

Téledétection Satellitaire

LA TÉLÉDÉTECTION

PRINCIPES ET APPLICATIONS

Jean-Paul LACOMBE

& David SHEEREN

Département Agronomie & Environnement

INP
TOULOUSE

ENSAT



École Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse

1. Notion de télédétection

2. Utilités et applications

3. Image numérique et visualisation

4. Le rayonnement électromagnétique

Bases physiques

Signatures spectrales des objets

5. Les vecteurs et les capteurs

Les vecteurs

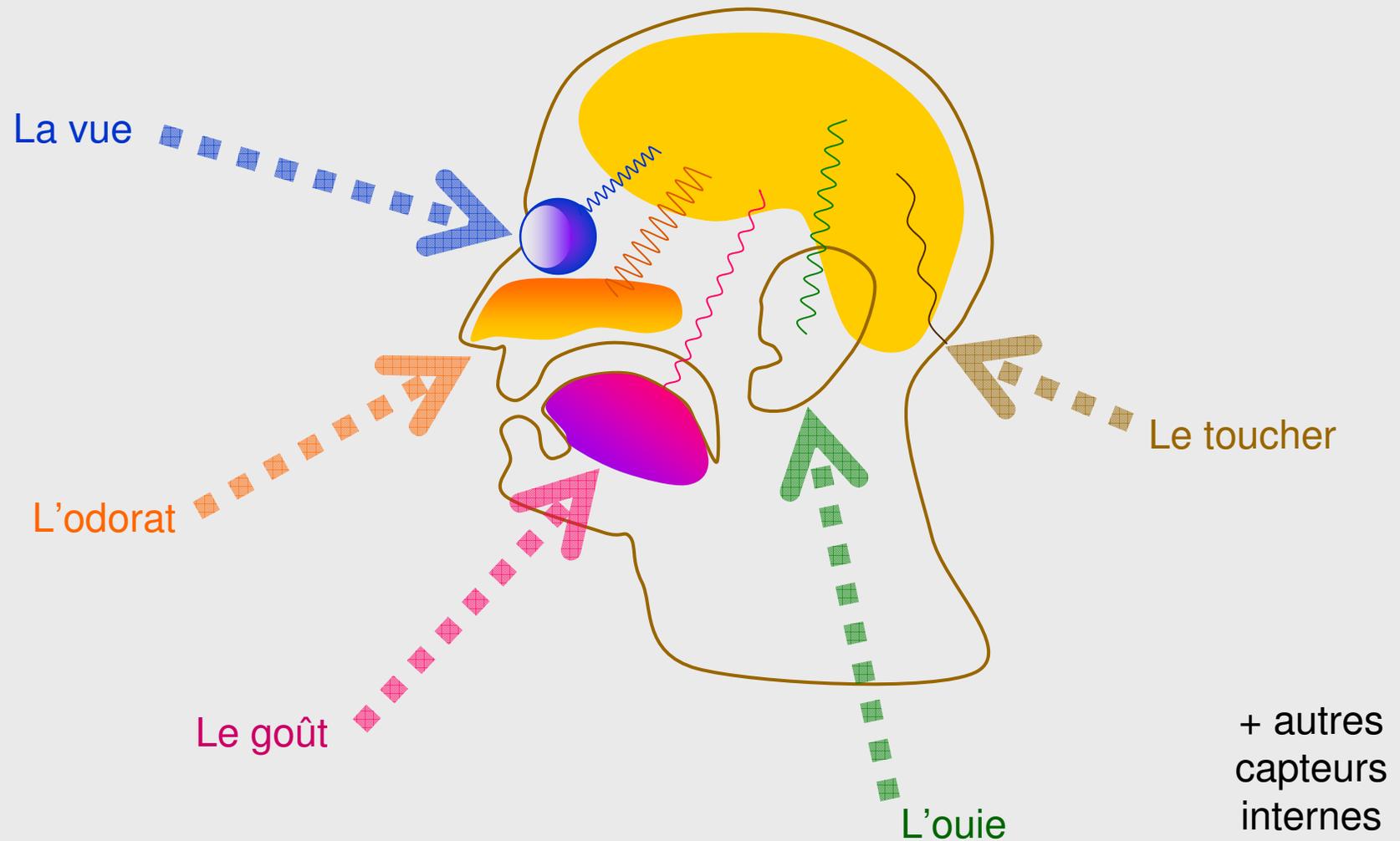
Les capteurs

6. Le traitement des images

7. Notion de couleurs

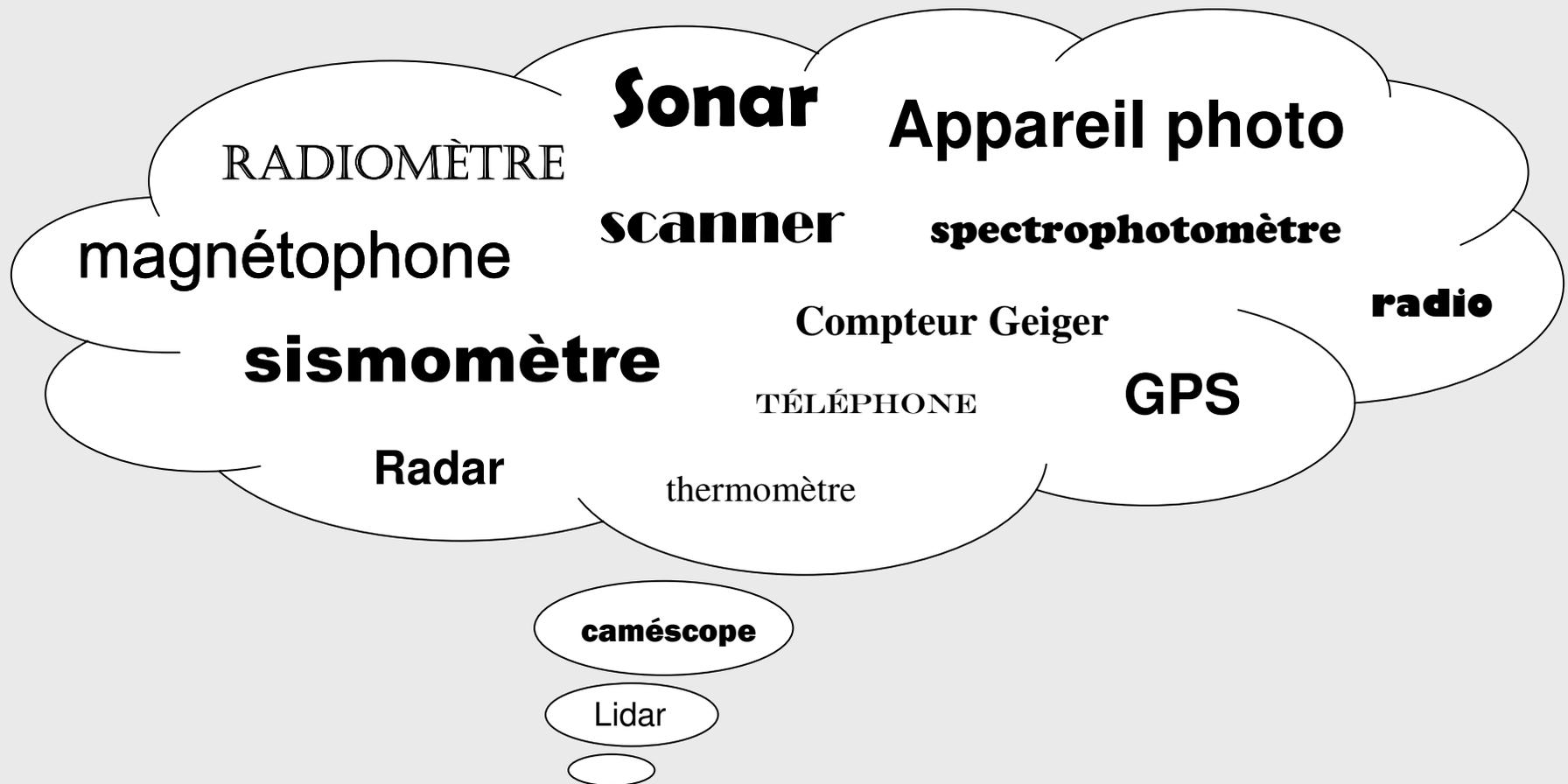
1. Notion de télédétection : une invention de la nature ?

Les plus anciens systèmes de télédétection sont des systèmes naturels



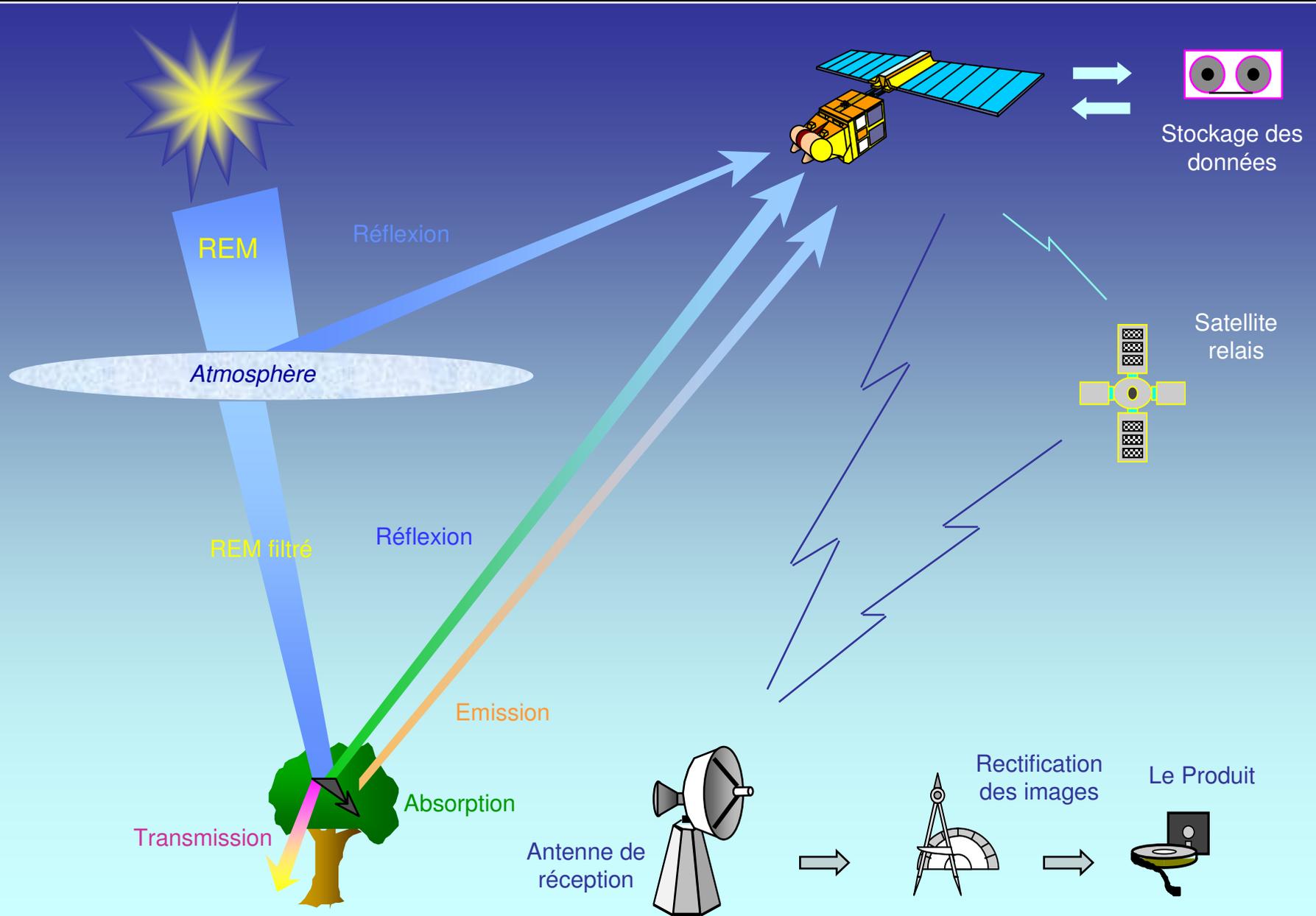
1. Notion de télédétection : une invention de l'homme ?

L'homme a créé des systèmes de télédétection artificiels :



Tout système composé d'une source émettrice, d'un capteur et d'une mémoire ... est un système d'acquisition d'information à distance

1. Notion de télédétection : le principe physique



Pourquoi observer la Terre ? à quoi ça sert ?



2. Utilités et applications

La Terre fournit des ressources aux êtres vivants



**En retour, ils doivent
« gérer » ces ressources**



Que peut-on appréhender, depuis l'espace, du milieu naturel et agricole ?

l'occupation et l'utilisation du sol

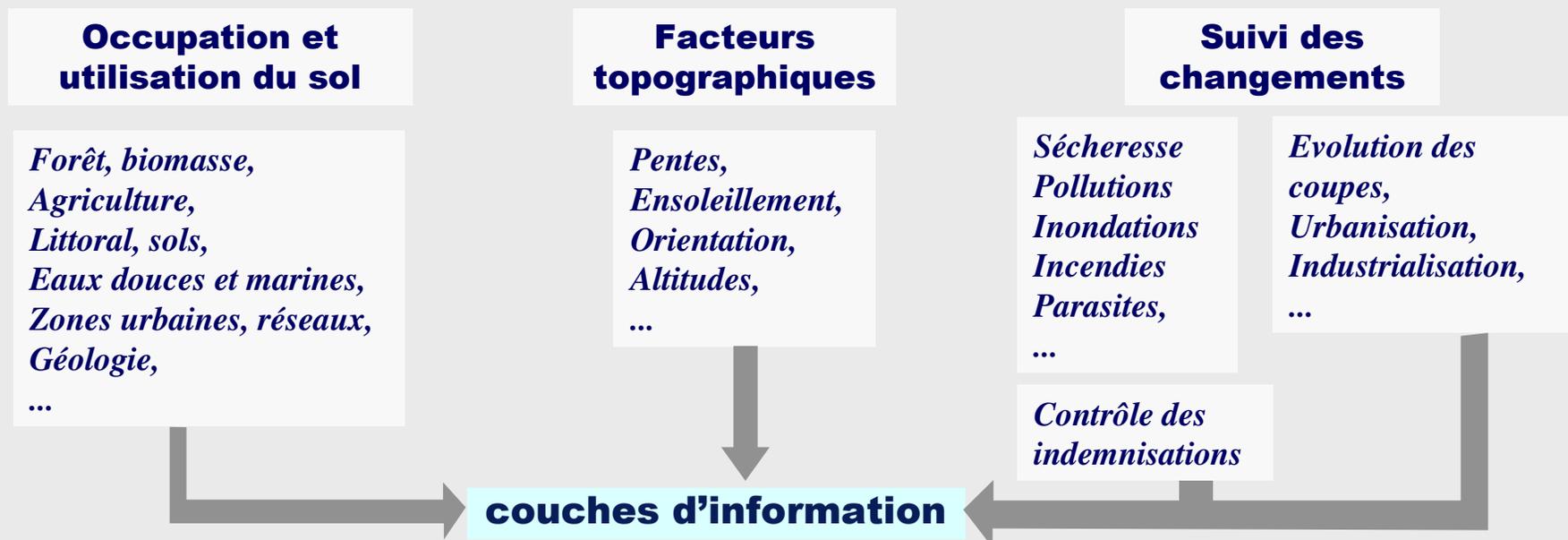
le suivi des changements

les facteurs topographiques



2. Utilités et applications

identifier - localiser - mesurer



Zones à risques, Aménagement de l'espace, Etudes d'impact, Mise à jour des cartes, Statistiques agricoles, ...

utilisations

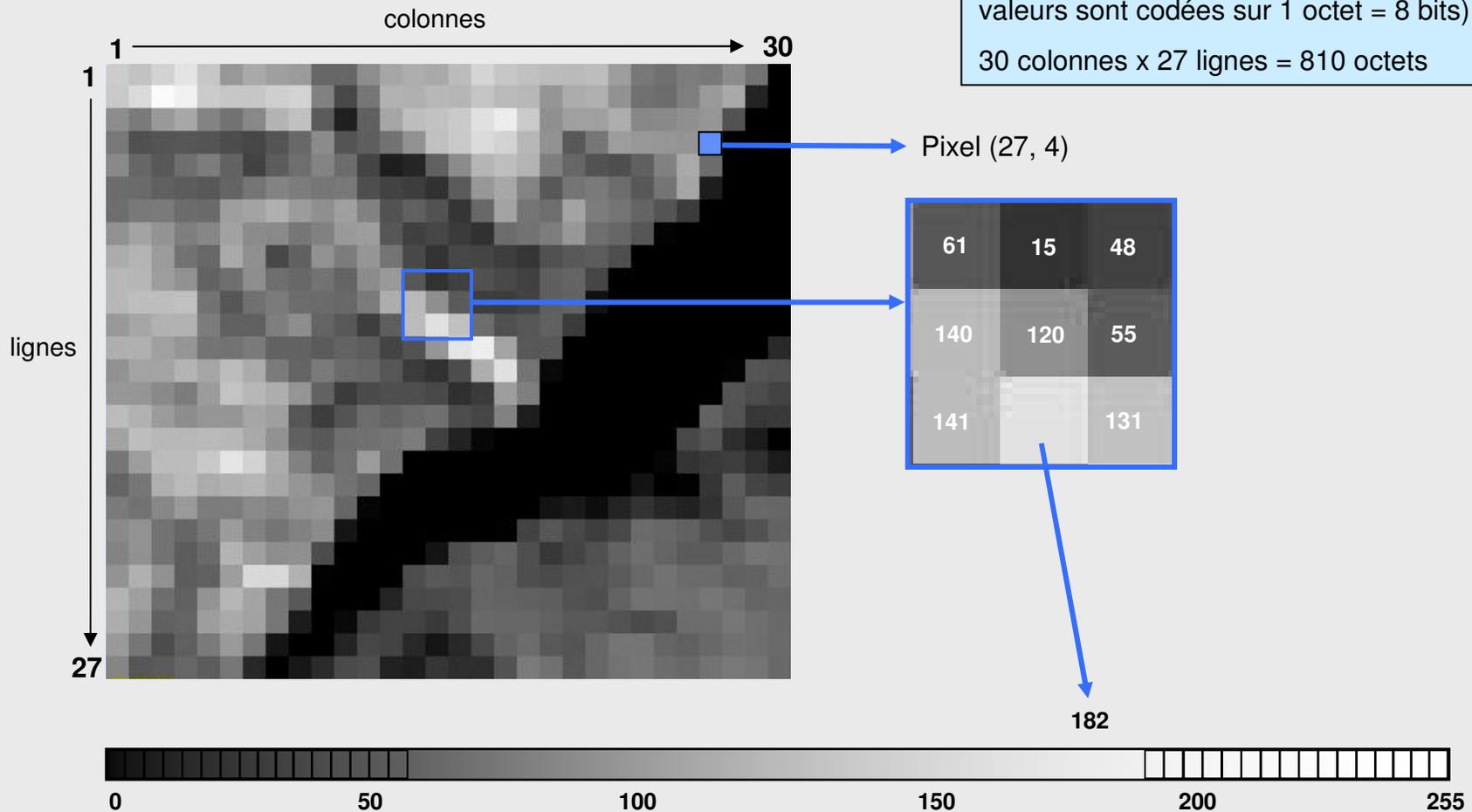
Gestion des forêts, aviation, agriculture, génie civil, géologie, architecture, cadastre, assurances, immobilier, aménagement, gestion de l'environnement, archéologie, services municipaux et départementaux, service public, CEE, etc.

3. Image numérique et visualisation

3.1 Description d'une image

- C'est une matrice de valeurs (comptes numériques) comprises entre 0 et 255
- Chaque pixel est codé par un numéro de colonne et de ligne
- La taille mémoire = Nb colonnes x Nb lignes

Ex : taille du segment d'image ci-contre (les valeurs sont codées sur 1 octet = 8 bits) :
30 colonnes x 27 lignes = 810 octets

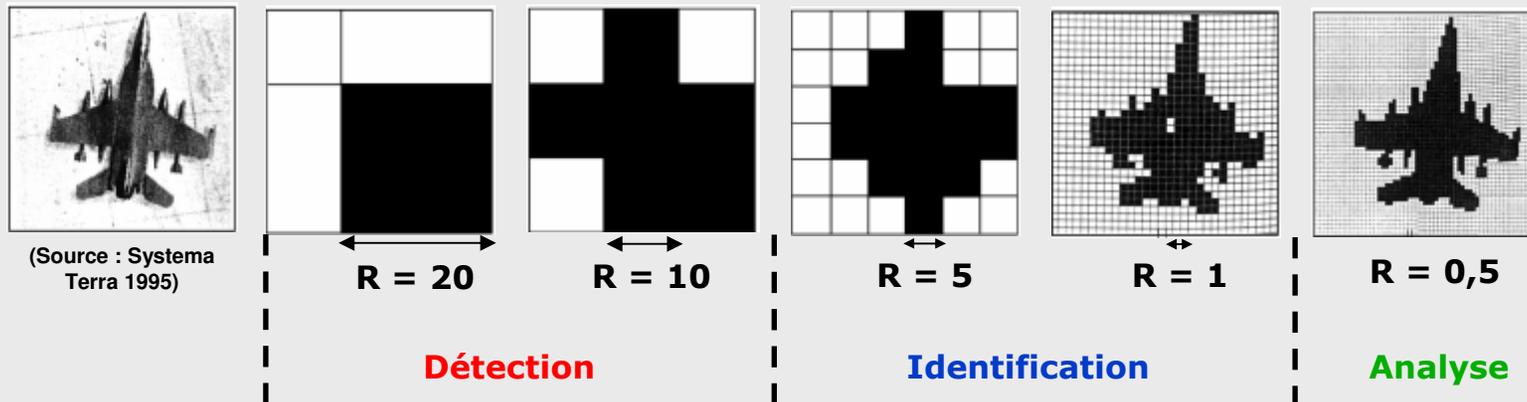


3. Image numérique et visualisation

3.2 Notion de résolution spatiale

- C'est l'aptitude du capteur à distinguer deux objets rapprochés
- Elle s'exprimera en terme de taille du pixel (R)

Perception des objets

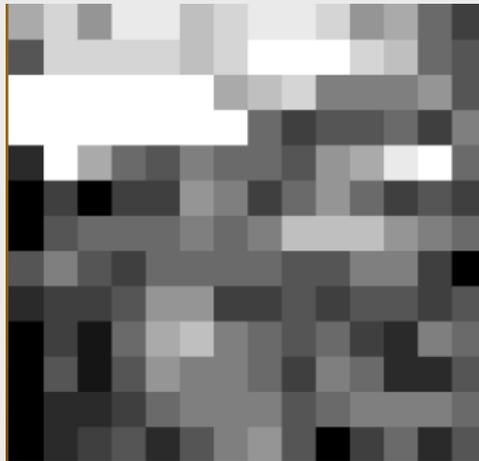


3. Image numérique et visualisation

3.2 Notion de résolution spatiale (suite)

Perception des objets

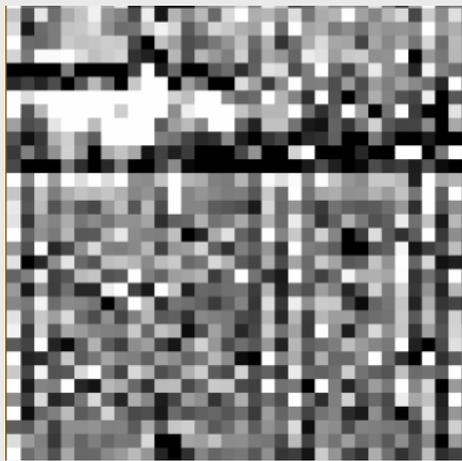
SPOT XS



R = 20 m

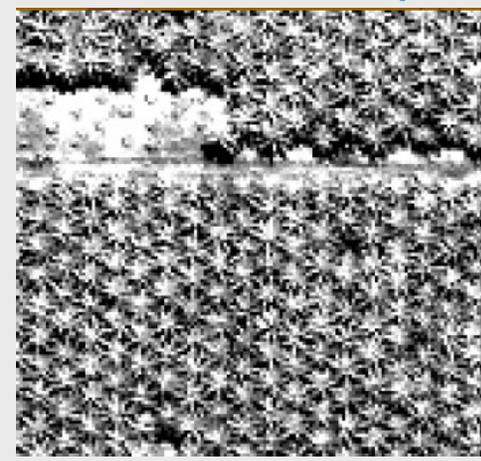
(Source : S. Labbé 2006)

Quickbird MS



R = 4 m

Ikonos Panchromatique



R = 1 m
Palmiers

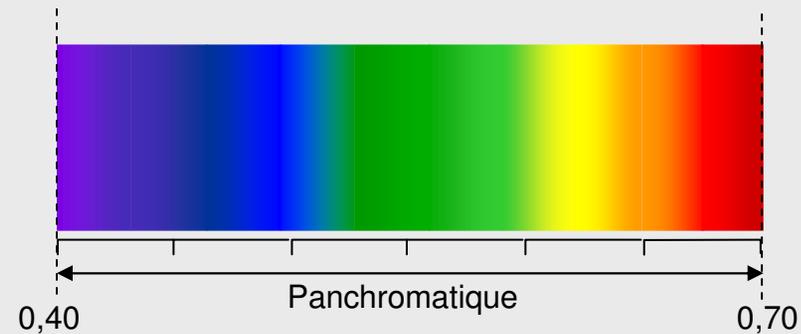
3. Image numérique et visualisation

3.3 Notion de résolution spectrale

- C'est la plus petite largeur de la bande spectrale enregistrée par le capteur
- Elle est liée à la résolution spatiale

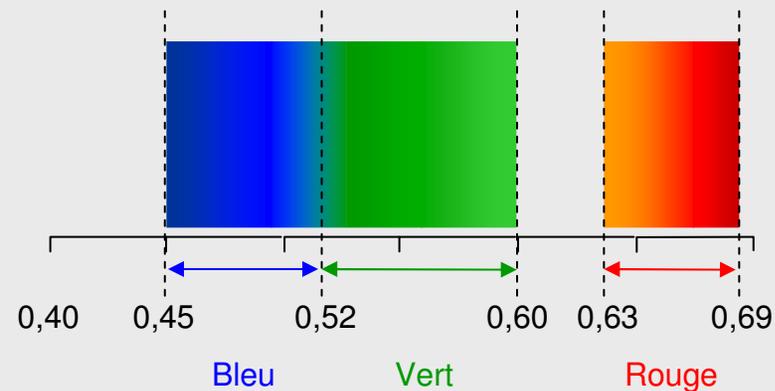
Mode panchromatique

Faible résolution spectrale



Mode multispectral

Haute résolution spectrale

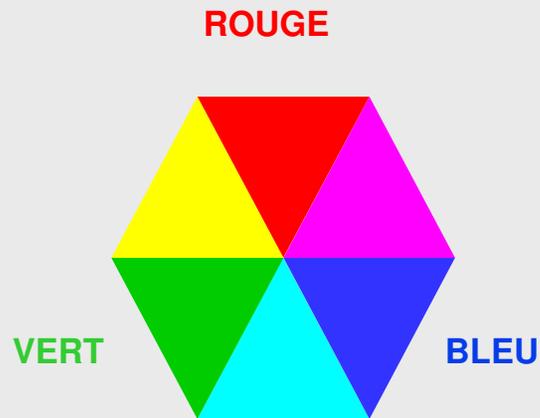


3. Image numérique et visualisation

3.4 Rappels sur la couleur - Cas du système additif (RVB)

Comment compose-t-on une couleur RVB ?

L'échelle des tons varie de 0 à 255



	0	50	100		150	180	200		220	240	255
R	■	■	■	○ ○ ○	■	■	■	○ ○ ○	■	■	■
V	■	■	■	○ ○ ○	■	■	■	○ ○ ○	■	■	■
B	■	■	■	○ ○ ○	■	■	■	○ ○ ○	■	■	■

Réalisons une combinaison RVB avec chaque couleur primaire ...

$$\triangle_R + \triangle_V = \triangle_J$$

$$\triangle_R + \triangle_B = \triangle_M$$

$$\triangle_B + \triangle_V = \triangle_C$$

Par exemple

$$\left\{ \begin{array}{l} R \ 240 \\ V \ 200 \\ B \ 100 \end{array} \right. \dots \text{on obtient } \square_{\text{Jaune-orangé}}$$

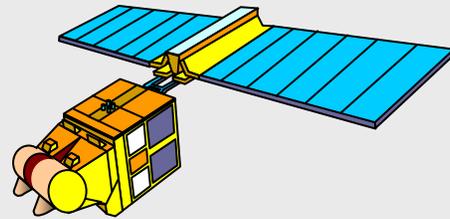
Ou encore

$$\left\{ \begin{array}{l} R \ 180 \\ V \ 180 \\ B \ 180 \end{array} \right. \dots \text{on obtient } \square_{\text{gris clair}}$$

3. Image numérique et visualisation

3.5 Visualisation des données spectrales

... à partir des couleurs primaires RVB



Bandes spectrales

Couleurs primaires

Bande PROCHE INFRA-ROUGE



R

Bande ROUGE



V

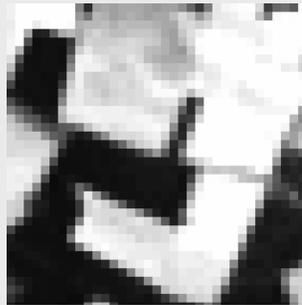
Bande VERTE



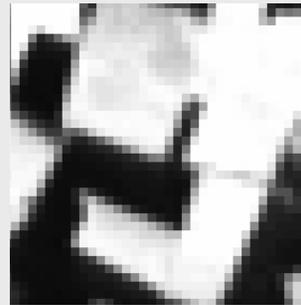
B

3. Image numérique et visualisation

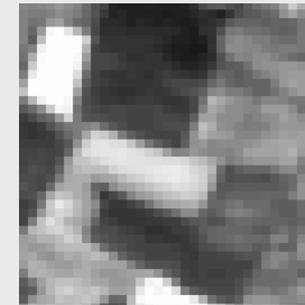
3.6 Les données générées par chaque bande spectrale



Canal 1

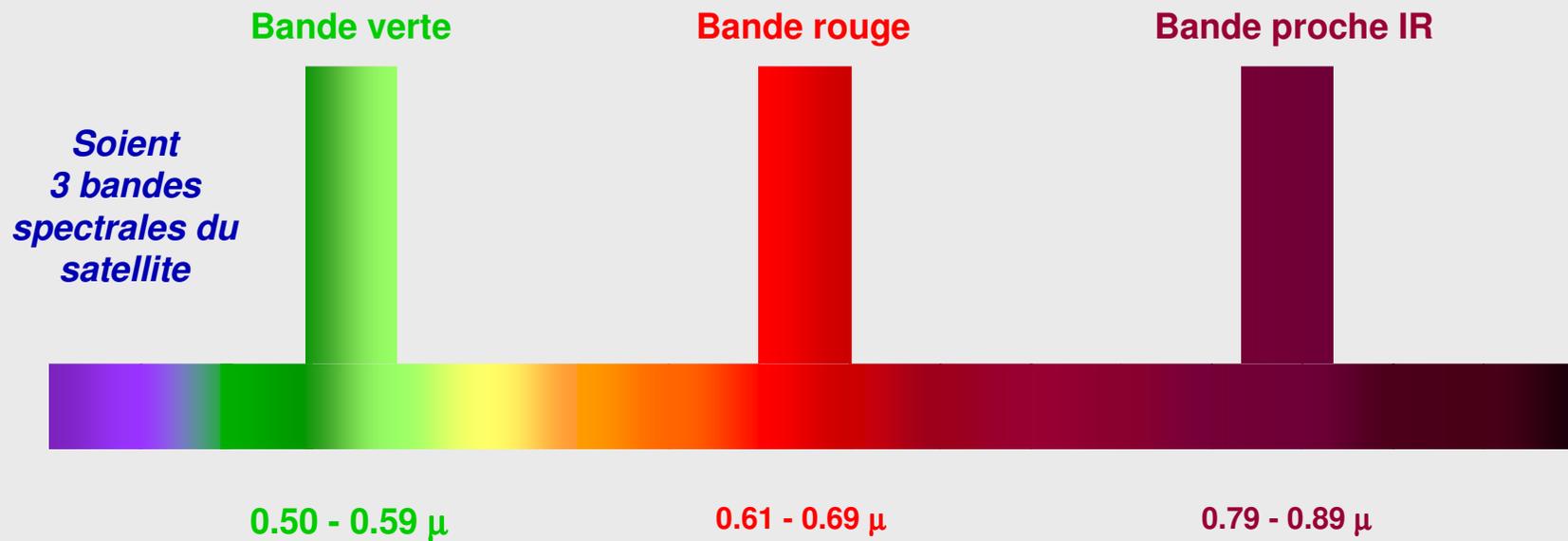


Canal 2



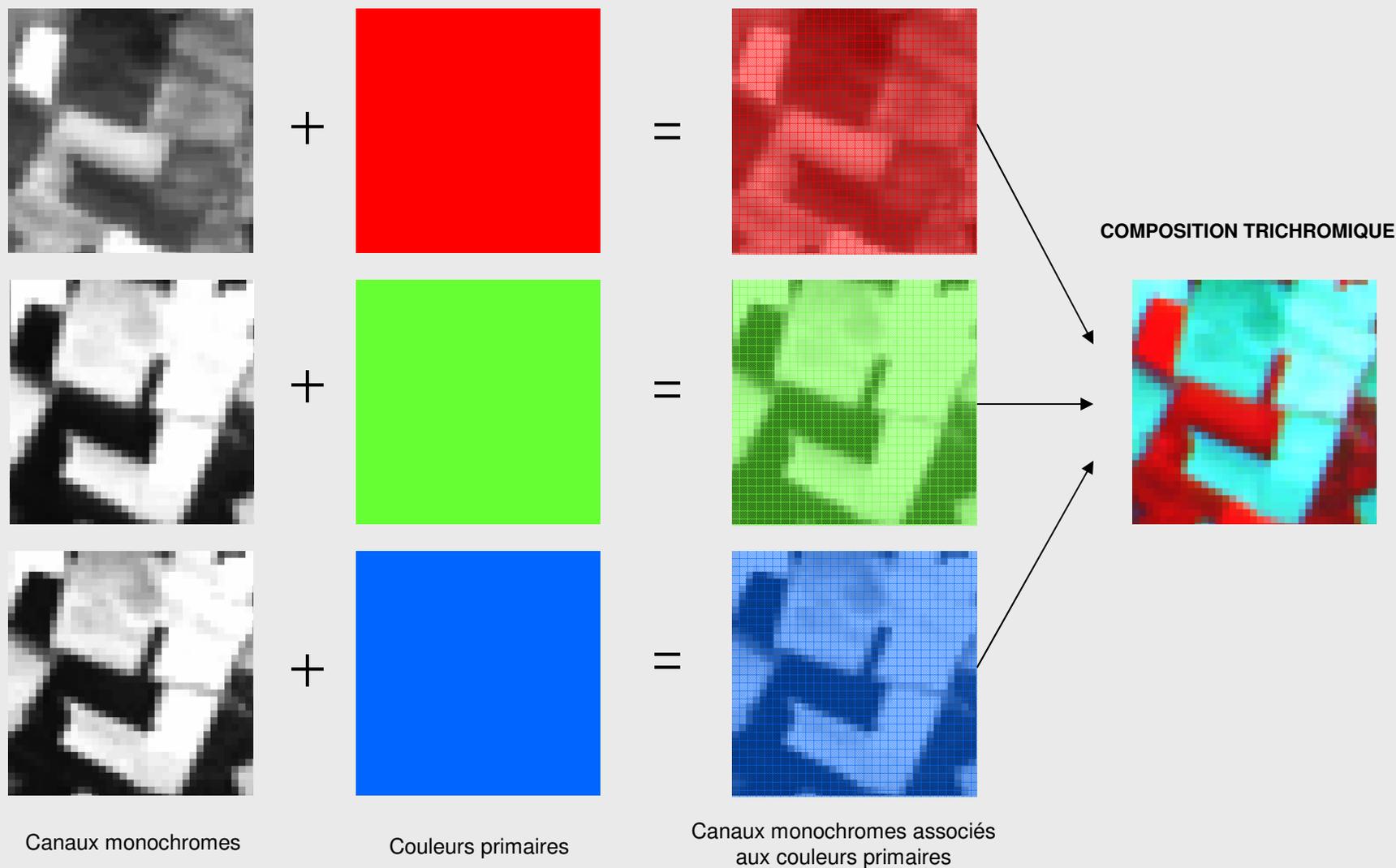
Canal 3

Elles vont générer simultanément 3 matrices de données



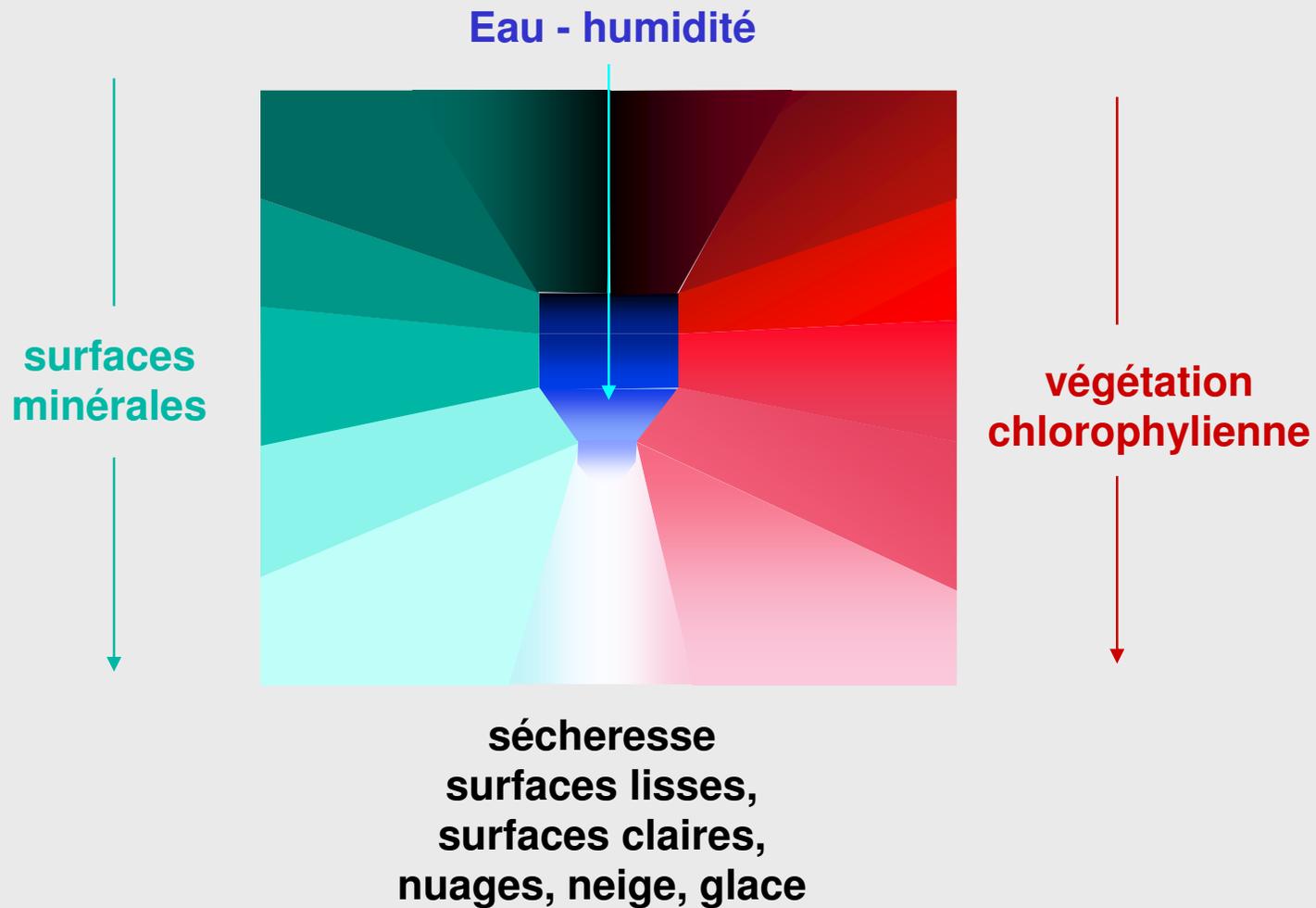
3. Image numérique et visualisation

3.7 La composition trichromique : superposition de trois couches monochromes RVB



3. Image numérique et visualisation

3.8 Lecture d'une image brute : légende chromatique



4. Le rayonnement électromagnétique (REM)

4.1 Bases physiques

Le spectre électromagnétique

Définitions

Propriétés du REM

4.2 Les signatures spectrales des objets

Objets statiques : minéraux, roches et sols

Objets dynamiques : végétation, faune

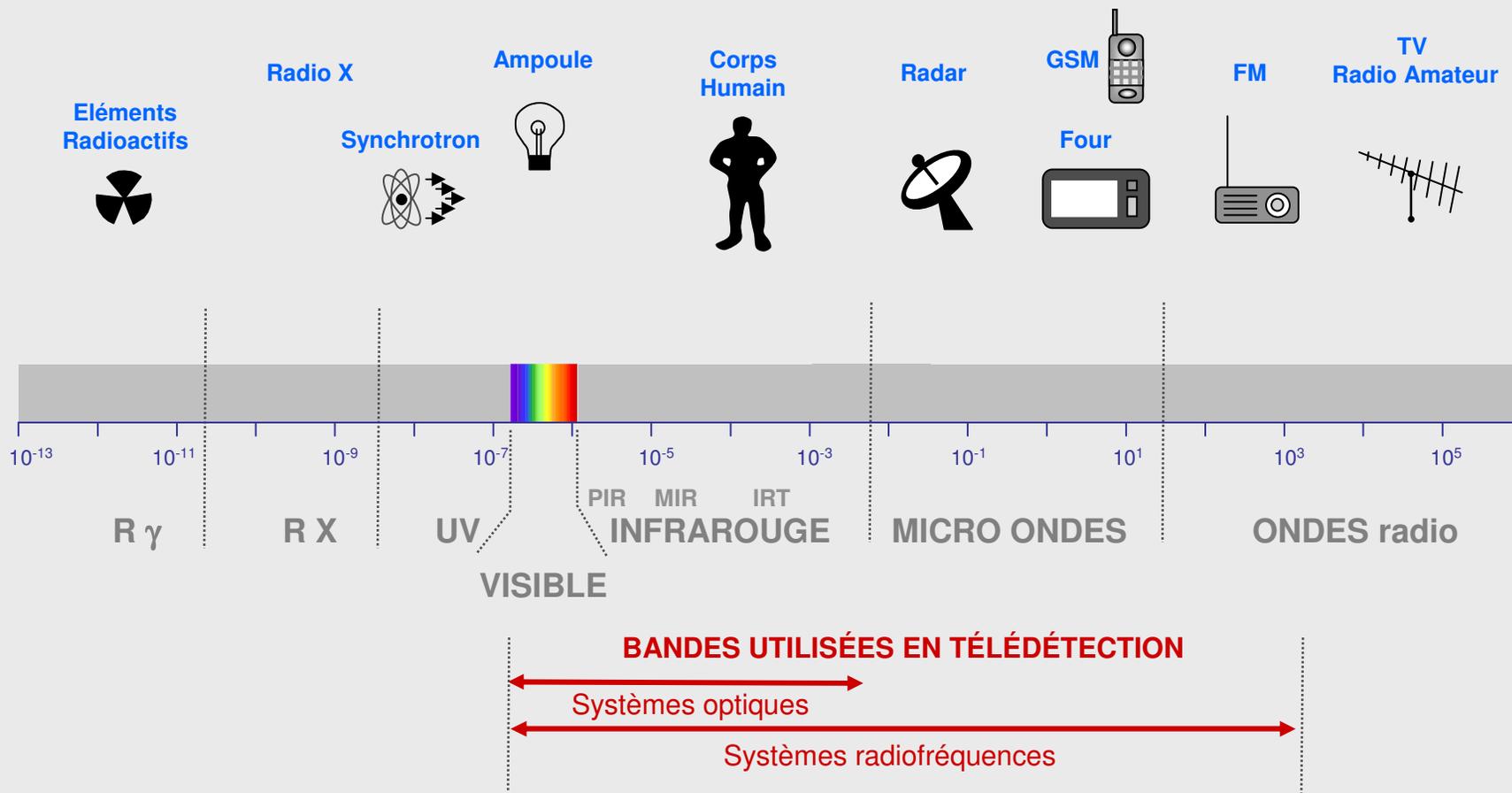
L'eau : liquide, gazeuse, solide

Autres Objets : artificiels, urbains

4. Le rayonnement électromagnétique (REM)

4.1 Bases physiques

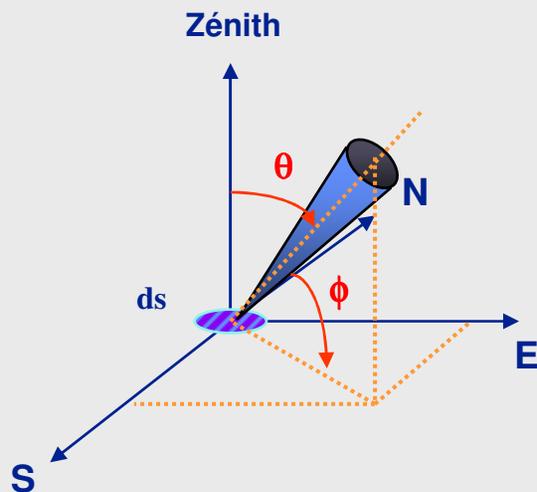
4.1.1 Le spectre électromagnétique



4. Le rayonnement électromagnétique (REM)

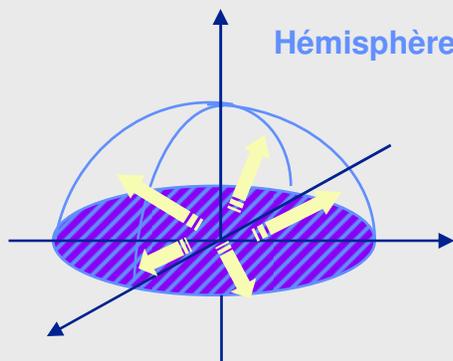
4.1 Bases physiques

4.1.2 Définitions : **luminance**, **émittance**, **éclairement**



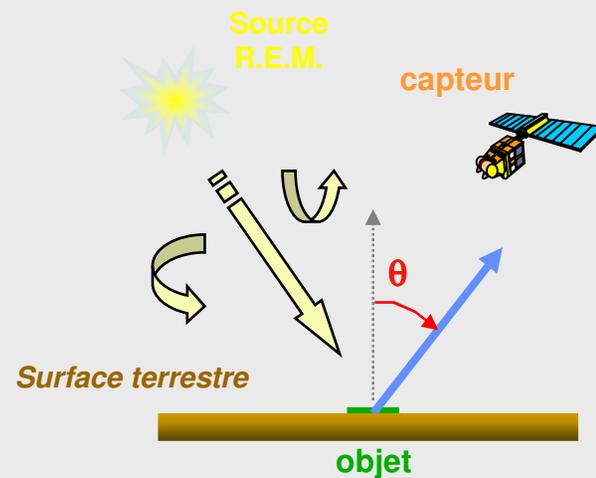
LUMINANCE

Puissance émise, par unité d'angle solide et par unité de surface apparente d'une *source étendue* **dans une direction donnée**



ÉMITTANCE

Puissance émise, par unité par unité de surface d'une *source étendue* **dans toutes les directions (hémisphère)**



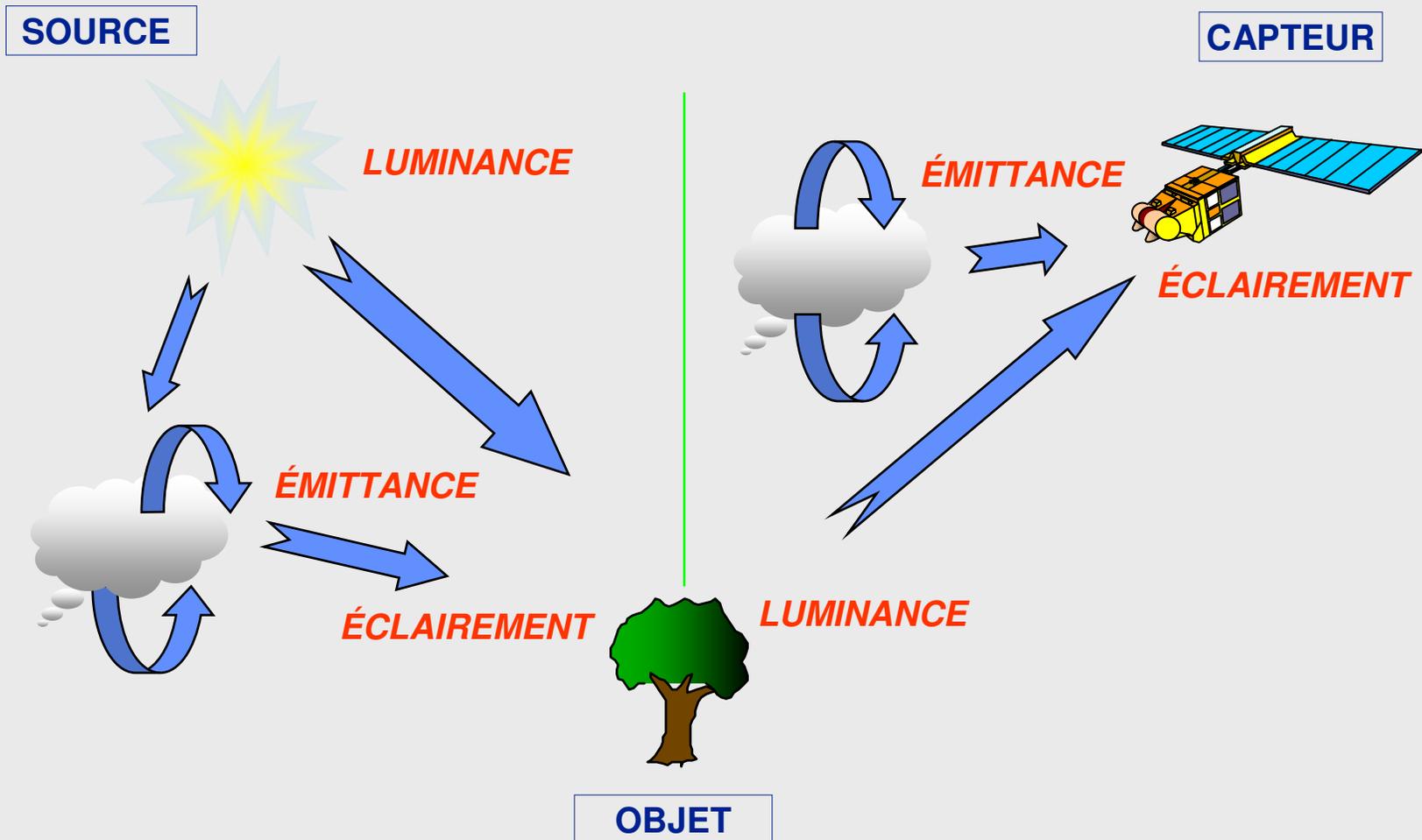
ÉCLAIREMENT

Puissance reçue, par unité de surface en provenance de **toutes les directions (hémisphère)**

4. Le rayonnement électromagnétique (REM)

4.1 Bases physiques

4.1.2 Définitions (suite)

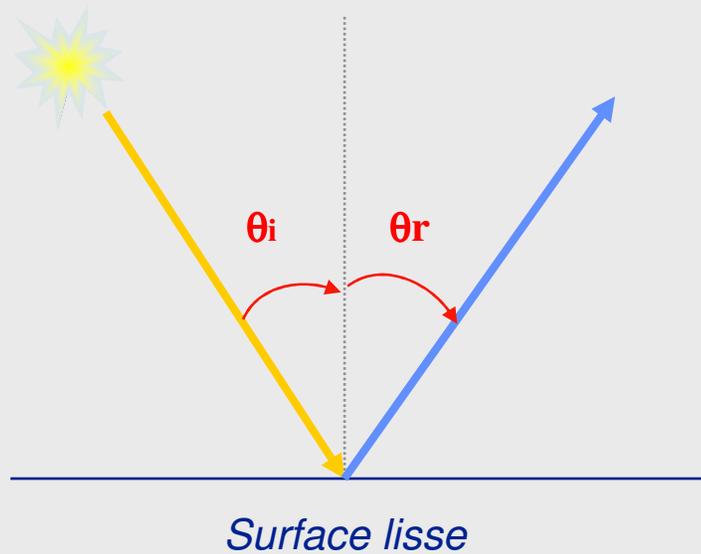


4. Le rayonnement électromagnétique (REM)

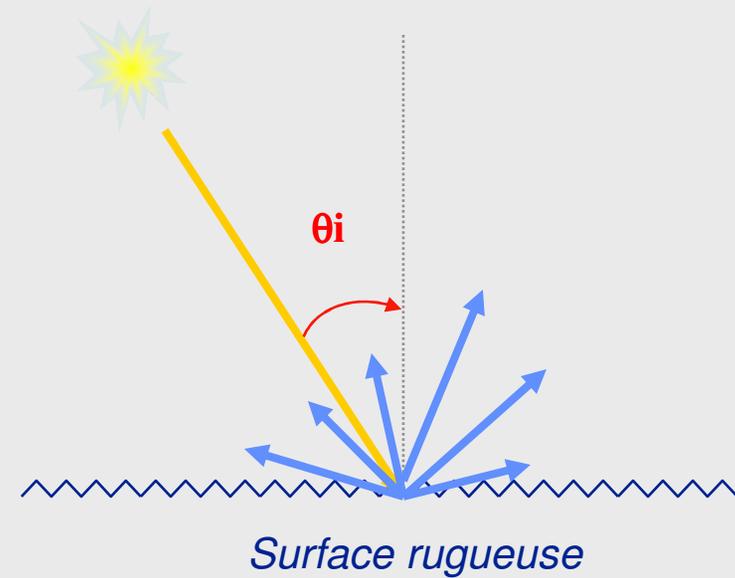
4.1 Bases physiques

4.1.3 Propriétés du REM : la réflexion

réflexion spéculaire



réflexion diffuse



4. Le rayonnement électromagnétique (REM)

4.1 Bases physiques

4.1.4 Propriétés du REM : la réflectance

Elle mesure la capacité d'une surface à réfléchir l'énergie incidente

*Elle dépend de 2 directions (celle du soleil et celle du capteur)
On parle de réflectance bidirectionnelle*

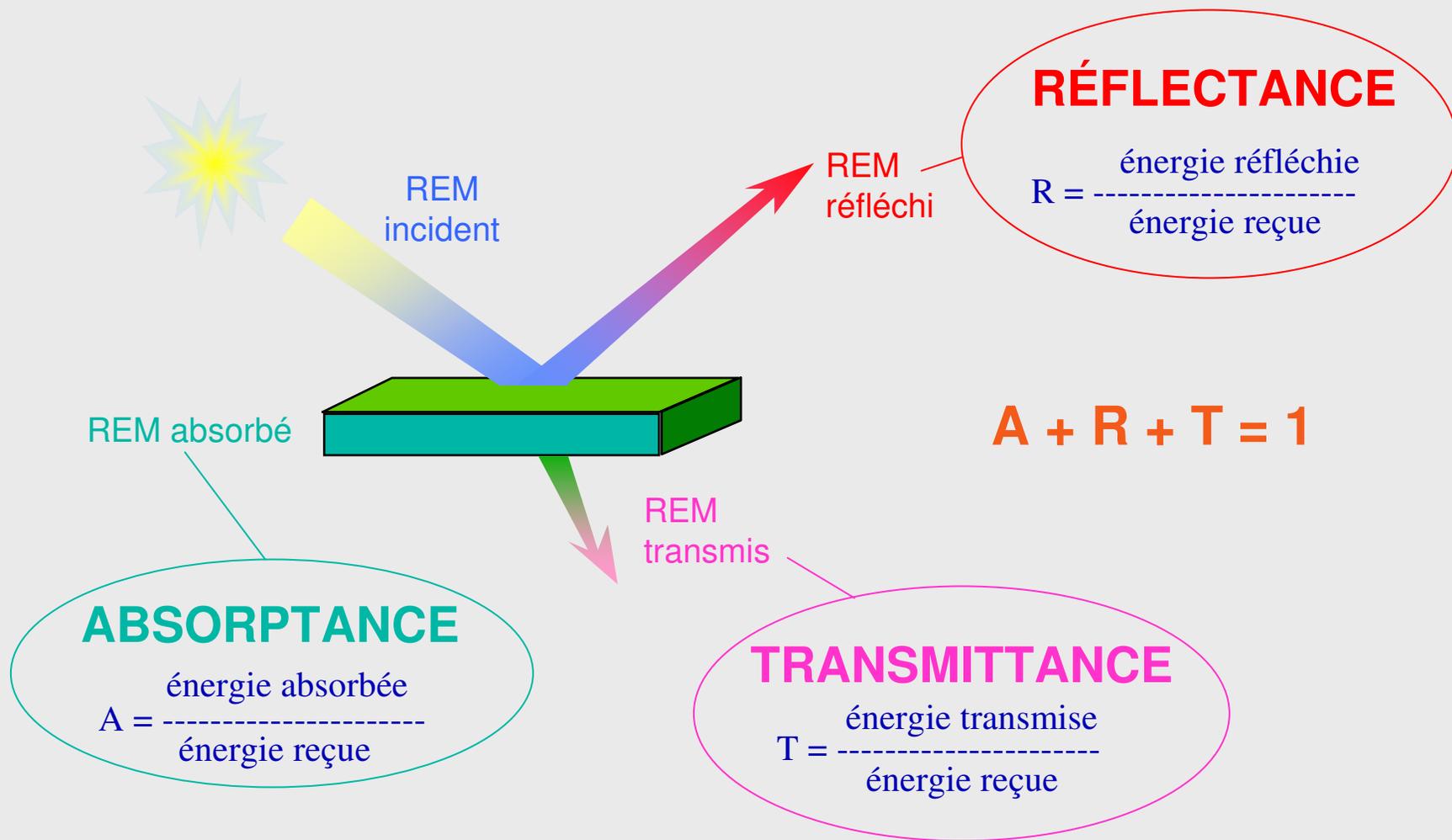
Elle doit être indépendante de l'éclairement solaire reçu par l'objet (en effet, la luminance dépend de la saison).

C'est pourquoi on la quantifie en divisant la luminance de l'objet par son éclairement. On conserve ainsi l'information inhérente à l'objet.

4. Le rayonnement électromagnétique (REM)

4.1 Bases physiques

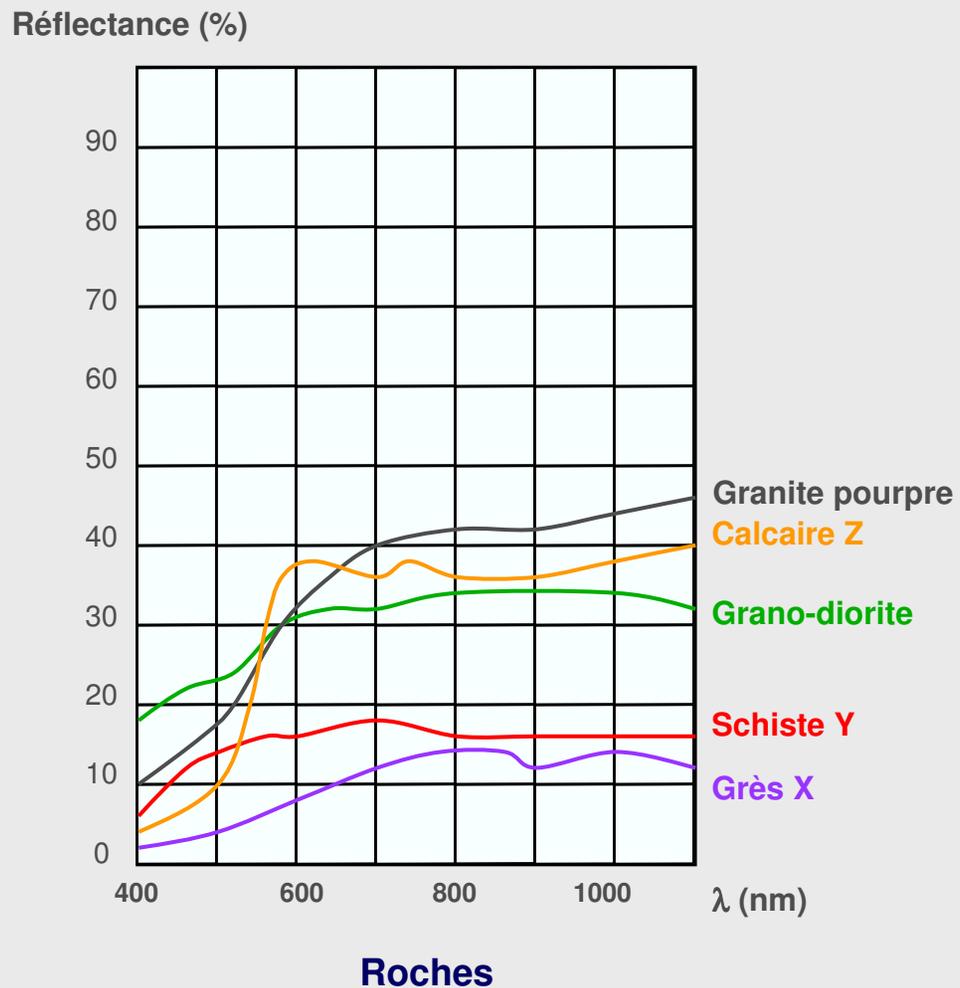
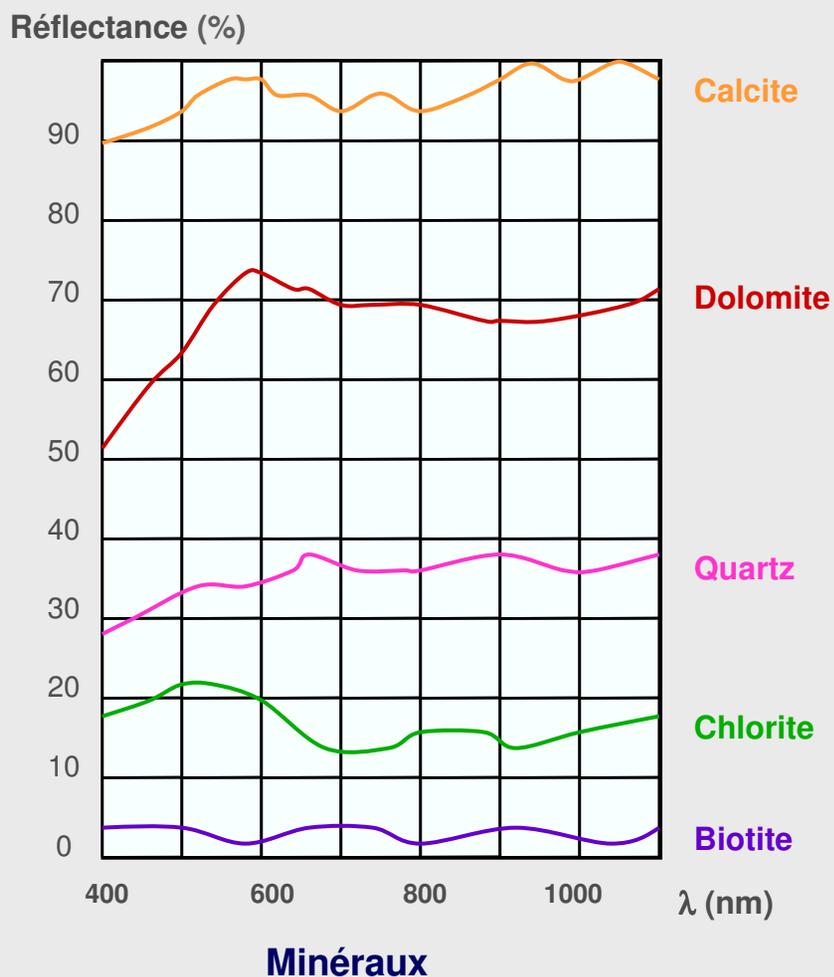
4.1.5 Propriétés du REM : absorption, réflexion, transmission



4. Le rayonnement électromagnétique (REM)

4.2 Signature spectrale

4.2.1 objets statiques : réflectance des minéraux et roches (en laboratoire)

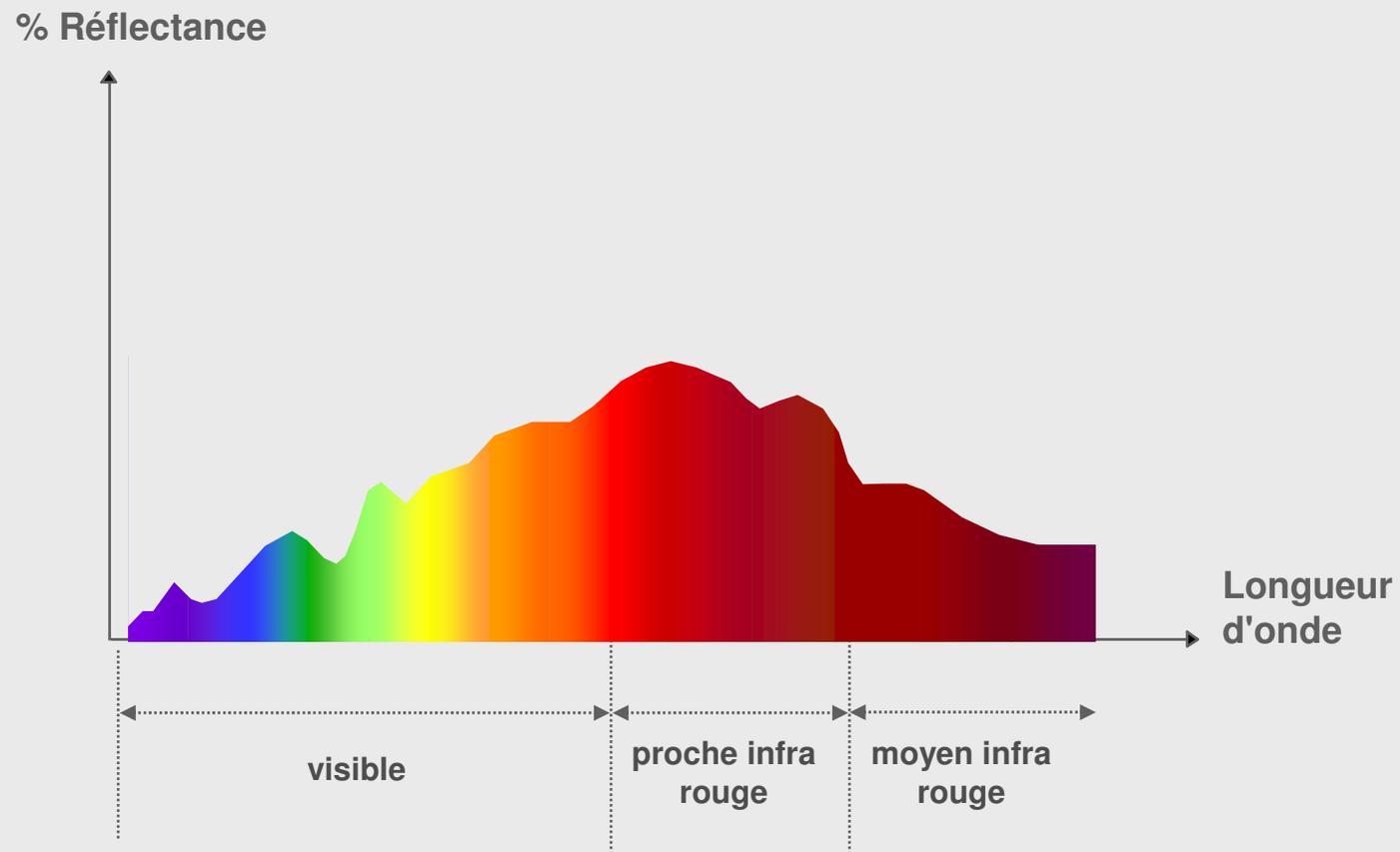


4. Le rayonnement électromagnétique (REM)

4.2 Signature spectrale

4.2.1 objets statiques : les sols

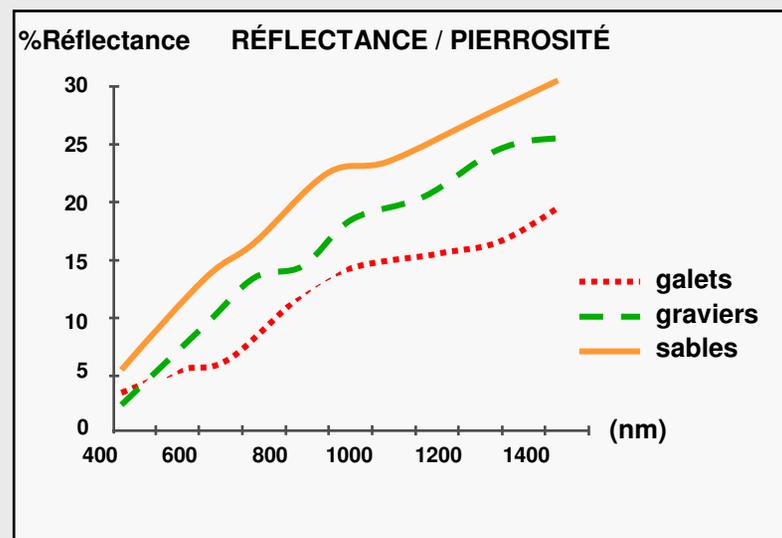
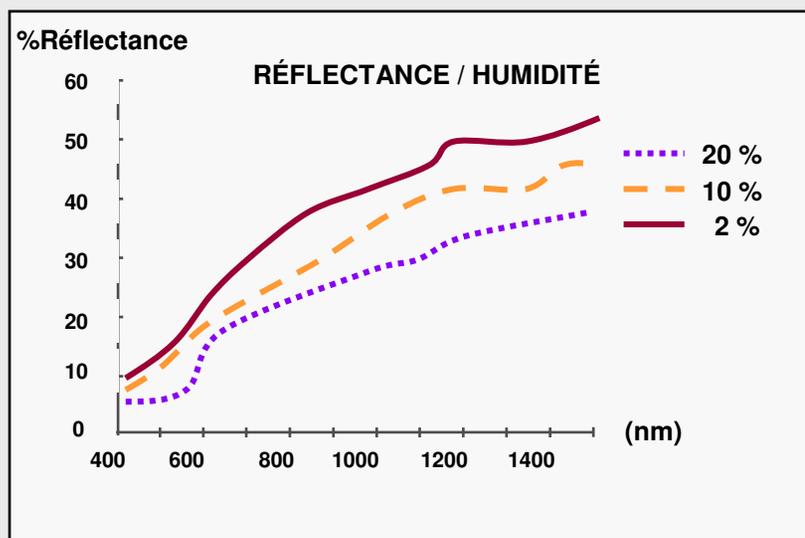
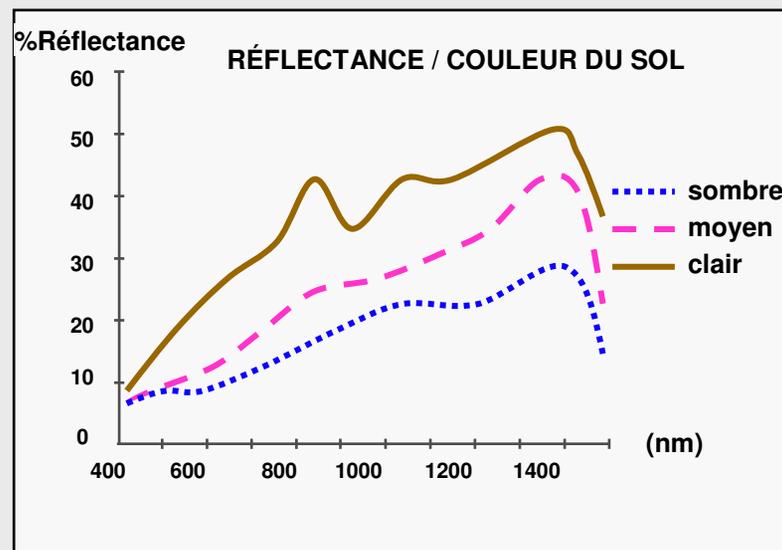
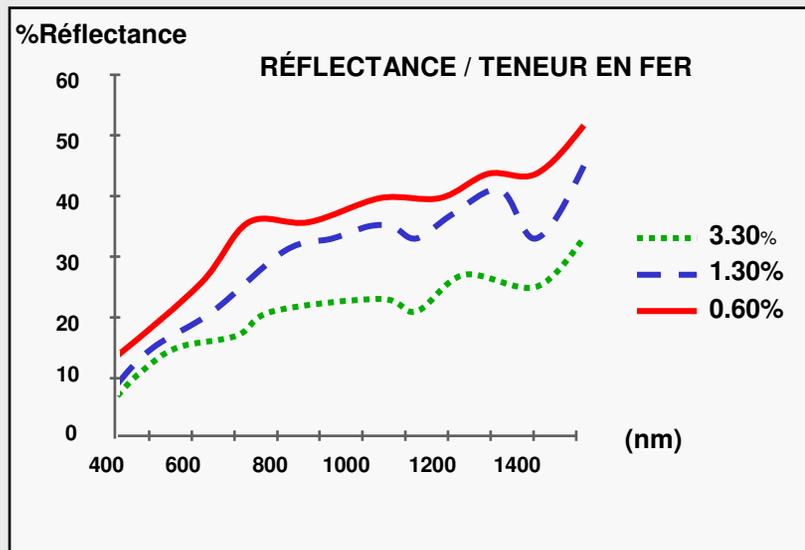
Courbe de réflectance d'un sol



4. Le rayonnement électromagnétique (REM)

4.2 Signature spectrale

4.2.1 objets statiques : facteurs modifiant la réflectance des sols



4. Le rayonnement électromagnétique (REM)

4.2 Signature spectrale

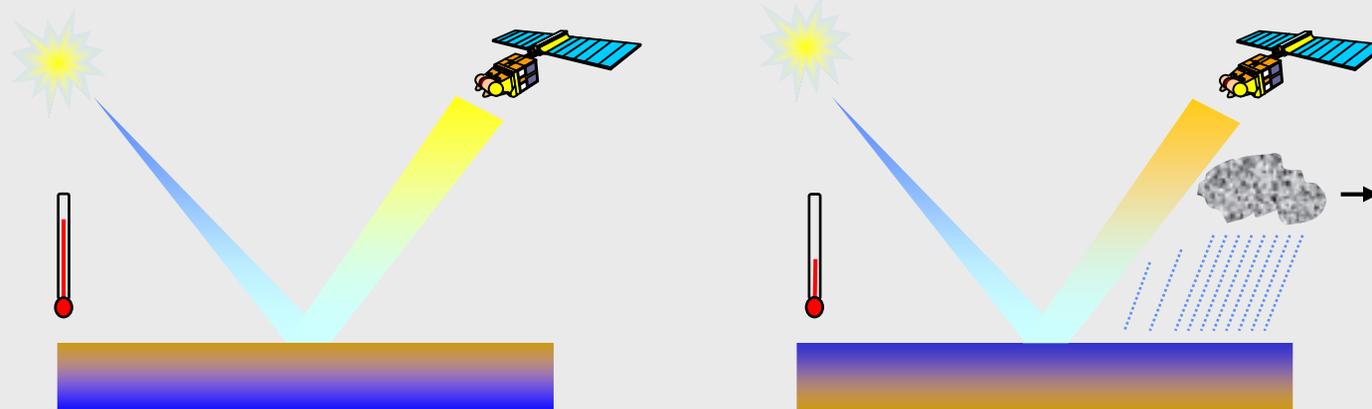
4.2.1 objets statiques : les sols

➤ **Autres facteurs modifiant la réflectance des sols**

la rugosité

la teneur en matière organique

➤ **La réflectance est une mesure de surface**



**Sol humide en
profondeur**
**croûte plus sèche en
surface**

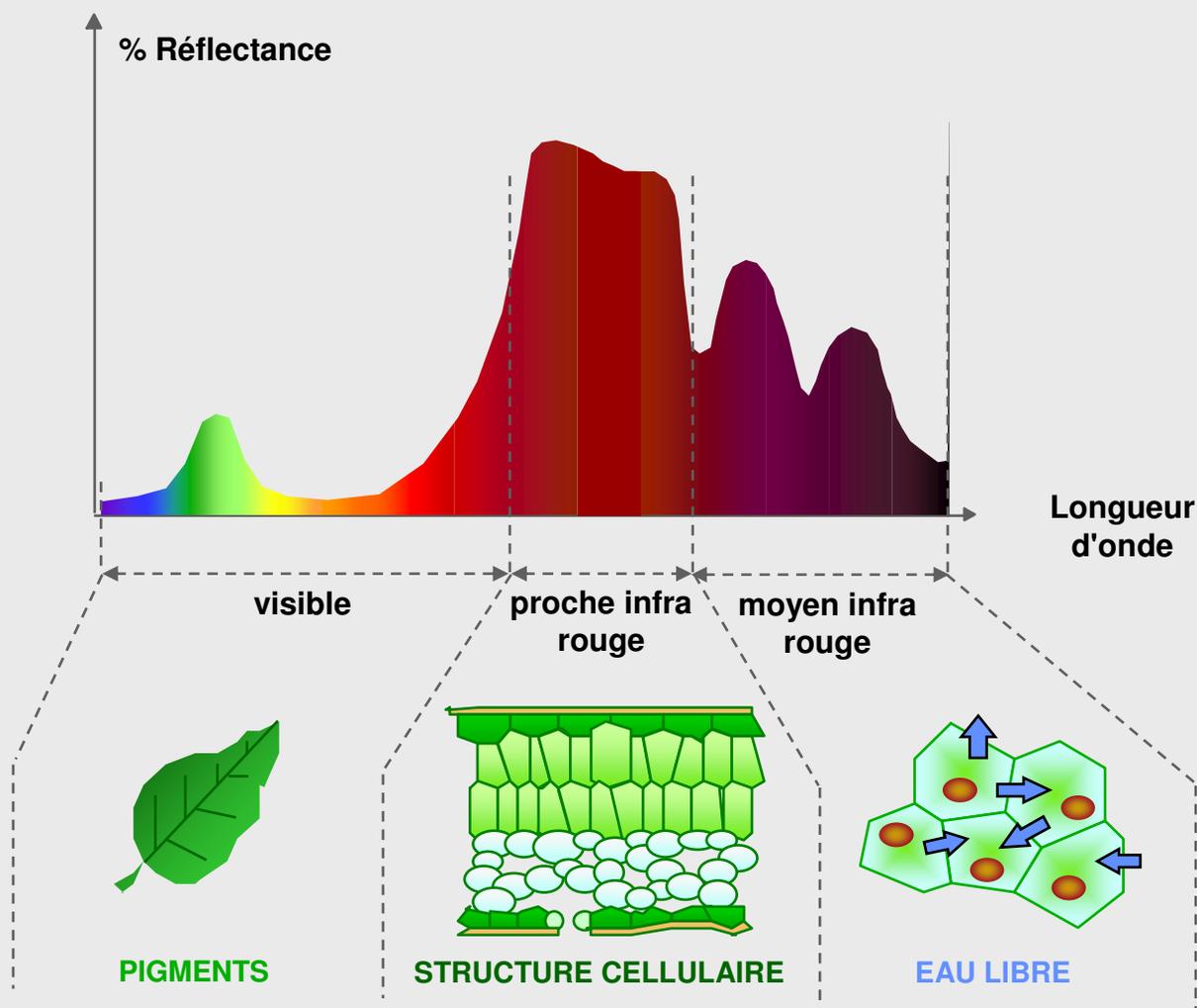
Sol sec en profondeur
**croûte plus humide en
surface**

4. Le rayonnement électromagnétique (REM)

4.2 Signature spectrale

4.2.2 objets dynamiques : les végétaux chlorophylliens

Courbe de réflectance d'un végétal chlorophyllien



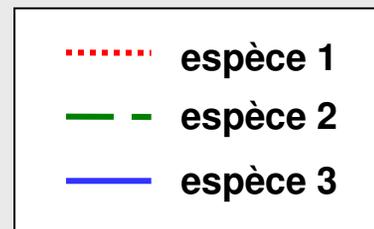
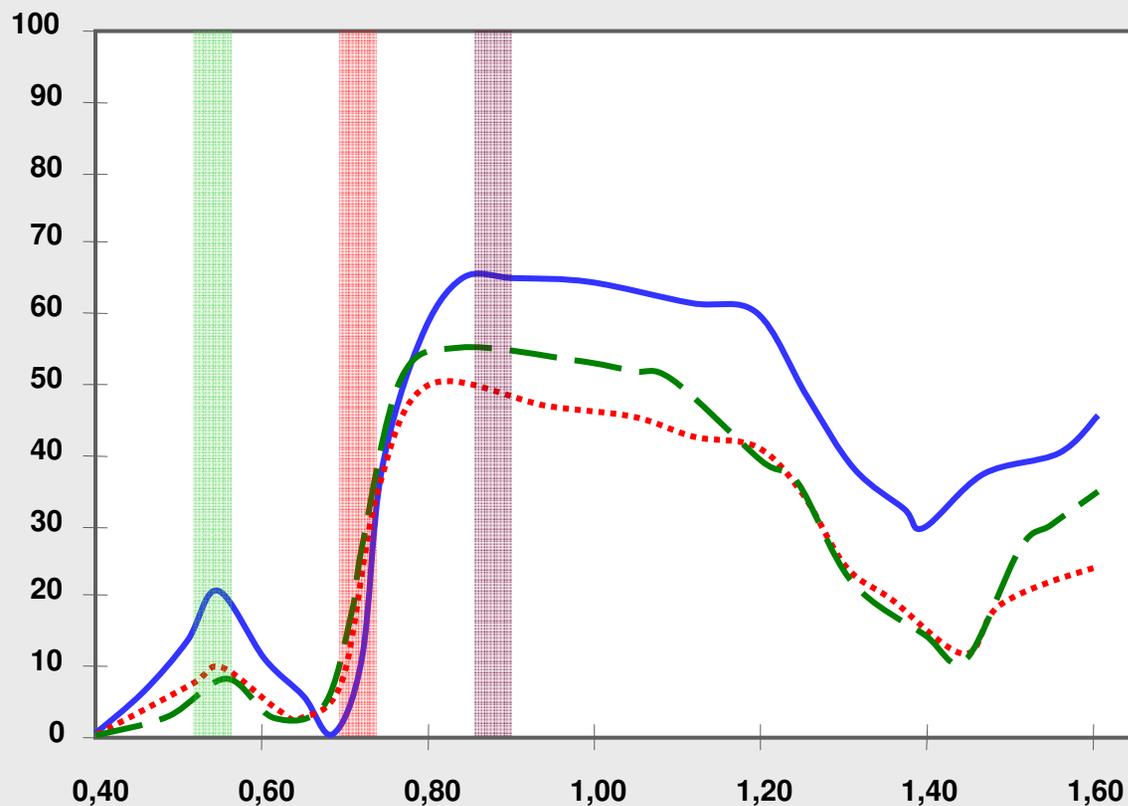
4. Le rayonnement électromagnétique (REM)

4.2 Signature spectrale

4.2.2 objets dynamiques : les végétaux chlorophylliens

Discrimination de 3 espèces végétales

Réflectance %



longueur d'onde



4. Le rayonnement électromagnétique (REM)

4.2 Signature spectrale

4.2.2 objets dynamiques : les végétaux chlorophylliens

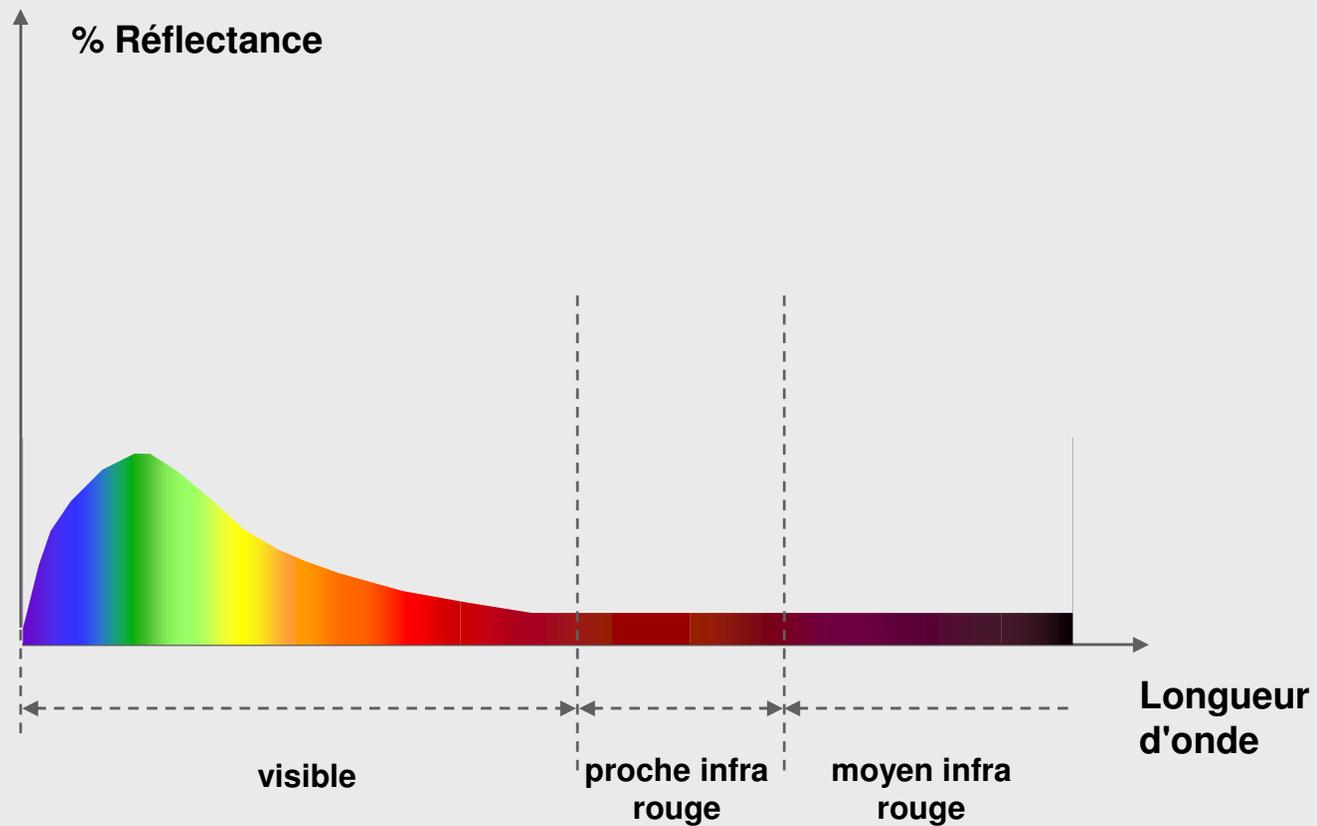
Facteurs modifiant la réflectance des végétaux

- l'épaisseur des feuilles
- la face des feuilles : face inférieure plus réfléchissante
- l'âge des feuilles
- la teneur en eau
- les déficiences minérales
- les pathologies
- les autres organes
- le port des feuilles
- l'orientation des rangs
- le stade de développement de la culture

4. Le rayonnement électromagnétique (REM)

4.2 Signature spectrale

4.2.3 l'eau : **Courbe de réflectance de l'eau liquide**



4. Le rayonnement électromagnétique (REM)

4.2 Signature spectrale

4.2.3 l'eau : propriétés des eaux



4. Le rayonnement électromagnétique (REM)

4.2 Signature spectrale

4.2.4 autres objets : artificiels, urbain

- Revêtements naturels = réflectance proche des sols
- Revêtements artificiels = réflectance variable suivant la matière, l'inclinaison, l'exposition...
- Grande hétérogénéité spectrale dans les images THRS



5.1 Les vecteurs

généralités

avion

ballon

navette spatiale

satellite

5.2 Les capteurs

les familles de capteurs

principe de détection

principe d'acquisition des données

les bandes spectrales

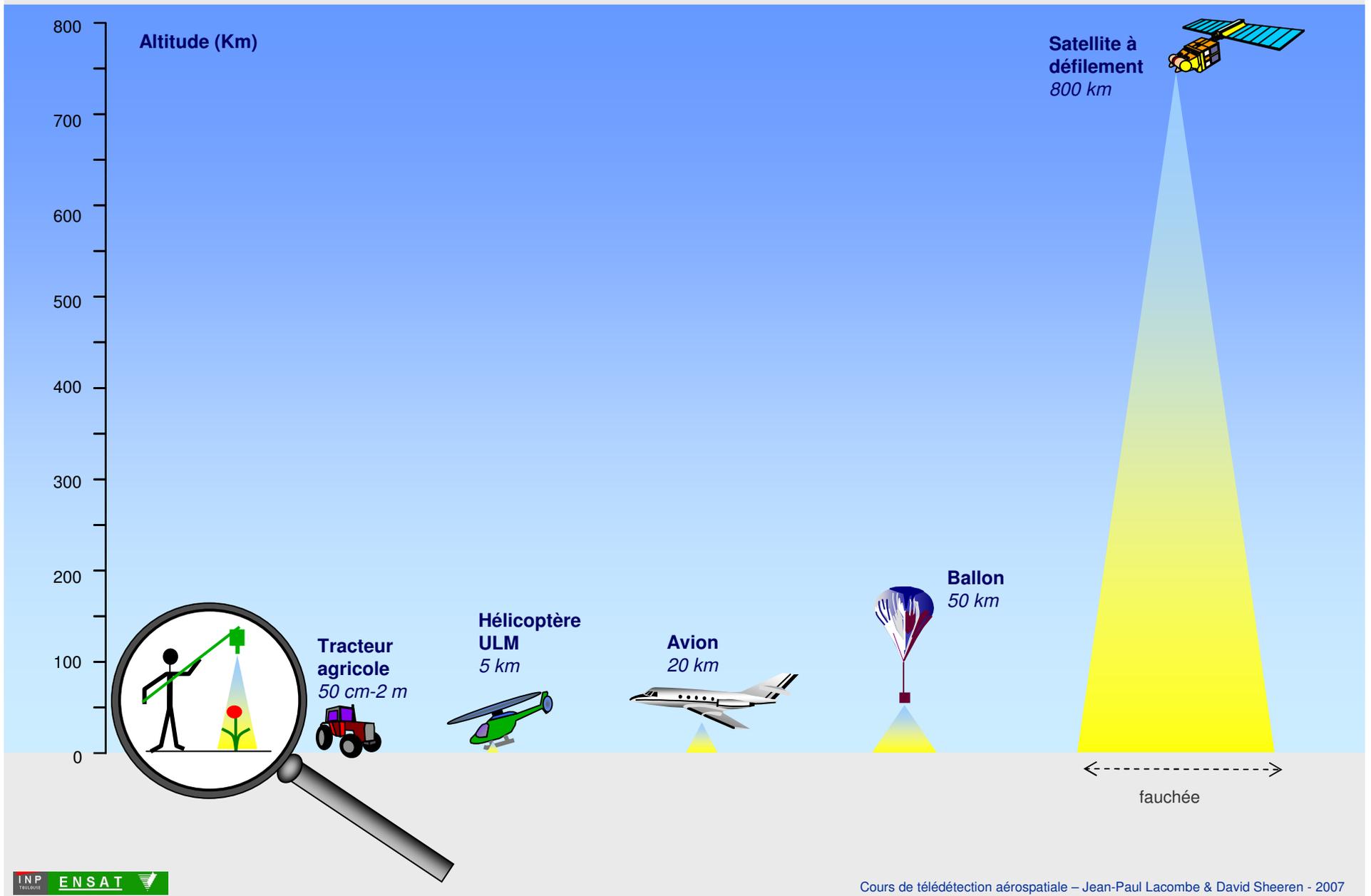
le radar

le capteur hyperspectral

comment choisir ses données ?

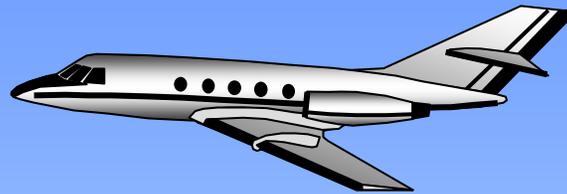
5. Vecteurs et capteurs

5.1 Les vecteurs : généralités



5. Vecteurs et capteurs

5.1 Les vecteurs : l'avion



AVANTAGES

- Choix de la date et de l'heure
- Choix de la trajectoire et du lieu
- Adaptation des capteurs à la mission
- Haute répétitivité et haute résolution

INCONVÉNIENTS

- Perturbations de trajectoire
- Limitation d'altitude
- Fonctionnement coûteux

5. Vecteurs et capteurs

5.1 Les vecteurs : le ballon



AVANTAGES

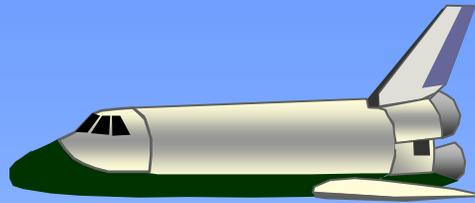
Bonne résolution spatiale
Trace au sol plus importante
Fonctionnement peu coûteux

INCONVÉNIENTS

Trajectoire incertaine

5. Vecteurs et capteurs

5.1 Les vecteurs : la navette



AVANTAGES

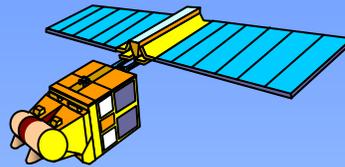
- Grande couverture spatiale
- Adaptation des capteurs à la mission
- Haute résolution spatiale

INCONVÉNIENTS

- Faible répétitivité
- Fonctionnement coûteux
- Prix de revient coûteux

5. Vecteurs et capteurs

5.1 Les vecteurs : le satellite



AVANTAGES

- Bonne couverture spatiale
- Bonne répétitivité
- Peu coûteux

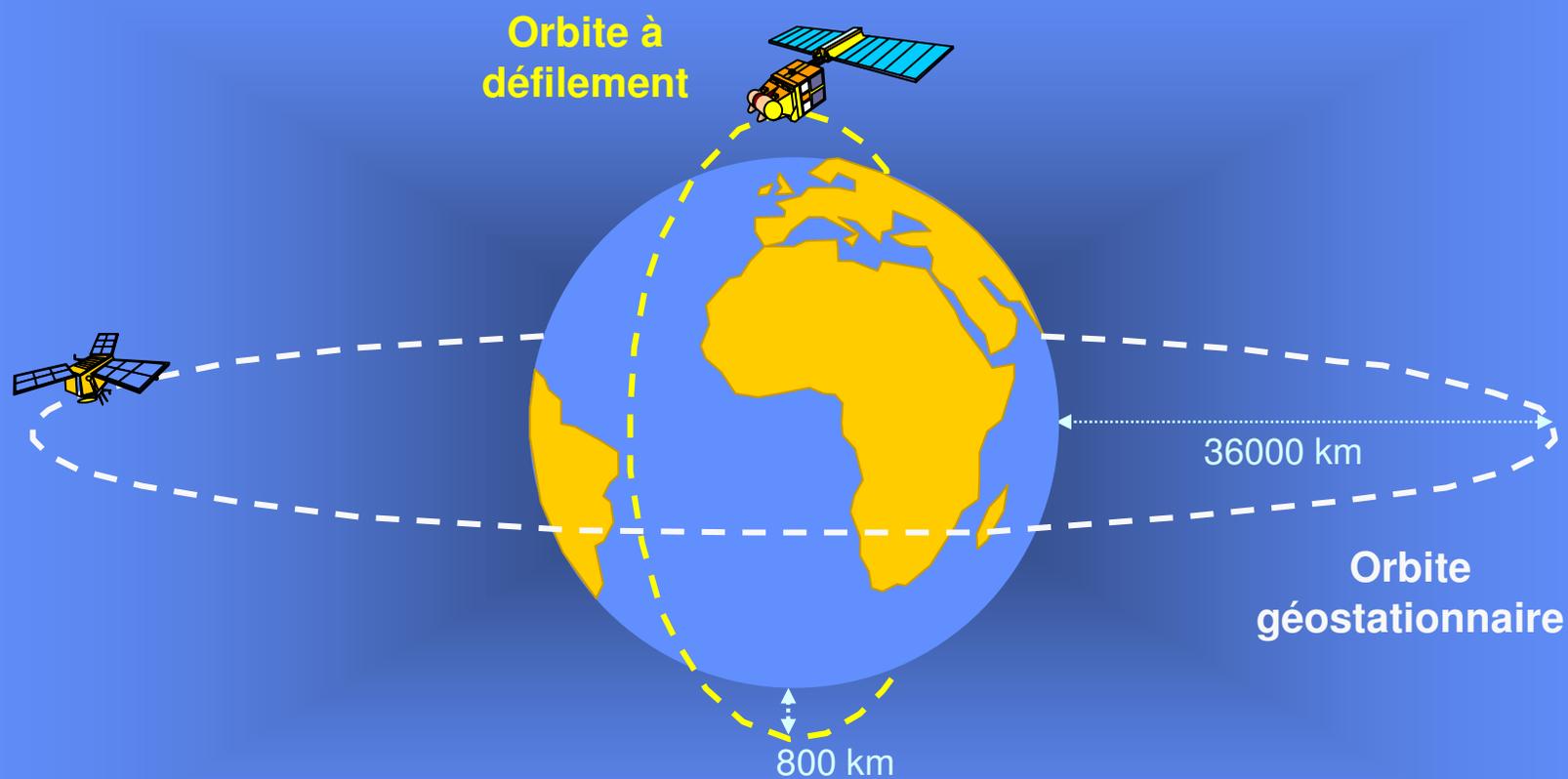
INCONVÉNIENTS

- Résolution spatiale plus faible
- Nombreux paramètres correctifs

5. Vecteurs et capteurs

5.1 Les vecteurs

5.1.1 les satellites : **les orbites**



5. Vecteurs et capteurs

5.1 Les vecteurs

5.1.2 les satellites : **caractéristiques des orbites**

Orbites géostationnaires

Altitude : 36 000 km

Vitesse de rotation angulaire identique à celle de la terre

Orbite équatoriale et quasi circulaire

Faible résolution spatiale

Très haute répétitivité

Orbites à défilement et héliosynchrones

Altitude : 600 à 1000 km

Vitesse de rotation rapide (ex : Spot, 1 tour en 101 mn)

Orbite quasi polaire et quasi circulaire

Haute résolution spatiale

Bonne répétitivité

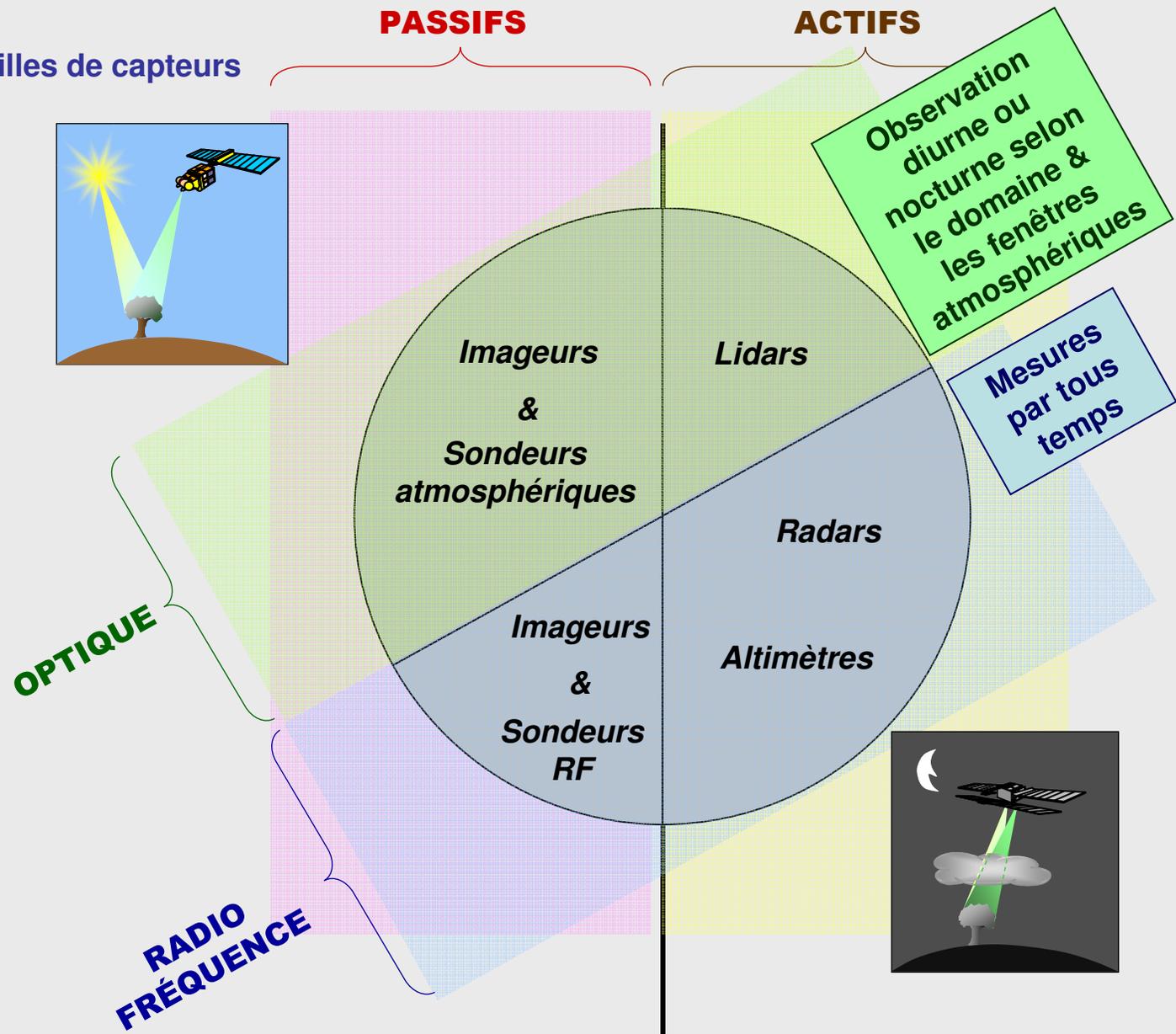
Orbite phasée et héliosynchrone

Très bonne couverture

5. Vecteurs et capteurs

5.2 Les capteurs

5.2.1 les familles de capteurs

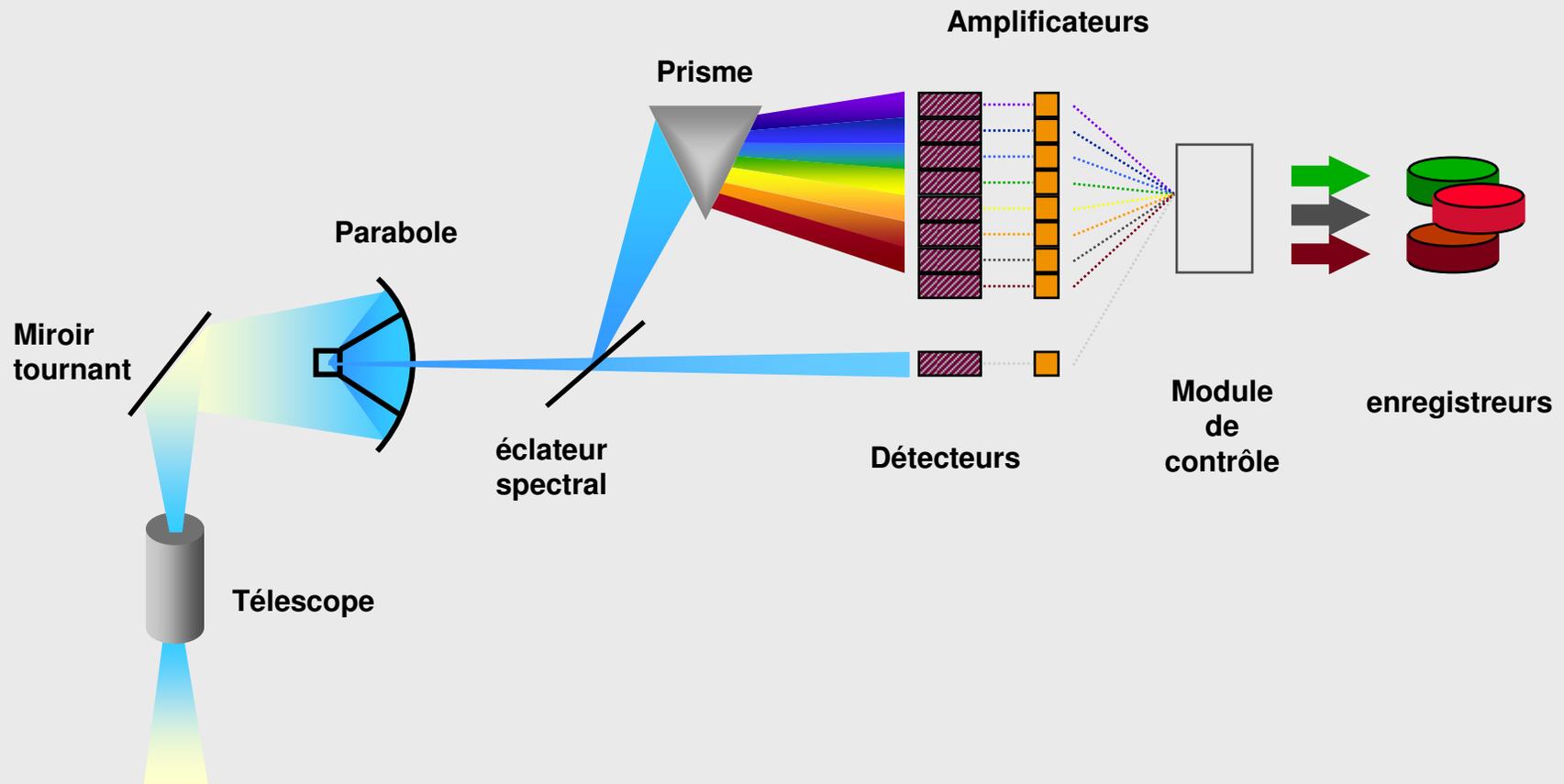


5. Vecteurs et capteurs

5.2 Les capteurs

5.2.2 le principe de détection

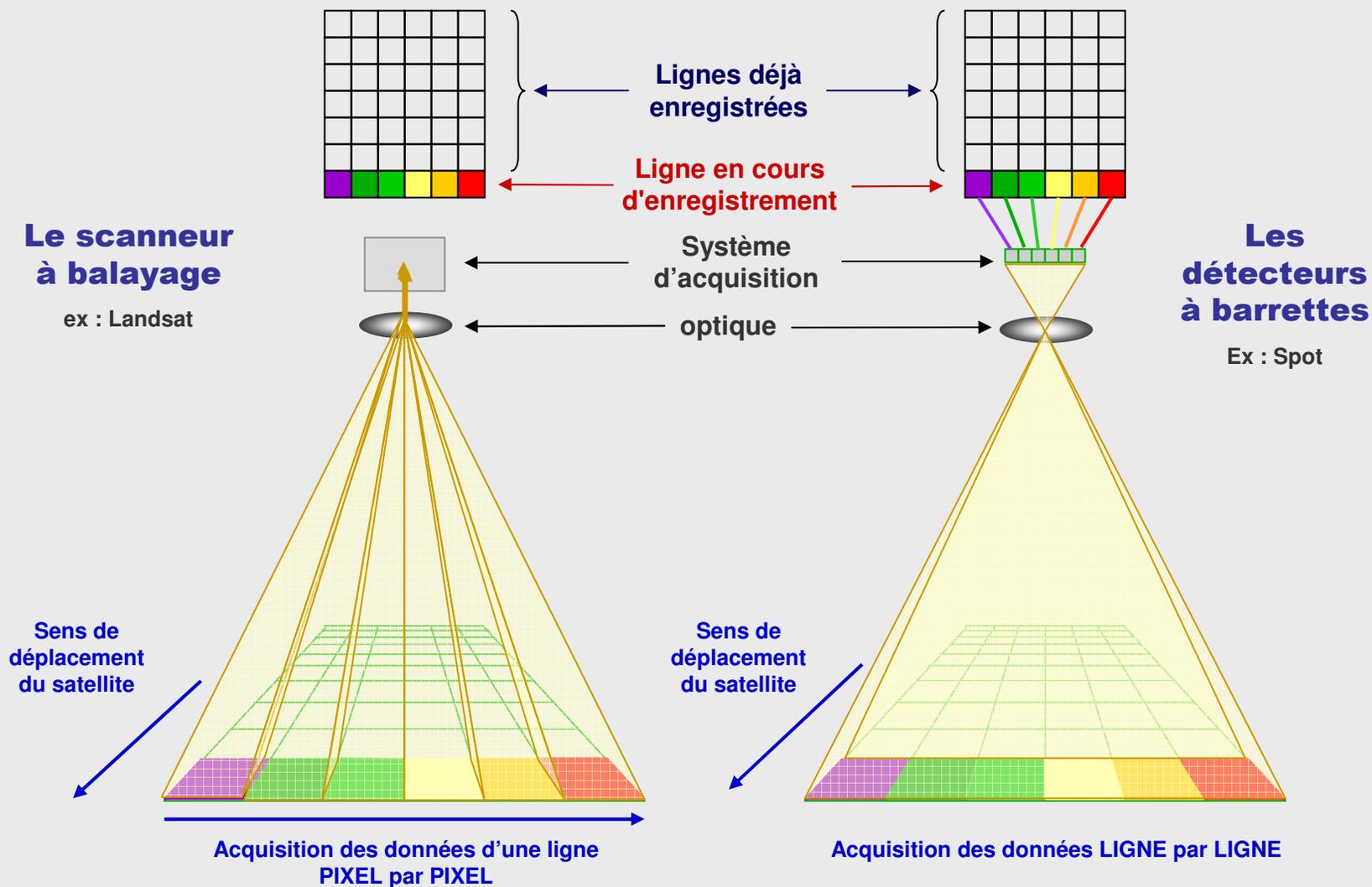
Exemple d'un système optique-passif : le spectromètre à balayage



5. Vecteurs et capteurs

5.2 Les capteurs

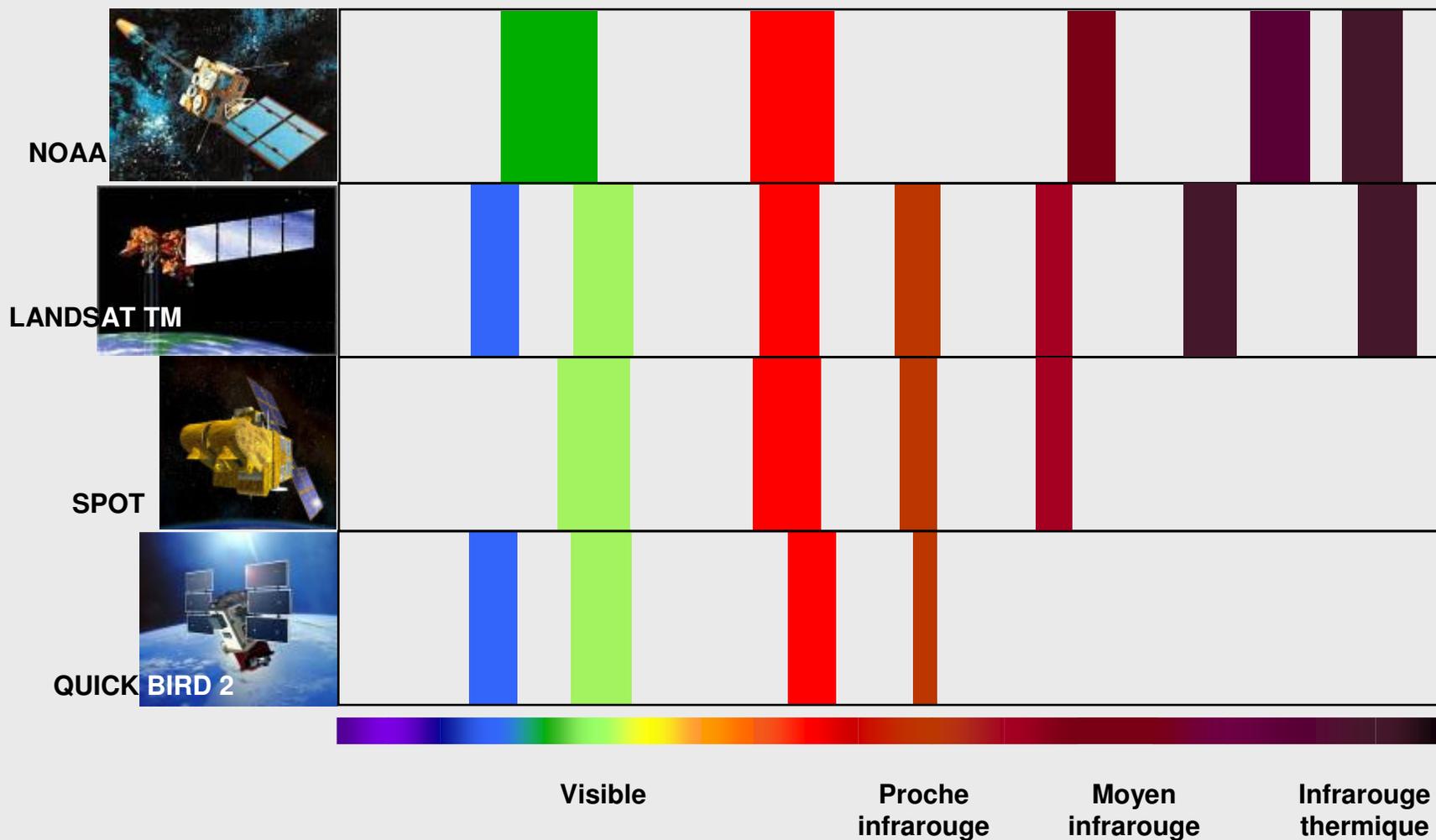
5.2.3 le principe d'acquisition des données



5. Vecteurs et capteurs

5.2 Les capteurs

5.2.4 Bandes de quelques satellites d'observation de la Terre

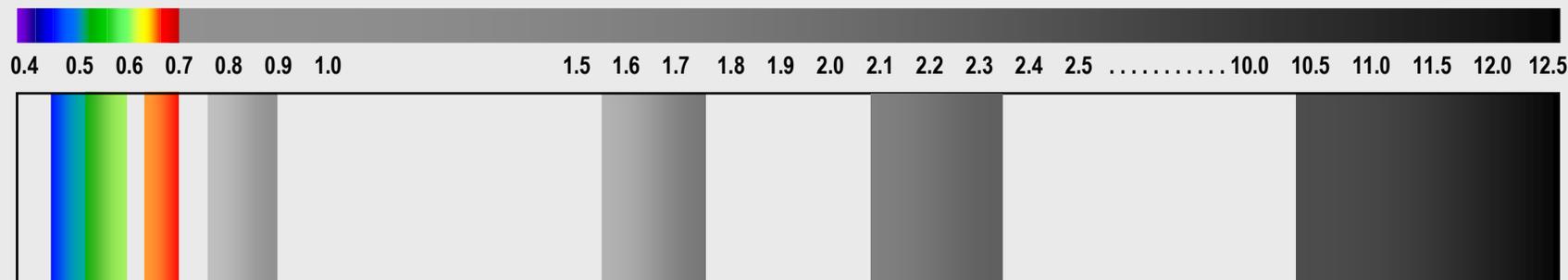


5. Vecteurs et capteurs

5.2 Les capteurs

5.2.4 intérêt des bandes spectrales pour l'observation de la terre

Exemple : LANDSAT TM



	BLEU 0,45 - 0,52	discrimination <i>minéral / végétal</i> – eaux et milieu littoral : bathymétrie et cartographie côtière – Identification des caractères ruraux et urbains
	VERT 0,52 - 0,60	cartographie de la <i>végétation chlorophyllienne</i> (mesure le sommet de réflectance) - Identification des caractères ruraux et urbains
	ROUGE 0,63 - 0,69	discrimination <i>plantes feuillées</i> et <i>plantes à feuilles caduques</i> (absorption de chlorophylle) - Identification des caractères ruraux et urbains
	PIR 0,76 - 0,90	discrimination entre <i>plantes</i> et entre <i>couverts végétaux</i> – état <i>sanitaire</i> et identification de la <i>biomasse</i> – contour des <i>surfaces en eau</i> (étangs, lacs, fleuves ...) - <i>humidité</i> du <i>sol</i>
	MIR1 1,55 - 1,75	sensible à <i>l'humidité</i> du <i>sol</i> et des <i>plantes</i> - discrimination entre eau solide (<i>neige</i>) et eau gazeuse (<i>nuages</i>)
	MIR2 2,08 – 2,35	discrimination entre <i>minéraux</i> et <i>roches</i> - sensibilité au <i>taux d'humidité</i> dans la <i>végétation</i>
	IRT 10,4 – 12,5	identification du <i>stress</i> de la <i>végétation</i> et de <i>l'humidité</i> dans le <i>sol</i> en relation avec l'IRT - <i>cartographie</i> des <i>températures</i> du sol et de la <i>végétation</i> .

5. Vecteurs et capteurs

5.2 Les capteurs

5.2.5 Un système actif à radio fréquences : le radar

RADio Detection And Ranging

la signature spectrale dépend de la longueur d'onde du signal émis et de la réponse de l'objet

Exemples de satellites radar :

Ers 1 et 2 : altimétrie, diffusionmètre, radar imageur

Jason 1 : altimétrie - océanographie

Seasat : altimétrie, radar imageur, température de surface, radiomètre visible et infrarouge

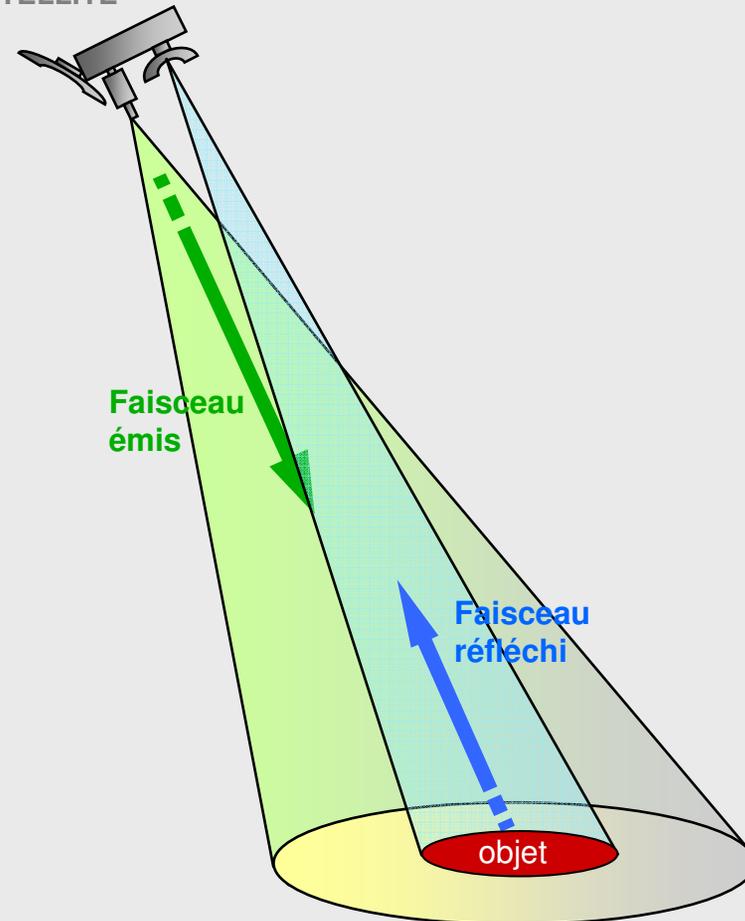
Radarsat : radar imageur

Envisat : radar imageur- étude de l'environnement



Copyright ESA

SATELLITE



5. Vecteurs et capteurs

5.2 Les capteurs

5.2.6 Un autre système optique passif : le capteur hyperspectral

La signature spectrale est quasi continue

Deux exemples de capteurs :

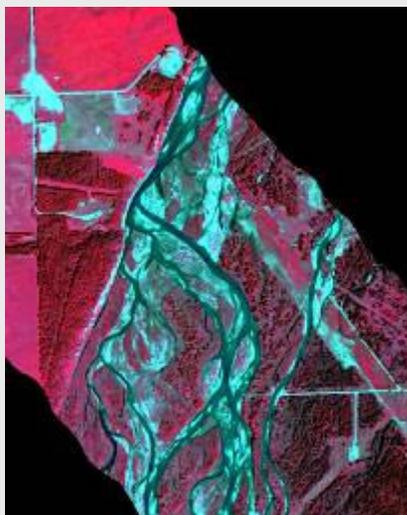
AVIRIS (Airborne Visible InfraRed Imaging Spectrometer)

224 bandes spectrales (400 à 2500 nm),
largeur moyenne d'une bande : 10nm

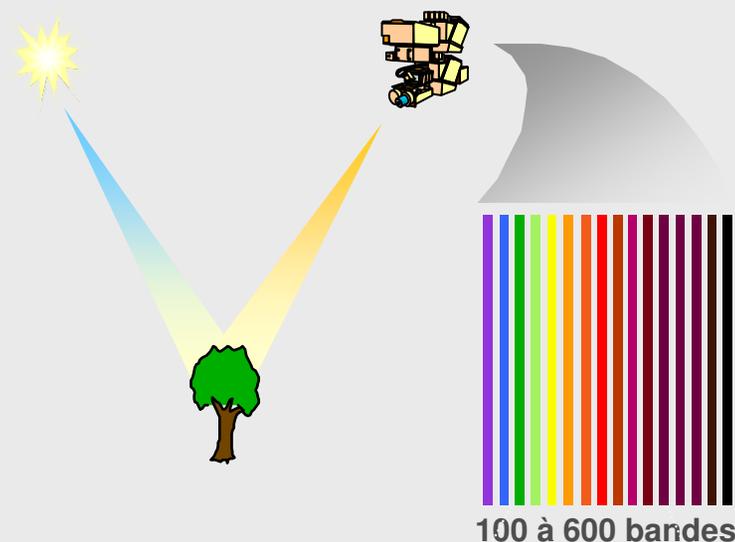
CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager).

système spectro-imageur à barrette CCD (Charge Coupled Device)

288 bandes spectrales (430 et 870 nm)
largeur moyenne d'une bande : 1.8 nm.



CASI-ITRES – Pipe line (Alberta, Canada)

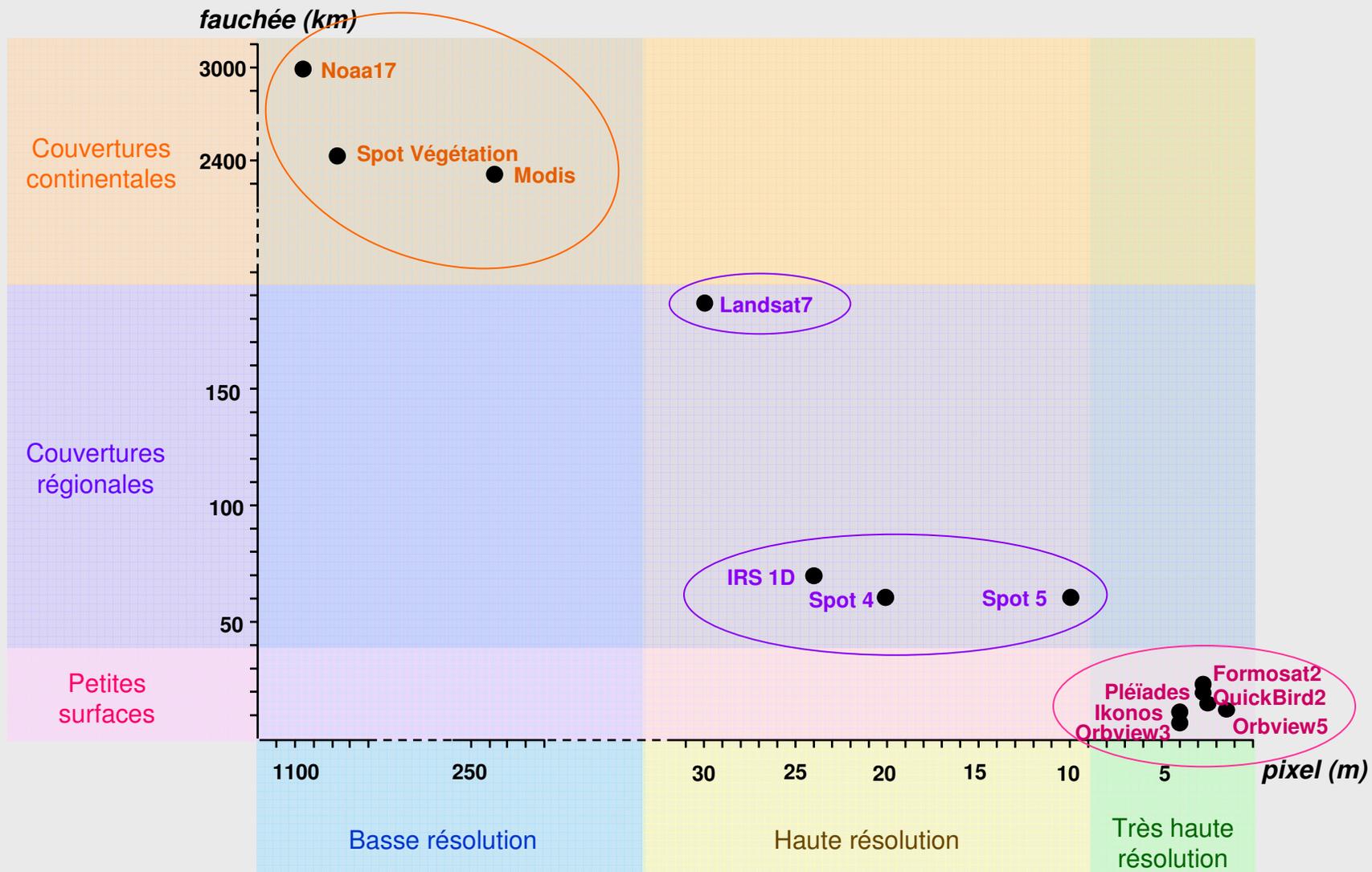


La résolution spatiale est variable selon l'altitude du capteur (de 0,30m à quelques mètres).
Ces types de capteurs sont aéroportés.

5. Vecteurs et capteurs

5.2 Les capteurs

5.2.7 Comment choisir ses données / couverture et taille du pixel ?



5. Vecteurs et capteurs

5.2 Les capteurs

5.2.7 Comment choisir ses données / répétitivité et taille mémoire de l'image ?

Satellite	Fauchée (km)	Taille du pixel couleur (m)	Répétitivité (jours)	Taille de la scène (km ²)	Taille mémoire par canal (Mo)
NOAA 17 USA	3000,0	1100,0	tous les jours	9 000 000,00	7,44
Spot Végétation FR	2400,0	1000,0	tous les jours	5 760 000,00	5,76
Modis USA	2330,0	250,0	tous les jours	5 428 900,00	86,86
Landsat 7 USA	185,0	30,0	16	34 225,00	38,03
IRS 1-D INDE	70,0	24,0	24	4 900,00	8,51
Spot 4 FR	60,0	20,0	26	3 600,00	9,00
Spot 5 FR	60,0	10,0	26	3 600,00	36,00
Ikonos 2 USA	11,0	4,0	1,5 à 3	121,00	7,56
Orbview 3 USA	8,0	4,0	3	64,00	4,00
Formosat 2 Taiwan	24,0	2,8	1	576,00	73,47
Pléïades FR	20,0	2,8	1 à 3	400,00	51,02
QuickBird 2 USA	16,5	2,4	1 à 5	272,25	47,27
Orbview 5 USA	15,2	1,6	7	231,04	90,25

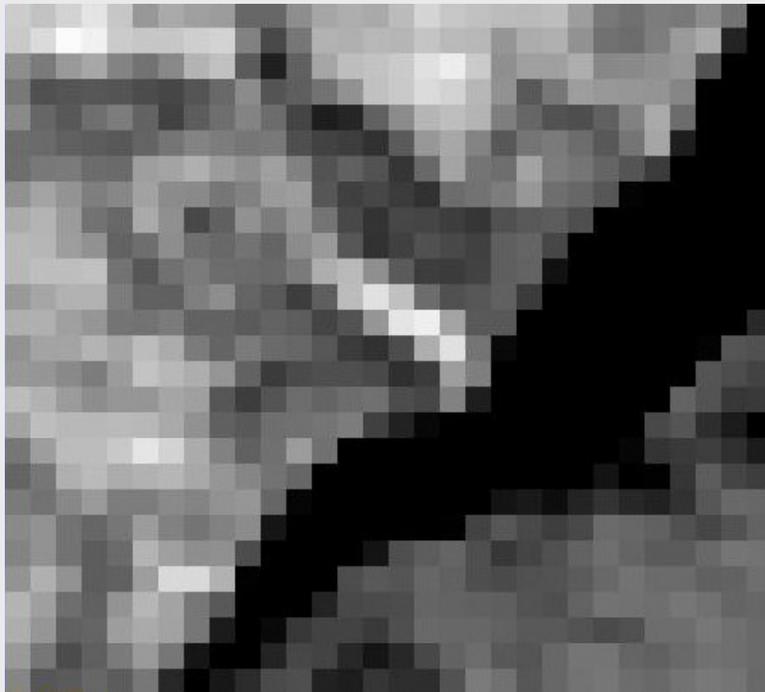
6. Le traitement des images satellitales

- 6.1 histogramme d'un canal monochrome**
- 6.2 étalement de dynamique (stretching)**
- 6.3 génération de masques**
- 6.4 corrections géométriques**
- 6.5 création de néocanaux : indices, ACP**
- 6.6 le filtrage spatial des images**
- 6.7 Classifications**
- 6.8 Rendu cartographique**
- 6.9 Habillage cartographique**
- 6.10 Analyse 3 D**

6. Le traitement des images satellitales

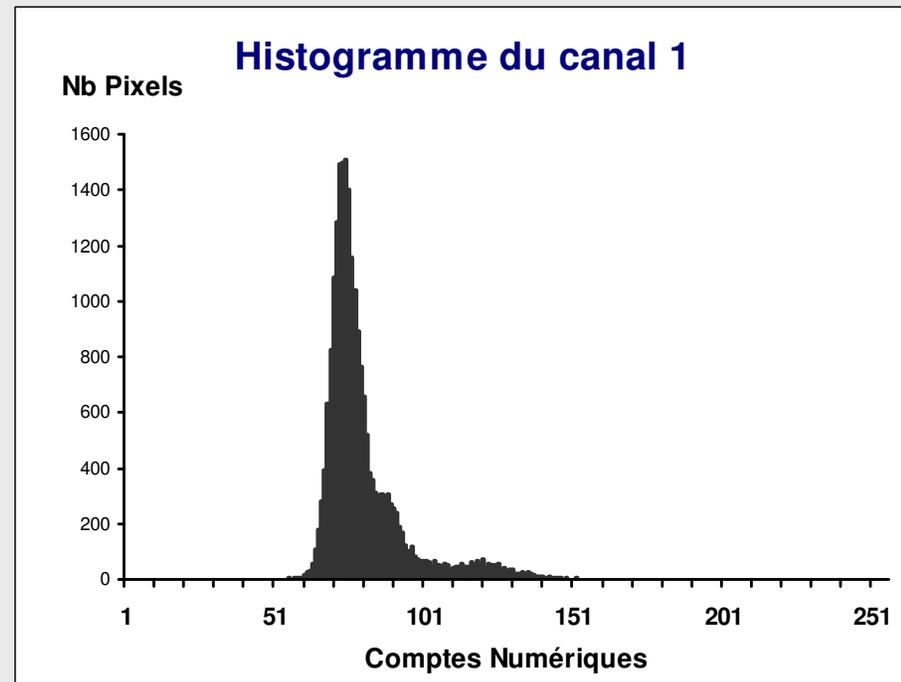
6.1 Histogramme d'un canal monochrome

Représentation statistique des données



A chaque pixel est affecté un ton de gris

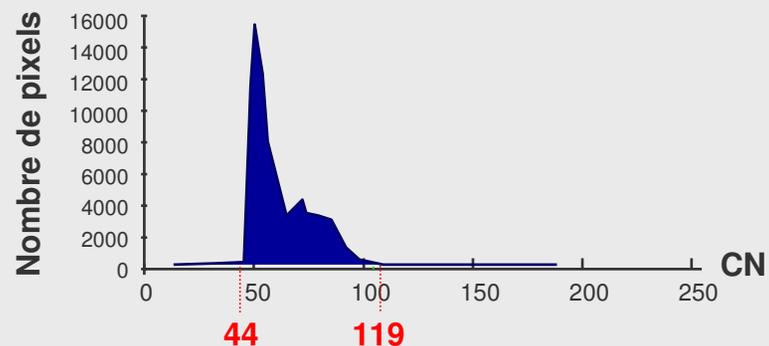
Chaque ton de gris prend une valeur comprise entre 0 (noir) et 255 (blanc)



6. Le traitement des images satellitaires

6.2 Étalement de dynamique d'un canal monochrome

Histogramme brut du canal 1



Sans étalement des données de l'histogramme

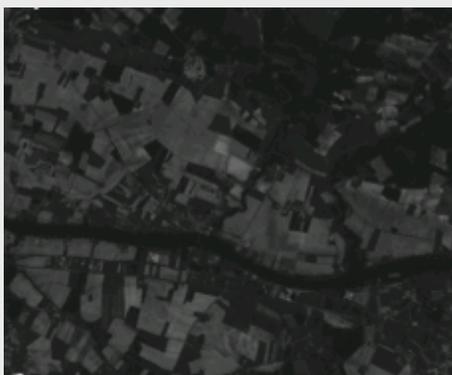
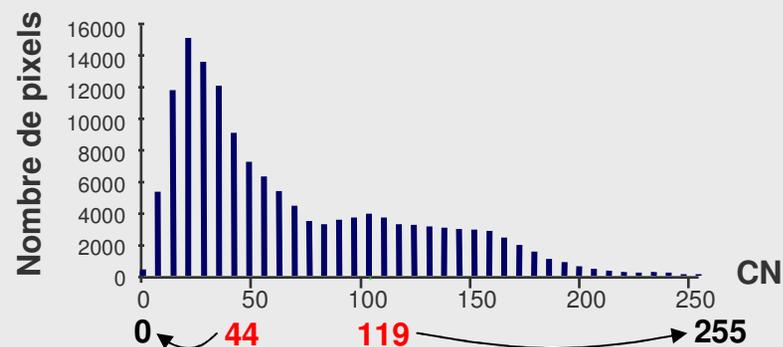


Image sombre, peu contrastée

Histogramme étalé du canal 1



Etalement linéaire des données comprises entre 44 et 119

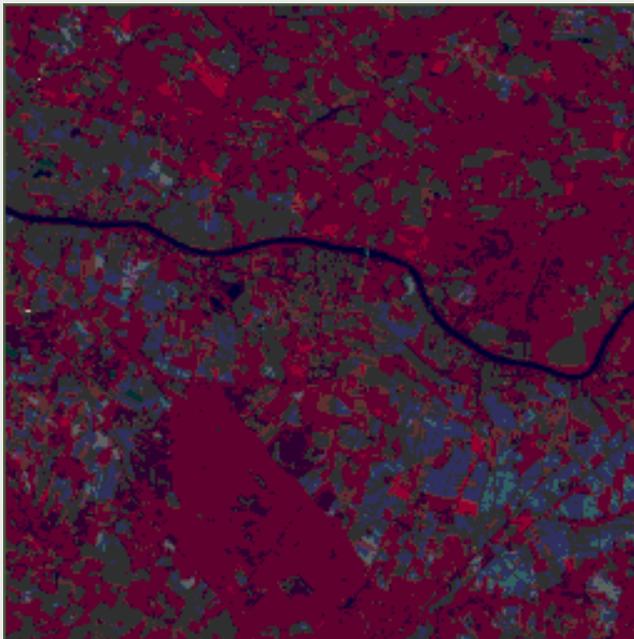


Image claire, contrastée

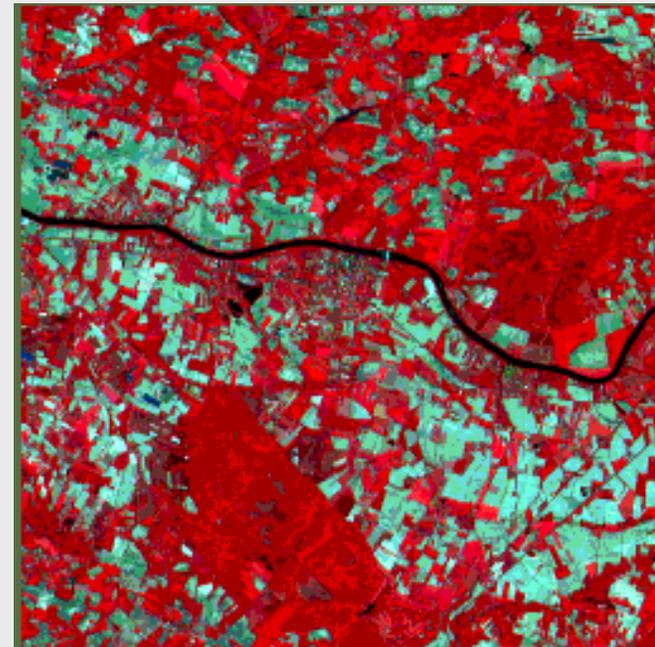
6. Le traitement des images satellitaires

6.2 Étalement de dynamique d'une composition colorée

sans étalement de
dynamique



après étalement de
dynamique



6. Le traitement des images satellitaires

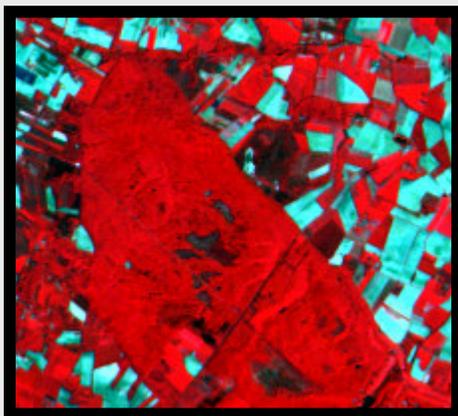
6.3 Génération de masques

A partir d'une image on sélectionne

➤ une **région géographique**

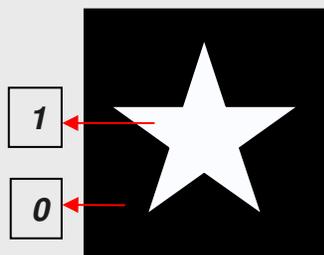


➤ un **espace radiométrique**

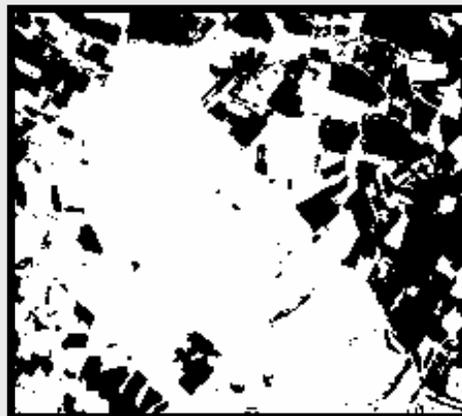
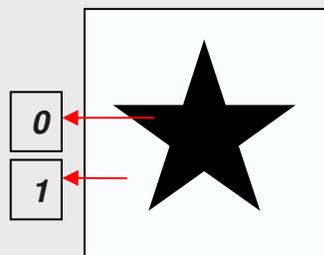


Composition colorée brute

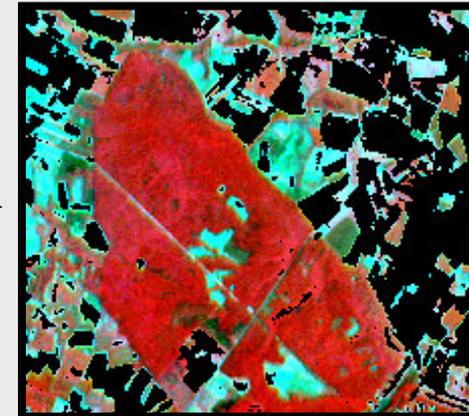
... on construit un masque binaire



... que l'on applique sur l'image



Masque thématique de la végétation



Composition colorée de la végétation

6. Le traitement des images satellitaires

6.4 Corrections géométriques : origines des déformations

➤ déformations liées à l'instrument

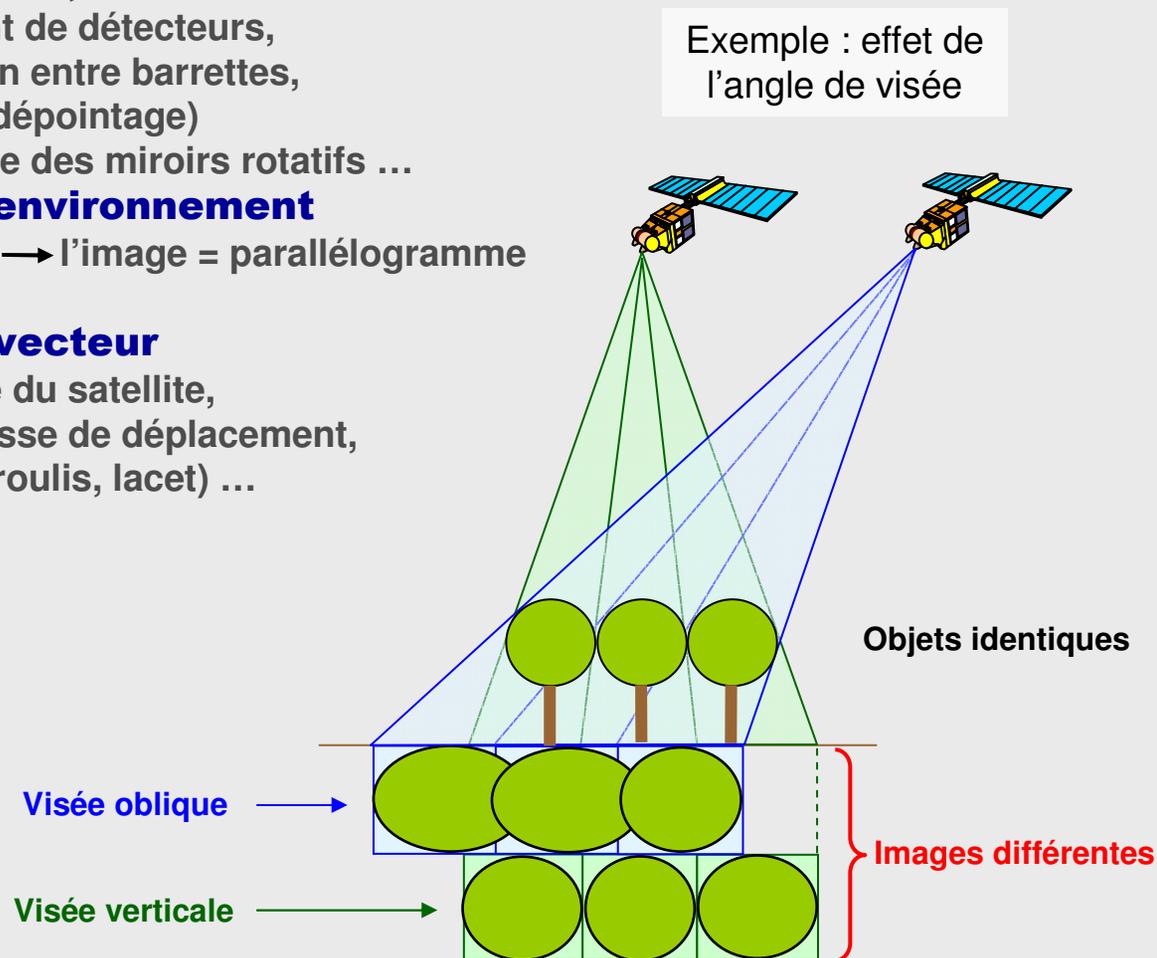
- étalonnage du capteur,
- dysfonctionnement de détecteurs,
- défaut d'égalisation entre barrettes,
- angle de visée (si dépointage)
- vitesse de balayage des miroirs rotatifs ...

➤ Déformations liées à l'environnement

- rotation de la terre → l'image = parallélogramme
- relief ...

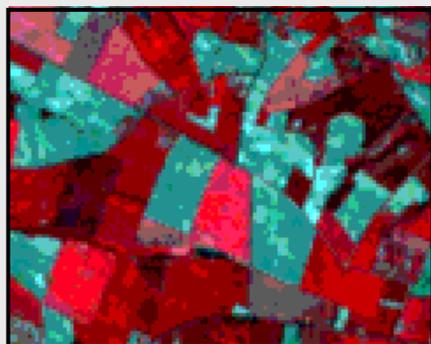
➤ Déformations liées au vecteur

- variation d'altitude du satellite,
- variation de la vitesse de déplacement,
- attitude (tangage, roulis, lacet) ...



6. Le traitement des images satellitaires

6.4 Corrections géométriques : calage d'une image par rapport à une image de référence



MAI 1990
Visée verticale

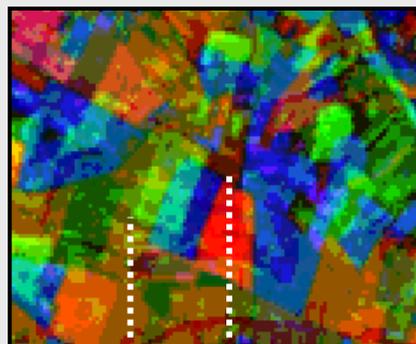


AOUT 1990
Visée oblique (2°26)

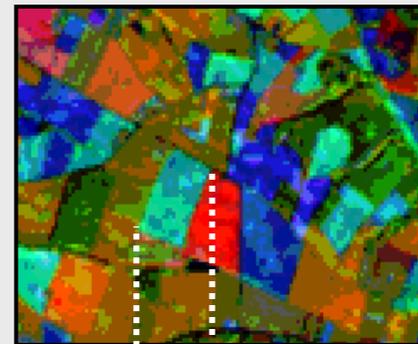
image de
référence

image à
recaler

Superposition
MAI-AOUT
SANS
correction

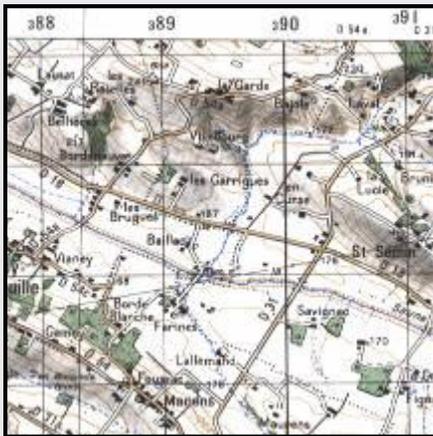


Superposition
MAI-AOUT
APRES
correction

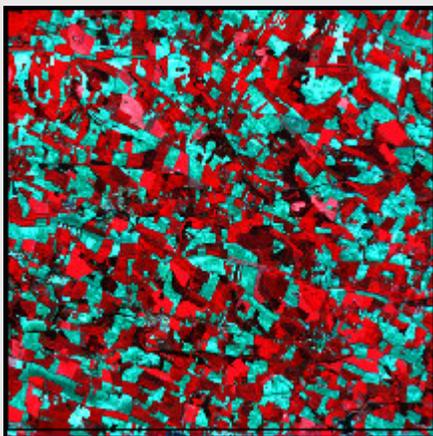


6. Le traitement des images satellitaires

6.4 Corrections géométriques : calage d'une image par rapport à une carte (= géoréférencement)



**carte de
géoréférence**



**image à
géoréférencer**

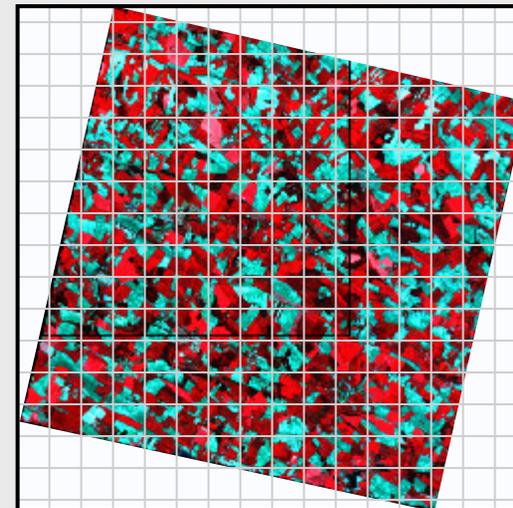


Image géoréférencée

On peut lui superposer un carroyage exprimé dans un système de projection choisi

6. Le traitement des images satellitaires

6.5 création de néocanaux : rapports de canaux et combinaisons linéaires

Effectuer des opérations arithmétiques entre canaux de manière à accentuer les différences de réponses spectrales caractérisant certains thèmes.

**Un indice de
végétation :
le NDVI**

$$\frac{\text{PIR} - \text{R}}{\text{PIR} + \text{R}}$$



**Un indice de
Brillance
IB**

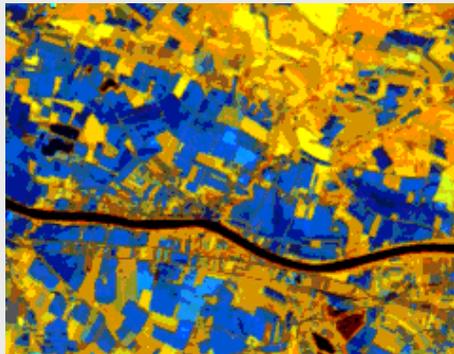
$$\sqrt{\text{PIR}^2 + \text{R}^2}$$



COMBINAISONS TRICHROMIQUES



PIR - R - V



PIR - NDVI - R



NDVI - IB - R

6. Le traitement des images satellitales

6.5 création de néocanaux : **Analyse en Composantes Principales (ACP)**

Objectifs

Créer des néocanaux indépendants (non corrélés)

... pour éliminer l'information redondante

Réduire l'espace de l'information

... en diminuant le nombre de canaux informatifs

Extraire une information détaillée

... en maximisant la variance des données

Éliminer le « bruit » dans l'image

... en éliminant les canaux concentrant le bruit

Sélectionner des canaux pertinents

... en analysant le contenu informatif

6. Le traitement des images satellitaires

6.5 création de néocanaux : **Analyse en Composantes Principales (ACP)**



Composition colorée
Scène Spot brute



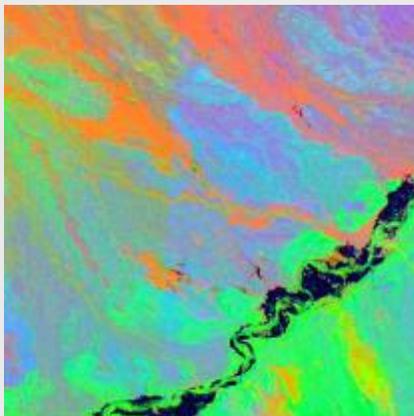
Bande Bleue : **33,33%**



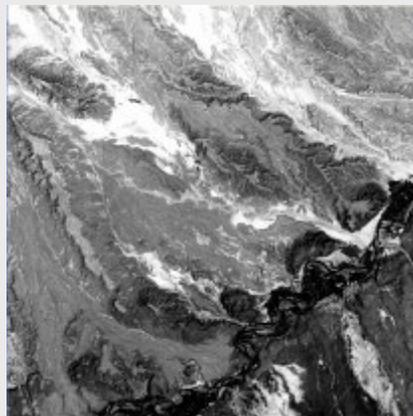
Bande Rouge : **33,33%**



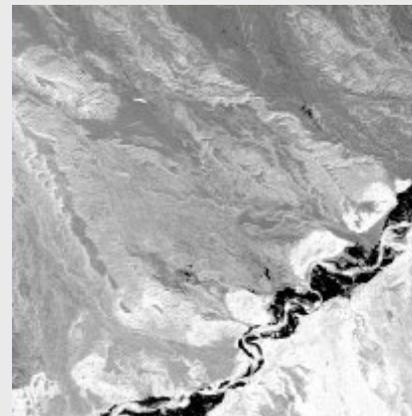
Bande PIR : **33,33%**



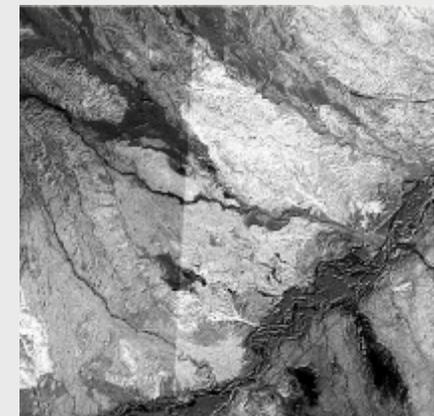
Composition colorée
ACP



Composante 1 : 90,75%
Facteur d'opposition
sols lisses / sols rugueux



Composante 2 : 7,16%
Facteur d'opposition
végétation / sols

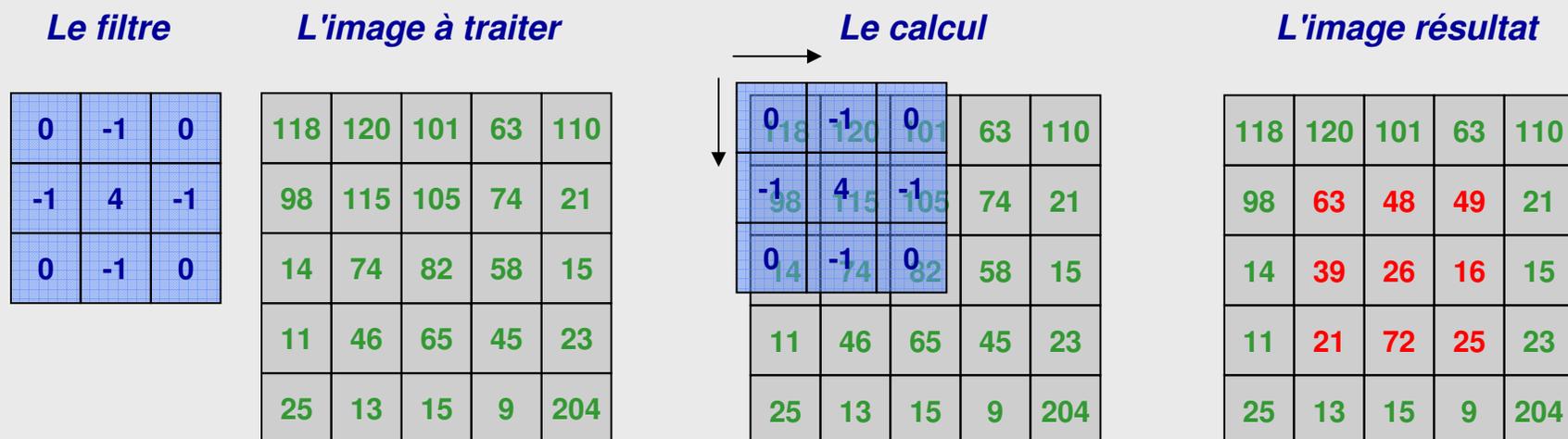


Composante 3 : 2,08%
Facteur
Éclairage solaire latéral et
défaut des détecteurs

6. Le traitement des images satellitales

6.6 le filtrage spatial des images

- Permet d'extraire des informations de **fond**, de **structure** et de **texture**.
- Permet d'**homogénéiser**, de **lisser**, d'**éliminer** du **bruit**, de **contourer** et de **contraster**.
- Le **filtre** (ou noyau) sera matérialisé par une **fenêtre** carrée (ou rectangulaire) de taille variable dont les **éléments** seront affectés d'un **poids**. Cette fenêtre se déplace ligne par ligne, colonne par colonne (= par convolution) et calculera la nouvelle valeur du pixel central



Exemple :

$$\begin{aligned}
 &+118 \times 0 + 120 \times -1 + 101 \times 0 && 0 & -120 & 0 \\
 &+ 98 \times -1 + 150 \times 4 + 105 \times -1 &= & -98 & +600 & -105 & = & 63 \\
 &+ 14 \times 0 + 74 \times -1 + 80 \times 0 && 0 & -74 & 0
 \end{aligned}$$

6. Le traitement des images satellitales

6.6 le filtrage spatial des images : exemples de filtres



Image brute



Érosion

On affecte à chaque pixel la valeur la plus faible des pixels de voisinage



Dilatation

On affecte à chaque pixel la valeur la plus forte des pixels de voisinage



Filtre Médian

= filtre de lissage. Élimine les pics d'intensité isolés



Filtre Passe Bas

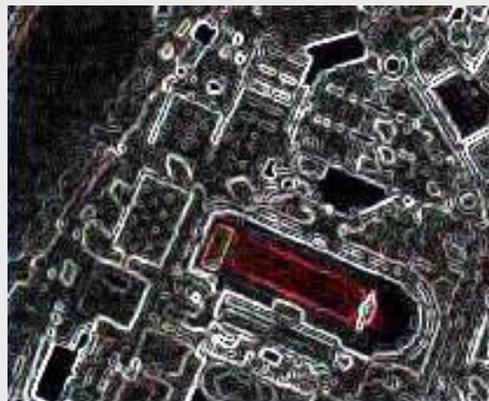
Élimine le bruit de fond et adoucit l'image

6. Le traitement des images satellitaires

6.6 le filtrage spatial des images : exemples de filtres



Image brute



Filtre Roberts

Filtre de rehaussement des contours



Filtre passe haut

Élimine les basses fréquences.
Rehausse les contours



Directionnel

Accentue les contours dans une direction donnée



Filtre Local Sigma

Transforme les pixels par une moyenne des pixels non liés au bruit

6. Le traitement des images satellitales

6.7 Les classifications

6.7.1 objectif et méthodes

Extraire d'une image des classes thématiques (cultures, urbain, forêts, routes, lacs, etc.)

deux types de méthodes

Classifications non dirigées

La méthode, dite **objective**, est basée sur la segmentation du nuage de pixels en groupes homogènes (proximité spectrale), **sans recours à la connaissance de terrain.**

La **légende** est élaborée ***a posteriori*** par l'opérateur (à partir de la connaissance de terrain).

Ce type de classification est souvent utilisé pour **générer un document cartographique d'appui** à une mission de terrain.

Classifications dirigées

La méthode, dite **subjective**, est basée sur l'affiliation des pixels à des classes thématiques définies et reconnues par l'opérateur **à partir de la connaissance de terrain.**

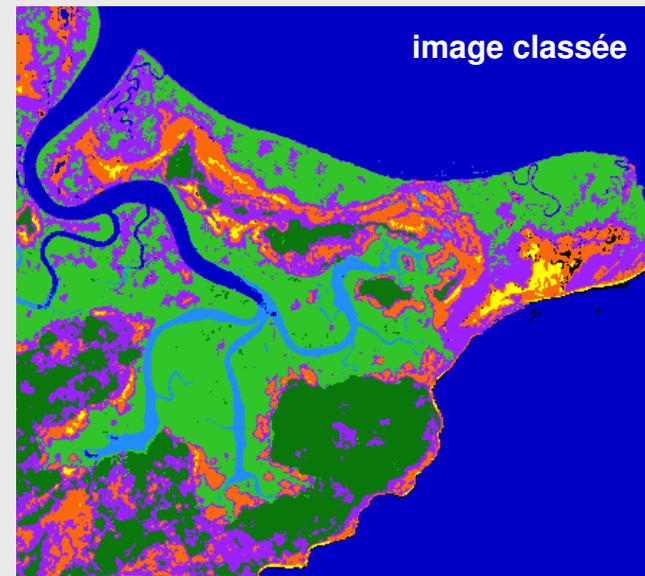
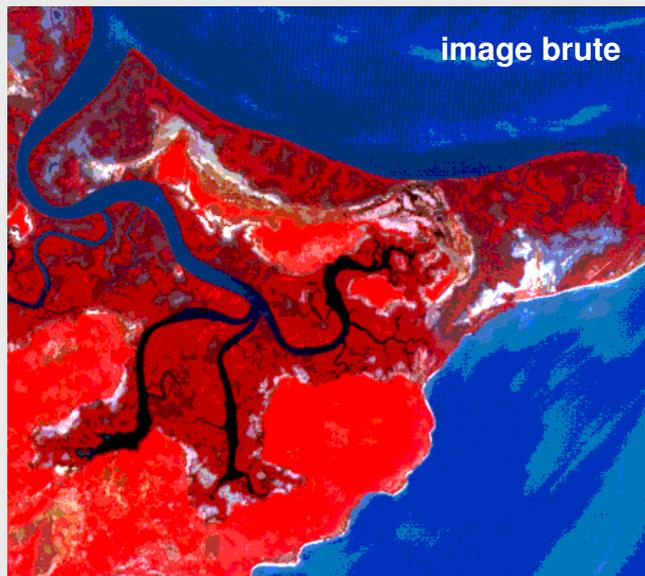
La **légende** est élaborée ***a priori*** par l'opérateur (à partir de la connaissance de terrain).

Ce type de classification est souvent utilisé pour **produire un document thématique final.**

6. Le traitement des images satellitaires

6.7 Les classifications

6.7.2 principe d'une classification non dirigée



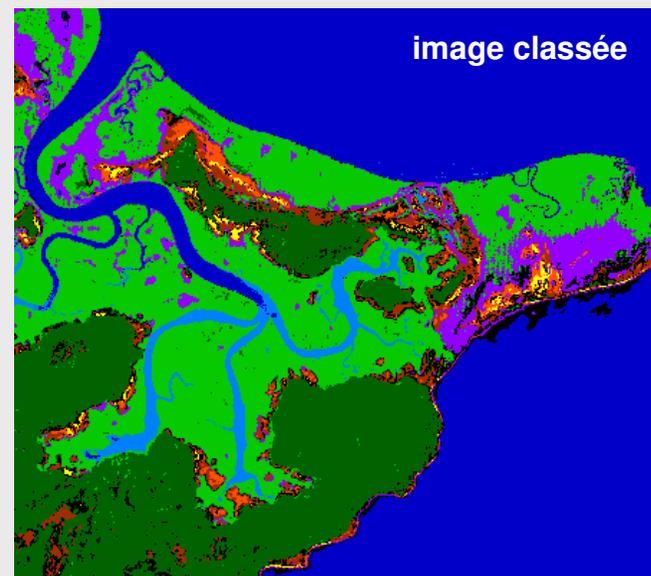
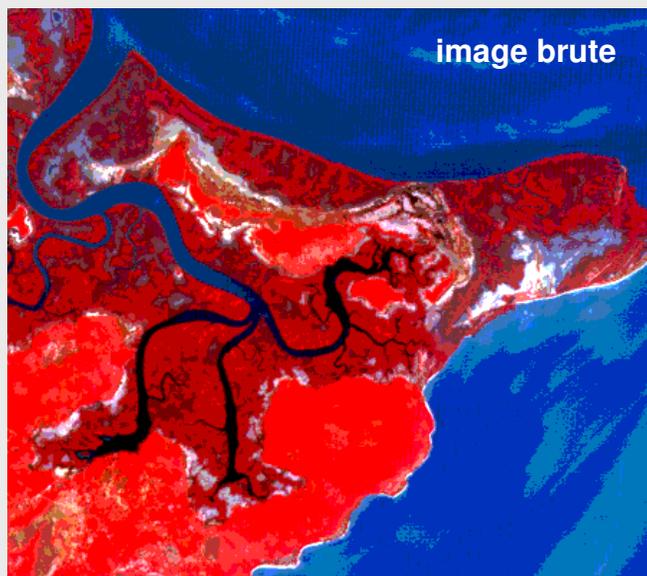
1. L'utilisateur fixe, *a priori*, un nombre de classes à extraire,
2. Un algorithme de classification, basé sur la proximité spectrale des pixels, va regrouper les pixels en sous-ensembles homogènes (clusters),
3. On interprète, *a posteriori*, la signification de ces sous-ensembles que l'on définit alors en classes thématiques.

0	Non classés	427	0.2 %
1	eau courante	76346	42.2 %
2	eau stagnante	5153	2.9 %
3	Mangrove	34529	19.1 %
4	Forêt	19243	10.6 %
5	Sables	1584	0.9 %
6	Zones humides	29676	16.4 %
7	Sol nu	10603	5.9 %

6. Le traitement des images satellitaires

6.7 Les classifications

6.7.3 principe d'une classification dirigée



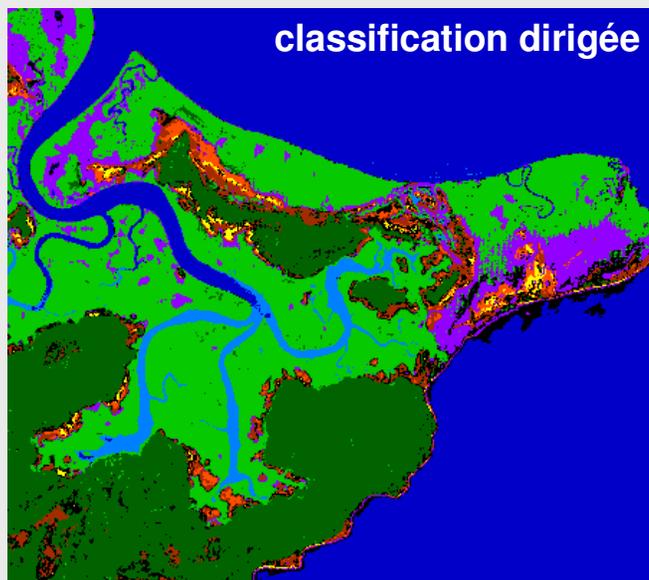
1. On élabore, *a priori*, une légende
2. On crée des groupes de pixels (noyaux) appartenant à une classe thématique reconnue sur le terrain (même étendue spectrale)
3. On compare les autres pixels aux noyaux de référence. Les pixels ayant une étendue spectrale proche de celle d'un noyau de référence seront affectés à la classe correspondante.

0	<i>Non classés</i>	7698	4.3 %
1	<i>eau courante</i>	75034	41.5 %
2	<i>eau stagnante</i>	5150	2.8 %
3	<i>Mangrove</i>	41457	22.9 %
4	<i>Forêt</i>	33265	18.4 %
5	<i>Sables</i>	851	0.5 %
6	<i>Zones humides</i>	9933	5.5 %
7	<i>Sol nu 1</i>	2163	1.2 %
8	<i>Sol nu 2</i>	5249	2.9 %

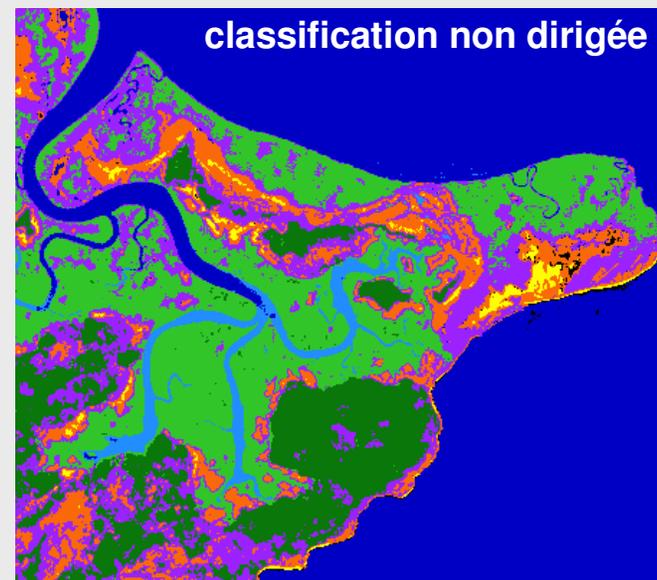
6. Le traitement des images satellitales

6.7 Les classifications

6.7.4 comparaison des deux classifications



0	<i>Non classés</i>	7698	4.3 %
1	<i>eau courante</i>	75034	41.5 %
2	<i>eau stagnante</i>	5150	2.8 %
3	<i>Mangrove</i>	41457	22.9 %
4	<i>Forêt</i>	33265	18.4 %
5	<i>Sables</i>	851	0.5 %
6	<i>Zones humides</i>	9933	5.5 %
7	<i>Sol nu 1</i>	2163	1.2 %
8	<i>Sol nu 2</i>	5249	2.9 %

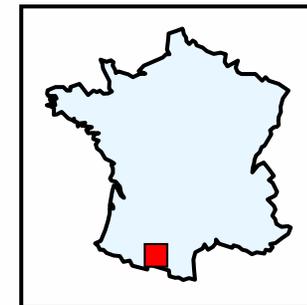
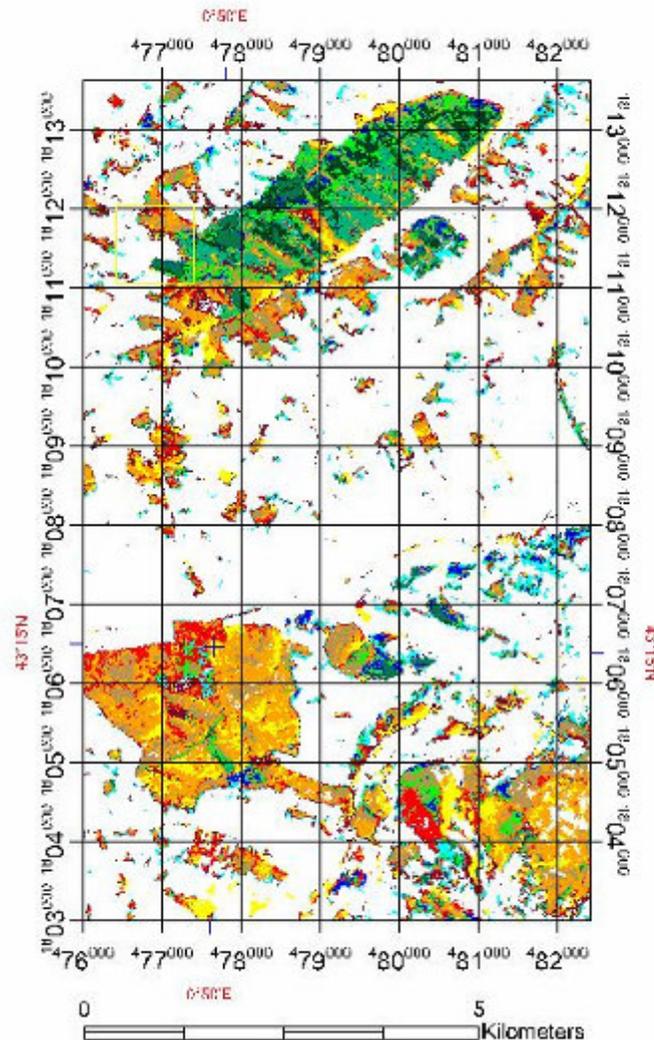


0	<i>Non classés</i>	427	0.2 %
1	<i>eau courante</i>	76346	42.2 %
2	<i>eau stagnante</i>	5153	2.9 %
3	<i>Mangrove</i>	34529	19.1 %
4	<i>Forêt</i>	19243	10.6 %
5	<i>Sables</i>	1584	0.9 %
6	<i>Zones humides</i>	29676	16.4 %
7	<i>Sol nu</i>	10603	5.9 %

6. Le traitement des images satellitaires

6.8 Le rendu cartographique

Bois de Fabas et Mauboussin (Haute-Garonne) - 1998



Legende

- Non classes
- chênes + charmes / très denses / 10m
- chênes sessiles + hêtres / 25m
- non bois
- chênes sessiles et pédoncules / denses
- chênes + merisier / très denses / 20m
- feuillus / zones humides / forte pente
- épicéas / denses / 20m
- jeunes résineux (épicéas + pins)
- chênes et/ou pins / peu denses
- résineux / très denses / 30m
- feuillus adultes + jeunes résineux
- épicéas + pins sylvestres / dense

Data SPOT 4

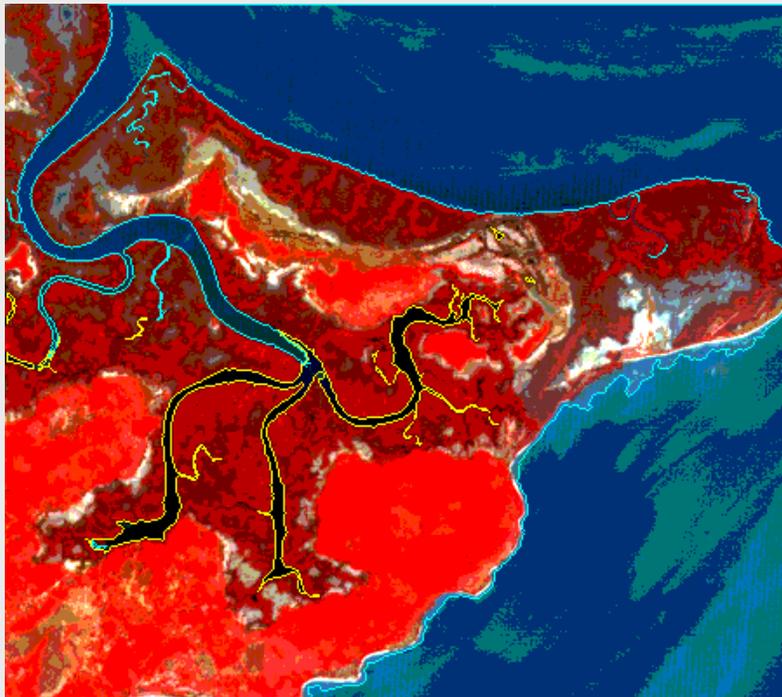
Projection Lambert II étendu



6. Le traitement des images satellitaires

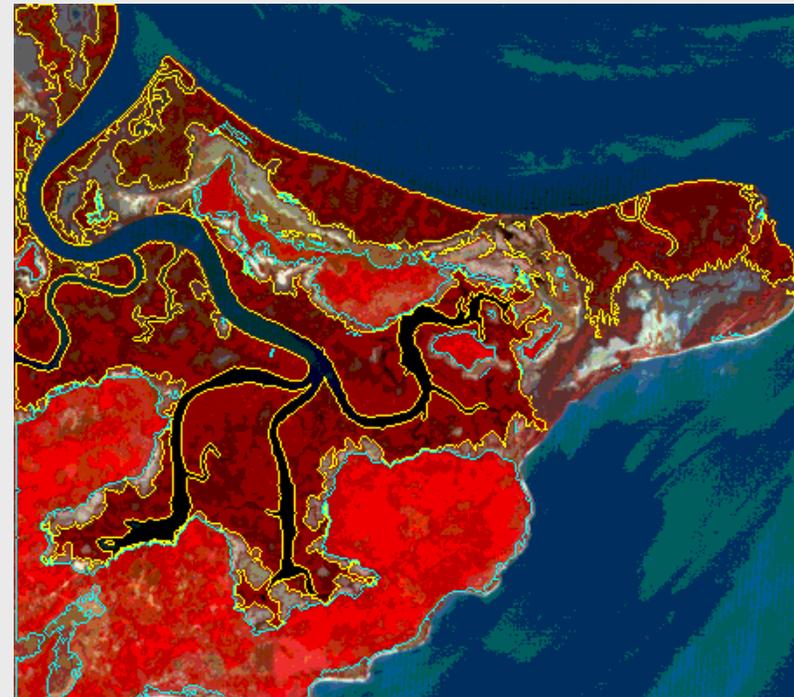
6.9 L'habillage cartographique

Exemple : extraction de contours de classes



La classe EAU

- eau stagnante
- eau courante



La classe VEGETATION

- mangrove
- forêt

6. Le traitement des images satellitaires

6.10 L'analyse 3 D : **Modèle Numérique de Terrain et NAPPAGE 3D**

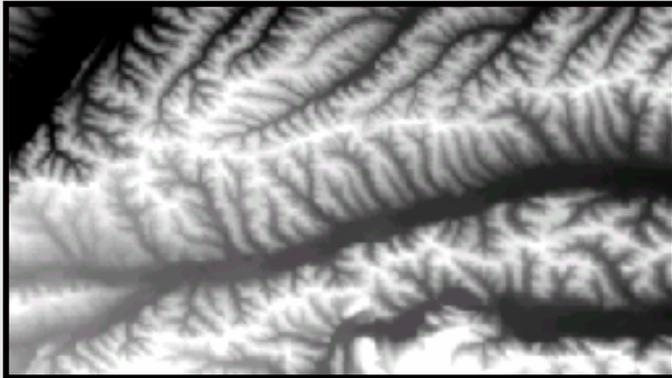
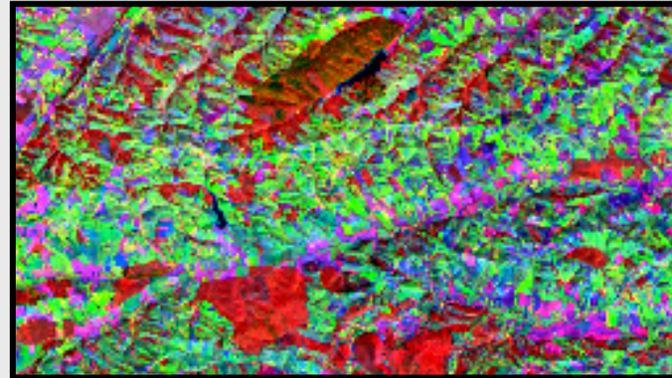


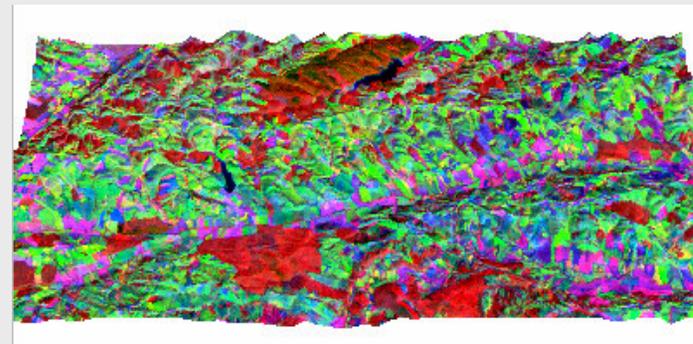
Image MNT 2D



Composition colorée 2D



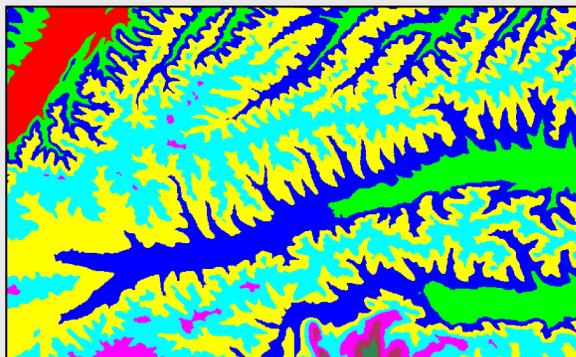
Image MNT 3D



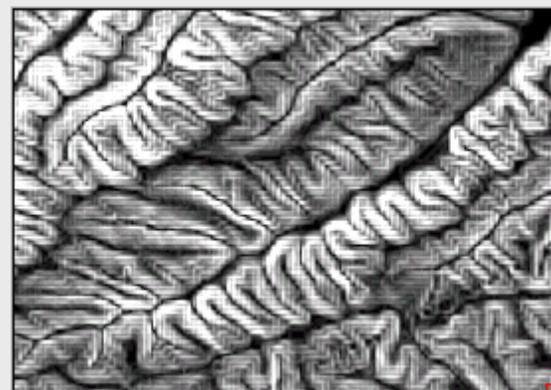
Composition colorée 3D

6. Le traitement des images satellitaires

6.10 L'analyse 3 D : **extraction de paramètres topographiques**



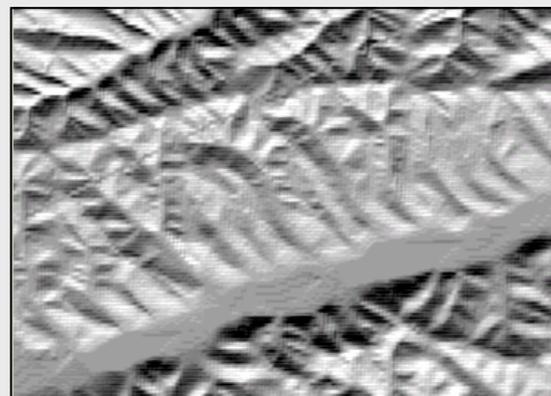
Plages d'altitude



pentes



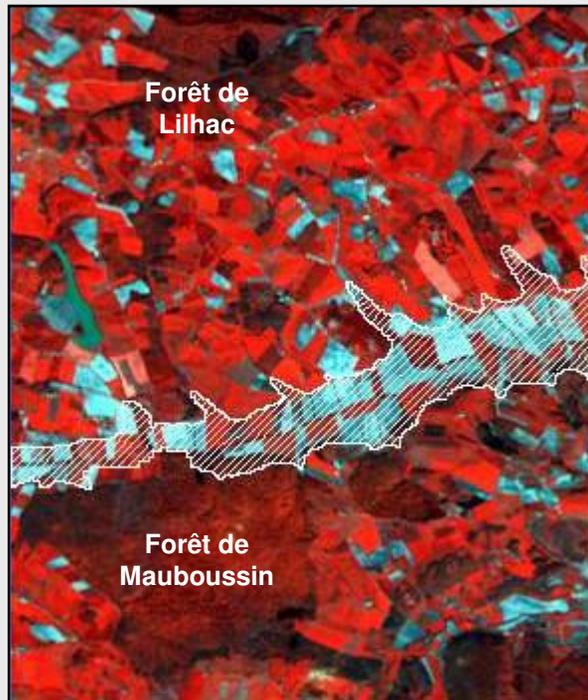
Angle d'exposition



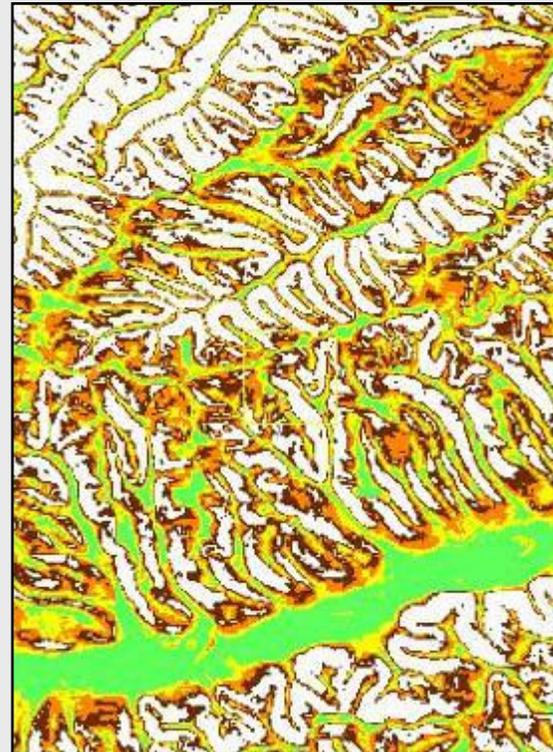
Ombres

6. Le traitement des images satellitales

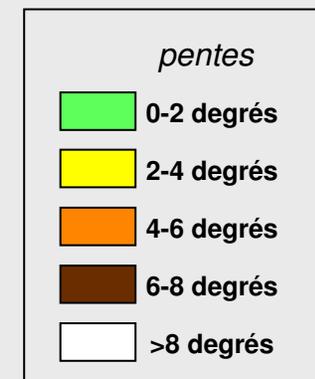
6.10 L'analyse 3 D : **exemples**



Zone inondable de la vallée de la Nère
(Canton d'Aurignac, Haute-Garonne)

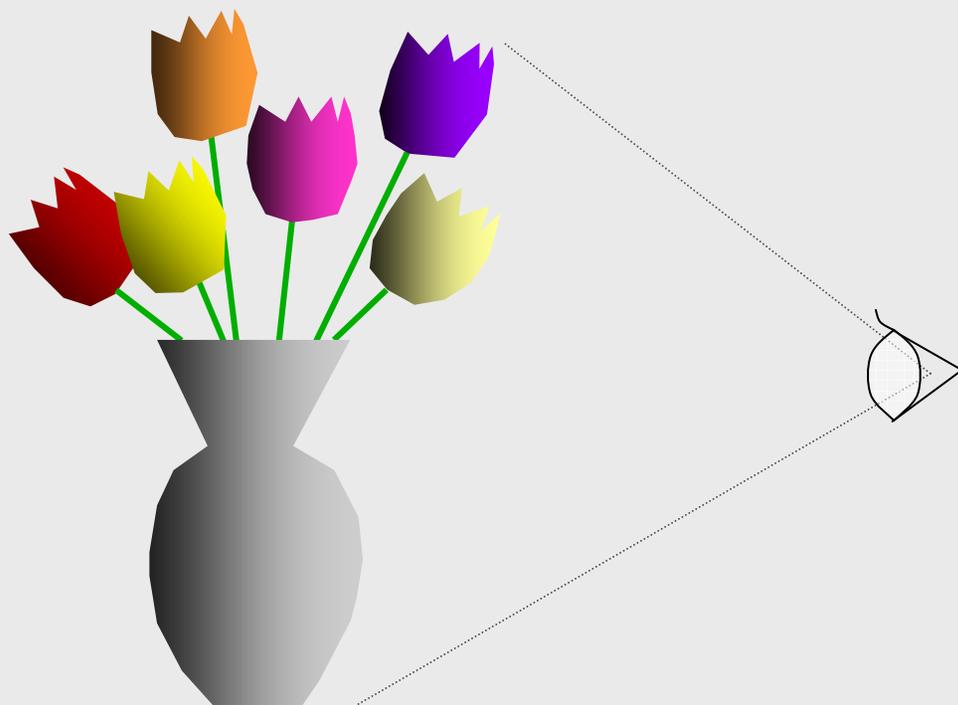


Cartographie des pentes en vue de
créer des voies de communication
(Canton d'Aurignac, Haute-Garonne)

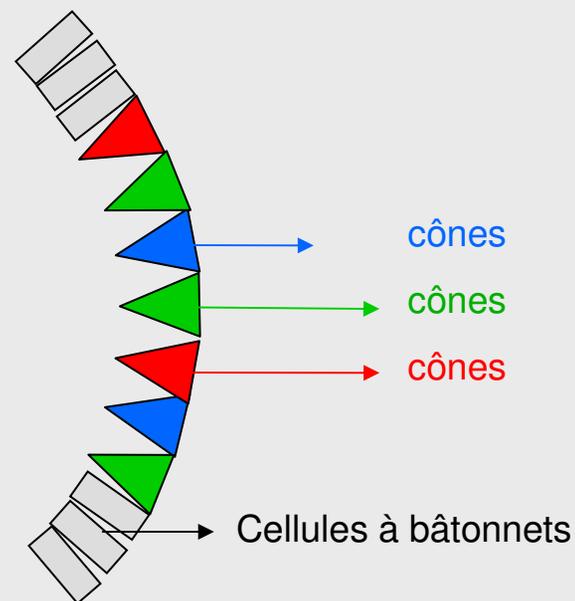


7. La représentation des couleurs

7.1 Vision d'un objet



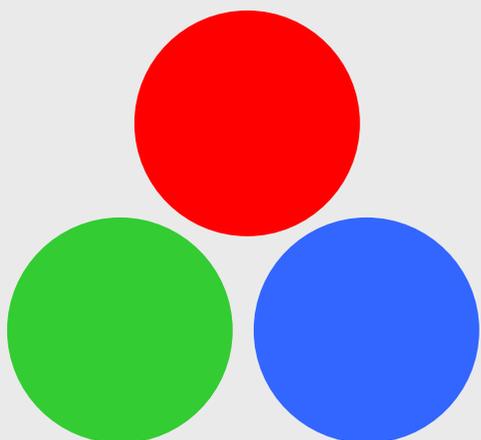
la rétine



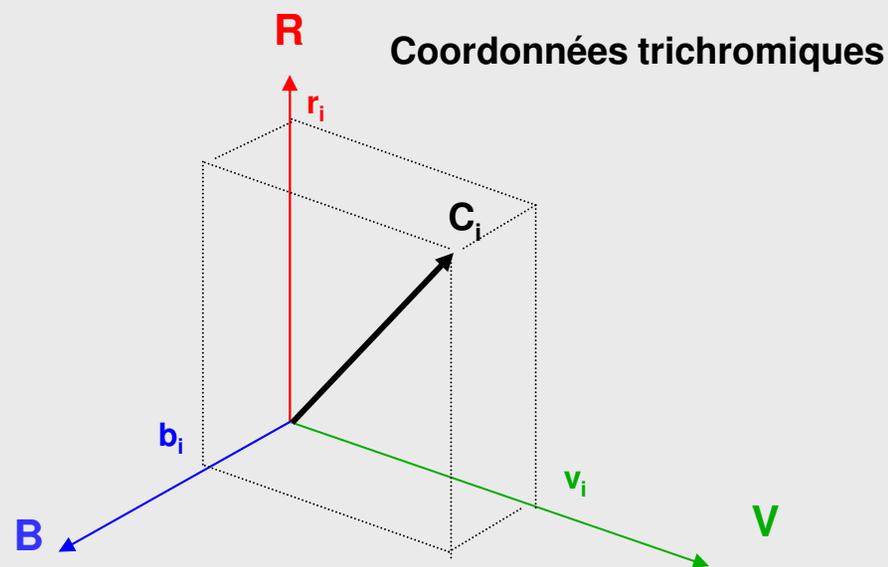
7. La représentation des couleurs

7.2 La représentation des couleurs : le système RVB

Couleurs primaires



0.4 0.7µm



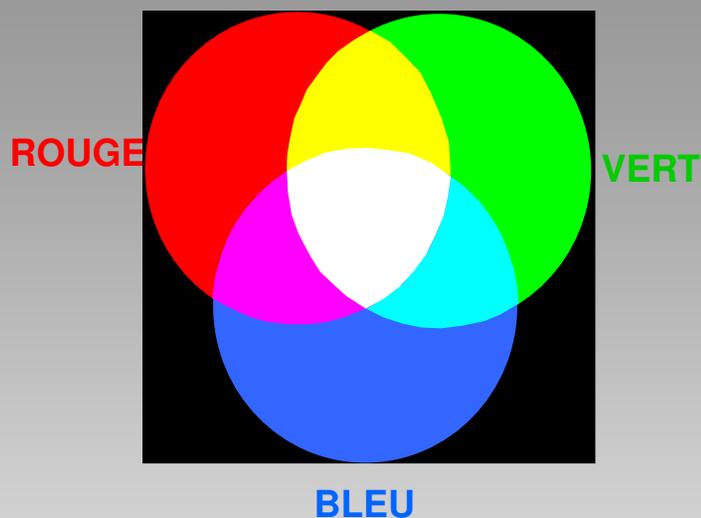
Une couleur sera la résultante de la combinaison des trois couleurs primaires R, V et B

$$C_i = r_i R + b_i B + v_i V$$

7. La représentation des couleurs

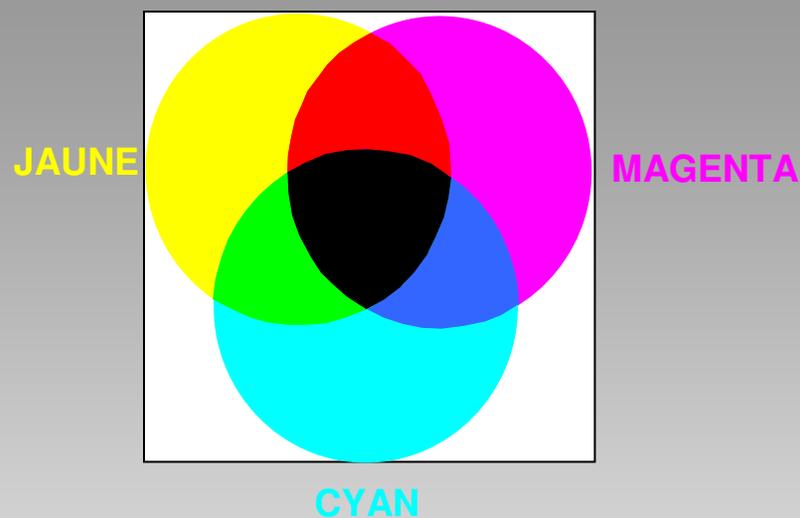
7.2 La représentation des couleurs : le système RVB

Addition des couleurs



ROUGE + VERT = JAUNE
ROUGE + VERT + BLEU = BLANC

Soustraction des couleurs

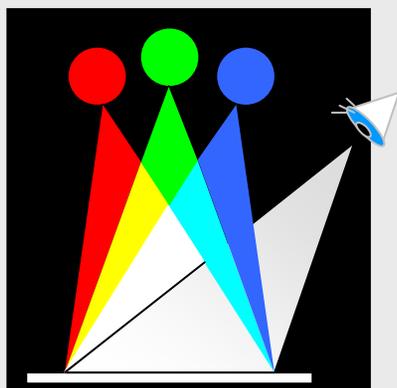


- JAUNE - CYAN = VERT
- JAUNE - CYAN - MAGENTA = NOIR

7. La représentation des couleurs

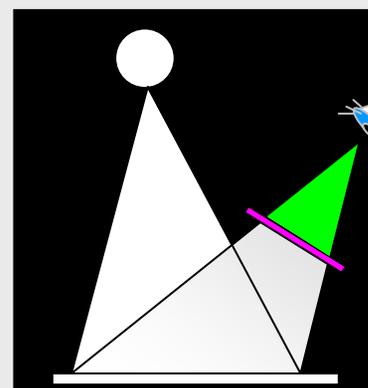
7.2 La représentation des couleurs : le système RVB

Addition des couleurs



Télévision
Images numériques lasers

Soustraction des couleurs

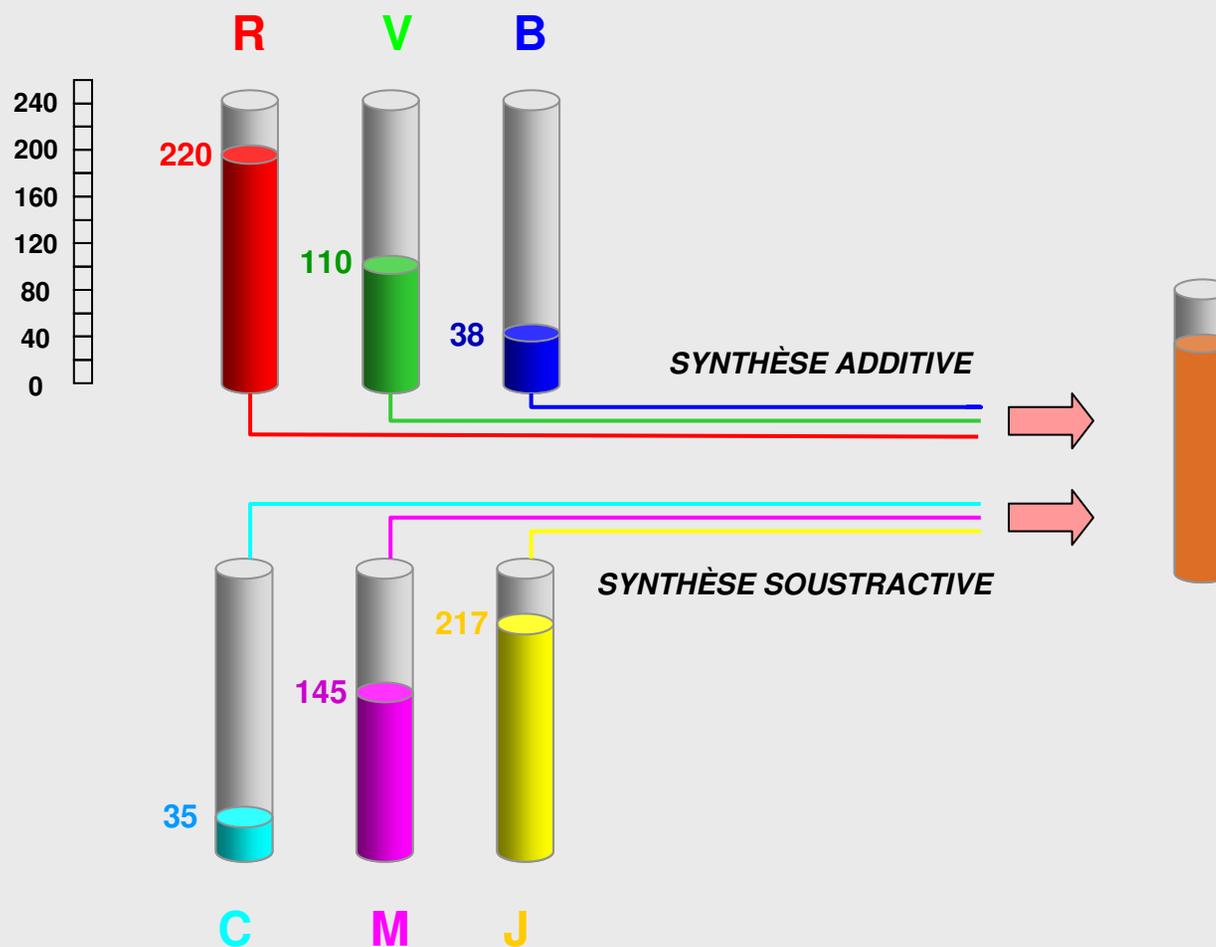


Filtre Magenta

Photographie
Imprimerie
Peinture

7. La représentation des couleurs

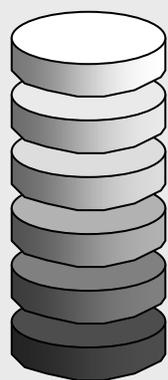
7.2 La représentation des couleurs : le système RVB



7. La représentation des couleurs

7.3 La représentation des couleurs : le système ITS

Intensité

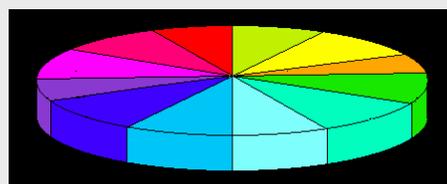


255

0

LUMINOSITÉ
ENERGIE

Teinte



COULEUR
TON

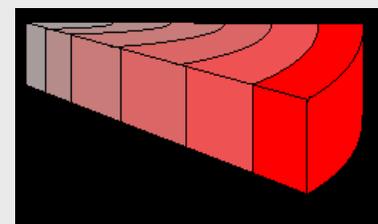
0°

360°

Saturation

0%

100%



DEGRÉ DE PURETÉ

Intensité

Teinte

Saturation