

# **COURS DE TELEDETECTION**

## **APPLIQUE A LA DESERTIFICATION**

### **M1 ZONES ARIDES DEPARTEMENT**

### **DE BIOLOGIE UNIVERSITE BATNA 2**

### **Enseignant MR BAGHIANI Belgacem**

## **INTRODUCTION**

La surveillance environnementale des régions arides et semi-arides a placé beaucoup d'effort dans l'utilisation des satellites de télédétection pour observer de façon répétée et régulière les vastes surfaces concernées. Ce cours introductif rappelle les principes de base de la surveillance à long terme et les données satellitaires utilisables pour le suivi de la désertification. Dans le cas du suivi

## **LA TÉLÉDÉTECTION**

### **1. DÉFINITION, HISTORIQUE, DOMAINES D'APPLICATION.**

#### **a. DÉFINITION.**

Le mot télédétection (en anglais « remote sensing ») désigne l'ensemble des techniques qui permettent d'étudier à distance des objets ou des phénomènes. Le néologisme « remote sensing » fait son apparition aux Etats-Unis dans les années soixante, lorsque des capteurs nouveaux viennent compléter la traditionnelle photographie aérienne.

Le terme de télédétection a été introduit officiellement dans la langue française en 1973 et sa définition officielle est la suivante :

« Ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci. » Commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale, 1988.

Le mot télédétection est un terme simple qui peut être appliqué à toutes les technologies permettant de voir quelque chose d'une certaine distance. Dans le contexte de la compréhension de la Terre, la télédétection signifie l'observation de la Terre depuis les airs, c'est-à-dire à partir d'un avion ou de satellites positionnés dans l'espace. [...] La technologie actuelle permet aux satellites de transporter une variété d'instruments, incluant des **appareils photographiques** [des **capteurs optiques**] et des **capteurs numériques**. Il y a des douzaines de satellites de télédétection en **orbite** ayant une grande capacité pour une meilleure connaissance de la surface de la Terre. » (**Johnston, 2006**). Ajoutons à cette définition que ;

La télédétection a existé depuis toujours : notre outil de télédétection est **l'œil**.



mais ce dernier est limité par 3 facteurs :

- son spectre (l'oeil ne voit que dans le visible) ;
- la distance d'observation (l'oeil n'est pas capable de voir une voiture à 800 km de distance) ;
- son angle d'ouverture.

## **b. HISTORIQUE**

### **Premiers clichés**

A partir :

de ballons nous avons pu avoir les premières photographies.

### **Images aériennes, films photographiques**

La première photographie aérienne date de 1858, elle est l'œuvre du photographe et aérostatier Félix Nadar qui a pris un cliché de Paris depuis un ballon captif appelé Le Géant.

- d'avions (dès la Première Guerre mondiale)
- 1er cliché photogrammétrique en 1925.
- Pigeons voyageurs,

Ils sont équipés de minuscules caméras de 70 g conçues par le photographe allemand Julius Neubronner. Ces appareils sont munis d'une minuterie automatique qui permet de prendre une photo toutes les 30 secondes pendant le vol des pigeons. Les pigeons étaient-ils disciplinés et revenaient-ils toujours au bon endroit? C'est une autre affaire...

### **Cerfs-volants**

- En 1888, c'est la première photographie sous cerf-volant par Arthur Batut. Émile Wenz perfectionne le système trop tributaire des mouvements du cerf-volant. De nombreux systèmes apparaissent : déclenchement par fil, chariot pour monter la nacelle photo, etc.

Les cerfs-volants sont encore fréquemment utilisés de nos jours pour des prises de vue touristiques ou opérationnelles.

- Avions

### **A l'IGN**

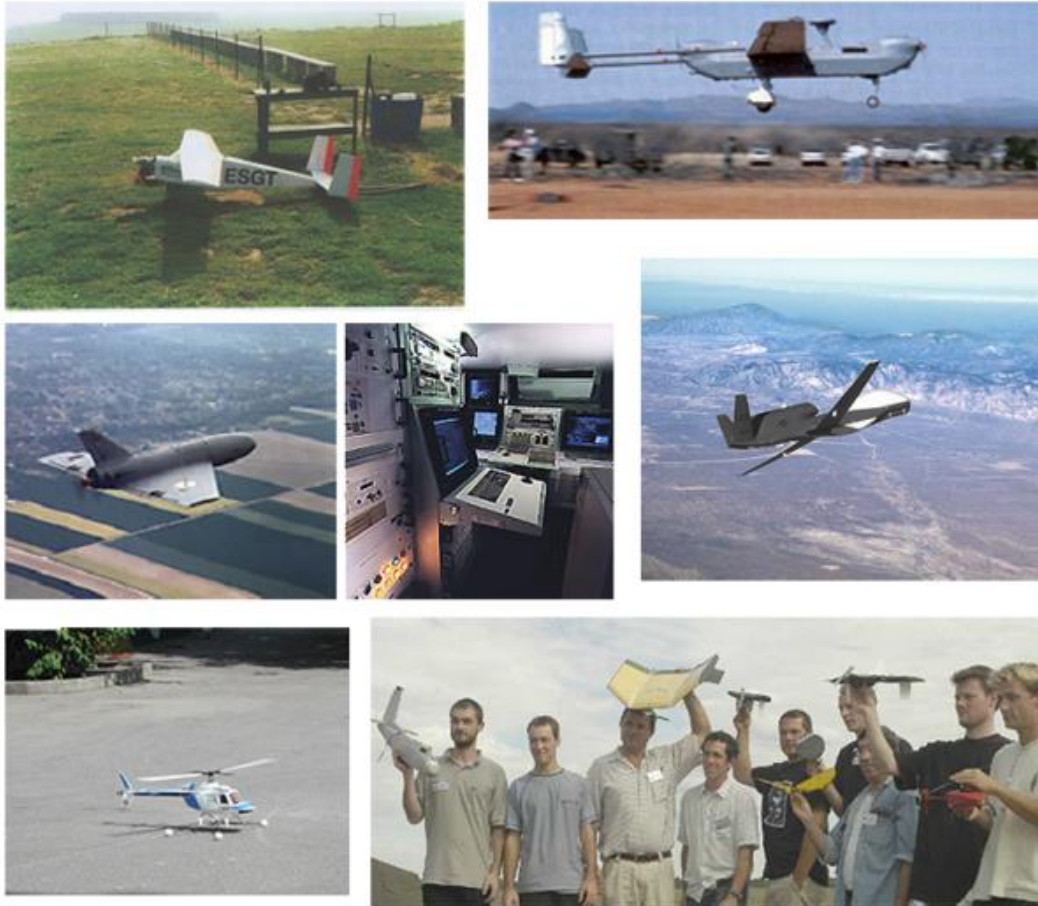
L'IGN dispose de 4 avions Beechcraft pour faire des photos aériennes de la France et des DOM-TOM et parfois certains pays étrangers pour des missions ponctuelles.



**Avion de l'IGN (Beechcraft) sur la base aérienne de Creil, service des activités aériennes**

- **Les drones.**

Ce sont des objets volants sans pilote de taille variable (quelques grammes à plusieurs tonnes).



### *Différents types de drones*

#### **Le numérique**

Dans les années 90, on passe au numérique. L'IGN développe une caméra numérique équipées de 4 matrices de 4096pixels \* 4096 pixels (R, V, B et IR).

Leica développe une caméra numérique, l'ADS40, équipées à barrettes (R, V, B et IR). Cette caméra permet de faire de la tristéréoscopie (Arrière, Nadirale, Avant).

(cours fad-public.ensg eu : *Olivier de Joinville*)

#### **c. APPLICATIONS**

L'ampleur des applications de la télédétection démontre bien son caractère universel. En observation de la Terre, elle peut s'appliquer à la gestion des problématiques socio-économiques de notre ère qui peuvent être modulées par les **changements globaux de l'environnement**, telles que qualité de l'eau et de l'air, agriculture et alimentation, épidémiologie et santé publique, climat, catastrophes, conservation et patrimoine, milieux urbains, énergies, télécommunications et navigation ([ACSP, 2015](#) ; [UVED, 2006](#)). Il n'y a qu'à regarder les missions satellitaires des agences spatiales impliquées en observation de la Terre pour prendre conscience des efforts réalisés par plusieurs pays développés et émergents du monde ([ESA, 2016](#)).

## **2. NOTIONS FONDAMENTALES DE LA TELEDETECTION**

### **1. Source d'énergie ou d'illumination (A)**

- Tout processus de télédétection nécessite une source d'énergie pour illuminer la cible.

### **2. 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.

### **3. 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

### **4. 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

.(pr A elaboudi cours de télédétection)

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

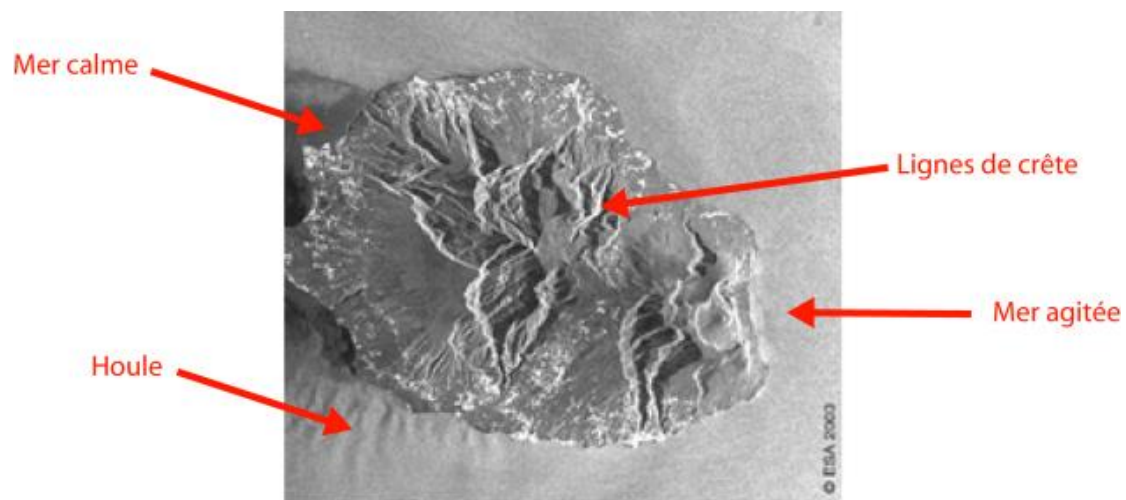


- L'énergie enregistrée par le capteur est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques).

### 6. 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.

Vous avez ci-dessous un exemple très simple d'interprétation



Les ondes réfléchissent sur la montagne et repartent vers le capteur

On voit sur l'image 3D en blanc les lignes de crête. Des informations intéressantes apparaissent sur l'océan : à l'est de l'île l'eau paraît claire, cela signifie que la mer est agitée alors qu'à l'ouest elle est foncée, donc calme. Au sud on voit les mouvements de la houle.

### 7. 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.

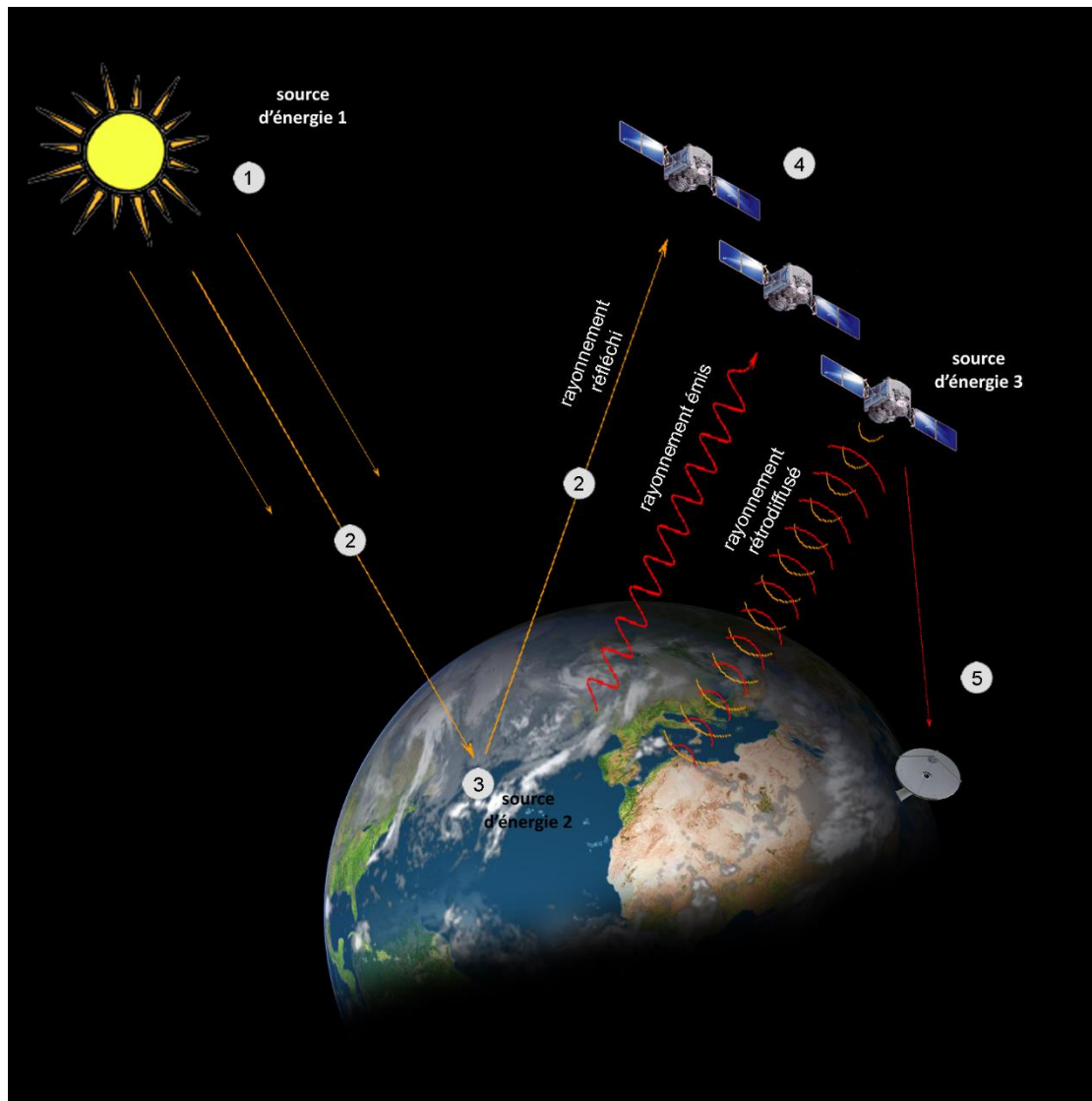
## 3.ÉLEMENTS DE PHYSIQUE DE RAYONNEMENT.



### INTRODUCTION

La télédétection spatiale permet d'observer le système terre / océans / atmosphère en s'appuyant sur des méthodes d'acquisition de l'information

à distance basées sur les propriétés du rayonnement électromagnétique. Les capteurs satellitaires permettent de mesurer l'énergie réfléchi et/ou émise par la surface de la Terre, les océans ou par l'atmosphère et donc d'analyser et de suivre l'évolution de ces milieux au cours du temps.(ENVCAL cours université de Paris1).



### 1. La source d'énergie

L'observation de la Terre par les satellites implique nécessairement une source d'énergie. Trois sources d'énergie sont utilisées en télédétection. La première, la plus commune et la plus utilisée est le **soleil** qui illumine la surface terrestre. La partie du rayonnement réfléchi par la surface de la Terre est alors captée et enregistrée par le capteur satellitaire. Ce



processus illustre la télédétection optique, dans les domaines du visible et du proche infrarouge. Mais la source d'énergie n'est pas forcément le rayonnement solaire.

**La surface terrestre** se comporte également comme source d'énergie en émettant un rayonnement qui peut être capté et enregistré par les capteurs satellitaires. Cette situation correspond à la télédétection dans le thermique ou dans le domaine des micro-ondes passives. Enfin, **le capteur satellite** peut lui-même être source d'énergie en émettant grâce à une antenne, un rayonnement vers la surface terrestre, puis en enregistrant la partie du rayonnement rétrodiffusée. Ce processus est celui de la télédétection active dans le domaine des hyperfréquences..(ENVCAL cours université de Paris1).

## 2. Le rayonnement électromagnétique

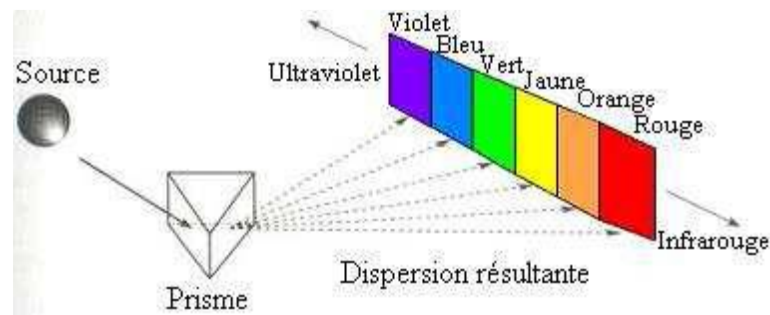
Le rayonnement électromagnétique est un Phénomène vibratoire constitué par un ensemble d'onde sinusoïdale appelé « **Bandes spectrales** », chaque bande est caractérisée par une amplitude et une fréquence différente, et donc par des longueurs d'onde propres.

### 3.1. Le spectre électromagnétique

Le spectre électromagnétique s'étend des courtes longueurs d'onde (dont font partie les rayons gamma et les rayons X) aux grandes longueurs d'onde (micro-ondes et ondes radio). La télédétection utilise plusieurs régions du spectre électromagnétique.

Par exemple, lorsque la lumière blanche passe dans un prisme, on obtient un spectre composé de six ondes électromagnétiques dont les longueurs

d'ondes sont situées entre 0,4 et 0,7  $\mu\text{m}$ , ce qui correspond à la partie visible.



- Le spectre électromagnétique

s'étend des courtes longueurs d'onde (dont font partie les rayons gamma et les rayons X) aux grandes longueurs d'onde (microondes et ondes radio). La télédétection utilise plusieurs régions du spectre électromagnétique.

- **l'ultraviolet**

Les plus petites longueurs d'onde utilisées pour la télédétection se situent dans **l'ultraviolet**. Ce rayonnement se situe au-delà du violet de la partie du spectre visible. Certains matériaux de la surface terrestre, surtout des roches et minéraux, émettent de la lumière visible quand ils sont illuminés par un rayonnement ultraviolet.

- **le visible**

La lumière que nos yeux peuvent détecter se trouve dans le "spectre visible". Il est important de constater que le spectre visible représente une petite partie de l'ensemble du spectre.

\_ Les longueurs d'onde visibles s'étendent de 0,4 à 0,7  $\mu\text{m}$ . La couleur qui possède la plus grande longueur d'onde est le rouge, alors que le violet a la plus courte.

**Violet** : 0.400 - 0.446  $\mu\text{m}$

**Bleu** : 0.446 - 0.500  $\mu\text{m}$

**Vert** : 0.500 - 0.578  $\mu\text{m}$

**Jaune** : 0.578 - 0.592  $\mu\text{m}$

**Orange** : 0.592 - 0.620  $\mu\text{m}$

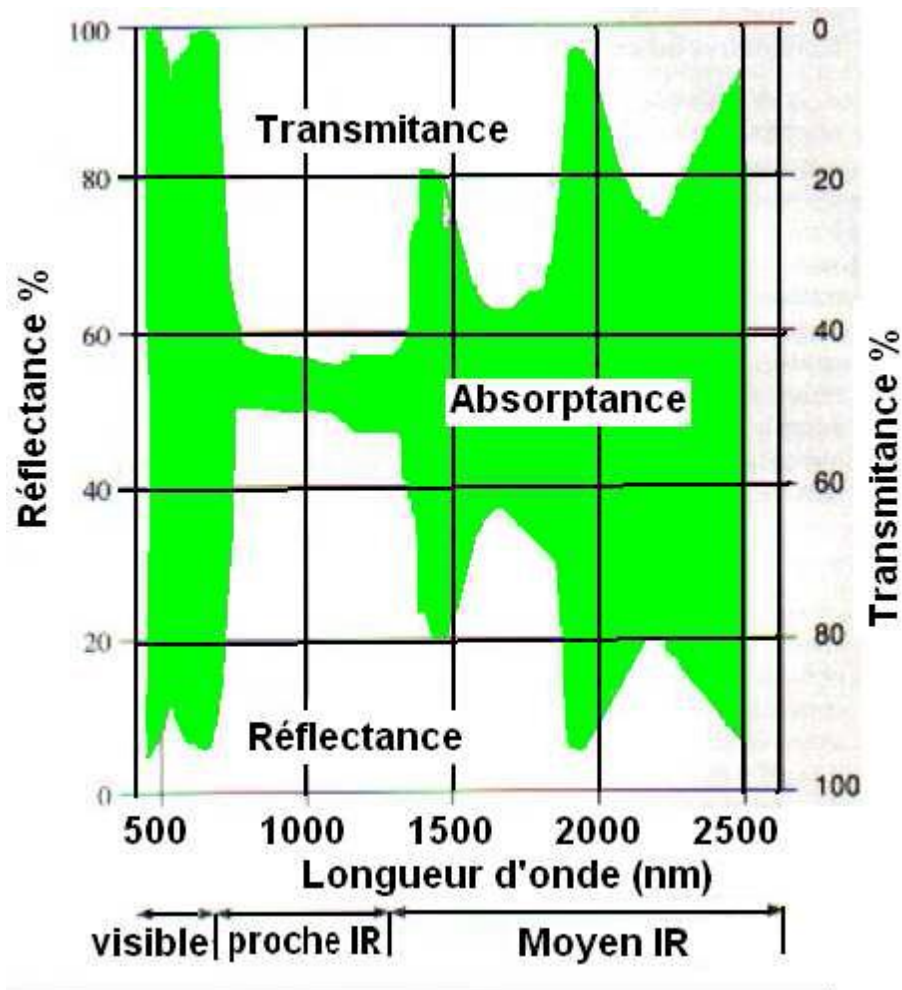
**Rouge** : 0.620 - 0.700  $\mu\text{m}$

- **l'infrarouge (IR)**

L'infrarouge s'étend approximativement de 0,7 $\mu\text{m}$  à 1 mm, cet intervalle est environ 100 fois plus large que le spectre visible. L'infrarouge se divise en deux catégories: **IR réfléchi** composé **IR proches (0,7-5 $\mu\text{m}$ )**, **IR moyens (5-30 $\mu\text{m}$ )** et **IR émis** ou **thermique** correspond **IR lointains (30-1000  $\mu\text{m}$ )**. Dans la région de l'infrarouge, le rayonnement réfléchi est utilisé en télédétection de la même façon que le rayonnement visible. L'infrarouge thermique est très différent du spectre visible de l'infrarouge réfléchi. L'infrarouge thermique est émis sous forme de chaleur par la surface de la terre..(pr A elaboudi cours de télédétection).

- **Les interactions**

**Dans les feuilles** : la chlorophylle, est une molécule qui absorbe fortement le rayonnement aux longueurs d'onde du rouge et du bleu, mais réfléchit le vert. Les feuilles, qui contiennent un maximum de chlorophylle en été, sont donc plus vertes pendant cette saison. En automne, les feuilles qui contiennent alors moins de chlorophylle, absorbent moins de rouge, et paraissent donc rouges ou jaunes (le jaune est une combinaison des longueurs d'onde du vert et du rouge). La structure interne des feuilles en santé agit comme un excellent réflecteur diffus pour les longueurs d'onde de l'infrarouge, c'est pour cela les scientifiques utilisent d'ailleurs l'infrarouge pour déterminer l'état de santé de la végétation.



## 5 LES COMPOSITIONS COLOREES



## INTRODUCTION

Les compositions colorées permettent de produire des images en couleurs en tenant compte de la signature spectrale des objets. Elles sont fréquemment utilisées pour faire ressortir les différents types de surface sur les images multispectrales ou mettre en évidence certains phénomènes environnementaux, comme les feux de forêts, les vents de sable, les glaces etc...

### 5.1 Rôle de la couleur en traitement de l'imagerie spatiale

En traitement de l'imagerie numérique, la couleur sert avant tout à distinguer les différents objets présents dans les images et ainsi faciliter l'interprétation des images. On peut utiliser un nombre restreint de couleurs si l'on veut seulement mettre en avant quelques objets dans une image. Mais la plupart du temps, et notamment lorsqu'on travaille avec des compositions colorées, on manipule un très grand nombre de couleurs. Lorsqu'on réalise une composition colorée en combinant deux ou trois bandes spectrales, l'objectif est bien de tirer le maximum d'information de l'image et de rendre l'analyse et l'interprétation plus aisées.

Soit des compositions que l'on appelle '**vraies couleurs**' si l'on veut rendre les images réalistes. C'est ce que nous observerions si nos yeux étaient à la place du capteur satellitaire.

- Soit des compositions '**fausses couleurs**', qui ne représente pas les couleurs réelles, mais qui ont pour but de mettre en avant certains objets dans une image, à l'instar des images infrarouges fausses couleurs très utilisées pour l'étude de la végétation.. (ENVCAL cours université de Paris1suivi de l'environnement par télédétection).

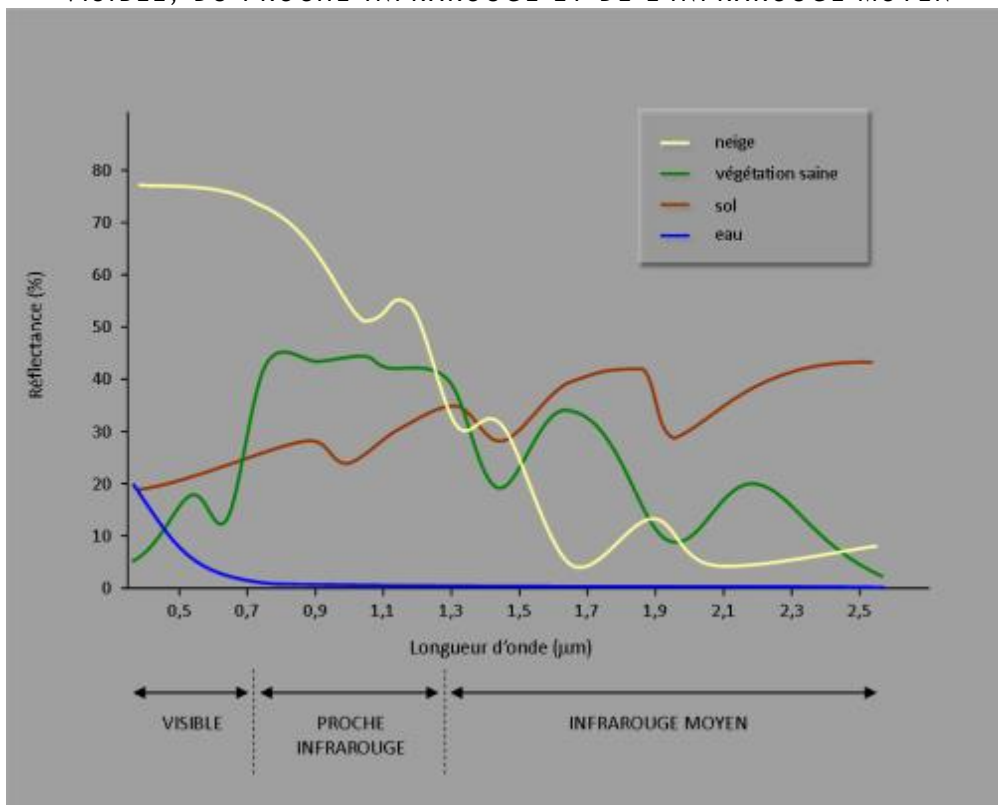
## 5.2 Signatures spectrales des principales surfaces naturelles

En fonction de la nature et des caractéristiques intrinsèques des objets et des surfaces, le rayonnement incident interagira avec la cible selon l'une ou l'autre des propriétés citées précédemment, ou de manière générale selon une combinaison de ces propriétés.

Chaque surface possède ainsi une signature spectrale - quantité d'énergie émise ou réfléchi en fonction de la longueur d'onde - qui lui est propre et qui permettra son identification sur les images satellitaires. La figure ci-dessous présente la signature spectrale des principales surfaces naturelles.



## SIGNATURES SPECTRALES DES SURFACES NATURELLES DANS LE DOMAINE DU VISIBLE, DU PROCHE INFRAROUGE ET DE L'INFRAROUGE MOYEN



En ce qui concerne la signature spectrale des sols, on note un accroissement régulier de la réflectance au fur et à mesure qu'on se déplace vers les grandes longueurs d'onde. Les discontinuités que l'on observe dans le proche infrarouge et l'infrarouge moyen sont dues aux bandes d'absorption de l'eau. L'étude des propriétés spectrales des sols est toutefois particulièrement complexe car elle doit tenir compte de la nature hétérogène du sol qui contient à la fois des matières minérales et organiques, mais aussi une composante liquide ; tous ces éléments vont influencer la réflexion du rayonnement.. (ENVCAL cours université de Paris1suivi de l'environnement par télédétection).

## 6. LES INDICES DE VEGETATION



### INTRODUCTION

En télédétection, les indices font parties des méthodes de traitement que l'on appelle les transformations multispectrales. Ils consistent à convertir les luminances mesurées au niveau du capteur satellitaire en grandeurs ayant une signification dans le domaine de l'environnement. Basés sur le caractère multispectral des données satellitaires, ils permettent de décrire l'état d'un phénomène. Un indice de végétation par exemple, peut rendre compte du stade de croissance végétale à un moment donné.

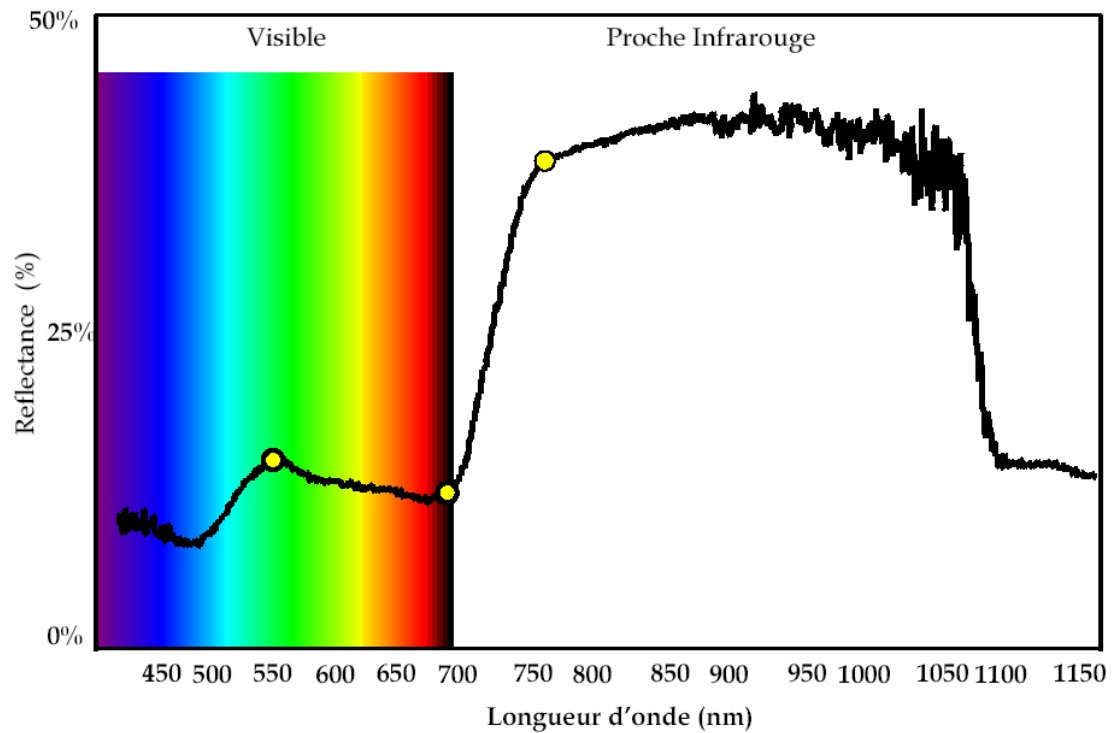
Tous les indices, que ce soient les indices de végétation, les indices des sols, les indices relatifs à la colonne d'eau, *etc.*, reposent sur une approche empirique basée sur des données expérimentales. Les indices de végétation sont très utilisés d'une part, pour identifier et suivre la dynamique de la végétation, mais aussi pour estimer certains paramètres biophysiques caractéristiques des couverts végétaux, comme la biomasse, l'indice de surface foliaire, la fraction de rayonnement photosynthétique actif, *etc.*

### 6.1 LES INDICES DE VEGETATION :

- Tiennent compte de la signature spectrale de la végétation
- Forte réflectance dans le **PIR**
- Absorption dans le **R**
- Utilisation du contraste entre les bandes spectrales R et PIR.

( Nesrine Chehata)

## Signature spectrale typique d'une feuille chlorophyllienne

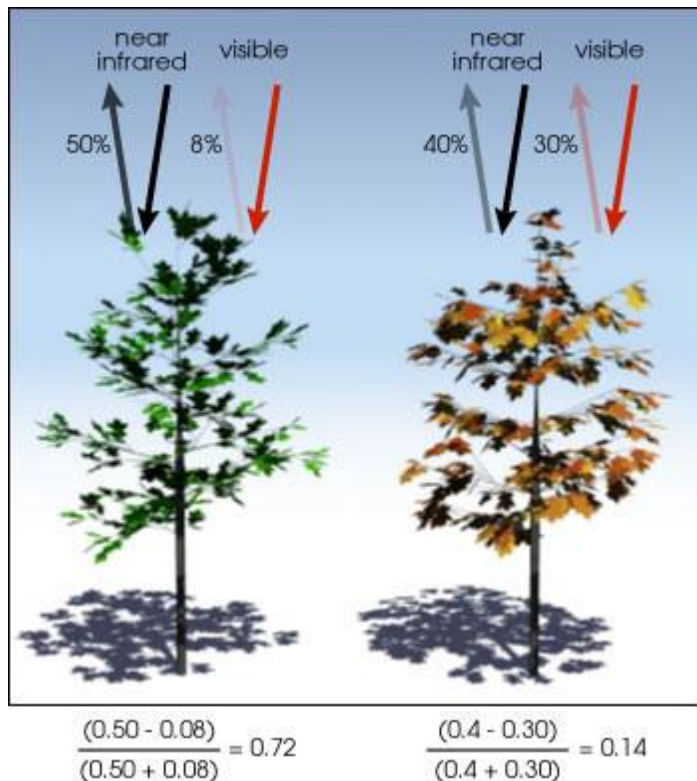


### 6.1. Indice de végétation: NDVI

#### **NDVI : (Normalized Difference Vegetation Index)**

- Proche de 1 : présence de végétation avec une forte activité chlorophyllienne et une forte densité (exp : forêts)
- Proche de 0: pas de feuilles vertes ou végétations peu dense
- Permet d'évaluer l'importance de la biomasse et de suivre l'activité Chlorophyllienne

## Indice de végétation: NDVI



Nesrine Chehata Teledetection 6

L'indice de végétation par différence normalisé, appelé aussi NDVI est construit à partir des canaux rouge(R) et proche infra rouge (PIR). L'indice de végétation normalisé met en valeur la différence entre la bande visible du rouge et celle du proche infrarouge. **NDVI=(PIR-R)/(PIR+R)** Cet indice est sensible à la vigueur et à la quantité de la végétation. Les valeurs du NDVI sont comprises entre -1 et +1, les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Pour les sols nus, les réflectances étant à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge, le NDVI présente des valeurs proches de 0. Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,7. Les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses.

Parmi les indices les plus élémentaires et les plus anciens, on trouve *l'indice de végétation brut, ou indice différentiel de végétation* ([DVI](#) en anglais) qui est égal à la simple différence des bandes du proche infrarouge et du rouge (Bacour *et al.*, 2006📄)

$$DVI = \rho_{PIR} - \rho_R$$

Où

$\rho_R$  : réflectance dans la bande rouge

$\rho_{PIR}$  : réflectance dans la bande proche infrarouge

- *L'indice de végétation par quotient* ([RVI](#) en anglais), s'exprime également de façon très simple. Il est égal au rapport entre les bandes du PIR et du rouge (Krieger *et al.*, 1969📄; Jordan, 1969📄).

$$RVI = \frac{\rho_{PIR}}{\rho_R}$$

L'inconvénient de ces indices est qu'ils sont très sensibles aux variations atmosphériques, ainsi qu'à la contribution spectrale des sols. En outre, lorsque la végétation est très dense, la réflectance dans la bande rouge devient très faible, ce qui entraîne une saturation des valeurs de l'indice RVI. Parmi les indices les plus élémentaires et les plus anciens, on trouve *l'indice de végétation brut, ou indice différentiel de végétation* ([DVI](#) en anglais) qui est égal à la simple différence des bandes du proche infrarouge et du rouge (Bacour *et al.*, 2006📄)In

$$DVI = \rho_{PIR} - \rho_R$$

Où

$\rho_R$  : réflectance dans la bande rouge

$\rho_{PIR}$  : réflectance dans la bande proche infrarouge

- **L'indice de végétation par quotient** (**RVI** en anglais), s'exprime également de façon très simple. Il est égal au rapport entre les bandes du PIR et du rouge (Krieger *et al.*, 1969 📄; Jordan, 1969 📄).

$$RVI = \frac{\rho_{PIR}}{\rho_R}$$

L'inconvénient de ces indices est qu'ils sont très sensibles aux variations atmosphériques, ainsi qu'à la contribution spectrale des sols. En outre, lorsque la végétation est très dense, la réflectance dans la bande rouge devient très faible, ce qui entraîne une saturation des valeurs de l'indice RVI. (ENVCAL cours université de Paris I suivi de l'environnement par télédétection).

**Les indices de stress hydrique**, comme le **MSI** (Hunt and Rock, 1989 📄) ou le **NDWI** (Gao, 1996 📄) sont des indices simples dans lesquels on utilise la bande spectrale du moyen infrarouge à la place de la bande rouge. Ces indices varient en fonction de la teneur en eau des feuilles. Ils permettent de déceler lorsque les végétaux sont en état de stress hydrique et sont par conséquent très utiles pour le suivi de la végétation en zone sèche.

$$MSI = \frac{\rho_{MIR}}{\rho_{PIR}}$$

$$NDWI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_{MIR}}{\rho_{PIR} + \rho_{MIR}}$$



Où

$\rho_{MIR}$  : réflectance dans la bande infrarouge moyen

$\rho_{PIR}$  : réflectance dans la bande proche infrarouge *Les indices de stress hydrique*, comme le [MSI](#) (Hunt and Rock, 1989) ou le [NDWI](#) (Gao, 1996) sont des indices simples dans lesquels on utilise la bande spectrale du moyen infrarouge à la place de la bande rouge. Ces indices varient en fonction de la teneur en eau des feuilles. Ils permettent de déceler lorsque les végétaux sont en état de stress hydrique et sont par conséquent très utiles pour le suivi de la végétation en zone sèche.

$$MSI = \frac{\rho_{MIR}}{\rho_{PIR}}$$

$$NDWI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_{MIR}}{\rho_{PIR} + \rho_{MIR}}$$

Où

$\rho_{MIR}$  : réflectance dans la bande infrarouge moyen

$\rho_{PIR}$  : réflectance dans la bande proche infrarouge

(ENVCAL cours université de Paris1 suivi de l'environnement par télédétection).