
UTILISATION

DES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

EN EPIDEMIOLOGIE

Hélène Guis^{1,2,3,4}, Daouda Kassie^{1,2,3,4}, Annelise Tran^{5,6,2}

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 stocker, de manipuler et de traiter des données spatialisées de nature et de source différentes. Le système est constitué d'un ensemble de 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 ASTRE, Antananarivo, Madagascar

² ASTRE, Univ Montpellier, Cirad, INRA, Montpellier, France

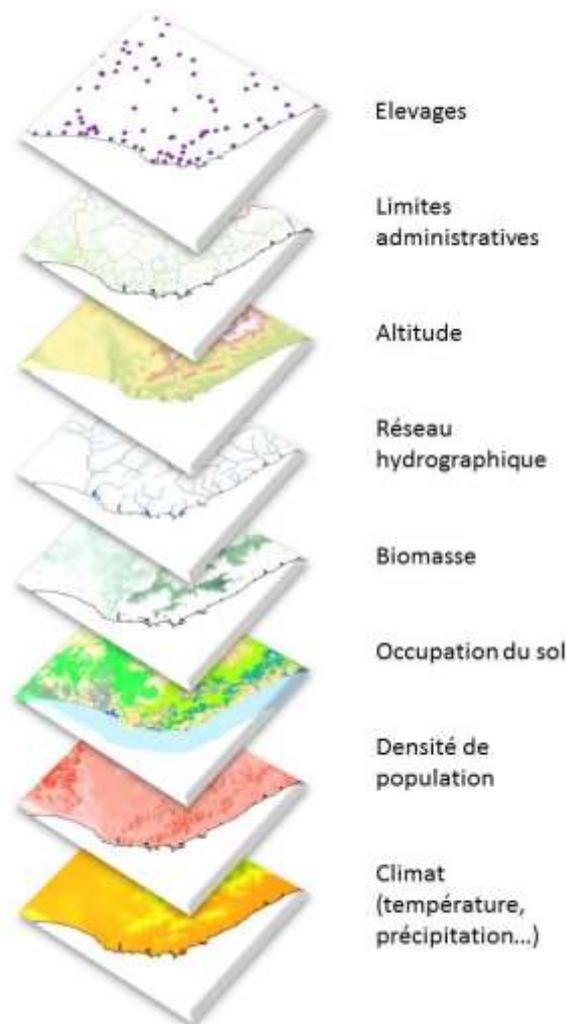
³ Institut Pasteur de Madagascar, Unité d'Epidémiologie et de Recherche Clinique, Antananarivo, Madagascar

⁴ FOFIFA DRZVP, Antananarivo, Madagascar

⁵ Cirad, UMR TETIS, Sainte Clotilde, La Réunion, France

⁶ TETIS, Cirad, Univ Montpellier, AgroParisTech, CNRS, IRSTEA, Montpellier, France

Figure 1
Exemple de couches thématiques d'un SIG (Hélène Guis)



4. LES DONNEES D'UN SIG

Un SIG permet d'intégrer des couches thématiques en respectant leur position dans l'espace. Chaque couche thématique regroupe des objets de même nature, par exemple des élevages ou bien des cours d'eau.

Il existe deux formats de données : le *format vectoriel* et le *format matriciel*.

Dans le format vectoriel dit « vecteur », les objets sont représentés sous trois modes :

- Le mode *ponctuel*, dans lequel les objets sont représentés par des points ;
- Le mode *linéaire*, dans lequel les objets correspondant à des lignes, donc ayant une longueur mesurable, sont représentés sous forme de traits ;
- Le mode *zonal*, dans lequel les objets correspondant à des zones, donc ayant une surface et un périmètre mesurables, sont représentés sous forme de zones ou polygones.

Le format matriciel, dit « raster », représente les données sous forme d'une image ou grille composée de cellules de même taille appelées pixels. Pour les deux formats, l'information géographique est couplée avec une information attributive renseignant sur les propriétés de l'objet (figure 2).

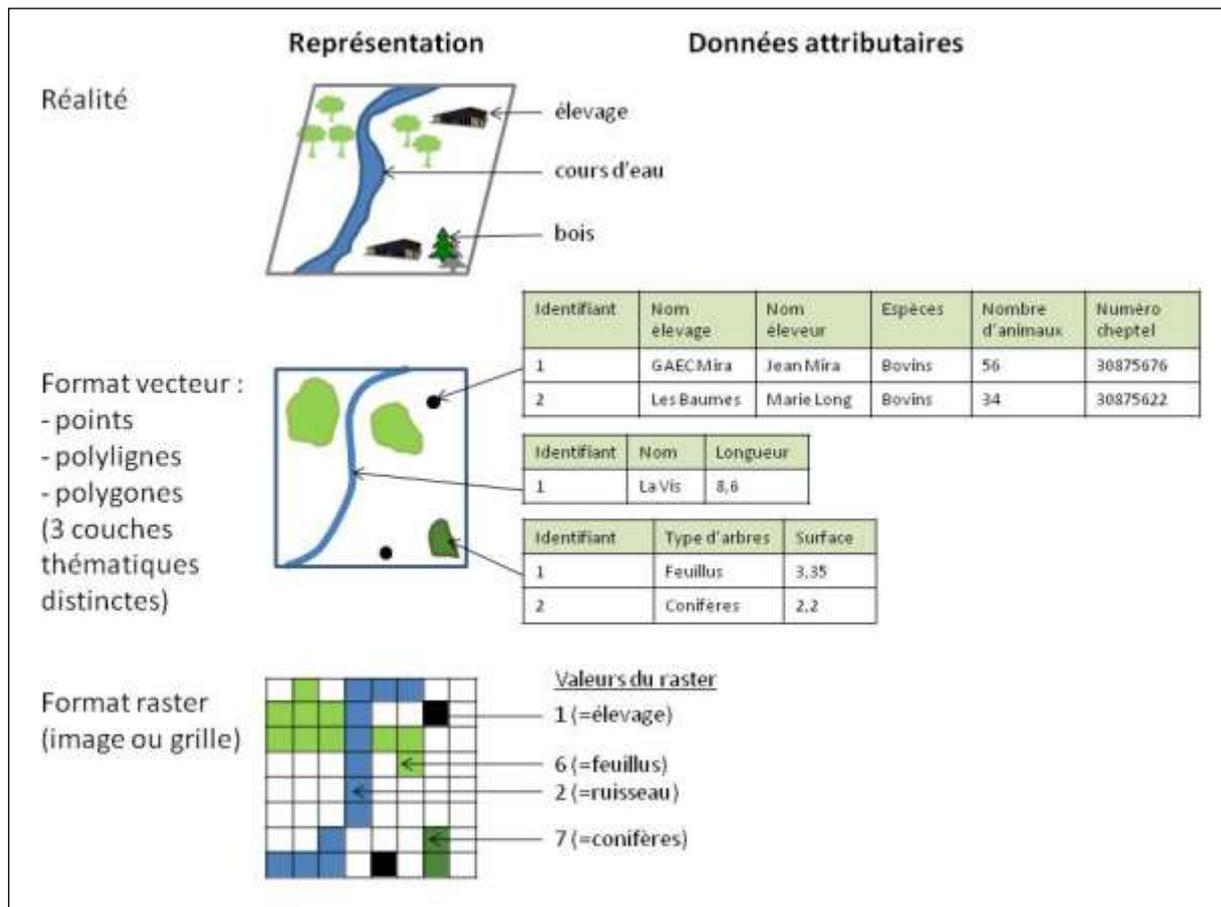
Pour un objet vectoriel, l'information attributive est stockée dans une table associée. Par exemple, on peut avoir une couche thématique avec les élevages représentés sous forme de points. Dans la table attributive, chaque

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, correspondant à la valeur du pixel. Dans le cas d'un modèle numérique de terrain, la valeur des pixels est l'altitude. Dans le cas d'une couche d'occupation du sol, chaque pixel a 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



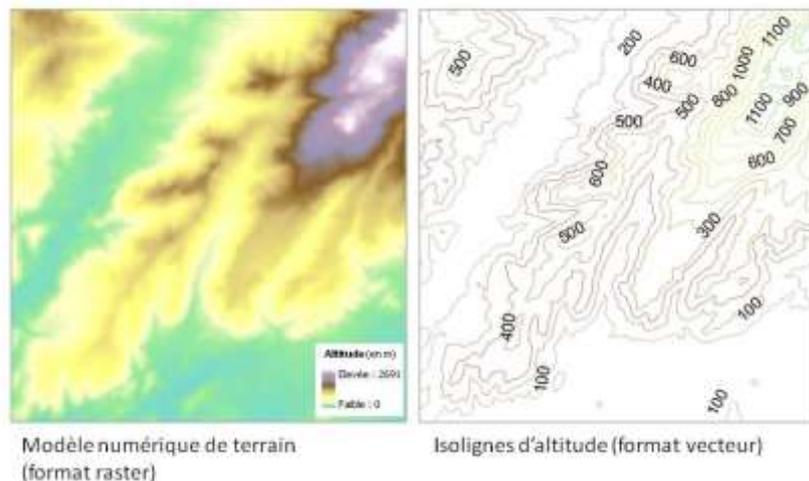
Un même objet peut être représenté dans les deux formats : par exemple une couche d'occupation du sol peut être représentée sous forme matricielle (chaque pixel a pour valeur un numéro associé à une des classes d'occupation du sol) ou sous forme vectorielle, avec des polygones représentant des surfaces 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 isoplèthes 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 souhaite 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 par des formats vectoriels (ponctuelles, linéaires ou polygonales). Les analyses effectuées à partir de ces deux formats de représentation peuvent différer : à partir de données vectorielles, il est possible de

calculer des distances entre objets ou de 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 format 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 rapporté à la surface de la région, soit en moyennant, dans la région d'intérêt, les pixels d'une couche matricielle de densité d'élevages.

Figure 3

Altitude représentée aux formats raster et 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 six fonctionnalités principales des SIG : l'acquisition de données, le stockage, la gestion, l'analyse, la visualisation et la restitution.

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, 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. LE STOCKAGE, LA GESTION 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 ajouter des objets à une couche afin de la mettre à jour par exemple. Il est possible (et fortement recommandé !) de fournir des informations sur les données stockées dans un SIG 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'objets situés à une certaine distance d'un autre objet (par exemple 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 deux dimensions, mais d'autres formes de restitution sont possibles : tableaux, graphiques, films animés, cartes en trois 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

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

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

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

6.2. LIVRES SUR LES APPLICATIONS DES SIG EN EPIDEMIOLOGIE

Cromeley E. K. & McLafferty S. L. (2011) *GIS and public health*. The Guilford Press, 503 p.

De Savigny D. & Wijeyaratne P. (1995) *GIS for health and the environment*. CRDI, 172 p. Disponible en ligne sur : <https://www.idrc.ca/fr/book/gis-health-and-environment>

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

B. Toma, B. Dufour, J.J. Bénet, J. Rivière, A. Shaw et F. Moutou. Epidémiologie appliquée à la lutte collective contre les maladies animales transmissibles majeures, AEEMA, Septembre 2018, 614 p. ; <http://aeema.vet-alfort.fr>

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

6.3. JOURNAUX SPECIALISES SUR LES APPLICATIONS DES SIG EN EPIDEMIOLOGIE

GeoHealth: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/journal/24711403>

Geospatial Health : Health Applications in Geospatial Health: <https://geospatialhealth.net/index.php/gh>

Health & Place: <https://www.journals.elsevier.com/health-and-place/>

International Journal of Health Geographics: <https://ij-healthgeographics.biomedcentral.com/>

Journal of Transport & Health: <https://www.journals.elsevier.com/journal-of-transport-and-health>

Spatial and Spatio-temporal Epidemiology: <https://www.sciencedirect.com/journal/spatial-and-spatio-temporal-epidemiology>

6.4. ARTICLES SUR LES APPLICATIONS DES SIG EN EPIDEMIOLOGIE

Il existe des milliers d'articles relayant l'utilisation des SIG appliqués à l'épidémiologie, nous vous encourageons à effectuer vos propres recherches sur les maladies qui vous intéressent. Nous listons ici quelques articles de revue sur l'application des SIG en santé.

Caprarelli G., Fletcher S. (2014) A brief review of spatial analysis concepts and tools used for mapping, containment and risk modelling of infectious diseases and other illnesses. *Parasitology*, **141**(5), 581-601.

Fletcher-Lartey S. M., Caprarelli G. (2016) Application of GIS technology in public health: successes and challenges. *Parasitology*, **143**(4), 401-15.

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.

Herbreteau V., Kassie D., Roux E., Marti R., Catry T., Attoumane A., Révillion C., Commins J., Dessay N., Mangeas M., Tran A. 2018. Observer la Terre pour appréhender spatialement les inégalités de santé : regard historique et prospectif sur l'utilisation de la télédétection dans le domaine de la santé. *Confins*, (37) 29 p. : <https://journals.openedition.org/confins/15362>

Kirby R. S., Delmelle E., Eberth J. M. (2017) Advances in spatial epidemiology and geographic information systems. *Ann Epidemiol*, **27**(1), 1-9.

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/images/2005-47/47.04.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.

Tran A., Kassie D., Herbreteau V. 2017. Télédétection appliquée à l'épidémiologie des maladies infectieuses : quelques exemples. In : Baghdadi Nicolas (ed.), Zribi Mehrez (ed.). *Observation des surfaces continentales par télédétection IV : environnement et risques*. Londres : ISTE, p. 295-313. (Télédétection pour l'observation des surfaces continentales, 6).

7. LISTE DES PRINCIPAUX LOGICIELS DE SIG

Il existe de nombreux logiciels SIG (tableau 1), la plupart sont payants. Le logiciel libre de SIG le plus utilisé est QGIS. Un descriptif d'une partie de ces logiciels est disponible sur <https://gisgeography.com/category/software/> et sur <https://gisgeography.com/free-gis-software/> pour les logiciels libres.

Tableau 1 : Liste des principaux logiciels SIG

Nom du logiciel	Lien
DIVA GIS*	http://www.diva-gis.org/
ERDAS Imagine	https://www.hexagongeospatial.com/products/power-portfolio/erdas-imagine
ESRI ArcGIS (ArcInfo et ArcView)	http://www.esrifrance.fr/
FGIS*#	http://www.forestpal.com/fgis.html
GeoDa*	https://spatial.uchicago.edu/software
Geosheets*	https://www.geosheets.com/
GeoTools*	http://www.geotools.org/
Global Mapper	https://www.bluemarblegeo.com/products/global-mapper.php
GMT*	https://github.com/GenericMappingTools/gmt
GRASS*	https://grass.osgeo.org/
gvSIG	http://www.gvsig.com/en
Hexagon Geospatial Geomedia (Luciad Portfolio (ex-Intergraph), Power Portfolio (inclut Erdas))	https://www.hexagongeospatial.com/
ILWIS*	https://52north.org/software/software-projects/ilwis/
Manifold System	http://www.manifold.net/index.shtml
MapInfo	https://www.pitneybowes.com/us/location-intelligence/geographic-information-systems/mapinfo-pro.html
MapIt*	https://mapitgis.com/
MapPoint	https://microsoft_mappoint.fr.downloadastro.com/
MapServer*	http://mapserver.org/index.html
Maptitude	https://www.caliper.com/
Mapwindow	https://www.mapwindow.org/
Open JUMP*	http://www.openjump.org/
QGIS* (Quantum GIS)	https://qgis.org/fr/site/
SAGA GIS*	http://www.saga-gis.org/en/index.html
SavGIS (IRD)*	http://www.savgis.org/SavGIS/accueil.html
TerrSet (inclut IDRISI)	https://clarklabs.org/terrset/
uDig*	http://udig.refractive.net/
Whitebox GAT*	http://www.uoguelph.ca/~hydrogeo/Whitebox/

*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 effectuer 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 (<https://www.rncan.gc.ca/sciences-terre/geographie/information-topographique>) 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. Le site GISGeography propose plusieurs listes de sites donnant des données de diverses natures (données d'occupation du sol, satellitaires, d'altitude, bathymétriques...) téléchargeables sur internet : <https://gisgeography.com/category/data-sources/>.

Tableau 2

Liste de sites proposant des données géographiques gratuites

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
Open Street Map	Données libres collectées au travers d'un projet de cartographie participative ouvert à tous. Pour visualiser les données : https://www.openstreetmap.org . Pour télécharger les données par continent ou pays : http://download.geofabrik.de/
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
GeoNetwork	Plateforme de données géospatiales de la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) http://www.fao.org/geonetwork/srv/fr/main.home
Occupation du sol	
Corinne Land Cover	Occupation du sol en Europe https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover
Global Land Cover Map	Occupation du sol du Monde en 6 classes, réalisée en combinant plusieurs cartes d'occupation du sol mondiales http://db.cger.nies.go.jp/dataset/landuse/en/
CCI Landcover V2	Occupation du sol à 23 classes à 300 m de résolution et autres cartes d'occupation du sol. http://www.esa-landcover-cci.org/
Globland30	http://www.globallandcover.com/GLC30Download/index.aspx
Global Land Survey	L'USGS et la NASA ont produit des cartes d'occupation du sol à partir de données satellitaires Landsat : https://lta.cr.usgs.gov/GLS
Terrapop	Données environnementales globales et concernant les cultures https://terra.ipums.org/environmental-data
Données climatiques	
WorldClim	Données climatiques à une résolution d'environ 1km ² : http://www.worldclim.org/
CRU	Données climatiques mondiales issues du CRU (Climatic research unit) de l'Université de East Anglia : http://www.cru.uea.ac.uk/data
IRI/LDEO	Données climatiques (et autres) de la datathèque IRI/LDEO http://iridl.ldeo.columbia.edu/
NOAA	Données du National Center for Environmental Observation de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) https://www.ncdc.noaa.gov/
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/srtmdata/ ou https://earthexplorer.usgs.gov/
ASTER Global Digital Elevation Model	MNT issu de "Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer" de la NASA pour le monde entier https://earthexplorer.usgs.gov/
JAXA Global ALOS	Modèle numérique d'élévation (MNE), qui prend en compte les objets à la surface tels que les

	bâtiments et les arbres, développé par la JAXA (Agence d'exploration aérospatiale japonaise) https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/
GTMED2010	MNT pour le monde entier issu du centre EROS (Earth Resources Observation and Science) de l'USGS (US Geological Survey) https://www.usgs.gov/land-resources/eros/coastal-changes-and-impacts/gtmtd2010?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con ou le site général : https://www.usgs.gov/centers/eros/data-tools
Données satellitaires	
THEIA	Met à disposition gratuitement des données satellitaires (optiques (Pleiades, SPOT, Landsat, Sentinelle 2, Rapid Eye, Venus), Radar, Lidar, micro-ondes passives) et des produits thématiques (eau, rayonnement, sols, végétation) http://www.theia-land.fr/fr
Eros (USGS)	Données diverses du centre EROS (Earth Resources Observation and Science) de l'USGS (US Geological Survey) http://eros.usgs.gov/#/Find_Data et https://earthexplorer.usgs.gov/
Autres données	
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 de volailles, porcs et ruminants dans le monde http://www.fao.org/livestock-systems/production-systems/en/ Les estimations précédentes (plus détaillées en termes d'espèces) sont disponibles sur : http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main_search?extended=off&remote=off&region=&selregion=%3B180%3B-180%3B-90%3B90&northBL=90&westBL=-180&eastBL=180&southBL=-90&relation=equal&any=Livestock+GLW&themekey=&to=&from=&siteId=&hitsPerPage=10
FAO GeoNetwork	Divers types de données (climat, forêt, agriculture, infrastructures...) recensées par la FAO http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main_home
ESRI open data	Plus de 100 000 jeux de données spatialisées en accès libre https://hub.arcgis.com/pages/open-data
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). https://www.geonames.org/
IPUMS Population data	Données de populations à échelle fine (microdata) ou agrégée (agregate data) https://terra.ipums.org/pop-data
SEDAC	Données socio-économiques http://sedac.ciesin.columbia.edu/

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 sur les SIG

Nom du site	Descriptif et lien
ForumSIG	Forum sur les SIG http://www.forumsig.org/
GISGeography	Site présentant énormément d'informations sur les SIG : sources de données, formations... https://gisgeography.com/
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/

