UTILISATION DES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE EN EPIDEMIOLOGIE

Hélène Guis[1], **Marie Gély**[2], **Nicolas Moiroux**[3], **Annelise Tran**[2,4]

PLAN

1. Définition
2. Principe
3. Domaines d'utilisation
4. Les données d'un SIG
5. Les fonctionnalités d'un SIG
6. Lectures pour aller plus loin
7. Liste des principaux logiciels de SIG
8. Liens et forums

1. DEFINITION

Un système d'information géographique (SIG) est un outil permettant l'acquisition, le stockage, la mise à jour, l'intégration, l'analyse spatiale, la visualisation et la restitution de données numériques géoréférencées, c'est-à-dire localisées dans l'espace par leurs coordonnées géographiques. Il permet de manipuler et de traiter des données spatialisées de nature et de sources différentes. L'ensemble du système est constitué des matériels (tels que les ordinateurs et GPS (Global Positioning System, ou système de positionnement global)), logiciels, données, méthodes et utilisateurs.

2. PRINCIPE

Le principe des SIG est que chaque type d'objet est représenté par une couche d'information spatialisée : on peut par exemple avoir des couches avec les élevages, les villes, les cours d'eau, l'occupation du sol, le relief, la composition des sols… Le SIG permet de superposer ces couches en fonction de leur position dans l'espace (figure 1).

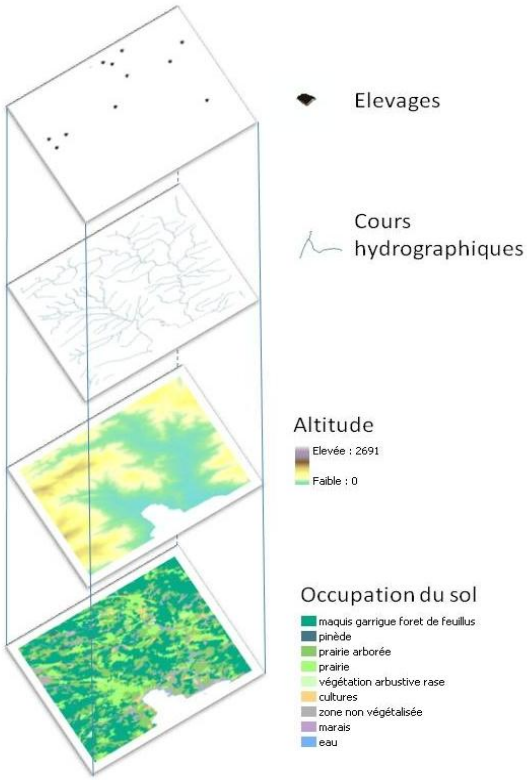
3. DOMAINES D'UTILISATION

Les SIG sont utilisés dans de très nombreux domaines : urbanisme, aménagement du territoire, environnement, agriculture, foresterie, géologie, transports, marketing… Ils sont de plus en plus utilisés dans le domaine de l'épidémiologie, qu'elle soit humaine, animale ou végétale. En effet, l'épidémiologie vise à étudier les phénomènes de santé d'une population dans l'espace et dans le temps et les SIG facilitent la représentation, l'analyse et la caractérisation de la composante spatiale (ou spatio-temporelle) des phénomènes de santé. Ils permettent par exemple de cartographier une maladie (en termes d'incidence ou de prévalence), les zones où le risque (produit de l'aléa et de la vulnérabilité) est le plus élevé, celles où le rapport bénéfice/coût de la lutte est le plus grand, de caractériser la structure spatiale d'événements de santé (telle que leur agrégation ou diffusion spatiale) ou encore de décrire leur voisinage afin de rechercher des facteurs de risques.

[1] Cirad, UMR CMAEE, F-34398 Montpellier, France
[2] Cirad, UPR AGIRS, F-34398 Montpellier, France
[3] IRD, UR 016, Cotonou, Bénin
[4] Cirad, UMR TETIS, F-34398 Montpellier, France

B. Toma, B. Dufour, J.J. Bénet, M. Sanaa, A. Shaw et F. Moutou. Epidémiologie appliquée à la lutte collective contre les maladies animales transmissibles majeures, AEEMA, Février 2010, 600 p. ; http://aeema.vet-alfort.fr

Figure 1
Couches thématiques d'un SIG



4. LES DONNEES D'UN SIG

Un SIG permet d'intégrer des couches thématiques regroupant des objets de même nature. Il existe deux modes de représentation des objets :

- Le mode vectoriel, dit « vecteur », c'est-à-dire sous forme de points, lignes ou polygones,
- Le mode matriciel, dit « raster », c'est-à-dire sous forme d'une image ou grille composée de cellules de même taille appelées pixels.

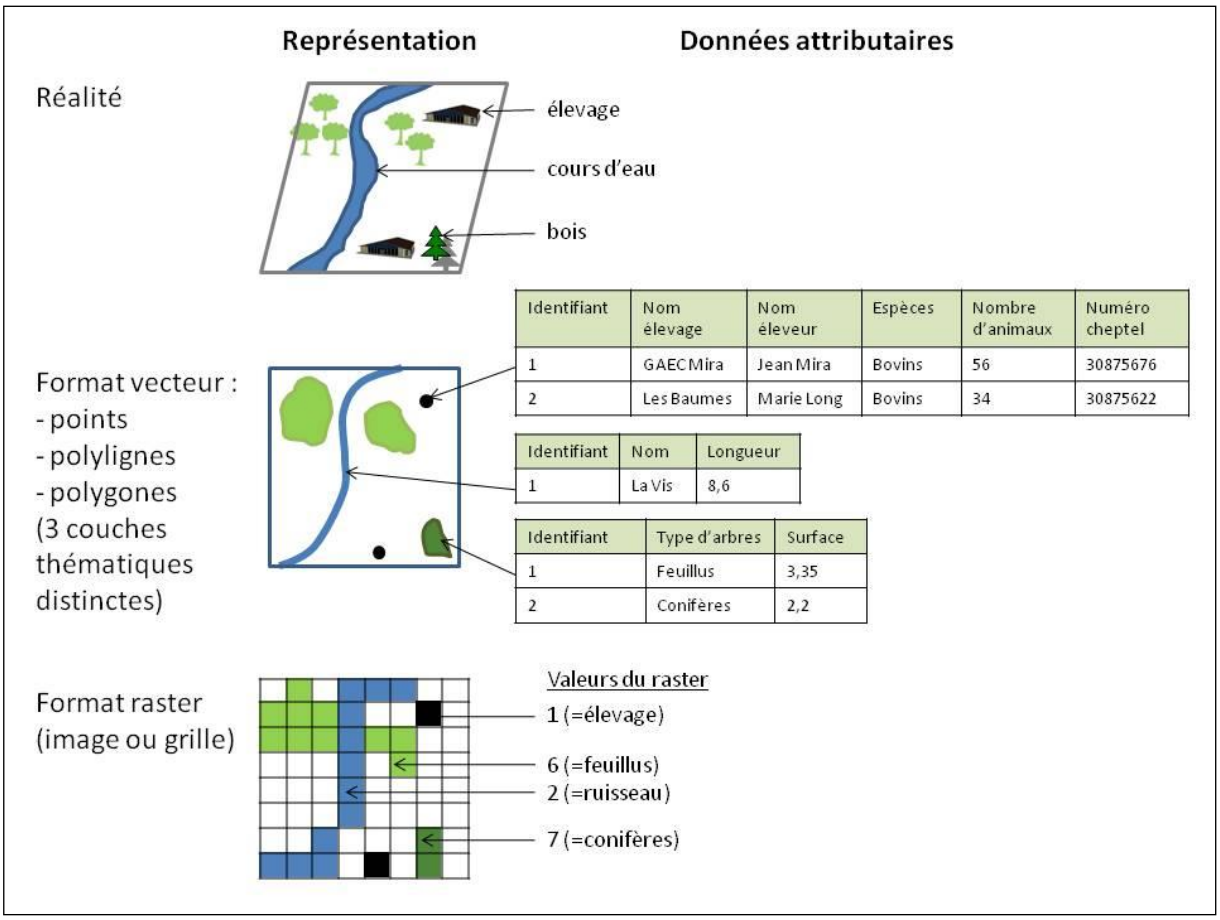
Dans les deux cas, l'information géographique est couplée avec une information attributaire renseignant sur les propriétés de l'objet (figure 2).

Pour un objet vectoriel, l'information attributaire est stockée dans une table associée. Par exemple, on peut avoir une couche thématique avec les élevages représentés sous forme de points. Dans la table attributaire, chaque ligne correspond à un élevage, et chaque colonne à un attribut de cet élevage : nom de l'élevage, nom de l'éleveur, nombre d'animaux pour chaque espèce, date de création, superficie…

Pour un objet matriciel, une information attributaire est associée à chaque pixel, c'est la valeur du pixel. Dans le cas d'un modèle numérique de terrain, la valeur des pixels sera l'altitude. Dans le cas d'une couche d'occupation du sol, chaque pixel aura une valeur représentant une classe de végétation (1 = forêt, 2 = eau, 3 = prairie… par exemple).

Figure 2

Formats de représentation des données dans un SIG et données attributaires associées

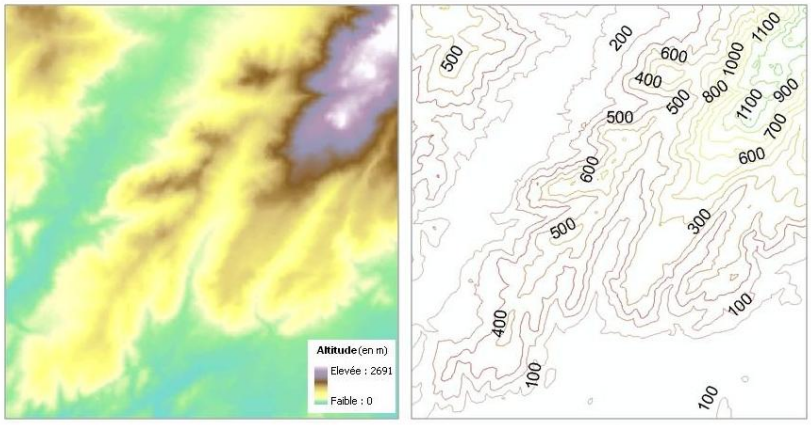


Un même objet peut être représenté dans les deux modes : par exemple une couche d'occupation du sol peut être représentée sous forme matricielle (comme expliqué précédemment) ou sous forme vectorielle, avec des polygones représentant des surfaces homogènes ayant la même occupation du sol. De même, un cours d'eau peut être représenté sous forme d'une ligne ou d'un polygone, ou bien sous forme d'une matrice codée sous forme binaire : tous les pixels ne représentant pas de l'eau sont codés avec la valeur 0 et ceux représentant de l'eau avec la valeur 1. De la même façon, l'altitude peut être représentée sous forme d'une couche matricielle ou sous forme de « courbes de niveaux » (ou isolignes ou isoplèthe d'altitude), chaque courbe étant en fait une ligne joignant tous les points d'une altitude donnée (figure 3).

Le choix de représentation d'un objet dans un mode ou dans l'autre dépend de la nature des données et des analyses que l'on veut effectuer. Les données présentant une variation continue dans l'espace sont souvent représentées sous forme matricielle ; inversement, les données fortement délimitées dans l'espace se prêtent bien à des représentations ponctuelles, linéaires ou polygonales. Les analyses effectuées à partir de ces deux modes de représentations peuvent différer : à partir de données vectorielles on peut calculer des distances entre objets ou compter un nombre d'objets dans un voisinage, alors qu'à partir de données matricielles, on peut effectuer des opérations arithmétiques par exemple multiplier, en tout point de l'espace, une valeur d'aléa avec une valeur de vulnérabilité pour calculer un risque. Certaines analyses peuvent être effectuées quel que soit le mode de représentation de l'objet; par exemple, la densité d'élevages par région peut être calculée soit à partir du nombre d'élevages représentés en mode ponctuel rapportée à la surface de la région, soit en moyennant, dans la région d'intérêt, les pixels d'une couche matricielle de densité d'élevage.

Figure 3

Altitude représentée aux formats raster et vecteur



Modèle numérique de terrain (format raster)

Isolignes d'altitude (format vecteur)

Il est possible dans un SIG de transformer une couche matricielle en une couche vectorielle, par exemple en regroupant les pixels de même valeur dans un polygone, et inversement de transformer une couche vectorielle en couche matricielle, en découpant les objets vectoriels en pixels par exemple.

5. FONCTIONNALITES DES SIG

On peut distinguer 4 fonctionnalités principales des SIG : l'acquisition de données, la gestion, l'analyse et la visualisation.

5.1. L'ACQUISITION DE DONNEES

Les SIG permettent de saisir et de recueillir des données, notamment *via*

- L'intégration de points relevés par GPS sur le terrain,
- Le géoréférencement d'un objet comme une image aérienne ou satellitaire. Géoréférencer un objet consiste à préciser ses coordonnées géographiques afin qu'il soit spatialisé,
- La digitalisation d'une carte, ce qui consiste à redessiner dans l'espace les objets (tels que les cours d'eau ou les courbes de niveaux) qui la composent de façon à obtenir des couches d'objets spatialisés.

5.2. LA GESTION, LE STOCKAGE ET L'INTEGRATION DE DONNEES SPATIALISEES

Les SIG permettent de sauvegarder, échanger, mettre à jour et intégrer les données acquises. Ils permettent de modifier les données : changer de format entre raster et vecteur, changer de projections ou rajouter des objets à une couche afin de la mettre à jour par exemple. Il est possible (et fortement recommandé !) de garder la trace de ce qui a été fait au travers des métadonnées. Les métadonnées sont des informations sur les données : qui les a créées, comment, quand, quelles modifications ont été apportées, à quoi correspondent les objets… Les SIG proposent des outils pour gérer facilement les métadonnées.

5.3. L'ANALYSE SPATIALE

Les SIG sont des outils conçus pour réaliser des analyses spatiales. Ils permettent :

- D'effectuer des requêtes et interrogations comme par exemple déterminer le nombre d'élevages situés à moins de 2 km d'un cours d'eau,
- De réaliser des agrégations ou des découpages des données,

- D'interpoler des informations comme par exemple déterminer l'altitude d'un site en fonction de sa position par rapport à des courbes de niveaux,
- De réaliser des simulations comme par exemple déterminer l'écoulement de la pluie en fonction du relief et ainsi délimiter les bassins versants d'une région,
- De modéliser des phénomènes ou processus tels que la distribution d'une espèce animale ou la vitesse de diffusion d'une épidémie.

5.4. LA VISUALISATION ET LA RESTITUTION

Les capacités des SIG à proposer des outils de visualisation et de restitution simples, compréhensibles et percutants sont une des raisons de leur fort développement actuel. Ils sont devenus de véritables outils de communication et d'aide à la décision. Le mode de représentation majoritaire reste la carte en 2 dimensions, mais d'autres formes de restitution sont possibles : tableaux, graphiques, films animés, cartes en 3 dimensions… Les cartes sont des outils puissants mais il est facile de détourner les messages qu'elles portent ; il faut donc veiller à les réaliser correctement, notamment à discrétiser (découper en classes) les données correctement (*cf.* article de Rican dans la rubrique « lectures pour aller plus loin »).

Ainsi, les SIG doivent permettre de répondre aux questions suivantes : « où, quoi, comment, quand, et si » .

1. **Où** : où se trouve l'objet ? Les SIG permettent de répondre aux questions relatives à la répartition spatiale d'objets.
2. **Quoi** : que trouve t'on à cet endroit ? Les SIG permettent de réaliser des inventaires d'objets en tenant compte de leur nature ou propriétés.
3. **Comment** : quelles sont les relations entre les objets ? Les SIG permettent de mesure des distances entre objets, de calculer des densités spatiales, de caractériser le voisinage d'objets et de localiser des trajectoires.
4. **Quand** : à quel moment un phénomène a eu lieu ? Les SIG permettent aussi d'effectuer des analyses temporelles.
5. **Et si** : que peut-il se passer dans tel scénario ? Les SIG sont très utiles pour réaliser des prédictions, prévisions et simulations.

6. LECTURES POUR ALLER PLUS LOIN

6.1. LECTURES GENERALES SUR LES SIG

J. Denègre J & Salgé F. (2004) *Les systèmes d'information géographique.* Presses Universitaires de France, collection Que sais-je ?, 128 p.

Robin M. (2002) *Télédétection. Des satellites aux SIG.* Nathan université, collection fac, 128 p.

Steinberg J. (2002) *Cartographie. Systèmes d'information géographique et télédétection*. Armand Colin, collection Campus, 159p.

6.2. LECTURES SUR LES APPLICATIONS DES SIG EN EPIDEMIOLOGIE

De Savigny D. & Wijeyaratne P. (1995) *GIS for health and the environment*. CRDI, 172 p. Disponible en ligne sur : http://www.crdi.ca/partenariats/ev-9357-201-1-DO_TOPIC.html

Durr, P. & Gatrell, A. (Eds) (2004) *GIS and spatial analysis in veterinary science.* CABI Publishing, 314 p.

Gatrell, A. C. & M. Löytönen (1998) *GIS and Health.* Taylor & Francis Ltd, 212 p.

Graham A.J., Atkinson P.M. & Danson F.M. (2004) Spatial analysis for epidemiology. *Acta Trop* 91(3):219-225.

Hay S.I. (1997) Remote sensing and disease control: past, present and future. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 91(2):105-106.

Hay S.I. (2000) An overview of remote sensing and geodesy for epidemiology and public health application. Adv Parasitol 47:1-35.

Herbreteau V., Salem G., Souris M., Hugot J.P. & Gonzalez J.P. (2007) Thirty years of use and improvement of remote sensing, applied to epidemiology: from early promises to lasting frustration. *Health Place* 13(2):400-403

Ostfeld R.S., Glass G.E. & Keesing F. (2005) Spatial epidemiology: an emerging (or re-emerging) discipline. *Trends Ecol Evol* 20(6):328-336.

Rican S. (1998) La cartographie des données épidémiologiques. Les principales méthodes de discrétisation et leur importance dans la représentation cartographique. *Cahiers Santé* 8:461-470.

Rogers D.J., Randolph S.E., Snow R.W. & Hay S.I. (2002) Satellite imagery in the study and forecast of malaria. *Nature* 415(6872):710-715.

Rogers D.J. & Randolph S.E. (2003) Studying the global distribution of infectious diseases using GIS and RS. *Nat Rev Microbiol* 1(3):231-237.

Rogers D.J. (2006) Models for vectors and vector-borne diseases. *Adv Parasitol* 62:1-35.

Pfeiffer D.U., Robinson T.P., Stevenson M., Stevens K.M, Rogers D. & Clements C.A. (2008) *Spatial Analysis in Epidemiology*. Oxford University Press, 208 p.

Tran A., Biteau-Coroller F., Guis H. & Roger F. (2005) Modélisation des maladies vectorielles. *Epidémiologie et santé animale* (47):35-51. Disponible en ligne sur : http://aeema.vet-alfort.fr/public/pdf/revue/47.04.pdf

Tran A., Guis H., Guernier V. & Gerbier G. (2008) Epidémiologie spatiale : les maladies vues du ciel. Introduction à l'épidémiologie intégrative des maladies infectieuses et parasitaires, ed. Université DB (Guégan J.F. et Choisy M.), p 522.

7. LISTES DES PRINCIPAUX LOGICIELS DE SIG

Tableau 1 : Liste des principaux logiciels SIG

Nom du logiciel	Lien
DIVA GIS*	http://www.diva-gis.org/
ERDAS Imagine	http://www.erdas.com/default.aspx
ESRI ArcGIS (ArcInfo et ArcView)	http://www.esrifrance.fr/
FGIS*#	http://www.forestpal.com/fgis.html
GeoTools*	http://www.geotools.org/
GMT*	http://gmt.soest.hawaii.edu/
GRASS*	http://www.phygeo.uni-hannover.de/grass/index.php
IDRISI	http://www.clarklabs.org/
Intergraph	http://www.intergraph.com/global/fr/sgi/default.aspx
Manifold System	http://www.manifold.net/index.shtml
MapInfo	http://www.pbmapinfo.eu/products/mapinfo-professional/
MapIt*	http://www.mapit.de/mapit.en.html
MapPoint	http://www.microsoft.com/france/mappoint/
MapServer*	http://mapserver.org/index.html
Open JUMP*	http://www.openjump.org/
QGIS* (Quantum GIS)	http://www.qgis.org/
SavGIS (IRD)*	http://www.savgis.org/

*Logiciels libres, #N'est plus mis à jour depuis 2005

8. LIENS ET FORUMS

8.1. DONNEES GEOGRAPHIQUES SUR INTERNET

Le tableau 2 présente une liste non exhaustive de sites internet proposant des données géographiques (gratuites pour la plupart). Les lecteurs ayant une recherche spécifique (nature des données et zone géographique définies) sont vivement encouragés à effecteur leurs propres recherches sur internet car de nouveaux sites voient le jour régulièrement et il existe de très nombreux sites dédiés à un pays ou une région en particulier que nous n'avons

pas pu recenser ici (il existe par exemple pour le Canada le site geogratis (http://geogratis.cgdi.gc.ca/geogratis/fr/collection/search.do) qui propose des données géographiques de natures diverses couvrant le Canada). Enfin, la plupart des pays ont un organisme géographique national (comme l'Institut géographique national en France) qui propose des données gratuites ou payantes.

Tableau 2

Liste de sites proposant des données géographiques

Nom du site	Descriptif et lien
Données générales	
DIVAGIS*	Données diverses (limites administratives, routes, réseaux ferrés…) par pays pour le Monde http://www.diva-gis.org/gData
GeoPortail*	Données diverses sur les territoires français, à visualiser, certaines étant téléchargeables. http://www.geoportail.fr
Geodata*	Données diverses sur le Monde du Programme des Nations Unies pour l'Environnement http://geodata.grid.unep.ch/
European Environment Agency*	Données de l'agence Européenne pour l'Environnement http://www.eea.europa.eu/data-and-maps
IFEN*	Données à visualiser, statistiques et observations sur l'environnement en France http://www.ifen.fr/
GeoNetwork*	Plateforme de données géospatiales du CGIAR-CSI http://geonetwork.csi.cgiar.org/geonetwork/srv/en/main.home
Eros* (USGS)	Données diverses du centre EROS (Earth Resources Observation and Science) de l'USGS (US Geological Survey) http://eros.usgs.gov/#/Find_Data
Occupation du sol	
Corinne Land Cover*	Occupation du sol en Europe http://www.eea.europa.eu/themes/landuse/clc-download ou, pour la France uniquement : http://www.ifen.fr/index.php?id=88 ou http://sd1878-2.sivit.org/
Postel*	Occupation du sol du Monde à une résolution de 300m http://postel.mediasfrance.org/breve.php3?id_breve=21
Données climatiques	
WorldClim*	Données climatiques passées, présentes et futures (issues du 3e rapport du GIEC) http://www.worldclim.org/
CRU TS 2.1*	Données climatiques mondiales issues du CRU (Climatic research unit) de l'Université de East Anglia à 0,5 degrés de résolution http://csi.cgiar.org/cru/
IRI/LDEO*	Données climatiques (et autres) de la librairie IRI/LDEO http://iridl.ldeo.columbia.edu/
NOAA*	Données des satellites de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) http://www.ncdc.noaa.gov/oa/satellite.html#randm
Données sur l'altitude (Modèles numériques de terrain (MNT))	
SRTM*	MNT issu de la mission SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) de la NASA pour le monde entier avec une résolution de 90 m à l'équateur http://srtm.csi.cgiar.org/ et http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp
Gtopo30*	MNT pour le monde entier issu du centre EROS (Earth Resources Observation and Science) de l'USGS (US Geological Survey) avec une résolution d'environ 1 km http://eros.usgs.gov/#/Find_Data/Products_and_Data_Available/gtopo30_info
Données satellitaires	
TETIS*	Liste de capteurs satellitaires et prix des images sur le site de TETIS (Territoires, environnement, télédétection et information spatiale) http://tetis.teledetection.fr/index.php?option=com_content&task=view&id=415&Itemid=1
GLCF*	Site du GLCF (Global land cover facility) où l'on trouve des données de plusieurs satellites (Aster, Landsat, Modis, Ikonos, Orbview, Quickbird…) http://glcf.umiacs.umd.edu/data/
SPOTimage	Données (payantes) du satellite SPOT (satellite pour l'observation de la terre) http://www.spotimage.com/?countryCode=FR&languageCode=fr
Isis (CNES)	Programme du CNES (Centre National d'Etudes spatiales) promouvoir l'utilisation de l'imagerie spatiale SPOT auprès de la communauté scientifique française en lui permettant d'acquérir ces données satellitaires à un tarif préférentiel.

	http://www.isis-cnes.fr/
Autres données	
EDEN data website*	Données environnementales diverses mise à disposition par le projet EDEN (Emerging diseases in a changing European environment) http://ergodd.zoo.ox.ac.uk/eden/
FAO*	Bases de données de statistiques agricoles à différentes échelles administratives http://www.fao.org/nr/land/databasesinformation-systems/en/
Natural Earth*	Données mondiales (relief, frontières, villes, cours d'eau…) à trois niveaux de précision http://www.naturalearthdata.com/downloads/
Gridded livestock of the world*	Données de la FAO sur les densités de populations animales dans le monde http://www.fao.org/Ag/AGAInfo/resources/en/glw/home.html
Evapotranspiration et aridité*	Données sur l'évapotranspiration et l'aridité (« Global Potential Evapo-Transpiration » et « Global Aridity Index ») http://csi.cgiar.org/Aridity/
World Gazetteer*	Données démographiques par pays pour le monde http://www.world-gazetteer.com/wg.php?x=&lng=fr&des=wg&srt=npan&col=abcdefghinoq&msz=1500&men=home&lng=en
Geonames	Les coordonnées de (presque) tous les sites remarquables et lieux habités dans le monde (base de données de la National Geospatial-Intelligence Agency, agence américaine). http://geonames.nga.mil/ggmagaz/geonames4.asp
Galichon*	Site d'un internaute indépendant sur les codes postaux, communes et coordonnées des communes françaises http://www.galichon.com/codesgeo/index.php

*Données gratuites

8.2. FORUMS ET COURS DISPONIBLES EN LIGNE

Le tableau 3 liste des sites proposant des forums et matériels pédagogiques sur les SIG et la télédétection. Il existe également des forums spécifiques à la plupart des logiciels.

Tableau 3

Liste de forums et sites éducatifs sur les SIG

Nom du site	**Descriptif et lien**
ForumSIG	Forum sur les SIG http://www.forumsig.org/
Geo Rezo	Forum francophone sur les SIG, la géomatique, l'emploi, des ressources, des liens… http://georezo.net/
GisCafe	Forum international (anglophone) sur les SIG (news, ressources, emplois, entreprises, produits…) http://www.giscafe.com/
EOEdu	Petit guide éducatif sur la télédétection http://telsat.belspo.be/beo/fr/guide/index.htm
Remote sensing tutorial	Tutoriaux de télédétection du site de la Nicholas Short (Nasa) http://rst.gsfc.nasa.gov/
SIGLibres	Collection de matériels éducatifs sur les SIG libres. http://geog-pc40.ulb.ac.be/siglibre/course/view.php?id=7
Centre Canadien de Télédétection	Tutoriels de télédétection http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/index_f.php#tutor
SIG la lettre	Lettre d'information sur les SIG (journal payant mais certains articles et certaines rubriques en accès libre) http://www.sig-la-lettre.com/sommaire.php