

1. Introduction

La télédétection est née de la fusion de deux inventions anciennes : la montgolfière (première plateforme d'observation aérienne) et la photographie. En réalité, la télédétection moderne est née de la photographie aérienne, qui a connu un essor considérable au cours du XX^e siècle, surtout au cours de la seconde guerre mondiale.

La connaissance détaillée dispose d'une sorte d'inventaire des phénomènes, analysés dans leurs aspects statistiques et dynamiques de changement dans le temps. Cet inventaire doit reposer sur des données objectives, homogènes et récentes pour être fiables, quelle que soit l'échelle du territoire concerné.

Pour réaliser cette analyse des phénomènes, il faut une description détaillée que l'on ne peut obtenir que par la photographie aérienne, et l'Enregistrement provenant du satellite, sont tous les deux des documents pris de loin, et tous les deux rentrent dans la notion de télédétection. Sachant que la première photographie aérienne de PARIS, en 1858 fut le point de départ de toute une dynamique qui jettera les bases de la télédétection contemporaine, elle a été appliquée pour la première fois dans l'étude de la végétation et la détection des maladies des plantes, mais maintenant elle intervenus dans des différents domaines (L'aménagement, l'urbanisme, transport ...).

1.1. Définitions de la télédétection

"La télédétection est la science et l'art d'obtenir l'information sur un objet, surface ou phénomène à travers l'analyse des données acquises par un moyen qui n'est pas en contact avec l'objet, la surface ou le phénomène à étudier" (Lillensand & Kiefer, 1987).

La télédétection est l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci. *Télé* signifie "à distance" et *détection* veut dire "découvrir" ou "déceler" (Commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale, 1988).

La télédétection est une discipline qui cherche à obtenir des informations de la Terre en utilisant des images acquises par des satellites ou des plateformes aériennes et en se servant de la radiation électromagnétique émise ou réfléchi par la surface terrestre (Lillesand et Kiefer, 1994 ; Chuvieco, 1996).

La télédétection utilise les propriétés physiques des objets pour acquérir des informations sur leur nature. Ceci implique une interaction entre l'énergie qui est transmise par le rayonnement électromagnétique et les objets. Pour la plupart des plates-formes satellitaires, cette énergie est enregistrée par un capteur et transmis à une station de réceptions, sous forme d'une image numérique (Lillesand et Kiefer, 1994).

« La télédétection est la technique qui, par l'acquisition d'images, permet d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information. »

1.2. Historique de la télédétection

L'histoire des techniques de la télédétection peut être découpée en cinq grandes époques :

- de 1856, date à laquelle, pour la première fois, un appareil photographique a été installé de façon fixe à bord d'un ballon, à la première guerre mondiale, se déroule l'époque des pionniers, pendant laquelle sont explorées les possibilités de la photographie aérienne verticale pour la cartographie ; les lois fondamentales de la stéréoscopie et de la photogrammétrie sont découvertes à la fin du XIXe siècle.

- de la première guerre mondiale à la fin des années 50, la photographie aérienne devient un outil opérationnel pour la cartographie, la recherche pétrolière, la surveillance de la végétation. On assiste à un progrès continu de l'aviation, des appareils photographiques et des émulsions (couleur, infrarouge noir et blanc, infrarouge fausse couleur). Les méthodes de la photo-interprétation sont précisées et codifiées.

- la période qui commence en 1957 et s'achève en 1972 marque les débuts de l'exploration de l'Espace et prépare l'avènement de la télédétection actuelle. Le lancement des premiers satellites, puis de vaisseaux spatiaux habités à bord desquels sont embarqués des caméras, révèle l'intérêt de la télédétection depuis l'espace. Parallèlement, les radiomètres-imageurs sont mis au point et perfectionnés, de même que les premiers radars embarqués à bord d'avions. La première application opérationnelle de la télédétection spatiale apparaît dans les années 60 avec les satellites météorologiques de la série ESSA.

- le lancement en 1972 du satellite ERTS (rebaptisé ensuite Landsat 1), premier satellite de télédétection des ressources terrestres, ouvre l'époque de la télédétection moderne. Le développement constant des capteurs et des méthodes de traitement des données numériques ouvre de plus en plus le champ des applications de la télédétection et en fait un instrument indispensable de gestion de la planète, et, de plus en plus, un outil économique.

- depuis les années 70, on assiste à un développement continu de la télédétection, marqué notamment par :

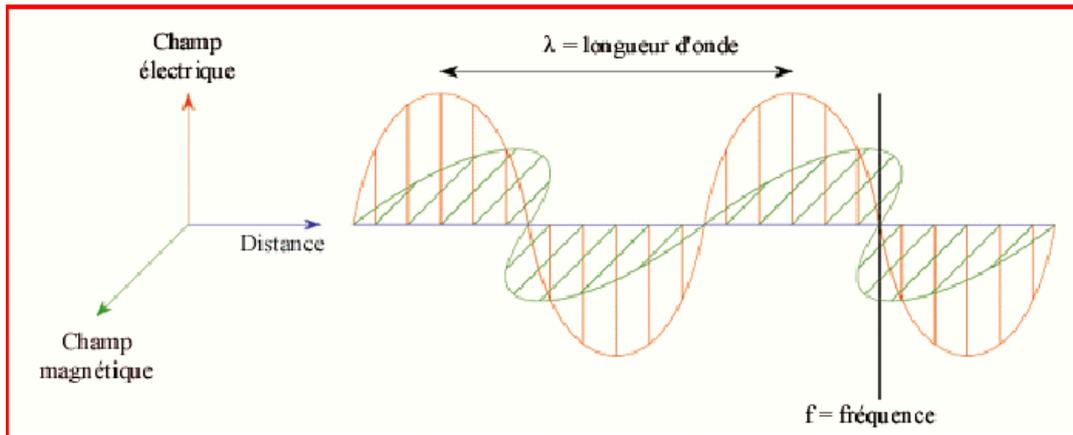
- l'augmentation de la résolution spatiale des capteurs, déjà évoquée.
- la diversification des capteurs qui utilisent des domaines de plus en plus variés et spécialisés du spectre électromagnétique. Dans les années 90, on assiste ainsi à la multiplication des satellites équipés de capteurs actifs, radars en particulier. Dans le domaine du rayonnement visible et infrarouge, les capteurs à très haute résolution spectrale sont aujourd'hui d'utilisation courante dans leur version aéroportée et font leur apparition à bord de satellites.
- la diffusion des données sur une base commerciale, envisagée dès le lancement du programme SPOT en 1986, se traduit aujourd'hui par le lancement de satellites de télédétection par des sociétés privées. Les données de télédétection deviennent l'objet d'un marché concurrentiel.

La diffusion accélérée et l'augmentation de la puissance des ordinateurs contribuent de façon continue à promouvoir de nouvelles méthodes d'utilisation des données toujours plus abondantes que fournit la télédétection spatiale. Les données des satellites météorologiques et océanographiques sont aujourd'hui un auxiliaire indispensable de la prévision numérique du temps et du climat et font l'objet d'une assimilation directe par les modèles numériques. Les images de télédétection destinées à l'observation fine de la surface terrestre, y compris les photographies aériennes traditionnelles, sont, sous forme numérique, intégrées aux Systèmes d'Information Géographique (GUEYE I., 2013).

1. Bases physiques de la télédétection

1.1 Spectre électromagnétique

Le spectre électromagnétique présente toutes les gammes d'ondes depuis les plus petites longueurs d'onde (fréquence très élevée) jusqu'aux plus grandes (fréquence très basse).



Onde électromagnétique (LILLESAND et KIEFFER, 1987).

Les ondes les plus utilisées en télédétection sont :

Le visible, rayonnement solaire réfléchi par les surfaces terrestres:

La partie visible du spectre va du $0,38\mu\text{m}$ à $0,78\mu\text{m}$, toutes les couleurs de arc-en-ciel du violet (proche de $0,38\mu\text{m}$) jusqu'au rouge (environ $0,65\mu\text{m}$) en passant par le bleu ($0,45\mu\text{m}$) et le vert ($0,55\mu\text{m}$), la plupart des satellites d'observation de la terre ont des capteurs enregistrant dans cette partie du spectre.

Le proche infrarouge, rayonnement solaire réfléchi par les surfaces terrestres :

Centré sur environ $0,9\mu\text{m}$, est très utilisé pour l'étude de la végétation et la détection de l'eau.

Le moyen infrarouge, rayonnement à la fois réfléchi et émis par les surfaces terrestres :

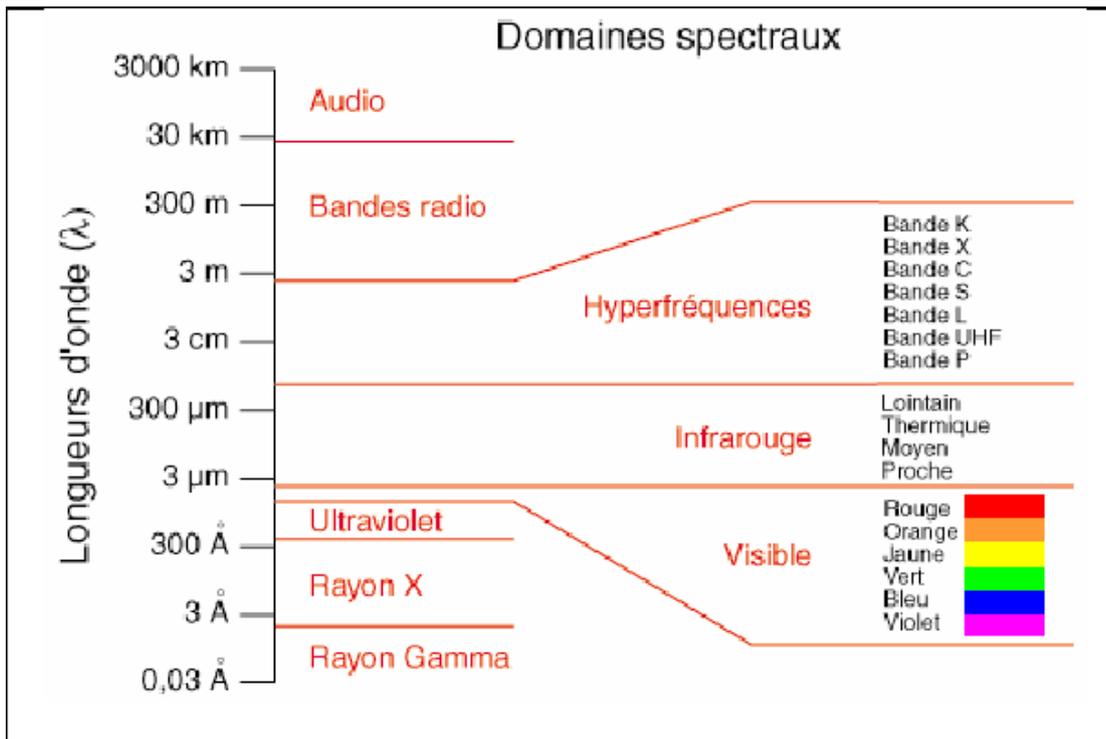
Centré sur environ $3\mu\text{m}$, est un peu moins utilisé et sert à la détection de l'eau dans les plantes, la détection de la neige et de la glace, l'évaluation de l'humidité du sol.

L'infrarouge thermique, émis par les surfaces terrestres :

De 8 à $12\mu\text{m}$ est très utilisé en météorologie et climatologie.

Le domaine des hyperfréquences, émis par une antenne et renvoyées par la surface terrestre pour les **hyperfréquences actives et émises par les surfaces terrestres pour les hyperfréquences passives :**

Est compris entre 2 et 30cm de longueur d'onde. Elles sont de plus en plus utilisées, océanographie et en agriculture



Spectre électromagnétique et les systèmes de télédétection
(LILLESAND et KIEFFER, 1987).

1.2 Réponse du milieu observé

Réponse du milieu observé :

Le milieu observé interagit avec le rayonnement incident et donne une réponse liée à des mécanismes tels que: l'émission propre, la réflexion, la diffusion et l'absorption, caractérisant **La réflexion** : Les rayonnements peuvent être réfléchis et renvoyés vers l'Espace (Figure 4). Le plus souvent, il s'agit alors d'une réflexion diffuse, qui s'effectue dans toutes les directions. Ce qui n'est pas réfléchi est absorbé. La réflectance est le rapport entre l'énergie réfléchie et l'énergie reçue.

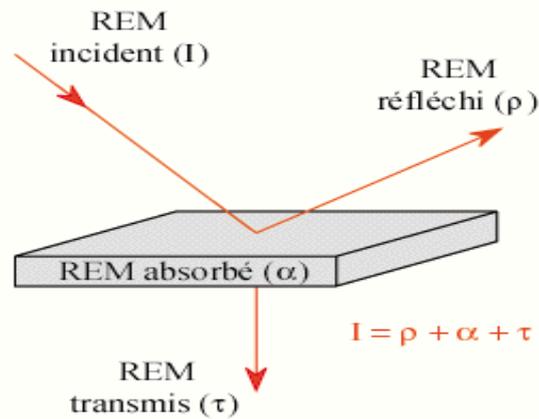


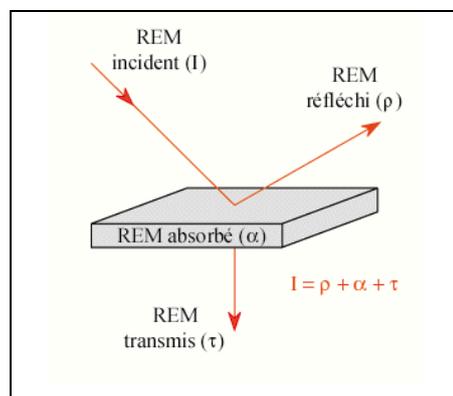
Figure 09: Les types de réflexion (BONN et al., 1992).

L'absorption : Elle traduit l'aptitude d'un corps à ne pas réfléchir les rayonnements reçus. Un corps qui absorbe a tendance à s'échauffer. Cette énergie absorbée est transformée en température qui produit une émission de rayonnement électromagnétique (absorption = émission). L'absorptance est définie comme le rapport entre l'énergie absorbée et l'énergie reçue (Figure 10).

Transmission : ou transmittance est le rapport entre l'énergie transmise et l'énergie reçue.

L'énergie reçue (E_r) par un objet est décomposée en trois énergie : réfléchie (R), transmise (t) et absorbée (a). Ainsi on a :

$$E_r = r + t + a \quad \text{et la réflectance} = r/E_r$$



Absorption, réflexion et transmission (BONN et al., 1992).

2. Satellites d'observation de la terre

La naissance des satellites s'échelonne d'avril 1960 (lancement de 'Transit 1', premier engin spatial pour la navigation) et juillet 1962 ('Telstar', premier satellite de communication), juillet 1972 ('Landsat 1, le premier satellite opérationnel d'observation de la terre), et au milieu des années 80 avec ceux de Landsat 4 et 5 et de Spot. Qui sont les vecteurs les plus courants transportant des capteurs.

Tableau suivant représente L'historique des satellites LANDSAT.

Satellite	Date de	Altitude	Cycle	Fauchée	Capteurs, canaux et résolution
Landsat 1	juillet 1972	910 km	18 jours	185 km	Caméra RBV (3 canaux, 80 m) Radiomètre MSS (4 canaux, 80 m)
Landsat 2	Janvier 1975	910 km	18 jours	185 km	Caméra RBV (3 canaux, 80 m) Radiomètre MSS
Landsat 3	mars 1978	910 km	18 jours	185 km	Caméra RBV (3 canaux, 80 m) Radiomètre MSS
Landsat 4	juillet 1982	705 km	16 jours	185 km	Radiomètre MSS (5 canaux, 80 m) Radiomètre TM (7 canaux, 30 m)
Landsat 5	Janvier 1984	705 km	16 jours	185 km	Radiomètre MSS (5 canaux, 80 m) Radiomètre TM
Landsat 6	oct. 1993	Détruit après lancement			
Landsat 7	avril 1999	705 km	16 jours	185 km	Radiomètre ETM + (7 canaux, 30 m, plus canal panchro, 15 m)

2.1. La Plate-forme

Le terme plate-forme s'applique à tout véhicule spatial, aérien ou terrestre capable de porter un capteur.

- Appelée aussi vecteur à tout objet se déplaçant et susceptible de porter un capteur, on

peut donc définir divers types de vecteurs : Ceux qui opèrent à quelques mètres du sol : grue, ou véhicules qui supportent des radiomètres ou appareils photographiques.

- Ceux qui opèrent entre la dizaine de mètres et la dizaine de kilomètres : avion, ballon, hélicoptère.
- Ceux qui opèrent entre la dizaine et la centaine de kilomètres : les ballons stratosphériques.
- Ceux qui opèrent entre 200 et 40000 km : ce sont les satellites soumis à l'attraction terrestre.

2.2. Composantes du satellite

Un satellite artificiel se compose de (CCT, 2005) :

1. Un système de maintien de l'altitude, constamment perturbé par l'attraction de la terre, les frottements de l'atmosphère, la pression des radiations solaires.
2. Un système de commande d'altitude pour orienter l'axe de prise de vue vers la terre et empêcher le satellite d'osciller là encore les corrections sont faites avec des jets du gaz.
3. Un système producteur d'énergie : les panneaux solaires qui produisent l'électricité nécessaire.
4. Un système de contrôle des opérations à bord et des communications avec la station au sol.
5. Des antennes radio pour la liaison avec le sol.
6. La charge utile : le capteur avec son système optique et son radiomètre.
7. Un système de stockage provisoire des informations que l'on peut lire lorsque le satellite entre dans la zone de réception de la station au sol.

2.2.1 Capteur :

En télédétection, les capteurs sont les équipements placés à bord satellites qui permettent de mesurer des objets étudiés dans une bande donnée de longueur d'onde.

Donc le capteur (imageur) est un instrument recueille le rayonnement électromagnétique en provenance de l'objet et le transforme en un signal numérique, il fournit des données organisées en lignes et en colonnes permettant de reconstituer une image en 02 dimensions de l'objet.

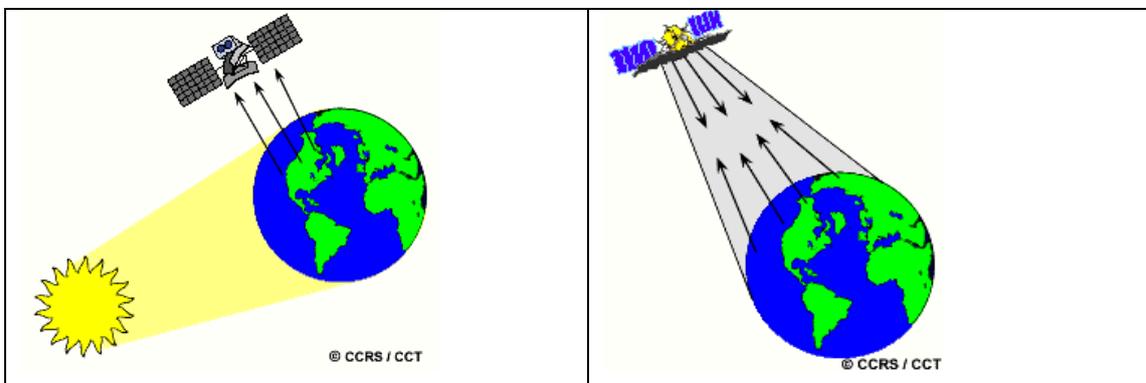
On distingue 02 types de capteurs (Figure 6) :

1) **Le capteur actif** : capteur comprenant à la fois un émetteur et un récepteur du rayonnement électromagnétique, de façon à observer l'objet indépendamment d'une source de rayonnement naturel exemple : RADAR, LIDAR (*Light Détection And Ranging*)....etc.

2) **Le capteur passif** : capteur qui recueille le rayonnement d'origine naturelle en provenance de l'objet, dans une ou plusieurs bandes spectrales exemple : (radiomètres, caméras). l'émetteur principal étant le plus souvent le soleil.

D'après (GIRARD, 1999) chaque capteur est caractérisé par :

- Sa résolution spatiale c'est à dire la dimension et des quantités d'observation de pixel.
- Sa résolution spectrale c'est à dire la finesse de séparation des longueurs d'onde proches.
- Sa résolution radiométrique, qui consiste en la distinction de quantité d'énergie captée, sa limite étant la plus petite variation d'énergie décelable



2.2.2. L'orbite héliosynchrone

Le satellite passe toujours à la même heure solaire locale en un même point de la terre.

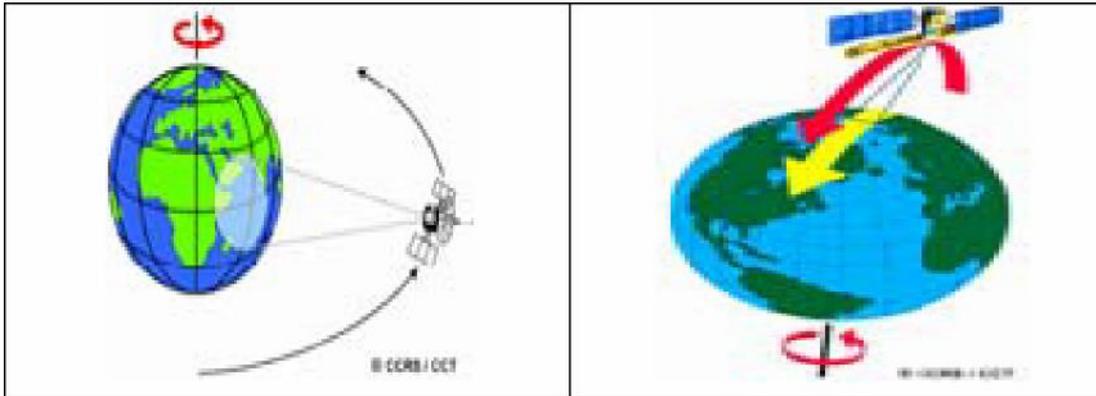
Il faut donc que le plan orbital du satellite reste fixe par rapport au plan orbital de la terre autour du soleil. Ce qui revient à la ligne des nœuds fasse un angle constant avec la droite des centres de la terre et du soleil.

Les satellites NIMBUS, LANDSAT (Américain) et SPOT (France) ont des orbites héliosynchrones.

Donc on distingue les satellites à défilement (avec des orbites circulaires quelconques ou héliosynchrones), des satellites géostationnaires.

Géostationnaire

Héliosynchrone



Télédétection active et télédétection passive (CCRS/CCT).

2.2.3. Satellites d'observation de la terre

Parmi les satellites qui nous intéressent (LANDSAT, SPOT) pour l'observation des ressources terrestres, (METEOSAT, NOAA) dont le but est l'étude de l'environnement et la météorologie.

Le tableau suivant montre les caractéristiques des principaux systèmes satellitaires d'observation de la terre dans les bandes du visible et du proche infrarouge.

Caractéristiques du système	LANDSAT MSS	LANDSAT ETM+	SPOT	METEOSAT	NOAA-AVHRR
Orbites: Type d'orbite	Sub-Polaire Héliosynchrone	Sub-Polaire Héliosynchrone	Sub-Polaire Héliosynchrone	Géostationnaire	Circulaire
Altitude (km)	705	705	830	35800	850
répétitivité	16 jours	16 jours	26(ou 1 ou 5) jours	25 min	12 h

Capteurs: Balayage	Miroir oscillant 56x79m	Miroir oscillant 30m	Barrettes CCD 10m(pan) ; 20m(S)	Rotation du satellite 2.5 km (S1) 5 km(S2, S3)	Miroir tournant 1.1ou4km
Résolution spatiale					
Bande spectrales(pm)					
S1	0.5-0.6	0.45-0.52	0.50-0.59	0.4-1.1	0.58-0.68 0.72-1.1
S2	0.6-0.7	0.52-0.60	0.61-0.68	5.7-7.1	3.55-3.93
S3	0.7-0.8	0.63-0.69	0.79-0.89	10.5-12.5	10.3-11.3
S4	0.8-0.9	0.76-0.90			11.5-12.5
S5		1.55-1.75			
S6		10.4-12.5			
S7		2.0-2.35	0.51-0.73		
Dimensions de la scène (km)	185	185	60	Le globe	2400

3. Apport de la télédétection :

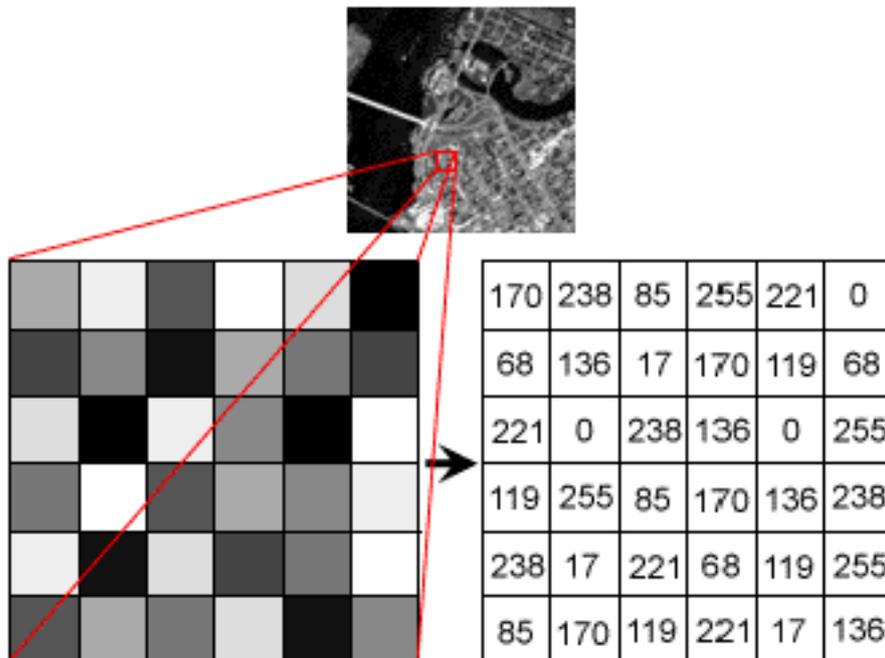
On peut résumer l'apport de la télédétection comme suit :

- Les données de télédétection sont homogènes et continues sur de grandes surfaces ;
- Elle offre une vision riche d'informations (multispectrale);
- Elle permet d'accéder à des zones dites « inaccessible» pour des questions de topographie, de climat et de catastrophes naturelles ;
- Acquisitions de données en temps voulu ;
- Elle autorise des observations très rapprochées ;
- Les images sont sous forme numérique, ce qui facilite considérablement leur intégration dans les bases de données des SIG ;
- Les programmes satellitaires sont maintenant suffisamment nombreux et fiables pour garantir aux utilisateurs une constitué dans la fourniture d'images.

4. Les données de télédétection

Les données de télédétection sont le plus souvent fournies en format d'images numériques. L'image correspond à une matrice de pixels. La taille du pixel correspond à la résolution spatiale et son contenu correspond à l'intensité du rayonnement réfléchi ou émis. Cette intensité est exprimée en niveaux de gris. Pour chaque bande spectrale correspond une image résultante.

Et aussi l'image satellitaire : Les informations acquises par télédétection spatiale sont restituées sous forme d'images où l'unité de résolution est de pixel. Ce dernier est défini comme étant « la plus petite surface homogène enregistrée de la maille d'échantillonnage »



Les caractéristiques fondamentales des images de télédétection sont :

A) La résolution spectrale :

En fonction de leurs caractéristiques techniques, les capteurs à bord des satellites enregistrent le rayonnement réfléchi ou émis par les objets au sol dans des gammes ou intervalles de longueur d'onde donnés.

La résolution spectrale est l'aptitude du capteur à distinguer des rayonnements électromagnétiques de fréquences différentes. Plus le capteur est sensible à des différences spectrales fines (intervalles

de longueur d'onde étroits), plus la résolution spectrale du capteur est élevée. La résolution spectrale dépend du dispositif de filtrage optique qui décompose l'énergie captée en bandes spectrales plus ou moins larges

B) La résolution spatiale

La résolution des images numériques est définie par le nombre de pixels par millimètres. En télédétection, on exprime la résolution des images par la taille de la zone couverte par un pixel. Chaque pixel de l'image correspond à une partie de la surface de la terre. On parle alors de "résolution-sol" [17].

La résolution des satellites d'observation de la terre les plus courants est donnée dans le (Cf.tableau 27)

Tableau 27 : la résolution spatiale de quelques satellites

Satellite	Capteur	Résolution-sol
Landsat	MSS	80m
Landsat	Thématique Mapper	30m
SPOT	XS (Multispectral)	20m
SPOT	Panchromatique	10m
Ikonos	Multispectral	4m
Ikonos	Panchromatique	1m

ainsi la surface et l'intérieur du milieu observé (contenu en eau, rugosité...).

5. Etapes du processus de la télédétection :

Dans la plupart des cas, la télédétection implique une interaction entre l'énergie incidente et les cibles. Le processus de la télédétection au moyen de systèmes imageurs comporte les sept étapes que nous élaborons ci-après

1. Une source d'énergie ou d'illumination (**A**)

En télédétection dite passive, le soleil constitue la principale source d'énergie. En télédétection dite active, la source est fabriquée par l'homme.

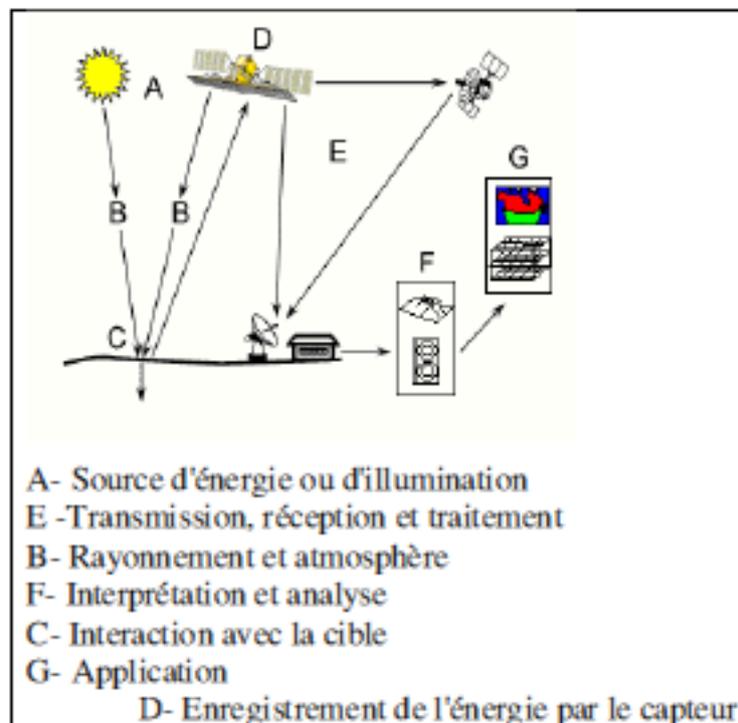
2. Interactions entre le rayonnement et l'atmosphère tout au long du trajet source-cible et cible-capteur(**B**).

3. Interactions avec la cible (**C**) Ces interactions sont de trois types : la transmission, la réflexion et l'absorption. L'émission est à considérer comme un phénomène à part.

4. Enregistrement du signal par le capteur (**D**) Le capteur enregistre le signal reçu.

5. Transmission, Réception, et Traitement (**E**) Le satellite transmet les signaux vers des stations de réception au sol ou à des satellites relais. Au niveau de ces stations, les informations sont décodées et enregistrées sous forme d'images ou de photographies.

6. Traitements, analyses, interprétation et applications (**F** et **G**) : Les traitements se basent sur des théories et techniques souvent complexes et servent à extraire les informations utiles. Ces informations sont ensuite utilisées pour caractériser la cible étudiée.



L'information d'une gamme étroite de longueur d'onde est captée et emmagasinée sous forme numérique dans un fichier représentant la bande de longueurs d'onde. Il est ensuite possible de combiner et d'afficher ces d'information numérique.

7. Traitements des données de télédétection :

les fonctions de traitement des images communément disponibles en analyse d'images en quatre catégories :

1. Prétraitement

-Corrections radiométriques

-Corrections géométriques

2. Traitement :

-Rehaussement de l'image

- Transformation de l'image

- Classification et analyse de l'image

On appelle fonctions de **pré-traitement** les opérations qui sont normalement requises avant

l'analyse principale et l'extraction de l'information. Les opérations de pré-traitement se divisent en **corrections radiométriques** et en **corrections géométriques**.

Les fonctions de rehaussement ont pour but d'améliorer l'apparence de l'imagerie pour l'interprétation et l'analyse visuelles. Les fonctions de rehaussement permettent **l'étirement des contrastes** pour augmenter la distinction des tons entre les différents éléments d'une scène, et le **filtrage spatial** pour rehausser (ou éliminer) les patrons spatiaux spécifiques une image.

Corrections radiométriques :

Elles permettent de diminuer les perturbations dues à l'atmosphère et aux capteurs.

Deux images d'une même région, acquises à des différentes dates peuvent avoir des valeurs numériques différentes ; ceci est du à des différences dans l'élévation solaire qui dépend de la saison et de l'année ou à des différences de transmission et d'absorption de l'atmosphère ou encore à des changements dans l'occupation du sol de la région étudiée. Ce dernier facteur fait l'objet des études dites " multidates " (LEG G., 1992).

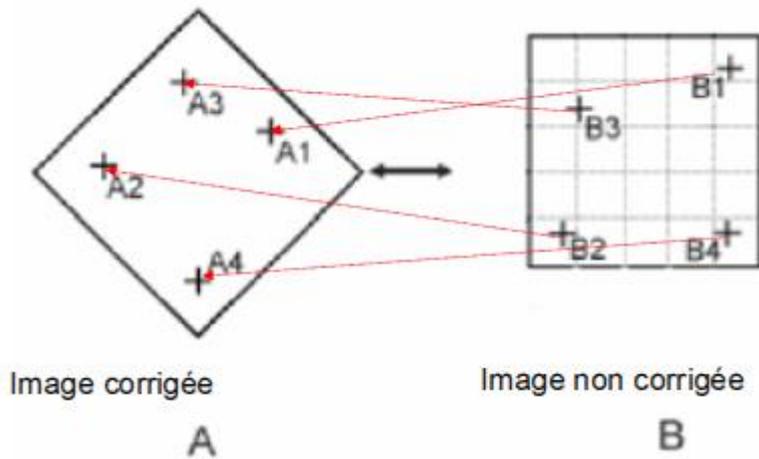
La correction radiométrique pour compenser la différence de l'élévation solaire entre différentes dates et la différence dans le calibrage du capteur, est importante pour la détection des changements (LEG G., 1992).

Les satellites d'observation de la terre passent sur chaque point de la terre à la même heure solaire. L'élévation solaire et l'azimut du temps d'acquisition sont normalement enregistrés à l'entête de l'image numérique et il est relativement simple d'ajuster les valeurs numériques d'une série d'images à une élévation solaire constante de telle sorte que les images apparaissent comme étant acquise au même moment de l'année (LEG G., 1992).

Ces traitements sont réalisés de manière générale en amont de l'utilisation finale.

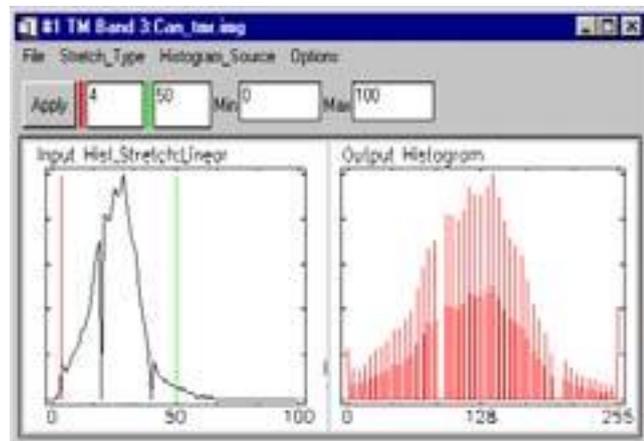
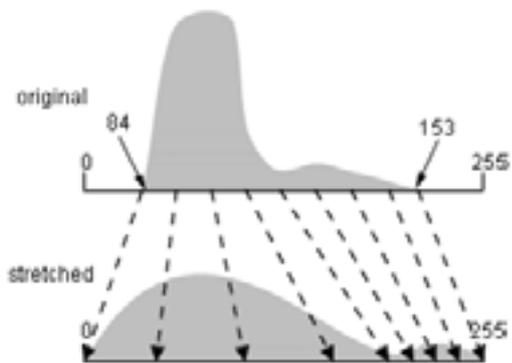
B - Corrections géométriques :

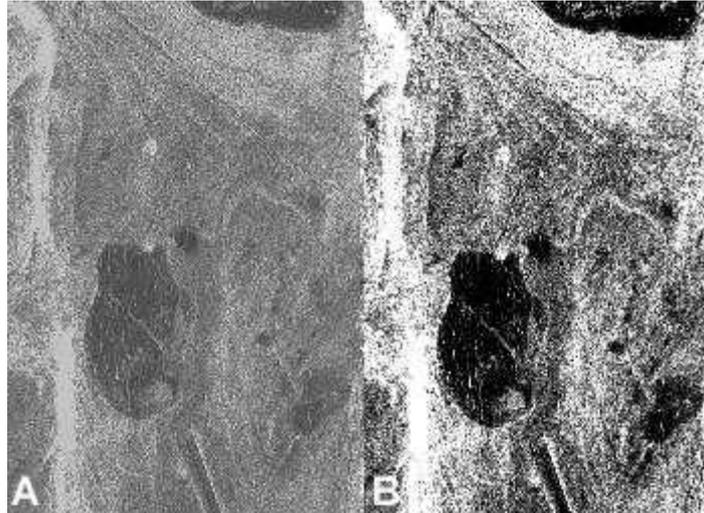
Elles sont destinées à corriger l'image des déformations systématiques dues à la prise de vue (ellipsoïde terrestre, défilement du satellite, technologie du capteur) ainsi qu'à rendre l'image superposable à une carte. Elles sont faites soit à partir de paramètres d'orbite et d'altitudes enregistrées durant le vol, soit à l'aide de lois de déformations, pour rendre l'image conforme à un type de projection cartographique connu (UTM ou Lambert, par exemple). Les lois de déformation sont calculées de point particulier, encore appelés amers, dont les coordonnées sont connues à la fois sur le terrain et sur l'image (DESHAYES, M. et MAUREL, P., 1990).



Rehaussement de l'image :

Une image de bonne qualité est celle dont les apparences permettent à notre système visuel d'identifier le maximum d'informations. La qualité visuelle de l'image joue un rôle prépondérant, cette qualité se réfère aux propriétés de notre système visuel : séparabilité des tons de gris, perception relative des couleurs. (Ce processus se fait généralement après la réalisation de procédés de prétraitement pour la finalité de représentation graphique ou interprétation visuelle des images numériques).





Les transformations d'images

Sont des opérations similaires à ceux de rehaussement l'image. Cependant, alors que le rehaussement de l'image qui est normalement appliqué une seule bande de données à la fois, la transformation de l'image combine le traitement données de plusieurs bandes spectrales. Des opérations arithmétiques (c'est-à-dire addition, soustraction, multiplication, division) sont faites pour combiner et transformer les bandes originales en de "nouvelles" images qui montrent plus clairement certains éléments de la scène.

Nous allons examiner certaines de ces opérations incluant les diverses méthodes rapport de bande aussi appelé rapport spectral et un procédé appelé analyse des composantes principales qui est utilisée pour mieux représenter l'information en imagerie multispectrale.

Les transformations des images se reflètent aux techniques de manipulation des images brutes entre elle pour produire d'autres images dérivées utiles à un objectif donné .

Classification de l'image satellitaire :

La classification d'une image de télédétection consiste à en une reconnaissance automatique des reflectances. Elle permet d'identifier et de regrouper les pixels similaires d'une image dans une classe. Cette similarité peut être déterminée par rapport à la signature spectrale ou à la proximité spatiale (DOS SANTOS, 2001).

Les techniques de classification utilisent les propriétés spectrales et parfois spatiales de l'image pour segmenter l'image en classes homogènes de type de couvertures de sol.

L'œil humain utilise la couleur, la texture, **forme, taille, patron, ombre** et le contexte pour identifier les différents types de couverture du sol.

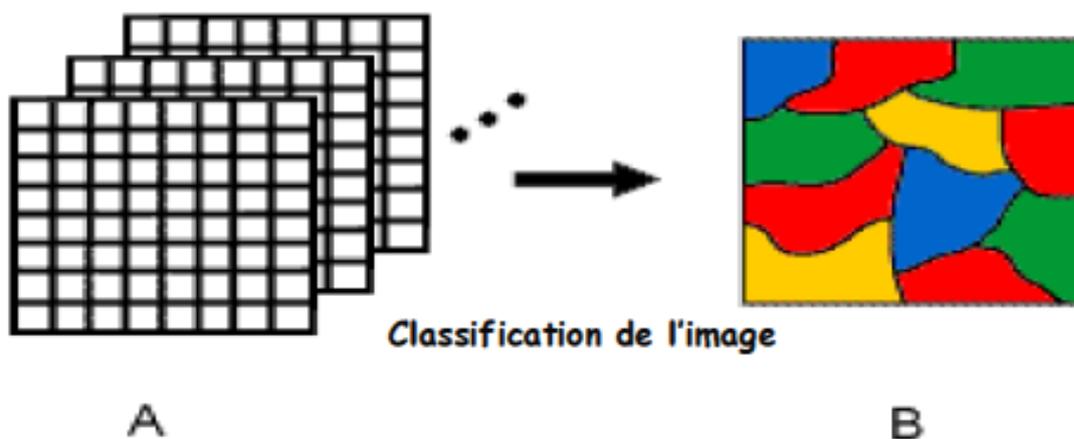
La plupart des classifications opèrent sur la base de la couleur, seulement dans le sens où elles opèrent sur des valeurs individuelles de chaque pixel dans chaque longueur d'onde.

Il s'agit du procédé le plus utilisé en télédétection. Il consiste à regrouper des ensembles de pixels similaires en classes. On peut se base simplement sur les valeurs radiométriques des

Pixels ou intégrer également les relations de voisinage entre pixels.

Dans le cas de classification basée sur les radiométries, on rappelle qu'une image satellite peut être représentée à n dimensions. Chaque pixel a un point représentatif dans cet espace des radiométries et une image constitue donc un nuage de points, donc le but de cette opération consiste à réaliser le découpage optimal de nuage de points, sur lequel on peut appliquer divers traitements.

Les méthodes de classification se divisent en deux grands groupes :



La classification non supervisée (non dirigée) :

Elle est effectuée sans prise en compte de données d'étalonnage sur le terrain ou bien dans le cas on ne dispose pas d'information a priori sur la zone. Il s'agit d'un découpage entièrement mathématique de l'espace radiométrique en un nombre de classe défini par l'utilisateur au départ. Le thématicien intervient ensuite pour donner un nom à chacune des classes obtenues

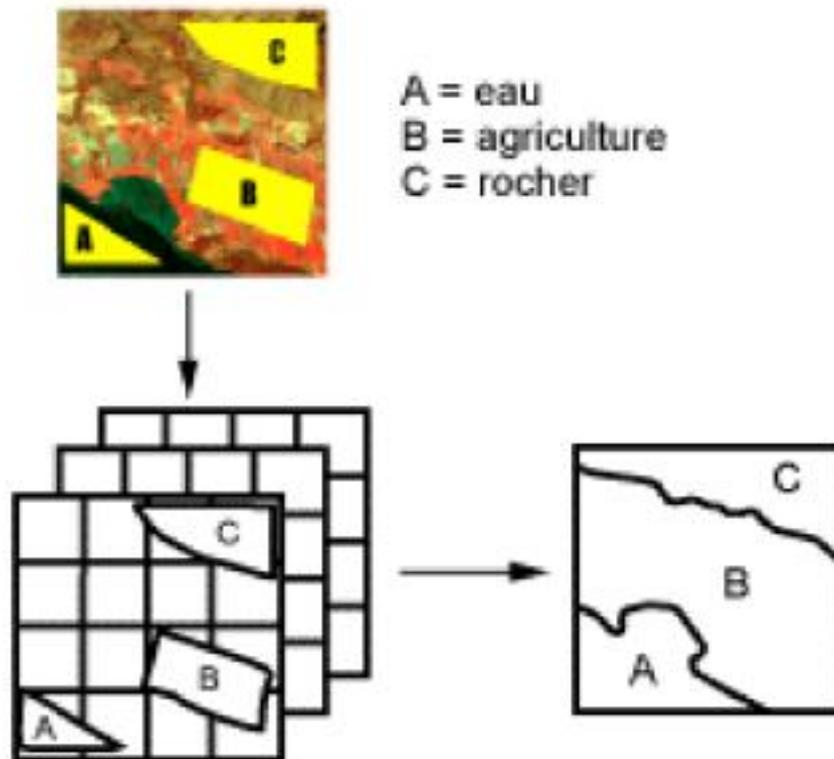
Cette technique est intéressante dans les cas où il est impossible de rendre sur le terrain.

B) La classification supervisée (dirigée) :

On identifie sur l'image des surfaces assez homogènes représentatives des thèmes qu'on souhaite discriminer. Les signatures spectrales de ces surfaces serviront comme références pour classer l'ensemble de l'image en utilisant des algorithmes de classification appropriés.

Lors de l'utilisation d'une méthode de classification supervisée, l'analyste identifie des échantillons assez homogènes de l'image qui sont représentatifs de différents types de surfaces (classes d'information). Ces échantillons forment un **ensemble de données-tests**.

La sélection de ces données-tests est basée sur les connaissances de l'analyste, sa familiarité avec les régions géographiques et les types de surfaces présents dans l'image. L'analyste supervise donc la classification d'un ensemble spécifique classes. Les informations numériques pour chacune des bandes et pour chaque pixel de ces ensembles sont utilisées pour que l'ordinateur puisse définir les classes et ensuite reconnaître des régions aux propriétés similaires à chaque classe. L'ordinateur utilise un programme spécial ou algorithme afin de déterminer la "signature" numérique de chacune des classes. Plusieurs algorithmes différents sont possibles. Une fois que l'ordinateur a établi la signature spectrale de chaque classe à la classe avec laquelle il a le plus d'affinités. Une classification supervisée commence donc par l'identification des classes d'information qui sont ensuite utilisées pour définir les classes spectrales qui les représentent.



Composition colorée

L'information apportée par un seul canal ne pas toujours donner un détail satisfaisant, le principe consiste en utilise trois canaux dans une même image ; à chaque canal une couleur différente, la superposition de ces images donne une nouvelle image appelée composition colorée.

La composition colorée obtenue par synthèse additive des lumières colorées (système Rouge – Vert – Bleu). En sachant que ces trois couleurs fondamentales correspondant à trois valeurs numériques pour chaque pixel.

Par exemple, une composition TM 1, 2, 4 affiche le canal vert de TM en bleu, le canal rouge en vert et le canal proche infrarouge en rouge.

Synthèse des néo-canaux

C'est une pratique courante dans l'analyse multi spectrale. Peut être classé comme méthode de compression des données, est issu de l'analyse de la physique des phénomènes, est utile pour différencier des objets au sol selon leur nature. L'examen des réponses obtenues dans les canaux du rouge et du proche infrarouge ont conduit à la définition de deux indices : l'indice de végétation et

L'indice de brillance :

1. L'indice de végétation : est lié à l'activité chlorophyllienne. C'est un indicateur de la densité de végétation, il est constitué par une simple combinaison de canaux. Ce traitement abouti à la création d'un néo-canal en combinant la réflectance du canal rouge et d'infrarouge.

Le NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ou IDNV (Indice de Végétation par la Différence Normalisée), variant entre -1 et +1, est un rapport normalisé entre le Proche Infrarouge et le Rouge (ROUSE et al., 1974):

$$\text{NDVI} = (\text{PIR} - \text{R}) / (\text{PIR} + \text{R})$$

Les zones végétalisées atteignent des valeurs comprises entre 0,6 et +1, les sols nus avoisinent 0 quant aux surfaces en eau elles présentent des valeurs négatives (LILLESAND et KIEFFER, 1994). Par ailleurs, de nombreuses études ont montré que le NDVI, notamment dans les régions à couvert végétal épars, est plus ou moins influencé par la couleur des sols et les conditions humidité.

L'indice de brillance :

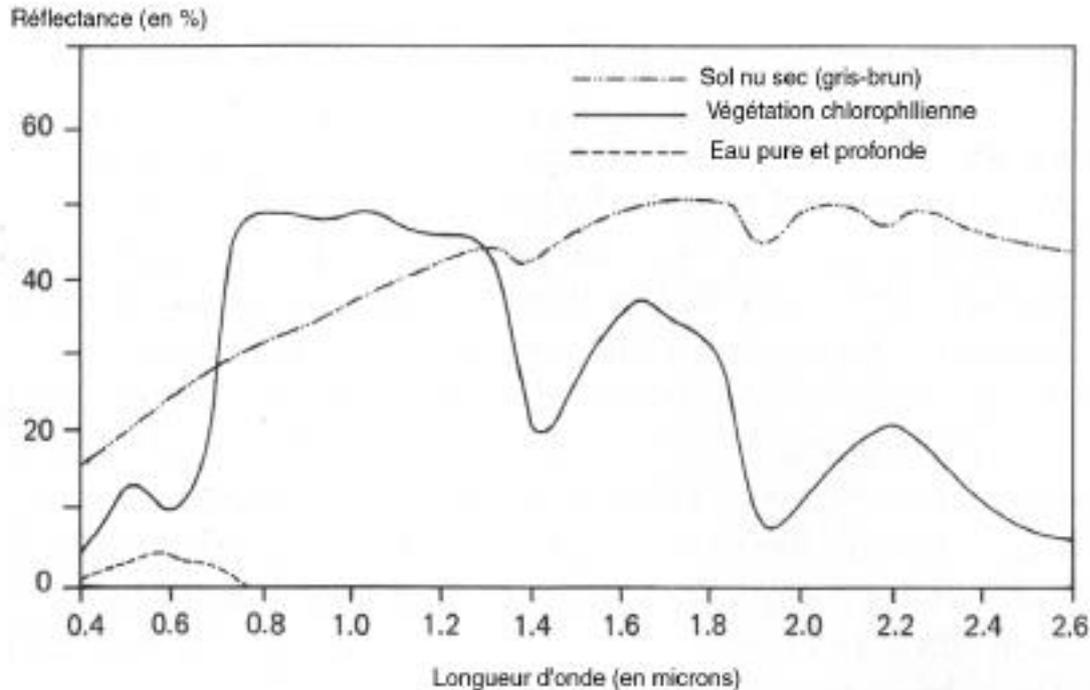
traduit les changements de teintes des sols nus et des roches.

Le passage des teintes sombres aux teintes claires s'accompagne d'une augmentation des valeurs radiométriques dans les deux canaux simultanée.

$$\text{IB} = \sqrt{(\text{PIR})^2 + \text{R}^2}$$

Cet indice permet théoriquement et mettre en évidence l'humidité du sol, la rugosité des surfaces ainsi que leur couleurs. (DESHAYES M. et MAUREL P., 1990).

Réflectance spectrale de la végétation, du sol et de l'eau La figure présente les courbes de la réflectance spectrale de 3 types de couverture : la végétation, le sol et l'eau. On remarque nettement la distinction entre les 3 types.



Courbes typiques de la réflectance spectrale de la végétation du sol et de l'eau (LILLESAND et KIEFFER, 1987).

La réflectance spectrale de la végétation se manifeste souvent par des sommets et des dépressions (vallées). Les dépressions sont contrôlées par les pigments contenus dans les feuilles. Par exemple, la chlorophylle absorbe fortement de l'énergie électromagnétique aux environs de 0,45 et 0,67 mm. Donc, la végétation nous paraît verte dans le visible (oeil humain), parce qu'il y a une forte absorption du bleu et du rouge.

Si la plante est atteinte d'une certaine maladie (stress) qui pourrait interrompre sa croissance normale, cela pourrait diminuer ou cesser la production de la chlorophylle.

En conséquence, il y aura moins d'absorption du bleu et du rouge. La réflexion de ces deux types d'énergie augmente à un point où les feuilles apparaissent jaunes (bleu + rouge) ou même oranges.

En allant du visible à l'infrarouge, la réflectance de la végétation augmente dramatiquement aux environs de 0,7 mm. Entre 0,7 et 1,3 mm, une feuille reflète typiquement entre 40 et 50 % de l'énergie qu'elle reçoit. La plus grande portion du reste est transmise, puisque l'absorption à ce niveau du spectre est faible (< 5 %). La réflectance des plantes dans cette région du spectre (0,7 à 1,3 mm) est causée spécialement par la structure interne des feuilles. Comme cette structure est très

variable entre les espèces, les mesures de réflectance dans cette région du spectre nous permettent souvent de faire une distinction satisfaisante entre les espèces malgré leur ressemblance dans le visible.

Relations entre couleurs et bandes spectrales pour les images couleurs et infrarouge.

Bandes spectrales	B - Bleu	V - Vert	R - Rouge	PIR	MIR	MIR
Longueurs d'ondes repères (nm)	450	550	675	900	1700	2200
Image couleur : couleur résultante	bleu	vert	Rouge			
Image infrarouge couleur : couleur résultante		bleu	vert	Rouge		
Canal SPOT		B1	B2	B3	B4	
Canal TM	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7

Source: GIRARD M. C., 2005

