

# Paysage, enjeu citoyen

Licence 3 – Aménagement, Environnement

---

Christophe Demichelis / [christophe.demichelis@u-picardie.fr](mailto:christophe.demichelis@u-picardie.fr)



# Partie 4

## Introduction à la télétection

*Les photographies aériennes*

# Plan

---

1. La lumière : aspect physique et enregistrement de la mesure
2. L'analyse des photographies aériennes : les émulsions photographiques
3. Les principales caractéristiques des missions aériennes
4. Le traitement des photographies aériennes`
5. Ouverture à l'imagerie satellite

# Introduction

---

## **Interprétation photographies aériennes :**

- Traitement de l'information territoriale ET paysagère
- Production de documents / outils d'analyse
- Nouvelles technologies : mais photo aérienne toujours grandement utilisée (échelle collectivité notamment)
- Utile pour les l'information avant 1980

## **Objectifs :**

- Connaissances de base pour le traitement de la photo aérienne

# Introduction

---

## Les acquis attendus :

- Développer vos connaissances sur les photographies aériennes
- Etre initié à l'interaction entre rayonnement lumineux et éléments paysagers
- Apprendre à produire de l'information spatiale à partir de photographies aériennes : **à faire chez soi en autonomie ; travaux pratiques**

# 1. La lumière

---

**Photo aérienne : récolte d'information depuis les airs sur la Terre (axe vertical)**

- Longtemps en N/B (avant 1970)
- Couleur normalisée à partir des années 1990
- Le numérique : quatre canaux d'information spectrale (bleu, vert, rouge, proche infrarouge)
  - Information spectrale : interaction entre la lumière (soleil) et les objets au sol

**>>> Avoir des bases physiques indispensables**

# 1. La lumière

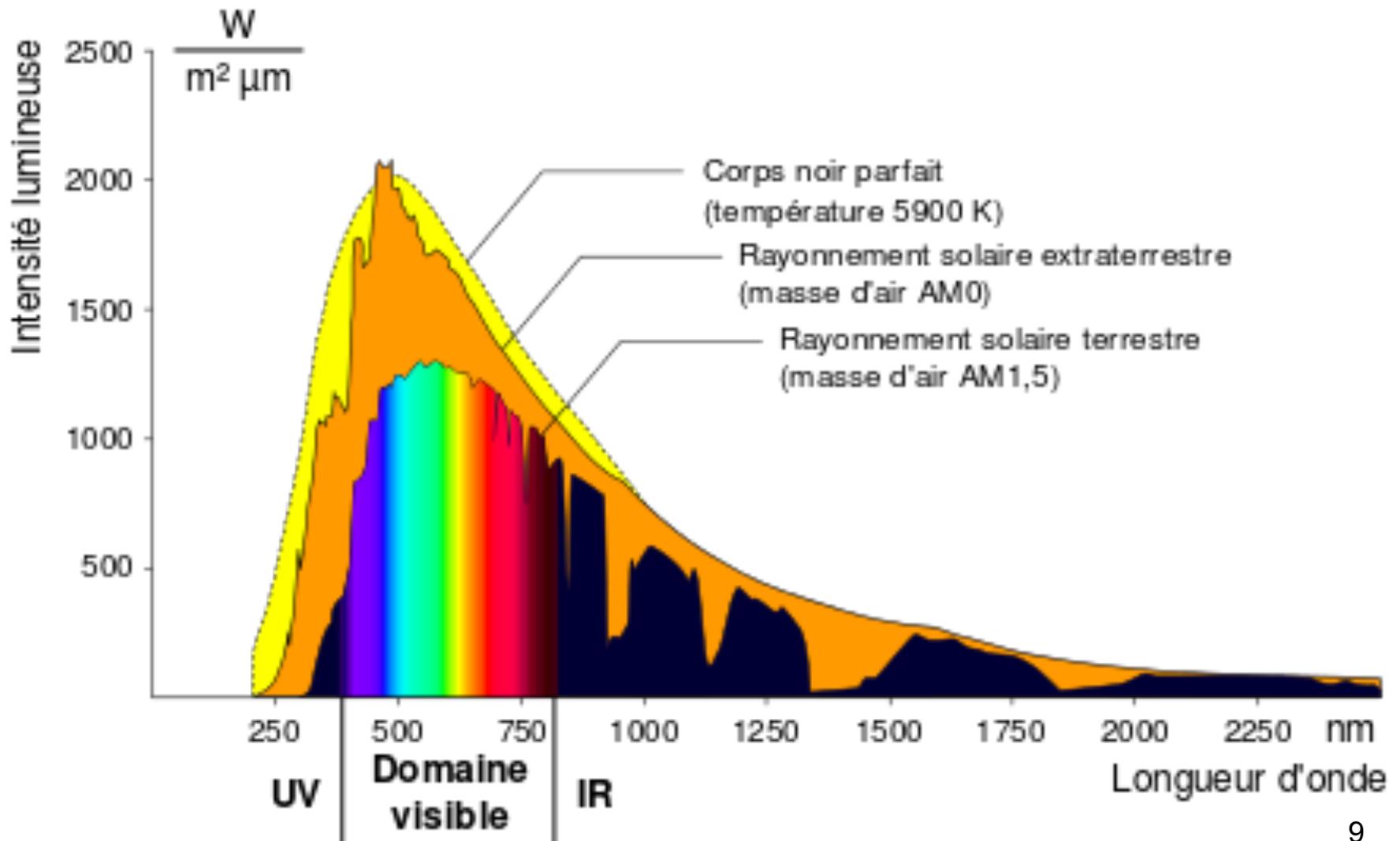
---

## 1.1 Le spectre solaire

- **Fréquence / longueurs d'onde du rayonnement électromagnétique émis par le soleil**

Domaine spectral	Longueur d'onde	Fréquences en Hz <sup>-1</sup>	Capteurs	Type de télédétection
Rayons gamma	< à 0.01 nm	10 <sup>18</sup> à 10 <sup>20</sup> Hz		
Rayons X	0.01 à 1 nm	10 <sup>16</sup> à 10 <sup>18</sup> Hz		
Ultra-Violet	1 nm à 0.38 µm	10 <sup>15</sup> à 10 <sup>16</sup> Hz	Scanner UV	<b>Ondes réfléchies</b> <b>Télédétection passive</b>
Visible	0.38 à 0.78 µm	10 <sup>14</sup> à 10 <sup>15</sup> Hz	Photographie	
<i>Bleu</i>	0.45 µm			
<i>Vert</i>	0.55 µm			
<i>Rouge</i>	0.65 µm			
Infrarouge	0.78 à 1 mm	10 <sup>12</sup> à 10 <sup>14</sup> Hz	Photographie (Infrarouge couleur [0.5-0.9 µm] / noir et blanc [0.7-0.9 µm]) Scanner multibandes Radiomètre infrarouge	
<i>Proche</i>	0.78 à 3 µm			
<i>Moyen</i>	3 à 8 µm			
<i>Thermique</i>	8 à 15 µm			
<i>Lointain</i>	15 à 1 mm			
Hyperfréquences	1 mm à 1 m	10 <sup>8</sup> à 10 <sup>12</sup> Hz	RADAR Radiomètre	<b>Ondes émises</b> <b>Télédétection active</b>
Ka	0.75 cm à 1.1 cm			
K	1.1 cm à 1.67 cm			
Ku	1.67 cm à 2.4 cm			
X	2.4 cm à 3.75 cm			
C	3.75 cm à 7.5 cm			
S	7.5 cm à 15 cm			
L	15 cm à 30 cm			
P	30 cm à 100 cm			
Radio	1 m à 30 km	10 <sup>8</sup> à 10 <sup>4</sup> Hz		
Audio	30 km à 300000 km	10 <sup>4</sup> à 10 <sup>2</sup> Hz		

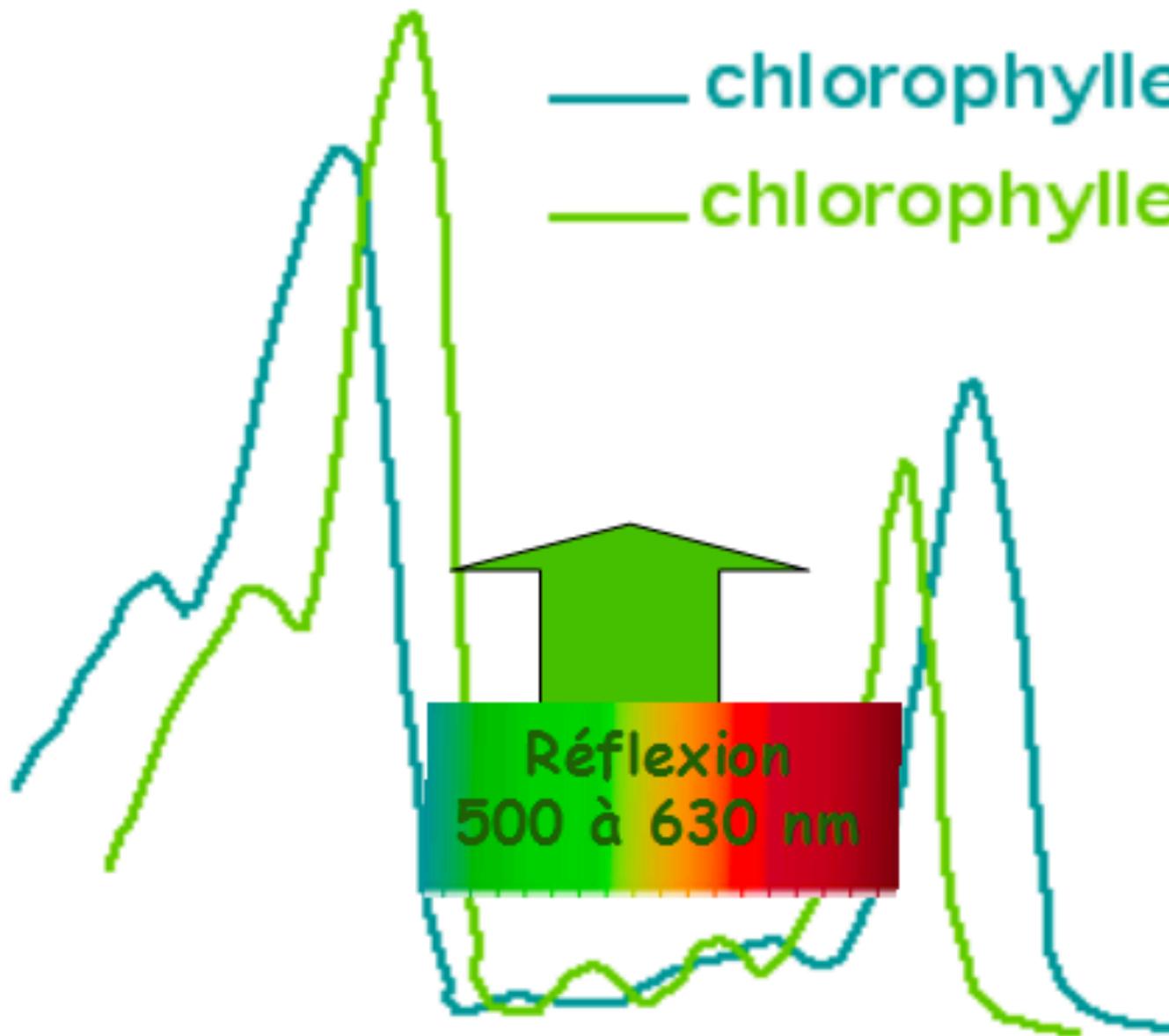
# 1. La lumière



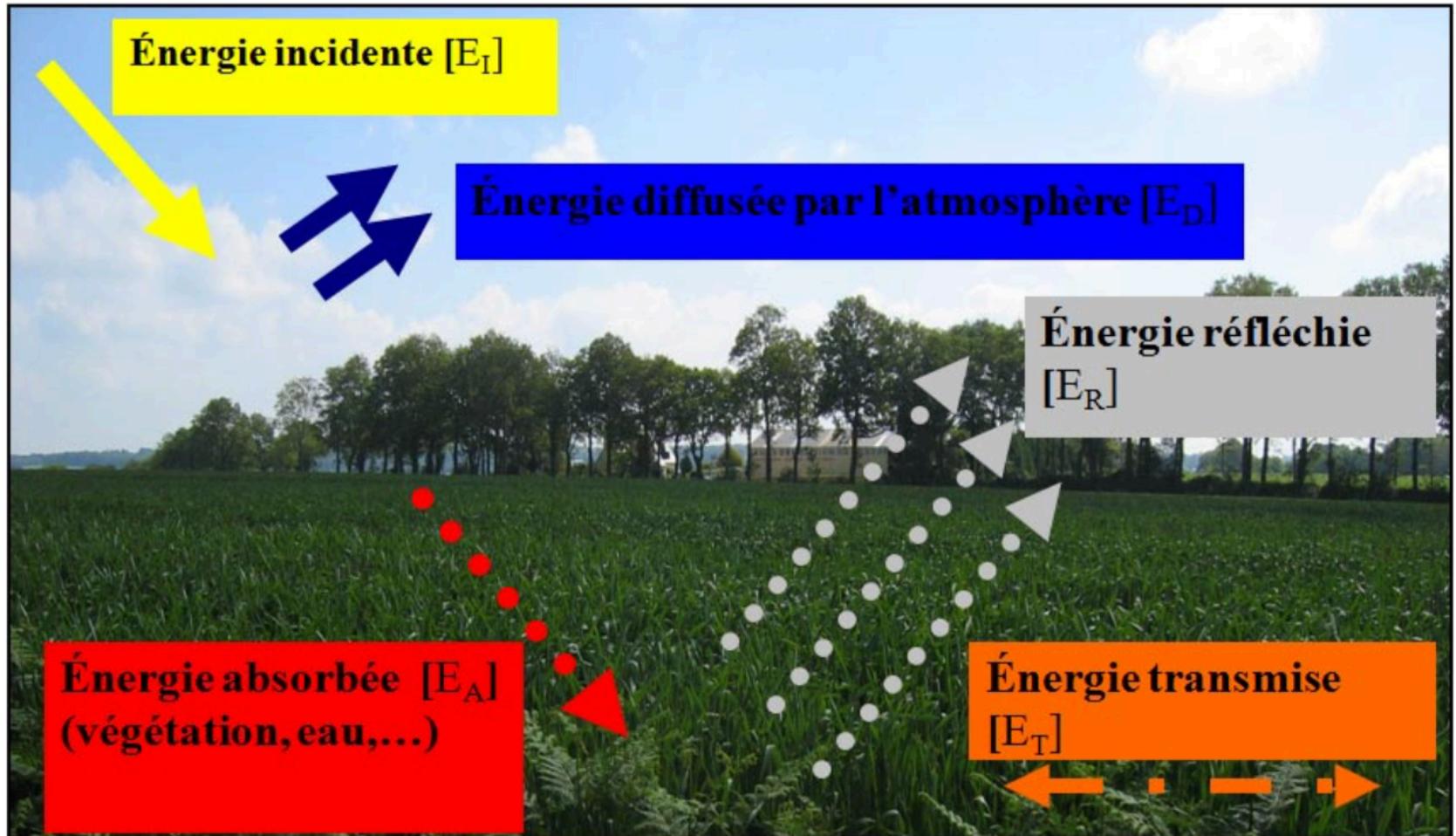
Absorption

— chlorophylle a  
— chlorophylle b

Réflexion  
500 à 630 nm



# 1. La lumière



# 1. La lumière

---

## 1.2 La diffusion atmosphérique

- **Rayonnement solaire absorbé ET réfléchi avant d'atteindre le sol**
  - Varie en fonction des éléments présents dans la couche atmosphérique : ozone, vapeur d'eau, particules, etc.

- **3 types de diffusion :**
  - Rayleigh
  - Mie
  - Non-sélective



Influence la qualité des photographies : nécessité de prise en compte dans le traitement et l'analyse

>>> Utilisation d'un filtre

# 1. La lumière

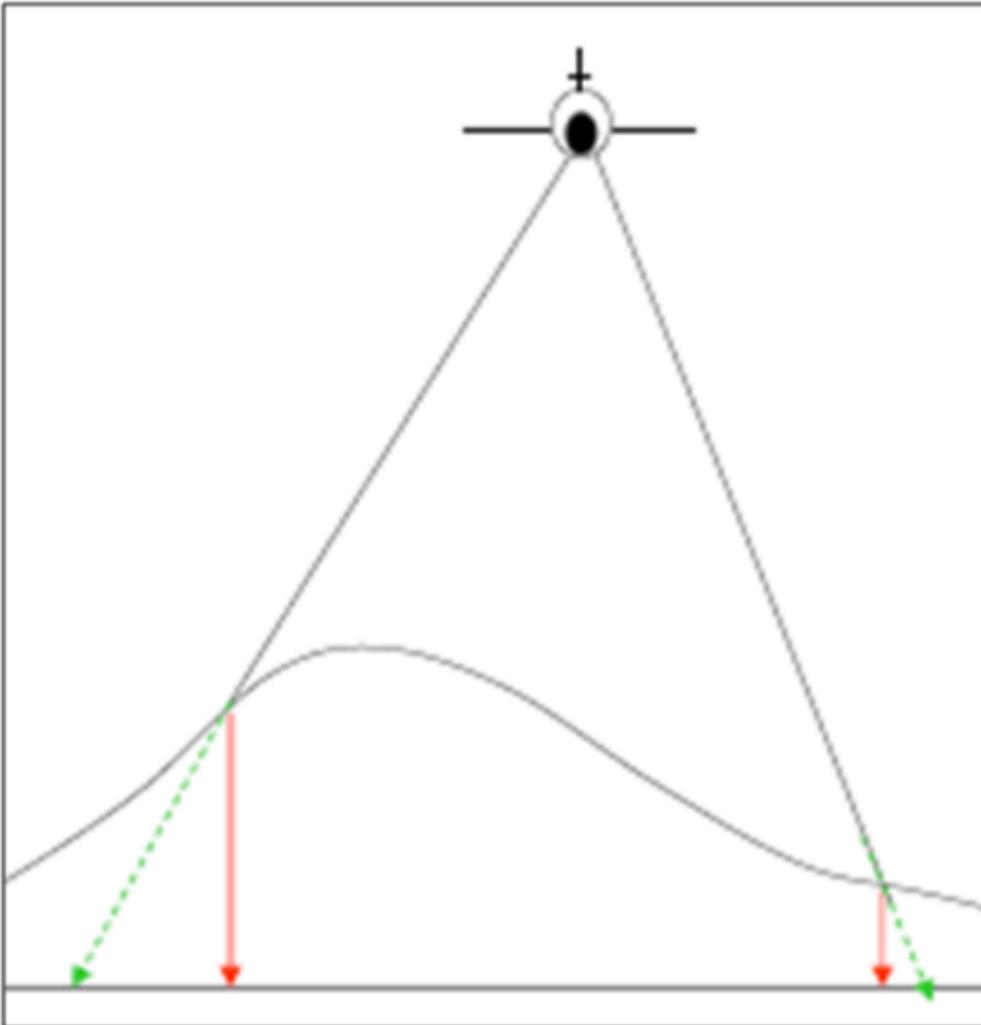
---

## 1.3 Les caractéristiques des chambres de prise de vues aériennes

- **Caméras** : équipées de chambres métriques
  - Objectif haute précision
  - Mécanisme de compensation des mouvements
  - Filtre anti-vignettage : différences d'éclairement
  - Intervallomètre : contrôle la fréquence des photos en fonction de la vitesse
  - Gyroscope stabilisateur
  
- **Des problèmes persistants (3D -> 2D)** en fonction de l'altitude et de la distance focale utilisée : déformations géométriques et angles morts

# 1. La lumière

---



## 1.3 Les caractéristiques des chambres de prise de vues aériennes

- **Augmentation altitude :**
- Augmentation angle d'enregistrement
- Déformation des éléments paysagers
- Augmentations des ombres portées
  
- Plaines : 150mm
- Montagne : 300mm

## 2. L'analyse des photographies aériennes : les émulsions photographiques

---

**Les émulsions photographiques** sont « des surfaces sensibles dont la propriété est de réagir chimiquement de façon particulière à certaines radiations du spectre électromagnétique [...] et dont la densité optique dépend de la quantité et de la nature de la lumière reçue »

**Les émulsions enregistrent les radiations entre 300 et 900 nm :**

- La lumière visible
- L'UV
- Le PIR

## 2. L'analyse des photographies aériennes : les émulsions photographiques

---

### 2.1 Les interactions entre le rayonnement et les éléments paysagers

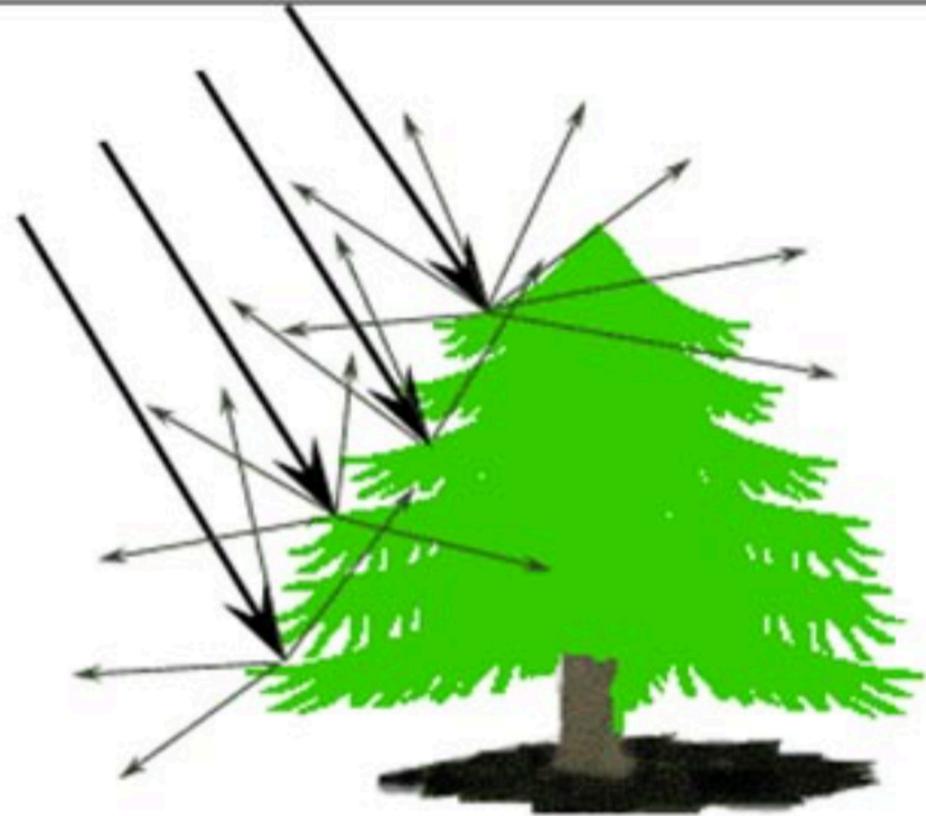
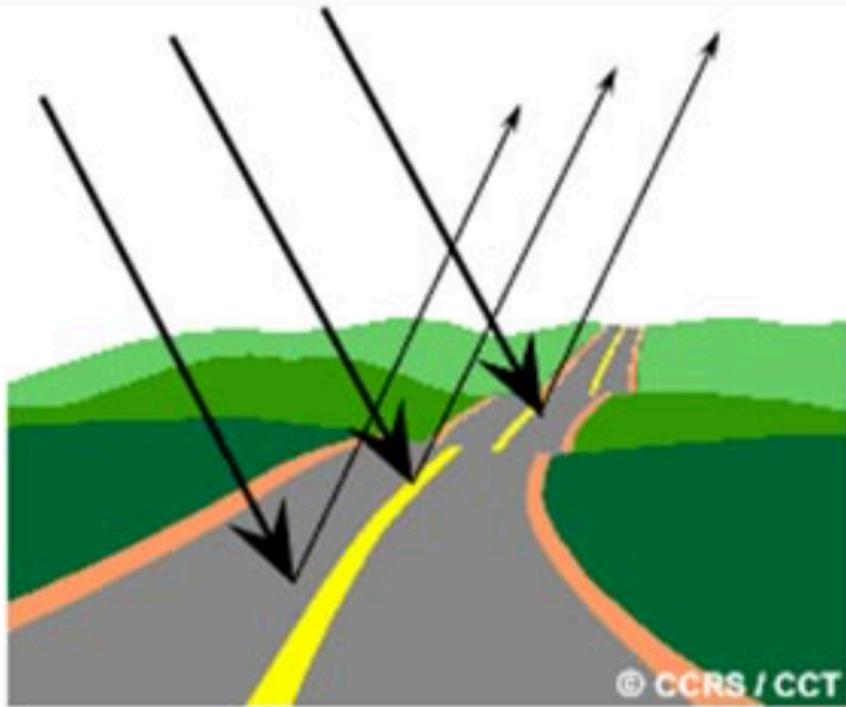
➤ **L'objet au sol peut :**

- Absorber
- Transmettre
- Réfléchir

>>> Chaque interaction dépend de la nature de l'objet  
et de la longueur d'onde de l'énergie

## 2. L'analyse des photographies aériennes : les émulsions photographiques

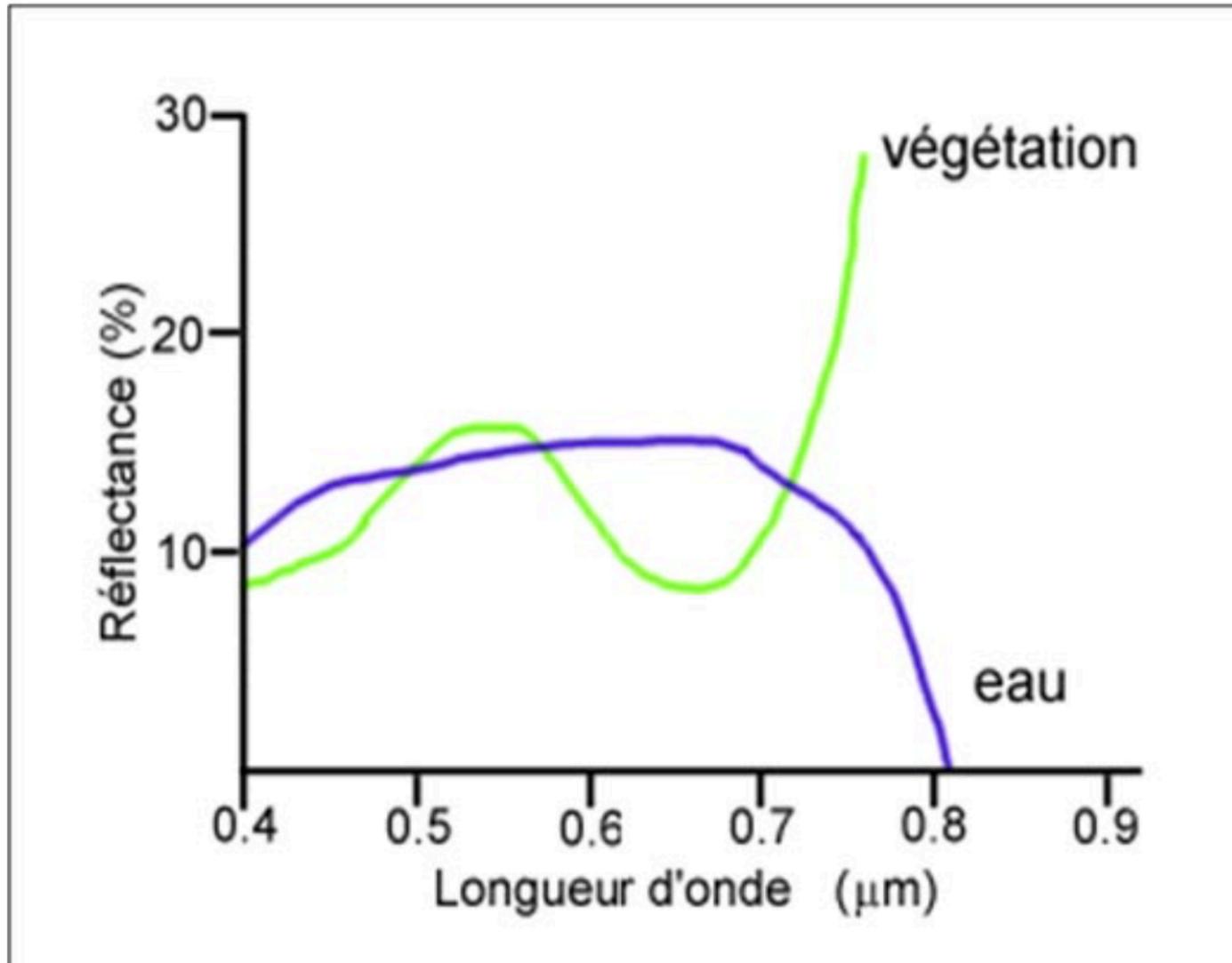
---



**Réflexion spéculaire et réflexion diffuse**

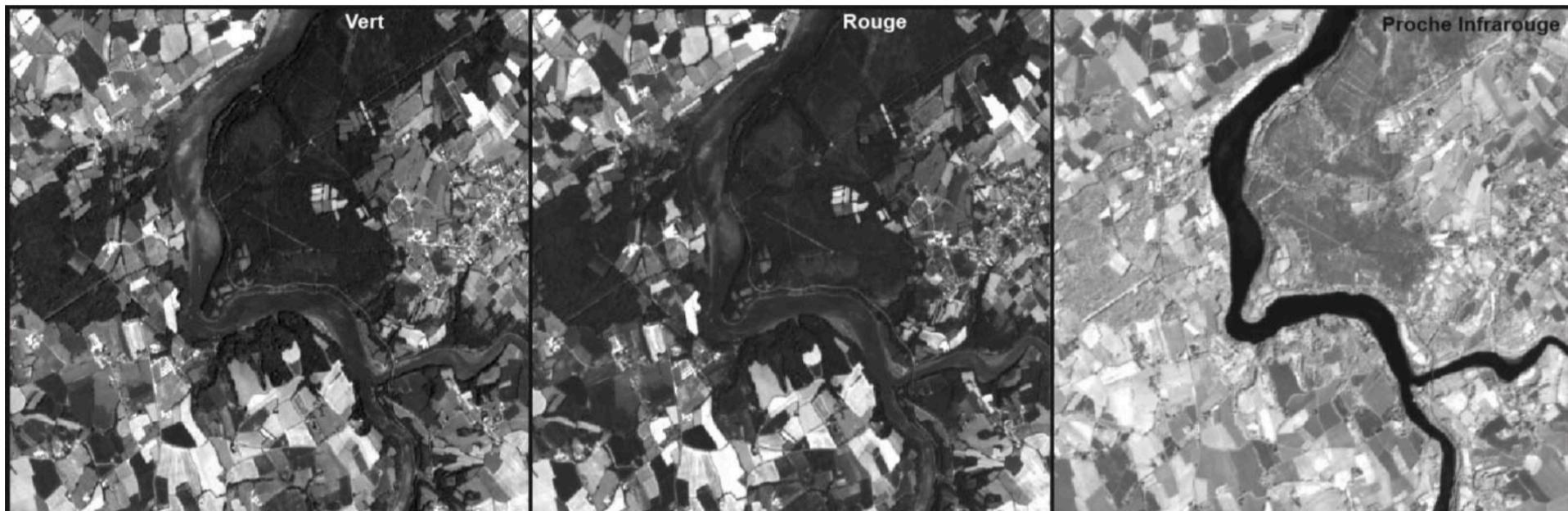
## 2. L'analyse des photographies aériennes : les émulsions photographiques

---



## 2. L'analyse des photographies aériennes : les émulsions photographiques

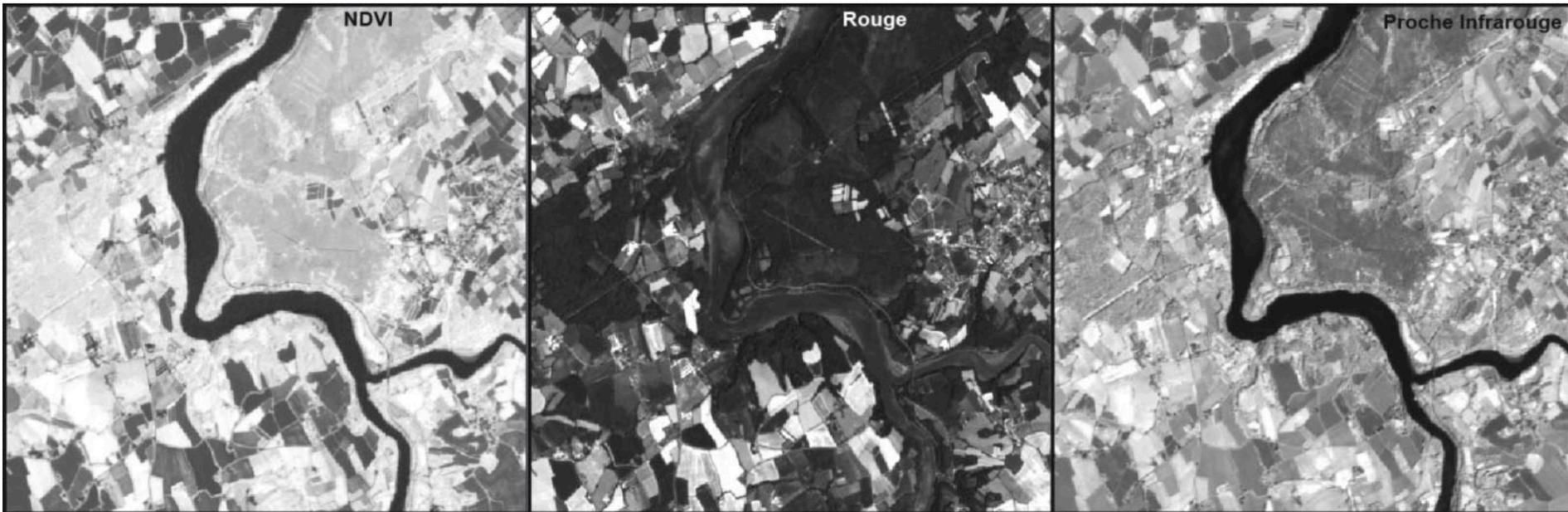
---



Photographies aériennes des différents types d'occupation des  
sols dans le secteur de Pleudaniel  
(Vert, Rouge, Proche Infrarouge)

## 2. L'analyse des photographies aériennes : les émulsions photographiques

---



Photographies aériennes des différents types d'occupation des sols dans le secteur de Pleudaniel (NDVI, Rouge, Proche Infrarouge)

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

## 2. L'analyse des photographies aériennes : les émulsions photographiques

---

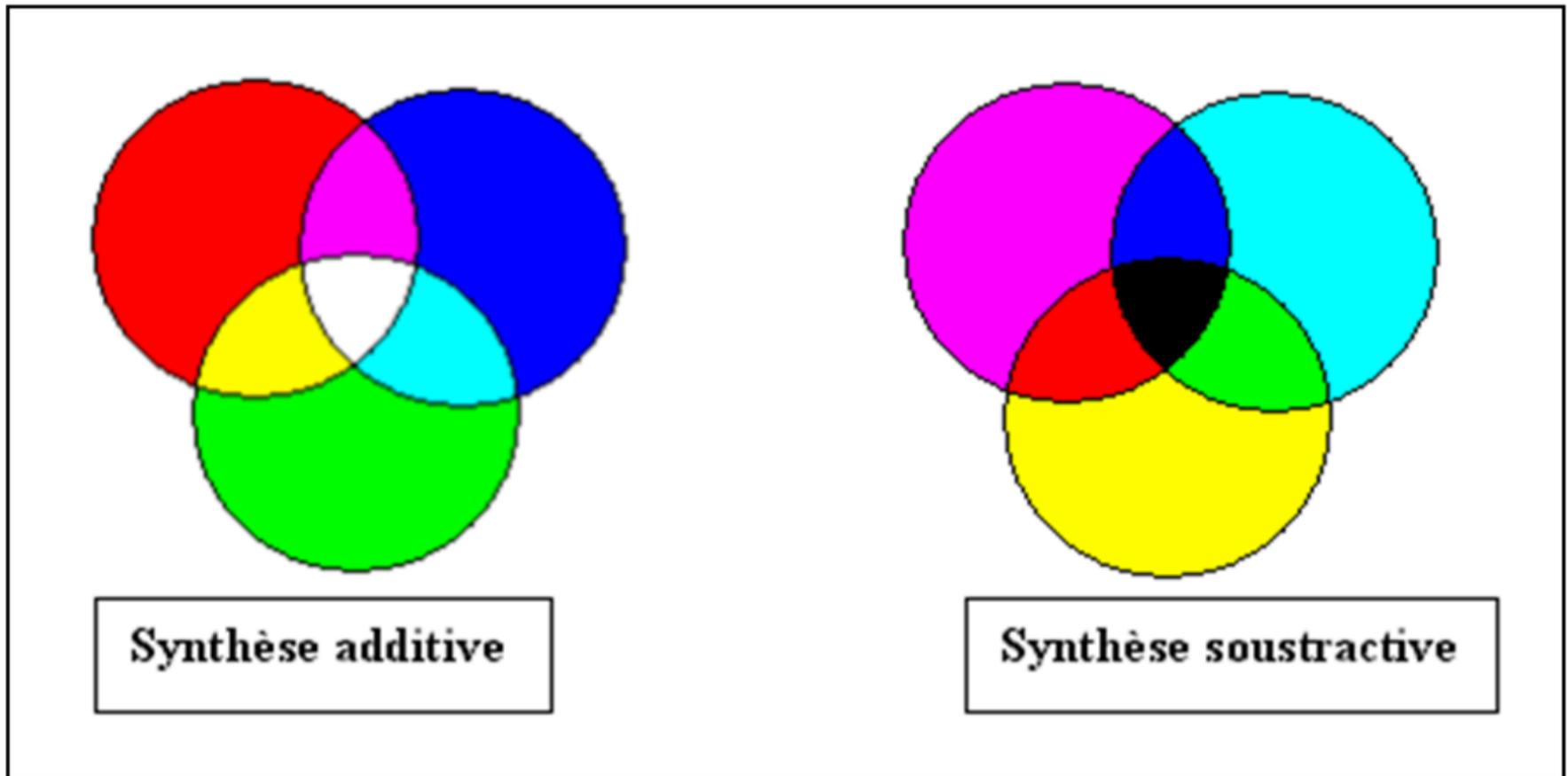
### 2.1 La formation et la mesure des couleurs

- **Absorption de toutes les radiations** : objet noir
- **Réflexion de toutes les radiations** : objet blanc
- **Réflexion de certaines radiations** : objet de la couleur des radiations réfléchies
  
- Notions de couleurs primaires et complémentaires :
  - Primaires : bleu (400-500nm) ; vert (500-600nm) ; rouge (600-700nm)
  - Couleurs complémentaires / soustractive : cyan (400 à 600nm) ; magenta (400 à 500nm et 600 à 700nm) ; jaune (500 à 700nm)

## 2. L'analyse des photographies aériennes : les émulsions photographiques

---

### 2.1 La formation et la mesure des couleurs





Couleur



Infrarouge couleur



Panchromatique



Infrarouge noir et blanc

### 3. Les principales caractéristiques des missions de prise de vues aériennes

---

**Prises de vue aériennes** : nécessitent un certain nombre de critères les des campagnes photographiques -> ensemble de métadonnées

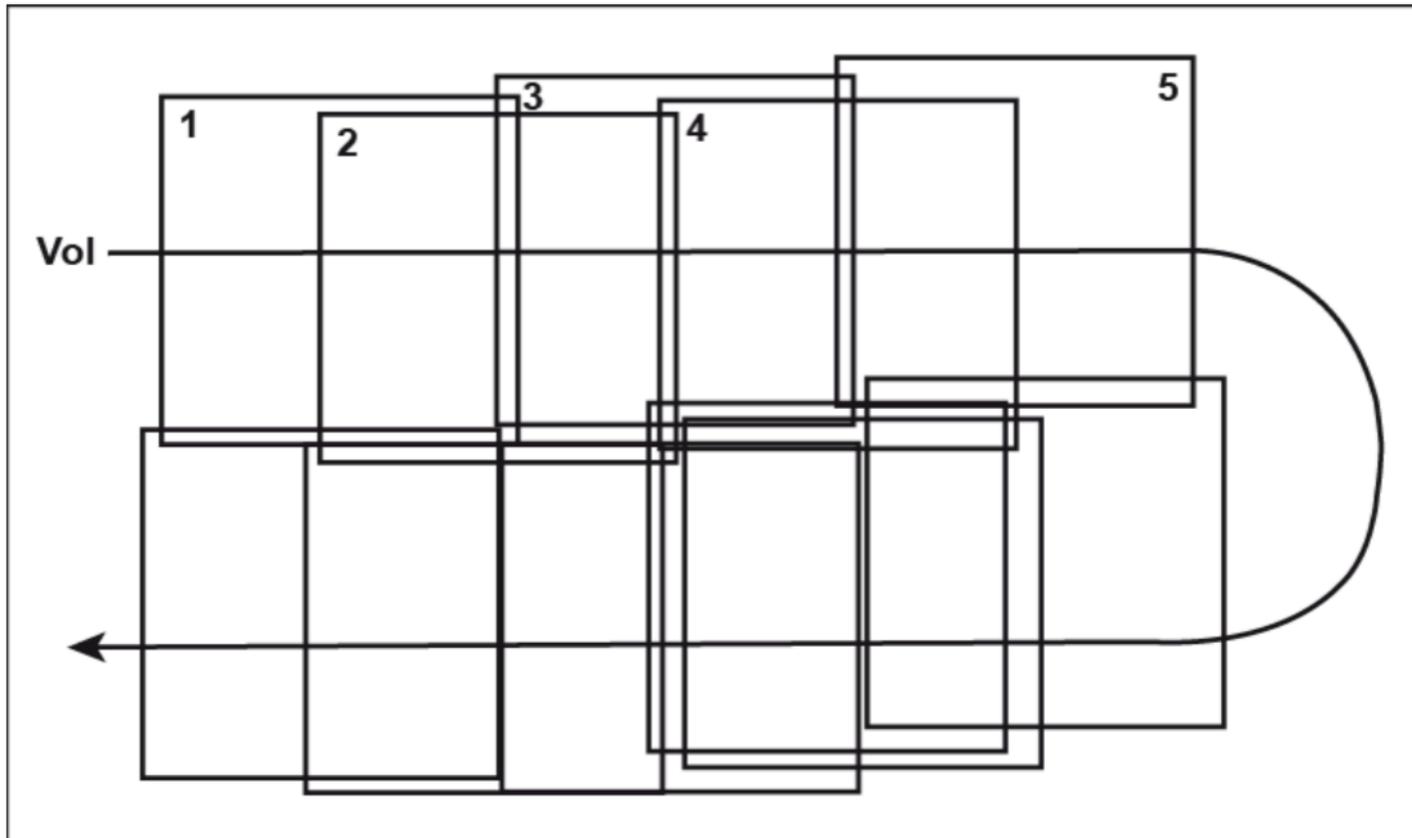
- Informations sur le déroulement des vols
- Documents liés aux photographies proprement dites

# 3. Les principales caractéristiques des missions de prise de vues aériennes

---

## 3.1 Les informations sur le vol

### ➤ Le plan de vol



# 3. Les principales caractéristiques des missions de prise de vues aériennes

---

## 3.1 Les informations sur le vol

### ➤ L'altitude de vol

- Relation entre l'échelle de la photographie (comme carte), l'altitude, et la distance focale

$$1 / e = f / H$$

H = altitude ; f = distance focale ; e = dénominateur de l'échelle

Le plus souvent : 1/17000 et 1/20000 ; objectif 210mm

Donc altitudes respectives pour ces échelles ?

>>> problème en zone de relief : nécessité de changements d'altitudes de vols

# 3. Les principales caractéristiques des missions de prise de vues aériennes

---

## 3.2 Les documents liés aux photographies

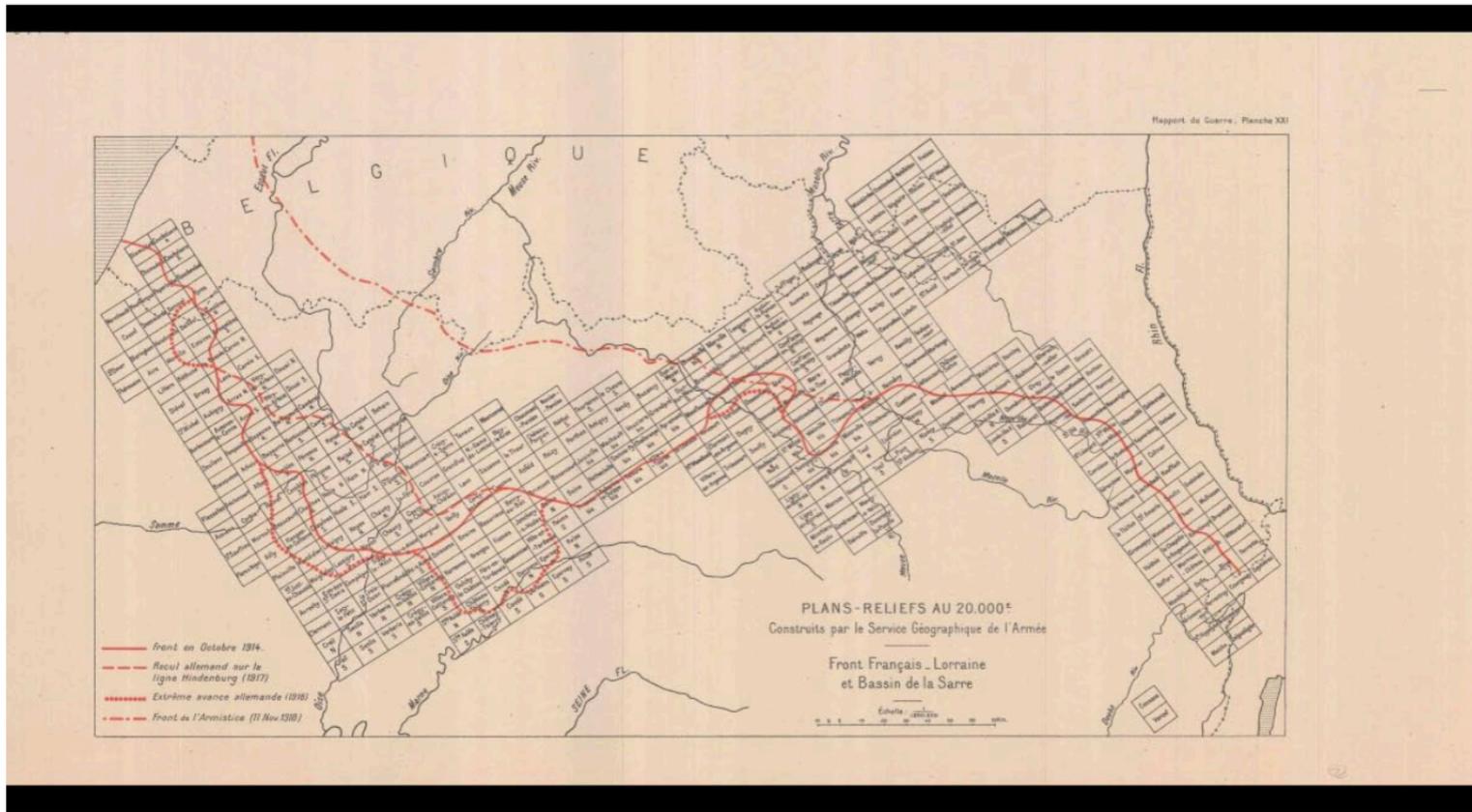
### ➤ Le fiches de mission

Date	Heure	Bande	Altitude mer	Emulsion	Ecartement des axes	Numéros	Observations
01/01/2011	12h00 à 12h02	1	502 m.	C	3100 m.	0001 à 0005	-
01/01/2011	12h04 à 12h06	2	515 m.	C	3100 m.	0006 à 0010	-
01/01/2011	12h09 à 12h12	3	605 m.	C	3100 m.	0011 à 0020	-
01/01/2011	12h14 à 12h16	4	609 m.	C	3100 m.	0021 à 0026	-

# 3. Les principales caractéristiques des missions de prise de vues aériennes

## 3.2 Les documents liés aux photographies

### ➤ Le tableau d'assemblage



# 4. Le traitement des photographies aériennes

---

**Le traitement et l'analyse de la photographie dépendent de multiples facteurs :**

- Directement liés à la photographie
- Liés aux conditions relatives aux objets observés
- Mais aussi l'opérateur lui-même

# 4. Le traitement des photographies aériennes

---

## 4.1 Les défauts inhérents à la photographie

### ➤ Les nuages

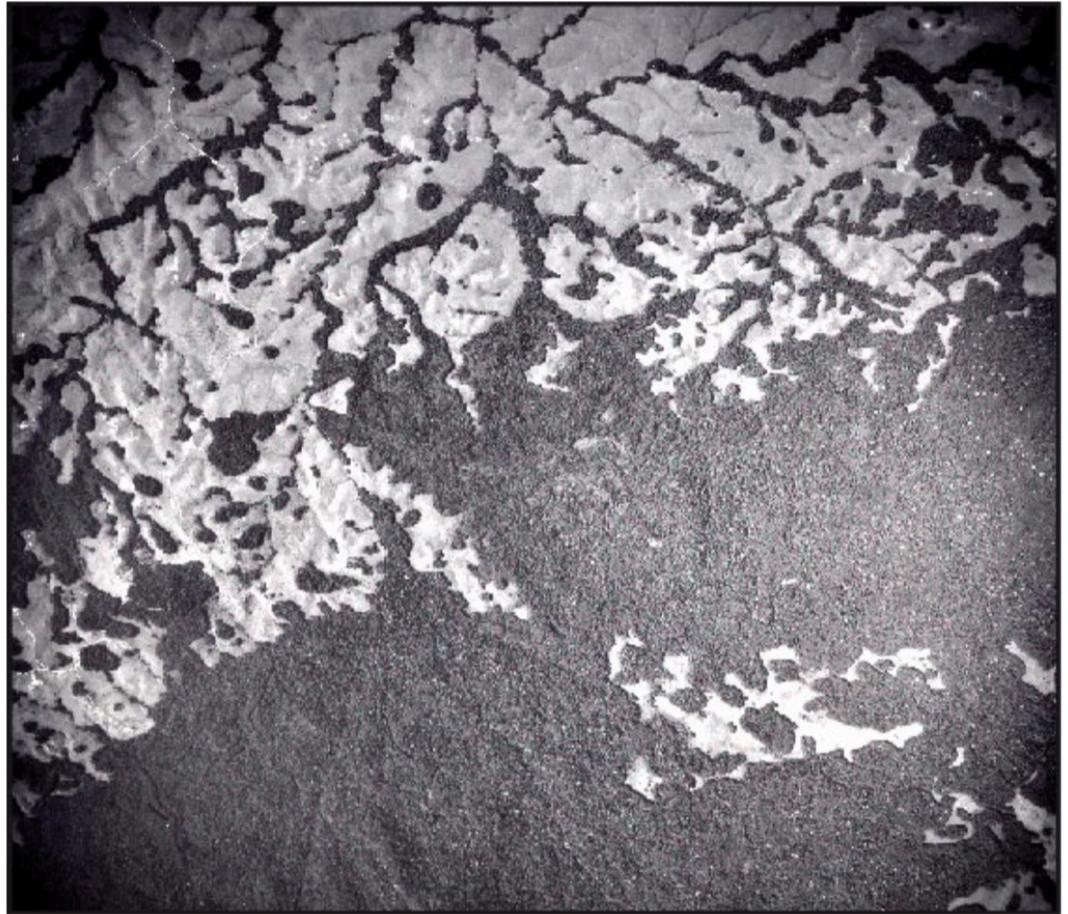


# 4. Le traitement des photographies aériennes

---

## 4.1 Les défauts inhérents à la photographie

➤ Le vignettage

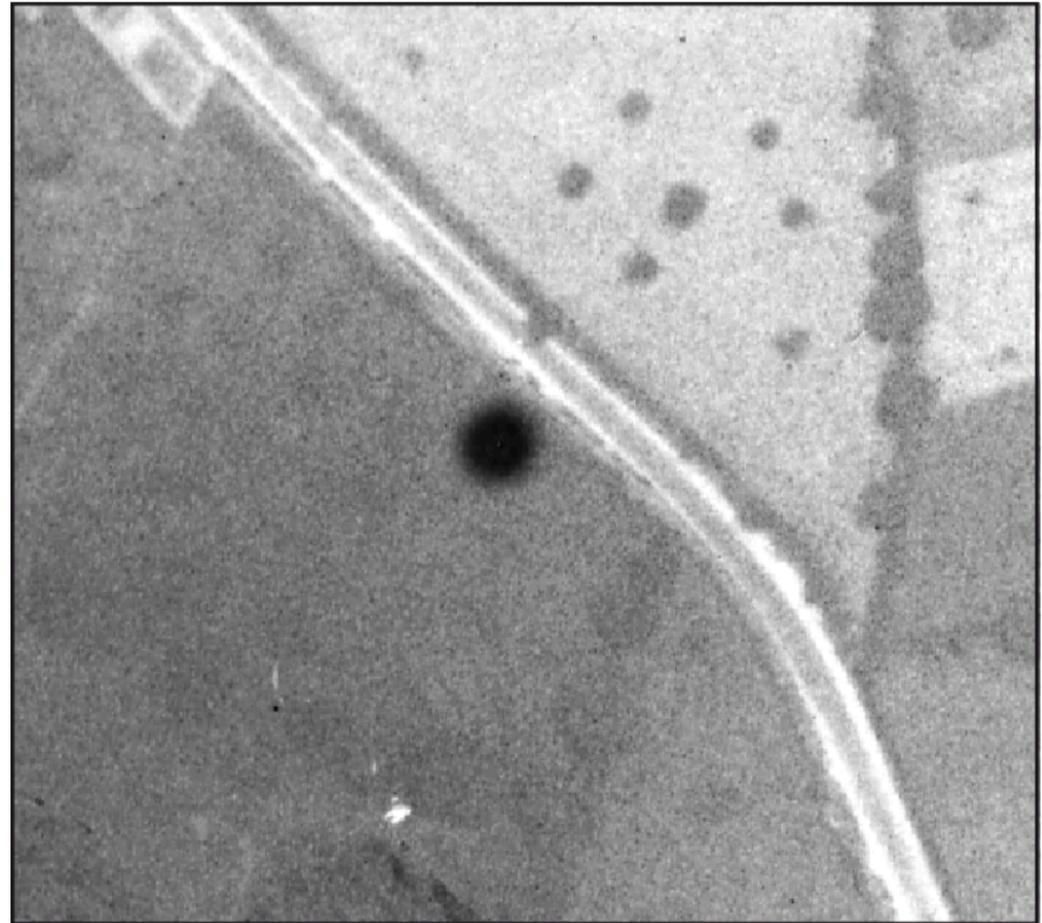


# 4. Le traitement des photographies aériennes

---

## 4.1 Les défauts inhérents à la photographie

### ➤ Les tâches



# 4. Le traitement des photographies aériennes

---

## 4.2 Les facteurs connexes avant interprétation

- Nécessité de se renseigner sur le site étudié, notamment au sujet de la végétation et de la période
  - Le calendrier agricole : types de cultures et maturité
  - La carte topographique : effet des pentes sur l'interprétation
  - La phénologie des espèces : stade de croissance et saison

# 4. Le traitement des photographies aériennes

---

## 4.3 Les étapes de la photo-interprétation

- **Important : elle s'effectue en fonction du but de la recherche**
- **Bien cerner la problématique géographique**
- **Bien souvent nécessité de réaliser une vérification sur le terrain**
  - 1 : la photo-identification
  - 2 : la photo-analyse
  - 3 : la photo-interprétation
  - 4 : la photo-interprétation assistée par ordinateur

# 4. Le traitement des photographies aériennes

---

## 4.3 Les étapes de la photo-interprétation

- **La photo-identification**
- Observation de l'ensemble de la photographie
  - Identification des détails, des formes, des délimitations d'ensembles homogènes, dénombrements, etc.
  - Analyse des formes et des dimensions :
    - Texture
    - Structure

## 4. Le traitement des photographies aériennes

---



# 4. Le traitement des photographies aériennes

---

## 4.3 Les étapes de la photo-interprétation

### ➤ La photo-analyse



# 4. Le traitement des photographies aériennes

---

## 4.3 Les étapes de la photo-interprétation

### ➤ La photo-interprétation

- Associe les deux phases précédentes à des recherches de documents connexes, que ce soit des articles, des chapitres de livres, des calendriers agricoles...
- Réponse à la problématique : résultat final
- Nécessité d'avoir une formation de géographie : mobiliser le concepts de l'analyse spatiale

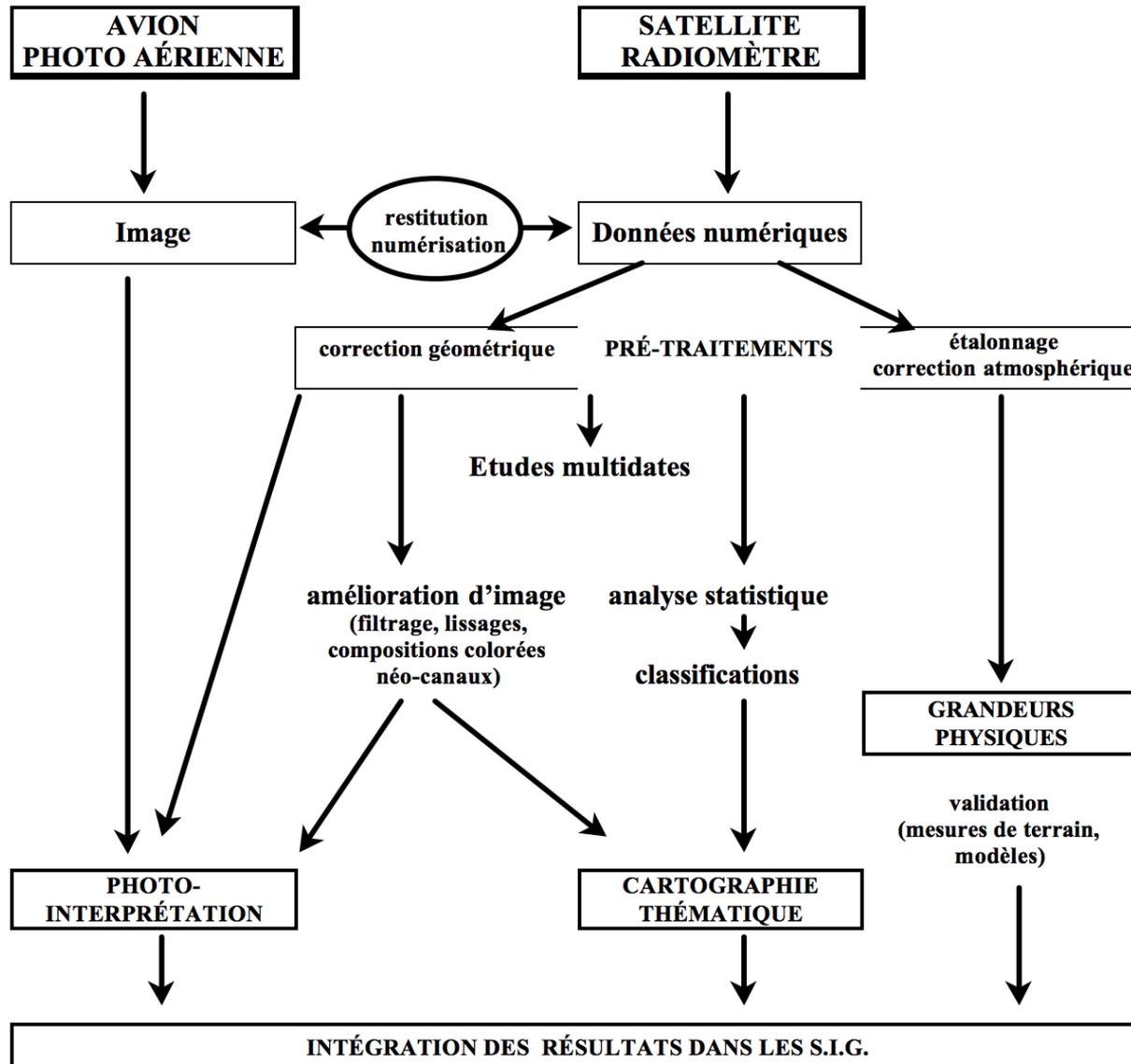
# 4. Le traitement des photographies aériennes

---

## 4.3 Les étapes de la photo-interprétation

- **La photo-interprétation assistée par ordinateur**
  - Combine les données numériques et les analyses visuelles grâce à des logiciels :
    - SIG et/ou télédétection
    - Fichiers vecteurs / raster

# 5. L'imagerie satellite



# 5. L'imagerie satellite

---

## **Des outils plus performants : la radiométrie imageur**

- Une images satellites de compose de plusieurs photographies numériques : des bandes
  - Chacune correspondant à un intervalle du rayonnement lumineux
  - Chaque photographie se compose de mesures radiométriques organisées en lignes et colonnes : pixel

# 5. L'imagerie satellite

---

## Les satellites les plus connus

**Landsat (NASA & USGS)** : premier programme spatial d'observation de la Terre à des fins civils

### Landsat 1 : 1972

Bande spectrale	Résolution
0,5 - 0,6 $\mu\text{m}$	68 m x 83 m
0,6 - 0,7 $\mu\text{m}$	68 m x 83 m
0,7 - 0,8 $\mu\text{m}$	68 m x 83 m
0,8 - 1,1 $\mu\text{m}$	68 m x 83 m

# 5. L'imagerie satellite

---

## Les satellites les plus connus

**Landsat (NASA & USGS)** : premier programme spatial d'observation de la Terre à des fins civils

### Landsat 8 : 2013

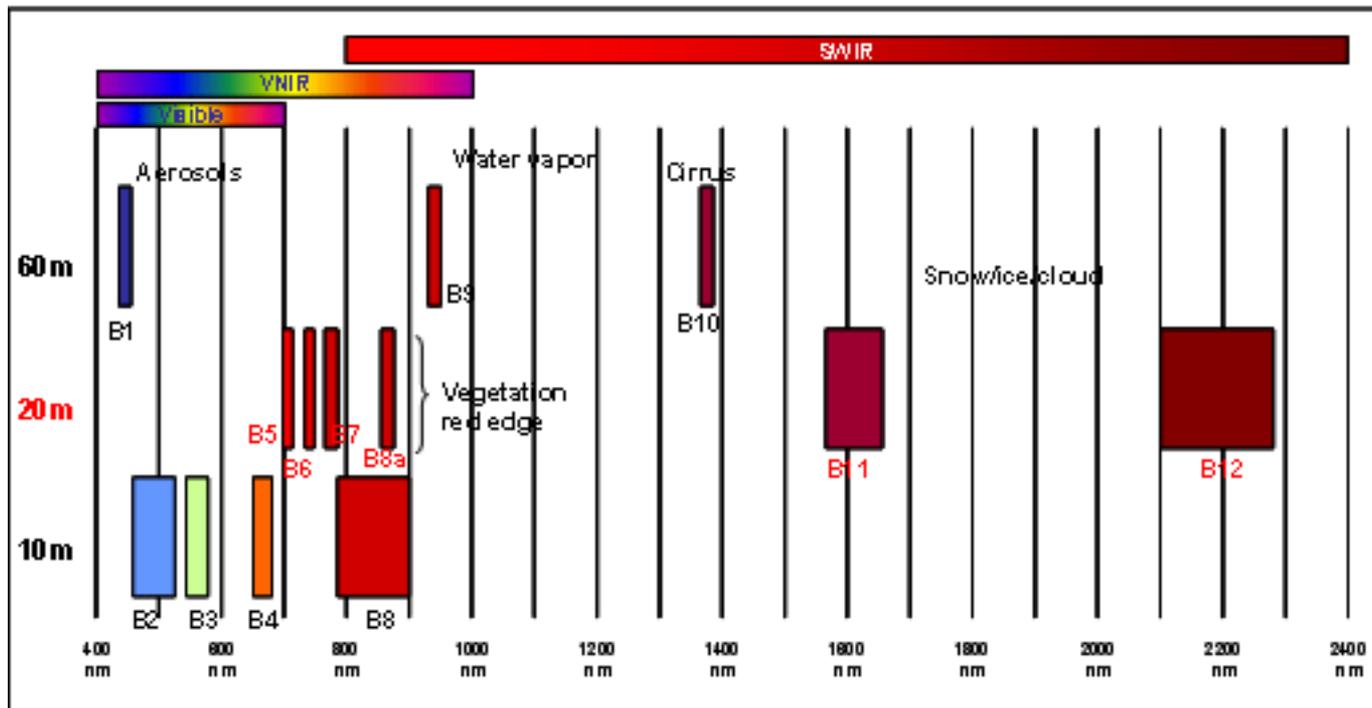
Bande	Bande spectrale	Résolution	Domaine
1	0,435 - 0,451 $\mu\text{m}$	30 m x 30 m	Coastal/Aerosol
2	0,452 - 0,512	30 m x 30 m	Blue
3	0,533 - 0,590 $\mu\text{m}$	30 m x 30 m	Green
4	0,636 - 0,673 $\mu\text{m}$	30 m x 30 m	Red
5	0,851 - 0,879 $\mu\text{m}$	30 m x 30 m	Near-Infrared
6	1,566 - 1,651 $\mu\text{m}$	30 m x 30 m	SWIR-1
7	2,107 - 2,294 $\mu\text{m}$	30 m x 30 m	SWIR-2
PAN	0,503 - 0,676 $\mu\text{m}$	15 m x 15 m	Panchromatic
Cirrus	1,363 - 1,384 $\mu\text{m}$	30m x 30 m	

# 5. L'imagerie satellite

## Les satellites les plus connus

**Sentinel (ESA)** : remplace ENVISAT (2002), qui a remplacé ESR1 (1991) et ESRI 2 (1995)

**Sentinel 1A et 1B** : 2014 et 2016 / **Sentinel 2** : 2015 et 2017



<b>VEN<math>\mu</math>S Band</b>	<b>Centre <math>\lambda</math> (nm)</b>	<b>Sentinel-2 Band</b>	<b>Centre <math>\lambda</math> (nm)</b>	<b>Landsat-8 Band</b>	<b>Centre <math>\lambda</math> (nm)</b>
<b>1</b>	<b>423.9</b>				
<b>2</b>	<b>446.9</b>	<b>1</b>	<b>443</b>	<b>1</b>	<b>443</b>
<b>3</b>	<b>491.9</b>	<b>2</b>	<b>490</b>	<b>2</b>	<b>482</b>
<b>4</b>	<b>555.0</b>	<b>3</b>	<b>560</b>	<b>3</b>	<b>561</b>
				<b>8</b>	<b>590</b>
<b>5</b>	<b>619.7</b>				
<b>6</b>	<b>619.5</b>				
<b>7</b>	<b>666.2</b>	<b>4</b>	<b>665</b>	<b>4</b>	<b>655</b>
<b>8</b>	<b>702.0</b>	<b>5</b>	<b>705</b>		
<b>9</b>	<b>741.1</b>	<b>6</b>	<b>740</b>		
<b>10</b>	<b>782.2</b>	<b>7</b>	<b>783</b>		
		<b>8</b>	<b>842</b>		
<b>11</b>	<b>861.1</b>	<b>8a</b>	<b>865</b>	<b>5</b>	<b>865</b>
<b>12</b>	<b>908.7</b>				
		<b>9</b>	<b>945</b>		
		<b>10</b>	<b>1375</b>	<b>9</b>	<b>1373</b>
		<b>11</b>	<b>1610</b>	<b>6</b>	<b>1609</b>
		<b>12</b>	<b>2190</b>	<b>7</b>	<b>2201</b>

# 5. L'imagerie satellite

---

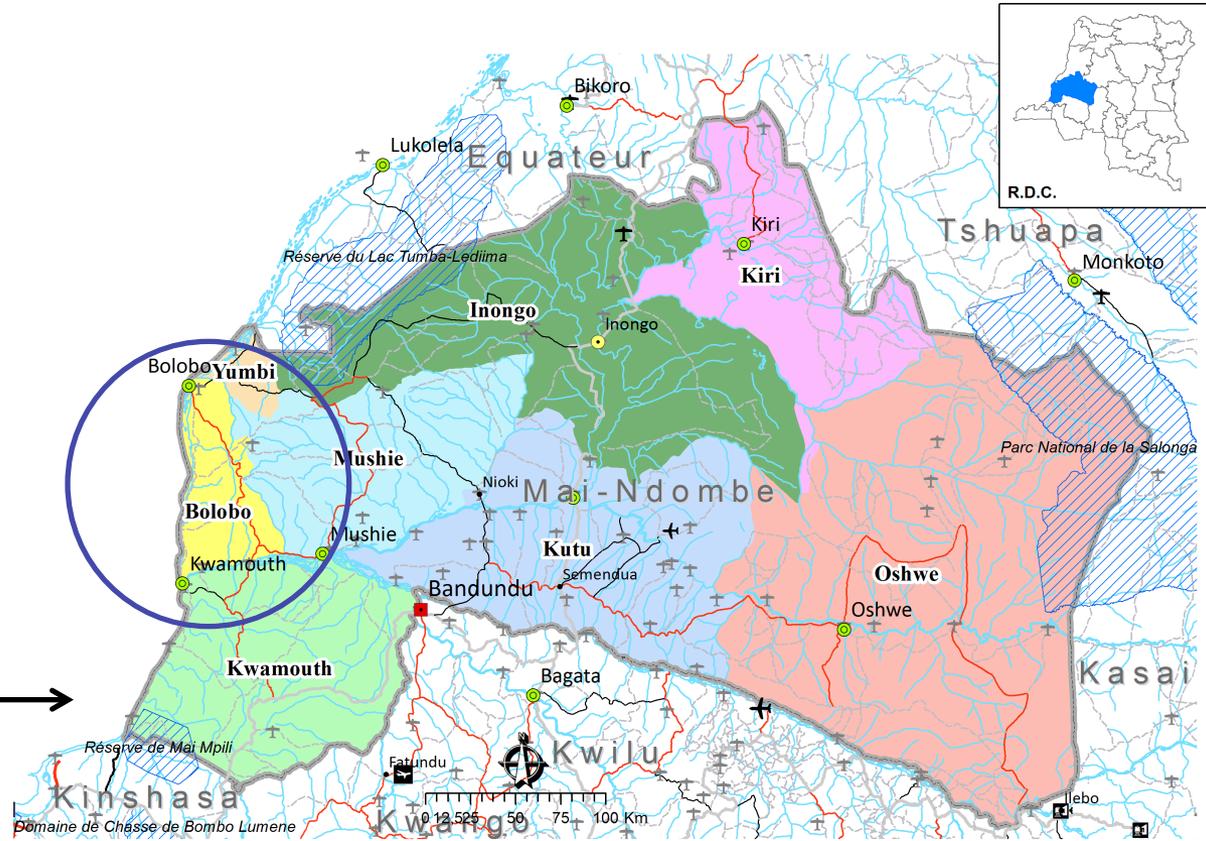
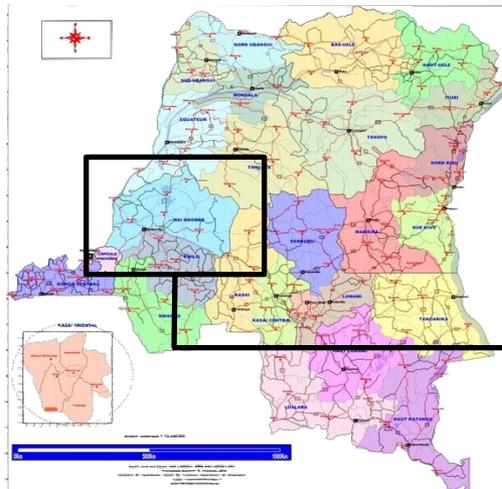
## **Exemple d'application**

- **Cartographie d'occupation des sols (land cover)**
- **Evolution du couvert forestier**

# 5. L'imagerie satellite

Site d'étude

## Batéké North Chiefdom, Bolobo Territory, Democratic Republic of Congo



# 5. L'imagerie satellite

## Site d'étude

## CARACTÉRISTIQUES SOCIALES ET ENVIRONNEMENTALES

- Mosaïque forêt-savane : paysage fragmenté induisant une grande proximité entre la faune sauvage et les populations humaines.

- Situé à 300 km de Kinshasa : accès direct grâce au fleuve Congo ; grenier alimentaire pour la capitale



- 2014 et 2015 : deux communautés de bonobos touchées par des épidémies à virus respiratoire humain

- Une ONG locale (MMT) et une ONG internationale (WWF) actives dans la conservation des bonobos.



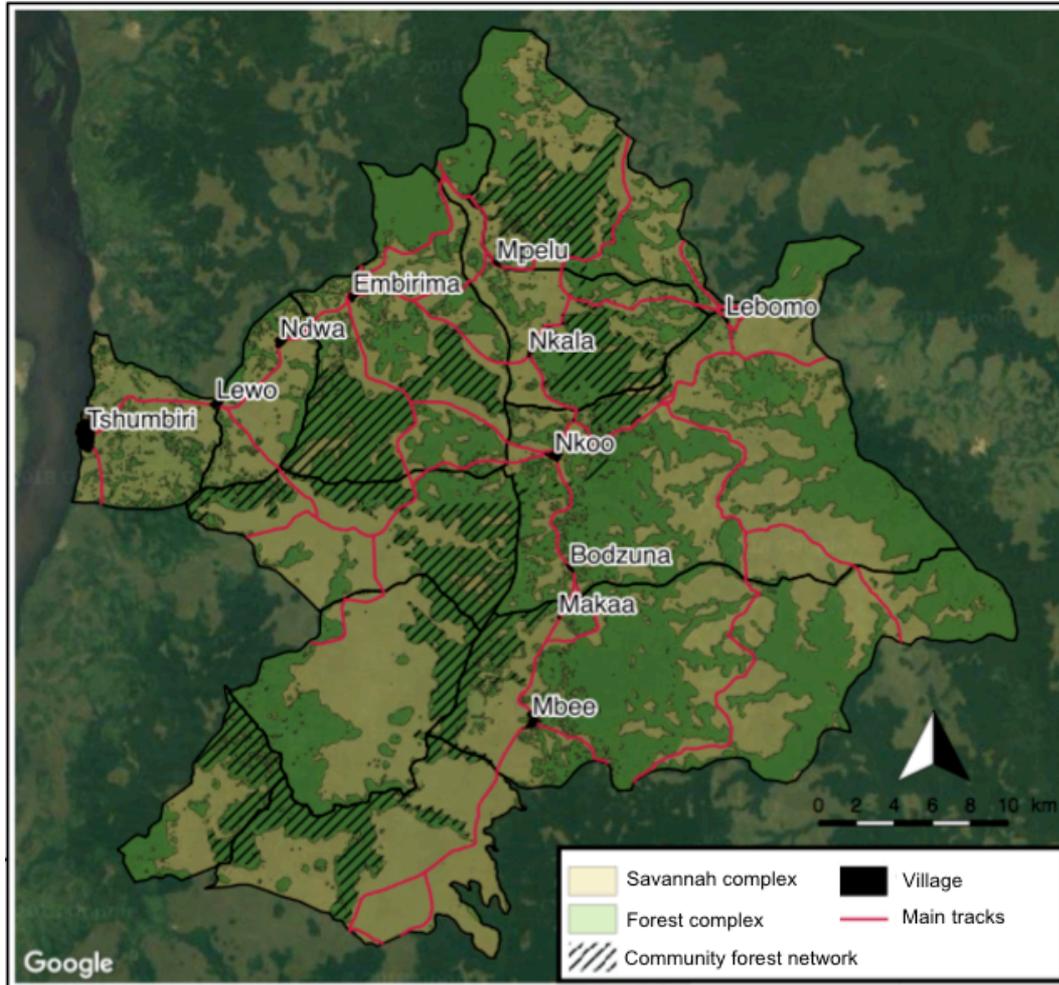
- Principal groupe ethnique : les Batéké ; ils pratiquent un interdit alimentaire sur les bonobos ; principalement agriculteurs et chasseurs



# 5. L'imagerie satellite

Site d'étude

## ZONE D'ACTION DE L'ONG MBOU-MON-TOUR



- Limites des terres villageoises
- Réseau de forêts protégées (*bottom-up*)
- Villages impliqués dans les actions de l'ONG MMT

# 5. L'imagerie satellite

## Land cover

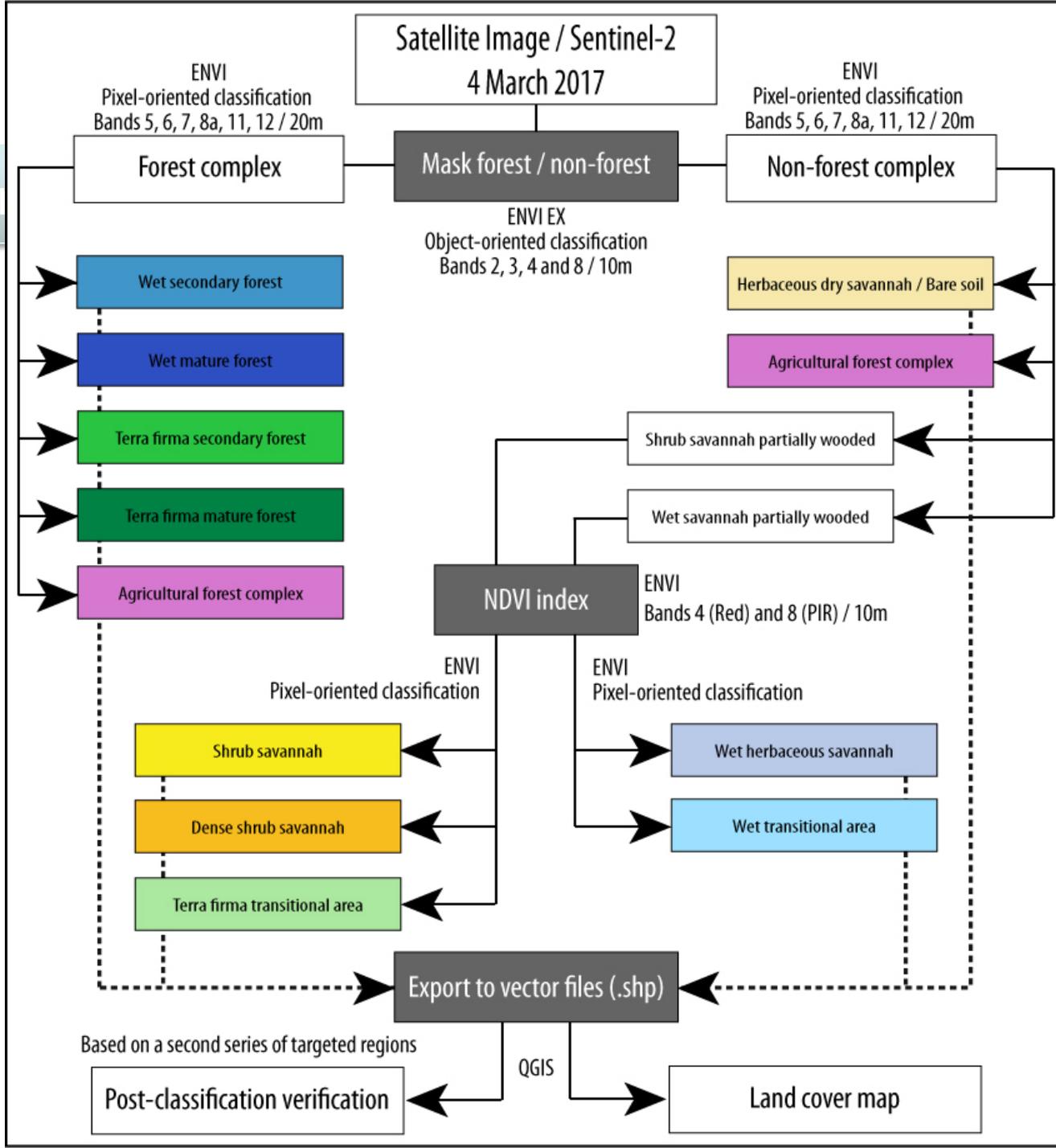
- Production d'une carte d'occupation des sols (land cover) sur la base de relevés de terrain géolocalisés
  - Classification du paysage : 11 classes
  - Image satellite Sentinel-2 (4 mars 2017)
  - Classification orientée pixel (187 points GPS)
  - Processus de vérification (164 points GPS)



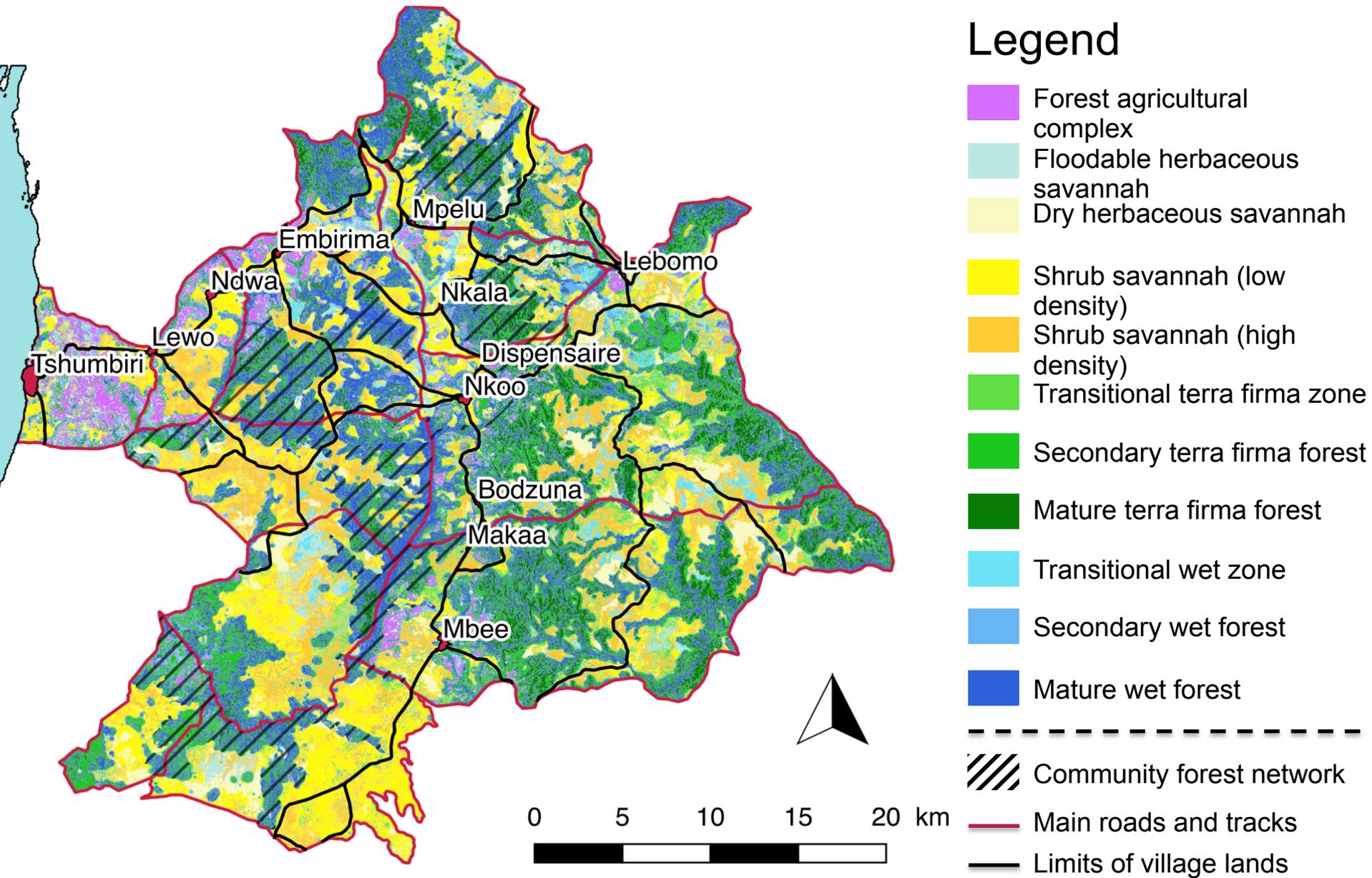
**Plus de 80% de correspondance  
après vérification : excellent résultat  
en zone tropicale**

# 5. L'i

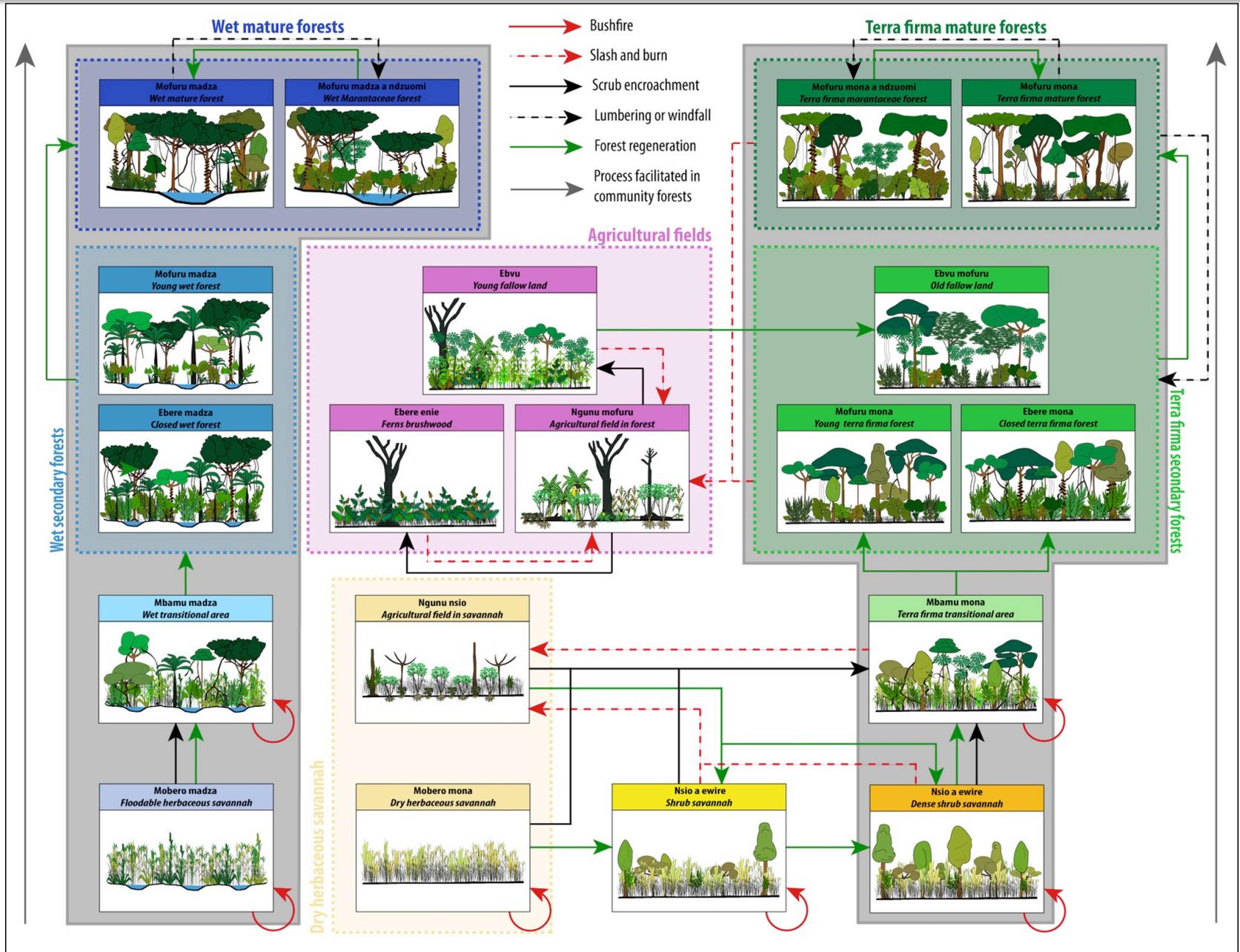
La



# LAND COVER MAP BASED ON SENTINEL-2 SATELLITE IMAGE

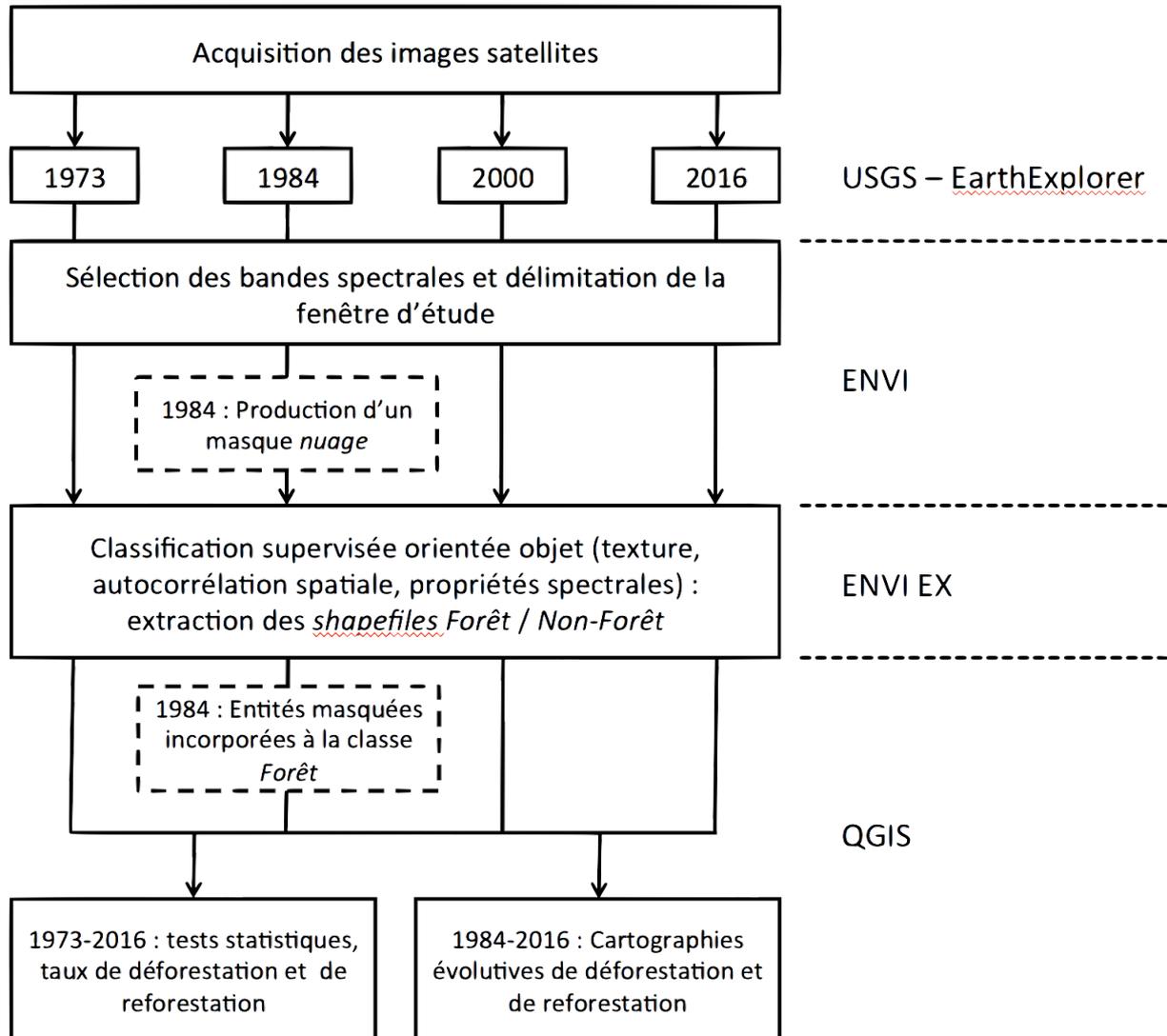


# SYSTEMIC APPROACH OF THE LANDSCAPE DYNAMICS



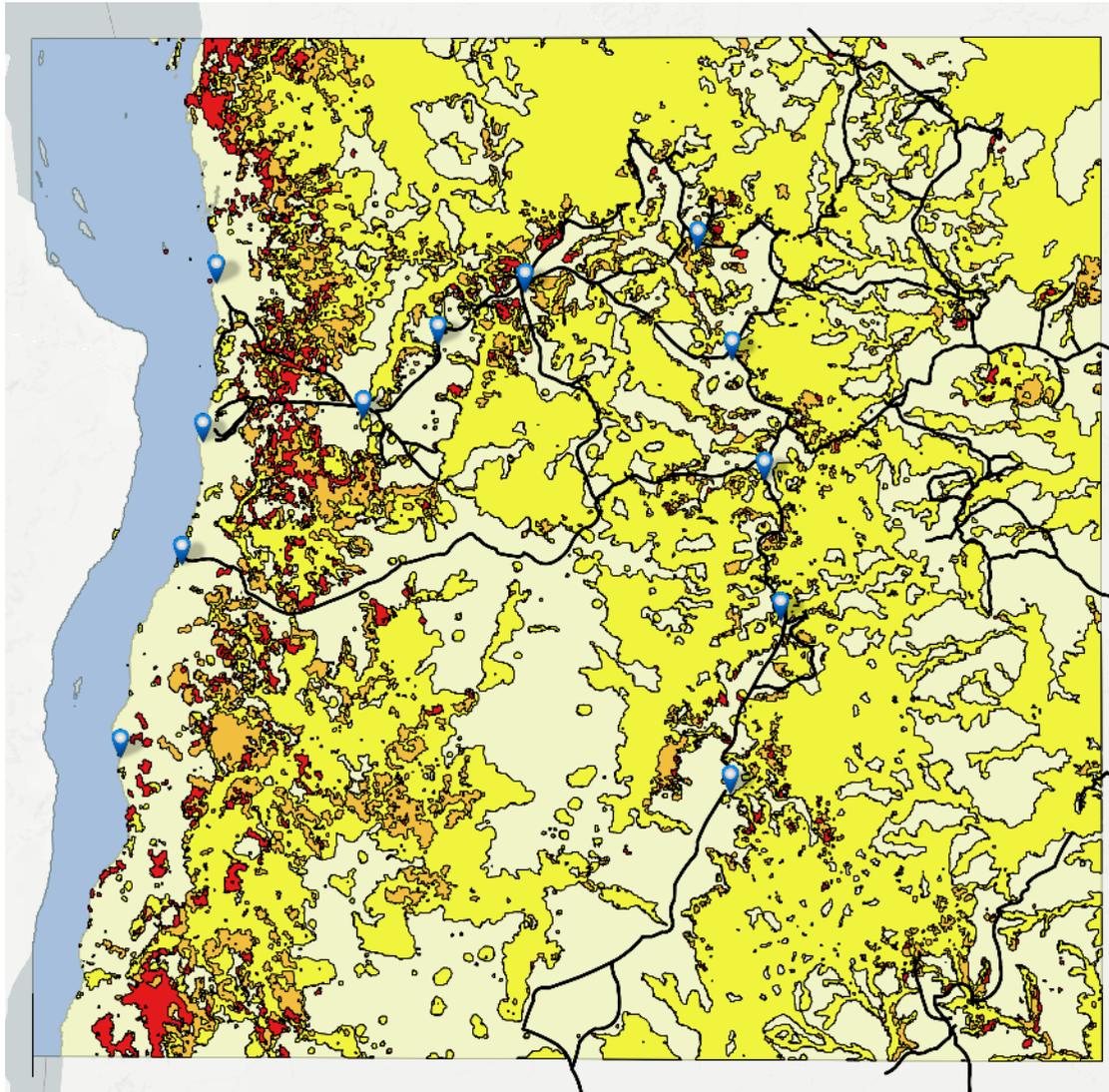
# 5. L'imagerie satellite

## Couvert forestier



# 5. L'imagerie satellite

## Couvert forestier



carte évolutive de la  
dynamique de  
déforestation  
1984-2016 dans le  
territoire de Bolobo

-  Ville
-  Route
-  Forêt en 2016
-  Forêt en 2000
-  Forêt en 1984
-  Non-forêt 2016
-  Fleuve

0 7.5 15 km

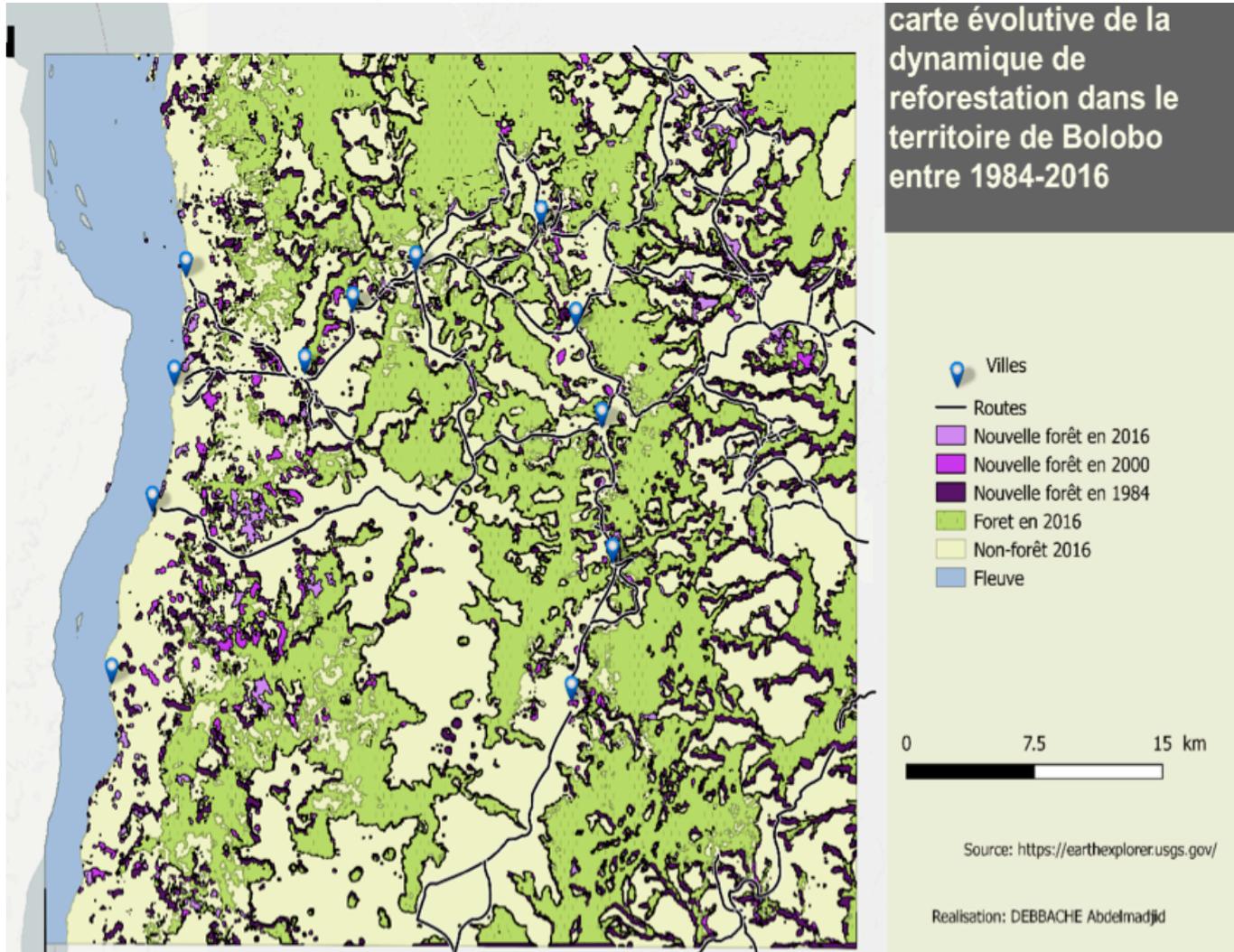


Source: [earthexplorer.usgs.gov](http://earthexplorer.usgs.gov)

Réalisation: Debbache  
Abdelmadjid

# 5. L'imagerie satellite

## Couvert forestier



# 5. L'imagerie satellite

## Couvert forestier

Année	Espace forestier (ha)	Espace non-forestier (ha)
1973	62542,32 (51,5%)	58857,67 (48,5%)
1984	60254,02 (49,6%)	61146,88 (50,4%)
2000	62242,83 (51,3%)	59132,10 (48,7%)
2016	61020,72 (50,3%)	60370,67 (49,7%)

Période	Expansion forestière (ha)	Déforestation (ha)
1973-1984	3286,22 (5,6%)	5578,90 (8,9%)
1984-2000	4682,29 (7,7%)	2672,99 (4,4%)
2000-2016	4340,57 (7,3%)	5368,80 (8,6%)

# 5. L'imagerie satellite

## Couvert forestier

- Profil 1 : Meseon (↘↘↘)
- Profil 2 : Embaa, Embirima, Bodzuna (↘↗↘)
- Profil 3 : Nkuru, Nkala,, Nkoo, Mpelu (↘↗↗)
- Profil 4 : Mobeas Tsalu (↗↗↘)
- Profil 5 : Makaa, Engunu (→→→)

