

**Assemblée générale**

Distr.: Générale  
31 mars 2006

Français  
Original: Anglais

---

**Comité des utilisations pacifiques  
de l'espace extra-atmosphérique**

**Réunion d'experts Organisation des Nations Unies/Agence  
spatiale européenne/Centre international de mise en valeur  
intégrée des montagnes sur les projets de télédétection au  
Kutch hindou et dans l'Himalaya**

**(Katmandou, 6-10 mars 2006)**

**Table des matières**

|                                   | <i>Paragraphes</i> | <i>Page</i> |
|-----------------------------------|--------------------|-------------|
| I. Introduction .....             | 1-9                | 2           |
| A. Généralités et objectifs ..... | 1-5                | 2           |
| B. Programme .....                | 6-8                | 3           |
| C. Participation .....            | 9                  | 3           |
| II. Résumé des exposés .....      | 10-67              | 3           |
| III. Recommandations .....        | 68-74              | 12          |



## **I. Introduction**

### **A. Généralités et objectifs**

1. Dans sa résolution intitulée “Le Millénaire de l’espace: la Déclaration de Vienne sur l’espace et le développement humain”<sup>1</sup>, la troisième Conférence des Nations Unies sur l’exploration et les utilisations pacifiques de l’espace extra-atmosphérique (UNISPACE III) a recommandé que les activités du Programme des Nations Unies pour les applications des techniques spatiales encouragent la coopération entre les États Membres, aux plans régional et international, en mettant l’accent sur le développement des connaissances et des compétences dans les pays en développement et dans les pays en transition.

2. À sa quarante-septième session, en 2004, le Comité des utilisations pacifiques de l’espace extra-atmosphérique a approuvé un programme d’ateliers, de cours de formation, de colloques et de conférences prévus pour 2005<sup>2</sup>. Par la suite, dans sa résolution 59/116 du 10 décembre 2004, l’Assemblée générale a approuvé le Programme des Nations Unies pour les applications des techniques spatiales pour 2005.

3. Conformément à la résolution 59/116 de l’Assemblée et à la recommandation formulée par UNISPACE III, le Bureau des affaires spatiales du Secrétariat a, dans le cadre du Programme des Nations Unies pour les applications des techniques spatiales, organisé à Katmandou, du 6 au 10 mars 2006, une réunion d’experts d’une durée de cinq jours sur les projets de télédétection dans l’Hindou Kouch et l’Himalaya. Cette réunion d’experts, qui comprenait un stage de formation (les 6 et 7 mars 2006) et un atelier (du 8 au 10 mars 2006), était coparrainée par l’Agence spatiale européenne (ESA) et le Centre international de mise en valeur intégrée des montagnes (ICIMOD), et organisée en coopération avec le Ministère de la population et de l’environnement du Gouvernement népalais.

4. La réunion d’experts avait pour objectif principal de mettre en œuvre un nouveau module du programme Eduspace de l’ESA, intitulé “L’Himalaya vu de l’espace”. Ce module comprenait des études de cas appropriées qui ont été examinées plus à fond et améliorées lors des échanges de vues intervenus pendant la réunion. Les participants ont par ailleurs revu leurs propositions de projets respectifs, en coopération avec les instructeurs, et ont continué d’améliorer la conception de leurs études de cas. La réunion a également examiné certains projets de télédétection par satellite relatifs à l’Hindou Kouch et à l’Himalaya.

5. La réunion d’experts s’inscrivait dans le prolongement de l’Atelier ONU/Autriche/Suisse/ESA/ICIMOD sur la télédétection au service du développement durable des régions montagneuses (A/AC.105/845), qui avait également été accueilli par le Centre international de mise en valeur intégrée des montagnes au nom du Gouvernement népalais et s’était tenu à Katmandou en novembre 2004. Elle était directement issue des activités du Groupe de travail sur l’éducation, la formation et le renforcement des capacités: i) Télédétection dans l’éducation et ii) Module ESA/Eduspace “L’Himalaya vu de l’espace”, constitué lors de l’atelier de 2004.

## B. Programme

6. Les 2 et 3 mars, des représentants de l'ESA et des membres du personnel de l'ICIMOD ont préparé tous les matériels nécessaires pour le stage de formation et l'atelier, et installé divers logiciels, notamment les logiciels BEAM (Basic European Remote Sensing Satellite, Envisat Advanced Along-Track Scanning Radiometer, Medium Resolution Imaging Spectrometer Toolbox), BEST (Basic Envisat Synthetic Aperture Radar Toolbox) et LEOWorks ainsi que diverses séries de données Envisat originales. Les ordinateurs personnels de l'ICIMOD étaient d'un bon niveau et étaient tous reliés à Internet. La vitesse d'accès à Internet était toutefois lente car la majeure partie de la largeur de bande était attribuée au Mountain Forum installé dans les locaux de l'ICIMOD.

7. Le stage de formation a rassemblé 30 participants, dont huit membres du personnel de l'ICIMOD. Les stagiaires ont été initiés à l'imagerie radar, notamment aux principes de base des radars à synthèse d'ouverture et aux caractéristiques de l'imagerie hyperfréquence, à la géométrie de l'image, à l'analyse d'images multitudes et à l'utilisation de séries combinées de données optiques et hyperfréquences. Lors de la formation pratique, divers types de logiciels ont été utilisés pour visualiser, traiter et analyser des données satellite. En outre, le catalogue en ligne Envisat a fait l'objet d'une démonstration et a été utilisé.

8. Tous les responsables de recherche pour les études de cas et leurs collaborateurs ont participé à la réunion d'experts qui s'est tenue du 6 au 10 mars. Les séances de travail intensives consacrées à l'accès aux données et à leur traitement, ainsi que la formation pédagogique ont réuni tous les participants. Les communications finales qui en ont résulté dans chaque groupe ont montré que toutes les questions en suspens avaient été traitées. Les stagiaires sont convenus d'achever les études de cas en septembre 2006. Des recommandations ont été formulées à la dernière séance. L'ICIMOD a donné son avis concernant les études de cas. L'après-midi du dernier jour, les stagiaires se sont rendus au Centre de formation et de démonstration de l'ICIMOD, au sud de Katmandou.

## C. Participation

9. Ont participé à la réunion 40 experts des pays et organisations internationales ci-après: Autriche, Bhoutan, Danemark, Inde, Népal et Suisse; ICIMOD, et Bureau des affaires spatiales.

## II. Résumé des exposés

10. Les paragraphes ci-après donnent un aperçu des exposés présentés par les participants sur 11 études de cas sélectionnées par l'ESA et l'ICIMOD.

### 1. Surveillance des glaciers et des lacs glaciaires

11. Il a été signalé que les glaciers de l'Himalaya fondaient rapidement en raison du réchauffement de la planète et des changements climatiques. Hormis les calottes polaires, c'était l'Himalaya qui contenait les réserves d'eau les plus importantes; il

alimentait sept grands fleuves asiatiques et faisaient vivre une grosse partie de la population mondiale.

12. Une fonte très rapide des glaciers aboutirait à une catastrophe. Dans un premier temps, le niveau d'eau des fleuves augmenterait, causant des inondations généralisées, puis, la situation s'inversant, il diminuerait, provoquant des problèmes écologiques au Bangladesh, au Bhoutan, en Chine, en Inde, au Népal, au Pakistan et dans les pays du bassin du Mekong.

13. On a proposé d'étudier la région de Lunana, dans le Nord du Bhoutan, où quelques lacs se trouvaient dans une situation potentiellement dangereuse compte tenu de la fonte très rapide des glaciers. Le site se situait entre 90° et 90° 20' E et 28° et 28° 10' N.

14. Les exercices suivants ont été proposés pour les stagiaires intéressés:

a) Sans l'aide du logiciel de traitement d'images LEOWorks, travailler des images brutes ou des compositions colorées de données satellite et des cartes vectorielles de la région pour en faire des images facilement consultables par les stagiaires;

b) À l'aide du logiciel LEOWorks, intégrer dans la base de données pré-établie le modèle numérique de terrain et la pente: données "raster", courbes de niveau, utilisation du sol, drainage, etc., et les couches vectorielles SIG (système d'information géographique).

15. Les stagiaires bénéficieraient d'un encadrement pour télécharger et importer dans LEOWorks des données satellite de la zone à l'étude et pourraient ainsi prendre conscience des changements subis par l'environnement et des risques que cela pouvait comporter.

16. L'étape suivante consisterait en un exercice d'import et d'analyse de strates de données SIG, et d'intégration progressive de ces données dans un calque composé de plusieurs strates, faisant apparaître les informations finales sous forme de cartes et de tableaux statistiques. On utiliserait pour cette étude des données satellite Landsat et Spot de 1994, 1999 et 2004, ainsi que des données Envisat récentes.

## **2. Impact de l'exploitation minière à ciel ouvert sur l'environnement**

17. L'activité minière consistait notamment à exploiter des gisements minéraux à des fins commerciales. Dans la plupart des cas, le minerai était transformé sur le lieu même de l'extraction en un produit commercialisable, qui était ensuite acheminé soit vers un utilisateur final, soit vers une installation hors-site pour y subir d'autres transformations. L'extraction minière pouvait revêtir des formes extrêmement variées, depuis l'exploitation à faible profondeur pour l'extraction du sable et du gravier jusqu'à l'exploitation minière à grande profondeur pour l'extraction de métaux communs et précieux. De même, les installations de transformation en surface allaient des appareils de concassage et de criblage en carrière aux grands concentrateurs complexes de minerais sulfurés. L'exploitation minière et les activités de transformation sur site pouvaient dépendre des caractéristiques de l'emplacement et être subordonnées à la pluviométrie, à la topographie et au couvert forestier.

18. On pouvait utiliser les méthodes de télédétection pour surveiller la pollution due à l'exploitation minière, à un coût réduit et en conformité avec les normes courantes. Face à la pression croissante qui s'exerçait sur l'environnement et à l'augmentation des contrôles réglementaires qu'entraînaient la pollution des eaux souterraines et de surface ainsi que la contamination et l'instabilité du sol, l'industrie minière avait besoin d'outils d'acquisition et de traitement des données environnementales innovants et rentables, qui puissent constituer une base solide pour le développement économique durable du secteur minier. On utilisait des informations régulièrement mises à jour conservées dans des bases de données relatives à l'environnement minier pour réaliser des études d'impact sur l'environnement et des plans de gestion environnementale.

19. La zone à étudier était située au Bhoutan et s'étendait de 89° 10' à 89° 20' E et de 26° 45' à 26° 55' N.

20. Les exercices suivants ont été proposés pour les stagiaires intéressés:

a) Sans l'aide du logiciel de traitement d'images LEOWorks, travailler des images brutes ou des compositions colorées de données satellite et des cartes vectorielles de la région pour en faire des images facilement consultables par les stagiaires. Les différentes étapes d'ouverture, de modification et d'impression sur papier des images seraient décrites en détail pour que les stagiaires n'aient aucune difficulté à comprendre la problématique et les tâches à réaliser;

b) À l'aide du logiciel de traitement d'images LEOWorks et en suivant les instructions qui leur seraient données, les stagiaires procéderaient au traitement des données de télédétection, à l'extraction d'informations sur les modifications de l'utilisation du sol et à une analyse SIG, ce qui leur permettrait de prendre conscience de l'évolution de la dégradation des sols et des mesures permettant de limiter les conséquences de ce phénomène.

21. Des données Envisat du spectromètre imageur à moyenne résolution (MERIS) et du radar à synthèse d'ouverture de pointe (ASAR) seraient nécessaires pour évaluer les modifications de l'utilisation du sol dans la zone à l'étude. Des données archivées de Landsat et Spot seraient également utiles.

### **3. Expansion de la commune de Thimpu**

22. Il ressortait de certaines projections que d'ici à l'an 2030, la majorité de la population mondiale vivrait dans des zones urbaines, ce qui signifiait qu'entre 2006 et 2030, l'exode rural s'intensifierait dans de nombreuses régions du monde. On ne savait pas si les centres urbains pourraient résister à la pression supplémentaire imposée aux infrastructures et aux services du fait de l'arrivée massive de populations rurales venues chercher une vie meilleure, ni si les centres d'affaires et de vie sociale et culturelle qu'étaient les villes pourraient relever le défi. Cet afflux de nouveaux arrivants lié à l'exode rural aurait notamment pour conséquence une raréfaction des logements décents dans nombre de zones urbaines.

23. Cette étude de cas porterait sur Thimpu. La zone couverte par l'étude s'étendait de 89° 35' à 89° 45' E et de 27° 25' à 27° 30' N.

24. Les exercices suivants ont été proposés pour les stagiaires intéressés:

a) Sans l'aide du logiciel de traitement d'images LEOWorks, travailler des images brutes ou des compositions colorées de données satellite et des cartes vectorielles de la région pour en faire des images facilement consultables par les stagiaires. Les différentes étapes d'ouverture, de modification et d'impression sur papier des images seraient décrites en détail pour que les stagiaires n'aient aucune difficulté à comprendre la problématique et les tâches à réaliser;

b) À l'aide du logiciel de traitement d'images LEOWorks et en suivant les instructions qui leur seraient données, les stagiaires téléchargeraient et importeraient dans LEOWorks des données satellite de la zone à étudier.

25. L'étape suivante consisterait en un exercice d'import et d'analyse de strates de données SIG, et d'intégration progressive de ces données dans un calque composé de plusieurs strates, ce qui permettrait de faire apparaître les informations finales sous forme de cartes et de tableaux statistiques et de démontrer la rapidité de la croissance de la ville, ainsi que l'absence de création d'infrastructure.

26. Les données MERIS et ASAR d'Envisat seraient d'une grande utilité pour la détection des modifications. Par ailleurs, les données d'archive du Satellite indien de télédétection (IRS), de Landsat et de Spot aideraient également à détecter et à évaluer les modifications survenues au cours de la période étudiée.

#### **4. Cartographie des glissements de terrain et évaluation des risques**

27. Dans les régions montagneuses du monde entier, les risques de glissements de terrain et les crues-éclair qui y étaient associées avaient des effets dévastateurs sur la vie et les biens des populations locales.

28. Physiquement, il était difficile et périlleux d'établir une cartographie des glissements de terrain actifs et d'évaluer les risques qui y étaient associés. En outre, cela prenait beaucoup de temps. Les données générées par les capteurs et les caméras montés sur les satellites d'exploration des ressources terrestres, et par les équipements de prises de vue aériennes avaient beaucoup facilité, accéléré et rentabilisé la tâche des spécialistes des sciences de la Terre. Il n'était peut-être pas possible de prévenir les glissements de terrain mais, en connaissant les risques, on pouvait atténuer les effets des catastrophes.

29. Le site visé par l'étude de cas était situé au Bhoutan et s'étendait de 89° 20' à 89° 30' E et de 26° 45' à 26° 55' N.

30. Les exercices suivants ont été proposés pour les stagiaires intéressés:

a) Sans l'aide du logiciel de traitement d'images LEOWorks, les stagiaires se familiariseraient avec les différents termes utilisés dans l'étude de cas avant de commencer l'exercice proprement dit. Ils recevraient chacun un exemplaire de la carte topographique de la zone à étudier, ou une carte plus grande serait affichée au mur de la salle. Une version électronique de la carte pourrait également être téléchargée. Des images satellite brutes et rectifiées seraient ensuite affichées sur l'écran d'ordinateur. L'exercice comprendrait des questions visant à s'assurer que les stagiaires comprennent, interprètent et reconnaissent visuellement les résultats. On leur demanderait également de comparer la carte de base et les différentes données satellite;

b) À l'aide du logiciel de traitement d'images LEOWorks et en suivant les instructions qui leur seraient données, les stagiaires téléchargeraient et importeraient dans LEOWorks des données satellite de la zone à l'étude.

31. L'étape suivante consisterait en un exercice d'import et d'analyse de strates de données SIG, et d'intégration progressive de ces données dans un calque composé de plusieurs strates, faisant apparaître les informations finales sous forme de cartes et de tableaux statistiques, afin de démontrer l'utilité des données satellite aux fins du suivi et de l'évaluation des risques dans une zone donnée.

32. On utiliserait pour l'étude de cas des données MERIS et ASAR provenant d'Envisat. En outre, des données multidates archivées de Landsat et de Spot aideraient à dresser un bilan des cas de glissement de terrain survenus les années précédentes.

## **5. Pollution de l'air dans la vallée de Katmandou**

33. On appelait "pollution de l'air" toute contamination de l'air ambiant, qu'elle soit naturelle ou anthropique, et "polluants de l'air" les agents qui en étaient la cause. L'Organisation mondiale de la santé restreignait la définition de la pollution de l'air aux cas dans lesquels l'atmosphère ambiante extérieure contenait une forte concentration d'éléments nocifs pour l'être humain et son environnement. Les six polluants de l'air les plus importants présents dans l'air ambiant étaient le monoxyde de carbone, l'ozone, les oxydes d'azote, le dioxyde de soufre, le plomb et les particules.

34. La pollution de l'air était un problème croissant, en particulier dans les zones urbaines, en raison de la progression de l'usage des carburants fossiles, principalement pour les transports. À cela était venu s'ajouter un développement urbain non maîtrisé. Ce phénomène n'était pas nouveau non plus dans la vallée de Katmandou.

35. La zone couverte par l'étude sur la vallée de Katmandou s'étendait sur 667 kilomètres carrés environ. Dessinant, au centre du Népal, dans le bas Himalaya, une ellipse de 25 kilomètres de longueur dans le sens Est-Ouest, entre 85° 11' 31" et 85° 31' 38" E, et de 19 kilomètres dans sa partie la plus large, entre 27° 32' 13" et 27° 49' 0" N, elle était située à une altitude moyenne d'environ 1350 mètres au-dessus du niveau de la mer.

36. Il était proposé que les stagiaires réalisent, pour atteindre le but désiré, les exercices suivants: a) dégager les tendances des niveaux de pollution de l'air dans la vallée de Katmandou; b) comparer ces niveaux en différents endroits de la vallée; et c) comparer et corrélérer les variations saisonnières dans les informations sur la pollution de l'air extraites des images satellite avec les données au sol recueillies dans la vallée.

37. Les relevés simples sur le terrain seraient complétés par des données d'observation météorologique provenant des stations de contrôle existantes et de l'interprétation des images satellite temporelles, afin de mieux faire prendre conscience de la pollution de l'air et de permettre de contribuer activement à quantifier la pollution de l'air. On utiliserait pour l'étude de cas des données MERIS d'Envisat.

## 6. La jungle de béton: un conte de deux villes

38. Il a été dit que les villes étaient des entités uniques en leur genre. Il fallait des années, des dizaines ou même des centaines d'années pour qu'elles croissent et parviennent à maturité. Souvent, avec le temps, les épreuves et les péripéties auxquelles elles étaient confrontées se multipliaient. De nombreuses villes d'Inde connaissaient une expansion qui dépassait leurs capacités. Quelques-unes tentaient de rétablir un équilibre entre la ville et son environnement par des mesures planifiées. Pour d'autres, malheureusement, la vie suivait son cours et les tensions dues à une croissance non maîtrisée atteignaient des extrêmes. Bien souvent, la population, ses activités et leur impact sur l'environnement continuaient de croître, et le milieu naturel ainsi que l'arrière-pays étaient soumis à une pression de plus en plus forte.

39. L'étude porterait sur deux villes: Guwahati (26° 10' 45" N, 91° 45' E), capitale de l'État d'Assam, et Shillong (25° 30' N, 91° 40' E), capitale de l'État du Meghalaya. L'une était vieille de plusieurs siècles, tandis que l'autre avait à peine plus d'une centaine d'années. L'une comme l'autre avaient connu une croissance rapide mais incontrôlée au cours des dernières décennies. Curieusement, aucune donnée précise n'avait jamais été recueillie sur l'expansion de ces deux villes.

40. À la périphérie de Guwahati, des zones forestières telles que Rani et Amchang, qui devaient accueillir l'excédent de population de la ville, pâtissaient aussi de cette expansion incontrôlée. À Rani comme à Amchang, des données chiffrées mettaient en évidence la déforestation entre 1991 et 2003. On évaluerait les effets des lignes de chemin de fer venant de la ville (ainsi qu'aux alentours d'Amchang), auxquelles était due la mort d'éléphants.

41. Les exercices suivants ont été proposés pour les stagiaires intéressés:

a) Sans l'aide du logiciel de traitement d'images LEOWorks, utiliser les relevés d'une étude de terrain effectués grâce au Système mondial de localisation (GPS) pour situer différents types d'utilisation du sol sur des images traitées SAR et Landsat;

b) À l'aide du logiciel de traitement d'images LEOWorks, élaborer un système d'information géographique en prenant pour base les relevés sur le terrain et les images traitées.

42. On utiliserait pour l'étude de cas des données SAR d'Envisat et des données optiques de Landsat.

## 7. Télédétection/Observation de la Terre aux fins de la surveillance des habitats naturels: étude de cas du Parc national royal de Bardia, au Népal

43. On trouvait dans le Parc national royal de Bardia une faune et une flore très variées et essentiellement des zones vierges dans les régions népalaises du Térai et des Siwalik. Le Parc se composait principalement de forêts de sal (*Shorea robusta*), de forêts riveraines, de forêts mixtes, de prairies, de savanes et de zones humides. Arrosé par les rivières Karnali et Babai et par leurs affluents, il constituait un excellent habitat pour de nombreuses espèces menacées dans le monde, notamment le tigre, le rhinocéros, l'éléphant sauvage, le dauphin du Gange, l'outarde du Bengale et l'outarde passerage. La population vivant aux abords du parc tirait ses moyens de subsistance des ressources de la forêt. La création de ce parc, en 1976,



représentait, de la part du Népal, une mesure importante de conservation de la biodiversité. Les facteurs écologiques anthropiques et naturels influençaient sur la faune et la flore sauvages et modifiaient la couverture des sols. Cela étant posé, l'étude de cas envisagée évaluerait l'état et la répartition de la couverture des sols et l'adéquation de l'habitat aux besoins d'une grande diversité d'espèces de faune.

44. La zone couverte par l'étude s'étendait sur 968 kilomètres carrés, de 28° 15' à 28° 44' N et de 81° 10' à 81° 45' E.

45. Les exercices ci-après ont été proposés pour les stagiaires intéressés:

a) Sans l'aide du logiciel de traitement d'images LEOWorks, étudier les différentes couleurs apparaissant sur les images traitées et définir différentes zones de couverture des sols, par exemples les forêts, les prairies, les terres agricoles, les cours d'eau et leurs lits; et étudier les changements survenus entre 1990 et 2002 pour mettre en évidence la répartition des espèces animales et les zones de chevauchement entre l'habitat humain et l'habitat animal;

b) À l'aide du logiciel de traitement d'images LEOWorks, créer des images en couleurs naturelles et des images en fausses couleurs pour analyser la couverture des sols de la zone étudiée.

46. Dans le cadre de ces exercices, on utiliserait différentes strates de données SIG combinées avec des données Landsat et MERIS d'Envisat pour décrire et analyser la zone considérée. Les stagiaires réaliseraient différents calculs pour évaluer les conflits d'intérêts. Pour l'étude de cas, qui consisterait notamment à déterminer les sites où les activités humaines seraient les plus susceptibles d'empiéter sur le milieu naturel, on utiliserait des données MERIS d'Envisat et des images LANDSAT de 1990, 2001 et 2002.

## **8. Crues éclair catastrophiques dans l'Himachal Pradesh (Inde): étude du cas du bassin du Satluj**

47. Il a été rappelé que l'Himachal Pradesh, situé dans l'Himalaya indien, était une province de montagne qui occupait une superficie de plus de 50 000 kilomètres carrés et dont le territoire, composé surtout de montagnes et de collines s'étendait de 30° 22' 44" à 33° 12' 40" N et de 75° 45' 55" à 79° 04' 20" E.

48. On pouvait dire que le réseau hydrographique de l'Himachal Pradesh était constitué de quatre grands bassins: ceux des fleuves Ravi, Beas, Chenab et Satluj, qui prenaient leurs sources dans les chaînes neigeuses de l'Himalaya. Compte tenu de sa géographie et de son emplacement spécifiques, à la bordure nord-ouest de la chaîne de montagne la plus récente (l'Himalaya), l'Himachal Pradesh était l'un des États du pays les plus exposés aux catastrophes telles que les tremblements de terre, les crues-éclair déclenchées par des averses torrentielles et les inondations subites causées par le débordement des lacs glaciaires, les glissements de terrain, les avalanches et les feux de forêt. Récemment, la forte amplitude des fluctuations annuelles des débits fluviaux avait mis en évidence diverses caractéristiques physiques et climatologiques qui allaient de pair avec le changement climatique.

49. Le bassin du Satluj s'étendait sur des parties des districts du Lahaul-Spiti, du Kinnaur, du Shimla, du Kullu, du Mandi, de l'Hamirpur, du Bilaspur, du Solan, du Sirmour et de l'Una, de 30° 22' à 32° 42' N et de 75° 57' à 78° 51' E.

50. Les exercices ci-après ont été proposés pour les stagiaires intéressés:

a) Sans l'aide du logiciel de traitement d'images LEOWorks, situer et décrire le cours du Satluj dans l'Himachal Pradesh au moyen d'un atlas et d'images satellite traitées; décrire les zones les plus touchées par les inondations et indiquer les raisons des différences constatées à cet égard; étudier l'ampleur des crues à partir des images satellite;

b) À l'aide du logiciel de traitement d'images LEOWorks, analyser les images satellite au moyen des différents outils LEOWorks et superposer différentes strates de données SIG avec les images satellite pour étudier, notamment, les raisons du caractère particulièrement catastrophique des inondations.

51. Les données suivantes seraient utilisées: données IRS couplées avec un ensemble de strates de données SIG, données SAR et MERIS d'Envisat.

## **9. Étude des inondations dans les plaines méridionales du Népal**

52. Il a été indiqué que chaque année, pendant la mousson (qui durait généralement de mi-juin à mi-août), il y avait, dans les montagnes, de nombreux glissements de terrain et, dans les plaines, de nombreuses inondations qui faisaient des centaines, voire des milliers de morts. Ces phénomènes occasionnaient également des dommages considérables aux biens et à l'infrastructure, emportant les récoltes et détruisant maisons, ponts et axes routiers.

53. La télédétection par satellite offrait un moyen pratique de dresser un bilan scientifique de ces inondations, cependant, le temps étant généralement nuageux ou pluvieux lors des inondations, la télédétection optique, qui utilisait comme source d'énergie la lumière solaire, présentait un avantage limité pour ce type d'études. Il était donc proposé d'élaborer une étude de cas sur les inondations en utilisant la télédétection radar (micro-ondes), qui permettait de recueillir des données par n'importe quel temps et à tout moment du jour et de la nuit.

54. On choisirait pour l'étude de cas une zone de plaine inondable de la région népalaise du Térai, située à une centaine de kilomètres au sud de Katmandou, immédiatement au sud des contreforts de l'Himalaya.

55. Les exercices ci-après ont été proposés pour les stagiaires intéressés:

a) Sans l'aide du logiciel de traitement d'images LEOWorks, établir une fiche de travail prête à l'emploi faisant apparaître la situation des inondations ainsi qu'une carte de la couverture des sols, afin de pouvoir évaluer l'ampleur des dégâts;

b) À l'aide du logiciel de traitement d'images LEOWorks, utiliser les données et instructions pour classer une image SAR multitudes.

56. Ces exercices devaient être réalisés en utilisant des données ERS-2 ou des données ASAR d'Envisat recueillies en 2002 et 2004, ainsi que des images Landsat et des photographies aériennes, des modèles d'élévation numériques et des données pluviométriques.

# **10. Surveillance de l'évolution des glaciers et des lacs glaciaires en haute montagne: exemples de la région népalaise du Khumbu Himal**

57. On estimait que l'aspect de l'environnement subissait en permanence des modifications. C'était en particulier dans des régions écologiquement fragiles comme l'Himalaya que ce phénomène pouvait avoir une incidence sensible sur l'écosystème. En outre, le réchauffement de la planète et l'influence humaine risquaient d'accélérer ces modifications.

58. La chaîne de montagnes la plus haute du monde comprenait également de très nombreux glaciers. Les populations de l'Himalaya s'étaient adaptées aux conditions de vie très particulières de la région, mais certaines s'étaient installées dans des endroits qui étaient devenus au fil du temps des zones menacées, ou qui étaient en voie de le devenir. Les lacs glaciaires représentaient un danger potentiel pour les habitants de ces régions en cas de crue soudaine.

59. L'étude de cas devait permettre aux utilisateurs éventuels: a) d'acquérir une connaissance géographique de base des glaciers, de leur comportement au regard du changement climatique et des risques qu'ils représentaient pour les populations humaines; b) d'étudier et de comprendre les caractéristiques des glaciers telles qu'elles se présentaient dans différentes données de télédétection (longueurs d'ondes); c) d'examiner les modalités de traitement et les possibilités d'amélioration des données optiques; d) de s'informer des pratiques de classification de bas niveau; e) de mettre en place les compétences nécessaires pour créer et intégrer les structures de données SIG en numérisant des cartes topographiques et des images de glaciers et de lacs glaciaires; f) de visualiser et d'analyser des séries chronologiques; et g) d'approfondir leur connaissance de la relation entre les glaciers, la haute montagne et le climat au regard des risques de catastrophe.

60. L'étude porterait sur la région méridionale du Khumbu Himal, et en particulier sur la région népalaise des glaciers de l'Imja et de l'Honku, au sud du Lhotse (8 501 mètres) et de l'Ama Dablam (6 856 mètres).

61. Les exercices suivants ont été proposés pour les stagiaires intéressés:

a) Sans l'aide du logiciel de traitement d'images LEOWorks, démontrer par l'image la fonte rapide des glaciers et les problèmes afférents;

b) À l'aide du logiciel de traitement d'images LEOWorks, visualiser des modèles en couleurs RVB et analyser les profils spectraux de différents types de forêt et de couverture des sols. La visualisation de séries chronologiques et la création de strates de données SIG seraient utilisées pour analyser les modifications de la couverture des sols.

62. Ces exercices seraient réalisés en utilisant des données MERIS d'Envisat, des données Landsat provenant du scanneur multibande (MSS), de l'appareil de cartographie thématique (capteur TM) et de l'appareil de cartographie thématique amélioré (ETM+), et des photographies aériennes.

# **11. Problèmes environnementaux dans l'Himalaya: le cas du Népal**

63. Aux alentours de l'Himalaya, l'environnement était fragile. L'écosystème était devenu particulièrement vulnérable en raison des évolutions et des changements récents. Depuis quelques dizaines d'années, un certain nombre de problèmes étaient

apparus, en particulier au Népal. Les plus importants d'entre eux étaient dus à la dégradation des sols, à la déforestation et à la pollution. La déforestation, qui avait pour conséquences socio-économiques un déclin de la production de bois et de l'agriculture et un appauvrissement de la biodiversité, donnait lieu à des catastrophes naturelles et portait atteinte au patrimoine culturel des populations autochtones. L'urbanisation nuisait à l'environnement naturel et augmentait le risque de maladies pour les êtres humains.

64. L'étude de cas devrait permettre aux utilisateurs éventuels: a) d'acquérir une connaissance géographique de base des forêts et de l'environnement écologique vulnérable du Népal; b) d'étudier et de mieux comprendre cet environnement; c) d'examiner les modalités de traitement et les possibilités d'amélioration des données optiques; d) de s'informer des pratiques de classification de bas niveau; e) de visualiser et d'analyser des séries chronologiques; f) d'approfondir leur connaissance de la relation entre les activités humaines et l'environnement naturel; et g) de consolider leurs connaissances en répondant à un questionnaire.

65. La zone étudiée souffrait des problèmes environnementaux d'ordre général qui touchaient le Népal. Pour les problèmes plus particuliers (déforestation, zones dégradées et/ou soumises à la déforestation dans le Téraï et le moyen et le haut Himalaya), il faudrait que des experts de l'Université de Tribhuvan et de l'ICIMOD choisissent différentes zones d'études.

66. Les exercices suivants ont été proposés pour les stagiaires intéressés :

a) Sans l'aide du logiciel de traitement d'images LEOWorks, présenter l'évolution de la situation écologique sous forme de série chronologique d'images satellite faisant apparaître la pression exercée par l'être humain sur la nature;

b) À l'aide du logiciel de traitement d'images LEOWorks, établir des données chiffrées sur les changements de la couverture des sols et dresser un bilan des conséquences de ces changements.

67. On utiliserait pour établir une série chronologique d'images satellite des données MERIS d'Envisat et des données Landsat MSS, TM et ETM+.

### **III. Recommandations**

68. Étant donné le succès de la réunion d'experts (stage de formation et atelier), les participants ont recommandé que l'on poursuive ce type d'activités à des fins éducatives, notamment à l'intention des enseignants du secondaire et des universités.

69. Les participants ont prié l'ICIMOD de les informer de toute activité de suivi entreprise à cet égard.

70. L'utilisation de l'Internet à haut débit restait très coûteuse dans la région. Il était bien moins cher d'envoyer les volumes importants de données par la poste sur CD ou DVD. Le personnel d'ICIMOD se déplaçant souvent dans la région, les participants ont demandé que les données soient remises par l'intermédiaire du Centre, soit en main propre soit par courrier, cette solution étant plus sûre que la voie électronique. Toutefois, l'utilisateur final devrait avoir le choix entre toutes les solutions possibles.

71. À cet égard, le Bureau des affaires spatiales a proposé qu'une version basse définition ou texte seul soit intégrée au portail d'ICIMOD (<http://www.icimod-gis.net>) consacré à ce sujet.

72. Il a été proposé que la prochaine réunion, lors de laquelle devait être finalisé le projet sur les 11 études de cas, se tienne à Thimpu en 2007. Un cours d'un à deux jours serait organisé à l'intention d'enseignants du secondaire du Bhoutan avant la présentation des études de cas. Toute formation à l'intention des enseignants ne pourrait avoir lieu que pendant les vacances scolaires (entre décembre et février). Pour que l'on puisse commencer à préparer cette manifestation, il fallait que la représentation diplomatique du Bhoutan fasse parvenir une invitation officielle au Bureau des affaires spatiales.

73. Une session spéciale sur l'enseignement serait organisée lors du neuvième Symposium international sur la cartographie des hautes montagnes par télédétection, prévue à Graz et au Parc national des Hohe Tauern (Autriche) du 14 au 22 septembre 2006. Une ou deux études de cas sélectionnées parmi les meilleures y seraient présentées, et leurs auteurs seraient invités à assister à la session.

74. Lors de sa quarante-neuvième session, prévue à Vienne du 7 au 16 juin 2006, le Bureau des affaires spatiales présenterait les études de cas au Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique.

#### Notes

<sup>1</sup> *Rapport de la troisième Conférence des Nations Unies sur l'exploration et les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique, Vienne 19-30 juillet 1999* (publication des Nations Unies, numéro de vente: F.00.I.3), chap. I<sup>er</sup>, résolution 1.

<sup>2</sup> *Documents officiels de l'Assemblée générale, cinquante-neuvième session, Supplément n° 20* (A/59/20 et Corr. 1 et 2), par. 71.