

Chapitre 1 : Principes physiques de la télédétection

Diapositive 1

h1

hpc; 16/03/2014

Principes physiques de la télédétection

1 - Le rayonnement électromagnétique

2 – Le spectre électromagnétique

3 – Les influences et interactions de la matière sur le rayonnement électromagnétique

4 – Les signatures spectrales

5 - Les fenêtres utiles et leur signification

6 – Les relations entre signatures spectrales et objets

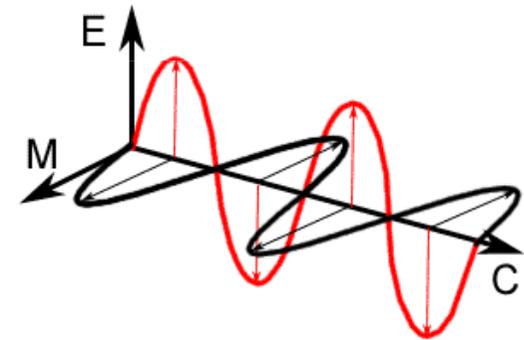
1 - Le rayonnement électromagnétique

1/5

La télédétection s'appuie sur des méthodes d'acquisition à distance de l'information basée sur le rayonnement électromagnétique.

Le rayonnement électromagnétique est l'énergie créée en tout point de l'espace par un double champ périodique :

- électrique
- et magnétique.



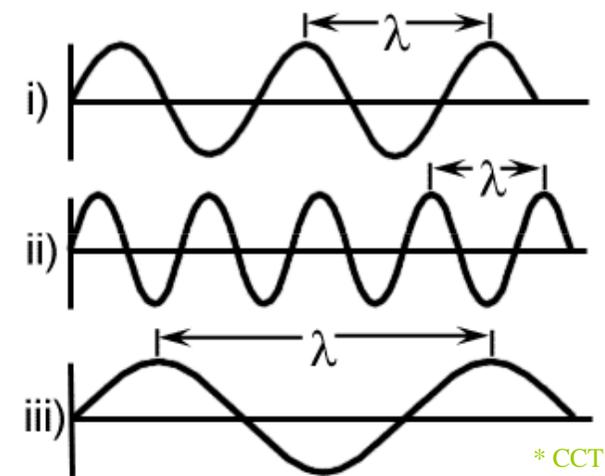
* CCT

1 - Le rayonnement électromagnétique

2/5

Il est défini par :

- sa **vitesse de propagation** (300 000 km/s dans le vide : vitesse de la lumière),
- son **amplitude** ou sa longueur d'onde
- et sa **fréquence** (sa répétitivité).

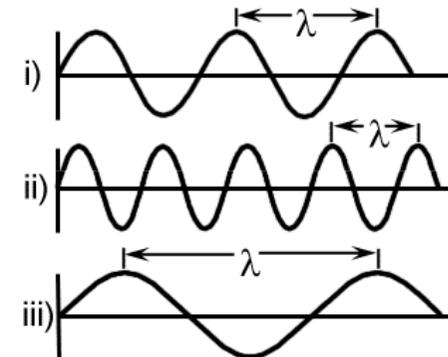


1 - Le rayonnement électromagnétique

2/5

La longueur d'onde équivaut à la distance d'un cycle d'une onde, ce qui correspond à l'écart entre deux crêtes successives d'une oscillation.

Elle est habituellement représentée par la lettre grecque lambda (λ), et est mesurée en mètres ou en l'un de ces sous-multiples tels que les **nanomètres** (nm, 10^{-9} m), **micromètres** (μm , 10^{-6} m), **millimètres** (mm, 10^{-3} m), ou **centimètres** (cm, 10^{-2} m).



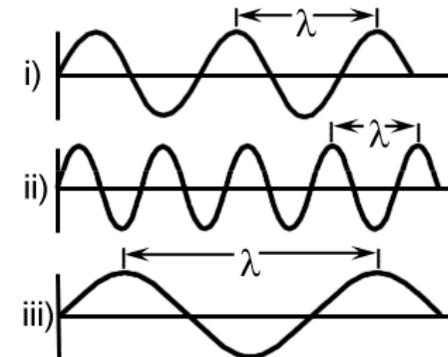
* CCT

1 - Le rayonnement électromagnétique

2/5

La fréquence représente le nombre d'oscillations par unité de temps.

La fréquence est normalement mesurée en Hertz (Hz) ou en multiples de **Hertz** (c-à-d en fréquences d'oscillations par seconde) .



* CCT

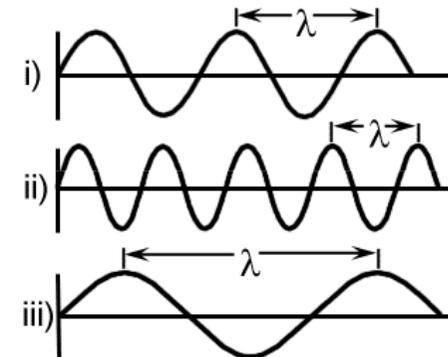
1 - Le rayonnement électromagnétique

2/5

La longueur d'onde et la fréquence sont inversement proportionnelles

Cette formule illustre bien la relation entre la longueur d'onde et la fréquence :

- plus la longueur d'onde est petite, plus la fréquence est élevée,
- et inversement, plus la longueur d'onde est grande, plus la fréquence est basse.



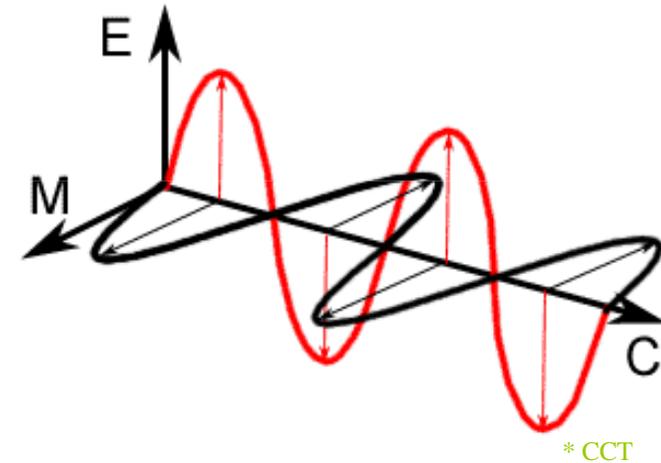
* CCT

1 - Le rayonnement électromagnétique

3/5

Le rayonnement électromagnétique est produit par une charge (de type atomique) :

- naturelle (le soleil) ou
- artificielle (radar, lampe...).



Le rayonnement ne se manifeste que par des interactions avec la matière :

1 - Le rayonnement électromagnétique

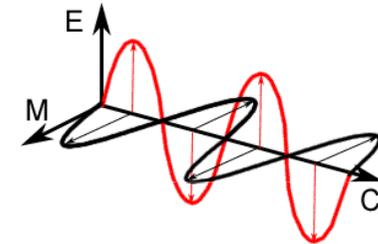
4/5

Exemple :

- Une flamme sur la lame d'un couteau va provoquer une agitation des éléments atomiques du métal, la lame va "chauffer" et produira donc un rayonnement électromagnétique dans les **longueurs d'onde du thermique**.

Ce rayonnement "invisible" pour l'œil humain jusqu'à une certaine intensité, est par contre "sensitif".

C'est une **émission propre**.

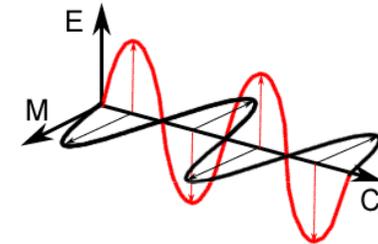


1 - Le rayonnement électromagnétique

5/5

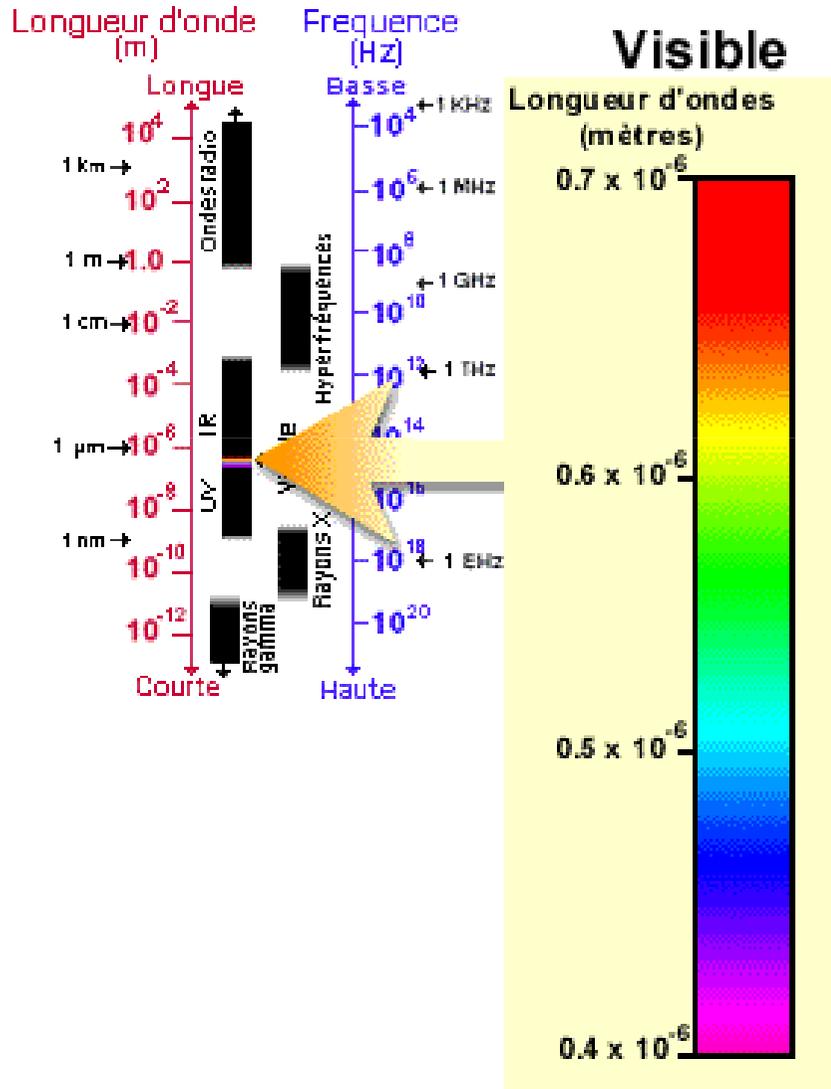
Exemple :

-Le soleil "éclaire" un objet dans toutes les longueurs d'onde, celui-ci absorbe une partie de l'émission solaire et renvoie une autre partie dans des longueurs d'onde particulière, pour le visible, dans certaines couleurs par exemple. C'est un **rayonnement indirect**.



2 - Spectre électromagnétique et longueurs d'ondes

1/8



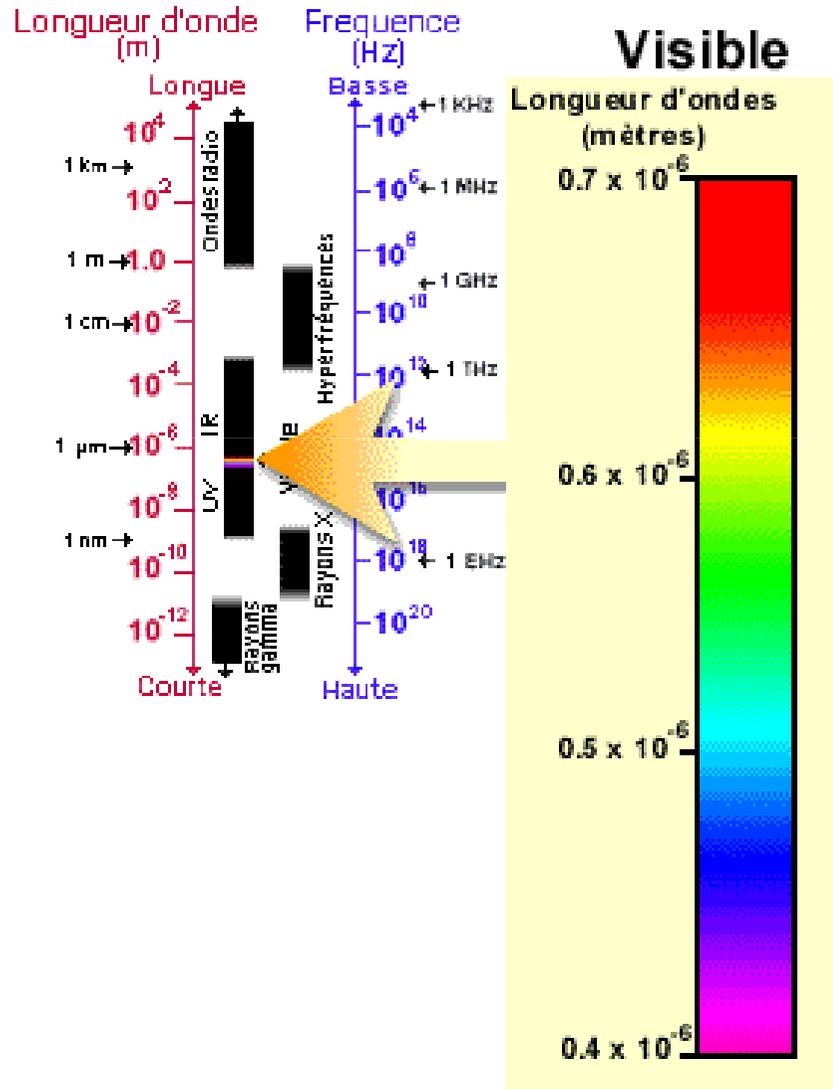
Le soleil émet dans toutes les longueurs d'ondes.

Celles-ci ont été fractionnées en différentes classes en fonction :

- de leur amplitude et de leur fréquence d'une part,
- et de leurs propriétés sur la matière d'autre part.

2 - Spectre électromagnétique et longueurs d'ondes

2/8

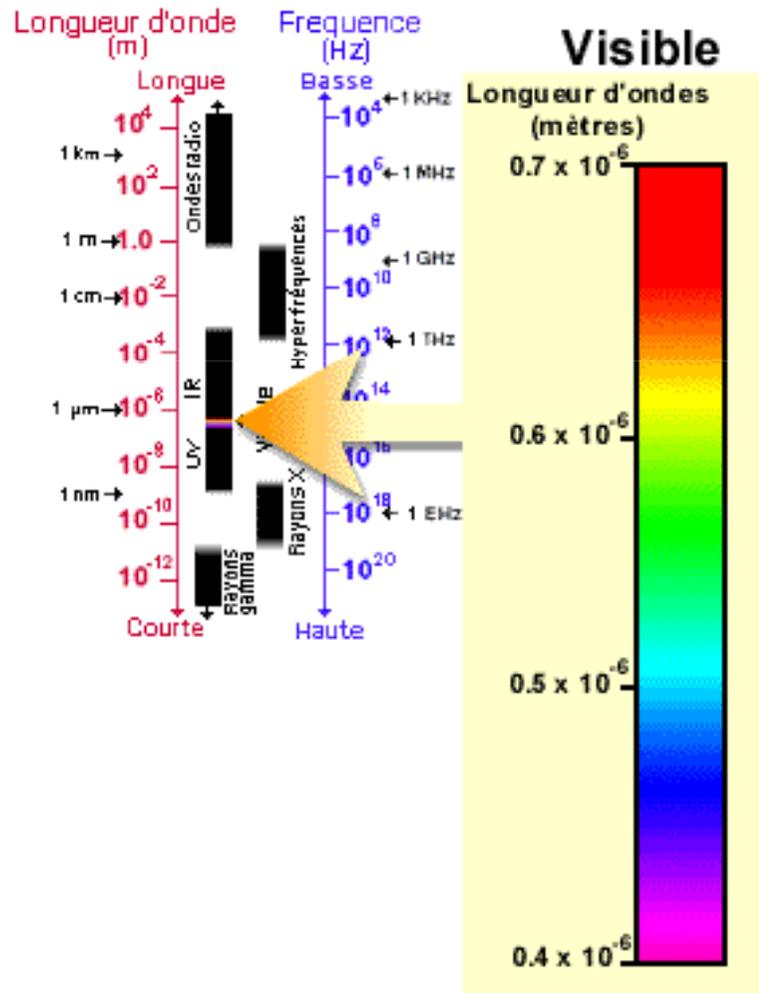


On distingue successivement, en partant des longueurs d'onde inférieures :

- Les rayons cosmiques (moins de 10^{-6} microns soit 10^{-12} mètres)
- Les rayons gamma (10^{-6} à 10^{-4} microns soit 10^{-12} à 10^{-10} mètres)
- Les rayons X (10^{-4} à 10^{-2} microns soit 10^{-10} à 10^{-8} mètres)
- L'ultra-violet (10^{-2} à 10^{-1} microns soit 10^{-8} à 10^{-7} mètres)

2 - Spectre électromagnétique et longueurs d'ondes

3/8



Le **spectre visible** par l'œil humain (0,4 à 0,8 microns)

Le violet : 0,4 – 0,446 μm

Le bleu : 0,446 – 0,500 μm

Le vert : 0,500 – 0,578 μm

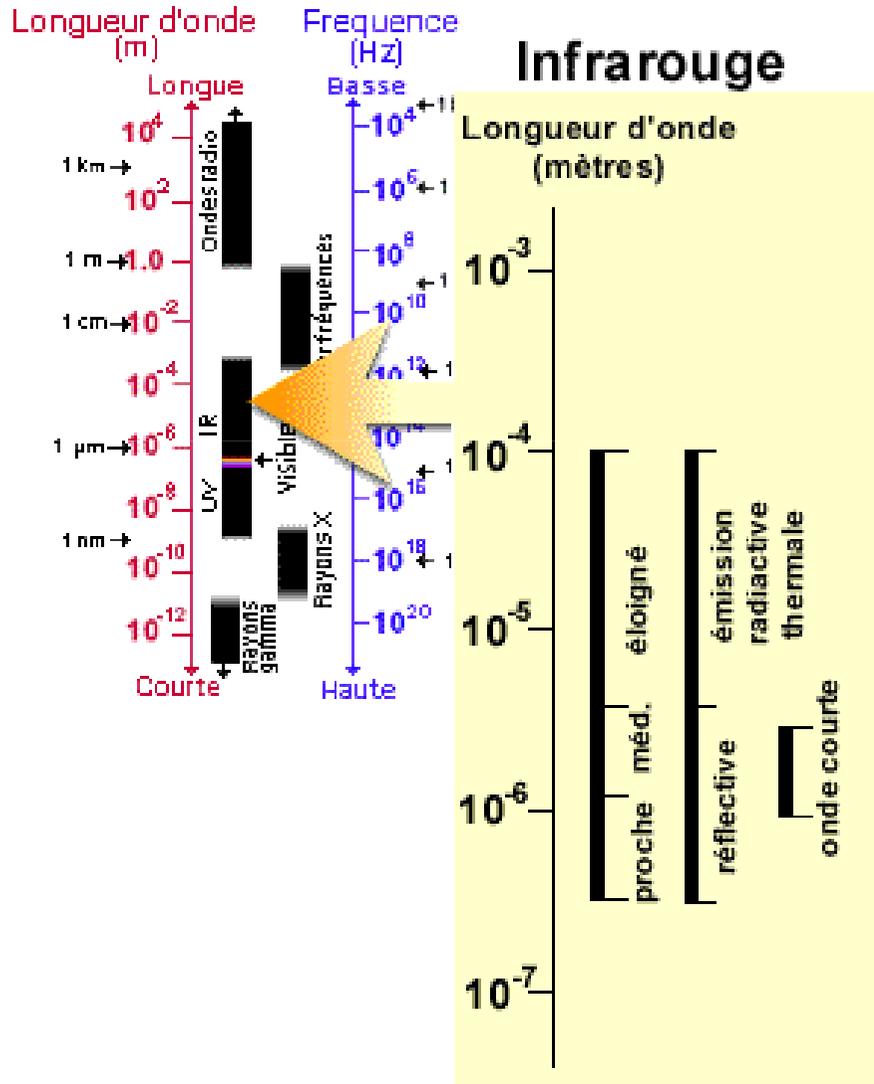
Le jaune : 0,578 – 0,592 μm

L'orange : 0,592 – 0,620 μm

Le rouge : 0,620 – 0,700 μm

2 - Spectre électromagnétique et longueurs d'ondes

4/8



Les infra-rouges

(0,8 à 100 microns Soit 100 fois plus large que la fenêtre du visible) :

- Le proche infra-rouge (0,8 à 1,3μ)
- Le moyen infra-rouge (1,3 à 3μ)
- L'infra-rouge thermique (3 à 15μ)
- L'infra-rouge lointain (15 à 100μ)

2 - Spectre électromagnétique et longueurs d'ondes

5/8

Les **micro-ondes** ou ondes **radars** appelées **hyperfréquences** (10^3 à $10^5 \mu$)

Les ondes hertziennes (télévision) (10^5 à 10^7 microns)

Les ondes radio et sonores (plus de 10^7 microns)

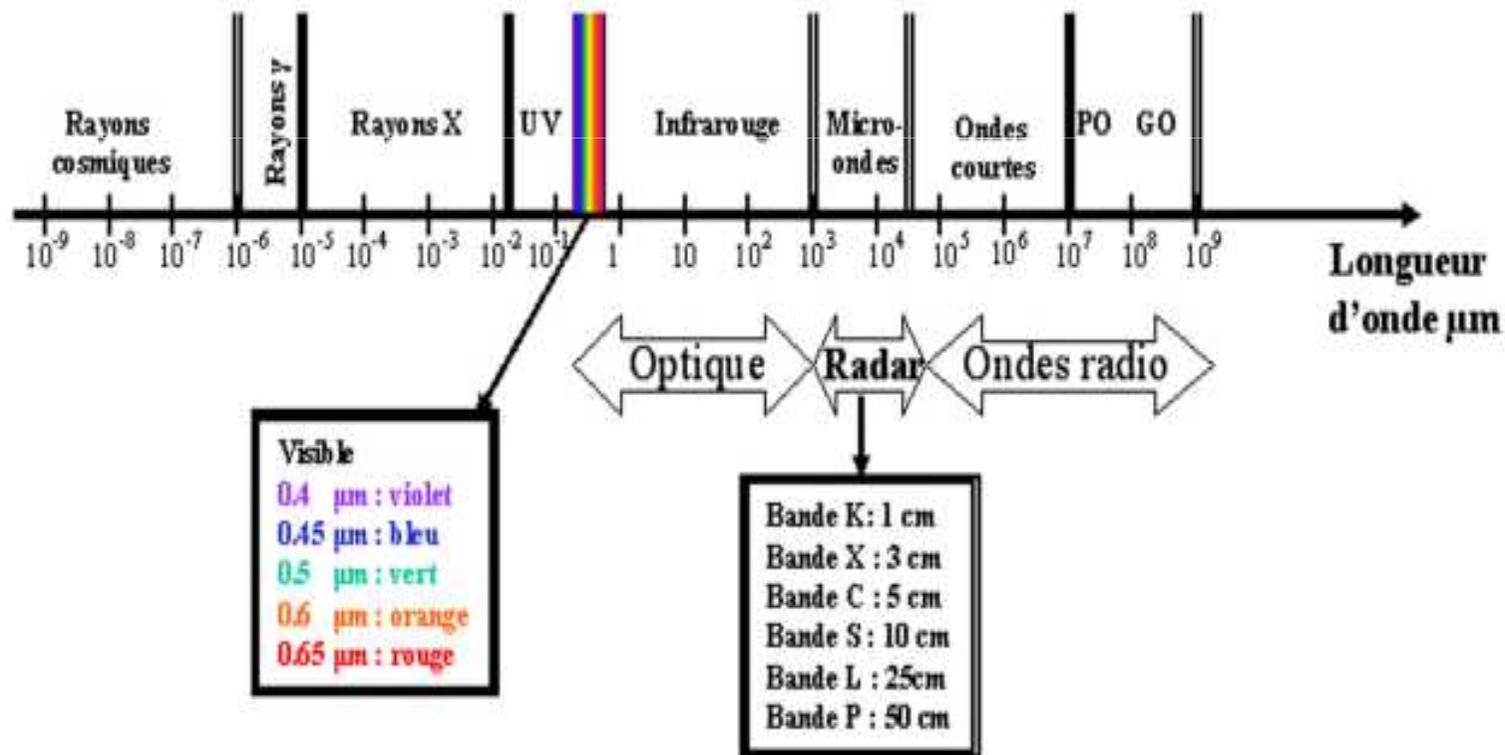
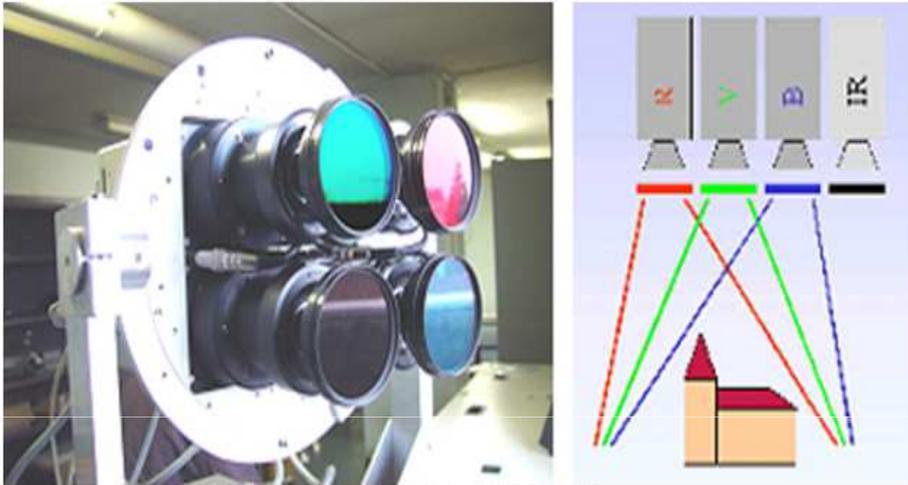


Tableau des différentes longueurs d'onde des rayonnements électromagnétiques

2 - Spectre électromagnétique et longueurs d'ondes

6/8



Caméra numérique IGN (matrices)

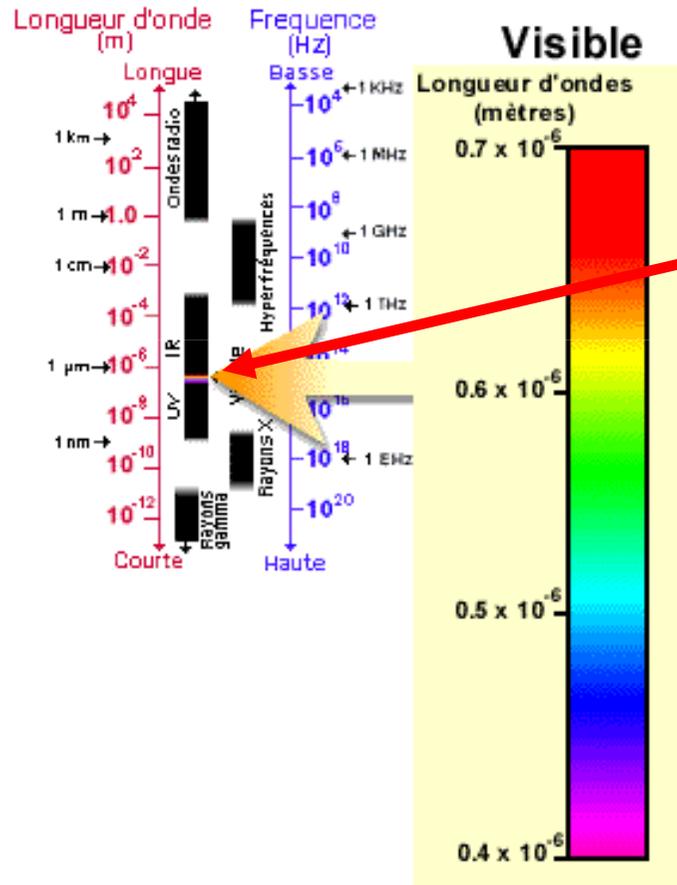
Les capteurs satellitaires sont des instruments capables d'enregistrer ce rayonnement, dans certaines longueurs d'ondes bien précises (ex. **Bleu**, **vert**, **rouge**, **infrarouge**).



L'œil humain est un capteur d'ondes électromagnétiques émises dans les longueurs d'ondes dites "du visible", c'est-à-dire globalement entre 0,4 et 0,8 microns

2 - Spectre électromagnétique et longueurs d'ondes

7/8



On s'aperçoit donc que ce que voit l'œil humain est une toute petite fenêtre (le visible) dans l'ensemble du spectre électromagnétique.

Et les capteurs satellitaires ont des fenêtres de détection du rayonnement pas nécessairement dans les longueurs d'onde du visible (exemple : infrarouge, hyperfréquences « radar »).

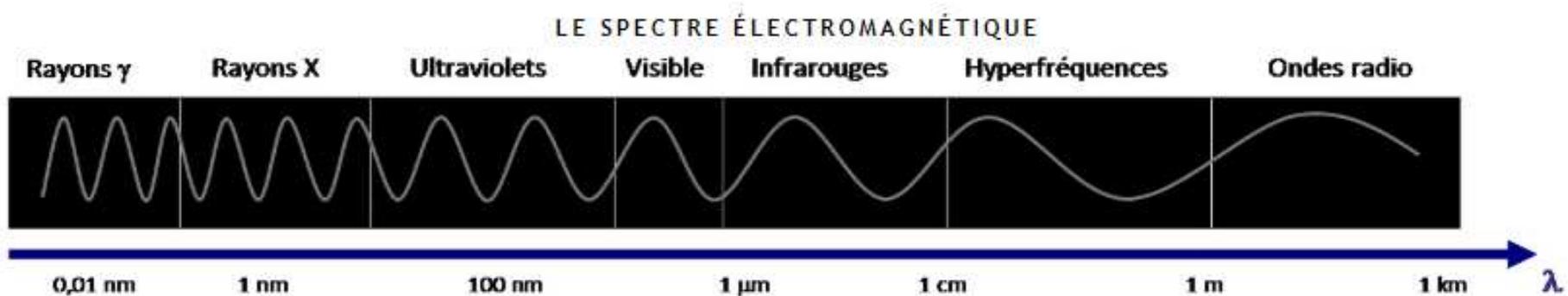
2 - Spectre électromagnétique et longueurs d'ondes

8/8

Il est alors admis, par différents traitements, une traduction ou conversion de ces rayonnements non visibles dans le visible.

C'est ce que nous renvoient les images satellites, photos, écrans d'ordinateur...

L'ensemble des fenêtres de toutes les longueurs d'onde est appelé "spectre électromagnétique".



3 - Influences et interactions de la matière sur le rayonnement électromagnétique

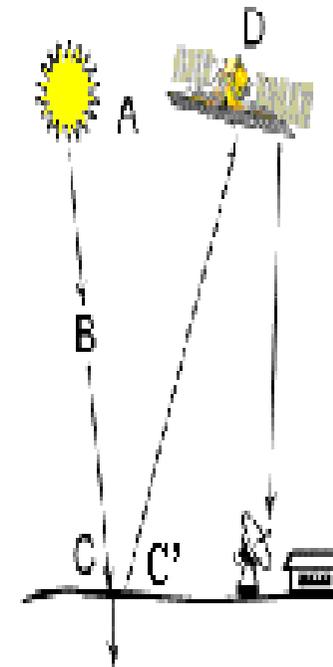
1/9

Le rayonnement reçu et quantifié par les capteurs n'est pas un rayonnement direct, il est en général une ré-émission du rayonnement solaire.

Aussi, différents agents (**B**) sont intervenus entre :

- d'une part, le rayonnement solaire (**A**) émis sur l'objet (**C**) et le renvoi de ce rayonnement par l'objet,

- et d'autre part le renvoi de l'objet (**C'**) et l'enregistrement du capteur (**D**) .

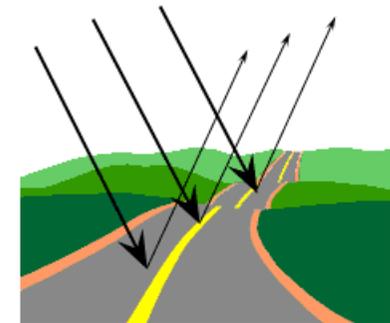
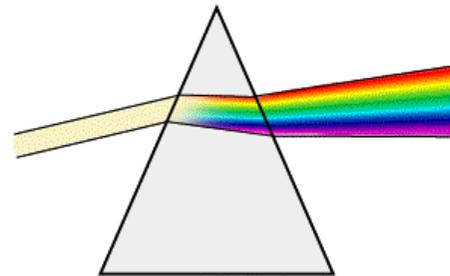
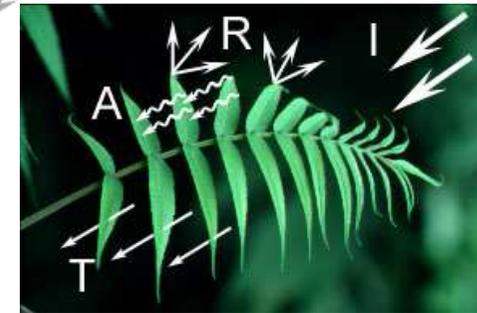


3 - Influences et interactions de la matière sur le rayonnement électromagnétique

2/9

On distingue ainsi, entre le rayonnement solaire et l'enregistrement au niveau du capteur :

- la diffusion;
- l'absorption;
- la réfraction;
- la transmission;
- l'émission propre



3 - Influences et interactions de la matière sur le rayonnement électromagnétique

2/9

La diffusion dans l'atmosphère correspond aux pertes dans les différents aérosols pouvant absorber, renvoyer dans toutes les directions (nuages, poussières, teneur en eau...).

Cette diffusion se fait "à l'aller" dans le sens soleil / objet, et "au retour", dans le sens objet / capteur



3 - Influences et interactions de la matière sur le rayonnement électromagnétique

3/9

L'absorption par les objets.

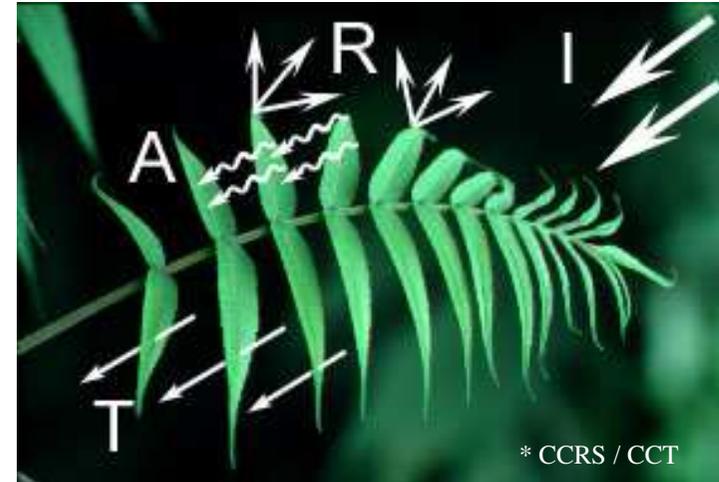
Une partie du rayonnement peut être transformée (par exemple en énergie dans le cas de la photo-synthèse ou de la photo-voltaïque, ou en chaleur...).

Lorsqu'un objet apparaît dans une certaine couleur, c'est qu'il renvoie dans les longueurs d'onde correspondant à cette couleur, c'est aussi qu'il absorbe le rayonnement dans les autres couleurs.

Un objet qui absorbe toute l'énergie qu'il reçoit (dans le visible et l'infrarouge) est appelé un "**corps noir**".

Il ré-émet une partie de cette énergie dans l'infrarouge thermique

Un pull noir devient chaud au soleil parce qu'il absorbe les couleurs et les transforme en chaleur.



I = rayonnement incident

A = r. absorbé R = r. réfléchi

T = r. transmis

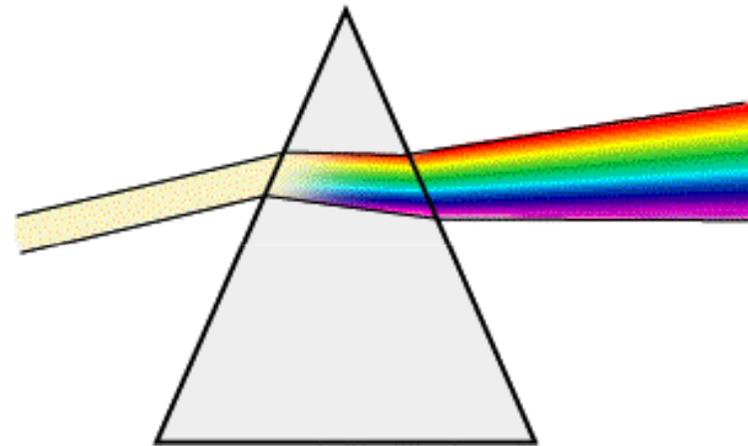
3 - Influences et interactions de la matière sur le rayonnement électromagnétique

4/9

- **La réfraction** est une déviation du rayonnement lorsqu'il passe d'un milieu doté d'une certaine densité à un milieu d'une densité différente.

C'est le cas lorsque les rayons en provenance de l'espace pénètrent dans l'atmosphère ou lorsqu'ils passent de la thermosphère chaude à la mésosphère.

(Par exemple, on peut la matérialiser par l'effet visuel d'un bâton plongé en partie dans l'eau, effet de " cassure ").

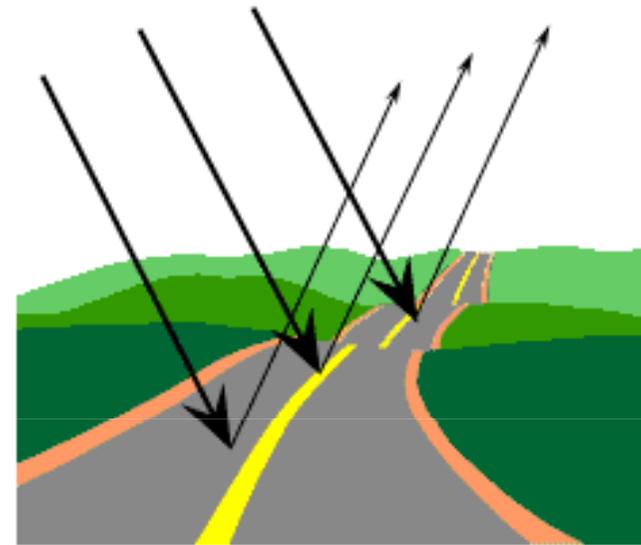


3 - Influences et interactions de la matière sur le rayonnement électromagnétique

5/9

-La **réflexion** correspond au renvoi dans une longueur d'onde et une direction bien précises, en l'occurrence, la direction du capteur satellitaire.

- **La transmission** correspond à la partie du rayonnement qui traverse l'objet. Un objet transparent a un coefficient de transmission élevé pour le rayonnement visible.



CCRS / CCT

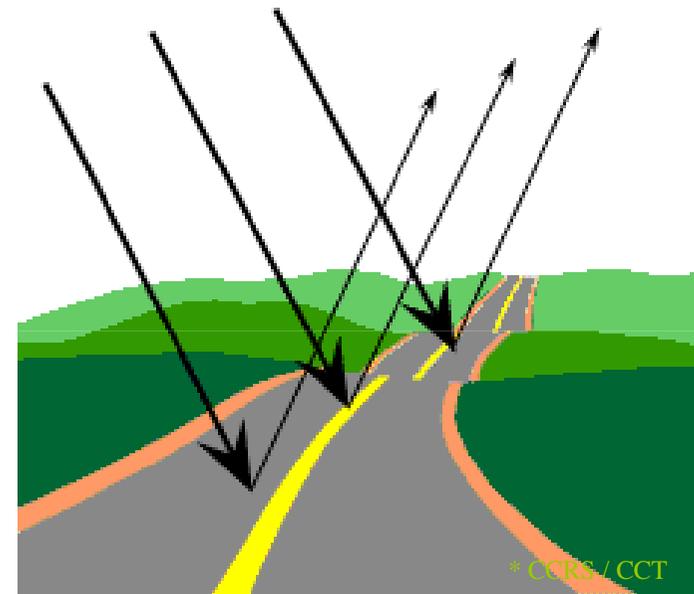
3 - Influences et interactions de la matière sur le rayonnement électromagnétique

6/9

Enfin, l'objet peut avoir une **émission propre** (lampes, fluorescence, feux...).

Des images de télédétection peuvent être obtenues par émission propre, notamment les données dans l'**infra-rouge thermique** correspondant à la chaleur émise par les objets observés.

Exemple: le corps humain



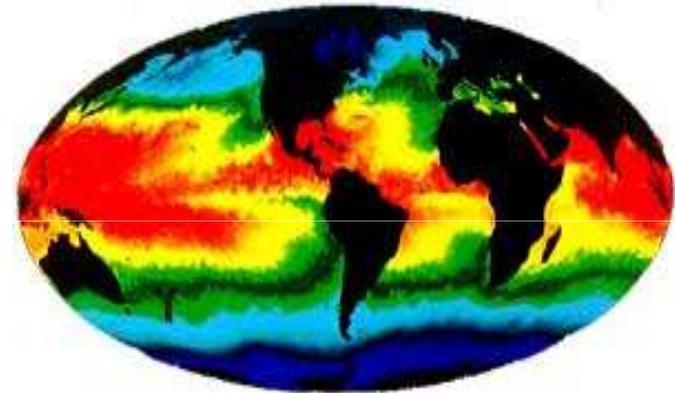
3 - Influences et interactions de la matière sur le rayonnement électromagnétique

7/9

L'énergie (E) reçue par un objet est égale à la somme :

de l'énergie absorbée (a),
de l'énergie transmise (t)
et de l'énergie réfléchie (r) :

$$E = a + t + r$$



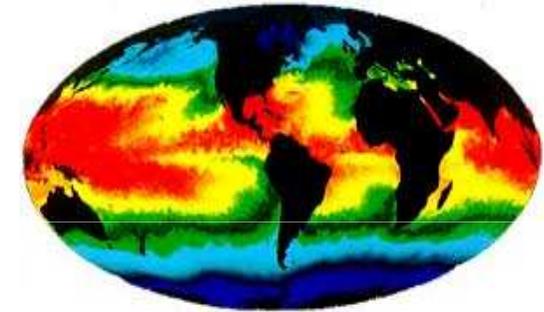
3 - Influences et interactions de la matière sur le rayonnement électromagnétique

8/9

La réflectance est le rapport entre l'énergie reçue par une surface et l'énergie réfléchié par cette même surface :

$$R = r/E$$

(ce qui n'est pas réfléchi, est absorbé ou transmis)



L'absorptance est le rapport entre l'énergie reçue par une surface et l'énergie absorbée par cette même surface :

$$A = a/E$$

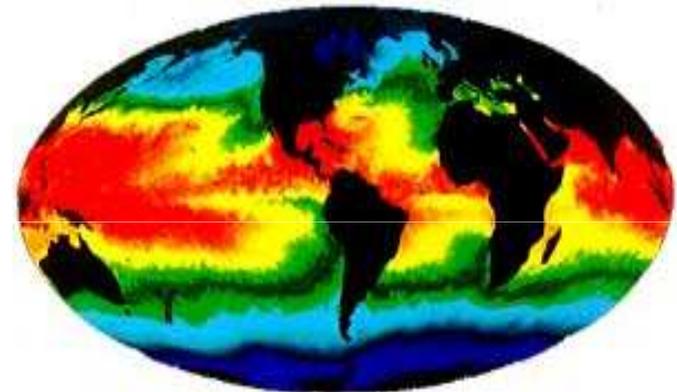
(ce qui n'est pas absorbé, est réfléchi ou transmis)

3 - Influences et interactions de la matière sur le rayonnement électromagnétique

9/9

La transmittance est le rapport entre l'énergie reçue par une surface et l'énergie transmise par cette même surface :

$$T = t/E$$

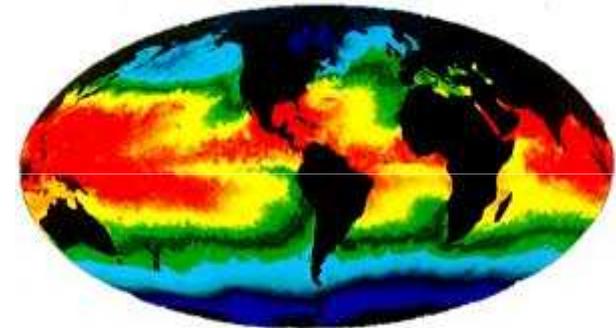


(ce qui n'est pas transmis, est réfléchi ou absorbé)

Ce que capte le satellite, et par conséquent, l'image qui apparaît correspond à une très faible partie résiduelle des phénomènes atmosphériques, très " bruitée " par les aérosols.

4 - Les fenêtres spectrales utiles et leur signification 1/20

Dans une fenêtre spectrale observée, les objets au sol ont un comportement et une “ réponse ” spécifiques liés à leur état, leur taille, leur physionomie, la période d'observation...



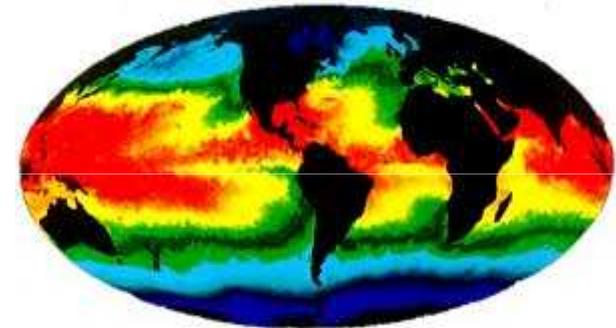
Toutes les fenêtres spectrales ne sont pas utilisées en télédétection.

4 - Les fenêtres spectrales utiles et leur signification 2/20

L'exemple de la fenêtre de l'ultraviolet

Une partie importante du rayonnement ultraviolet est absorbée par les hautes couches de l'atmosphère entraînant ainsi une dissociation des molécules d'oxygène, d'azote et surtout d'ozone (qui alimente la couche d'ozone).

Ces interactions sont si intenses que le rayonnement est inutilisable pour la détection à distance des objets.



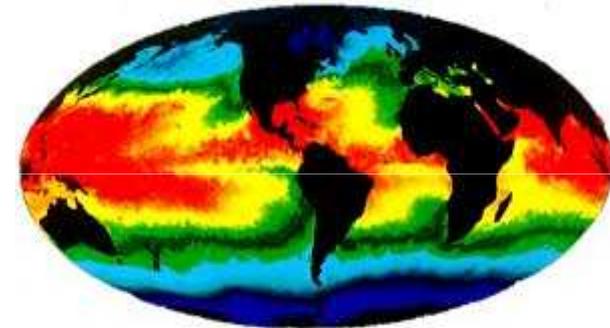
4 - Les fenêtres spectrales utiles et leur signification 3/20

Les fenêtres les plus utilisées en télédétection sont ainsi :

- le visible ;
- l'infrarouge (PIR, MIR et IRT) ;
- et les hyperfréquences.

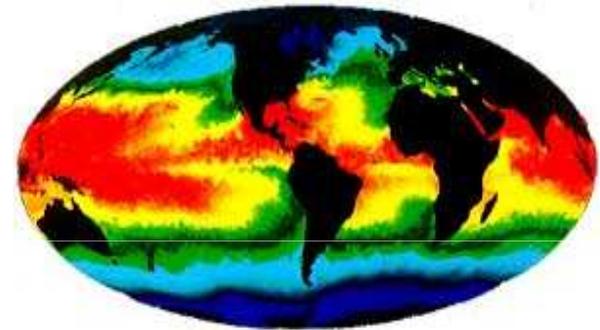
Chaque fenêtre spectrale a aussi un mode de rayonnement prédominant qui lui sert à capter la réponse et le comportement de la cible (l'objet).

...



4 - Les fenêtres spectrales utiles et leur signification 4/20

- Dans les fenêtres du visible et de l'infrarouge, les observations utilisent le phénomène de la réflexion du rayonnement solaire par les objets (détection passive).
- Dans le domaine thermique surtout et aussi des hyperfréquences (le radar), c'est plutôt l'émission naturelle des surfaces qui domine (détection active).
- Toutefois, dans tous les domaines spectraux, il est possible de réaliser une détection active par un rayonnement artificiel.

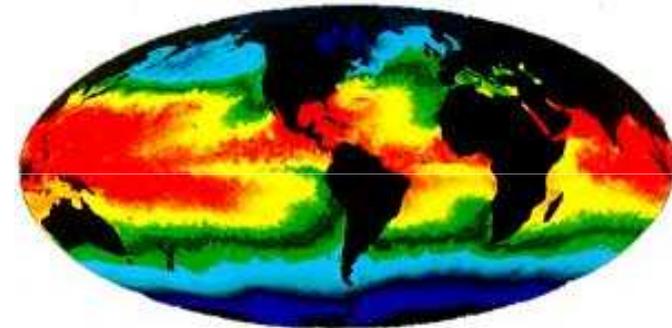


4 - Les fenêtres spectrales utiles et leur signification 5/20

Le visible : Dans la fenêtre dite du visible (0,4/0,8 microns), la “ couleur ” de l’objet est identifiée comme le perçoit l’oeil humain.

Rappelons que le terme de couleur est une convention linguistique de correspondance entre une longueur d’onde et un terme.

...



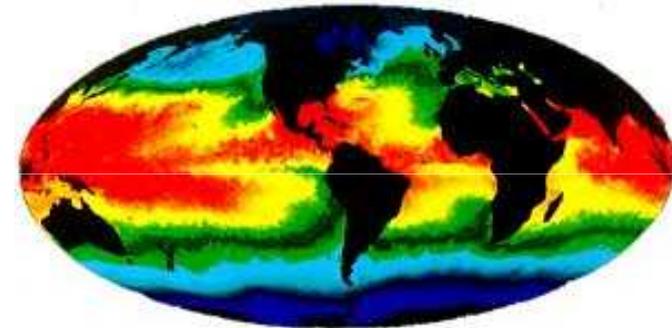
4 - Les fenêtres spectrales utiles et leur signification 6/20

La couleur est une lumière qui pénètre dans l'œil et provoque des réactions chimiques transformées en signaux pré-codés.

Ces signaux sont transmis au cerveau par le nerf optique et sont reçus (par le cerveau) comme couleurs.

Le processus est compliqué puisque au-delà de la lumière, toute excitation entraîne une perception colorée même s'il n'y a pas de sensation colorée issue de l'œil.

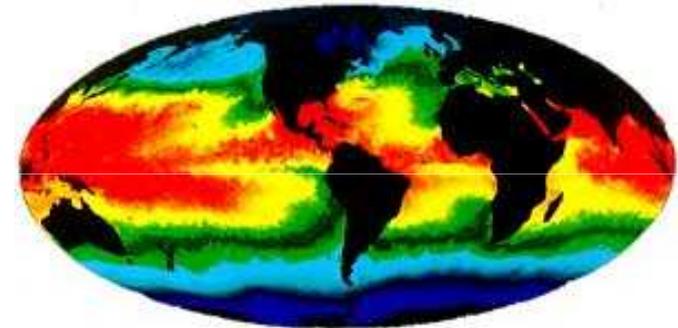
Exemple : les rêves en couleurs



4 - Les fenêtres spectrales utiles et leur signification 7/20

Ainsi, les différents canaux des capteurs sont paramétrés chacun pour mettre plus en valeur la fenêtre qui correspond à une couleur conventionnelle du visible ou de l'infrarouge...

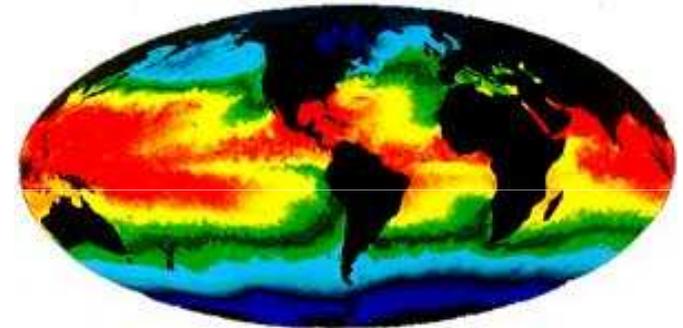
...



4 - Les fenêtres spectrales utiles et leur signification 8/20

Toujours dans le visible,

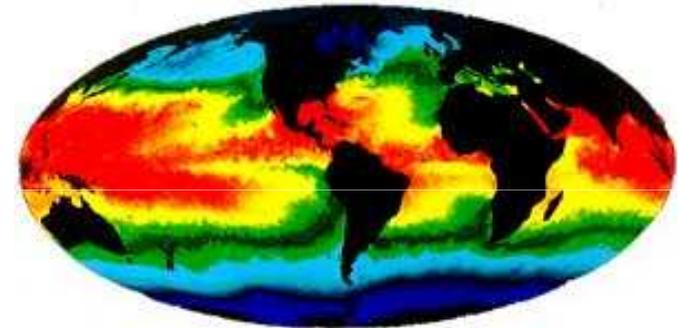
Le canal TM1 de Landsat 1 à 7
(0.45/0.52 microns),
correspondant à la fenêtre du
“ bleu ” mettra naturellement en
évidence les objets “ bleu ” pour
l’œil humain (l’océan, les lacs,
rivières...).



4 - Les fenêtres spectrales utiles et leur signification 9/20

Toujours dans le visible,

Le canal TM2 de Landsat 1 à 7
(0.52/0.60 microns) et **XS1 de SPOT**
(0.50/0.60 microns) mettra
en évidence les objets "verts"
pour l'œil (végétation, forêt,
cultures, "les martiens"...))

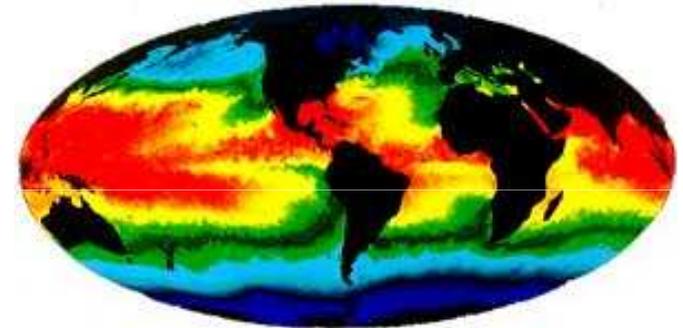


...

4 - Les fenêtres spectrales utiles et leur signification 10/20

Toujours dans le visible,

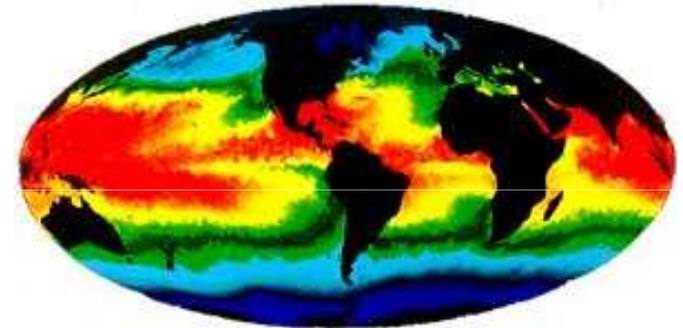
Le canal TM3 de Landsat 1 à 7
(0.63/0.69 microns) et **XS2 de SPOT**
(0.60/0.68 microns)
capteront prioritairement les
objets “rouges” et les objets aux
couleurs composites (roches,
villes, sols nus...) par
différenciation avec les objets de
couleurs pures,



4 - Les fenêtres spectrales utiles et leur signification 11/20

Toujours dans le visible,

Les objets “blancs”, par définition renvoient toutes les longueurs d’onde du visible, aussi trouverons nous une réponse d’un objet blanc dans les canaux bleu, vert et rouge.

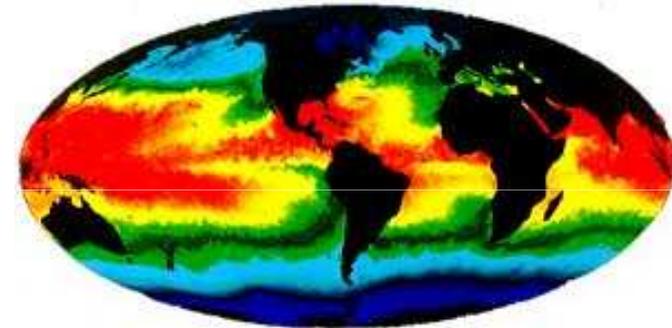


4 - Les fenêtres spectrales utiles et leur signification 12/20

L'infrarouge :

Contrairement au visible, nous touchons ici à des longueurs d'onde (0.8 à 100 microns) qui ne sont plus perceptibles à l'oeil humain et il est impératif de dissocier :

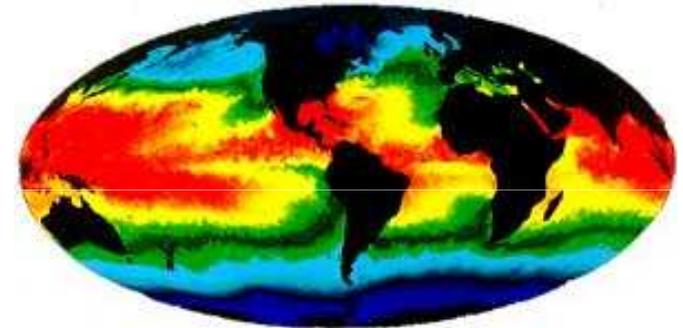
- couleur visible de l'objet,
- réponse dans l'infrarouge,
- couleur à l'écran.



4 - Les fenêtres spectrales utiles et leur signification 13/20

Le proche infrarouge - PIR

(0.8/1.3 microns) correspond à la fenêtre utile pour la détection de l'activité chlorophyllienne, et pas forcément à l'abondance de la végétation (les canaux **Landsat TM4** et **SPOT XS3** sont paramétrés sur cette fenêtre).



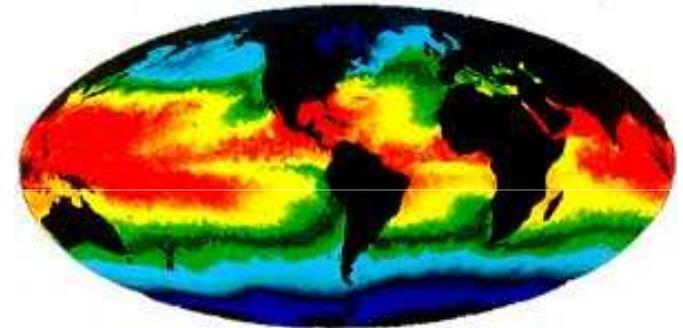
Le proche infrarouge peut être aussi utilisé pour évaluer en partie la teneur en eau des sols et des plantes (domaines du MIR).

4 - Les fenêtres spectrales utiles et leur signification 14/20

Pourquoi la détection de l'activité chlorophyllienne et pas forcément à l'abondance de la végétation ?

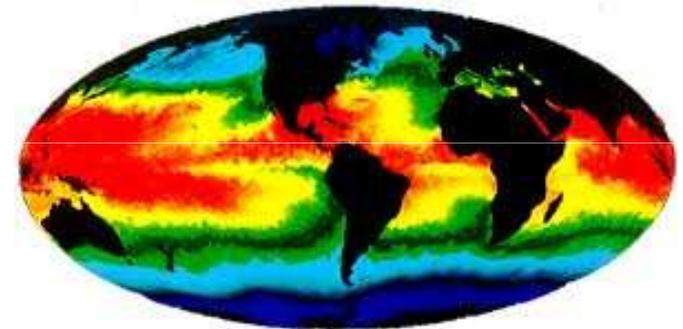
Exemple:

Une forêt de feuillus en hiver, couvrant même un espace important, mais dépourvue de feuille, aura une réponse faible dans le PIR en raison de l'absence de feuilles ou de la dormance de la végétation.



4 - Les fenêtres spectrales utiles et leur signification 15/20

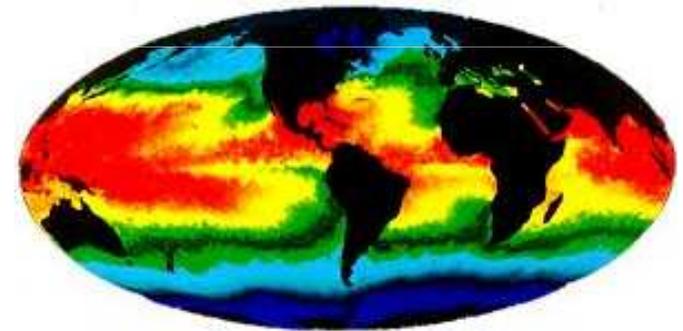
Le moyen infrarouge - MIR 1.55/1.75 microns (Landsat TM5, et MIR SPOT4) est utilisé essentiellement pour évaluer la teneur en eau des sols et des plantes (comme par exemple dans la mesure des déficits hydriques ou, à l'inverse, des zones irriguées).



4 - Les fenêtres spectrales utiles et leur signification 16/20

l'infrarouge thermique - IRT 10.4/12.5 microns (Landsat TM6) détermine directement (et en cas de non nébulosité) la température de surface des objets observés.

A une réponse faible, correspond une température faible par rapport au reste des valeurs apparentes, et non pas forcément une température "froide".



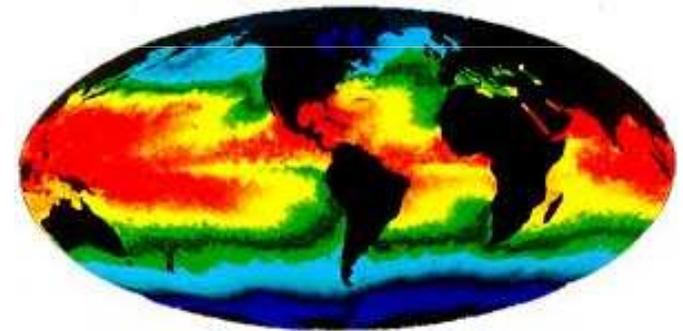
4 - Les fenêtres spectrales utiles et leur signification 17/20

Attention, il ne s'agit pas d'un rapport absolu température au sol / réflectance / niveau numérique quelle que soit l'image.

On ne peut dire *a priori* qu'à un niveau numérique de «15» correspond une température de 10°C.

Ce rapport n'est valable que sur une seule image et une seule zone sur laquelle on aura préalablement réalisé un échantillonnage des températures réelles au sol.

...

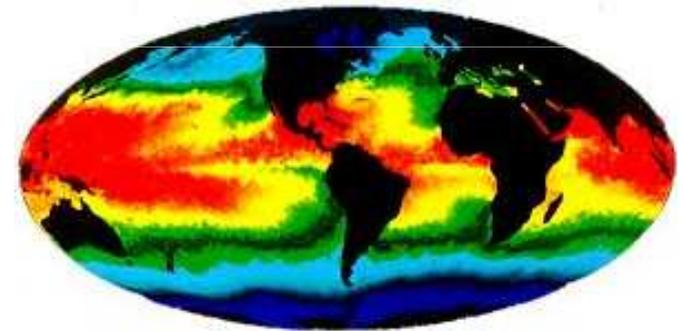


4 - Les fenêtres spectrales utiles et leur signification 18/20

Landsat TM7 (0.8/2.35 microns)

correspond à une fenêtre spectrale couvrant le proche et le moyen infrarouge.

Ce canal est peu utilisé en lui-même, mais intervient principalement dans la construction de néo-canaux.



...

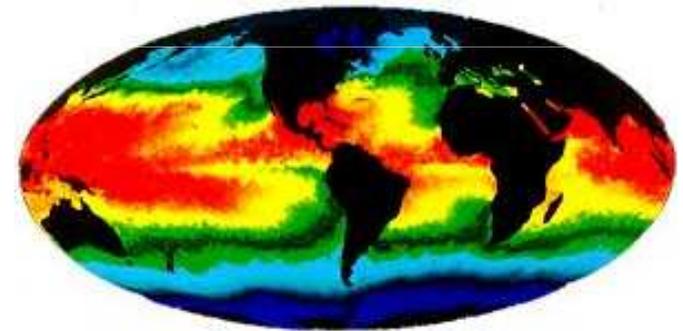
4 - Les fenêtres spectrales utiles et leur signification 19/20

Le radar (hyperfréquence) :
(de 3 microns à 1 mètre)

Le radar est un appareil qui émet des impulsions très brèves en hyperfréquences et reçoit l'écho après réflexion d'un obstacle.

Pour rappel, nous entrons ici dans le domaine de la télédétection active : le satellite n'est plus seulement capteur, il est aussi émetteur de rayonnement.

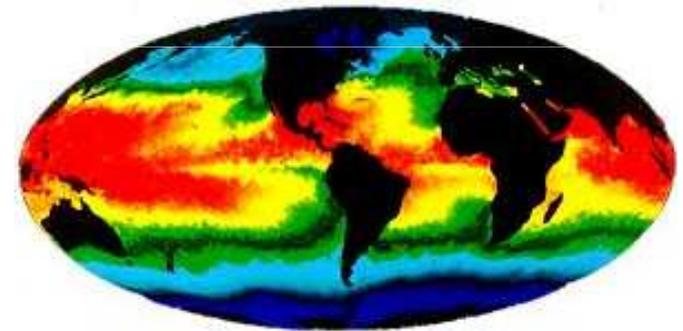
...



4 - Les fenêtres spectrales utiles et leur signification 20/20

Le domaine du radar couvre les fenêtres allant des infrarouges moyens aux hyper-fréquences.

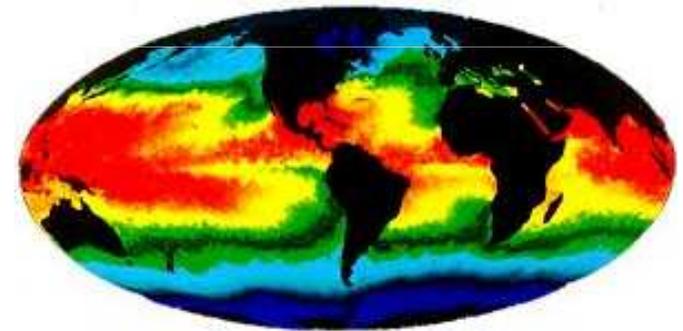
L'utilisation du radar permet l'observation et la détection d'objets ou de phénomènes jusqu'ici peu ou pas détectables dans les longueurs d'onde "classiques" (visible et infrarouge).



4 - Les fenêtres spectrales utiles et leur signification 21/20

C'est, entre autres, le cas pour la composition :

- des nuages;
- des constituants internes de certains objets;
- de la composition des eaux ;
- des aérosols...

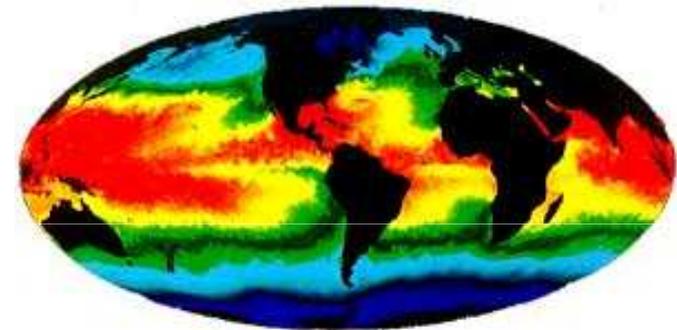


En imagerie satellitale, le radar est d'utilisation très récente (satellite européen **ERS1**) mais très certainement promise à un bel avenir.

5 - La signature spectrale

1/24

Tout objet (ou toute surface géographique), de par sa nature, émet un signal qui lui est propre à un moment bien déterminé. Ce signal permet son identification à distance.



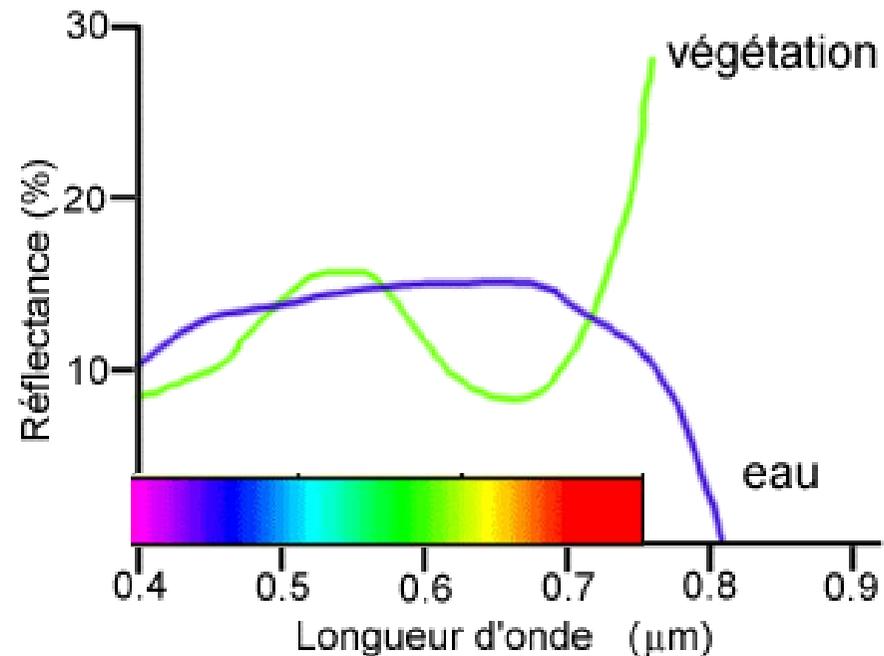
C'est sa signature spectrale ou son identifiant radiométrique.

La couleur d'un objet n'est donc que l'expression dans le visible de cette carte d'identité radiométrique ou signature spectrale de l'objet.

5 - La signature spectrale

2/24

Les objets ont des réflectances diverses dans les différentes longueurs d'onde. C'est à dire qu'ils renvoient les ondes électromagnétiques émises par le soleil plus ou moins intensément dans les différents segments du spectre électromagnétique.

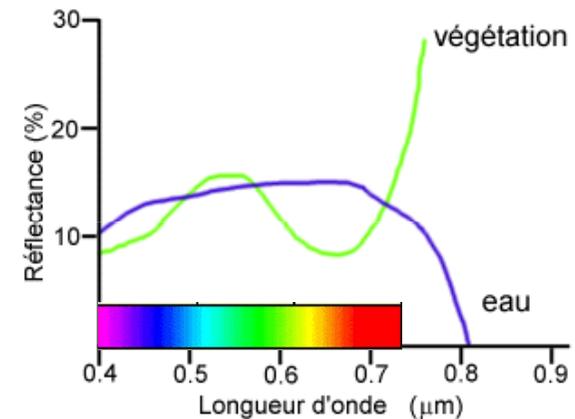


5 - La signature spectrale

3/24

La végétation par exemple a une forte réponse spectrale dans le vert c'est à dire qu'elle renvoie le rayonnement dans les longueurs d'onde correspondant au vert (0,5-0,6 μm),

Elle renvoie aussi une forte réponse dans le proche infrarouge et une faible réponse dans le bleu ou le rouge (la végétation absorbe plus de rayonnements dans les longueurs d'onde du rouge et du bleu).



* CCRS / CCT

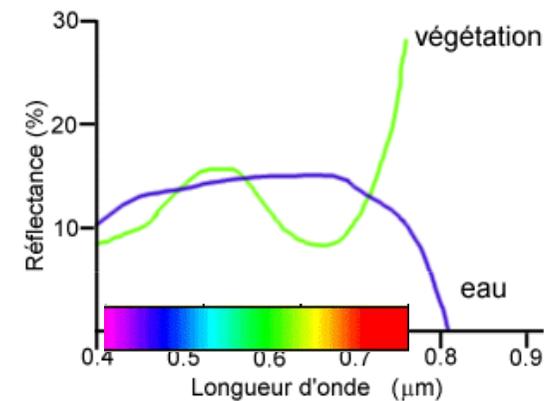
5 - La signature spectrale

4/24

Chaque objet a ainsi des **réponses spectrales différentes dans les diverses longueurs d'onde.**

La succession de ces réponses différentes de l'objet dans une ou des fenêtres continues d'ondes électromagnétiques correspond aussi à sa signature spectrale.

On pourra ainsi déterminer la nature d'un objet non plus en fonction d'une seule réponse dans une longueur d'onde définie, mais plutôt dans plusieurs longueurs discrétisées ou dans une fenêtre continue.



* CCRS / CCT

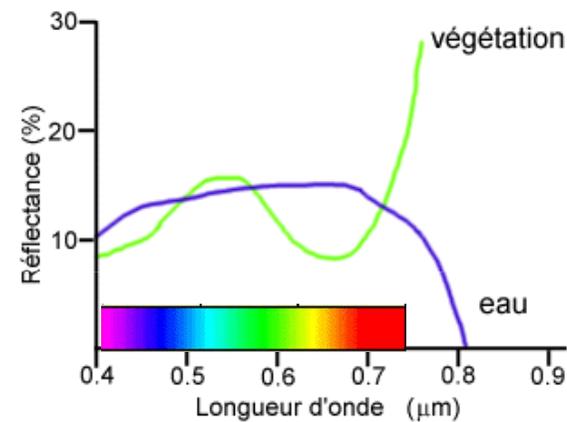
5 - La signature spectrale

5/24

En analyse d'image de télédétection on utilise comme signature spectrale la valeur numérique d'un objet dans au moins 3 canaux satellitaires.

C'est cette signature qui permettra :

- soit la reconnaissance d'un objet,
- soit sa classification par rapport à un groupe d'objets (de son environnement),
- soit l'étude de son évolution dans le temps (caractères phénologiques, effets saisonniers, dépérissement...).

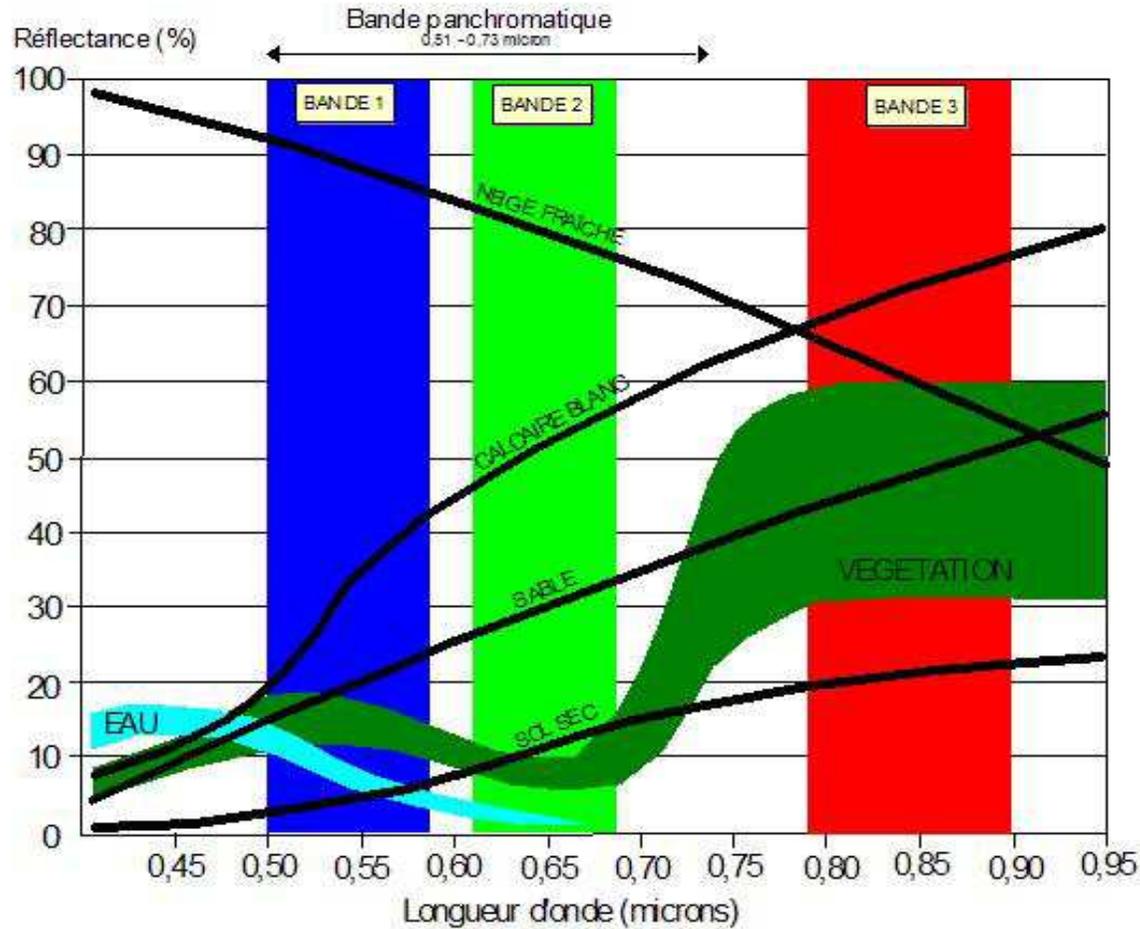


* CCRS / CCT

Phénologie : étude de l'influence du climat sur les phénomènes périodiques de la végétation et du règne végétal.

5 - La signature spectrale

QUELQUES SIGNATURES SPECTRALES DANS LE VISIBLE ET LE PROCHE INFRAROUGE



← Spectre du visible

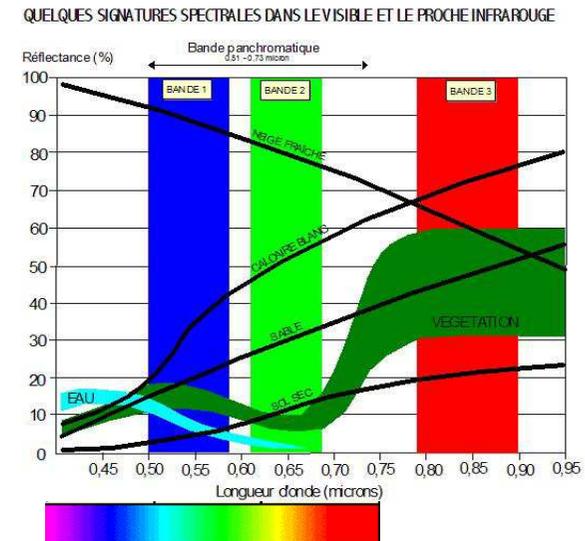
5 - La signature spectrale de quelques objets

7/24

L'eau a des propriétés spectrales très différentes selon qu'elle est à l'état liquide ou à l'état solide.

- EAU «pure» ou plutôt liquide :

La signature de l'eau à l'état liquide est caractérisée par celle des molécules d'eau « pure » à laquelle s'ajoute la signature des particules dissoutes ou en suspension (algues, matières organiques...).

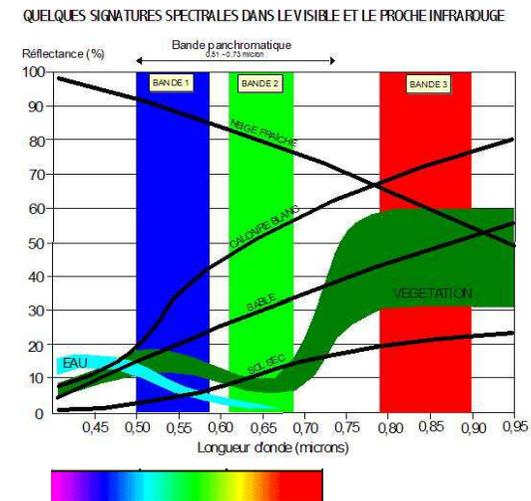


5 - La signature spectrale de quelques objets

8/24

Dans le visible et le PIR, l'eau liquide a une courbe spectrale caractérisée par une réflectance relativement élevée dans le bleu du visible, elle diminue dans le vert, devient très faible dans le rouge et nulle dans le PIR.

- **EAU solide** (neige, glace) a une réflectance particulière; elle est maximum dans le spectre du visible (absorption et transmission faibles 2 à 3%) et décroît rapidement et progressivement dans le PIR.



5 - La signature spectrale de quelques objets

9/24

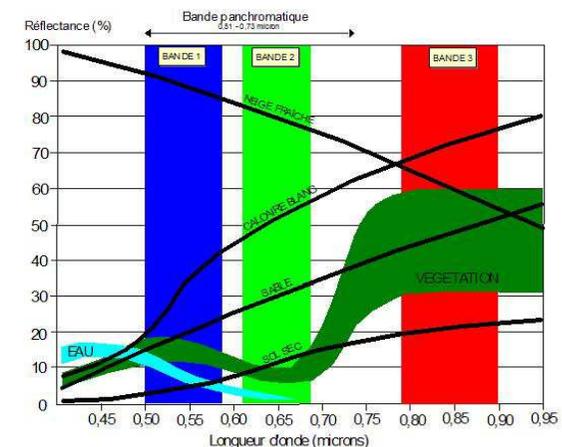
- Les sols et les roches :

Le sol est un milieu très complexe de par l'hétérogénéité de sa composition.

Il est en effet constitué :

- d'une partie solide (éléments minéraux et organiques)
- d'une partie liquide
- et d'une partie gazeuse.

QUELQUES SIGNATURES SPECTRALES DANS LE VISIBLE ET LE PROCHE INFRAROUGE



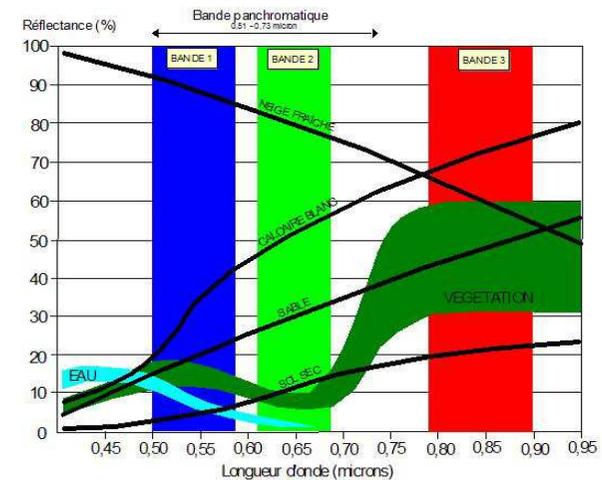
5 - La signature spectrale de quelques objets

11/24

Les sols et les roches se caractérisent par une réflectance certes différente en valeur, mais qui augmente avec la même régularité dans le visible et le PIR.

La différence des valeurs s'explique en grande partie par la texture et la structure, mais aussi par l'importance des éléments minéraux, organiques, liquides ou gazeux qui les constituent.

QUELQUES SIGNATURES SPECTRALES DANS LE VISIBILE ET LE PROCHE INFRAROUGE



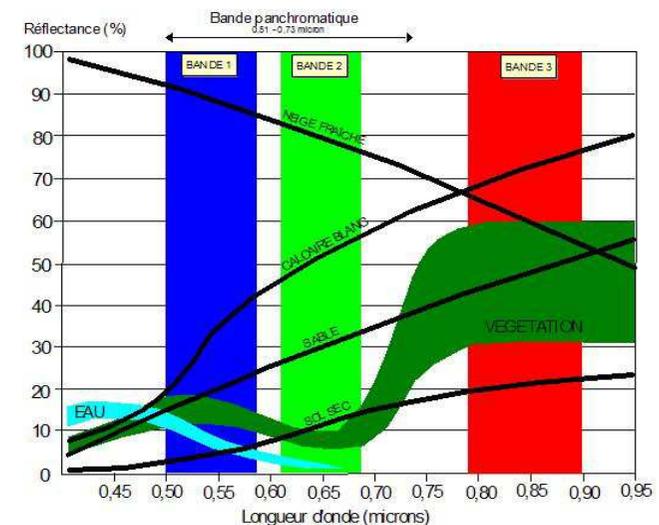
5 - La signature spectrale de quelques objets

12/24

Le couvert végétal :

Le comportement spectral est à peu près le même pour tous les couverts végétaux : la réponse spectrale est faible dans le bleu du spectre visible (0,4-0,5 μm) , elle augmente dans le segment des longueurs d'onde du vert (0,5-0,6 μm) puis diminue dans la partie rouge pour devenir intense dans le PIR.

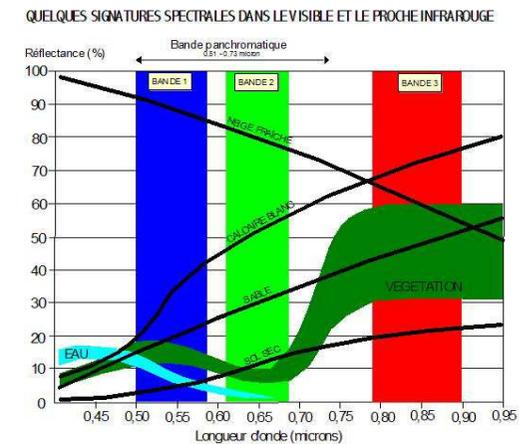
QUELQUES SIGNATURES SPECTRALES DANS LE VISIBLE ET LE PROCHE INFRAROUGE



5 - La signature spectrale de quelques objets

14/24

A l'échelle de la feuille,
les propriétés spectrales sont
attribuables aux pigments foliaires
comme la chlorophylle qui est à l'origine
d'une forte absorptance dans le visible
(environ 80% de l'énergie solaire reçue).
Ces mêmes feuilles se caractérisent
dans le PIR par une forte réflectance.

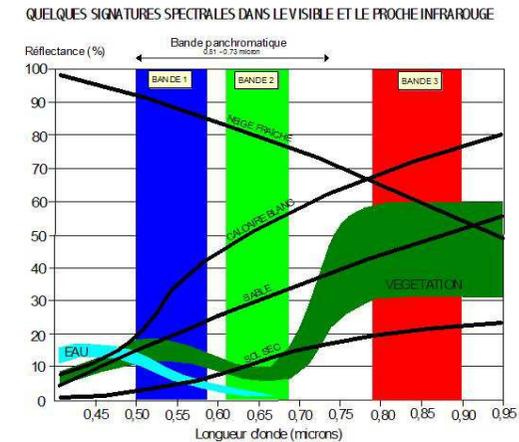


5 - La signature spectrale de quelques objets

15/24

A l'échelle de la plante et du couvert,
une multitude d'éléments influent sur la
propriété spectrale :

- le sol qui est en dessous;
- le tronc, les tiges, les feuilles et leurs dimensions qui varient selon l'espèce, la croissance...;
- la surface et l'envergure du couvert végétal.



La notion d'indice foliaire exprime le rapport entre la surface des feuilles et la surface du terrain occupé par la végétation. Cet indice qui augmente avec l'apparition et la croissance des feuilles, est un indicateur de la croissance végétale. Il est très souvent utilisé pour les prévisions de récoltes.

5 -La signature spectrale de quelques objets

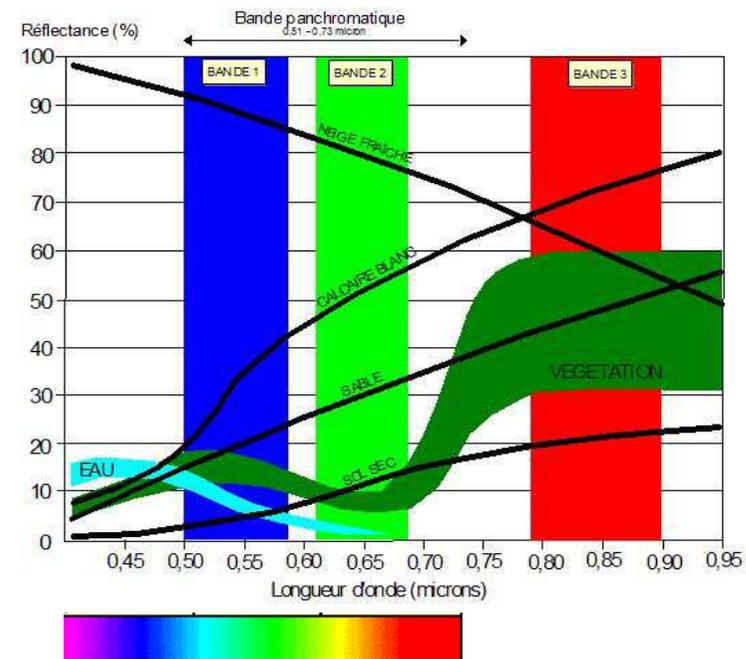
16/24

Dans le détail, chaque essence a sa propre signature spectrale, mais la distinction des essences est quasi impossible sur une image satellitaire tellement les signatures sont proches entre les espèces.

Le PIR permet toutefois une meilleure discrimination.

Cette difficile discrimination est cependant plus aisée avec des observations à différentes saisons.

QUELQUES SIGNATURES SPECTRALES DANS LE VISIBILE ET LE PROCHE INFRAROUGE



5 - La signature spectrale et objets

17/24

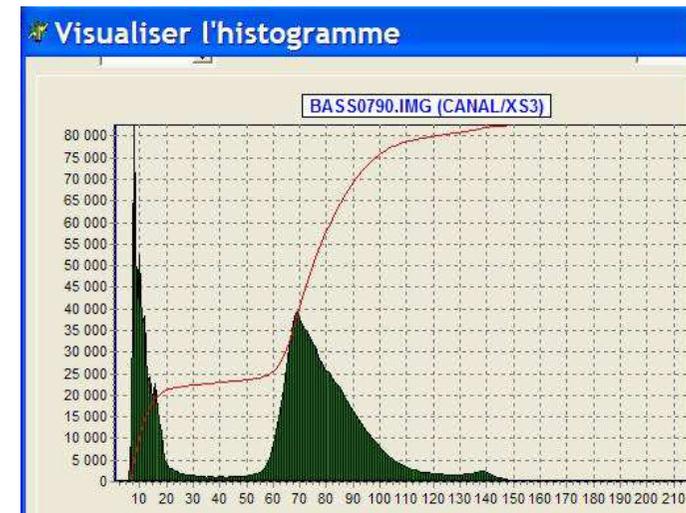
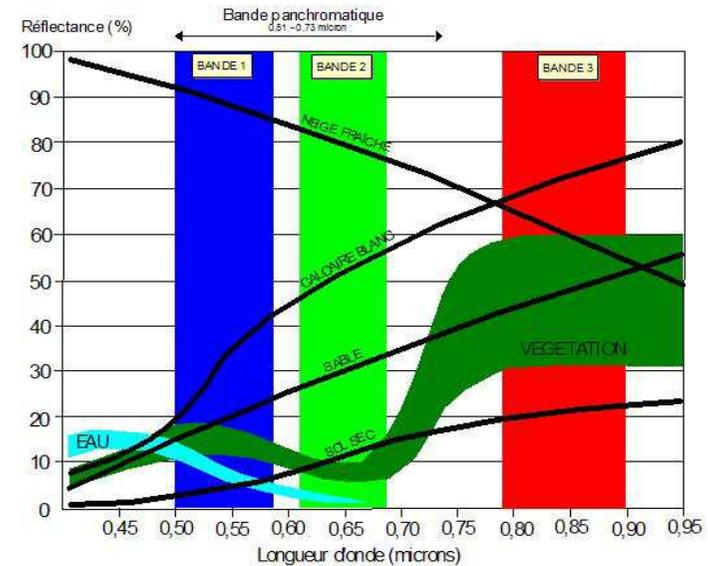
Attention :

Il convient de ne pas confondre signature spectrale et histogramme de répartition :

La signature spectrale est la réponse radiométrique d'un seul type d'objet dans une succession de longueurs d'ondes.

Un histogramme de répartition est plutôt le cumul des réponses radiométriques des objets d'une image.

QUELQUES SIGNATURES SPECTRALES DANS LE VISIBILE ET LE PROCHE INFRAROUGE



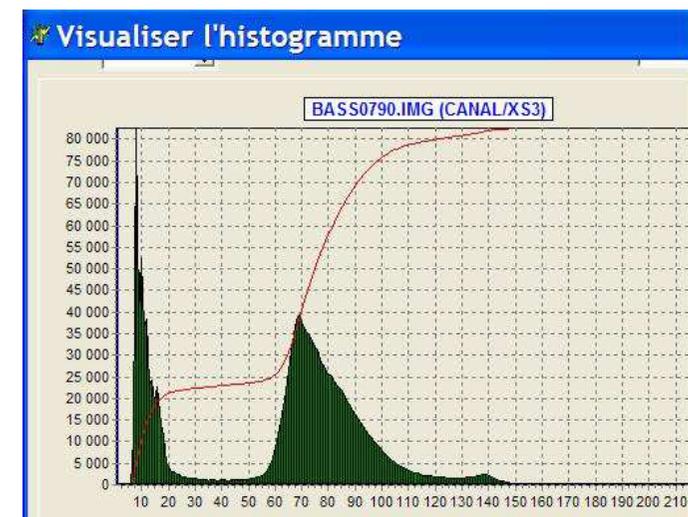
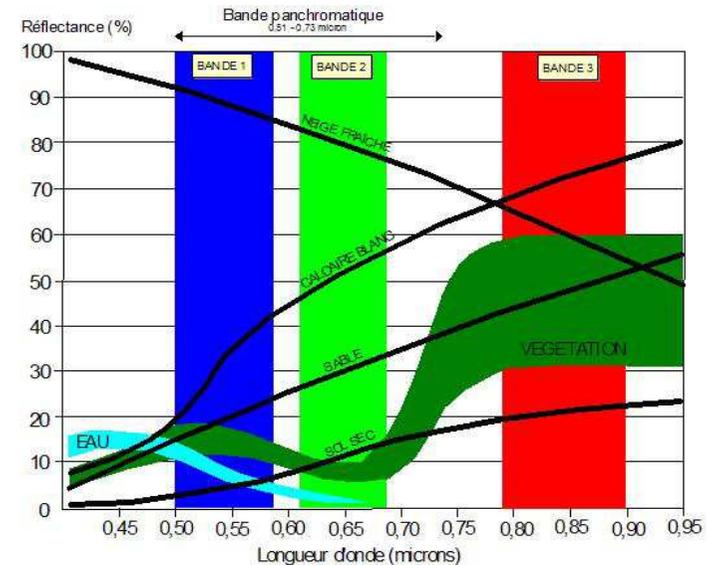
5 - La signature spectrale et objets

18/24

Pour mettre en relation signature spectrale, c'est-à-dire réponse spectrale "réelle" d'un objet et histogramme de répartition des objets dans une image, il est nécessaire de tenir compte d'un certain nombre de circonstances en amont :

- la date de prise de vue,
- le modelé et la topographie,
- le type de végétation
(*caducifoliée ou sempervirente*)
et la succession végétale,
- la longueur d'onde d'observation,
- la résolution spatiale,
- les effets atmosphériques.

QUELQUES SIGNATURES SPECTRALES DANS LE VISIBILE ET LE PROCHE INFRAROUGE



5 - La signature spectrale et objets

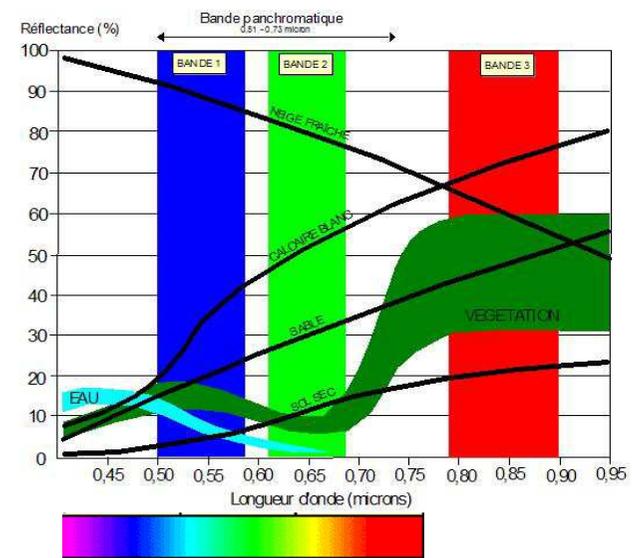
19/24

La date de prise de vue :

D'un point de vue végétatif, une espèce caducifoliée par exemple, n'aura pas du tout le même type de réponse suivant la date de prise de vue.

De même, une espèce sempervirente, *a priori* avec des réponses plus ou moins constantes sur l'année, peut avoir un fort indice d'activité chlorophyllienne en hiver (le cas du sapin), et donc une forte réponse dans le PIR,

QUELQUES SIGNATURES SPECTRALES DANS LE VISIBLE ET LE PROCHE INFRAROUGE



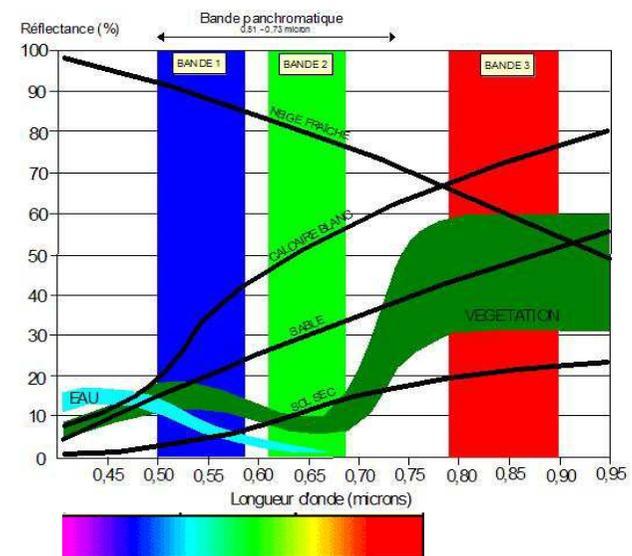
5 - La signature spectrale et objets

20/24

Le type de végétation et la succession végétale :

Une même espèce, à une même période de l'année et dans la même longueur d'onde peut avoir plusieurs réponses spectrales au cours des années en raison de phénomènes édaphiques, bioclimatiques ou anthropiques : maladies, sécheresse, âge, feux, tailles...

QUELQUES SIGNATURES SPECTRALES DANS LE VISIBLE ET LE PROCHE INFRAROUGE



5 - La signature spectrale et objets

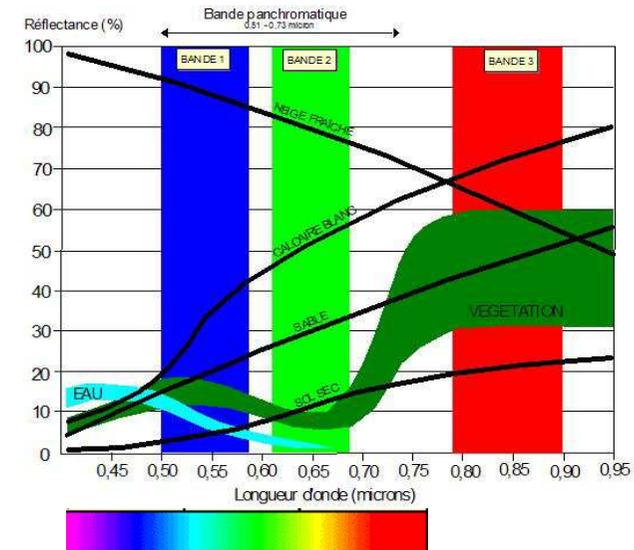
21/24

Le modelé et la topographie :

En fonction de l'éclairement solaire, des espaces contenant les mêmes espèces, à la même période de l'année et dans des longueurs d'ondes identiques peuvent engendrer des réponses totalement différentes en fonction du modelé (effets de la pente, incidence des rayons et du rayonnement, effet d'ombre).

Le cas extrême est celui du versant à l'ombre, donnant des réponses quasi nulles.

QUELQUES SIGNATURES SPECTRALES DANS LE VISIBILE ET LE PROCHE INFRAROUGE



5 - La signature spectrale et objets

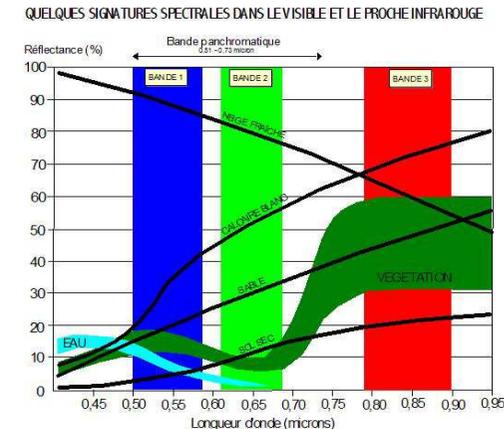
22/24

La longueur d'onde d'observation :

Rappelons qu'un même objet n'aura pas les mêmes réponses en fonction de la longueur d'onde étudiée.

Un manguiers vert aura une forte réponse (forte réflectance) dans le proche infra-rouge, et une faible réponse (forte absorption) dans le violet (vers 0.4 micron) par exemple.

...



5 - La signature spectrale et objets

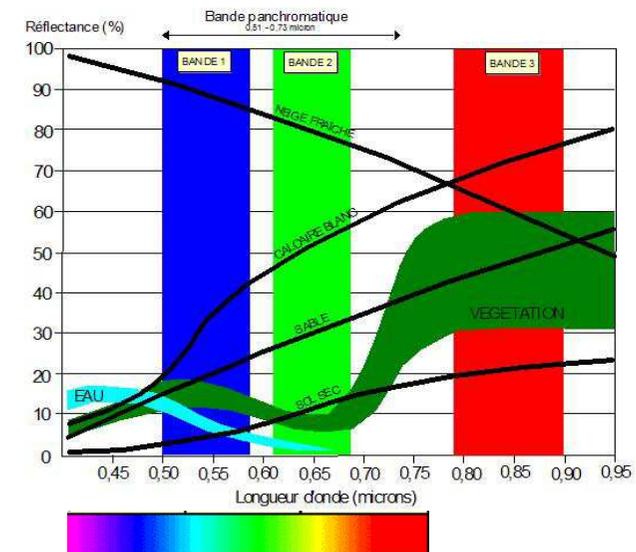
23/24

La résolution (spatiale) :

La même espèce, dans la même longueur, à la même date n'aura pas forcément la même réponse spectrale à des résolutions spatiales de 10, 20, 30 ou 120 m.

Cela est dû à la taille de l'objet étudié, à la texture des ensembles d'objets, à la structure des groupes et à la combinaison des différents objets sur un même pixel.

QUELQUES SIGNATURES SPECTRALES DANS LE VISIBILE ET LE PROCHE INFRAROUGE



5 - La signature spectrale et objets

24/24

Les effets atmosphériques :

Bien que les images étudiées soient, en général, claires et peu nuageuses, un certain nombre d'effets atmosphériques peuvent induire des “ déformations ” de la réponse initiale, voire donner des réponses totalement différentes.

C'est particulièrement vrai en milieu tropical, où des perturbations liées aux aérosols (nuages, poussières, effets de chaleur...) compliquent l'interprétation. De plus, une même zone prise, par exemple, avant et après une forte pluie induit des réponses radiométriques différentes.

