

## Travail de Bachelor 2014

# Suivi de l'évolution thermique de la Méditerranée



Etudiant : Vincent Micheloud

Professeur : David Russo

Déposé le : 11 août 2014

## AVANT-PROPOS

Le Centre de recherche sur l'environnement alpin (CREALP<sup>1</sup>) concentre ses activités à la recherche appliquée principalement dans le domaine des sciences de la terre et des dangers naturels.

Dans le cadre des dangers naturels, une partie de leurs activités concernent la gestion et la prévention des crues. Les crues sont influencées par deux catégories de facteurs :

- Les facteurs naturels : précipitations, nature et occupation du sol, topographie du lit (pente et forme du lit)
- Les facteurs anthropiques (réalisés par l'homme) : suppression des champs d'expansion (zone où la crue peut s'étendre, sans risques graves pour les biens ou les personnes) par l'urbanisation, aménagements hasardeux, mauvais entretien des digues, déboisement ou activités agricoles excessives dans les zones qui empêchent la pénétration des eaux dans le sol

Lorsque la température à la surface de la mer est chaude, l'air s'élève à mesure qu'il se réchauffe. Cela cause une dépression (zone de basse pression) et entraîne généralement du mauvais temps et des quantités considérables de précipitations peuvent s'accumuler.

Une dépression sur le Golfe de Gênes (situé au nord de la Corse) dirige l'air méditerranéen humide contre les Alpes : cela a donc une influence directe sur les précipitations en Valais, et plus particulièrement dans le Haut-Valais. Des pluies trop intenses peuvent causer des crues (du Rhône par exemple), ce qui est le principal danger hydrologique dans le canton. Une des missions du CREALP est de surveiller cette évolution.



Figure 1 : Golfe de Gênes (source : Google Maps<sup>2</sup>)

---

<sup>1</sup> Site web : <http://www.crealp.ch>

<sup>2</sup> Site web : <https://maps.google.com>

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont aidé durant le travail de Bachelor. Plus particulièrement :

- Monsieur David Russo, professeur à la HES-SO à Sierre, pour m'avoir conseillé et suivi tout au long de ce travail de Bachelor.
- Monsieur Stéphane Micheloud, responsable informatique au CREALP à Sion, pour le suivi du travail, pour ses explications et son aide sur l'aspect technique et pour sa relecture du présent rapport.
- Monsieur Pascal Ornstein, coordinateur scientifique au CREALP à Sion, pour ses conseils et explications, plus particulièrement pour la base de données.

Je remercie également toutes les personnes qui m'ont soutenu durant ce travail.

## **RÉSUMÉ MANAGÉRIAL**

Le but de ce travail de Bachelor est d'automatiser la récolte des données de relevé thermiques de la Méditerranée ainsi que leur stockage dans une base de données, et de fournir un moyen simple de visualisation de ces informations.

### **ETAT DE L'ART**

Avant de débiter le développement du projet, il est nécessaire de rechercher, lister et comparer les différents outils déjà disponibles sur le marché.

Chaque outil se différencie par sa palette de fonctionnalités, sa simplicité, son utilité, sa performance ou même son coût. Il est donc essentiel de passer par cette étape de recherche afin d'avoir une vue d'ensemble et de choisir les outils les mieux adaptés pour le projet.

### **PROJET**

Le projet final est destiné à être installé au sein du CREALP, qui l'utilisera aux côtés de ses autres outils de surveillance. Les données seront :

- Téléchargées régulièrement
- Converties
- Insérées dans une base de données
- Affichées sur une page web interne

La plupart des technologies utilisées dans ce projet sont imposées par le CREALP afin de correspondre au mieux à leur système et méthodes de travail.

### **RAPPORT**

Le présent rapport détaille les recherches, les grandes étapes du projet ainsi que les fonctionnalités. Un CD-ROM est joint à ce rapport, contenant entre-autres, le code source ainsi que les outils utilisés.

## LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : GOLFE DE GÈNES (SOURCE : GOOGLE MAPS) .....	1
FIGURE 2 : TÂCHES À AUTOMATISER .....	1
FIGURE 3 : DÉTAIL D'UN RASTER (SOURCE : AIDE ARCGIS) .....	3
FIGURE 4 : AFFICHAGE DES ROUTES (SOURCE : GOOGLE MAPS).....	4
FIGURE 5 : VALEURS D'UN RASTER (SOURCE : AIDE ARCGIS) .....	4
FIGURE 6 : CORRESPONDANCE AVEC DES COORDONNÉES RÉELLES (SOURCE : AIDE ARCGIS) .....	5
FIGURE 7 : COMPARAISON TROIS ET QUATRE DIMENSIONS (SOURCE : AIDE ARCGIS) .....	6
FIGURE 8 : STRUCTURE D'UN FICHIER NETCDF (SOURCE : BRITISH ATMOSPHERIC DATA CENTRE) .....	8
FIGURE 9 : EXEMPLE DE SYSTÈME DE COORDONNÉES WGS84 (SOURCE : SHARPGIS).....	9
FIGURE 10 : ZONE COUVERTE PAR LE SYSTÈME DE COORDONNÉES 2056 (SOURCE : SPATIALREFERENCE) .....	10
FIGURE 11 : ZONE COUVERTE PAR LE SYSTÈME DE COORDONNÉES 4326 (SOURCE : SPATIALREFERENCE) .....	10
FIGURE 12 : DÉTAILS D'ORACLE SPATIAL (SOURCE : ORACLE) .....	14
FIGURE 13 : TYPES GÉOMÉTRIQUES D'ORACLE SPATIAL (SOURCE : ORACLE) .....	15
FIGURE 14 : STOCKAGE DES DONNÉES DANS UN GEORASTER (SOURCE : ORACLE) .....	17
FIGURE 15 : STOCKAGE PHYSIQUE D'UN GEORASTER (SOURCE : ORACLE) .....	18
FIGURE 16 : SCHÉMA DE PYRAMIDE (SOURCE : AIDE ARCGIS) .....	19
FIGURE 17 : GUI DE R .....	23
FIGURE 18 : INSTALLATION D'UN PAQUET DANS R .....	24
FIGURE 19 : FONCTIONNEMENT DES SERVICES WEB GÉOGRAPHIQUES .....	26
FIGURE 20 : QGIS DESKTOP, AFFICHAGE D'UN NETCDF SUR UNE CARTE .....	28
FIGURE 21 : AFFICHAGE D'UN NETCDF VIA WMS.....	28
FIGURE 22 : AFFICHAGE DE VALEURS PAR RAPPORT À LA POSITION DU CURSEUR. (SOURCE : OPENGEO.ORG).....	29
FIGURE 23 : INTERFACE DE MAPBUILDER. (SOURCE : ORACLE) .....	30
FIGURE 24 : FONCTIONNEMENT DU PROJET.....	33
FIGURE 25 : FICHIERS UTILISÉ POUR L'ACQUISITION DES DONNÉES.....	34
FIGURE 26 : SCRIPT D'ACQUISITION .....	36
FIGURE 27 : EMAIL D'ERREUR REÇU CONTENANT LES LOGS .....	35
FIGURE 28 : TABLE SEA_IMAGES_DAILY .....	38
FIGURE 29 : TABLE SEA_IMAGES_DAILY_RDT .....	38
FIGURE 30 : FICHIERS UTILISÉ POUR LA TRANSFORMATION DES DONNÉES .....	40
FIGURE 31 : FICHIERS UTILISÉ POUR LE GÉORÉFÉRENCIEMENT DES DONNÉES .....	41
FIGURE 32 : PREMIÈRE MAQUETTE DE L'AFFICHAGE DES DONNÉES .....	43
FIGURE 33 : MAIL INFORMANT DES DIVERS DÉRANGEMENTS DE MYOCEAN .....	44
FIGURE 34 : PLANNING INITIAL DU PROJET .....	48
FIGURE 35 : EXEMPLE DU SUIVI DES HEURES DE LA SEMAINE 4 .....	49
FIGURE 36 : MÉTADONNÉES DU FICHIER NETCDF DU 6 JUILLET 2014 .....	61
FIGURE 37 : ZONE COUVERTE PAR LES FICHIERS NETCDF DE CE TRAVAIL. (SOURCE : GOOGLE MAPS) .....	62
FIGURE 38 : PARAMÈTRES DES DONNÉES À TÉLÉCHARGER. (SOURCE : MYOCEAN.EU) .....	63
FIGURE 39 : PARAMÈTRES DES DONNÉES À TÉLÉCHARGER. (SOURCE : MYOCEAN.EU) .....	64
FIGURE 40 : OPTIONS DE TÉLÉCHARGEMENT. (SOURCE : MYOCEAN.EU) .....	64
FIGURE 41 : RÉSULTAT DE LA FONCTION GDALINFO .....	65

# TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS.....	1
REMERCIEMENTS.....	2
RÉSUMÉ MANAGÉRIAL .....	3
LISTE DES FIGURES .....	4
TABLE DES MATIÈRES.....	5
INTRODUCTION .....	1
<b>1. TECHNOLOGIES .....</b>	<b>3</b>
1.1. DONNÉES RASTER.....	3
1.1.1. <i>Utilisation</i> .....	4
1.1.2. <i>Caractéristiques techniques</i> .....	4
1.2. NETCDF.....	6
1.2.1. <i>Utilisation</i> .....	6
1.2.2. <i>Contenu</i> .....	6
1.2.3. <i>Exemple</i> .....	8
1.3. SYSTÈMES DE COORDONNÉES.....	9
<b>2. OUTILS .....</b>	<b>11</b>
2.1. OUTILS D'ACQUISITION DES DONNÉES.....	11
2.1.1. <i>Motu-python</i> .....	11
2.2. OUTILS DE STOCKAGE .....	13
2.2.1. <i>Oracle Instant Client</i> .....	13
2.2.2. <i>Oracle Spatial</i> .....	13
2.3. OUTILS DE TRANSFORMATION .....	20
2.3.1. <i>CDO</i> .....	20
2.3.2. <i>GDAL</i> .....	21
2.3.3. <i>R (transformation, accès aux métadonnées)</i> .....	23
2.3.4. <i>SDO_GEOR.importFrom</i> .....	25
2.4. OUTILS D'AFFICHAGE.....	26
2.4.1. <i>Qgis Server</i> .....	27
2.4.2. <i>GeoServer</i> .....	29
2.4.3. <i>MapViewer</i> .....	30
2.5. SYNTHÈSE .....	31
2.5.1. <i>Acquisition</i> .....	31
2.5.2. <i>Transformation</i> .....	31

2.5.3.	<i>Base de données</i> .....	31
2.5.4.	<i>Affichage</i> .....	32
<b>3.</b>	<b>RÉALISATION</b> .....	<b>33</b>
3.1.	ACQUISITION .....	33
3.1.1.	<i>Contenu</i> .....	34
3.1.2.	<i>Utilisation</i> .....	36
3.2.	MISE EN PLACE DE LA BASE DE DONNÉES .....	37
3.2.1.	<i>Modélisation</i> .....	37
3.2.2.	<i>Scripts de création</i> .....	38
3.3.	TRANSFORMATION ET STOCKAGE .....	39
3.3.1.	<i>Contenu</i> .....	39
3.3.2.	<i>Détails du script</i> .....	42
3.3.3.	<i>Utilisation</i> .....	42
3.4.	AFFICHAGE.....	43
3.5.	SYNTHÈSE .....	44
3.5.1.	<i>Problèmes rencontrés</i> .....	44
3.5.2.	<i>Améliorations futures</i> .....	45
<b>4.</b>	<b>ORGANISATION DU PROJET</b> .....	<b>46</b>
4.1.	INITIALISATION DU PROJET.....	46
4.2.	SÉANCES.....	46
4.3.	SUBVERSION.....	47
4.4.	MACHINE VIRTUELLE .....	47
4.5.	PLANNING .....	48
4.6.	SUIVI DES HEURES.....	49
4.7.	RÉSUMÉS.....	50
	<b>CONCLUSION</b> .....	<b>51</b>
	<b>RÉFÉRENCES</b> .....	<b>52</b>
	<b>DÉCLARATION SUR L'HONNEUR</b> .....	<b>55</b>
	<b>ANNEXE I : CONTENU DU CD-ROM</b> .....	<b>56</b>
	<b>ANNEXE II : CAHIER DES CHARGES</b> .....	<b>57</b>
	<b>ANNEXE III : EXEMPLE D'UN FICHER NETCDF TRAITÉ DANS CE PROJET</b> .....	<b>61</b>
	<b>ANNEXE IV : ACCÈS AUX PRODUITS DE MYOCEAN VIA L'INTERFACE WEB</b> .....	<b>63</b>
	<b>ANNEXE V : FICHER NETCDF ET AFFICHAGE AVEC GDALINFO (GDAL)</b> .....	<b>65</b>

# INTRODUCTION

## CONTEXTE

Le travail de Bachelor consiste à mettre en pratique les connaissances acquises durant les trois ans de formation à la HES-SO Valais. C'est après cela que chaque étudiant obtient son Bachelor of Science en Informatique de Gestion.

En général, ce travail consiste en un projet informatique proposé par une entreprise. Le présent document fait partie intégrante du projet.

La durée du projet est de 360h de recherche et de développement, réparties sur environ trois mois (du 28 avril au 11 août). La défense orale de ce travail se déroulera fin août.

## DESCRIPTION ET OBJECTIFS

Le but de ce travail est d'automatiser les tâches d'acquisition, de transformation, de stockage et d'affichage de données de relevé thermique de la Méditerranée. Un cahier des charges, se trouvant en annexe II, a été rédigé et approuvé par les parties prenantes.

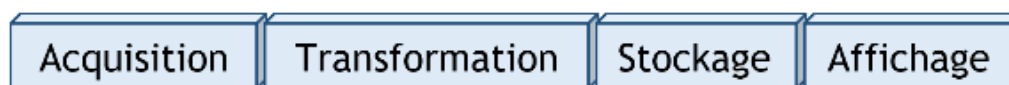


Figure 2 : Tâches à automatiser

## ACQUISITION DES DONNÉES

L'outil d'acquisition devra être capable d'obtenir quotidiennement les données de relevés thermiques de la Méditerranée mises à disposition par le service en ligne de MyOcean<sup>3</sup>, qui permet l'accès et le partage de données scientifiques stockées sous la forme de grilles (données raster).

Les données historiques, disponibles pour la période 1987-2012, sont également pertinentes pour le calcul des normes et la comparaison avec des années particulières. Elles sont également mises à disposition par le service MyOcean.

Ces données sont fournies au format netCDF. C'est un format matriciel auto documenté qui sera expliqué dans le chapitre 2.2.

---

<sup>3</sup> Site web : <http://www.myocean.eu>



### **TRANSFORMATION ET STOCKAGE**

Une fois les données récupérées, le programme les convertira en Georaster (expliqué au chapitre 3.3.1), puis les enregistrera dans une base de données Oracle.

La base de données n'existe pas et devra être modélisée afin de stocker aussi bien les données historiques que les données récupérées quotidiennement.

Le mandant a arrêté son choix sur la version 11 d'Oracle.

### **EXPLOITATION DES INFORMATIONS**

La partie finale du projet concerne la restitution d'informations et l'affichage des données. Le mandataire est invité à proposer différentes formes de rendu (graphes, courbes, cartes, tableaux, statistiques,...) qui seront avalisées par le mandant.

### **PARTIES PRENANTES**

M. Vincent Micheloud, étudiant en informatique de gestion, HES-SO Valais (Sierre)

M. David Russo, professeur responsable, HES-SO Valais (Sierre)

M. Stéphane Micheloud, responsable du projet, CREALP (Sion)

# 1. TECHNOLOGIES

Le type des données traitées dans ce projet est présenté sous forme de raster, dans des fichiers netCDF. Ce chapitre explique ce qu'est le format raster et présente les fichiers netCDF.

De plus, ces données étant géoréférencées, c'est également dans ce chapitre que se trouvent les explications concernant du géoréférencement des données raster.

## 1.1. Données raster

Un raster est constitué d'une matrice de cellules organisées dans une grille uniforme d'une résolution spécifique. Chaque cellule, ou pixel, contient une ou plusieurs valeurs et représente une zone réelle : il est donc aisé de faire correspondre chaque valeur à un point dans le monde grâce aux coordonnées géographiques.

Plus la cellule est petite, plus la résolution est grande et donc plus l'information associée est précise. Une large résolution peut rendre les fichiers raster très volumineux. En effet, pour une diminution de  $\frac{1}{2}$  de la taille des cellules, l'espace disque requis augmente (en fonction des techniques de stockages utilisées, la compression, etc.) ainsi que la durée de calcul lors des traitements du raster. Par exemple, un fichier de 4x4 cellules comprend moins de cellules qu'un fichier de 8x8 cellules (16 cellules pour le premier contre 64 pour le deuxième)

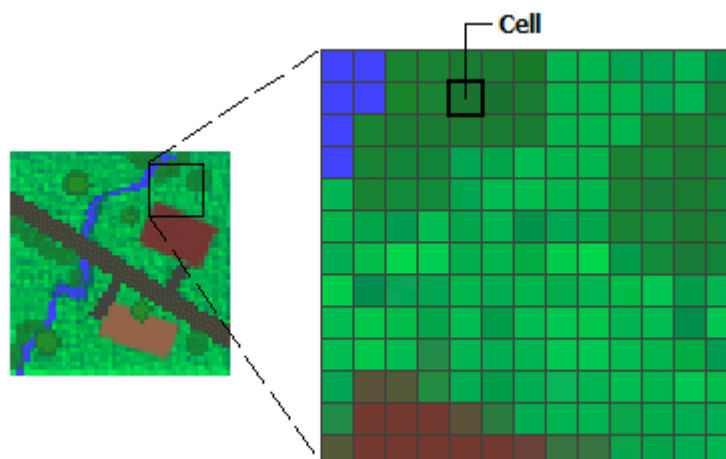


Figure 3 : Détail d'un raster (source : Aide ArcGIS<sup>4</sup>)

---

<sup>4</sup> Site web : <http://help.arcgis.com/fr/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//009t00000002000000>

### 1.1.1. Utilisation

Les rasters peuvent être des images satellites, des cartes numérisées ou comme dans ce cas, des relevés de température.

Ces données sont utilisées dans de nombreux domaines, comme par exemple l'urbanisme, la géologie, l'agriculture ou la gestion hydrologique.

Par exemple, un raster peut être utilisé comme image de fond pour d'autres couches. Cela permet que tous les éléments soient alignés géographiquement. Ci-dessous, un raster qui sert d'arrière-plan pour l'affichage des routes.



Figure 4 : Affichage des routes (source : Google Maps)

### 1.1.2. Caractéristiques techniques

#### VALEURS

Les valeurs peuvent être positives, négatives, entières ou à virgule. Elles sont stockées une après l'autre, en liste. Exemple : 80, 74, 62, 45, 45, 34, 39, 56, 80, 74,...

80	74	62	45	45	34	39	56
80	74	74	62	45	34	39	56
74	74	62	62	45	34	39	39
62	62	45	45	34	34	34	39
45	45	45	34	34	30	34	39

Figure 5 : Valeurs d'un raster (source : Aide ArcGIS<sup>5</sup>)

<sup>5</sup> Site web : <http://help.arcgis.com/fr/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/009t00000002000000>

## CELLULES

Toutes les cellules d'un raster ont la même taille (largeur/hauteur). Par exemple, dans le chapitre précédent, les données représentent une zone de :

- 253 index de hauteur (latitude) qui vont de la latitude 30.25 à 46 = 15.75 degrés de hauteur réelle.
- 677 index de largeur (longitude) qui vont de la longitude -6 à 36.25 = 43.25 degrés de largeur réelle.

Il est possible de calculer la taille d'une cellule :

- $15.75 / 253 = 0.0622529644268775$  degré, ce qui équivaut à 7km
- $43.25 / 677 = 0.0638847858197932$  degré, ce qui équivaut à 7km

La conversion en kilomètre a été effectuée en ligne, grâce à un service du site de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA<sup>6</sup>)

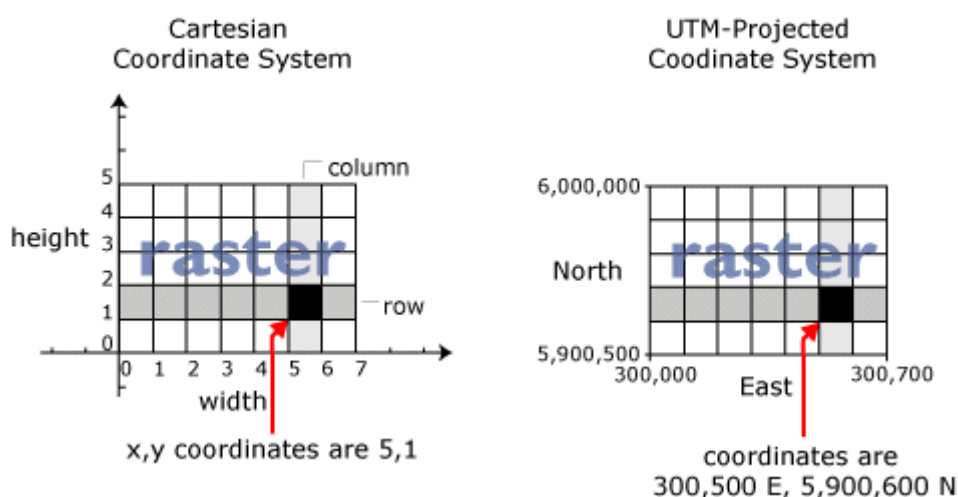


Figure 6 : Correspondance avec des coordonnées réelles (source : Aide ArcGIS<sup>7</sup>)

À gauche, la position du pixel est indiquée grâce à la ligne et la colonne de la matrice. Il se situe à l'emplacement 5,1. À droite, le point réel se situe dans un système de coordonnées UTM (Universal Transverse Mercator) et la taille de la cellule est 100.

L'emplacement de la cellule située à 5,1 sera donc à la position 300500 Est, 5900600 Nord.

<sup>6</sup> Site web : <http://www.nhc.noaa.gov/gccalc.shtml>

<sup>7</sup> Site web : <http://help.arcgis.com/fr/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//009t00000002000000>

## 1.2. NetCDF

Les fichiers netCDF (Network Common Data Form) sont destinés à stocker des données scientifiques multidimensionnelles dans un format compréhensible sous forme de tableaux de nombres.

Il s'agit d'un format de données ouvert, maintenu par le programme Unidata de l'University Corporation for Atmospheric Research (UCAR).

### 1.2.1. Utilisation

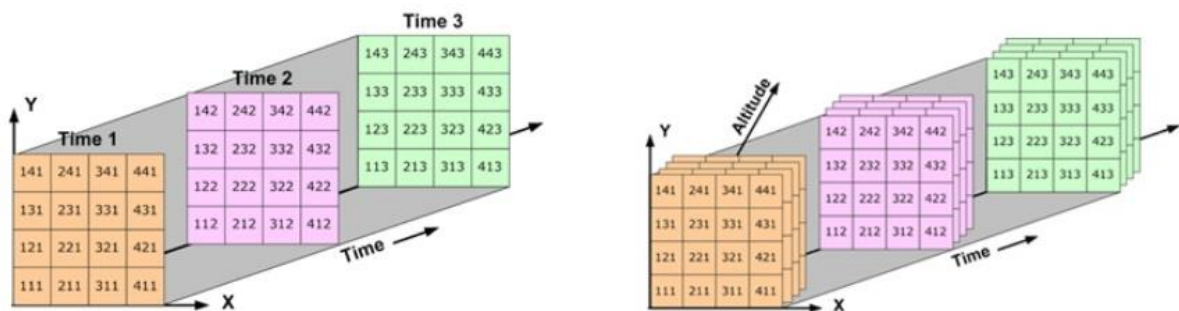
Ce format est très utilisé dans les domaines de la climatologie, de la météorologie ou de l'océanographie. On peut y stocker différentes variables, telles que la température, l'humidité ou la direction du vent par exemple.

### 1.2.2. Contenu

Les données sont auto-documentées, ce qui veut dire que le fichier possède des informations qui décrivent les données contenues dans le fichier : un en-tête contient une liste de métadonnées qui décrivent la disposition des informations dans la suite du fichier. Ces informations sont stockées sous forme d'attribut nom/valeur et permettent de comprendre facilement la structure et les données des fichiers netCDF.

#### DIMENSIONS

Les dimensions sont représentées par un nom et une taille. Des informations telles que la latitude, la longitude, l'altitude ou la date sont des dimensions. Une information comme un identificateur de station météorologique peut également être une dimension.



À gauche : données tridimensionnelles (latitude, longitude, temps)

À droite : données quadridimensionnelles (latitude, longitude, altitude, temps)

<sup>8</sup> Site web : <http://help.arcgis.com/fr/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/009t00000002000000>

## VARIABLES

Une variable est un ensemble de valeurs utilisé pour stocker les données dans un fichier netCDF. Elle est définie par un nom, un type de donnée et une structure (liste des dimensions définies préalablement qui sont utilisées par la variable).

## ATTRIBUTS

Chaque variable peut avoir un ou plusieurs attributs qui permettent d'y stocker des informations supplémentaires. Ils sont identifiés par le nom de la variable et par le nom de l'attribut.

Il est également possible de stocker des informations concernant l'ensemble du fichier netCDF. Ces informations sont stockées dans des attributs globaux. Ils sont identifiés par un nom de variable vide et par le nom de l'attribut.

Ci-après, se trouvent quelques attributs utilisés par la plupart des applications qui traitent les fichiers netCDF :

- `units` : chaîne de caractères indiquant les unités utilisées. Unidata a développé des routines permettant de convertir les unités : utiliser la bonne syntaxe permet de convertir facilement les données.
- `long_name` : nom complet. Peut être utilisé pour afficher le nom des variables dans un graphique par exemple.
- `_FillValue` : cette valeur peut être utilisée pour pré-remplir un jeu de données. Si rien n'est écrit à la place, c'est cette valeur qui sera retournée à la lecture des données.
- `missing_value` : il s'agit d'une valeur indiquant qu'une donnée est manquante.
- `valid_min` : valeur minimum valide
- `valid_max` : valeur maximum valide
- `scale_factor` : les données doivent être multipliées par ce facteur afin d'être correctement lues
- `add_offset` : les données doivent être additionnées à ce facteur afin d'être correctement lues

Les attributs `scale_factor` et `add_offset` sont utilisés afin de stocker les nombres à virgules en tant que nombres entiers et de permettre ainsi une meilleure compression dans un fichier netCDF. Il est possible d'utiliser soit l'un, soit l'autre, ou les deux attributs. Si les deux sont indiqués, les données doivent être tout d'abord multipliées par le `scale_factor` puis additionnées au `add_offset` afin d'être correctement lues.

## DONNÉES

Les données d'un fichier netCDF sont organisées dans des tableaux grâce aux dimensions spécifiées plus haut.

Seuls ces types de données sont traités : byte, character, short, long, float, double

### 1.2.3. Exemple

```
netcdf filename {
dimensions:
    dimension1 = 3 ;
    dimension2 = UNLIMITED ; // (5 currently)
variables:
    type dimension1(dimension1) ;
        dimension1:attribute1 = "some text" ;
        dimension1:attribute2 = 10000.0f ;
    type dimension2(dimension2) ;
        dimension2:attribute1 = "some text" ;
        dimension2:attribute2 = 2.e+020f ;
    type variable1(dimension1, dimension2) ;
        variable1:attribute1 = 4.e+020f ;
        variable1:attribute2 = "some text" ;
        variable1:attribute3 = "some text" ;

// global attributes:
    :global1 = "some text" ;
    :global2 = "some text" ;
    :global3 = 45.72f ;
    :global4 = "some text" ;

data:

    dimension1 = 2.34, 2.35, 2.36 ;

    dimension2 = 1.0, 2.5, 7.0, 8.0, 9.7 ;

    variable1 = 34.5, 31.2, 23.7, 19.6, 35.8, 29.2, 24.4, 18.6,
15.2, 13.1, 19.5, 13.4, 14.7, 7.1, 10.8 ;
}
```

Figure 8 : Structure d'un fichier netCDF (source : British Atmospheric Data Centre<sup>9</sup>)

Un exemple du fichier netCDF de relevé thermique de la Méditerranée du 6 juillet 2014 se trouve en annexe III)

<sup>9</sup> Site web : [https://badc.nerc.ac.uk/help/formats/netcdf/index\\_cf.html](https://badc.nerc.ac.uk/help/formats/netcdf/index_cf.html)

### 1.3. Systèmes de coordonnées

Un système de coordonnées sert à se situer, sur toute la Terre, grâce à des coordonnées géographiques (latitude, longitude, altitude). Grâce à cela, il est aisément possible de faire correspondre un point représenté par ses coordonnées à un lieu réel dans le monde. Lorsqu'on utilise une donnée spatiale, un système de coordonnées peut lui être associé afin de géoréférencer les informations.

Il existe plusieurs systèmes de références, que l'on peut classer en deux catégories :

- Systèmes locaux : ces systèmes sont des systèmes de référence utilisés à l'échelle nationale. Chaque pays possède sa référence et son système de projection. Par exemple, Bessel 1841 est le système de référence pour la Suisse<sup>10</sup>.
- Systèmes globaux : ces systèmes sont des systèmes de référence utilisés à l'échelle mondiale utilisant comme point d'origine, le centre de la terre. Par exemple, le World Geodetic System 84 (WGS84) est un système global, c'est celui qui est le plus utilisé, par exemple par les GPS.

Le système global WGS84 sera utilisé pour le géoréférencement des données de ce projet (voir chapitre 4.2.2) :

- X : part du centre et passe par l'intersection entre l'équateur et le méridien de Greenwich
- Z : part du centre et passe par le pôle Nord
- Y : part du centre pour former un système d'axes cartésien (X, Y, Z)

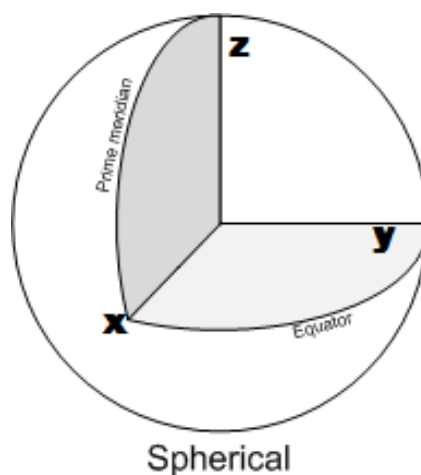


Figure 9 : Exemple de système de coordonnées WGS84 (source : Sharpgis<sup>11</sup>)

<sup>10</sup> Site web : <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/fr/home/topics/survey/sys/refsys/switzerland.html>

<sup>11</sup> Site web : <http://www.sharpgis.net/image.axd?picture=Spherical.png>



### **CODES EPSG**

L'European Petroleum Survey Group (EPSG) a mis en place une liste de systèmes de coordonnées géoréférencées. Cette liste, accessible par tout le monde, permet d'identifier chaque système grâce à un code, appelé code EPSG, lui étant associé.

Un code EPSG peut être noté 2D (latitude et longitude sont les coordonnées utilisées) ou 3D (latitude longitude et hauteur sont les coordonnées utilisées)

À titre d'exemple, le système WGS84 a pour code EPSG : 4326 et le système Bessel 1841 a pour code EPSG : 2056.



Figure 10 : Zone couverte par le système de coordonnées 2056 (source : Spatialreference<sup>12</sup>)



Figure 11 : Zone couverte par le système de coordonnées 4326 (source : Spatialreference<sup>13</sup>)

---

<sup>12</sup> Site web : <http://spatialreference.org/ref/epsg/2056/>

<sup>13</sup> Site web : <http://spatialreference.org/ref/epsg/4326/>

## 2. OUTILS

Différents outils permettant de traiter et afficher les données raster existent sur le marché. Il est donc avant tout indispensable de les étudier et de les tester, afin de choisir le(s) plus adaptés afin d'atteindre les objectifs fixés.

Tous les outils utilisés dans ce travail sont disponible sous Windows ou Linux. Le choix du système d'exploitation utilisé lors de la réalisation du projet s'est porté sur Windows 7.

Étant donné que le projet comporte une partie d'acquisition, une partie de transformation et une partie d'affichage, l'analyse a été séparée en trois parties distinctes :

- Le chapitre 3.1 présente la source de données (MyOcean) et son outil d'acquisition.
- Le chapitre 3.2 explique les diverses façons rencontrées qui permettent de convertir les données.
- Le chapitre 3.3 présentera la base de données utilisée et présente les multiples possibilités de son option spatiale.
- Le chapitre 3.4 survole les outils gratuits les plus connus en termes de publications de données géospatiales.

### 2.1. Outils d'acquisition des données

Les données de relevé thermiques de la Méditerranée, mises à disposition par MyOcean, se trouvent toutes sur le site officiel. Afin d'automatiser le téléchargement de ces données, il est indispensable d'utiliser un outil adapté à la situation, et pouvant s'adapter aux possibles modifications de l'architecture de MyOcean (site web, services,...)

#### 2.1.1. Motu-python

Motu-python est un serveur web qui comble un fossé entre fournisseurs de données hétérogènes et utilisateurs finaux. Il permet d'extraire et transformer d'énormes volumes de données océanographiques sans perdre en performance.

Directement proposé par MyOcean, c'est le moyen le plus simple pour automatiser le téléchargement des données

Le client Motu-python est utilisé afin de télécharger simplement des données via une ligne de commande python<sup>14</sup>.

---

<sup>14</sup> Site web : <https://www.python.org>

## SOURCE DE DONNÉES : MYOCEAN

Comme précisé précédemment, les fichiers netCDF sont mis à disposition par le site de MyOcean. Il s'agit d'un projet mis en place dans le cadre du programme Copernicus<sup>15</sup> (programme européen de surveillance de la Terre) de la Commission Européenne. L'objectif de MyOcean est de mettre en place, au niveau européen, une surveillance et une prévision des océans en utilisant les compétences et ressources nationales.

Ce site est entièrement gratuit, et les informations sont mises à disposition pour tout le monde. Afin de télécharger les données, il suffit de créer un compte. Grâce à cela, le site tiens informés ses utilisateurs quant aux dérangements de ses services. Une description de l'accès aux produits de MyOcean via l'interface web se trouve en annexe IV.

Chaque produit de MyOcean correspond à une série d'informations pour une zone précise. Les produits qui permettent au CREALP de surveiller au quotidien l'évolution de la température du Golfe de Gênes et de la mer Méditerranée en général sont les suivants :

- “Mediterranean Sea High Resolution and Ultra High Resolution Sea Surface Temperature Analysis” est utilisé pour effectuer les relevés quotidiens.  
ID : SST\_MED\_SST\_L4\_NRT\_OBSERVATIONS\_010\_004\_a\_V2.
- “Mediterranean Sea Physics Reanalysis (1987-2012)” est utilisé afin de récupérer les données historiques.  
ID : MEDSEA\_REANALYSIS\_PHYS\_006\_004

Pour les retrouver, il suffit de faire une recherche par zone et par critère afin de le retrouver sur le site. Des tests d'utilisations ont fait remarquer que c'est à 10h30 (heure Suisse) que le fichier du jour est mis en ligne. Il est impossible de le télécharger avant cette heure.

## EXEMPLE

Le client Motu-python nécessite Python 2.7. Il n'est par contre pas compatible avec la version 3.4. Une fois cet outil téléchargé et décompressé, il est utilisable via l'invite de commande de Windows. Ci-dessous, un exemple d'une commande qui permet de télécharger le fichier du 7 août 2014 via le client Motu-python :

```
python.exe motu-client.py -u username -p xxxx -m http://myocean.artov.isac.cnr.it/mis-gateway-servlet/Motu -s http://purl.org/myocean/ontology/service/database#SST_MED_SST_L4_NRT_OBSERVATIONS_010_004-TDS -d SST_MED_SST_L4_NRT_OBSERVATIONS_010_004_a_V2 -x -18.125 -X 36.25 -y 30.25 -Y 46 -t 2014-08-07 -T 2014-08-07 -v analysed_sst -o C:\netCDF -f 2014-08-07.nc
```

---

<sup>15</sup> Site web : <http://www.copernicus.eu>

## 2.2. Outils de stockage

Une base de données est utilisée pour stocker les données acquises. La base de données utilisée par le mandant est Oracle Database. Plus précisément, Oracle Database 11g Release 2 (sortie en 2009), est la version concernée par ce travail, étant donné que c'est cette version qui est utilisée par le CREALP.

Oracle Database est un logiciel très complet. Ce travail se concentre sur son composant qui permet de gérer les données géolocalisées et de les situer dans l'espace : Oracle Spatial.

### 2.2.1. Oracle Instant Client

Oracle Instant Client<sup>16</sup> est un programme qui permet de se connecter à une base de données Oracle distante. Ce logiciel est gratuit et son installation<sup>17</sup> est très simple.

Oracle Instant Client 11.2.0.4.0 est la version utilisée dans ce projet.

### 2.2.2. Oracle Spatial

Oracle Spatial and Graph, est un composant optionnel de la base de données Oracle.

Oracle Database est un système de gestion de base de données (SGBD), édité par Oracle Corporation. Une base de données est utilisée afin de stocker et organiser toutes sortes d'informations. Dans ce cas, elle va stocker des informations géographiques.

Oracle Spatial and Graph n'est disponible qu'uniquement sur Oracle Server Enterprise Edition. Cependant, les deux dernières éditions Standard permettent l'utilisation d'un ensemble de caractéristiques spatiales (appelées Oracle Locator).

#### CARACTÉRISTIQUES

Afin d'avoir une idée plus précise des capacités d'Oracle Spatial, voici une liste de quelques-unes des principales caractéristiques qu'il comprend :

- Un schéma prévoit le stockage, la syntaxe et la sémantique des types de données
- Un système d'indexation spatiale
- Des opérateurs, fonctions et procédures permettent d'exécuter des requêtes sur des zones d'intérêt
- Des outils administratifs

---

<sup>16</sup> Site web : <http://www.oracle.com/technetwork/topics/winx64soft-089540.html>

<sup>17</sup> Site web : <http://matthieucornillon.fr/2011/07/installer-le-client-oracle-sous-windows/>

- Géocodage qui convertit les données des lieux et adresses en coordonnées réelles et inversement
- Un moteur de routing qui permet le calcul des itinéraires les plus rapides ou les plus courts par exemple, par rapport à des données d'un réseau routier

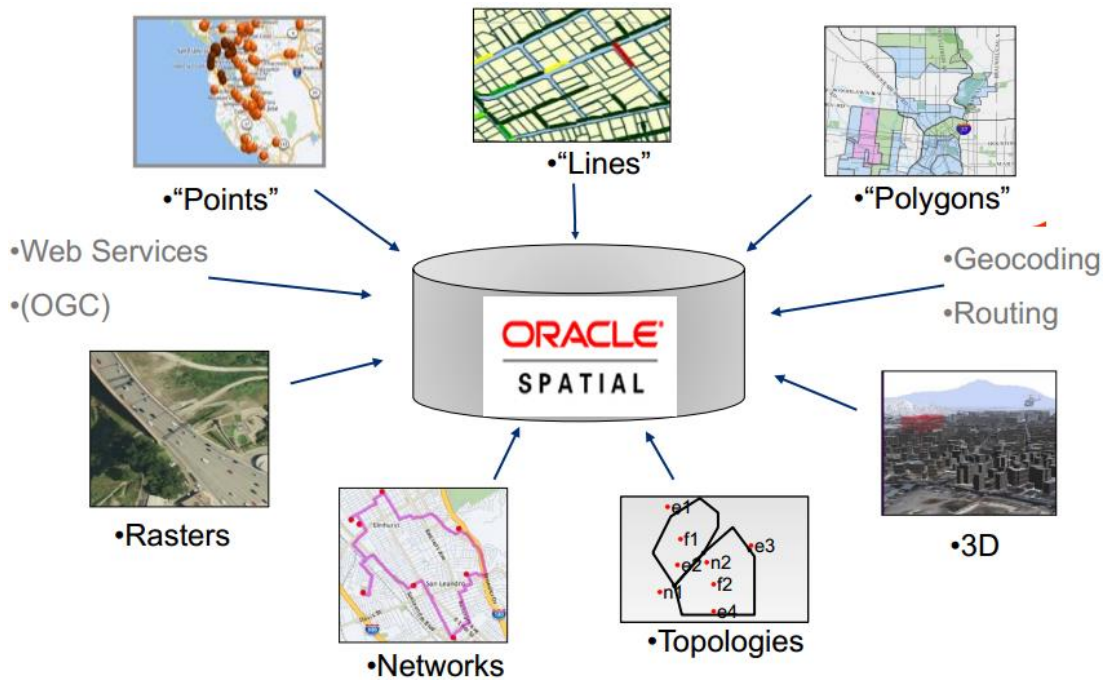


Figure 12 : Détails d'Oracle Spatial (source : Oracle<sup>18</sup>)

Les données géographiques d'Oracle Spatial peuvent être représentées en vecteur ou en raster, ou les deux formats :

- Avec des données vecteur, les points sont représentés par leur coordonnées (x, y, z). Les lignes sont une suite de points et les zones sont représentées par des polygones dont les bords sont des lignes.
- Avec des données raster, on peut représenter les objets spatiaux en assignant des valeurs aux cellules. Les données raster ont moins de précision que les données vecteur, mais sont idéales pour beaucoup de types d'analyses spatiales, comme dans le cas de ce projet.

<sup>18</sup> Site web :

[http://download.oracle.com/otndocs/products/spatial/pdf/osuc2012\\_presentations/osuc12\\_spatial101\\_lopez.pdf](http://download.oracle.com/otndocs/products/spatial/pdf/osuc2012_presentations/osuc12_spatial101_lopez.pdf)

### LE TYPE ORACLE SDO\_GEOMETRY (VECTEUR)

SDO\_GEOMETRY est un type de géométrie spatiale d'Oracle Spatial. Il sert à stocker des informations concernant la géométrie, son type, les valeurs des coordonnées ou son type d'interpolation (si c'est une droite, ou une courbe). Une géométrie peut être utilisée par exemple pour représenter un réseau de conduites hydrauliques.

Oracle Spatial supporte plusieurs types de géométries en deux dimensions :

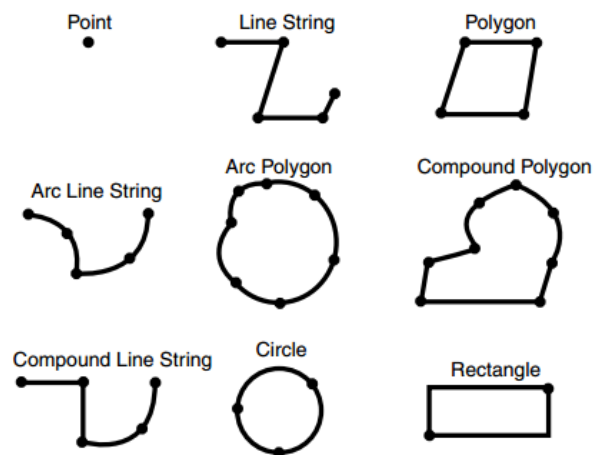


Figure 13 : Types géométriques d'Oracle Spatial (source : Oracle<sup>19</sup>)

Les types géométriques de trois et quatre dimensions sont également supportés par Oracle Spatial, mais les fonctions spatiales ne fonctionnent qu'avec deux dimensions.

Les descriptions géométriques des objets spatiaux sont stockées dans une seule colonne de type SDO\_GEOMETRY, dans une table définie et doivent tous partager le même système de coordonnées géographiques (décrit plus loin dans ce document)

Des fonctions sont disponibles afin de manipuler ce type de données, en voici quelques-unes :

- SDO\_GEOM.SDO\_AREA : retourne l'aire d'un polygone de deux dimensions
- SDO\_GEOM.SDO\_DISTANCE : retourne la distance entre deux points
- SDO\_GEOM.SDO\_MBR : retourne le Minimum Bounding Rectangle (rectangle à limite minimum) d'une géométrie

Dans le cadre de ce travail, il est possible, grâce aux géométries, d'indiquer une zone d'intérêt afin d'analyser uniquement cette zone (Golfe de Gênes). Les géométries sont également utilisées par certains programmes d'affichage afin de délimiter la zone concernée par un Georaster (Spatial Extend, expliqué plus loin dans ce chapitre)

---

<sup>19</sup> Site web : [http://docs.oracle.com/cd/B14117\\_01/appdev.101/b10826.pdf](http://docs.oracle.com/cd/B14117_01/appdev.101/b10826.pdf)

### **LE TYPE ORACLE SDO\_GEOASTER (RASTER)**

Georaster est un type spécifique à Oracle Spatial qui permet de stocker, indexer, analyser des données raster. Georaster fournit à Oracle Spatial des types de données pour stocker des grilles multidimensionnelles ainsi que des métadonnées. Ces rasters peuvent être facilement géoréférencés à des positions réelles sur la Terre ou dans un système de coordonnées local.

Les données raster comprennent une partie, ou tous les éléments suivants :

- Cellules (ou pixels)
- Domaine spatial (empreinte)
- Information de référence spatiale, temporelle et de bande
- Attributs de cellules
- Métadonnées
- Traitement de données et données de cartes

La donnée de base dans un raster est une matrice multidimensionnelle de cellules dont la valeur est appelée "valeur de cellule". Si l'objet Georaster représente une image, une cellule peut être appelée pixel et ne contient qu'une seule valeur.

Une matrice comporte un certain nombre de dimensions, une profondeur de cellule et une taille pour chaque dimension. La profondeur de la cellule est la taille de données de la valeur de chaque cellule.

Chaque Georaster possède une structure logique en couches, il est composé d'une ou plusieurs couches. Il possède également des métadonnées et attributs (chaque couche de données peut avoir ses propres métadonnées et attributs). Les métadonnées sont stockées en XML. Les données autres que la matrice de cellule sont des métadonnées, elles contiennent les types d'informations suivantes :

- Information sur l'objet
- Information sur le raster
- Information sur le système de référence spatial
- Date et heure des informations
- Information sur les couches

Des fonctions sont également disponibles afin de manipuler ce type de données, en voici quelques-unes :

- SDO\_GEOOR.getCellValue : retourne la valeur d'une cellule précise du raster
- SDO\_GEOOR.generatePyramid : génère les pyramides (expliqué plus loin dans ce chapitre)
- SDO\_GEOOR.georeference : géoréférence un Georaster (utilisé dans ce projet, voir chapitre 4.2)

- SDO\_GEOR.getCellCoordinate : retourne les coordonnées réelles d'une cellule du raster
- SDO\_GEOR.getModelSRID : retourne le code EPSG d'un Georaster
- SDO\_GEOR.importFrom : importe une image sous forme de raster (voir chapitre 3.2.4)

### COORDONNÉES ET GÉORÉFÉRENCEMENT

Le coin supérieur gauche d'un raster (appelé ULTCoordinate) peut avoir d'autres coordonnées que (0,0). Si le raster comporte plusieurs bandes, la valeur d'ULTCoordinate est toujours (ligne, colonne, 0).

Les dimensions spatiales peuvent être associées à des systèmes de coordonnées. Georaster ne supporte actuellement que deux dimensions (x,y) dans le système de coordonnées.

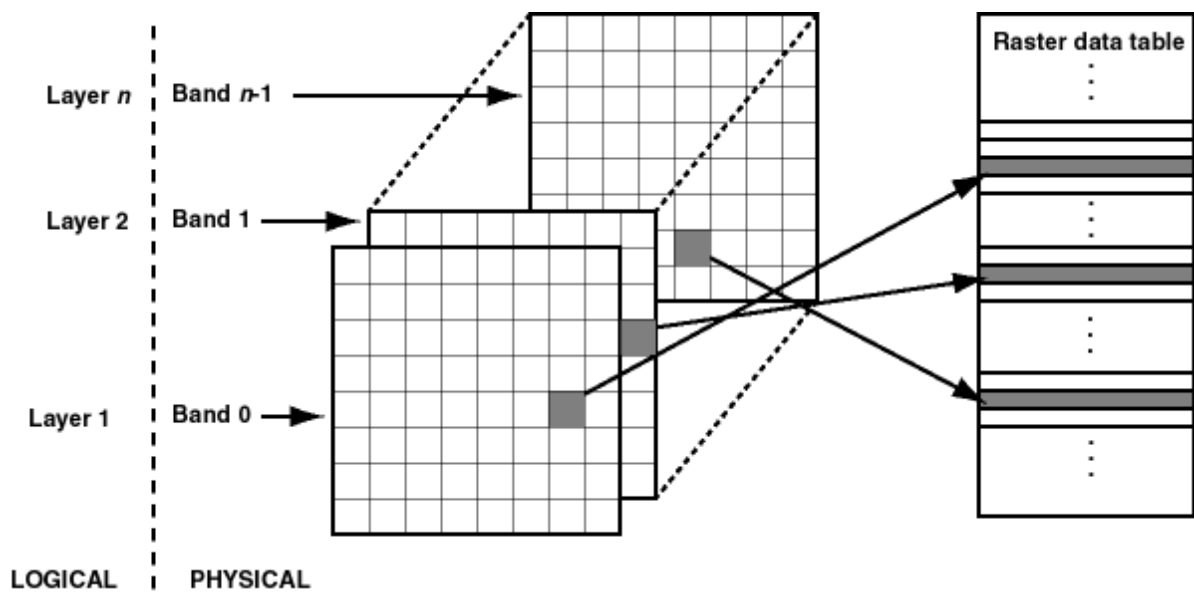


Figure 14 : Stockage des données dans un Georaster (source : Oracle<sup>20</sup>)

<sup>20</sup> Site web : [http://docs.oracle.com/cd/B12037\\_01/appdev.101/b10827/geor\\_intro.htm](http://docs.oracle.com/cd/B12037_01/appdev.101/b10827/geor_intro.htm)



Afin d'utiliser un raster dans Oracle Spatial, une table contenant au moins une colonne de type SDO\_GEORASTER doit être créée. Elle est référée en tant que table Georaster.

Une table appelée raster data table doit également être créée. Elle contient une ligne pour chaque bloc de raster stocké.

Un objet Georaster est défini par les attributs suivants :

- rasterType : nombre de cinq chiffres dans le format [d] [b] [t] [gt] où :
  - [d] représente le nombre de dimensions spatiales
  - [b] indique le nombre de bandes (ou couche)
  - [t] est réservé pour un usage futur. Sa valeur est toujours 0
  - [gt] identifie le type de Georaster
- spatialExtent : c'est une géométrie de type SDO\_GEOMETRY qui couvre la zone
- rasterDataTable : identifie le nom de la raster data table
- rasterID : identifie quelle ligne de la raster data table correspond au Georaster
- metadata : utilisé pour gérer les métadonnées

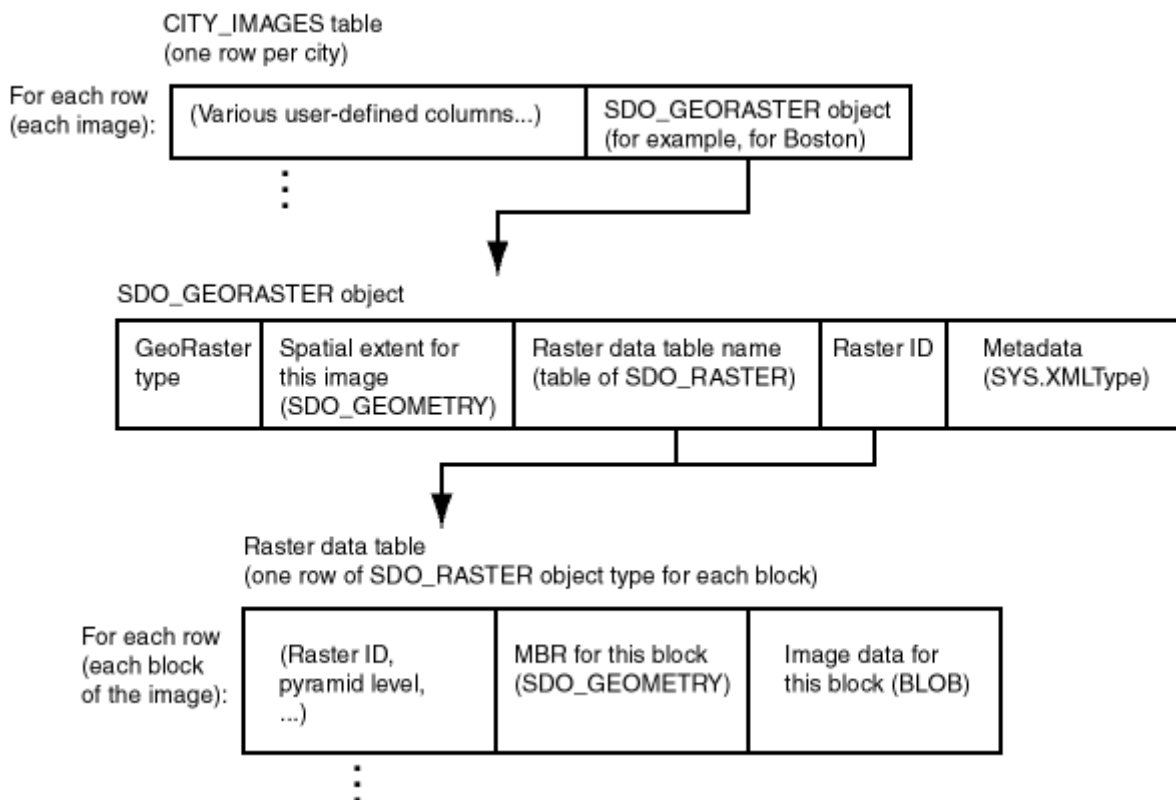


Figure 15 : Stockage physique d'un Georaster (source : Oracle<sup>21</sup>)

<sup>21</sup> Site web : [http://docs.oracle.com/html/B10827\\_01/geor\\_intro.htm#BEGIN](http://docs.oracle.com/html/B10827_01/geor_intro.htm#BEGIN)

## PYRAMIDES

Une notion intéressante des Georaster est la notion de pyramide. Elles permettent d'améliorer les performances. Elles contiennent un certain nombre de couches sous-échantillonnées. Chaque couche de pyramide est réduite de moitié.

Cela permet d'accélérer l'affichage des données en récupérant uniquement les données à une résolution la plus adaptée pour l'affichage. Plus l'image est zoomée, plus la résolution augmente. C'est le serveur de base de données qui sélectionne le niveau de pyramide le plus approprié selon l'échelle de l'affichage.

Un exemple concret serait le zoom qu'un utilisateur effectue dans Google Maps.

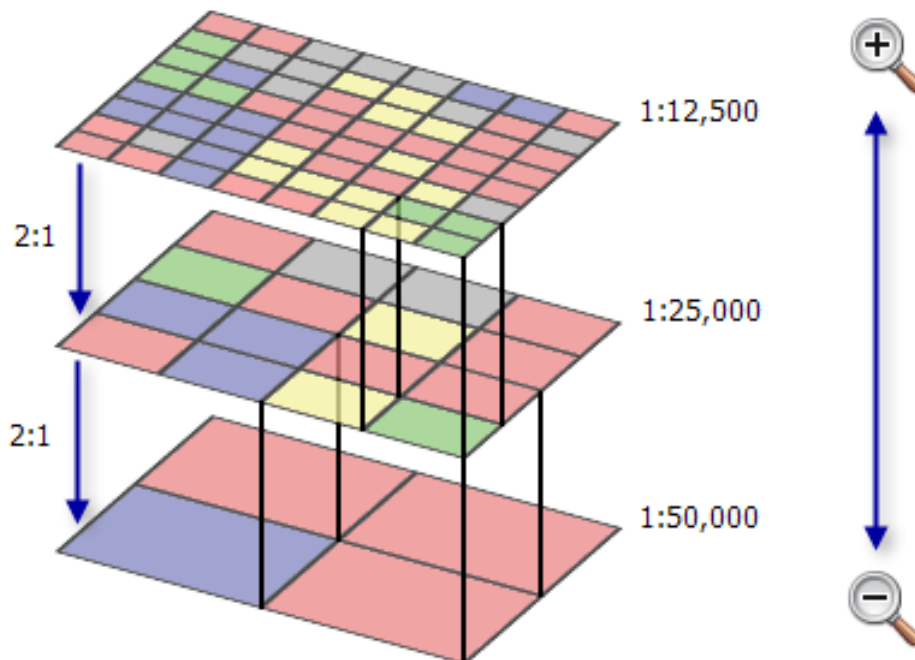


Figure 16 : Schéma de pyramide (source : Aide ArcGIS<sup>22</sup>)

<sup>22</sup> Site web : <http://help.arcgis.com/fr/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/009t00000019000000>

## 2.3. Outils de transformation

Dans ce chapitre, sont traités les outils de transformation et de stockage dans la base de données.

Il existe plusieurs utilitaires qui permettent de manipuler les fichiers netCDF. Par contre très peu d'outils permettent leur importation dans la base de données. Les outils choisis dans ce chapitre ont été analysés et chacun possède ses avantages et inconvénients.

### 2.3.1. CDO

CDO (Climate Data Operators) est un utilitaire, ou plutôt une suite d'utilitaires qui permettent de manipuler des fichiers netCDF. Ces utilitaires permettent d'effectuer des calculs ou des statistiques, des sélections de données et proposent des outils d'échantillonnage et interpolation spatiale.

Ce programme est très efficace et stable. Les fichiers netCDF peuvent être directement manipulés via l'invite de commande de Windows en utilisant un ou des opérateurs parmi plus de 400 disponibles.

Il se présente sous forme de simple fichier exécutable, il n'y a rien à installer.

#### COMMANDES UTILES

Les opérateurs qui sont utiles pour ce projet sont les suivants :

- `mergetime` : cette commande permet de combiner plusieurs fichiers netCDF triés par date. Par exemple, pour combiner les fichiers du 3 et 4 juillet 2014, il suffit d'utiliser la commande suivante :

```
cdo mergetime 2014-07-03.nc 2014-07-04.nc 2014-07-0304.nc
```

- `addc` : cette commande permet d'effectuer des calculs arithmétiques sur les valeurs du raster. On peut par exemple y additionner ou soustraire une valeur. Cette commande sera utile afin de convertir les unités des netCDF de Kelvin en Celsius (0 Celsius = 273.15 Kelvin). Voici un exemple de la commande à utiliser afin d'effectuer cette conversion :

```
cdo addc,-273.15 kelvin.nc celsius.nc
```

### 2.3.2. GDAL

GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) est une librairie géospatiale libre qui permet de traiter des rasters et des images. Multiplateforme et libre, cette bibliothèque inclut de nombreux outils en ligne de commande afin de manipuler des données géospatiales.

Il est possible d'interagir avec cette librairie depuis de nombreux langages tels que C, C++, C#/ .net, Java, Ruby, Python ou R. Plus de 70 formats d'imageries et de vecteurs sont supportés, dont les plus populaires sont :

Raster	Vecteur
GeoTIFF	MapInfo
NetCDF	Shapefile ESRI
ECW	PostGIS
JPEG2000	Oracle Spatial

La librairie GDAL est très importante et est la plus utilisée, pour l'accès aux données spatiales, dans les systèmes d'informations géographiques (SIG) libres. L'accès aux données raster est également très performant avec GDAL.

#### PLUGIN ORACLE

Afin de pouvoir traiter les Georaster d'Oracle, GDAL doit être installé avec son plugin Oracle. Il supporte la lecture et l'écriture de données raster dans Oracle Spatial.

#### COMMANDES UTILES

GDAL met à disposition plusieurs commandes. Les deux commandes suivantes sont particulièrement utiles pour gérer les rasters de ce projet :

**gdalinfo** : Cette commande liste toutes les informations d'un raster, comme par exemple :

- le format utilisé
- la taille du raster en pixels
- le système de coordonnées utilisé
- les coordonnées de la zone
- le type de données des bandes
- la valeur NODATA des bandes

Exemple (le résultat de cet exemple se trouve en annexe V) :

```
gdalinfo 2014-07-06.nc
```

**gdal\_translate** : C'est cette commande qui permet de convertir des données en un autre format de données. Il est également possible d'effectuer des opérations de rééchantillonnement, de réduire les pixels ou de convertir les valeurs des données en valeurs réelles.

Ci-dessous, une liste non-exhaustive des paramètres pouvant être utilisés (il en existe une vingtaine) :

- `-ot type` : indique le type de données des valeurs de sortie
- `-of format` : indique le format de sortie (GeoTIFF est le format utilisé par défaut)
- `-b band` : sélectionne une bande spécifique en entrée (à partir de 1)
- `-unscale` : utilise les métadonnées `add_offset` et `scale_factor` afin de convertir les valeurs ajustées en valeurs réelles.

Exemple de conversion d'un fichier netCDF en une image GeoTIFF :

```
gdal_translate -of GTiff 2014-07-06.nc 2014-07-06.tif
```

Exemple de conversion basique d'un fichier netCDF en Georaster et de son insertion dans la base de données Oracle :

```
gdal_translate -of georaster 2014-07-06.nc georaster:login/password@dbname,,  
GEOR_TABLE,IMAGE -co "INSERT=VALUES(10,'Main building', SDO_GEOR.INIT('RDT', 10))"
```

- `GEOR_TABLE` : table Georaster
- `IMAGE` : colonne contenant le Georaster
- `RDT` : raster data table

### 2.3.3. R (transformation, accès aux métadonnées)

R est à la fois un programme et un langage de programmation qui offre de vastes possibilités grâce à ses fonctions de traitement des données et d'analyses statistiques. Il permet également d'afficher ou d'exporter des graphiques dans différents formats (jpg, png, bmp, ps, pdf, emf, pictex, xfig,...).

R est téléchargeable sur le site officiel<sup>23</sup>, en version 32 ou 64 bits. Après avoir installé le programme, il est possible de l'utiliser en ligne de commande ou grâce à l'interface utilisateur Rgui.exe qui se trouve dans le dossier /bin/ du répertoire d'installation.

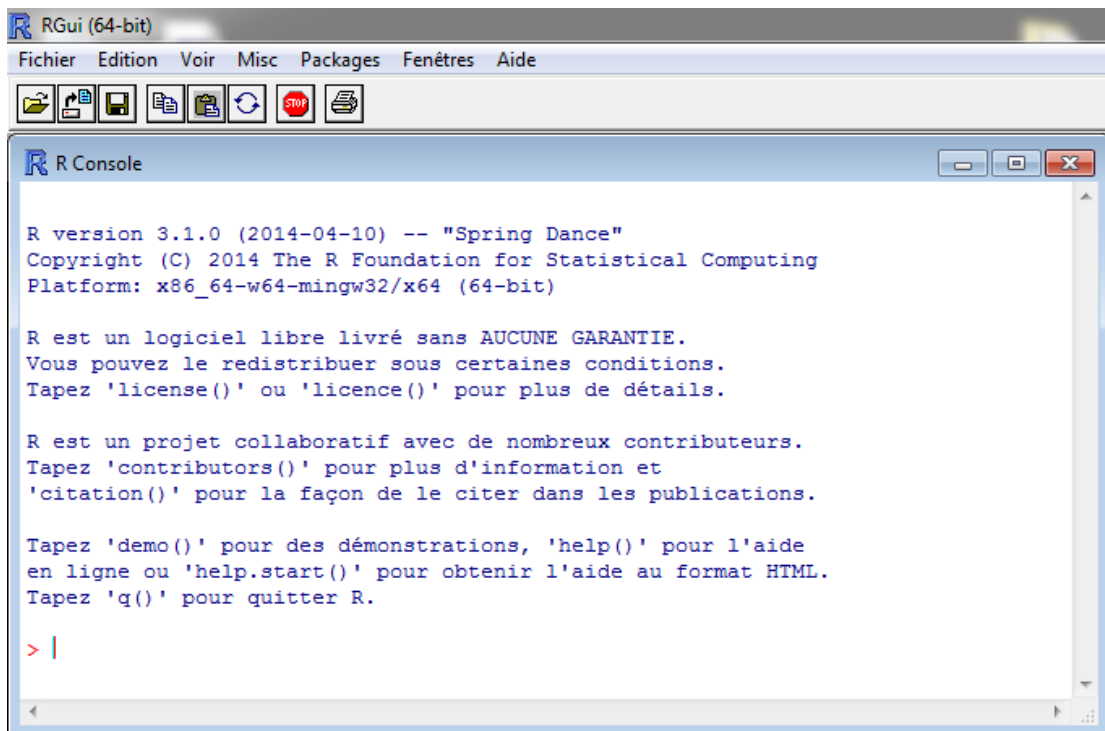


Figure 17 : GUI de R

#### PAQUETS

Il existe une multitude de paquets (ou plugin) pouvant être utilisés afin d'étendre les capacités de R. Ils sont variés et touchent de nombreux domaines. En juin 2014, il existait plus de 5'800 paquets pour plus de 120'000 fonctions. Il suffit de lancer la commande suivante dans la console R pour installer un nouveau paquet :

```
install.packages("nom_du_paquet")
```

<sup>23</sup> Site web : <http://www.r-project.org>

Il est également possible d'utiliser les menus de l'interface afin d'installer un paquet. Après avoir choisi un miroir de téléchargement, le package et ses dépendances sont automatiquement installés.

```
> install.packages("chron")
--- SVP sélectionner un miroir CRAN pour cette session ---
essai de l'URL 'http://stat.ethz.ch/CRAN/bin/windows/contrib/2.15/chron_2.3-45.$
Content type 'application/zip' length 107776 bytes (105 Kb)
URL ouverte
downloaded 105 Kb

le package 'chron' a été décompressé et les sommes MD5 ont été vérifiées avec s$

Les packages binaires téléchargés sont dans
C:\Users\tbdev\AppData\Local\Temp\RtmpGeZEdev\downloaded_packages
> |
```

Figure 18 : Installation d'un paquet dans R

Pour utiliser le package précédemment installé, il est faut cette ligne en début de programme :

```
library(nom_du_paquet)
```

Paquets utiles :

- `ncdf4` (`ncdf4_1.4.zip`): Il permet le traitement des fichiers netCDF. Les fichiers et les données lues facilement. Il permet de créer des dimensions, variables et fichiers netCDF.
- `raster` : Ce package permet de lire, écrire et manipuler les données spatiales sous forme de raster. Il permet de traiter de nombreux types de fichiers.
- `rgdal` : Ce package permet l'utilisation des bibliothèques gdal et l'accès aux fonctions de projection et de transformation. À l'installation du package, GDAL doit être installé dans Windows.

#### EXEMPLE

L'exemple suivant<sup>24</sup> est un script qui convertit un fichier netCDF en TIFF, il peut être appelé par un script batch en lui donnant des paramètres en entrée :

```
C:\opt\R-2.15.3\bin\Rscript.exe NetCDFtoTIFF.r 2014-05-28.nc output/
```

Contenu du fichier `NetCDFtoTIFF.r` :

```
require(ncdf)
require(raster)
## Get the arguments
args <- commandArgs(trailingOnly = TRUE)
if (length(args) < 2) quit(status=1)
file.nc <- args[1]
dir.output <- args[2]
## Import NetCDF
r.rain <- raster(file.nc)
## Save to disk as GeoTIFF
writeRaster(r.rain, paste(dir.output, file.nc, '.tiff', sep = ''), format = 'GTiff', overwrite
= T)
## END
```

---

<sup>24</sup> Source : <http://rgdal.sourceforge.net>

#### 2.3.4. SDO\_GEOR.importFrom

Une des fonctionnalités du paquet MDSYS.SDO\_GEOR permet d'importer directement un fichier dans un objet Georaster de la base de données spatiale. Les fichiers supportés (import/export) par Oracle Spatial sont les suivants : TIFF/GeoTIFF, JPEG, JPEG2000, GIF, BMP, PNG

Bien que le format netCDF ne soit pas pris en charge par cette fonction, il est bien de préciser que ces types de données sont utilisables. L'exemple suivant crée un Georaster vide, et y stocke une image importée d'un fichier TIFF :

```
DECLARE geor SDO_GEOASTER;
BEGIN
-- Initialize an empty GeoRaster object into which the external image is to be imported.
INSERT INTO georaster_table VALUES( 1, 'TIFF', sdo_geor.init('rdt_1') );
-- Import the TIFF image.
SELECT georaster INTO geor FROM georaster_table
WHERE georid = 1 FOR UPDATE;
sdo_geor.importFrom(geor, NULL, 'TIFF', 'file', 'sdo/demos/georaster/data/img1.tif');
UPDATE georaster_table SET georaster = geor WHERE georid = 1;
COMMIT;
END;
```



## 2.4. Outils d'affichage

Dans le domaine de la cartographie et de la météorologie, afficher les informations sur une carte rend les informations beaucoup plus parlantes et facilement compréhensibles pour l'utilisateur.

Afin de pouvoir visualiser les Georaster insérés dans la base de données, il faut utiliser un programme externe. Oracle ne permet pas de visualiser directement un Georaster.

Le mandant souhaite avoir accès à une page web interne où il pourra visualiser les informations sous formes de cartes avec les données de relevé thermique de la Méditerranée, des chiffres de comparaison entre les différentes années ou encore des graphiques.

Dans ce chapitre sont analysés trois différents serveurs d'affichage gratuits dont le serveur d'affichage propre à Oracle.

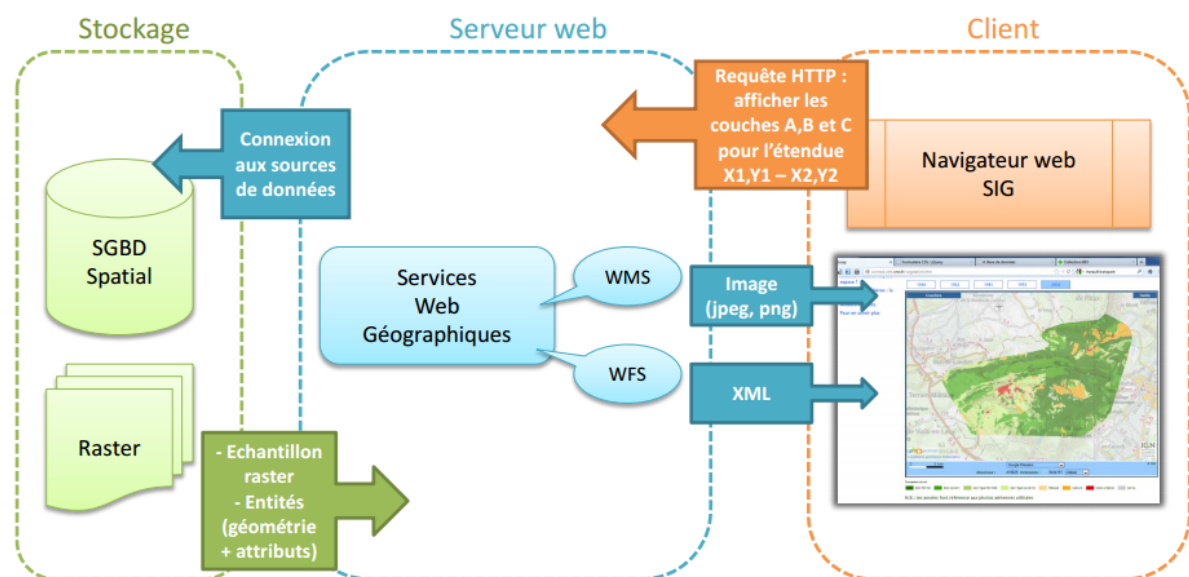


Figure 19 : Fonctionnement des services web géographiques

### WEB MAP SERVICE

Les trois logiciels traités dans ce chapitre utilisent WMS (Web Map Service) : c'est un protocole de communication qui sert à obtenir des cartes géoréférencées depuis des bases de données. Grâce à ce protocole, des images visualisables peuvent être retournées au format JPEG, PNG, GIF ou SVG. Dans un service WMS, différentes opérations sont réalisables :

- GetCapabilities : retourne les métadonnées du contenu du service
- GetMap : retourne une image d'une carte
- GetFeatureInfo : retourne des informations sur un objet représenté sur la carte

Il est possible de retourner une carte à partir d'une URL qui devra contenir ces informations :

- Couches à afficher
- Style des couches
- Système de référence à utiliser
- Taille de l'image retournée
- Etendue de l'image

Exemple d'URL :

```
http://sampleserver1.arcgisonline.com/ArcGIS/services/Specialty/ESRI_StatesCitiesRivers_USA/MapServer/WMServer?SERVICE=WMS&VERSION=1.1.1&REQUEST=GetMap&LAYERS=0,1&STYLES=&SRS=EPSG:4326&BBOX=-124,26,-66,49&WIDTH=600&HEIGHT=400&FORMAT=image/png
```

### 2.4.1. Qgis Server

Qgis (Quantum GIS) est un logiciel GIS libre et gratuit qui prend en charge, grâce aux bibliothèques GDAL, les données raster et vectorielles. Il est possible de le connecter à une base de données comme Oracle Spatial.

Un serveur cartographique (Qgis Server) est nativement présent dans Qgis. Son ergonomie permet de configurer les caractéristiques directement dans le programme.

Il fournit un service web cartographique (WMS), les images et cartes créés dans Qgis peuvent être facilement publiés comme des cartes sur une page web.

Caractéristiques principales :

- Export en PDF
- Créations de cartes ergonomiques avec Qgis
- Possibilité de faire des assemblages de cartes
- Possibilité de modifier ou ajouter des métadonnées
- Utilisation de cartes de Google, Bing,...

#### UTILISATION ET EXEMPLE

Qgis Desktop est disponible en téléchargement gratuit. Lors de l'installation, il est possible d'ajouter des sets de données d'exemple. Ce logiciel sert à préparer les données à l'affichage. Il faut également installer un serveur Apache ainsi que QGIS-Server.

L'ajout d'une couche Georaster peut être effectué en cliquant sur l'icône "Ajouter une couche Georaster Oracle". Il est également possible de directement connecter Qgis à Oracle. Des paramètres concernant le style, la transparence, la géoréférencement ou les données vides peuvent être modifiés afin d'afficher différemment la carte.

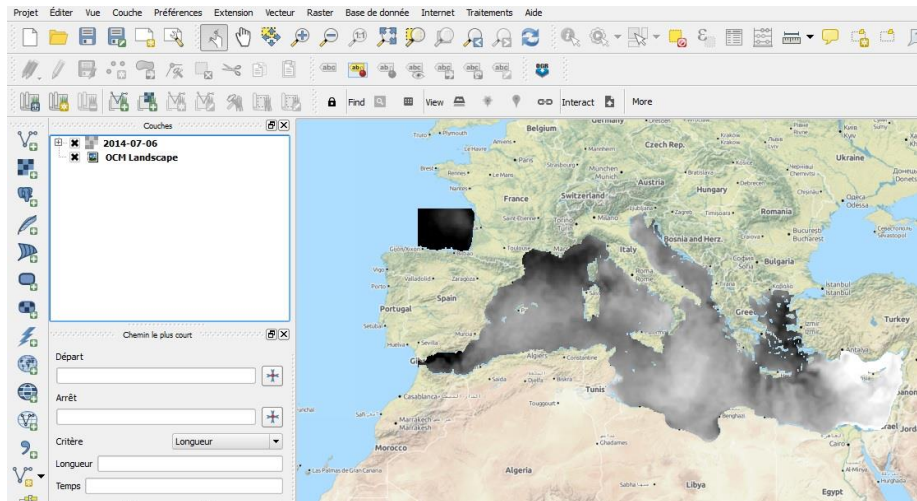


Figure 20 : Qgis desktop, affichage d'un netCDF sur une carte

Pour afficher la carte avec le serveur, il suffit de copier le projet (\*.qgs) dans un dossier sur le serveur : l'image est alors directement disponible via l'URL. Ci-dessous, un exemple d'affichage du raster du 6 juillet 2014 :

[http://localhost/qgis/qgis\\_mapserv.fcgi.exe?SERVICE=WMS&VERSION=1.3.0&SRS=EPSG:4326&REQUEST=GetMap&map=c:/test/exemple.qgs&BBOX=30.25,-6,46,36.25&WIDTH=677&HEIGHT=253&LAYERS=24-07-06&FORMAT=image/png](http://localhost/qgis/qgis_mapserv.fcgi.exe?SERVICE=WMS&VERSION=1.3.0&SRS=EPSG:4326&REQUEST=GetMap&map=c:/test/exemple.qgs&BBOX=30.25,-6,46,36.25&WIDTH=677&HEIGHT=253&LAYERS=24-07-06&FORMAT=image/png)

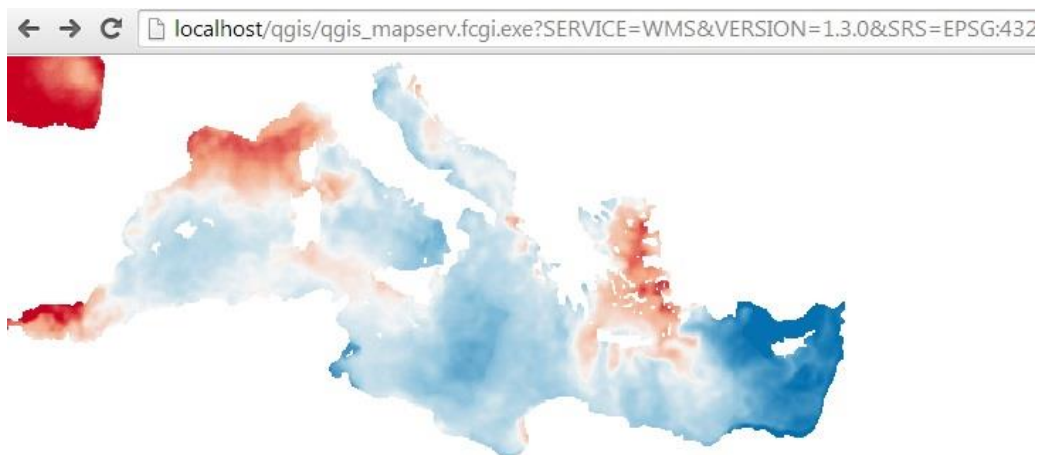


Figure 21 : Affichage d'un netCDF via WMS

- SRS : système de référencement spatial
- REQUEST : nom de la requête WMS
- BBOX : bounding box, indique les coordonnées du coin bas-gauche et haut-droit de l'image
- WIDTH : hauteur de l'image
- HEIGHT : largeur de l'image
- LAYERS : liste des couches (à séparer par une virgule)
- FORMAT : format de l'image de sortie

## 2.4.2. GeoServer

GeoServer<sup>25</sup> est un serveur libre et gratuit, qui permet d'afficher et partager des informations géographiques. Il implémente également un service web cartographique (WMS). De nombreux formats de données sont pris en charge, tels que : Oracle Spatial, MySQL, Shapefiles, GeoTIFF, JPEG.

Les formats de sorties sont tout autant variés : Shapefile, GeorSS, PDF, KML, GML, GeoJSON, JPEG, GIF, PNG ou SVG.

### UTILISATION ET EXEMPLE

Geoserver est disponible au téléchargement sur le site officiel. Afin de pouvoir utiliser les Georaster avec ce serveur, il est nécessaire d'installer une extension qui inclut le support de ce type de raster. Pour ce faire, il faut extraire le contenu de l'archive de l'extension dans le dossier WEB-INF/lib du serveur.

Grâce à cela, Geoserver est capable de se connecter à Oracle Spatial grâce à une interface JDBC (interface de connexion pour les plateformes utilisant Java), il suffit d'ajouter les informations de connexion dans l'élément <connect> du fichier connect.xml.inc (exemple page suivante).

D'autres exemples se trouvent sur le site suivant : <http://demo.opengeo.org/geoserver>

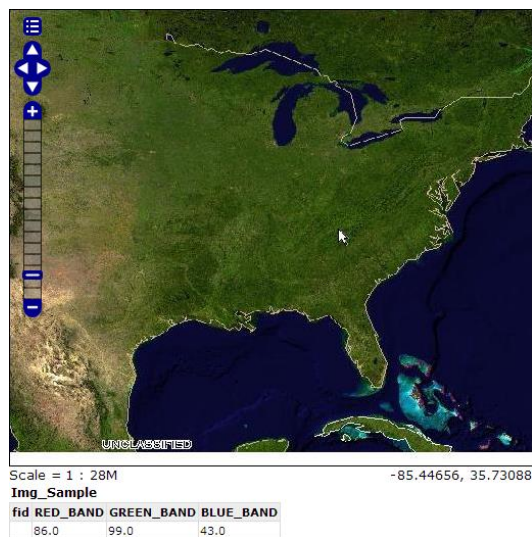


Figure 22 : Affichage de valeurs par rapport à la position du curseur. (source : Opengeo.org<sup>26</sup>)

<sup>25</sup> Site web : <http://geoserver.org>

<sup>26</sup> Site web : <http://demo.opengeo.org/geoserver>

### 2.4.3. MapViewer

Ce serveur d'affichage est un service Java qui permet de publier les données géospatiales d'Oracle Spatial. Il a été développé par Oracle et est donc parfaitement compatible avec cette base de données spatiale.

Il est possible d'avoir plusieurs sources de données que l'utilisateur peut analyser sur une carte.

De nombreux formats de cartes sont disponibles : JPG, PNG... Mais le format le plus intéressant (pour MapViewer ou pour les autres serveurs d'affichage) est le format SVG. L'utilisateur peut également visualiser directement les données sur la carte (via un pop-up par exemple) en y déplaçant le curseur.

MapViewer se connecte à la base de données via une interface JDBC.

Ci-après, quelques caractéristiques de ce programme :

- Permet de combiner le contenu de la base de données avec celui d'un service en ligne
- Support mobile
- Prise en charge de cartes de Google, Bing, etc.
- Exporter une carte en PDF

### MAPBUILDER

MapBuilder est un outil gratuit qui simplifie le processus de la création et la gestion des cartes, thèmes, et métadonnées avec une base. Il permet également de prévisualiser les cartes avant de les publier avec MapViewer.

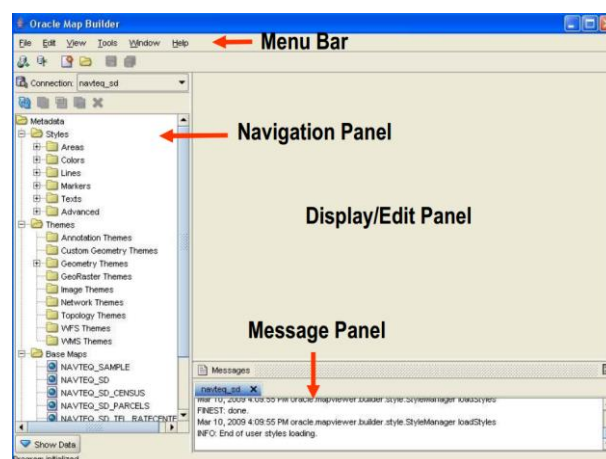


Figure 23 : Interface de MapBuilder. (source : Oracle<sup>27</sup>)

<sup>27</sup> Site web : [http://download.oracle.com/otndocs/products/mapviewer/pdf/navteq\\_mapbuilder\\_handt.pdf](http://download.oracle.com/otndocs/products/mapviewer/pdf/navteq_mapbuilder_handt.pdf)

## 2.5. Synthèse

### 2.5.1. Acquisition

Le client Motu-python, proposé par MyOcean sera l'outil d'acquisition utilisé. L'automatisation est simple et efficace. De plus, les seules alternatives (téléchargement depuis le site ou par ftp) n'ont aucun avantage en comparaison.

### 2.5.2. Transformation

CDO permet :

- la fusion de plusieurs fichiers netCDF, ce qui sera utile pour la suite. Il sera possible de stocker plusieurs fichiers en un Georaster multi bandes.
- la conversion des unités (dans le cadre de ce projet : Celsius en Kelvin)

GDAL permet :

- la conversion et l'importation de fichiers netCDF en Georaster
- la conversion de netCDF en GeoTIFF

R permet :

- la conversion d'un fichier netCDF en GeoTIFF
- la récupération d'une métadonnée précise

La fonction d'Oracle, SDO\_GEOR.importFrom permet

- l'importation de fichiers GeoTIFF en Georaster (mais pas netCDF en Georaster)

Il existe peu d'outils gérant la conversion entre les types de données voulues (netCDF et Georaster). Les outils qui seront utilisés afin d'atteindre les objectifs de transformation seront CDO pour fusionner les différents fichiers ainsi que de convertir les unités de température, GDAL pour la conversion et l'importation dans la base de données Oracle, et R pour la récupération de certaines métadonnées afin de les stocker dans une table de la base de données.

### 2.5.3. Base de données

La base de données Oracle offre une multitude de possibilités, autant par rapport aux vecteurs qu'aux rasters. Elle correspond parfaitement aux besoins de ce projet.

#### 2.5.4. Affichage

Les différents serveurs d'affichage analysés se ressemblent beaucoup. Qgis Server et MapViewer sont plus ergonomiques et intuitifs lors de la création de la carte.

D'après les recherches effectuées, Qgis ne permet pas d'automatiser la récupération des Georaster dans Oracle, il permet uniquement de proposer un service WMS via une URL statique.

L'installation et la mise en place de Geoserver a causé quelque problèmes (installation de l'extension JDBC, connexion à la base de données et récupération des informations). Il a également paru plus lent que les deux autres serveurs testés. Pour finir, peu de documentation a été trouvée pour ce serveur d'affichage.

MapViewer est le serveur d'affichage qui est le plus adapté aux besoins. De plus, l'outil MapBuilder permet une meilleure gestion des cartes et les pages affichées via MapViewer sont beaucoup plus personnalisables qu'avec Qgis

### 3. Réalisation

Le développement fait partie de la deuxième étape du projet. Les informations mises en avant dans les analyses du chapitre précédent sont prises en compte afin d'atteindre au mieux les objectifs fixés.

Le mandant souhaite que les trois parties soient développées de façon à pouvoir les utiliser séparément ou de pouvoir les adapter dans de futurs projets. C'est pour cela qu'il a été décidé de diviser le développement en trois étapes :

- Acquisition (développement de scripts d'acquisition de données)
- Base de données (modélisation et développement de scripts de création des tables)
- Transformation/Stockage (développement d'un script de transformation et stockage)

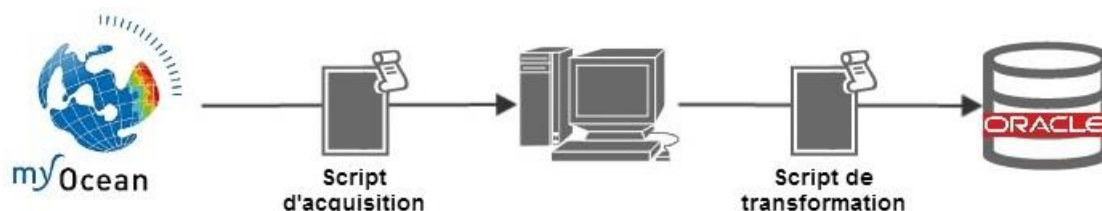


Figure 24 : Fonctionnement du projet

Pour chaque script, un fichier de configuration permet de spécifier des paramètres qui lui sont propres (répertoire d'installation des outils, comptes nécessaires ou répertoires utilisés par exemple).

Le mandant, Mr. Stéphane Micheloud, a également participé à l'élaboration de ces scripts, en particulier pour la détection de l'environnement d'exécution, du traitement des erreurs ainsi que pour les tests effectués au sein des bureaux du CREALP. Il a également mis à disposition un script batch qui permet d'exécuter des commandes SQL sur la base de données.

#### 3.1. Acquisition

Dans cette partie, l'objectif est de récupérer les fichiers de relevés thermiques de la Méditerranée.

Afin de pouvoir avoir un suivi régulier et précis, il a été décidé de les télécharger chaque jour.

Étant donné que le client Motu-python est utilisé afin de récupérer les fichiers de MyOcean et qu'il peut directement être appelé depuis une commande Windows, il est possible de gérer cette première partie grâce à un script batch. L'avantage d'un script comme celui-ci est sa légèreté, il ne demande que très peu de ressources.



Diverses fonctionnalités ont été réalisées après discussion avec le mandant :

- Prise en compte de l'environnement d'exécution
- Téléchargement automatique et quotidien
- Enregistrements de logs
- Utilisation d'un fichier de configuration
- Envoi de mail en cas d'échec de téléchargement
- Compression du fichier netCDF

### 3.1.1. Contenu

Les outils d'acquisition se composent de plusieurs scripts qui permettent d'acquérir :

- les données de relevé quotidien depuis 2012 (exécuté 1x/jour)
- les données historiques (1987-2012) de relevé quotidien (exécuté 1x)

Pour cet exemple, c'est le script d'acquisition des données récentes exécuté quotidiennement qui est présenté (getMED\_SEA\_SST.bat).

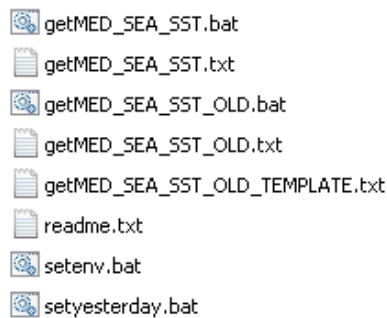


Figure 25 : Fichiers utilisé pour l'acquisition des données

getMED\_SEA\_SST.bat : Il s'agit du script qui effectue toutes les tâches nécessaires à la récupération des fichiers netCDF. En résumé :

- Il va récupérer les paramètres dans le fichier de paramètres
- Si le script est effectué avant 10h, il va effectuer la tâche pour le jour précédent
- Si aucun fichier de la date du jour n'existe, il va essayer de le télécharger
- En cas d'échec, il réessayera l'opération après un délai de 30 secondes. Si l'opération n'a pas réussie après trois tentatives, un email peut être envoyé pour avertir l'utilisateur.
- Afin d'économiser l'espace disque, il va compresser le fichier netCDF qui sera prêt pour la prochaine étape.

setyesterday.bat : Ce fichier batch est appelé par getMED\_SEA\_SST.bat s'il est exécuté avant 10h :

- Il va indiquer le jour précédent au script principal.

setenv.bat : Ce script vérifie que tous les outils nécessaires sont bien installés sur la machine et déclare pour chacun d'eux une variable d'environnement qui sera ensuite référencée dans le script principal. Les outils utilisés sont les suivants :

- Motu-python
- Python (nécessaire à Motu-python)
- mailsend.exe (optionnel)
- InfoZip (pour la compression des fichiers)

getMED\_SEA\_SST.txt : Ce fichier de paramètres est nécessaire au fonctionnement du script d'acquisition. En principe, les données concernant les relevés de MyOcean sont déjà enregistrées et ne doivent pas être modifiées. Les autres paramètres, doivent être complétés par l'utilisateur :

- MOTU\_CLIENT : dossier du client motu-python
- OUTPUT\_FOLDER : dossier où seront téléchargés les fichiers netCDF
- REMOTE\_USER : nom d'utilisateur du compte du site MyOcean
- REMOTE\_PSWD : mot de passe du compte du site MyOcean
- USERMAILSEND : envoyé ou non un mail en cas d'erreur (0 ou 1)
- MAILSEND\_PATH : dossier où est enregistré mailsend
- MAILFROM : adresse qui enverra le mail
- MAILTO : adresse où sera envoyé le mail
- USER : nom d'utilisateur du compte mail
- PSWD : mot de passe du compte mail

readme.txt : Un fichier d'instructions informant l'utilisateur sur les prérequis et le fonctionnement du script se trouve également dans le dossier.

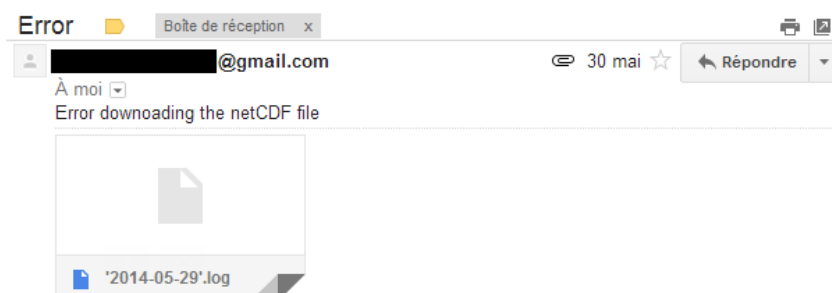
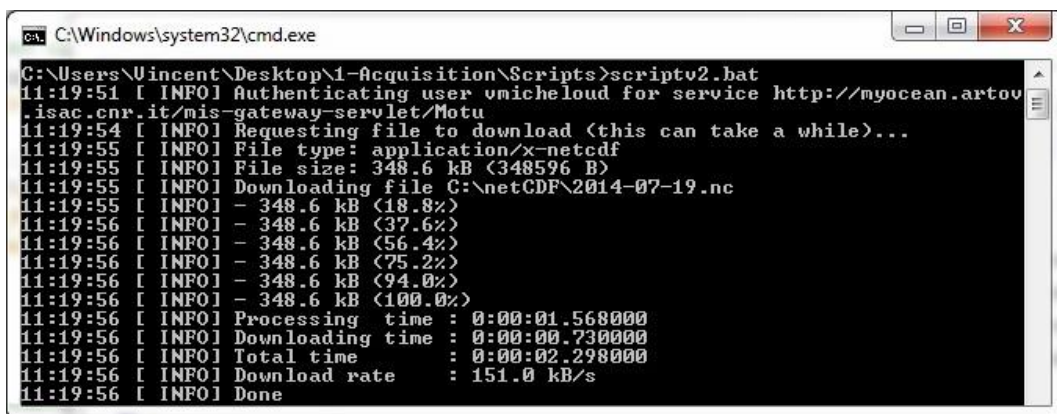


Figure 26 : Email d'erreur reçu contenant les logs

### 3.1.2. Utilisation

1. Entrer les paramètres : Tout d'abord, des paramètres doivent être indiqués dans le fichier de paramètres. Une fois les informations ajoutées, le texte "\_TEMPLATE" doit être supprimé du nom du fichier.
2. Planifier la tâche : Afin d'effectuer l'acquisition de manière régulière, il faut la planifier grâce au planificateur de tâches de Windows. C'est un outil qui permet d'automatiser des tâches. Pour cela, il faut effectuer les étapes suivantes :
  - Se rendre dans le panneau de configuration de Windows, cliquer sur Outils d'administration puis ouvrir le planificateur de tâches.
  - Dans le menu du haut, cliquer sur Action puis sur Créer une tâche de base.
  - Ajouter un titre et une description à cette tâche
  - La tâche démarrera le script getMED\_SEA\_SST .bat tous les jours à une heure précise



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\Vincent\Desktop\1-Acquisition\Scripts>scriptv2.bat
11:19:51 [ INFO] Authenticating user vmicheloud for service http://myocean.artov
.isac.cnr.it/mis-gateway-servlet/Motu
11:19:54 [ INFO] Requesting file to download (this can take a while)...
11:19:55 [ INFO] File type: application/x-netcdf
11:19:55 [ INFO] File size: 348.6 kB (348596 B)
11:19:55 [ INFO] Downloading file C:\netCDF\2014-07-19.nc
11:19:55 [ INFO] - 348.6 kB (18.8%)
11:19:56 [ INFO] - 348.6 kB (37.6%)
11:19:56 [ INFO] - 348.6 kB (56.4%)
11:19:56 [ INFO] - 348.6 kB (75.2%)
11:19:56 [ INFO] - 348.6 kB (94.0%)
11:19:56 [ INFO] - 348.6 kB (100.0%)
11:19:56 [ INFO] Processing time : 0:00:01.568000
11:19:56 [ INFO] Downloading time : 0:00:00.730000
11:19:56 [ INFO] Total time : 0:00:02.298000
11:19:56 [ INFO] Download rate : 151.0 kB/s
11:19:56 [ INFO] Done
```

Figure 27 : Script d'acquisition

### 3.2. Mise en place de la base de données

Ce chapitre traite de la base de données, que ce soit la réflexion faite concernant la manière de stocker les Georaster, la modélisation, la création des tables et les tâches effectuées par Oracle après l'insertion de données.

#### 3.2.1. Modélisation

Il a été décidé, avec le mandant, de stocker les données de deux manières différentes :

- De manière journalière (1 Georaster par jour)
- De manière mensuelle (1 Georaster par mois)

Il est par exemple plus simple lors de l'affichage de ces informations, de charger un raster contenant toutes les données stockées dans plusieurs bandes. Cela évite par exemple d'effectuer de grandes quantités de requêtes sur la base de données.

La base de données a donc été modélisée afin de séparer les différentes catégories de Georaster :

- Données historiques stockées de façon journalière (1 Georaster par jour)
- Données historiques stockées de façon mensuelle (1 Georaster par mois)
- Données acquises via le script d'acquisition stockées de façon journalière (1 Georaster par jour)
- Données acquises via le script d'acquisition stockées de façon mensuelle

Il a également été décidé de stocker certaines variables dans une colonne de la table Georaster. Elles proviennent directement du fichier netCDF. Cela permet de faciliter l'accès aux indications concernant le raster. Ces données sont les suivantes :

- Latitude minimale
- Latitude maximale
- Longitude minimale
- Longitude maximale
- Titre du raster
- Historique du raster (depuis quel produit il provient)
- Source du raster

Ci-dessous se trouve une représentation des deux tables (Georaster table et raster data table) concernant les Georaster stockés de façon journalière pour les données récupérées quotidiennement.

❖ COLUMN_NAME	❖ DATA_TYPE	❖ NULLABLE	DATA_DEFAULT	❖ COLUMN_ID	❖ COMMENTS
1 IMAGE_ID	NUMBER	Yes	(null)	1 (null)	
2 IMAGE_DATE	DATE	Yes	(null)	2 (null)	
3 IMAGE	SDO_GEORASTER	Yes	(null)	3 (null)	
4 LAT_MIN	NUMBER	Yes	(null)	4 (null)	
5 LAT_MAX	NUMBER	Yes	(null)	5 (null)	
6 LON_MIN	NUMBER	Yes	(null)	6 (null)	
7 LON_MAX	NUMBER	Yes	(null)	7 (null)	
8 IMAGE_TITLE	VARCHAR2(200 BYTE)	Yes	(null)	8 (null)	
9 IMAGE_HISTORY	VARCHAR2(200 BYTE)	Yes	(null)	9 (null)	
10 IMAGE_SOURCE	VARCHAR2(200 BYTE)	Yes	(null)	10 (null)	
11 UNITS	VARCHAR2(15 BYTE)	Yes	(null)	11 (null)	

Figure 28 : Table SEA\_IMAGES\_DAILY

❖ COLUMN_NAME	❖ DATA_TYPE	❖ NULLABLE	DATA_DEFAULT	❖ COLUMN_ID	❖ COMMENTS
1 RASTERID	NUMBER	No	(null)	1 (null)	
2 PYRAMIDLEVEL	NUMBER	No	(null)	2 (null)	
3 BANDBLOCKNUMBER	NUMBER	No	(null)	3 (null)	
4 ROWBLOCKNUMBER	NUMBER	No	(null)	4 (null)	
5 COLUMNBLOCKNUMBER	NUMBER	No	(null)	5 (null)	
6 BLOCKMBR	SDO_GEOMETRY	Yes	(null)	6 (null)	
7 RASTERBLOCK	BLOB	Yes	(null)	7 (null)	

Figure 29 : Table SEA\_IMAGES\_DAILY\_RDT

### 3.2.2. Scripts de création

Tous les scripts cités dans ce chapitre se trouvent dans le CD-ROM, ils permettent de mettre en place toute la base de données.

#### CRÉATION DES TABLES

Des scripts SQL de création ont été écrits afin de créer les tables la base de données. Ils permettent de créer les tables suivantes :

- SEA\_IMAGES\_DAILY et SEA\_IMAGES\_DAILY\_RDT
- SEA\_IMAGES\_MONTHLY et SEA\_IMAGES\_MONTHLY\_RDT
- SEA\_IMAGES\_OLD\_DAILY et SEA\_IMAGES\_OLD\_DAILY\_RDT
- SEA\_IMAGES\_OLD\_MONTHLY et SEA\_IMAGES\_OLD\_MONTHLY\_RDT

Il aurait été possible de ne créer qu'une seule raster data table (RDT), mais il a été jugé préférable d'en créer une par type de Georaster. La raison de cette séparation est la suivante : chaque catégorie de Georaster est indépendante (chaque script fonctionne également indépendamment, voir chapitre suivant). De plus, il est possible de n'utiliser que le stockage mensuel par exemple.

Un trigger (déclencheurs) est également créé pour chaque table. Il permet de lier chaque Georaster à une ligne dans la raster data table à chaque insertion

### **CRÉATION DES UTILISATEURS**

Un autre script a été écrit. Celui-ci permet de créer un utilisateur pouvant interagir avec ces tables. Il est malgré tout préférable de créer deux types d'utilisateurs :

- Administrateur : il possède tous les droits sur ces tables et sert à gérer l'ensemble d'Oracle Spatial.
- Utilisateur en lecture seul : il ne possède que les droits de lecture, cet utilisateur sera utilisé afin de se connecter et faire des requêtes de sélection des données.

### **3.3. Transformation et stockage**

Dans cette partie, l'objectif est de convertir les fichiers de relevé thermique en Georaster et de les stocker dans la base de données Oracle.

Les fonctionnalités suivantes ont été discutées :

- Utilisation des fichiers téléchargés avec le script précédent
- Prise en compte de l'environnement d'exécution
- Exécution automatique et quotidienne
- Enregistrements de logs
- Utilisation d'un fichier de configuration
- Conversion puis insertion dans la base de données
- Conversion des Kelvin en Celsius
- Géoréférencement des données

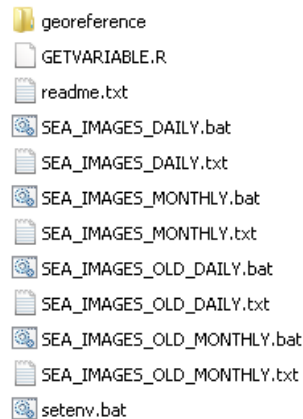
Tous les scripts cités se trouvent sur le CD-ROM joint à ce présent rapport. Des scripts supplémentaires ont été créés afin de tester si la conversion et l'import fonctionnent correctement. Ils y sont également disponibles.

#### **3.3.1. Contenu**

Les outils de transformation se composent de plusieurs scripts qui convertissent les :

- données historiques en Georaster journalier (exécuté 1x)
- données historiques en Georaster mensuel (exécuté 1x)
- données récentes en Georaster journalier (exécuté 1x/jour)
- données récentes en Georaster mensuel (exécuté 1x/mois)

Pour cet exemple, c'est le script de transformation des données récentes exécuté quotidiennement qui est présenté (SEA\_IMAGES\_DAILY).



**Figure 30 : Fichiers utilisé pour la transformation des données**

SEA\_IMAGES\_DAILY.bat : Il s'agit du script qui effectue toutes les tâches nécessaires à la transformation et au stockage des fichiers netCDF. En résumé, il va :

- récupérer les paramètres dans le fichier de paramètres
- récupérer des informations spécifiques dans le fichier
- convertir les unités (Kelvin en Celsius)
- transformer le fichier en Georaster
- insérer le Georaster ainsi que les autres informations dans la base de données

setenv.bat : Ce script vérifie que tous les outils nécessaires sont bien installés sur la machine, et créé en cas de besoin les variables d'environnement requises. Il est utilisé par les quatre scripts précédemment cités. Les outils utilisés sont les suivants :

- InfoZip (utilisé pour la décompression et compression des fichiers)
- CDO (utilisé pour gérer les données vides et convertir les unités)
- R (utilisé pour récupérer certaines variables)
- GDAL (utilisé pour convertir les rasters et les stocker dans la base de données)

SEA\_IMAGES\_DAILY.txt : Ce fichier est nécessaire au fonctionnement du script de transformation. Les paramètres doivent être complétés par l'utilisateur :

- NC\_FOLDER : dossier où se trouvent les fichiers netCDF compressés
- CDO\_FOLDER : dossier où se trouve l'outil cdo.exe
- DB\_LOGIN : utilisateur oracle pour l'insertion de données SDO\_GEOASTER
- DB\_PSWD : mot de passe de l'utilisateur oracle
- DB\_NAME : nom de la base de données

Readme.txt : Un fichier d'instructions informant l'utilisateur sur les prérequis et le fonctionnement du script se trouve également dans le dossier.

## GEOREFERENCEMENT

Le dossier georeference contient les divers fichiers nécessaires au géoréférencement des Georaster.

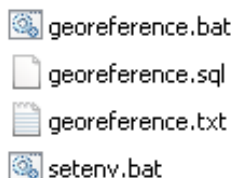


Figure 31 : Fichiers utilisés pour le géoréférencement des données

georeference.bat : Il s'agit du fichier qui va appeler le script SQL

setenv.bat : Ce script vérifie qu'Oracle Instant Client est bien installé sur la machine, et crée en cas de besoin la variable d'environnement requise.

georeference.txt : Ce fichier est nécessaire au fonctionnement du script de transformation. Les paramètres doivent être complétés par l'utilisateur :

- DB\_LOGIN : nom d'utilisateur oracle
- DB\_PSWD : mot de passe de l'utilisateur oracle
- DB\_NAME : nom de la base de données

georeference.sql : Ce script géoréférence un Georaster. La raison de son utilisation est qu'après une insertion avec GDAL, le raster n'est plus géoréférencé. Il utilise la fonction SDO\_GEOR.georeference qui est la suivante :

```
sdo_geor.georeference(  
    georaster,  
    4326, --SRID WGS84  
    1,   --Sélectionne le coin haut gauche  
    sdo_number_array(0.0625, 0, -6.03125),  
    sdo_number_array(0, -0.0625, 46.03125)  
);
```

Ici, `georaster` correspond au Georaster inséré. On lui applique le système de référence spatiale 4326 (WGS84). Les deux lignes `sdo_number_array` indiquent la correspondance d'une cellule en degrés de latitude/longitude réels ainsi que les coordonnées réelles du coin haut/gauche du raster (-6.03125, 46.03125). Le nombre 0.0625 correspond à la largeur/hauteur d'une cellule en coordonnées réelles.



### 3.3.2. Détails du script

Avant de transformer le raster avec GDAL, le script SEA\_IMAGES\_DAILY.bat effectue différentes tâches :

- Modification des valeurs nulles :

Étant donné que le raster est un rectangle, toutes les cases ne contiennent pas de valeurs (les relevés ne concernent que la mer). Dans le fichier netCDF, les valeurs vides sont appelées `missing_values` et ont pour valeur `-99`. Étant donné qu'il faut utiliser les paramètres `scale_factor` (`*0.01`) et `add_offset` (voir chapitre 2.2.2) et que GDAL ne permet pas d'ignorer les valeurs manquantes lors de l'opération `unscale` (voir point suivant), il faut les fixer à `-9900`. Grâce à cela, une fois l'opération `unscale` effectuée, les valeurs manquantes se retrouveront bien à `-99`. La commande utilisée est la suivante :

```
cdo.exe -m -9900S -setmissval,-9900S 2014-07-06.nc 2014-07-06_tmp.nc
```

- Unscale :

`gdal_translate` va exécuter l'opération `unscale`. Toutes les valeurs du raster vont être transformées : `valeur*scale_factor+add_offset -> valeur*0.01+273.15`. La commande utilisée est la suivante :

```
gdal_translate.exe -unscale -of netcdf -a_nodata -99S 2014-07-06_tmp.nc 2014-07-06_unscaled.nc
```

- Conversion des unités :

La dernière étape avant de convertir et stocker le raster avec `gdal_translate` est de convertir les unités. La commande utilisée est la suivante :

```
cdo.exe -addc,-273.15 2014-07-06_unscaled.nc 2014-07-06_celsius.nc
```

### 3.3.3. Utilisation

Le script de transformation SEA\_IMAGES\_DAILY.bat s'utilise de la même manière que le script d'acquisition. Il faut l'ajouter dans le planificateur de tâches (après le script d'acquisition) pour l'exécuter quotidiennement.

Le script de transformation SEA\_IMAGES\_MONTHLY.bat doit être ajouté dans le planificateur de tâches afin d'être exécuté chaque début de mois : il va fusionner tous les fichiers du mois précédent avant d'effectuer les mêmes tâches que le script SEA\_IMAGES\_DAILY.bat

Les scripts SEA\_IMAGES\_OLD\_DAILY.bat et SEA\_IMAGES\_OLD\_MONTHLY.bat sont lancés une seule fois, après avoir créé la base de données. Ils y stockent toutes les données de relevé historique (1987-2012) dans les tables prévues à cet effet.

### 3.4. Affichage

Le développement de l’affichage, initialement prévu dans le cahier des charges, a été mis de côté au profit d’une recherche et d’un développement plus avancé pour la partie transformation (voir chapitre 4.2 et 4.3). En effet, la fusion mensuelle en un raster multi bandes n’était initialement pas prévue. Les causes de ce changement sont détaillées dans le chapitre 4.5.1.

#### MOCKUP

Bien que le développement de l’affichage n’ait pas été effectué, une recherche a été effectuée quant à la présentation des informations et une maquette initiale a été créée.

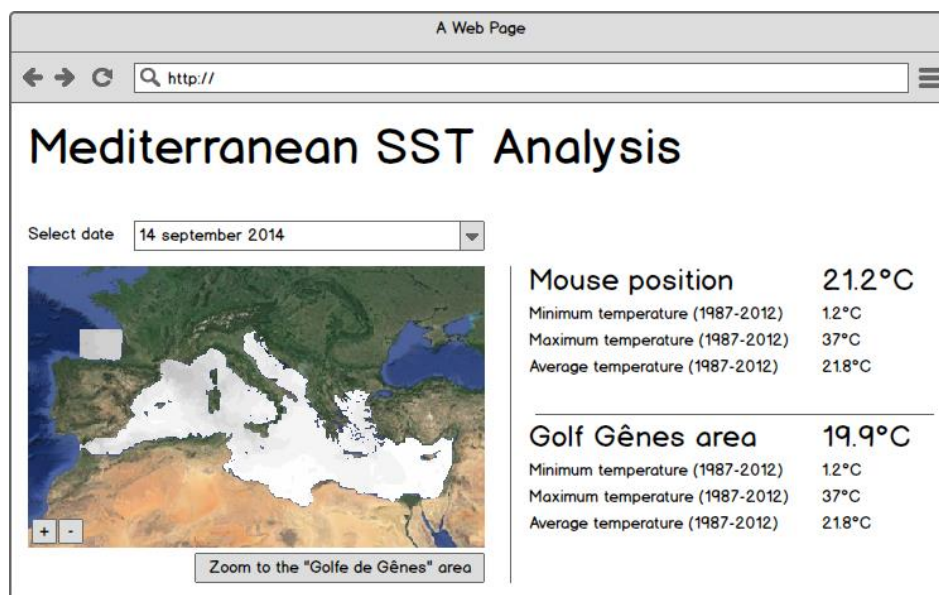


Figure 32 : Première maquette de l’affichage des données

### 3.5. Synthèse

Tous les scripts sont complémentaires, mais peuvent tout à fait être utilisés séparément ou être adaptés pour d'autres utilisations (acquisition d'autres produits ou stockage d'autres types de données).

L'ensemble des fichiers créés (scripts) est très léger et ne prend que peu d'espace disque (moins de 100KB) et n'est exécuté que momentanément.

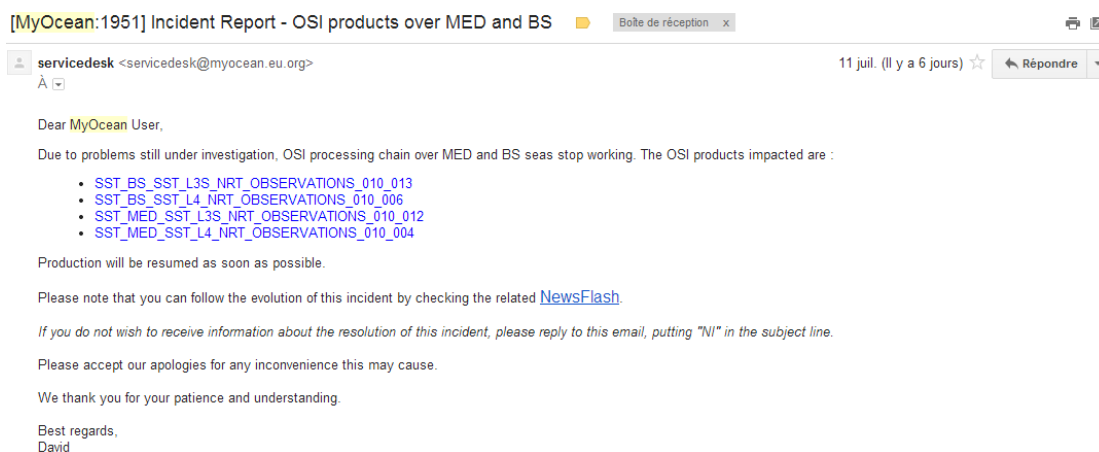
#### 3.5.1. Problèmes rencontrés

Tout au long du projet, divers problèmes ont pu survenir. Pour certains, une solution a facilement été trouvée. Pour d'autres, il a fallu effectuer beaucoup de recherches.

##### ACQUISITION

Concernant la phase d'acquisition, les seuls problèmes rencontrés sont les dérangements de MyOcean. De temps en temps, il leur est nécessaire d'effectuer une maintenance de leurs services, ce qui peut provoquer des incapacités à télécharger les données.

Dans la majorité des cas, un mail a été envoyé à l'adresse du compte MyOcean. En voici un exemple :



**Figure 33 : Mail informant des divers dérangements de MyOcean**

De plus, il a été remarqué qu'il est impossible de télécharger les fichiers concernés avant environ 10h30 du matin.

## **BASE DE DONNÉES**

La prise en main d'Oracle Spatial prend beaucoup de temps avant de pouvoir manipuler efficacement les Georaster.

Concernant la base de données Oracle, diverses erreurs ont été rencontrées dont les principaux sont des problèmes de connexion et de configuration.

## **TRANSFORMATION ET STOCKAGE**

Le géoréférencement n'est pas pris en compte lors de l'utilisation de l'outil `gdal_translate`. Il est alors impossible d'afficher un raster correctement sur une carte. La solution est d'appeler une fonction de `SDO_GEORASTER` qui permet de géoréférencer le raster après l'avoir inséré dans la base de données (voir chapitre 4.2.2)

Toujours avec `gdal_translate`, l'utilisation de la fonction `unscale` n'ignore pas les données sans valeurs (données vides représentées dans les fichiers par une valeur de -99). C'est pour cela qu'il faut utiliser l'outil `cdo.exe` afin de gérer les données sans valeur. De nombreuses recherches ont été effectuées sans trouver de solution en utilisant directement `gdal_translate`. C'est un problème connu (exemple : <http://trac.osgeo.org/gdal/ticket/3085>).

## **AFFICHAGE**

Beaucoup de temps de recherche a été consacré à la recherche d'un serveur d'affichage, mais peu de tests réels ont pu être effectués en raison des problèmes de géoréférencement de la partie « Transformation et Stockage ». Il a donc été décidé avec le mandant, de se focaliser sur cette partie de manipulation des données raster afin de proposer une autre manière de stocker les Georasters.

### **3.5.2. Améliorations futures**

Des tests de performances réels concernant le stockage des Georaster (par jour ou par mois) devraient être effectués afin de choisir la meilleure méthode.

Les scripts de création de la base de données sont très basiques, il serait préférable de les améliorer pour une utilisation plus aisée. De plus, deux utilisateurs devraient être créés afin de gagner en sécurité : un compte administrateur et un utilisateur en lecture seul.

Une page web interne doit encore être développée afin de tirer profit de ce projet et pouvoir rendre possible une consultation aisée de toutes les données stockées dans la base.

## 4. ORGANISATION DU PROJET

Ce travail, ayant une durée de 14 semaines, a été séparé en différentes parties :

- Prise de connaissance et initialisation du projet
- Recherches et analyses
- Réalisation
- Administration
- Rédaction du rapport

### 4.1. Initialisation du projet

Durant cette phase, les premières discussions avec le mandant ont eu lieu. Un cahier des charges a ensuite été rédigé afin de clarifier ses besoins.

Les données netCDF de 1987 à 2012 ont été transmises par le CREALP (environ 2Go de fichiers)

Afin d'avoir un suivi, un SVN a été mis en place, afin de partager les informations suivantes :

- Code source (scripts, scripts SQL, fichiers de configuration,...)
- Modélisation de la base de données (schéma et scripts de création)
- Suivi des heures effectuées
- Suivi du planning

### 4.2. Séances

Les diverses séances avec le mandant ont lieu chaque deux ou trois semaines, selon les besoins. Durant ces séances, les points abordés ont été les suivants :

- Avancement du projet (présentation du travail effectué)
- Discussions sur les modifications à apporter
- Validation du travail effectué
- Discussions sur les prochaines étapes à réaliser

Un PV a été tenu pour chaque séance, que ce soit avec le mandant ou avec le professeur responsable.

### 4.3. Subversion

Subversion<sup>28</sup> est logiciel de gestion de versions, très utile dans la gestion de projet. Il permet d'enregistrer les diverses versions des fichiers et répertoires d'un dépôt. Un historique des modifications est également conservé et une comparaison entre deux versions peut être effectuée à tout moment.

Dans le cadre de ce projet, deux personnes ont utilisé Subversion : l'auteur de ce rapport ainsi que le mandant.

Tout au long de ce projet, ce dépôt Subversion a permis :

- De partager le code avec le mandant
- De faire des tests sur trois machines différentes (une machine de développement ainsi que deux machines au CREALP)
- Le mandant y a également stocké diverses informations très utiles au projet

### 4.4. Machine virtuelle

Une machine virtuelle (sous Windows 7, 64bits) a été créée, contenant les logiciels et divers outils de développement utilisés tout au long de la phase de développement :

- Notepad++<sup>29</sup> pour l'édition des scripts batch
- Subversion et Google Drive<sup>30</sup> pour la sauvegarde des divers documents
- SQL Developer<sup>31</sup> pour la gestion de la base de données
- Panoply<sup>32</sup> pour la visualisation des fichiers netCDF
- Qgis<sup>33</sup> pour la visualisation des Georaster stockés dans la base de données

Une seconde machine virtuelle a également été créée afin d'effectuer les tests finaux et vérifier le bon fonctionnement de l'ensemble du projet ainsi que les explications des fichiers d'aide.

---

<sup>28</sup> Site web : <https://subversion.apache.org>

<sup>29</sup> Site web : <http://notepad-plus-plus.org/fr>

<sup>30</sup> Site web : <https://tools.google.com/dlpage/drive/?hl=fr>

<sup>31</sup> Site web : <http://www.oracle.com/technetwork/developer-tools/sql-developer/overview/index.html>

<sup>32</sup> Site web : <http://www.giss.nasa.gov/tools/panoply>

<sup>33</sup> Site web : <http://www.qgis.org/fr/site>

## 4.5. Planning

Le planning initial a été mis en place au début du projet. Il a subi quelques modifications concernant les dates et échéances en raison de divers points bloquants qui ont pu survenir tout au long du projet.

<b>Mise en place du projet</b>
Semaine 1 (-> 10mai)
Prise de connaissance du projet
Premiers rendez-vous (CreAlp, David Russo)
Création d'une machine virtuelle
Rédaction du cahier des charges
<b>PHASE 1 : Acquisition des données</b>
Semaine 2-3 (-> 24 mai)
Recherche de technologie
Script de récupération des données
Gestion des paramètres dans un fichier de configuration
Téléchargement automatique et journalier des netCDF depuis le service MyOcean
Compression des fichier pour stockage
Gestion des logs
Alerte via email en cas d'erreur
Fichier readme
<b>PHASE 2 : Transformation des données</b>
Semaine 4-10 (-> 12 juillet)
Compréhension des fichiers netCDF
Compréhension du format raster
Compréhension d'Oracle Spatial
Oracle Spatial
SDO_GEORASTER
Recherche de technologie
Installation d'Oracle Spatial (11g)
Modélisation de la base de données
Script de création de base de données
Script de transformation des données netCDF -> raster
Lecture des fichiers netCDF
Conversion des fichiers netCDF au format geoTIFF
Conversion en format raster et enregistrement dans la base de données
Fichier readme
Géolocalisation
Définition de requêtes SQL spatiales répondant aux besoins du mandant
<b>PHASE 3 : Affichage des données (à détailler)</b>
Semaine 11-14 (-> 2 août)
Reflexion sur les besoins du client
Recherche de technologie
Webservice ou simple page PHP ?
Affichage des données
Requêtes sur la base de données
Affichage de cartes, statistiques ou courbes, etc

Figure 34 : Planning initial du projet

Environ 4 semaines de retard ont été prises durant la phase deux du projet. Les raisons sont les suivantes :

- Mauvaise évaluation des étapes à réaliser. Certaines tâches semblaient faciles à réaliser mais prenaient finalement beaucoup plus de temps.
- Divers points bloquants survenus tout au long du projet :
  - Géolocalisation des Georaster dans Oracle Spatial
  - Gestion des valeurs nulles et de la fonction unscale de GDAL
  - Affichage des données de façon dynamique

#### 4.6. Suivi des heures

En parallèle du planning créé, un document a été créé afin d'avoir un suivi des heures.

Le travail et la durée à réaliser était décidé en début de semaine. Cela variait de semaine en semaine, selon les disponibilités (cours, examens,...)

<b>SEMAINE 4</b>			
	<b>PRÉVU</b>	<b>25,00</b>	Essais de lecture netCDF avec Java, Conversion netCDF en GeoTIFF, Tests GDAL
25/05/2014	Developpement	3,50	Lecture de fichiers netCDF avec Java
26/05/2014	Administration	1,50	Mise au propre PVs, heures, planning
	Developpement	1,50	Lecture de fichiers netCDF avec Java
	Developpement	1,00	Test d'écriture de fichier netCDF avec Java
27/05/2014	Recherche	1,50	API netCDF Java
28/05/2014	Recherche	1,00	Oracle Spatial et SDO_GEOASTER
	Recherche	1,50	Recherche conversion netCDF -> GeoTIFF
	Recherche	1,00	Découverte de R
	Developpement	2,00	Conversion netCDF to GeoTIFF (création d'un script r)
	Administration	0,50	Divers, mails, rapports
29/05/2014	Recherche	2,00	Import GeoTIFF dans la DB
	Recherche	5,00	Oracle SDO_GEOASTER, conversion de fichiers / import
	Recherche	1,00	GDAL recherche
30/05/2014	Recherche	1,00	GDAL scripts
	Développement	1,50	Installation GDAL, test scripts d'insertion TIFF->SDO_GEOASTER
	Administration	1,00	Mise en place SVN, mails, organisation
	Developpement	1,50	Script de transformation netCDF -> SDO_GEOASTER
	<b>TOTAL</b>	<b>28,00</b>	

Figure 35 : Exemple du suivi des heures de la semaine 4

Chaque semaine, un rapport hebdomadaire était également transmis au professeur responsable, afin de lui permettre d'avoir un suivi régulier. Des rendez-vous ont également eu lieu avec lui durant le projet.



#### 4.7. Résumés

##### RÉSUMÉ PAR SEMAINE

	Heures prévues	Heures effectuées
Semaine 1	10	7.5
Semaine 2	25	25
Semaine 3	25	26.5
Semaine 4	25	28
Semaine 5	Semaine d'examens	Semaine d'examens
Semaine 6	25	26
Semaine 7	15 (semaine d'examens)	15 (semaine d'examens)
Semaine 8	40	39
Semaine 9	40	42
Semaine 10	40	40.5
Semaine 11	40	39.5
Semaine 12	40	50
Semaine 13	40	30
Semaine 14	40	67.5

##### RÉSUMÉ PAR ACTIVITÉ :

Administration	53.5
Recherches et analyses	201.5
Développement	116.5
Rédaction du rapport	65
<b>Total</b>	<b>436.5</b>

On peut remarquer qu'une grande partie du temps a été consacré aux recherches et analyses. De nombreuses technologies ont été utilisées. L'assimilation de chacune d'entre elle a pris un certain temps et plus particulièrement la compréhension d'Oracle Spatial et des Georaster.

De plus, les divers points bloquants rencontrés ont demandé un certain temps afin d'être résolus.

## CONCLUSION

Le projet s'est déroulé dans de très bonnes conditions, principalement en raison d'une bonne communication avec le mandant (rendez-vous, mails ou partage de documents via le dépôt SVN). Malgré le fait de n'avoir pas pu réellement avancer dans le développement durant 3-4 semaines, en raison de divers problèmes imprévus comme par exemple la gestion de l'affichage des données (qui a été finalement été écartée), les principales fonctionnalités ont pu être développées.

L'ensemble du projet a nécessité de nombreux outils et technologies différentes, ce qui a demandé un certain temps d'adaptation, en particulier la prise en main d'Oracle Spatial.

Après avoir défini un cahier des charges, il a fallu effectuer de nombreuses recherches concernant les différents outils et technologies utilisées. Ensuite, la partie réalisation du projet en lui-même a été relativement aisée, hormis les quelques points bloquants cités précédemment.

Les objectifs initiaux étaient d'automatiser l'acquisition, la transformation et le stockage des données ainsi que de mettre en place un moyen de visualiser les informations. Mais les changements, décidés concernant le cahier des tâches, ont eu lieu en semaine 12, ont permis de perfectionner tout ce qui concerne la transformation et le stockage des données étant donné que c'est principalement cela qui intéressait le CREALP.

Bien que cette dernière partie n'ait pas pu être développée, l'automatisation des tâches est fonctionnelle.

En prenant en compte le chapitre 4.5.2 concernant les améliorations possibles, l'ensemble du projet pourra être rentable et efficace au niveau du suivi de l'évolution thermique de la Méditerranée.

## RÉFÉRENCES

Tous les liens présentés ici ont été vérifiés au 9 août 2014.

### CREALP

CREALP : Site du Centre de recherche sur l'environnement alpin

- <http://www.crealp.ch>

CREALP : Analyse de la crue du Rhône du 2 juillet

- <http://www.crealp.ch/fr/accueil/qui-sommes-nous/actualites/429-analyse-hydro-meteorologique-de-la-crue-du-rhone-du-2-juillet-2012.html>

### MÉTÉO, MÉDITERRANÉE ETC

Le Gard, Noé : Les inondations

- <http://www.no.e.gard.fr/index.php/le-gard-et-le-risque-inondation/comprendre-le-phenomene-inondation>

Wikipedia : Golfe de Gênes

- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Golfe\\_de\\_G%C3%AAnes](http://fr.wikipedia.org/wiki/Golfe_de_G%C3%AAnes)

Restauration Rhône : Programme de restauration hydrologique et écologique du Rhône

- <http://restaurationrhone.univ-lyon1.fr/index.php?action=histoire>

### RASTER

ArcGIS : rasters

- <http://help.arcgis.com/fr/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/009t00000002000000>

### NETCDF

Unidata : page officielle netCDF

- <http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/>

Unidata : conventions des attributs netCDF

- <http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/docs/netcdf/Attribute-Conventions.html>

ArcGIS : aide netCDF

- <http://help.arcgis.com/fr/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/004600000001000000/>

Centre National de Recherches Météorologiques : netCDF

- <http://www.cnrm.meteo.fr/toga-coare/node157.html>

### ORACLE

Wikipedia : Oracle Database

- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Oracle\\_Database](http://fr.wikipedia.org/wiki/Oracle_Database)

Comment ça marche : Oracle Database

- <http://www.commentcamarche.net/contents/702-oracle-introduction-au-sgbd-oracle>

#### **ORACLE SPATIAL**

Wikipedia : Oracle Spatial

- [http://en.wikipedia.org/wiki/Oracle\\_Spatial\\_and\\_Graph#Components](http://en.wikipedia.org/wiki/Oracle_Spatial_and_Graph#Components)

Docs Oracle : Oracle Spatial

- [http://docs.oracle.com/cd/B28359\\_01/appdev.111/b28400/sdo\\_intro.htm](http://docs.oracle.com/cd/B28359_01/appdev.111/b28400/sdo_intro.htm)

Docs Oracle : Fonctions Georaster

- [http://docs.oracle.com/cd/B12037\\_01/appdev.101/b10827/geor\\_ref.htm](http://docs.oracle.com/cd/B12037_01/appdev.101/b10827/geor_ref.htm)

Docs Oracle : Fonctions Geometry

- [http://docs.oracle.com/html/A96630\\_01/sdo\\_objgeom.htm](http://docs.oracle.com/html/A96630_01/sdo_objgeom.htm)

#### **MYOCEAN**

MyOcean : site officiel

- <http://www.myocean.eu>

MyOcean : Documentation client Motu-python

- [http://www.myocean.eu/automne\\_modules\\_files/pmedia/public/r45\\_9\\_readme\\_download\\_command\\_line-1.pdf](http://www.myocean.eu/automne_modules_files/pmedia/public/r45_9_readme_download_command_line-1.pdf)

Wikipedia : MyOcean

- <http://en.wikipedia.org/wiki/MyOcean>

#### **CDO.EXE**

CDO : Documentation

- <https://code.zmaw.de/projects/cdo/wiki/Cdo#Documentation>

Vista-Cira : Documentation CDO

- <http://vista.cira.colostate.edu/nco/documents/CDO/cdo.pdf>

Institut du développement et des ressources en informatique scientifique : CDO.exe

- <http://www.idris.fr/ada/ada-cdo.html>

#### **GDAL**

GDAL : gdal\_translate

- [http://www.gdal.org/gdal\\_translate.html](http://www.gdal.org/gdal_translate.html)

OSGEO (Fondation Open Source Géospatiale) : GDAL

- [http://www.osgeo.org/gdal\\_ogr](http://www.osgeo.org/gdal_ogr)
- [http://live.osgeo.org/fr/overview/gdal\\_overview.html](http://live.osgeo.org/fr/overview/gdal_overview.html)

OSGEO : Erreur unscale avec valeur vides

- <http://trac.osgeo.org/gdal/ticket/3085>

## **R**

Wikipedia : R

- [http://en.wikipedia.org/wiki/R\\_\(programming\\_language\)](http://en.wikipedia.org/wiki/R_(programming_language))

R-Project : site officiel de R

- <http://www.r-project.org/>

R-Project : Documentation R

- <http://cran.r-project.org/web/packages/rgdal/rgdal.pdf>

## **COORDONNEES**

Wikipedia : Système de coordonnées

- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me\\_de\\_coordonn%C3%A9es\\_\(cartographie\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_de_coordonn%C3%A9es_(cartographie))

Registre des codes EPSG

- <http://www.epsg-registry.org/>

Wikipedia : Spatial Reference System Identifier

- <http://en.wikipedia.org/wiki/SRID>

## **QGIS**

Qgis.org : site officiel

- [http://hub.qgis.org/projects/quantum-gis/wiki/QGIS\\_Server\\_Tutorial](http://hub.qgis.org/projects/quantum-gis/wiki/QGIS_Server_Tutorial)

## **GEOSERVER**

Geotools : Open Source Java GIS Toolkit

- <http://docs.geotools.org/latest/userguide/library/coverage/jdbc/index.html#im-jdbc>
- <http://docs.geotools.org/latest/userguide/library/coverage/oracle.html>

## **MAPVIEWER**

Docs Oracle : Documentation Oracle

- [http://docs.oracle.com/cd/E23943\\_01/web.1111/e10145/vis\\_start.htm](http://docs.oracle.com/cd/E23943_01/web.1111/e10145/vis_start.htm)
- [http://download.oracle.com/otndocs/products/mapviewer/pdf/navteq\\_mapbuilder\\_handt.pdf](http://download.oracle.com/otndocs/products/mapviewer/pdf/navteq_mapbuilder_handt.pdf)

Oracle MapBuilder :

- [http://www.oracle.com/webfolder/technetwork/tutorials/obe/fmw/bi/bi1116/obiee\\_maps/obiee\\_maps.html?cid=6591&ssid=100233480904113](http://www.oracle.com/webfolder/technetwork/tutorials/obe/fmw/bi/bi1116/obiee_maps/obiee_maps.html?cid=6591&ssid=100233480904113)

## DÉCLARATION SUR L'HONNEUR

Je déclare, par ce document, que j'ai effectué le travail de Bachelor ci-annexé seul, sans autre aide que celles dûment signalées dans les références, et que je n'ai utilisé que les sources expressément mentionnées. Je ne donnerai aucune copie de ce rapport à un tiers sans l'autorisation conjointe du RF et du professeur chargé du suivi du travail de Bachelor, y compris au partenaire de recherche appliquée avec lequel j'ai collaboré, à l'exception des personnes qui m'ont fourni les principales informations nécessaires à la rédaction de ce travail et que je cite ci-après :

- Mr. Stéphane Micheloud
- Mr. Pascal Ornstein

## **ANNEXE I : Contenu du CD-ROM**

Un CD-ROM est joint à ce présent rapport. Son contenu est le suivant :

- Cahier des charges
- Un exemple de fichier netCDF
- Code du projet qui comprend les tâches :
  - d'acquisition
  - de création de la base de données
  - de transformation et stockage des données
- Scripts utilisés pour insérer et récupérer les rasters dans la base de données, utilisés lors des tests
- Le planning utilisé lors du projet
- Le présent rapport



# CAHIER DES CHARGES

Suivi de l'évolution thermique de la Méditerranée

Vincent Micheloud

Travail de Bachelor  
Mai 2014



## **PARTIES PRENANTES**

Le mandant : M. Stéphane Micheloud, responsable informatique, CREALP (Sion)

Le professeur responsable : M. David Russo, professeur, HES-SO Valais (Sierre)

Le mandataire : M. Vincent Micheloud, étudiant en informatique de gestion, HES-SO Valais (Sierre)

## **1. CONTEXTE**

### **1.1. LE MANDANT**

Le Centre de recherche sur l'environnement alpin (CREALP<sup>1</sup>) est une fondation mixte de l'Etat du Valais et de la Commune de Sion. Il mène des projets de recherche appliquée dans le domaine des géosciences, orientés principalement vers les problématiques de surveillance environnementale et de dangers naturels.

L'évolution thermique de la Méditerranée a une influence directe sur les précipitations dans le Haut-Valais. Des pluies trop intenses peuvent causer des crues (du Rhône par exemple), ce qui est le principal danger hydrologique en Valais. Une des missions du CREALP est de surveiller cette évolution.

## **2. LE PROJET**

Le projet a pour objectif la gestion des données de relevés thermiques de la Méditerranée au sein d'une base de données Oracle. Ces données seront ensuite utilisées pour calculer des statistiques et afficher des cartes ou des graphes.

Ce travail est destiné à trouver une application concrète dans le cadre des travaux du CREALP.

### **2.1. OBJECTIFS**

#### **2.1.1. Acquisition des données géo-spatiales**

L'outil d'acquisition devra être capable d'obtenir quotidiennement les données de relevés thermiques mises à disposition par le service MyOcean<sup>2</sup>. Ces données sont fournies au format NetCDF<sup>3</sup> qui permet l'accès et le partage de données scientifiques stockées sous la forme de grilles.

Les données historiques, disponibles pour la période 1987-2012, sont également pertinentes pour le calcul des normes et la comparaison avec des années particulières.

---

<sup>1</sup> Site web : <http://www.crealp.ch>

<sup>2</sup> Site web : <http://www.myocean.eu>

<sup>3</sup> <https://fr.wikipedia.org/wiki/NetCDF>

Le mandant fournit les données historiques.

*Fonctionnalités requises:*

- Récupération automatique et quotidienne des données géo-spatiales au format NetCDF
- Stockage des fichiers NetCDF (1 grille par fichier) pour traitement et archivage

### 2.1.2. Traitement des données géo-spatiales

Une fois les données récupérées, le programme les convertira dans un format différent (format raster), puis les enregistrera dans une base de données Oracle

La base de données n'existe pas et devra être modélisée afin de stocker aussi bien les données historiques que les données récupérées quotidiennement.

Le mandant a arrêté son choix sur la version 11 de Oracle.

*Fonctionnalités requises:*

- Réalisation du modèle conceptuel et du modèle physique et création de la structure de données
- Importation des données NetCDF dans des tables Georaster<sup>4</sup> d'Oracle
- Définition de requêtes SQL spatiales répondant aux besoins du mandant

*Fonctionnalités facultatives:*

- Evaluation des avantages/inconvénients d'utiliser des données NetCDF multi-temporelles (plusieurs grilles par fichier)

### 2.1.3. Exploitation des informations

La partie finale du projet concerne la restitution d'informations et l'affichage des données. Le mandataire est invité à proposer différentes formes de rendu (graphes, courbes, cartes, tableaux, statistiques,...) qui seront avalisées par le mandant.

*Fonctionnalités requises:*

- Interrogation de la base de données
- Affichage des résultats obtenus sous une forme adéquate

*Fonctionnalités facultatives:*

- Interrogation de la base de données via un service Web
- Amélioration du confort d'utilisation par une présentation et une interactivité plus abouties
- Interaction avec l'utilisateur au moyen d'un outil de Web Mapping

---

<sup>4</sup> [https://download.oracle.com/otndocs/products/spatial/pdf/spatial11gr2\\_georaster\\_twp.pdf](https://download.oracle.com/otndocs/products/spatial/pdf/spatial11gr2_georaster_twp.pdf)

### **3. CONTACT**

Pour toute demande d'information complémentaire, contacter Vincent Micheloud à :

[vincent.micheloud@gmail.com](mailto:vincent.micheloud@gmail.com)

079/572 97 24

### ANNEXE III : Exemple d'un fichier netCDF traité dans ce projet

Il s'agit du relevé du 6 juillet 2014 de la température de surface de la Méditerranée, il a été acquis auprès des services de MyOcean :

```
netcdf file:/C:/netCDF/2014-07-06.nc (
dimensions:
  time = 1;
  lat = 253;
  lon = 677;
variables:
  int time(time=1);
    :long_name = "reference time of sst field";
    :standard_name = "time";
    :axis = "T";
    :calendar = "Gregorian";
    :units = "seconds since 1981-01-01 00:00:00";
    :_CoordinateAxisType = "Time";
    :valid_min = 1057449600; // int
    :valid_max = 1057449600; // int
  float lon(lon=677);
    :long_name = "longitude";
    :standard_name = "longitude";
    :axis = "X";
    :units = "degrees east";
    :valid_min = -6.0f; // float
    :valid_max = 36.25f; // float
    :_CoordinateAxisType = "Lon";
  float lat(lat=253);
    :long_name = "latitude";
    :standard_name = "latitude";
    :axis = "Y";
    :units = "degrees north";
    :valid_min = 30.25f; // float
    :valid_max = 46.0f; // float
    :_CoordinateAxisType = "Lat";
  short analysed_sst(time=1, lat=253, lon=677);
    :_CoordinateAxes = "time lat lon ";
    :long_name = "analysed sea surface temperature";
    :standard_name = "sea_surface_temperature";
    :type = "foundation";
    :units = "kelvin";
    :_FillValue = -999; // short
    :missing_value = -999; // short
    :add_offset = 273.15f; // float
    :scale_factor = 0.01f; // float
    :source = "EUR-L2P-ATS_NR_2P,UPA-L2P-ATS_NR_2P,
              JPL-L2P-MODIS_A,JPL-L2P-MODIS_T,
              EUR-L2P-NAR17_SST,EUR-L2P-NAR18_SST,
              EUR-L2P-SEVIRI_SST,EUR-L2P-AVHRR_METOP_A";
    :comment = "Optimal interpolation (OI) at high resolution
              of sst measurements from infrared sensors";
// global attributes:
:title = "Mediterranean SST Analysis, L4, 1/16deg daily
        (SST_MED_SST_L4_NRT_OBSERVATIONS_010_004_a_V2)";
:institution = "CNR-GOS";
:references = "";
:source = "EUR-L2P-ATS_NR_2P,UPA-L2P-ATS_NR_2P,JPL-L2P-MODIS_A,
          JPL-L2P-MODIS_T,EUR-L2P-NAR17_SST,EUR-L2P-NAR18_SST,
          EUR-L2P-SEVIRI_SST,EUR-L2P-AVHRR_METOP_A";
:Conventions = "CF-1.0";
:history = "Data extracted from dataset
          http://myocean.artov.isac.cnr.it:8080/thredds/
          dodsC/SST_MED_SST_L4_NRT_OBSERVATIONS_010_004_a_V2";
:time_min = 1.0574496E9; // double
:time_max = 1.0574496E9; // double
:julian_day_unit = "seconds since 1981-01-01 00:00:00";
:latitude_min = 30.25; // double
:latitude_max = 46.0; // double
:longitude_min = -6.0; // double
:longitude_max = 36.25; // double
)
```

Figure 36 : Métadonnées du fichier netCDF du 6 juillet 2014

Les dimensions utilisées sont la latitude et la longitude ainsi que le temps qui indique le jour de relevé de température. Les valeurs indiquent qu'il y a :

- 1 index de temps
- 253 index de latitude
- 677 index de longitude

La variable temps possède des attributs qui précisent par exemple le calendrier utilisé ou la date exacte (1057449600 secondes depuis le 1er janvier 1981 = 6 juillet 2014)

Les attributs des variables longitude et latitude indiquent par exemple que la zone de relevé de température se situe dans cette zone :

- Latitude 30.25 à latitude 46
- Longitude -6 à longitude 36.25

La variable analysed\_sst (Analysed Sea Surface Temperature) est la variable qui contient les données de relevé, chaque donnée correspond à une dimension de temps, une dimension de latitude et une dimension de longitude. Des informations supplémentaires telles que les unités de mesure ou la source des données sont indiquées par les attributs.

Pour finir, les attributs globaux ajoutent des informations concernant l'intégralité du fichier netCDF.



Figure 37 : Zone couverte par les fichiers netCDF de ce travail. (source : Google Maps)

## ANNEXE IV : Accès aux produits de MyOcean via l'interface web

Afin de télécharger les différents produits de MyOcean<sup>34</sup>, il faut effectuer une recherche depuis le site web

Les produits de MyOcean couvrent différentes zones et traitent de nombreux paramètres :

- Zones couvertes : océan (global), océan arctique, mer baltique, mers intérieures du nord-ouest de l'Europe, mers ibérique-basque-irlandaise, mer Méditerranée, mer noire
- Paramètres traités : température, salinité, courants océaniques, glace, niveau de l'eau, vent, bio géochimie, chimie, biologie, chlorophylle

The screenshot displays the MyOcean online catalogue interface. At the top, there is a navigation bar with 'ONLINE CATALOGUE', 'CATALOGUE PDF', 'FIRST VISIT?', 'MY CART', and '0 product(s)'. Below this, a search bar contains 'NEW SEARCH'. A sidebar on the left titled 'YOUR SEARCH' has three sections: 'AREA' with checkboxes for 'All areas', 'Global Ocean (1)', 'Arctic Ocean (1)', 'Baltic Sea (3)', 'European North-West Shelf Seas (4)', 'Iberia-Biscay-Ireland Regional Seas (4)', 'Mediterranean Sea (11)', and 'Black Sea (4)'; 'PARAMETER' with checkboxes for 'All parameters', 'Ocean Temperature (11)', 'Ocean Salinity (4)', 'Ocean Currents (3)', 'Sea Ice (2)', 'Sea Level (3)', 'Winds (0)', 'Ocean Optics (0)', 'Ocean Chemistry (1)', 'Ocean Biology (0)', and 'Ocean Chlorophyll (1)'; and 'TIME COVERAGE' with a checked checkbox for 'All time coverages'. The main content area shows 'Found 11 products matching your criteria.' and a 'KEYWORD SEARCH' bar. Two product listings are visible: 'MEDITERRANEAN SEA PHYSICS ANALYSIS AND FORECAST' and 'MEDITERRANEAN SEA PHYSICS REANALYSIS (1987-2012)'. Each listing includes a title, a description of the model, a map of the Mediterranean Sea showing potential temperature at 1m depth, and buttons for 'MORE INFO' and 'ADD TO CART'.

Figure 38 : Paramètres des données à télécharger. (source : myocean.eu)

<sup>34</sup> Site web : <http://www.myocean.eu>

Lors du téléchargement, différentes options se présentent à l'utilisateur :

- Étant donné que ce produit est mis à jour quotidiennement, il est possible de télécharger les relevés pour un jour précis, ou pour plusieurs jours.
- L'utilisateur peut le télécharger directement depuis le navigateur, depuis un accès FTP ou automatiser l'acquisition via un script Python en utilisant le client Motu-Python.

Figure 39 : Paramètres des données à télécharger. (source : myocean.eu)

Figure 40 : Options de téléchargement. (source : myocean.eu)

## ANNEXE V : Fichier netCDF et affichage avec gdalinfo (GDAL)

La commande `gdalinfo` permet d'afficher les diverses informations d'un fichier netCDF. En voici un exemple. Il peut être comparé avec l'exemple en annexe III

```
C:\netCDF>gdalinfo 2014-07-06.nc
Driver: netCDF/Network Common Data Format
Files: 2014-07-06.nc
Size is 677, 253
Coordinate System is ''
Origin = (-6.03125000000000,46.0312500000000)
Pixel Size = (0.06250000000000, -0.06250000000000)
Metadata:
  analysed_sst#_CoordinateAxes=time lat lon
  analysed_sst#_FillValue=-99
  analysed_sst#add_offset=273.14999
  analysed_sst#comment=Optimal interpolation (OI) at high resolution of sst meas
  urements from infrared sensors
  analysed_sst#long_name=analysed sea surface temperature
  analysed_sst#missing_value=-99
  analysed_sst#scale_factor=0.00999999998
  analysed_sst#source=EUR-L2P-ATS_NR_2P,UPA-L2P-ATS_NR_2P,JPL-L2P-MODIS_A,JPL-L2
  P-MODIS_T, EUR-L2P-NAR17_SST, EUR-L2P-NAR18_SST, EUR-L2P-SEVIRI_SST, EUR-L2P-AUHRR_M
  ETOP_A
  analysed_sst#standard_name=sea_surface_temperature
  analysed_sst#type=foundation
  analysed_sst#units=kelvin
  lat#_CoordinateAxisType=Lat
  lat#axis=Y
  lat#long_name=latitude
  lat#standard_name=latitude
  lat#units=degrees_north
  lat#valid_max=46
  lat#valid_min=30.25
  lon#_CoordinateAxisType=Lon
  lon#axis=X
  lon#long_name=longitude
  lon#standard_name=longitude
  lon#units=degrees_east
  lon#valid_max=36.25
  lon#valid_min=-6
  NC_GLOBAL#Conventions=CF-1.0
  NC_GLOBAL#history=Data extracted from dataset http://myocean.artov.isac.cnr.it
  :8000/chredds/dodsC/SST_MED_SST_L4_NRT_OBSERVATIONS_010_004_a_U2
  NC_GLOBAL#institution=CNR-GOS
  NC_GLOBAL#jullian_day_unit=seconds since 1981-01-01 00:00:00
  NC_GLOBAL#latitude_max=46
  NC_GLOBAL#latitude_min=30.25
  NC_GLOBAL#longitude_max=36.25
  NC_GLOBAL#longitude_min=-6
  NC_GLOBAL#references=
  NC_GLOBAL#source=EUR-L2P-ATS_NR_2P,UPA-L2P-ATS_NR_2P,JPL-L2P-MODIS_A,JPL-L2P-M
  ODIS_T, EUR-L2P-NAR17_SST, EUR-L2P-NAR18_SST, EUR-L2P-SEVIRI_SST, EUR-L2P-AUHRR_METO
  P_A
  NC_GLOBAL#time_max=1057449600
  NC_GLOBAL#time_min=1057449600
  NC_GLOBAL#title=Mediterranean SST Analysis, L4, 1/16deg daily (SST_MED_SST_L4_
  NRT_OBSERVATIONS_010_004_a_U2)
  NETCDF_DIM_EXTRA=(time)
  NETCDF_DIM_time_DEF=(1,4)
  NETCDF_DIM_time_VALUES=1057449600
  time#_CoordinateAxisType=time
  time#axis=T
  time#calendar=Gregorian
  time#long_name=reference time of sst field
  time#standard_name=time
  time#units=seconds since 1981-01-01 00:00:00
  time#valid_max=1057449600
  time#valid_min=1057449600
  Corner Coordinates:
  Upper Left ( -6.0312500, 46.0312500)
  Lower Left ( -6.0312500, 30.2187500)
  Upper Right ( 36.2812500, 46.0312500)
  Lower Right ( 36.2812500, 30.2187500)
  Center ( 15.1250000, 38.1250000)
  Band 1 Block=677x1 Type=Int16, ColorInterp=Undefined
  NoData Value=-99
  Offset: 273.149993896484, Scale:0.00999999977648258
  Metadata:
    _CoordinateAxes=time lat lon
    _FillValue=-99
    add_offset=273.14999
    comment=Optimal interpolation (OI) at high resolution of sst measurements fr
    on infrared sensors
    long_name=analysed sea surface temperature
    missing_value=-99
    NETCDF_DIM_time=1057449600
    NETCDF_VARNAME=analysed_sst
    scale_factor=0.00999999998
    source=EUR-L2P-ATS_NR_2P,UPA-L2P-ATS_NR_2P,JPL-L2P-MODIS_A,JPL-L2P-MODIS_T,E
    UR-L2P-NAR17_SST, EUR-L2P-NAR18_SST, EUR-L2P-SEVIRI_SST, EUR-L2P-AUHRR_METOP_A
    standard_name=sea_surface_temperature
    type=foundation
    units=kelvin
C:\netCDF>
```

Figure 41 : Résultat de la fonction `gdalinfo`