

La télédétection et GéoBretagne : méthodes, produits et analyses

Donatien Dallery

July 10, 2017

Abstract

GéoBretagne a intégré des données de télédétection à son catalogue. Dans un premier temps, 4 produits sont disponibles :

- le NDVI pour la distinction des surfaces végétales/non végétales
- l'Evaporative Fraction (EF) pour estimer l'évaporation d'un sol et donc, son potentiel hydrique
- les températures moyenne sur 8 jours de jour, comme de nuit

Chacun de ces produits possède une dimension temporelle afin de suivre l'évolution de ces indices de manière intra et inter-annuelle. Le capteur MODIS a été choisi pour effectuer cette introduction à la télédétection.

1 Introduction

La définition officielle de la télédétection est « l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci » (COMITAAS, 1988).

La notion de "sans contact matériel avec ceux-ci" correspond à l'acquisition d'informations sur la Terre à partir de satellites, avions, drones ou simplement d'un appareil photo jeté en l'air (à vos risques et périls). Pour l'étude d'autres planètes, les télescopes effectuent également de la télédétection étant donné qu'ils ne sont pas en contact avec celles-ci.

L'acquisition d'informations s'opère par la mesure du spectre électromagnétiques dans les domaines (figure 1) :

- du visible pour l'oeil humain, comme un appareil photo
- de l'invisible pour l'oeil humain :
 - l'infrarouge (télécommande, capteur thermique)
 - les micro-ondes (téléphone, radar)

Dans le cadre de cette introduction à la télédétection, les données employées se situent dans les domaines du visible et de l'invisible (infrarouge) et proviennent du capteur MODIS.

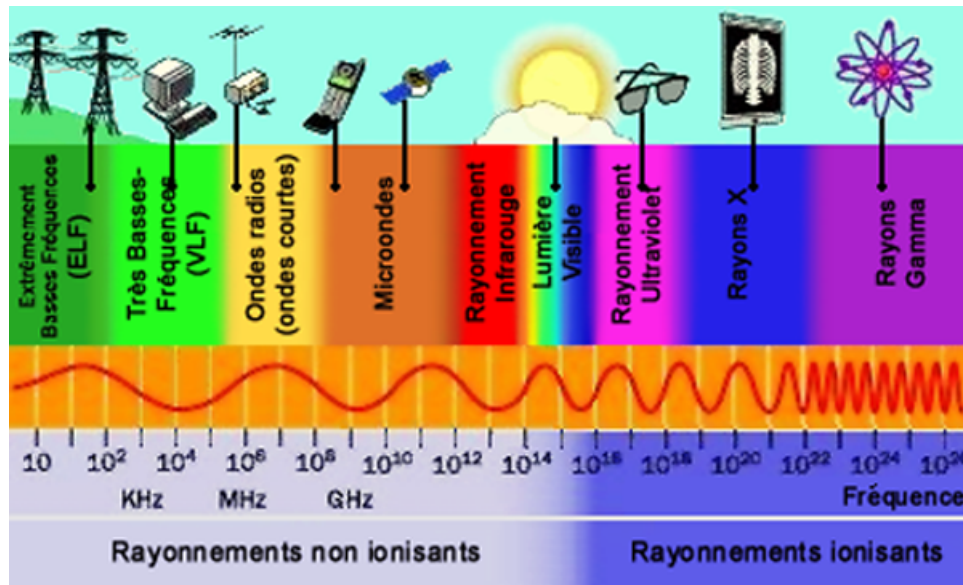


Figure 1: Représentation du spectre électromagnétique (source : astronoo.com)

1.1 Capteur MODIS

Le capteur MODIS est un spectroradiomètre imageur (un appareil photo) se trouvant sur deux satellites (Terra et Aqua) (figure 2) mis en service par la NASA dont les données sont diffusées gratuitement par l'United States Geological Survey (USGS) .

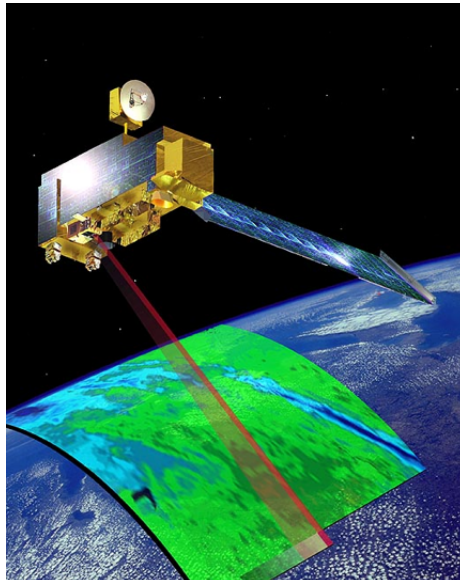


Figure 2: Représentation du satellite Terra avec le capteur MODIS

Ce capteur dispose d'une résolution spatiale allant de 250 mètres à 1 kilomètre avec une résolution temporelle journalière (photo vers 10h00). Une image (tuile) de ce capteur couvre 2330 km² (figure 3).

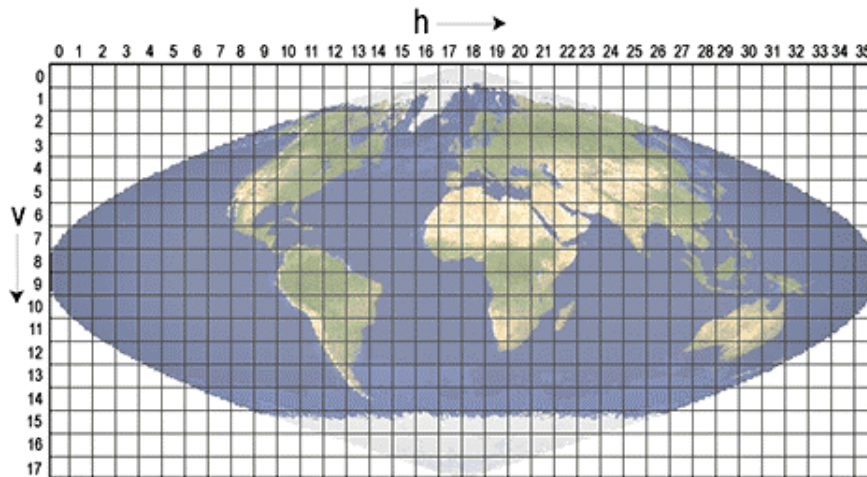


Figure 3: Grille d'acquisition des images MODIS

Ce capteur a été sélectionné pour plusieurs de ses caractéristiques, bien que généralement, les études utilisant des images MODIS sont effectuées sur des paysages ouverts et non fragmentés en petites parcelles (Morton et al., 2006; Wardlow et al., 2006) comme la Bretagne :

- une résolution temporelle journalière et des synthèses de 8 jours (valeur moyenne ou maximale, selon les produits, sur 8 jours)
- un capteur acquérant des informations dans l'infrarouge thermique (nécessaire pour calculer EF)
- des archives importantes (il est possible d'avoir des données jusqu'en 2000) pour l'aspect temporel mis en avant sur GéoBretagne

Bien que la résolution du capteur ne soit pas adapté au paysage bretons à cause du paysage fragmentés

1.2 Produits disponibles sur GéoBretagne

Les premiers produits diffusés ont tous une dimension temporelle avec un pas de temps de 8 jours.

1.2.1 NDVI

Le NDVI (Rouse and Haas, 1973; Tucker, 1979) est un indice de végétation standard dans l'étude de la végétation (Gao, 1996). Cet indice se calcule avec les bandes électromagnétiques du rouge (R) et du proche infrarouge (Pir). Le résultat est normalisé entre -1 (autre que végétation tel l'eau) et 1 (végétation dynamique).

$$NDVI = \frac{P_{ir} - R}{P_{ir} + R}$$

Ces bandes sont employées d'après l'interaction des bandes du rouge et du proche infrarouge avec la végétation. L'énergie de la bande du rouge est absorbée par la végétation (chlorophylle), au contraire du proche infrarouge qui est réfléchi par l'eau contenu dans la végétation (parenchyme lacuneux). De même, plus la végétation sera dynamique, plus il y aura d'absorption dans la bande du rouge et de réflectance celle du proche infrarouge.

La figure 4 permet de distinguer la réflectance type de la végétation (en vert), de l'eau (en bleu) et du sol (en rouge). Les bandes sont représentées par les zones grisées avec celle du rouge (3) et du proche infrarouge (4). Ainsi, le NDVI calcul la différence de réflectance entre les 2 bandes. Plus cette différence est importante (comme sur la figure 4), plus la végétation sera dynamique et le NDVI proche de 1. Ensuite, concernant l'eau, sa réflectance est nulle dans le proche infrarouge, ayant pour effet d'avoir un NDVI inférieur à 0. Pour le sol, selon différents paramètres (couleur, composition, humidité, rugosité), les réflectances dans le rouge et le proche infrarouge sont équivalentes, induisant un NDVI proche de 0.

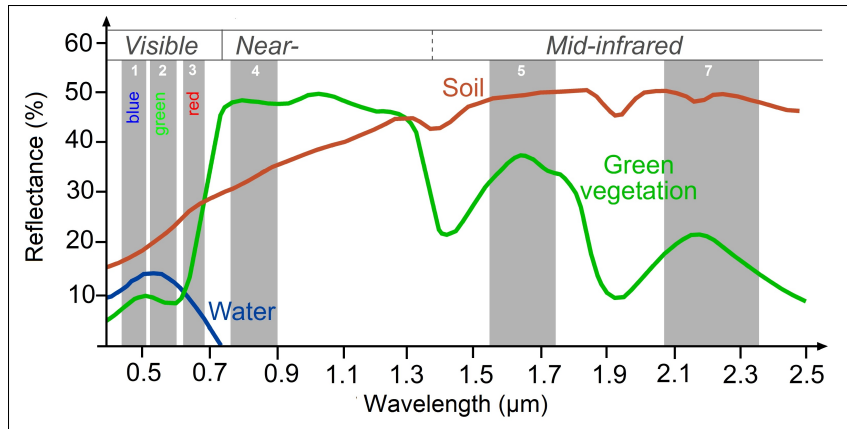


Figure 4: Signatures spectrales du sol, de l'eau et de la végétation vis à vis du spectre électromagnétique entre 350 et 2500nm. Source: SEOS Project

Cet indice permet d'effectuer une classification de l'occupation du sol. De part l'aspect temporel mis en avant sur GéoBretagne, cet indice permet également de suivre la phénologie de la végétation. De cette manière, il est possible de déterminer l'usage des sols (Patakamuri et al., 2014).

1.2.2 Evaporative Fraction

L'Evaporative Fraction est un indice permettant d'estimer la capacité d'un sol à évaporer et donc son humidité (Bastiaanssen et al., 2003; Nutini et al., 2014). Cet indice se calcule avec le NDVI et des mesures de températures de jour et de nuit que ce soit par télédétection (infrarouge thermique) ou non (thermomètre). Les valeurs de cet indice vont de 0 (sol imperméable et sec) à 1.26 (eau libre). Le modèle S-SEBI (Roerink et al., 2000) et le coefficient de Priestley-Taylor sont employées pour calculer EF.

De cette manière, il est possible de définir le stress hydrique de la végétation, particulièrement à partir d'une série temporelle (disponible sur GéoBretagne). En effet, si le sol évapore beaucoup, alors que les précipitations sont faibles, il est probable d'observer une sécheresse. Cet indice est également employé pour estimer l'évapotranspiration, mais aussi la biomasse à partir de modèles (Nutini et al., 2014).

1.2.3 Température de jour et de nuit

Ces deux données sont mis à disposition par l'USGS-LP DAAC sous la dénomination du produit MODIS MOD11A2. Ces données correspondent à la température moyenne (en kelvin) par temps clair sur 8 jours en journée et de nuit. Cette donnée est utilisée pour calculer EF. Ces températures sont également disponibles sur GéoBretagne étant donné que plusieurs informations sont accessibles, tel les îlots de chaleur urbain avec les températures de nuit ou les milieux humides/aquatiques avec les températures de jour (lors de fortes chaleurs) ou de nuit.

2 Méthodologie

La méthodologie correspond à une chaîne de traitement développée en Python pour :

1. Téléchargement des images MODIS
2. Calcul des produits
3. Publication sur un geoserver

2.1 Téléchargement des données MODIS

- Les données MODIS se situent sur le site :
https://lpdaac.usgs.gov/data_access/data_pool.
- Pour la Bretagne, il faut télécharger la tuile h17v04.
- Le capteur MODIS Terra va être celui qui sera utilisé pour calculer le NDVI (J. Wang et al., 2007) et aussi pour les autres informations.
- Pour les températures jour/nuit S8 à 1km, le produit est MOD11A2 avec les produits LST day et night (température en Kelvin) avec un scale factor de 0.02.
- Les bandes Red et Nir MODIS sont disponibles via le produit MOD09Q1 S8 à 250m avec un scale factor de 0.0001.

La nomenclature des noms de fichiers est la suivante :

- MYD11A2.AYYYYDDD.hHHvVV.CCC.YYYYDDDDHHMMSS.hdf
 - YYYYYDDD = Year and Day of Year of acquisition
 - hHH = Horizontal tile number (0-35)

- vVV = Vertical tile number (0-17)
- CCC = Collection number
- YYYYDDDDHHMMSS = Production Date and Time

L'évapotranspiration est disponible dans les données MODIS (MOD16A2) calculé selon cette méthode (<http://www.ntsg.umd.edu/project/mod16>).

1. Lancement du script (-path pour le répertoire où sauvegarder les données, -netrc pour indiquer le fichier contenant les identifiants pour télécharger les images, -fdate pour indiquer la date à partir de laquelle on souhaite télécharger les images, -ldate pour indiquer la date de fin de recherche des images).
2. Liste toutes les dates entre celle indiquée en paramètre et la date du jour.
3. Initialise l'url pour télécharger les données.
4. Se place au niveau de l'url et liste tous les liens à télécharger.
5. Télécharge les images qui ne l'ont pas encore été.

Concernant une perspective, il serait intéressant de donner des intervalles de temps et non pas une date de départ.

2.2 Calcul de l'Evaporative Fraction (EF)

Lors de cette étape, nous disposons des bandes du rouge et du proche infrarouge, mais aussi des températures de jour et de nuit en Kelvin.

1. Liste tous les fichiers téléchargés.
2. Pour chaque fichier, converti le type .hdf vers .GeoTiff et rééchantillonne les températures à la résolution spatiale des bandes du rouge et proche infrarouge (1km vers 250m).
3. Utilisation d'un shapefile de la région Bretonne pour découper la tuile MODIS et masquer les valeurs aberrantes de la mer.
4. Calcule le NDVI et supprime les valeurs <0 et >1 (valeurs aberrantes se situant dans la mer et qui ne peuvent être masquée sans rogner sur le territoire).
5. Calcul du FVC via le NDVI.
6. Supprime les pixels sans données (Nan) sur les images (si un pixel est Nan sur une image, supprime le même pixel sur l'autre) et calcule $T_j - T_n$.
7. Assigne une valeur Nan au FVC aux endroits où il n'y a pas de données sur $T_j - T_n$.
8. Génère un nuage de points pour employer la méthode de Priestley-Taylor pour déterminer EF par l'utilisation d'une équation de droite selon les bords sec et humide.
9. Génère les droites de régression et détermine l'équation pour calculer EF pour chacun des points.
10. Calcule EF et génère une image selon cette donnée.

3 Réunion 16/06/2017 (Donatien, Hervé, Fabrice)

- Fait : Estimer coût mémoire (stockage) 4mo par date pour résolution 250m et 1mo pour résolution 1km et temps de téléchargement et calcul des données.
- Fait : Conserver les données brutes et les diffuser également
- Fait : Compression "deflate" à ajouter
- Fait : Publier les bandes brutes decoupee/rechant/compress et les produits calculés.
- Fait : Coverage view -> vue sur le geoserver où l'on indique différents rasters (Donnees brutes + EF)
- Fait : Zone sans données -> on conserve les zones sans données pour le moment (solution avec interpolation pour recréer via la série temporelle ou faire des synthèse de 16j voir plus ?)
- Entre deux images (dates), quelle est la pertinence d'une valeur identique entre ces deux dates (déduction qu'il ne s'est rien passé ou pas de temps trop faible pour le voir ?)
- Pour présenter les valeurs EF, faire un découpage par zones pour donner les valeurs, courbes, etc... par zones et non pas à l'échelle du pixel.
- Organigramme -> traitement en verticale et publication vers la droite.
- Fait : Publier sur GeoSas des donnees.
- Créer un GeoRss + mail + tweet + page html avec lien direct pour animation, donnees pour informer sur de la publication de donnees + lien vers mviewer.
- Geosxx pour traitement et mise au point (temps telechargement, traitement, demo) et geoserver pour publication (Geowww) via un upload à partir de geosxx
- wms time :
<http://docs.geoserver.org/latest/en/user/services/wms/time.html>
pour tester la visualisation + interaction (calendrier, frise chronologique)
- <http://kartenn.region-bretagne.fr/mviewer/> pour trouver exemple time dans le wms pour generer une couche appelant toutes les dates.
- coverage view = 1 workspace par date (probablement)
- Publication des temperatures jour/nuit avec data story (voici les villes, voila 2003 avec l'effet des secheresses, etc...). Pas uniquement présenter les donnees brutes, fournir une analyse.
- Activer partie temporelle via buildup sur le geoserver (buildup = exemple) avec liste de date, liste et intervalle

- FAIT : parametre de connexion en indiquant l'url des fichiers login.
- Est ce que toutes les dates doivent être referencee sur un index spatiale ou temporelle ?
- Geoserver utilise un shapefile pour lire l'emprise des fichiers tif. Pour l'ajout d'une date, il faut mettre à jour le shapefile cree par le geoserver pour lui indiquer l'emprise du fichier ou bien passer par un reload.
- Cron tab pour automatiser l'execution des scripts à une frequence de son choix ou jenkins.
- lco tile=True (tuilage interne du format compress = deflate)

3.1 Publication d'une série temporelle (rasters) sur un GeoServer

1. Normaliser le nom des rasters : indice_date.tif (EF_20170525.tif).
2. Créer un fichier timeregex.properties pour indiquer le nombre de caractères constituant la date :

```
regex=[0-9]{8}
```

3. Créer un fichier indexer.properties :

```
TimeAttribute=time
ElevationAttribute=elevation
Schema=*the_geom:Polygon,location:String,time:java.util.Date,elevation:Integer
PropertyCollectors=TimestampFileNameExtractorSPI[timeregex](time)
```

4. Importer les rasters et les deux fichiers properties sur le serveur. Dans notre cas, sur Pydio Geosxx.
5. Sur le GeoServer, créer un workspace (<https://geosxx.agrocampus-ouest.fr/teledectBZH>).
6. Créer un entrepôt ImageMosaic en indiquant le workspace créé précédemment, un nom d'entrepôt, une description et l'url du dossier où sont stockés les rasters et fichiers properties (`file:///home/data/gi2016/teledectBZH/`). Dans cette configuration, un shapefile est automatiquement créé et a pour rôle d'indexer les différents raster par ordre chronologique et de les spatialiser.
7. Créer un sld correspondant aux valeurs de la série temporelle :

```
<?xml version="1.0" ?>
<sld:StyledLayerDescriptor version="1.0.0" xmlns="http://www.opengis.net/sld" xmlns:g
  <sld:UserLayer>
    <sld:LayerFeatureConstraints>
      <sld:FeatureTypeConstraint/>
    </sld:LayerFeatureConstraints>
    <sld:UserStyle>
      <sld:Name>NDVI_05_12_16</sld:Name>
```



```

<sld:Title/>
<sld:FeatureTypeStyle>
  <sld:Name/>
  <sld:Rule>
    <sld:RasterSymbolizer>
      <sld:Geometry>
        <ogc:PropertyName>grid</ogc:PropertyName>
      </sld:Geometry>
      <sld:Opacity>1</sld:Opacity>
      <sld:ColorMap type="ramp">
        <sld:ColorMapEntry color="#d7191c" quantity="0" label="0">
        <sld:ColorMapEntry color="#e34a33" quantity="0.1" label="0.1">
        <sld:ColorMapEntry color="#f07c4a" quantity="0.2" label="0.2">
        <sld:ColorMapEntry color="#fdae61" quantity="0.3" label="0.3">
        <sld:ColorMapEntry color="#fdc980" quantity="0.4" label="0.4">
        <sld:ColorMapEntry color="#fee49f" quantity="0.5" label="0.5">
        <sld:ColorMapEntry color="#ffffbf" quantity="0.6" label="0.6">
        <sld:ColorMapEntry color="#e3f2cd" quantity="0.7" label="0.7">
        <sld:ColorMapEntry color="#c7e5db" quantity="0.8" label="0.8">
        <sld:ColorMapEntry color="#abd9e9" quantity="0.9" label="0.9">
        <sld:ColorMapEntry color="#80b9d8" quantity="1" label="1">
        <sld:ColorMapEntry color="#569ac7" quantity="1.1" label="1.1">
        <sld:ColorMapEntry color="#2c7bb6" quantity="1.2" label="1.2">
      </sld:ColorMap>
    </sld:RasterSymbolizer>
  </sld:Rule>
</sld:FeatureTypeStyle>
</sld:UserStyle>
</sld:StyledLayerDescriptor>

```

8. Créer un layer selon le workspace et l'entrepôt (teledectBZH:EF_teledectBZH).
Penser à renseigner les métadonnées, projection (Force declared), indiquer "ingestion D" dans la cellule SORTING, nommer l'attribut du raster (EF) et son échelle de valeurs (0 - 1.26), indiquer le sld dans l'onglet Publishing et dans l'onglet Dimensions activer le Time et choisir l'option "List".
9. Finalement, aller dans Layer Preview, sélectionner le layer et dans l'url, rajouter &time=date pour choisir la date à afficher (&time=2017-05-25).

3.2 Mise à jour d'une série temporelle (rasters) sur un GeoServer

1. X : transférer le fichier sur le serveur Pydio uniquement.
2. X : reload Configuration and catalog.
3. X : mettre à jour manuellement le shapefile.
4. V : curl -v -u login:password -XPOST -H "Content-type: text/plain" -d "file:///home/dat

Avec -d qui est le chemin du fichier sur le serveur et l'url consiste à se placer sur le dépôt et exécuter l'extension external.imagemosaic. Cette commande met à jour le shapefile faisant office de datasource.properties.

Ainsi, la méthode est la suivante :

1. Placer les fichiers dans le répertoire de données du store
2. Lancer le script

4 Réunion 27/06/2017

- SLD ajouter information pour les indices (genre évapore peu, etc..)
- Appliquer une couleurs aux valeurs nodata
- Eviter la transparence pour les données, spliter raster/orthophoto+localisant (route, ville, contour administratif)
- Svviewer : Augmenter la taille de la police de la date affiché en bas à gauche
- WebMap Context : état d'un projet (avec les couches à afficher, ordre, etc...). Ainsi, générer des wmc selon les thématiques. Ainsi, un svviewer pour le NDVI avec x info, EF avec d'autres etc... Donc au lieu de montre plusieurs couches. ATTENTION, priorité entre wmc et couche à afficher pouvant empêcher l'affichage de certaines infos.
- Pour générer un wmc, aller sur le visualiseur de geoserver et faire un export lien sur visualiseur mobile.
- Fournir un produit où il est possible de combiner facilement des informations de teledect + d'autres infos pour sensibiliser les gens à combiner ces infos pour leurs études et décisions.
- Augmenter la dimension temporelle (1 an) pour les indices et voir comment réagit le slider.
- Faire des wmc (tuto + boites à cocher pour générer et ajouter des urls, etc... si possible).
- Générer des urls pour chaque indices avec des wmc associés pour le svviewer (contour département + villes).
- Gérer l'ordre des couches pour avoir le raster toujours en premier (attention de ne pas prendre de fond de carte pour cacher les infos).
- Faire un tuto pour rajouter des infos dans le svviewer
- Pour le calcul d'EF, changer les pourcentages (non pas 1% mais autre), et prendre le bord humide constant (ligne rouge).
- Faire métadonnées (geoserver - catalogue). Définir modèle de métadonnées, ajouter l'url de la métadonnées dans le layer, nom explicite, etc... car moissonné.

1. Mettre au point le service : SLD (couleurs et légendes), ajout dates
2. Métadonnées : générer un fichiers permettant de décrire les fichiers et comprendre les données. Métadonnées sur le site à pointer vers ce fichier.
3. Générer des WMC
4. ATTENTION, DVP SUR MASTER ET FAIRE TEST SUR AUTRE DOSSIER (GEOUEST!=DALLERY)
5. permettre de lier les données wmc avec le svviewer quand on touche dessus.
6. Essayer d'effectuer un test sur les layers pour savoir si elle est temporelle et si oui, activer le time viewer.
7. permettre de toujours interagir avec le time, meme si des données ajoutée.
8. permettre la gestion de plusieurs images temporelles à imbriquer les unes dans els autres.
9. generer via gdal tiled=true
10. automatiser la detection de la dimension temporelle de layers.
11. Faire des getFeaturesInfo, pour recuperer des valeurs, dates, recueprer les valeurs et faire des courbes pour visualiser l'évolution temporelle sur un seul graphique.
- 12.

5 Mviewer : configuration

La configuration du Mviewer passe par un fichier XML placé dans le dossier demo. Dans ce fichier, les balises <themes> <theme> et <layer> permettent de configurer les couches et la temporalité.

- <themes> : cette balise permet d'ajouter plusieurs thèmes (groupe) dans un même viewer.
 - name="nom du groupe"
 - id="identifiant du groupe"
 - icon="icône du groupe"
- <layer> : correspond à une couche. Plusieurs layers peuvent être ajouté dans un <theme>.
 - id="nom de la couche sur le geoserver"
 - name="nom de la couche à afficher"
 - timefilter="True"
 - timeinterval="day|month|year"

- timemin="YYYY-MM-DD" et timemax="YYYY-MM-DD" (calendar)
- timecontrol="calendar|slider" (slider permet d'animer les dates)
- timevalues="dates disponibles YYYY-MM-DD"
- style="style à appliquer"
- url="url du serveur"

Avec ces balises et variables, il est possible de gérer l'aspect temporel d'un entrepôt, de configurer la symbologie, les noms et les données à afficher.

P.S : corriger l'affichage en gras des dates du calendrier même quand il n'y a pas de données.

Ensuite, il reste à appeler dans une url le fichier xml pour visualiser le résultat : <http://geosxxx.agrocampus-ouest.fr/geouest/mviewer/?config=demo/geouest.xml>

6 Sviewer : configuration

Le Sviewer possède également un fichier de configuration situé dans le dossier `js/sviewer.js`

La configuration du viewer passe par plusieurs variables.

- hardConfig :
 - title: "titre du viewer et de l'onglet assimilé"
 - geOrchestraBaseUrl: "url de base du geoserver"
 -

Ensuite, il reste à appeler dans une url la couche que l'on souhaite afficher pour visualiser le résultat : <http://geosxxx.agrocampus-ouest.fr/geouest/timeviewer/?timeLayer=geou>

Pour ajouter un wmc, il faut aller chercher des données au même endroit que l'url du serveur. Donc, dans notre cas, geosxxx.etc... et non pas geobretagne, etc...

6.1 A faire

- Publication sur geos
- métadonnées
- texte de description des images
- gdal=tiled
- publier ETR + EF landsat
- corriger les nuages sur les bandes modis
- Verifier légendes/sld
- Activer jenkins pour automatisation des scripts
- Supprimer nuages NDVI

- migrer les images sur geosas
- modifier le viewer pour detecter automatiquement la capacité spatiale d'une couche.

7 Bibliographie

- Bastiaanssen W.G.M., Ali, S. (2003). "A new crop yield forecasting model based on satellite measurements applied across the Indus Basin, Pakistan". *Agric. Ecosyst. Environ.* 94, pp.321–340.
- Gao B.-C. (1996). "NDWI : A Normalized Difference Water Index for remote sensing of vegetation liquid water from space", *Proceeding of SPIE*. Vol.58, no.3, pp.257-266.
- Morton, D. C., DeFries, R. S., Shimabukuro, Y. E., Anderson, L. O., Arai, E., del Bon Espirito-Santo, F., Freitas, R. et Morisette, J., (2006). "Crop-land expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(39):14637.
- Nutini F., Boschetti M., Candiani G., Bocchi S., Brivio P.A., (2014). "Evaporative Fraction as an indicator of moisture condition and water stress status in semi-arid rangeland ecosystems". *Remote sens.*, 6, pp.6300-6323.
- Patakamuri S.K., Agrawal S., Krishnaveni M. (2014). "Time-series analysis of MODIS NDVI data along with ancillary data for land use/land cover mapping of Uttarakhand". *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XL-8, ISPRS Technical Commission VIII Symposium, pp.1491–1500
- Roerink G., Su Z., Menenti M. (2000). "S-SEBI: A simple remote sensing algorithm to estimate the surface energy balance". *Phys. Chem. Earth Part B* 25, pp.147–157.
- Rouse and Haas, (1973). "Monitoring vegetation systems in the great plain with ERTS", *Third ERTS Symposium*, Washington DC: NASA, no.1, pp.309-317.
- Tucker, (1979). "Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation", *Remote Sensing of the Environment*, no.8, pp.127–150.
- Wardlow, B.D., Kastens, J.H. et Egbert, S.L. (2006). "Using USDA crop progress data for the evaluation of greenup onset date calculated from MODIS 250meter data", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 72(11), 1225-1234.