

Paysage, enjeu citoyen

Licence 3 – Aménagement, Environnement

Christophe Demichelis / 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

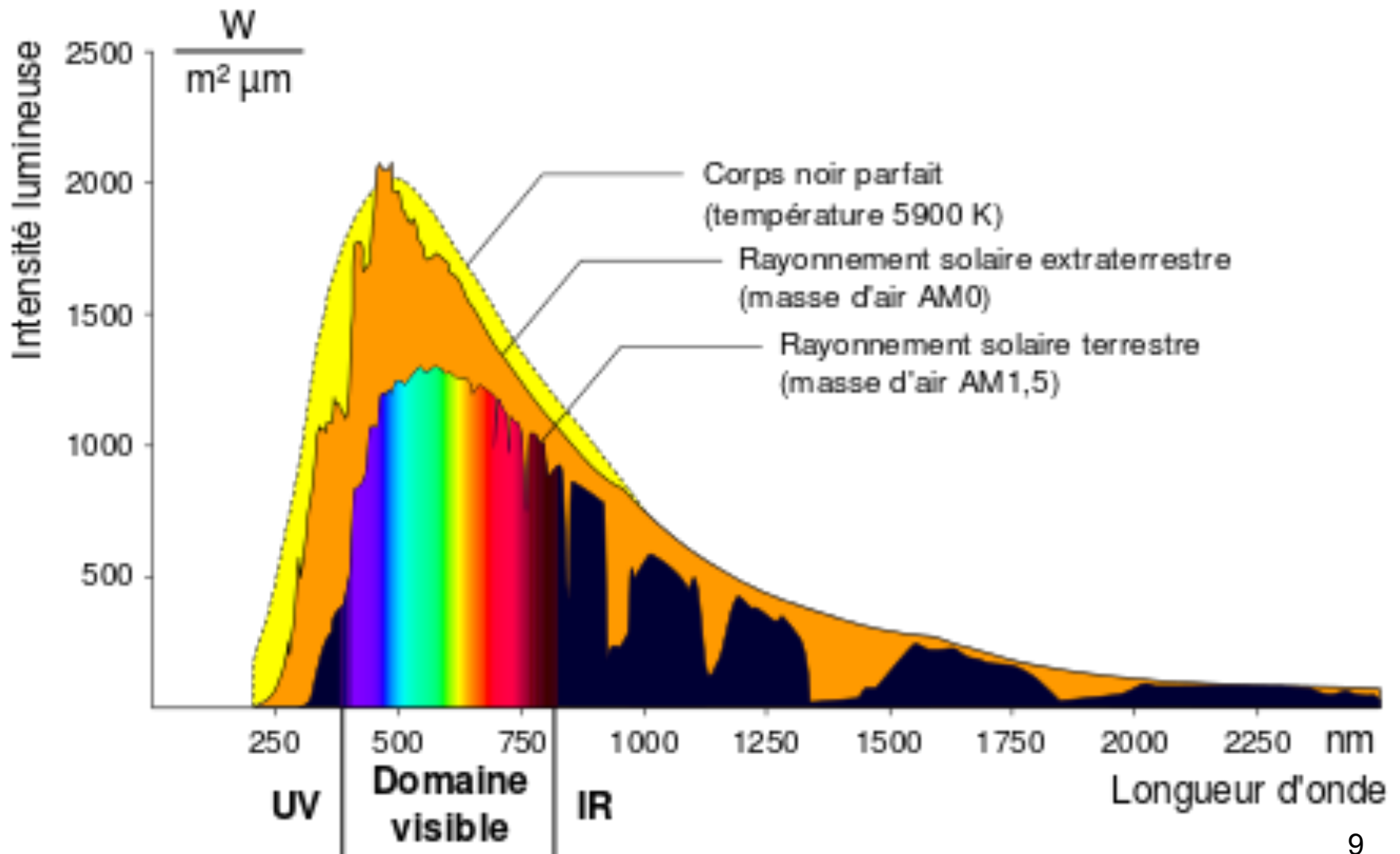
1. La lumière

1.1 Le spectre solaire

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

Domaine spectral	Longueur d'onde	Fréquences en Hz ⁻¹	Capteurs	Type de télédétection
Rayons gamma	< à 0.01 nm	10 ¹⁸ à 10 ²⁰ Hz		
Rayons X	0.01 à 1 nm	10 ¹⁶ à 10 ¹⁸ Hz		
Ultra-Violet	1 nm à 0.38 µm	10 ¹⁵ à 10 ¹⁶ Hz	Scanner UV	Ondes réfléchies Télédétection passive
Visible	0.38 à 0.78 µm	10 ¹⁴ à 10 ¹⁵ 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 ¹² à 10 ¹⁴ 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 ⁸ à 10 ¹² Hz	RADAR Radiomètre	Ondes émises Télédétection active
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 ⁸ à 10 ⁴ Hz		
Audio	30 km à 300000 km	10 ⁴ à 10 ² Hz		

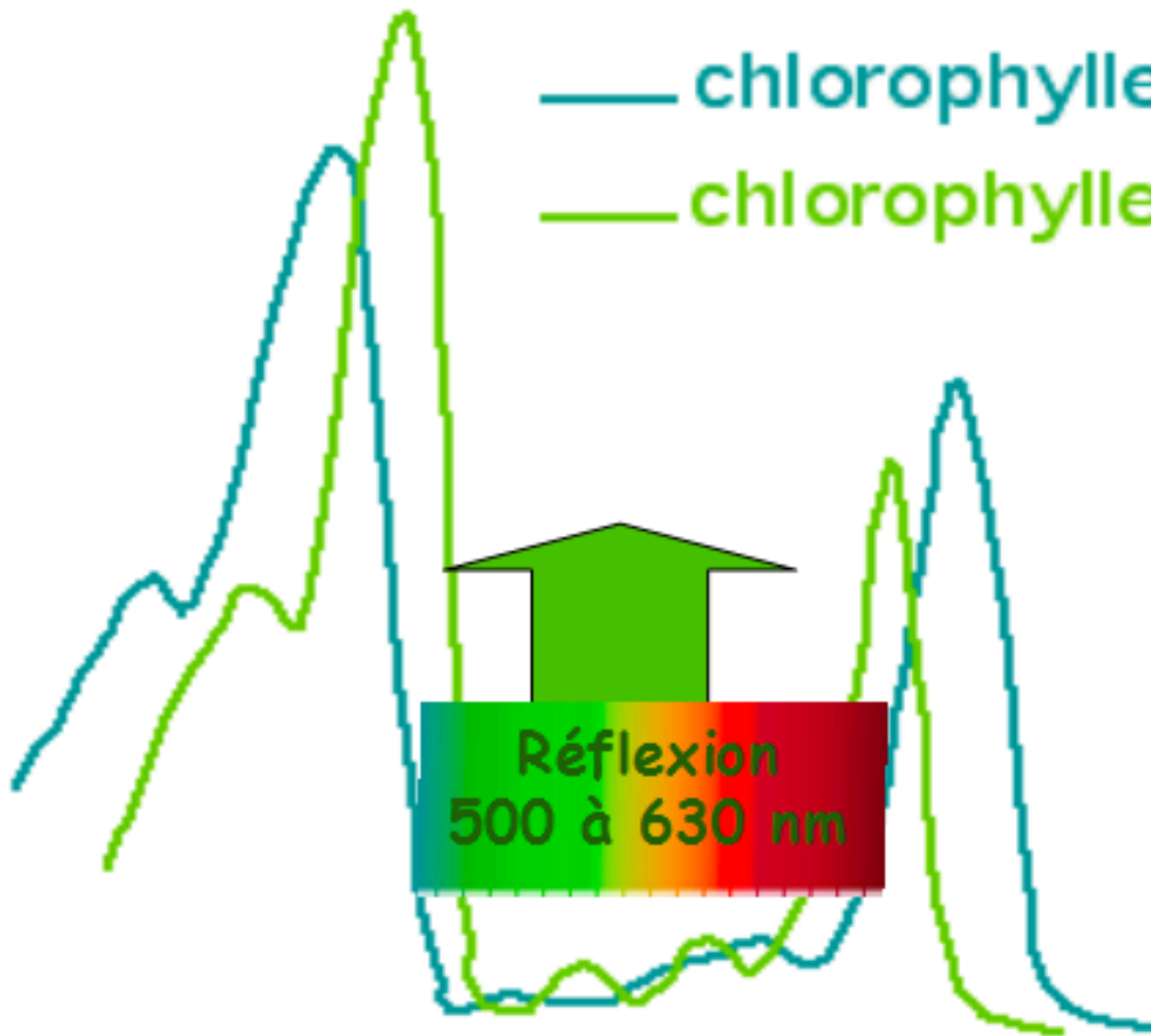
1. La lumière



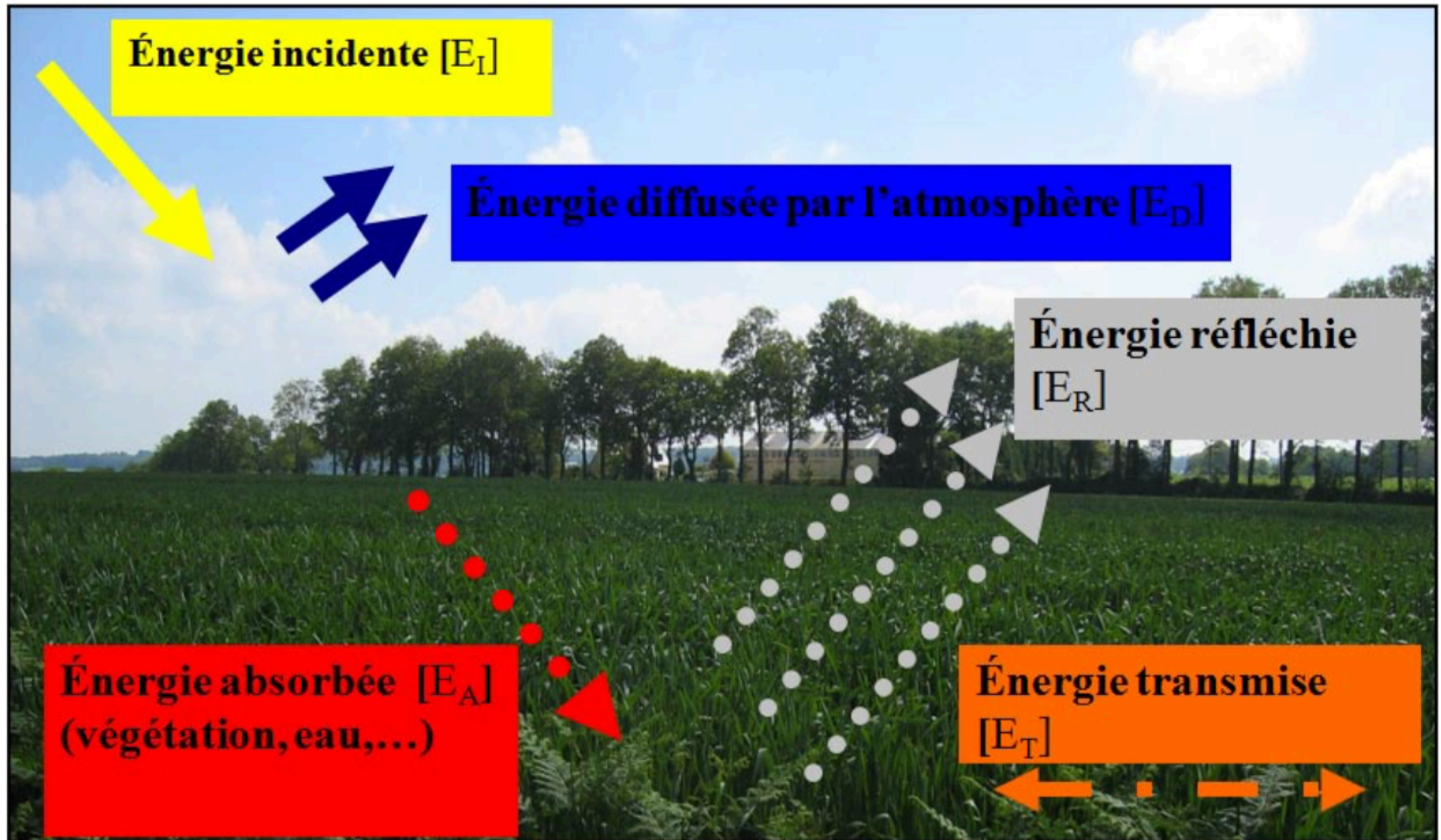
Absorption

— 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

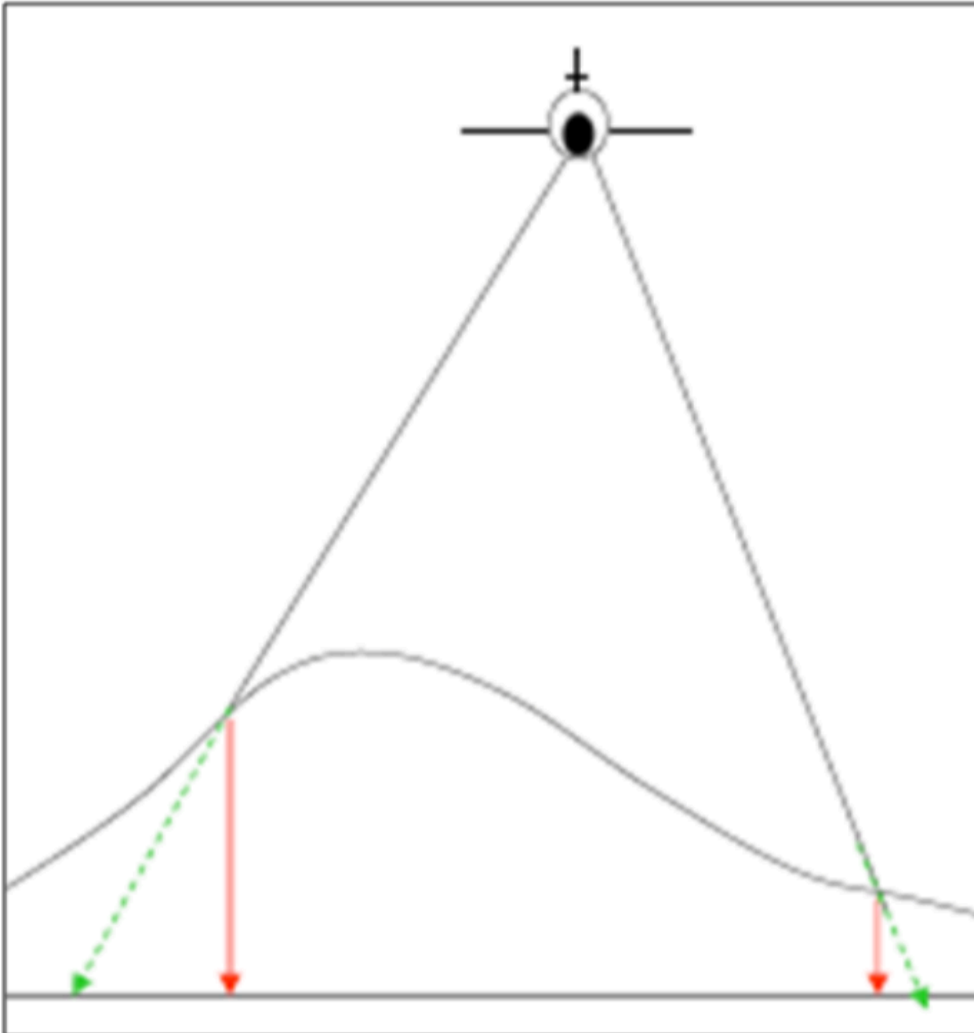
1. La lumière

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

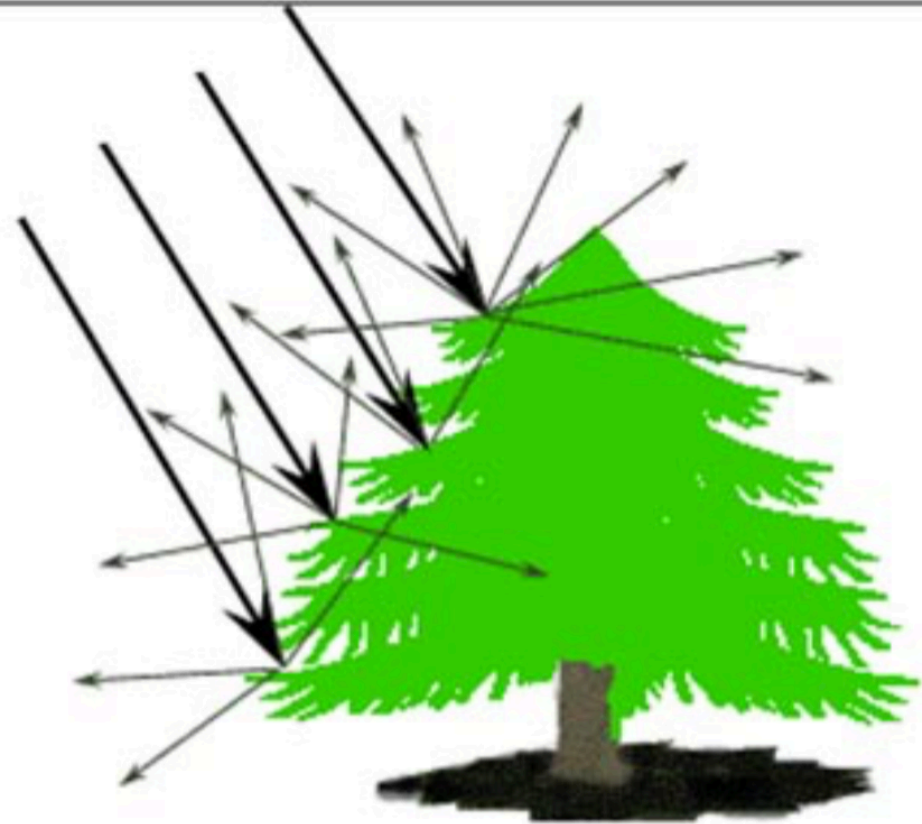
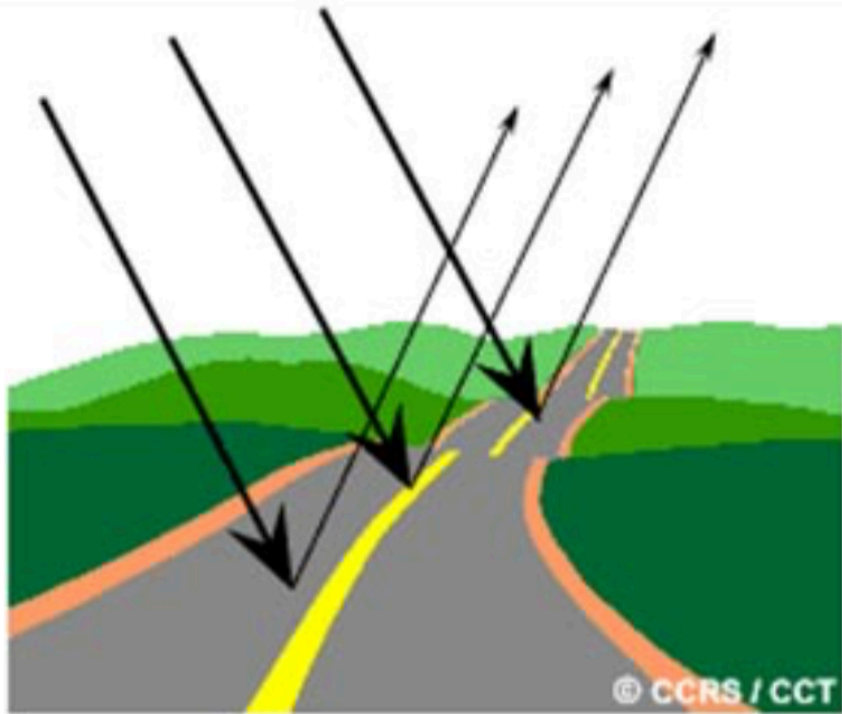
2.1 Les interactions entre le rayonnement et les éléments paysagers

➤ **L'objet au sol peut :**

- Absorber
- Transmettre
- Réfléchir

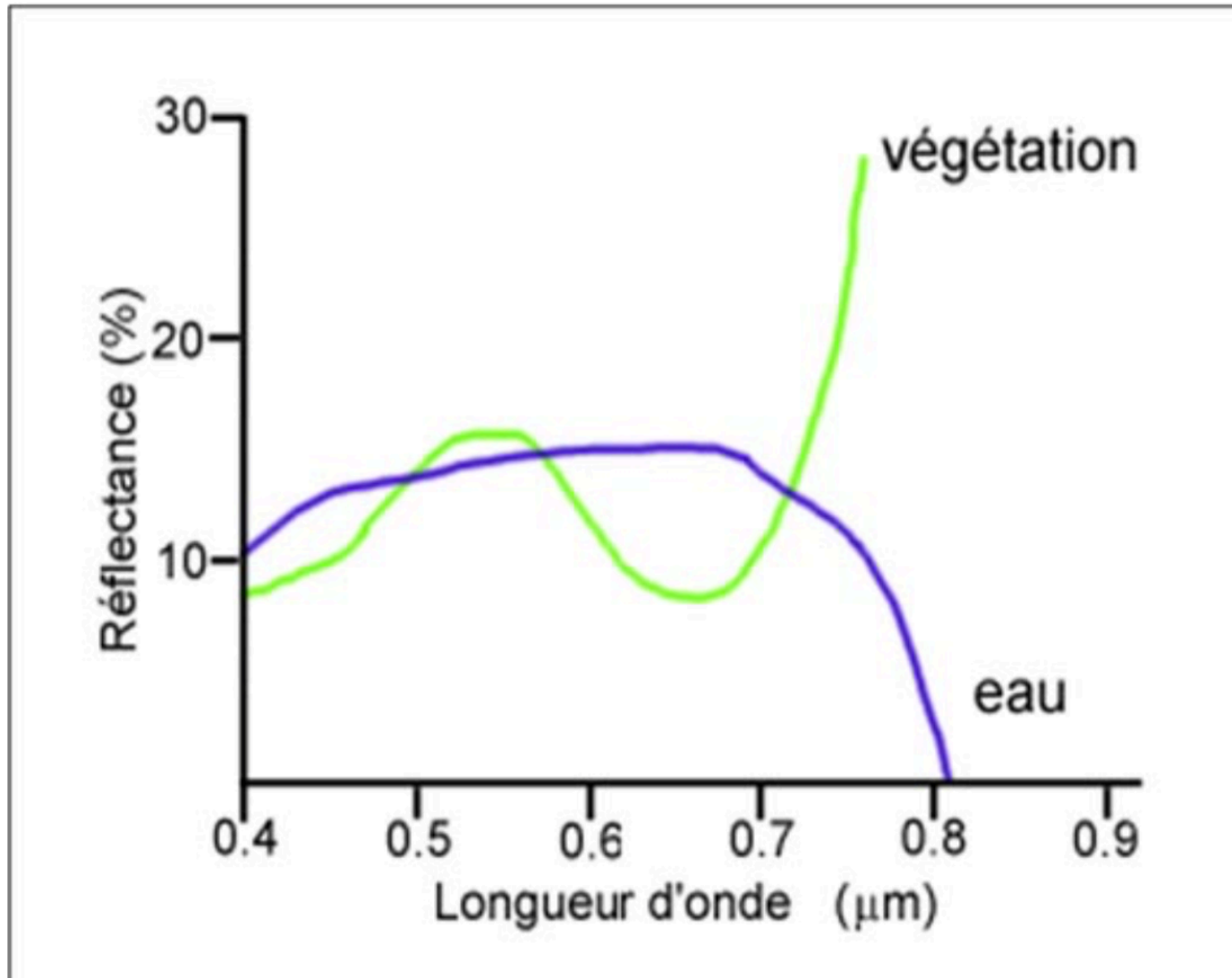
>>> Chaque interaction dépend de la nature de l'objet
et de la longueur d'onde de l'énergie

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

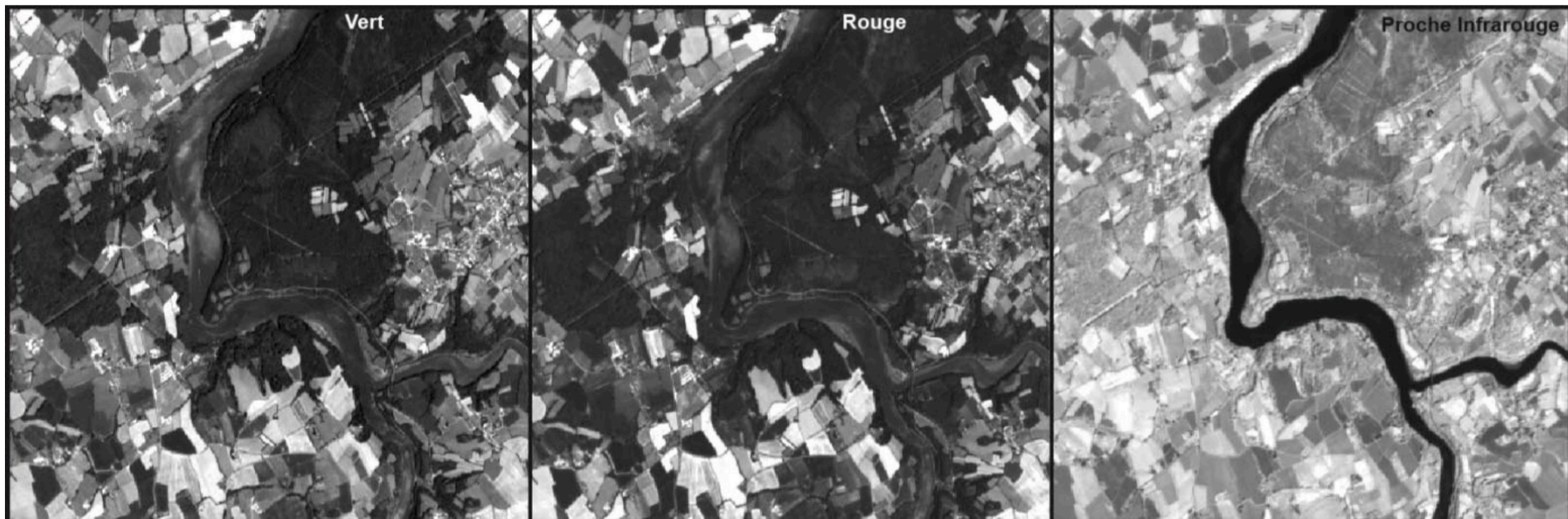


Réflexion spéculaire et réflexion diffuse

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

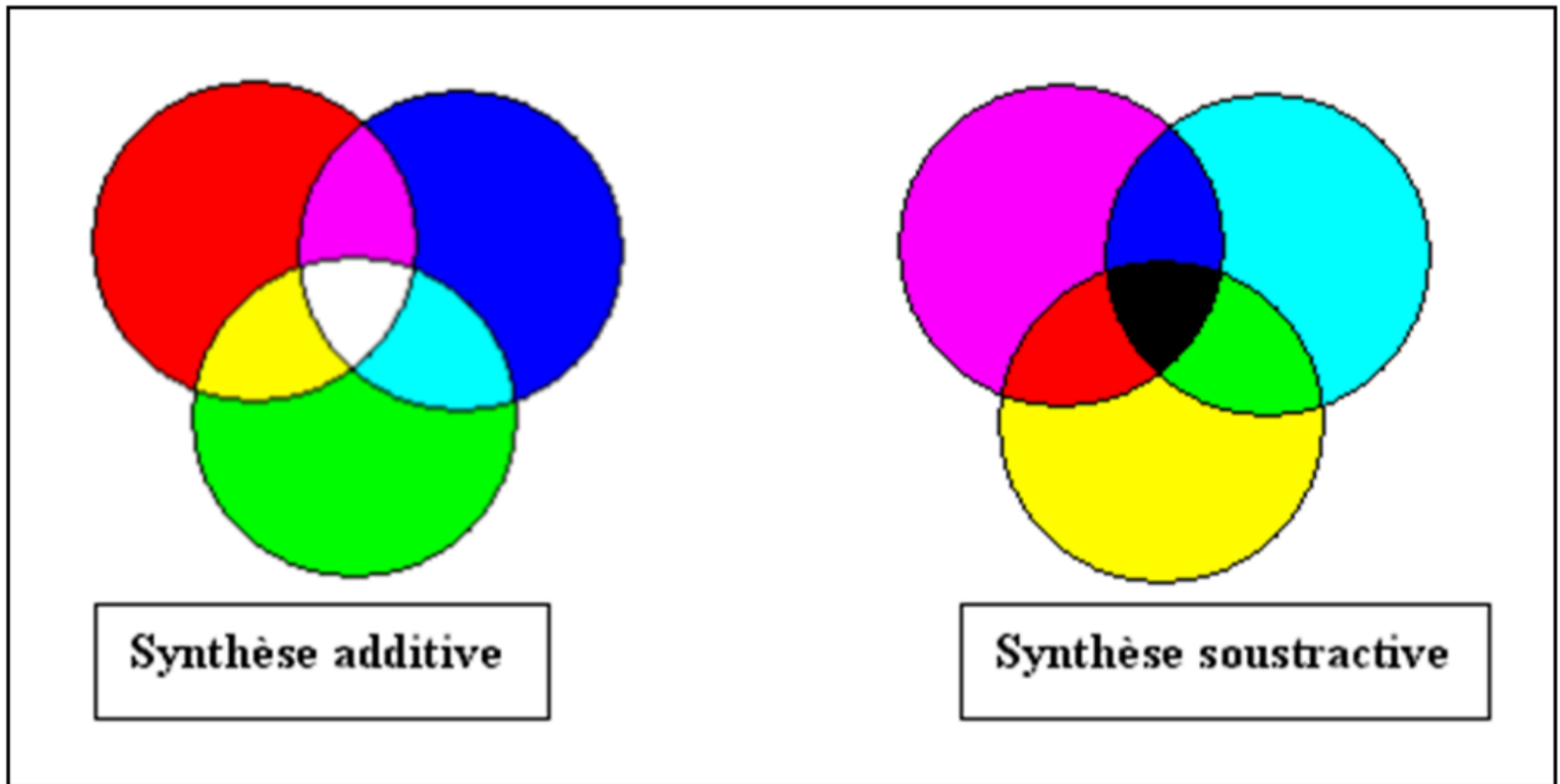
2.1 La formation et la mesure des couleurs

- **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

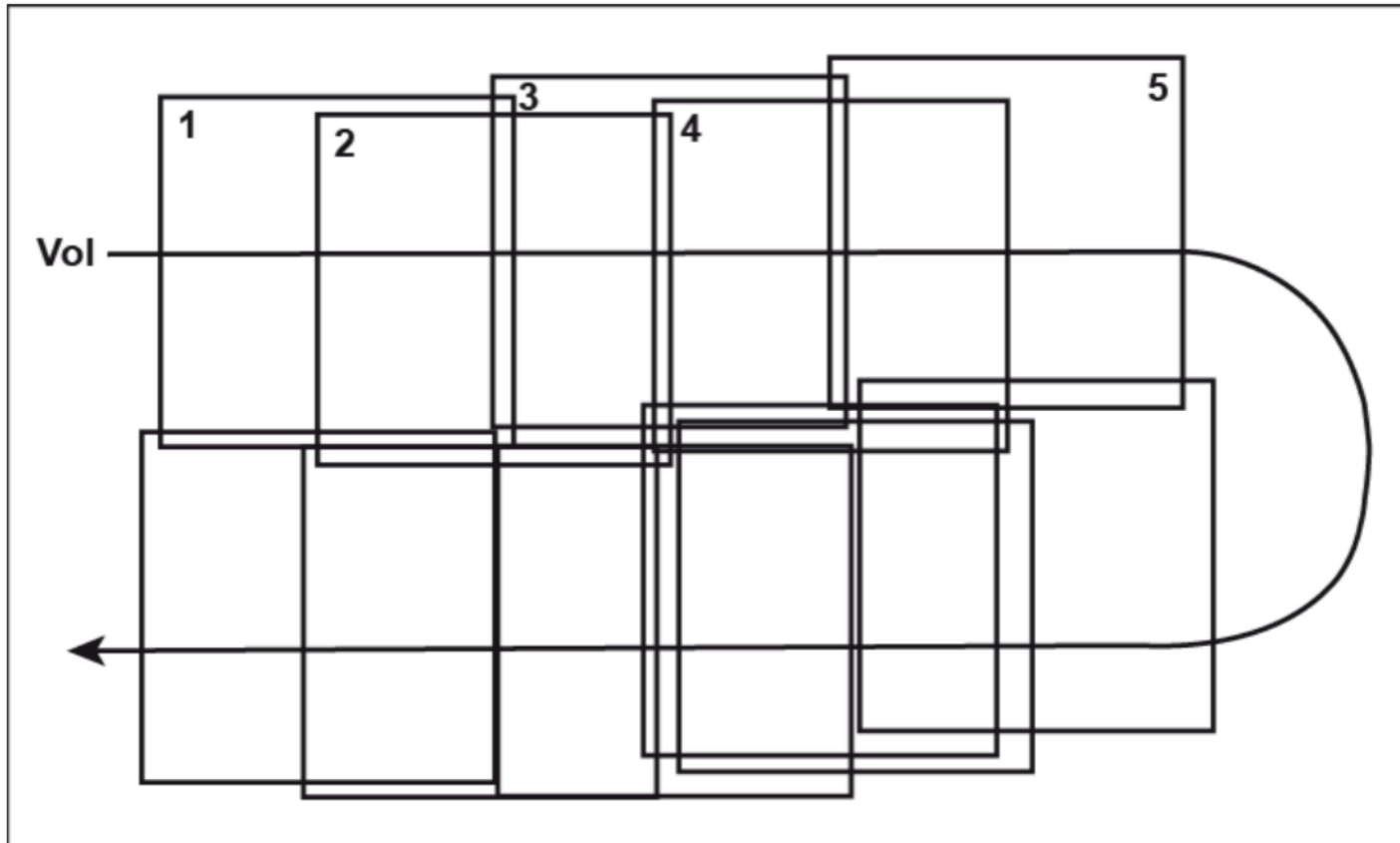
Prises de vue aériennes : nécessitent un certain nombre de critères les des campagnes photographiques -> ensemble de métadonnées

- 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

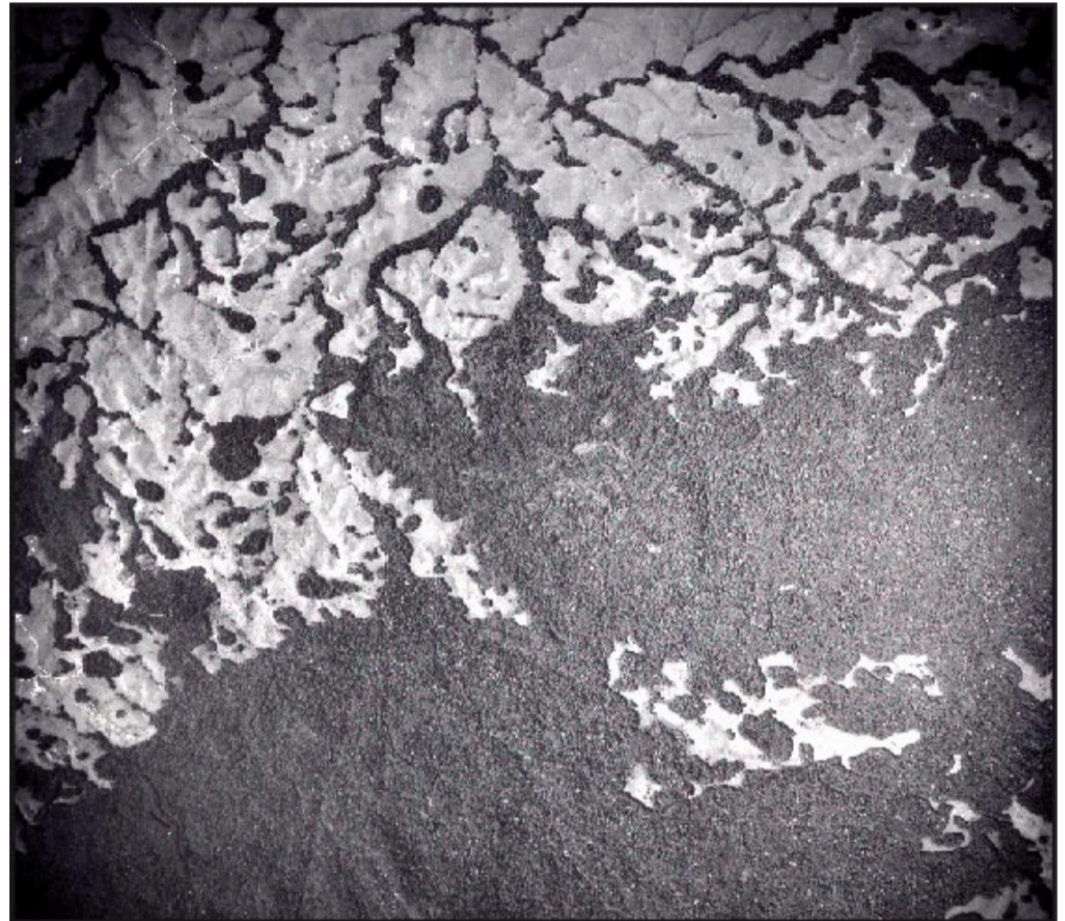
➤ Les nuages



4. Le traitement des photographies aériennes

4.1 Les défauts inhérents à la photographie

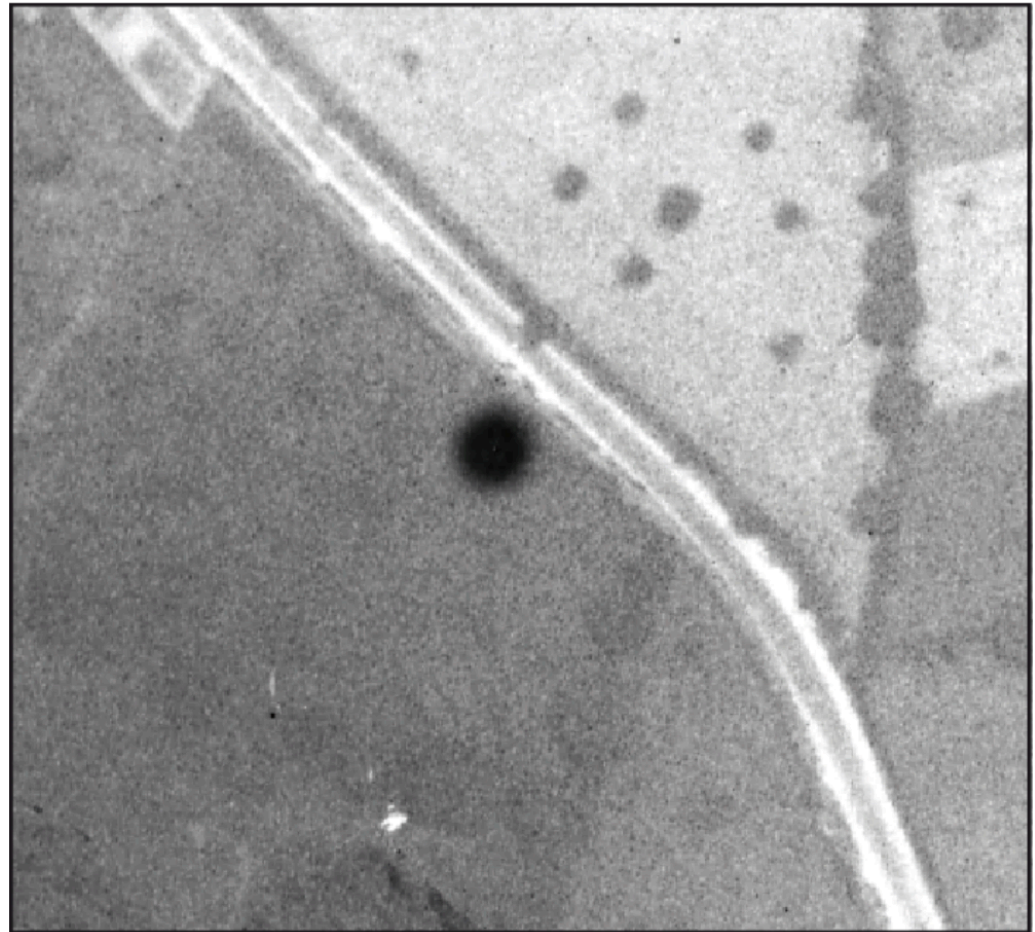
➤ Le vignettage



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

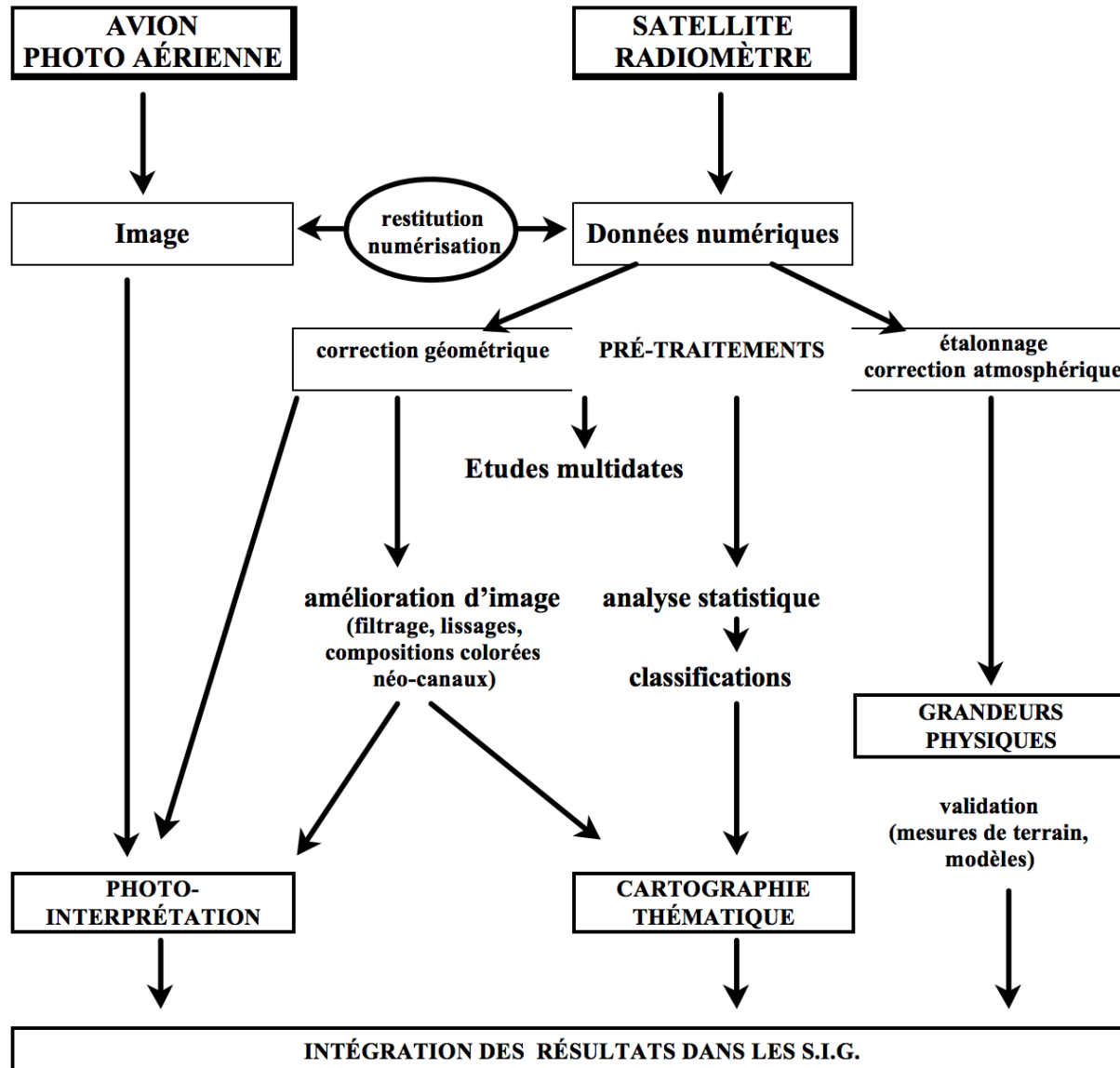
- Associe les deux phases précédentes à des recherches de documents connexes, que ce soit des articles, des chapitres de livres, des calendriers agricoles...
- Réponse à la problématique : résultat final
- Nécessité d'avoir une formation de géographie : mobiliser le concepts de l'analyse spatiale

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 μm	68 m x 83 m
0,6 - 0,7 μm	68 m x 83 m
0,7 - 0,8 μm	68 m x 83 m
0,8 - 1,1 μm	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

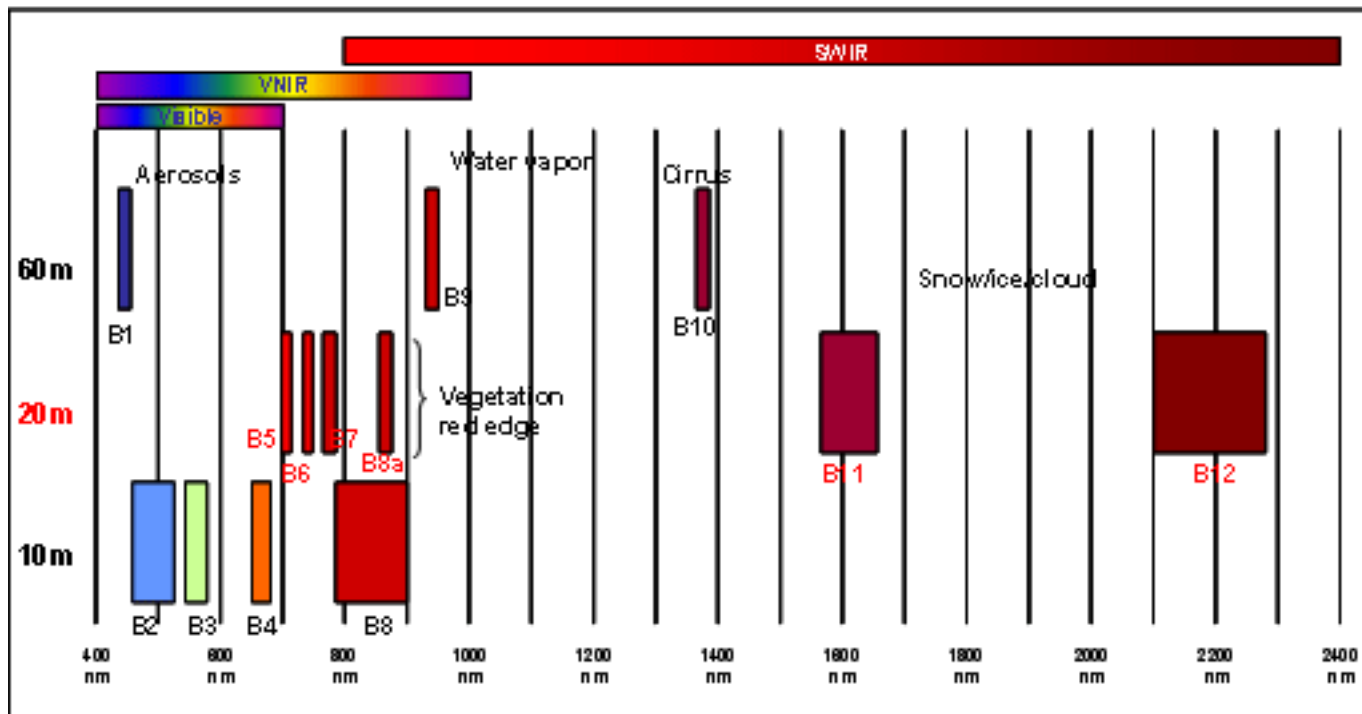
Bande	Bande spectrale	Résolution	Domaine
1	0,435 - 0,451 μm	30 m x 30 m	Coastal/Aerosol
2	0,452 - 0,512	30 m x 30 m	Blue
3	0,533 - 0,590 μm	30 m x 30 m	Green
4	0,636 - 0,673 μm	30 m x 30 m	Red
5	0,851 - 0,879 μm	30 m x 30 m	Near-Infrared
6	1,566 - 1,651 μm	30 m x 30 m	SWIR-1
7	2,107 - 2,294 μm	30 m x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



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

5. L'imagerie satellite

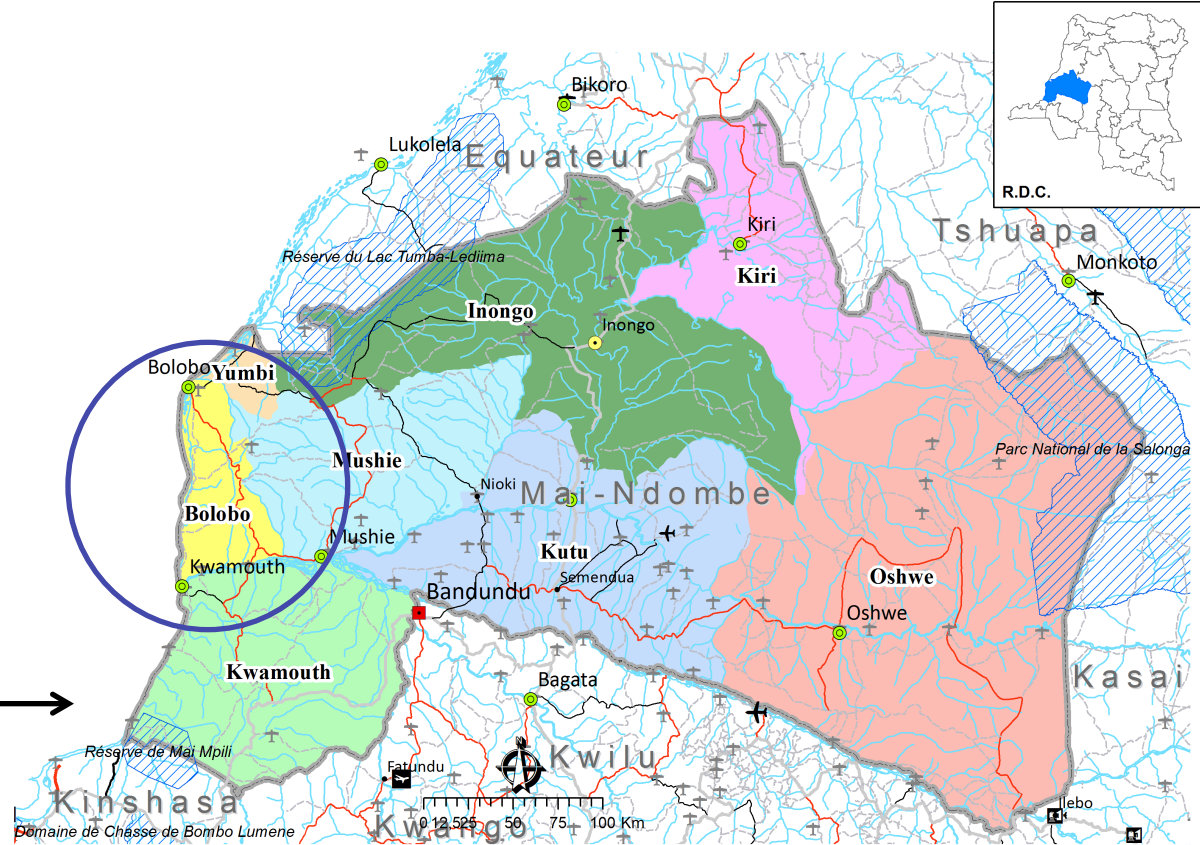
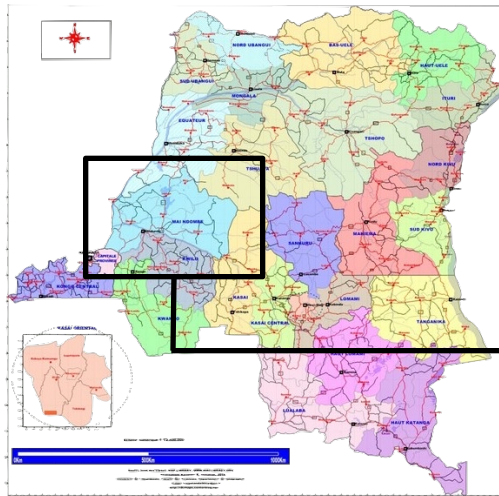
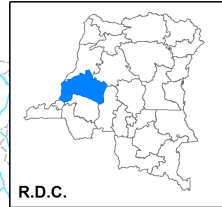
Exemple d'application

- **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.



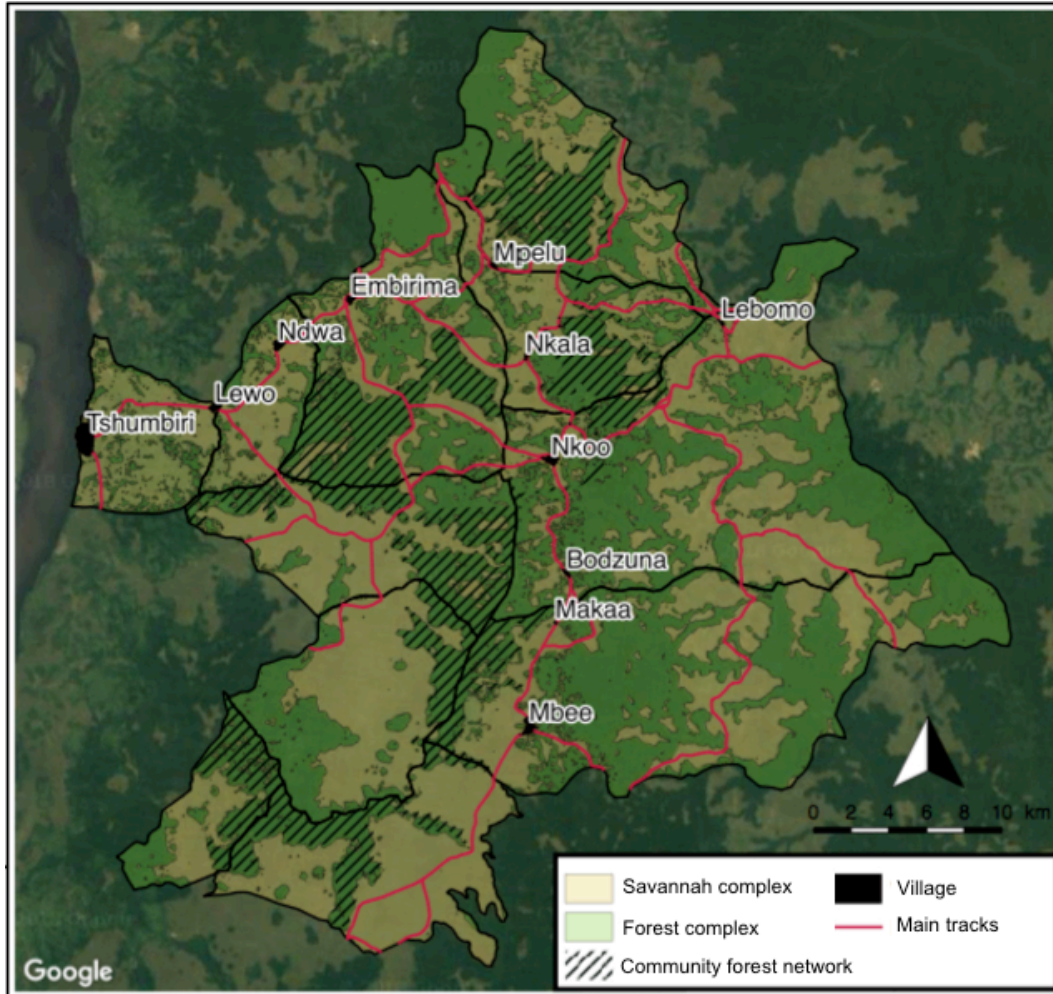
- Principal groupe ethnique : les Batéké ; ils pratiquent un interdit alimentaire sur les bonobos ; principalement agriculteurs et chasseurs



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

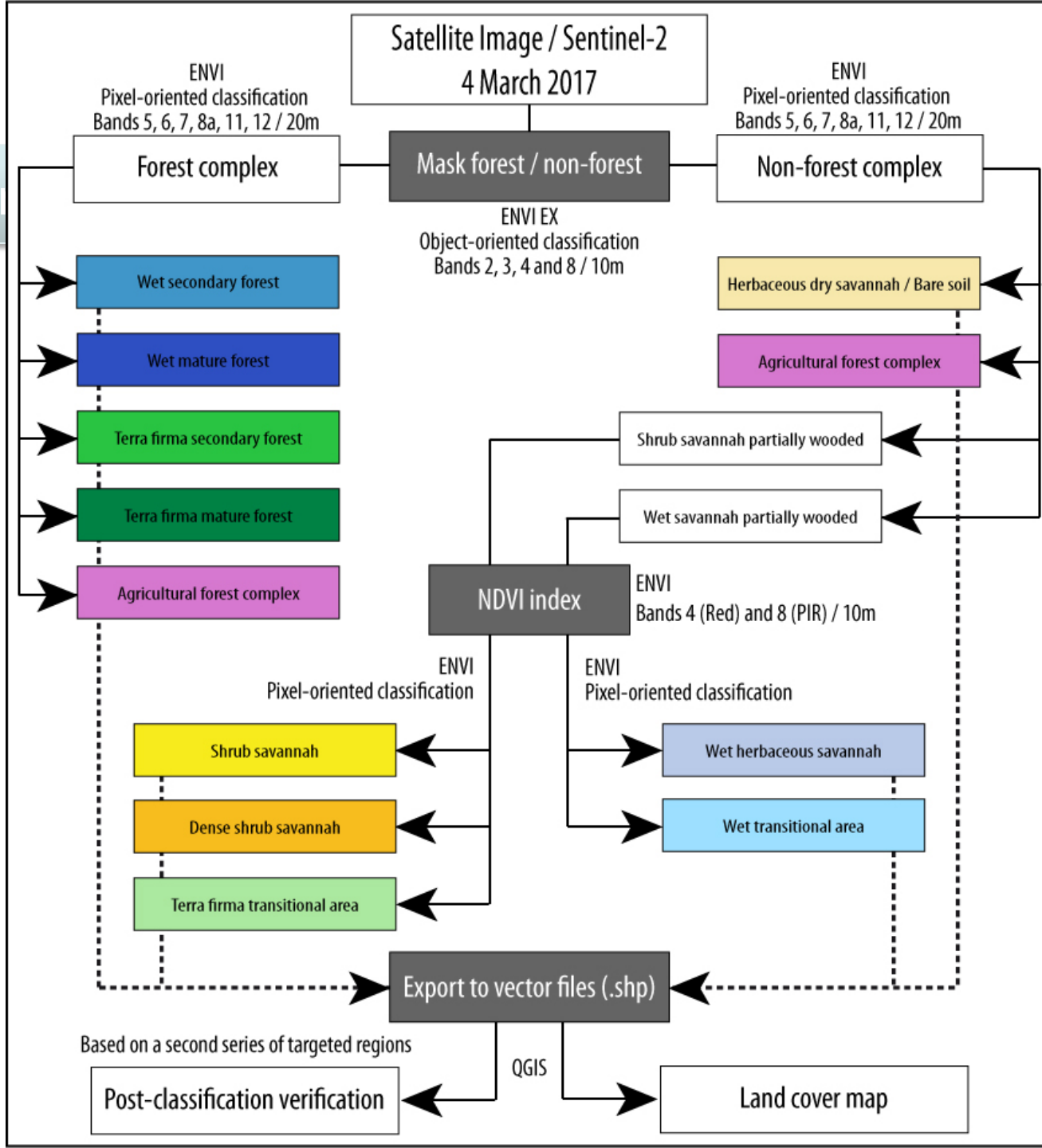
- Production d'une carte d'occupation des sols (land cover) sur la base de relevés de terrain géolocalisés
 - Classification du paysage : 11 classes
 - Image satellite Sentinel-2 (4 mars 2017)
 - Classification orientée pixel (187 points GPS)
 - Processus de vérification (164 points GPS)



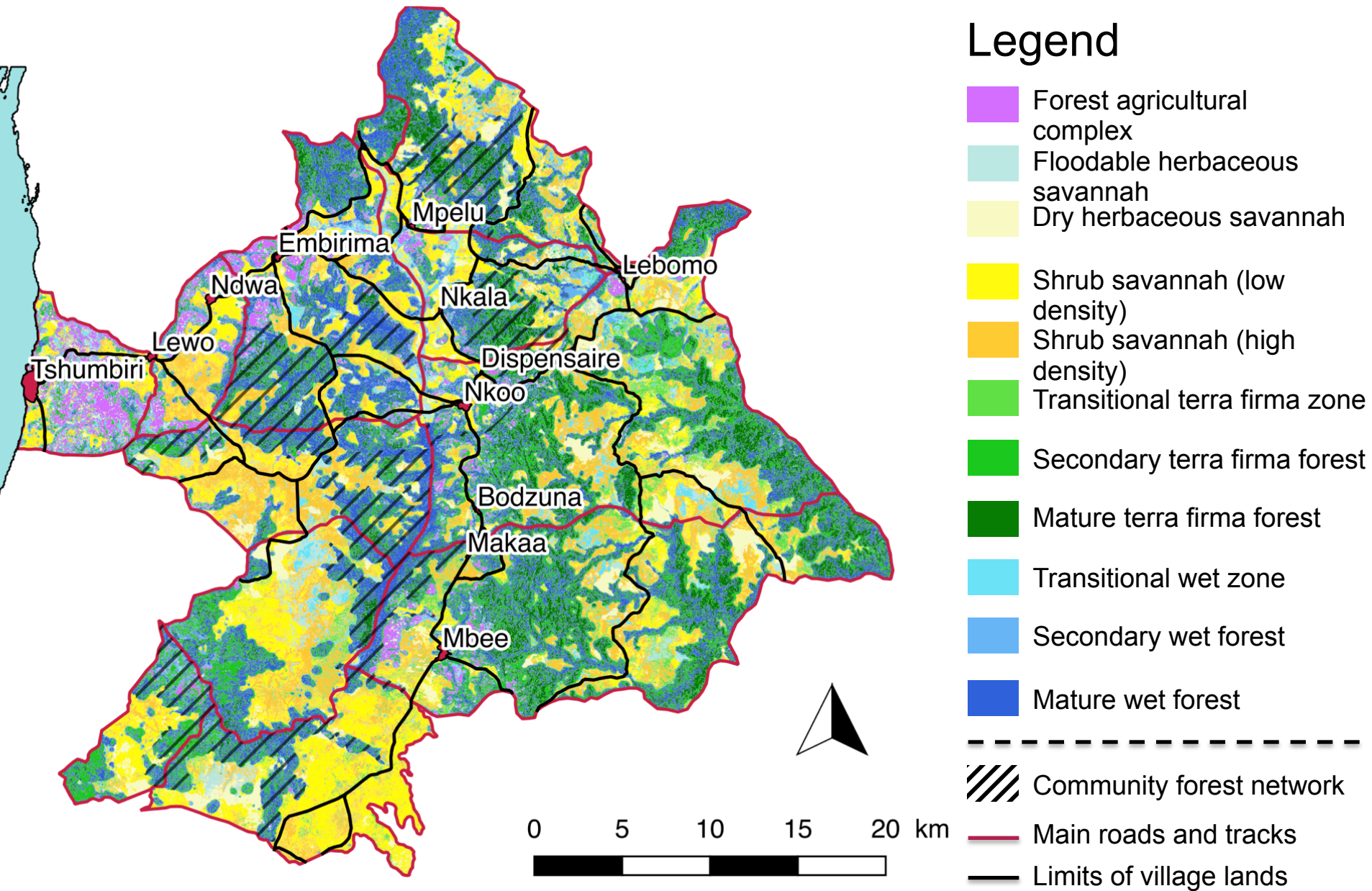
**Plus de 80% de correspondance
après vérification : excellent résultat
en zone tropicale**

5. L'i

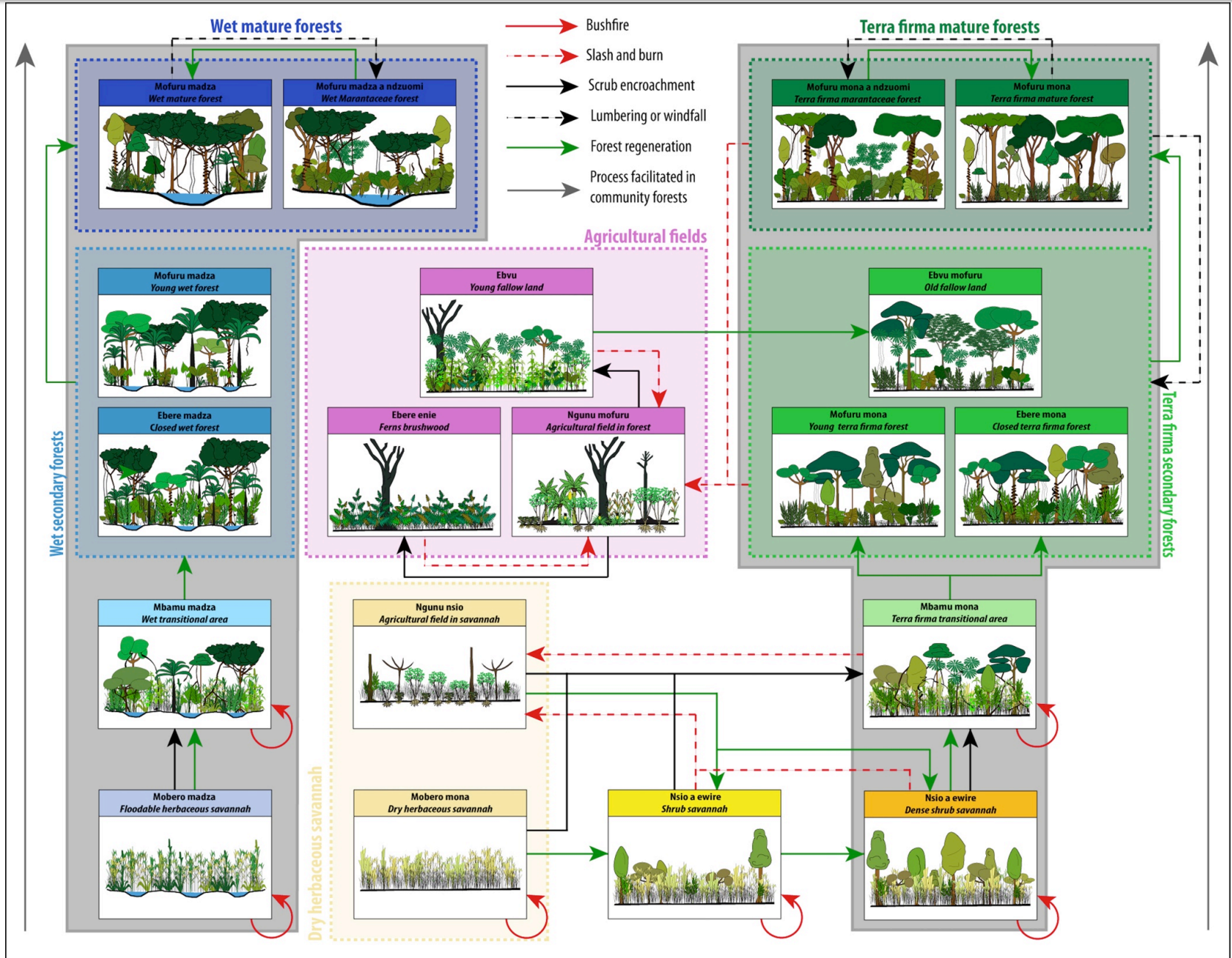
La



LAND COVER MAP BASED ON SENTINEL-2 SATELLITE IMAGE

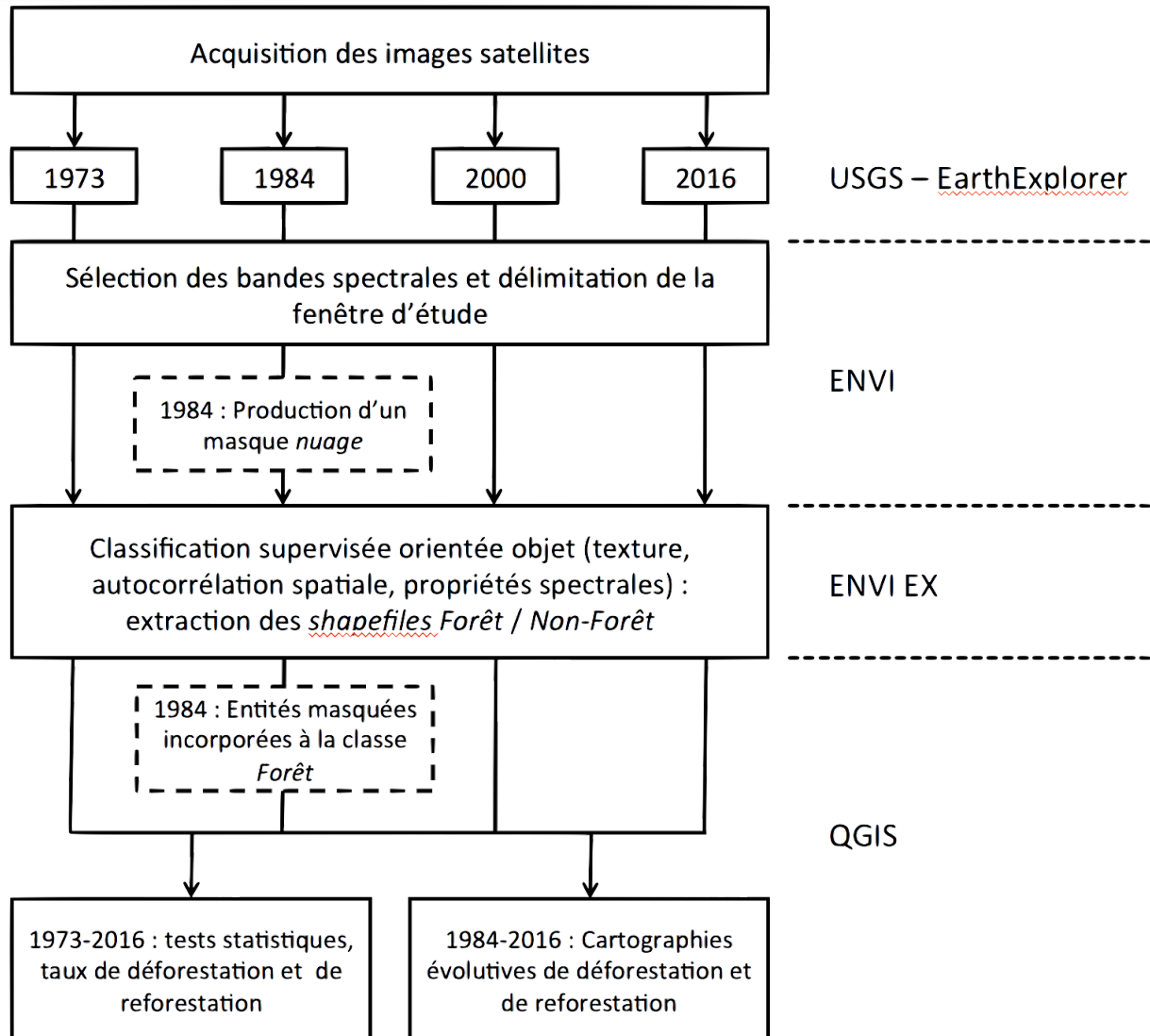


SYSTEMIC APPROACH OF THE LANDSCAPE DYNAMICS



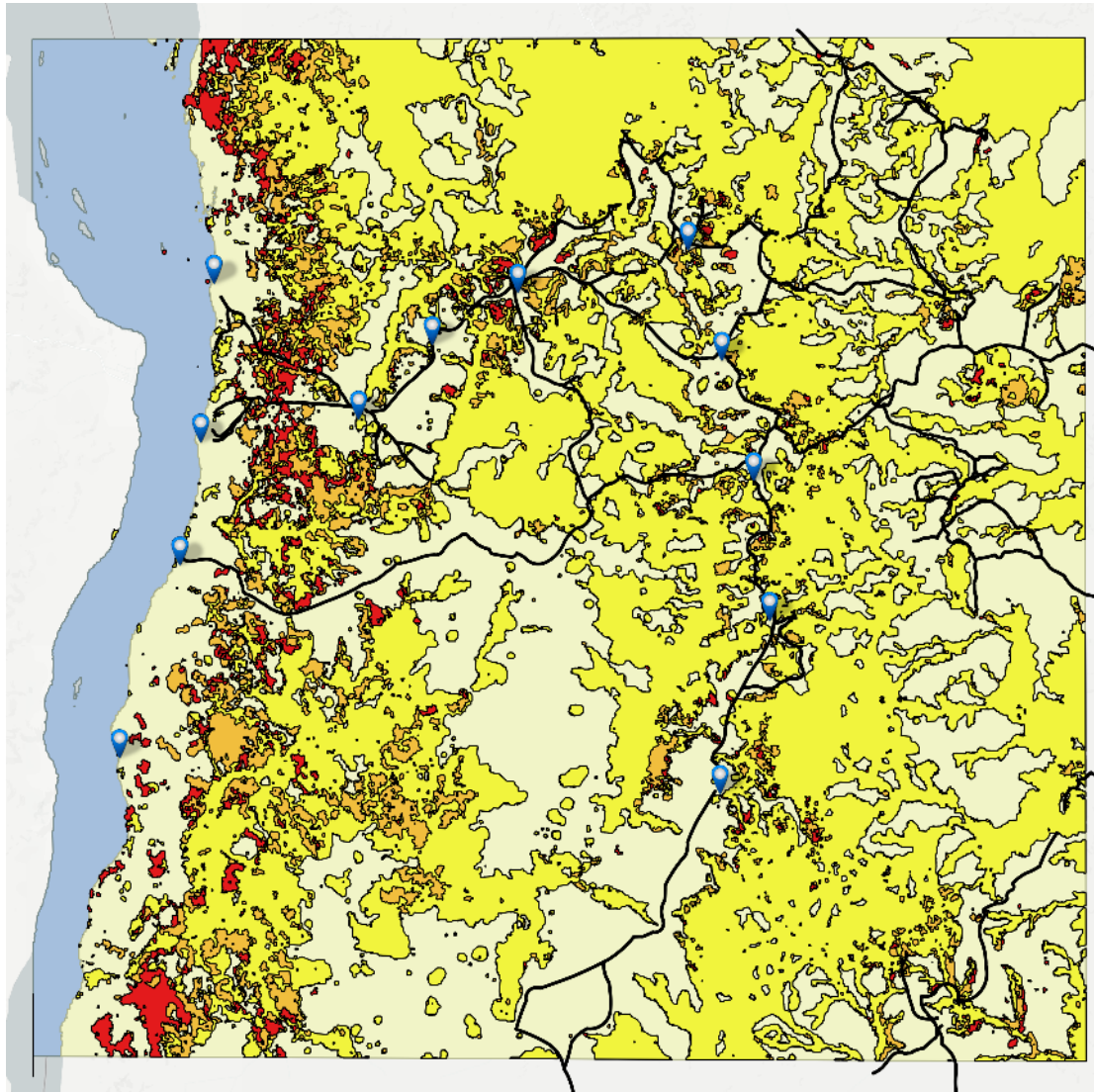
5. L'imagerie satellite

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

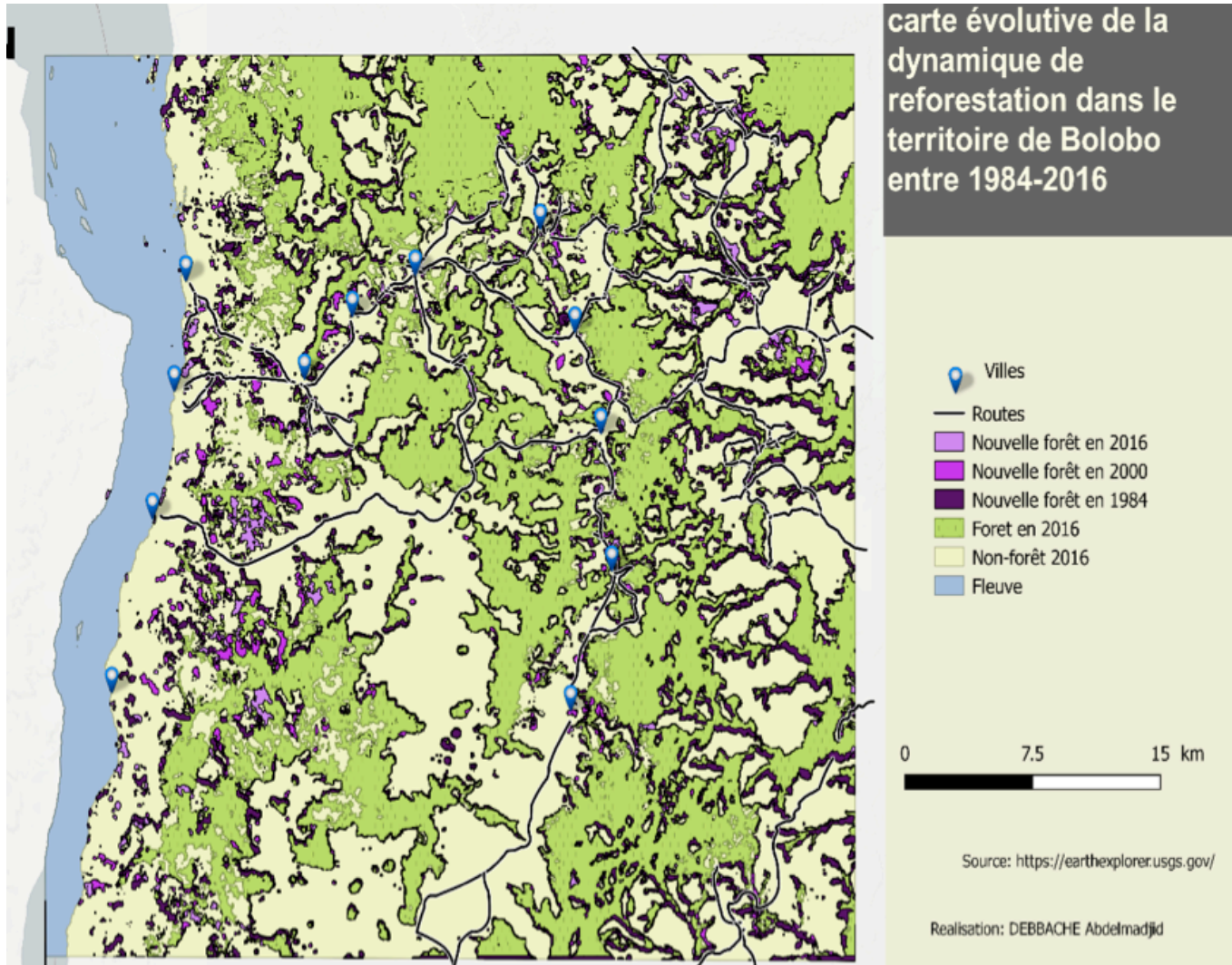


Source: earthexplorer.usgs.gov

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 (→→→)

