

Photographie Géologie (imagerie satellitaire et télédétection)

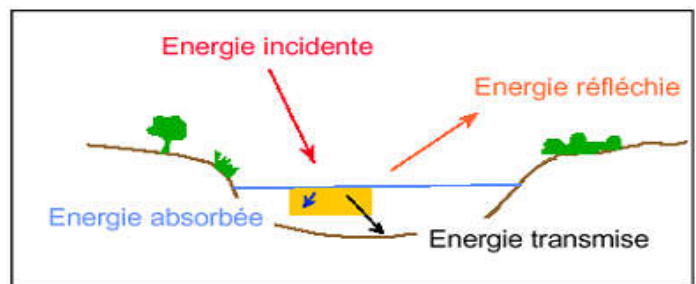
I. Définition et importance de la télédétection :

Le mot télédétection (remote sensing) peut être divisé en deux parties : Télé (à distance) et détection. La télédétection peut être définie comme l'Ensemble des connaissances et des techniques permettant de mesurer des paramètres physiques et biologiques de points observés à partir de mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux de la télédétection aérospatiale, 1988.). Elle consiste à recueillir des informations au sujet de la surface de la Terre en utilisant l'énergie réfléchie ou émise qui est acquise par des capteurs montés sur des satellites, des avions ou des drones.

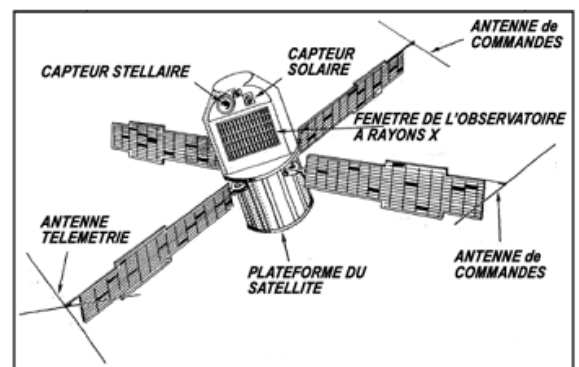
II. Processus de la télédétection spécial :

a- *Sources d'énergie ou d'illumination* : À l'origine de la majorité des processus de télédétection se trouvent une source d'énergie pour illuminer la cible. Le soleil est considéré comme source d'énergie naturelle, il éclaire la surface de la Terre durant la journée.

b- *Interaction avec la cible* : La surface éclairée par la source va interagir avec l'énergie (rayonnement) qu'elle reçoit. L'énergie réfléchie par cette surface va être captée par un capteur, donc cette surface est considérée comme cible du capteur.

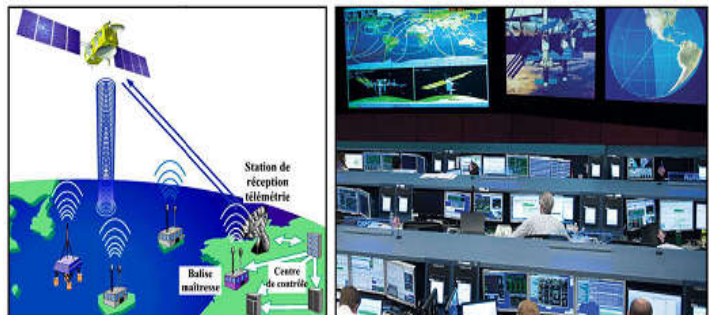


c- *Enregistrement de l'énergie par le capteur* : Un capteur est un appareil qui reçoit l'énergie réfléchie par la surface éclairée, les satellites (Figure09) sont des capteurs permettant de transformer l'énergie captée en informations utiles (signal).

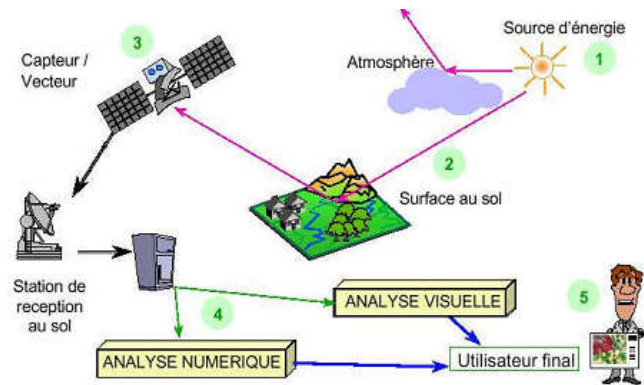


d- *Transmission, réception et traitement par les moyens électronique* :

L'information envoyée par un l'antenne transforme le signal en données sous forme d'images brutes. Une station de traitement de donnée transforme les images et les signaux aux images exploitables avec toutes les satellites seront reçu par un récepteur « antenne », corrections des erreurs liées au capteur.



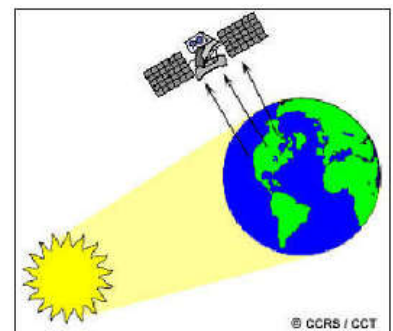
e- Application : cartographie ou résolution d'un problème : Les images résultantes de la télédétection sont utilisées dans divers domaines afin de réaliser des cartes ou des plans ou bien pour prendre des décisions et résoudre des problèmes. Dans la Figure, le processus de la télédétection est très bien illustré et qui se résume dans les cinq étapes citées en haut.



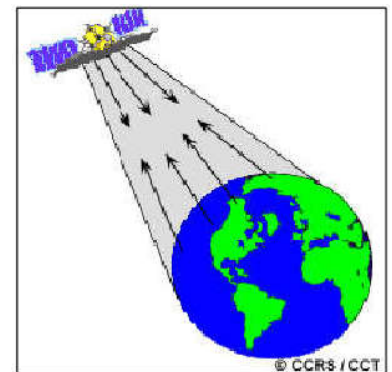
III. Types de la télédétection :

Selon la source d'énergie la télédétection est classée en 2 types :

1- La télédétection Passive : où la source est naturelle, généralement le soleil.



2- La télédétection Active : où la source d'énergie est artificielle et porté par le même satellite capteur ou par un autre satellite.



IV. Capture et méthode :

Dans la science de la télédétection, on obtient des images satellitaires en enregistrant le rayonnement renvoyé vers l'espace à l'aide de divers capteurs spatioportés. Les données recueillies par les capteurs des catégories suivantes :

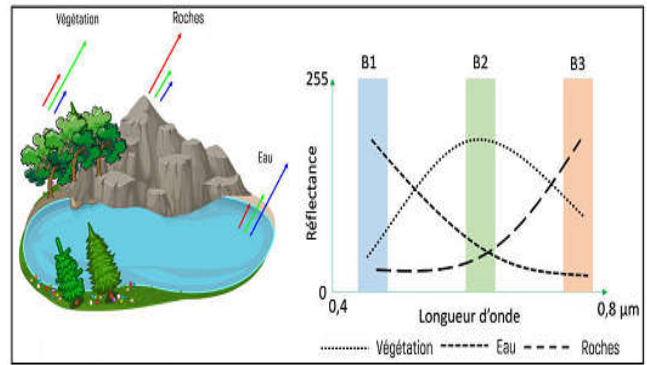
- Visible – Infrarouge
- Radar à synthèse d'ouverture (RSO)
- Hyperspectrale

Chacune de ces catégories de capteurs fournit de l'information unique et souvent complémentaire au sujet de la surface terrestre pour soutenir les applications des terres, de l'eau, des infrastructures et des risques naturels. Les chercheurs s'assurent que les données recueillies sont de la meilleure qualité qui soit et qu'elles peuvent être transformées efficacement en des informations utiles.

a- *La notion de la signature spatiale :*

Par définition, la signature spectrale est la représentation graphique d'une réflectance caractéristique d'un objet en fonction de la longueur d'onde. Elle se représente par une courbe : Réflectance V/s . $F(\text{Longueur d'onde})$.

En télédétection visible et infrarouge proche, les surfaces naturelles se caractérisent par de très importantes variations de la réflectance selon la longueur d'onde. Elle permet donc de discriminer les principaux types de surfaces terrestres ou d'analyser plus finement les propriétés de ces surfaces.



b- *Régions spectrales utilisées pour l'observation à distance de la Terre :*

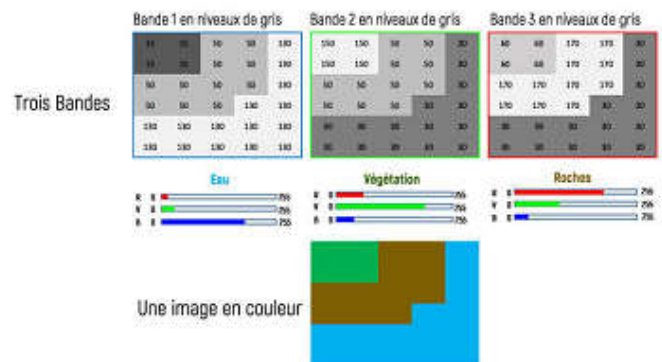
- Spectre visible (0,4-0,7 µm): Gamme de fréquence de l'œil humain. Rayonnement solaire maximal. Subdivisé en trois groupes: R, G, B.
- Infrarouge proche (0,7-1,1 µm): Appelé IR réfléchi. L'énergie solaire des corps réfléchissants. Le rayonnement dans la région de l'infrarouge réfléchi est utilisé en télédétection de la même façon que le rayonnement visible.
- Infrarouge moyen (1,1 -8 mm): Mélange de rayonnement solaire et d'émission. Affecte de manière significative l'atmosphère: employé pour mesurer les concentrations de vapeur d'eau, ozone, aérosols, etc.
- Infrarouge thermique (8-14 mm): Rayonnement émis par les organismes eux mêmes. La température d'un corps peut être déterminée (IR thermique). Les images peuvent être disponibles à tout moment de la journée.
- Micro-ondes (1mm-1m): Intérêt croissant de la télédétection dans cette bande. Perturbations atmosphériques sont mineures et sont transparentes pour les nuages. Les capteurs actifs sont généralement utilisés.

c- *Caractéristiques d'un capteur en télédétection :*

- Résolution Spectrale : elle correspond aux bandes de longueurs d'onde auxquelles les capteurs sont sensibles.
- Résolution Spatiale : correspond à la surface élémentaire d'échantillonnage observée instantanément par le capteur satellitaire. Cette surface correspond au pixel (Picture element).
- Résolution radiométrique : elle correspond la capacité d'un système d'acquisition à distinguer entre deux niveaux d'énergie voisins.
- Résolution temporelle ou répétitivité : correspond à la période entre deux acquisitions de la même scène. Cette résolution ne dépend pas du capteur mais de l'orbite et du mode de manœuvre du satellite.

d- *Affichage en niveaux de gris et en couleurs :*

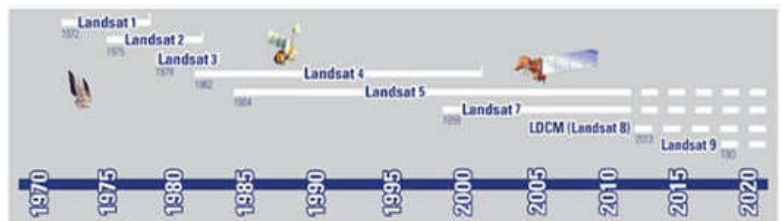
Les satellites produisent 3 bandes dans le domaine visible, chaque bande contient des pixels avec des valeurs radiométriques et des couleurs grises « niveaux de gris ». Selon le principe de la colorimétrie, trois couleurs principales « bleu, vert et rouge » sont nécessaires pour créer d'autres couleurs. En imagerie, pour afficher une image en couleur, il nous faut trois bandes.



V. **Missions spatiales :**

a- *LANDSAT Satellites NASA-USGCS*

Le programme Landsat est le premier programme spatial d'observation de la Terre destiné à des fins civiles. Il est développé par l'agence spatiale américaine, la NASA à l'instigation de l'Institut des études géologiques américain (USGS) et du département de l'agriculture au milieu des années 1960. Sept satellites Landsat sont lancés entre 1972 et 1999 et un huitième le 11 février 2013 (Figure 37). Les instruments embarqués sur les satellites Landsat permettent de capturer plusieurs millions d'images. Celles-ci constituent des ressources uniques pour l'étude des changements climatiques, l'utilisation des sols, la cartographie, la gestion de l'habitat; ainsi que pour de nombreuses autres applications dans les domaines de l'agriculture, la géologie, la sylviculture, l'éducation, etc...

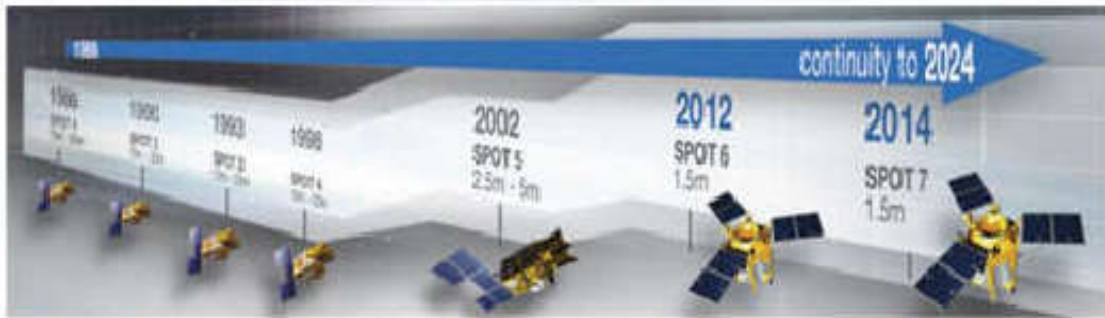


Satellite	Sensor	Bandwidths	Resolution	Satellite	Sensor	Bandwidths	Resolution	
LANDSATs 1-2	RBV	(1) 0.48 to 0.57	80	LANDSATs 4-5	MSS	(4) 0.5 to 0.6	82	
		(2) 0.58 to 0.68	80			(5) 0.6 to 0.7	82	
		(3) 0.70 to 0.83	80			(6) 0.7 to 0.8	82	
	MSS	(4) 0.5 to 0.6	79			TM	(1) 0.45 to 0.52	30
		(5) 0.6 to 0.7	79				(2) 0.52 to 0.60	30
		(6) 0.7 to 0.8	79				(3) 0.63 to 0.69	30
		(7) 0.8 to 1.1	79				(4) 0.76 to 0.90	30
LANDSAT 3	RBV	(1) 0.505 to 0.75	40	(5) 1.55 to 1.75	30			
		(4) 0.5 to 0.6	79	(6) 10.4 to 12.5	120			
	MSS	(5) 0.6 to 0.7	79	LANDSAT 7	ETM	(1) 0.45 to 0.52	30	
		(6) 0.7 to 0.8	79			(2) 0.52 to 0.60	30	
		(7) 0.8 to 1.1	79			(3) 0.63 to 0.69	30	
		(8) 10.4 to 12.6	240	(4) 0.76 to 0.90	30			
				(5) 1.55 to 1.75	30			
				(6) 10.4 to 12.5	150			
				(7) 2.08 to 2.35	30			
				PAN 0.50 to 0.90	15			

La figure montre les différentes missions Landsat au cours de temps et leurs caractéristiques.

b- *SPOT*

SPOT (Système probatoire d'observation de la Terre ou Satellite pour l'observation de la Terre) est une famille de satellites de télédétection français civils d'observation de la Terre développés par l'agence spatiale française, le CNES (Centre national d'études spatiales). Les cinq premiers exemplaires sont lancés entre 1985 et 2002. Les images fournies par les satellites sont commercialisées par Astrium. SPOT-6 est lancé en 2012 et SPOT-7 en 2014. La figure ci-dessous montre les différentes missions Spot au cours de temps.



c- Sentinel

Les satellites Sentinel, également nommés Sentinelles en français, sont une famille de satellites d'observation de la Terre et d'instruments embarqués destinés à remplacer notamment le satellite ENVISAT.

Ils constituent le volet spatial du programme Copernicus de l'Union européenne.

La figure montre les différentes missions Sentinel au cours de temps.

	Sentinel 1 – Imagenes SAR Meteo-independente, observaciones diurnas y nocturnas, interferometria 2012 (A), >2014 (B)	
	Sentinel 2 – Imagenes super-espectrales Aplicaciones terrestres → urbanización, bosques, agricultura, Continuidad de Landsat, SPOT 2013 (A), >2014 (B)	
	Sentinel 3 – Monitorización global del suelo y océanos Color del océano, vegetación, temperatura de la superficie, altimetría 2013 (A), >2014 (B)	
	Sentinel 4 – Atmosfera desde orbita geoestacionaria Medida de la composición atmosférica, contaminación 2018	
	Sentinel 5 y Precursor – Atmosfera desde orbita baja Medida de la composición atmosférica, contaminación 2014 (5P), 2019	

d- ALSAT

C'est le premier satellite algérien, il entre dans la famille des microsattellites (Figure 40). Le lancement a eu lieu le 28 novembre 2002, les données de ce satellites sont gérées par l'agence spatiale algérienne (ASAL). Les domaines d'application sont multiples (Gestion et inventaire des ressources naturelles, Cartographie de l'occupation du sol, Foresterie, Statistiques agricoles, Désertification, Localisation d'infrastructures (aéroport, urbain...), Suivi des phénomènes évolutif.



Mode de prise de vue	Push-broom
Capteur multispectral	02 caméras avec recouvrement de 16 Km
Bandes spectral	Vert, Rouge et Proche Infrarouge
Largeur de la fauchée	2 x 800 Km
Nombres de Pixels	10200 par caméra
Résolution spatiale	32 m
Taille image maximale	600 x 560 Km
Focale	150 mm

Images du microsattellite ALSAT-1 avec ses caractéristiques.

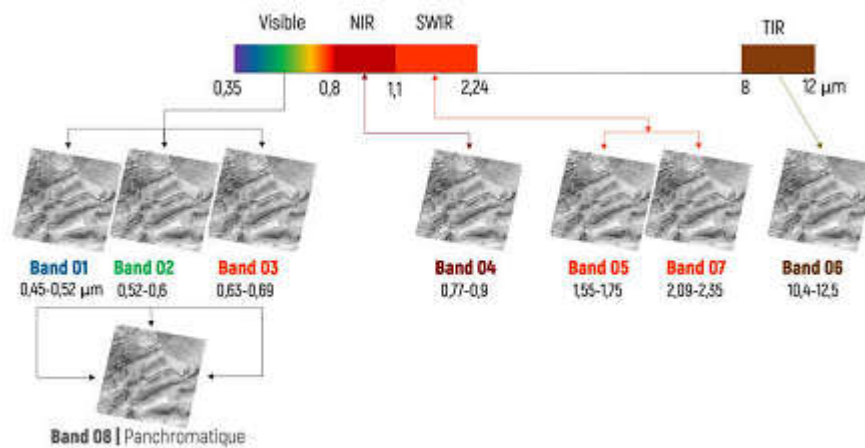
e- *ALSAT -2A* :

Le 12 juillet 2010 C'est un satellite d'observation de la terre à haute résolution, avec une résolution spatiale de 2.5 m en mode panchromatique, et de 10 m en mode multispectral couvert par les 04 bandes spectrales suivantes : le bleu, le vert, le rouge et le proche infrarouge.

VI. Analyse des données en télédétection :

a- *Notion d'image numérique:*

Une image numérique est un fichier comportant plusieurs bandes spectrales. Le nombre de bandes est suivant la résolution spectrale du satellite. Une image Landsat 7 est formée de 9 bandes spectrales : trois dans le domaine visible, une bande dans le proche infrarouge « NIR », deux dans le SWIR, deux dans le TIR et une bande panchromatique « panchromatique c'est le domaine du visible entier ». figure ci-dessous :



Band	Wavelength	Useful for mapping
Band 1 - blue	0.45-0.52	Bathymetric mapping, distinguishing soil from vegetation and deciduous from coniferous vegetation
Band 2 - green	0.52-0.60	Emphasizes peak vegetation, which is useful for assessing plant vigor
Band 3 - red	0.63-0.69	Discriminates vegetation slopes
Band 4 - Near Infrared	0.77-0.90	Emphasizes biomass content and shorelines
Band 5 - Short-wave Infrared	1.55-1.75	Discriminates moisture content of soil and vegetation; penetrates thin clouds
Band 6 - Thermal Infrared	10.40-12.50	Thermal mapping and estimated soil moisture
Band 7 - Short-wave Infrared	2.09-2.35	Hydrothermally altered rocks associated with mineral deposits
Band 8 - Panchromatic (Landsat 7 only)	0.52-0.90	15 meter resolution, sharper image definition

Notion de l'image numérique Landsat 7 et l'utilisation de chaque bande

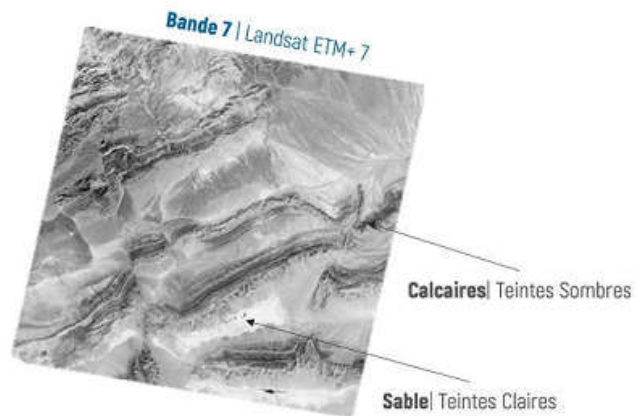
b- *Traitement des images*

Le traitement des images numériques en télédétection est une étape très importante, elle permet d'extraire une information initialement invisible dans les données brutes. La première

étape de traitement d'images est la visualisation qui peut se faire en deux modes : en niveaux de gris et en couleurs. Figure

- Visualisation en niveaux de gris :

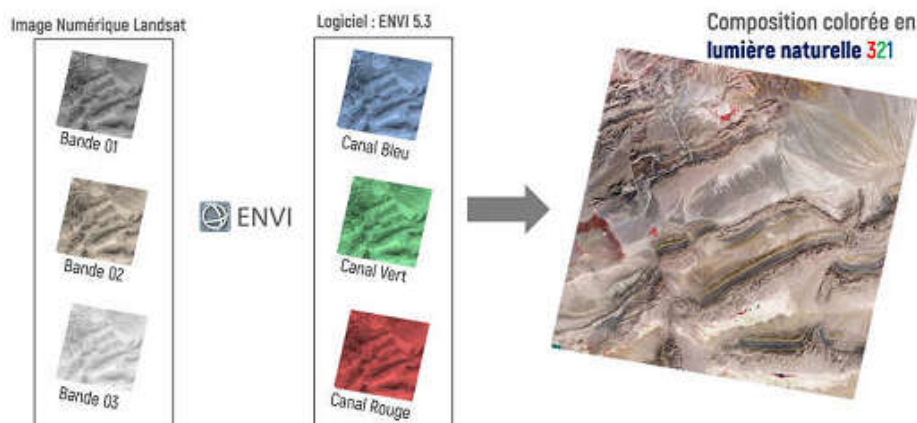
La visualisation en niveaux de gris se fait sur une seule bande et on peut donc voir les teintes « variations du gris » des surfaces et on peut déjà avoir une idée sur les objets à teintes claires et ceux avec les teintes sombres (Figure).



- Visualisation en couleur

La visualisation en couleur passe forcément par ce qu'on appelle Compositions colorées, elle consiste à afficher en mode couleur RGB (Red, Green et Blue) trois bandes à la fois. Les logiciels de traitement d'images (ENVI, ERDAS, IDRISI, ESA SNAP...etc) disposent de trois canaux (Red, Green et Blue) pour permettre l'affichage en ce mode RGB. Lorsque le mode d'affichage s'accorde avec le domaine spectral des bandes (Bande bleu du satellite on l'affiche dans le canal bleu du logiciel, la bande verte dans le canal vert et la bande rouge dans le canal rouge) on parlera de composition en lumière naturelle (Figure). Cette composition nous permet de voir les objets comme on les voit à l'œil nu. Il faut noter que cette notation 321 est différente selon la nomination des bandes du satellite, si on travaille avec Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) la bande 01 est la bande bleu, Bande 02 c'est la bande verte et la bande 03 est la bande rouge, dans ce cas la notation de la composition en lumière naturelle sera 321. Lorsqu'on travaille avec des images Landsat OLI 8 (Operational Land Imager) cette notation devient 432.

Toutes les autres compositions qu'on affiche hors la composition 321 sont considérées comme des compositions en **fausse couleur**



Visualisation en lumière naturelle 3.2.1