

Université d'Été Espace Éducation Formation aux sciences et applications spatiales pour les enseignants

L'Espace en Tête

×100

En distanciel 7 > 9 Juillet 2021

Cité de lespace

education.jeunesse@cnes.fr www.cnes.fr



Atelier d'exploration

AE1-4

Etudier les images satellites

Aurélien Augier, Enseignant SVT Marie Charlotte Chemin, Enseignant SVT Yves Darbarie, Enseignant SVT Pierre Ferrand, Enseignant SVT Natacha Mazeron, Enseignant SVT Bertrand Pajot, IGEN SVT

On dispose désormais d'une scène découpée en pixels et pour chacun de ces pixels d'une somme de mesures physiques. Une première utilisation de ces données a conduit à l'élaboration d'une représentation (image numérique) appréhendable par le cerveau humain.

En Sciences de la Vie, de l'Environnement ou de la Terre, l'identification des pixels est une tâche essentielle, elle consiste à établir la nature des objets survolés par le satellite ce qui permettra ensuite une exploration spatiale ou temporelle (à condition de disposer de plusieurs images) d'un objet d'intérêt

Identifier les pixels

La première stratégie d'identification des pixels est d'utiliser la retranscription des données sous forme d'une image type photographique. Ceci permet une photo-interprétation. L'utilisateur de la donnée est finalement en situation d'observation comme s'il se trouvait à la position du satellite utilisant son œil comme capteur (avec cependant une acuité visuelle nettement améliorée et un champ d'observation beaucoup plus étendue). L'identification des pixels s'appuiera sur la couleur, la disposition, la forme des objets et les connaissances préalables sur la zone. Celle-ci est largement tributaire de la résolution d'image, et peut conduire à des erreurs, des confusions ou à des ambiguïtés



Figure 1 : Ville de Bosanski, en Bosnie après les inondations le 25 mai 2014. Copyright : CNES 2014, Distribution Airbus DS

La résolution de l'image permet de reconnaitre sans trop de difficulté certains éléments de la scène comme le méandre de la rivière dans la zone encadrée en jaune, d'autres sont plus difficile comme à identifier comme les bâtiments situés dans le cadre rouge

Signatures spectrales

Il est important de comprendre que la couleur attribuée au pixel est la résultante de l'intégration des trois mesures physiques réalisées pour la réflectance pour les longueurs d'ondes correspondant au rouge, au vert et au bleu. Contrairement à une photographie « argentique », on a accès à ces trois valeurs



numériques. Il est possible de disposer pour des objets d'intérêt d'une gamme de valeurs dans laquelle devra se situer la mesure réalisée au sein du pixel pour chacune de ces trois valeurs. Cette gamme de valeur est obtenue par l'utilisation de vérité de terrain, où l'utilisateur corrèle le pixel de l'image avec l'objet effectivement présent. Ces gammes de référence pour chaque objet sont appelées des SIGNATURES SPECTRALES. La pertinence de ces signatures spectrales peut être notablement améliorée en utilisant d'autres mesures de réflectance que celle utilisées dans le rouge, le vert ou le bleu (L'infrarouge par exemple)



Figure 2 : Signatures spectrales de d'un sol nu, d'eau et de végétation verte (1). https://seos-project.eu/

On dispose ici une mesure continue de la valeur de réflectance de différents objets entre 300 et 2500 nm. Cette courbe est spécifique de chaque objet



Figure 3 : Signatures spectrales de d'un sol nu, d'eau et de végétation verte (2). https://eo.belspo.be/fr/les-indices

On ne dispose pas généralement de la mesure complète de la signature spectrale mais simplement de la mesure de quelques longueurs d'onde en fonction des capteurs du satellite. Ces longueurs d'ondes mesurées par le satellite sont appelées bandes spectrales. Leur choix est conditionné aux objectifs dévolus à la mission



Figure 4 : Obtention des signatures spectrales sur le terrain

Des mesures sur le terrain (image du haut) réalisées à partie de spectroradiomètre permettent d'établir précisément les réflectances, ici de différents minéraux (image du bas) et de choisir postérieurement les longueurs d'ondes pertinentes pour les capteurs embarqués sur les satellites qui auront pour objectif d'identifier ces minéraux depuis l'Espace sur une zone d'étude donnée. Cette stratégie d'identification des minéraux est celle qui a permit d'établir une carte géologique des surfaces de la planète Mars et qui a permit la mise en évidence de minéraux et/ou de roches signatures de la présence d'eau liquide

Composition colorée : Principe

L'utilisation pixel par pixel des mesures de réflectance pour discriminer l'objet peut s'avérer fastidieuse, il est possible d'utiliser plusieurs stratégies pour faciliter l'analyse. Une première approche consiste à afficher une image résultant de l'utilisation d'une seule mesure de réflectance pour une longueur d'onde pertinente pour discriminer l'objet d'intérêt. Cette image ne pourra être affichée qu'en nuance de gris



Figure 5 : Sélection d'une bande spectrale afin de discriminer des objets. Copyright : CNES

L'objet considéré ici est de la végétation basse. L'affichage sous forme d'une image en nuance de gris en fonction de la mesure de la réflectance pour le rouge se traduit par des pixels sombres (valeur de réflectance situé au tour de 15 % donc basse). Cet affichage ne permettrait pas une discrimination entre herbe et sol sablonneux qui possèdent la même réflectance. L'affichage par contre obtenue pour une mesure dans le proche infrarouge entraine l'apparition de pixel clair (car cette fois ci la mesure de réflectance est élevée) mais là les mesures sont discriminantes entre l'herbe et le sol sablonneux

Une deuxième stratégie consiste à réaliser une synthèse additive de plusieurs mesures, mais en utilisant l'addition de mesures différant de celle ayant permis d'obtenir une image de type photographie. On appelle COMPOSITION COLOREE le résultat obtenu.

Fondamentalement, toute image numérique obtenu par un satellite combinant plusieurs mesures est une composition colorée. Lorsque l'on cherche à obtenir une image retranscrivant la vision que l'on aurait si l'œil était l'instrument de mesures, on obtient une composition colorée appelée « vraies couleurs ». Cette composition colorée n'est pas toujours la plus pertinente pour identifier ou mettre en exergue les objets recherchés sur la scène

Page suivante : Figure 6 : Intérêt des compositions colorées. Contains modified Copernicus Sentinel data 2020 processed by Sentinel Hub

La possibilité de capture de données issues de différentes bandes spectrales y compris hors du domaine visible permet de disposer de différentes compositions colorées qui peuvent être porteuses de différentes informations. Sur l'image du haut, sur la composition dite « couleurs réelles » R/V/B, la zone incendiée est assez nette, les fumées également Une composition colorée de type PIR/R/V, image du milieu s'avère mettre plus significativement en évidence les zones incendiées alors qu'une composition colorée de type SWIR/PIR/B (image du bas) permet de repérer efficacement les feux actifs



Composition colorée : Utiliser un visualisateur en ligne

Pour afficher une image obtenue avec une seule mesure de réflectance ou une composition colorée, on peut souhaiter une utilisation simple qui permet d'afficher ces différentes situations avec un simple clic de souris sans avoir besoin de disposer des mesures physiques

On privilégiera un visualisateur comme Sentinel Eo Browser qui permet d'afficher les données issues de différents satellites (Sentinel, Landsat, Envisat), grâce à une recherche spatio-temporelle d'une zone géographique d'intérêt. L'interface rend possible des affichages issus d'une seule mesure, des compositions colorées dite classique (vraies couleurs, fausses couleurs (végétation), fausses couleurs (urbain) ou des compositions colorées personnelles.



Figure 6 : Arcachon. Mai 2021. Sentinel 2. Composition colorée Rouge. Vert. Bleu. Contains modified Copernicus Sentinel data 2021 processed by Sentinel Hub

Par défaut, le visualisateur affiche la zone d'étude dans la composition colorée RVB (vraies couleurs) équivalente à ce que l'on verrait avec ses yeux

Page suivante 7 : Figure 7 : Affichage des différentes bandes spectrales d'une image satellite avec Sentinel Eo browse. Contains modified Copernicus Sentinel data 2021 processed by Sentinel Hub

L'interface permet de visualiser mais également de télécharger les images obtenues en nuance de gris pour chacune des bandes spectrales du satellite. Ici du haut vers le bas les images pour les bandes spectrales bleue, puis verte et enfin rouge

Page suivante 8 : Figure 8 : Affichage de différentes composition colorée image satellite avec Sentinel Eo browse. Contains modified Copernicus Sentinel data 2021 processed by Sentinel Hub

L'interface permet de visualiser mais également de télécharger différentes compositions colorées. L'image du haut correspond à une composition colorée fréquemment utilisée pour étudier la végétation (composition dite « fausse couleurs » avec ls bandes spectrales du rouge, du vert et du proche infrarouge, l'image du milieu est une composition colorée réalisée à partir de bandes spectrales dans l'infrarouge.

L'interface permet de générer ses propres compositions colorées (il est possible ensuite de les exporter) en attribuant selon son choix aux différentes canaux Rouge, Vert et Bleu vidéos de l'image n'importe quelles bandes spectrales mesurées par le satellite





Composition colorée : Utiliser un Système d'Information Géographique

On peut souhaiter vouloir disposer des mesures physiques et vouloir réaliser par soi-même ces traitements d'identification des pixels Pour ce faire il est indispensable de récupérer les donnée satellites puis d'utiliser un logiciel de traitement. Le logiciel QGIS est un Système d'Information Géographique, il permet la superposition et le traitement de données de type RASTER ou VECTORIELLES. Les images satellites sont des images de type RASTER. QGIS permet d'afficher indépendamment les bandes spectrales ou de générer une composition colorée de son choix. L'utilisation du PLUGIN Terre Image facilite la réalisation des différents traitements



Figure 9 : Visualisation des bandes spectrales avec QGIS

Affichage dans QGIS des images obtenues par la mesure dans une seule bande spectrale. L'ensemble des images sont chargées dans le logiciel (colonne de gauche) mais seule l'image située au sommet de la colonne (principe de superposition) est visible. On peut évidemment changer cet ordre ou jouer sur la visibilité pour visualiser l'image issue de la mesure souhaitée



Figure 10: Obtention de différentes composition colorée avec QGIS. Arcachon. Mai 2021. Sentinel 2. Composition colorée PIR. Rouge. Vert

Le logiciel permet de fusionner les différentes mesures sous formes de couches successives. Chaque couche correspondant à la mesure effectuée pour une longueur d'onde. Cela signifie qu'après fusion chaque pixel se voit attribuer une valeur par couche placées dans la fusion. On peut fusionner autant de couches que l'on veut (attention cependant au poids des images qui résulte de la multiplication des couches). Par défaut les trois premières couches se voient affectées les canaux RVB de l'image pour la visualisation, mais ceci est paramétrable d'autant plus si l'utilisateur a fusionné plus de trois couches.

Indices radiométriques : Principe

Certaines longueurs d'onde sont plus pertinentes que d'autres pour explorer certains objets. Il est possible d'appliquer aux mesures physiques d'un pixel des traitements mathématiques qui permettent de discriminer encore plus nettement certains objets. La valeur du pixel obtenue après traitement est appelée INDICE RADIOMETRIQUE. Cette valeur peut être affiché en nuance de gris, ou on peut lui appliquer une palette de couleur en établissant une gamme de couleur en fonction de la valeur de l'indice permettant ainsi une meilleure visualisation des différents objets



Figure 11 : L'indice NDSI

L'indice NDSI est utilisé pour différencier la couverture nuageuse de la couverture de neige, car la neige absorbe la lumière infrarouge à ondes courtes, mais reflète la lumière visible, tandis que les nuages sont généralement réfléchissants dans les deux longueurs d'onde. La couverture de neige est représentée en bleu vif.



Figure 12 : L'indice NDVI

L'indice de végétation par différence normalisé, appelé aussi NDVI est construit à partir des canaux rouge(R) et proche infrarouge (PIR). L'indice de végétation normalisé met en valeur la différence entre la bande visible du rouge et celle du proche infrarouge. NDVI=(PIR-R) /PIR+R). Cet indice est sensible à la vigueur et à la quantité de la végétation.



Figure 13 : utilisation de l'indice NDSI pour distinguer les nuages et la neige. Alpes italiennes. Janvier 2021. Sentinel 2. Contains modified Copernicus Sentinel data 2021 processed by Sentinel Hub

L'image du haut est une composition colorée en vraies couleurs. Elle ne permet pas de distinction entre la neige et les nuages sur les sommets alpins. On a superposé sur cette image (image du bas) le résultat du traitement de calcul de l'indice NDSI. Les pixels de nuages ont été rendu transparent, ceux de la couverture de neige sont représentée en bleu vif.



Figure 14 : Hétérogénéité d'une parcelle agricole observée par l'utilisation de l'indice NDVI. https://precisionagricultu.re/ndviand-satellite-crop-monitoring

Indice radiométrique : Utiliser un visualisateur en ligne

Il est possible d'utiliser un indice radiométrique par l'utilisation d'un visualisateur comme SENTINEL EO browser qui permet d'obtenir directement des scènes affichées en fonction d'indice radiométriques classiques (NDVI, NDSI, NDWI (eau)) ou personnalisable. Une palette de couleur est appliquée automatiquement



Figure 15 : Presqu'île de la Caravelle. Mai 2021. Sentinel 2. Contains modified Copernicus Sentinel data 2021 processed by Sentinel Hub

Une même scène affichée après calcul de différents indice radiométriques (De haut en bas : NDVI (végétation), humidité et NDWI (eau)) et application d'une palette de couleur pat le visualisateur EO Browser. Cette échelle de couleur généralement comprise entre -1 et 1 et affichée pour permettre la discrimination des objets



Figure 16 : Affichage d'un indice radiométrique utilisateur dans EO Browser

Le visualisateur permet d'afficher des indice radiométriques de son choix, la formule est cependant contrainte à une forme de type (a-b)/(a+b)

Indice radiométrique : Utiliser un système d'Information Géographique

Il est possible d'utiliser un indice radiométrique par l'utilisation de QGIS, soit via le plugin TerreImage qui possède des indices radiométriques standard que l'on peut obtenir directement (NDVI, Indice de turbidité, Indice de brillance (utilisé pour les sols), soit en utilisant la calculatrice RASTER de QGIS qui permet d'appliquer à un pixel une formule combinatoire des mesures physiques de son choix



Figure 17 : Calcul d'un indice radiométrique avec QGIS. Côte Nord Est de la Martinique. Mai 2021. Sentinel 2

La calculatrice RASTER du logiciel QGIS permet de combiner les valeurs des mesures spectrales de chacun des pixels avec une formule de son choix



Figure 18 : Application d'une palette de couleur après calcul de l'indice radiométrique

A gauche : Affichage de l'image où à chaque pixel est attribué la valeur de l'indice radiométrique NDVI. A droite : Application d'une palette de couleur au traitement précédent

Activité : Explorer une image satellite avec le plugin TerreImage de QGIS : La baie de Naples

- 1. Ouvrir le logiciel QGIS
- 2. Aller dans Projet puis Ouvrir. Sélectionner le fichier AE-1.4 situé dans votre dossier de travail



- Rendre visible l'image Naples Pléiades 0,5 m en cochant le bouton de visibilité situé à côté du nom de la couche dans la colonne de gauche et utiliser les outils de navigation afin d'observer cette image
- 4. Rendre visible et invisible cette image afin de comparer la résolution des 2 images
- 5. Revenir au zoom initial en réalisant un clic droit sur le nom de la couche Naples Pléiades 2,5 m dans la colonne de gauche et en sélectionnant Zoomer sur la couche



- 6. Cliquer sur le bouton Profil spectral situé dans la colonne de droite
- 7. Dans la fenêtre valeur Valeurs spectrales désormais en place, cocher le bouton Graphe afin de voir les signatures spectrales
- 8. Déplacer le pointeur de la souris sur l'image et observer la signature spectrale du pixel sous le pointeur
- 9. Utiliser la fonction Obtenir un point pour enregistrer la signature spectrale de différents objets



Z OGI5 2.8.9-Wien - AE-1.4		- 0 ×
Projet Éditer Vue Couche Préférences Exter	nsion Vecteur Raster Base de données Internet Traitement Aule	
0 🗁 🗟 🗟 🕞 🔍 🔺	? 🖉 🗖 🗉 🖬 🔍 🔍 🚚 - 🔜 🗄 📰 🕹 🚚 - 🖾 - 🔊 🔊 🖉 😋 🔍 🥥 🥰 🕸 🕐	
#/目站图版窗>	 (a) (b) (m) (m) (m) (m) (m) (m) (m) (m) (m) (m	
🍭 • 🎠 • જ? • 🗉 🤰 • 🌒		
Couches ØX	99000/1458-080000000000000000000000000000000000	Terre Image
VD () · V A A A		Informations sur les bandes Informa
		Pauses couleurs: Couleurs natureles: Pan R < 85, J/R. Plon R < 85, R Pan V < 85, R. Plan V < 85, J Plan B < 85, V. Plan B < 85, B
•		Affichage des bandes spectrales
(<u>4</u> 8		Histogrammes
9 ₀		Traitements
V ₀ .	Vikor petikis	Profil spectral
	Courbes mémorisées Courbe parte courant Coblem point	Classification
	X Coulted A an	Classification non supervisée 5
	[x=390, y=5702] 70	Classification supervisée
	x Courbei 60-	Répertoire de sortie
	[v=7491, v=439] 30 40	/AE-1.4/working_directory
	x Courbe2 x 30	Devel APP
	[x=7126, y=5657] 2/0 10	Edderme
	EpertGY 0 15 20 25 30 35 40	
	& Coordonnée: 412650,4527872 Échele 1:238 741 ● Rotation: 0,0	🔹 🕱 Rendu 🔘 EPSG:32633 🔍

- 10. Fermer la fenêtre Valeurs spectrales
- 11. Cliquer sur le bouton Affichage des bandes spectrales situé dans la colonne de droite
- 12. Sélectionner Afficher en couleurs naturelles
- 13. Rendre visible l'image généré en cochant le bouton de visibilité dans la colonne de gauche



- 14. Fermer la fenêtre Couleurs naturelles
- 15. Cliquer sur le bouton Traitements situé dans la colonne de droite
- 16. Sélectionner NDVI
- 17. Rendre visible l'image généré en cochant le bouton de visibilité dans la colonne de gauche
- 18. Double cliquer sur le nom de la couche dans la colonne de gauche. Dans la nouvelle fenêtre, sélectionner l'onglet Symbologie, puis cliquer sur le bouton Styles puis Charger un style.
- 19. Sélectionner le fichier NDVI situé dans le dossier AE-1.4 et cliquer sur OK

