

## CHAPITRE I : LA PHOTO-INTERPRETATION

### 1. Introduction à la photo-interprétation

#### 1.1. Définitions préliminaires

##### 1.1.1. La photo-identification

C'est une simple lecture de la photographie (photo, carte topographique, photo aérienne, photo satellitaire etc...).

##### 1.1.2. La photo-détermination

A ce stade le photo-interpréteur fait appel à ses qualités intuitives et déductives dont l'objectif de distinguer des objets ; lac, maison ; champs etc....

##### 1.1.3. La photo-interprétation

- C'est la mise en place des hypothèses récréant des relations entre certaines composantes de l'image. L'objet n'est pas visible directement mais déduit.
- C'est l'acte d'examiner les photographies pour le but d'identifier des objets et juger leur signification.

##### 1.1.4. Les étapes de la photo-interprétation

Selon le but de la recherche, la photo- interprétation permet à travers l'analyse de photographies aériennes d'extraire le maximum d'informations sur l'objet étudié. Cela en découpant les différents éléments pour en ressortir des cartes qu'on utilise pour effectuer des analyses et tirer des conclusions sur le sujet. La vérification terrain constitue une étape importante dans le processus.

Les étapes de la photo-interprétation peuvent être présentées en quatre grandes catégories : la photo-identification, la photo-analyse, la photo-interprétation, et la photo-interprétation numérique.

###### a. La photo identification

L'étape de la photo identification consiste en l'observation de l'ensemble de l'image, la délimitation des éléments homogènes, l'étude des formes et l'identification des détails.

Le photo-interprète doit recenser aussi la couleur, la texture, ainsi que la structure des objets observés dans l'image.

### **b. La photo-analyse**

Cette étape s'intéresse plutôt à l'environnement de l'objet étudié pour faciliter son identification, vu que l'identification de sa forme ne suffit pas dans la plupart du temps.

### **c. La photo-interprétation**

Associant les deux étapes précédentes aux connaissances du photo-interprète et aux différentes recherches documentaires, la photo-interprétation permet d'en tirer le résultat final. Ce dernier serait plus optimal si on a une bonne connaissance du terrain.

### **d. La photo-interprétation numérique**

Comme son nom l'indique la photo-interprétation numérique est assistée par ordinateur et exploite les performances des ordinateurs pour obtenir un rendu meilleur. Cela par les différents logiciels de systèmes d'information géographique (SIG) existant, que ce soit en mode Raster ou en mode Vecteur.

## **1.2. La stéréoscopie**

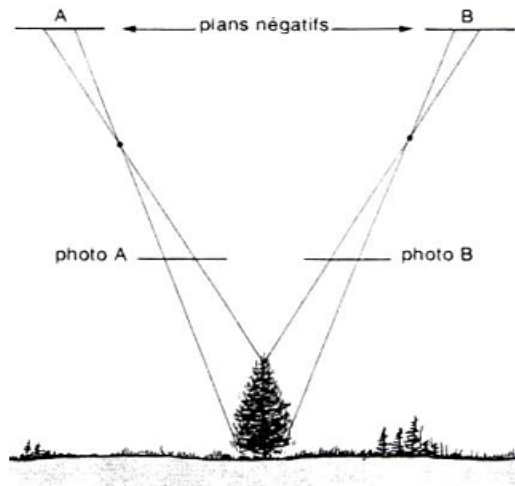
Nous avons tous à l'esprit que notre perception du relief est due au fait que nous avons deux yeux. En effet, lorsqu'on observe un objet, chaque œil reçoit une image différente de cet objet de part sa position par rapport à lui. L'image reçue par l'œil gauche est donc légèrement décalée par rapport à celle reçue par l'œil droit, et c'est la combinaison de ces deux images par notre cerveau qui nous procure l'effet de relief.

### **1.2.1. L'utilisation stéréoscopique**

Qu'est-ce qui fait de l'interprétation de l'imagerie une tâche plus difficile que l'interprétation de ce qui nous entoure dans notre quotidien? D'abord, nous perdons notre sens de la perspective en regardant une image en deux dimensions, à moins de la regarder en **stéréoscopie** pour simuler une troisième dimension. En effet, dans plusieurs applications, la visualisation stéréo est un atout important pour l'interprétation puisque la reconnaissance d'une cible y est rehaussée de façon spectaculaire. À vol d'oiseau, les objets peuvent avoir une apparence très différente de celle à laquelle nous sommes habitués. La combinaison d'une perspective inhabituelle, d'une échelle très différente et du peu de détails fait que les objets les plus familiers sont parfois méconnaissables sur une image. Enfin, comme nous avons l'habitude de ne voir que les longueurs d'onde de la zone visible du spectre électromagnétique, il nous est plus difficile de comprendre l'imagerie des longueurs d'onde des autres zones du spectre.

### 3b. Vision stéréoscopique

#### ■ Notions de stéréoscopie



GO 651 – A. Puissant

11

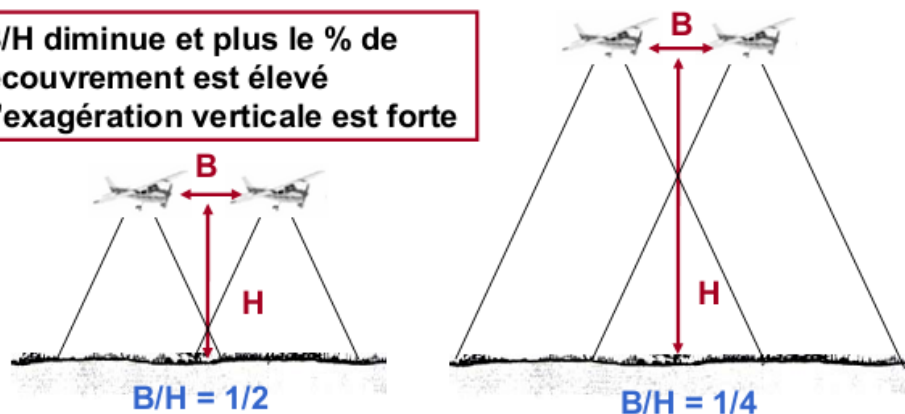
### 3b. Vision stéréoscopique

#### ■ Exagération stéréoscopique

= rapport entre la hauteur réelle d'un objet sur le terrain et la hauteur perçue par l'observation stéréoscopique

= **Rapport B/H** où B = base et H = hauteur

Plus B/H diminue et plus le % de recouvrement est élevé  
 ⇒ moins l'exagération verticale est forte



GO 651 – A. Puissant

13

Figure 01. La stéréoscopie

## 2. La photo-interprétation

Dans le domaine de l'interprétation des photos, l'analyse d'imagerie de télédétection nécessite l'identification de différentes cibles sur une image. Ces cibles peuvent être des structures naturelles ou artificielles, faites de divers points, lignes ou surfaces. Les cibles peuvent être définies en fonction de la manière dont elles diffusent le rayonnement. L'intensité du rayonnement est mesurée et enregistrée par un capteur pour être ensuite transformée en un produit utilisable tel qu'une photo aérienne ou une image satellite.

### 3c. Méthodologie de lecture

- **Rappel : photo-interprétation (PI)**
  - => Interprétation du paysage vu sous un angle particulier (verticalement) et au travers d'un support particulier
  
- **Objectif de PI**
  - **Identifier** des éléments et déterminer leur importance et leur signification dans le paysage
  - Interpréter afin d'**expliquer**

=> Offrir une source d'information complémentaire

GO 651 – A. Puissant 16

### 3c. Méthodologie de lecture

- **Interprétation : démarche en plusieurs étapes**
  - Définition d'une **problématique** et des **objets de recherche**
  - Deux phases :

(a)	<b>Détection</b>	→	Présence d'un objet avec des couleurs ou des NG différents
(b) {	<b>Identification</b>	→	Reconnaissance de la forme détectée en (a)
	<b>Analyse</b>	→	Détails de l'objet identifié en (b)

**(1) => Inventaire des objets**

GO 651 – A. Puissant 17

## 2.1. Les éléments (clés) de l'interprétation

La reconnaissance des cibles est la clé de l'interprétation et de l'extraction d'information. L'observation des différences entre les cibles et leurs arrière-plans implique la comparaison entre différentes cibles en se basant sur une combinaison des caractéristiques suivantes : **le Ton (la Couleur), la Forme, la Taille, le Patron (le Modèle), la Texture, l'Ombre, l'Association, et le Temps.**

Consciemment ou non, nous utilisons régulièrement ces caractéristiques pour les interprétations visuelles que nous effectuons quotidiennement. L'observation des images satellites lors des bulletins de météo ou l'observation d'une poursuite rapide à partir d'un hélicoptère sont des exemples familiers d'interprétation d'images visuelle. L'identification des cibles en télédétection basée sur les 8 caractéristiques visuelles nous permet de mieux interpréter et analyser. Chacune de ces caractéristiques d'interprétation est décrite ci-dessous, avec une image et exemple pour chaque cas.

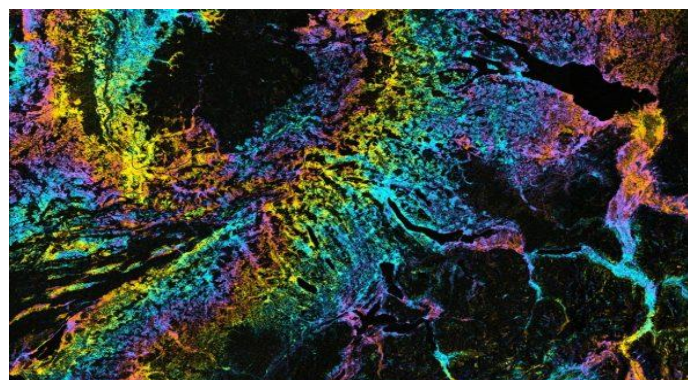
### 2.1.1. Le Ton (la Couleur)

Réfère à la clarté relative ou la couleur (teinte) des objets dans une image. Généralement, la nuance de ton est l'élément fondamental pour différencier les cibles et les structures. Les variations de ton permettent aussi la différenciation des formes, textures et patrons des objets.

**Figure 02.** La couleur montre la différence entre le terrain et la mer



**Figure 03.** La couleur montre la différence en température des roches



### 2.1.2. La Forme

Réfère à l'allure générale, la structure ou le contour des objets Pris individuellement. La forme peut être un indice très important pour l'interprétation. Les formes aux bordures rectilignes se retrouvent généralement dans les régions urbaines ou sont des champs agricoles, alors que les structures naturelles, telles que les bordures des forêts, sont généralement plus irrégulières, sauf dans les endroits où l'homme a construit une route ou effectué une coupe à blanc. Les fermes où les champs de culture irrigués par des systèmes d'arrosage automatiques présentent des formes circulaires.

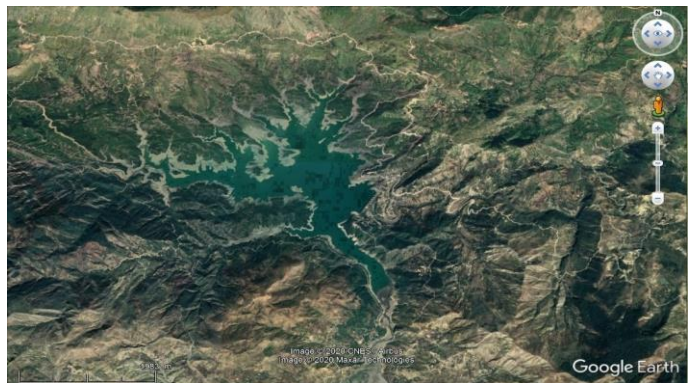
**Figure 04.** Forme régulière en milieu rural (Tache Humaine)



**Figure 05.** Forme régulière en milieu urbain (Tache Humaine)



**Figure 06.** Forme irrégulière (naturelle)



### 2.1.3. La Taille

La taille d'un objet sur une image est en fonction de l'échelle. Il est important d'évaluer la taille d'une cible par rapport aux autres objets dans une scène (taille relative), ainsi que la taille absolue, afin d'aider l'interprétation de cette cible. Une évaluation rapide de la taille approximative d'une cible facilite souvent l'interprétation. Par exemple, dans une image où l'on aurait à distinguer différentes zones d'utilisation du sol et à identifier une aire comportant des bâtiments, les grosses structures telles que les usines ou les entrepôts suggéreraient des propriétés commerciales, tandis que de plus petits éléments suggéreraient des lieux résidentiels.



**Figure 07.** La taille de l'école et de la mosquée est plus grande

### 1.2.4. Le Patron (Le modèle)

Réfère à l'agencement spatial des objets visiblement discernables. Une répétition ordonnée de tons similaires et de textures produit un patron distinctif et facilement reconnaissable. Les vergers avec leurs arbres régulièrement disposés, ou les rues régulièrement bordées de maisons sont de bons exemples de patrons.



**Figure 08.** Modèle d'arrangement des maisons

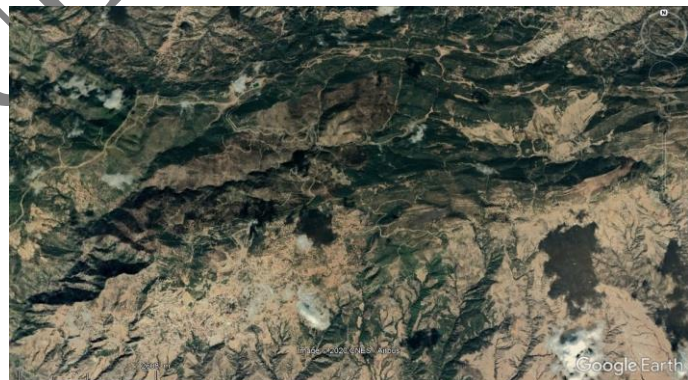
### 1.2.5. La Texture

Réfère à l'arrangement et à la fréquence des variations de teintes dans des régions particulières d'une image. Des textures rugueuses consisteraient en des tons en rayures où les niveaux de gris changent brusquement dans une petite région, alors que les textures lisses auraient peu ou pas de variations de tons. Les textures lisses sont souvent le résultat de surfaces uniformes telles que des champs, du pavement ou des terrains gazonnés. Une cible avec une surface rugueuse et une structure irrégulière, telle qu'une forêt, résulte en une texture d'apparence rugueuse. La texture est l'un des éléments les plus importants pour différencier les structures sur une image radar.

**Figure 09.** Texture lisse (simple)



**Figure 10.** Texture rugueuse (dure)



### 1.2.6. L'Ombre

Sont aussi utiles pour l'interprétation puisqu'elles donnent une idée du profil et de la hauteur relative des cibles pouvant être identifiées facilement. Les ombres peuvent cependant réduire, voire éliminer l'interprétation dans leur entourage, puisque les cibles situées dans les ombres sont moins, ou pas du tout discernables. En imagerie radar, les ombres sont particulièrement utiles pour rehausser ou identifier la topographie et les formes géologiques, particulièrement en imagerie radar.



**Figure 11.** L'ombre montre la forme et la taille de l'objet (tour Eiffel)



**Figure 12.** L'ombre fait la différence entre la Neige et les nuages



### 1.2.7. L'Association

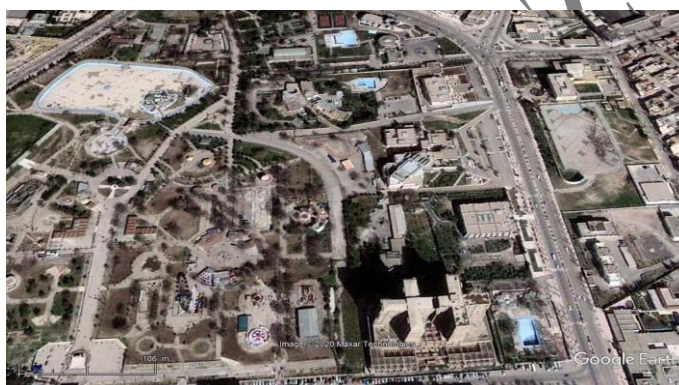
Tient compte de la relation entre la cible d'intérêt et d'autres objets ou structures reconnaissables qui sont à proximité. L'identification d'éléments qu'on s'attend normalement à retrouver à proximité d'autres structures peut donner de l'information facilitant l'identification. Dans l'exemple ci-dessous, les propriétés commerciales peuvent être associées avec les routes à proximité, alors que les aires résidentielles seraient associées avec les écoles, les terrains de jeux et de sports. Dans un autre exemple, un lac est associé à des bateaux, à une marina et à un parc récréatif tout près.

**Figure 13.** Association de différents objets qui représentent le modèle urbain



### 1.2.8. Le Temps

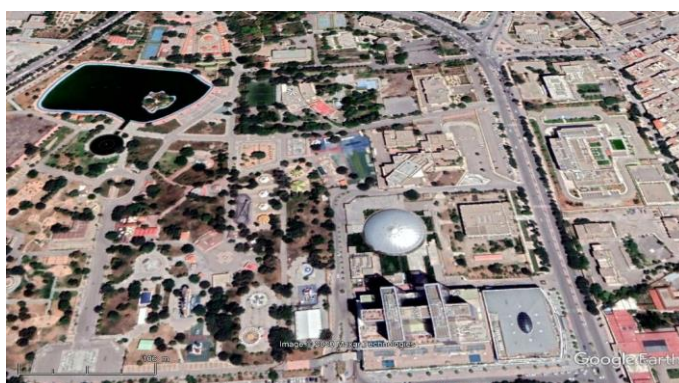
La prise des photos ou des images sur plusieurs périodes différentes permet d'identifier et de connaître les différentes variations que la zone visée a subies, par exemple dans une ville on peut voir très clairement l'extension des constructions, des routes et des édifices des services publics et au même temps la diminution des surfaces agricoles, pour les maisons on peut remarquer leur rénovation ou bien leur disparation (les anciennes immeubles).



**Figure 14.** Centre ville de Sétif 2009  
(Parc et Park mall)



**Figure 15.** Centre ville de Sétif 2014  
(Parc et Park mall)



**Figure 16.** Centre ville de Sétif 2021  
(Parc et Park mall)

## 2.2. Traitement numérique d'une image

De nos jours, la plupart des données de télédétection étant enregistrées en format numérique, presque toutes les interprétations et analyses d'images requièrent une partie de traitement numérique. Le traitement numérique des images peut recourir à divers procédés dont le formatage et la correction des données, le rehaussement numérique pour faciliter l'interprétation visuelle ou même la classification automatique des cibles et des structures entièrement par ordinateur.

Le traitement numérique de l'imagerie de télédétection exige que les données soient enregistrées et disponibles dans un format numérique convenable pour l'entreposage sur disques informatiques.

Le traitement d'images numériques nécessite évidemment un système informatique (ou système d'analyse d'images) ainsi que l'équipement et les logiciels pour traiter les données.

Plusieurs systèmes de logiciels commerciaux ont été développés spécifiquement pour le traitement et l'analyse des images de télédétection.

### 1.2.1. Prétraitement

On appelle fonctions de prétraitement les opérations qui sont normalement requises avant l'analyse principale et l'extraction de l'information. Les opérations de prétraitement se divisent en corrections atmosphériques, radiométriques, et en corrections géométriques. Les corrections radiométriques comprennent entre autres, la correction des données à cause des irrégularités du capteur, des bruits dus au capteur ou à l'atmosphère, et de la conversion des données afin qu'elles puissent représenter précisément le rayonnement réfléchi ou émis mesuré par le capteur. Les corrections géométriques comprennent la correction pour les distorsions géométriques dues aux variations de la géométrie Terre-capteur, et la transformation des données en vraies coordonnées (par exemple en latitude et longitude) sur la surface de la Terre.

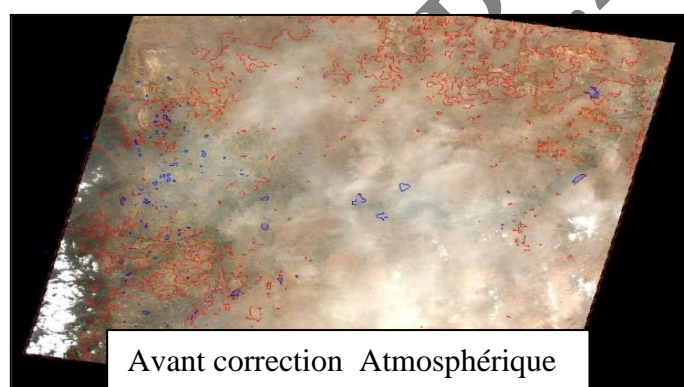
Les opérations de prétraitement, parfois appelées restauration et rectification d'image, sont conçues pour corriger les distorsions géométriques et radiométriques des plates-formes et capteurs spécifiques.

#### a. Corrections atmosphériques

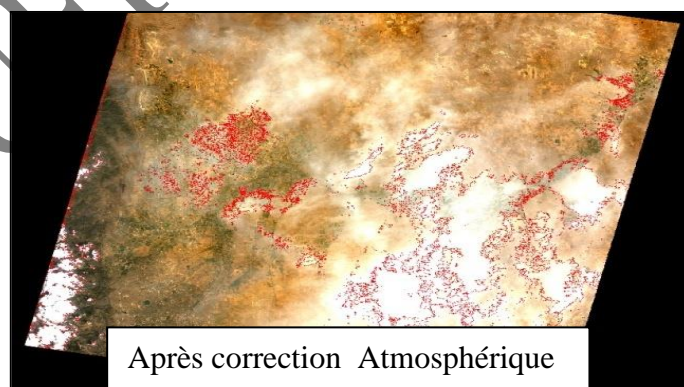
Diverses méthodes de corrections atmosphériques peuvent être appliquées, allant de modèles très détaillés des conditions atmosphériques durant l'acquisition des données,

jusqu'à un simple calcul basé seulement sur les données de l'image. Un exemple de cette dernière méthode consiste à examiner l'intensité observée (valeur numérique du pixel) dans une région ombragée ou un objet très sombre, et à déterminer la valeur minimale pour chacune des bandes spectrales. La correction est appliquée en soustrayant la valeur minimale observée, de tous les pixels dans chaque bande. Puisque la diffusion dépend de la longueur d'onde, la valeur minimale variera d'une bande à l'autre. Cette méthode est basée sur la supposition que la réflexion de ces éléments est très petite, voire nulle si l'atmosphère est claire. Les valeurs plus petites que zéro que l'on pourrait observer sont dues à la diffusion atmosphérique.

**Figure 17.** Image Satellitaire avant la correction atmosphérique



**Figure 18.** Image Satellitaire après la correction atmosphérique



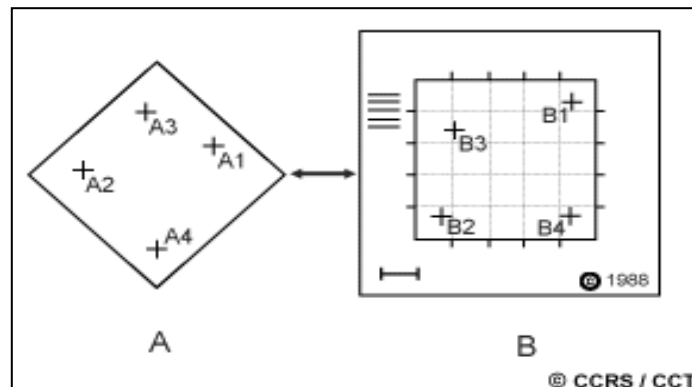
### b. Corrections géométriques

Le processus de correction géométrique consiste à identifier des coordonnées de l'image (c'est-à-dire ligne et colonne) de plusieurs points clairement distincts, appelés points de contrôle au sol (PCS), sur l'image à corriger (A - A1 à A4) et à les assortir à leur véritable position en coordonnées au sol (par exemple en latitude et longitude). Les vraies coordonnées au sol sont habituellement mesurées à partir d'une carte (B - B1 à B4), soit sur papier ou en format numérique. Ceci est une correction de type "image-à-carte". Une fois que plusieurs couples de PCS bien distribués ont été identifiés, l'information est traitée

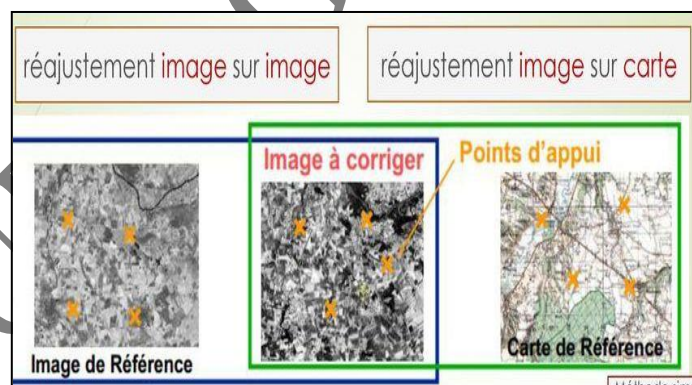
par l'ordinateur pour déterminer les équations de transformation à être appliquées aux coordonnées originales (ligne et colonne) pour obtenir les nouvelles coordonnées au sol.

La correction géométrique peut aussi être effectuée d'une image à une autre image plutôt qu'à des coordonnées géographiques. Cette méthode s'appelle correction enregistrement image-à-image.

**Figure 19.** Correction géométrique par coordonnées géographiques



**Figure 20.** Correction géométrique image-à-image



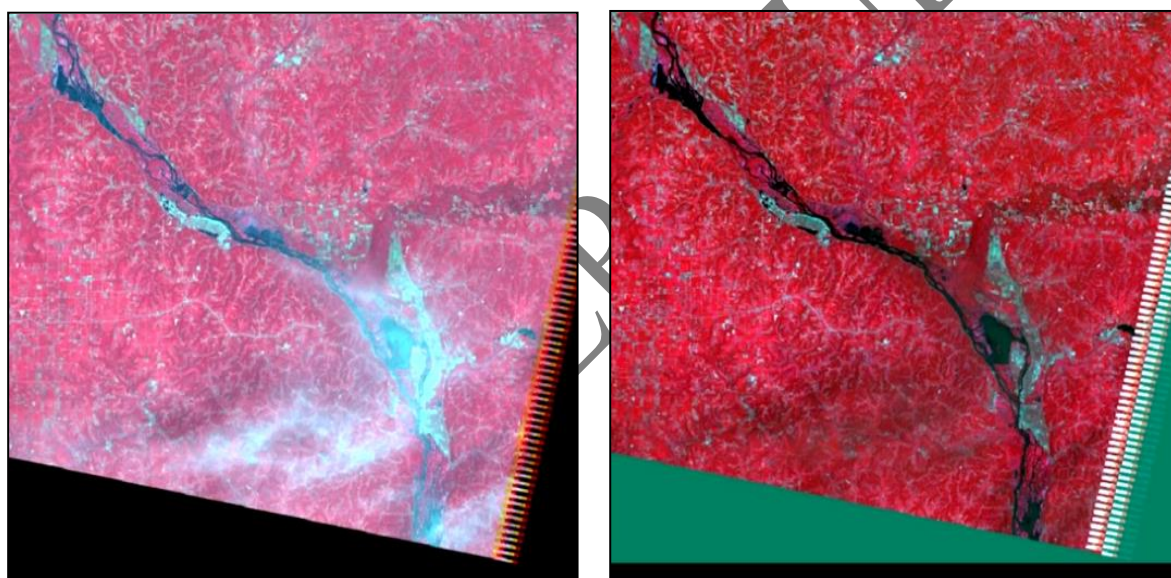
### c. Corrections radiométriques

Les corrections radiométriques peuvent être nécessaires à cause des variations dans l'illumination et dans la géométrie de visée d'une scène, des conditions atmosphériques, du bruit et de la réponse du capteur. Chacun de ces facteurs variera selon le capteur et la plateforme utilisés, et selon les conditions d'acquisition des données. Aussi, il peut être souhaitable de convertir et de calibrer les données avec une unité de rayonnement ou réflexion connue (absolue) pour faciliter la comparaison entre les données.

Le bruit dans une image peut être causé par des irrégularités ou des erreurs dans la réponse du capteur, ou par la transmission et l'enregistrement des données. Les formes les plus communes de bruits sont les rayures, le rubanement systématique et les lignes

manquantes. Ces deux effets devraient être corrigés avant qu'un rehaussement ou une classification ne soient appliqués. Les rayures étaient fréquentes dans les premières données Landsat, à l'époque des six détecteurs MSS, à cause de la variation et de la dérive.

La dérive était différente pour chacun des six détecteurs, ce qui causait une représentation différente de la même intensité pour chaque détecteur et produisait sur l'image un effet de rayure, le processus de correction faisait une correction relative de chacun des six capteurs pour amener leurs valeurs apparentes au même niveau. Les lignes manquantes apparaissent quand il y a des erreurs de systèmes qui résultent en l'absence de données ou en données déficientes le long d'une ligne de balayage. Les lignes manquantes sont habituellement 'corrigées' en remplaçant chaque ligne avec la valeur des pixels de la ligne au-dessus ou au-dessous, ou avec la moyenne des deux.



Avant correction

Après correction

**Figure 21.** Correction radiométrique

### 1.2.2. Rehaussement des images

Les fonctions de rehaussement ont pour but d'améliorer l'apparence de l'imagerie pour aider 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 sur une image.

On applique le rehaussement des images afin de faciliter l'interprétation visuelle et la compréhension des images. Les images numériques ont l'avantage de nous permettre de manipuler assez facilement les valeurs enregistrées pour chaque pixel. Même s'il est possible d'effectuer les corrections radiométriques pour les effets de l'illumination solaire, les conditions atmosphériques et les caractéristiques des instruments utilisés avant de distribuer les images aux usagers, il peut s'avérer que l'image ne soit pas à son meilleur pour l'interprétation visuelle.

Dans une image brute, les informations utiles sont souvent contenues dans un ensemble restreint de valeurs numériques parmi les valeurs possibles (256 dans le cas de données à 8 bits). Le rehaussement des contrastes se fait en changeant les valeurs initiales de façon à utiliser toutes les valeurs possibles, ce qui permet d'augmenter le contraste entre les cibles et leur environnement. Pour bien comprendre comment fonctionne ce type de rehaussement, il faut premièrement comprendre le concept de l'histogramme d'une image. Un histogramme est une représentation graphique des valeurs numériques d'intensité qui composent une image. Ces valeurs (de 0 à 255 pour des données à 8 bits) apparaissent le long de l'axe des x du graphique. La fréquence d'occurrence de chacune de ces valeurs est présentée le long de l'axe des y.

### 1.2.3. Transformation des images

Les transformations d'images sont des opérations similaires à ceux de rehaussement de l'image. Cependant, alors que le **rehaussement** de l'image qui est normalement appliqué à **une seule bande de données** à la fois, la **transformation** de l'image combine le traitement **des 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.

La transformation d'images est un procédé qui implique la manipulation de plusieurs bandes de données, que ce soit pour transformer une image provenant d'un capteur multi-spectral ou pour transformer plusieurs images de la même région prises à des moments différents (données multi-temporelles). La transformation d'images génère une "nouvelle" image en combinant les différentes sources d'information de manière à rehausser certaines caractéristiques ou certaines propriétés des données qui sont moins évidentes dans l'image originale.

### 1.2.4. Classification et analyse des images

Les opérations de classification et d'analyse d'image sont utilisées pour identifier et classer numériquement des pixels sur une image. La classification est habituellement faite sur des banques de données multi-spectrales (A), et ce procédé donne à chaque pixel d'une image une certaine classe ou thème (B) basé sur les caractéristiques statistiques de la valeur de l'intensité du pixel. Il existe une variété d'approches prises pour faire une classification numérique. Nous allons brièvement décrire deux approches générales qui sont souvent utilisées, soit la classification supervisée et la classification non supervisée.

#### a. La classification supervisée

Utilise des échantillons (zones d'entraînement) homogènes et représentatifs de différents types de surfaces. La sélection de ces zones est basée sur les connaissances et la familiarité de l'analyste avec les régions étudiées. Ensuite, un logiciel spécifique est utilisé pour définir des classes correspondant aux zones d'entraînement selon les informations numériques pour chaque pixel. Un programme spécial (algorithme) détermine les propriétés numériques de chacune des classes. Enfin, ces classes sont appliquées à l'ensemble de la région étudiée suivant leurs propriétés similaires. Les zones d'entraînement doivent être les plus homogènes possibles. La vérification sur le terrain doit être effectuée le jour du passage du satellite.

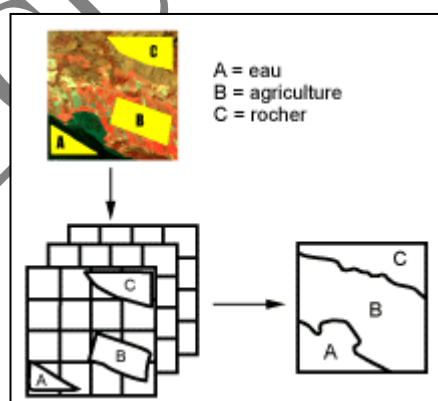


Figure 22. Classification supervisée

#### a. Classification non-supervisée

Se basant seulement sur l'information numérique, aucune classe n'est établie à priori. L'analyste renseigne juste le nombre de classes désiré.

Puis selon un algorithme spécifique, un processus de classification automatique regroupe les individus qui ont des propriétés similaires pour définir ce qu'on appelle des



classes spectrales. Ces dernières sont ensuite associées à des classes utiles correspondant aux objets réels sur terrain. Si la classification n'est pas satisfaisante, l'analyste peut être amené à réappliquer l'algorithme de classification en changeant le nombre de classes dans le but de combiner ou de séparer encore des classes spectrales.

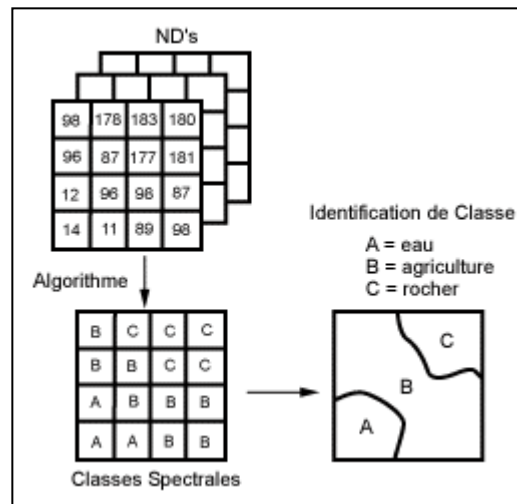


Figure 23. Classification supervisée

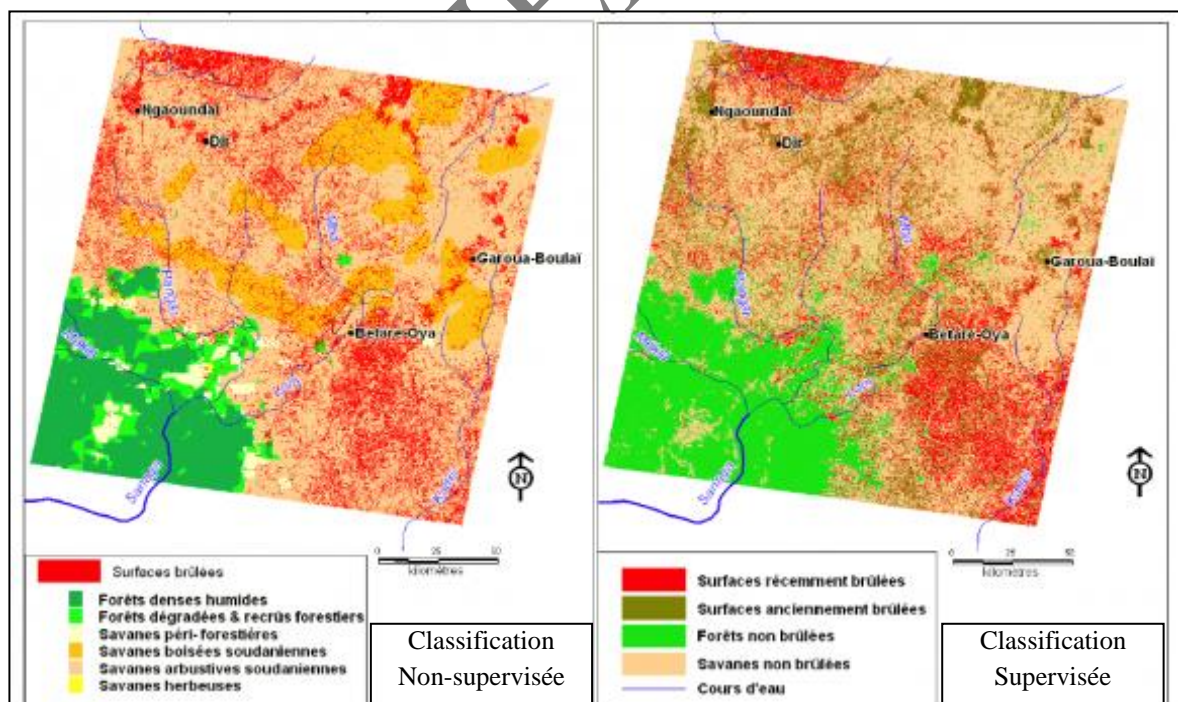


Figure 24. La différence entre la classification supervisée et non-supervisée

## CHAPITRE II : LA TELEDETECTION

### 1. Généralités

#### 1.1. Notion de la détection

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. »

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. Notons cependant que la télédétection peut également impliquer l'énergie émise et utiliser des capteurs non-imageurs.

#### 1.2. Place de la télédétection dans la recherche

La télédétection, que ce soit au moyen d'images aériennes et satellitaires, fournit une image complète des phénomènes terrestres au moment de la détection et puisque les caractéristiques spatiales des phénomènes terrestres, qu'ils soient naturels ou humains, constituent le principal intérêt de la géographie, la télédétection s'est avérée un moyen puissant de donner des informations modernes et rapides sur ces phénomènes. Connue sous le nom de tendance quantitative de la géographie au milieu des années 60, qui a donné à la soi-disant (nouvelle géographie) un rôle majeur dans la diversité de l'utilisation de la télédétection en tant que source de données et d'informations utilisées dans la construction de modèles et la sélection d'hypothèses spatiales. La géographie a utilisé la télédétection pendant de nombreuses années, en particulier après la première guerre mondiale, lorsque certains géographes qui étaient dans le service militaire ont utilisé leurs expériences dans le domaine des photographies aériennes pendant la période de paix qui a immédiatement suivi la guerre, et la géographie ont grandement bénéficié du développement qui a eu lieu dans les méthodes de détection non photographiques, et les études régionales sont devenues plus précises, détaillées et possibles que les précédentes. Bon nombre des difficultés qui faisaient obstacle à certaines études qui ne pouvaient pas exploiter les moyens photographiques Le Brésil, dont la superficie est de (8,5) millions de km<sup>2</sup>, n'a pas

été possible de préparer des cartes de toutes ses terres sauf au début des années soixante-dix, et la raison n'était pas due aux capacités matérielles et humaines, mais plutôt à la présence d'obstacles naturels tels que les forêts que l'enquête de terrain a rendu impossible, ou des pluies et des nuages permanents tout au long de l'année. Dans les régions équatoriales, qui ont rendu inutiles les levés photographiques aériens, et en utilisant un radar capable de pénétrer le brouillard, les nuages et la pluie.

### 1.3. Buts pratiques de la télédétection

- L'observation de la distribution spatiale des phénomènes terrestres dans un cadre large, et depuis le site d'observation est élevée dans un cadre qui ne peut être visualisé avec la même clarté et la même exhaustivité grâce à la surveillance au sol.
- Etudier les phénomènes changeants tels que les inondations et la circulation, ces phénomènes sont difficiles à observer directement à l'œil humain en raison de leur évolution rapide et les enregistrer dans une image aérienne qui permet de les étudier.
- Enregistrement permanent des phénomènes pour qu'ils puissent être étudiés à tout moment plus tard et en laboratoire plutôt que sur le terrain. Cela permet de faire des comparaisons temporelles en étudiant un groupe de photos prises à des moments différents pour un même lieu, et cela permet également d'observer la nature du changement qui s'est produit dans un lieu.
- Enregistrez les données que l'œil nu ne peut pas voir, telles que les rayons invisibles et infrarouges.
- Réaliser des mesures rapides et largement précises des distances, directions, superficies, hauteurs et pentes.
- Études appliquées et diverses branches de la géographie telles que les études de la ville, l'agriculture, le climat, la géomorphologie et autres.
- La production et la mise à jour des cartes dans un temps rapide et avec une précision qui n'était pas disponible de la manière traditionnelle qui prévalait auparavant.
- Les enregistrements de télédétection restent des documents spatiaux historiques qui peuvent être utilisés après plusieurs années à des fins diverses, telles que leur utilisation dans des études comparatives ou la vérification d'un phénomène spécifique.

- Que les moyens de télédétection donnent un enregistrement objectif de ce qui se trouve à la surface de la terre ou à proximité, et que cet enregistrement n'est pas affecté par l'intérêt du chercheur, la précision de son observation ou ses erreurs Interférence ou influence sur celui-ci par le chercheur.
- Les méthodes de télédétection, en particulier les moyens satellitaires, ne reconnaissent pas l'existence de frontières politiques. L'étude des frontières, que ce soit à des fins pacifiques ou militaires, se heurte à la difficulté d'avoir des frontières politiques qui empêchent le chercheur d'explorer les différences spatiales qui se produisent dans ces domaines. De nombreux départements de géographie ont commencé à introduire la télédétection dans leurs programmes. Certains départements ont également créé des unités intégrées, des sous-divisions pour la télédétection, les ont équipées des machines et des spécialistes les plus récents, et ont publié des études et des périodiques spécialisés, y compris, par exemple, les universités du Tennessee et du Kansas aux États-Unis d'Amérique et l'Université de Birmingham et Reading en Grande-Bretagne, et dans le Royaume d'Arabie saoudite un centre Le Département des sciences spatiales de la Cité du roi Abdul Aziz pour la science et la technologie et un centre de traitement d'images spatiales à l'Université du pétrole et des minéraux, en plus de cela, l'Algérie a passé un contrat avec une entreprise américaine pour obtenir une enquête sur ses ressources par télédétection spatiale non photographique avec un contrat d'une valeur de (8) millions de dollars pour la planification de l'ensemble du pays.

#### **1.4. Echelle d'application de la télédétection**

On peut caractériser trois niveaux de préoccupations d'aménagement (identification, faisabilité et réalisation) correspondant à trois niveaux d'objets d'étude (région, bassin versant, site). Bien entendu les échelles d'approche ainsi que les tailles des zones dépendent de ces trois niveaux (cf. ordre de grandeur, tableau 1). Les moyens aériens et satellitaires intéressent surtout les niveaux région et bassin versant, le niveau site devant être étudié avec des moyens au sol. Deux remarques sont importantes :

- D'une part les données recueillies ne sauraient, sauf exception, se passer d'observations de contrôle au sol. De même il est souvent intéressant de combiner plusieurs types de capteurs les moyens ne sont pas exclusifs.

- À chaque niveau d'étude l'aspect spatial peut être combiné à l'aspect temporel, les images de téledétection apportant un élément plus certain dans l'étude des évolutions, à travers une "mémoire cartographique".

**Tableau 01.** L'échelle d'application selon les niveaux d'objets

Objet d'étude	Actions	Echelle moyenne	Taille de la zone
Région	Identification	1/100 000	> 1000 km <sup>2</sup>
Bassin versant	Faisabilité	1/20 000	10 à 1000 km <sup>2</sup>
Site	Réalisation	1/5 000	< 50 km <sup>2</sup>

Il est intéressant d'associer aux différents supports un ordre de grandeur de l'échelle cartographique équivalente :

#### *Photos aériennes spécifiques*

Elles dépendent du type d'objectif et de l'altitude du vol. On peut espérer faire facilement des cartes entre le 1/1 000 et le 1/10 000. On est maître du choix de la date et de la comparaison multodate.

#### *Photos aériennes de missions officielles*

Par couverture systématique de type Institut géographique : les échelles classiques vont du 1/5 000 jusqu'au 1/50 000, La qualité et la précision des clichés sont variables surtout pour des missions anciennes. Leur intérêt tient souvent à la possibilité de missions de dates éloignées où sont observables les évolutions dans l'occupation du sol : érosion, domaine cultivable ou construit. Une limite est la saison d'acquisition de ces images sur laquelle on n'a aucune possibilité de choix.

*Images satellitaires* (Spot XS 20 m panchromatique à 10 m ou Landsat TM à 30 m, MSS à 80 m): L'intérêt est inverse : possibilité de choix de dates pour des images récentes. L'utilisation de plusieurs canaux permet une approche plus efficace de l'occupation du sol. Mais ces données manquent de durée, bien que l'on soit à plus de 20 ans d'archives sur le capteur MSS. Les échelles cartographiques équivalentes sont de l'ordre de :

- 1/50 000 pour SPOT XS (à la rigueur 1/25 000).
- 1/100 000 pour LANDSAT TM (à la rigueur 1/50 000).

### 3c. Méthodologie de lecture

#### ➤ Exemple en milieu rural :

Paysages agricoles typiques Objets	Agriculture mécanisée - grand parcellaire >>5 ha - USA - Fermes indust.	Agriculture sur parcellaire moyen > 1 ha - Europe	Agriculture sur petit parcellaire, non mécanisée - paysages tropicaux
Zone Agro-climatique	du 1:1 000 000 au 1:250 000	du 1:1 000 000 au 1:100 000	du 1:500 000 au 1:50 000
Paysage rural homogène	1:250 000	1:100 000	1:50 000
Parcelle	du 1:100 000 au 1:50 000	du 1:50 000 au 1:25 000	1:10 000
Inventaire des cultures	du 1:100 000 au 1:50 000	du 1:25 000 au 1:10 000	du 1:10 000 au 1:1 000

— Aérten : 1:5 000  
à 1:50 000

— SPOT : 1:25 000  
à 1:50 000

— LANDSAT TM  
1:100 000

— LANDSAT MSS  
1:250 000

GO 651 – A. Puissant

19

### 3c. Méthodologie de lecture

#### ➤ Exemple en milieu urbain (A.T. et U.) :

Catégories d'utilisateurs	Applications types	Echelles utiles en France
Gestionnaires du territoire (G1) <i>Niveau opérationnel</i>	Aménagement technique, cartographie de base (gestion de réseaux, du mobilier urbain, ...)	1/200 <sup>e</sup> au 1/500 <sup>e</sup> 1/1000 <sup>e</sup> au 1/2000 <sup>e</sup> (maximum 1/10 000 <sup>e</sup> )
Analystes du Territoire (G2) <i>Niveau tactique</i>	Planification urbaine, urbanisme pré-opérationnel, étude d'impact, observatoire	1/5000 <sup>e</sup> au 1/10 000 <sup>e</sup>
Demandeurs de synthèse (G3) <i>Niveau stratégique</i>	Décisions, stratégie de développement, prospective ...	1/10 000 <sup>e</sup> au 1/1000 000 <sup>e</sup>
Administrateur de données (G4) <i>Niveau transversal</i>	Archivage, stockage, mise en forme, mise à jour, numérisation, ... de données	1/200 <sup>e</sup> au 1/1000 000 <sup>e</sup>

GO 651 – A. Puissant

20

Figure 25. Echelles d'application selon les objets

## 2. Base physique en télédétection

### 2.1. Le rayonnement électromagnétique (REM)

#### 2.1.1. Les processus de télédétection

##### a. Source d'énergie ou d'illumination (A)

À l'origine de tout processus de télédétection se trouve nécessairement une source d'énergie pour illuminer la cible.

##### b. Rayonnement et atmosphère (B)

Durant son parcours entre la source d'énergie et la cible, le rayonnement interagit avec l'atmosphère. Une seconde interaction se produit lors du trajet entre la cible et le capteur.

##### c. Interaction avec la cible (C)

Une fois parvenue à la cible, l'énergie interagit avec la surface de celle-ci. La nature de cette interaction dépend des caractéristiques du rayonnement et des propriétés de la surface.

##### d. Enregistrement de l'énergie par le capteur (D)

Une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle doit être captée à distance (par un capteur qui n'est pas en contact avec la cible) pour être enfin enregistrée.

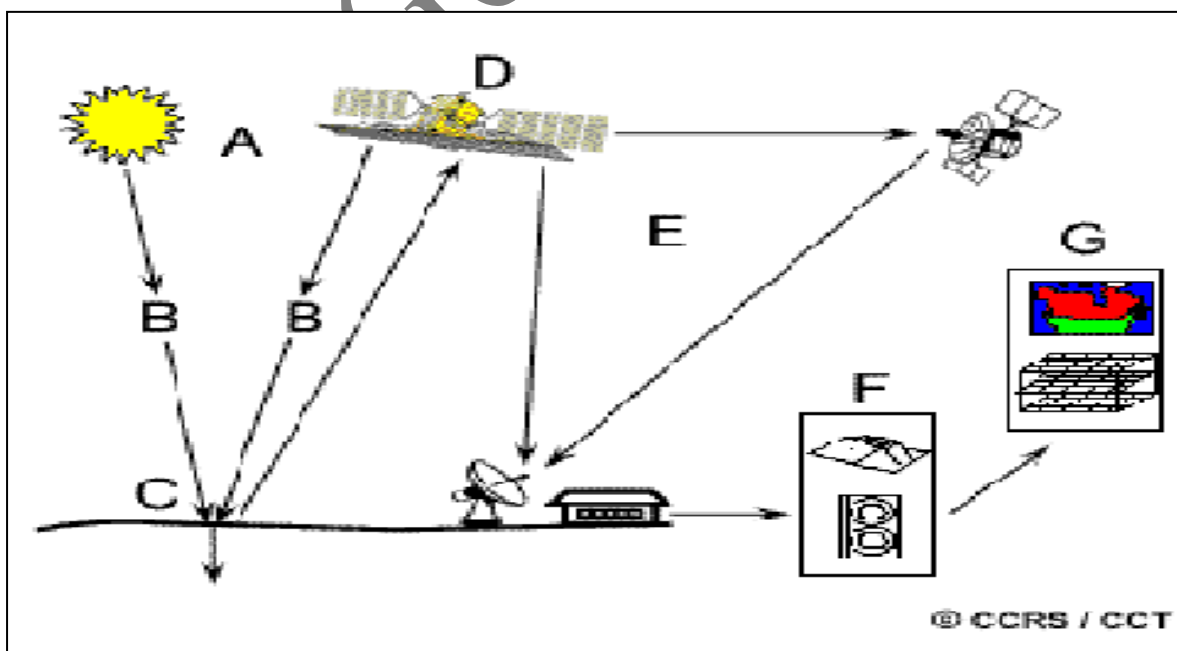


Figure 26. Les processus de la télédétection

### **e. Transmission, réception et traitement (E)**

L'énergie enregistrée par le capteur est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques).

### **f. Interprétation et analyse (F)**

Une interprétation visuelle et/ou numérique de l'image traitée est ensuite nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible.

### **g. Application (G)**

La dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraite de l'image pour mieux comprendre la cible, pour nous en faire découvrir de nouveaux aspects ou pour aider à résoudre un problème particulier.

Ces sept étapes couvrent le processus de la télédétection, du début à la fin.

#### **2.1.2. Le rayonnement électromagnétique (REM)**

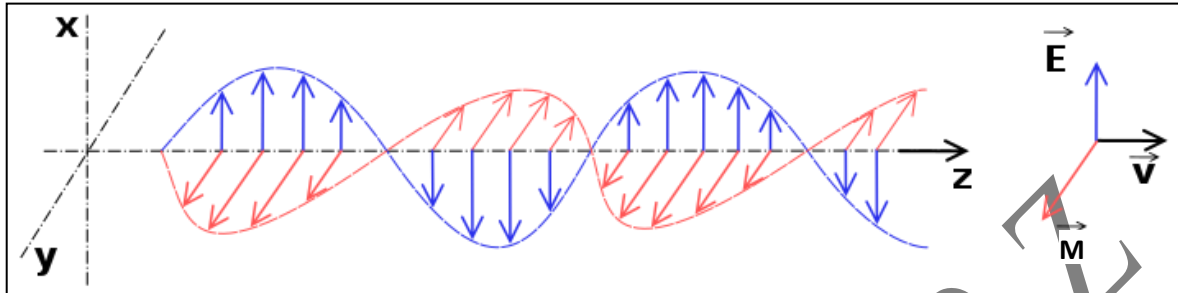
Premièrement, une source d'énergie sous forme de rayonnement électromagnétique est nécessaire pour illuminer la cible, au moins que la cible ne produise elle-même cette énergie. Selon la théorie des ondes, tout rayonnement électromagnétique possède des propriétés fondamentales et se comporte de façon prévisible. Le rayonnement électromagnétique est composé d'un champ électrique (E) et d'un champ magnétique (M). Le champ électrique varie en grandeur et orienté de façon perpendiculaire à la direction de propagation du rayonnement. Le champ magnétique est orienté de façon perpendiculaire au champ électrique. Les deux champs se déplacent à la vitesse de la lumière (c).

Pour comprendre la télédétection il est indispensable de saisir les deux composantes du Rayonnement électromagnétique qui sont la longueur et la fréquence d'onde.

La longueur d'onde équivaut à la longueur d'un cycle d'une onde, ce qui correspond à la distance entre deux crêtes successives d'une onde. La longueur d'onde est représentée habituellement par la lettre grecque lambda ( $\lambda$ ), et est mesurée en mètres ou en l'un de ces sous-multiples tels que les nanomètres (nm,  $10^{-9}$  mètre), micromètres ( $\mu\text{m}$ ,  $10^{-6}$  mètre) ou centimètres (cm,  $10^{-2}$  mètre). La fréquence représente le nombre d'oscillations par unité de temps.



La fréquence est normalement mesurée en Hertz (Hz) (c.-à-d. en oscillations par seconde) ou en multiples de Hertz. La formule suivante illustre la relation entre la longueur d'onde et la fréquence.



**Figure 27.** Onde électromagnétique et oscillation couplée du champ électrique et du champ magnétique, modèle du dipôle vibrant.

La longueur d'onde et la fréquence sont donc inversement proportionnelles, c'est-à-dire que plus la longueur d'onde est petite, plus la fréquence est élevée, et plus la longueur d'onde est grande, plus la fréquence est basse. Afin de comprendre l'information tirée des données de télédétection, il est essentiel de bien saisir les caractéristiques du rayonnement électromagnétique. Nous examinerons maintenant la classification du rayonnement électromagnétique.

#### *Logiciels liés au domaine*

ArcGIS, QGIS, MapINFO, ERDAS IMAGINE, ENVI, illustrator

#### *Liens importants*

1. <https://www.diya-gis.org/>
2. <https://earthexplorer.usgs.gov/>
3. <https://gadm.org/>
4. <https://www.google.com/intl/fr/earth/>
5. <https://www.igismap.com/>
6. <https://www.naturalearthdata.com/>
7. <https://search.earthdata.nasa.gov/>
8. <http://sogefi-gis.com/>
9. <http://srtm.csi.cgiar.org/>
10. <https://tapiquen-sig.jimdofree.com/>