

LA COMPOSITION COLOREE

Chaque bande spectrale procure une image en noir et blanc, où les tons de gris varient généralement sur 256 niveaux.

Deux modes de visualisation de l'image sont disponibles sous logiciels de télédétection : **Gray Scale**(échelle de gris) et **RGB** (rouge, vert et bleu) l'image en couleur.

Pour produire une image en couleurs, ce que nous appelons, en télédétection, un composé coloré, il suffit de superposer trois bandes spectrales avec des filtres bleu, vert et rouge.

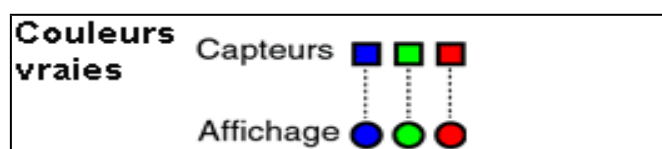
Les compositions colorées permettent de produire des images en couleurs en tenant compte de la signature spectrale des objets. Elles sont fréquemment utilisées pour faire ressortir les différents types de surface sur les images multispectrales ou mettre en évidence certains phénomènes environnementaux, comme les feux de forêts, les vents de sable, les glaces de mer, *etc.*

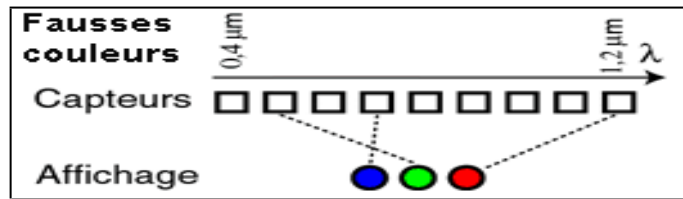
Selon les applications, on peut être amené à effectuer différentes compositions colorées :

- Les compositions que l'on appelle '**vraies couleurs**' ; on affecte aux bandes spectrales acquises dans les longueurs d'onde du bleu, du vert et du rouge, les trois couleurs primaires correspondantes. Le rouge est attribué à la bande rouge, le vert à la bande verte et le bleu à la bande bleue. L'image résultante correspond donc exactement à ce qu'un observateur pourrait observer s'il se trouvait à bord du satellite.

- Les compositions '**fausses couleurs**', si les bandes spectrales de l'image ne correspondent pas aux trois couleurs primaires, la couleur d'un objet dans l'image affichée n'a pas de ressemblance avec sa couleur réelle, Il existe plusieurs façons de produire des images en 'fausses couleurs' chacune étant plus adaptée à une application particulière.

Infrarouge fausses couleurs : est une composition colorée particulièrement efficace en télédétection. Elle associe les bandes proche infrarouge , rouge et verte du capteur aux couleurs rouge verte et bleue de l'écran. Cette composition est très efficace pour analyser la végétation, Elle exploite la particularité du spectre réfléchi par les végétaux, qui présente un "pic" important dans le proche infrarouge. Sur une image en "fausses couleurs infrarouge", la végétation qui a une forte activité photosynthétique apparaît en rouge vif (pic de l'infrarouge proche), l'eau apparaît pratiquement en noir (ce matériau absorbe pratiquement toutes les longueurs d'onde) et les surfaces minérales (sol nu, béton), apparaissent dans des tons de bleu à blanc.





LE TRAITEMENT DE L'IMAGE

Les images prises par les satellites sont numériques. Elles sont livrées à l'utilisateur selon les bandes spectrales dans lesquelles elles ont été captées. Par exemple, une image prise par Landsat-TM est livrée en sept bandes spectrales.

Les bandes spectrales livrées à l'utilisateur sont dites « brutes ». Pour exploiter leur potentiel, les utilisateurs doivent traiter les bandes par ordinateur.

- On distingue classiquement les traitements préalables destinés à la mise en forme optimale des données et les traitements proprement dits pour interpréter les données et évaluer les résultats.

1-Prétraitement :

- Corrections Géométriques
- Corrections Radiométriques

2- Les traitements

- Analyse par composantes principales
- Indices (L'indice de végétation, L'indice de brillance)
- Filtrage
- Classification
 - Classification dirigée.
 - Classification non dirigée.
- Mise en page cartographique
- Exportation d'une image depuis ENVI

1-Les prétraitements numériques

1- Corrections radiométriques. Elles permettent de diminuer les perturbations dues à l'atmosphère et aux capteurs. Dans le cas d'étude multi temporelle, il est souvent souhaitable de corriger la radiométrie en fonction de la date (éclairagements solaires différents) afin de pouvoir comparer sérieusement les deux images.

Dans la filière de la production des données, ces traitements sont réalisés de manière générale en amont de l'utilisation finale.

***Étalonnage absolu des détecteurs :** Conversion du code numérique en valeur physique (luminance).

***Étalonnage relatif :** prise en compte de la variation des niveaux radiométriques mesurés avec le vieillissement des capteurs (équations de vieillissement par canal en fonction des dates de prises de vue).

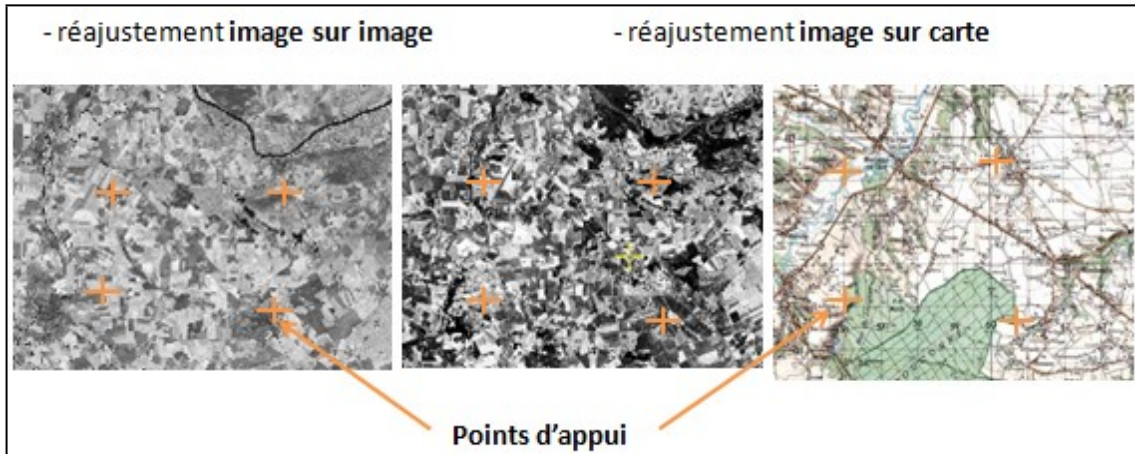
***Inter-étalonnage :** étalonnage de capteurs entre eux pour rendre les données comparables.

***Correction de l'éclairement solaire (fonction des saisons) :** ramène les radiométries aux mêmes conditions d'éclairement.

2 - corrections géométriques. Elles sont destinées à corriger l'image des déformations systématiques dues à la prise de vue (ellipsoïde terrestre, défilement du satellite, variations de vol, technologie du capteur) ainsi qu'à rendre l'image superposable à une carte. Elles sont faites soit à partir de paramètres d'orbite et d'attitude enregistrés durant le vol, soit à l'aide de lois de déformations, pour rendre l'image conforme à un type de projection cartographique connu (**UTM ou Lambert, par exemple**). Les lois de déformations sont calculées à partir de points particuliers, encore appelés points de repère, dont les coordonnées sont connues à la fois sur le terrain et sur l'image (croisement de routes, de chemins de fer, etc.). Dans certains cas il n'est pas nécessaire de procéder dès le départ à une correction géométrique.

Il est alors plus économique de réaliser ce traitement particulièrement lourd uniquement sur l'image finale, équivalent à un canal, plutôt que sur l'ensemble des canaux d'origine.

Les producteurs d'images proposent généralement d'appliquer les corrections les plus élémentaires, en se basant sur les informations connues du satellite. Pour les images il est possible d'acheter des images non corrigées géométriquement ("niveau 1A"), mais un grand nombre d'utilisateurs travaillent à partir d'images dont les distorsions systématiques ont été corrigées ("niveau 1B"). Ces corrections peuvent être appliquées sans connaissance particulière du terrain.



2- Les traitements

Les filtres

Les filtres sont des opérations destinées à améliorer la lisibilité des images et/ou d'en extraire certaines informations.

Le principe des filtrages est de modifier la valeur numérique de chaque pixel en fonction des valeurs des pixels voisins. Par exemple, en remplaçant la valeur de chaque pixel par la moyenne de lui-même et de ses 8 voisins, on effectue un "lissage" de l'image : les détails les plus fins disparaissent, et l'image apparaît plus floue. Cette opération est obtenue en calculant pour un pixel la somme des produits des valeurs des pixels du voisinage multipliés par les coefficients donnés dans une table. La même opération est ensuite effectuée pour le pixel suivant etc., ce qui explique qu'on appelle ce procédé "filtrage par fenêtre mobile".

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
2	9	9	9	9	5	5	5	5	5	9	9	9	9
3	9	9	9	9	5	5	5	5	5	9	9	9	9
4	9	9	9	9	5	5	5	5	5	9	9	9	9
5	9	9	9	9	5	5	5	5	5	9	9	9	9
6	9	9	5	5	5	5	5	5	5	5	9	9	9
7	9	9	9	7	7	7	7	7	7	7	9	9	9
8	9	9	9	9	7	7	7	7	7	9	9	9	9
9	9	9	9	9	7	1	7	7	1	7	9	9	9
10	9	9	9	9	7	7	7	7	7	9	9	9	9
11	9	9	9	9	9	7	7	7	7	9	9	9	9
12	9	9	9	9	9	7	3	3	7	9	9	9	9
13	9	9	9	9	9	7	7	7	7	9	9	9	9
14	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
15	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

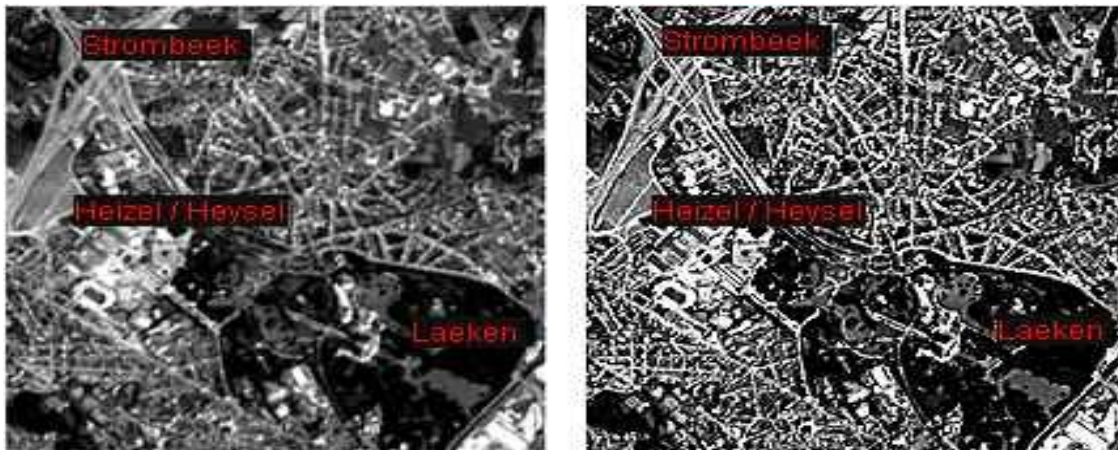
Fenêtre Mobile

1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2		9	9	8	7	6	6	6	6	7	8	9	
3		9	9	8	6	5	5	5	5	6	8	9	
4		9	9	8	6	5	5	5	5	6	8	9	
5		9	8	7	6	5	5	5	5	6	7	8	
6		9	8	7	6	6	6	6	6	6	7	8	
7		9	8	7	7	6	6	6	6	7	7	8	
8		9	9	8	7	6	6	6	6	7	8	9	
9		9	9	8	7	6	6	6	6	7	8	9	
10		9	9	9	7	7	6	6	7	7	9	9	
11		9	9	9	8	7	6	6	7	8	9	9	
12		9	9	9	8	7	6	6	7	8	9	9	
13		9	9	9	9	8	7	7	8	9	9	9	
14		9	9	9	9	9	8	8	9	9	9	9	
15													

Par exemple, la valeur "filtrée" du pixel situé en position E5, est $(9 \cdot 1/9) + (5 \cdot 1/9) + (5 \cdot 1/9) + (9 \cdot 1/9) + (5 \cdot 1/9) + (5 \cdot 1/9) + (5 \cdot 1/9) + (5 \cdot 1/9) = 5.89$, arrondi à 6.

Par la technique du filtrage, il est également possible de renforcer la perception de netteté des images. Dans l'exemple qui suit, une image SPOT en mode panchromatique (pixels de 10m)



de Bruxelles, l'image originale (à gauche) a été améliorée par l'application d'un filtre qui renforce les contrastes locaux. L'image de droite paraît plus nette, même si, en réalité, ce traitement n'a pas apporté d'information complémentaire

L'indice de végétation:

L'indice de végétation : est lié à l'activité du couvert végétal : en phase de développement d'un couvert, ce qui entraîne une hausse dans le proche infrarouge et une baisse dans le rouge. L'inverse se produit en fin de cycle végétatif. Plusieurs indices, proportionnels à une activité chlorophyllienne active ; ont ainsi été mis au point parmi lesquels un des plus connus est :

$$NDVI = (PIR - R)/(PIR + R)$$

(NDVI pour : Normalized Difference Vegetation Index).

NDVI permet de visualiser la dynamique des réponses liées à la densité et le type d'un couvert végétal, en optimisant les contrastes entre le visible et le proche infrarouge. Il est corrélé avec l'activité chlorophyllienne des surfaces végétales. Il est obtenu à partir de la formule de ROUSSE et al. 1973)

$$NDVI = (PIR - R) / (PIR + R) \quad (TM_4 - TM_3) / (TM_4 + TM_3)$$

NDVI qui s'écrit $(float(b1) - float(b2)) / (float(b1) + float(b2))$.

Le résultat d'un NDVI prend la forme d'une nouvelle image, la normalisation par la somme des deux bandes, le proche infrarouge et le rouge, tend à réduire l'effet de l'éclairement. Cet indice est compris entre -1 et +1, plus cet indice est élevé et plus la zone correspondant au sol

a une activité chlorophyllienne forte. Le passage de la teinte noire vers les teintes claires nous indique respectivement l'absence ou la présence de végétation chlorophyllienne

L'indice de brillance:

L'indice de brillance traduit pour sa part les changements de teintes des sols nus et des roches. Le passage des teintes sombres aux teintes claires s'accompagne d'une augmentation simultanée des valeurs radiométriques dans les deux canaux. Cet axe communément appelé <droite des sols> sera représenté physiquement par l'indice de brillance :

$$IB^2 = PIR^2 + R^2$$

Cet indice varie aussi de manière inversement proportionnelle avec l'humidité et la rugosité du sol. Voici les étapes pour créer l'indice de brillance dans ENVI:
- Dans l'outil Band Math (Basic Tools -> band math) à la ligne Enter an expression taper la formule de l'indice de brillance:

$$\text{SQRT}(\text{float}(b1)^2 + \text{float}(b2)^2)$$

- cliquer sur Add to list .

- remplacer b1 et b2 par les bandes spectrales correspondantes (situées dans l'available band list). Dans le cas de l'indice de brillance b1 correspond à la bande Rouge et b2 à la bande PIR.

Classifications

Les classifications consistent à découper le nuage de points en cubes, en sphères ou en ellipsoïdes, chacun regroupant les éléments de l'image appartenant à la même classe. Le but de l'opération consiste à réaliser le découpage optimal.

La classification est l'attribution d'un pixel de l'image à une classe homogène. Le but est de traduire les informations spectrales en classes thématiques, autrement dit, partitionner l'image en classes.

Les méthodes de classification se divisent en 2 grands groupes :

1/les méthodes supervisées

2/Les méthodes non supervisées

La méthode non supervisée ont été mises au point pour être utilisées lorsque l'on ne dispose pas d'information a priori sur la zone.

Le traitement regroupe alors les pixels radiométriques semblables en un nombre de classes fixé au départ. Le thématicien intervient ensuite pour donner un nom à chacune des classes obtenues, ce qui n'est pas toujours facile.

La méthode supervisée : Les données sont classées vis à vis d'objets de référence, choisis par l'interprète. Ceux-ci peuvent être soit définis à partir de comptes numériques sur un histogramme à plusieurs dimensions (méthode hypercube, *cross-plots en anglais*), soit à

partir de polygones d'entraînement repérés géographiquement sur l'image (zones-test, zones d'apprentissage) (méthode du maximum de vraisemblance). En anglais : *supervised classifications*.

Intérêt des différentes méthodes

Méthodes	Avantages	Inconvénients
Classifications non Assistées (non supervisée)	Utiles pour réaliser une première segmentation des images en grands thèmes d'occupation du sol. Cette segmentation pourra être utilisée pour réaliser un masquage des thèmes non concernés par l'étude	Le regroupement des valeurs de comptes numériques crée des classes dont la signification thématique est parfois difficile à identifier
Classifications Assistées (supervisée)	Les classes obtenues ont une signification thématique précise	Le temps de réalisation est long, en particulier pour le choix et la délimitation des zones d'apprentissage

La classification supervisée comportera alors les étapes suivantes :

- définition de la légende et obtention d'une carte comprenant des échantillons de chaque classe de légende.
- délimitation de ces échantillons sur l'image numérique.
- extraction des paramètres statistiques des échantillon est des classes,
- vérification de la possibilité de réaliser la classification (matrice de confusion)
- classification de toute l'image,
- édition de la carte obtenue.

Performance et validation de la classification

Pour évaluer la fiabilité d'une classification, nous avons choisi la méthode basée sur les résultats statistiques de la classification, cette dernière est effectuée sous le logiciel ENVI, le

principe de cette méthode consiste à prélever aléatoirement des points puis les comparer avec des points de référence.

Le résultat est donné sous forme d'une matrice dite matrice de confusion qui contient deux indices qui seront utilisés pour la validation finale :

- La précision globale : Elle est égale au nombre total de pixels correctement classifiés (diagonale de la matrice de confusion) divisé par le nombre total de pixels de vérification.
- L'indice de Kappa : Il indique comment les données à classer s'accordent aux données de référence, il constitue une mesure fiable dans l'évaluation des classifications thématiques car il examine tous les éléments dans la matrice de confusion et prend en compte à la fois des erreurs d'omissions et de commissions. Il permet d'évaluer la grandeur résiduelle de l'erreur obtenue par une classification. La valeur du kappa est comprise entre 0 et 1. Un kappa de 0.75 signifie que 75 % de la classification ne sont pas dus au hasard (Cohen, 1960).

Exemple d'évaluation d'une classification

Il s'agit de l'évaluation d'une classification supervisée d'une zone endoréique (la plaine de Guadaine , Est Algérien) à partir d'une scène TM 1987.

Nomenclature	sebkha	chotts	sol nus	foret	agriculture	céréaliculture	Total en pixels
sebkha	6378	151	81	0	0	743	7353
chotts	328	2323	2	52	1	463	3169
sol nus	585	1	1044	0	0	202	1832
foret	6	154	4	617	106	14	901
agriculture	0	77	0	22	487	5	591
céréaliculture	5	725	19	70	0	4707	5526
Total en pixels	7302	3431	1150	761	594	6134	19372
Coefficient de précision = 80.3014%							
Coefficient de Kappa = 0.6995							

- Le coefficient de la précision totale est de 80,3%. Le coefficient Kappa à une valeur légèrement inférieure à le coefficient du précision, la classification évite 69.9% des erreurs qui seraient obtenues par une procédure des travaillant complètement au hasard.