusion d'André. Elle compare les deux graphiques et dit que certaines parties de ceux-ci ne confirment pas sa conclusion.

Donnez un exemple, en citant une partie de ces graphiques qui ne confirme pas la conclusion d'André. Expliquez votre réponse.

.....

Crédit complet (Niveau 5 : 659 points)

Fait référence à une partie spécifique du graphique dans laquelle les courbes ne sont pas toutes deux ascendantes ou descendantes, et fournit une explication en rapport avec le phénomène constaté.

Crédit partiel (Niveau 4 : 568 points)

Cite une période correcte sans fournir d'explication.

OU

Ne mentionne qu'une année particulière (pas une période), avec une justification acceptable.



OU

Donne un exemple qui ne confirme pas la conclusion d'André, mais fait une erreur en citant la période.

OU

Fait référence à la différence entre les deux courbes, sans mentionner de période spécifique.

OU

Fait référence à une irrégularité dans un des graphiques.

OU

Indique une divergence entre les graphiques, mais l'explication est très faible.

L'EFFET DE SERRE – QUESTION 3

André maintient sa conclusion : le réchauffement de l'atmosphère est dû à l'augmentation des émissions de dioxyde de carbone. Mais Jeanne pense que sa conclusion est prématurée. Elle dit : « Avant d'accepter cette conclusion, tu dois t'assurer que d'autres facteurs qui pourraient avoir une influence sur l'effet de serre sont constants ».

Citez un des facteurs auxquels Jeanne fait allusion.

Crédit complet (Niveau 6 : 709 points)

Cite un facteur qui fait référence à l'énergie/au rayonnement solaire.

OU

Cite un facteur qui fait référence à une composante naturelle ou à un agent polluant potentiel.

SCIENCES – EXEMPLE N° 3 : EXERCICE PHYSIQUE

Cette troisième unité proposée à titre d'exemple s'intitule *EXERCICE PHYSIQUE* et concerne l'effet de l'exercice physique sur la santé.

Pratiqué régulièrement, mais avec modération, l'exercice physique est bon pour la santé.

EXERCICE PHYSIQUE – QUESTION 1

Quels sont les avantages d'un exercice physique régulier ? Entourez « Oui » ou « Non » pour chacune des affirmations.

S'agit-il d'un avantage de l'exercice physique régulier ?	Oui ou Non ?
L'exercice physique prévient les maladies du cœur et les troubles de la circulation.	Oui / Non
L'exercice physique conduit à un régime alimentaire sain.	Oui / Non
L'exercice physique aide à éviter l'excès de poids.	Oui / Non

Crédit complet (Niveau 3 : 545 points)

Les trois réponses sont correctes. Dans l'ordre : Oui, Non, Oui.



EXERCICE PHYSIQUE – QUESTION 2

Que se passe-t-il lors d'un exercice musculaire ? Entourez « Oui » ou « Non » pour chacune des affirmations.

Ceci se produit-il lors d'un exercice musculaire?	Oui ou Non ?
Le sang circule davantage dans les muscles.	Oui / Non
Des graisses se forment dans les muscles.	Oui / Non

Crédit complet (Niveau 1 : 386 points)

Les deux réponses sont correctes. Dans l'ordre : Oui, Non.

EXERCICE PHYSIQUE – QUESTION 3

Pourquoi doit-on respirer plus fort quand on fait un exercice physique que quand notre corps est au repos ?

.....

Crédit complet (Niveau 4 : 583 points)

Pour faire baisser le niveau de dioxyde de carbone, qui tend à *s'élever*, **ET** pour fournir au corps *d'avantage* d'oxygène.

Crédit partiel

Pour faire baisser le niveau de dioxyde de carbone, qui tend à *s'élever*, **OU** pour fournir au corps *d'avantage* d'oxygène, mais pas pour les deux raisons.

COMPÉTENCES SCIENTIFIQUES

L'évaluation PISA de la *culture scientifique* donne la priorité aux compétences suivantes : la capacité d'identifier des questions à caractère scientifique, de décrire, d'expliquer ou de prévoir des phénomènes sur la base de connaissances scientifiques, d'interpréter des faits et des conclusions et, enfin, d'utiliser des faits ayant valeur de preuve pour prendre des décisions et communiquer (voir la figure 3.3). Ces compétences impliquent des connaissances scientifiques, à la fois des connaissances en sciences et des connaissances *à propos* de la science, en tant que forme de savoir et forme d'investigation.

Certains processus cognitifs sont particulièrement pertinents pour la *culture scientifique*. Parmi ceux qui relèvent des compétences scientifiques, citons le raisonnement inductif (raisonner à partir d'éléments particuliers pour aboutir à des principes généraux), le raisonnement déductif (raisonner du général au particulier), la réflexion critique et intégrée, la transposition de représentations (par exemple, reporter des données dans des tableaux ou représenter des tableaux sous forme de graphiques), l'élaboration d'explications ou d'arguments sur la base de données et leur communication, la modélisation et, enfin, l'utilisation des processus, connaissances et compétences mathématiques.

■ Figure 3.3 ■

Compétences scientifiques PISA

Identifier des questions d'ordre scientifique

- Reconnaître les questions auxquelles l'on peut apporter une réponse par une investigation scientifique
- Identifier les mots-clés permettant d'effectuer une recherche d'informations scientifiques
- Reconnaître les caractéristiques principales d'une investigation scientifique

Expliquer des phénomènes de manière scientifique

- Appliquer des connaissances en sciences dans une situation donnée
- Décrire ou expliquer des phénomènes de manière scientifique, et prévoir leurs changements
- Identifier les descriptions, explications ou prévisions appropriées

Utiliser des faits scientifiques

- Interpréter des données scientifiques pour tirer et communiquer des conclusions
- Identifier les hypothèses, les éléments de preuve et les raisonnements qui sous-tendent des conclusions
- Réfléchir aux implications sociétales des progrès scientifiques et technologiques



La priorité accordée dans l'enquête PISA aux *compétences scientifiques* présentées dans la figure 3.3 se justifie par leur importance dans la démarche d'investigation scientifique. Ces compétences se fondent sur la logique, le raisonnement et l'analyse critique. Les compétences retenues sont décrites de manière plus détaillée ci-après, et leur mode d'évaluation est expliqué sur la base des unités fournies à titre d'exemple dans la section précédente.

Identifier des questions d'ordre scientifique

Il est essentiel de distinguer les questions et les contenus d'ordre scientifique de ceux qui sont sans rapport avec la science. Aspect primordial s'il en est, les questions scientifiques doivent conduire à des réponses fondées sur des faits scientifiques. La compétence *Identifier des questions d'ordre scientifique* suppose la capacité de reconnaître les questions qui peuvent faire l'objet de recherches scientifiques dans une situation donnée et d'identifier les mots-clés permettant de rechercher des informations scientifiques sur un sujet précis. Il faut aussi pouvoir déterminer les caractéristiques essentielles d'une démarche d'investigation scientifique, par exemple identifier les données à comparer, les paramètres à contrôler ou à faire varier, les informations supplémentaires à intégrer ou les procédures à utiliser pour recueillir des données pertinentes.

Pour être à même d'*identifier des questions d'ordre scientifique*, les élèves doivent posséder des connaissances sur la science elle-même et doivent aussi s'appuyer, à des degrés divers, sur leurs connaissances en sciences. Dans la question n° 3 de l'unité *PLUIES ACIDES* (voir l'exemple n° 1), il est par exemple demandé aux élèves de réfléchir au contrôle d'une expérience scientifique. Les élèves doivent comparer la réaction d'un acide (le vinaigre) à des réactions possibles avec de l'eau distillée pour être sûrs que l'acide est bien à l'origine de la réaction.

Expliquer des phénomènes de manière scientifique

La compétence *Expliquer des phénomènes de manière scientifique* consiste à appliquer des connaissances scientifiques dans une situation donnée. Les élèves doivent pouvoir décrire ou interpréter des phénomènes, prévoir des changements et, dans certains cas, reconnaître ou identifier les descriptions, explications ou prévisions pertinentes. La question n° 1 de l'unité *PLUIES ACIDES* (exemple n° 1) est un exemple d'item demandant aux élèves d'expliquer un phénomène de manière scientifique, en l'occurrence l'origine des oxydes de soufre et oxydes d'azote présents dans l'air. Autres exemples, la question n° 3 de l'unité *L'EFFET DE SERRE* (exemple n° 2), dans laquelle les élèves doivent identifier les facteurs qui expliquent l'élévation de la température moyenne de la Terre, et la question n° 3 de l'unité *EXERCICE PHYSIQUE* (exemple n° 3), dans laquelle ils doivent appliquer leurs connaissances sur le système respiratoire humain.

Utiliser des faits scientifiques

La compétence *Utiliser des faits scientifiques* consiste à accéder à des informations scientifiques et à produire des arguments et des conclusions sur la base de faits scientifiques (Kuhn, 1992 ; Osborne, Erduran, Simon et Monk, 2001). Les items peuvent impliquer soit des connaissances en sciences, soit des connaissances à propos de la science, soit les deux. Dans la question n° 2 de l'unité *PLUIES ACIDES* (exemple n° 1), par exemple, les élèves doivent tirer des informations données une conclusion concernant les effets du vinaigre sur le marbre, un modèle simple de l'effet des pluies acides sur le marbre. Autres exemples : les questions n° 1 et 2 de l'unité *L'EFFET DE SERRE* (exemple n° 2), dans lesquelles les élèves doivent interpréter des éléments de preuves fournis dans des graphiques.

La compétence *Utiliser des faits scientifiques* peut aussi nécessiter pour les élèves de choisir une conclusion parmi plusieurs en se fondant sur les éléments de preuve disponibles, d'expliquer les raisons pour lesquelles une conclusion donnée est valide ou non en fonction de la démarche mise en œuvre pour tirer cette conclusion à partir des données fournies, ou encore d'identifier les hypothèses qui sont à la base de telle ou telle conclusion scientifique. Réfléchir aux implications que peuvent avoir pour la société des progrès scientifiques ou technologiques relève également de cette compétence.

Les élèves doivent également être capables de communiquer à un public déterminé leurs observations et leurs décisions, en s'exprimant dans leurs propres termes ou en utilisant d'autres moyens appropriés : texte, schéma ou autre forme de représentation. En résumé, ils doivent pouvoir présenter de manière claire et logique les liens qui existent entre les faits et les conclusions ou décisions.

CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES

Comme indiqué ci-dessus (voir l'encadré 3.1), l'expression « connaissances scientifiques » désigne à la fois les *connaissances en sciences* (connaissances sur le monde naturel) et les *connaissances à propos de la science* elle-même.



Connaissances en sciences

Étant donné que les épreuves PISA ne permettent d'évaluer qu'un échantillon des connaissances en sciences, il importe de définir des critères clairs pour guider la sélection des connaissances à retenir. Par ailleurs, l'objectif de l'enquête PISA est de déterminer dans quelle mesure les élèves sont capables d'appliquer ces connaissances dans des contextes qui sont pertinents dans leur vie. Les connaissances à évaluer sont donc choisies dans les grandes disciplines scientifiques (physique, chimie, biologie, sciences de la Terre et de l'univers et technologie²) selon les critères suivants :

- la pertinence par rapport à des situations de la vie réelle : les connaissances scientifiques n'ont pas toutes le même degré d'utilité dans la vie des individus ;
- les connaissances retenues doivent représenter des concepts scientifiques fondamentaux, d'une utilité durable ; et
- les connaissances choisies doivent être en adéquation avec le niveau de développement des jeunes de 15 ans.

La figure 3.4 présente les *connaissances en sciences* retenues sur la base de ces critères et les illustre par des exemples. Les élèves doivent posséder ces connaissances pour comprendre le monde naturel et donner du sens à des expériences qui se situent dans un contexte *personnel, social et global*. On parle dans ce cadre d'évaluation de « systèmes » et non de « sciences » pour décrire les domaines majeurs et pour traduire l'idée que les citoyens doivent appliquer leur compréhension des concepts de sciences de la matière et de la vie, de sciences de la Terre et de l'univers et de technologie dans des contextes qui interagissent de façon plus ou moins forte.

Les exemples fournis dans la figure 3.4 ont pour but d'illustrer ces diverses catégories ; on n'a pas tenté de proposer une liste exhaustive de toutes les connaissances susceptibles d'être mises en relation avec chacune des catégories.

■ Figure 3.4 ■

Catégories PISA de connaissances en sciences

Systèmes physiques

- Structure de la matière (exemples : modèle de particules et liaisons intramoléculaires)
- Propriétés de la matière (exemples : changements d'état, conductivité thermique et électrique)
- Changements chimiques de la matière (exemples : réactions, transfert d'énergie, acides et bases)
- Forces et mouvement (exemples : vitesse, friction)
- Énergie et transformation de l'énergie (exemples : conservation, dissipation, réactions chimiques)
- Interactions entre l'énergie et la matière (exemples : ondes lumineuses et radioélectriques, ondes sonores et sismiques)

Systèmes vivants

- Cellules (exemples : structures et fonctions, ADN, et faune et flore)
- Être humain (exemples : santé, nutrition, sous-systèmes [digestion, respiration, circulation et excrétion, et interactions entre ces sous-systèmes], maladies, reproduction)
- Populations (exemples : espèces, évolution, biodiversité, variation génétique)
- Écosystèmes (exemples : chaînes alimentaires, flux de matières et d'énergie)
- Biosphère (exemples : conservation des écosystèmes et durabilité)

Systèmes de la Terre et de l'univers

- Structures des systèmes terrestres (exemples : lithosphère, atmosphère et hydrosphère)
- Énergie des systèmes terrestres (exemples : sources d'énergie, climat mondial)
- Changements dans les systèmes terrestres (exemples : tectonique des plaques, cycles géochimiques, forces constructives et destructives)
- Histoire de la Terre (exemples : fossiles, origine et évolution de la Terre)
- Place de la Terre dans l'univers (exemples : gravité, systèmes solaires)

Systèmes technologiques

- Rôle des applications technologiques de la science (exemples : résolution de problèmes, contribution à la satisfaction des besoins et des attentes de l'Homme, conception et mise en œuvre des recherches)
- Relations entre la science et la technologie (exemple : contribution de la technologie aux progrès scientifiques)
- Concepts (exemples : optimisation, compromis et arbitrages, coûts, risques et bénéfiques)
- Principes importants (exemples : critères, contraintes, innovation, invention, résolution de problèmes)



Dans l'unité *PLUIES ACIDES* (exemple n° 1), la question n° 2 évalue les connaissances en sciences des élèves dans la catégorie « Systèmes physiques », tandis que la question n° 3 cible leurs connaissances à propos de la science dans la catégorie « Démarche scientifique », mais repose aussi sur des connaissances en sciences (dans la catégorie « Systèmes physiques ») que les élèves sont censés posséder.

La question n° 3 de l'unité *L'EFFET DE SERRE* (exemple n° 2) évalue les connaissances des élèves dans la catégorie « Systèmes de la Terre et de l'univers », et les questions n° 1, 2 et 3 de l'unité *EXERCICE PHYSIQUE* (exemple n° 3), leurs connaissances dans la catégorie « Systèmes vivants ».

Connaissances à propos de la science

La figure 3.5 montre les catégories de *connaissances à propos de la science* et les illustre par des exemples. La première catégorie, « Démarche scientifique », porte sur le processus qui est au centre de l'investigation scientifique et sur ses différentes composantes. Vient ensuite la catégorie « Explications scientifiques », très proche de la première, puisque les explications scientifiques sont le résultat d'une démarche scientifique. On peut considérer la démarche scientifique comme l'ensemble des moyens utilisés par la science (comment les chercheurs obtiennent leurs données) et les explications comme ses objectifs (comment les chercheurs utilisent leurs données). Les exemples fournis dans la figure 3.5 illustrent le contenu de chaque catégorie, sans toutefois tenter de dresser la liste exhaustive de toutes les connaissances susceptibles d'être mises en relation avec ces catégories.

■ Figure 3.5 ■

Catégories PISA de connaissances à propos de la science

Démarche scientifique

- Point de départ (exemples : curiosité et questions scientifiques)
- Objectif (exemples : produire des éléments de preuve qui aident à répondre à des questions scientifiques ; les hypothèses, théories et modèles actuels guident les recherches)
- Expériences (exemples : choix du type d'investigation scientifique en fonction de la nature de la question, conception)
- Types de données (exemples : données quantitatives [mesures] et données qualitatives [observations])
- Mesure (exemples : incertitude inhérente, reproductibilité, variations, précision des appareils et des procédures)
- Caractéristiques des résultats (exemples : résultats empiriques, provisoires ou susceptibles d'être mis à l'épreuve, d'être falsifiés ou de se corriger les uns les autres)

Explications scientifiques

- Types d'explications (exemples : hypothèses, théories, lois, modèles)
- Origine (exemples : représentation des données, rôle des connaissances existantes et des faits nouveaux, créativité et imagination, raisonnement logique)
- Principes à respecter (exemples : cohérence logique, recours aux faits comme éléments de preuve, connaissances historiques et contemporaines)
- Produits (exemples : créer de nouvelles connaissances, de nouvelles méthodes et de nouvelles technologies, susciter de nouvelles questions et recherches)

La question n° 3 de l'unité *PLUIES ACIDES* (exemple n° 1) est un exemple d'item sur les connaissances à propos de la science dans la catégorie « Démarche scientifique » : les élèves doivent identifier les objectifs possibles d'une investigation (compétence : identifier des questions d'ordre scientifique).

Les questions n° 1 et 2 de l'unité *L'EFFET DE SERRE* (exemple n° 2) sont des items qui concernent les connaissances à propos de la science, et se classent dans la catégorie « Explications scientifiques ». Dans la question n° 1, les élèves doivent interpréter des données fournies dans deux graphiques et expliquer en quoi les deux graphiques soutiennent la thèse d'une élévation de la température moyenne de la Terre due à l'accroissement des émissions de dioxyde de carbone. Dans la question n° 2, ils doivent utiliser des données fournies dans les mêmes graphiques pour étayer une conclusion différente.



ATTITUDES ENVERS LA SCIENCE

Les attitudes des individus jouent un rôle important dans l'intérêt qu'ils accordent à la science et à la technologie, en général, et à des questions qui les touchent plus personnellement, en particulier, ainsi que dans leurs réactions sur ces sujets. Un des objectifs de l'enseignement des sciences est de développer chez les élèves des attitudes qui les incitent à s'intéresser aux questions scientifiques et ensuite à acquérir des connaissances scientifiques et technologiques pour les appliquer à leur bénéfice personnel et au bénéfice de la société et du monde.

La priorité accordée aux attitudes dans l'enquête PISA repose sur l'hypothèse selon laquelle la *culture scientifique* d'une personne dépend aussi de ses attitudes, de ses convictions, de ses inclinations, de sa perception de sa propre efficacité, de ses valeurs et de ses actions finales. Cette thèse se fonde sur la structure conceptuelle proposée par Klopfer (1976) concernant le domaine affectif dans l'enseignement des sciences, ainsi que sur une analyse de la littérature à propos des attitudes (par exemple, Gardner, 1975, 1984 ; Gauld et Hukins, 1980 ; Blosser, 1984 ; Laforgia, 1988 ; Osborne, Simon et Collins, 2003 ; Schibeci, 1984) et sur des recherches relatives aux attitudes des élèves envers l'environnement (par exemple, Bogner et Wiseman, 1999 ; Eagles et Demare, 1999 ; Weaver, 2002 ; Rickinson, 2001).

Lors du cycle PISA 2006, dont les sciences étaient le domaine majeur d'évaluation, les attitudes et valeurs des élèves ont été analysées, d'une part dans le questionnaire Élève et, d'autre part, au travers d'items contextualisés posés dans de nombreuses unités immédiatement après les items cognitifs (OCDE, 2006). Ces questions contextualisées portaient sur des thèmes abordés dans les items cognitifs. Lors du cycle PISA 2009, dont les sciences sont un domaine mineur d'évaluation, les épreuves ne contiendront cette fois pas d'items d'attitude contextualisés.

ÉVALUATION PISA DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE

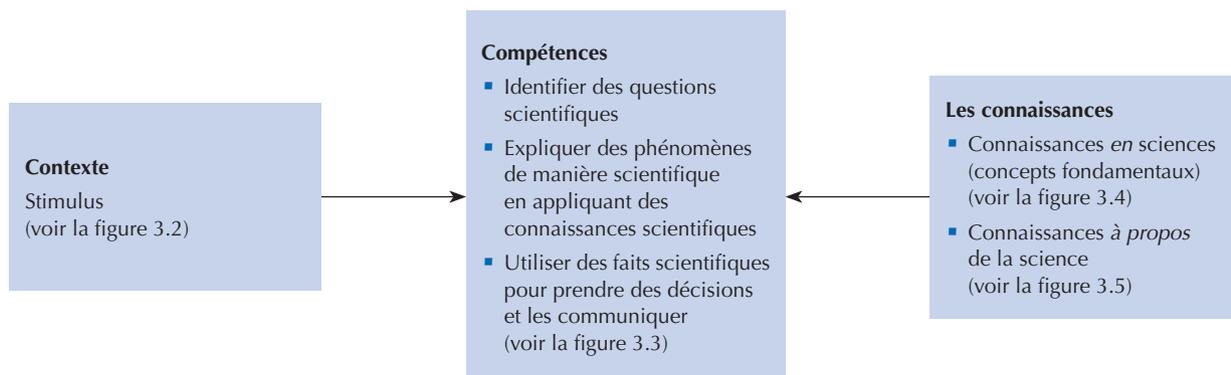
Caractéristiques des épreuves

Comme le veut la définition de la *culture scientifique* retenue dans l'enquête PISA, les items cognitifs demandent aux élèves d'utiliser des compétences scientifiques (voir la figure 3.3) dans divers contextes (voir la figure 3.2). Cela implique aussi d'appliquer des connaissances scientifiques (voir les figures 3.4 et 3.5)

Variante de la figure 3.1, la figure 3.6 présente les composantes fondamentales du cadre PISA d'évaluation de la *culture scientifique* d'une manière qui facilite la mise en relation du cadre avec la structure et le contenu des unités de test. Cette figure 3.6 peut être utilisée comme outil de synthèse, pour planifier les exercices d'évaluation, et comme outil d'analyse, pour étudier les résultats des exercices d'évaluation standard. L'élaboration des unités d'évaluation peut se baser sur les contextes qui servent de stimulus ou sur les compétences scientifiques ou connaissances scientifiques requises pour pouvoir répondre aux questions.

■ Figure 3.6 ■

Outil d'élaboration et d'analyse des unités et des items d'évaluation





Une unité est constituée d'un stimulus, qui décrit le contexte des items, et d'une série d'items de divers types dont la correction est indépendante. De nombreux types différents de stimulus sont utilisés, souvent en même temps, pour décrire le contexte, notamment des extraits de textes, des photos, des tableaux, des graphiques et des diagrammes. Les trois unités proposées à titre d'exemple dans ce chapitre illustrent bien la diversité des stimuli. L'unité *L'EFFET DE SERRE* (exemple n° 2) comporte un stimulus assez long constitué d'un texte d'une page et demie et de deux graphiques. Au contraire, le stimulus de l'unité *EXERCICE PHYSIQUE* (exemple n° 3) est atypique dans la mesure où il est bref et repose sur un effet de suggestion visuelle.

Cette structure sous forme d'unités a été retenue dans l'enquête PISA, car elle facilite l'utilisation de contextes aussi pertinents que possible, et qui reflètent la complexité des situations de la vie réelle, tout en permettant d'exploiter de manière optimale le temps de passation. Poser plusieurs questions différentes dans la même situation au lieu de poser des questions isolées dans un grand nombre de situations différentes présente l'avantage de réduire le temps qu'il faut aux élèves pour comprendre le sujet de chaque question. Toutefois, il faut veiller à ce que les scores attribués aux divers items d'une même unité soient indépendants les uns des autres. De surcroît, comme cette approche réduit le nombre de contextes différents, il importe de proposer un éventail approprié de situations pour minimiser le biais résultant de leur sélection.

Les unités du cycle PISA 2009 comportent jusqu'à quatre items cognitifs conçus pour évaluer les compétences scientifiques des élèves. Chaque item fait intervenir principalement une des compétences scientifiques retenues et un champ de connaissances : soit des connaissances en sciences, soit des connaissances à propos de la science. Dans la plupart des cas, plus d'une compétence et plus d'une catégorie de connaissances sont évaluées au sein d'une unité (dans des items différents).

Quatre formats d'items sont utilisés pour évaluer les compétences et les connaissances identifiées dans ce cadre : des items à choix multiple, des items à réponse construite fermée, des items à choix multiple complexe et des items à réponse construite ouverte. Un tiers environ des items sont des items à choix multiple simple, comme la question n° 2 de l'unité *PLUIES ACIDES* (exemple n° 1), où les élèves doivent sélectionner leur réponse parmi les quatre qui leur sont proposées. Un autre tiers des items sont des items à réponse construite fermée ou des items à choix multiple complexe. Les questions n° 1 et 2 de l'unité *EXERCICE PHYSIQUE* (exemple n° 3) sont des items à choix multiple complexe où les élèves doivent répondre à une série de questions par l'affirmative ou la négative. Le dernier tiers d'items sont des items à réponse construite ouverte, comme les autres items des unités *PLUIES ACIDES* et *EXERCICE PHYSIQUE*, et tous les items de l'unité *L'EFFET DE SERRE* (exemple n° 2). Ils demandent aux élèves des réponses assez longues, sous forme rédigée ou sous forme de schéma.

La majorité des items sont codés de manière dichotomique (réponse correcte ou non), mais certains items à choix multiple complexe ou à réponse ouverte peuvent faire l'objet d'un crédit partiel, si les élèves ont répondu en partie correctement à la question. Des consignes de codage détaillées sont fournies pour classer les réponses des élèves en trois catégories (les codes « Crédit complet », « Crédit partiel » et « Pas de crédit »), suivant la capacité à répondre dont ils ont fait preuve. Le code « Crédit complet » est attribué aux réponses qui dénotent un niveau de compréhension du sujet jugé approprié pour des élèves de 15 ans ayant une *culture scientifique* solide. Le code « Crédit partiel » est attribué aux réponses moins sophistiquées ou moins correctes. Enfin, le code « Pas de crédit » est attribué aux réponses totalement erronées, hors sujet ou manquantes. La question n° 3 de l'unité *PLUIES ACIDES* (exemple n° 1) et la question n° 2 de l'unité *L'EFFET DE SERRE* (exemple n° 2) sont des items dont le codage prévoit un crédit partiel.

Pour comprendre les items de sciences et y répondre, les élèves doivent avoir un certain niveau en lecture, ce qui pose la question du niveau d'exigence requis en *compréhension de l'écrit*. Les stimuli et les items sont formulés dans un langage aussi clair, simple et concis que possible, tout en transmettant le contenu voulu de manière appropriée. Le nombre de concepts introduits dans chacun des paragraphes est limité et les items qui nécessitent un niveau trop élevé de compétence en lecture ou en mathématiques sont écartés.

Structure de l'évaluation en sciences

Les épreuves PISA doivent proposer un équilibre correct entre les items évaluant les compétences et ceux évaluant les connaissances scientifiques. La figure 3.7 montre la répartition des points de score entre les catégories des deux composantes (les *connaissances en sciences* et les *connaissances à propos de la science*), en pourcentage du nombre total de points de score, lors du cycle PISA 2006 (dont les sciences étaient le domaine majeur d'évaluation) et lors du cycle PISA 2009.

■ Figure 3.7 ■

Répartition des points de score entre les catégories de connaissances scientifiques

Connaissances <i>en sciences</i>	Pourcentage de points de score	
	PISA 2006	PISA 2009
Systèmes physiques	17	13
Systèmes vivants	20	16
Système de la Terre et de l'univers	10	12
Systèmes technologiques	8	9
Sous-total	55	50
Connaissances à propos de la science		
Démarche scientifique	23	23
Explications scientifiques	22	27
Sous-total	45	50
Total	100	100

La figure 3.8 montre la répartition correspondante pour les compétences scientifiques.

■ Figure 3.8 ■

Répartition des points de score entre les compétences scientifiques

Compétences scientifiques	Pourcentage de points de score	
	PISA 2006	PISA 2009
Identifier des questions d'ordre scientifique	22	22
Expliquer des phénomènes de manière scientifique	46	41
Utiliser des faits scientifiques	32	37
Total	100	100

Les items sont répartis par contexte personnel, social et global selon des proportions approximatives de 25 % ; 50 % ; 25 %. Ils se répartissent de manière assez équivalente entre les champs d'application présentés à la figure 3.2.

La figure 3.9 montre la répartition des points de score entre les types d'items.

■ Figure 3.9 ■

Répartition des points de score entre les types d'item

Types d'item	Pourcentage de points de score	
	PISA 2006	PISA 2009
Items à choix multiple simple	35	32
Items à choix multiple complexe	27	34
Items à réponse construite fermée	4	2
Items à réponse construite ouverte	34	32
Total	100	100

PRÉSENTATION DU NIVEAU DE COMPÉTENCE EN SCIENCES

Les résultats aux épreuves PISA sont rapportés sur une échelle construite sur la base du modèle de Rasch décrit par Adams, Wilson et Wang (1997). Une échelle de compétence a été élaborée dans chaque domaine d'évaluation (compréhension de l'écrit, mathématiques et sciences). Le score moyen de ces échelles est fixé à 500 points et leur écart type, à 100, sur la base des pays de l'OCDE. En d'autres termes, le score de deux tiers environ des élèves des pays de l'OCDE se situe par construction entre 400 et 600 points.

Lors du cycle d'évaluation PISA 2006, premier cycle dont les sciences étaient le domaine majeur, six niveaux de compétence ont été définis sur l'échelle de *culture scientifique*. Les mêmes niveaux de compétence seront utilisés pour rendre compte des résultats aux épreuves de sciences lors du cycle PISA 2009. Chaque niveau de compétence correspond à des compétences que les élèves doivent posséder pour atteindre ce niveau. La figure 3.10 décrit les connaissances et compétences scientifiques que les élèves possèdent à chaque niveau, le niveau 6 étant le plus élevé. Elle indique également le score et le niveau des items des trois unités tirées des épreuves du cycle PISA 2006 qui sont utilisées à titre d'exemple tout au long de ce chapitre.



■ Figure 3.10 ■

Description succincte des six niveaux de compétence de l'échelle PISA de culture scientifique

Niveau	Score (limite inférieure)	Exemples d'items	Compétences caractéristiques de chaque niveau
6	707.9	Q3 <i>PLUIES ACIDES</i> Crédit complet (717 points) Q3 <i>L'EFFET DE SERRE</i> (709 points)	Les élèves situés au niveau 6 sont capables d'identifier, d'expliquer et d'appliquer des connaissances en sciences et des connaissances à propos des sciences dans un éventail de situations complexes inspirées de la vie réelle. Ils sont en mesure d'établir des liens entre différentes sources d'information et explications, et d'y puiser des éléments pertinents pour justifier des décisions. Ils sont clairement et systématiquement capables de se livrer à des réflexions et à des raisonnements scientifiques approfondis, et d'utiliser leur compréhension scientifique pour étayer des solutions dans des situations scientifiques et technologiques qui ne leur sont pas familières. Les élèves de ce niveau parviennent à exploiter leurs connaissances scientifiques pour développer des arguments en faveur de conseils ou de décisions dans des situations personnelles, sociales ou mondiales.
5	633.3	Q2 <i>L'EFFET DE SERRE</i> Crédit complet (659 points)	Les élèves situés au niveau 5 sont capables d'identifier les aspects scientifiques de nombreuses situations complexes inspirées de la vie réelle et de leur appliquer à la fois des concepts scientifiques et des connaissances à propos des sciences. Ils sont en mesure de comparer, de sélectionner et d'évaluer les faits scientifiques requis pour répondre à ces situations. Les élèves de ce niveau possèdent des facultés bien développées de recherche et sont capables d'établir des liens de manière appropriée entre des connaissances, et de cerner des situations de manière critique. Ils sont capables d'élaborer des explications sur la base des faits et des arguments qui découlent de leurs analyses critiques.
4	558.7	Q3 <i>EXERCICE PHYSIQUE</i> (583 points) Q2 <i>L'EFFET DE SERRE</i> Crédit partiel (568 points)	Les élèves situés au niveau 4 sont capables de travailler de manière efficace sur des situations ou des problèmes qui impliquent des phénomènes explicites et qui leur demandent de faire des inférences à propos du rôle des sciences ou de la technologie. Ils parviennent à sélectionner des explications issues de différentes disciplines scientifiques ou technologiques, puis à les intégrer et à les associer directement à des aspects de situations de la vie réelle. Les élèves de ce niveau sont capables de réfléchir à leurs actes et de communiquer leurs décisions en se basant sur des connaissances et des faits scientifiques.
3	484.1	Q1 <i>EXERCICE PHYSIQUE</i> (545 points) Q1 <i>L'EFFET DE SERRE</i> (529 points) Q3 <i>PLUIES ACIDES</i> Crédit partiel (513 points) Q1 <i>PLUIES ACIDES</i> (506 points)	Les élèves situés au niveau 3 sont capables d'identifier des questions scientifiques décrites clairement, dans des contextes variés. Ils sont en mesure de sélectionner des faits et des connaissances pour expliquer des phénomènes, et d'appliquer des stratégies de recherche ou des modèles simples. Ils sont capables d'interpréter, d'utiliser et d'appliquer directement des concepts scientifiques issus de disciplines différentes. Ils peuvent élaborer des arguments succincts sur la base de faits et prendre des décisions en s'appuyant sur leurs connaissances scientifiques.
2	409.5	Q2 <i>PLUIES ACIDES</i> (460 points)	Les élèves situés au niveau 2 possèdent les connaissances scientifiques requises pour fournir des explications plausibles dans des contextes familiers ou tirer des conclusions à partir de recherches simples. Ils sont en mesure de se livrer à des raisonnements directs et d'interpréter de manière littérale les résultats d'une recherche scientifique ou d'un problème de technologie.
1	334.9	Q2 <i>EXERCICE PHYSIQUE</i> (386 points)	Les élèves situés au niveau 1 ont des connaissances scientifiques tellement limitées qu'ils peuvent uniquement les appliquer dans un petit nombre de situations familières. Ils peuvent fournir des explications scientifiques qui vont de soi et découlent explicitement des faits donnés.

Les compétences des élèves qui se sont classés sous le niveau 1 lors du cycle PISA 2006 (5.2 % environ des élèves des pays de l'OCDE) n'ont pu être décrites de manière suffisamment fiable, à cause du nombre insuffisant d'items dans cette partie de l'échelle de *culture scientifique*. Le niveau 2 est considéré comme le « seuil » de *culture scientifique*, c'est-à-dire le niveau à partir duquel les élèves commencent à montrer qu'ils possèdent les compétences et connaissances scientifiques leur permettant de faire face aux situations de la vie courante en rapport avec les sciences et la technologie.



Les facteurs qui déterminent le degré de difficulté des items de sciences sont les suivants :

- la complexité générale du contexte ;
- la mesure dans laquelle la terminologie, les idées et les processus scientifiques sont familiers aux élèves ;
- la longueur du cheminement logique pour répondre aux questions – c'est-à-dire le nombre d'étapes à franchir pour parvenir à une réponse adéquate et le degré d'interdépendance de chaque étape par rapport aux étapes précédentes ;
- la mesure dans laquelle des idées ou des concepts scientifiques sont requis dans la réponse ; et
- le niveau de raisonnement, de compréhension et de généralisation requis pour poser des jugements, tirer des conclusions et donner des explications.

La question n° 3 de l'unité *L'EFFET DE SERRE* (exemple n° 2) est un exemple d'item difficile, qui se situe au niveau 6 de l'échelle PISA de sciences. Elle combine des aspects de deux compétences, en l'occurrence *identifier des questions d'ordre scientifique* et *expliquer des phénomènes de manière scientifique*. Comme première étape pour résoudre ce problème, les élèves doivent identifier la variation et les variables mesurées, et être suffisamment au fait des méthodes de recherche pour savoir que d'autres facteurs interviennent. De plus, ils doivent reconnaître le scénario et en identifier les composantes majeures, ce qui consiste à identifier un certain nombre de concepts abstraits et leurs relations pour déterminer quels sont les « autres » facteurs susceptibles d'influer sur la relation entre la température de la Terre et la quantité de gaz carbonique dans l'atmosphère. Ainsi, pour répondre correctement à cet item, un élève doit comprendre la nécessité de contrôler des facteurs autres que les variables mesurées qui ont changé et posséder des connaissances suffisantes sur les « Systèmes de la Terre » pour identifier au moins un des facteurs à contrôler. Cette question est classée dans la catégorie « Expliquer des phénomènes de manière scientifique », car elle nécessite avant tout des connaissances suffisantes dans la catégorie des « systèmes de la Terre ».

La question n° 1 de l'unité *EXERCICE PHYSIQUE* (exemple n° 3) est un exemple d'item facile, qui se situe au niveau 1 de l'échelle PISA de sciences, en dessous du seuil de *culture scientifique*. Pour obtenir le crédit, les élèves doivent se remémorer des connaissances à propos du fonctionnement des muscles et de la formation de graisse dans le corps, en particulier le fait que l'exercice physique accroît la circulation du sang et empêche la formation de graisse. Ces connaissances permettent aux élèves d'accepter la première proposition de cet item à choix multiple complexe et de rejeter la seconde. Ils ne doivent ni analyser de contexte, ni explorer ou établir de relations, et les connaissances auxquelles cet item fait appel sont couramment répandues.

Les résultats du cycle PISA 2006 ont également été rapportés sur trois sous-échelles correspondant aux trois compétences scientifiques retenues. Ces sous-échelles sont divisées en six niveaux de compétence comme l'échelle principale, mais leurs descriptions sont spécifiques. De plus, les résultats ont été comparés entre les pays sur la base des connaissances à *propos* de la science et des trois grandes catégories de connaissances *en sciences* (systèmes physiques ; systèmes vivants ; systèmes de la Terre et de l'univers).

Les analyses découlant de ces types de comparaisons peuvent être signifiantes, certes, mais la prudence est de rigueur lors de la mise en relation de la performance générale avec les compétences et connaissances, car les données sont issues de deux façons de classer les items qui ne sont pas indépendantes. Tous les items classés dans la compétence *identifier des questions d'ordre scientifique* sont aussi des items portant sur des *connaissances à propos de la science*, et tous les items classés dans la compétence *expliquer des items de manière scientifique* sont des items portant sur des *connaissances en sciences* (OCDE, 2009, p. 44).

CONCLUSION

La définition de la *culture scientifique* retenue dans l'enquête PISA se fonde sur cette question : quels sont les savoirs, les valeurs et les savoir-faire que les élèves de 15 ans doivent posséder pour être prêts à vivre dans la société contemporaine ? Au cœur de cette définition et de l'évaluation de la *culture scientifique* se trouvent les compétences caractéristiques de la science et de la démarche scientifique : *identifier des questions d'ordre scientifique*, *expliquer des phénomènes de manière scientifique* et *utiliser des faits scientifiques*. La capacité des élèves à mettre en œuvre ces compétences dépend de leurs connaissances scientifiques – à la fois leurs connaissances sur le monde naturel (chimie, biologie, sciences de la Terre et de l'univers, technologie) et leurs connaissances à propos de la science (démarche scientifique et explications scientifiques) –, et de leurs attitudes à l'égard des questions scientifiques.

Ce cadre décrit et illustre les compétences et connaissances scientifiques et les attitudes que sous-tend la définition PISA de la *culture scientifique* (voir la figure 3.11), et présente le format et la structure des épreuves de sciences du cycle PISA 2009.



■ Figure 3.11 ■

Composantes de la définition PISA de la culture scientifique

Compétences	Connaissances	Attitudes
<ul style="list-style-type: none"> ■ Identifier des questions d'ordre scientifique ■ Expliquer des phénomènes de manière scientifique ■ Utiliser des faits scientifiques 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Connaissances <i>en sciences</i> <ul style="list-style-type: none"> – <i>Systèmes physiques</i> – <i>Systèmes vivants</i> – <i>Systèmes de la Terre et de l'univers</i> – <i>Systèmes technologiques</i> ■ Connaissances à <i>propos</i> de la science <ul style="list-style-type: none"> – <i>Démarche scientifique</i> – <i>Explications scientifiques</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Intérêt pour la science ■ Valeur accordée à la démarche scientifique ■ Responsabilité à l'égard des ressources et de l'environnement

Les items PISA de sciences sont regroupés dans des unités qui commencent toutes par un stimulus qui décrit le contexte dans lequel ils s'inscrivent. La priorité est accordée aux situations dans lesquelles des applications scientifiques revêtent une importance particulière pour améliorer la qualité de vie des individus et des communautés. Les épreuves contiennent une combinaison d'items à choix multiple et d'items à réponse construite, dont certains se prêtent à un codage avec crédit partiel. Les épreuves du cycle PISA 2009 ne contiennent pas d'items d'attitude, contrairement à celles du cycle PISA 2006.

Les résultats aux épreuves de sciences du cycle PISA 2009 seront rapportés sur une seule échelle de compétence dont la moyenne est fixée à 500 points et l'écart type, à 100 points, selon les six niveaux de performance définis pour la première fois à l'occasion du cycle PISA 2006, pour lequel les sciences étaient le domaine majeur d'évaluation. Le niveau 6 est le plus élevé et le niveau 2 est considéré comme le « seuil » de *culture scientifique*. Les élèves qui ne parviennent pas à se hisser au niveau 2 ne possèdent pas les connaissances et compétences scientifiques requises pour leur permettre de prendre une part active dans des situations de la vie en rapport avec la science et la technologie.



Notes

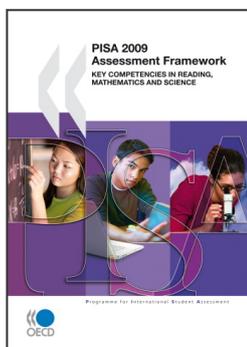
1. Dans le présent cadre d'évaluation, l'expression « monde naturel » renvoie aussi aux changements induits par l'activité de l'Homme, dont le « monde matériel » conçu et façonné par les technologies.
2. On considère que les élèves ne sont pas censés connaître le mode de conception ou le fonctionnement interne d'applications technologiques (par exemple, les avions, les moteurs ou les ordinateurs).

Références

- Adams, R.J., M. Wilson et W.C. Wang** (1997), « The Multidimensional Random Coefficients Multinomial Logit Model », *Applied Psychological Measurement*, n° 21, pp. 1-23.
- Baumert, J. et O. Köller** (1998), « Interest Research in Secondary Level I: An Overview », in L. Hoffmann, A. Krapp, K.A. Renniger et J. Baumert (éd.), *Interest and Learning*, Institute for Science Education (IPN), Université de Kiel, Kiel, Allemagne, pp. 241-256.
- Blosser, P.** (1984), *Attitude Research in Science Education*, ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education, Columbus, Ohio.
- Bogner, F. et M. Wiseman** (1999), « Toward Measuring Adolescent Environmental Perception », *European Psychologist*, vol. 4, n° 3, pp. 139-151.
- Bybee, R.** (1997a), *Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices*, Heinemann, Portsmouth.
- Bybee, R.** (1997b), « Towards an Understanding of Scientific Literacy », in W. Gräber et C. Bolte (éd.), *Scientific Literacy: An International Symposium*, Institute for Science Education (IPN), Université de Kiel, Kiel, Allemagne.
- Bybee, R.W. et B.J. McCrae**, (éd.) (2009), *PISA Science 2006, Implications for Science Teachers and Teaching*, NSTA Press, Arlington, Virginie.
- Eagles, P.F.J. et R. Demare** (1999), « Factors Influencing Children's Environmental Attitudes », *The Journal of Environmental Education*, vol. 30, n° 4, pp. 33-37.
- Fensham, P.J.** (1985), « Science for All: A Reflective Essay », *Journal of Curriculum Studies*, vol. 17, n° 4, pp. 415-435.
- Fensham, P.J.** (2000), « Time to Change Drivers for Scientific Literacy », *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, vol. 2, pp. 9-24.
- Fleming, R.** (1989), « Literacy for a Technological Age », *Science Education*, vol. 73, n° 4.
- Gardner, P.L.** (1975), « Attitudes to Science. A Review », *Studies in Science Education*, vol. 2, pp. 1-41.
- Gardner, P.L.** (1984), « Students' Interest in Science and Technology: An International Overview », in M. Lehrke, L. Hoffmann et P.L. Gardner (éd.), *Interests in Science and Technology Education*, Institute for Science Education (IPN), Université de Kiel, Kiel, Allemagne, pp. 15-34.
- Gauld, C. et A.A. Hukins** (1980), « Scientific Attitudes: A Review », *Studies in Science Education*, vol. 7, pp. 129-161.
- Gräber, W. et C. Bolte** (éd.) (1997), *Scientific Literacy: An International Symposium*, Institute for Science Education (IPN), Université de Kiel, Kiel, Allemagne.
- Koballa, T., A. Kemp et R. Evans** (1997), « The Spectrum of Scientific Literacy », *The Science Teacher*, vol. 64, n° 7, pp. 27-31.
- Kuhn, D.** (1992), « Thinking as Argument », *Harvard Educational Review*, vol. 62, n° 2.
- LaForgia, J.** (1988), « The Affective Domain Related to Science Education and its Evaluation », *Science Education*, vol. 72, n° 4, pp. 407-421.
- Law, N.** (2002), « Scientific Literacy: Charting the Terrains of a Multifaceted Enterprise », *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, vol. 2, pp. 151-176.



- Mayer, V.J.** (éd.) (2002), *Global Science Literacy*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Pays-Bas.
- Mayer, V.J.** et **Y. Kumano** (2002), « The Philosophy of Science and Global Science Literacy », in V.J. Mayer (éd.), *Global Science Literacy*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Pays-Bas.
- Millar, R.** et **J. Osborne** (1998), *Beyond 2000: Science Education for the Future*, King's College London, School of Education, Londres, Royaume-Uni.
- Norris, S.** et **L. Phillips** (2003), « How Literacy in its Fundamental Sense is Central to Scientific Literacy », *Science Education*, vol. 87, n° 2.
- OCDE** (2003), « Définition et sélection des compétences clés : Fondements théoriques et conceptuels (DeSeCo) », synthèse du rapport final *Key Competencies for a Successful Life and a Well-Functioning Society*, Éditions OCDE.
- OCDE** (2006), *Compétences en sciences, lecture et mathématiques : Le cadre d'évaluation de PISA 2006*, Éditions OCDE.
- OCDE** (2007), *PISA 2006 – Les compétences en sciences, un atout pour réussir, Volume 1 : Analyse des résultats*, Éditions OCDE.
- OCDE** (2009), *PISA 2006 Technical Report*, Éditions OCDE.
- Osborne, J., S. Erduran, S. Simon** et **M. Monk** (2001), « Enhancing the Quality of Argumentation in School Science », *School Science Review*, vol. 82, n° 301.
- Osborne, J., S. Simon** et **S. Collins** (2003), « Attitudes Towards Science: A Review of the Literature and its Implications », *International Journal of Science Education*, vol. 25, n° 9, pp. 1049-1079.
- Rickinson, M.** (2001), « Learners and Learning in Environmental Education: A Critical Review of the Evidence », *Environmental Education Research*, vol. 7, n° 3, pp. 207-208.
- Roberts, D.** (1983), *Scientific Literacy: Towards Balance in Setting Goals for School Science Programs*, Conseil des sciences du Canada, Ottawa, Canada.
- Schibeci, R.A.** (1984), « Attitudes to Science: An Update », *Studies in Science Education*, vol. 11, pp. 26-59.
- UNESCO** (1993), *Forum international sur la culture scientifique et technologique pour tous, Rapport final*, UNESCO, Paris.
- Weaver, A.** (2002), « Determinants of Environmental Attitudes: A Five-Country Comparison », *International Journal of Sociology*, vol. 32, n° 1, pp. 77-108.



Extrait de :

PISA 2009 Assessment Framework

Key Competencies in Reading, Mathematics and Science

Accéder à cette publication :

<https://doi.org/10.1787/9789264062658-en>

Merci de citer ce chapitre comme suit :

OCDE (2012), « Cadre d'évaluation de la culture scientifique du cycle PISA 2009 », dans *PISA 2009 Assessment Framework : Key Competencies in Reading, Mathematics and Science*, Éditions OCDE, Paris.

DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264075474-5-fr>

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les arguments exprimés ici ne reflètent pas nécessairement les vues officielles des pays membres de l'OCDE.

Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Vous êtes autorisés à copier, télécharger ou imprimer du contenu OCDE pour votre utilisation personnelle. Vous pouvez inclure des extraits des publications, des bases de données et produits multimédia de l'OCDE dans vos documents, présentations, blogs, sites Internet et matériel d'enseignement, sous réserve de faire mention de la source OCDE et du copyright. Les demandes pour usage public ou commercial ou de traduction devront être adressées à rights@oecd.org. Les demandes d'autorisation de photocopier une partie de ce contenu à des fins publiques ou commerciales peuvent être obtenues auprès du Copyright Clearance Center (CCC) info@copyright.com ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) contact@cfcopies.com.