

CENTRES RÉGIONAUX DE FORMATION AUX SCIENCES ET TECHNIQUES SPATIALES
(AFFILIÉS À L'ORGANISATION DES NATIONS UNIES)

Télédétection et systèmes d'information géographique

Programme du cours



Nations Unies

CENTRES RÉGIONAUX DE FORMATION AUX SCIENCES ET TECHNIQUES SPATIALES
(AFFILIÉS À L'ORGANISATION DES NATIONS UNIES)

Télédétection et systèmes d'information géographique

Programme du cours

**Bureau des affaires spatiales
Office des Nations Unies à Vienne**



Nations Unies, 2003

Préface

Toute vie sur la Terre est dépendante de la fine couche de gaz enveloppant le globe que nous appelons atmosphère, du grec *atmos* (vapeur) et du latin *sphaera* (sphère). La télédétection atmosphérique vise à quantifier de nombreuses variables, telles que l'étendue et la nature de la couverture nuageuse, la concentration de vapeur d'eau et le taux de précipitation, la vitesse du vent, les concentrations d'aérosols et de gaz rares dans l'atmosphère, et même l'intensité de la foudre.

Sur le modèle du vocable "atmosphère" plusieurs autres mots ont été forgés pour désigner différentes subdivisions de l'environnement terrestre:

- L'hydrosphère, qui comprend les océans, les cours d'eau, les lacs, le manteau neigeux et les glaces terrestres et marines;
- La biosphère, qui englobe l'ensemble des animaux et végétaux vivant sur la Terre, mais qui, aux fins de la télédétection, désigne essentiellement la végétation terrestre et le phytoplancton océanique;
- La géosphère, qui englobe notamment le bilan radiatif de la planète, la topographie physique des continents, les processus géologiques qui modifient la surface du sol, l'activité dynamique des volcans et les mouvements des plaques continentales;
- L'anthroposphère, qui désigne l'influence exercée par l'homme sur la surface de la Terre par le biais de structures et d'activités qui peuvent modifier sensiblement le climat terrestre.

Les processus fondamentaux que la télédétection vise à observer dans chacune de ces sphères et les aspects techniques de ces observations sont présentés dans la présente publication, par module d'enseignement.

Table des matières

	<i>Page</i>
Préface	3
Abréviations	5
Introduction	6
Création des centres régionaux de formation aux sciences et techniques spatiales	6
Réunion d'experts des Nations Unies sur les centres régionaux de formation aux sciences et techniques spatiales: leur statut et leur évolution future	7
Programme du cours sur la télédétection et les systèmes d'information géographique	8
Contenu du programme révisé	8

Abréviations

AICRPDA	All India Coordinated Research Project on Dry Land Agriculture
DTC	Dispositif à transfert de charge
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
GPS	Système mondial de localisation
GRID	Banque de données sur les ressources mondiales
ICAR	Indian Council of Agricultural Research
IIRS	Indian Institute of Remote Sensing
IRS	Indian Remote Sensing Satellite
ISO TC211	Norme de l'Organisation internationale de normalisation sur l'information géographique et la géomatique
ISRO	Indian Space Research Organisation
ISRS	Indian Society of Remote Sensing
ITC	Institut international de levés aériens et de sciences de la Terre
Landsat	Satellite d'observation des terres
Lidar	Détection et télémétrie par la lumière
SIG	Système d'information géographique
SPOT	Satellite pour l'observation de la Terre
Vol.	Volume

Introduction

Les sciences et techniques spatiales peuvent être enseignées dans les cycles élémentaire, secondaire et universitaire. Dans les pays ayant des activités spatiales, l'étude de ces disciplines figure au programme de sciences de chacun de ces cycles. Tel n'est pas le cas dans de nombreux pays en développement, d'une part du fait que l'on y sous-estime les avantages que l'on peut tirer des sciences et techniques spatiales, et de l'autre parce que l'on manque de matériel et de ressources pour enseigner ces disciplines dans les établissements scolaires et universitaires. Dans les pays développés, l'étude en est devenue extrêmement interactive et Internet comme d'autres technologies de l'information sont des outils désormais utilisés dans chaque cycle.

L'intégration des sciences et techniques spatiales dans les programmes scientifiques universitaires a une double fonction, tant dans les pays développés que dans les pays en développement. Elle permet à tous les pays de tirer parti des avantages inhérents aux nouvelles technologies qui, dans de nombreux cas, sont des retombées des sciences et techniques spatiales et elle contribue à revitaliser le système éducatif, à présenter de manière claire des concepts de haute technologie et à créer des capacités nationales dans le domaine des sciences et techniques en général. Comme l'a souligné Lewis Pyenson dans son récent ouvrage intitulé *Servants of Nature*¹, tant la décentralisation géographique que l'innovation interdisciplinaire sont devenus des maîtres mots dans les filières scientifiques universitaires. L'informatique dispense, dans une certaine mesure, les scientifiques et les chercheurs d'être physiquement présents dans les grandes universités. Partout, les établissements universitaires se sont adaptés aux nouvelles conditions socioéconomiques en élargissant leurs programmes d'études. Elles ont toujours réagi de la sorte, même si elles ne l'ont jamais fait assez rapidement au goût de ceux qui les critiquent. L'innovation mesurée et progressive fait partie des handicaps majeurs de l'université, mais elle est aussi une de ses grandes forces. Les nouveaux domaines de connaissance ne deviennent de nouvelles disciplines scientifiques qu'après avoir trouvé leur place dans les universités. Nous attendons de celles-ci qu'elles sanctionnent les dernières innovations. Les nouvelles idées scientifiques apparaissent dans des contextes divers, mais elles ne font partie du patrimoine commun de l'humanité qu'après avoir mûri au sein d'une institution d'enseignement supérieur telle que l'université moderne.

Si l'enseignement des sciences au niveau universitaire présente de nombreuses difficultés tant dans les pays en développement que dans les pays développés, la tâche des premiers est plus ardue. Le problème d'ordre général qui se pose dans ce domaine est le fait que les étudiants ne peuvent ni observer ni expérimenter les phénomènes qui leur sont enseignés, de sorte que, souvent, ils ne parviennent pas à acquérir les principes de base, ni à appréhender le rapport entre plusieurs concepts ou leur utilité pour résoudre des problèmes concrets. À ces difficultés s'ajoute une maîtrise insuffisante de certains domaines mathématiques ainsi que des stratégies d'analyse des problèmes. La langue d'enseignement pose également problème dans les pays où elle n'est pas la langue maternelle. Au fil des ans, les pays développés ont surmonté la plupart des problèmes fondamentaux, à l'exception peut-être de celui que pose, sur le plan psychologique, le fait que certains étudiants considèrent les sciences comme des disciplines difficiles. Dans les pays en développement, en revanche, les problèmes fondamentaux demeurent, exacerbés par le manque de professeurs dotés d'une solide formation universitaire et professionnelle.

Création des centres régionaux de formation aux sciences et techniques spatiales

Par sa résolution 45/72 du 11 décembre 1990, l'Assemblée générale des Nations Unies faisait sienne la recommandation formulée par le groupe de travail plénier du Sous-Comité scientifique et technique et approuvée par le Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique, selon laquelle l'ONU devait, avec le soutien actif des institutions spécialisées et des autres organisations internationales, animer un effort international de création de centres régionaux de formation aux sciences et techniques spatiales dans le

¹ L. Pyenson et S. Sheets-Pyenson, *Servants of Nature: a History of Scientific Institution, Enterprises and Sensibilities* (New York, W. W. Norton and Company, 1999).

cadre des établissements nationaux ou régionaux existants dans les pays en développement (A/AC.105/456, annexe II, par. 4 n)).

Au paragraphe 30 de sa résolution 50/27 du 6 décembre 1995, l'Assemblée approuvait la recommandation du Comité tendant à ce que ces centres soient mis en place dans les meilleurs délais sur la base de l'affiliation à l'ONU, affiliation qui leur donnerait la notoriété indispensable et leur permettrait d'attirer des donateurs et d'établir des relations scientifiques avec des institutions nationales et internationales dans le domaine de l'espace.

Des centres régionaux de ce type ont été établis en Inde (pour l'Asie et le Pacifique), au Maroc et au Nigéria (pour l'Afrique), au Brésil et au Mexique (pour l'Amérique latine et les Caraïbes), et en Jordanie (pour l'Asie occidentale), sous les auspices du Programme des Nations Unies pour les applications des techniques spatiales, qui relève du Bureau des affaires spatiales (A/AC.105/749). Ils ont pour objectif de renforcer les capacités des États Membres, au niveau régional et international, dans différentes disciplines des sciences et techniques spatiales de sorte à dynamiser le développement scientifique, économique et social au plan national. Chacun de ces centres propose des programmes d'études de troisième cycle, de recherche et d'application destinés aux enseignants universitaires ainsi qu'aux chercheurs en recherche fondamentale et appliquée, l'accent étant mis sur la télédétection, les télécommunications par satellite, la météorologie satellitaire et les sciences spatiales. Tous proposent des programmes de troisième cycle, d'une durée de neuf mois, portant sur la télédétection, les télécommunications par satellite, les applications de la météorologie satellitaire et les sciences spatiales et sciences de l'atmosphère et qui se fondent sur les programmes d'études types établis à l'issue de la Réunion d'experts sur l'élaboration de programmes pour les centres régionaux de formation aux sciences et techniques spatiales, tenue à Grenade (Espagne) en 1995. Depuis 1995, ces programmes d'études sont présentés et discutés lors de réunions pédagogiques régionales et internationales (voir A/AC.105/649, ainsi que le site <http://www.oosa.unvienna.org/SAP/centres/centres.htm>).

La troisième Conférence des Nations Unies sur l'exploration et les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique (UNISPACE III), qui s'est tenue en juillet 1999 à l'Office des Nations Unies à Vienne, a recommandé que les centres régionaux collaborent avec d'autres organismes nationaux, régionaux et internationaux afin de consolider les différents volets de leurs programmes d'études². Par sa résolution 54/68 du 6 décembre 1999, l'Assemblée générale souscrivait à la résolution d'UNISPACE III intitulée "Le millénaire de l'espace: la Déclaration de Vienne sur l'espace et le développement humain", dans laquelle il était recommandé de prendre des mesures pour instituer des mécanismes de financement régulier des centres régionaux³.

Réunion d'experts des Nations Unies sur les centres régionaux de formation aux sciences et techniques spatiales: leur statut et leur évolution future

Le Bureau des affaires spatiales a organisé, en coopération avec l'Agence spatiale européenne (ESA), la Réunion d'experts des Nations Unies sur les centres régionaux de formation aux sciences et techniques spatiales: leur statut et leur évolution future, qui s'est tenue du 3 au 7 septembre 2001 à Frascati (Italie), à l'invitation de l'Institut européen de recherche spatiale de l'ESA qui y a son siège.

La Réunion a examiné la situation des centres régionaux (création et fonctionnement) en vue de resserrer les liens de coopération entre eux. Le principal objectif de la Réunion était d'examiner et d'actualiser les programmes d'enseignement universitaire au plan mondial dans les quatre disciplines suivantes: télédétection, météorologie satellitaire, télécommunications par satellite et sciences spatiales. La Réunion a constaté que l'enseignement variait considérablement entre pays, voire entre établissements d'un même pays,

² *Rapport de la troisième Conférence des Nations Unies sur l'exploration et les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique, Vienne, 9-30 juillet 1999* (publication des Nations Unies, numéro de vente: F.00.I.3), chap. II, sect. G, par. 220.

³ *Ibid.*, chap. I, résolution 1, par. 1 e) ii). La Déclaration est accessible sur la page d'accueil du Bureau des affaires spatiales à l'adresse suivante: <http://www.oosa.unvienna.org>.

de sorte que les programmes étaient différents quant au fond et quant à leur agencement. Elle s'est donc félicitée que le programme d'études type (A/AC.105/649) ait contribué à régler ce problème.

La Réunion a institué cinq groupes de travail chargés de réactualiser les programmes d'études dans les domaines suivants: a) problèmes de gestion des centres; b) télédétection; c) météorologie satellitaire; d) télécommunications par satellite; et e) sciences spatiales. Ces groupes ont tiré parti des connaissances et compétences des participants, et pris en compte les résultats des cours de troisième cycle déjà dispensés, en particulier ceux organisés depuis 1996 au Centre de formation aux sciences et techniques spatiales pour l'Asie et le Pacifique et depuis 1998 au Centre régional africain des sciences et technologies de l'espace, en langue française, et au Centre régional africain de formation aux sciences et techniques spatiales, en langue anglaise.

La Réunion, par l'intermédiaire de ses groupes de travail, a actualisé les quatre programmes d'études dont le contenu diffère de la plupart de ceux que l'on trouve dans divers ouvrages et sur Internet. Ils se fondent sur la physique, les mathématiques et l'ingénierie tels qu'on les enseigne dans de nombreuses universités à travers le monde et ne sont pas conçus pour répondre aux besoins spécifiques d'un projet ou d'une mission précis exécuté ou prévu par un établissement particulier.

Programme du cours sur la télédétection et les systèmes d'information géographique

La présente publication rend compte des délibérations que le Groupe de travail sur la télédétection et les systèmes d'information géographique, créé lors de la réunion d'experts des Nations Unies sur les centres régionaux de formation aux sciences et techniques spatiales, a consacrées à un programme révisé dans ce domaine. Le programme des six cours qui ont été dispensés au Centre de formation aux sciences et techniques spatiales pour l'Asie et le Pacifique et les modalités de contrôle des connaissances figurent aux annexes I et II, respectivement.

Contenu du programme révisé

Le Groupe de travail a établi une liste de matières que les centres régionaux pourront adapter et structurer en décidant eux-mêmes du degré d'approfondissement et du contenu de chacune de ces matières. Les centres pourront aussi choisir de mettre l'accent sur une question présentant un intérêt particulier pour leur région. Les matières sont groupées par modules, comme suit:

<i>Module et sous-module</i>	<i>Matière</i>
0	Présentation générale Module de présentation générale d'une semaine consacré au pays hôte (culture, société, économie et développement) et à ses institutions et comprenant de brefs exposés sur des thèmes généraux
1	Fondements et principes de la télédétection et des systèmes d'information géographique (deux à trois mois)
1.1	Principes de la télédétection
1.1.1	Aperçu général des techniques de télédétection: historique et évolution
1.1.2	Rayonnement électromagnétique et ses interactions avec la matière: lois du rayonnement, spectre électromagnétique et ses caractéristiques, sources de rayonnement électromagnétique; propagation de l'énergie électromagnétique: dispersion, diffusion, absorption, réfraction et réflexion; interactions entre le rayonnement électromagnétique et la matière dans l'atmosphère et à la surface terrestre (émission de rayonnements): émissivité, rayonnement des corps noirs, loi de Stefan, loi de Kirchoff, loi de Wien, loi de Planck; processus physiques dans l'interaction du rayonnement avec la matière: propriétés de l'atmosphère, composants, contaminants, gradient vertical de température, nuages, sondage atmosphérique, mécanismes de diffusion, variations temporelles; albedo, réflexion, loi de Snell, absorption, signatures spectrales, effet photoélectrique, isolation
1.1.3	Caractéristiques spectrales des cultures et de la végétation, des sols, de l'eau, etc.
1.2	Plates-formes de télédétection, capteurs et systèmes au sol
1.2.1	Plates-formes Présentation générale de la télédétection aéroportée: photographie, imagerie; avantages et applications Télédétection par satellite: classification par orbite, applications, avantages et inconvénients, type d'observation, dynamique orbitale Types de satellites: présentation générale des satellites d'observation de la Terre; présentation générale des satellites héliosynchrones de télédétection visible infrarouge; présentation générale des plates-formes polaires et des satellites météorologiques Satellites d'observation à haute résolution; satellites radar; autres missions: observation en hyperspace spectral, etc. Futurs systèmes satellitaires
1.2.2	Capteurs Notions fondamentales de la technologie de l'imagerie: production d'images et d'autres types de données, systèmes actifs et systèmes passifs, avantages et inconvénients Notion de résolution: spatiale, spectrale, radiométrique et temporelle Systèmes de photographie aérienne: systèmes photographiques classiques à chambre de prise de vues; types de film, photographie multispectrale, système de cartographie laser aéroporté Balayeurs et imageurs: caméras matricielles, systèmes à balayage, capteurs à balayage (pushbroom), spectromètres, dispositif à transfert de charge (DTC), imageurs thermiques Capteurs micro-ondes: principes du radar aéroporté à balayage latéral, radar à synthèse d'ouverture et ses caractéristiques Capteurs/systèmes non imageurs: radiomètre infrarouge, radiomètre à micro-ondes, diffusiomètre, altimètre, etc. Autres capteurs: hyperspectraux, imageurs à laser, etc.

<i>Module et sous-module</i>	<i>Matière</i>
1.2.3	<p>Systèmes terrestres</p> <p>Systèmes de réception et de prétraitement des données et leurs configurations</p> <p>Principes des systèmes de réception des données, de la transmission des données et des chaînes de réception; enregistrement; archivage; prétraitement: corrections radiométriques et géométriques; types de données satellitaires produites; produits à valeur ajoutée</p> <p>Collecte de données de terrain et vérification; erreurs dans les données d'imagerie et correction de ces erreurs</p>
1.3	Interprétation d'images
1.3.1	Notions d'interprétation des photographies aériennes
1.3.2	Principes d'interprétation des données satellitaires optiques, thermiques et micro-ondes
1.4	Photogrammétrie
1.4.1	Notions de photogrammétrie; photographie aérienne, interprétation des photographies, photogrammétrie analogique, photogrammétrie numérique
1.4.2	Principes de l'évaluation de l'exactitude et de l'analyse des erreurs
1.5	Traitement de l'image numérique
1.5.1	Présentation générale des langages de programmation: C++ (langage de programmation orienté objet), Visual Basic, langages de macrocommandes
1.5.2	Notions de statistique: moyenne, médiane, mode, écart type, matrice de covariance, valeurs propres, vecteurs propres, analyse en composantes principales, etc.
1.5.3	Données de terrain pour le traitement d'images numériques
1.5.4	Notions de traitement et de prétraitement d'images numériques: corrections radiométriques, géométriques et atmosphériques
1.5.5	Techniques d'accentuation d'image: histogrammes, étirement des contrastes, fonctions de transfert, égalisation d'histogramme, spécification d'histogramme
1.5.6	Filtrage: filtres passe-bas et filtres passe-haut, filtre idéal, filtre de Butterworth, filtre exponentiel, filtre trapézoïdal, etc., lissage
1.5.7	Techniques de classification: distances spectrales, probabilités, analyse des erreurs, groupage, domaines de formation, méthodes d'échantillonnage, extrapolation; classificateur par pixel, classificateur en fonction de la probabilité maximale, classificateur bayésien, classificateur parallépipédique, etc., classificateur orienté objet, réseaux neuronaux, classificateurs texturaux, fractales
1.5.8	Évaluation de l'exactitude et analyse des erreurs
1.5.9	Techniques de fusion d'images
1.5.10	Techniques de segmentation d'images et d'identification de structures: techniques reposant sur le savoir, intelligence artificielle, notions relatives aux images floues
1.5.11	Transformées d'image et ondelettes
1.5.12	Techniques de traitement d'images stéréo
1.5.13	Techniques d'analyse d'images haute résolution
1.5.14	Principes d'analyse des données RSO (radar à synthèse d'ouverture), interférométrie RSO et techniques d'interférométrie RSO différentielles
1.5.15	Traitement de données hyperspectrales, polarimétriques, de cartographie laser aéroportée et autres
1.6	Systèmes de traitement d'images
1.6.1	Configuration, choix et sélection

<i>Module et sous-module</i>	<i>Matière</i>
1.6.2	Analyse d'images intégrée et système d'information géographique (SIG)
1.7	Système d'information géographique
1.7.1	Caractéristiques et type de données SIG: type de données; notion d'information
1.7.2	Cartes et projections: principes de la cartographie, ellipsoïdes, projections cartographiques, systèmes de coordonnées, types et échelle; exactitude des cartes
1.7.3	GPS: notions, techniques, systèmes et applications
1.7.4	Principes des SIG: notions et principes des SIG, modèles de SIG, éléments de SIG, entrées de données dans un SIG; conception et structure des bases de données SIG; intégration dans le SIG, interrogation du SIG, acquisition et visualisation des produits du SIG, exactitude des données du SIG, erreurs d'intégration dans le SIG
1.7.5	SIG à trois dimensions: représentation de la troisième dimension dans le SIG, analyse tridimensionnelle et produits dérivés
1.7.6	Principes du SIG temporel, systèmes d'aide à la décision, modélisation SIG, techniques de visualisation, réalité virtuelle, cartographie mobile, SIG Web
1.7.7	Présentation générale et illustration des applications SIG
1.7.8	Infrastructures de données spatiales: métadonnées, recherche et accès, entreposage de données, extraction automatique de données (data mining), normes, programmes de pays (Base de données sur les ressources mondiales (GRID) du PNUE, Digital Earth, Infrastructure mondiale de données spatiales (GSDI), cartographie mondiale, etc.); normes communes, OpenGis, ISO-TC211
2	Applications de la télédétection (trois à quatre mois)
2.1	Présentation générale de la télédétection et des applications SIG (un mois: module commun à toutes les filières thématiques)
2.1.1	Télédétection et applications SIG pour la gestion des ressources en eau; agriculture; zones urbaines; côtes et océans; environnement; sylviculture; écologie; géologie; cartographie, etc.
2.1.2	Processus terrestres
2.1.3	Météorologie par satellite
2.1.4	Catastrophes naturelles
2.1.5	Développement durable et capacité limite
2.1.6	Analyse, surveillance et gestion de l'environnement
2.1.7	Analyse coûts-avantages
2.1.8	Planification et exécution de projets
2.2	Filières thématiques (deux ou trois mois)
2.2.1	Examen de la planification et de l'exécution du projet pilote
3	Projet pilote (trois mois): projet pilote à exécuter au centre régional; le thème est choisi par l'étudiant en consultation avec l'organisme qui le parraine et avec l'accord du centre

Structure du programme

Le Groupe de travail a recommandé la structure ci-après:

<i>Module</i>	<i>Matière</i>	<i>Durée</i>
1	Fondements de la télédétection et des SIG	12 semaines/400 heures
2	Application de la télédétection et des SIG à l'étude des ressources naturelles et de l'environnement	12 semaines/400 heures
3	Travail sur le projet, y compris collecte de données de terrain	12 semaines/400 heures

La ventilation par module, sous-module et type d'activité est indiquée dans le tableau ci-après.

Allocation horaire par type d'activité

<i>Module et sous- module</i>	<i>Matière</i>	<i>Activité (heures)</i>				<i>Total</i>
		<i>CM</i>	<i>TD/T P</i>	<i>VT</i>	<i>B+ C</i>	
1	Fondements de la télédétection et des SIG					
1.1	Télédétection	20	40	10	5	75
1.2	Interprétation et analyse des images	40	95	10	5	150
1.3	Photogrammétrie	20	40	10	5	75
1.4	Géoinformatique	30	50	15	5	100
	Total partiel	110	225	45	20	400
2	Application de la télédétection et des SIG à l'étude des ressources naturelles et de l'environnement					
2.1	Progrès en matière de télédétection et dans le domaine des SIG	5			1	6
2.2	Météorologie par satellite	5			1	6
2.3	Processus terrestres	6			1	7
2.4	Développement durable et gestion intégrée des ressources	7			1	8
2.5	Surveillance et gestion des catastrophes naturelles	6			1	7
2.6	Analyse, surveillance, gestion de l'environnement et problèmes mondiaux	12	50		4	66
2.7	Application de la télédétection et des SIG dans des domaines thématiques (à choisir dans l'une des disciplines ci-après)	48	192	40	20	300
2.7.1	Agriculture et pédologie					
2.7.2	Foresterie et écologie					
2.7.3	Géosciences					
2.7.4	Établissements humains					
2.7.5	Ressources en eau					
2.7.6	Sciences de la mer					
	Total partiel	89	242	40	29	400
3	Travaux sur projets					
3.1	Planification de projets		50			50
3.2	Interprétation et analyse avant contrôle sur le terrain		100			100
3.3	Collecte de données sur le terrain			100		100

<i>Module et sous- module</i>	<i>Matière</i>	<i>Activité (heures)</i>				<i>Total</i>
		<i>CM</i>	<i>TD/T P</i>	<i>VT</i>	<i>B+ C</i>	
3.4	Analyse des données de terrain		50			50
3.5	Rapport d'interprétation et d'analyse après la visite sur le terrain		100			100
	Total partiel	<u> </u>	<u>300</u>	<u>100</u>	<u> </u>	<u>400</u>
	Total	199	767	185	49	1 200

Note: CM = Cours magistraux; TD+TP = Travaux dirigés et travaux pratiques;

VT = Visites sur le terrain; B+C = Travail en bibliothèque et conférences.

a Dans le module 3, TD +TP se limitent à des exercices pratiques.

Annexe I

Programme des six premiers cours

Module 1: Notions fondamentales relatives à la télédétection et aux SIG

Six cours universitaires supérieurs d'une durée de 9 mois portant sur la télédétection et les SIG ont été organisés au Centre de formation aux sciences et techniques spatiales pour l'Asie et le Pacifique. Cette annexe présente le programme de ces cours.

Les matières et les activités du module 1 sont indiquées dans le tableau 1. On trouvera ensuite une liste des activités et des ouvrages recommandés.

Tableau 1

Matières et activités du module 1

Sous-module	Matière	Code	Activités (heures)				Total
			Cours	Travaux dirigés et exercices pratiques	Visites sur le terrain	Travail en bibliothèque et conférences	
1.1	Télédétection	RS	20	40	10	5	75
1.2	Analyse d'images	IA	40	95	10	5	150
1.3	Photogrammétrie	PG	20	40	10	5	75
1.4	Géoinformatique	GE	<u>30</u>	<u>50</u>	<u>15</u>	<u>5</u>	<u>100</u>
	Total		110	225	45	20	400

Télédétection

Cours magistraux

Code	Intitulé
RS 1	Définition et vue d'ensemble de la télédétection et des systèmes de télédétection
RS 2	Historique et évolution de la télédétection
RS 3 et 4	Rayonnement électromagnétique, termes et définitions, lois du rayonnement, spectre électromagnétique, sources de rayonnement électromagnétique
RS 5	Interaction entre le rayonnement électromagnétique et la matière, réflexion, absorption et transmission
RS 6	Interactions entre le rayonnement électromagnétique et l'atmosphère, fenêtres atmosphériques
RS 7 et 8	Systèmes de télédétection: systèmes actifs et passifs, systèmes à imagerie et sans imagerie, résolutions (spatiale, spectrale et temporelle)
RS 9	Orbites et plates-formes pour l'observation de la Terre
RS 10	Satellites d'observation de la Terre (Land Remote Sensing Satellite (Landsat), Satellite pour l'observation de la Terre (SPOT), Indian Remote Sensing Satellite (IRS))
RS 11	Capteurs utilisés dans les satellites d'observation de la Terre et leurs caractéristiques géométriques et autres
RS 12	Réception de données, traitement et production de données
RS 13 et 14	Principes de la télédétection thermique, y compris ses utilisations
RS 15 et 16	Principes de la télédétection à micro-ondes (avec visualisation et sans visualisation)
RS 17 et 18	Corrections géométriques et radiométriques et sources d'erreurs dans les données obtenues par satellite
RS 19	Collecte de données sur la réalité de terrain; utilisation de radiomètres, de spectrophotomètres, etc.
RS 20	Réflectance spectrale et signature spectrale pour l'eau, les terres et la végétation

Exercices pratiques et visite sur le terrain

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Exercices pratiques (heures)</i>	<i>Visites sur le terrain (heures)</i>
EX.RS 1	Étude de l'annotation des images satellitaires (informations) Landsat, SPOT et IRS	4	
EX.RS 2	Étude des données satellitaires, détermination du tracé des systèmes de drainage	5	
EX.RS 3	Étude des données satellitaires, identification et cartographie de différents éléments de la surface	5	
EX.RS 4	Étude et utilisation de l'infrarouge; instruments de mesure du rayonnement thermique	5	
EX.RS 5	Interprétation des données de radars à ouverture synthétique (provenant de satellites) aux fins des études d'occupation des sols	5	
EX.RS 6	Étude des instruments de collecte de données terrestres, radiomètres, spectromètres, etc.	5	
EX.RS 7	Utilisation et analyse des données de microdensitomètre pour une image donnée	5	
EX.RS 8	Étude des couleurs additives et subtractives	5	
EX.RS 9	Collecte de données terrestres dans une zone donnée à l'aide de radiomètres et de spectromètres		10

Ouvrages recommandés

American Society of Photogrammetry and Remote Sensing. Manual of remote sensing. Vol. I et II. 2^e éd. Falls Church, Virginie, 1983.

Campbell, J. B. Introduction to remote sensing. 2^e éd. Londres, Taylor and Francis, 1996.

Curran, P. J. Principles of remote sensing. Essex, Longman Scientific and Technical Group, 1985.

Deekshatulu, B. L., et P. S. Roy. Human resource development in space technology applications. *Space forum* (Amsterdam) 5:239, 2000.

Kumar, M. Remote sensing. New Dehli, National Council for Educational Research and Training, 2001.

Lillesand, T. M., et R. W. Keifer. Remote sensing and image interpretation. 4^e éd. New York, John Wiley and Sons, 2000.

Sabins, F. F. Remote sensing principles and interpretation. San Francisco, W. H. Freeman, 1987.

Interprétation et analyse d'images

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>
IA 1	Principes d'interprétation visuelle de photographies aériennes et d'images satellitaires
IA 2	Éléments de reconnaissance et clefs pour l'interprétation visuelle
IA 3	Techniques d'interprétation visuelle
IA 4	Matériel de base pour l'interprétation
IA 5	Interprétation des photographies aériennes

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>
IA 6	Interprétation des images multispectrales
IA 7	Interprétation des images thermiques
IA 8	Interprétation des images obtenues à l'aide d'un radar aéroporté à antenne latérale
IA 9	Interprétation des images obtenues à l'aide d'un radar à antenne synthétique
IA 10	Principes du transfert de données et évaluation de l'exactitude de l'interprétation
IA 11	Introduction au traitement numérique de l'image
IA 12	Notions relatives à l'informatique et aux systèmes de traitement de l'image
IA 13 et 14	Statistiques: notions fondamentales
IA 15 et 16	Statistiques: théorie de la probabilité
IA 17 et 18	Statistiques: théorie bayésienne
IA 19 et 20	Statistiques: techniques d'échantillonnage
IA 21	Notions d'analyse d'image et de format de données numériques
IA 22 et 23	Notions de rectification et d'enregistrement d'image
IA 24	Techniques d'accentuation d'image
IA 25	Étirement de contraste, amélioration des contours et filtrage
IA 26	Accentuations spatiales de Fourier et rationnement spectral
IA 27	Analyse en composantes principales
IA 28	Techniques de transformation de l'intensité, de la tonalité chromatique et de la saturation et de fusion d'images
IA 29	Analyse de texture
IA 30	Principes de classification d'images et de classification dirigée
IA 31	Classification dirigée
IA 32 et 33	Classification non dirigée
IA 34	Exactitude de classification
IA 35	Modèle numérique d'élévation
IA 36	Production d'images stéréosatellites
IA 37 et 38	Techniques de traitement des données micro-ondes
IA 39 et 40	Étude avancée du traitement numérique de l'image

Exercices pratiques et visites de terrain

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Exercices pratiques (heures)</i>	<i>Visites sur le terrain (heures)</i>
EX.IA 1	Identification de caractéristiques sur des photographies aériennes verticales uniques	2	
EX.IA 2	Définition de détails à partir de couples stéréoscopiques	2	
EX.IA 3	Étude d'une zone donnée en noir et blanc, en infrarouge noir et blanc, photographies infrarouge couleur	6	
EX.IA 4	Étude de photographies multispectrales à l'aide d'un visualiseur à couleurs additives	4	
EX.IA 5	Étude d'images satellitaires (noir et blanc) dans différentes bandes et interprétation visuelle	4	
EX.IA 6	Étude d'images thermiques, interprétation d'éléments différents et traçage des isothermes	4	
EX.IA 7	Étude d'images radar, d'images de radar à antenne synthétique (micro-onde) et	4	

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Exercices pratiques (heures)</i>	<i>Visites sur le terrain (heures)</i>
	interprétation des caractéristiques		
<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Exercices pratiques (heures)</i>	<i>Visites sur le terrain (heures)</i>
EX.IA 8	Étude des images obtenues à l'aide d'un scanner multibande modulaire	4	
EX.IA 9	Interprétation d'éléments agricoles à partir d'images satellitaires d'origines différentes (IRS, SPOT, Landsat)	4	
EX.IA 10	Familiarisation avec les systèmes de traitement de l'image, méthodes de lancement	4	
EX.IA 11	Chargement et affichage d'images, identification d'objets sur des représentations vidéo, affichage d'histogrammes	4	
EX.IA 12	Technique d'accentuation d'images: accentuation du contraste, rationnement de bande, amélioration des contours, filtrage, découpage en plages de densité et fonctions de transfert	12	
EX.IA 13	Enregistrement d'images: images à carte, image à image, image à coordonnées d'utilisateur	8	
EX.IA 14	Techniques de classification d'images: dirigées et non dirigées	12	
EX.IA 15	Analyse numérique de données micro-ondes	4	
EX.IA 16	Analyse numérique de données satellitaires stéréographiques	6	
EX.IA 17	Collecte de données terrestres pour des ensembles de formation dans le cadre des systèmes de traitement de l'image à des fins de classification des images		10

Lectures recommandées

American Society of Photogrammetry and Remote Sensing. Manuel of remote sensing. Vol. I et II. 2^e éd., Falls Church, Virginie, 1983.

Avery, T. E., et G. L. Berlin. Interpretation of aerial photographs. Minneapolis, Burgen, 1985.

Gonzalez, R. C., et R. E. Woods. Digital image processing. New York, Addison Wesley, 1983.

Jensen, J. R. Introductory digital image processing: a remote sensing perspective. 2^e éd. Saddle River, New Jersey, Prentice Hall, 1996.

Lillesand, T. M., et R. W. Keifer. Remote sensing and image interpretation. 4^e éd. New York, John Wiley and Sons, 2000.

Richards, J. A., et Jia Xiuping. Digital image analysis. 3^e éd. New York, Springer, 1999.

Photogrammétrie

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>
PG 1	Notions fondamentales de photogrammétrie aérienne
PG 2	Appareils de prise de vues aériennes
PG 3	Développement de films en noir et blanc, en couleur, infrarouge noir et blanc, en infrarouge couleur, densité des films et courbes caractéristiques

PG 4	Planification des vols
PG 5	Caractéristiques géométriques fondamentales des photographies aériennes
PG 6	Échelle, couverture du sol et résolution des photographies aériennes, déplacement d'inclinaison et de relief
PG 7	Stéréovision, stéréomodèle et stéréoscopes
PG 8	Mesure de hauteurs à l'aide de photographies aériennes, parallaxe et mesure de parallaxes
PG 9	Capteurs satellitaires ou couverture vidéo balayage stéréo dans le sens de la trace au sol et transversalement
PG 10 et 11	Principes de la photogrammétrie stéréo
PG 12	Principes de la photogrammétrie satellitaire
PG 13	Principes de la radargrammétrie et interférométrie à l'aide du radar à ouverture satellite
PG 14 et 15	Instruments de restitution (stéréorestituteur)
PG 16 et 17	Aérotriangulation, surveillance aérienne et cartographie aérienne
PG 18 et 19	Principes de photogrammétrie numérique
PG 20	Principes de cartographie et d'établissement de cartes

Exercices pratiques et visites sur le terrain

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Exercice pratiques (heures)</i>	<i>Visites sur le terrain (heures)</i>
EX.PG 1	Essai stéréo	2	
EX.PG 2	Orientation de modèle stéréo sous des stéréoscopes à miroir	4	
EX.PG 3	Mosaïquage de photographies et détermination de l'échelle	6	
EX.PG 4	Utilisation d'une barre de parallaxe et détermination des hauteurs et de l'inclinaison	8	
EX.PG 5	Établissement d'une carte de base à partir d'une toposheet	4	

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Exercices pratiques (heures)</i>	<i>Visites sur le terrain (heures)</i>
EX.PG 6	Initiation à l'utilisation du stéréorestituteur et au tracé de détail	4	
EX.PG 7	Utilisation des planimètres et des projecteurs épiscopiques optiques	4	
EX.PG 8	Étude et utilisation du théodolite et des instruments électroniques de mesure des distances	4	
EX.PG 9	Familiarisation avec les systèmes photogrammétriques numériques	4	
EX.PG 10	Collecte de données terrestres et vérification sur des photos aériennes		10

Ouvrages recommandés

American Society of Photogrammetry and Remote Sensing. Photogrammetry. Vol. I et II. 2^e éd. Falls Church, Virginie, 1983.

Kilford, W. Elementary air survey. 4^e éd. Londres, Pitman Publishing, 1979.

Wolf, P. R. Elements of photogrammetry. New York, McGraw-Hill, 1974.

Géoinformatique

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>
GE 1	Initiation aux SIG
GE 2	Matériel et logiciel nécessaires pour les SIG

GE 3 et 4	Structures et formats des bases de données
GE 5	Structures des données vectorielles
GE 6	Structures des données rastrées
GE 7	Entrée, édition et topologie de données dans les SIG
GE 8	Intégration des données spatiales et non spatiales
GE 9 et 10	Projections cartographiques et transformations de données dans les SIG
GE 11 et 12	Analyse des données spatiales (vectorielles)
GE 13 et 14	Analyse des données spatiales (rastrées)
GE 15	Modèle numérique d'élévation et ses applications
GE 16	Intégration des données de télédétection et des SIG
GE 17	Évaluation des erreurs et de l'exactitude dans les SIG (qualité des données et sources d'erreurs)
GE 18 et 19	Analyse de réseau dans les SIG
GE 20	Caractéristiques des bases de données sur des zones étendues, mondiales et régionales
GE 21 et 22	Systèmes d'aide à la décision
GE 23, 24	Vue d'ensemble des progiciels de SIG actuels
GE 25, 26	Tendances en matière de géoinformatique
GE 27	Notions fondamentales relatives au système mondial de localisation (GPS)
GE 28 et 29	Types de GPS, satellites GPS, constellation de satellites GPS
GE 30	Applications du GPS aux enquêtes sur les ressources, à la cartographie et à la navigation

Exercices pratiques et visites sur le terrain

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Exercices pratiques (heures)</i>	<i>Visites sur le terrain (heures)</i>
EX.GE 1	Familiarisation avec les logiciels de SIG	4	
EX.GE 2	Numérisation des entrées de données (spatiales)	4	
EX.GE 3	Entrée de données: édition	4	
EX.GE 4	Entrée de données (non spatiales)	4	
EX.GE 5	Établissement de liens entre les données spatiales et non spatiales	4	
EX.GE 6	Création et enregistrement de bases de données	4	
EX.GE 7	Génération de modèles numériques d'élévation	4	
EX.GE 8	Analyse et modélisation de données	8	
EX.GE 9	Production de données à l'aide des SIG	4	
EX.GE 10	Familiarisation avec différents types de récepteurs GPS	2	
EX.GE 11	Vérification des coordonnées de cartes existantes à l'aide d'un GPS unique	4	
EX.GE 12	Calcul de coordonnées à l'aide de récepteurs GPS différentiels	4	
EX.GE 13	Collecte de données sur le terrain: données spatiales et non spatiales destinées à l'analyse et à la modélisation d'une zone donnée		10
EX.GE 14	Étude d'une petite zone à l'aide de récepteurs GPS		5

Ouvrages recommandés

Burroughs, P. A. Geographical information systems for land resources assessment. Oxford, Clarendon Press, 1986.

Chou, Y. H. Exploring spatial analysis in geographical information systems. Santa Fe, Nouveau-Mexique, Onward Press, 1997.

Laurini, R., et D. Thompson. Fundamentals of spatial information systems. Londres, Academic Press, 1992.

Longley, P. A., M. F. Goodchild, D. J. Maguire et D. W. Rhind. Geographical informatics systems. Vol. 1 et 2. 2^e éd. New York, John Wiley, 1997.

Module 2: Télédétection et applications des SIG aux études sur les ressources naturelles et à l'environnement

Les matières et les activités du module 1 (sous-modules 2.1 à 2.6) sont indiquées dans le tableau 2. On trouvera ensuite une liste des activités et des ouvrages recommandés. Plus loin, figurent des tableaux et des informations concernant les modules 2.7.1 à 2.7.6.

Tableau 2

Matières et activités du module 2

Sous-module	Matière	Code	Activités (heures)			Total
			Cours magistraux	Travaux dirigés et exercices pratiques	Travail en bibliothèque et conférences	
2.1	Concepts avancés relatifs à la télédétection et aux SIG	ARG	5	-	1	6
2.2	Météorologie par satellite	SM	5	-	1	6
2.3	Processus terrestres	EP	6	-	1	7
2.4	Développement durable et gestion intégrée des ressources	SD	7	-	1	8
2.5	Surveillance et gestion des catastrophes naturelles	ND	6	-	1	7
2.6	Analyse de l'environnement, gestion de la surveillance et questions mondiales	EA	<u>12</u>	<u>50</u>	<u>4</u>	<u>66</u>
	Total		41	50	9	100

Cours magistraux du module 2

Code	Intitulé
ARG 1 et 2	Progrès accomplis en matière de traitement numérique de l'image (fusion d'images, segmentation d'images, etc.)
ARG 3	Progrès accomplis en matière de technologie des SIG (SIG orienté objet, adaptation des SIG aux besoins de l'utilisateur, SIG sur le Web, etc.)
ARG 4	Radiométrie spectrale imageante et son utilisation
ARG 5	Nouveaux capteurs satellitaires (lasers, spectroscopie à fluorescence) et leur utilisation
SM 1 et 2	Fonction des satellites météorologiques et des systèmes embarqués pour l'évaluation des cyclones et typhons, des chutes de pluie, du profil d'humidité atmosphérique, etc.
SM 3	Analyse, prévision et modélisation météorologiques
SM 4	Estimation par satellite de la couleur de l'océan, productivité primaire nette, aérosol au-dessus de l'océan
SM 5	Agrométéorologie par satellite
EP 1	Cycles bio-géochimiques et rôle de la télédétection
EP 2	Cycle hydrologique et rôle de la télédétection
EP 3	Gaz à effet de serre et leur chimie atmosphérique
EP 4	Réchauffement de la planète et changement climatique
EP 5	Programme géosphère-biosphère de l'Indian Space Research Organization
EP 6	Effets du changement climatique sur les écosystèmes terrestres
SD 1	Concepts de développement durable et de capacité limite
SD 2	Gestion intégrée des ressources pour le développement durable, modèles de développement durable dans différentes régions bioclimatiques
SD 3	Hydrologie des bassins versants et planification intégrée des sols et de la préservation des ressources dans les bassins versants

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>
SD 4	Inventaire des ressources pédologiques et évaluation des terres en vue d'une planification agricole durable
SD 5	Gestion intégrée des zones côtières
SD 6	Planification de ressources urbaines selon une démarche intégrée
SD 7	Analyse des habitats de la faune et de la flore et gestion des zones protégées
ND 1 et 2	Catastrophes géologiques (glissements de terrain, tremblements de terre, éruptions volcaniques, etc.)
ND 3 et 4	Sécheresses et inondations
ND 5	Catastrophes agricoles (parasites et maladies, désertification, etc.)
ND 6	Incendies de forêt
EA 1	Problèmes de gestion de l'environnement, perspectives, action menée et questions socioéconomiques
EA 2 et 3	Préservation et gestion de la biodiversité
EA 4	Système d'information environnementale
EA 5	Pollution du sol, de l'eau et de l'air et leur surveillance
EA 6	Conséquences de l'industrialisation et effets des activités humaines sur l'environnement
EA 7 et 8	Effets de la construction d'un ouvrage dans la vallée d'un cours d'eau sur l'environnement
EA 9 et 10	Évaluation d'impact sur l'environnement
EA 11 et 12	Systèmes d'observation de la Terre au service des études des changements mondiaux

Le module 2 comprenait également 50 heures d'exercices pratiques consacrés au traitement numérique de l'image et aux SIG, ainsi qu'à la planification des projets.

Ouvrages recommandés

Bent, D., et A. Young. Soil survey and land evaluation. Londres, George Allen and Unwin, 1989.

Ecangman, E. T., et R. J. Gurney. Remote sensing in hydrology. Londres, Chapman and Hall, 1991.

Heywood, V. H. Fundamentals of ecology. Cambridge University Press, 1971.

Kidder, S. Q., et T. H. Vondar Harr. 1995, Satellite meteorology – an introduction. San Diego, Academic Press, 1995.

Singh, O. P., et D. C. Pande. Development planning: theory and practice. Nainital, Gyanodaya Prakashan, 1990.

Rao, U. R. Space technology for sustainable development. New Delhi, Tata McGraw-Hill, 1996.

Rao, U. R., M. G. Chandrasekhar et V. Jayaraman. Space and Agenda 21 – caring for the planet Earth. Bangalore, Prism Books, 1995.

Toselli, F., ed. Application of remote sensing to agrometeorology. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1989.

Deekshatulu, B. L., et P. S. Roy. Human resource development in space technology applications. *Space forum* (Amsterdam) 5:239, 2000.

Les matières et les activités du sous-module 2.7.1 sont indiquées dans le tableau 3. On trouvera ensuite une liste des activités et des ouvrages recommandés.

Tableau 3

Applications de la télédétection et des SIG à l'agriculture et aux sols (sous-module 2.7.1)

Sous-module	Matière	Code	Activités (heures)				Total
			Cours magistraux	Travaux dirigés et exercices pratiques	Visites sur le terrain	Travail en bibliothèque et conférences	
2.7.1.1	Inventaire des cultures et utilisation des sols	CL	12	48	10	5	75
2.7.1.2	Étude et cartographie des sols	SM	12	48	10	5	75
2.7.1.3	Agrométéorologie et gestion des eaux agricoles	AW	12	48	10	5	75
2.7.1.4	Évaluation des terres et planification de leur préservation	LC	<u>12</u>	<u>48</u>	<u>10</u>	<u>5</u>	<u>75</u>
	Total		48	192	40	20	300

Inventaire des cultures et utilisation des terres (sous-module 2.7.1.1)**Cours magistraux**

Code	Intitulé	Nombre de cours
CL 1	Généralités et introduction à la détection dans l'agriculture	1
CL 2	Caractéristiques spectrales des cultures	1
CL 3	Cartographie et analyse des changements de l'utilisation des terres à l'aide de la télédétection	1
CL 4	Principes de l'identification des cultures et estimation des superficies à l'aide de la télédétection	2
CL 5	Modélisation du rendement des cultures à l'aide de la télédétection	1
CL 6	Applications de la télédétection micro-ondes à l'inventaire des cultures	1
CL 7	Évaluation de la situation des cultures et des atteintes subies par les cultures à l'aide de la télédétection	1
CL 8	Applications des SIG à l'inventaire des cultures et à l'analyse de l'utilisation des terres	1
CL 9	Utilisation de la télédétection hyperspectrale pour l'inventaire des cultures	1
CL 10	Applications des SIG à la modélisation du rendement des cultures	1
CL 11	Agriculture de précision	1

Exercices pratiques, travaux dirigés et visites sur le terrain

Code	Intitulé	Exercices pratiques (heures)	Visites sur le terrain (heures)
EX.CL 1	Cartographie de l'utilisation des terres agricoles à l'aide de données aérospatiales	9	
EX.CL 2	Cartographie de l'utilisation des terres agricoles à l'aide de techniques numériques	6	
EX.CL 3	Collecte d'éléments de réalité de terrain pour l'analyse de l'utilisation des terres agricoles (visites sur le terrain)		10
EX.CL 4	Identification des cultures, estimation des superficies cultivées à l'aide de techniques numériques	5	
EX.CL 5	Démonstration du logiciel CAPEMAN pour l'inventaire des cultures	5	
EX.CL 6	Démonstration de données hyperspectrales (étude de cas MOS)	3	(Enseignant extérieur)

EX.CL 7	Évaluation des atteintes subies par les cultures	6
EX.CL 8	Création d'une base de données spatiales et non spatiales sur l'utilisation des terres et inventaire des cultures à l'aide des SIG	10
EX.CL 9	Changement de l'utilisation des terres et analyse des inventaires des cultures à l'aide des SIG	7

Ouvrages recommandés

Navalgund R. R., J. S. Parihar, Ajai et P.P.N. Rao. Crop inventory using remotely sensed data. *Current science* (Londres) 61:162, 1991.

Steven, M. D. et J. A. Clark, eds. Applications of remote sensing in agriculture. Londres, Butterworths, 1990. 169.

Toselli, F., ed. Applications of remote sensing to agrometeorology. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1989.

Johansen, C. J. Precision farming: farming by the inch. *The Earth Observer* (Greenbelt, Maryland) 6:24, 1994.

Sharma, T., et R. R. Navalgund. Integrated use of remote sensing and GIS for crop yield modeling. In proceedings of the Symposium on Remote Sensing of Environment with Special Emphasis on Green Revolution. Indian Society of Remote Sensing, 1995.

Vibay, F.T. Microwave responses of vegetation. *Advances in space research* (Amsterdam) 1:55, 1990.

Sites web

<http://www.SAA.NOAA.gov/>

<http://www.boku.ac.at/imp/agromet/agrar1.htm>

<http://www.apsru.gov.au>

<http://www.ciesin.org>

<http://edcwww.cr.usgs.gov/landdace>

<http://daac.gsfc.nasa.gov>

<http://eosweb.larc.nasa.gov>

<http://ghx.insfa.nasa.gov>

Reconnaissance et cartographie des sols (sous-module 2.7.1.2)

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre de cours</i>
SM 1	Généralités et introduction à la télédétection dans le domaine de la reconnaissance des sols	1
SM 2	Caractéristiques spectrales des sols	1
SM 3	Analyse physiographique et cartographie des sols à l'aide de données aériennes et de télédétection par satellite	2

SM 4	Système d'information sur les sols	1
SM 5	Utilisation de la télédétection hyperspectrale pour l'établissement d'un inventaire des ressources pédologiques	1
SM 6	Variabilité spatiale des sols	1
SM 7	Morphologie et classification des sols	3
SM 8	Techniques de traitement numérique de l'image pour la cartographie des ressources pédologiques	1
SM 9	Modélisation numérique de terrain pour l'inclinaison des terrains, analyse physiographique et de l'aspect pour la cartographie des sols	1

Exercices pratiques, travaux dirigés et visites sur le terrain

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Exercices pratiques (heures)</i>	<i>Visites sur le terrain (heures)</i>
EX.SM 1	Analyse physiographique et cartographie des sols à l'aide de données aérospatiales	10	
EX.SM 2	Morphologie et classification des sols	7	
EX.SM 3	Collecte d'éléments de réalité de terrain pour l'analyse physiographique, la classification et la cartographie des sols et la démonstration du spectro-radiomètre pour l'analyse des données hyperspectrales		10
EX.SM 4	Cartographie des sols et analyse physiographique à l'aide de techniques numériques	6	
EX.SM 5	Création de bases de données spatiales et non spatiales de physiographie, des sols, des inclinaisons, etc. à l'aide de SIG	12	
EX.SM 6	Production de modèles numériques de terrain et d'inclinaison, analyse physiographique et d'aspect à l'aide de SIG	9	

Références

Réflexion du sol

Baumgardner, M. F., L. F. Silva, L. L. Biehl et E. R. Stoner, Reflectance properties of soils. *Advancers in agronomy*. 38:1, 1985.

Ben-Dor, E., J. R. Irons et G. F. Epema. Soil reflectance. Remote sensing for Earth sciences: Manual of remote sensing, Rencz A. N., éd. 3^e éd. 3:111. New York, John Wiley and Sons, 1998.

Condit, H. R. The spectral reflectance of American soils. *Photogrammetric engineering and remote sensing*. 36:955-966, 1970.

Mulders, M. A. Remote sensing in soil science. *Developments in Soil Science* (Amsterdam) 379, 1987.

Rao, B.R.M., *et al.* Spectral behavior of salt-affected soils. *International journal of remote sensing*. 16:2125, 1995.

Stoner, E. R., et M. F. Baumgardner. Characteristic variations in reflectance of surface soils. *Journal of the Soil Science Society of America*. 45:1161, 1981.

Reconnaissance et évaluation des sols

Burrough, P. A. Principles of geographical information systems for land resources assessment. New York, Oxford University Press, 1986.

Dent, D., et A. Young. Soil survey and land evaluation. Londres, George Allen and Unwin, 1981.

Olson, G. W. Soils and the Environment. New York, Chapman and Hall, 1981.

Soil survey division staff. Soil survey manual. Ministère de l'agriculture des États-Unis (Washington, D.C.) Handbook 18, 1993.

Ministère de l'agriculture des États-Unis. Keys to soil taxonomy, 8^e éd. Washington. D. C., Government Printing Office, 1998.

Sites Web

<http://www.statlab.iastate.edu:80/soils/soiltax/>

<http://www.research.umbc.edu/~tbenja1/leblon/module9.html>

http://www.itc.nl/~rossiter/teach/SoL3_K5_links.html

http://www.itc.nl/~rossiter/research/rsrchs_s.html

http://wwwscas.cit.cornell.edu/landeval/le_notes/lecnot.htm

<http://wwwscas.cit.cornell.edu/landeval/landeval.htm>

Agrométéorologie et gestion des eaux agricoles (sous-module 2.7.1.3)

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre de cours</i>
AW 1	Éléments fondamentaux d'agrométéorologie et son importance pour l'agriculture	1
AW 2	Agrométéorologie par satellite (évapotranspiration, albedo, isolation, chutes de pluie, etc.)	2
AW 3	Utilisation de la télédétection par satellite dans la climatologie des surfaces terrestres	2
AW 4	Obtention de paramètres agrométéorologiques à l'aide de l'analyse avancée de données de satellite	1
AW 5	Évaluation de l'humidité du sol à l'aide de données optiques et micro-ondes	1
AW 6	Évaluation et surveillance de la sécheresse à l'aide de la télédétection	1
AW 7	Application des SIG pour le zonage agroclimatique et agroécologique	1
AW 8	Modélisation du bilan hydrique régional	1
AW 9	Applications des SIG pour la gestion des eaux agricoles	1
AW 10	Changements climatiques mondiaux et agriculture	1

Exercices pratiques, travaux dirigés et visites sur le terrain

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Exercices pratiques (heures)</i>	<i>Visites sur le terrain (heures)</i>
EX.AW 1	Inventaire des terres cultivées irriguées et non irriguées à l'aide de données obtenues par satellite et estimation des besoins en eau des cultures à l'aide des SIG	15	
EX.AW 2	Étude des caractéristiques spectrales de sols ayant des teneurs en humidité variables à l'aide d'un radiomètre au sol	6	
EX.AW 3	Collecte d'éléments de réalité de terrain en vue de l'établissement d'un inventaire des terres cultivées irriguées et de la gestion de la sécheresse		10

EX.AW 4	Analyse numérique pour l'humidité du sol, l'évaluation agrométéorologique et l'évaluation de la sécheresse	12
EX.AW 5	Création de bases de données sur l'agrométéorologie et le terrain et analyse du zonage agroécologique à la suite de l'utilisation de SIG	15

Références

Jensen, M. E., R. D. Burman et R. G. Allen, eds. Evapotranspiration and irrigation water requirements. *ASCE manual and reports on engineering practice* (Reston, Virginie) 70, 1994.

Stewart, J. B., E. T. Engman, R. A. Feddes et R. A. Ken. Scaling up in hydrology using remote sensing. New York, John Wiley and Sons, 1996.

Mavi, H. S. Introduction to agrometeorology. Oxford, IBH Publishing, 1994.

Mutreja, K. N. Applied hydrology. New Delhi, Tata McGraw-Hill, 1986. 314.

Perrier, A. Land surface processes: vegetation. Land surface processes in atmospheric general circulation models. New York, Cambridge University Press, 1982.

Sellers, P. J., S. I. Rasool et H. J. Bolle. A review of satellite data algorithms for studies of land surface. *Bulletin American Meteorological Society*. 71 (10):1429, 1990.

Burman, R. D., R. H. Cuenca et A. Weiss. Techniques for estimating irrigation water. *Advances in irrigation*. Vol. 2. Hiller, D., ed. New York, Academic Press, 1983. 335.

Bausch, W. C. Remote sensing of crop coefficients for improving irrigation scheduling of corn. *Agriculture water management*. 27:55, 1995.

Doorenbos, J., et W. O. Pruitt. Guidelines for predicting crop water requirements. Irrigation and drainage paper No. 24. Rome, 64. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 1997.

Seguin, B. Use of surface temperature in agrometeorology. Application of remote sensing to agrometeorology. F. Tosseli, ed. Dordrecht, Kluwer Academic Publications, 1989. 221.

Seguin, B., D. Coaranet et M. Guerif. Satellite thermal IR data applications in agricultural meteorology. *Advances in space research* (Amsterdam) 5:207, 1993.

Sites Web

<http://www.SAA.NOAA.gov/>

<http://www.boku.ac.at/imp/agromet/agrar1.htm>

<http://www.apsru.gov.au>

<http://www.ciesin.org>

<http://edcwww.cr.usgs.gov/landdace>

<http://daac.gsfc.nasa.gov>

<http://eosweb.larc.nasa.gov>

<http://ghx.insfa.nasa.gov>

Évaluation des terres et planification de la préservation des sols (sous-module 2.7.1.4)

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre de cours</i>
LC 1	Concept et approches de l'évaluation des terres	3
LC 2	Identification et cartographie des terres dégradées	2
LC 3	Modélisation de l'érosion des sols et évaluation des dangers	1
LC 4	Modélisation de l'érosion des sols axée sur les processus	1
LC 5	Analyse des bassins versants et établissements de priorités	2
LC 6	Planification de la préservation des sols	1
LC 7	Système d'aide à la décision pour la planification de l'utilisation des terres	1
LC 8	Planification optimale de l'utilisation des terres pour le développement durable	1

Exercices pratiques, travaux dirigés et visites sur le terrain

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Exercices pratiques (heures)</i>	<i>Visites sur le terrain (heures)</i>
EX.LC 1	Cartographie des terres dégradées à l'aide de données aérospatiales	6	
EX.LC 2	Cartographie des terres dégradées à l'aide de techniques numériques	10	
EX.LC 3	Collecte d'éléments de réalité de terrain concernant les paramètres de bassins versants et les terres dégradées		10
EX.LC 4	Applications des SIG à l'inventaire de l'érosion des sols	10	
EX.LC 5	Évaluation des terres et analyse d'adéquation	12	
EX.LC 6	Analyse de bassins versants: établissement de priorités et proposition de mesures de préservation des sols	10	

Ouvrages recommandés

Bocco, G., J. Palacio et C. R. Valenzuela. Gully erosion modeling using GIS and geomorphic knowledge. *ITC Journal*. 3:253, 1990.

Csillag, F., L. Pasztor et Biehl. Spectral band selection for the characterization of salinity status of soils. *Remote sensing of environment*. 43:231, 1993.

Dwivedi, R. S., et K. Sreenivas. Image transforms as a tool for the study of soil salinity and alkalinity dynamics. *International journal of remote sensing*. 19(14):605, 1998.

Melternicht, G., et J. A. Zinck. Spatial discrimination of salt and sodium affected soil, soil surfaces. *International journal of remote sensing*. 18(12):2571, 1997.

Natural resources management – a new perspective. Karale, R. L., ed. Bangalore, National Natural Resources Management System, 1992.

Verma, K. S., R. K. Saxena, A. K. Barthwal et S. N. Deshmukh. Remote sensing techniques for mapping salt affected soils. *International journal of remote sensing*. 15 :1901,1994.

Les matières et les activités du sous-module 2.7.2 sont indiquées dans le tableau 4. On trouvera ensuite une liste des activités et des ouvrages recommandés.

Tableau 4

Applications de la télédétection et des SIG à la sylviculture et à l'écologie (sous-module 2.7.2)

<i>Sous-module</i>	<i>Matière</i>	<i>Code</i>	<i>Activités (heures)</i>				<i>Total</i>
			<i>Cours magistraux</i>	<i>Exercices pratiques</i>	<i>Visites sur le terrain</i>	<i>Travail en bibliothèque et conférences</i>	
2.7.2.1	Classification et cartographie des forêts	FCM	12	48	10	5	75
2.7.2.2	Inventaire des forêts	FI	12	48	10	5	75
2.7.2.3	Gestion des forêts	FM	12	48	10	5	75
2.7.2.4	Analyse des écosystèmes	EA	<u>12</u>	<u>48</u>	<u>10</u>	<u>5</u>	<u>75</u>
Total			48	192	40	20	300

Classification et cartographie des forêts (sous-module 2.7.2.1)**Cours magistraux**

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre de cours</i>
FCM 1	Techniques d'interprétation des photographies aériennes	1
FCM 2	Cartographie des forêts à l'aide de photographies aériennes	2
FCM 3	Réponse spectrale de la végétation	1
FCM 4	Indices spectraux pour l'analyse de la végétation	1
FCM 5	Interprétation d'images satellitaires (visuelles) pour la cartographie des forêts	2
FCM 6	Interprétation d'images satellitaires (numériques) pour la cartographie des forêts	2
FCM 7	Détection et surveillance des changements forestiers	1
FCM 8	Détection des maladies forestières	1
FCM 9	Télédétection micro-ondes appliquée aux forêts	1

Exercices pratiques et visites sur le terrain

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Exercices pratiques (heures)</i>	<i>Visites sur le terrain (heures)</i>
EX.FCM 1	Cartographie forestière à l'aide de photographies aériennes	6	3
EX.FCM 2	Mesure des signatures spectrales de la couverture végétale et leur interprétation	3	1
EX.FCM 3	Interprétation visuelle des images satellitaires pour la cartographie des forêts	9	6
EX.FCM 4	Interprétation numérique d'images satellitaires pour la cartographie des forêts	15	
EX.FCM 5	Détection des changements forestiers	9	
EX.FCM 6	Détection des maladies forestières	6	

Ouvrages recommandés

American Society of Photogrammetry and Remote Sensing. Manual of Remote Sensing. Vol. I et II 2^e éd. Fall Church, Virginie, 1983.

Champion, H. G. Revised forest types of India. New Delhi, Government of India Publications, 1968.

Howarth, P. J., et C. M. Wicks. Procedure of change detection. *International journal of remote sensing*. 2:277, 1981.

Roy, P. S., *et al.* Tropical forest type mapping and monitoring using remote sensing. *International journal of remote sensing*. 12(11):2205, 1991.

Roy, P. S., K. P. Sharma et A. Jain. Stratification of density in dry deciduous forest using satellite remote sensing digital data: an approach based on spectral indices. *Journal of biosciences*. 21(5):723, 1996.

Singh, H., *et al.* Vegetation cover mapping using hybrid approach in digital classification. *Asian journal of geoinformatics*. 2(2):57, 2001.

Tomar, M. S., et A. R. Maslekar. Aerial photographs in land use and forest surveys. Dehradun, Jugal Kishore and Sons, 1974.

Inventaire forestier (sous-module 2.7.2.2)

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre de cours</i>
F 1	Principes de l'inventaire forestier	1
F 2	Techniques d'échantillonnage forestier	2
F 3	Cartographie du stock d'arbres en vue de l'établissement de plans de gestion	2
F 4	Planification de l'inventaire forestier	2
F 5	Techniques modernes de traitement de données	3
F 6	Évaluation du bois de chauffage et du fourrage présents dans les forêts	1
F 7	Détection et télémétrie par ondes lumineuses (LIDAR) pour l'estimation de la hauteur du peuplement forestier	1

Exercices pratiques et visites sur le terrain

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Exercices pratiques (heures)</i>	<i>Visites sur le terrain (heures)</i>
EX.FI 1	Mesure de la hauteur des arbres et de la densité du houppier sur des photographies aériennes	10	4
EX.FI 2	Techniques d'échantillonnage forestier	8	6
EX.FI 3	Analyses de données de terrain	8	
EX.FI 4	Estimation des stocks d'arbres	22	

Ouvrages recommandés

Chacko, V. J. A manual on sampling techniques for forest surveys. New Delhi, Government of India Publications, 1965.

Freese, F. Elementary forest sampling, Agriculture handbook No. 232. Washington, D.C., United States Department of Agriculture, 1962.

Vries, P. G. de. Sampling theory for forest sampling. Berlin, Springer-Verlag, 1986.

Hamilton, G. J. Forest mensuration handbook. Delhi, Periodical Expert Book Agency, 1992.

Loetsch, F., et K. E. Haller. Forest Inventory. Munich, BLV Verlag, 1973.

Gestion forestière (sous-module 2.7.2.3)

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre de cours</i>
FM 1	Analyse de l'adéquation des sites en vue d'une exploitation forestière	2
FM 2	Révision et actualisation des cartes sur les ressources forestières	2
FM 3	Gestion durable des forêts et gestion commune des forêts	2
FM 4	Zonage selon le risque d'incendie	2
FM 5	Planification de la mise en valeur des zones non cultivées	2
FM 6	Système d'information sur les ressources forestières (FRIS)	2

Exercices pratiques et visites sur le terrain

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Exercices pratiques (heures)</i>	<i>Visites sur le terrain (heures)</i>
EX.FM 1	Analyse de l'adéquation des sites en vue d'une exploitation agricole	9	6
EX.FM 2	Révision et actualisation des cartes sur les ressources forestières	9	4
EX.FM 3	Création de bases de données SIG pour la gestion forestière	30	

Ouvrages recommandés

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Land evaluation for forestry. Rome, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 1984.

Tomar, M. S. Use of aerial photographs in working plans. *Indian forester*. 102(2):98, 1979.

Singh, I. J., et P. S. Roy. Growing stock estimation through stratified random sampling. *Photonirvachak*. 18:29, 1990.

Kushwaha, S.P.S. Remote sensing for forest surveys and management. Proceedings. Varanasi, International Society for Tropical Ecology, 1987.

Roy, P. S. Tropical forest type mapping and monitoring using remote sensing. *International journal of remote sensing*. 12(11), 2205, 1991.

Analyse des écosystèmes (sous-module 2.7.2.4)

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre de cours</i>
EA 1	Analyse de paysages et écologie de préservation	3
EA 2	Caractérisation de la biodiversité	2
EA 3	Évaluation d'impact sur l'environnement	2
EA 4	Analyse des écosystèmes forestiers	2
EA 5	Analyse des écosystèmes des herbages	1
EA 6	Évaluation des habitats de la faune et de la flore	1
EA 7	Cycle du carbone et analyse de la productivité	1

Exercices pratiques et visites sur le terrain

Code	Intitulé	Exercices pratiques (heures)	Visites sur le terrain (heures)
EX.EA 1	Analyse des paysages	12	
EX.EA 2	Indices de perturbation et biorichesse	15	
EX.EA 3	Analyse de la végétation forestière	10	4
EX.EA 4	Estimation de la biomasse	11	6

Ouvrages recommandés

Odum, E. P. *Fundamentals of ecology*. Philadelphie, W. B. Saunders, 1976.

Ambasht, R. S., et N. K. Ambasht. *A handbook of ecology*. Varanasi, Students Friends and Company, 1996.

Forestry and Ecology Division. *Manual on biodiversity characterization at landscape level using remote sensing and GIS*. Dehradun, Indian Institute of Remote Sensing, 1999.

Roy, P. S., et S. Ravan, Biomass estimation using satellite remote sensing—an investigation on possible approaches for natural forest. *Journal of biosciences*. 21(4):535, 1996.

Porwal, M. C., P. S. Roy et V. Chellamuthu. Wildlife habitat analysis for ‘sambar’ (cervus unicolor) in Kanha National Park using remote sensing. *International journal of remote sensing*. 17(4):2683, 1996.

Roy, P. S., et S. Tomar. Biodiversity characterization at landscape level using geospatial modelling technique. *Biological conservation*, 95.

Roy, P. S., et S. Ravan. Landscape cover dynamics pattern in Meghalaya, *International journal of remote sensing*. 22(18):3813, 2001.

Les activités du sous-module 2.7.3 sont indiquées dans le tableau 5. On trouvera ensuite une liste des activités et des ouvrages recommandés.

Tableau 5

Applications de la télédétection et des SIG aux géosciences (sous-module 2.7.3)

Sous-module	Matière	Activités (heures)				Total
		Cours magistraux	Travaux dirigés et exercices pratiques	Visites sur le terrain	Travail en bibliothèque et conférences	
2.7.3.1	Télédétection et SIG en géologie	12	51	7	5	75
2.7.3.2	Télédétection et SIG en géomorphologie	12	51	7	5	75
2.7.3.3	Télédétection et SIG en hydrogéologie	12	51	7	5	75
2.7.3.4	Télédétection et SIG en géologie appliquée	<u>12</u>	<u>51</u>	<u>7</u>	<u>5</u>	<u>75</u>
	Total	48	204	28	20	300

Principes de la télédétection en géologie (sous-module 2.7.3.1)

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>
L 1 et 2	Télédétection en géologie: vue d'ensemble
L 3	Interprétation d'images obtenues par photographie aérienne et par satellite en interprétation lithologique
L 4	Interprétation d'images obtenues par photographie aérienne et par satellite en analyse structurelle
L 5	Interprétation géologique des données de télédétection thermique
L 6	Interprétation géologique des données de télédétection micro-ondes
L 7	Télédétection hyperspectrale pour la cartographie lithologique et l'exploration minérale
L 8	Organisation et conception de données géoscientifiques spatiales et non spatiales dans le cadre d'un environnement SIG
L 9 et 10	Intégration des données géoscientifiques dans un environnement SIG
L 11	Télédétection et SIG pour l'exploration pétrolière et minérale
L 12	Télédétection et SIG pour l'exploration et la gestion de minéraux
L 13 et 14	Principes de géostatistique et application aux géosciences

Exercices pratiques, visites sur le terrain et autres travaux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>
GE-P 1 à 6	Cartographie géologique sur la base de photographies aériennes
GE-P 7 à 15	Cartographie géologique à l'aide d'images par satellite
GE-P 16 à 21	Interprétation géologique de données de télédétection micro-ondes
GE-P 22 à 33	Applications géologiques de données de télédétection à l'exploration minérale et pétrolière
GE-P 34 à 44	Analyse d'images numériques et SIG dans les géosciences
	Travail en bibliothèque (3 heures)
	Visites sur le terrain: collecte de données lithologiques et structurelles (7 heures)
	Examen (7 heures)

Manuels

Burrough, P. A. Principles of GIS for land resources assessment. Oxford, Clarendon Press, 1986.

Gupta, R. P. Remote sensing geology. Berlin, Springer-Verlag, 1991.

Sabins, F. F., Jr. Remote sensing, principles and interpretation. 2^e éd. San Francisco, W. H. Freeman, 1978.

Jenson, J. R. Introductory digital image processing. 2^e éd. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, 1996.

Ouvrages recommandés

American Society of Photogrammetry and Remote Sensing. Manual of photographic interpretation, Washington, D.C., 1960.

American Society of Photogrammetry and Remote Sensing. Manual of remote sensing. Vol. I et II. 2^e éd. Falls Church, Virginie, 1983¹.

Allan, T. D., ed. Satellite microwave remote sensing. Chichester, Ellis Horwood, 1983.

Drury, S. A. Image interpretation in geology. Londres, Allen and Unwin, 1987.

Goetz, A.F.H., B. N. Rock et L. C. Rowan. Remote sensing for exploration: an overview. *Bulletin of the Society of Economic Geologists*. Vol. 78. 4:573, 1983.

Halbouty, M. T. Application of Landsat imagery to petroleum and mineral exploration, *The American Association of Petroleum Geologists bulletin*. Vol. 60. 5:745-793, 1976.

Lueder, D. R. Aerial photographic interpretation—principles and applications. New York, McGraw-Hill, 1959.

Lillesand, T. M., et R. W. Kiefer. Remote sensing and image interpretation. 4^e éd. New York, John Wiley and Sons, 2000.

Mekel, J.F.M. The use of aerial photographs and other images in geological mapping. ITC textbook of photo interpretation. Vol. VIII. Enschede, International Institute for Aerospace survey and Earth Sciences, 1970.

Miller, V. C. Photogeology. New York, McGraw-Hill, 1961.

Ray, R. G. Aerial photographs in geologic interpretation and mapping. US Geological Survey paper. 373:230, 1960.

Trevett, J. W. Imaging radar for resource surveys. Londres, Chapman and Hall, 1986.

Ulaby, F. T., R. K. Moore et A. K. Fung. Microwave remote sensing—fundamentals and radiometry. Reading, Massachusetts, Addison-Wesley, 1981.

Principes de télédétection en géomorphologie (sous-module 2.7.3.2)

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>
L 1	Géomorphologie: vue d'ensemble
L 2 et 3	Analyse du relief du terrain sur la base d'une interprétation de données obtenues par satellite
L 4	Morphométrie et analyse d'inclinaison des bassins versants
L 5 et 6	Télédétection aux fins de la cartographie géomorphologique et de l'évaluation du relief du terrain
L 7 et 8	Morphostructure, morphotectonique et néotectonique
L 9 et 10	Évaluation numérique intégrée du terrain à l'aide de SIG
L 11 et 12	Analyse des systèmes terrestres
L 13 et 14	Conférences

¹ Voir chapitres 9 et 16, révisés par rapport à la première édition de 1975.

Exercices pratiques, visites sur le terrain et autres travaux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>
P 1 à 12	Interprétation géomorphologique de photographies aériennes et d'images obtenues par satellite aux fins de l'analyse du relief du terrain
P 13 à 18	Morphométrie et analyse d'inclinaison des bassins versants
P 19 à 27	Analyse morphotectonique et néotectonique
P 28 à 33	Télédétection pour la cartographie géomorphologique
P 34 à 44	Évaluation de terrain intégrée à l'aide de la télédétection; analyse d'images numériques et SIG Travail en bibliothèque (3 heures) Visites sur le terrain: collecte de données sur le terrain concernant différents reliefs de terrain (7 heures) Examen (7 heures)

Manuels

Cooke, R. U., et J. C. Doornkamp. *Geomorphology in environmental management—a new introduction*. Oxford, Clarendon Press, 1990.

Lueder, D. R. *Aerial Photographic Interpretation—Principles and Applications*. New York, McGraw-Hill, 1959.

Strahler, A. N. *Modern physical geography*. 3^e éd. New York, John Wiley and Sons, 1978.

Townshend, J.R.G. *Terrain analysis and remote sensing*. Londres, George Allen and Unwin, 1981.

Ouvrages recommandés

American Society of Photogrammetry and Remote Sensing. *Manual of remote sensing*. Vol. I et II. 2^e éd. Falls Church, Virginie, American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, 1983.

Doornkamp, J. C., et C.A.M. King. *Numerical analysis in Geomorphology—an introduction*. Londres, Edward Arnold, 1971.

Demek, J., ed. *Manual of detailed geomorphological mapping*. Prague, Czechoslovak Academy of Sciences, 1972.

Fairbridge, R. W., ed. *The encyclopedia of geomorphology*. New York, Reinhold Book Corporation, 1968.

Horton, R. E. *Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology*. *Bulletin of the Geological Society of America*. 56:275, 1945.

Hails, J. R., ed. *Applied geomorphology*. Amsterdam, Elsevier, 1977.

Leopold, L. B., *et al.* *Fluvial processes in geomorphology*. New Delhi, Eurasia Publishing House, 1964.

Machatshek, F. *Geomorphology*. Clayton, K. M., ed. Edinburgh, Oliver and Boyd, 1969.

Maguire, D. J., M. F. Goodchild et D. Rhind. *Geographic information system, principles and applications*. Vol. II. New York, John Wiley and Sons, 1993.

Ollier, C. D. Weathering. Londres, Longman, 1976.

Thornbury, W. D. Principles of geomorphology. New York et Londres, John Wiley and Sons, 1991.

Verstappen, H. Th. Fundamentals of photogeology/geomorphology. ITC textbook of photo interpretation. Delft, International Training Centre for Aerial Survey, 1963.

Verstappen, H. Th. Remote sensing in geomorphology. Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing, 1977.

Way, D. S. Terrain analysis. Dowden, Pennsylvanie, Hutchinson and Boss, 1973.

Verstappen, H. Th. Fundamentals of photogeology/geomorphology. ITC textbook of photo interpretation. Delft, International Training Centre for Aerial Survey, 1963.

Verstappen, H. Th. Remote sensing in geomorphology. Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing, 1977.

Way, D. S. Terrain analysis. Dowden, Pennsylvanie, Hutchinson and Boss, 1973.

Principes de télédétection en hydrogéologie (sous-module 2.7.3.3)

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>
L 1 et 2	Principes de télédétection en cartographie géohydrologique et en exploration des eaux souterraines
L 3 et 4	Importance de la cartographie géologique des roches et des structures et leurs propriétés hydrogéologiques dans l'exploration des eaux souterraines
L 5	Importance de la cartographie géomorphologique de différents reliefs de terrain et leurs propriétés hydrologiques dans l'exploration des eaux souterraines
L 6 et 7	Télédétection et SIG dans l'exploration et la gestion des eaux souterraines dans le cas des roches dures et des matériaux non agglomérés
L 8 et 9	SIG pour la modélisation des eaux souterraines
L 10	Gestion des eaux souterraines, recharge artificielle et récolte des eaux de pluie
L 11	Ressources en eaux souterraines et leur estimation
L 12	Qualité des eaux souterraines
L 13 et 14	Conférences

Exercices pratiques, visites sur le terrain et autres travaux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>
GH-P 1 à 9	Interprétation géologique et géomorphique de photographies aériennes pour l'exploration des eaux souterraines
GH-P 10 à 15	Interprétation géologique et géomorphique des images obtenues par satellite pour l'exploration des eaux souterraines
GH-P 16 à 31	Prébalisage des eaux souterraines dans des zones caractérisées par des reliefs de terrains différents (matériaux non agglomérés, matériaux semi-agglomérés et roches dures)
GH-P 32 à 44	Télédétection et SIG dans l'exploration et la gestion des eaux souterraines

Code

Intitulé

Bibliothèque (3 heures)

Visites sur le terrain: collecte de données relatives à la réalité de terrain en ce qui concerne les caractéristiques hydrogéomorphologiques correspondant à différents types de terrain, le niveau phréatique, la qualité de l'eau, etc. (7 heures)

Examen (7 heures)

Manuels

Fetter, C. W. Applied hydrogeology. 2^e éd. Columbus, Ohio, Charles E. Merrill, 1988.

Karant, K. R. Groundwater assessment, development and management. New Delhi, Tata McGraw-Hill, 1987.

Ragunath, H. M. Groundwater. 2^e éd. New Delhi, Wiley Eastern, 1990.

Todd, D. K. Groundwater hydrology. New York, John Wiley and Sons, 1959.

Ouvrages recommandés

American Society of Photogrammetry and Remote Sensing. Manual of photographic interpretation. Washington, D. C., 1960.

American Society of Photogrammetry and Remote Sensing. Manual of remote sensing. Vol. I et II. 2^e éd. Falls Church, Virginie, 1983.

Davis, S. N., et R.J.M. De Wiest. Hydrogeology. New York, John Wiley and Sons, 1966.

Eaton F. M. Significance of carbonated in irrigation water. *Soil sciences*. Vol. 69. 1950.

Heath, R. C., et F. W. Trainer. Introduction to groundwater hydrology. New York, John Wiley and Sons, 1968.

Indian Standard Institution. Indian standard specification for drinking water. No. 10500. New Delhi, 1991.

Lueder, D. R. Aerial photographic interpretation—principles and applications. New York, McGraw-Hill, 1959.

Meijerink, A.M.J. Photo-interpretation in hydrology—geomorphic approach. Enschede, International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences, 1970.

Nefedov, K. E., et T. A. Popova. Deciphering of groundwater from aerial photographs. New Delhi, Amerind Publishing, 1972.

Sabins, F. Jr. Remote sensing—principles and interpretation. San Francisco, W. H. Freeman, 1997.

Organisation mondiale de la santé. Directives de qualité pour l'eau de boisson. Recommandations. 2^e éd. Genève, 1993.

Télédétection et SIG en géologie appliquée (sous-module 2.7.3.4)

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>
L 1	Télédétection pour les études de géologie appliquée
L 2 et 3	Télédétection pour les études relatives aux matériaux de construction et l'estimation de la résistance des masses rocheuses
L 4 et 5	Télédétection pour la cartographie de l'érosion et du processus de mouvement des masses
L 6	Télédétection pour les études d'alignement d'autoroutes
L 7	Télédétection pour l'étude des travaux dans les vallées de cours d'eau
L 8 à 10	Télédétection et SIG pour le zonage et la modélisation des dangers naturels
L 11 et 12	Application de l'interférométrie à l'analyse des dangers géologiques
L 13 et 14	Conférences

Exercices pratiques, visites sur le terrain et autres travaux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>
P 1 à 12	Télédétection pour les études relatives aux matériaux de construction et les estimations de la résistance des masses rocheuses
P 13 à 24	Télédétection pour l'étude de l'érosion et des processus de mouvement de masses
P 25 à 27	Télédétection pour les études d'alignement d'autoroutes
P 28 à 30	Télédétection pour l'étude des travaux dans les vallées de cours d'eau
P 31 à 44	Télédétection et SIG pour l'étude des dangers géologiques Travail en bibliothèque (3 heures) Visites sur le terrain (7 heures) Examen (7 heures)

Manuels

Anderson, M. G., et K. S. Richards, eds. Slope stability. New York, John Wiley and Sons, 1987.

Crozier, M. J. Landslides: causes, consequences and environment. Londres, Croons Helm, 1986.

Kennie, T.J.M., et M. C. Mathews. Remote sensing in civil engineering. New York, John Wiley and Sons, 1985.

Townshend, J.R.G. Terrain evaluation and remote sensing. Sydney, George Allen and Unwin, 1981.

Ouvrages recommandés

Babkov, V., et M. Zamakhayer. Highway engineering. Moscou, Mir, 1967.

Brundsen, D., et D. B. Prior. Slope instability. New York, John Wiley and Sons, 1984.

Burrough, P. A. Principles of geographic information system for land resource assessment. Oxford, Clarendon Press, 1986.

Carrara, A. Multivariate models for landslide hazard evaluation. *Mathematical geology*. Vol. 15. 1983.

Carrara, A. Landslide hazard mapping by statistical methods: a “black box” model approach. Proceedings of the International Workshop on Natural Disasters in European-Mediterranean Countries, Pérouse (Italie), 27 juin-1^{er} juillet 1988.

Davis, J. C. Statistics and data analysis in geology. New York, John Wiley and Sons, 1973.

Gee, M. D. Classification of landslide hazard zonation methods and a test of prediction capability. Proceedings of the Sixth International Symposium on Landslides. Christchurch (Nouvelle-Zélande), Vol. 2.

Krynine, D. P., et W. R. Judd. Principles of engineering geology and geotechniques. Londres, McGraw-Hill, 1957.

Legget, R. F. Geology and engineering. New York, McGraw-Hill, 1962.

Lueder, D. R. Aerial photographic interpretation—principles and applications. New York, McGraw-Hill, 1959.

Lahee, F. H. Field geology, New York, McGraw-Hill, 1952.

Hills, E. S. Outlines of structural geology. New York, John Wiley and Sons, 1953.

Woods, K. B. Highway engineering handbook. New York, McGraw-Hill, 1960.

Van Westen, C. J. Application of geographic information systems to landslide hazard zonation. Enschede, ITC Publication No. 15. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, 1993.

Massonnet, D., et K. L. Feigl. Radar interferometry and its application to changes in the Earth’s surface. *Reviews of Geophysics*. 36(4):441, 1998.

Rocca F., C. Prati et A. Ferretti. An overview of ERS-SAR Interferometry. Proceedings of the 3rd ERS Symposium. Paris, Agence spatiale européenne, 1997. SP-414:1.

Les matières et les activités du sous-module 2.7.4 sont indiquées dans le tableau 6. On trouvera ensuite une liste des activités et des ouvrages recommandés.

Tableau 6

Applications de la télédétection et des SIG à l’analyse des établissements humains (sous-module 2.7.4)

Sous-module	Matière	Activités (heures)				Total
		Cours magistraux	Travaux dirigés et exercices pratiques	Visites sur le terrain	Travail en bibliothèque et conférences	
2.7.4.1	Applications de la télédétection à l’urbanisme et à la planification régionale, à la cartographie et à l’analyse	12	48	10	5	75
2.7.4.2	Applications de la télédétection à la planification de l’utilisation des sols dans les villes et à la	12	48	10	5	75

	surveillance des zones urbaines					
2.7.4.3	Applications de la télédétection à la gestion des ressources urbaines, aux services urbains et à l'évaluation des terres	12	48	10	5	75
2.7.4.4	Applications de la télédétection à la planification physique des environnements urbains et régionaux	<u>12</u>	<u>48</u>	<u>10</u>	<u>5</u>	<u>75</u>
	Total	48	192	40	20	300

Planification, cartographie et analyse des villes et des régions (sous-module 2.7.4.1)

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre de cours</i>
L 1	Utilisation de la télédétection et des données qui en découlent pour l'urbanisme et la planification régionale	1
L 2	Interprétation d'images, principes et techniques d'interprétation d'images visuelles et numériques	2
L 3	Interprétation et analyse portant sur les zones urbaines à l'aide d'images satellitaires et de photographies aériennes	2
L 4	Utilisation de la télédétection pour l'établissement de cartes à grande échelle concernant la base de données cadastrale et les zones urbaines	1
L 5	Informations cadastrales numériques à haute résolution	1
L 6	Évaluation des zones résidentielles	
L 7	Méthodes d'estimation de la population à l'aide de la télédétection	1
L 8	Détection, interprétation, délimitation et analyse des zones de taudis et de squats	1
L 9	Étude de la circulation et du stationnement à l'aide de photographies aériennes	2

Exercices pratiques

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre de cours</i>
P 1	Identification d'objets urbains sur des photographies aériennes à différentes échelles	6
P 2	Interprétation relative aux zones urbaines sur des images satellitaires	6
P 3	Interprétation et analyse relatives aux zones urbaines	
	A. Interprétation concernant les zones résidentielles	
	B. Études sur la circulation et le stationnement	12
P 4	Estimation de la population	12
P 5	Surveillance de la croissance urbaine	6
P 6	Identification d'objets dans les zones urbaines et collecte de données de terrain	6

Ouvrages recommandés

American Society of Photogrammetry and Remote Sensing. Manual of remote sensing. 2^e éd. Falls Church, Virginie, 1983.

Avery, T. E., et G. L. Berlin. Interpretation of aerial photographs. 4^e éd. Minneapolis, Burgen, 1985.

Jupenlatz, M. Cities in transformation. Hong Kong, University of Queensland Press, 1970.

Sundaram, K. V. Urban and regional planning in India. New Delhi, Vikas Publishing House, 1977.

Krishna Babu, P. Regional planning in India. Allahabad. Chugh Publications, 1988.

Kadiyali, L. R. Traffic engineering and transport planning. New Delhi, Khanna Publishers, 1978.

Lo, C. P. Applied remote sensing. Essex, Longman, 1986.

Adeniyi, P. O. An aerial photographic method for estimating urban population. Photogrammetric Engineering of Remote Sensing. Vol. 49. 4:545, 1983.

Branch, M. C. City planning and aerial information. Cambridge, Harvard University Press, 1971.

Centre des Nations Unies pour les établissements humains. Survey of slums and squatter settlements. Development studies series. Vol. 1. Dublin, Tycooly International, 1982.

GIM International. Cadastre in the 21st century. *GIM international*. Vol. 15. 1-7, 2001.

Planification de l'utilisation des sols urbains et surveillance des zones urbaines (sous-module 2.7.4.2)

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre de cours</i>
L 1	Contexte de la planification et principes de planification du développement des zones urbaines et de l'utilisation des sols	2
L 2	Systèmes de classification de l'utilisation des sols dans les villes, interprétation, surveillance et analyse de détection des changements à l'aide d'images satellitaires et de photographies aériennes	2
L 3	Cartographie et analyse de l'utilisation des sols dans les villes à l'aide d'images satellitaires et de photographies aériennes: avantages et limites	1
L 4	Cartographie et analyse de l'utilisation des sols dans les villes à l'aide d'images satellitaires et de photographies aériennes: études de cas	1
L 5	Rôle de la photographie aérienne de petit format dans la surveillance des changements de l'utilisation des sols dans les villes et les plans de développement	1
L 6	Cartographie de terrain à l'aide d'un laser aéroporté pour la cartographie de l'utilisation des espaces	1
L 7	Préservation des sols urbains à l'aide de la télédétection	1
L 8	Système d'information urbaine pour la planification des ressources et d'un développement intégré à l'aide de la télédétection	2
L 9	Gestion de l'information dans la ville	1

Exercices pratiques

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre d'heures</i>
	Classification des zones urbaines	12
	Surveillance de la planification urbaine et détection des changements dans la ville	12
	Cartographie et classification de l'utilisation des sols dans les zones urbaines	12
	Cartographie de l'utilisation des sols dans les zones urbaines et corrections de données de terrain dans ces dernières pour vérification et mise à jour	12

Ouvrages recommandés

Rhind, D., and R. Hudson. Landuse. New York, Methuen Publishers, 1980.

Lillesand, T. M., and R. W. Kiefer. Remote sensing and image interpretation. 2^e éd. New York, John Wiley and Sons, 1987.

Sokhi, B. S., and S. M. Rashid. Remote sensing and urban environment. New Delhi, Manak Publishers, 1999.

Chapin, F. S., and E. I. Kelser. Urban land use planning. Chicago, University of Illinois, 1979.

Ratcliffe, J. An introduction to town and country planning. 2^e éd. London, Hutchinson, 1976.

Gallion, A. B., et S. Eisner. The urban pattern. 4^e éd. New Delhi, BS Publishers and Distributors, 1984.

American Society of Photogrammetry. Manual of remote sensing. 2^e éd. Falls Church, Virginia, 1983.

Breese, G. Urbanization in newly developing countries. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, 1966.

Applications de la télédétection à la gestion des ressources urbaines, aux services urbains et à l'évaluation des sols (sous-module 2.7.4.3)

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre de cours</i>
L 1	Conception de bases de données pour l'analyse vectorielle ou tramée et statistique des ressources urbaines ou régionales et la planification de l'utilisation des sols (images tramées)	1
L 2	Conception de bases de données pour l'analyse vectorielle ou tramée et statistique des ressources urbaines ou régionales et la planification de l'utilisation des sols (images vectorielles)	2
L 3	Géomorphologie urbaine pour l'identification des dangers	1
L 4	Évaluation des terres et analyse d'adéquation en vue du développement urbain	2
L 5	Techniques de cartographie des zones urbaines, y compris la cartographie à l'aide de photographies et d'orthophotographies	1
L 6	Images orthophotographiques numériques	1
L 7	Tendances en matière de cartographie et d'analyse à l'aide de la télédétection, des SIG et du GPS dans le domaine de l'étude des villes	1
L 8	Environnement, services et planification des services collectifs (distribution d'énergie, d'eau, etc.) dans les villes	2
L 9	Cartographie des installations urbaines	1

Exercices pratiques

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre total d'heures</i>
P 1	Cartographie, zonage et classification des zones urbaines	9
P 2	Surveillance de l'environnement urbain	9
P 3	Urbanisme et cartographie des installations	9
P 4	Analyse d'adéquation des terres urbaines et évaluation des terres	12
P 5	Collecte de données de terrain sur les services collectifs et autres dans les zones urbaines	9

Ouvrages recommandés

Herbert, D. T., et R. J. Johnston. Geography and the urban environment. Vol. I à IV, New York, John Wiley and Sons, 1984.

Marsh, W. M. Environmental analysis for landuse and site planning. New York, McGraw-Hill, 1978.

Rubenstein, H. M. A guide to site and environmental planning. 2^e éd. New York, John Wiley and Sons, 1980.

Ramesh, A. Resource geography. New Delhi, Heritage Publishers, 1984.

Mahavir. Modelling settlement patterns for metropolitan regions: inputs from remote sensing. ITC publication No. 35. Enschede, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, 1996.

Lynch, K., et G. Hack. Site planning. 3^e éd. Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 1985.

Erb, T. L., *et al.* Analysis of landfills with historic airphotos, photogrammetric engineering and remote sensing. Vol. 47. 9:1363, 1981.

Burrough, P. A. Principles of geographical information systems for land resource assessment. Oxford, Clarendon Press, 1986.

Saini, N. S. Urban and regional information system. New Delhi, School of Planning and Architecture, 1986.

Lo, C. P. Geographical applications of aerial remote sensing. New York, Crow, Russak and Co., 1978.

Rame Gowda, K. S. Urban and regional planning: principles and case studies. Mysore, Prasaranga, 1986.

Monnier, J. B. Digital orthophotos and facilities management. *GIM international*. Vol. 13. 5, 1999.

Applications de la télédétection à la planification physique de l'environnement urbain et régional (sous-module 2.7.4.4)

Cours magistraux

Code	Intitulé	Nombre de cours
L 1	Applications de la télédétection à la planification régionale et de district	1
L 2	Processus relatif à l'environnement bâti: analyse intégrée à l'aide des techniques de télédétection	1
L 3	Planification de l'utilisation des sols urbains et évaluation des terres	1
L 4	Virtualisation du monde réel en trois dimensions pour la conception des villes	1
L 5	Modèle de surface numérique	1
L 6	Détermination des itinéraires	1
L 7	Modélisation pour l'analyse d'impact sur l'environnement urbain	1
L 8	Évaluation de la mise en œuvre des plans de développement	1
L 9	Analyse de la santé humaine et de l'environnement	1
L 10	Étude de la structure de la ville et des transports	1

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre de cours</i>
L 11	Utilisation des sols incompatible avec la topographie	1
L 12	Dangers urbains et gestion des risques	1

Exercices pratiques

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre d'heures</i>
EX. 1	Création de bases de données pour l'analyse de la zone urbaine; création de bases de données spatiales	24
EX. 2	Applications des SIG et des systèmes d'information sur les terres: <ul style="list-style-type: none"> - Planification des services collectifs - Surveillance de la croissance urbaine - Planification de l'utilisation des sols - Planification du développement, etc. 	24

Ouvrages recommandés

White, R. R. Urban environmental management. New York, John Wiley and Sons, 1994.

Sokhi, B. S., et S. M. Rashid. Remote sensing of urban environment. New Delhi, Manak Publishers, 1999

Bandhu, D. Environmental management. New Delhi, Indian Environmental Society, 1981.

Singh, V. N. Spatial urban pattern and growth of urbanization. New Delhi, Inter-India Publications, 1986.

Rashid, S. M., ed. Remote sensing in geography. New Delhi, Manak Publications. 1993.

Johnson, J. H. Suburban growth: geographical process at the edge of the western city. Londres, John Wiley and Sons, 1974.

Mayer, H. M., et F. K. Clyde. Readings in urban geography. Allahabad, Castral Bank Depot, 1967.

Government of India. Report of National Commission on Urbanization. Vol. IV:93-301, 1988.

Jordan, L. Virtualising the 3-D real world. *GIM international*. Vol. 14. 4-7, 2000.

Holm, M. Automatic creation of mosaics and surface models, *GIM international*. Vol. 13, 5, 2000.

Krupnik, A. Dem from SPOT images. *GIM international*. Vol. 13, 5, 1999.

Le tableau 7 indique les matières et les activités du sous-module 2.7.5. On trouvera ensuite une liste des activités et des ouvrages recommandés.

Tableau 7

Applications de la télédétection et des SIG aux sciences de la mer (sous-module 2.7.5)

Sous-module	Matière	Code	Activités (heures)				Total
			Cours magistraux	Travaux dirigés et exercices pratiques	Visites sur le terrain	Travail en bibliothèque et conférences	
2.7.5.1	Applications de la télédétection à la géomorphologie côtière et aux processus côtiers	CGCP	12	48	10	5	75
2.7.5.2	Applications de la télédétection à l'écologie côtière et marine	CME	12	48	10	5	75
2.7.5.3	Océanographie par satellite	SO	12	48	10	5	75
2.7.5.4	Applications des SIG à l'océanographie	GISO	<u>12</u>	<u>48</u>	<u>10</u>	<u>5</u>	<u>75</u>
Total			48	192	40	20	300

Applications de la télédétection à la géomorphologie côtière et aux processus côtiers (sous-module 2.7.5.1)**Cours magistraux**

Code	Intitulé	Nombre de cours
CGCP 1	Notions de géologie et de géomorphologie sous-marines	2
CGCP 2	Zone côtière: définition, notions et problèmes	1
CGCP 3	Notions de géomorphologie côtière	2
CGCP 4	Dynamique spatio-temporelle des reliefs des terrains côtiers, analyse du relief des terrains côtiers. Modifications de la ligne du littoral, etc.	2
CGCP 5	Principes des techniques d'interprétation visuelle en géomorphologie côtière	2
CGCP 6	Principe de la bathymétrie et de l'étude des profondeurs, et méthodes d'obtention de données sur la bathymétrie côtière à l'aide de données provenant de la télédétection visible, de radars à antenne synthétique et de LIDAR.	2
CGCP 7	Notions relatives aux marées et modes de circulation	1

Exercices pratiques et travaux dirigés

Code	Intitulé	Nombre d'heures
EX.CGCP 1	Interprétation d'images satellitaires pour l'identification et la délimitation des topographies côtières	6
EX.CGCP 2	Analyse de la topographie côtière et cartographie des changements de la ligne du littoral	6
EX.CGCP 3	Techniques de traitement numérique de l'image pour la cartographie des topographies côtières	10
EX.CGCP 4	Techniques de traitement numérique de l'image appliquées aux mesures de la densité des zones, aux modes de circulation, à la bathymétrie, à l'analyse des sédiments, etc.	26

Références

Garrison, T. Essentials of oceanography. Boston, Wadsworth Publishing Company, 1995.

Thornbury, W. D. Principles of geomorphology. New York, John Wiley and Sons, 1969.

Holmes, A. Principles of physical geology. Londres, Thomas Nelson and Sons, 1944.

Cracknell, A. P. Selected topics of coastal zone color scanner data evaluation in remote sensing applications in marine science and technology. Dordrecht, D. Reidel, 1983.

Applications de la télédétection à l'écologie côtière et marine (sous-module 2.7.5.2)

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre de cours</i>
CME 1	Notions d'écologie marine	2
CME 2	Applications de la télédétection à l'écologie côtière et marine	2
CME 3	Applications de la télédétection à la cartographie et à la surveillance des ressources biologiques (pêche et aquaculture), estimation quantitative de la chlorophylle à l'aide de données sur la couleur de l'océan	2
CME 4	Principes de la télédétection portant sur la mer, capteurs satellitaires et télédétection hyperspectrale pour l'identification des caractéristiques côtières	3
CME 5	Applications de la télédétection aux zones humides côtières et à leur surveillance	1
CME 6	Cartographie et surveillance de l'écosystème côtier, modification du niveau de la mer et effets sur l'écosystème côtier	2

Exercices pratiques et travaux dirigés

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre d'heures</i>
EX.CME 1	Cartographie et surveillance des ressources biologiques à l'aide de données satellitaires (pêche)	12
EX.CME 2	Cartographie des terres humides à l'aide de données satellitaires	12
EX.CME 3	Cartographie et surveillance des ressources biologiques à l'aide de données satellitaires (aquaculture)	12
EX.CME 4	Surveillance de la pollution	12

Références

Nybakken, J. W. Marine biology, an ecological approach. New York, Harper and Row, 1982.

Cracknell, A. P. Remote sensing applications in marine science and technology. Dordrecht, D. Reidel, 1982.

Barrow, C. J. Environmental management, principles and practices. Londres, Routledge, 1999.

Robinson, I. S. Satellite oceanography. New York, Ellis Horwood, 1985.

Océanographie satellitaire (sous-module 2.7.5.3)

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre de cours</i>
SO 1	Interaction des rayonnements électromagnétiques avec l'eau, physique des rayonnements infrarouges et principes de la radiométrie passive	2
SO 2	Notions d'optique relatives aux océans et l'utilité de celle-ci dans la télédétection de la couleur de l'océan	2
SO 3	Applications des données visibles de la télédétection à l'évaluation de la qualité de l'eau et à l'estimation de la productivité primaire	4
SO 4	Applications de la télédétection à la cartographie de la température de la surface de la mer	1
SO 9	Télédétection micro-ondes active de la mer	1
SO 10	Estimation des paramètres relatifs aux vagues, aux courants et aux marées à l'aide de la télédétection	1
SO 11	Applications de la télédétection pour l'obtention de données sur les vents et les échanges de chaleur entre l'air et la mer	1

Exercices pratiques et travaux dirigés

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre d'heures</i>
EX.SO 1	Obtention de données sur la température de la surface de la mer	10
EX.SO 2	Correction atmosphérique des données sur la couleur de l'océan	8
EX.SO 3	Cartographie de la température de la surface des océans	10
EX.SO 4	Estimations des paramètres relatifs aux vents, aux vagues, aux courants et aux marées	10
EX.SO 5	Cartographie de la couleur et de la pigmentation des côtes et estimation de la productivité	10

Références

Maul, G. A. Introduction to satellite oceanography. Dordrecht, Martinus Nijhoff, 1985.

Robinson, I. S. Satellite oceanography. New York, Ellis Horwood, 1985.

Cracknell, A. P. Remote sensing applications in marine science and technology. Dordrecht, D. Reidel, 1982.

Jerlov, N. G. Marine optics. Amsterdam, Elsevier, 1976.

Asrar, G. Theory and applications of optical remote sensing. New York, John Wiley and Sons, 1989.

Applications des SIG en océanographie (sous-module 2.7.5.4)

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre de cours</i>
GISO 1	SIG: concepts, modèles et système d'information, et conception des bases de données relatives à la zone côtière	2
GISO 2	Applications des SIG à la géomorphologie côtière intégrée en dynamique spatio-temporelle des topographies côtières	3
GISO 3	Applications des SIG à la surveillance et à la gestion des ressources biologiques côtières	1
GISO 4	Applications des SIG à la modélisation physique de l'analyse météorologique et climatologique des processus naturels	1
GISO 5	Applications des SIG à la modélisation des processus naturels sédimentaires côtiers	1
GISO 6	Applications des SIG à la modélisation des processus naturels (élévation du niveau de la mer, température de la surface de la mer), aux prévisions concernant la pêche et à la surveillance de la pollution côtière	3
GISO 7	Capteurs futurs pour l'environnement côtier et l'océanographie	1

Exercices pratiques et travaux dirigés

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre d'heures</i>
EX.GISO 1	Création de bases de données spatiales et non spatiales	12
EX.GISO 2	Applications des SIG: surveillance des changements géomorphiques et des modifications de la ligne du littoral	12
EX.GISO 3	Applications des SIG: surveillance des ressources biologiques	12
EX.GISO 4	Applications des SIG: température de la surface de la mer et pêche	12

Références

Cicin-Sain, B., et R. W. Knecht. Integrated coastal and ocean management concept and practices. Washington, D.C., Island Press, 1998.

Adalberto, V. Sea management: a theoretical approach. Londres, Elsevier, 1992.

Frankel, E. B. Ocean environmental management: a primer on the role of oceans and how to maintain their contributions to life on Earth. Saddle River, New Jersey, Prentice Hall, 1995.

Barrow, C. J. Environmental management, principles and practices. Londres, Routledge, 1999.

Sudarshana, R., *et al.* Subtle issue in coastal management. Dehdredun: Indian Institute of Remote Sensing, 2000.

Le tableau 8 indique les matières et les activités du sous-module 2.7.6. On présente ensuite une liste des activités et des ouvrages recommandés.

Tableau 8

Applications de la télédétection et des SIG aux ressources en eau (sous-module 2.7.6)

<i>Sous- module</i>	<i>Matière</i>	<i>Activités (heures)</i>				<i>Total</i>
		<i>Cours magistraux</i>	<i>Travaux dirigés et exercices pratiques</i>	<i>Visites sur le terrain</i>	<i>Travail en bibliothèque et conférences</i>	
2.7.6.1	Évaluation des ressources en eau	12	48	10	5	75
2.7.6.2	Caractérisation du bassin versant	12	48	10	5	75
2.7.6.3	Mise en valeur des ressources en eau	12	48	10	5	75
2.7.6.4	Gestion des ressources en eau	<u>12</u>	<u>48</u>	<u>10</u>	<u>5</u>	<u>75</u>
Total		48	192	40	20	300

Applications de la télédétection à l'évaluation des ressources en eau (sous-module 2.7.6.1)**Cours magistraux**

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre de cours</i>
L 1 et 2	Principes de la télédétection appliquée à l'évaluation des ressources en eau	2
L 3 et 4	Éléments et quantification hydrologiques à l'aide de la télédétection: collecte, transfert et traitement de mesures hydrologiques	2
L 5 et 6	Exploration des eaux souterraines dans des terrains constitués de matériaux agglomérés ou de roche dure	2
L 7 et 8	Exploration des eaux souterraines dans des matériaux non consolidés; terrain alluvial	2
L 9	Inventaire des eaux de surface	1
L 10	Caractéristiques spectrales et qualité de l'eau	1
L 11 et 12	Hydrologie de la neige, modélisation du ruissellement de la neige fondue et inventaire des glaciers	2

Exercices pratiques, travaux dirigés et visites sur le terrain

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre d'heures</i>
P 1 et T 1	Interprétation des images satellitaires à des échelles différentes pour l'étude des ressources en eau (photographies aériennes, images satellitaires obtenues à l'aide du capteur-imageur à balayage linéaire LISS III, appareil de cartographie thématique, LISS II; des données panchromatiques concernant la même zone seront interprétées)	11 plus 1
P 2 et T 2	Prébalisage des eaux souterraines dans différents types de roche (des photographies aériennes et des images satellitaires seront utilisées pour prébaliser la cartographie des eaux souterraines)	11 plus 1
P 3 et T 3	Cartographie des plans d'eau de surface (on aura recours à l'interprétation visuelle et au traitement numérique de l'image pour cartographier des citernes d'irrigation, des étangs, des réservoirs, des lacs, etc.)	11 plus 1

P 4 et T 4	Quantification d'éléments hydrologiques (on déterminera ou calculera divers éléments du cycle hydrologique en utilisant la télédétection, les SIG et des modèles mathématiques)	11 plus 1
FW 1	Réponse spectrale de différents détails hydrographiques	10

Ouvrages recommandés

American Society of Photogrammetry and Remote Sensing. Manual of remote sensing. Vol. II. Falls Church, Virginie, 1983.

Philip, S., et M. D. Shirley. Remote sensing: the quantitative approach. New York, McGraw-Hill, 1978.

Engman, E. T., et R. J. Gurney. Remote sensing in hydrology. Londres, Chapman and Hall, 1991.

Kennie, T.J.M., et M. C. Matthews. Remote sensing in civil engineering. New York, John Wiley and Sons, 1985.

Balakrishnan, P. Issues in water resources development and management and the role of remote sensing. Technical report ISRO-NNRMS-TR-67-86. Bangalore, Indian Society of Remote Sensing, 1986.

Archer, D. R., *et al.* The potential of satellite remote sensing of snow over Great Britain in relation to cloud cover. *Nordic Hydrology* (Kongens Lyngby, Danemark) 25, 1994.

Brunengo, M. J. A method of modeling the frequency characteristics of daily snow amount for stochastic simulation of rain-on-snowmelt events. *Proceedings of the Western Snow Conference*. 58, 1990.

Singh, P., *et al.* Snow and glacier contribution in the Ganga river at Devprayag. National Institute of Hydrology, Roorkee (Inde), 1994.

Applications de la télédétection à la caractérisation des bassins versants (sous module 2.7.6.2)

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre de cours</i>
L 1	Hydrologie des bassins versants et processus physiques à l'œuvre dans les bassins versants	1
L 2	Principes de l'interprétation des photographies aériennes et des images satellitaires dans l'identification lithologique et l'analyse structurelle	1
L 3 et 4	Organisation et conception de données spatiales et non spatiales dans l'ingénierie des ressources en eau	2
L 5 et 6	Modélisation de l'érosion, de l'érodabilité et de la production de sédiments et établissement de priorités pour les bassins versants	2
L 7 et 8	Caractérisation des bassins versants et modélisation hydrologique	2
L 9 et 10	Planification de la préservation des bassins versants	2
L 11 et 12	Applications du modèle altimétrique numérique aux ressources en eau	2

Exercices pratiques, travaux dirigés et visites sur le terrain

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre d'heures</i>
P 1 et T 1	Création de bases de données sur les ressources en eau: bases de données spatiales et non spatiales: entrée de données spatiales et non spatiales, rectification et production de cartes thématiques, qui serviront de point de départ pour d'autres analyses SIG	11 plus 1
P 2 et T 2	Identification des zones sujettes à érosion dans les bassins versants (on utilisera des photographies aériennes et des images satellitaires; on aura recours à des techniques visuelles et numériques pour identifier les zones sujettes à érosion)	11 plus 1
P 3 et T 3	Applications du modèle altimétrique numérique aux ressources en eau (direction de l'écoulement, accumulation de l'écoulement, délimitation automatique des sous-bassins versants)	11 plus 1
P 4 et T 4	Modélisation hydrologique à l'aide de SIG (on fera la démonstration des capacités du modèle HEC-1 de l'Hydrologic Engineering Centre (HEC) et du modèle de sources non ponctuelles agricoles)	11 plus 1
FW 2	Collecte de données sur les ressources dans de petits bassins versants	10

Ouvrages recommandés

Gregory, K. J., et D. E. Walling. Drainage basin form and process: a geomorphological approach. Londres, Edward Arnold, 1973.

Murty, V. V. N. Land and water management engineering. New Delhi, Kalyani, 1985.

Mutreja, K. N. Applied hydrology. New Delhi, Tata McGraw-Hill, 1990.

Pimentel, D. ed. World soil erosion and conservation. Cambridge, Cambridge University Press, 1993.

Rodda, J. C. Facets of hydrology. Londres, John Wiley and Sons, 1976.

Singh, G., *et al.* Manual of soil and water conservation practices. New Delhi, Oxford and IBH Publishing, 1990.

Chow, V. T., D. R. Maidment et L. W. Mays. Applied hydrology. Singapour, McGraw-Hill, 1988.

Applications de la télédétection à la mise en valeur des ressources en eau (sous-module 2.7.6.3)

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre de cours</i>
L 1 et 2	Planification des ouvrages construits dans des vallées de cours d'eau	2
L 3 et 4	Considérations relevant de la géo-ingénierie applicables à l'étude des ressources hydroélectriques	2
L 5 et 6	Morphologie des cours d'eau	2
L 7 et 8	Cartographie des zones gorgées d'eau et à forte teneur en sel dans les surfaces dominées	2
L 9	Évaluation de la gestion des eaux dans les surfaces dominées	1

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre de cours</i>
L 10 et 11	Établissement des calendriers d'irrigation et planification de l'eau stockée temporairement dans des aquifères	2
L 12	Évaluation d'impact sur l'environnement des ouvrages de mise en valeur des ressources en eau	1

Exercices pratiques, travaux dirigés et visites sur le terrain

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre d'heures</i>
P 1 et T 1	Cartographie de géo-ingénierie pour l'étude des ressources hydroélectriques (on utilisera des photographies aériennes et des images satellitaires (caméra panchromatique))	10 plus 1
P 2 et T 2	Identification des détails géomorphologiques des cours d'eau et des deltas	10 plus 1
P 3 et T 3	Classification de groupements de sols hydrologiques et de l'irrigabilité (on procédera, à partir d'une carte du sol, à une reclassification qui débouchera sur l'obtention d'une carte des groupements de sols hydrologiques, en utilisant un SIG)	10 plus 1
P 4 et T 4	Cartographie d'une zone dominée (on utilisera des multicapteurs et des données multitudes pour cartographier la zone dominée)	10 plus 1
P 5 et T 5	Évaluation des besoins en eau agricole (on déterminera les différentes pertes dues à l'évapotranspiration, à la percolation et au transport à l'aide de la télédétection et d'un SIG afin d'évaluer les besoins en eau agricole)	3 plus 1
FW 3	Collecte de données pour la mise en valeur des ressources en eau	10

Ouvrages recommandés

Doorenbos, J., et W. O. Pruitt. Guidelines for predicting crop water requirements. Irrigation and drainage paper No. 24. Rome, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 1977.

Ministère indien de l'irrigation. A guide for estimating irrigation water requirements. Technical series No. 2, rev. 144. New Delhi, Ministère indien de l'irrigation, Division de la gestion de l'eau, 1984.

Ministère indien de l'irrigation. Groundwater estimation methodology. Report of the Groundwater Estimation Committee. New Delhi, Gouvernement indien, 1984.

Ritchie, J. T. A model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. *Water resources research*. 8:5, 1972.

Veeranna, M. Groundwater resources and development potential of Karimnagar District, Andhra Pradesh. Central Ground Water Board, Ministère des ressources en eau, Gouvernement indien, 1990.

Applications de la télédétection à la gestion des ressources en eau (sous-module 2.7.6.4)

Cours magistraux

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre de cours</i>
L 1 et 2	Modélisation des eaux souterraines	2
L 3 et 4	Surveillance de la sécheresse et estimation de l'évapotranspiration à l'aide de données satellitaires	2
L 5	Sédimentation des réservoirs	1
L 6 et 7	Cartographie des zones inondables et évaluation des dégâts, application des données micro-ondes à l'étude des inondations	2
L 8	Bilan hydrique	1
L 9 et 10	Analyse de l'adéquation des sites pour les ouvrages de captation d'eau: utilisation de la télédétection et des SIG	2
L 11 et 12	Gestion intégrée des bassins versants en vue d'un développement durable	2

Exercices pratiques, travaux dirigés et visites sur le terrain

<i>Code</i>	<i>Intitulé</i>	<i>Nombre d'heures</i>
P 1 et T 1	Modélisation des eaux souterraines (on fera la démonstration du modèle d'écoulement des eaux souterraines à différence finie tridimensionnelle modulaire (MODFLOW) pour déterminer la profondeur des eaux souterraines; on créera également des couches de SIG)	11 plus 1
P 2 et T 2	Surveillance de la sécheresse, estimation de l'évapotranspiration (établissement de divers indices: indice de différences normalisées (NDVI), indice d'humidité des cultures (CMI), etc.; on calculera ces indices pour des données multitudes en vue de surveiller la sécheresse)	11 plus 1
P 3 et T 3	Bilan hydrique (on déterminera les différents éléments de l'équation du bilan hydrique à l'aide de la télédétection et des SIG)	11 plus 1
P 4 et T 4	Analyse des données de SIG pour le zonage des risques d'inondation (on utilisera divers modèles statistiques pour une période donnée, en combinaison avec un modèle d'élévation numérique pour la cartographie des zones inondables)	11 plus 1
FW 4	Collecte de données pour la gestion des bassins versants	10

Ouvrages recommandés

Bonham-Carter, G. F. Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS. Kidlington, Pergamon Press, 1994.

Laurini, R., et D. Thompson. Fundamentals of spatial information systems. Apic series No. 37. New York, Academic Press, 1994.

Meijerink, A. M. J., *et al.* Introduction to the use of geographic information systems for practical hydrology. Paris, Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, 1994.

Goel, R. K. Tutorial on GIS basics (preconference). Ahmedabad, Indian Society of Geoinformatics, 1996.

de Brouder, J. A. M. Flood study in the Meghna-Dhonagoda polder, Bangladesh. Document présenté lors de la quinzième Conférence asiatique sur la télédétection, Bangalore (Inde), 17-23 novembre 1994.

Commission économique et sociale pour l'Asie et le Pacifique. Integrated approach to flood disaster management and rural area development. *Water resources journal*. Bangkok, 1991

Durga Rao, K. H. V., P. L. N. Raju et P. Sharma. Application of GIS in flood alarming and flood hazard area zoning. Compte rendu de la Conférence internationale sur la mise en œuvre de la télédétection, 16-20 août 1999. Enschede, Institut international des levés aériens et des sciences de la Terre, 1999.

Durga Rao, K. H. V., V. Hariprasad et P. S. Roy. A suitable site for water harvesting: technology of remote sensing and GIS. Making water everybody's business. Aggarwal, A., S. Narain et I. Khurana, eds. New Delhi, Center for Science and Environment.

Mahamood, V., et K. H. V. Durga Rao. Groundwater modelling using remote sensing and GIS: a case study of Visakhapatnam, India. Compte rendu de la Conférence internationale sur la télédétection, les SIG et le GPS. Vol. I, 162. Hyderabad (Inde), 1^{er}-4 décembre 2000.

Gouvernement indien. Handbook of hydrology. New Delhi, Ministère de l'agriculture, 1972.

National Remote Sensing Agency. Integrated mission for sustainable development: technical guidelines. Department of Space, Gouvernement indien, 1975.

Thornthwait, C. W., et J. R. Mather. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Publications in climatology. Vol. 10, Centerton, New Jersey, 1957.

Vijayalakshami, K., K. P. R. Vittal et R. P. Singh. Water harvesting and reuse. Decade of dryland agriculture research in India (1971-1980). Hyderabad, All India Coordinated Research Project for Dryland Agriculture, Council of Agriculture Research, 1987.

Module 3: Travaux relatifs au projet, y compris collecte de données sur le terrain

Le tableau 9 indique les différentes étapes des travaux relatifs au projet par matière et activité. On trouvera ensuite une liste détaillée des activités.

Tableau 9

Project pilote

Sous-module	Matière	Activités (heures)		
		Exercices pratiques	Visites sur le terrain	Total
3.1	Planification du projet	50	–	50
3.2	Interprétation et analyse avant les travaux sur le terrain	100	–	100
3.3	Collecte de données de terrain	–	100	100
3.4	Analyse des données de terrain	50	–	50
3.5	Interprétation et analyse après les travaux sur le terrain	<u>100</u>	<u>–</u>	<u>100</u>
Total		300	100	400

Activités

Planification du projet: définition du problème, détermination des données nécessaires (télédétection, données collatérales, etc.), démarche, méthode d'analyse et interprétation.

Interprétation et analyse de données de télédétection: établissement de résultats, de cartes, de statistiques, etc.

Collecte de données sur le terrain: vérification des résultats; modifications.

Interprétation et analyse finales des données, mise au point définitive des cartes et des rapports sur les résultats sur la base des données de terrain.

Annexe II

Évaluation des étudiants

Les notes maximales pour chaque activité sont indiquées ci-dessous.

Code	Matière	Points			Total
		Théorie	Exercices pratiques	Travaux dirigés	
Module 1					
1.1	Télédétection	50	30	20	100
1.2	Photogrammétrie	50	30	20	100
1.3	Analyse d'images	100	60	40	200
1.4	Géo-informatique	100	60	40	200
					600
Total partiel					
Module 2					
2.1 à 2.6	Analyse et gestion de l'environnement (matières communes aux différentes sections)	200			200
2.7	Applications de la télédétection et des SIG aux domaines thématiques (optionnels) (deux dissertations)				
	Dissertation 1	100	70	30	200
	Dissertation 2	100	70	30	200
					600
Total partiel					
Module 3					
3.1	Planification du projet				50
3.2	Collecte de données de terrain				150
3.3	Analyse des données résultant de la télédétection et analyse des données provenant des SIG				150
3.4	Analyse, produits et rapport finals				150
3.5	Préparation et présentation de séminaires				100
					600
Total partiel					
Total					
					1 800

Les mentions suivantes seront attribuées:

A+ (très bien)	75 % ou plus
A (bien)	moins de 75% mais au moins 60 %
B (passable)	moins de 60 % mais au moins 50 %