

2

Cadre d'évaluation de la culture scientifique de l'enquête PISA 2015

La culture scientifique est le domaine majeur d'évaluation du Programme international pour le suivi des acquis des élèves (PISA) en 2015. Ce chapitre définit la « culture scientifique » telle qu'elle est évaluée dans l'enquête PISA. Il décrit les contextes, les savoirs, les savoir-faire et les attitudes à l'égard de la science retenus dans les épreuves de résolution de problèmes scientifiques, et propose plusieurs items à titre d'exemple. Il explique aussi comment la performance des élèves en sciences est évaluée et présentée.



Ce chapitre décrit le cadre conceptuel à la base des épreuves d'évaluation de la culture scientifique – le domaine majeur d'évaluation de l'enquête PISA 2015 – ainsi que les arguments qui le sous-tendent. Les cadres précédents de l'évaluation PISA de la culture scientifique (OCDE, 1999, 2004 et 2006) ont défini la conception de la culture scientifique sur laquelle reposent les épreuves de sciences. Ces documents ont établi un large consensus parmi les professeurs de sciences au sujet du *construct*¹ de culture scientifique. Le cadre d'évaluation de la culture scientifique de l'enquête PISA 2015 développe tout en l'affinant le *construct* déjà défini, en particulier dans le cadre élaboré lors de l'enquête PISA 2006, qui a servi de base aux épreuves en 2006, en 2009 et en 2012.

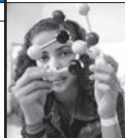
La culture scientifique est importante tant à l'échelle nationale qu'à l'échelle internationale à l'heure où l'humanité doit relever des défis majeurs, à savoir procurer eau, nourriture et énergie en suffisance, lutter contre des maladies et s'adapter aux changements climatiques (PNUE, 2012). Bon nombre de ces défis sont toutefois à relever à l'échelle locale, là où les individus peuvent devoir prendre des décisions concernant des pratiques qui affectent leur santé et leur alimentation, l'usage qu'ils font des matières premières et des nouvelles technologies, et la façon dont ils utilisent l'énergie. Pour réussir à relever ces défis, il faudra une contribution majeure de la science et de la technologie. Or, comme l'affirme la Commission européenne, les problèmes d'environnement ou d'éthique impliquant la science et la technologie « ne pourront être tranchés sainement que si nous formons des jeunes dotés d'un certain bon sens scientifique » (Commission européenne, 1995 : 12-13). Et de poursuivre : « Il ne s'agit évidemment pas de transformer chaque citoyen en expert scientifique, mais de lui permettre de jouer un rôle éclairé dans les choix concernant son environnement et d'être en mesure de comprendre le sens général et les implications sociales des débats entre experts » (ibid. : 13). Amener les jeunes à bien comprendre la science et la technologie fait partie intégrante du processus qui consiste à les préparer à vivre leur vie d'adulte, car ces matières auront un impact considérable sur leur vie personnelle, sociale et professionnelle.

Dans ce cadre d'évaluation, le concept de culture scientifique renvoie à la fois à la science et à la technologie, malgré les différences d'objectifs, de processus et de produits entre les deux disciplines. La technologie a pour but de trouver la solution optimale à un problème humain, sachant qu'il peut y avoir plusieurs solutions optimales. En revanche, la science cherche à répondre à une question spécifique à propos du monde naturel. Science et technologie sont toutefois étroitement liées. Les découvertes scientifiques donnent lieu au développement de nouvelles technologies (pensons aux progrès en science des matériaux qui ont permis la mise au point du transistor en 1948). Inversement, le développement de nouvelles technologies peut conduire à des découvertes scientifiques (la mise au point de télescopes plus performants a par exemple transformé la façon de concevoir l'univers). Les individus prennent des décisions et font des choix qui influent sur les orientations des nouvelles technologies (c'est le cas, par exemple, lorsqu'ils optent pour une voiture plus petite et plus économe en carburant). Les individus ayant une grande culture scientifique sont en principe capables de faire des choix en meilleure connaissance de cause. Ils sont également censés admettre que si la science et la technologie sont souvent source de solutions, elles sont aussi source de risques, à l'origine de nouveaux problèmes qui ne peuvent être résolus que par leur utilisation. Les individus doivent donc pouvoir évaluer les avantages et inconvénients potentiels de l'application de connaissances scientifiques dans leur vie et la société.

La culture scientifique, c'est non seulement comprendre les concepts et les théories scientifiques, mais également connaître les procédures et pratiques courantes associées à la démarche scientifique, et savoir en quoi ces procédures et pratiques permettent des avancées scientifiques. Les individus compétents en sciences : connaissent les grands concepts et les idées maîtresses à la base de la pensée scientifique et technologique ; savent comment ces connaissances ont été produites ; et savent dans quelle mesure ces connaissances sont prouvées par des faits ou étayées par des explications théoriques.

Pour relever de nombreux défis du XXI^e siècle, il faudra assurément trouver des solutions novatrices, reposant sur le raisonnement scientifique et les découvertes scientifiques. Les sociétés auront besoin de scientifiques très instruits pour faire les recherches et lancer les innovations indispensables pour que le monde puisse relever ses défis économiques, sociaux et environnementaux.

Pour toutes ces raisons, la culture scientifique est considérée comme une compétence clé (Rychen et Salganik, 2003) et se définit comme la capacité d'utiliser les connaissances et les informations de façon interactive – c'est-à-dire comprendre comment des connaissances en science changent la façon dont on entre en interaction avec le monde et peuvent être utilisées pour réaliser des objectifs plus vastes. C'est en soi un objectif majeur de l'enseignement des sciences à tous les élèves. Cela explique pourquoi la conception de la culture scientifique à la base de l'évaluation internationale des acquis des adolescents en 2015 est une réponse à la question : qu'est-il important que les jeunes sachent, valorisent et puissent faire dans des situations impliquant la science et la technologie ?



DÉFINITION DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE

La conception actuelle des résultats souhaitables de l'enseignement des sciences est fortement enracinée dans la conviction que la compréhension de la science est tellement importante qu'elle devrait faire partie de l'instruction de tous les jeunes (American Association for the Advancement of Science, 1989 ; Confederación de Sociedades Científicas de España, 2011 ; Fensham, 1985 ; Millar et Osborne, 1998 ; National Research Council, 2012 Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, KMK, 2005 ; Ministère de l'Éducation de Taïwan, 1999). De fait, dans de nombreux pays, la science est une composante obligatoire du programme de cours de la maternelle jusqu'à la fin de la scolarité obligatoire.

Bon nombre des documents et déclarations de politique générale cités ci-dessus donnent la priorité à l'éducation à la citoyenneté. Toutefois, une grande partie des programmes de sciences enseignés dans le monde sont conçus à partir de l'hypothèse que l'objectif premier de l'enseignement des sciences devrait être de préparer la nouvelle génération de scientifiques (Millar et Osborne, 1998). Ces deux objectifs ne sont pas nécessairement incompatibles. Les efforts déployés pour tenter de concilier les besoins de la majorité des élèves qui ne deviendront pas des scientifiques et les besoins de la minorité d'élèves qui sont appelés à le devenir ont contribué à mettre l'accent sur l'enseignement de la science par l'expérience (National Academy of Science, 1995 ; National Research Council, 2000) et sur de nouveaux modèles pédagogiques (Millar, 2006) qui répondent aux besoins de ces deux catégories d'élèves. La priorité dans ces conceptions et les programmes en découlant n'est pas de préparer les élèves à devenir des « producteurs » de savoirs scientifiques (de futurs scientifiques, donc), mais de faire en sorte que tous les jeunes deviennent des utilisateurs informés et critiques de la connaissance scientifique.

Pour comprendre des questions fondamentales en rapport avec la science et la technologie et s'y investir, il faut posséder trois compétences spécifiques au domaine scientifique. La première de ces compétences est la capacité d'expliquer des phénomènes naturels, des artefacts techniques et des technologies, et de comprendre leurs implications pour la société. Pour y parvenir, il faut connaître les idées fondamentales de la science et les questions qui cadrent la pratique et les objectifs de la science. La deuxième de ces compétences est la capacité de comprendre la démarche scientifique utilisée pour : identifier les questions auxquelles la science peut répondre ; déterminer si les procédures employées sont appropriées ; et proposer des moyens de répondre à ces questions. La troisième compétence est la capacité d'interpréter et d'évaluer les données et les faits de manière scientifique, et de déterminer si les conclusions sont justifiées. Dans l'enquête PISA 2015, la culture scientifique se définit donc en fonction de ces trois compétences, à savoir :

- Expliquer des phénomènes de manière scientifique.
- Évaluer et concevoir des recherches scientifiques.
- Interpréter des données et des faits de manière scientifique.

Ces trois compétences requièrent des connaissances. Pour expliquer des phénomènes scientifiques et technologiques, par exemple, il est impératif d'avoir des connaissances scientifiques. Pour exploiter la deuxième et la troisième compétence, les connaissances scientifiques ne suffisent toutefois pas ; il faut aussi comprendre d'où viennent ces connaissances et savoir dans quelle mesure elles sont fiables. D'aucuns ont plaidé en faveur de l'enseignement de ce qui a été appelé « la nature de la science » (Lederman, 2006), « les idées relatives à la science » (Millar et Osborne, 1998) ou les « pratiques scientifiques » (National Research Council, 2012). Pour reconnaître et identifier les éléments caractéristiques de la méthode scientifique, il faut connaître les procédures normalisées à la base des diverses méthodes et pratiques utilisées pour créer le savoir scientifique (ce que l'on appelle ci-après les connaissances procédurales). Enfin, ces compétences requièrent des connaissances épistémiques, c'est-à-dire le fait de comprendre le bien-fondé des pratiques qui caractérisent la démarche scientifique, d'évaluer la crédibilité des thèses avancées et de connaître la signification de termes essentiels, tels que « théorie », « hypothèse » et « données ».

Les connaissances procédurales et épistémiques sont toutes deux indispensables pour identifier les questions auxquelles la science peut apporter une réponse, déterminer si des procédures appropriées ont été utilisées pour justifier les thèses avancées et distinguer des questions scientifiques de questions de valeurs ou de considérations économiques. Cette définition de la culture scientifique repose sur l'hypothèse que tout au long de leur vie, les individus auront besoin d'acquérir des connaissances, pas par le biais de recherches scientifiques, mais en utilisant les ressources à leur disposition dans les bibliothèques et sur Internet, par exemple. Les connaissances procédurales et épistémiques sont essentielles pour déterminer si les nombreuses thèses relayées par les médias modernes ont été élaborées sur la base de procédures appropriées et sont justifiées.



Encadré 2.1 **Connaissances associées à la culture scientifique : terminologie de l'enquête PISA 2015**

Ce chapitre se base sur une conception des connaissances qui englobe trois types de connaissances liés, mais distincts. Le premier de ces types, le plus connu, sont les connaissances relatives aux faits, concepts, idées et théories à propos du monde naturel, connaissances qui sont établies par la science. C'est par exemple savoir comment les plantes synthétisent des molécules complexes à l'aide de la lumière et du dioxyde de carbone, ou savoir que la matière est constituée de particules. Ces connaissances « en sciences » sont appelées « **connaissances scientifiques** ».

Les connaissances relatives aux procédures que les scientifiques utilisent pour produire les connaissances scientifiques sont appelées « **connaissances procédurales** ». Il s'agit de connaître les pratiques et les concepts sur lesquels se fondent les études empiriques, par exemple refaire les mêmes mesures pour réduire le risque d'erreur et le degré d'incertitude, contrôler les variables et utiliser des procédures normalisées pour présenter et communiquer des données (Millar, Lubben, Gott et Duggan, 1995). Plus récemment, ces éléments ont été développés sous la forme de *concepts of evidence* (Gott, Duggan et Roberts, 2008).

De plus, pour comprendre la science en tant que pratique, il faut aussi avoir des « **connaissances épistémiques** », c'est-à-dire comprendre le rôle de *constructs* spécifiques et de caractéristiques essentielles pour le processus de production de connaissances scientifiques (Duschl, 2007). Par connaissances épistémiques, on entend le fait de comprendre la fonction que les questions, les observations, les théories, les modèles et les arguments jouent en sciences, de reconnaître la diversité des méthodes scientifiques, et de comprendre que les examens critiques par les pairs contribuent à crédibiliser les thèses scientifiques.

Une analyse plus détaillée de ces trois types de connaissances est proposée dans la section suivante sur les connaissances associées à la culture scientifique, ainsi que dans les graphiques 2.5, 2.6 et 2.7.

Les individus ont besoin des trois types de connaissances associées à la culture scientifique pour utiliser les trois compétences constituant la culture scientifique. L'enquête PISA 2015 vise à évaluer dans quelle mesure les jeunes de 15 ans sont capables d'utiliser à bon escient les trois compétences décrites ci-dessus dans un éventail de contextes personnels, locaux/nationaux (classés dans la même catégorie) et mondiaux. (Dans les épreuves PISA, ces compétences sont évaluées uniquement sur la base de connaissances que les élèves de 15 ans ont, selon toute vraisemblance, déjà acquises.) Cette orientation diffère de celle retenue dans de nombreux programmes scolaires de sciences qui se basent sur des contenus, et non sur des compétences. Ce cadre conceptuel repose sur une conception plus vaste du type de connaissances dont les citoyens engagés ont besoin en sciences.

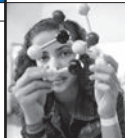
De plus, cette conception de la culture scientifique admet qu'il existe un élément affectif dans la façon dont les élèves utilisent ces compétences : leurs attitudes ou dispositions à l'égard de la science déterminent l'intérêt qu'ils portent à la science, les incitent à s'y engager et peuvent les encourager à agir (Schibeci, 1984). Les individus ayant une bonne culture scientifique se caractérisent donc par le fait : qu'ils s'intéressent aux thématiques scientifiques ; qu'ils s'engagent dans des questions d'ordre scientifique ; qu'ils se soucient des questions en rapport avec la technologie, les ressources et l'environnement ; et qu'ils réfléchissent à l'importance de la science pour eux et pour la société.

Encadré 2.2 **La définition de la culture scientifique dans l'enquête PISA 2015**

La culture scientifique renvoie à la capacité des individus de s'engager dans des questions et des idées en rapport avec la science en tant que citoyens réfléchis.

Les individus compétents en sciences sont prêts à s'engager dans des raisonnements sensés à propos de la science et de la technologie, et doivent pour ce faire utiliser les compétences suivantes :

- **Expliquer des phénomènes de manière scientifique** : reconnaître, proposer et évaluer des thèses expliquant une série de phénomènes naturels et technologiques.
- **Évaluer et concevoir des recherches scientifiques** : décrire et évaluer des études scientifiques, et proposer des moyens de répondre à des questions de manière scientifique.
- **Interpréter des données et des faits de manière scientifique** : analyser et évaluer des données, des thèses et des arguments présentés sous diverses formes, et en tirer des conclusions scientifiques appropriées.



Ce profil ne signifie pas que ces individus sont nécessairement appelés à devenir des scientifiques, mais plutôt qu'ils comprennent que la science et la technologie, ainsi que la recherche dans ces domaines, sont des éléments essentiels de la culture contemporaine dans laquelle s'inscrit en grande partie notre pensée.

Ces considérations sont à la base de la définition de la culture scientifique élaborée en vue de l'enquête PISA 2015 (voir l'encadré 2.2). L'expression « culture scientifique » a été préférée au terme « sciences » pour souligner l'importance que les épreuves PISA accordent à l'application des connaissances scientifiques dans des situations tirées de la vie courante.

Compétences requises en culture scientifique

Compétence 1 : expliquer des phénomènes de manière scientifique

D'un point de vue culturel, la science a réussi à développer une série de théories explicatives qui ont transformé notre compréhension du monde naturel (dans ce chapitre, l'expression « monde naturel » renvoie aux phénomènes associés à tout objet ou activité dans le monde vivant ou matériel), par exemple l'idée que jour et nuit alternent parce que la Terre tourne ou que des micro-organismes invisibles peuvent provoquer des maladies. En outre, ces connaissances ont permis le développement de technologies au service de l'humanité, qui permettent par exemple de prévenir des maladies ou de communiquer rapidement dans le monde entier. Pour utiliser la compétence qui consiste à expliquer des phénomènes de manière scientifique, il est donc indispensable de connaître ces grandes explications données par la science.

Toutefois, se remémorer des théories, des thèses, des informations et des faits (connaissances scientifiques) ne suffit pas. Pour proposer des explications scientifiques, il faut aussi comprendre comment ces connaissances ont été produites et savoir quel crédit accorder à toute thèse scientifique. Pour utiliser cette compétence, les individus doivent connaître les procédures normalisées qui sont caractéristiques de la méthode scientifique utilisée pour obtenir ces connaissances (connaissances procédurales) et comprendre leur rôle et leur fonction s'agissant de justifier les connaissances produites par la science (connaissances épistémiques).

Compétence 2 : évaluer et concevoir des recherches scientifiques

La culture scientifique implique que les élèves aient une certaine compréhension de l'objectif de la démarche scientifique, soit la production de connaissances fiables à propos du monde naturel (Ziman, 1979). Les données recueillies par observation et expérimentation, sur le terrain ou en laboratoire, permettent de concevoir des modèles et des hypothèses pour formuler des thèses qui doivent ensuite être mises à l'épreuve. Les découvertes se basent toutefois généralement sur des acquis antérieurs. Les scientifiques travaillent rarement seuls ; ils sont membres d'équipes ou de réseaux au sein desquels la collaboration est intense, tant à l'échelle nationale qu'internationale. Les découvertes scientifiques sont toujours sujettes à caution et peuvent être considérées comme insuffisamment fondées lorsqu'elles font l'objet d'un examen critique par les pairs – le mécanisme par lequel la communauté scientifique garantit l'objectivité du savoir scientifique (Longino, 1990). Les scientifiques s'engagent donc à publier les fruits de leurs recherches ou à en rendre compte, et à préciser les méthodes qu'ils ont utilisées lors de leurs recherches. Cela permet, du moins en principe, de reproduire des phénomènes et de confirmer ou d'infirmer les résultats obtenus. Toutefois, les mesures ne sont jamais d'une précision absolue ; toutes sont assorties d'une certaine marge d'erreur. Une grande partie du travail des chercheurs consiste donc à réduire l'incertitude, c'est-à-dire à répéter des mesures, à recueillir des données dans des échantillons plus importants, à concevoir des instruments plus précis et à utiliser des techniques statistiques afin d'évaluer le degré de fiabilité de tout résultat.

De plus, il existe en sciences des procédures bien établies qui sont les fondements de toute expérience destinée à identifier des causes et des effets. L'utilisation de variables de contrôle permet aux chercheurs de déclarer que toute variation observée peut être imputée à la variation d'un attribut particulier. Si ces techniques ne sont pas utilisées, les effets se confondent et les résultats ne sont pas fiables. De même, les essais en double aveugle permettent aux chercheurs d'affirmer que leurs résultats n'ont été influencés ni par les sujets des expériences, ni par les personnes qui ont procédé aux expériences. Certains chercheurs, les taxinomistes ou les écologues par exemple, s'emploient à identifier dans le monde naturel des tendances et des interactions sous-jacentes qui méritent d'être expliquées. D'autres chercheurs, par exemple ceux travaillant dans le domaine de l'évolution, de la tectonique des plaques ou des changements climatiques, examinent des hypothèses pour éliminer celles qui ne résistent pas à l'épreuve des faits.

Pour utiliser facilement cette compétence, il faut non seulement des connaissances scientifiques, mais aussi des connaissances sur les procédures utilisées en sciences (connaissances procédurales) et sur leur rôle dans la justification des thèses avancées par la science (connaissances épistémiques). Les connaissances procédurales et épistémiques remplissent deux fonctions. En premier lieu, les individus en ont besoin pour évaluer les recherches scientifiques et déterminer si elles ont été menées selon des procédures appropriées et si leurs conclusions sont justifiées. En deuxième lieu, les individus qui possèdent ces connaissances devraient être capables de proposer, du moins dans les grandes lignes, des idées de recherches à mener pour étudier une question scientifique de manière appropriée.



Compétence 3 : interpréter des données et des faits de manière scientifique

L'interprétation des données représente une activité tellement importante pour tous les chercheurs qu'une connaissance rudimentaire du processus d'interprétation est essentielle à la culture scientifique. Le processus d'interprétation des données consiste initialement à rechercher des tendances et à concevoir des tableaux et des représentations graphiques simples (diagrammes en secteurs, à barres ou en nuage de points ou diagrammes de Venn). À un niveau supérieur, ce processus requiert l'utilisation d'ensembles de données plus complexes et d'outils analytiques, tels que ceux proposés dans les tableurs et les logiciels statistiques. Il serait toutefois faux d'en conclure que cette compétence consiste simplement à utiliser ces outils. Il faut posséder un certain nombre de connaissances pour déterminer si des données sont fiables et valides, et savoir comment les représenter de manière adéquate.

Les chercheurs choisissent la façon dont ils présentent leurs données, dans des graphiques, des tableaux ou, de plus en plus, dans des représentations en 3D ou des simulations complexes. Pour comprendre leurs données et les relations ou tendances qui en ressortent, il faut donc avoir des connaissances sur les modes de représentation utilisés. Il faut aussi savoir si des techniques statistiques standard ont été utilisées pour réduire le degré d'incertitude. Tout cela s'appuie sur un ensemble de connaissances procédurales. Les individus compétents en sciences sont aussi censés comprendre que l'incertitude est inhérente à toute mesure et qu'une façon d'estimer la fiabilité d'un résultat est de déterminer la probabilité d'obtenir ce résultat par hasard.

Il ne leur suffit toutefois pas de connaître les procédures utilisées pour obtenir tel ou tel ensemble de données. Ils doivent aussi être capables de déterminer si ces procédures sont appropriées et si les thèses avancées sont justifiées (connaissances épistémiques). De nombreux ensembles de données peuvent, par exemple, être interprétés de nombreuses façons différentes. L'argumentation et la critique sont essentielles pour déterminer quelle est la conclusion la plus appropriée.

Qu'il s'agisse de nouvelles théories, de nouvelles façons de recueillir des données ou de nouvelles interprétations d'anciennes données, c'est grâce à l'argumentation que les chercheurs défendent leurs thèses. Il est normal, et non exceptionnel, que des chercheurs soient en désaccord. Il faut avoir des connaissances en sciences (connaissances scientifiques) pour déterminer laquelle des interprétations est la meilleure. Le consensus autour d'idées et de concepts scientifiques majeurs s'obtient au travers de ce processus de critique et d'argumentation (Longino, 1990). C'est en effet l'esprit critique et le scepticisme à l'examen de tous les faits empiriques qui caractérisent les scientifiques professionnels. Les individus compétents en sciences comprennent la fonction et le but de l'argumentation et de la critique, et savent pourquoi ces deux aspects sont indispensables à la production du savoir scientifique. De plus, ils sont censés savoir élaborer des hypothèses qui résistent à l'épreuve des faits et identifier les failles dans les arguments avancés par d'autres.

L'évolution de la définition PISA de la culture scientifique

Lors des enquêtes PISA 2000 et 2003, la culture scientifique a été définie comme suit :

« La capacité d'utiliser des connaissances scientifiques, d'identifier des questions relevant de la science et de tirer des conclusions fondées sur des faits, en vue de comprendre le monde naturel ainsi que les changements qui y sont apportés par l'activité humaine, et de contribuer à prendre des décisions à leur propos » (OCDE, 2000, 2004).

La définition retenue en 2000 et 2003 englobait les connaissances *en sciences* et les connaissances *à propos* de la science dans l'expression générique de « connaissances scientifiques ». La définition adoptée en 2006 a établi une distinction entre ces deux types de connaissances, à savoir les connaissances *en sciences* et les connaissances *à propos* de la science (OCDE, 2006). Les deux définitions renvoient à l'utilisation de connaissances scientifiques pour comprendre le monde naturel et prendre des décisions éclairées à son sujet. La définition adoptée en 2006 a également été affinée, avec l'ajout de la relation entre la science et la technologie – qui était sous-entendue, mais pas développée dans la définition de 2003 :

« Dans la perspective [de l'enquête] PISA [...], la culture scientifique a été 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 éléments 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.
- La volonté de s'engager en tant que citoyen réfléchi à propos de problèmes à caractère scientifique et touchant à des notions relatives à la science » (OCDE, 2006).



Ces idées ont encore été approfondies dans la définition de la culture scientifique retenue dans l'enquête PISA 2015. La différence majeure par rapport aux définitions précédentes est que la notion de « connaissances à propos de la science » est plus précise : elle a été scindée en deux composantes, à savoir les connaissances procédurales et les connaissances épistémiques.

Le cadre d'évaluation de l'enquête PISA 2006 avait également été étoffé par rapport aux versions précédentes pour inclure les attitudes des élèves à l'égard de questions scientifiques et technologiques dans le *construct* de culture scientifique. Lors de cette enquête, les attitudes des élèves avaient été évaluées sous deux formes : dans le questionnaire « Élève » ; et dans des items spécifiques inclus dans les épreuves cognitives. Des différences au sujet de l'« intérêt porté à la science » sont apparues tous élèves confondus ainsi que selon le sexe entre les résultats obtenus dans le questionnaire « Élève » et ceux des items d'attitude inclus dans les épreuves cognitives (OCDE, 2009 ; voir aussi Drechsel, Carstensen et Prenzel, 2011). Plus important encore, ces items d'attitude allongeaient la durée des épreuves. C'est pourquoi il a été décidé, lors de l'enquête PISA 2015, de n'évaluer les attitudes que dans le questionnaire « Élève » et de ne plus inclure d'items d'attitude dans les épreuves cognitives.

Quant aux *constructs* évalués dans ce domaine, le premier (l'« intérêt des élèves pour la science ») et le troisième (leur « sensibilisation à l'environnement ») sont les mêmes qu'en 2006. Le deuxième (la « valeur accordée à la démarche scientifique », s'intitule désormais « valeur accordée aux méthodes scientifiques » ; ce changement, essentiellement terminologique, a été introduit dans le but de mieux décrire ce qui est mesuré.

De plus, la dénomination des contextes a été modifiée pour que l'intitulé des catégories soit plus cohérent : les contextes sont « personnels, locaux/nationaux et mondiaux » dans l'enquête PISA 2015, alors qu'ils étaient « personnels, sociaux et globaux » dans l'enquête PISA 2006.

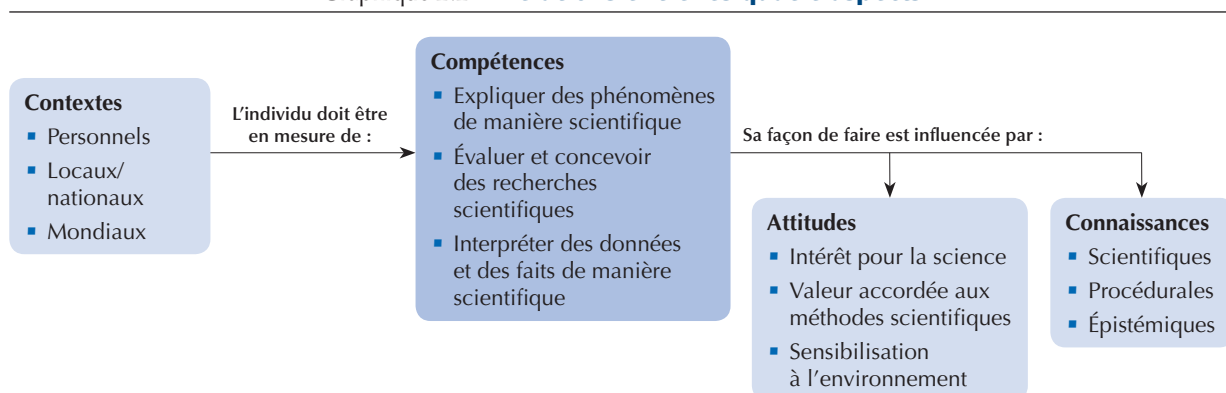
ORGANISATION DU DOMAINE

La définition de la culture scientifique retenue dans l'enquête PISA 2015 comporte quatre aspects interdépendants (voir les graphiques 2.1 et 2.2).

Graphique 2.1 ■ Aspects du cadre d'évaluation de la culture scientifique dans l'enquête PISA 2015

Contextes	Questions personnelles, locales/nationales et mondiales, tant actuelles qu'historiques, requérant une certaine compréhension de la science et de la technologie.
Connaissances	Connaître et comprendre les faits, théories explicatives et concepts majeurs à la base du savoir scientifique, c'est-à-dire le monde naturel et les artefacts technologiques (connaissances scientifiques), les procédures selon lesquelles le savoir scientifique est produit (connaissances procédurales), et les éléments qui justifient ces procédures et les principes qui les sous-tendent (connaissances épistémiques).
Compétences	Expliquer des phénomènes de manière scientifique, évaluer et concevoir des recherches scientifiques, et interpréter des données et des faits de manière scientifique.
Attitudes	Attitudes à l'égard de la science, dérivées de l'intérêt pour la science et la technologie, de la valeur accordée aux méthodes scientifiques, et la perception des problèmes environnementaux et la sensibilisation à ces problèmes.

Graphique 2.2 ■ Relations entre les quatre aspects





Contextes des items de sciences

L'enquête PISA 2015 évalue les connaissances scientifiques dans des contextes pertinents par rapport aux programmes de cours de sciences dans les pays participants. Ces contextes ne se limitent toutefois pas à des aspects communs aux programmes de cours des pays participants. Pour réussir les épreuves, les élèves doivent être capables d'utiliser les trois compétences associées à la culture scientifique dans des situations personnelles, locales/nationales et mondiales.

Les items de sciences s'inscrivent dans des contextes qui ne se limitent pas à ceux abordés aux cours de sciences dans le cadre scolaire. Dans les épreuves de sciences de l'enquête PISA 2015, les items se situent dans des contextes qui se rapportent aux élèves, à leur famille et à leurs pairs (contextes personnels), à leur communauté (contextes locaux et nationaux) et au monde (contextes mondiaux). Des sujets technologiques peuvent être utilisés comme contexte commun. Certains items peuvent se situer dans un contexte historique pour évaluer dans quelle mesure les élèves comprennent les processus et les pratiques qui ont permis de faire des découvertes scientifiques.

Le graphique 2.3 montre les contextes personnels, locaux/nationaux et mondiaux dans lesquels s'inscrivent les questions scientifiques et technologiques. Les contextes ont été choisis compte tenu de leur pertinence par rapport à la vie des élèves et à leurs centres d'intérêt. Les champs d'application retenus sont : la santé et les maladies, les ressources naturelles, la qualité de l'environnement, les risques, et les frontières de la science et de la technologie. Ils présentent un intérêt particulier pour les individus et la société, dans la mesure où ils interviennent dans le maintien et l'amélioration de la qualité de la vie, et dans l'élaboration des politiques publiques.

Les épreuves PISA de sciences n'ont pas pour but d'évaluer *des* contextes, mais d'évaluer des compétences et des connaissances *dans* des contextes spécifiques. Ces contextes sont choisis sur la base de ce que les élèves sont susceptibles d'avoir appris et compris à l'âge de 15 ans.

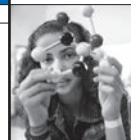
La sensibilité aux différences linguistiques et culturelles est une priorité lors du développement et de la sélection des items, non seulement pour garantir la validité des épreuves, mais aussi pour respecter ces différences entre les pays participants.

Graphique 2.3 ■ Contextes de l'évaluation de la culture scientifique dans l'enquête PISA 2015

	Contextes personnels	Contextes locaux/nationaux	Contextes mondiaux
Santé et maladies	Préservation de la santé, accidents et nutrition	Prévention des maladies, transmission des maladies, choix alimentaires et santé publique	Épidémies et propagation des maladies infectieuses
Ressources naturelles	Consommation personnelle de matériaux et d'énergie	Survie des populations humaines, qualité de la vie, sécurité, production et distribution d'aliments, approvisionnement en énergie	Systèmes naturels renouvelables et non renouvelables, croissance démographique et exploitation durable des espèces
Qualité de l'environnement	Comportements respectueux de l'environnement, et utilisation et mise au rebut des matériaux et des appareils	Démographie, gestion des déchets et impact sur l'environnement	Biodiversité, durabilité écologique, contrôle de la pollution, et épuisement et régénération des sols et de la biomasse
Risques	Évaluation des risques associés aux modes de vie	Variations brusques (séismes, conditions climatiques extrêmes), variations lentes et progressives (érosion du littoral et sédimentation), et évaluation des risques	Changements climatiques, impact des communications modernes
Frontières de la science et de la technologie	Aspects scientifiques des hobbies, des loisirs et des activités (musicales, sportives), et des technologies utilisées à titre individuel	Matériaux, appareils et procédés nouveaux, modification génétique, technologies de la santé et transports	Disparition d'espèces, exploration spatiale et structure de l'univers

Compétences scientifiques

Les graphiques 2.4a, 2.4b et 2.4c décrivent de façon détaillée la façon dont les élèves peuvent utiliser les compétences associées à la culture scientifique. Les compétences scientifiques présentées dans les graphiques 2.4a, 2.4b et 2.4c reflètent le fait que la science doit être considérée comme un ensemble de pratiques sociales et épistémiques communes à toutes les disciplines scientifiques (National Research Council, 2012). C'est pourquoi toutes ces compétences sont formulées sous



la forme d'actions. Leur description est rédigée d'une façon qui insiste sur ce que les individus compétents en sciences comprennent et sont capables de faire. La maîtrise de ces pratiques est l'un des aspects qui distingue les scientifiques des novices. Certes, il serait déraisonnable d'attendre des jeunes de 15 ans qu'ils aient l'expertise d'un scientifique, mais pas de présumer qu'à cet âge, ils soient capables d'apprécier le rôle et la pertinence de ces pratiques.

Graphique 2.4a ■ **Compétences scientifiques dans l'enquête PISA 2015 : expliquer des phénomènes de manière scientifique**

Expliquer des phénomènes de manière scientifique

Reconnaître, proposer et évaluer des explications de divers phénomènes naturels et technologiques, c'est-à-dire :

- Se remémorer les connaissances scientifiques appropriées et les appliquer.
- Identifier, utiliser et générer des représentations et des modèles explicatifs.
- Faire et justifier des prévisions appropriées.
- Proposer des hypothèses explicatives.
- Expliquer les implications potentielles de connaissances scientifiques pour la société.

Pour utiliser la compétence *Expliquer des phénomènes de façon scientifique*, les élèves doivent se remémorer des connaissances scientifiques appropriées dans une situation donnée et les appliquer pour interpréter et expliquer les phénomènes en question. Ils peuvent aussi utiliser ces connaissances pour formuler des hypothèses explicatives dans des contextes qui se caractérisent par des aspects inconnus ou des données manquantes. On attend des individus compétents en sciences qu'ils puissent s'appuyer sur des modèles scientifiques normalisés pour élaborer des représentations simples afin d'expliquer des phénomènes courants – par exemple, pour expliquer pourquoi les antibiotiques ne tuent pas les virus, comment fonctionne un four à micro-ondes ou pourquoi les gaz sont compressibles, mais pas les liquides –, puis de les utiliser pour faire des prévisions. Cette compétence englobe la capacité de décrire ou d'interpréter des phénomènes et de prévoir des changements possibles. Elle peut aussi impliquer de reconnaître ou d'identifier des descriptions, des explications ou des prévisions appropriées.

Graphique 2.4b ■ **Compétences scientifiques dans l'enquête PISA 2015 : évaluer et concevoir des recherches scientifiques**

Évaluer et concevoir des recherches scientifiques

Décrire et évaluer des recherches scientifiques, et proposer des moyens de répondre à des questions de manière scientifique, c'est-à-dire :

- Identifier la question étudiée dans des recherches scientifiques données.
- Identifier des questions qui se prêtent à des recherches scientifiques.
- Proposer une façon d'étudier une question de manière scientifique.
- Évaluer les moyens d'étudier une question de manière scientifique.
- Décrire et évaluer la façon dont les scientifiques garantissent que leurs données sont fiables et que leurs explications sont objectives et généralisables.

La compétence *Évaluer et concevoir des recherches scientifiques* est requise pour examiner de façon critique les comptes rendus de découvertes et de recherches scientifiques. Elle repose sur la capacité de distinguer des questions d'ordre scientifique des autres questions, et de reconnaître les questions qui se prêtent à des recherches scientifiques dans un contexte donné. Pour l'utiliser, il faut connaître les caractéristiques majeures des recherches scientifiques – par exemple, les aspects qui peuvent être mesurés, les variables qui doivent être modifiées ou contrôlées, ou les mesures à prendre pour garantir que des données exactes et précises peuvent être recueillies. Elle implique aussi la capacité d'évaluer la qualité des données, ce qui dépend de la capacité d'admettre que des données ne sont pas nécessairement exactes. Il faut également pouvoir déterminer si des recherches scientifiques reposent sur une hypothèse théorique ou si elles visent à identifier des tendances.

Les individus compétents en sciences sont en principe aussi capables de reconnaître la pertinence de recherches antérieures lorsqu'ils évaluent la valeur de recherches scientifiques données. Ces connaissances sont requises pour situer les travaux de recherche dans leur contexte et juger de l'importance de tout résultat potentiel. Par exemple, savoir que des chercheurs tentent de fabriquer un vaccin contre le paludisme depuis plusieurs décennies et avoir une idée de l'importance de la mortalité due à cette maladie permet de déterminer que tout progrès sur la voie d'un vaccin serait d'une grande pertinence.



De plus, les élèves doivent comprendre à quel point il est important qu'ils aiguisent leur sens critique et se méfient de tous les reportages scientifiques dans les médias. Ils doivent savoir que toutes les recherches se basent sur des travaux antérieurs et que toutes les études, quelles qu'elles soient, aboutissent à des résultats entourés d'incertitude et peuvent être biaisées à cause de leurs sources de financement. Pour utiliser cette compétence, les élèves doivent posséder un certain nombre de connaissances procédurales et épistémiques, mais aussi de connaissances scientifiques.

Graphique 2.4c ■ **Compétences scientifiques dans l'enquête PISA 2015 : interpréter des données et des faits de manière scientifique**

Interpréter des données et des faits de manière scientifique

Analyser et évaluer des données, des allégations et des arguments présentés sous diverses formes, et en tirer des conclusions scientifiques appropriées, c'est-à-dire :

- Transposer des données d'une représentation dans une autre.
- Analyser et interpréter des données, et en tirer des conclusions appropriées.
- Identifier des hypothèses, des faits et des raisonnements dans des textes scientifiques.
- Faire la distinction entre des arguments basés sur des théories et des faits scientifiques et ceux basés sur d'autres considérations.
- Évaluer des faits et des arguments scientifiques de sources différentes (quotidiens, Internet, revues, etc.).

Les individus compétents en sciences sont capables d'interpréter les données et faits scientifiques de base utilisés pour étayer des hypothèses et tirer des conclusions, et d'en comprendre le sens. Pour utiliser cette compétence, ils doivent posséder les trois types de connaissances.

Les individus qui ont cette compétence sont capables de comprendre des faits scientifiques et leurs implications formulés à l'intention d'un public particulier, et de les traduire dans leurs propres mots, avec, le cas échéant, des diagrammes ou d'autres types de représentations. Ils savent utiliser des outils mathématiques pour analyser ou résumer des données, et des méthodes normalisées pour transposer des données d'une représentation dans une autre.

Ils sont aussi capables d'accéder à l'information scientifique et de produire et évaluer des arguments et des conclusions sur la base de faits scientifiques (Kuhn, 2010 ; Osborne, 2010). Ils peuvent également avoir : à évaluer d'autres conclusions qu'il est possible de tirer de faits ; à avancer des arguments confirmant ou infirmant une conclusion donnée en se basant sur leurs connaissances procédurales ou épistémiques ; et à identifier les hypothèses faites pour tirer une conclusion. Les individus compétents en sciences peuvent identifier les relations logiques ou biaisées entre les faits et les conclusions.

Le tableau 2.1 présente la répartition souhaitée des items entre les compétences dans les épreuves de sciences de l'enquête PISA 2015.

Tableau 2.1 Répartition souhaitée des items de sciences entre les compétences

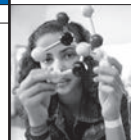
Compétence	Pourcentage d'items
Expliquer des phénomènes de manière scientifique	40-50
Évaluer et concevoir des recherches scientifiques	20-30
Interpréter des données et des faits de manière scientifique	30-40

Connaissances associées à la culture scientifique

Connaissances scientifiques

Comme l'enquête PISA 2015 ne peut évaluer qu'un échantillon des connaissances scientifiques, des critères précis sont utilisés pour sélectionner les connaissances évaluées. Ces connaissances sont choisies dans les grandes disciplines scientifiques que sont la physique, la chimie, la biologie, et les sciences de la Terre et de l'univers selon les critères suivants :

- Les connaissances retenues sont pertinentes par rapport à des situations de la vie réelle.
- Elles portent sur des concepts scientifiques fondamentaux, d'une utilité durable.
- Elles sont en adéquation avec le niveau de développement des jeunes de 15 ans.



Les élèves sont donc censés connaître et comprendre dans une certaine mesure les grands concepts scientifiques, par exemple avoir une idée de l'histoire et de la taille de l'univers, et de la théorie de l'évolution selon la sélection naturelle, et savoir que la matière est constituée de particules. Ces exemples de grands concepts scientifiques sont donnés à titre d'illustration ; on n'a pas tenté de proposer une liste exhaustive de tous les concepts que les individus compétents en sciences sont censés connaître.

Graphique 2.5 ■ **Connaissances scientifiques**

Connaissances sur les systèmes physiques

- Structure de la matière (modèle de particules, liaisons intramoléculaires, etc.)
- Propriétés de la matière (changements d'état, conductivité thermique et électrique, etc.)
- Changements chimiques de la matière (réactions chimiques, transfert d'énergie, acides et bases, etc.)
- Forces et mouvements (vitesse, friction, etc.) et action à distance (force magnétique, gravitationnelle, électrostatique, etc.)
- Énergie et transformation de l'énergie (conservation, dissipation, réactions chimiques, etc.)
- Interactions entre l'énergie et la matière (ondes lumineuses, radioélectriques, sonores, sismiques, etc.)

Connaissances sur les systèmes vivants

- Cellules (structures et fonction, ADN, faune et flore, etc.)
- Organisme (unicellulaire ou pluricellulaire, etc.)
- Être humain (santé, nutrition, sous-systèmes tels que la digestion, la respiration, la circulation, l'excrétion et la reproduction, relation entre ces sous-systèmes, etc.)
- Populations (espèces, évolution, biodiversité, variation génétique, etc.)
- Écosystèmes (chaînes alimentaires, flux de matière et d'énergie, etc.)
- Biosphère (services rendus par les écosystèmes, durabilité, etc.)

Connaissances sur les systèmes de la Terre et de l'univers

- Structures des systèmes terrestres (lithosphère, atmosphère, hydrosphère, etc.)
- Énergie des systèmes terrestres (sources, climat mondial, etc.)
- Changements dans les systèmes terrestres (tectonique des plaques, cycles géochimiques, forces constructrices et destructrices, etc.)
- Histoire de la Terre (fossiles, origine et évolution, etc.)
- Place de la Terre dans l'univers (gravité, système solaire, galaxies, etc.)
- Histoire de l'univers (année lumière, théorie du Big bang, etc.)

Le graphique 2.5 indique les catégories de connaissances scientifiques, accompagnées d'exemples, retenues en fonction de ces critères. Les élèves doivent posséder ces connaissances pour comprendre le monde naturel et donner du sens à des expériences qui se situent dans des contextes personnels, locaux/nationaux et mondiaux. Le cadre d'évaluation emploie le terme « systèmes », et non « sciences » dans la description des connaissances. Le choix de ce terme traduit l'idée que les citoyens doivent comprendre des concepts relevant de la physique, des sciences de la vie, et des sciences de la Terre et de l'univers, et savoir comment ils s'appliquent dans des contextes où les connaissances sont interdépendantes ou interdisciplinaires. Des aspects apparaissant comme des sous-systèmes d'un certain point de vue peuvent être considérés comme des systèmes à part entière à plus petite échelle. Ainsi, le système sanguin peut être considéré comme un système en soi ou comme un sous-système de l'organisme ; une molécule peut être étudiée en tant que système stable d'atomes, mais aussi en tant que sous-système d'une cellule ou d'un gaz. Pour appliquer des connaissances scientifiques et utiliser des compétences scientifiques, il faut donc déterminer la nature et les limites du système qui s'applique dans un contexte particulier.

Le tableau 2.2 présente la répartition souhaitée des items entre les catégories de connaissances scientifiques.

Tableau 2.2 Répartition souhaitée des items de sciences entre les connaissances scientifiques

Systèmes	Pourcentage d'items
Systèmes physiques	36
Systèmes vivants	36
Systèmes de la Terre et de l'univers	28
Total	100



Connaissances procédurales

L'un des objectifs fondamentaux de la science est d'expliquer le monde naturel. Les explications sont formulées, puis mises à l'épreuve dans le cadre d'études empiriques. Les études empiriques reposent sur un certain nombre de concepts bien établis, par exemple la notion de variables dépendantes et indépendantes, le contrôle des variables, les types de mesures, les types d'erreur, les méthodes utilisées pour réduire les marges d'erreur, les tendances communes ressortant de l'analyse des données et les méthodes utilisées pour présenter des données.

C'est cette connaissance des concepts et des procédures essentiels à la démarche scientifique qui sous-tend la collecte, l'analyse et l'interprétation de données scientifiques. Ces aspects forment un corpus de connaissances procédurales, connu sous le nom de « *concepts of evidence* » (Gott, Duggan et Roberts, 2008 ; Millar et al., 1995). Par connaissances procédurales, on entend le fait de connaître les procédures standard que les scientifiques utilisent pour obtenir des données fiables et valides. Ces connaissances sont indispensables tant pour engager une étude scientifique que pour évaluer de façon critique les faits susceptibles d'être utilisés pour appuyer des thèses. On attend par exemple des élèves qu'ils sachent que le degré d'incertitude varie selon les concepts scientifiques et qu'ils puissent expliquer pourquoi la fiabilité des mesures varie entre la vitesse de la lumière (qui a été mesurée à de nombreuses reprises à l'aide d'instruments de plus en plus précis) et le stock halieutique de l'Atlantique Nord ou la population de pumas en Californie. Les exemples fournis dans le graphique 2.6 décrivent les caractéristiques générales des connaissances procédurales qui peuvent être évaluées.

Graphique 2.6 ■ Connaissances procédurales dans l'enquête PISA 2015

Connaissances procédurales

- Le concept de variables (variables dépendantes et indépendantes, variables de contrôle, etc.).
- Les concepts de mesure quantitative (mesure *stricto sensu*) et qualitative (observation), l'utilisation d'échelles, le concept de variables catégorielles et continues, etc.
- Les méthodes permettant d'évaluer et de réduire le degré d'incertitude, par exemple la méthode qui consiste à répéter la procédure de mesure et à faire la moyenne des valeurs obtenues.
- Les mécanismes permettant de garantir la reproductibilité (la concordance des valeurs obtenues à chaque mesure de la même quantité) et l'exactitude des données (la concordance entre la mesure d'une quantité et sa valeur réelle).
- Les méthodes courantes permettant de résumer et de représenter des données, à l'aide de tableaux, graphiques et schémas utilisés à bon escient.
- La stratégie des variables de contrôle et son rôle dans les expériences ou la réalisation d'essais comparatifs pour isoler les effets et identifier les mécanismes de causalité.
- L'adéquation des études aux questions scientifiques (expérience, observation sur le terrain, recherche de tendances, etc.)

Connaissances épistémiques

Par connaissances épistémiques, on entend le fait de comprendre le rôle de *constructs* spécifiques et de caractéristiques essentielles pour le processus de production de connaissances scientifiques (Duschl, 2007). Les individus qui possèdent des connaissances épistémiques savent expliquer, exemples à l'appui, ce qui différencie une théorie scientifique d'une hypothèse, d'un fait scientifique et d'une observation. Ils savent que les modèles, qu'ils soient mathématiques, figuratifs ou abstraits, sont caractéristiques de la science et s'assimilent plus à des cartes qu'à des reproductions fidèles du monde naturel. Ils sont capables de comprendre que tout modèle particulière de la matière est une représentation idéalisée de la matière et d'expliquer que le modèle de Bohr ne décrit qu'une partie de ce que nous savons à propos de l'atome et de ses éléments constitutifs. Ils comprennent aussi que le concept de théorie utilisé en sciences n'est pas le même que celui employé dans le langage courant, qui est synonyme d'intuition ou de supposition. Il faut posséder des connaissances procédurales pour expliquer ce que signifie la stratégie des variables de contrôle, mais posséder des connaissances épistémiques pour expliquer *pourquoi* l'utilisation de la stratégie des variables de contrôle ou la répétition des mesures sont essentielles dans la production de connaissances scientifiques.

Les individus compétents en sciences comprennent aussi que les chercheurs se basent sur des données pour étayer leurs thèses et que l'argumentation est une activité caractéristique de la science. Ils savent en particulier qu'en sciences, certains arguments sont dérivés d'hypothèses (par exemple, la thèse de Copernic au sujet de l'héliocentrisme) et que d'autres sont des inductions (la conservation de l'énergie) ou des inférences par rapport à la meilleure explication (comme dans la théorie de l'évolution de Darwin ou la tectonique des plaques selon Wegener). Ils comprennent aussi le rôle et la pertinence de l'examen critique par les pairs – le mécanisme mis en place par la communauté scientifique pour



vérifier les découvertes scientifiques. Les connaissances épistémiques permettent d'expliquer le bien-fondé des procédures et pratiques des chercheurs, et de comprendre les structures et les attributs propres à la démarche scientifique, ainsi que les fondements de la crédibilité des thèses produites par la science au sujet du monde naturel.

Le graphique 2.7 indique les composantes majeures des connaissances épistémiques requises en culture scientifique.

Graphique 2.7 ■ **Connaissances épistémiques dans l'enquête PISA 2015**

Connaissances épistémiques

Constructs et attributs caractéristiques de la science, à savoir :

- Comprendre la nature des observations, faits, hypothèses, modèles et théories scientifiques.
- Comprendre l'objectif de la science (produire des explications sur le monde naturel), qui se différencie de celui de la technologie (produire des solutions optimales pour satisfaire un besoin), et comprendre ce qu'est une question scientifique ou technologique et ce que l'on entend par données appropriées.
- Comprendre la déontologie des scientifiques, par exemple la valeur attachée à la publication, à l'objectivité et à l'élimination des biais.
- Comprendre la nature du raisonnement scientifique, par exemple la déduction, l'induction, l'inférence par rapport à la meilleure explication (abduction), le raisonnement par analogie et le raisonnement basé sur un modèle.

Rôle de ces *constructs* et caractéristiques dans la justification des savoirs produits par la science, à savoir :

- Comprendre en quoi les données et le raisonnement étayent les thèses scientifiques.
- Comprendre les différentes démarches scientifiques utilisées pour produire du savoir, leurs objectifs (pour éprouver des hypothèses explicatives ou identifier des tendances) et leur conception (observations, essais comparatifs, études corrélationnelles).
- Comprendre que les erreurs de mesure influent sur le degré de certitude des thèses scientifiques.
- Comprendre le rôle des modèles physiques, systémiques et abstraits, ainsi que leurs limites.
- Comprendre le rôle de la collaboration et de la critique, et savoir en quoi l'examen critique par les pairs contribue à la crédibilité des thèses scientifiques.
- Comprendre que les connaissances scientifiques et autres permettent de déceler des problèmes sociétaux et technologiques et d'y apporter des solutions.

Il est préférable d'évaluer les connaissances épistémiques des élèves de façon pragmatique, dans des situations où ils sont amenés à répondre à une question qui fait appel à ces connaissances, que de tenter de déterminer directement s'ils comprennent les aspects décrits dans le graphique 2.7. On peut par exemple demander aux élèves de déterminer si des conclusions sont justifiées par des données ou d'indiquer quel fait étaye le mieux une hypothèse, explication à l'appui.

Le tableau 2.3 montre la répartition souhaitée des items entre les types de connaissances.

Tableau 2.3 Répartition souhaitée des items de sciences entre les types de connaissances

Connaissances	Pourcentage d'items
Connaissances scientifiques	54-66
Connaissances procédurales	19-31
Connaissances épistémiques	10-22

La répartition (en pourcentage) souhaitable des items entre les trois types de connaissances est indiquée par système dans le tableau 2.4. Ces pourcentages sont assez similaires à ceux retenus dans le cadre d'évaluation précédent et reflètent le consensus recueilli auprès des experts consultés lors de la préparation du présent cadre.

Tableau 2.4 Répartition souhaitée des items de sciences entre les connaissances par système

Connaissances	Systèmes			
	Systèmes physiques	Systèmes vivants	Systèmes de la Terre et de l'univers	Total tous systèmes confondus
Connaissances scientifiques	20-24	20-24	14-18	54-66
Connaissances procédurales	7-11	7-11	5-9	19-31
Connaissances épistémiques	4-8	4-8	2-6	10-22
Total toutes connaissances confondues	36	36	28	100



Exemples d'items

Cette section décrit à titre d'exemple trois séries d'items, ou unités, de sciences. La première unité, extraite des épreuves administrées lors de l'enquête PISA 2006, est incluse afin de démontrer la concordance des cadres d'évaluation de 2006 et de 2015. Les questions de cette unité sont présentées sous leur format original, telles qu'elles ont été soumises sur papier aux élèves, ainsi que sous un format électronique. La deuxième unité est une nouvelle unité électronique qui illustre le cadre d'évaluation de la culture scientifique de 2015. La troisième unité proposée à titre d'exemple illustre un environnement interactif simulant une étude scientifique qui permet d'évaluer la performance des élèves en sciences dans un contexte inspiré de la vie réelle.

D'autres exemples d'items de sciences, dont des items interactifs, sont proposés sur le site Internet de l'enquête PISA (www.oecd.org/pisa/) (à paraître, novembre 2016).

Items de sciences : premier exemple – L'EFFET DE SERRE

Cette première 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 « Qualité de l'environnement » et se situe dans un contexte mondial.

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.

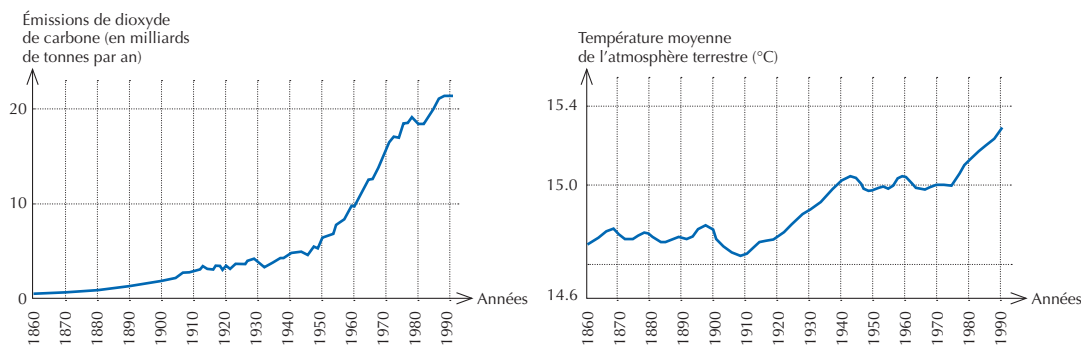
En conséquence, la température moyenne au-dessus de la surface terrestre est plus élevée qu'elle ne le serait s'il n'y avait pas d'atmosphère. L'atmosphère terrestre a le même effet qu'une serre, d'où l'expression « effet de serre ».

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 élève, 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 ?

.....

Graphique 2.8 ■ Classement de la question 1 de l'unité L'EFFET DE SERRE selon les catégories du cadre d'évaluation

Catégories du cadre d'évaluation	Cadre de 2006	Cadre de 2015
Types de connaissances	Connaissances à propos de la science	Connaissances épistémiques
Compétence	Expliquer des phénomènes de manière scientifique	Expliquer des phénomènes de manière scientifique
Contexte	Environnemental, global	Environnemental, mondial
Charge cognitive	Non applicable	Moyenne

La question 1 montre que le cadre de 2015 reprend largement les catégories de compétences et de contextes du cadre de 2006. Le cadre de 2006 comportait deux catégories de connaissances scientifiques : les connaissances *en sciences*, qui font référence à la connaissance du monde naturel tel qu'il se définit à travers les grandes disciplines scientifiques, et les connaissances à propos de la science, qui font référence à la connaissance des moyens utilisés par la science et de ses objectifs. Le cadre de 2015 approfondit ces deux aspects et scinde les connaissances à propos de la science en connaissances procédurales et en connaissances épistémiques. Pour répondre à la question 1 de cette unité, les élèves doivent non seulement comprendre comment les données sont représentées dans les deux graphiques, mais aussi déterminer si ces données justifient la conclusion exposée. C'est l'une des dimensions relatives aux connaissances épistémiques dans le cadre de 2015. Cette unité se situe dans un contexte environnemental et mondial. La charge cognitive est une nouveauté dans le cadre de 2015 (voir le graphique 2.23). La première question requiert une interprétation de graphiques, soit un processus de quelques étapes coordonnées ; sa charge cognitive est moyenne selon le cadre d'évaluation.

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.

.....

Graphique 2.9 ■ Classement de la question 2 de l'unité L'EFFET DE SERRE selon les catégories du cadre d'évaluation

Catégories du cadre d'évaluation	Cadre de 2006	Cadre de 2015
Types de connaissances	Connaissances à propos de la science	Connaissances épistémiques
Compétence	Expliquer des phénomènes de manière scientifique	Expliquer des phénomènes de manière scientifique
Contexte	Environnemental, global	Environnemental, mondial
Charge cognitive	Non applicable	Moyenne

Pour répondre à la question 2, les élèves doivent examiner les deux graphiques en détail. Le type de connaissances, la compétence, le contexte et la charge cognitive sont les mêmes que dans la question 1.

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.

.....

Pour répondre à la question 3, les élèves doivent réfléchir aux variables de contrôle et examiner de façon critique les faits utilisés pour étayer une thèse. Cet item fait appel à des connaissances dites « procédurales » dans le cadre de 2015.

Graphique 2.10 ■ Classement de la question 3 de l'unité L'EFFET DE SERRE selon les catégories du cadre d'évaluation

Catégories du cadre d'évaluation	Cadre de 2006	Cadre de 2015
Types de connaissances	Connaissances à propos de la science	Connaissances procédurales
Compétence	Expliquer des phénomènes de manière scientifique	Expliquer des phénomènes de manière scientifique
Contexte	Environnemental, global	Environnemental, mondial
Charge cognitive	Non applicable	Moyenne

Graphique 2.11 ■ L'EFFET DE SERRE en version informatisée : stimulus (page 1)

PISA 2015

L'EFFET DE SERRE
Introduction

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 réfléchie et renvoyée par la surface de la Terre. Une partie de cette énergie réfléchie 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.

Graphique 2.12 ■ L'EFFET DE SERRE en version informatisée : stimulus (page 2)

PISA 2015

L'EFFET DE SERRE
Introduction

Cliquez maintenant sur **Suivant**
pour visualiser la première question

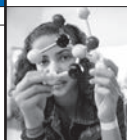
1
2

André, un élève, 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.

Émissions de dioxyde de carbone (en milliards de tonnes par an)

Température moyenne de l'atmosphère terrestre (°C)

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.



Les captures d'écran présentées ici montrent comment l'unité L'EFFET DE SERRE se présenterait si elle était informatisée. Le texte et les graphiques ne changent guère, et il suffit aux élèves de cliquer sur les boutons dans le coin supérieur droit pour afficher le texte ou les graphiques. La version informatisée garde le format d'items à réponse ouverte pour reproduire la version imprimée aussi fidèlement que possible afin de garantir la comparabilité des données entre les deux modes d'administration et au fil du temps.

Graphique 2.13 ■ L'EFFET DE SERRE en version informatisée : question 1

PISA 2015

? ← →

L'EFFET DE SERRE
 Question 1/3

Tapez votre réponse à la question ci-dessous.

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

2

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 réfléchie et renvoyée par la surface de la Terre. Une partie de cette énergie réfléchie 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.

Graphique 2.14 ■ L'EFFET DE SERRE en version informatisée : question 2

PISA 2015

? ← →

L'EFFET DE SERRE
 Question 2/3

Tapez votre réponse à la question ci-dessous.

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.

2

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 réfléchie et renvoyée par la surface de la Terre. Une partie de cette énergie réfléchie 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.

Graphique 2.15 ■ L'EFFET DE SERRE en version informatisée : question 3

PISA 2015
? ← →

L'EFFET DE SERRE
Question 3/3

Tapez votre réponse à la question ci-dessous.

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.

2

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 réfléchie et renvoyée par la surface de la Terre. Une partie de cette énergie réfléchie 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.

Items de sciences : deuxième exemple – TABAGISME

Cette deuxième unité proposée à titre d'exemple est extraite de la batterie de test de 2015. Elle explore les divers types de faits utilisés pour dénoncer les méfaits du tabagisme et présente des méthodes d'aide au sevrage tabagique. Les épreuves de culture scientifique de 2015 ont été conçues pour être administrées de manière informatisée uniquement ; c'est pourquoi cette unité n'est proposée que dans sa version numérique.

Dans les épreuves informatisées de l'enquête PISA 2015, toutes les unités se présentent de la même façon : la page est divisée dans le sens de la largeur avec à droite, le stimulus, et à gauche, les questions et les dispositifs de réponse.

Graphique 2.16 ■ TABAGISME : question 1

PISA 2015
Unité : TABAGISME

Question 1/9




Jean et Rose font des recherches sur le tabac dans le cadre d'un projet scolaire.

Lisez ce que Jean a trouvé ci-contre, puis répondez à la question ci-dessous.

Sélectionnez dans la liste ci-dessous deux raisons expliquant pourquoi les fabricants de tabac ont pu déclarer qu'aucun élément ne montrait que la cigarette provoquait des cancers chez l'homme.

☐ L'homme est immunisé contre les goudrons.
☐ Les expériences ont été faites sur des souris.
☐ Les substances chimiques dégagées par le tabac qui se consomme atténuent les effets des goudrons.
☐ L'homme ne réagit pas nécessairement comme la souris.
☐ Le filtre des cigarettes élimine tous les goudrons.

Ce que Jean a trouvé

Dans les années 50, des études ont montré que les goudrons contenus dans la fumée de cigarette provoquaient des cancers chez la souris. Les fabricants de tabac ont déclaré qu'aucun élément ne montrait que la cigarette provoquait des cancers chez l'homme. Ils ont aussi commencé à produire des cigarettes avec filtre.





TABAGISME – QUESTION 1

Dans cette question, les élèves doivent interpréter des faits sur la base de concepts scientifiques connus. Ils doivent lire les informations fournies dans le stimulus à propos des premières recherches sur la nocivité du tabagisme, puis sélectionner deux options dans le menu pour répondre à la question.

Pour répondre à cette question, les élèves doivent se baser sur leurs connaissances scientifiques pour utiliser la compétence « expliquer des phénomènes de manière scientifique ». Cette unité s'inscrit dans un contexte local/national et porte sur « la santé et les maladies ». Sa charge cognitive est moyenne, car elle implique l'utilisation et l'application de connaissances conceptuelles.

Graphique 2.17 ■ **Classement de la question 1 de l'unité TABAGISME selon les catégories du cadre d'évaluation**

Catégories du cadre d'évaluation	Cadre de 2015
Types de connaissances	Connaissances scientifiques
Compétence	Expliquer des phénomènes de manière scientifique
Contexte	Santé et maladies, contexte local/national
Charge cognitive	Moyenne

TABAGISME – QUESTION 2

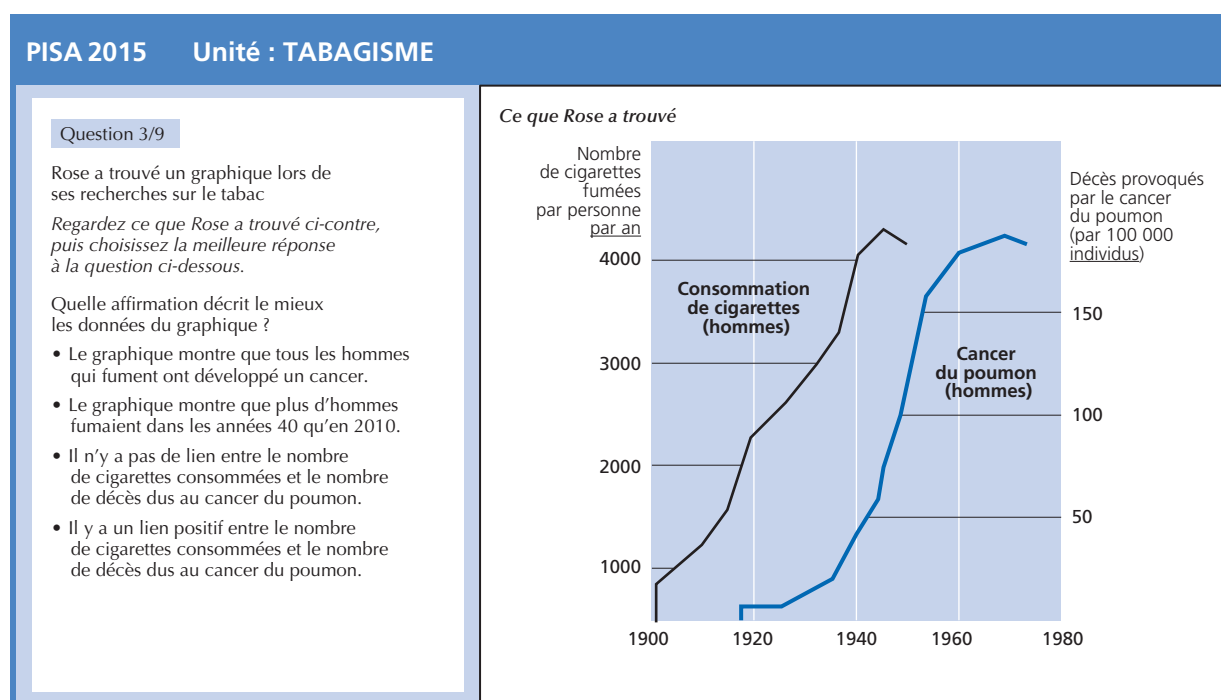
Cette question cherche à évaluer dans quelle mesure les élèves comprennent des données.

Dans la partie droite de la page figurent des données authentiques sur la consommation de cigarettes et sur le nombre de décès dus au cancer du poumon pendant une longue période. Dans la partie gauche de la page, il est demandé aux élèves de cliquer sur le bouton correspondant à la proposition qui décrit le mieux les données.

Cette unité cherche à évaluer les connaissances scientifiques des élèves et leur capacité à « interpréter des données et des faits de manière scientifique ».

Elle s'inscrit dans un contexte local/national, et porte sur la santé et les maladies. Comme les élèves doivent interpréter la relation entre les deux courbes, la charge cognitive de l'item est considérée comme moyenne.

Graphique 2.18 ■ **TABAGISME : question 2**



Graphique 2.19 ■ Classement de la question 2 de l'unité TABAGISME selon les catégories du cadre d'évaluation

Catégories du cadre d'évaluation	Cadre de 2015
Types de connaissances	Connaissances scientifiques
Compétence	Interpréter des données et des faits de manière scientifique
Contexte	Santé et maladies, contexte local/national
Charge cognitive	Moyenne

Items de sciences : troisième exemple – POT ZEER

Cette deuxième unité proposée à titre d'exemple est extraite de la batterie de test de 2015. Elle illustre les exercices interactifs conçus sur la base de simulations scientifiques pour explorer et évaluer les connaissances et les compétences associées à la culture scientifique.

Elle porte sur un pot Zeer, un moyen peu coûteux de garder les aliments au frais qui a été conçu pour être utilisé en Afrique et qui peut être fabriqué à l'aide de matières premières locales. Les réfrigérateurs sont peu utilisés en Afrique à cause de leur coût et du manque d'électricité. Vu le climat, les habitants doivent pourtant pouvoir garder leurs aliments au frais pour éviter la prolifération des bactéries, qui est dangereuse pour la santé.

La première capture d'écran de cet exercice montre à quoi le pot Zeer ressemble et comment il fonctionne. Les élèves sont censés comprendre que le processus d'évaporation provoque le refroidissement, mais pas par quel moyen.

Les élèves doivent utiliser cette simulation pour découvrir les conditions dans lesquelles le pot Zeer est le plus efficace pour garder des aliments au frais (4°C). Dans le logiciel de simulation, certaines variables sont constantes (l'humidité et la température de l'air), mais elles sont incluses par souci d'authenticité. Dans la première question, les élèves doivent trouver les conditions optimales pour garder le plus d'aliments possible au frais dans un pot Zeer. Pour ce faire, ils doivent jouer sur l'épaisseur et l'humidité de la couche de sable.

Graphique 2.20 ■ POT ZEER : stimulus

PISA 2015 Unité : POT ZEER

Introduction

Le pot Zeer est un dispositif qui a été inventé pour garder la nourriture au frais sans électricité et qui est répandu dans les pays africains.

Un petit pot en terre est placé dans un pot plus grand et recouvert d'un couvercle en tissu ou en terre. L'espace entre les deux pots est rempli de sable. Cette couche de sable isole le pot intérieur. À intervalle régulier, on verse de l'eau sur le sable pour le garder humide. L'évaporation de l'eau réduit la température dans le pot intérieur.

Les habitants fabriquent eux-mêmes leurs pots Zeer avec de l'argile, une matière première qu'ils trouvent sur place.

POT ZEER

Pot intérieur en terre.
La nourriture est placée ici.

Couche de sable humide

Pot extérieur en terre

Couvercle en tissu ou en terre

Pied



Graphique 2.21 ■ POT ZEER : question 1

PISA 2015 Unité : POT ZEER

Question 1

On vous a demandé de faire des recherches sur le pot Zeer qui conviendrait le mieux à une famille pour garder sa nourriture au frais.

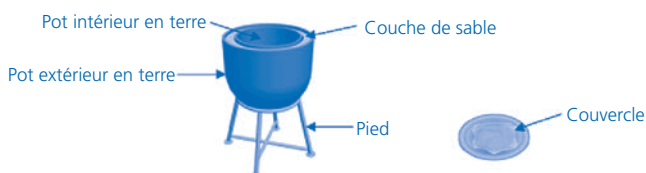
La température idéale de conservation est de **4°C** pour garder la nourriture toute sa fraîcheur et réduire la prolifération des bactéries.

Utilisez le simulateur ci-contre pour trouver la quantité maximale de nourriture que l'on peut garder au frais (4°C) selon l'épaisseur et l'humidité de la couche de sable.

Vous pouvez faire plusieurs simulations et ajouter ou supprimer des données.

Quantité maximale de nourriture que l'on peut garder au frais 4°C :

kg



Épaisseur de la couche de sable (cm)	Quantité de nourriture (kg)	Humidité du sable (humide/sec)	Température (°C)

Variables constantes

 Température de l'air : 38°C

Humidité 20 %

Épaisseur de la couche de sable (cm): 1 2 3 4 5
 Quantité de nourriture (kg): 0 4 8 12 16 20
 Humidité du sable: Humide Sec
 Enregistrer les données Annuler

Les élèves doivent définir les paramètres (ce qui modifie la représentation visuelle du pot Zeer), puis cliquer sur le bouton « Enregistrer les données ». Le logiciel de simulation saisit alors automatiquement les données dans le graphique. Les élèves peuvent faire plusieurs simulations et supprimer des données ou refaire des essais, puis ils enregistrent leur réponse, en l'espèce la quantité maximale d'aliments maintenue à 4°C. Les questions suivantes permettent d'analyser comment ils abordent cette démarche scientifique et comment ils l'évaluent.

Cet item fait appel à des connaissances « procédurales » et à la compétence « évaluer et concevoir des recherches scientifiques ». Il porte sur « les ressources naturelles », mais a également des liens avec « la santé et les maladies ». Sa charge cognitive est élevée, car les élèves doivent aborder une situation complexe et élaborer un processus systématique d'essais pour y répondre.

Graphique 2.22 ■ Classement de la question 1 de l'unité POT ZEER selon les catégories du cadre d'évaluation

Catégories du cadre d'évaluation	Cadre de 2015
Types de connaissances	Connaissances procédurales
Compétence	Évaluer et concevoir des recherches scientifiques
Contexte	Ressources naturelles
Charge cognitive	Élevée



Attitudes

L'importance des attitudes

Les attitudes des individus jouent un rôle important dans l'intérêt et l'attention qu'ils portent à la science et à la technologie et à des questions qui les touchent personnellement, ainsi que dans leurs réactions à leur propos. L'enseignement des sciences vise notamment à développer chez les élèves des attitudes qui les incitent à s'intéresser aux questions scientifiques et à acquérir des connaissances scientifiques et technologiques et à les appliquer à leur bénéfice personnel et au bénéfice de la société locale et nationale et du monde. Ces attitudes les aident aussi à renforcer leur sentiment d'efficacité personnelle (Bandura, 1997).

Les attitudes font partie du *construct* de la culture scientifique. En d'autres termes, la culture scientifique d'une personne dépend aussi de ses attitudes, de ses convictions, de ses inclinations, de sa perception de son efficacité et de ses valeurs. Le *construct* PISA d'attitudes se fonde sur la structure conceptuelle proposée par Klopfer (1976) pour la définition du domaine affectif dans l'éducation scientifique, ainsi que sur un examen de la littérature sur les attitudes (Gardner, 1975 ; Osborne, Simon et Collins, 2003 ; Schibeci, 1984). Une distinction majeure est établie dans ces études entre les attitudes à l'égard de la science et les attitudes scientifiques. Les attitudes à l'égard de la science sont évaluées à l'aune de l'intérêt porté à des questions et activités scientifiques, tandis que les attitudes scientifiques le sont en fonction de la propension à considérer que les faits empiriques étayent les thèses scientifiques.

Définition des attitudes à l'égard de la science dans l'enquête PISA 2015

L'enquête PISA 2015 évalue les attitudes des élèves à l'égard de la science dans trois domaines : l'intérêt pour la science et la technologie, la sensibilisation à l'environnement et la valeur accordée aux méthodes scientifiques (voir le graphique 2.23). Ces aspects sont au cœur du *construct* de la culture scientifique. Il a été décidé d'évaluer ces trois domaines, car avoir une attitude positive à l'égard de la science, se préoccuper de l'environnement et adopter un mode de vie respectueux de l'environnement, et accorder de la valeur aux méthodes scientifiques, sont des caractéristiques essentielles des individus compétents en sciences. On considère que la mesure dans laquelle les élèves s'intéressent à la science et reconnaissent sa valeur et ses implications est un indicateur important du résultat de la scolarité obligatoire. De plus, dans 52 pays (dont tous les pays de l'OCDE) ayant participé à l'enquête PISA en 2006, les élèves portant un plus grand intérêt à la science ont obtenu de meilleurs résultats aux épreuves de sciences (OCDE, 2008 : 152).

L'intérêt pour la science et la technologie fait partie des aspects retenus, car il est établi que cette dimension est en lien avec les résultats scolaires, le choix du domaine d'études, l'orientation professionnelle et l'apprentissage tout au long de la vie. La littérature foisonne par exemple d'études qui montrent que l'intérêt pour la science est déterminé à l'âge de 14 ans pour la majorité des élèves (Ormerod et Duckworth, 1975 ; Tai et al., 2006). De plus, les élèves qui s'intéressent à la science sont plus susceptibles d'embrasser une profession scientifique. Dans de nombreux pays de l'OCDE, les responsables politiques sont préoccupés par le nombre d'élèves, en particulier parmi les filles, qui choisissent un cursus scientifique, ce qui explique l'importance de l'évaluation des attitudes à l'égard de la science dans l'enquête PISA. Les résultats de cette évaluation pourraient permettre de mieux comprendre pourquoi les jeunes semblent se désintéresser des filières scientifiques (Bøe et al., 2011). Cet indicateur, une fois corrélé aux nombreuses autres informations recueillies par l'enquête PISA dans les questionnaires « Élève », « Enseignant » et « Établissement », devrait permettre de mieux cerner les causes de ce désintérêt.

La valeur accordée aux méthodes scientifiques fait partie des aspects retenus, car les démarches scientifiques sont extrêmement efficaces pour produire de nouveaux savoirs – non seulement en sciences, mais aussi en sciences sociales et même dans le domaine de la finance et du sport. De plus, la philosophie des Lumières et le principe fondamental de la démarche scientifique reposent sur l'idée que les faits empiriques sont à la base de la rationalité. Reconnaître la *valeur des méthodes scientifiques* est, dès lors, largement considéré comme un objectif fondamental de l'enseignement des sciences, qui mérite d'être évalué.

Le fait d'apprécier et de soutenir la démarche scientifique implique que les élèves peuvent aussi identifier et valoriser des façons scientifiques de recueillir des éléments, de réfléchir avec créativité, de raisonner de manière rationnelle, de réagir de manière critique et de communiquer des conclusions dans des situations de la vie en rapport avec la science et la technologie. Les élèves doivent comprendre comment les méthodes scientifiques fonctionnent et pourquoi elles sont plus efficaces que d'autres méthodes dans la plupart des cas. Les individus qui valorisent les méthodes scientifiques ne doivent toutefois pas nécessairement estimer que tous les aspects de la science sont positifs, ni même être disposés à utiliser eux-mêmes ces méthodes. Le *construct* a donc été conçu pour mesurer les attitudes des élèves à l'égard des méthodes scientifiques utilisées pour étudier des phénomènes naturels et sociaux, et des éléments qui en sont dérivés.



La sensibilisation à l'environnement est une préoccupation internationale, qui est pertinente pour l'économie aussi. Les attitudes dans ce domaine ont fait l'objet de nombreuses recherches depuis les années 70 (voir, par exemple Bogner et Wiseman, 1999 ; Eagles et Demare, 1999 ; Rickinson, 2001 ; Weaver, 2002). En décembre 2002, l'Assemblée générale des Nations Unies a, par la résolution 57/254, proclamé la période de dix ans commençant le 1^{er} janvier 2005 « Décennie des Nations Unies pour l'éducation au service du développement durable » (UNESCO, 2003). Le Plan international de mise en œuvre (UNESCO, 2005) considère que l'environnement est l'une des trois sphères du développement durable (avec la société, dont la culture, et l'économie) à inclure dans tous les programmes éducatifs relatifs au développement durable.

Étant donné l'importance des questions environnementales pour le maintien de la vie sur Terre et la survie de l'humanité, les jeunes d'aujourd'hui doivent comprendre les principes fondamentaux de l'écologie et la nécessité d'organiser leur vie en conséquence. Sensibiliser les jeunes à l'environnement et les amener à se sentir responsables de l'environnement est donc une composante importante de l'enseignement moderne des sciences.

Lors de l'enquête PISA 2015, ces attitudes spécifiques à l'égard de la science seront évaluées dans le questionnaire « Élève ». Pour plus de détails sur ces *constructs*, voir le cadre relatif aux questionnaires (chapitre 5).

ÉVALUATION DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE

Charge cognitive

Le cadre de l'enquête PISA 2015 se distingue par une innovation majeure : la définition de niveaux de charge cognitive des épreuves de sciences dans les trois compétences retenues. Dans les cadres d'évaluation, on confond souvent le degré de difficulté des items (qui est estimé de façon empirique) et leur charge cognitive. Le degré empirique de difficulté d'un item est dérivé du pourcentage d'élèves qui y répondent correctement ; c'est donc un indicateur du niveau de performance de la population d'élèves. En revanche, la charge cognitive renvoie aux types de processus mentaux requis (Davis et Buckendahl, 2011). Il convient de faire en sorte que les développeurs d'items et les utilisateurs du cadre PISA comprennent bien la profondeur des connaissances requises, c'est-à-dire la charge cognitive des items. Un item peut par exemple être difficile parce que les élèves n'ont pas beaucoup de connaissances sur son sujet, alors que le processus mental auquel il fait appel est une simple remémoration. À l'inverse, un item peut demander un gros effort intellectuel aux élèves si ceux-ci doivent relier et évaluer de nombreux fragments de connaissances dont il est pourtant facile de se souvenir. Les épreuves PISA doivent donc permettre de faire la distinction entre les items plus faciles et plus difficiles en termes de performance, mais également de recueillir des informations sur la mesure dans laquelle les élèves, quel que soit leur niveau de compétence, peuvent résoudre des problèmes dont la charge cognitive varie (Brookhart et Nitko, 2011).

Les compétences s'articulent autour d'une série de termes définissant la charge cognitive, par l'emploi de verbes tels que « reconnaître », « interpréter », « analyser » et « évaluer ». Ces verbes ne permettent toutefois pas nécessairement de déduire une échelle de difficulté qui dépend du niveau de connaissances requis pour répondre aux items. Diverses classifications de la charge cognitive ont été conçues et évaluées depuis la première version de la taxonomie de Bloom (Bloom, 1956). Elles se basent largement sur les catégories de connaissances et les processus cognitifs utilisés pour décrire des objectifs pédagogiques ou des items d'évaluation.

La version révisée de la taxonomie de Bloom (Anderson et Krathwohl, 2001) identifie quatre catégories de connaissances, à savoir les connaissances factuelles, conceptuelles, procédurales et métacognitives. Dans cette classification, ces catégories de connaissances sont hiérarchisées et distinctes des six catégories de processus cognitifs utilisés dans la taxonomie initiale de Bloom – mémoriser, comprendre, appliquer, analyser, évaluer et créer. Dans le cadre d'Anderson et Krathwohl, ces deux dimensions sont indépendantes l'une de l'autre, ce qui permet de croiser des connaissances de niveau inférieur avec des compétences de niveau supérieur, et inversement.

La taxonomie de Marzano et Kendall (2007) propose un cadre similaire à deux dimensions, sur la base de la relation entre les processus mentaux et les types de connaissances. Les processus mentaux sont induits par la nécessité de s'engager dans une tâche avec des stratégies métacognitives qui permettent d'envisager des approches pour résoudre des problèmes. Les fonctions cognitives à l'œuvre sont la remémoration, la compréhension, l'analyse ou l'utilisation de connaissances. Marzano et Kendall retiennent trois catégories de connaissances – l'information, les procédures mentales et les procédures psychomotrices –, alors que la taxonomie révisée de Bloom en compte quatre. Les deux auteurs considèrent que leur taxonomie est supérieure à celle de Bloom dans la mesure où elle modélise la façon dont l'être humain pense, au lieu de se limiter à proposer un cadre structurel.



Quant à Ford et Wargo (2012), ils s'en démarquent en proposant un cadre permettant d'étudier les exigences cognitives. Leur cadre comporte quatre niveaux basés les uns sur les autres : se remémorer, expliquer, juxtaposer et évaluer. Il n'a pas été conçu spécifiquement à des fins d'évaluation, mais il ressemble à maints égards à la définition de la culture scientifique retenue dans l'enquête PISA 2015 et reconnaît la nécessité de faire plus explicitement référence aux exigences cognitives dans les connaissances et les compétences.

Un autre schéma ressort du cadre basé sur les travaux engagés par Webb (*Depth of Knowledge*) (1997), en particulier en ce qui concerne l'écart entre les évaluations et les attentes dans le domaine de l'apprentissage des élèves. Pour Webb, la profondeur des connaissances peut s'estimer sur la base de la complexité du contenu et de la tâche. Son modèle comporte quatre grandes catégories : niveau 1 (remémoration), niveau 2 (utilisation de compétences et/ou de connaissances conceptuelles), niveau 3 (réflexion stratégique) et niveau 4 (réflexion étendue). Chaque catégorie comporte un grand nombre de verbes qui peuvent être utilisés pour décrire des processus cognitifs. Certains de ces verbes apparaissent à plus d'un niveau. Ce cadre propose une conception plus holistique de l'apprentissage et de l'évaluation, et requiert une analyse à la fois des connaissances et du processus cognitif auxquels les items font appel. L'approche de Webb (*Depth of Knowledge*) est une version plus simple, mais plus opérationnelle de la taxonomie SOLO (Biggs et Collis, 1982), laquelle décrit un processus de compréhension des élèves qui est constitué de cinq niveaux de compréhension distincts : préstructurel, unistucturel, multistucturel, relationnel et abstrait étendu.

Tous les cadres succinctement présentés ci-dessus ont servi à décrire les connaissances et les compétences dans le cadre de l'enquête PISA 2015, qui reconnaît les difficultés associées à l'élaboration d'items sur la base d'une hiérarchie cognitive. Les trois difficultés majeures sont les suivantes :

- Déployer trop d'efforts pour aligner des items sur des cadres cognitifs particuliers peut compromettre la qualité des items.
- Les items théoriques (conformes aux exigences cognitives décrites dans les cadres conceptuels) peuvent différer des items réels (dont les exigences cognitives peuvent être nettement moins grandes à cause de l'opérationnalisation).
- À défaut d'un cadre cognitif bien défini et compris, l'écriture et le développement des items ont tendance à se focaliser sur la difficulté des items et à se limiter à quelques processus cognitifs et types de connaissances, qui ne sont décrits et interprétés qu'a posteriori, au lieu de se baser sur une théorie de compétence croissante.

L'approche retenue dans ce cadre a consisté à utiliser une version adaptée des niveaux de Webb (*Depth of Knowledge*, 1997), avec les connaissances et compétences voulues. Comme les compétences sont au cœur de ce cadre, le cadre cognitif doit les évaluer et en rendre compte dans l'ensemble du spectre de performance. Les travaux de Webb proposent une taxonomie d'exigences cognitives en vertu de laquelle les items doivent identifier à la fois leurs exigences cognitives par des verbes de référence (analyser, organiser, comparer, etc.) et la profondeur des connaissances qu'ils requièrent.

Graphique 2.23 ■ Charge cognitive selon le cadre d'évaluation de l'enquête PISA 2015

		Compétences			Profondeur des connaissances		
		Expliquer des phénomènes de manière scientifique	Évaluer et concevoir des recherches scientifiques	Interpréter des données et des faits de manière scientifique	Faible	Moyenne	Élevée
Connaissances	Connaissances scientifiques						
	Connaissances procédurales						
	Connaissances épistémiques						



Le graphique 2.23 propose une grille permettant de classer les items en fonction de deux dimensions, à savoir les connaissances et les compétences. De plus, les items peuvent être classés en fonction d'une troisième dimension basée sur une taxonomie de la profondeur des connaissances. Cela permet d'opérationnaliser la charge cognitive, car chaque item peut être classé en fonction de sa charge :

■ **Charge cognitive peu élevée**

Effectuer une procédure en une étape, par exemple se remémorer un fait, un terme, un principe ou un concept, ou localiser un seul fragment d'information dans un graphique ou un tableau.

■ **Charge cognitive moyenne**

Utiliser et appliquer des connaissances concernant des concepts pour décrire ou expliquer des phénomènes, choisir des procédures appropriées de plus d'une étape, structurer/représenter des données, interpréter ou utiliser des groupes de données ou des graphiques simples.

■ **Charge cognitive élevée**

Analyser des informations ou des données complexes ; résumer ou évaluer des faits ; justifier et raisonner sur la base de plusieurs sources ; élaborer un plan ou une série d'étapes pour aborder un problème.

Le tableau 2.5 montre la répartition des items selon la profondeur des connaissances.

Tableau 2.5 Répartition des items de sciences selon la profondeur des connaissances

Profondeur des connaissances	Pourcentage d'items
Faible	8
Moyenne	30
Élevée	61
Total	100

Les items dans lesquels il suffit de se remémorer un seul fragment d'information présentent une charge cognitive peu élevée, et ce même si les connaissances auxquelles ils font appel sont relativement complexes. En revanche, les items dans lesquels il faut se remémorer plusieurs fragments d'information, puis les comparer et évaluer la pertinence de chacun d'entre eux présentent une charge cognitive élevée. La difficulté des items correspond donc à la combinaison de l'éventail et de la complexité des connaissances à mobiliser et des opérations cognitives à effectuer pour répondre aux items.

Les facteurs qui déterminent la charge cognitive des items dans les épreuves de sciences sont donc les suivants :

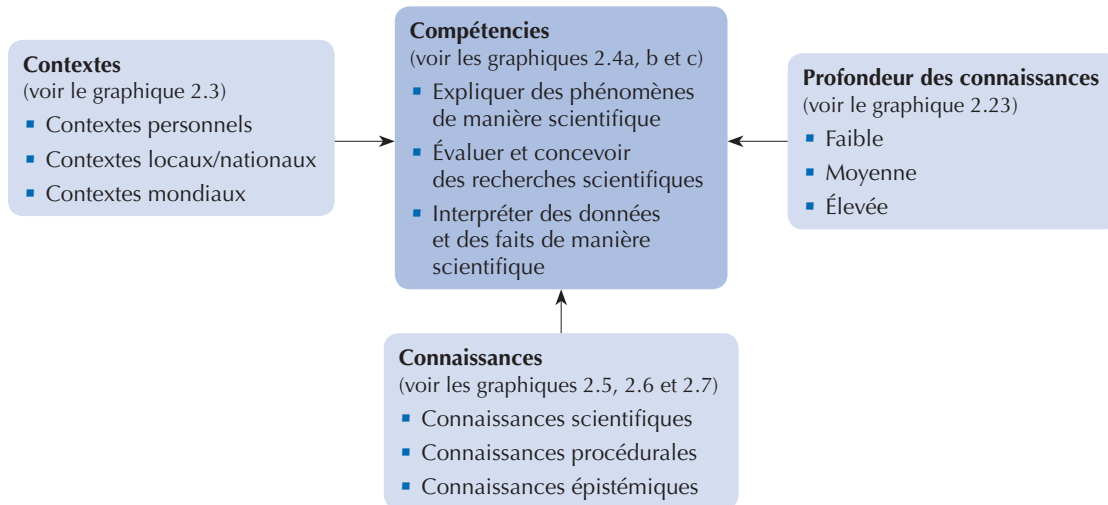
- Le nombre et la complexité des connaissances visées.
- La mesure dans laquelle les élèves possèdent les connaissances scientifiques, procédurales et épistémiques requises, et dans laquelle ces connaissances leur sont familières.
- Les opérations cognitives à effectuer pour répondre aux items (se remémorer, analyser, évaluer, etc.).
- La mesure dans laquelle la production de la réponse dépend de modèles ou de concepts scientifiques abstraits.

Cette approche à quatre facteurs permet d'évaluer la culture scientifique dans une plus grande partie du spectre de compétence. Le fait d'associer les processus cognitifs requis pour utiliser les compétences formant la base de la culture scientifique à la profondeur des connaissances requises permet de constituer un modèle pour évaluer la charge de chaque item. De plus, la relative simplicité de l'approche a le mérite de minimiser les problèmes que pose l'application de tels cadres. L'utilisation de ce cadre cognitif facilite aussi l'élaboration d'une définition a priori des paramètres descriptifs des échelles de compétences (voir le graphique 2.25).

Caractéristiques des épreuves

Variante du graphique 2.2, le graphique 2.24 présente les composantes fondamentales du cadre PISA d'évaluation de la culture scientifique en 2015 d'une manière qui facilite la mise en relation du cadre avec la structure et le contenu des unités de test. Il peut être utilisé comme outil de synthèse, pour planifier les exercices d'évaluation, et comme outil d'analyse, pour étudier les résultats des exercices d'évaluation standard. Point de départ de l'élaboration des unités d'évaluation, il illustre la nécessité de tenir compte des contextes qui serviront de stimulus aux items, des compétences auxquelles les items font appel, des connaissances qui sont au cœur des items et de la charge cognitive des items.

Graphique 2.24 ■ Outils d'élaboration et d'analyse des unités et des items d'évaluation



Une unité est constituée d'un stimulus spécifique, qui peut être un texte bref accompagné ou non d'un ou de plusieurs tableaux, graphiques, schémas ou diagrammes. Dans les unités créées en vue de l'enquête PISA 2015, le stimulus peut inclure des éléments dynamiques, par exemple des animations ou des simulations interactives. Chaque unité comporte une série d'items de différents types, qui sont corrigés indépendamment les uns des autres, comme nous l'avons vu dans les exemples ci-dessus. D'autres exemples d'items de sciences sont proposés sur le site Internet de l'enquête PISA (www.oecd.org/pisa/) (à paraître, novembre 2016).

Cette structure sous forme d'unités a été retenue dans l'enquête PISA, car elle facilite l'utilisation de contextes aussi réalistes que possibles, qui reflètent la complexité de la vie réelle, tout en permettant d'exploiter le temps de test de manière optimale. Poser plusieurs questions différentes dans une même situation au lieu de poser des questions isolées dans un grand nombre de situations différentes réduit 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 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 de l'enquête PISA 2015 font appel aux trois compétences scientifiques et aux trois types de connaissances scientifiques. Dans la plupart des cas, les unités évaluent plusieurs compétences et plusieurs catégories de connaissances, contrairement aux items qui n'évaluent qu'une seule compétence et une seule catégorie de connaissances.

Pour lire et comprendre les items de culture scientifique, et y répondre par écrit, les élèves doivent savoir lire et écrire, ce qui pose la question du niveau 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 par paragraphe est limité et les items de sciences qui nécessitent un niveau trop élevé de compétences en compréhension de l'écrit ou en culture mathématique sont écartés.

Formats de réponse

Trois types d'items sont utilisés pour évaluer les compétences et les connaissances scientifiques identifiées dans ce cadre. Les items se répartissent à raison d'un tiers environ entre les trois types, à savoir :

- Les items à choix multiple simples, soit des items appelant :
 - la sélection d'une seule réponse parmi quatre options
 - la sélection d'un élément sélectionnable dans un graphique ou un texte
- Les items à choix multiple complexes, soit des items appelant :
 - des réponses affirmatives ou négatives à une série de questions corrigées comme si elles constituaient le même item (le format typique en 2006)
 - la sélection de plus d'une réponse dans une liste
 - le choix de plusieurs éléments dans un menu déroulant pour remplir des blancs
 - le déplacement d'éléments à l'écran pour effectuer un exercice de mise en correspondance, de tri ou de classement



- Les items à réponse construite, soit des items appelant la production d'une réponse (texte ou dessin)
 - En culture scientifique, les élèves doivent généralement écrire une brève explication (entre deux et quatre phrases) pour répondre à ce type d'items. Dans un petit nombre d'items, ils sont appelés à dessiner un schéma ou un diagramme. Dans les épreuves informatisées, ces items sont accompagnés de petits logiciels de dessin spécifiques à la réponse requise.

Dans les épreuves de 2015, certaines réponses sont enregistrées lors de tâches interactives, par exemple lorsque les élèves contrôlent des variables dans une simulation scientifique. Dans ces tâches interactives, les réponses seront en principe codées comme des items à choix multiple complexes. Plusieurs de ces items interactifs seront suffisamment ouverts pour être codés comme des items à réponse construite.

Structure de l'évaluation

L'administration informatisée est le mode principal d'administration des épreuves dans tous les domaines, y compris la culture scientifique, de l'enquête PISA 2015. Tous les nouveaux items de sciences n'existent qu'en version informatisée. Toutefois, des épreuves sur papier, constituées uniquement des items d'ancrage, seront fournies aux pays ayant choisi de ne pas administrer les épreuves informatisées. (Lors de l'essai de terrain de l'enquête PISA 2015, l'effet du changement de mode d'administration sur la performance des élèves a été analysé. Pour plus de détails, voir l'encadré 1.2.)

Les items de culture scientifique sont répartis entre des « blocs » de 30 minutes. Chaque bloc est uniquement constitué soit de nouveaux items, soit d'items d'ancrage. Les blocs prévus pour la campagne de test définitive de l'enquête PISA 2015 se répartissent comme suit :

- Six blocs d'unités d'ancrage.
- Six blocs de nouvelles unités.

Chaque élève se voit administrer une épreuve de deux heures. Les épreuves sont constituées de quatre blocs censés représenter chacun 30 minutes de test. Les blocs sont répartis en rotation dans les épreuves informatisées.

Chaque élève se voit attribuer une heure de test en culture scientifique et consacre le reste du temps à des épreuves dans un ou deux des autres domaines d'évaluation, à savoir la compréhension de l'écrit, la culture mathématique et la résolution collaborative de problèmes. Dans les pays administrant les épreuves sur papier, les blocs d'unités de 2006 sont répartis sans changement entre un certain nombre de carnets. Les épreuves sur papier sont uniquement constituées d'items d'ancrage et ne comportent pas de nouveaux items, contrairement aux épreuves informatisées, qui sont constituées à la fois d'items d'ancrage et de nouveaux items. La présentation, le format de réponse et la charge cognitive des items d'ancrage restent comparables après leur numérisation.

Les items sont répartis entre les contextes personnels, locaux/nationaux et mondiaux à raison de 25 %, 50 % et 25 %, comme en 2006. Un large éventail de champs d'application sont utilisés dans les unités, pour satisfaire autant que possible les diverses exigences imposées par la répartition des items indiquée dans les tableaux 2.1 et 2.4.

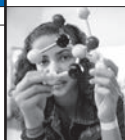
Présentation du niveau de culture scientifique

Des échelles doivent être élaborées pour évaluer le niveau de compétences des élèves, comme le prévoit la conception de l'enquête PISA. Les échelles descriptives des niveaux de compétences doivent être construites sur la base d'une théorie de l'élévation du niveau de compétences, et non sur la seule base d'une interprétation a posteriori de ce que les items d'une difficulté croissante semblent mesurer. C'est pourquoi le projet de cadre de 2015 définit explicitement les paramètres de l'élévation du niveau de compétences, permettant ainsi aux développeurs d'élaborer des items qui reflètent cette progression (Kane, 2006 ; Mislevy et Haertel, 2006). Les descriptions initiales des échelles sont présentées ci-dessous, mais elles pourraient être affinées après la campagne de test définitive. Les nouveaux éléments du cadre de 2015, dont la profondeur des connaissances, ont été intégrés dans ces descriptions, mais tout a été mis en œuvre pour maximiser leur comparabilité avec celles de 2006 (OCDE, 2007) pour qu'il soit possible d'analyser l'évolution des tendances au fil du temps. Les échelles comportent aussi un niveau de plus, à savoir le niveau 1b, pour décrire le profil des élèves les moins performants en culture scientifique que l'on ne pouvait situer sur les échelles précédentes. Comme le montre le graphique 2.25, les échelles initiales du cadre de 2015 permettent donc de décrire les niveaux de culture scientifique de façon plus détaillée et plus spécifique, mais sur la base du même modèle.

Graphique 2.25 ■ **Projet de description des niveaux de culture scientifique**

Niveau	Description
6	Au niveau 6, les élèves sont systématiquement capables d'utiliser des connaissances scientifiques, procédurales et épistémiques pour fournir des explications, évaluer et concevoir des méthodes scientifiques, et interpréter des données dans un éventail de situations complexes inspirées de la vie réelle à charge cognitive élevée. Ils parviennent à expliquer des relations causales à plusieurs niveaux et à faire des inférences appropriées sur la base de données complexes de sources différentes dans divers contextes. Ils savent faire la distinction entre des questions scientifiques et des questions non scientifiques, expliquer les objectifs de travaux scientifiques et contrôler des variables pertinentes dans une étude scientifique donnée ou dans une étude qu'ils conçoivent eux-mêmes. Ils sont capables de transposer des données d'une représentation à l'autre, d'interpréter des données complexes et de poser des jugements appropriés sur la fiabilité et l'exactitude de toute thèse scientifique. Les élèves qui parviennent à se hisser au niveau 6 sont capables de se livrer à des réflexions et à des raisonnements scientifiques approfondis qui requièrent l'utilisation de modèles et de notions abstraites, et ce dans des situations complexes qui ne leur sont pas familières. Ils sont en mesure de produire des arguments pour évaluer et critiquer des explications, des modèles, des interprétations de données et des projets d'expérience dans un éventail de contextes personnels, locaux et mondiaux.
5	Au niveau 5, les élèves sont parfois, mais pas toujours, capables d'utiliser des connaissances scientifiques, procédurales et épistémiques pour fournir des explications, évaluer et concevoir des méthodes scientifiques, et interpréter des données dans un éventail de situations complexes inspirées de la vie réelle à charge cognitive élevée. Ils parviennent à expliquer certaines relations causales à plusieurs niveaux et à faire des inférences sur la base de données complexes dans divers contextes. Dans l'ensemble, ils savent faire la distinction entre des questions scientifiques et des questions non scientifiques, expliquer les objectifs de travaux scientifiques et contrôler des variables pertinentes dans une étude scientifique donnée ou dans une étude qu'ils conçoivent eux-mêmes. Ils sont capables de transposer certaines données d'une représentation à l'autre, d'interpréter des données complexes et de poser des jugements appropriés sur la fiabilité et l'exactitude de toute thèse scientifique. Les élèves qui parviennent à se hisser au niveau 5 sont capables de se livrer à des réflexions et à des raisonnements scientifiques approfondis qui requièrent l'utilisation de modèles et de notions abstraites, et ce dans des situations complexes qui ne leur sont pas familières. Ils sont en mesure de produire des arguments pour évaluer et critiquer des explications, des modèles, des interprétations de données et des projets d'expérience dans certains contextes personnels, locaux et mondiaux, mais pas dans tous.
4	Au niveau 4, les élèves sont capables d'utiliser des connaissances scientifiques, procédurales et épistémiques pour fournir des explications, évaluer et concevoir des méthodes scientifiques, et interpréter des données dans un éventail de situations inspirées de la vie réelle dont la charge cognitive est le plus souvent moyenne. Ils savent expliquer des relations causales et faire des inférences sur la base de données de sources différentes dans divers contextes. Ils savent faire la distinction entre des questions scientifiques et des questions non scientifiques, et contrôler des variables pertinentes dans certaines études scientifiques, mais pas dans toutes. Ils sont capables de transposer et d'interpréter des données, et comprennent jusqu'à un certain point la notion de fiabilité des thèses scientifiques. Au niveau 4, les élèves parviennent à se livrer à des réflexions et à des raisonnements scientifiques fondés dans des situations qui ne leur sont pas familières. Ils sont aussi en mesure de produire des arguments simples pour évaluer et analyser de façon critique des explications, des modèles, des interprétations de données et des projets d'expérience dans certains contextes personnels, locaux et mondiaux.
3	Au niveau 3, les élèves sont capables d'utiliser des connaissances scientifiques, procédurales et épistémiques pour fournir des explications, évaluer et concevoir des méthodes scientifiques, et interpréter des données dans certaines situations inspirées de la vie réelle dont la charge cognitive est au plus moyenne. Ils savent décrire et expliquer en partie des relations causales simples, et faire quelques inférences sur la base de données de sources différentes dans certains contextes. Ils savent parfois faire la distinction entre des questions scientifiques et des questions non scientifiques, et contrôler certaines variables dans une étude scientifique donnée ou dans une étude qu'ils conçoivent eux-mêmes. Ils sont capables de transposer et d'interpréter des données simples, et de faire des commentaires sur la fiabilité des thèses scientifiques. Au niveau 3, les élèves parviennent à se livrer à des réflexions et à des raisonnements scientifiques fondés, souvent dans des situations familières. Ils sont en mesure de produire des arguments parcellaires pour évaluer et analyser de façon critique des explications, des modèles, des interprétations de données et des projets d'expérience dans certains contextes personnels, locaux et mondiaux.

...

Graphique 2.25 [suite] ■ **Projet de description des niveaux de culture scientifique**

Niveau	Description
2	Au niveau 2, les élèves sont capables d'utiliser des connaissances scientifiques, procédurales et épistémiques pour fournir des explications, évaluer et concevoir des méthodes scientifiques, et interpréter des données dans certaines situations familières inspirées de la vie réelle dont la charge cognitive est le plus souvent peu élevée. Ils savent décrire des relations causales simples et faire quelques inférences sur la base de données de sources différentes dans quelques contextes. Ils savent parfois faire la distinction entre des questions scientifiques et des questions non scientifiques, et entre des variables indépendantes et dépendantes dans une étude scientifique donnée ou dans une étude qu'ils conçoivent eux-mêmes. Ils parviennent à transformer et à décrire des données simples, à déceler des erreurs directes et à faire quelques commentaires sur la fiabilité de thèses scientifiques. Ils sont en mesure de produire des arguments parcellaires pour critiquer et comparer les avantages respectifs d'explications, de modèles, d'interprétations de données et de projets d'expérience dans certains contextes personnels, locaux et mondiaux.
1a	Au niveau 1a, les élèves sont capables d'utiliser quelques connaissances scientifiques, procédurales et épistémiques pour fournir des explications, évaluer et concevoir des méthodes scientifiques, et interpréter des données dans un petit nombre de situations familières inspirées de la vie réelle dont la charge cognitive est peu élevée. Ils parviennent parfois à décrire des relations causales très simples et à utiliser quelques données simples dans quelques contextes. Ils savent parfois faire la distinction entre des questions scientifiques et des questions non scientifiques, et identifier les variables indépendantes dans une étude scientifique donnée ou dans l'étude qu'ils conçoivent eux-mêmes. Ils sont capables de transformer en partie des données simples, de les décrire et de les appliquer dans quelques situations familières. Ils savent faire des commentaires sur les avantages respectifs d'explications, de modèles, d'interprétations de données et de projets d'expérience dans quelques contextes personnels, locaux et mondiaux très familiers.
1b	Au niveau 1b, les élèves sont à peine capables d'utiliser des connaissances scientifiques, procédurales et épistémiques pour fournir des explications, évaluer et concevoir des méthodes scientifiques, et interpréter des données dans un petit nombre de situations familières inspirées de la vie réelle dont la charge cognitive est peu élevée. Ils parviennent à décrire un tant soit peu des relations causales très simples et à identifier des tendances qui ressortent d'emblée de données simples dans quelques contextes familiers. Ils savent identifier la variable indépendante dans une étude scientifique ou dans une étude simple qu'ils conçoivent eux-mêmes. Ils essaient de transformer en partie des données simples, de les décrire et de les appliquer directement dans quelques situations familières.

Les descriptions des niveaux de performance ci-dessus sont basées sur le cadre de 2015 présenté dans ce document et expliquent sur le plan qualitatif les différences entre ces niveaux. Les facteurs utilisés pour déterminer la charge cognitive des items de culture scientifique qui ont été intégrés dans cette description des niveaux de compétences sont les suivants :

- Le nombre et la complexité des connaissances visées.
- La mesure dans laquelle les élèves possèdent les connaissances scientifiques, procédurales et épistémiques requises, et dans laquelle ces connaissances leur sont familières.
- Les opérations cognitives à effectuer pour répondre aux items (se remémorer, analyser, évaluer, etc.).
- La mesure dans laquelle la production de la réponse dépend de modèles ou de concepts scientifiques abstraits.



Note

1. Le terme « construct » a volontairement été laissé en anglais, car il est d'usage courant dans la terminologie technique relative aux tests ; il renvoie à la dimension latente que cherche à mesurer une épreuve grâce aux données observables que constituent les réponses des élèves.

Références

American Association for the Advancement of Science (1989), *Science for all Americans: A Project 2061 Report on Literacy Goals in Science, Mathematics and Technology*, AAS Publishing, Washington, DC, www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm.

Anderson, L.W. et D.R. Krathwohl (2001), *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*, Longman Publishing, Londres.

Bandura, A. (1997), *Self-Efficacy: The Exercise of Control*, W.H. Freeman and Company, Macmillan Publishers, New York.

Biggs, J. et K. Collis (1982), *Evaluating the Quality of Learning: The SOLO Taxonomy*, Academic Press, New York.

Bloom, B.S. (éd.) (1956), *Taxonomy of Educational Objectives Book 1: Cognitive Domain*, Longmans Publishing, Londres.

Bøe, M.V. et al. (2011), « Participation in science and technology: Young people's achievement-related choices in late-modern societies », *Studies in Science Education*, vol. 47/1, pp. 37-72, <http://dx.doi.org/10.1080/03057267.2011.549621>.

Bogner, F. et M. Wiseman (1999), « Toward measuring adolescent environmental perception », *European Psychologist*, vol. 4/3, <http://dx.doi.org/10.1027//1016-9040.4.3.139>.

Brookhart, S.M. et A.J. Nitko (2011), « Strategies for constructing assessments of higher order thinking skills », in G. Schraw et D.R. Robinson (éd.), *Assessment of Higher Order Thinking Skills*, IAP, Charlotte, NC, pp. 327-359.

Commission européenne (1995), « Enseigner et apprendre : Vers la société cognitive », *Livre blanc sur l'éducation et la formation*, Office des publications officielles des Communautés européennes, Luxembourg, http://europa.eu/documents/comm/white_papers/pdf/com95_590_fr.pdf.

Confederacion de Sociedades Cientificas de España (2011), *Informe ENCIENDE*, Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España, Madrid.

Davis, S.L. et C.W. Buckendahl (2011), « Incorporating cognitive demand in credentialing examinations », in G. Schraw et D.R. Robinson (éd.), *Assessment of Higher Order Thinking Skills*, IAP, Charlotte, NC, pp. 327-359.

Drechsel, B., C. Carstensen et M. Prenzel (2011), « The role of content and context in PISA interest scales: A study of the embedded interest items in the PISA 2006 science assessment », *International Journal of Science Education*, vol. 33/1, pp. 73-95.

Duschl, R. (2007), « Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic and social learning goals », *Review of Research in Education*, vol. 32, pp. 268-291, <http://dx.doi.org/10.3102/0091732X07309371>.

Eagles, P.F.J. et R. Demare (1999), « Factors influencing children's environmental attitudes », *The Journal of Environmental Education*, vol. 30/4, www.researchgate.net/profile/Paul_Eagles/publication/271994465_Factors_Influencing_Children's_Environmental_Attitudes/links/553e677b0cf20184050f83a6.pdf.

Fensham, P. (1985), « Science for all: A reflective essay », *Journal of Curriculum Studies*, vol. 17/4, pp. 415-435, <http://dx.doi.org/10.1080/0022027850170407>.

Ford, M.J. et B.M. Wargo (2012), « Dialogic framing of scientific content for conceptual and epistemic understanding », *Science Education*, vol. 96/3, pp. 369-391, <http://dx.doi.org/10.1002/sce.20482>.

Gardner, P.L. (1975), « Attitudes to Science », *Studies in Science Education*, vol. 2, pp. 1-41.

Gott, R., S. Duggan et R. Roberts (2008), « Concepts of evidence », University of Durham, www.dur.ac.uk/rosalyn.roberts/Evidence/cofev.htm (consulté le 23 septembre 2012).

Kane, M. (2006), « Validation », in R.L. Brennan (éd.), *Educational Measurement*, 4^e éd., Praeger Publishers et American Council on Education, Westport, CT, pp. 17-64.

Klopper, L.E. (1971), « Evaluation of learning in science », in B.S. Bloom, J.T. Hastings et G.F. Madaus (éd.), *Handbook of Formative and Summative Evaluation of Student Learning*, McGraw-Hill Book Company, Londres.

Klopper, L.E. (1976), « A structure for the affective domain in relation to science education », *Science Education*, vol. 60/3, pp. 299-312, <http://dx.doi.org/10.1002/sce.3730600304>.

Kuhn, D. (2010), « Teaching and learning science as argument », *Science Education*, vol. 94/5, pp. 810-824, <http://dx.doi.org/10.1002/sce.20395>.



Lederman, N.G. (2006), « Nature of science: Past, present and future », in S. Abell et N.G. Lederman (éd.), *Handbook of Research on Science Education*, Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ, pp. 831-879.

Longino, H.E. (1990), *Science as Social Knowledge*, Princetown University Press, Princetown, NJ.

Marzano, R.J. et J.S. Kendall (2007), *The New Taxonomy of Educational Objectives*, Corwin Press, Thousand Oaks, CA.

Millar, R. (2006), « Twenty first century science: Insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science », *International Journal of Science Education*, vol. 28/13, pp. 1499-1521, <http://dx.doi.org/10.1080/09500690600718344>.

Millar, R. et J.F. Osborn (éd.) (1998), *Beyond 2000: Science Education for the Future*, School of Education, King's College, Londres, www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/Beyond%202000.pdf.

Millar, R. et al. (1995), « Investigating in the school science laboratory: Conceptual and procedural knowledge and their influence on performance », *Research Papers in Education*, vol. 9/2, pp. 207-248, <http://dx.doi.org/10.1080/0267152940090205>.

Mislevy, R.J. et G.D. Haertel (2006), « Implications of evidence-centered design for educational testing », *Educational Measurement: Issues and Practice*, vol. 25/4, pp. 6-20.

National Academy of Science (1995), *National Science Education Standards*, National Academy Press, Washington, DC.

National Research Council (2012), *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*, Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards, Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education, Washington, DC.

National Research Council (2000), *Inquiry and the National Science Education Standards*, National Academy Press, Washington DC.

OCDE (2012), « Quels types de carrières filles et garçons envisagent-ils pour leur avenir ? », *PISA à la loupe*, n° 14, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/5k9czxdfq3f3-fr>.

OCDE (2009), *PISA 2006 Technical Report*, PISA, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264048096-en>.

OCDE (2007), *PISA 2006 : Les compétences en sciences, un atout pour réussir : Volume 1 : Analyse des résultats*, PISA, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264040137-fr>.

OCDE (2006), *Compétences en sciences, lecture et mathématiques : Le cadre d'évaluation de PISA 2006*, PISA, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264026421-fr>.

OCDE (2004), *Cadre d'évaluation de PISA 2003 : Connaissances et compétences en mathématiques, lecture, science et résolution de problèmes*, PISA, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264019010-fr>.

OCDE (2000), *Mesurer les connaissances et les compétences des élèves : Lecture, mathématiques et science : L'évaluation de PISA 2000*, PISA, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264281561-fr>.

OCDE (1999), *Mesurer les connaissances et les compétences des élèves : Un nouveau cadre d'évaluation*, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264273122-fr>.

Ormerod, M.B. et D. Duckworth (1975), *Pupils' Attitudes to Science*, National Foundation for Educational Research, Slough, UK.

Osborne, J.F. (2010), « Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse », *Science*, vol. 328/5977, pp. 463-466, <http://dx.doi.org/10.1126/science.1183944>.

Osborne, J.F. et J. Dillon (2008), *Science Education in Europe: Critical Reflections*, Nuffield Foundation, Londres.

Osborne, J.F., S. Simon et S. Collins (2003), « Attitudes towards science: A review of the literature and its implications », *International Journal of Science Education*, vol. 25/9, pp. 1049-1079, <http://dx.doi.org/10.1080/0950069032000032199>.

PNUE (2012), *21 Issues for the 21st Century: Result of the UNEP Foresight Process on Emerging Environmental Issues*, Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), Nairobi, Kenya, www.unep.org/pdf/Foresight_Report-21_Issues_for_the_21st_Century.pdf.

Rickinson, M. (2001), « Learners and learning in environmental education: A critical review of the evidence », *Environmental Education Research*, vol. 7/3, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.454.4637&rep=rep1&type=pdf>.

Rychen, D.S. et L.H. Salganik (éd.) (2003), *Definition and Selection of Key Competencies: Executive Summary*, Hogrefe Publishing, Göttingen, Allemagne.

Schibeci, R.A. (1984), « Attitudes to science: An update », *Studies in Science Education*, vol. 11, pp. 26-59.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2005), *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*.

Tai, R.H. et al. (2006), « Planning early for careers in science », *Science*, vol. 312, pp. 1143-1145.



Taiwan Ministry of Education (1999), *Curriculum outlines for "Nature science and living technology"*, Ministère de l'Éducation, Taipei, Taiwan.

UNESCO (2003), « L'UNESCO et la décennie internationale pour l'éducation en vue du développement durable (2005-2015) », *Bulletin international de l'enseignement scientifique et technologique et de l'éducation environnementale de l'UNESCO*, vol. XXVIII, n° 1-2, UNESCO, Paris, <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001306/130632f.pdf>.

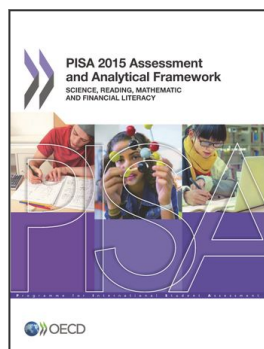
UNESCO (2005), « Plan international de mise en œuvre », *Décennie des Nations Unies pour l'éducation en vue du développement durable (2005-2014)*, UNESCO, Paris, <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001486/148654f.pdf>.

Weaver, A. (2002), « Determinants of environmental attitudes: A five-country comparison », *International Journal of Sociology*, vol. 32/1.

Webb, N.L. (1997), « Criteria for alignment of expectations and assessments in mathematics and science education », *Council of Chief State School Officers and National Institute for Science Education Research Monograph*, National Institution for Science Education, Washington, DC.

Wiliam, D. (2010), « What counts as evidence of educational achievement? The role of constructs in the pursuit of equity in assessment », *Review of Research in Education*, vol. 34, pp. 254-284.

Ziman, J. (1979), *Reliable Knowledge: An Exploration of the Grounds for Belief in Science*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.



Extrait de :

PISA 2015 Assessment and Analytical Framework Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy

Accéder à cette publication :

<https://doi.org/10.1787/9789264255425-en>

Merci de citer ce chapitre comme suit :

OCDE (2016), « Cadre d'évaluation de la culture scientifique », dans *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework : Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*, Éditions OCDE, Paris.

DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264259478-3-fr>

Ce document, ainsi que les données et cartes 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. Des extraits de publications sont susceptibles de faire l'objet d'avertissements supplémentaires, qui sont inclus dans la version complète de la publication, disponible sous le lien fourni à cet effet.

L'utilisation de ce contenu, qu'il soit numérique ou imprimé, est régie par les conditions d'utilisation suivantes :

<http://www.oecd.org/fr/conditionsdutilisation>.