



Conseil économique et social

Distr. générale
9 mars 2012
Français
Original: anglais

Commission de la science et de la technique au service du développement

Quinzième session

Geneva, 21-25 mai 2012

Point 3 b) de l'ordre du jour provisoire

Libre accès, bibliothèques scientifiques virtuelles, analyse géospatiale et autres outils complémentaires liés aux technologies de l'information et de la communication ou aux sciences, à la technologie, à l'ingénierie et aux mathématiques, utiles pour aborder les questions relatives au développement, en particulier l'éducation

Rapport du Secrétaire général

Résumé

Il est indiqué, dans le présent rapport, comment le libre accès, les bibliothèques scientifiques virtuelles et les systèmes d'information géographique (SIG) pourraient être exploités pour faire face aux problèmes liés au développement, en particulier dans le domaine de l'éducation. Des recommandations y sont présentées à l'intention des gouvernements et de la communauté internationale en vue d'encourager et de stimuler la mise au point de ces outils liés aux technologies de l'information et de la communication, ainsi que leur adoption.

Table des matières

	<i>Paragraphes</i>	<i>Page</i>
Introduction.....	1–3	3
I. Corrélations entre éducation, développement et TIC.....	4–11	3
A. Éducation et développement.....	4–6	3
B. Rôle des TIC dans le domaine de l'éducation	7–11	4
II. Transmission de la source inépuisable de connaissances: libre accès et bibliothèques scientifiques virtuelles	12–31	5
A. Libre accès.....	13–21	5
B. Bibliothèques scientifiques virtuelles.....	22–27	8
C. Une «liberté d'accès» connectée	28–31	10
III. Systèmes d'information géographique et analyse géospatiale au service de l'éducation.....	32–56	11
A. Les systèmes d'information géographique et l'analyse géospatiale	34–40	12
B. Amélioration de l'éducation grâce aux SIG	41–50	13
C. Intégration des SIG et du raisonnement spatial dans l'enseignement: les politiques générales visant à lever ces obstacles doivent porter sur l'ensemble des caractéristiques d'utilisation des SIG	51–56	17
IV. Conclusions et propositions	57	18
A. Résultats		18
B. Propositions		18

Introduction

1. Des technologies de l'information et de la communication (TIC) sont créées ou perfectionnées en permanence, mais leurs capacités en tant qu'outils de transformation, en particulier dans le domaine de l'enseignement des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques, ne sont pas encore complètement exploitées partout. Dans certains pays, la «fracture numérique» entrave le développement, alors que dans d'autres régions, qui bénéficient d'un meilleur accès, les technologies de l'information et de la communication ne sont pas toujours utilisées de manière efficace.

2. À sa quatorzième session (mai 2011), la Commission de la science et de la technique au service du développement (CSTD) a notamment choisi comme thème prioritaire pour la période intersessions 2011-2012 le thème suivant: «Libre accès, bibliothèques scientifiques virtuelles, analyse géospatiale et autres outils complémentaires liés aux technologies de l'information et de la communication ou aux sciences, à la technologie, à l'ingénierie et aux mathématiques, utiles pour aborder les questions relatives au développement, en particulier l'éducation».

3. Pour une meilleure compréhension de ce thème et en vue d'étayer les délibérations de la Commission à sa quinzième session, le secrétariat de la CSTD a organisé une réunion d'un groupe d'étude à Manille (Philippines) du 13 au 15 décembre 2011. Le présent rapport repose sur les conclusions de cette réunion, sur les rapports nationaux fournis par les membres de la Commission et sur d'autres documents pertinents.

I. Corrélations entre éducation, développement et TIC

A. Éducation et développement

4. Il est généralement admis que l'éducation, à tous les niveaux (du primaire au supérieur, formelle et non formelle) fait partie intégrante du développement. Investir dans l'éducation a des retombées positives sur les personnes, la société et le monde dans son ensemble. Parmi les avantages pour la société figure le renforcement de la compétitivité économique; sans main-d'œuvre qualifiée et éduquée, il n'est pas possible d'être concurrentiel dans une économie fondée sur le savoir (World Bank, 2011; IICD, 2007: 16-18).

Enseignement des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques

5. L'éducation secondaire et supérieure dans les domaines des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques s'avère particulièrement nécessaire pour différentes raisons. Outre le fait qu'elle permet d'acquérir une éducation de base solide et de rehausser le niveau général d'instruction dans le domaine des sciences et des technologies, l'enseignement des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques peut permettre aux pays en développement de former une masse critique de spécialistes de l'enseignement des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques, qui représentent le fondement humain de l'innovation dans une économie (United Kingdom Science and Learning Expert Group, 2010).

6. Dans de nombreux pays en développement, l'enseignement des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques fait face à un certain nombre de problèmes, comme la baisse de la participation (diminution du taux d'inscription dans les universités, etc.), la fuite des cerveaux et l'absence relative de prise en compte des problèmes locaux. Il convient de rendre les sciences, la technologie, l'ingénierie et les mathématiques plus attrayants pour les élèves, de créer une demande pour les personnes

qualifiées en augmentant les possibilités d'emploi liées à ces quatre domaines, de mettre en œuvre des mesures incitatives afin que ces personnes qualifiées restent dans les pays en développement (ou qu'ils y retournent), et de promouvoir des outils plus adaptés afin que les chercheurs des pays en développement aient accès aux travaux de recherche et puissent publier leurs résultats. Si elles sont utilisées rationnellement, les technologies de l'information et de la communication et d'autres techniques peuvent s'avérer extrêmement utiles à cet égard.

B. Rôle des TIC dans le domaine de l'éducation

7. On entend par TIC, dans leur sens le plus large, une gamme de technologies qui nous permettent de recevoir des informations et de communiquer ou d'échanger des données avec d'autres personnes (Anderson, 2010: 4). Les TIC peuvent profondément modifier l'enseignement, ainsi que notre façon d'apprendre, d'enseigner et de gérer nos systèmes éducatifs (UNCTAD, 2011; Anderson, 2010: 4).

8. Les TIC représentent des possibilités diverses et variées en matière d'amélioration de la diffusion des connaissances, du développement par l'éducation et des mécanismes d'apprentissage à tous les niveaux. Elles permettent notamment d'améliorer l'accès à l'éducation des populations éloignées ou défavorisées, de transformer l'environnement d'apprentissage afin que l'enseignement soit plus adapté aux compétences recherchées sur le marché local de l'emploi, d'améliorer la qualité de l'enseignement en stimulant le perfectionnement professionnel des enseignants et d'affiner les systèmes de gestion à tous les niveaux (Haddad and Draxler, 2002: 9; Tinio, 2002; Anderson, 2010: 23-28; IICD, 2007: 13).

1. Incidences des TIC sur l'éducation

9. Il a été noté que les TIC pouvaient être mises à profit pour améliorer les mécanismes d'apprentissage de trois façons (Tinio, 2002). Tout d'abord, l'acquisition de connaissances relatives aux TIC est axée sur une meilleure compréhension des éléments scientifiques, des outils et des techniques, notamment, qui sous-tendent ces technologies et sur les moyens d'exploiter leur puissance. Ensuite, l'apprentissage au moyen des TIC revient à utiliser ces technologies pour améliorer les mécanismes d'apprentissage dans tous les domaines d'étude. Enfin, dans le cadre de l'enseignement à distance au moyen des TIC, ces dernières sont utilisées pour permettre aux étudiants d'accéder à distance au matériel didactique et aux instructions.

2. Exploitation judicieuse des TIC

10. À tous les niveaux, l'introduction effective des TIC dans l'éducation n'est ni simple ni garantie. Réformer les systèmes et les méthodes pédagogiques en place représente un défi de taille. Les décideurs ont tous les atouts en main pour que l'intégration des TIC dans l'éducation soit appropriée et efficace et qu'elle tienne compte des réalités du terrain (ADB, 2010: 4). La mise en place de politiques rationnelles dans le domaine de l'éducation peut encourager une mise en œuvre et une utilisation efficaces des technologies dans le domaine de l'éducation. En outre, il convient d'établir, grâce à des efforts concertés, une corrélation entre les politiques en matière d'éducation, les TIC et les politiques ayant trait au développement au sens plus large (Haddad and Draxler, 2002: 16; infoDev/World Bank, 2008).

11. Le libre accès, les bibliothèques scientifiques virtuelles et les systèmes d'information géographique (SIG) sont autant d'outils liés aux TIC susceptibles de renforcer l'enseignement des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques et d'améliorer l'accès aux résultats des travaux de recherche, en particulier

dans les pays en développement. Grâce au libre accès, des articles de revues scientifiques peuvent être consultés gratuitement sur Internet. De leur côté, les bibliothèques scientifiques virtuelles peuvent servir à la diffusion des informations et au renforcement des capacités dans le domaine de la science et des technologies. Quant aux systèmes d'information géographique et à l'analyse géospatiale, ils peuvent être mis à profit pour faire face aux problèmes locaux liés au développement, faciliter l'enseignement des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques et contribuer à la constitution d'une main-d'œuvre familiarisée avec les TIC, et ce, dès les premiers niveaux d'enseignement.

II. Transmission de la source inépuisable de connaissances: libre accès et bibliothèques scientifiques virtuelles

12. Dans le monde universitaire, les travaux de recherche sont surtout publiés dans des revues spécialisées à accès par abonnement. Le principal obstacle à la diffusion de ces résultats universitaires est l'accès aux travaux de recherche publiés, en raison du montant des abonnements et de l'emplacement des ressources. C'est pourquoi il est difficile, long et coûteux de trouver des travaux universitaires et d'y avoir accès, ce qui a des répercussions négatives sur un nombre disproportionné d'apprenants dans les pays à faible revenu, en raison des ressources limitées, et ce qui a donc tendance à renforcer les capacités de la recherche dans les pays riches. Le libre accès et les bibliothèques scientifiques virtuelles sont deux outils grâce auxquels les TIC peuvent être mises à profit pour lever les obstacles qui entravent la mise en place et la diffusion de la source mondiale inépuisable de connaissances, notamment dans les pays en développement.

A. Libre accès

13. Traditionnellement, les travaux de recherche sont partagés au sein de la communauté universitaire par le biais de leur publication dans des revues spécialisées. En règle générale, il suffit de payer pour le privilège d'avoir accès aux articles publiés, soit pour un article donné, soit sous forme d'un abonnement. Ces vingt dernières années, ce modèle a fait l'objet de critiques de plus en plus vives de la part des défenseurs d'une répartition plus équitable des articles universitaires, qui visent à lever les obstacles auxquels sont confrontés les pays à faible revenu. Cet autre modèle est celui du «libre accès».

14. Lancée en 2002, l'Initiative de Budapest pour le libre accès définit comme suit le libre accès à la littérature scientifique: «par “accès libre” à cette littérature, nous entendons sa mise à disposition gratuite sur l'Internet public, permettant à tout un chacun de lire un article, de le télécharger, le copier, le transmettre, l'imprimer, y faire des recherches ou créer un lien vers le texte intégral, l'explorer en vue de l'indexer, le transférer en tant que données à des logiciels ou s'en servir à toute autre fin légale, sans obstacle financier, juridique ou technique autre que celui, indissociable, de l'accès à Internet ... La seule contrainte relative à la reproduction et à la distribution, et la seule fonction des droits d'auteur dans ce domaine, devrait être de garantir aux auteurs un droit de regard sur l'intégrité de leurs travaux et le droit à être correctement reconnus et cités» (BOAI, Hedlund and Rabow, 2007: 13). On distingue deux formes de libre accès: la «voie dorée» (*Gold Open Access*) et la «voie verte» (*Green Open Access*).

15. On parle de voie dorée lorsque l'éditeur met gratuitement à disposition de tous le contenu d'une revue spécialisée évaluée par un comité de lecture. Une liste des revues en

libre accès est affichée sur le site Directory of Open Access Journals (DOAJ)¹. Selon les estimations, en 2008, 8,5 % des articles publiés dans des revues spécialisées étaient diffusés conformément à la voie dorée. Cette dernière peut être divisée en trois catégories: accès direct, accès différé et accès hybride. L'accès direct par la voie dorée signifie que la totalité de la revue spécialisée est disponible gratuitement pour tous. L'accès différé signifie qu'une partie du contenu d'une revue spécialisée, en général les articles les plus récents, n'est disponible que par abonnement, alors que le reste, en général les articles plus anciens, est disponible gratuitement. Parfois, un auteur ou l'institution dont dépend un auteur peut payer pour que des articles soient accessibles gratuitement: il s'agit alors de la voie dorée avec accès hybride (Laakso *et al.*, 2011: 1-2; Zhong, 2009: 527-528).

16. La voie verte qualifie l'(auto)-archivage d'articles ou de travaux prépubliés ou publiés, dans des lieux de stockage extérieurs virtuels ou matériels, notamment: en les téléchargeant sur une page Web personnelle, en les plaçant dans un référentiel institutionnel ou thématique. Selon les estimations, 11,9 % de tous les articles publiés dans des revues spécialisées en 2008 étaient accessibles grâce à la voie verte². Il est possible d'effectuer des recherches dans les articles stockés dans ces archives au moyen de moteurs de recherche tels que Google Scholar (Laakso *et al.*, 2011: 1-2; Zhong, 2009: 527-528).

1. Possibilités offertes par le libre accès

17. Le libre accès offre de nombreux avantages aux chercheurs. Il peut accroître la visibilité et la présence sur Internet des particuliers et des institutions. Grâce au libre accès, les travaux de recherche effectués par une institution devraient pouvoir avoir une plus grande portée et l'institution peut créer une banque de ressources susceptible de l'aider à rationaliser la gestion et l'évaluation de ses activités de recherche. À ce titre, il peut s'agir d'un outil de marketing important pour l'institution (RCAAP, 2009: 7).

18. Les pays en développement peuvent tirer des avantages considérables du libre accès, qui leur offre des passerelles supplémentaires en matière de recherche. Dans leur étude sur le libre accès en Asie, Das *et al.* (2008: 1-2) notent l'augmentation du nombre de voies de communication à libre accès sous une multitude de formes différentes: bibliothèques numériques, revues spécialisées en libre accès, référentiels institutionnels, référentiels à l'échelle nationale, didacticiels en libre accès, services d'indexation des données, etc.³ Il convient de souligner que, selon leurs conclusions, la plupart des projets liés au libre accès sont appuyés par des organismes publics, des institutions publiques ou des organisations à but non lucratif (NRC, 2006: 87-88).

19. La croissance du mouvement du libre accès est stimulée par la reconnaissance des avantages liés à ce type d'accès. Depuis la Déclaration de Budapest pour l'accès ouvert (2002), de nombreuses initiatives visant à encourager et promouvoir le libre accès ont été mises en œuvre. La publication en libre accès continue de prendre de l'ampleur (Greyson *et al.*, 2010; Zhong, 2009: 527-528)⁴. Les principales déclarations relatives au libre accès sont recensées dans l'encadré 1. En 2010, l'inventaire des référentiels en libre accès

¹ Voir <http://www.doaj.org/>.

² Pour une liste exhaustive des référentiels à libre accès, voir l'annuaire OpenDOAR (<http://www.openoar.org/>), le registre des référentiels à libre accès ROAR (<http://roar.eprints.org/>) et l'inventaire mondial des référentiels Ranking Web of World Repositories (<http://repositories.webometrics.info/toprep.asp?offset=50>).

³ Selon le rapport final du Groupe de travail sur les connexions haut débit et les sciences de la Commission du haut débit au service du développement numérique, le libre accès dispose des atouts nécessaires pour aider les habitants du monde du Sud à devenir «... plus que de simples consommateurs d'information» (www.broadbandcommission.org).

⁴ Pour une liste des principales déclarations relatives au libre accès formulées ces dix dernières années, voir Das *et al.* (2008: 3).

(Registry of Open Access Repositories) recensait 1 764 archives ou référentiels institutionnels et thématiques, dans lesquels il est possible de faire des recherches au moyen de Google (Moore, 2010). L'ONU est un ardent défenseur du libre accès et plusieurs de ses institutions assurent la promotion et la facilitation d'un meilleur accès aux travaux de recherche, en particulier au bénéfice des universitaires des pays en développement (UNESCO, 2011c; FAO, 2011; WHO, 2011; WIPO, 2011).

Encadré 1

Principales déclarations relatives au libre accès

- Déclaration de Budapest pour l'accès ouvert, 2001
- Déclaration de Berlin sur le libre accès à la connaissance en sciences exactes, sciences de la vie, sciences humaines et sociales, 2003
- Bethesda Statement on Open Access (Déclaration de Bethesda pour l'édition en libre accès), 2003
- Sommet mondial sur la société de l'information (SMSI): Déclaration de principes et plan d'action, 2003
- Déclaration sur l'accès libre à la littérature scientifique et à la documentation de recherche (2004) de la Fédération internationale des associations de bibliothécaires et des bibliothèques (IFLA)
- Washington DC Principles for Free Access to Science: A Statement from Not-for-Profit Publishers, 2004 (Principes de Washington pour le libre accès aux sciences: déclaration des éditeurs à but non lucratif)
- Australian Research Information Infrastructure Committee (ARIIC) Open Access Statement, 2005 (Déclaration sur le libre accès, 2005)
- Salvador Declaration on Open Access: The Developing World Perspective, 2005 (Déclaration de Salvador de Bahia sur le libre accès: point de vue du monde en développement, 2005)
- Bangalore Declaration on National Open Access Policy for Developing Countries, 2006 (Déclaration de Bangalore sur la politique nationale de libre accès à l'intention des pays en développement)
- European Research Consortium for Informatics and Mathematics (ERCIM) Statement on Open Access, 2006 (Consortium européen de recherche sur l'informatique et les mathématiques, ERCIM, Déclaration sur le libre accès, 2006)
- Indian National Knowledge Commission (NKC) Statements on Open Access, 2007 (Déclarations sur le libre accès de la Commission nationale indienne du savoir, NKC, 2007)
- Déclaration sur l'accès aux données de la recherche financé par des fonds publics, OCDE, 2007
- Wellcome Trust Position Statement in support of open and unrestricted access to published research, 2007 (Déclaration de principe du Wellcome Trust pour l'accès libre et non limité aux travaux de recherche publiés, 2007)

Source: Das *et al.*, 2008: 3.

2. Obstacles à l'élargissement du libre accès

20. Même s'il bénéficie d'un soutien accru et que ses avantages sont de plus en plus reconnus, le libre accès est toujours entravé par des obstacles qui méritent d'être pris en considération.

21. Premièrement, s'agissant du contenu, l'anglais est la principale langue de communication des chercheurs et d'un grand nombre de référentiels dans lesquels des articles scientifiques sont stockés. En raison de l'utilisation restreinte des langues locales, les chercheurs des pays en développement peuvent ne pas être en mesure d'utiliser les résultats de la recherche et de publier leurs propres travaux: on parle alors de «fracture du contenu» (Tinio, 2002). Deuxièmement, malgré les atouts potentiels du libre accès, il est difficile de mesurer ses répercussions et de définir des indicateurs spécifiques. Les évaluations actuelles semblent plutôt limitées, même si une certaine amélioration se fait jour à mesure que le nombre et la portée des études d'impact augmentent⁵. Troisièmement, il reste à régler certains problèmes concernant les normes et les règles régissant la publication d'articles. On peut concevoir sans peine que de nombreux éditeurs s'opposent au libre accès, car celui-ci requiert une profonde restructuration de leurs principes de fonctionnement. Un grand nombre d'entre eux se sont attelés à cette tâche ambitieuse et il est de moins en moins rare de voir les modèles de voie dorée et de voie verte déclinés de façons diverses. Toutefois, il n'est pas toujours évident de déterminer si l'archivage d'articles qui ont été publiés dans une revue spécialisée est légal ou non et les auteurs s'inquiètent donc du plagiat et du droit de publication associé à leurs travaux. Le mouvement du libre accès remet en question les structures traditionnelles d'incitation mises en place à l'intention des chercheurs et des institutions. Pour conserver leur réputation personnelle et institutionnelle, voire l'améliorer, les universitaires cherchent à publier dans les revues spécialisées les mieux placées en ce qui concerne l'impact, or la plupart de ces revues ne sont pas en libre accès. Toutefois, l'utilisation et l'importance croissantes des revues spécialisées en libre accès semblent inciter les institutions les plus en vue à trouver d'autres moyens d'évaluer cet impact (Chan *et al.*, 2011). Quatrièmement, le financement de la publication (en ligne ou d'une autre façon) des revues spécialisées suscite des inquiétudes. Les pratiques en vigueur (allouer une partie des bourses de recherche au règlement des frais administratifs des revues spécialisées, demander aux auteurs ou aux institutions dont ils relèvent de payer pour le privilège d'être publié, etc.) ont suscité des débats quant à leur impact sur la viabilité financière des revues spécialisées, la conservation du savoir et la publication des résultats de la recherche dans leur ensemble. Enfin, des contraintes contextuelles comme l'accès à des infrastructures propices à la publication (TIC, électricité, etc.) doivent être levées afin de pouvoir tirer profit du libre accès.

B. Bibliothèques scientifiques virtuelles

22. Le recours à des espaces virtuels pour le stockage, la recherche et le partage d'informations gagne en importance, car les TIC ont permis un accès plus facile au stock mondial de connaissances. Ces dix dernières années, beaucoup de temps, d'énergie et d'argent ont été investis dans la mise au point de bibliothèques virtuelles, en particulier de bibliothèques scientifiques virtuelles, dans lesquelles les informations sont complexes et les revues spécialisées ont tendance à être plus coûteuses.

23. On entend par bibliothèque virtuelle une «bibliothèque sans espace ou lieu d'implantation physique» (Riccio, 2001). Les bibliothèques virtuelles peuvent héberger du contenu ou servir de portail vers du contenu diffusé en ligne hébergé par d'autres référentiels en ligne, comme le contenu numérique ou électronique des bibliothèques. À cet

⁵ Pour une bibliographie des études d'impact, voir Hitchcock, 2011.

égard, une bibliothèque virtuelle donne un accès à distance au contenu et aux services des bibliothèques et d'autres ressources de l'information.

24. Les bibliothèques scientifiques virtuelles sont diverses et variées quant à leurs dimensions et à leur type. Même si le fait qu'elles soient en ligne abolit les frontières, nombre d'entre elles sont des projets nationaux. Ainsi, la bibliothèque de la santé du Guyana (Guyana Health Library) a pour objectif spécifique d'améliorer l'accès aux informations relatives à la santé au Guyana (Organisation panaméricaine de la santé, 2011)⁶. Le Centre national de documentation scientifique et technique du Bangladesh (BANSDOC) est doté d'une bibliothèque virtuelle à laquelle tous les citoyens ont accès⁷. D'autres bibliothèques scientifiques virtuelles ont été mises en place grâce à des efforts concertés au-delà des frontières, comme le Programme de la bibliothèque numérique des sciences de CRDF Global, qui relie des pays comme l'Iraq, le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, l'Arménie et l'Afghanistan⁸.

25. Les restrictions d'accès aux bibliothèques scientifiques virtuelles varient et sont souvent liées à la provenance des utilisateurs. Parfois, les utilisateurs de pays en développement bénéficient d'un accès moins restreint, voire gratuit. C'est le cas notamment du Bureau national de recherche économique des États-Unis (NBER), où les téléchargements de la totalité du texte des documents de travail du NBER sont gratuits pour les personnes résidant dans des pays en développement (NBER, 2011). La bibliothèque de l'Université de Yale propose des liens vers des programmes qui offrent aux pays en développement un accès gratuit ou à moindre coût à des revues scientifiques de qualité validées par les pairs. Un grand nombre d'autres organismes internationaux s'efforcent de prendre des mesures en ce sens.

Encadré 2

La bibliothèque scientifique virtuelle iraquienne

Comme dans de nombreux pays en développement, en Iraq, l'accès à des publications de qualité supérieure dans le domaine de la recherche est limité et la communauté scientifique a souffert d'être acculée dans un «ghetto intellectuel de fait» (Bibliotheca Alexandrina, 2011). Pour remédier à cette situation, en 2007, la fondation américaine Civilian Research and Development Foundation (CRDF) a établi la bibliothèque scientifique numérique iraquienne, dont la responsabilité a été confiée au Gouvernement iraquien en 2010. Pour être couronnée de succès, cette initiative se devait de faire face à trois défis: déterminer un contenu adéquat pour le libre accès, assurer la facilité d'utilisation de la bibliothèque et faire en sorte qu'elle soit viable. Jusqu'à présent, plus de 25 universités et instituts de recherche, représentant plus de 8 000 utilisateurs, ont accédé au système. Plus d'un million d'articles de revues spécialisées ont été téléchargés et le taux de publication des travaux de recherche en Iraq a triplé.

Source: Bibliotheca Alexandrina (2011); University of Maryland (2011); Thomson Reuters (2006); CRDF Global (2011); European Commission (2006).

Possibilités offertes par les bibliothèques scientifiques virtuelles

26. Les avantages des bibliothèques scientifiques virtuelles sont nombreux. Les capacités de recherche peuvent être améliorées grâce au contenu numérisé: la numérisation de contenu ancien sur support imprimé le rend accessible et de nouveaux stocks de contenu

⁶ <http://www.guy.paho.org/VHL.pdf>.

⁷ <http://www.bansdoc.gov.bd/>.

⁸ <http://maghrebvsl.org/fr/crdf/>.

n'existant que sur Internet sont créés et mis à disposition du public. Les documents peuvent être téléchargés quel que soit le lieu où se trouve l'utilisateur, ce qui permet une plus grande diffusion des connaissances. En outre, des utilisateurs multiples, consultant simultanément, peuvent être envisagés. Grâce à une collaboration avec plusieurs maisons d'édition, la bibliothèque scientifique virtuelle iraquienne, qui fait l'objet de l'encadré 2, offre à la communauté scientifique iraquienne un accès à de nombreuses revues scientifiques.

27. Souvent, faute de connexion à Internet, les utilisateurs ne peuvent exploiter les applications en ligne destinées aux bibliothèques scientifiques virtuelles. Le problème de la connectivité peut notamment être réglé grâce à des réseaux nationaux financés au moyen de fonds publics, qui mettent en relation les réseaux locaux et les institutions de recherche et d'enseignement supérieur du pays. Des réseaux nationaux de la recherche et de l'enseignement ont été établis un peu partout dans le monde à ces fins (voir encadré 3) (Dyer, 2009).

Encadré 3

Exemples de réseaux nationaux de la recherche et de l'enseignement

Réseau pakistanais de la recherche et de l'enseignement

Établi en 2002, le réseau pakistanais de la recherche et de l'enseignement (PERN) est relié à 60 universités publiques par l'intermédiaire d'un réseau à fibre optique large bande. Une bibliothèque numérique propose à toutes les universités un accès gratuit à plus de 23 000 revues spécialisées et à 45 000 ouvrages de l'enseignement supérieur. Le réseau PERN a intégré des scientifiques et des chercheurs pakistanais et encourage les réseaux nationaux d'échange de savoirs grâce à un débit de 155 Mb/s. Le réseau PERN2, dont la largeur de bande est de 10 Gb/s, a été lancé en 2008. Il relie le réseau PERN à des réseaux étrangers de recherche et d'enseignement, comme celui du Népal.

Réseau népalais de la recherche et de l'enseignement

Partenariat public-privé établi en 2007, le réseau népalais de la recherche et de l'enseignement (NREN) vise à enrayer la fuite des cerveaux et à étoffer l'infrastructure de recherche. Il s'appuie sur les technologies de l'information et de la communication pour mettre en place un réseau national de recherche et d'enseignement avancés qui permettra également aux chercheurs d'avoir accès aux informations et aux données du monde entier. En 2008, le NREN a obtenu une bourse du *Information Society Innovation Fund* en Asie pour un projet visant à développer son réseau de base à haut débit. Ce réseau met au point des cours de l'enseignement supérieur en ligne destinés aux villages et aux régions reculées et dispensés dans les langues locales, ainsi qu'un portail Intranet et un service de télémédecine au bénéfice des dispensaires villageois. Le NREN collabore avec ses homologues d'Asie du Sud et d'ailleurs. Ses activités sont appuyées notamment par le centre de ressources pour la création de réseaux (Network Start-up Resource Center) de l'Université de l'Oregon (États-Unis) et par l'Université Keio (Japon).

Source: UNESCO, 2010.

C. Une «liberté d'accès» connectée

28. Les projets de libre accès et l'établissement de bibliothèques scientifiques virtuelles s'inscrivent dans un mouvement plus large visant à améliorer la liberté d'accès. Deux autres éléments font l'objet de nombreux débats à l'échelle internationale: les normes

ouvertes et les sources ouvertes⁹. En particulier, il existe de nombreux parallèles entre le mouvement, plus récent, du libre accès et l'apparition du mouvement de la source ouverte (Moody, 2006). En conséquence, les stratégies de promotion du libre accès peuvent s'appuyer sur des mécanismes semblables à ceux utilisés pour la source ouverte et les normes ouvertes (Kelly *et al.*, 2007: 172).

29. D'aucuns ont fait valoir qu'une plus grande liberté d'accès pouvait se traduire par une baisse des coûts, une amélioration de l'accessibilité et de meilleures perspectives de conservation à long terme des travaux de recherche (Corrado, 2005). Mais il reste plusieurs problèmes à régler. Premièrement, le libre accès peut être interprété de différentes façons: accès gratuit, liberté de modifier, etc. (Cerri and Fuggetta, 2007). Deuxièmement, dans ce domaine, la protection des droits de propriété intellectuelle suscite quelques inquiétudes. Troisièmement, il faut associer à une plus grande liberté d'accès des problèmes de sécurité, d'authenticité et de fiabilité. Quatrièmement, des questions se posent quant à la conservation des connaissances. En effet, le ou les intervenants chargés de l'archivage des revues numériques, la durée de la conservation des articles ou les normes compatibles avec les mises à niveau de systèmes ne sont pas déterminés avec précision.

30. La mesure dans laquelle l'accès au code source rend les logiciels plus vulnérables aux pirates informatiques continue de faire débat (Viega, 2004; Wheeler, 2011). Des ressources comme Wikipedia ont certes ouvert l'accès à des informations actualisées en plusieurs langues, mais le contenu de ces ressources, créé par les utilisateurs, n'est pas soumis à un examen officiel par les pairs et sa fiabilité est mise en question.

31. Des problèmes de conflit et de compromis entravent le processus d'ouverture. Les politiques visant une plus grande liberté d'accès doivent trouver l'équilibre entre des intérêts commerciaux, des droits de propriété intellectuelle et des objectifs sociaux, comme une plus grande diffusion des connaissances. À cet égard, il importe de se concerter à l'échelle internationale.

III. Systèmes d'information géographique et analyse géospatiale au service de l'éducation

32. Les systèmes d'information géographique (SIG) sont des systèmes d'information grâce auxquels les utilisateurs peuvent rechercher, stocker, éditer et analyser des informations géographiques. L'analyse géospatiale, quant à elle, est l'application de l'analyse statistique et d'autres techniques d'analyse aux données géographiques, y compris les données issues des SIG. Ce processus transforme des données géographiques brutes en informations pouvant être exploitées.

33. Nés dans les années 1960 du croisement de l'informatique et des nouveaux domaines qu'étaient alors la cartographie informatique et les statistiques et l'analyse spatiales, les systèmes d'information géographique étaient à l'origine axés sur l'élaboration d'algorithmes et de cartes. À mesure que la puissance de calcul des ordinateurs a augmenté, les systèmes d'information géographique sont devenus d'utilisation courante et ont commencé à avoir des répercussions dans plusieurs disciplines. Il est donc devenu évident que les systèmes d'information géographique allaient avoir un impact à long terme considérable sur la société et les processus décisionnels. Dans les années 1980 et au début des années 1990, les gouvernements, les entreprises et d'autres entités ont intégré ces

⁹ D'une manière générale, les normes ouvertes permettent à des produits mis au point par différentes entreprises d'être compatibles (interopérabilité) et interchangeables. Les logiciels ouverts autorisent les utilisateurs à avoir librement accès au code source du logiciel. Ces derniers peuvent ainsi l'étudier, le modifier et le rediffuser sans restrictions (Cerri and Fuggetta, 2007: 1-2).

systèmes dans leurs activités afin de faire face à toute une gamme de problèmes complexes liés à la nature, à la société et aux infrastructures (Nyerges *et al.*, 2011: 4).

A. Les systèmes d'information géographique et l'analyse géospatiale

34. Les systèmes d'information géographique permettent de suivre l'évolution non seulement d'événements, d'activités, d'objets ou de phénomènes, mais également de rendre compte de l'endroit où ils ont lieu et de la façon dont ils se déroulent, c'est-à-dire rendre compte d'informations de nature géographique (Longley *et al.*, 2005: 4). Les bases de données SIG sont créées à partir de données recueillies sur place et grâce à la télédétection. Parmi les premières figurent des données topographiques obtenues au moyen de techniques de levé direct et d'observations relatives à des attributs mis en évidence au moyen de photographies ou de notes écrites. Ces données sont associées aux coordonnées géographiques obtenues grâce au système de positionnement GPS.

35. La télédétection est la technique consistant à obtenir des informations concernant des objets se trouvant sur la surface de la terre sans entrer en contact physique avec eux. Les données de télédétection sont obtenues grâce à des capteurs (caméras, dispositifs à balayage, radiomètres, radars, etc.) installés à bord d'aéronefs et de satellites. Ces capteurs, qui se trouvent à une altitude élevée par rapport au niveau de la mer, stockent des données sous forme d'images sur des pellicules photographiques et des bandes vidéo ou sous forme numérique.

Analyse et cartographie géospatiales fondées sur les SIG

36. Outre le stockage d'informations géographiques complexes, les systèmes d'information géographique et leurs logiciels associés sont particulièrement utiles en raison des analyses et des techniques de modélisation qu'ils rendent possibles. Les SIG permettent d'organiser et d'analyser les données géographiques de différentes façons afin de structurer et de résoudre les problèmes, soit des fonctions toujours plus importantes dans le monde complexe et interdépendant qui est le nôtre.

37. L'analyse géospatiale consiste à appliquer des transformations, des manipulations et des méthodes à des données géographiques de base, afin de faire apparaître des tendances et des anomalies qui ne sont pas évidentes de prime abord. En substance, l'analyse géospatiale est le processus par lequel des données géographiques brutes sont transformées en informations pouvant être exploitées: par l'intermédiaire des transformations géospatiales, l'analyste cherche à révéler des faits qui n'auraient pas été relevés autrement (Longley *et al.*, 2005: 316; De Smith *et al.*, 2010: 23; Heywood *et al.*, 2006: 18).

38. En général, les données obtenues grâce aux systèmes d'information géographique et les résultats des analyses géospatiales sont représentés sous forme d'une carte multicouche détaillée. En superposant différentes couches de données spatiales, il est possible de regrouper des informations relatives à un point donné (Rubenstein and Roy, 2011). Ces informations relatives à un point donné peuvent être visualisées sur une carte.

39. L'élément humain est indissociable des systèmes d'information géographique et de l'analyse géospatiale. La collecte et l'analyse des données géographiques impliquent de prendre des décisions quant aux informations devant être recueillies et à la façon de définir les problèmes, et les implications de ces choix devraient être prises en considération lors de l'exploitation des résultats de l'analyse géospatiale, en particulier au stade de la prise de décisions (Longley *et al.*, 2006: 65-70, 316-318).

40. Les systèmes d'information géographique et l'analyse géospatiale ont des utilisations diverses et variées dans de nombreux domaines. Selon les estimations, chaque année, 50 à 60 milliards de dollars des États-Unis sont consacrés à la collecte, à l'analyse et

au stockage de données géospatiales (Gibson, 2011). Certaines applications pratiques des systèmes d'information géographique sont recensées au tableau 1.

Tableau 1

Applications pratiques des systèmes d'information géographique

<i>Applications SIG</i>	<i>Exemples</i>
Gestion des risques de catastrophe	Calcul des délais d'intervention d'urgence et mouvement des intervenants (logistique) en cas de catastrophe naturelle
Indicateurs	Études démographiques; cartographie de la pauvreté
Gestion des ressources	Cartographie des ressources naturelles, notamment afin de déterminer les zones humides pour lesquelles des stratégies de protection s'avèrent nécessaires en ce qui concerne la pollution; évaluation des incidences sur l'environnement
Planification des activités commerciales	Décisions relatives à l'implantation d'une nouvelle entreprise fondées sur les habitudes des consommateurs ou localisation d'un marché mal desservi; gestion des actifs et planification des localisations; marketing
Aménagement urbain	Planification des systèmes de transport; évaluation et développement des infrastructures
Surveillance épidémiologique	Surveillance épidémiologique en vue de la planification de la lutte contre les pandémies et d'une amélioration de la préparation
Applications militaires	Sécurité, renseignement et lutte contre le terrorisme; criminologie; planification militaire

Source: Longley *et al.* (2005: 41-42); ESRI (2011a).

B. Amélioration de l'éducation grâce aux SIG

41. En tant qu'ensemble de technologies de l'information et de la communication et d'outils et techniques d'enseignement des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques, les systèmes d'information géographique et l'analyse géospatiale peuvent améliorer l'éducation, en particulier s'ils sont appliqués dès les premiers stades de l'enseignement, lorsque les jeunes sont capables de développer des aptitudes spatiales et analytiques et de se rendre compte de la pertinence des systèmes d'information géographique pour faire face aux problèmes de développement local. Les corrélations entre l'éducation et les SIG peuvent être envisagées sous deux angles: l'acquisition de connaissances sur les SIG et l'apprentissage au moyen des SIG. L'acquisition de connaissances sur les SIG est liée à la nécessité de disposer de programmes éducatifs grâce auxquels des personnes sont formées en vue de devenir des spécialistes des SIG. L'importance croissante des systèmes d'information géographique en tant qu'outils pouvant être utilisés dans tous les secteurs de l'économie témoigne de la nécessité de mettre en place une main-d'œuvre capable d'utiliser des SIG.

42. L'apprentissage au moyen des SIG revient à utiliser ces systèmes en tant qu'outil didactique permettant de disposer d'autres moyens de développer d'importantes capacités spatiales. En exprimant les corrélations au sein des structures spatiales (cartes, croquis effectués grâce à la conception assistée par ordinateur, etc.), il est possible de caractériser les propriétés des objets et leurs relations, de les mémoriser et de les analyser.

43. Les SIG et l'analyse géospatiale peuvent également aider les apprenants à acquérir des compétences essentielles dans le domaine de l'analyse et du traitement des données, comme l'exportation de données sous différents formats vers des tableurs, et à présenter des données à leurs camarades de classe. Ces aptitudes sont particulièrement importantes dans les domaines des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques, et les carrières associées (NRC, 2005: 3-5; Kerski, 2008; Clements, 2004: 267).

44. Dans l'ensemble, on dénombre deux grandes aptitudes spatiales: l'orientation spatiale et la visualisation spatiale. Par orientation spatiale, on entend le fait de savoir où l'on se trouve et comment se déplacer dans l'espace qui nous entoure. Cette aptitude, importante dès le plus jeune âge, est nécessaire pour faire face à la vie de tous les jours. Les questions généralement liées à l'orientation spatiale sont axées sur le lieu (où se trouve l'hôpital le plus proche?), les modèles (comment une maladie se propage?), les tendances (où l'érosion des sols augmente-t-elle?), les conditions (où puis-je trouver une pompe à eau dans un rayon d'un kilomètre autour de ma maison?) et les implications (si l'on construit cette route, quelles seront les répercussions sur la circulation en ville?).

Encadré 4

Apprendre à réfléchir en termes de référence spatiale: le SIG à l'appui du programme pédagogique américain K-12 relatif à l'éducation primaire et secondaire

L'une des études les plus approfondies sur le bien-fondé de l'intégration des systèmes d'information géographique dans l'enseignement a été effectuée par le Conseil national de recherche des États-Unis (USNRC). Elle a permis de déterminer que les nouvelles technologies de l'information et de la communication, telles que les SIG et l'analyse géospatiale, étaient susceptibles de perfectionner l'enseignement dans la quasi-totalité des matières et que le raisonnement spatial était important dans les domaines suivants: art, conception, psychologie, biologie, chimie, physique, mathématiques, sciences sociales et informatique. En outre, le raisonnement spatial dispose d'un énorme potentiel en ce qui concerne la compréhension et l'appréciation à sa juste valeur de l'interdisciplinarité. Toutefois, cette étude a souligné qu'il était nécessaire de comprendre pourquoi et dans quel contexte ces technologies devraient être mises en œuvre si l'on veut les utiliser de manière rationnelle.

Les recommandations suivantes sont notamment formulées dans le rapport de l'étude (*Learning to Think Spatially: GIS as a Support System in the K-12 Curriculum*):

- Intégration coordonnée des SIG dans l'enseignement, en rapprochant les concepteurs de SIG, les psychologues et les formateurs;
- Mise en place, à la base, d'un groupe chargé de coordonner la mise au point des logiciels SIG en se fondant sur les observations des utilisateurs;
- Mise au point de programmes de formation et de directives relatives aux programmes; les formateurs spécialistes des SIG et les représentants des établissements d'enseignement devraient participer à ce processus; et
- Mise en œuvre de travaux de recherche supplémentaires afin de déterminer dans quelle mesure les SIG permettent d'améliorer les résultats scolaires.

Source: United States National Research Council (2005).

45. De son côté, la visualisation spatiale est utile pour comprendre des questions complexes, comme de nombreux problèmes dans les domaines des sciences, des mathématiques et de l'ingénierie, ainsi que les techniques et outils associés. Le fait de visualiser un problème peut aider à mieux le comprendre. Par exemple, les travaux de recherche sur la double hélice de l'ADN ont bénéficié du précieux soutien de la visualisation spatiale, qui continue de jouer un rôle de premier plan en biochimie puisqu'elle permet de visualiser la configuration spatiale tridimensionnelle des enzymes afin d'étudier leurs interactions et qu'elle ouvre donc la porte aux découvertes en biochimie et dans le domaine de la mise au point de médicaments (Clements, 2004: 267; Heywood, *et al.*, 2006: 3; NRC, 2005: 1-5).

46. Mais l'importance du raisonnement spatial ne signifie pas pour autant que celui-ci bénéficie automatiquement et universellement d'un degré élevé de développement. L'une des meilleures façons de stimuler le raisonnement spatial et l'analyse spatiale reste l'apprentissage au moyen des SIG. En effet, ce type d'apprentissage consiste à étudier les caractéristiques spatiales d'événements, d'activités, d'objets ou de phénomènes qui ne sont pas évidents à première vue (voir encadré 4 et Liben, 2006: 238; Kerski, 2008).

47. L'acquisition de connaissances sur les SIG et l'apprentissage au moyen des SIG peuvent se dérouler dans des environnements formels ou informels et peuvent être destinés aussi bien aux élèves qu'aux étudiants, aux décideurs, etc. La mise au point de programmes de formation axés sur l'acquisition de connaissances sur les SIG se développe, et dans les universités ce type d'apprentissage prend de l'ampleur, sous forme soit de module soit de cours à part entière.

48. Un nombre de plus en plus élevé de pays ont amorcé la mise au point de programmes qui tirent parti des capacités des SIG à améliorer l'enseignement, notamment dans les domaines des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques, et en particulier concernant l'enseignement secondaire. L'enseignement de la géographie au niveau universitaire en Afrique du Sud est un exemple d'apprentissage au moyen des SIG. L'utilisation de données locales et le fait de permettre aux étudiants d'analyser des problèmes locaux ont notamment permis d'exploiter toute la puissance des SIG pour renforcer l'apprentissage (Innes, 2011).

49. En Turquie, afin d'aider les enseignants à intégrer les SIG dans les salles de classe, un livre intitulé *Les SIG à l'intention des enseignants* a été publié en 2008. Ce livre est distribué avec un DVD et une licence d'un an pour un logiciel SIG (ArcView 9.2), ainsi que des données, des documents didactiques et des examens en format PDF. En outre, des informations sur ce livre et sur ses points de vente ont été affichées sur une page Web créée à cet effet et diffusées également par l'intermédiaire d'une brochure spéciale. Les réactions des universitaires, des enseignants et des fonctionnaires de différents services du secteur public ont été positives et en l'espace d'un an, 700 livres ont été achetés (Demirci and Karaburun, 2009). L'encadré 5 donne un aperçu des initiatives mises en œuvre en Europe en vue d'intégrer les SIG dans l'enseignement.

Encadré 5

Les SIG et l'éducation en Europe

En 2009, dans le cadre du projet i-Guess, une étude a été effectuée dans plusieurs pays européens en vue d'évaluer dans quelle mesure les SIG étaient utilisés dans les écoles et quelles étaient leurs répercussions. L'étude portait sur l'Autriche, la Belgique, la Bulgarie, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie et le Royaume-Uni.

Cette étude a permis de montrer que les SIG étaient utilisés dans une vaste gamme de matières, dans le domaine aussi bien des sciences économiques et sociales que des sciences naturelles et environnementales. Parmi les thèmes dans lesquels les SIG sont utilisés figurent la criminologie, l'aménagement du territoire, l'analyse de la vente au détail et la modélisation environnementale. D'un point de vue qualitatif, l'étude a montré que les SIG étaient particulièrement utiles pour aider les étudiants à étudier de manière approfondie le monde dans lequel ils évoluent, à exploiter des données spatiales et à les présenter.

L'étude indique que les styles d'enseignement varient selon les pays et que cet élément devrait être pris en considération dans tout programme axé sur les SIG. En outre, les pays ont des besoins différents, ce qui doit également être pris en considération lors de la promotion du système. L'étude recense un certain nombre de problèmes que doivent résoudre les décideurs, notamment la promotion du développement professionnel des enseignants dans le domaine des SIG et la définition de normes relatives à l'utilisation et à l'application des SIG.

Source: i-Guess/CE (2009).

Obstacles à l'utilisation des SIG dans l'enseignement

50. L'intégration des SIG dans l'enseignement demeure un défi, même si les initiatives à cet égard sont de plus en plus nombreuses. Premièrement, pour ce qui est de l'enseignement et de l'utilisation des SIG en tant qu'outil de développement et outil didactique, les capacités humaines sont limitées. La pénurie de personnes correctement formées et dotées des compétences nécessaires est un obstacle considérable (Stuart *et al.*, 2009). S'agissant de l'acquisition de connaissances sur les SIG, la plupart des activités de renforcement des capacités se concentrent souvent sur la production de données et non sur l'utilisation des SIG et leur application, voire l'enseignement. Quant à l'apprentissage au moyen des SIG, il semble difficile à institutionnaliser: les enseignants eux-mêmes doivent connaître cette technique d'enseignement, mais également d'autres méthodes faisant appel aux SIG, et ils doivent être disposés à les appliquer. Deuxièmement, pour ce qui est des coûts, les obstacles recensés sont notamment les coûts initiaux du matériel informatique, des logiciels et des services (comme l'adaptation), et les coûts permanents liés à la formation, à la gestion et aux données. Certains coûts ont diminué lorsque que des logiciels SIG libres ont fait leur apparition et que des applications SIG ont été conçues pour les téléphones portables munis d'un système GPS. Toutefois, les grandes quantités de données complexes nécessaires pour mettre en place des couches SIG détaillées sont particulièrement onéreuses, notamment lorsque des données haute résolution sont requises. Les frais liés à la gestion de données actualisées sont des coûts permanents qui représentent souvent 70 % des coûts totaux liés aux SIG. Troisièmement, l'absence de soutien de la part des décideurs est souvent liée au fait que ceux-ci ne connaissent pas bien l'utilité potentielle des SIG. Au niveau des établissements, il est souvent difficile pour les spécialistes des SIG de convaincre des administrateurs de l'utilité de ces systèmes en tant qu'outil permettant une réflexion critique et la résolution de problèmes internes. En outre, il est d'autant plus difficile de faire en sorte que les SIG se trouvent aux premiers rangs des priorités lorsque de nombreux organismes et ministères sont tenus de réduire leurs dépenses (Stuart *et al.*, 2009; ArcUser Online, 2011). Quatrièmement, un approvisionnement électrique irrégulier et de mauvaises infrastructures de communication pourraient être de sérieux obstacles aux applications SIG. Toutes les technologies complexes auxquelles il est fait appel pour l'utilisation des SIG reposent sur l'énergie électrique. Internet et les systèmes de

télécommunication mobile font partie intégrante des SIG, comme le GPS et la télédétection. Il faut régler le problème fondamental des connexions et de leur coût (Farah, 2011).

C. Intégration des SIG et du raisonnement spatial dans l'enseignement: les politiques générales visant à lever ces obstacles doivent porter sur l'ensemble des caractéristiques d'utilisation des SIG

1. Renforcement des capacités à tous les niveaux afin que les SIG fassent partie intégrante de l'enseignement

51. Les mesures visant à améliorer le raisonnement spatial dans les systèmes éducatifs grâce à l'utilisation des SIG doivent être appuyées par des politiques bien définies en matière d'éducation. Les politiques éducatives liées aux SIG doivent être centrées sur la formation des enseignants à l'acquisition de connaissances sur les SIG et à l'enseignement au moyen des SIG, et doivent viser à augmenter le nombre d'étudiants étudiant les SIG et à faire en sorte qu'ils se familiarisent avec ces systèmes en tant qu'outil didactique. Afin que les systèmes d'information géographique soient connus de tous et qu'ils bénéficient d'un soutien, des activités sur les SIG peuvent être organisées au niveau des communautés. De la sorte, il est possible d'obtenir des données locales significatives et de mieux faire connaître les SIG et leur application (Nyerges *et al.*, 2011: 4).

52. Il faut que les SIG soient valorisés par les décideurs, notamment parce qu'ils sont susceptibles d'étayer des processus décisionnels fondés sur des preuves. La formation des décideurs peut aider à mieux faire connaître les SIG, en montrant les répercussions positives qu'ils peuvent avoir dans le domaine de l'éducation, aussi bien en tant qu'outil didactique que domaine d'étude.

2. Évaluation des répercussions des SIG dans le domaine de l'éducation

53. Il convient de mieux comprendre les répercussions des SIG dans le domaine de l'éducation. À l'instar des technologies de l'information et de la communication, faute d'un nombre suffisant de résultats de travaux de recherche, des points d'interrogation subsistent concernant l'utilisation la plus rationnelle des SIG (où et comment?) et leur mise en œuvre (type et coûts). Les gouvernements souhaiteraient peut-être commander des études approfondies pour trouver des réponses à ces questions.

3. Coordination des données SIG

54. Les données géospatiales sont complexes, volumineuses et souvent particulièrement coûteuses. La duplication des processus de création et de gestion de ces données représente une perte de ressources considérable, qui peut être évitée s'il existe une bonne coordination entre les utilisateurs des données issues des SIG au sein des différents services ministériels. Pour que les données issues des SIG soient mises à disposition du public aux coûts les plus bas, il est notamment possible de créer un organe public chargé d'acquérir des données géographiques, de les stocker et de les diffuser, y compris les données issues de la télédétection. Des référentiels centraux de données géospatiales peuvent être établis et gérés par des organismes désignés. Aux États-Unis, l'État de Pennsylvanie a décidé d'adopter cette méthode en recensant un certain nombre de «gardiens de données» chargés de créer et de gérer des données, ainsi que de gérer un centre d'échange de données en ligne (Shanley, 2007: 17).

4. Mise en place de réseaux et collaboration

55. Il serait nettement plus facile de renforcer les capacités dans le domaine des SIG et de l'analyse géospatiale si l'on pouvait s'appuyer sur des réseaux et des partenariats élargis dans le domaine de l'éducation afin d'améliorer les mécanismes de formation et de garantir

la diffusion des meilleures pratiques. Les réseaux multilatéraux peuvent permettre aux participants de se mettre en relation avec de nombreuses institutions et de privilégier les interactions les plus utiles pour couvrir les besoins spécifiques de leur pays (Kifuonyi, 2009). L'Initiative des Nations Unies sur la gestion de l'information géospatiale à l'échelle mondiale, mise en place récemment, est un exemple de ce type de réseau. Même s'il n'en est qu'à ses premiers balbutiements, ce réseau sert de cadre d'échanges pour l'amélioration de la coordination entre les États Membres et les organisations internationales dans le domaine de la gestion des informations géospatiales mondiales. Les parties prenantes peuvent y débattre les évolutions des techniques géospatiales et étudier des façons de mettre en œuvre des activités de collaboration avec le secteur privé afin de répondre à des questions interdisciplinaires relatives au développement (GGIM, 2011).

56. Les systèmes d'information géographique, l'analyse géospatiale, le libre accès et les bibliothèques scientifiques virtuelles sont autant de nouvelles technologies de l'information et de la communication susceptibles de renforcer l'enseignement des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques. Pour intégrer ces outils dans l'enseignement et tirer parti d'une collaboration efficace, il faut des capacités humaines, des cadres et des politiques en matière d'éducation, une infrastructure technique et une infrastructure de base, ainsi que des partenariats (Nord-Sud et Sud-Sud).

IV. Conclusions et propositions

57. Les résultats susmentionnés sont résumés dans la présente section, dans laquelle des questions essentielles sont également formulées à l'intention de la Commission de la science et de la technique au service du développement, afin que celle-ci les examine.

A. Résultats

a) Le libre accès et les bibliothèques scientifiques virtuelles sont deux mécanismes complémentaires visant à augmenter les flux de connaissances et à en élargir la portée. Ils aident à lever des obstacles liés à l'obtention de données et de résultats de travaux de recherche;

b) Les systèmes d'information géographique et l'analyse géospatiale sont utilisés dans de nombreux secteurs de la société. Les applications qui y sont associées sont des outils indispensables pour faire face aux difficultés que pose le développement. Les SIG peuvent également être utilisés dans le domaine de l'éducation pour aider à développer les capacités spatiales requises non seulement en géographie, mais aussi dans diverses autres matières;

c) L'apprentissage au moyen des SIG n'est pas généralisé et les capacités des SIG à transformer l'enseignement demeurent inexploitées;

d) L'introduction effective des technologies de l'information et de la communication dans les processus d'apprentissage ne se fonde pas seulement sur les technologies, mais également sur les capacités humaines, les caractéristiques du cadre éducatif, l'infrastructure et les politiques nationales.

B. Propositions

a) En partenariat avec d'autres parties prenantes, les gouvernements devraient s'efforcer de surmonter les contraintes liées aux infrastructures de base (technologies de l'information et de la communication, électricité et autres besoins fondamentaux) qui entravent l'accès à ces technologies et en limitent l'utilisation;

b) Les décideurs devraient collaborer afin de faire face à la «fracture du contenu», en étudiant comment renforcer la publication des contenus dans plusieurs langues et leur accessibilité.

1. Libre accès

a) Les décideurs pourraient encourager les fondations et organismes nationaux de recherche à inclure dans leurs critères d'octroi de fonds le libre accès, grâce auquel les travaux de recherche financés par des fonds publics sont accessibles gratuitement;

b) Les décideurs devraient assurer que les données et les travaux de recherche publics, y compris les données brutes provenant d'expériences, d'études ou de travaux de recherche financés par des fonds publics, sont disponibles gratuitement et sous un format librement accessible;

c) Les gouvernements et la communauté internationale devraient encourager la collaboration internationale en numérisant les travaux de recherche financés par des fonds publics, en les mettant à disposition en ligne gratuitement et en veillant à ce qu'ils soient d'accès facile.

2. Librairies scientifiques virtuelles

a) En partenariat avec d'autres parties prenantes, les gouvernements devraient veiller à la viabilité logistique et financière des librairies scientifiques virtuelles;

b) Les gouvernements devraient encourager la mise en place de réseaux nationaux de la recherche et de l'enseignement (NREN), appuyés par des défenseurs locaux et bénéficiant d'une grande visibilité, en assurant la séparation entre la propriété du réseau et la fourniture de services et en veillant à ce que les réseaux soient financièrement viables dès les premières phases.

3. Systèmes d'information géographiques

a) Le raisonnement spatial devrait être renforcé dans les écoles au moyen des systèmes d'information géographique, grâce à l'adoption de politiques rigoureuses en matière d'éducation, notamment en intégrant dans les programmes éducatifs nationaux les SIG ou des notions fondamentales de géographie induisant un raisonnement spatial et en appuyant la formation des enseignants de façon qu'elle intègre le raisonnement spatial et les SIG;

b) Il convient de créer des administrations publiques consacrées à l'obtention de données géographiques, y compris des données issues de la télédétection, à leur stockage et à leur diffusion, afin de mettre les SIG à la disposition du public aux prix les plus bas;

c) Les SIG doivent être défendus par les décideurs, notamment parce qu'ils sont susceptibles d'étayer le processus décisionnel fondé sur les preuves. La collaboration internationale entre les instituts d'enseignement peut faciliter la formation des décideurs dans le domaine des SIG et contribuer ainsi à mieux faire connaître ces systèmes et à créer des capacités dans ce domaine;

d) Les décideurs peuvent encourager le secteur privé à participer au processus visant à augmenter la liberté d'accès des technologies aux données géospatiales. Ainsi, les organismes du secteur public (administrations publiques, bibliothèques, etc.) peuvent collaborer avec le secteur privé à l'indexation des informations géospatiales et faire en sorte qu'il soit plus facile de faire des recherches sur ces informations et que celles-ci soient disponibles en ligne.

Bibliographie

- Anderson J (2010). ICT Transforming Education: A Regional Guide. Bangkok, UNESCO.
- ArcUser Online (2011). "GIS Education Today: An interview with Michael Gould." Available at <http://www.esri.com/news/arcuser/0311/files/gisedtoday.pdf> [Accessed 8 March 2012].
- Asian Development Bank (ADB) (2010). Information and communication technology for development: ADB experiences. Mandaluyong City, Philippines, Asian Development Bank.
- Bibliotheca Alexandrina (2011). "Initiatives in Education, Science and Culture: Virtual Science Libraries". Available at <http://www.bibalex.org/NB2010/Home/StaticPage.aspx?page=73> [Accessed 8 March 2012].
- Cerri D and Fuggetta A (2007). Open Standards, Open Formats, and Open Source (Final Draft). Milan, CEFRIEL – Politecnico di Milano.
- Chan L, Kirsop B and Arunachalam S (2011). "Open access archiving: the fast track to building research capacity in developing countries". Available at <http://www.scidev.net/en/features/open-access-archiving-the-fast-track-to-building-r.html> [Accessed 8 March 2012].
- Clements DH (2004). "Geometric and Spatial Thinking in Early Childhood Education." Chapter 10 in D. H. Clements, J. Sarama, A. DiBiase, X Edition. Engaging young children in mathematics: standards for early childhood. Mahwah, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Corrado E (2005). "The Importance of Open Access, Open Source, and Open Standards for Libraries". Available at <http://www.istl.org/05-spring/article2.html> [Accessed 8 March 2012].
- CRDF Global (2011). "Fact Sheets: Iraq Virtual Science Library (IVSL)". Available at [http://www.crdfglobal.org/news-and-events/press-room/fact-sheets/2011/06/30/iraq-virtual-science-library-\(ivsl\)](http://www.crdfglobal.org/news-and-events/press-room/fact-sheets/2011/06/30/iraq-virtual-science-library-(ivsl)) [Accessed 8 March 2012].
- Das AK, Sen BK and Josiah J (2008). Open Access to Knowledge and Information: Scholarly Literature and Digital Library Initiatives – The South Asian Scenario. New Dehli, UNESCO.
- De Smith MJ, Goodchild MF, and Longley PA (2010). "Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools". Third Edition. Available at <http://www.spatialanalysisonline.com> [Accessed 8 March 2012].
- demap (2011). "GIS Mapping". Available at http://www.demap.com.au/gis_mapping.php [Accessed 8 March 2012].
- Demirci A and Karaburun A (2009). How to Make GIS a Common Educational Tool in Schools: Potentials and Implications of the GIS for Teachers Book for Geography Education in Turkey. *Ozean Journal of Applied Sciences* 2(2). Available at http://ozelacademy.com/OJAS_v2n2_8.pdf [Accessed 8 March 2012].
- Dyer J (2009). The Case for National Research and Education Networks. Amsterdam, TERENA.
- ESRI (2011). "GIS for Education". Available at <http://www.esriuk.com/industries/education/rgs.asp> [Accessed 8 March 2012].

- European Commission (2006). “Virtual Science Library to open to Iraqi scientists”. Available at http://ec.europa.eu/research/headlines/news/article_06_05_26_en.html [Accessed 8 March 2012].
- FAO (2011). “AGORA: Access to Global Online Research in Agriculture”. Available at <http://www.aginternetwork.org/en/> [Accessed 8 March 2012].
- Farah H O (2011). “Introduction to Geospatial Technologies and Applications”. Presented at the Africa Geospatial Forum on Enabling Socio-Economic Development through Geospatial. 6-8 September 2011, Nairobi, Kenya. Available at <http://www.africageospatialforum.org/2011/proceeding/Hussein%20O.%20Farah.pdf> [Accessed 8 March 2012].
- GGIM (2011). “About GGIM”. Available at <http://ggim.un.org/> [Accessed 8 March 2012].
- Gibson C (2011). “Emerging Technologies and Applications in Infrastructure”. Presented at the Africa Geospatial Forum on Enabling Socio-Economic Development through Geospatial. 6-8 September 2011, Nairobi, Kenya. Available at <http://www.africageospatialforum.org/2011/proceeding/Chris%20Gibson-.pdf> [Accessed 8 March 2012].
- Greyson D, Morrison H and Waller A (2010). “Open Access in Canada: A Strong Beginning”. Available at http://eprints.rclis.org/bitstream/10760/13601/1/Feliciter_56.2_-_%239_Open_Access_Canada_published.pdf [Accessed 9 November 2011].
- Haddad WD and Draxler A (Eds) (2002). *Technologies for Education: Potentials, Parameters, and Prospects*. Paris/Washington, D.C., UNESCO/Academy for Educational Development.
- Hedlund T and Rabow I (2007). *Open Access in the Nordic Countries – State of the Art Report & Workshop Views and Recommendations*. Copenhagen, The Nordbib Programme.
- Heywood I, Cornelius S and Carver S (2006: 3). *Introduction to Geographical Information Systems*. 3rd Edition. Prentice Hall.
- Hitchcock S (2011). “The effect of open access and downloads (‘hits’) on citation impact: a bibliography of studies”. Available at <http://opcit.eprints.org/oacitation-biblio.html> [Accessed 8 March 2012].
- IICD (2007). *ICTs for Education: impact and lessons learned from IICD-supported activities*. The Hague, IICD.
- infoDev-World Bank (2008). *Knowledge map: impact of ICTs on learning and achievement*. Washington, D.C., World Bank.
- Innes LM (2011). “The South African school geography classroom: potential nursery for local tertiary GIS education”. Presentation at AfricaGEO Conference: Developing Geomatics for Africa. Cape Town, South Africa, 31 May–2 June 2011.
- Kelly B *et al.*, Wilson S, Metcalfe R (2007). “Openness in Higher Education: Open Source, Open Standards, Open Access”. Proceedings ELPUB2007 Conference on Electronic Publishing. Vienna, Austria. June.
- Kerski J (2003). “The Implementation and Effectiveness of Geographic Information Systems Technology and Methods in Secondary Education”. *Journal of Geography* 102: 128–137.
- Kerski J (2008). *Developing Spatial Thinking Skills in Education and Society*. Online at <http://www.esri.com/news/arcwatch/0108/spatial-thinking.html> [Accessed 8 March 2012].

- Kifuonyi, O. (2009). "Of road blocks and building blocks." Available at http://www.geospatialworld.net/index.php?option=com_content&view=article&id=19128&Itemid=280 [Accessed 8 March 2012].
- Laakso M, Welling P, Bukvova H, Nyman L, Björk B and Hedlund T (2011). "The Development of Open Access Journal Publishing from 1993 to 2009". *PLoS ONE* 6(6).
- Liben LS (2006). "Education for Spatial Thinking". in Renniger KA and Sigel IE (Eds). *Handbook of Child Psychology – Volume 4: Child Psychology in Practice*. Sixth Edition. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.
- Longley P, Goodchild M, Maguire DJ and Rhind DW (2005). *Geographic information systems and science*. 2nd Edition.
- Moody G (2006). "Parallel universes: open access and open source". Available at <http://lwn.net/Articles/172781/> [Accessed 8 March 2012].
- Moore G (2010). "Scholarly Communication". *University of Toronto Bulletin*, Tuesday 8 June 2010.
- National Research Council (NRC) (2005). *NRC's final report, entitled Learning to Think Spatially: GIS as a Support System in the K-12 Curriculum*. Washington, D.C., National Research Council.
- National Research Council (NRC) (2006). *Strategies for Preservation of and Open Access to Scientific Data in China*. Washington, D.C., National Research Council.
- NBER (2011). "Who has free access to NBER Working Papers?" Available at <http://www.nber.org/help/wp/free.html> [Accessed 8 March 2012].
- Nyerges TL, McMaster R and Couclelis H (2011). "Geographic Information Systems and Society: A Twenty-Year Research Perspective" in Nyerges TL, Couclelis H and McMaster R (Eds). *The SAGE Handbook of GIS and Society*. London, SAGE Publications Ltd.
- Pan-American Health Organisation (2011). "Developing the Virtual Health Library". Available at <http://www.guy.paho.org/vhl.html> [Accessed 8 March 2012].
- RCAAP (2009). "Open Access Policies Kit". Available at <http://projecto.rcaap.pt/index.php/lang-pt/consultar-recursos-de-apoio/remository?func=startdown&id=336> [Accessed 8 March 2012].
- Riccio HM (2001). "The Virtual Library - Past, Present & Future". Available at <http://www.llrx.com/features/virtuallibrary.htm> [Accessed 8 March 2012].
- Rubenstein JM and Roy DL (2011). "The Cultural Landscape: An Introduction to Human Geography – Basic concepts". Available at http://wps.prenhall.com/esm_rubenstein_humangeo_7/6/1647/421852.cw/index.html [Accessed 8 March 2012].
- Shanley L (2007). *GIT Governance: State Models and Best Practices – Pennsylvania*. Madison, Wisconsin Department of Administration.
- Stuart N, Moss D, Hodgart B and Padikonyana P (2009). "Making GIS work in developing countries: views from practitioners in African". *RICS Research Report*. Edinburgh, Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS)/University of Edinburgh.
- Thomson Reuters (2006). "Iraqi Virtual Science Library will help rebuild Iraq for the 21st century". Available at <http://science.thomsonreuters.com/news/2006-07/8329413/> [Accessed 8 March 2012].
- Tinio VL (2002). "ICT in Education". *E-Primers on the application of Information and Communication Technologies (ICTs) to development*. New York, UNDP.

United Kingdom Science and Learning Expert Group (2010). "Science and Mathematics Secondary Education for the 21st Century". Report of the Science and Learning Expert Group. London.

UNCTAD (2011). Measuring the Impacts of Information and Communication Technology for Development. UNCTAD Current Studies on Science, Technology and Innovation No. 3. United Nations publication. UNCTAD/DTL/STICT/2011/1. New York and Geneva.

UNESCO (2011). "Open Access to Scientific Information". Available at <http://www.unesco.org/new/en/communication-and-information/access-to-knowledge/open-access-to-scientific-information/> [Accessed 8 March 2012].

UNESCO (2010). UNESCO Science Report 2010: The Current Status of Science Around the World. Paris, UNESCO.

University of Maryland (2011). "Scientist Leads Creation of Virtual Science Library for Iraq". Available at <http://www.newswise.com/articles/scientist-leads-creation-of-virtual-science-library-for-iraq> [Accessed 8 March 2012].

Viega J (2004). "Open Source Security: Still a Myth". Available at http://onlamp.com/pub/a/security/2004/09/16/open_source_security_myths.html [Accessed 8 March 2012].

Wheeler D (2011). "Is Open Source Good for Security?" Available at <http://www.dwheeler.com/secure-programs/Secure-Programs-HOWTO/open-source-security.html> [Accessed 8 March 2012].

WHO (2011). "HINARI: Research in Health." Available at <http://www.who.int/hinari/en/> [Accessed 8 March 2012].

WIPO (2011). "ARDI: Research for Innovation". Available at <http://www.wipo.int/ardi/en/> [Accessed 8 March 2012].

World Bank (2011). "Education and Development". Available at <http://go.worldbank.org/15CGSJ3R40> [Accessed 8 March 2012].

Zhong C (2009). "Development of institutional repositories in Chinese universities and the Open Access movement in China". Institute of Advanced Technology Working Paper. Beijing, Peking University.
