

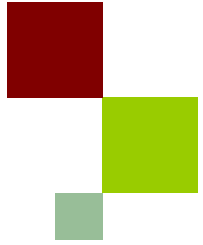
## Chapitre 6

# Approche de la télédétection

Formation en ligne « Opportunités et mise en œuvre des projets REDD+ »  
Sous-composante 3a du projet PréREDD « Cellule d'appui aux projets pilotes REDD+ »  
novembre 2015



# Chapitre 6 – Approche de la télédétection



## 6.1 – La cartographie dans les projets REDD

## 6.2 – Bases théoriques

### 6.2.1 – Introduction

### 6.2.2 – Rayonnement

### 6.2.3 - Capteurs

## 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

### 6.3.1 - Capteurs

### 6.3.2 – Logiciels de traitement

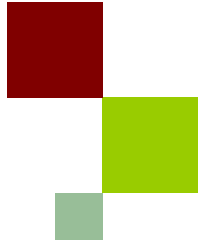
## 6.4 – Méthodes de cartographies par imagerie satellite

## 6.5 – Le contrôle qualité

## 6.6 – Appréhender un projet cartographique



# Chapitre 6 – Approche de la télédétection



## 6.1 – La cartographie dans les projets REDD

### 6.2 – Bases théoriques

#### 6.2.1 – Introduction

#### 6.2.2 – Rayonnement

#### 6.2.3 - Capteurs

### 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

#### 6.3.1 - Capteurs

#### 6.3.2 – Logiciels de traitement

### 6.4 – Méthodes de cartographies par imagerie satellite

### 6.5 – Le contrôle qualité

### 6.6 – Appréhender un projet cartographique



# 6.1 – La cartographie dans les projets REDD



## ■ Utilisation de la cartographie dans les projets REDD+

- Établir le scénario historique des émissions
  - Historique des changements d'occupation du sol
  - Localisation de la déforestation
  - Mesure des stocks de carbone forestier
- Monitoring
  - Suivi du projet sur le long terme
  - Ajustement du scénario au besoin



# 6.1 – La cartographie dans les projets REDD



## ▪ Cadrage méthodologique

1. Définition de la forêt du pays

→ Minimum Map Unit

2. Définition des strates de forêts selon les observations de terrain

3. Réalisation de la cartographie

Selon les contraintes des méthodologies REDD+ sur les dates et la résolution minimale

4. Validation de la cartographie

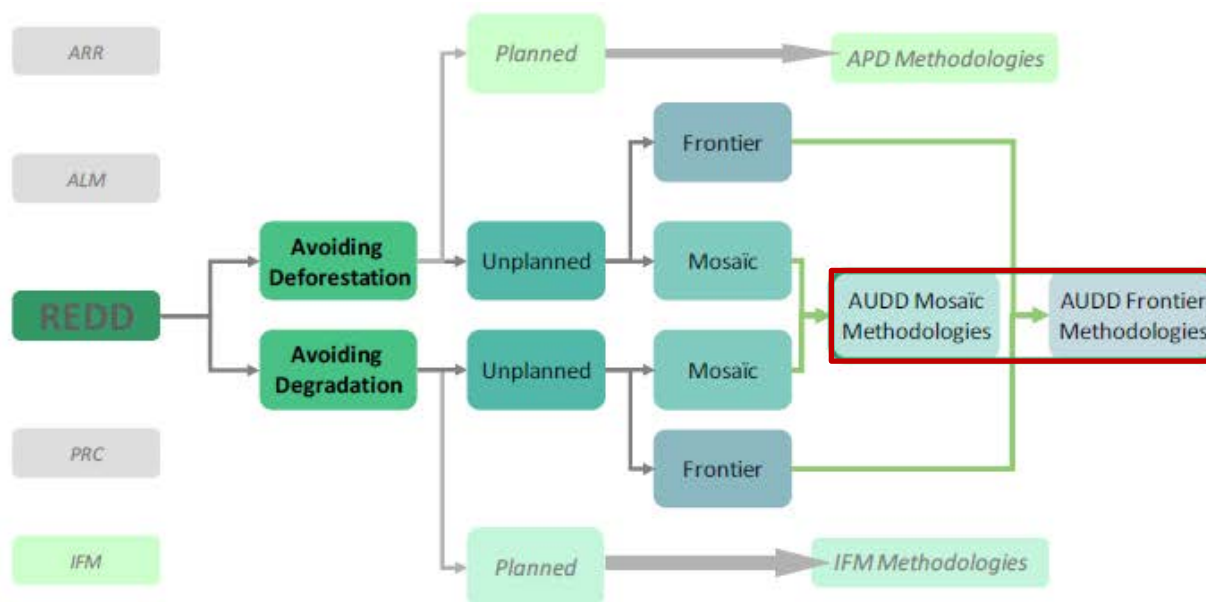
Selon les contraintes des méthodologies REDD+ sur les % de bonne classification

# 6.1 – La cartographie dans les projets REDD



## ■ Méthodologie VCS

- Méthodologies REDD+ VCS sont les plus répandues.
- VCS VM0015 est la plus couramment utilisée au sein des projets d'ONFI



# 6.1 – La cartographie dans les projets REDD



## ■ Cadrage méthodologique

Exemple des exigences des données de télédétection pour l'analyse de l'évolution du couvert forestier pour la méthodologie AUDD

Data / Task	VM0006 "Mosaic AUDD"	VM0007 "Modular Meth"	VM0009 "Cumulative Mosaic AUD"	VM0015 "AUD"
Remote sensing/imagery resolution	≤ 30m	≤ 30m	≤ 30m	≤ 100m
Remote sensing/imagery time series needs for reference area	Imagery from 4 time points between 0 and 15 years prior to project start.	For unplanned deforestation, imagery from 3 time points between 2 and 12 years prior to project start.	Imagery from at least 2 time points prior to project start. At least 90% of the reference area must have coverage by at least 2 time points.	Imagery from at least 3 time points from the period 10-15 years prior to project start, with one within 2 years of project start.
Remote sensing/imagery minimum classification accuracy (forest: non-forest)	70% of sampled pixels (with uncertainty discounts)	90% of sampled pixels	Not pixel-based. Quality control guidelines to minimize point interpretation error.	90%
Remote sensing/imagery minimum classification method	Review high resolution imagery or database of known classes at locations	Review high resolution imagery or ground truthing	N/A	Review high resolution imagery or ground truthing
Remote sensing/imagery minimum cloud free	80%	90%	Unspecified - shifting sample point approach flexible in regions with significant and variable cloud cover.	Unspecified

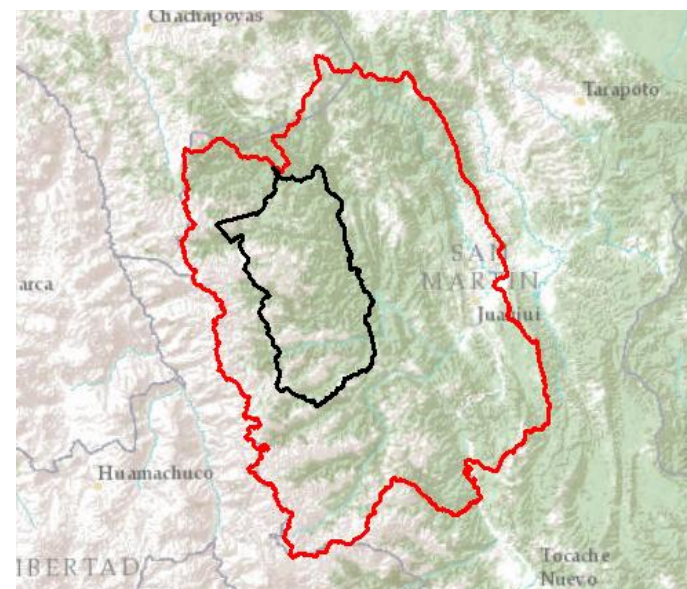
Source : Conservation international, 2013

# 6.1 – La cartographie dans les projets REDD



## ■ Sélection de la zone de référence

- Zone de référence = zone témoin pour le suivi de la déforestation
- Vérifier des critères physiques à partir de données géographiques :
  - Similarité de pente
  - Similarité d'altitude
  - Similarité des classes de végétations présentes
  - Similarité des précipitations
  - Similarité des voies d'accès (VMD0007)
- Développement d'un code Python / Qgis pour valider l'éligibilité d'une zone de référence



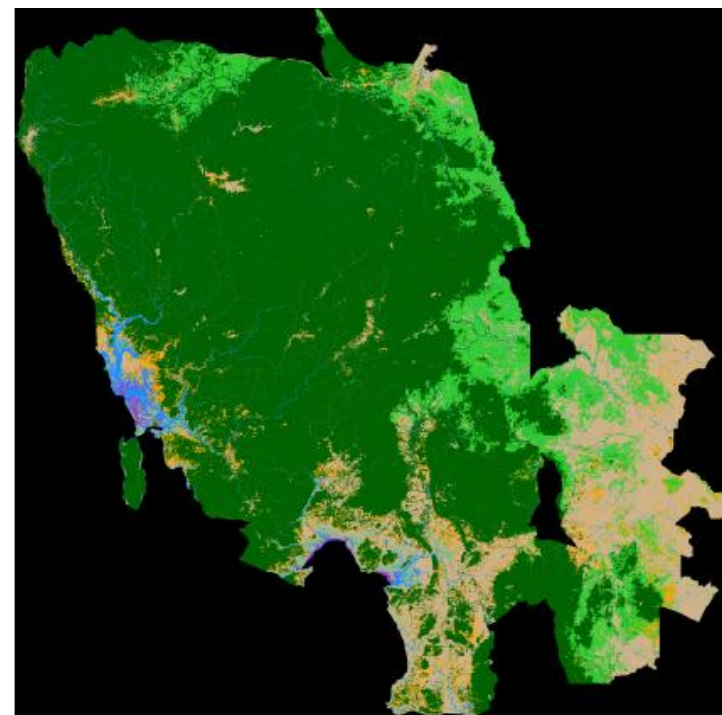


# 6.1 – La cartographie dans les projets REDD



## ■ Production cartographique

- Méthodologies très exigeantes
- Produits requis pour la VM0015 :
  - Cartes historiques pour 3 dates forêt / non forêt
  - Cartes de déforestation pour les 2 périodes
  - Cartes détaillées pour les dates les plus récentes (stocks de carbone homogène)
  - Carte des changements détaillés pour la période la plus récente
  - Matrice de changements
- Exigences de bonne classification : de 80% à 90% selon le produit



*Classification Astrium GEO (Overland) – Forêt des Cardamomes - Cambodge*

# 6.1 – La cartographie dans les projets REDD

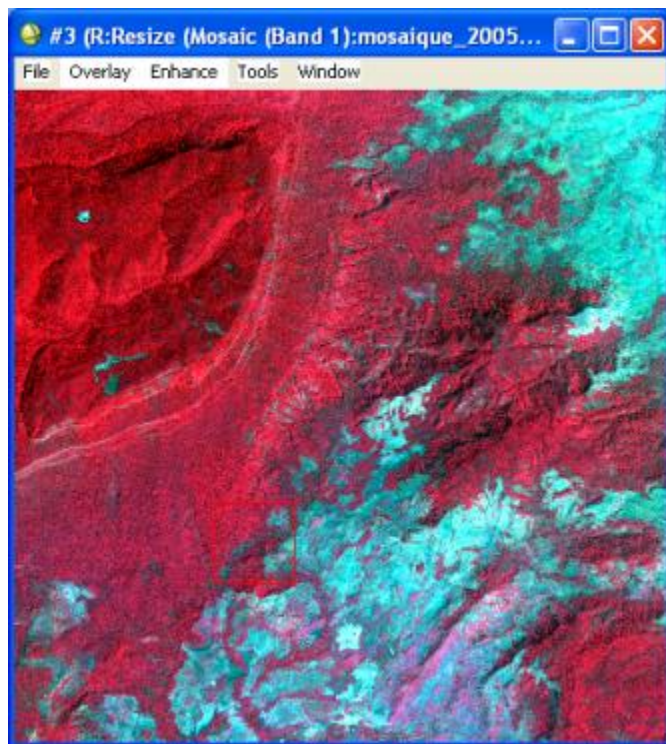


- **Travail de classification**
- Contraintes fortes :
  - Peu de moyens -> images gratuites (Landsat) peu résolues
  - Nuages nombreux en zone tropicale
  - Présence de relief
  - Mitage de la forêt par de l'exploitation illégale de petite taille
  - Confusion forêts / plantations
  - Difficulté pour repérer les forêts décidues (confusion avec sol nu)
  - Effets saisonniers lors de l'analyse multi-temporelle (tolérance +/- 2ans)
  - Des méthodologies très exigeantes
- Les outils :
  - Classification supervisée et non supervisée d'OTB/Qgis
  - Nombreux post-traitements : lissage, MMU, homogénéisation des cartes multi-dates

# 6.1 – La cartographie dans les projets REDD



- Quelques exemples en image



*Cambodge (Forêt des Cardamomes) – forêt décidue (cyan) / forêt dense humide (rouge). SPOT 5 2005*

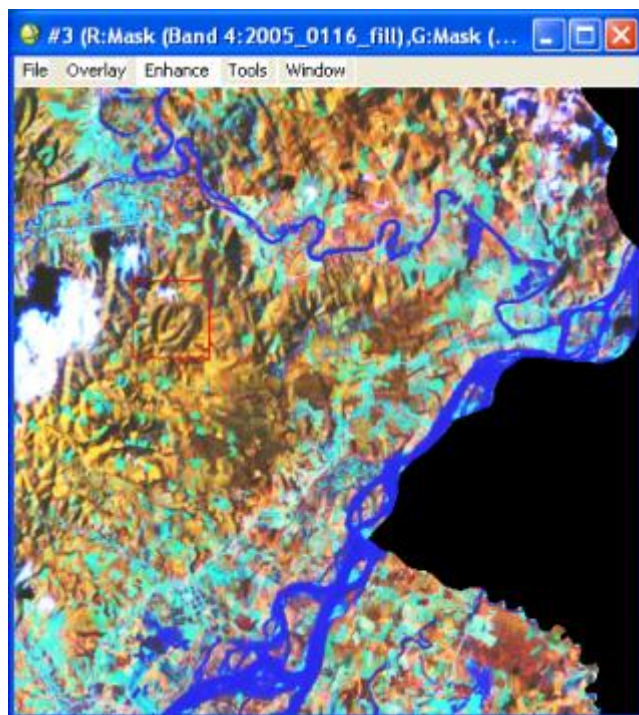


*Pérou (San Martin) – Déforestation mosaïque. Landsat 2005*

# 6.1 – La cartographie dans les projets REDD



- Quelques exemples en image



Janvier (saison humide)



Pérou (San Martin) – Landsat 2005 Effet saisonnier

Août (saison sèche)

# 6.1 – La cartographie dans les projets REDD



## ■ Validation et contrôle qualité

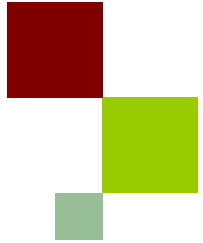
- Exigences de la méthodologie VM0015
  - Taux d'exactitude, *Overall accuracy* > 80% pour les classifications détaillées
  - Taux d'exactitude, *Overall accuracy* > 90% pour les classes forêt et non forêt
- La validation nécessite la récolte d'une 100aine de points terrain par classe
  - Missions : prise de photos + points GPS
  - Echantillonnage de placettes – prélèvements calculs de Carbone
- Le résultat de la validation est donné sous la forme d'une matrice de confusion

# 6.1 – La cartographie dans les projets REDD



- **Résultats numériques**
  - Surfaces pour chaque classe détaillée
  - Surfaces pour chaque classe de changements
  
  - Analyse du changement
    - Surfaces et types de forêts concernées par la déforestation
    - Surfaces et classes de déforestation
  
  - Calcul du taux de déforestation annuel

# Chapitre 6 – Approche de la télédétection



## 6.1 – La cartographie dans les projets REDD

## 6.2 – Bases théoriques

### 6.2.1 – Introduction

### 6.2.2 – Rayonnement

### 6.2.3 - Capteurs

## 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

### 6.3.1 - Capteurs

### 6.3.2 – Logiciels de traitement

## 6.4 – Méthodes de cartographies par imagerie satellite

## 6.5 – Le contrôle qualité

## 6.6 – Appréhender un projet cartographique



## 6.2 – Bases théoriques

### 6.2.1 – Introduction



- **Qu'est ce que la télédétection ?**

La télédétection est une technique permettant d'observer la Terre à distance et de façon globale.

« 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. » CCT

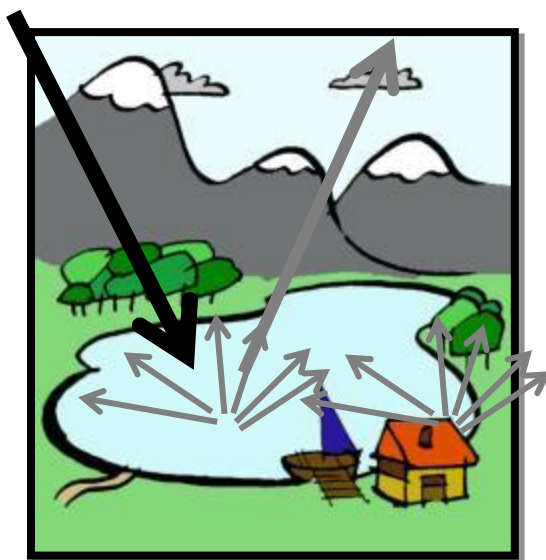
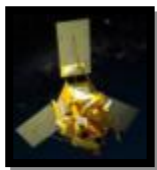


# 6.2 – Bases théoriques

## 6.2.1 – Introduction



### ▪ Qu'est ce que la télédétection ?



- **SOURCE**  $\approx$  Soleil
- **INTERACTION**  
Rayon soleil – Surface
- **SATELLITE**  
= CAPTEUR reçoit le rayonnement du soleil renvoyé vers lui, dépend de :
  - **Atmosphère** (nuages, voile, pollution...)
  - **Surface**
  - **Incidence** du soleil et du capteur (ombre, réflexion spéculaire – miroir)

# 6.2 – Bases théoriques

## 6.2.1 – Introduction



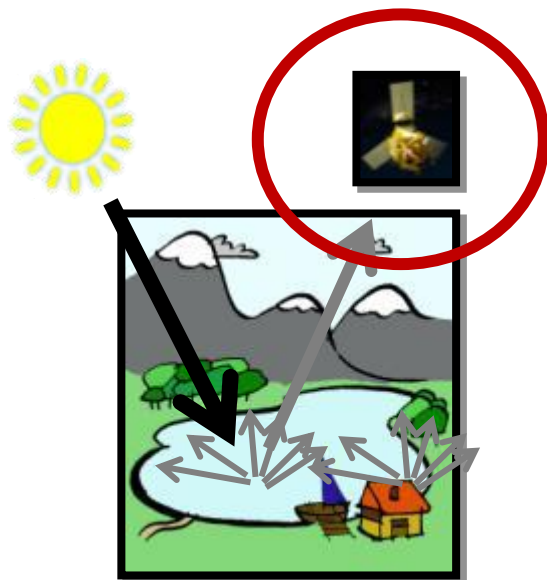
- **Contraintes**

Le rayonnement capté par le capteur est **converti en image (pixel)**  
= Transformation = Perte d'information

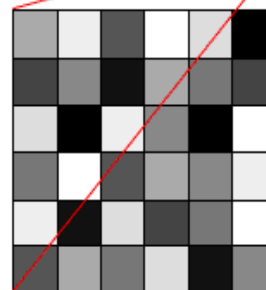
SOURCE -> SURFACE -> CAPTEUR



IMAGE



© CCRS / CCT



170	238	85	255	221	0
68	136	17	170	119	68
221	0	238	136	0	255
119	255	85	170	136	238
238	17	221	68	119	255
85	170	119	221	17	136

# 6.2 – Bases théoriques

## 6.2.1 – Introduction



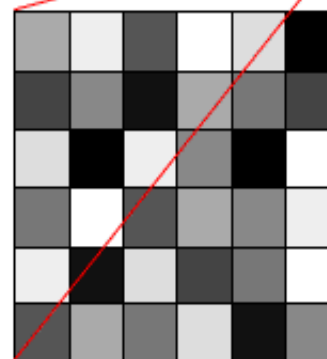
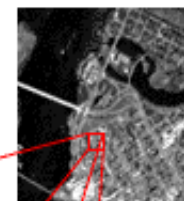
### ■ Contraintes

#### Perte d'information

- **Résolution spatiale** ( $\approx$  taille du plus petit élément discriminable)
- Bande spectrale « couleur captée »
- Résolution spectrale (nombre de niveau de gris)

### IMAGE

© CCRS / CCT



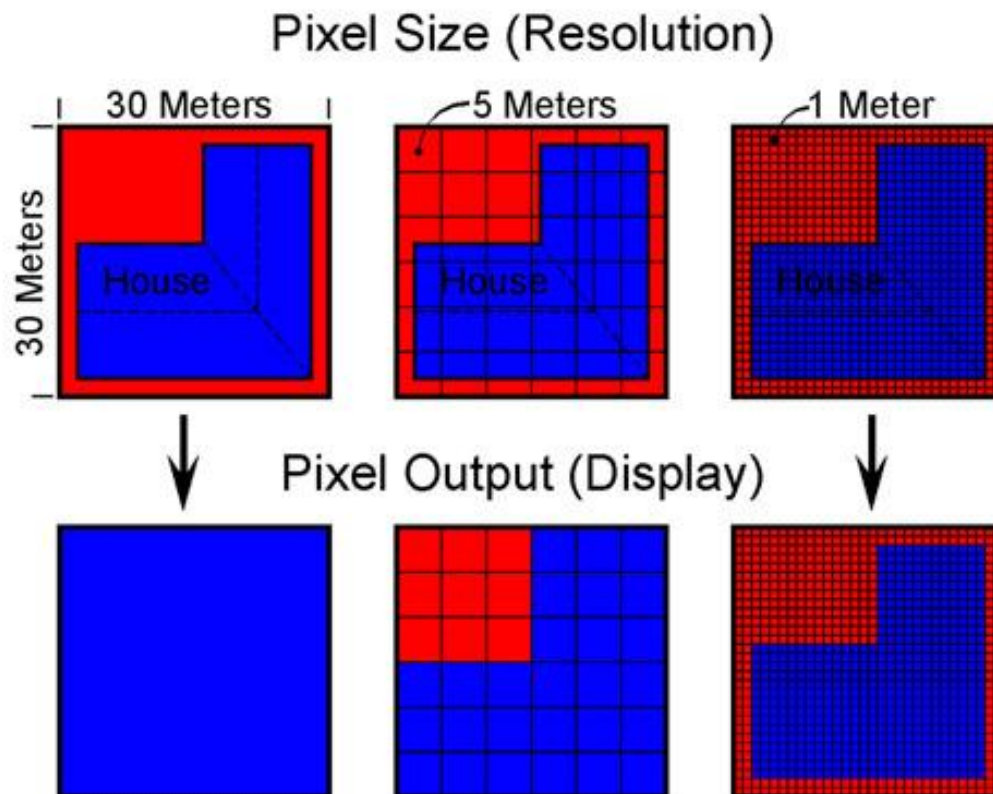
170	238	85	255	221	0
68	136	17	170	119	68
221	0	238	136	0	255
119	255	85	170	136	238
238	17	221	68	119	255
85	170	119	221	17	136

# 6.2 – Bases théoriques

## 6.2.1 – Introduction



- Effet de la résolution spatiale



Source : <http://www.satimagingcorp.com/>

- Effet de la résolution spatiale



Spot 6 1,5m

→ Simulation 5m – 10m – 20m – 30m

- Effet de la résolution spatiale



Spot 6 1,5m

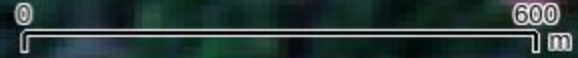
- Effet de la résolution spatiale



Spot 6 1,5m

→ Simulation 5m

- Effet de la résolution spatiale



Spot 6 1,5m

→ Simulation 10m



- Effet de la résolution spatiale



Spot 6 1,5m

→ Simulation 20m

- Effet de la résolution spatiale



Spot 6 1,5m

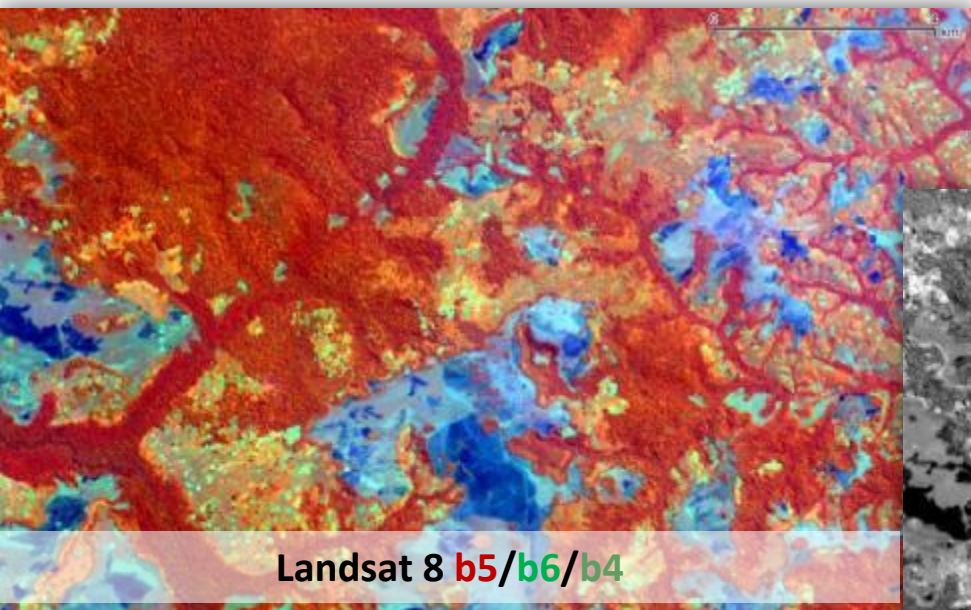
→ Simulation 30m

# 6.2 – Bases théoriques

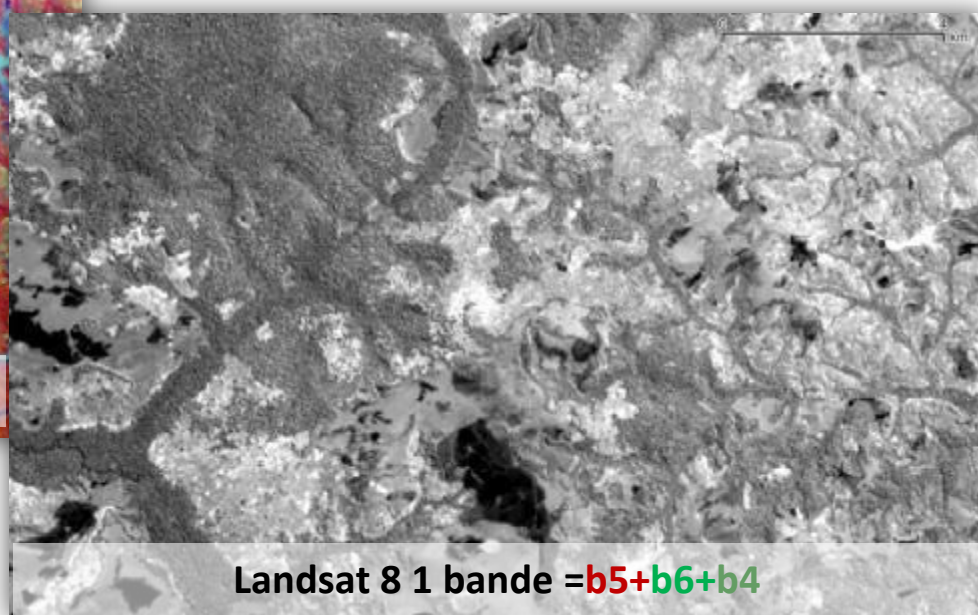
## 6.2.1 – Introduction



- Bande spectrale



Landsat 8 **b5/b6/b4**



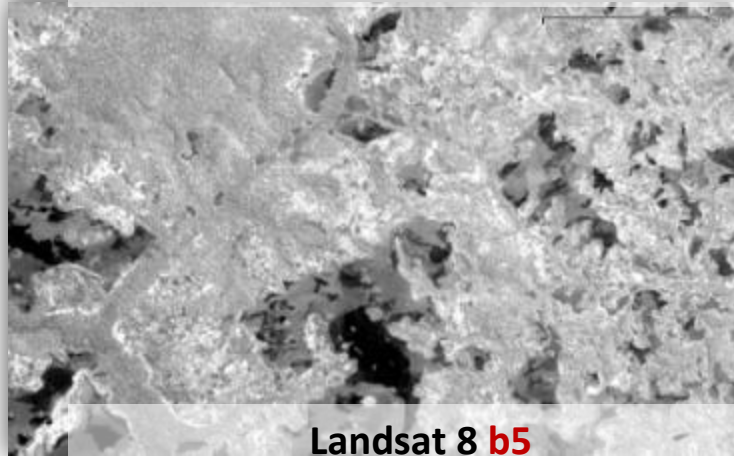
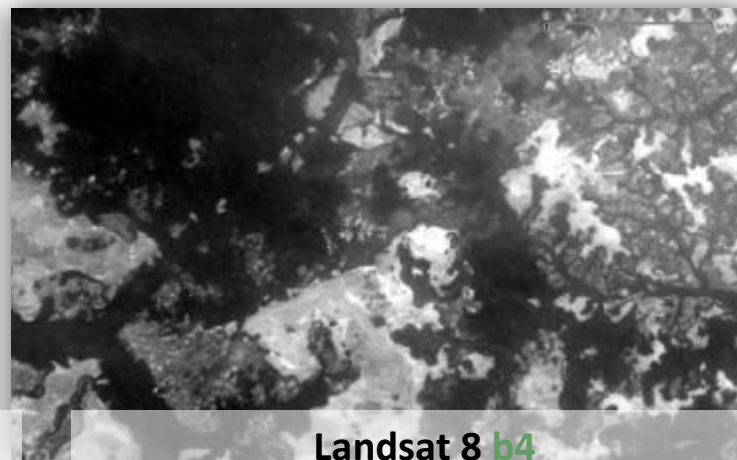
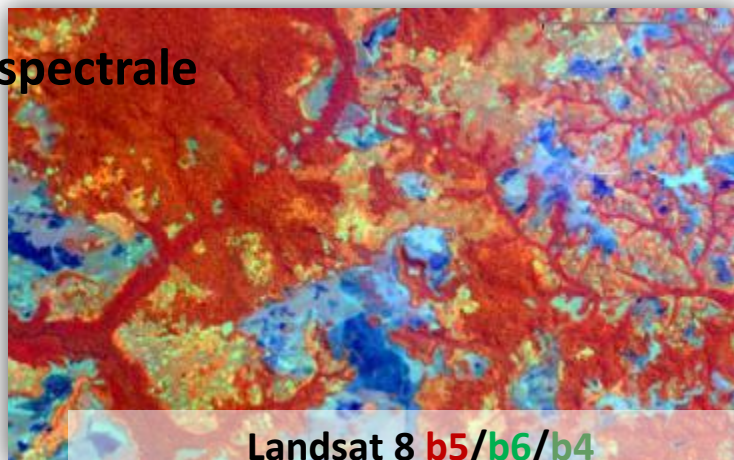
Landsat 8 1 bande = **b5+b6+b4**

# 6.2 – Bases théoriques

## 6.2.1 – Introduction



- Bande spectrale



# 6.2 – Bases théoriques

## 6.2.1 – Introduction



### ■ Bande spectrale

#### Landsat 8

<b>Bands</b>	<b>Longueur d'onde (Wavelength) (micromètres)</b>	<b>Résolution (mètres)</b>
Band 1 - Coastal aerosol	0.43 - 0.45	30
Band 2 - Blue	0.45 - 0.51	30
Band 3 - Green	0.53 - 0.59	30
Band 4 - Red	0.64 - 0.67	30
Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30
Band 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

# 6.2 – Bases théoriques

## 6.2.1 – Introduction



### ■ Bande spectrale

#### SPOT 5

Bands	Longueur d'onde (Wavelength) (micromètres)	Résolution (mètres)
Band 1 - Coastal aerosol	0.43 - 0.45	30
Band 2 - Blue	0.45 - 0.51	30
<b>Band 3 - Green</b>	<b>0.53 - 0.59</b>	<b>5-20</b>
<b>Band 4 - Red</b>	<b>0.64 - 0.67</b>	<b>5-20</b>
<b>Band 5 - Near Infrared (NIR)</b>	<b>0.85 - 0.88</b>	<b>5-20</b>
<b>Band 6 - SWIR 1</b>	<b>1.57 - 1.65</b>	<b>5-20</b>
Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

# 6.2 – Bases théoriques

## 6.2.1 – Introduction



### ■ Bande spectrale

#### SPOT 6

Bands	Longueur d'onde (Wavelength) (micromètres)	Résolution (mètres)
Band 1 - Coastal aerosol	0.43 - 0.45	30
Band 2 - Blue	0.45 - 0.51	1,5-6
<b>Band 3 - Green</b>	<b>0.53 - 0.59</b>	1,5-6
<b>Band 4 - Red</b>	<b>0.64 - 0.67</b>	1,5-6
<b>Band 5 - Near Infrared (NIR)</b>	<b>0.85 - 0.88</b>	1,5-6
<b>Band 6 - SWIR 1</b>	<b>1.57 - 1.65</b>	<b>30</b>
Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

# 6.2 – Bases théoriques

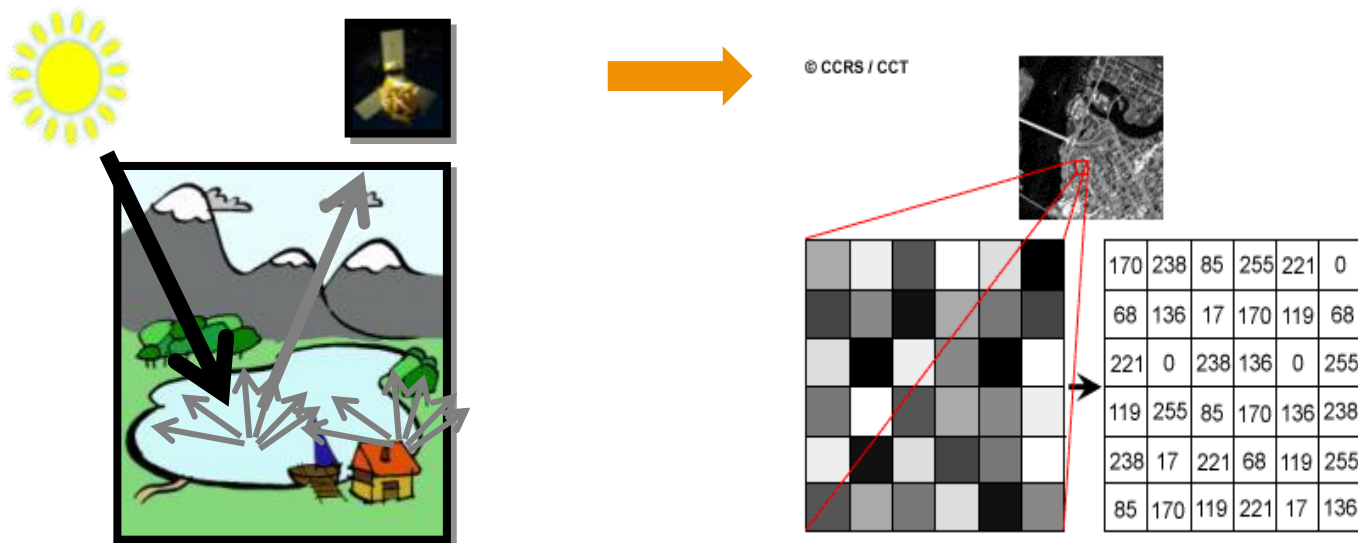
## 6.2.1 – Introduction



### ▪ Synthèse

**Une image satellite ne voit qu'une partie de l'information de la surface observée !!!**

- Atmosphère
- Orientation (Soleil et Capteur)
- Sensibilité capteur (Bande spectrale, Résolution...)



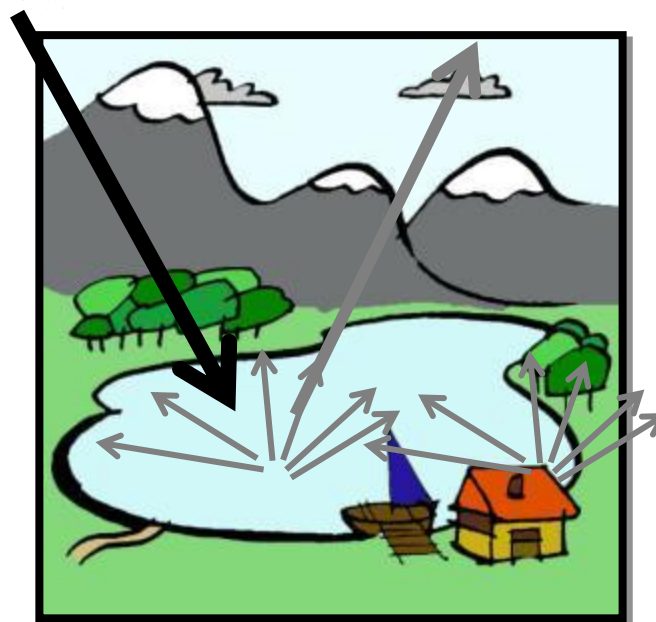


# 6.2 – Bases théoriques

## 6.2.2 – Rayonnement



SOURCE -> SURFACE -> CAPTEUR



## 6.2 – Bases théoriques

### 6.2.2 – Rayonnement



#### ▪ Source d'énergie

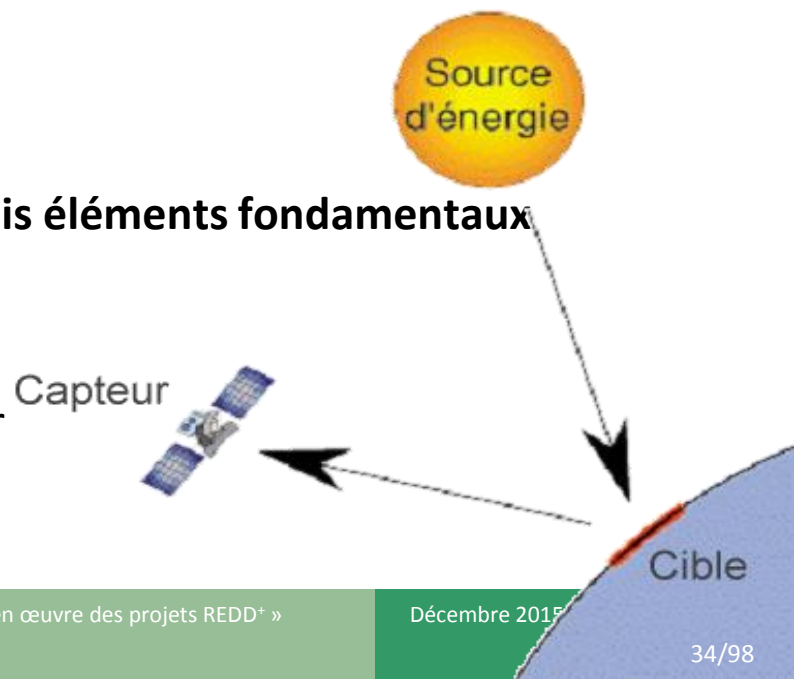
##### Le rayonnement électromagnétique

- Une source d'énergie sous forme de rayonnement électromagnétique est nécessaire pour illuminer la cible, à moins que la cible ne produise elle-même cette énergie.

- *Le soleil est très souvent cette source*  
*Capteurs actif vs passif*

##### L'acquisition d'images est l'interaction entre trois éléments fondamentaux

- Une source d'énergie
- une cible
- une plate-forme d'acquisition = Capteur



# 6.2 – Bases théoriques

## 6.2.2 – Rayonnement

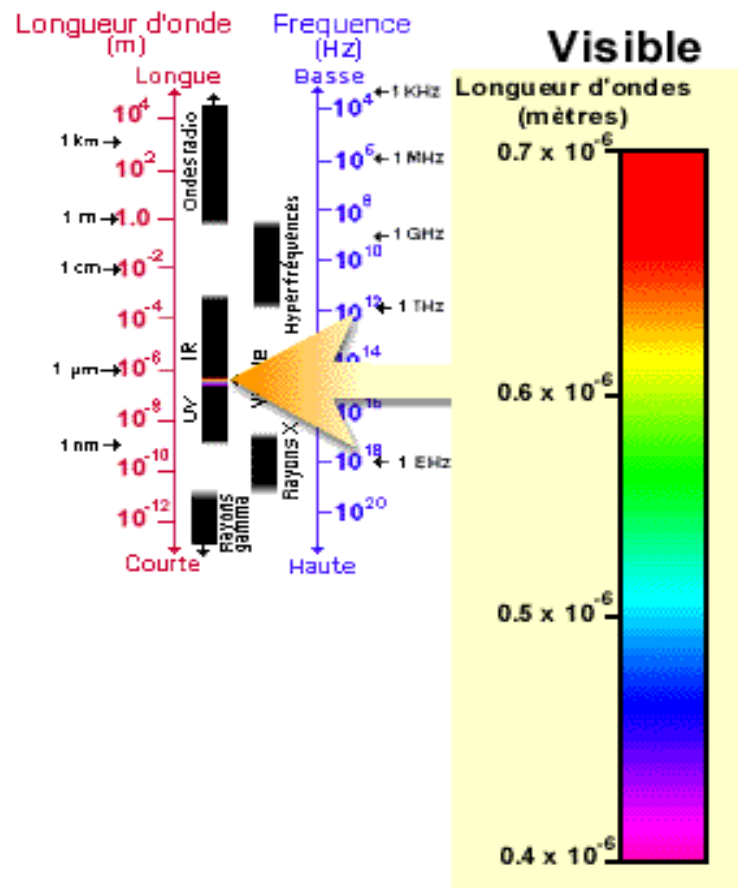


### ▪ Source d'énergie

#### Le rayonnement électromagnétique

##### – Visible

- *très petite partie du REM*
- de 0,4 à 0,7  $\mu\text{m}$
- De 400 à 700 nm
- très grande partie du *REM est invisible à l'œil nu*, mais *peut être captée*



Source : CCT

# 6.2 – Bases théoriques

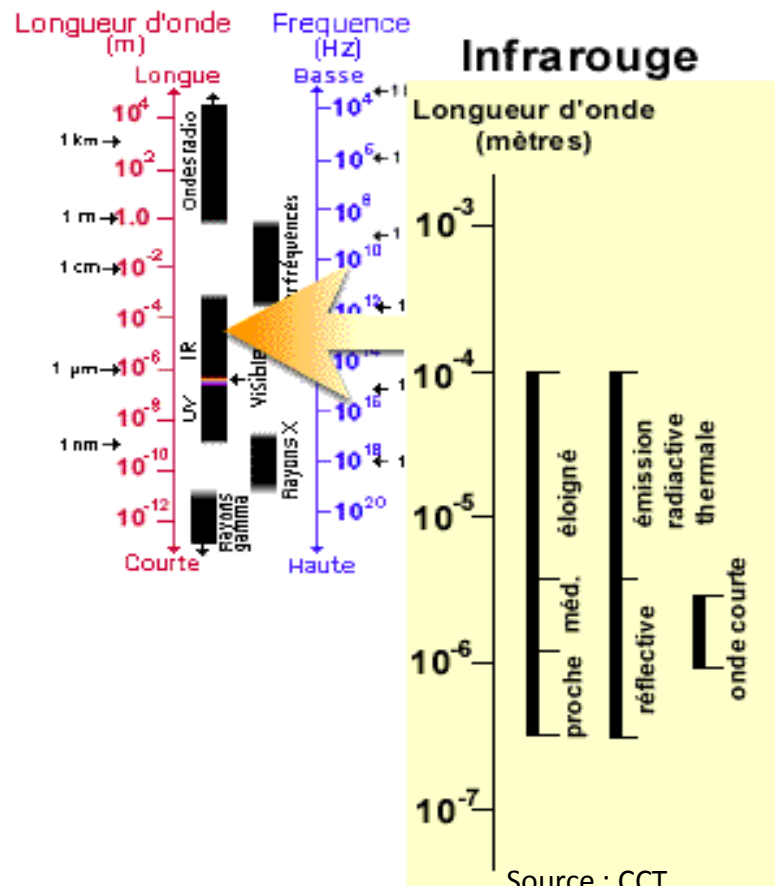
## 6.2.2 – Rayonnement



### ■ Source d'énergie

#### Le rayonnement électromagnétique

- **L'infra rouge** (0,7 à 100  $\mu\text{m}$ )  
2 catégories
  - **IR réfléchi** (0,7 à 3  $\mu\text{m}$ ) : utilisé de la même façon que le visible
  - **IR émis ou thermique** (3 à 100  $\mu\text{m}$ )  
rayonnement émis sous forme de chaleur par la surface de la Terre



Source : CCT

# 6.2 – Bases théoriques

## 6.2.2 – Rayonnement

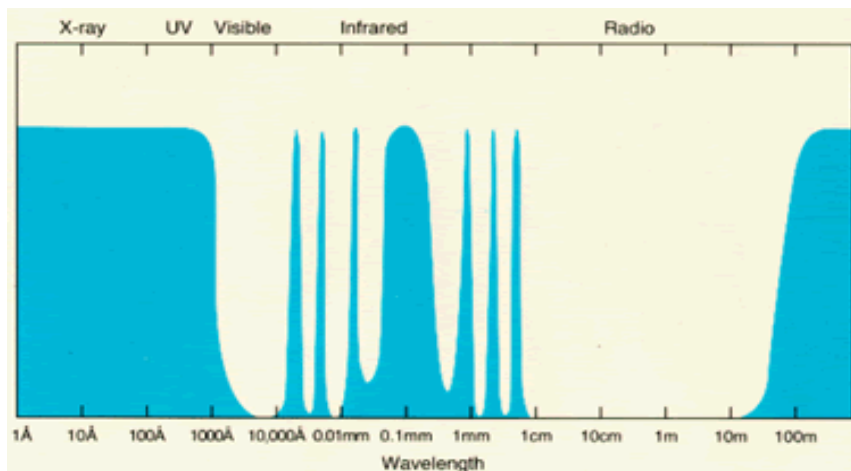


- **Interaction avec l'atmosphère**

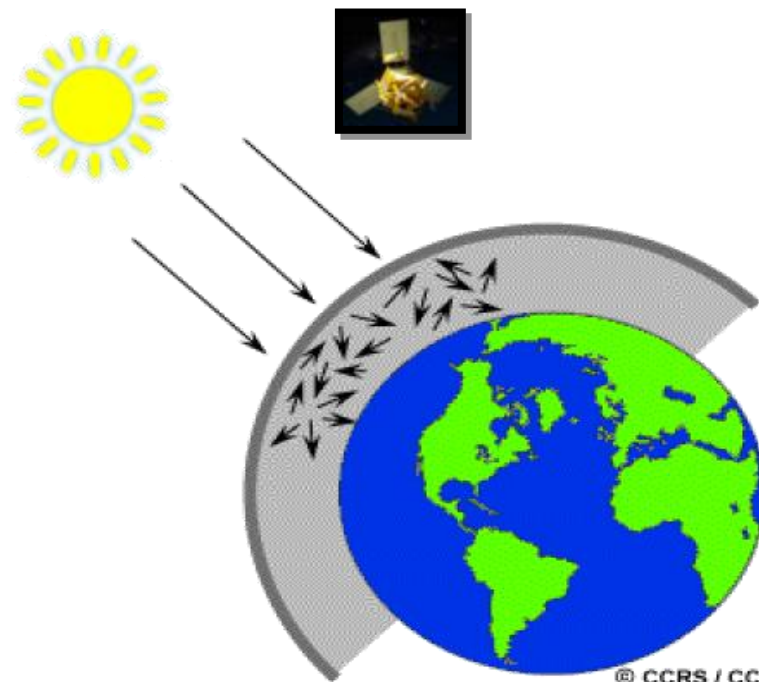
Le rayonnement du soleil traverse l'atmosphère

Le rayonnement réfléchi traverse à son tour l'atmosphère pour arriver jusqu'au capteur

### Absorption atmosphérique



Source : [www.everythingweather.com](http://www.everythingweather.com)



© CCRS / CCT

# 6.2 – Bases théoriques

## 6.2.2 – Rayonnement



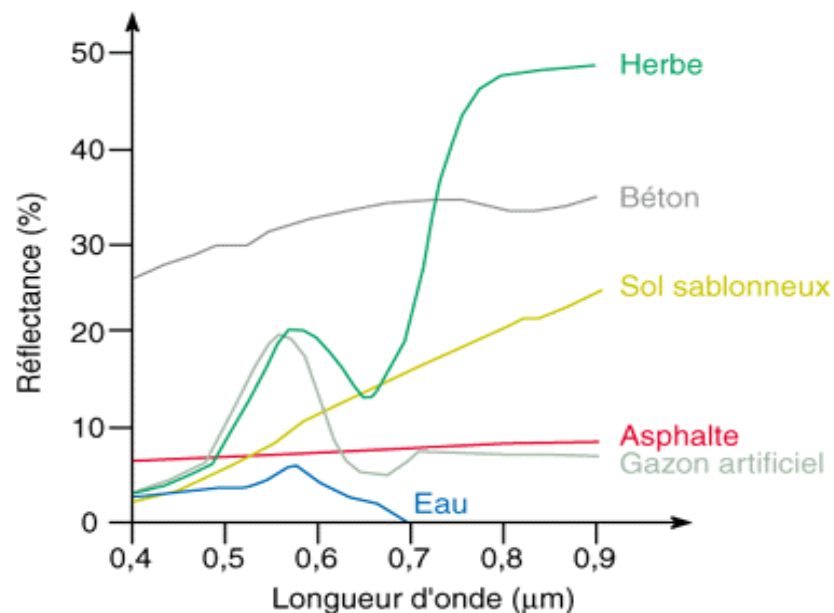
- Interaction avec la cible

Chaque objet possède des propriétés différentes



Source : CCT

### Signatures spectrales comparées



Source : tpouchin.club.fr

## 6.2 – Bases théoriques

### 6.2.3 – Capteurs



#### ▪ Définition

**Instrument**s qui permettent de **transformer** le **rayonnement** électromagnétique en informations perceptibles et **analysables** par l'humain

"un instrument qui recueille de l'énergie radiative provenant de la scène visée et délivre un signal électrique correspondant mesurable«

#### **3 grands types de capteur :**

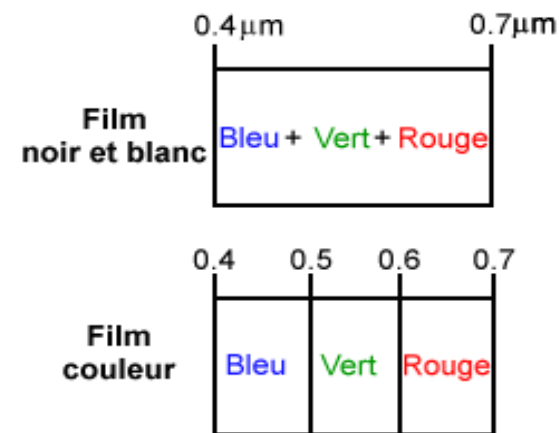
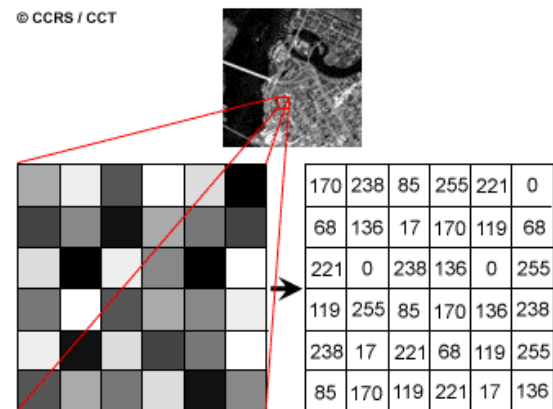
- les systèmes **photographiques**
- les **radiomètres imageurs**
- les **capteurs actifs**
- **L'infrarouge** (0,7 à 100  $\mu\text{m}$ )

# 6.2 – Bases théoriques

## 6.2.3 – Capteurs



- Du capteur à l'image
  - **Résolution spatiale**  
(≈ taille du plus petit élément discriminable)
  - **Résolution spectrale**  
**(nombre de niveau de gris)**
    - capacité d'un capteur à différencier la réflectance à divers longueurs d'onde



Source : CCT



# 6.2 – Bases théoriques

## 6.2.3 – Capteurs



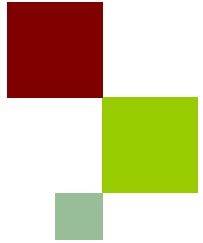
### ▪ Conclusion

#### Image satellites Optiques

- Bandes spectrales
- Résolution spatiale spectrale
- Effet de l'atmosphère
- Effet de l'incidence du soleil et du capteur

**= Attention : Information partielle et limitée**

# Chapitre 6 – Approche de la télédétection



## 6.1 – La cartographie dans les projets REDD

## 6.2 – Bases théoriques

### 6.2.1 – Introduction

### 6.2.2 – Rayonnement

### 6.2.3 - Capteurs

## 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

### 6.3.1 - Capteurs

### 6.3.2 – Logiciels de traitement

## 6.4 – Méthodes de cartographies par imagerie satellite

## 6.5 – Le contrôle qualité

## 6.6 – Appréhender un projet cartographique



# 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

## 6.3.1 – Capteur



- **Caractéristiques importante d'un capteur**

***Spécification technique***

- Actif ou passif
- Optique ou Radar
- Résolution (Spatiale, Spectrale ou Temporelle)

***Période de mise en service***

***Existence d'archive et « Politique d'acquisition »***

***Géométrie d'acquisition***

# 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

## 6.3.1 – Capteur



Nom	Periode d'acquisition	Mode d'acquisition	Bandes	Résolution Moyenne spatiale en m	Revisite Moyenne Min (Jour)	Emprise	Coût Moyen km <sup>2</sup> (€)
Landsat	1972 à nos jours	Permanent	Environ 8	30	16	185x185km	0
Aster	2000 à nos jours ?	Permanent ?	15	15 - 90	16	60x60km	Low cost?
Spot	1986 à nos jour	Sur commande	3 à 4	2,5 à 20m	26	60x60km	0,2 à 1,5
Spot 6	Sept 2012 à nos jours	Sur commande	4	1,5m à 6m	5 à 10 ?	NA	4 à 10
Pleiade	2012 à nos jours	Sur commande	4	0,7 à 2,8	5 à 10 ?	100x100 max	10 à 20
RapidEye	2008 à nos jours	Sur commande	5	6,5	5?	77km de large	1?
QuickBird	2001 à nos jours ?	Sur commande	4	0,6 à 2,4	1 à 3	15x15km	16 à 40
CBERS	1999 à nos jours ?	Permanent	5?	20	14	120km	0?
AVNIR2	2006 à 2011	Permanent	4	10	15?	70km	
Sentinel 2	2015	Permanent	13	10 à 60m	5	290km	0

Et Google Earth ??

# 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

## 6.3.1 – Capteur



- **Comment obtenir des données satellites ? (*non exhaustif*)**

### ***Commander sur les sites de fournisseur d'image***

Airbus (Spot, Pleiade...)

<http://www.astrium.eads.net/fr/>

...

### ***Télécharger gratuitement***

USGS Earth Explorer (Landsat, Aster, MNT SRTM...)

<http://earthexplorer.usgs.gov/>

...

### ***Projet de fourniture d'images gratuite***

OSFT (Images Spot dans le Bassin du Congo)

...

# 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

## 6.3.1 – Capteur



### ▪ OSFT (Observation Spatiale des Forêts Tropicales)

#### *Contexte*

##### **Accord cadre entre l'AFD & Astrium**

La coopération française finance la couverture en images satellite SPOT de la zone de Forêt Tropicale Humide du Bassin du Congo (programme de 2010 à 2015)

##### **Objectifs du Projet**

- Fournir une **couverture exhaustive d'images SPOT récentes** (> 2008) et des **mises à jour** régulières
- Accès aux **images d'archive des satellites SPOT**
- **Production de cartographies forestières**

=> Données mises à disposition de tout projet de suivi de la forêt ou utilisation des sols, dans les 6 pays forestiers du bassin du Congo : Gabon, Guinée Equatoriale, RCA, Cameroun, Congo et RDC, contre signature de la licence REDDSPOT ou AFAT (Gabon)

##### **Un consortium a été mis en place pour coordonner le programme**

IGN FI, CNES, IGN, IRD => Choix des zones de programmation, validation des images, lien avec les bénéficiaires...

# 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

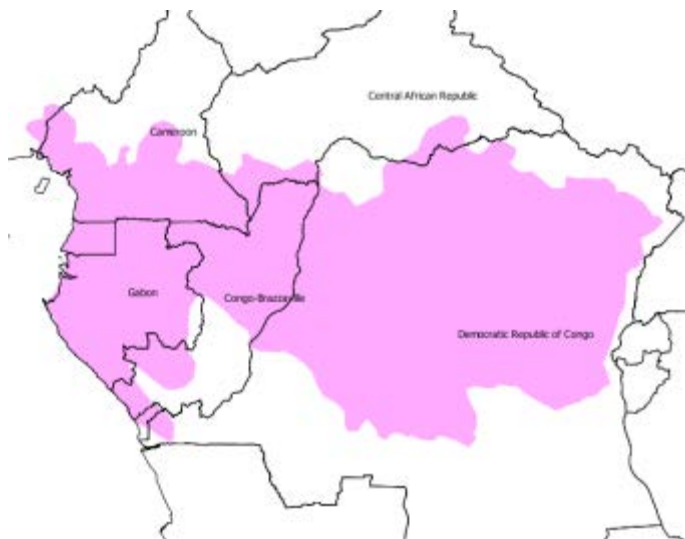
## 6.3.1 – Capteur



- **OSFT (Observation Spatiale des Forêts Tropicales)**

*Zone d'intérêt du projet*

AOI initiale : Forêt Tropicale Humide  
**2 millions km<sup>2</sup>**



Aujourd'hui : l'AOI a été étendue à  
**3,3 millions km<sup>2</sup>**



# 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

## 6.3.1 – Capteur



- **OSFT (Observation Spatiale des Forêts Tropicales)**

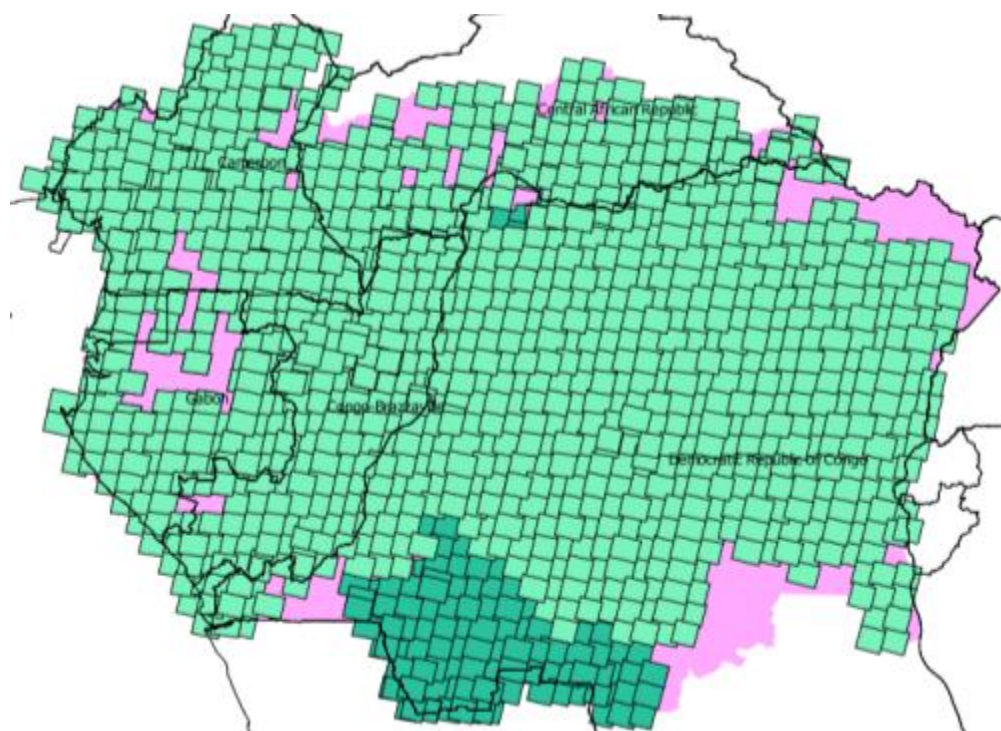
*Aperçu des données disponibles*

Acquisitions **2008 - 2012**

Aperçu des données **SPOT4 & SPOT5** constituant le **Pivot 2010** (images acquises de 2008 à 2012)

**Couverture nuageuse <20%**

Toutes les images ont été **ortho-rectifiées** par spatio-triangulation





## 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

### 6.3.1 – Capteur



- **OSFT (Observation Spatiale des Forêts Tropicales)**

*Aperçu des données disponibles*

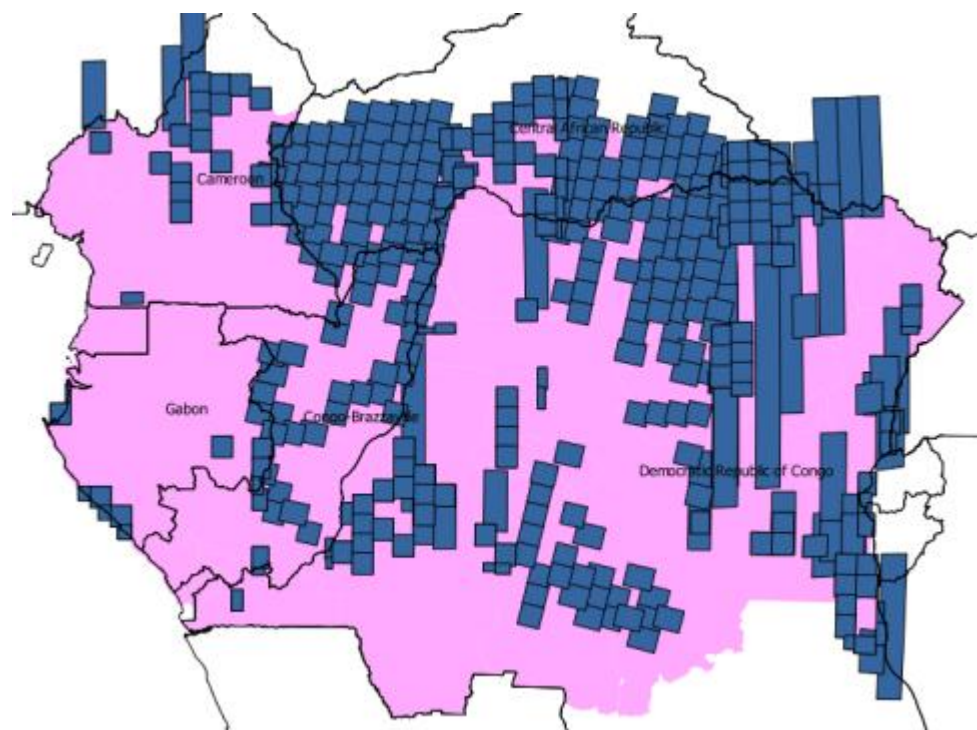
Acquisitions depuis **2013**

Aperçu des images **SPOT5 & SPOT6**  
constituant le

**Pivot 2015** (+/- 2 ans)

(images acquises à partir de 2013)

**Couverture nuageuse <20%**



# 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

## 6.3.1 – Capteur



- **OSFT (Observation Spatiale des Forêts Tropicales)**  
*Conditions d'accès aux données*

**Une licence d'utilisation spécifique a été créée :**

⇒ Elle permet aux bénéficiaires d'utiliser, partager et copier les produits SPOT dans le cadre de projets validés par l'Autorité Nationale

**Etat actuel des licences signées :**

Signature des licences / **Autorités Nationales :**

- **RDC / Congo / RCA** : à Durban (déc. 2011), licences REDDSPOT
- **Cameroun** : à Yaoundé (Juin 2012), licence REDDSPOT
- **Gabon** : à Libreville (Janv. 2013), licence AFAT signée par l'AGEOS

Sous-licences signées par les Autorités Nationales / projets locaux :

- en RDC, au Congo, au Cameroun, au Gabon, en RCA

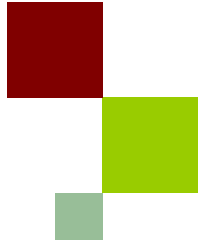
Sous-licences signées par IGN FI (initiatives régionales):

- JRC et CIRAD



# 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

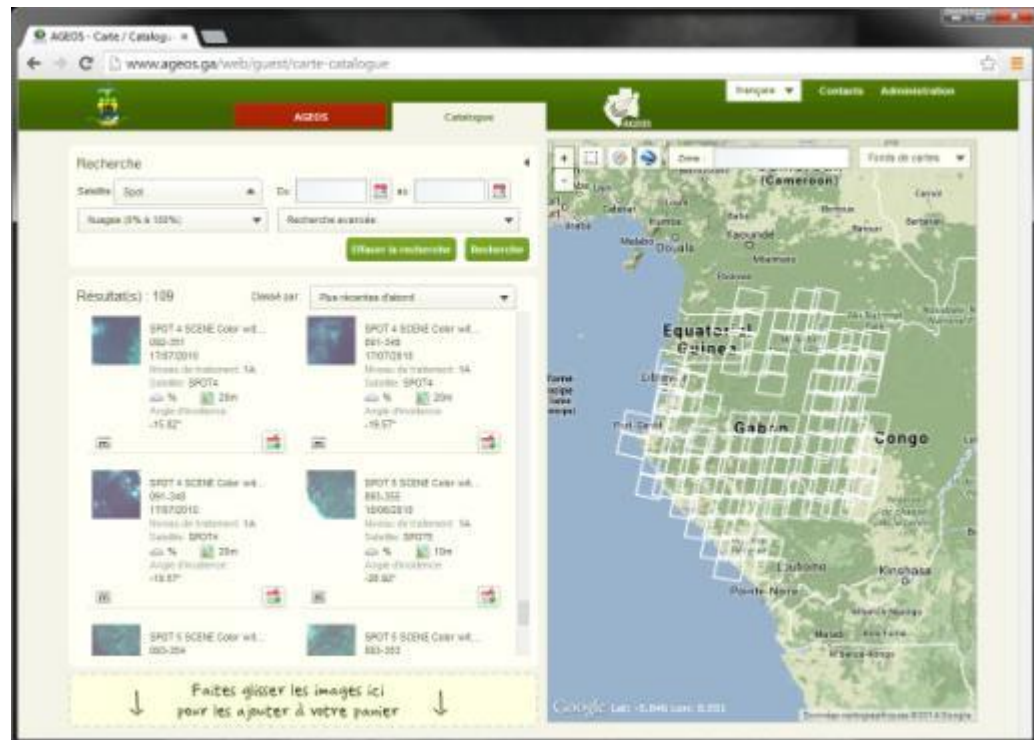
## 6.3.1 – Capteur



- **OSFT (Observation Spatiale des Forêts Tropicales)**  
*Conditions d'accès aux données*

**Gabon** : accès aux images SPOT via le **portail de l'AGEOS**

[www.ageos.ga](http://www.ageos.ga)



# 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

## 6.3.1 – Capteur



- **Résumé**

**Il existe un très grand nombre de Capteur**

- Grand choix
- Beaucoup de données disponible
- ***Complexité***

***Il n'existe pas toujours d'images d'archive !!!***

***Les données peuvent couter très cher !!!***

# 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

## 6.3.2 – Logiciels de traitement



### ▪ Télédétection

- **Payant** : Envi / Erdas / Ecognition
- **Gratuit**
  - Orfeo Toolbox (OTB) <http://orfeo-toolbox.org/otb/>
  - Qgis/Gdal <http://www.qgis.org/fr/site/>
  - Interimage <http://www.lvc.ele.puc-rio.br/projects/interimage/>

### ▪ SIG

- **Payant**
  - Arcgis
  - Mapinfo
- **Gratuit**
  - Qgis
  - GVSIG
  - ...

# 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

## 6.3.2 – Logiciels de traitement



### ■ Besoins

Tache	Envi	Arcgis	Qgis	Qgis-Processing
<i>Import images satellites</i>	+++	+	+++	N/A
<i>Optimisation affichage</i>	+++	+	+++	N/A
<i>Filtrage image</i>	+++	0	0	+++
<i>Classification</i>	++	0	0	+++
<i>Post-traitement Classification</i>	+++	+	+	++
<i>Vectorisation</i>	+	++	+	++
<i>Edition vectorielle</i>	+	++/--	++/--	N/A
<i>Statistique de classification</i>	+++	N/A	++	N/A
<i>Mise en page de carte</i>	N/A	+++	+++	N/A

# 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

## 6.3.2 – Logiciels de traitement



- **Pourquoi avoir choisi le logiciel libre ?**
  - **Gratuité**
    - Facilement déployable partout
      - Clé live USB bootable et installeable
      - Installeur OSGEO4W
  - **Outil nécessaire, suffisant et bien plus !**
  - **Développement permanent**
  - **Personnalisation des outils**

## 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

### 6.3.2 – Logiciels de traitement



#### ▪ QSIG

*Logiciels nécessaires et suffisant* pour réaliser une *cartographie par imagerie satellite*

- Qgis (version 2)
- OTB (Orfeo Tool Box)

*Qgis* est le logiciel **SIG** comportant toutes les fonctionnalités les plus couramment utilisées.

*Qgis permet d'utiliser d'autres applications* via son interface afin d'augmenter les fonctionnalités où les performances (**Grass**, **OTB** et **Saga**, par exemple)

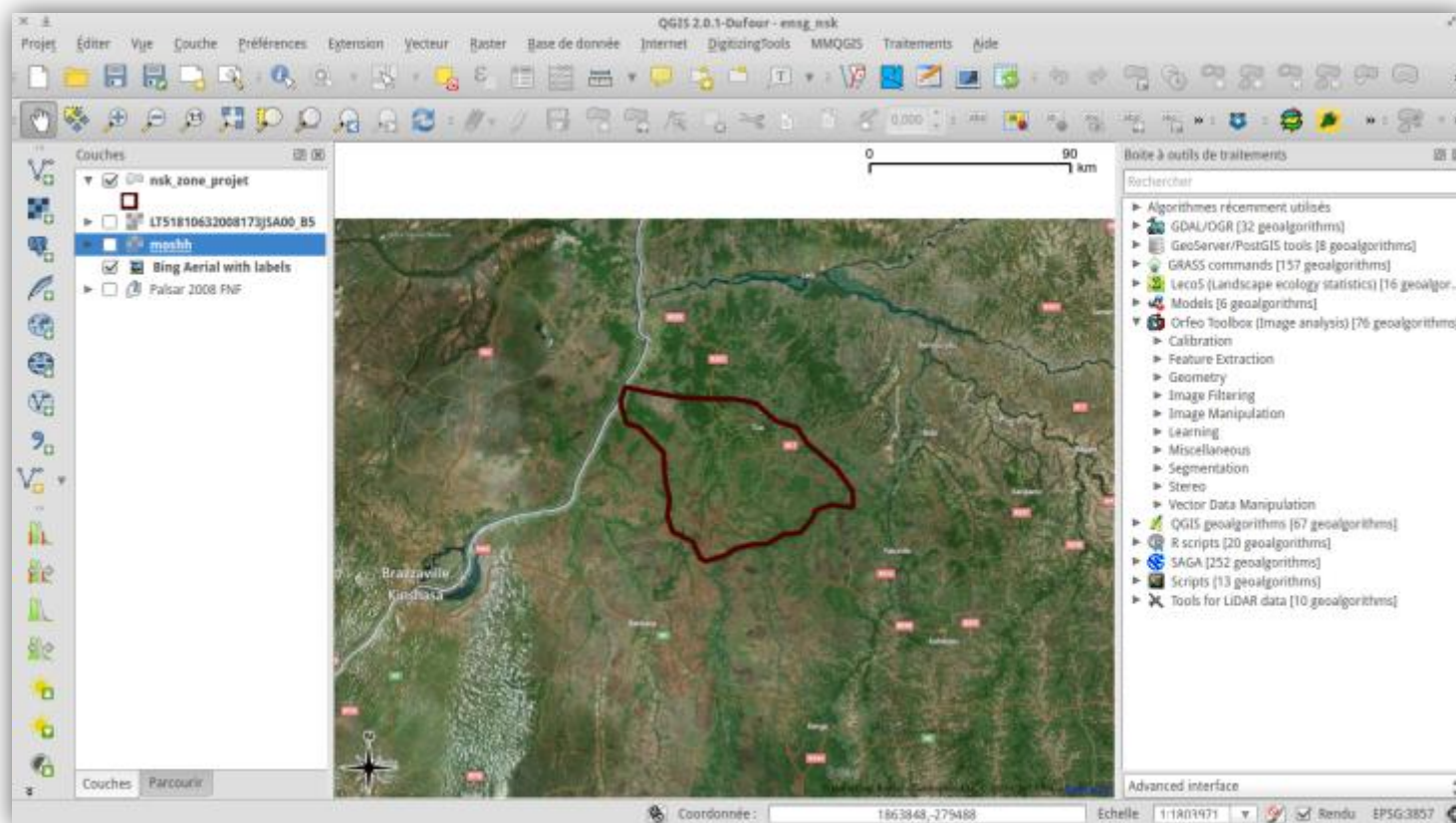


# 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

## 6.3.2 – Logiciels de traitement



- **QSIG**

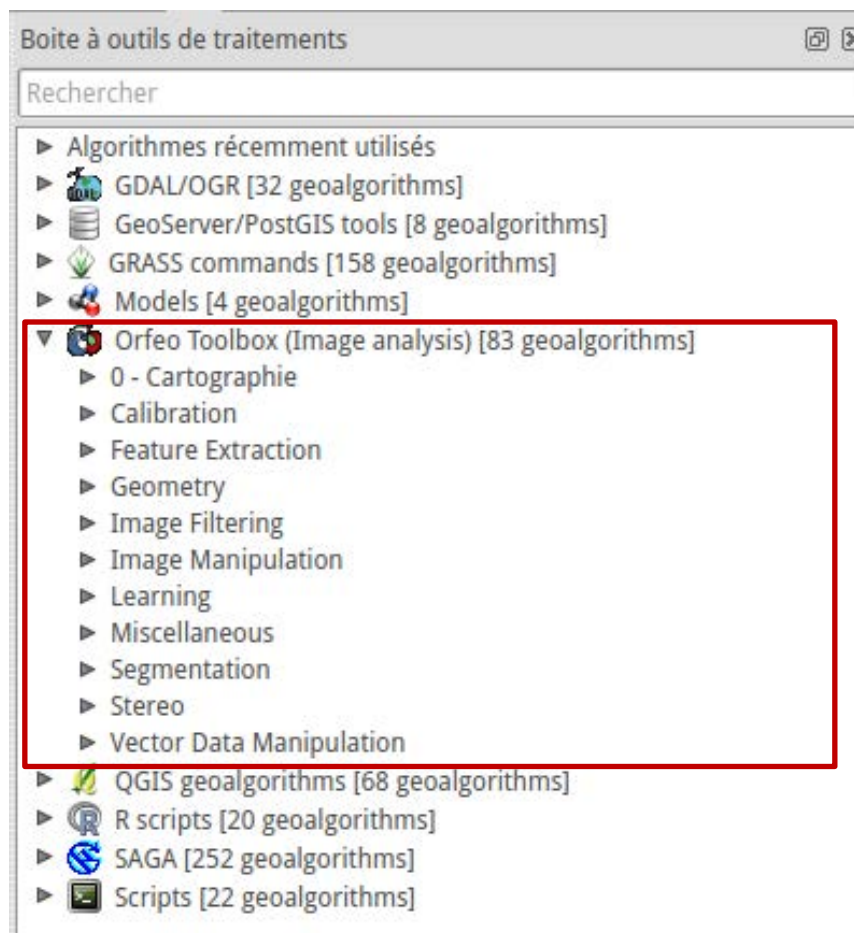


# 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

## 6.3.2 – Logiciels de traitement



- OTB dans QSIG

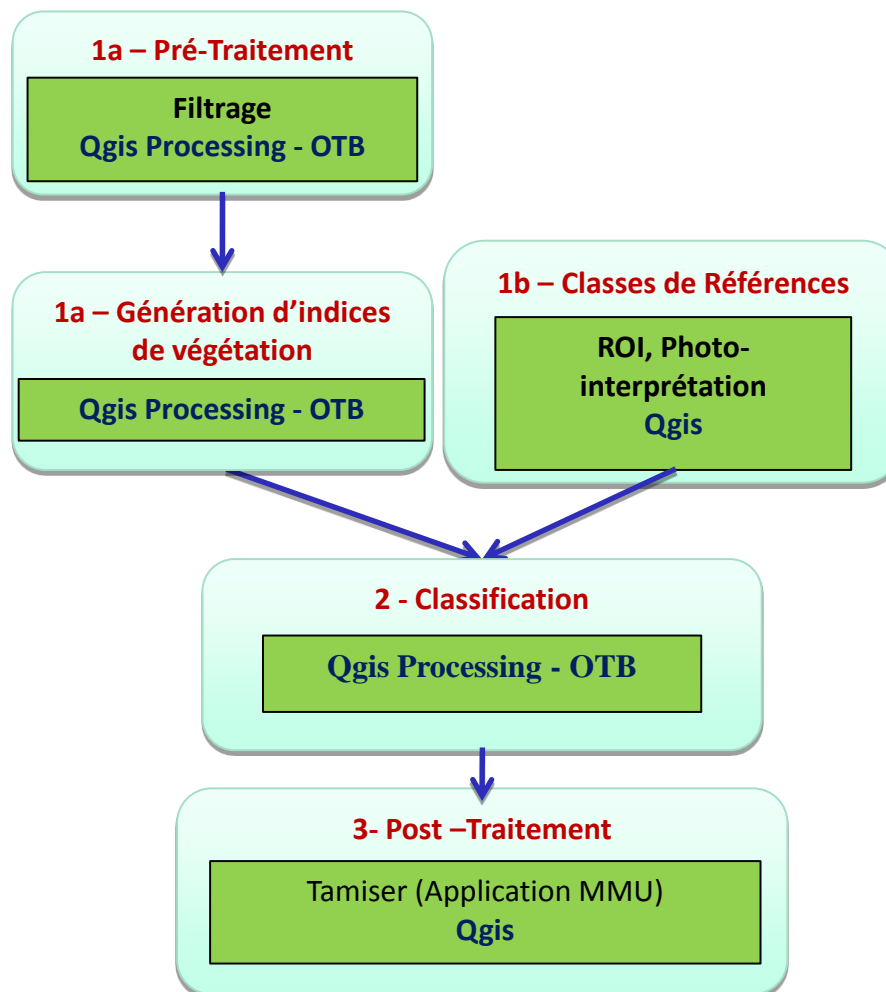


# 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

## 6.3.2 – Logiciels de traitement



- **Traitements**

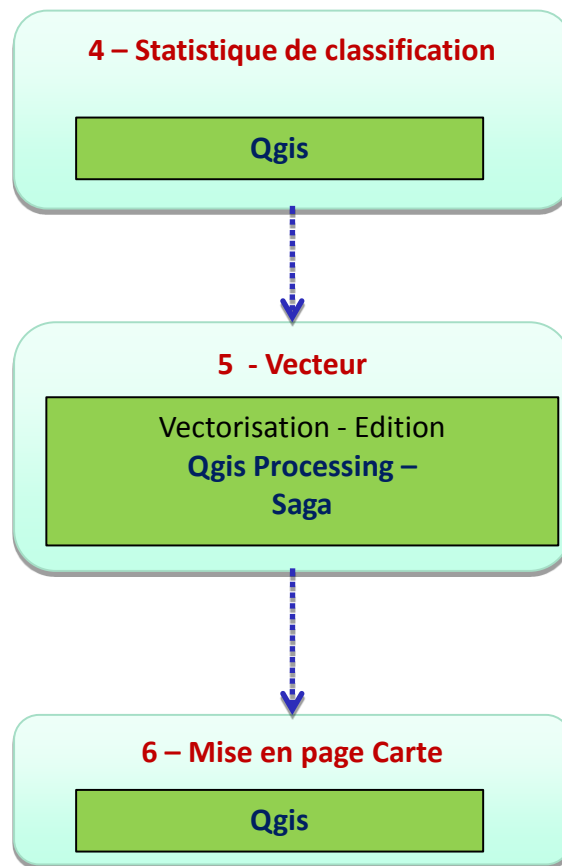


# 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

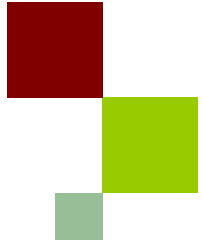
## 6.3.2 – Logiciels de traitement



- **Traitements**  
(suite schéma)



# Chapitre 6 – Approche de la télédétection



## 6.1 – La cartographie dans les projets REDD

## 6.2 – Bases théoriques

### 6.2.1 – Introduction

### 6.2.2 – Rayonnement

### 6.2.3 - Capteurs

## 6.3 – Les principaux capteurs et logiciels

### 6.3.1 - Capteurs

### 6.3.2 – Logiciels de traitement

## 6.4 – Méthodes de cartographies par imagerie satellite

## 6.5 – Le contrôle qualité

## 6.6 – Appréhender un projet cartographique



# 6.4 – Méthodes de cartographie par imagerie satellite



- Introduction

Images satellite = Pixel + Radiométrie

Comment extraire l'information qui m'intéresse ?

Réaliser une **composition colorée** → mettre en valeur les paysages recherchée avec les données de base

Produire des **indices dérivés** contrastant mieux les paysages recherchées

**Photo-Interprétation** (analyse visuelle)

**Classification** ≈ cartographie (semi-) automatique

## 6.4 – Méthodes de cartographie par imagerie satellite



### ■ Indices radiométriques

A partir de certaine *combinaison de Bande*, il est possible de créer des *indices* étant liés à des *propriété physique* des surfaces observées

- **NDVI** (indice de végétation par différence normalisé ou indice de Tucker, PIR=Proche Infra Rouge, R = Rouge)

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

- **NDWI** (L'indice de teneur en eau par différence normalisée, MIR=Moyen Infra Rouge)

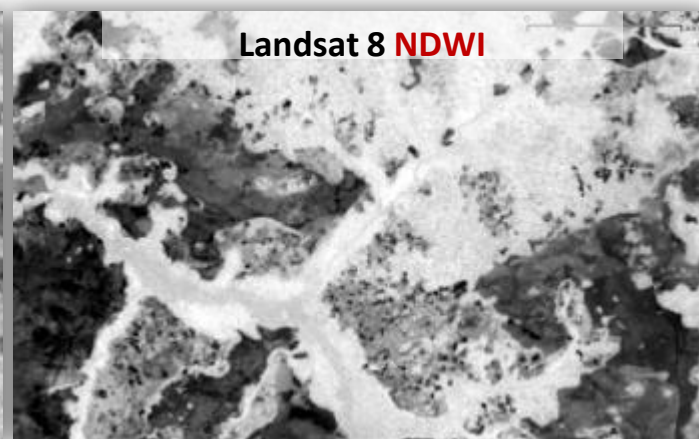
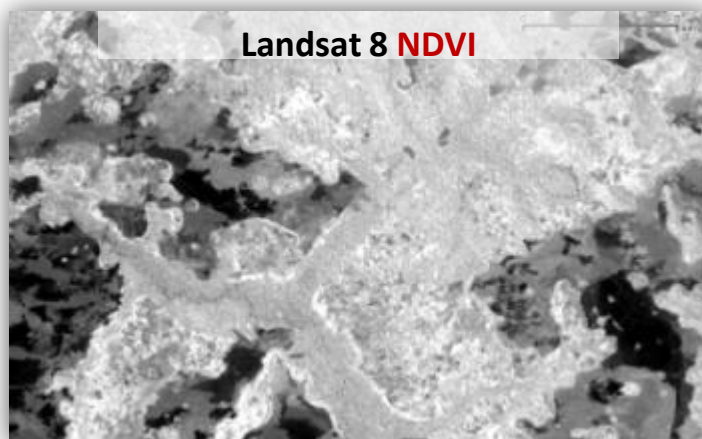
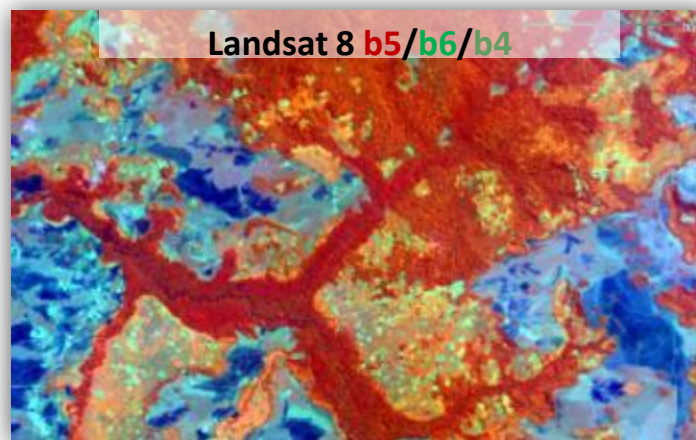
$$\text{NDWI} = (\text{PIR} - \text{MIR}) / (\text{PIR} + \text{MIR})$$

– ...

# 6.4 – Méthodes de cartographie par imagerie satellite



- Indices radiométriques





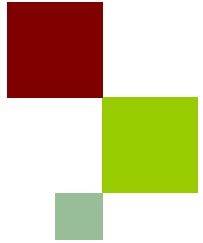
## 6.4 – Méthodes de cartographie par imagerie satellite



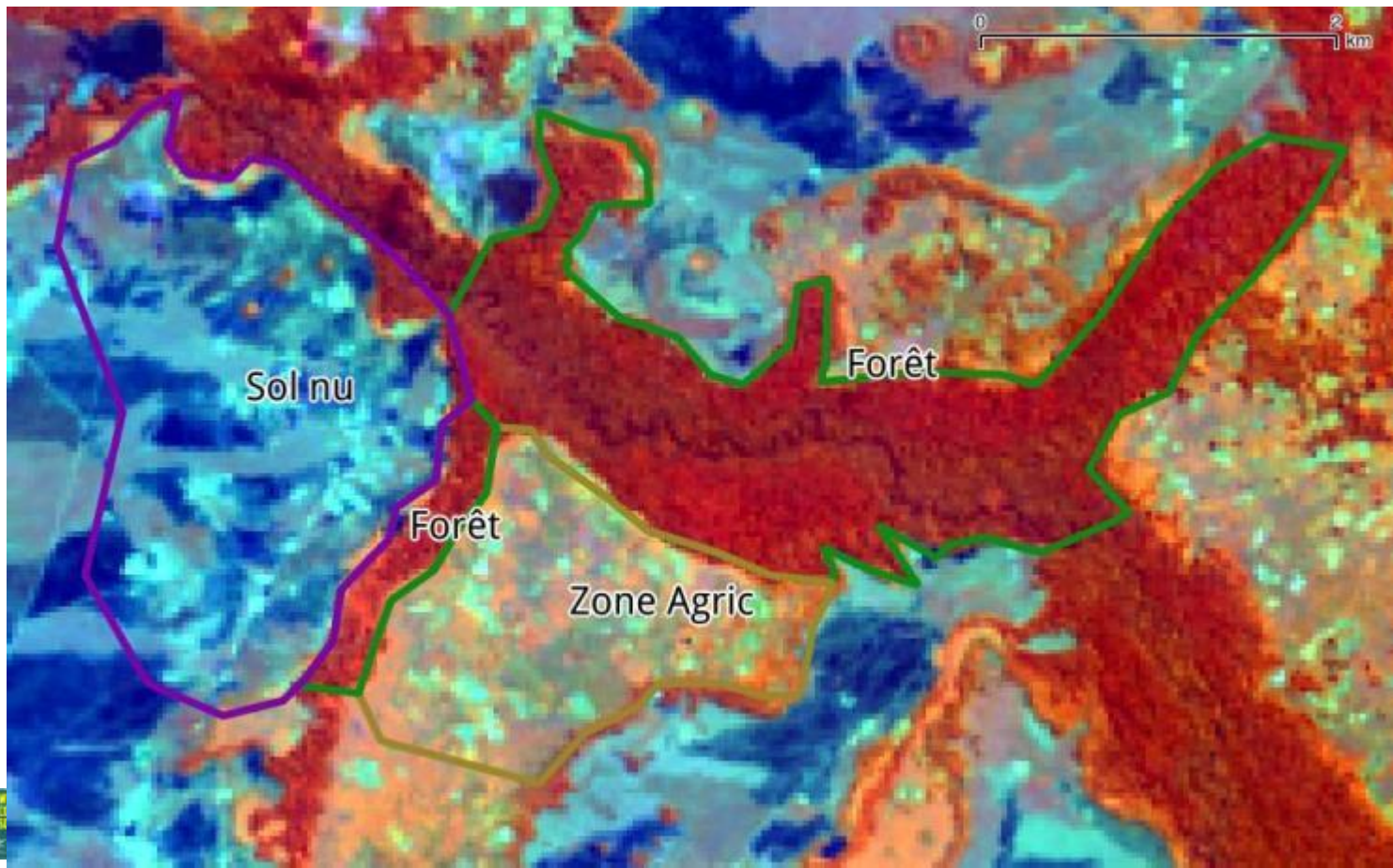
### ■ Photos interprétation

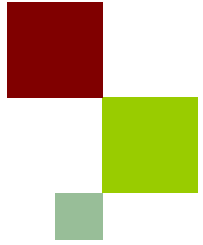
- La **photo-interprétation** consiste à **reconnaitre** et généralement numériser **visuellement** les paysages recherchés.
- Nécessité d'apprendre la **correspondance** entre un **paysage** et la réponse d'une **image satellite**
- **Travail Long** et dont la qualité peut être variable au sein d'une carte (fatigue, plusieurs opérateur...)

# 6.4 – Méthodes de cartographie par imagerie satellite



- Exemple de photos interprétation





## 6.4 – Méthodes de cartographie par imagerie satellite

### ■ Classification

**Classification** ≈ **Schématisation/Simplification** de la donnée source en un nombre *fini et limité de classes*, de 2 à 10/20 par exemple

**Non supervisée** = classification automatique en un nombre de classes demandées par l'opérateur

- **Quelques algorithmes existant** : Iso data, Kmeans...
- **Avantages** : Donner uniquement le nombre de classes
- **Inconvénients**: Classes radiométriques souvent dépendante de l'occupation du sol au sein de l'image

**Supervisée** = l'opérateur crée des **ROI** (Region Of Interest) qui sont des **polygones** dessinés sur l'image pour lesquels on indique la **classe**. L'algorithme **apprend** alors à **reconnaître** ces classes pour ensuite **généraliser à toutes l'images**

## 6.4 – Méthodes de cartographie par imagerie satellite



- **Classification : supervisée**

***Quelques algorithmes existant*** : Maximum de vraisemblance, SVM (Support Vector Machine)

***Avantage***

Classes thématique et non radiométrique  
simple à manipuler

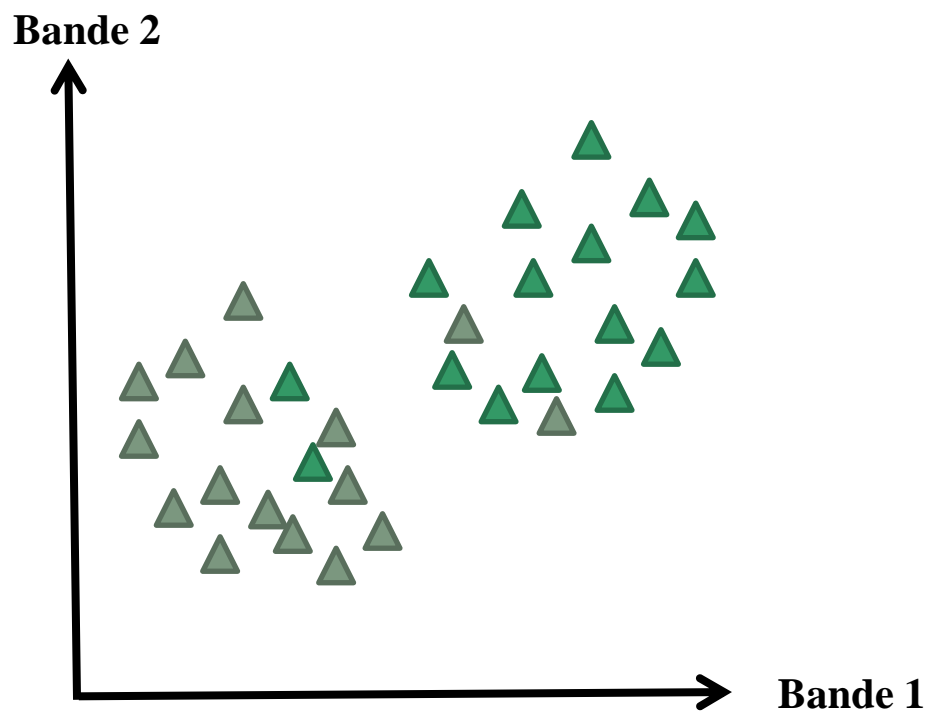
***Inconvénients***

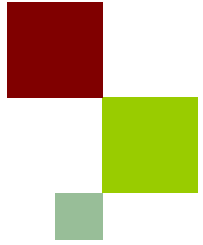
Nécessité de savoir photo-interpréter  
Définir des ROI représentatif sdes classes recherchées

# 6.4 – Méthodes de cartographie par imagerie satellite



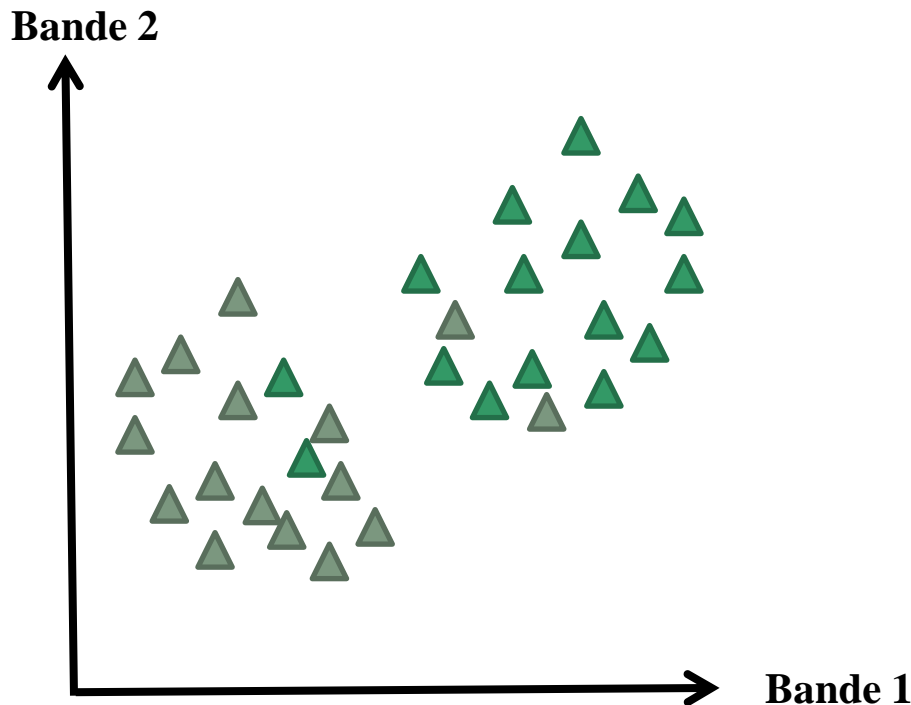
- **Classification : maximum de vraisemblance**



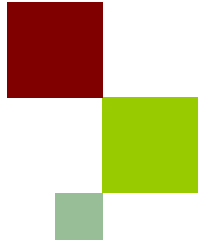


# 6.4 – Méthodes de cartographie par imagerie satellite

- **Classification : maximum de vraisemblance**

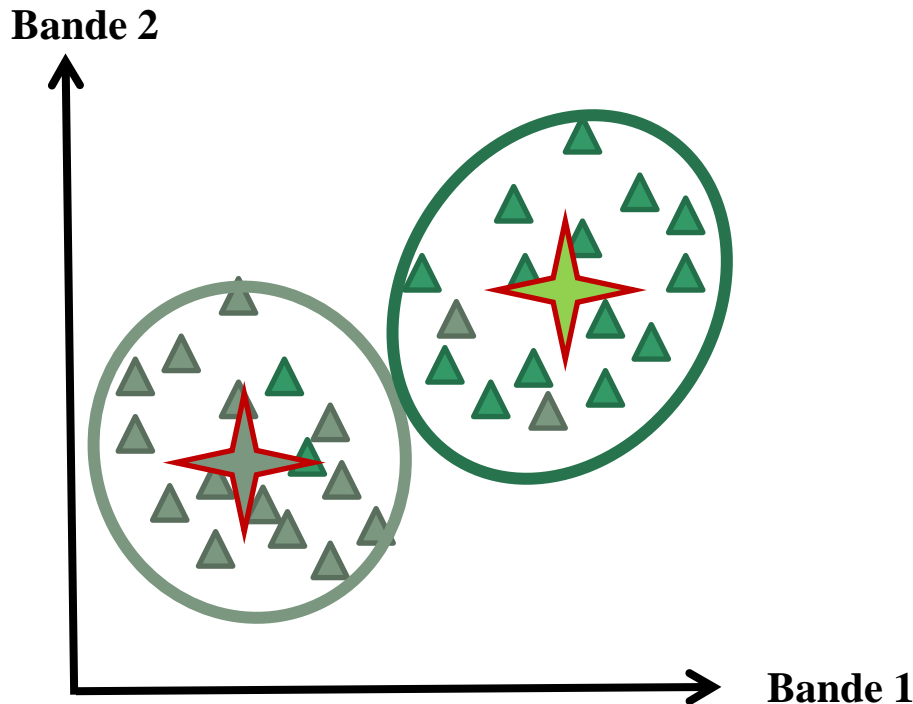


- **Classification supervisée**  
**Apprentissage** avec des pixels d'entraînement (ROI)
- **But**
  - Calculer les centres de classe (moyenne) à l'aide des ROI
  - Classer les nouveau pixel sen fonction de leur proximités aux centres de classe (la classe la plus proche

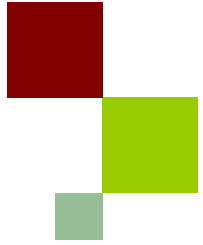


## 6.4 – Méthodes de cartographie par imagerie satellite

- **Classification : maximum de vraisemblance**

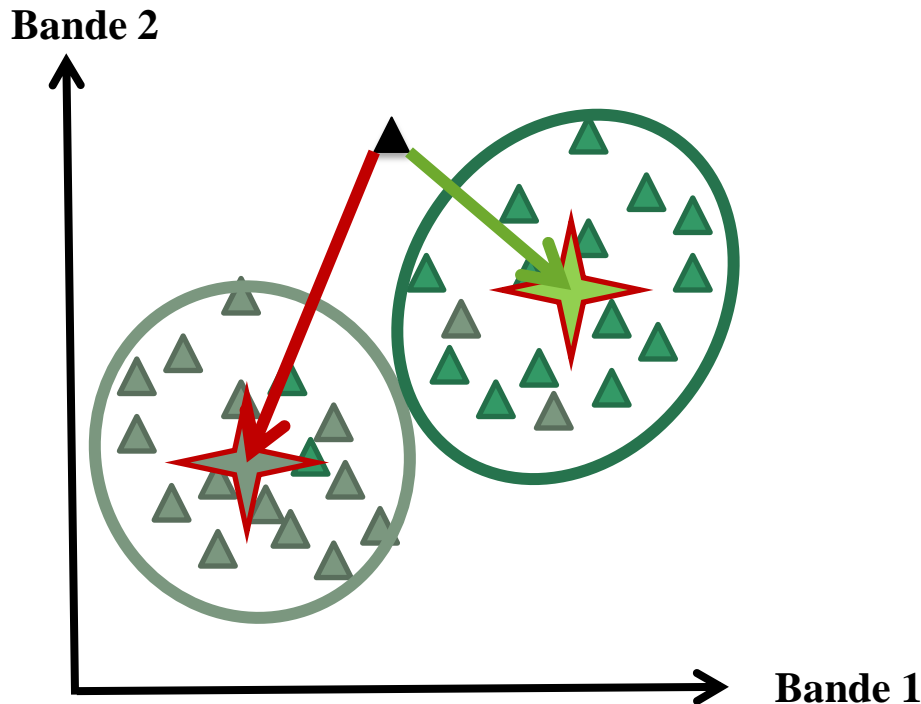


- **Classification supervisée**  
**Apprentissage** avec des pixels d'entraînement (ROI)
- **But**
  - Calculer les centres de classe (moyenne) à l'aide des ROI
  - Classer les nouveau pixel sen fonction de leur proximités aux centres de classe (la classe la plus proche)



## 6.4 – Méthodes de cartographie par imagerie satellite

- **Classification : maximum de vraisemblance**



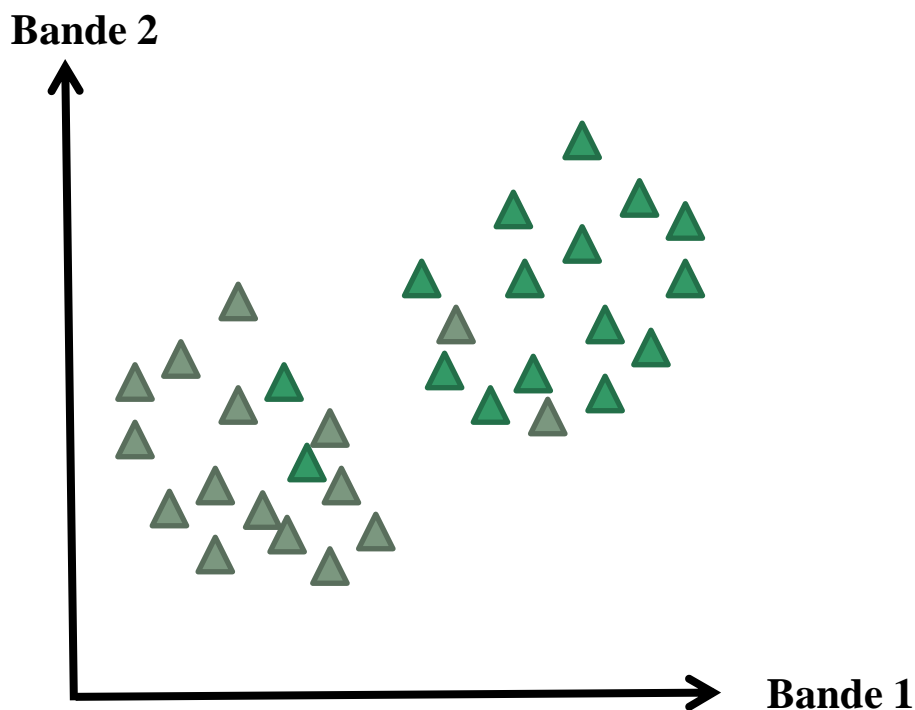
- **Classification supervisée**  
**Apprentissage** avec des pixels d'entraînement (ROI)
- **But**
  - Calculer les centres de classe (moyenne) à l'aide des ROI
  - Classer les nouveau pixel sen fonction de leur proximités aux centres de classe (la classe la plus proche)



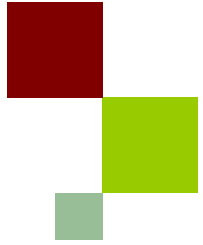
# 6.4 – Méthodes de cartographie par imagerie satellite



- **Classification SVM (support à Vaste Marge)**

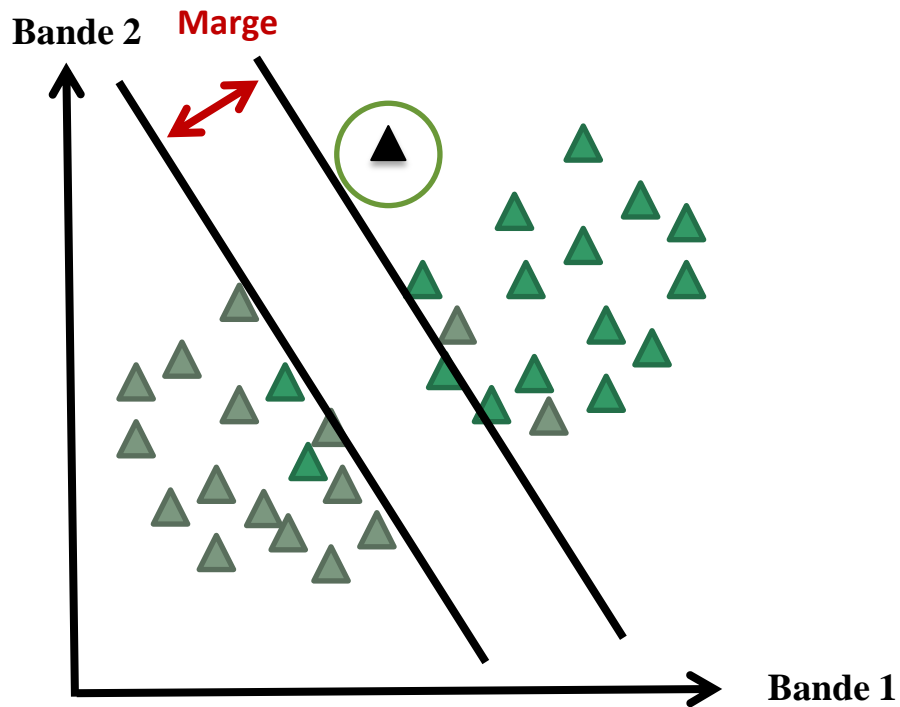


- **Classification supervisée Apprentissage** avec des pixels d'entraînement (ROI)
- **But**
  - Calculer trouver la droite (ou hyperplan) de séparation qui sépare/repousse au mieux les classes à l'aide des ROI
  - Classer les nouveau pixels en fonction du coté du plan dans lequel ils se trouvent



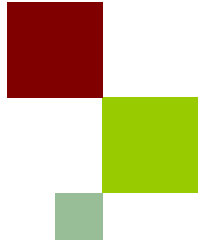
# 6.4 – Méthodes de cartographie par imagerie satellite

## ▪ Classification SVM (support à Vaste Marge)

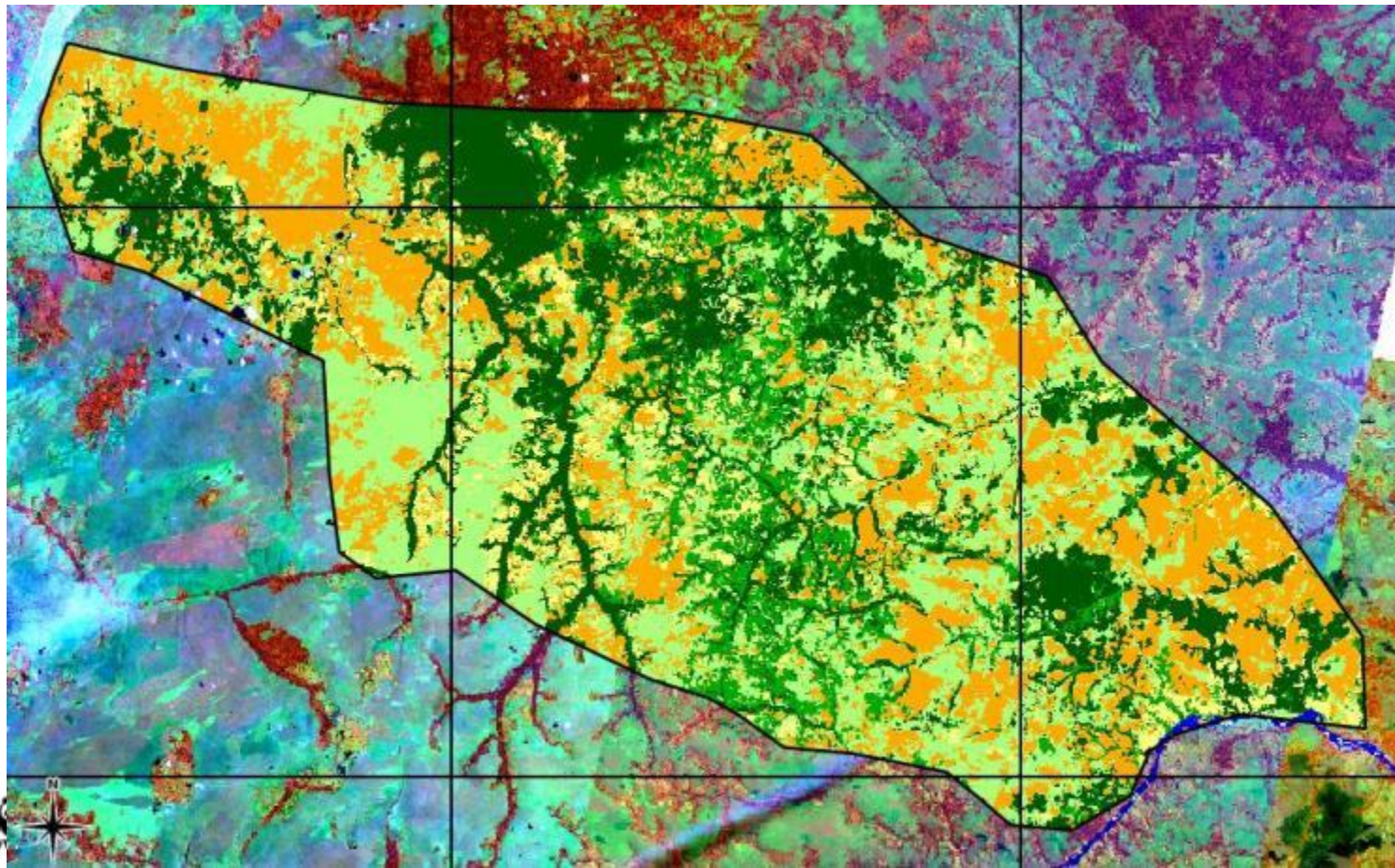


- **Classification supervisée**  
**Apprentissage** avec des pixels d'entraînement (ROI)
- **But**
  - Calculer trouver la droite (ou hyperplan) de séparation qui sépare/repousse au mieux les classes à l'aide des ROI
  - Classer les nouveau pixels en fonction du coté du plan dans lequel ils se trouvent

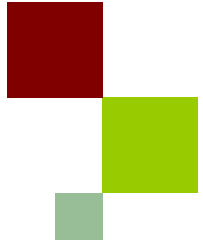
# 6.4 – Méthodes de cartographie par imagerie satellite



- Exemple de résultats



# Chapitre 6 – Approche de la télédétection



## 6.1 – La cartographie dans les projets REDD

## 6.2 – Bases théoriques

### 6.2.1 – Introduction

### 6.2.2 – Rayonnement

### 6.2.3 - Capteurs

## 6.3 – les principaux capteurs et logiciels

### 6.3.1 - Capteurs

### 6.3.2 – Logiciels de traitement

## 6.4 – Méthodes de cartographies par imagerie satellite

## 6.5 – Le contrôle qualité

## 6.6 – Appréhender un projet cartographique



## 6.5 – Le contrôle qualité



### Toutes carte comporte des erreurs

- Sources
- Localisation
- Logiciels
- Traitements/Opérateur
- Confusion entre les classes
- ...

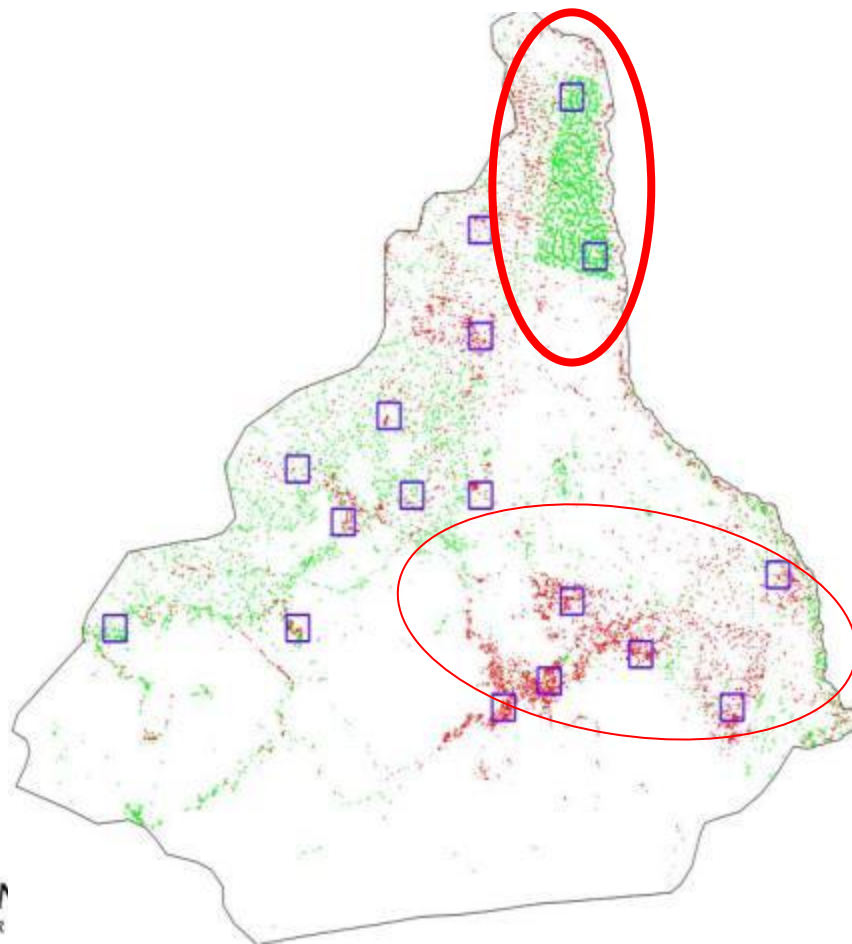
Nécessité de **connaitre** et **documenter** le niveau de qualité de toute carte afin qu'elle soit **réutilisable!**

Contrainte méthodologique de contrôle qualité (statistiques, donnée de références...)

## 6.5 – Le contrôle qualité



- Exemple d'erreur : mosaïquage incohérent



## 6.5 – Le contrôle qualité



- **Spécification VCS VM015**

**Forest cover Benchmark** = Cartes Forêt/Non forêt (Tous pivots)  
90% de bonne classification pour chacune des classes

**Deforestation map** = Carte de déforestation  
80% de bonne classification de la déforestation

**LULC** (Land Use Land Cover)= Couverture d'occupation du sol (derniers pivots)  
80% de bonne classification pour toutes les classes

**Recommandations bibliographique**  
Congalton (1991) and Congalton and Green (1999)

## 6.5 – Le contrôle qualité



- **Méthode : comment valider ?**

A partir de ***point de contrôle (données de références)*** :  
Calculer une matrice de confusion

	Validation/Reference data				UA
		Forest	Non forest	Sum	
Classification data	Forest				
	Non Forest				
	Sum				
PA					



## 6.5 – Le contrôle qualité



- **Différents indices de qualité peuvent être déduit de la matrice de confusion**

### **PA (Producer's Accuracy, précision producteur)**

Probabilité de bonne classification à partir des pixels de contrôle

→ *erreur d'omission*

### **UA (User's Accuracy, Précision utilisateur)**

Probabilité qu'un pixel ne soit pas classé dans une autre classe

→ *erreur de commission*

### **Overall accuracy: (précision globale)**

Toutes classes confondue : Nombre de pixel bien classé / Nombre de point de contrôle

### **Mean accuracy: (Précision moyenne)**

Moyenne de PA

## 6.5 – Le contrôle qualité



- Lecture d'une matrice de confusion

	Référence				
		Forêt	Non-Forêt	Somme Ligne	Précision de l'utilisateur
Carte	Forêt	29 504	334	29 838	98,88%
	Non-Forêt	381	3 676	4 057	90,61%
	Somme Colonne	29 885	4 010	33 895	
	Précision du producteur	98,73%	91,67%		
	Précision globale				97,89%

## 6.5 – Le contrôle qualité



### ■ Données de référence et échantillonnage

#### Données de références

- Idéalement ***terrain à date*** des données satellites  
Si décalage temporel, se poser la question si ce qu'on voit sur le terrain était similaire à la date des données satellites
- ***Autres cartes*** pour lesquelles la qualité est jugée suffisantes par le VCS
- ***Image satellites de bonne résolution*** (VCS : >5m!!!)

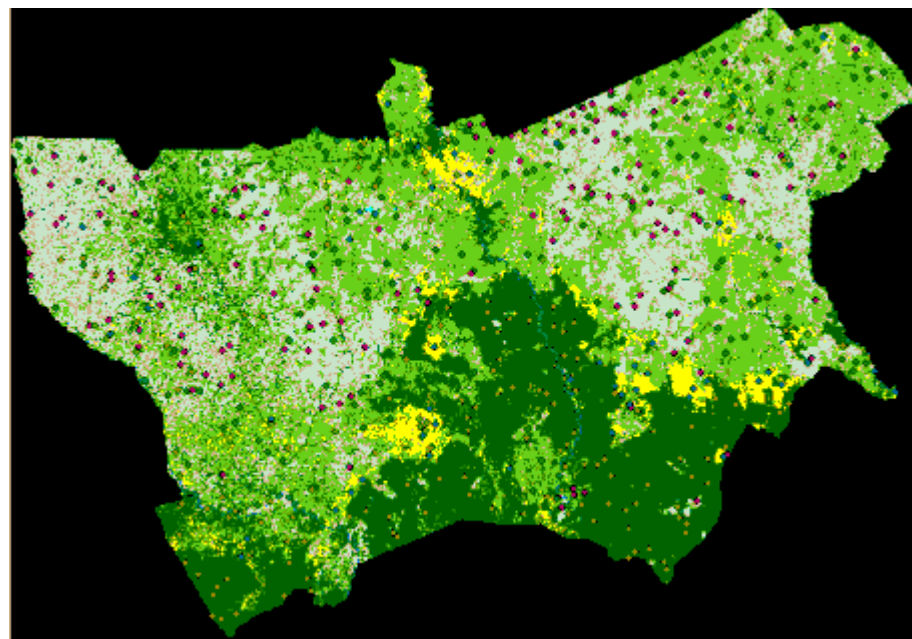
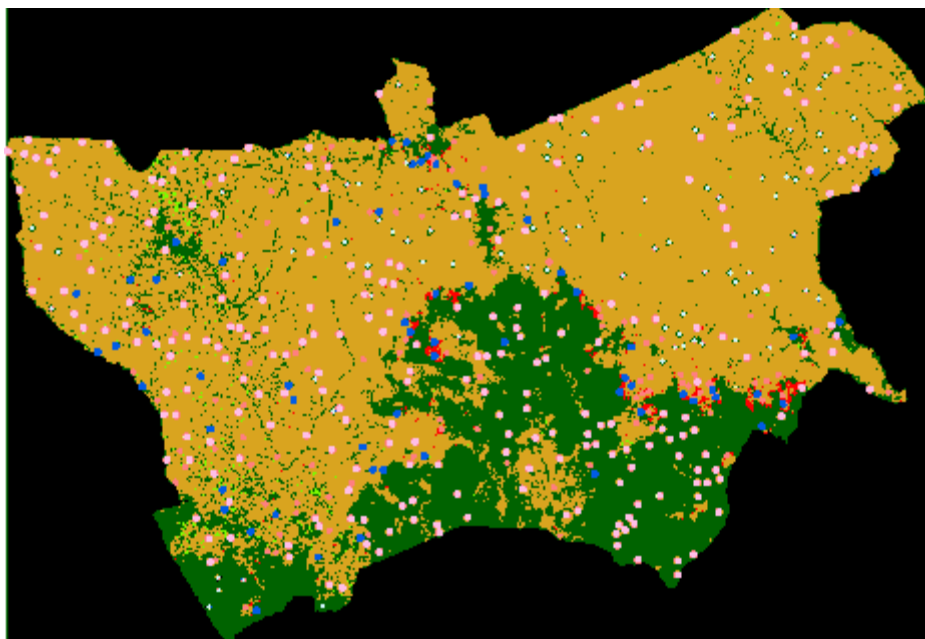
#### Echantillonnage

- ***Nombre de points suffisant par classes*** (50/100 points min)
- ***Représentativité*** (à la fois sur le terrain, mais aussi en fonction des confusions a priori observée dans la carte)
- Echantillonnage ***aléatoire*** en ***espaçant*** un minimum les points
- ...

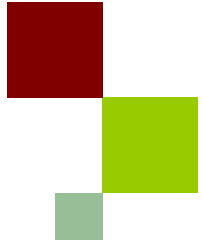
# 6.5 – Le contrôle qualité



- Exemple d'échantillonnage



# Chapitre 6 – Approche de la télédétection



## 6.1 – La cartographie dans les projets REDD

## 6.2 – Bases théoriques

### 6.2.1 – Introduction

### 6.2.2 – Rayonnement

### 6.2.3 - Capteurs

## 6.3 – les principaux capteurs et logiciels

### 6.3.1 - Capteurs

### 6.3.2 – Logiciels de traitement

## 6.4 – Méthodes de cartographies par imagerie satellite

## 6.5 – Le contrôle qualité

## 6.6 – Appréhender un projet cartographique



# 6.6 – Appréhender un projet cartographique



## ■ Approche montage projet

### 1. Besoin

Bien connaître le besoin et l'objectif à atteindre

**Exemple** : Carte Forêt / Non forêt sur 2 dates ≠ Carte de déforestation

### 2. Niveau de qualité demandé

**Exemple** : Détection des routes

≠ Détection des routes de moins de 5m de large

≠ Détection des routes de plus de 5m de large

### 3. Budget

Pour répondre à un besoin il faut connaître le budget alloué

### 4. Ressources disponibles

Quels vecteurs cartographiques disponible et adapté ?

### 5. Approfondissement

Analyser l'ensemble des informations et estimer les compromis possible

# 6.6 – Appréhender un projet cartographique



- **Solution cartographique**

Q1 : Choix des données

Q2 : Choix de la méthodologie

Q3 : Choix des Outils/Logiciels

# 6.6 – Appréhender un projet cartographique



- Exemple du projet REDD NSK (Novacel Sud Kwamuth)





# 6.6 – Appréhender un projet cartographique



- **Exemple du projet REDD NSK (Novacel Sud Kwamuth)**

## **Q1 : Choix des données**

*Date du projet = 2000/2005/2010*

## **Q2 : Choix de la méthodologie**

*Méthodologie VCS*

## **Q3 : Choix des Outils/Logiciels**

*I. Monde Parfait*

*II. Monde Réel*

# 6.6 – Appréhender un projet cartographique



## ■ Proposition « Monde parfait »

*Q1 : Choix des données*

**2000/2005/2010 (carte Forêt/Non Forêt)**

- **Radar** de type Palsar (bande L) Dual Polarisation de résolution 10m PK ?
  - Bonne discrimination en fonction de la densité de végétation
  - Mosaicage simple
  - Traitement identique et répétable pour chaque pivot
  - Coût modéré
- **2010**
  - **Lidar + Palsar**
    - *Carte de biomasse + cartographie détaillée*

## 6.6 – Appréhender un projet cartographique



- **Proposition « Monde parfait »**

*Q2 : Choix de la méthodologie*

**Carte Forêt/Non Forêt (2000→2010) et détaillé (2010)**

**Classification supervisée (SVM) pour**

- Simple à mettre en œuvre
- Adapté à peu de point d'entraînement
- Adaptée à des classes plus difficilement séparable
- Répétable facilement à tous jeux de donnée similaire (typiquement : même capteur radar)

**Carte de biomasse**

- **Régression** entre **Palsar** et mesure terrain de **biomasse combiné** à l'estimation de **hauteur lidar**

## 6.6 – Appréhender un projet cartographique



### ■ Proposition « Monde parfait »

*Q3 : Choix des outils /logiciels*

- Qgis
- Orfeo Toolbox
- Envi

**Complémentarité entre tous ces logiciels**

# 6.6 – Appréhender un projet cartographique



## ■ Proposition « **Monde réel** »

Q1 : *Choix des données*

### 2000/2005/2010 (carte Forêt/Non Forêt)

- Radar de type Palsar (bande L) Dual Polarisation de résolution 10m  
PK :
  - Bonne discrimination de végétation
  - Mosaïque simple
  - Traitement identique et répétable pour chaque pivot
  - Coût modéré

**Indisponible à ces dates**

### - 2010

- *Lidar + Palsar*
  - *Carte de biomasse + cartes*

**Indisponible Et trop couteux**

# 6.6 – Appréhender un projet cartographique



- **Proposition « Monde réel »**

*Q1 : Choix des données (proposition)*

**2000/2005/2010 (carte Forêt/Non Forêt)**

- **Donnée SPOT (disponible et gratuite via une licence OSFT)**
  - Assez bonne discrimination des classes étudiées
  - Résolution adaptée (20m)
  - Mosaïquage Assez simple (peu de nuage)

**2010 cartographie détaillée**

- **Donnée SPOT (disponible et gratuite via une licence OSFT)**
  - Bonne discrimination des classes étudiées
  - Résolution adaptée (20m)
  - Mosaïquage Assez simple (peu de nuage)

## 6.6 – Appréhender un projet cartographique



- **Proposition « Monde réel »**

*Q1 : Choix des données (proposition)*

### ***2010 Biomasse***

- Biomasse moyenne des classes étudiées issue de la bibliographie
- Limitation : estimation grossière (mais autorisée par la méthodologie VM0015)

## 6.6 – Appréhender un projet cartographique



- **Proposition « Monde réel »**

*Q2 : Choix de la méthodologie*

**Carte Forêt/Non Forêt (2000→2010) et détaillé (2010)**

**Classification supervisée (SVM) pour**

- Simple à mettre en œuvre
- Adapté à peu de point d'entraînement
- Adaptée à des classes plus difficilement séparable
- Répétable facilement à tous jeux de donnée similaire (typiquement : même canteur radar)

**Carte de biomasse**

– **Régression** entre **Palsar** et mesure terrain de **biomasse combiné** à l'estimation de **hauteur lidar**



## 6.6 – Appréhender un projet cartographique



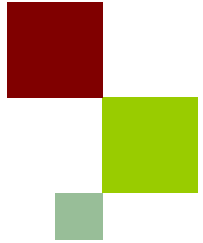
### ■ Proposition « **Monde réel** »

Q3 : *Choix des outils /logiciels*

- Qgis
- Orfeo Toolbox
- ~~Envi~~

Suffisants et  
gratuits

Complémentarité entre tous ces logiciels



D'après

« ONFI, la cartographie et les projets REDD », C.Lardeux et A.Kemavo, ONFI, juin 2014

« Bases de la télédétection nécessaire à la réalisation d'une cartographie par imagerie satellites », C.Lardeux et A.Kemavo, ONFI, juin 2014

« Tour d'horizon des principaux capteurs et logiciels de traitements en télédétection », C.Lardeux et A.Kemavo, ONFI, juin 2014

« Présentation des logiciels et méthodologie générale des traitements », C.Lardeux et A.Kemavo, ONFI, juin 2014

« Tour d'horizon des principales méthodes de cartographie par imagerie satellite », C.Lardeux et A.Kemavo, ONFI, juin 2014

« Sensibilisation au contrôle qualité », C.Lardeux et A.Kemavo, ONFI, juin 2014

« Appréhender un projet cartographique », C.Lardeux et A.Kemavo, ONFI, juin 2014

**Merci  
de votre attention**