Studio Grafic CNES, 2022-121

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté Égalité Fraternité

Cité de l'espace TOULOUSE

cnes CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

AE 2.2

Obtenir, utiliser, interpréter et intégrer des images satellites

Table des matières

1 Introduction : les SIG, l'accès aux données et la visualisation des données . . . 2

2 QGIS : un SIG complet et puissant . . . 3

2.1 Principes d'un SIG et origine des données. . . . 3

2.2 Comprendre rapidement les projections et les systèmes de coordonnées . . . 4

3 Etude d'une image sentinel 2 de l'éruption du Cumbre Vieja de 2021 . . . 5

3.1 Faire une composition colorée en couleurs naturelles optimisée à partir de données sentinel 2 . 6

3.2 Faire une composition colorée pour montrer des longueurs d'ondes non visibles. . . . 8

3.3 Superposer deux compositions colorées pour superposer des informations . . . 8

4 Etude de cas : conséquences l'éruption du Cumbre Vieja de 2021. . . . 9

4.1 Faire une composition colorée en fausses couleurs pour discriminer la végétation . . . 10

4.2 Calculer un NDVI . . . 11

4.3 Comparer des NDVI pour mettre en évidence les bâtiments détruits et l'impact sociétal de l'éruption . . . 13

4.4 Ajouter des données vecteur et interpréter le calcul . . . 13

5 Comment réaliser une classification avec le plugin SCP de QGIS . . . 16

5.1 Installation du plugin SCP . . . 16

5.2 Préparer la classification . . . 16

5.3 Prévisualiser et lancer la classification . . . 18

6 Extensions complémentaires bien utiles pour QGIS . . . 20

6.1 Extension QuickMapServices : (affichage de différents fonds). . . . 20

6.2 Faire des vues en 3D . . . 21

6.3 Faire des profils dans des raster . . . 22

6.4 Faire des classifications . . . 22

7 EO Browser : un SIG en ligne aux possibilités limitées, mais donnant accès aux données sentinel 23

7.1 Chercher des données et les visualiser avec EO Browser . . . 23

7.2 Faire des traitements rapides en ligne . . . 25

7.3 Que faire avec EOBrowser en classe ? . . . 26

8 Où trouver des données ? . . . 27

8.1 Données en France : . . . 27

8.2 Données monde : . . . 27

8.3 Données WMS et WFS : . . . 27

9 Documents de référence . . . 28

1 Introduction : les SIG, l'accès aux données et la visualisation des données

Depuis quelques années maintenant, plusieurs services de systèmes d'information géographiques (SIG) en ligne existent ayant chacun leur domaine propre d'application. Ainsi, la France dispose de plusieurs SIG, parfois redondants, et donnant accès à des données exclusivement françaises, alors que d'autres SIG en ligne sont spécifiques de certaines familles de données plutôt que d'une zone géographique :

- **infoterre** hébergé par le BRGM, donne accès à différentes données géologiques
- **géoportail** est un SIG en ligne regroupant différents services, et donnant accès à des données de l'IGN (modèles numériques de terrain, ortho-photo ...), du BRGM (différentes cartes) ou encore de l'Insee (statistiques variées dont les données concernant la population)
- **EOBrowser** donne accès aux données des différents satellites de la constellation sentinel.

Ces systèmes sont principalement prévus pour un usage en consultation des données mais ne sont pas adaptés pour faire des croisements de données provenant de différentes sources ou pour faire du traitement de données.

Par ailleurs, de nombreuses bases de données sont accessibles en ligne, sans pour autant fournir d'outils de visualisation des données.

Le but de cet atelier est de montrer comment utiliser un SIG pour produire des images de qualité, regroupant des données d'origines et de nature variées ainsi que de montrer quelques sources de données. Il ne s'agit pas forcément de montrer une activité directement utilisable en classe, mais plutôt de montrer qu'un SIG peut permettre de produire des documents pédagogisés adaptés à un projet ou un TP. Rien n'empêche de former les élèves à l'utilisation d'un SIG, mais celà reste une activité complexe nécessitant de bien comprendre la fonction de l'outil.

En fonction de votre discipline d'origine, vous serez amenés à voir des fonctionnalités plus avancées des SIG, nous nous limiterons ici à la production d'images traitées regroupant des données de natures variées.

2 QGIS : un SIG complet et puissant

2.1 Principes d'un SIG et origine des données.

2.1.1 Grands types de données

Un SIG est un logiciel permettant l'affichage, le traitement et la mise en forme de données de différentes nature. Il existe deux grands types de données :

- **Les données vecteur :** ce sont des fichiers contenant des coordonnées géographiques d'objets (polygones, lignes ou points) auxquelles sont associées des informations diverses (par exemple un nom, une quantité telle que le nombre d'habitant, un état...)
- **Les données raster :** ce sont des tableaux de nombres couvrant une surface géoréférencée. Ils peuvent correspondre par exemple à un modèle numérique de terrain, une image satellite, une image jpeg géoréférencée... que le SIG affichera en tant qu'image.

2.1.2 Origine des données

Un SIG ne contient pas de données. Il permet juste d'afficher des données externes. Il existe deux grands types d'origine des données intégrables dans un SIG :

- **Des données directement présentes sur le disque dur de l'ordinateur :** généralement, il faut les télécharger à partir d'internet. Elles peuvent être de type vecteur ou de type raster.
- **Des serveurs de données :** plusieurs organismes proposent des services de distribution de données auxquels les SIG peuvent avoir directement accès. Il s'agit principalement de serveurs WMS pour la distribution de données raster, ou de serveurs WFS pour des données vecteur. L'utilisation de ces services nécessitent de connaître les adresses des serveurs.

2.1.3 Ce que peut faire QGIS : traitement et mise en forme

QGIS a principalement 2 grandes fonctions

- **Mise en forme :** ouvrir des données de différents types pour les afficher et les mettre en forme, sauvegarder la mise en forme dans un projet QGIS
- **Traitement :** Ouvrir et traiter des données puis sauver le résultat de traitement dans de nouvelles données.

Un projet QGIS est un fichier crée par le logiciel QGIS, et qui **ne contient aucune donnée**. Ce fichier se limite à indiquer à QGIS :

- Où sont les données à afficher (disque dur ou sur un serveur distant)
- Quelle est la nature des données (vecteur ou raster)
- Comment afficher les données (repère utilisé, couleurs, étiquette... toutes les informations pour la mise en forme des données).

La principale difficulté est donc de se rappeler où sont les données, surtout si celles ci sont stockées localement sur un ordinateur. Ainsi, si vous souhaitez récupérer ou partager un projet QGIS, il faut s'assurer que les données locales (celles qui ne sont pas accessibles via un serveur distant) seront bien distribuées avec le projet.

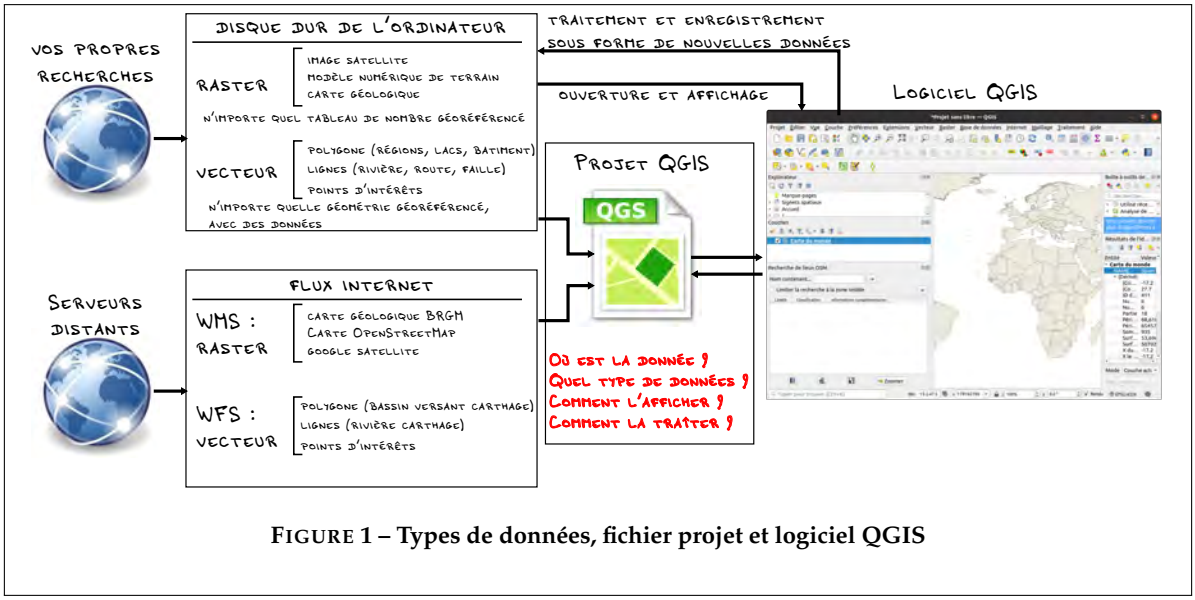


FIGURE 1 – Types de données, fichier projet et logiciel QGIS

2.2 Comprendre rapidement les projections et les systèmes de coordonnées

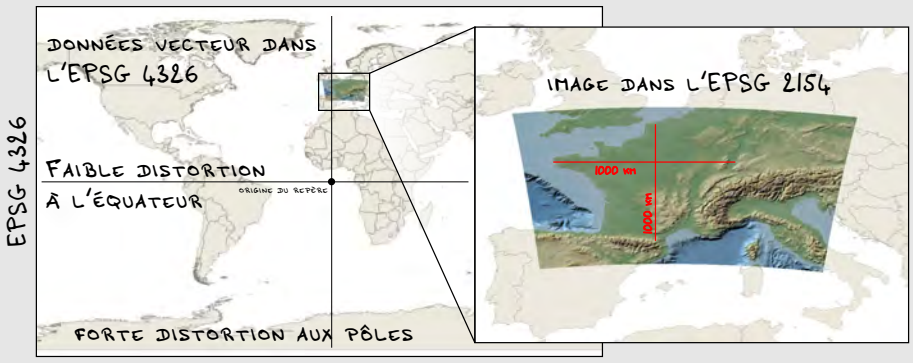
Pour pouvoir superposer des données géoréférencées, il faut définir un repère commun aux données. Ce repère définit à quoi correspondent les coordonnées (mètres, couple longitude latitude en degré par exemple). Pour les fichiers vecteurs ce n'est généralement pas un problème, dans la mesure où l'on peut définir des coordonnées directement à partir d'un ellipsoïde de référence (modèle de forme de Terre), en positionnant les points à partir d'une longitude et d'une latitude.

C'est plus compliqué à faire pour des données raster (image), dans la mesure où un raster est un tableau de nombres régulièrement espacés dans une grille, et que toute projection d'un rectangle sur une sphère provoque une distortion de la géométrie. L'affichage de raster se fait donc en définissant un couple "projection" et "système de coordonnée".

Ces couples "projection" et "système de coordonnée" sont appelés EPSG et sont normalisés : il existe des fonctions qui permettent de convertir les coordonnées d'un EPSG vers un autre EPSG. Sans rentrer dans les détails, ces EPSG, et permettent de limiter les distortions pour une région donnée. Un SIG permet de convertir des données fournies dans un EPSG pour les superposer avec des données définies dans un autre EPSG.

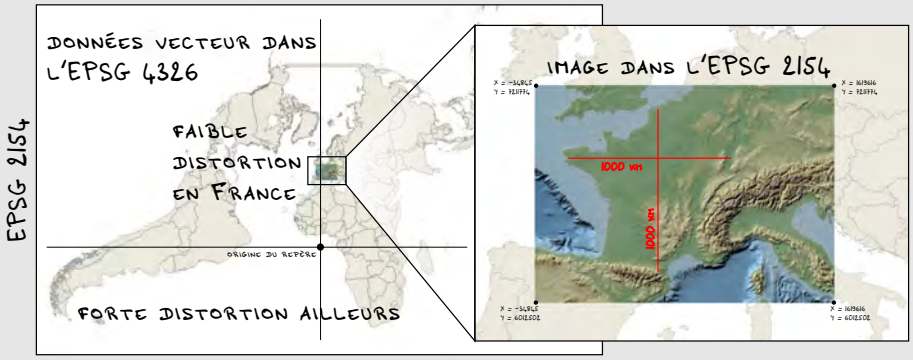
Procédure : Superposer des données de nature et d'EPSG différents

- Ouvrez un nouveau projet QGIS vide. Par défaut, l'EPSG proposé est le 4326 (WGS-84, c'est une projection cylindrique équidistante), qui utilise comme repère les latitudes et les longitudes en degré.
- Dans le champ "coordonnée" au bas de l'écran, tapez "world" : cette fonction permet de charger un fichier vecteur avec les limites des pays.
- Chargez le fichier "DONNEES_RASTER → DEM_EUROPE" qui contient la topographie de la France. Ce fichier est défini dans l'EPSG 2154 (Lambert 93, c'est une projection cônique, origine du repère à longitude et latitude 0, unités en mètres) qui limite les distortions sur le territoire métropolitain
- Les deux types de données, bien que dans deux EPSG différents, sont superposées
- Zoomez sur la France : elle apparait écrasée, et les bords du modèle numérique de terrain semblent arrondis.



Procédure : Choisir un EPSG adapté à la zone étudiée

- Changez le EPSG : double clic droit en bas à gauche de l'écran sur le symbole des EPSG
- Cherchez l'EPSG 2154 dans le champ de recherche, sélectionnez puis validez
- Le MNT de la France apparait rectangulaire, la France ne semble plus distordue, mais les coordonnées ne correspondent plus aux longitude/latitude en degré
- Dézoomez et observez le monde : plus on est loin de la France, plus les lignes de côtes semblent distordues.



Ainsi, il existe plusieurs EPSG, qui permettent de limiter les distortions géométriques pour une zone particulière. Aucun EPSG ne permettra d'obtenir un monde non distordu, dans la mesure où la projection d'une sphère sur un plan sans distortion est une opération impossible (équivalent à la quadrature du cercle)

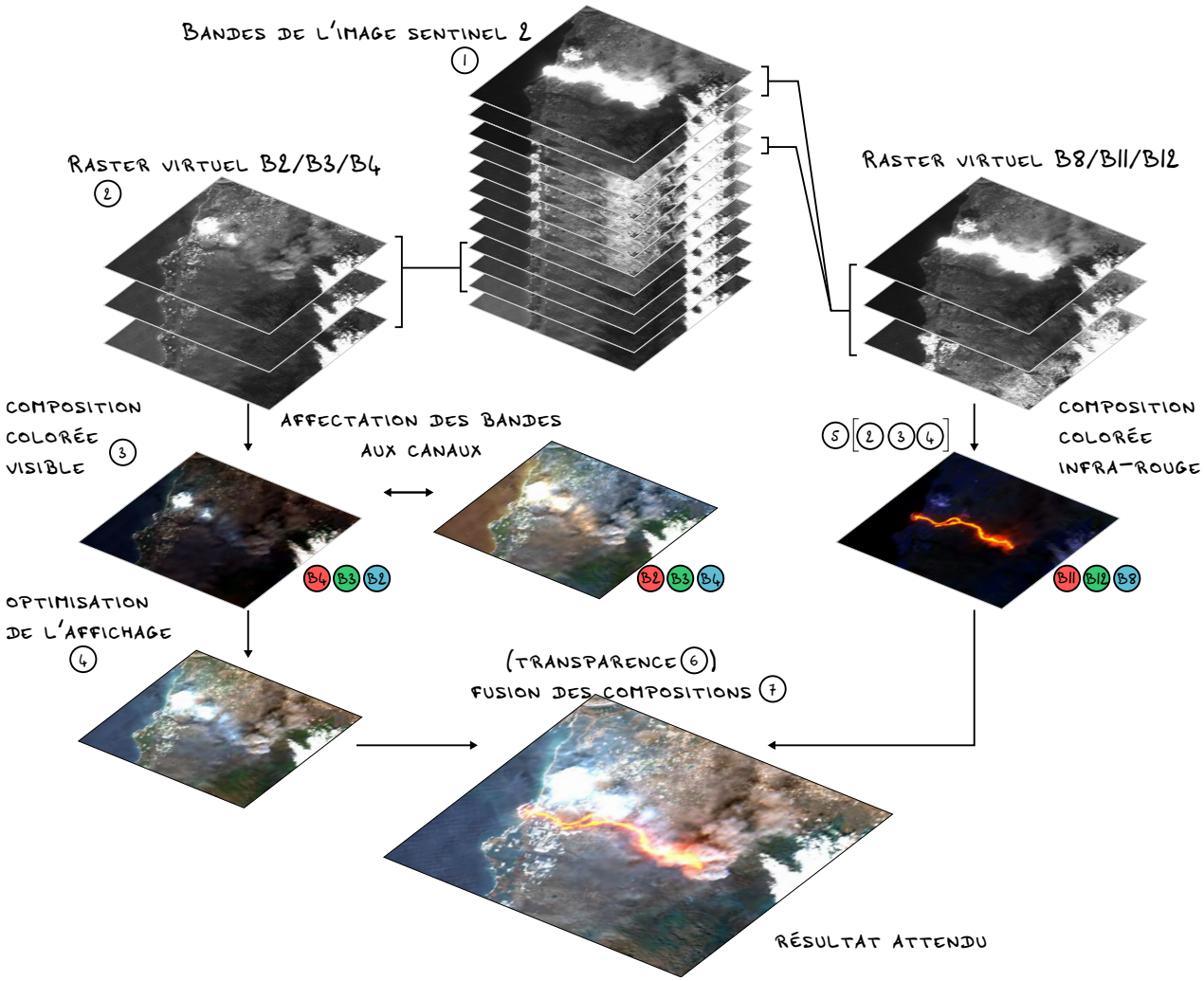
3 Etude d'une image sentinel 2 de l'éruption du Cumbre Vieja de 2021

Le Cumbre Vieja, un volcan de l'île La Palma des Canaries, est entré en éruption en septembre 2021. L'éruption a duré environ 3 mois et est la plus longue connue depuis que l'île est habitée.

Cette activité se base sur une image prise durant cette éruption, et a pour but principal de familiariser l'utilisateur avec l'interface et avec les raster de type "image satellite". L'image a été téléchargée à partir de EO Browser et l'activité commence avec les images brutes de téléchargement. Le principe est de vous rendre autonome pour pouvoir mettre en forme des images à partir de données récentes directement récupérables depuis internet. On verra :

- L'utilisation de raster à une bande (Etape 1)
- La construction de raster virtuels (nécessaires avec les données sentinel 2 pour profiter des 12 bandes (Etape 2)
- La réalisation d'une composition colorée en couleurs naturelles (Etape 2)
- L'amélioration du contraste (Etape 3)
- La réalisation d'une composition colorée à partir de données de 3 bandes infrarouges (Etape 4)
- La superposition des deux (Etape 5)

La figure ci-dessous résume ce qui sera vu.



Procédure : Étape 1 – Ouverture des données

- Créez un nouveau projet QGIS
- Ajoutez un fond de carte pour se repérer (ou au moins les limites des pays en tappant « world » dans le champ « coordonnées » en bas de la fenêtre QGIS)
- Ouvrez les 12 images contenues dans le répertoire « DONNEES_RASTERS/2021-09-30 » . Un simple "glisser/déposer" de toutes les images en même temps peut permettre de le faire
- Zoomez sur les Canaries (il est possible d'y arriver directement avec un clic droit sur le nom de couche d'une image puis → « zoom sur la couche »)
- Observez dans les différentes longueurs d'ondes : vous verrez des images ayant des résolutions différentes, et des détails différents en fonction des longueurs d'onde.

3.1 Faire une composition colorée en couleurs naturelles optimisée à partir de données sentinel 2

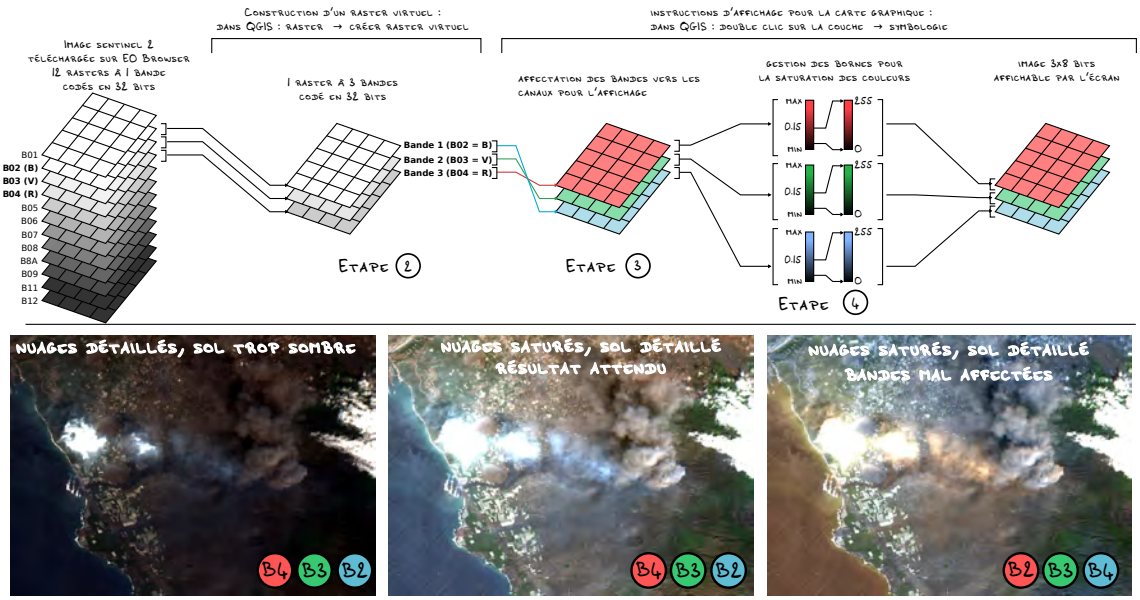
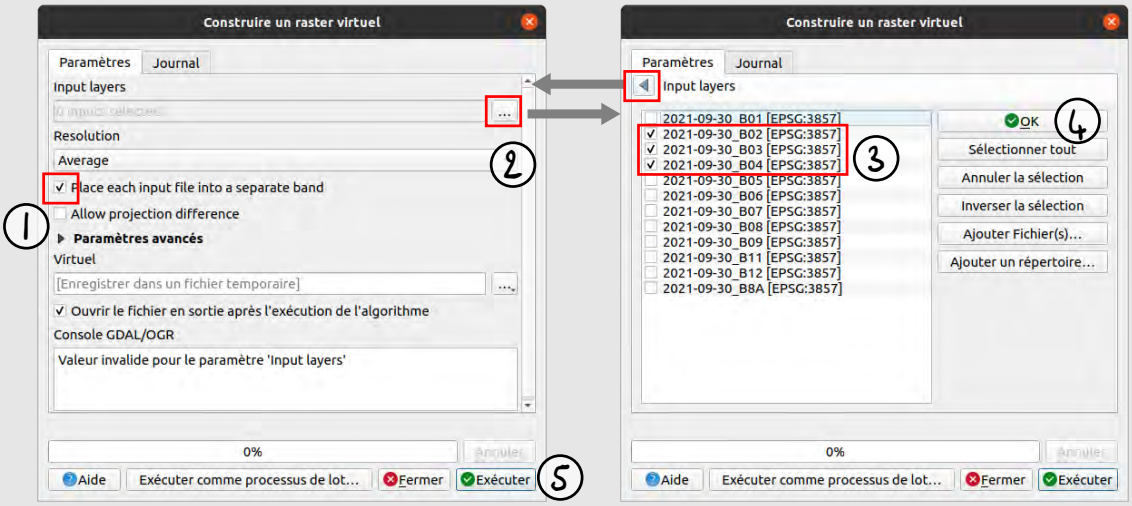


FIGURE 2 – Procédure schématique pour faire une composition colorée en couleurs naturelles

Procédure : Étape 2 – Création d'un raster virtuel à partir de différents fichiers

On dispose de 12 images correspondant aux réflectances dans les 12 longueurs d'onde. On va créer un raster virtuel en affectant la réflectance dans le rouge (bande 04), dans le vert (bande 03) et dans le bleu (bande 02) dans 3 bandes différentes.

- Dans le menu principal : allez dans « Raster » → « Divers » → « Construire un raster virtuel » .
- **1 –** Dans la fenêtre qui s'ouvre : cochez la check box « Place each input file into a separate band » : on indique que l'on va créer un raster contenant plusieurs bandes.
- **2 –** Cliquez sur le bouton « ... » qui va nous permettre de sélectionner les bandes à mettre dans le nouveau raster.
- **3 –** Cochez les bandes correspondant à la réflectance dans le rouge, le vert et le bleu (respectivement B04, B03 et B02).
- **4 –** Cliquez sur le bouton « OK », ce qui permet de revenir à la fenêtre précédente.
- **5 –** Cliquez sur le bouton « Exécuter », ce qui permet de lancer la construction du raster.



Dans la liste des couches, une nouvelle couche appelée « virtuel » apparait. Renommez la pour lui donner un nom plus explicite :

- Clic droit sur le nom de la couche → « Renommer la couche »
- Renommez la couche avec un nom explicite (par exemple « 2021-09-30_RGB »)

Aide en cas de problème : Fichier de secours

En cas de problème, ouvrez le fichier **DOSSIER_TP/2_A2_CUMBRE_1_COMPO_BGR.qgz** qui donne la composition colorée déjà réalisée

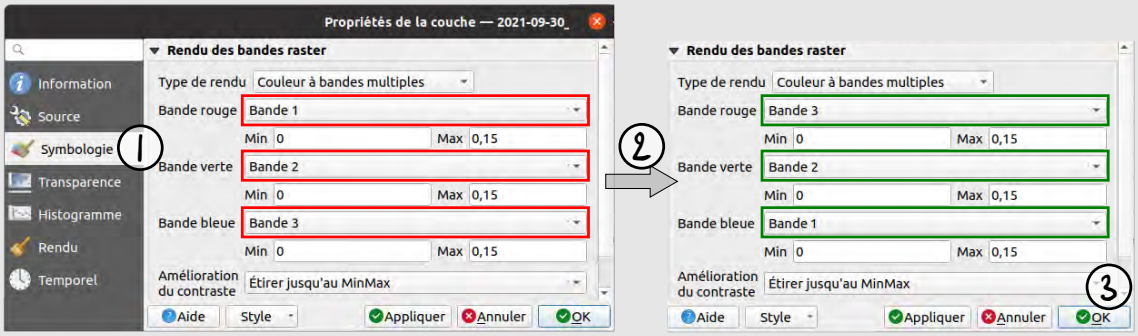
Procédure : Étape 3 – Affectation des bonnes bandes aux bons canaux

Par défaut, la composition colorée dans un raster virtuel se fait en affectant les bandes dans l'ordre dans lequel elles ont été positionnées à l'étape précédente. Ainsi, la bande 02 étant avant la 03, la 03 avant la 04, la composition colorée est donc construite avec des couleurs non naturelles :

- Le canal Rouge contient la B02 (1ere bande du raster), qui correspond à la réflectance dans le bleu.
- Le canal Vert contient la B03 (2eme bande du raster), qui correspond à la réflectance dans le vert.
- Le canal Bleu contient la B04 (3eme bande du raster), qui correspond à la réflectance dans le rouge.

On va affecter les bonnes bandes aux bons canaux

- Clic droit sur le raster virtuel (« 2021-09-30_RGB ») → « Propriétés...» (un double clic sur le nom de la couche permet d'arriver au même endroit).
- Dans la fenêtre qui s'ouvre, cliquez sur l'onglet « Symbologie » (généralement ouvert par défaut). C'est ici qu'on règlera tous les paramètres d'affichage des différentes couches.
- Affectez la bande 3 (qui contient la B04) au canal Rouge.
- Affectez la bande 1 (qui contient la B02) au canal Bleu.



Aide en cas de problème : Fichier de secours

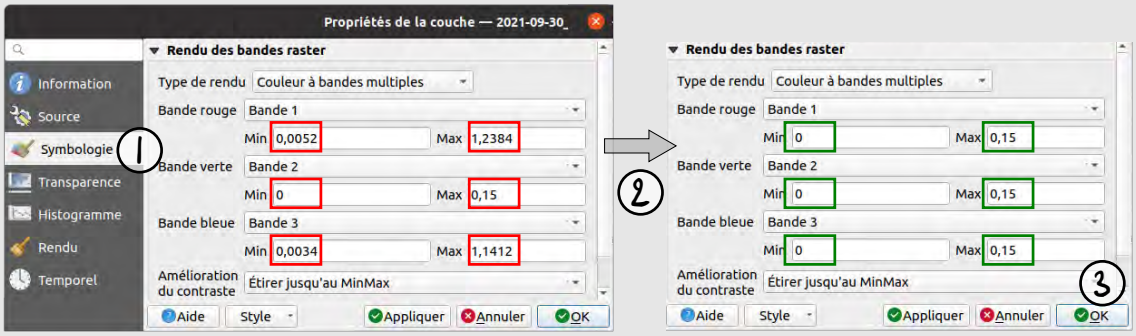
En cas de problème, ouvrez le fichier **DOSSIER_TP/2_A2_CUMBRE_1_COMPO_RGB.qgz** qui donne la composition colorée avec les bonnes bandes dans les bons canaux.

Procédure : Étape 4 – Optimiser l'affichage de l'image pour mieux voir les détails du sol

L'image de départ contient certains pixels très clairs (nuages) et d'autres très sombres. Pour mieux voir les détails du sol, on va saturer l'image pour avoir un meilleur étalement des couleurs sombres dans l'espace RGB, ce qui se fera au détriment des détails dans les valeurs claires : les nuages apparaitrons saturés.

- Clic droit sur le raster virtuel (« 2021-09-30_RGB ») → « Propriétés...» (un double clic sur le nom de la couche permet d'arriver au même endroit)
- Dans la fenêtre qui s'ouvre, cliquez sur l'onglet « Symbologie » (généralement ouvert par défaut). C'est ici qu'on règlera tous les paramètres d'affichage des différentes couches.
- Réglez les valeurs du minimum et du maximum entre 0 et 0.15 pour les trois canaux (RGB)

Toutes les valeurs au delà du maximum (ici 0.15) seront mises au maximum. Ainsi, on ne verra plus de différence entre les faibles variations des valeurs au delà de 0.15. Cette valeur de 0.15 n'est pas absolue, elle dépend de comment sont codées les informations dans les images.



Aide en cas de problème : Fichier de secours

En cas de problème, ouvrez le fichier **DOSSIER_TP/2_A2_CUMBRE_2_COMPO_RGB_opt.qgz** qui donne la composition colorée déjà optimisée

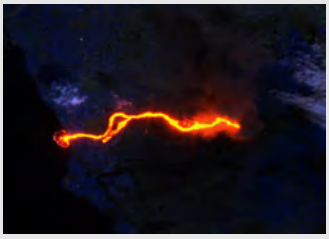
3.2 Faire une composition colorée pour montrer des longueurs d'ondes non visibles

Procédure : Étape 5 – Création d'un raster virtuel pour montrer l'écoulement de la lave

La lave chaude (500 à 1000°C) rayonne en infrarouge moyen, mais absorbe le rayonnement visible. Il est donc difficile de discriminer les coulées en cours des coulées plus anciennes et refroidies en regardant dans le visible, mais il est possible de les discriminer dans l'infrarouge.

- En suivant la même procédure que précédement, construisez un raster virtuel et optimisez l'affichage pour montrer quelles sont les coulées actives. Vour renommerez le raster obtenu en « 2021-09-30_IR » (pour infra-rouge)
- Vous affecterez :
  - la bande B8A (infra-rouge proche) au canal bleu
  - la bande B11 (infra-rouge lointain) au canal vert
  - la bande B12 (infra-rouge presque thermique) au canal rouge.
- Vous étirerez la dynamique du rouge, du vert et du bleu entre les valeurs minimales et maximales de chaque canal
  - « Propriétés...» → « symbologie » → « amélioration du contraste » → « étirer jusqu'à min max »
  - « Propriétés...» → « symbologie » → « paramètres de valeurs min max » → « min max ».

Le rendu attendu.
Ici, le choix d'affectation de la bande 12 (la plus lumineuse) dans le rouge et de la 11 (moins lumineuse) dans le vert, permet de donner l'impression de lave plus chaude au centre (jaune = rouge + vert) que sur les bords (que du rouge). La bande B8A, bien moins lumineuse, rend le centre de la coulée blanc (rouge + vert + bleu). À noter que ces couleurs ne sont que esthétique et ne reflètent en rien la couleur réelle de la coulée (marron sombre).



Aide en cas de problème : Fichier de secours

En cas de problème, ouvrez le fichier **DOSSIER_TP/2_A2_CUMBRE_3_COMPO_IR.qgz** qui donne la composition colorée déjà réalisée

3.3 Superposer deux compositions colorées pour superposer des informations

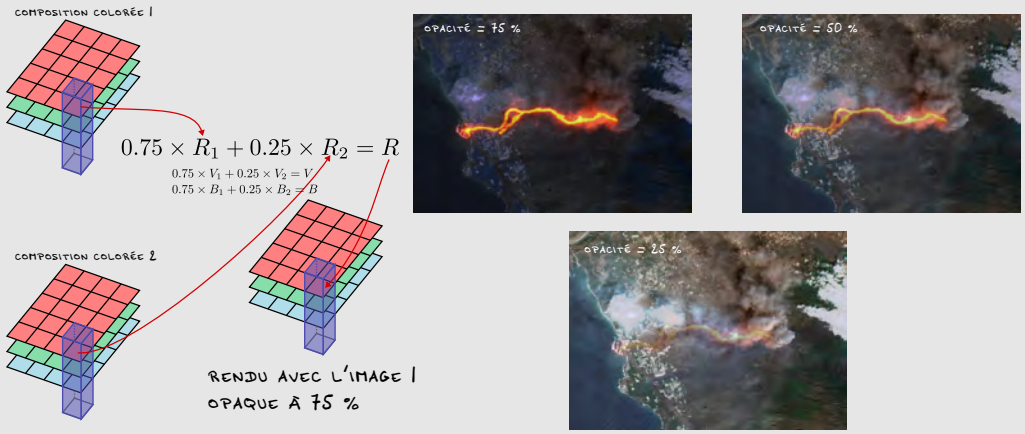
Procédure : Etape 6 – La transparence, c'est pas fou fou ...

Pour superposer deux images, il peut être tentant de rendre l'image du dessus plus ou moins transparente. Ce travail sur la transparence est effectué par la carte graphique à partir des images RGB en 8 bits issues des compositions colorées. La transparence n'affecte absolument pas les données de départ.

Le calcul de transparence par la carte graphique revient à construire une nouvelle image en calculant la moyenne pondérée des pixels des deux images, pour le rouge, le vert et le bleu ; On parle généralement d'opacité plutôt que de transparence, car l'opacité est équivalente à la pondération de l'image du dessus par rapport à l'image du dessous : ainsi une opacité de 75% revient à calculer pour la couleur C $0.75C_1 + 0.25C_2$.

Pour changer l'opacité :

- dans la pile des couches, vérifiez que l'image de la coulée (« 2021-09-30_IR ») est au dessus de l'image (« 2021-09-30_RGB »)
- clic droit sur la couche « 2021-09-30_IR » → « Propriétés...» → « Propriétés...» → onglet « Transparence »
- modifiez la valeur « opacité globale » puis validez
- testez différentes valeurs.



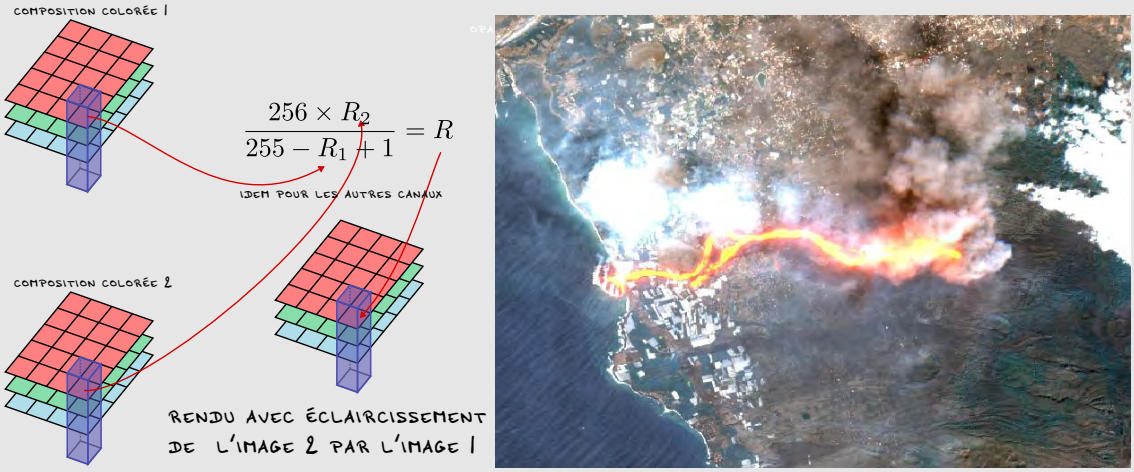
Le résultat n'est pas satisfaisant, dans la mesure où comme l'image du dessus est très sombre, une forte opacité masque l'image du dessous, et une faible opacité empêche de voir l'image du dessus.

Procédure : Étape 7 – Les modes de fusion c'est mieux !

Il existe différents modes de traitement d'une superposition d'images directement au niveau de la carte graphique. Un de ces modes, l'éclaircissement, permet de fusionner l'image du dessus dans celle du dessous.

Pour changer le mode de fusion :

- dans la pile des couches, vérifiez que l'image de la coulée (« 2021-09-30_IR ») est au dessus de l'image (« 2021-09-30_RGB »)
- vérifiez que l'opacité est à 100%
- clic droit sur la couche « 2021-09-30_IR » → « Propriétés...» → « Propriétés...» → onglet « symbologie »
- encart « Rendu de la couleur » → « mode de fusion » → « éclaircir »
- validez
- testez différents modes de fusion



Le résultat permet d'incruster correctement les zones de l'image de la coulée très claires, sans affecter l'image du dessous là où l'image des coulées est très sombre.

Aide en cas de problème : Fichier de secours

En cas de problème, ouvrez le fichier **DOSSIER_TP/2_A2_CUMBRE_4_FUSION.qgz** qui donne la fusion déjà réalisée.

4 Etude de cas : conséquences l'éruption du Cumbre Vieja de 2021

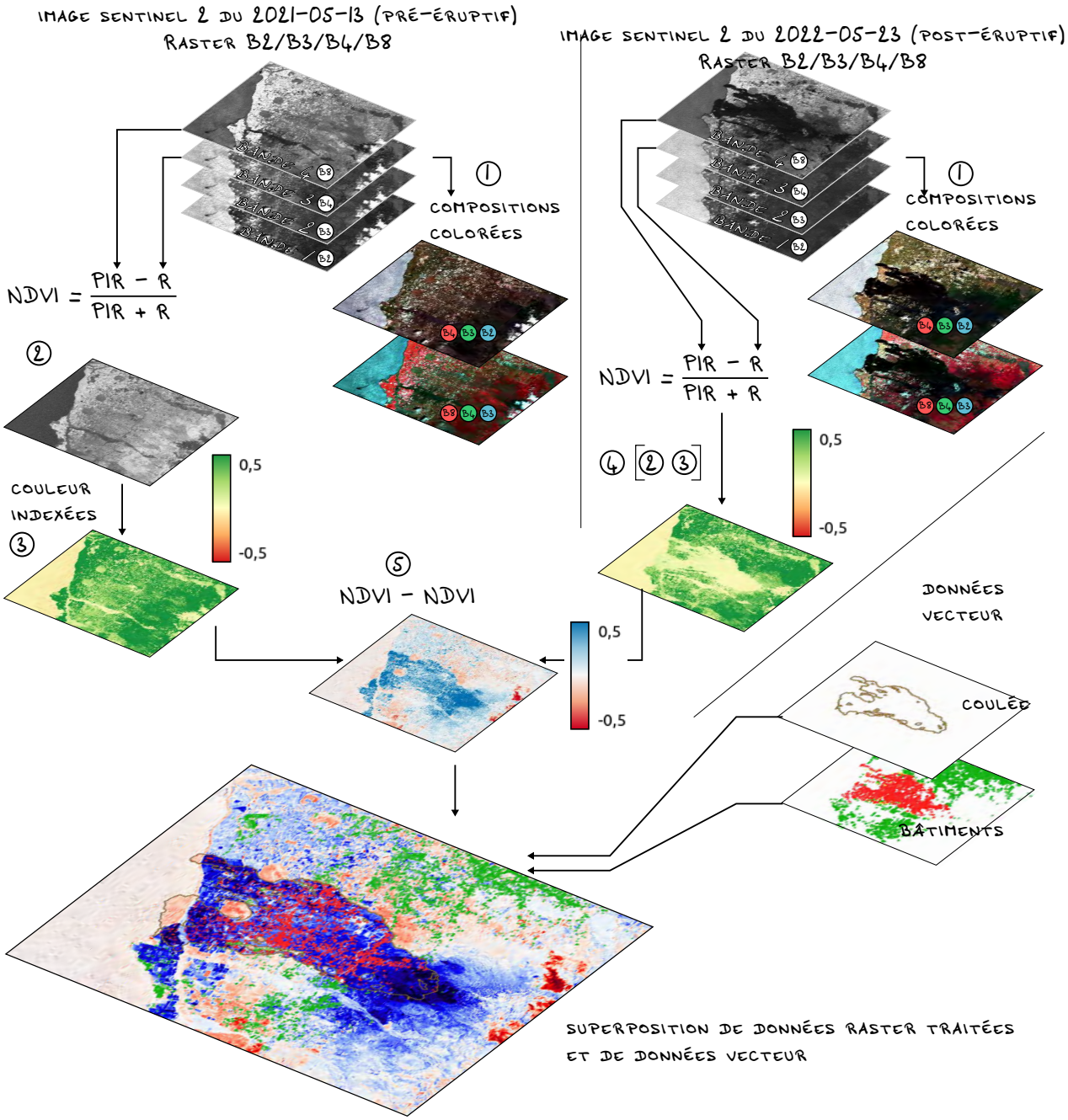
Cette activité se base sur la comparaison de 2 images sentinel 2, l'une avant l'éruption et l'autre après l'éruption. Le but de cette activité est de montrer quelques traitements faisables sur les raster (NDVI) et la superposition avec d'autres données, de type vecteur.

Les images fournies ont été récupérées à partir d'EO Browser, mais on commencera à travailler avec des raster déjà prêts, qui ne contiennent que les bandes dont nous aurons besoin. La construction des raster prend en effet un peu de temps, et a déjà été vue à l'activité précédente.

On verra :

- L'utilisation de raster à plus de 3 bandes (Etape 1)
- Les compositions colorées en fausses couleurs (Etape 1)
- L'utilisation de la calculatrice raster pour traiter des données (calcul de NDVI) (Etape 2 et 4)
- L'optimisation de l'affichage des images en couleurs indexées (Etape 3 et 4)
- L'affichage de données vecteur et leur contenu (Etape 5 et 6)

La figure suivante schématise ce qui sera fait :



4.1 Faire une composition colorée en fausses couleurs pour discriminer la végétation

Procédure : Étape 1 – Ouverture des données et compositions colorées

Deux raster virtuels ont été calculés à partir d'images prises avant et après l'éruption et sont mis à disposition dans le répertoire. Pour chaque raster, il y a 4 bandes correspondant à :

- **Bande 1 :** bande B02 de sentinel 2 (réflectance dans le bleu)
- **Bande 2 :** bande B03 de sentinel 2 (réflectance dans le vert)
- **Bande 3 :** bande B04 de sentinel 2 (réflectance dans le rouge)
- **Bande 4 :** bande B8A de sentinel 2 (réflectance dans l'infra-rouge proche)

On va faire une composition colorée en fausses couleurs, composition usuelle permettant de mettre en évidence la végétation et les bâtiments :

- importez l'image « 2021-05-13_BGRI » et dans un projet QGIS (« glisser /déposer »)
- clic droit sur le nom de la couche « 2021-05-13_BGRI » → « Propriétés...» → onglet « symbologie »
- affectez :
  - la bande 4 (B8A = infra-rouge) au canal rouge
  - la bande 3 (B04 = rouge) au canal vert
  - la bande 2 (B03 = vert) au canal bleu
- faites la même chose pour l'image « 2022-05-23_BGRI »

Vous pourrez à tout moment repasser en composition colorée naturelle en affectant les bandes visibles aux bons canaux si vous êtes plus à l'aise avec ce type de composition, mais la différence entre végétation et bâtiments y est moins visible.

Aide en cas de problème : Fichier de secours

En cas de problème, ouvrez le fichier **DOSSIER_TP/A3_CUMBRE_NDVI_O_IR_R_V.qgz** qui donne les deux compositions colorées en fausses couleurs

4.2 Calculer un NDVI

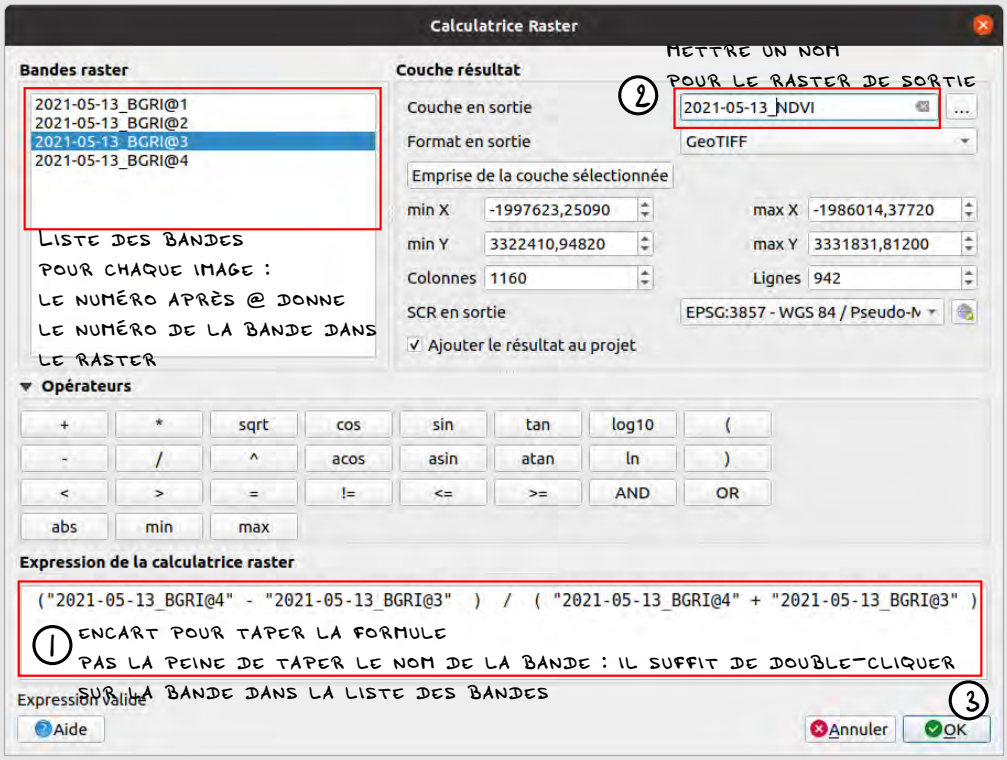
Procédure : Étape 2 – calculer le NDVI

Le NDVI est un indice de végétation permettant de quantifier la présence de végétation sur un pixel donné. Il est basé sur le fait que la végétation a une très forte réflectance dans l'infra-rouge proche (PIR) et très faible dans le rouge. Il est calculé pour chaque pixel selon :

$$NDVI = \frac{PIR - R}{PIR + R} \quad \in \quad [-1, 1]$$

Pour calculer le NDVI ou pour faire tout autre calcul sur des images, QGIS met à disposition une calculatrice RASTER

- barre de menu → « Raster» → « Calculatrice Raster »
- une nouvelle fenêtre s'ouvre, contenant toutes les bandes de tous les raster présents dans le projet, et un encart pour donner les instructions de calcul
- les bandes des raster sont désignées par leur numéro dans le raster : ainsi « 2021-05-13_BGRI@3 » correspond à la 3eme bande dans le raster, c'est à dire à la réflectance dans le rouge
- tapez le calcul du NDVI pour l'image « 2021-05-13_BGRI » : un double clic sur une bande permet de l'inclure dans le calcul
- donnez un nom au résultat du calcul (par exemple « 2021-05-13_NDVI »)
- validez
- le résultat du calcul apparait en tant que nouveau raster en nuances de gris dans la pile des couches



Résultat attendu
Les couleurs sombres indiquent un NDVI faible, alors que les claires indiquent un NDVI fort. Les zones cultivées (principalement des bananes à la Palma) sont très claires, d'anciennes coulées de lave sont peu végétalisées et des cônes de scories peu végétalisés apparaissent en gris.

Aide en cas de problème : Fichier de secours

En cas de problème, ouvrez le fichier **DOSSIER_TP/A3_CUMBRE_NDVI_1_NDVI.qgz** qui donne les deux NDVI

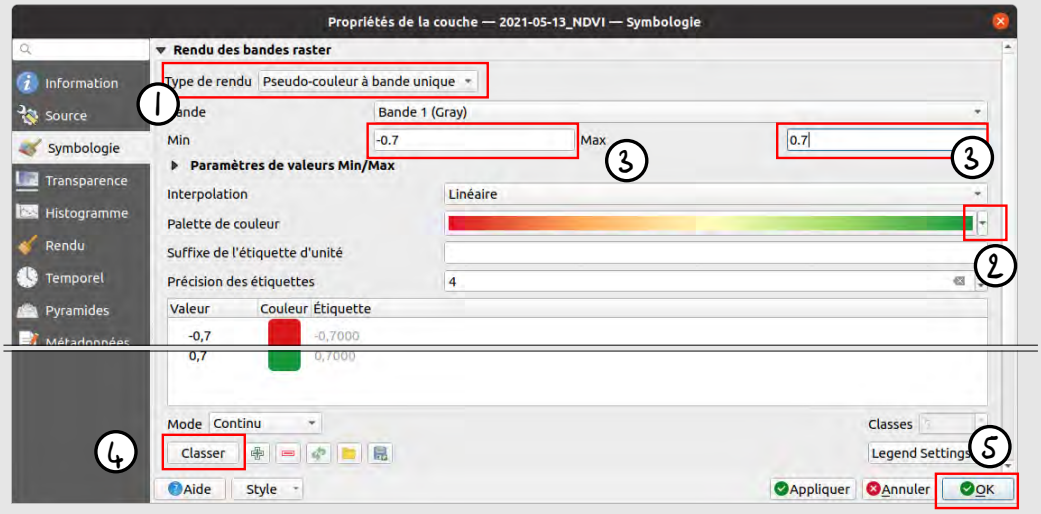
Procédure : Étape 3 – mise en forme du NDVI

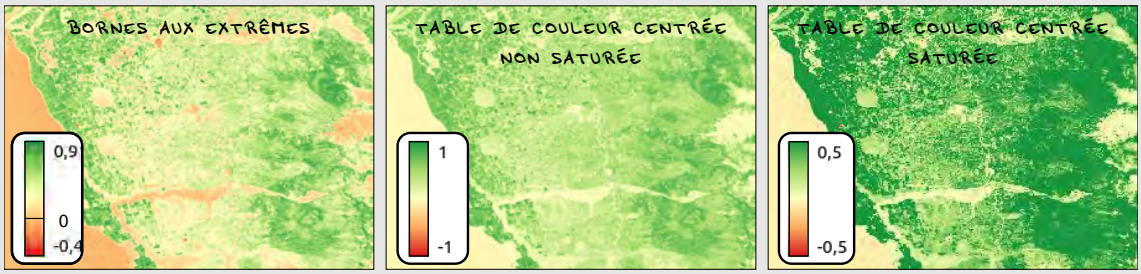
Le résultat du calcul du NDVI est présenté sous forme d'image en nuances de gris. L'utilisation d'une table de couleurs peut permettre de donner du sens aux couleurs d'un raster à une seule bande :

- clic droit sur le nom de la couche « 2021-05-13_NDVI » → « Propriétés...» → onglet « symbologie »
- « type de rendu » → « Pseudo-couleur à bande unique » (manière longue de dire couleurs indexées)
- choisissez une table de couleurs qui ait du sens : comme le NDVI est normalisé entre -1 et 1, j'aime personnellement bien les tables à 3 couleurs, avec une couleur claire centrée sur 0. Comme le NDVI concerne la végétation, prenons une table dont une des deux extrémités est le vert
- « Palette de couleurs » → « flèche vers le bas » → « tous les dégradés » → « RdYlGn » (pour Red-Yellow-Green).

Par défaut, la palette de couleurs sera étalée entre les valeurs minimale et maximale du raster, et ne sera pas forcément centrée. Pour saturer le rendu et centrer la table de couleurs, on peut contraindre les bornes minimales et maximales :

- « min » → mettre -0.5
- « max » → mettre 0.5.





Procédure : Étape 4 – calculer et mettre en forme le NDVI de la seconde image

Refaites les étapes 2 et 3 pour la seconde image « 2022-05-23_BGRI ».

Aide en cas de problème : Fichier de secours

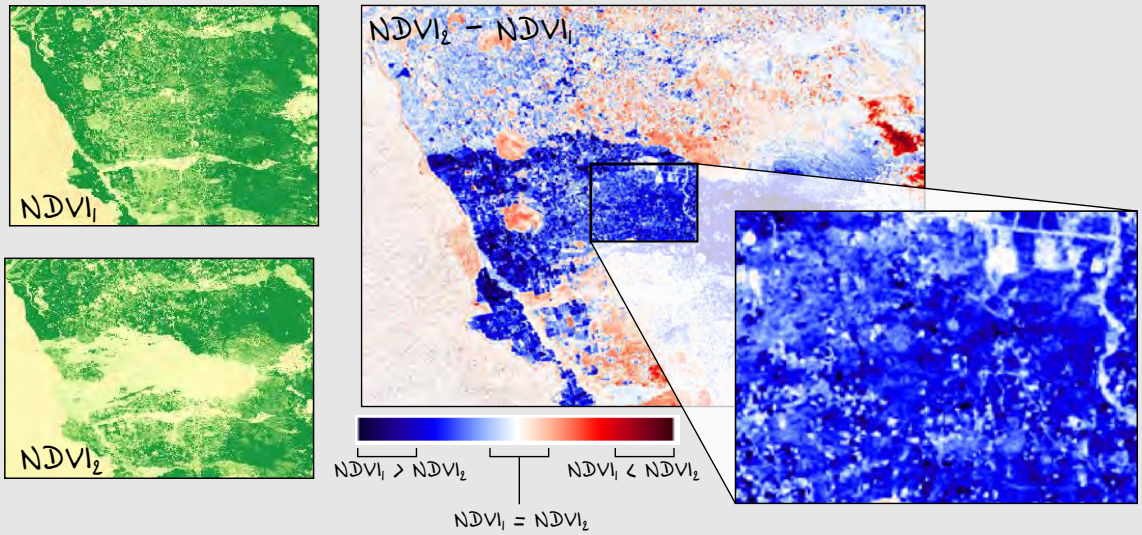
En cas de problème, ouvrez le fichier **DOSSIER_TP/A3_CUMBRE_NDVI_2_NDVI_OPT.qgz** qui donne les deux NDVI.

4.3 Comparer des NDVI pour mettre en évidence les bâtiments détruits et l'impact sociétal de l'éruption

Procédure : Étape 5 – faire la différence des NDVI

Utilisez la calculatrice raster pour faire la différence entre les NDVI calculés pour les deux dates.

- Vous ferez « 2022-05-23_NDVI » - « 2021-05-13_NDVI »
- Vous choisirez une table de couleurs avec 2 pôles colorés et un centre clair, que vous centrerez entre -0.5 et 0.5
- On interpretera le rendu après.



Aide en cas de problème : Fichier de secours

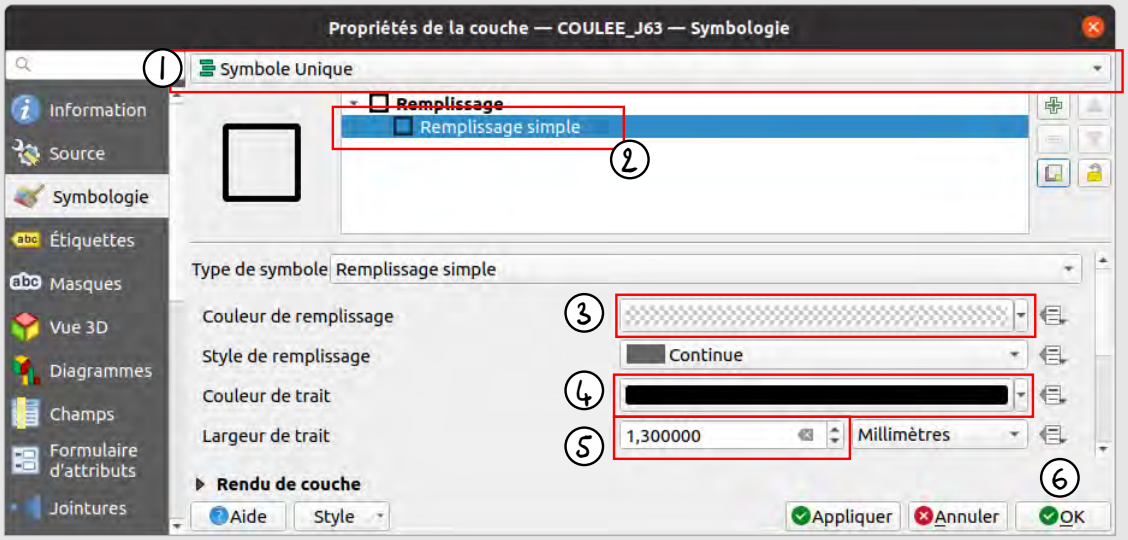
En cas de problème, ouvrez le fichier **A3_CUMBRE_NDVI_3_DIFF.qgz** qui donne la différence de NDVI mise en forme.

4.4 Ajouter des données vecteur et interpréter le calcul

Procédure : Étape 6 – importer et mettre en forme le contour de la coulée

On va afficher une donnée vecteur contenant le contour de la coulée. Les données vecteurs sont des objets géométriques géoréférencés, qui seront affichés sous forme d'objet svg (scalar vector graphic) et contiennent toutes les propriétés de ce type d'objet (comme sous tout bon logiciel de dessin vectoriel comme Inkscape)

- Ajoutez le fichier « DONNES_VECTEURS/COULEE_J63.json » par un simple « glisser/déposer »
- clic droit sur le nom de la couche « COULEE_J63 » → « Propriétés...» → onglet « symbologie »
- 1 – verifiez que le style d'affichage est à « symbole unique »
- 2 – cliquez sur « remplissage simple » qui permet de paramétrer toutes les propriétés de l'affichage
- 3,4 et 5 – modifiez les paramètres de transparence, de couleur de contour et d'épaisseur de contour
- 6 – validez



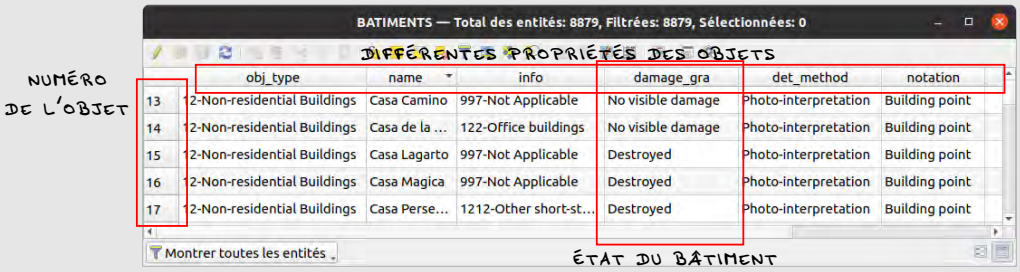
Aide en cas de problème : Fichier de secours

En cas de problème, ouvrez le fichier **DOSSIER_TP/A3_CUMBRE_NDVI_4_COULEE.qgz** qui donne la coulée mise en forme.

Procédure : Étape 7 – comprendre que les données vecteur sont un tableau de paramètres

On va afficher une donnée vecteur contenant la position des bâtiments et infrastructures de la zone. Les fichiers vecteurs contiennent des données supplémentaires pour chaque objet présent dans le fichier. On va d'abord regarder les données avant de modifier leur rendu en fonction du type de données.

- Ajoutez le fichier « DONNES_VECTEURS/BATIMENTS.json » par un simple « glisser/déposer »
- clic droit sur le nom de la couche « BATIMENTS » → « Ouvrir la table d'attributs »
- une fenêtre s'ouvre, présentant les données associées à chaque objet vecteur (ici des points).

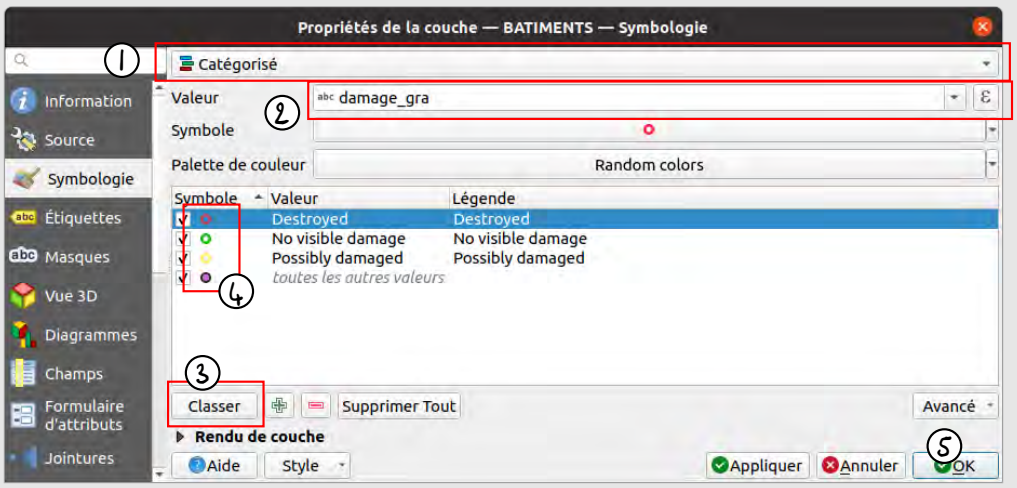


	obj_type	name	info	damage_gra	det_method	notation
13	12-Non-residential Buildings	Casa Camino	997-Not Applicable	No visible damage	Photo-interpretation	Building point
14	12-Non-residential Buildings	Casa de la ...	122-Office buildings	No visible damage	Photo-interpretation	Building point
15	12-Non-residential Buildings	Casa Lagarto	997-Not Applicable	Destroyed	Photo-interpretation	Building point
16	12-Non-residential Buildings	Casa Magica	997-Not Applicable	Destroyed	Photo-interpretation	Building point
17	12-Non-residential Buildings	Casa Perse...	1212-Other short-st...	Destroyed	Photo-interpretation	Building point

Procédure : Étape 8 – mettre en forme les données sur les bâtiments en fonction de leur état

On va maintenant paramétrer l'affichage pour que la couleur de chaque point renseigne sur l'état du bâtiment (détruit, potentiellement détruit, non détruit), tout en permettant de ne pas masquer ce qui est dessous

- clic droit sur le nom de la couche « BATIMENTS » → « Propriétés...» → onglet « symbologie »
- 1 – mettre le style d'affichage est à « Catégoriser » : on va créer des catégories d'affichage
- 2 – mettre « valeur » au champ de données « damage_gra » : on indique quelles catégories on veut
- 3 – cliquer sur « classer » : permet de trouver le nombre de catégories
- 4 – éditer le style des catégories (comme vu pour la coulée) : mettez une couleur de contour et un fond transparent pour chaque catégorie.
- 5 – validez



Procédure : Étape 9 – mettre en forme les données sur les bâtiments en fonction de leur état

Vous pouvez importer et paramétrer l'affichage pour les routes, le réseau d'eau et ajouter les lignes de niveau.

Aide en cas de problème : Fichier de secours

En cas de problème, ouvrez le fichier **DOSSIER_TP/A3_CUMBRE_NDVI_FULL.qgz** qui donne le projet complet, avec les routes, les batiments ... colorés en fonction de leur état

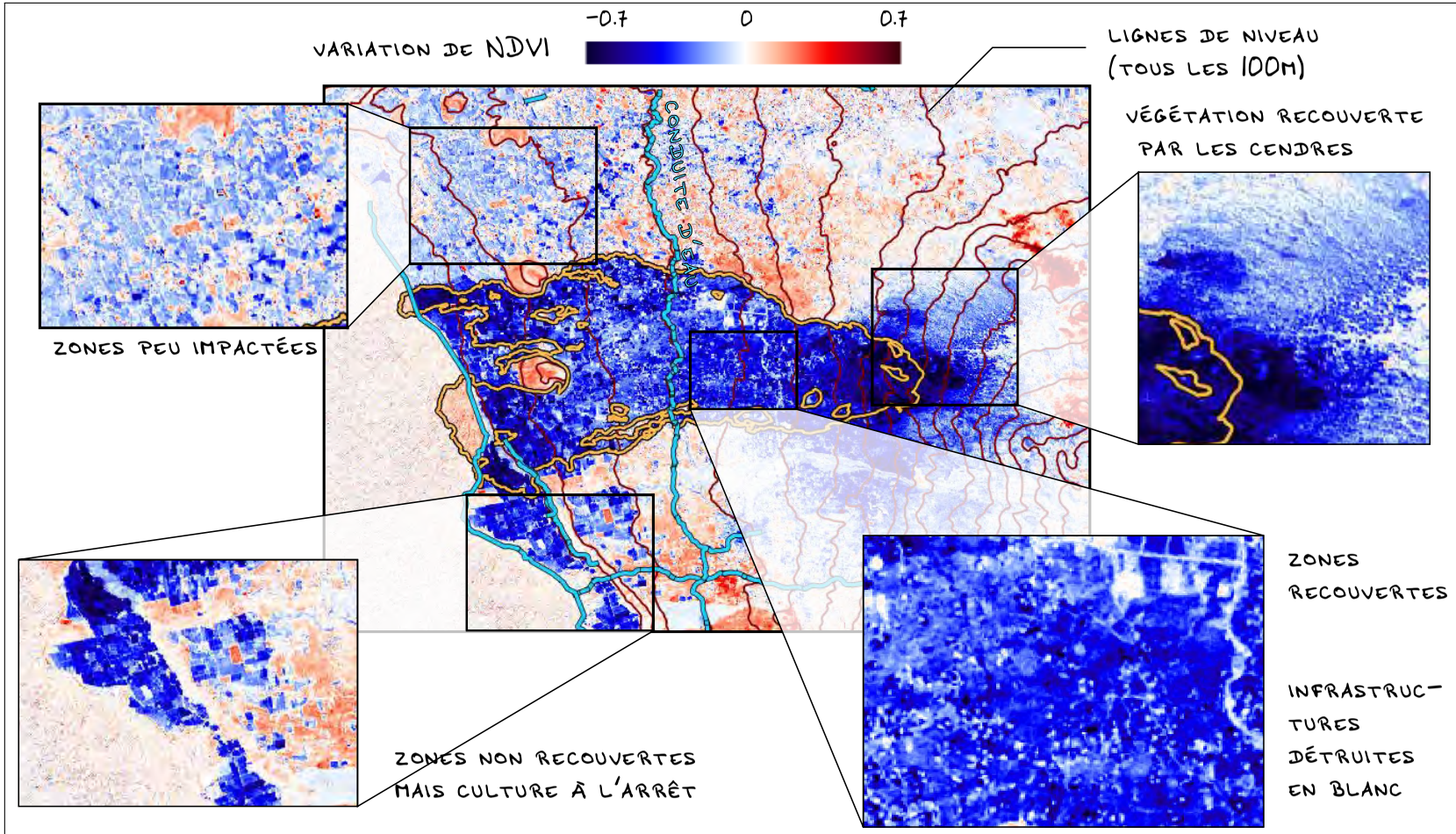


FIGURE 3 – Interprétation des variations de NDVI

De manière générale : Une différence négative indique qu'il y a une perte de végétation (en bleu), une différence positive indique qu'il y a un gain de végétation. La différence ne va pas s'interpréter de la même manière en fonction des zones.

Sur les zones recouvertes par la coulée : Les zones bleues correspondent au fait que la végétation a été recouverte par la coulée : la différence est globalement négative. En revanche, les points blancs indiquent des zones où le NDVI n'a pas changé : ces zones correspondent à des surfaces déjà anthropisées (routes, bâtiments...) : la différence de NDVI permet de cartographier rapidement les infrastructures recouvertes par la coulée! Il y a des zones bleu sombre, qui peuvent correspondre à des zones très végétalisées recouvertes (jardins).

Sur les zones non recouvertes : À l'ouest, on voit des parcelles rectangulaires très bleues, il s'agit de cultures de bananes où la végétation a périclité. Celà peut être dû à l'évacuation de la zone pendant l'éruption, les cultivateurs n'ayant alors plus entretenu les cultures. La coulée a par ailleurs recouvert une conduite d'eau : il est possible que cette conduite alimentait les cultures au sud de la coulée, et qu'il n'a plus été possible d'arroser correctement. L'eau s'écoule effectivement du Nord au sud, car l'altitude de la conduite est légèrement au dessus d'une ligne de niveau au Nord, et elle passe légèrement au dessous au sud. Une autre hypothèse (que je n'ai pas pu vérifier) et que la différence de NDVI est simplement due à la technique de culture (qui peuvent être protégées par des filets)

Plus au nord, on voit que les cultures n'ont pas subi de dommages.

À l'est, sur les reliefs à proximité des bouches erruptives, la végétation a périclité de manière graduelle par rapport aux points de sortie de la lave : il est probable que cette baisse du NDVI soit due aux cendres volcaniques retombées sur le sol.

5 Comment réaliser une classification avec le plugin SCP de QGIS

5.1 Installation du plugin SCP

Procédure : Étape 1 – Installation du plugin si il n'est pas déjà installé

Avant de commencer la classification, assurez-vous de disposer dans votre dernière version de QGIS de l'extension nécessaire à sa réalisation. Pour cela, il vous faudra une connexion internet et suivre les étapes suivantes :

1. Ouvrir la version de QGIS 3.22.X
2. Aller sur l'onglet « Extensions »
3. Puis « Installer/gérer les extensions »
4. Une nouvelle fenêtre apparaît :
5. Aller dans le menu déroulant et chercher si l'extension « Semi-Automatic Classification Plugin » est cochée.
6. Si oui, passer directement à l'étape n° 7. Dans le cas contraire, sélectionner la ligne de l'extension et cliquer sur le bouton (en bas à droite de la fenêtre) : « Installer le plugin » : . Attendre la fin du téléchargement.
7. Fermer la fenêtre « Extensions ». Un Menu SCP est apparu sur votre écran, ainsi qu'une barre d'outils :

5.2 Préparer la classification

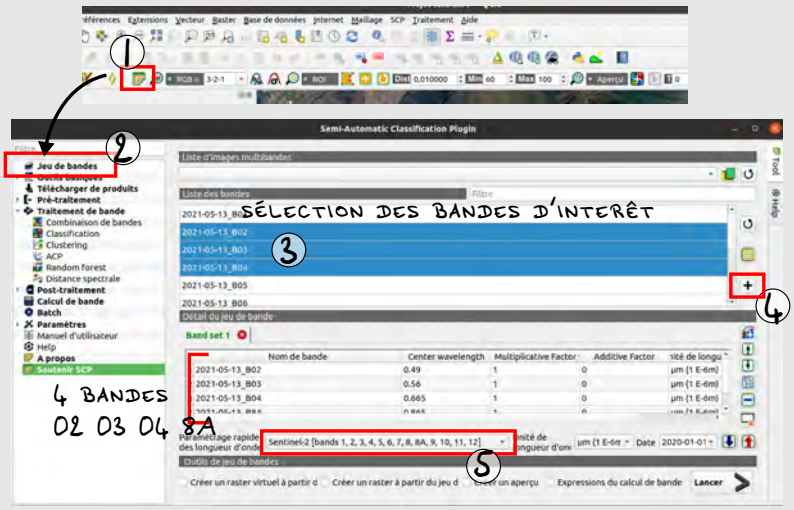
Procédure : Étape 2 – Créer un jeu de bandes d'intérêt pour la classification

Ouverture des données

- Créez un nouveau projet QGIS
- Intégrez toutes les bandes du répertoire **DONNEES_RASTERS/2021-05-13**

Avant de commencer la classification, il faut définir un ensemble de bandes sur lesquelles on fera la classification. On ne fera la classification que sur les bandes de résolution 10 mètres (bande 02,03,04 et 8A)

Création d'un jeu de bande pour procéder à la classification



- **1 :** Cliquer sur
- **2 :** Dans le menu sur la gauche, sélectionner la ligne **Jeu de bandes**
- Dans la première partie grisée intitulée « Liste des bandes », au centre de la fenêtre du plugin, cliquer sur le bouton « actualiser »
  Les différentes bandes présentes dans le projet s'affichent.
- Si la liste du bas n'est pas vide, purgez la en cliquant sur
- **3-4 :** Sélectionnez les bandes B02, B03, B04 et B8A, et cliquez sur le bouton + à chaque fois pour les intégrer au « détail du jeu de bandes » .
- **5 :** Paramétrez le champ suivant à :

  Paramétrage rapide des longueur d'onde | Sentinel-2 [bands 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 8A, 9, 10,

  Cette étape permet d'indiquer à quelle longueur d'onde correspond chaque bande (les informations sont fournies par le plugin). Il reconnait le nom des bandes et affecte la bonne valeur de longueur d'onde.
- Il n'est pas nécessaire de cliquer sur aucun autre bouton

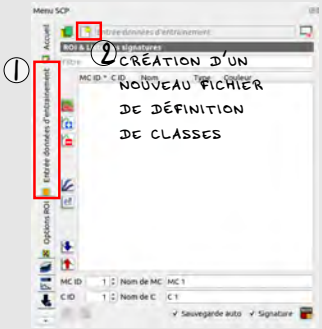
Aide en cas de problème : Fichier de secours

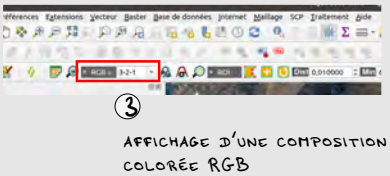
En cas de problème, ouvrez le fichier **DOSSIER_TP/A4_CUMBRE_CLASSIF_1_PREP.qgz** qui donne 2 jeux de bandes déjà prêts (pour la période pré et post éruptive)

Procédure : Étape 2 – préparer l'entrainement pour la classification

Création d'une image RGB et d'un jeu d'entrainement pour la classification

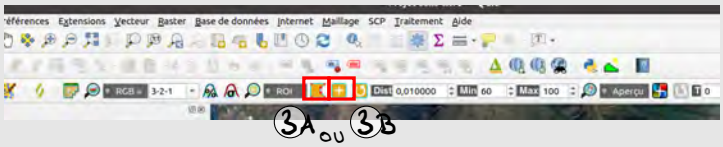
- **1 :** Dans le menu de SCP, cliquez sur l'onglet vertical **Entrée des données d'entrainement**
- **2 :** Cliquer sur le bouton et écrire le nom souhaité pour la classification. Exemple : Cumbre Vieja.
- Une nouvelle couche apparait dans la pile des couches. Faites la remonter au premier plan
- **3 :** Dans la barre d'outil de SCP (raccourcis en haut de l'écran), sélectionnez dans le déroulant **RGB** les valeurs **3-2-1**
- Une nouvelle couche apparait dans la pile des couches, qui contient l'image RGB de la zone. Faites la remonter au second plan, sous la couche d'entrainement. Vous pouvez renommer cette couche avec un nom plus explicite. Cette couche nous servira de repère pour définir les classes.

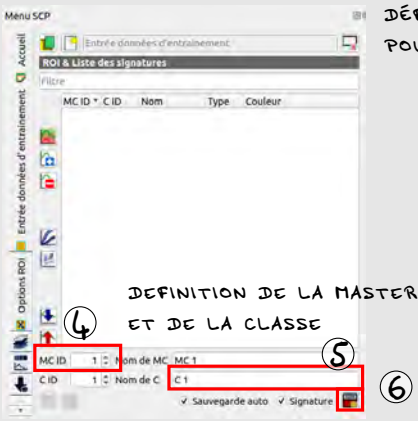


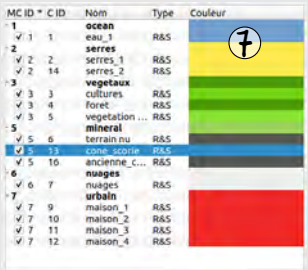


Définition des zones à classer

La classification nécessite de renseigner des zones dont on connait la nature, que l'on appelle **classe** (végétation, ou mer par exemple). Ces classes peuvent être regroupées en **Master classes**, ainsi une pelouse rase ou un champ cultivé appartiendrons à une masterclasse végétation. QGIS cherchera ensuite à quelle classe tous les pixels de l'image correspondent le mieux. Il est donc nécessaire dans un premier temps de définir les différentes classes de référence.







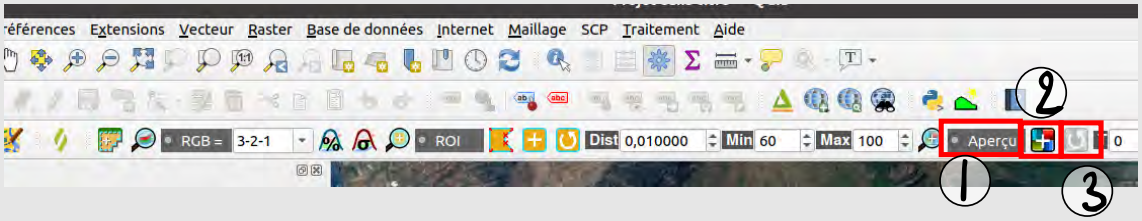
- **3 – définition d'une zone pour la classe :** Pour sélectionner un même ensemble, correspondant à une classe : il y a 2 possibilités : soit on dessine un polygone, soit on sélectionne des pixels contigüs similaires
  - **3A – polygone :** Cliquer dans la barre d'outils sur « Create a ROI polygon » . Faire les différents point du polygone en faisant des points avec le clic gauche de la souris. Lorsque le polygone est fini, faire le dernier point avec le clic droit de la souris. Le polygone apparaît en orange sur l'image.
  - **3B – pixels similaires contigus :** cliquez sur le bouton :, puis sur un pixel de l'image, (vous pouvez modifier la valeur de tolérance de l'outil de sélection en modifiant la valeur DIST du menu principal), puis cliquez sur pour actualiser la nouvelle sélection.
- **4 et 5 : paramètres de la classe**
  - **définition de classe** : Dans la partie « Menu SCP », « Nom de MC » : donner le nom de la classe : exemple : Eau ; dans la partie « Nom de C » : une précision de ce polygone : exemple : Océan atlantique.
  - définition d'une nouvelle masterclasse : il faudra changer le « MC ID » et augmenter le niveau. Si la classe est identique garder le même chiffre que la classe identifiée précédemment. Identifier cette nouvelle sous classe « Nom de C ». *Remarque : Ne pas toucher au « C ID » (sauf si vous réalisez une suppression de sous-classe).*
- **6 : calcul des propriétés spectrales de la classe :** Une fois les noms et la masterclasse attribués, cliquer sur le bouton pour enregistrer votre classe. Le logiciel calcule alors la signature spectrale du polygone.
- **7 : couleurs** un double-clic sur la couleur vous permet de choisir une couleur pour la classe.
- **En cas de problème :** un fichier de définition de classe est disponible à cette adresse : **DOSSIER_TP/CLASSIFICATION/2021-05-13.scp**

5.3 Prévisualiser et lancer la classification

Procédure : Étape 3 – prévisualiser la classification (facultatif)

La qualité des classifications dépend des classes définies. Il peut être utile de vérifier localement le résultat avant de lancer un gros calcul.

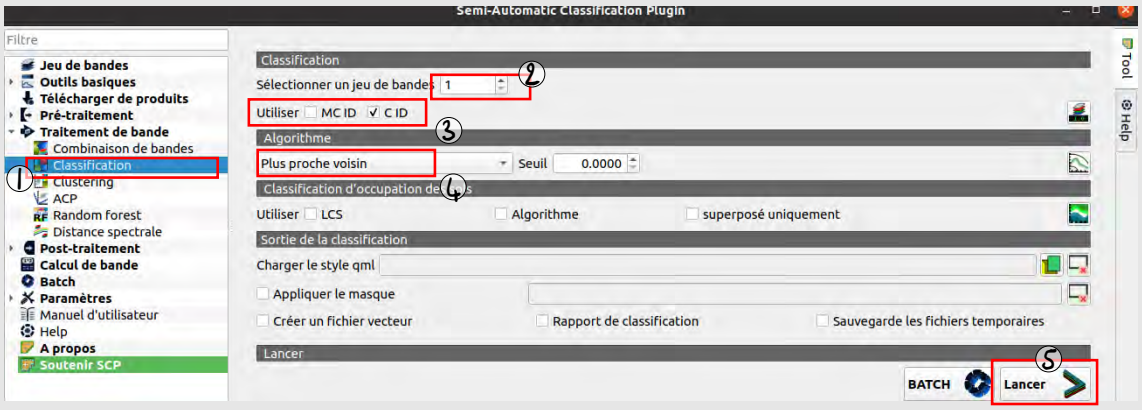
- **1 :** vérifiez que l'apperçu est actif (un point à côté), sinon cliquez dessus
- **2 :** ajoutez une zone d'aperçu en cliquant sur ce bouton, puis en cliquant sur une zone d'intérêt sur l'image
- **3 :** si vous avez changé des classes, il suffit de cliquer sur ce bouton pour actualiser les preview déjà paramétrés.



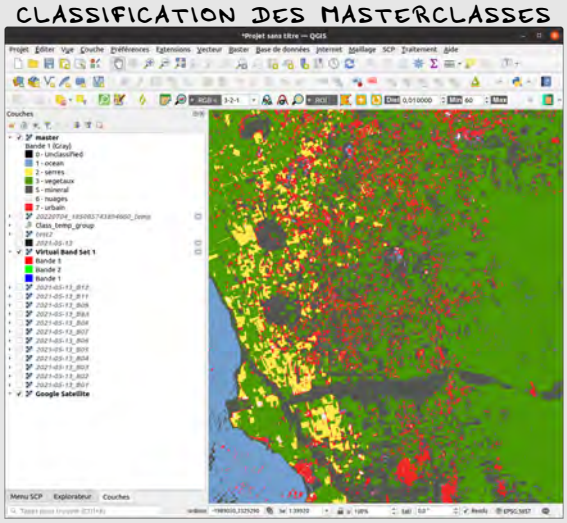
Procédure : Étape 4 – calculer la classification

La qualité des classifications dépend des classes définies. Il peut être utile de vérifier localement le résultat avant de lancer un gros calcul.

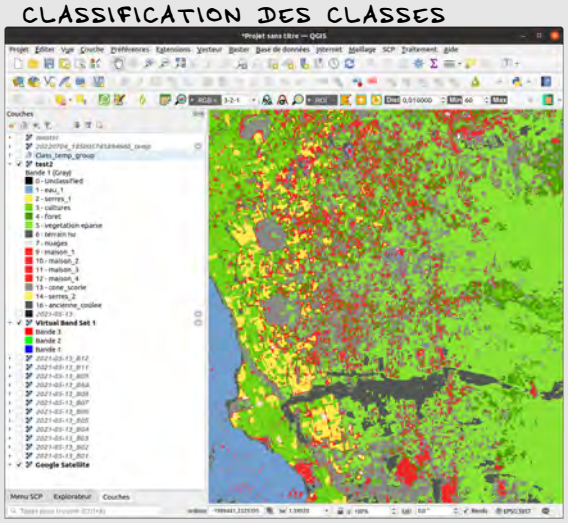
- Cliquer sur
- **1 :** Cliquez sur Classification
- **2 :** Choisir le jeu de bandes sur lequel faire la classification (à priori il n'y en a qu'une, mais si vous travaillez sur plusieurs images, il pourra y en avoir plusieurs)
- **3 :** Choisir si on va classer en fonction des classes ou des masterclasses
  - choisir classe donnera autant de classes que de polygones définis
  - choisir masterclasse regroupera tous les polygones appartenant à la même masterclasse. Il est ainsi possible de regrouper des pixels ayant des signatures très différentes (par exemple des bâtiments avec un toit rouge ou un toit blanc)
- **4 :** testez différents algorithmes
- **5 :** lancez la classification. Il vous sera demandé de choisir un répertoire pour l'enregistrement du calcul. La classification sera automatiquement importée, et apparaitra sous forme d'un raster ayant sa propre légende.



CLASSIFICATION DES MASTERCLASSES



CLASSIFICATION DES CLASSES



Aide en cas de problème : Fichier de secours

En cas de problème, ouvrez le fichier **DOSSIER_TP/A4_CUMBRE_CLASSIF_2_FULL.qgz** qui donne 3 classifications (2 pour l'image avant l'éruption, par classe et masterclasse et une par masterclasse pour la période après l'éruption)

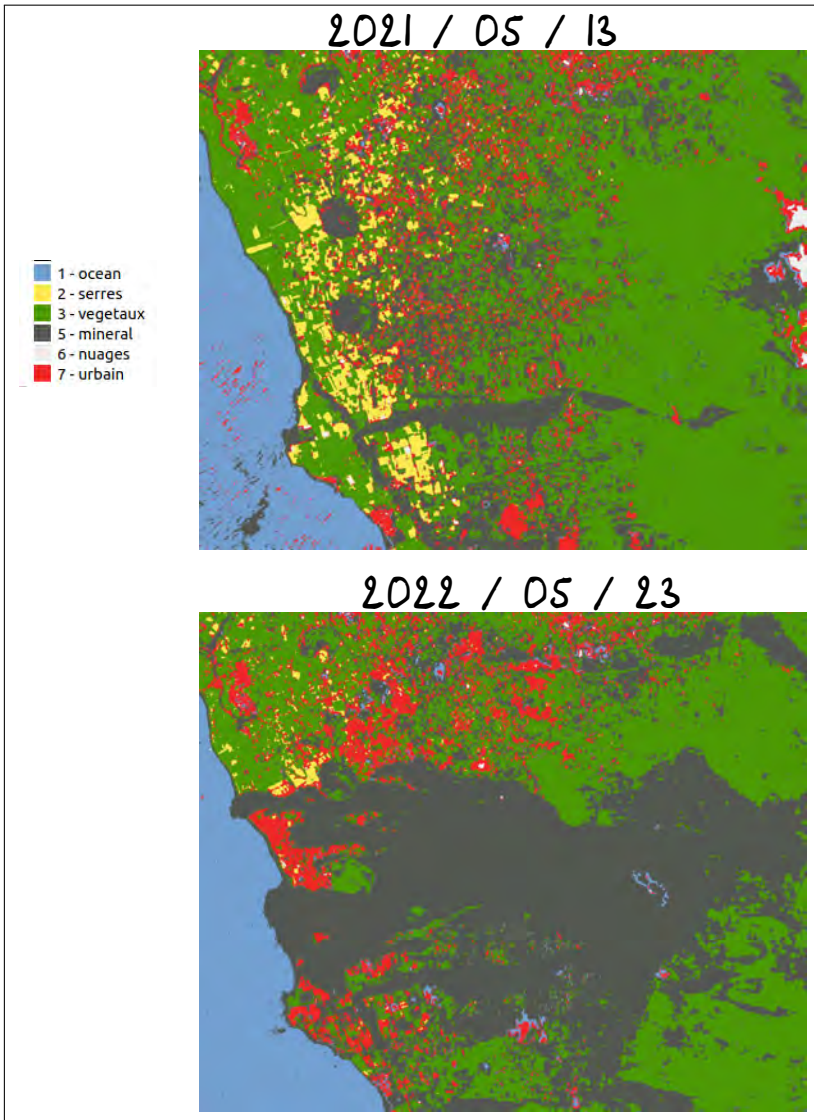


FIGURE 4 – Comparaison de classification avant et après l'éruption

Ici, ce sont deux classifications sur les masterclasses qui sont présentées, et qui ont été réalisées à partir du fichier de définition de classes réalisée pour la première image (on récupère les mêmes classes et on classifie la seconde image). On voit très bien la coulée due à l'éruption. En revanche, certaines zones classées comme des zones urbaines sur la seconde image correspondent en fait au champs laissés à l'abandon dans la 1ere image suite à l'éruption. Ceci peut être dû au fait que d'après les classes définies, la végétation morte a des propriétés spectrales proches des bâtiments.

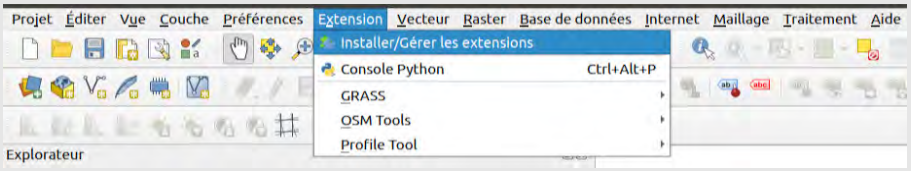
6 Extensions complémentaires bien utiles pour QGIS

6.1 Extension QuickMapServices : (affichage de différents fonds)

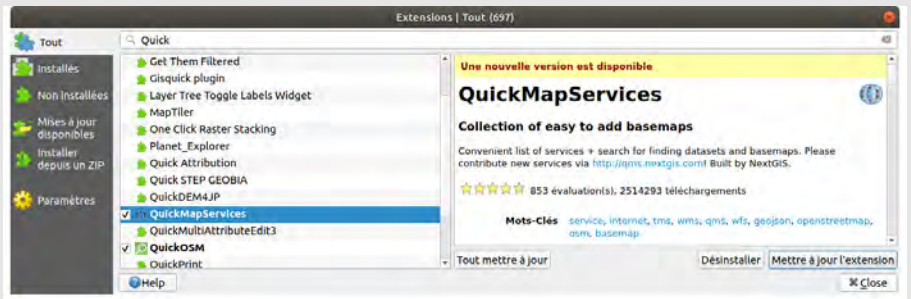
Cette extension permet d'afficher différents fonds de carte provenant de différents services. Il 'agit d'une manière rapide d'accéder à différents serveurs WMS, sans avoir à les paramétrer à la main.

Procédure : Installation de QuickMapServices

- Ouvrez le gestionnaire d'extensions (Extension → installer/gérer les extensions)



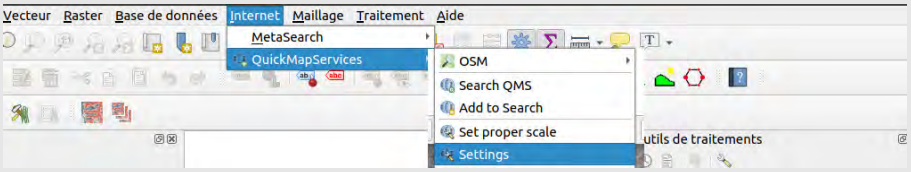
- Dans la barre de recherche, cliquez sur l'onglet « Tout », tapez « quickmap », puis dans le menu cochez « quickmap-service », puis cliquez sur le bouton « installer le plugin » si le plugin n'est pas déjà installé.



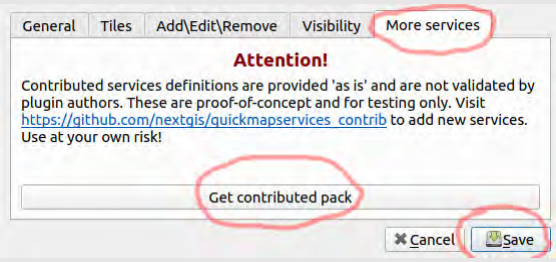
Procédure : Ajout des fonds de partenaires tiers

Le plugin est alors installé, et est accessible à partir de la barre de menu principal, dans l'onglet « internet », mais ne propose que quelques fonds de carte par défaut (OpenStreetMap). La suite de la procédure permet de mettre à jour la base de données des différents fonds carto :

- Allez dans internet→quickmapservices →settings

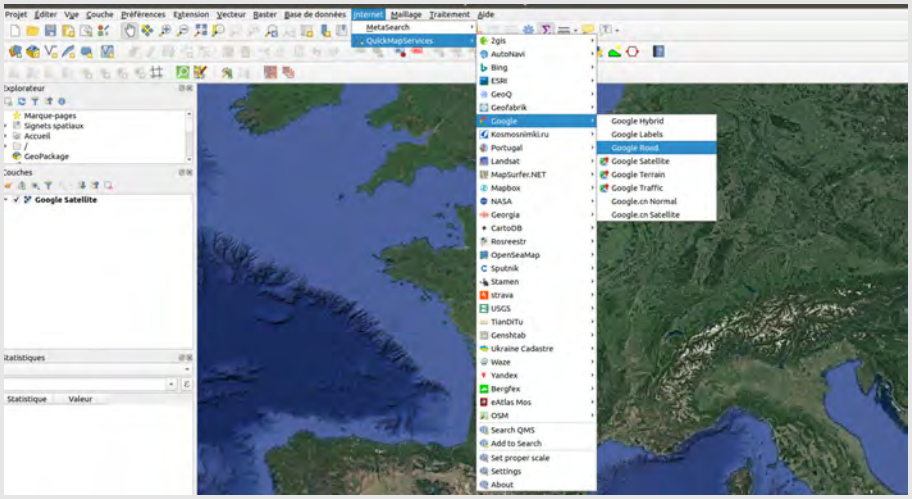


- Dans la fenêtre qui s'ouvre, choisissez l'onglet « More services » → cliquez sur le bouton « Get contributed pack »→ cliquez sur le bouton « Save ».



Procédure : Insertion d'un fond carto google

- Allez dans internet→quickmapservices : maintenant différents fonds de carte sont disponibles, dont les images satellites de « google » et de « bing ».



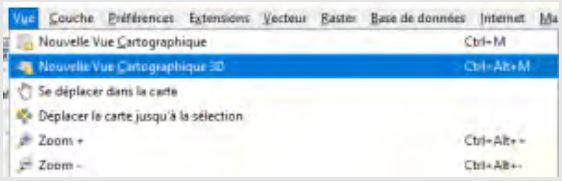
6.2 Faire des vues en 3D

QGIS 3 permet aussi de faire des vues 3D à condition d'avoir chargé un modèle numérique de Terrain. Il existe plusieurs manière de faire

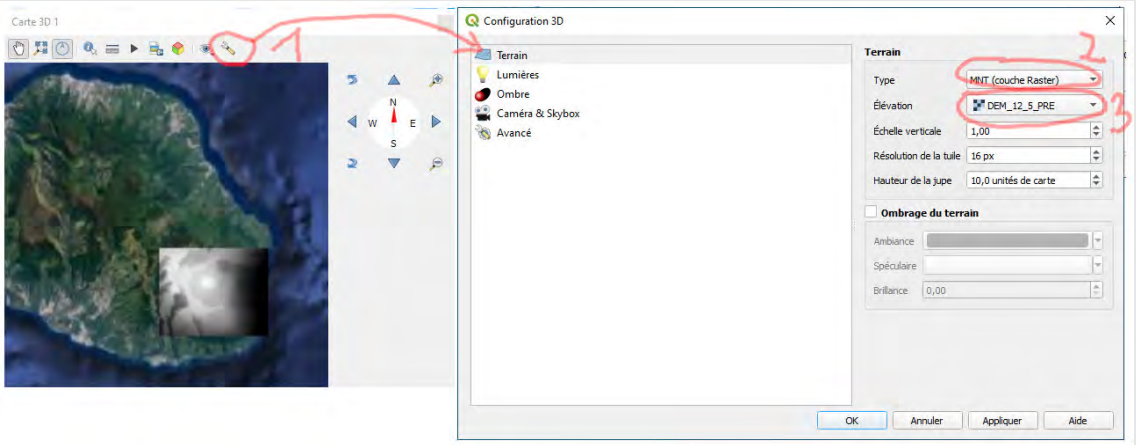
- Via QGIS directement (vues cartographiques 3D), qui a l'avantage de remettre à jour la définition des objets affichés et de faire des animations, mais qui est un peu lourde
- Via le module « Qgis2threejs », qui permet de créer des objets intégrables dans des pages web : c'est plus léger mais il n'y a pas de mise a jour de la résolution en fonction du niveau de zoom. L'installation se fait via le gestionnaire d'extensions.

Procédure : Faire une vue 3D

- Chargez un modèle numérique de Terrain (par exemple REUNION/DEM_12_5_PRE.tif)
- Dans le menu principal : « vue » → « nouvelle Vue Cartographique 3D ».

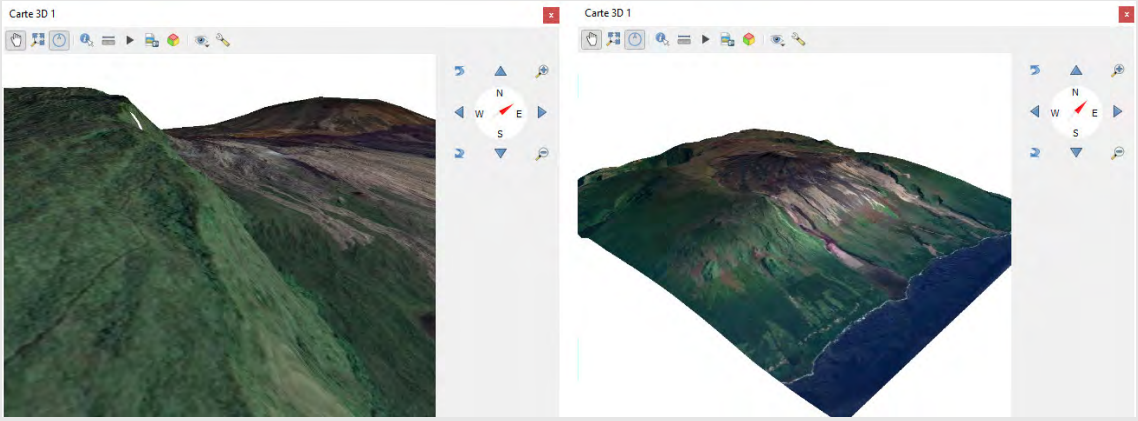


1. Une nouvelle fenêtre s'ouvre. Cherchez l'icone « clé à molette », qui permettra de paramétrer le MNT à utiliser.
2. Dans les propriétés de Terrain, menu « Type » choisissez « MNT (couche Raster)»
3. Dans le menu « Élévation » choisissez le MNT à prendre en compte (DEM_12_5_PRE)
4. Validez.



Procédure : Faire une vue 3D

La vue 3D prend maintenant en compte le MNT choisi. Vous pouvez afficher ou masquer différentes couches dans l'interface de QGIS, l'affichage de la vue 3D sera mis à jour automatiquement.



6.3 Faire des profils dans des raster

L'extensionsion « profile tool » permet de faire des profils dans n'importe quel raster. C'est particulièrement intéressant pour les raster de type modèle numérique de terrain, pour pouvoir faire des profils topo, mais ça peut être aussi utile pour des NDVI ou autre image quantifiée. Ces profils peuvent être exportés vers un tableur ou en tant qu'image SVG, ouvrable et modifiable avec un logiciel de dessins vectoriel (Inkscape par exemple)

L'utilisation du module est assez intuitive, et ne nécessite pas de tutoriel dédié. Seule information pratique, pensez à indiquer au module sur quel raster vous voulez faire le profil.

6.4 Faire des classifications

Les classifications sont des opérations complexes, que QGIS ne propose pas par défaut. Un module dédié « Semi-Automatic Classification » permet d'en faire. Un tutoriel lui a été dédié et ne sera pas repris ici.

7 EO Browser : un SIG en ligne aux possibilités limitées, mais donnant accès aux données sentinel

EO Browser est une interface en ligne permettant d'accéder aux données sentinel (et aussi Landsat). Il permet

- de visualiser des données brutes provenant de différents satellites
- de visualiser des données traitées provenant de différents satellites
- de chercher les données pour un lieu et une période choisis
- de télécharger les données dans des formats "cosmétiques" (pour de l'affichage direct) ou dans des formats "scientifiques" pour des traitements ultérieurs (images géoréférencées de réflectance par exemple).

Le téléchargement de données nécessite de se créer un compte, mais est complètement gratuit et illimité. Nous ne le testerons donc pas en atelier, pour ne pas perdre de temps à cette tâche peu intéressante.

7.1 Chercher des données et les visualiser avec EO Browser

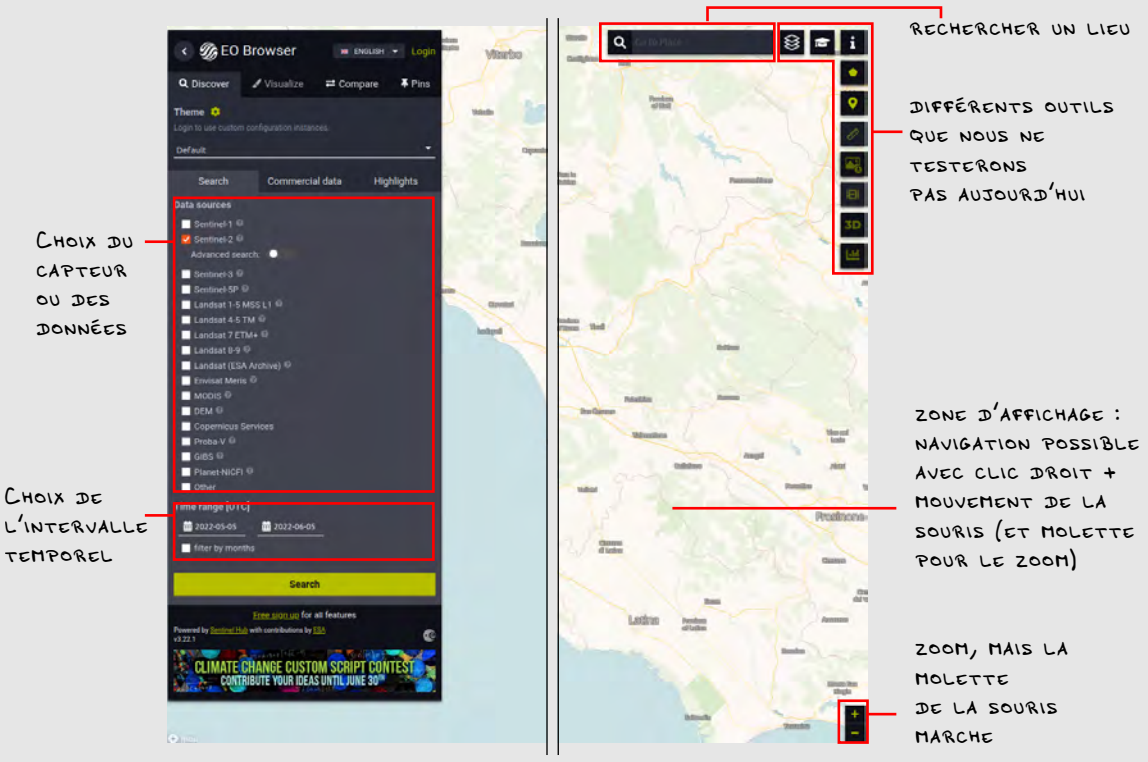
On va rechercher les données utilisées pour la construction des figures concernant l'éruption du Cumbre Vieja de 2021, vues en atelier multidisciplinaire. Cette éruption a duré du 19 septembre au 25 décembre 2021.

Procédure : Ouvrir EO Browser et comprendre l'interface

- Dans un navigateur tapez EO Browser
- choisissez le lien **Sentinel Hub EO Browser** (pointant vers la page https ://apps.sentinel-hub.com, vérifiez bien le **apps**)

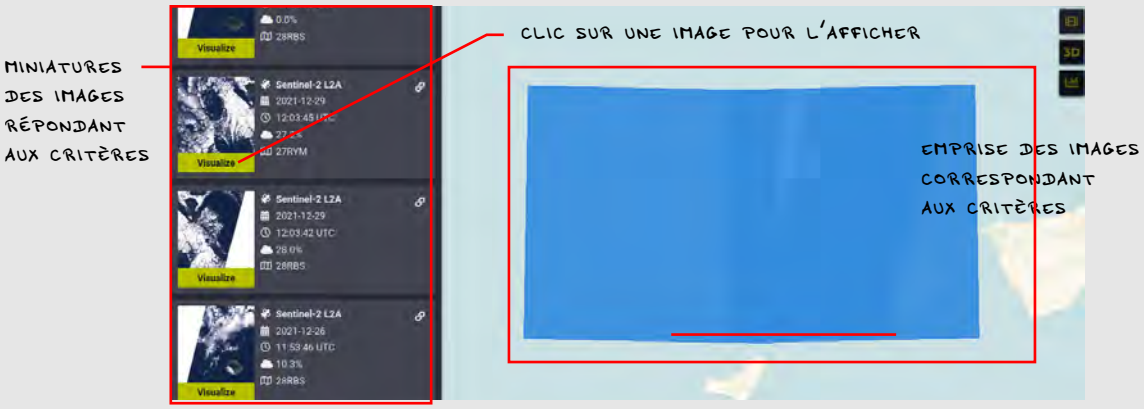
L'interface est divisée en deux parties : un panneau de choix des capteurs, et de l'intervalle temporel, permettant de chercher les données, et une zone d'affichage contenant différents outils. Le panneau de recherche sera remplacé par un autre après la recherche

La navigation est intuitive (molette pour zoomer, clic droit + mouvement à la souris pour se déplacer)



Procédure : Cherchez des données sur l'éruption du Cubre Vieja de 2021

- Déplacez vous sur la carte pour trouver l'île de la Palma (archipel des Canaries à l'ouest du Maroc)
- Il est possible de taper cumbre vieja dans la barre de recherche, et de sélectionner le volcan dans le déroulant.
- Sélectionnez les données sentinel 2 correspondant à la période de l'éruption. Testez les différents modes de recherche (advanced search)
- Entrez les dates de l'intervalle d'intérêt (il est possible qu'il faille scroller vers le bas dans le panneau de sélection)
- Lancez la recherche (Bouton vert "search")



Procédure : Visualiser des données

- Cliquez sur une image qui vous convient (ici celle du 05 septembre 2021)
- L'interface affiche l'image (le chargement de toutes les dalles dépend du niveau de zoom, et peut être un peu long à zoom éloigné)
- Le panneau de contrôle présente maintenant différents modes d'affichages de l'image demandée, dont une composition colorée "naturelle" et une "classique en fausse couleurs". Certains traitements sont directement accessibles (déjà faits et téléchargeables à partir des serveurs de EOBrowser)
- Un sélecteur temporel permet de changer de date et affichera les données pour le capteur et la zone affichée à l'écran.

C'est tout !!

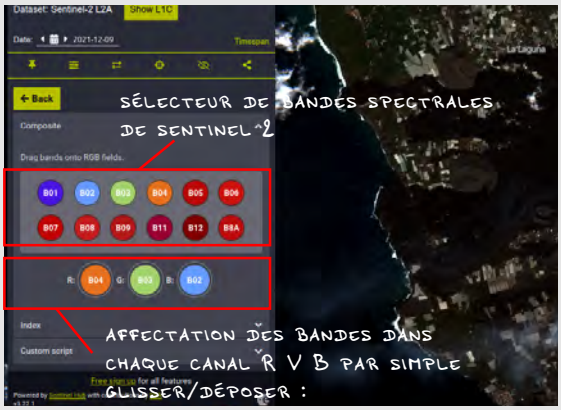
Amusez vous à changer de mode de vue (NDVI par exemple), de date, et de capteur.

7.2 Faire des traitements rapides en ligne

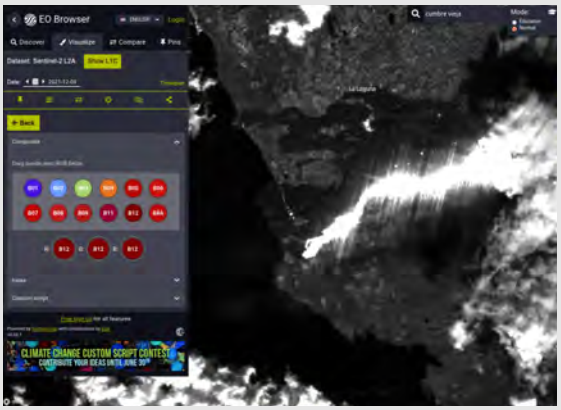
Procédure : Affichage de canaux non disponibles par défaut et compositions colorées

- Cliquez sur l'image du 09 décembre 2021 (intéressante car pendant le passage d'une coulée)
- Cherchez le mode d'affichage "custom" dans la liste des modes d'affichages (voir encart précédent)
- Dans la liste qui s'affiche dans le panneau, choisissez "composite" (normalement sélectionné par défaut)
- Créez une composition colorée de votre choix, par simple glisser/déposer des bandes spectrales dans les canaux rouge/vert/bleu.
- Sur cette image, la bande B12 (assez similaire à l'infrarouge thermique) est intéressante car une coulée de lave est présente : elle y est donc très visible

COMPOSITION COLORÉE NATURELLE



SEULEMENT LA BANDE 12 (SIMILAIRE À IR THERMIQUE)

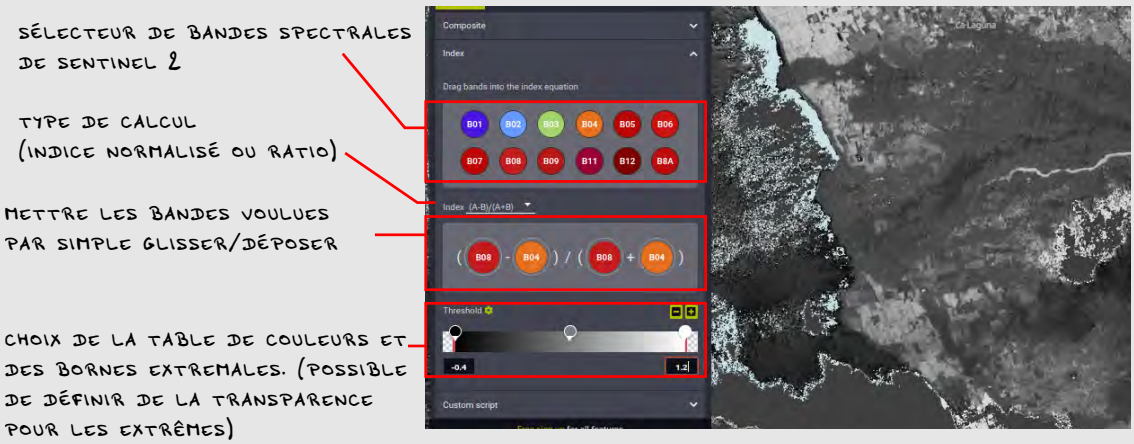


L'exemple de gauche montre une composition colorée en couleurs naturelles : le rouge correspond à la bande B4, le vert à B3 et le bleu à B2. Le rendu est sombre, dans la mesure où certains pixels ont une très forte réflectance, ce qui va écraser l'étagement des valeurs de réflectance vers les valeurs faibles.

L'exemple de droite montre comment afficher une seule bande : il suffit de mettre la même bande dans les 3 canaux, ce qui l'affichera en nuances de gris. Dans ce cas, c'est la bande 12, similaire à de l'infrarouge thermique, qui est montré. Comme la coulée de lave est chaude (environ 1000°C), elle émet elle même dans des longueurs d'ondes détectées par la bande 12. Dans ce cas là, ce n'est donc pas la réflectance qui est mesurée mais l'emission directe de la coulée.

Procédure : Faire un indice personnalisé

- Cliquez sur l'image du 09 décembre 2021 (intéressante car pendant le passage d'une coulée)
- Cherchez le mode d'affichage "custom" dans la liste des modes d'affichages (voir encart précédent)
- Dans la liste qui s'affiche dans le panneau, choisissez "index"
- Par glisser/déposer, vous pouvez créer votre propre index. Le NDVI utilise le rouge (B4), et l'infra rouge proche (B8)



Ici, c'est le NDVI qui a été calculé : on voit que la coulée de lave a traversé des zones très végétalisées (cultures de bananes dans cette région).

Procédure : Optimiser l'affichage d'une composition colorée

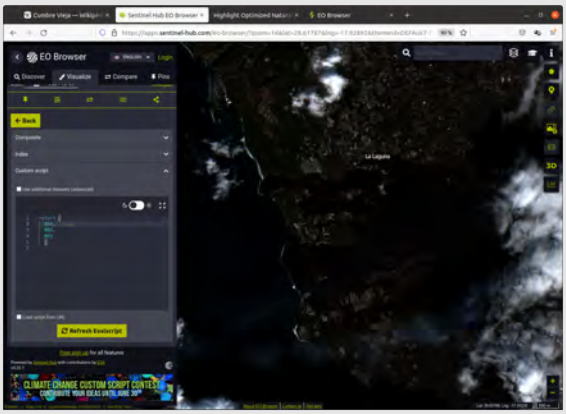
Par défaut, les compositions colorées permettent d'étaler les valeurs de réflectance entre 0 et 255 pour chaque bande. Si un seul pixel est très lumineux, alors les valeurs affichées pour les autres pixels seront repoussées vers 0, l'image apparaitra sombre.

Il est possible de contrôler de manière plus fine l'affichage à l'aide de scripts. On cherche ici juste à montrer que c'est possible, pas à détailler le langage de script qui permet de le faire. Pour une composition colorée, il suffit de retourner ce qu'on veut pour le canal rouge, vert et bleu. Le script de gauche donne un affichage brut des bandes, celui de droite écrase les valeurs extrêmes avec la racine carrée, et multiplie l'ensemble pour mieux dilater les couleurs dans l'espace RGB.

```
return [
B04, //pour le rouge
B03, //pour le vert
B02  //pour le bleu
]
```

```
return [
  2.5 * Math.sqrt(B04), //pour le rouge
  2.5 * Math.sqrt(B03), //pour le vert
  2.5 * Math.sqrt(B02)  //pour le bleu
  ]
```

Bandes brutes



Racine carrée de la bande fois 2.5

À gauche, le détail très lumineux des nuages est bien visible, mais le sol très sombre n'est pas visible. À droite, le détail du sol est bien visible, mais les nuages sont saturés, leur détail n'est plus visible. Ci dessous, une composition colorée plus complexe permettant de faire une incrustation de deux compositions colorées avec éclaircissement (voir étape - 7 Les modes de fusion c'est mieux. Le principe du calcul est le même, mais les paramètres sont modifiés pour un rendu plus lisible.)

```
return [
    B04 / (2-B12)*10, //pour le rouge
    B03 / (2-B11)*10, //pour le vert
    B02 / (2-B8A)*10, //pour le bleu
    ]
```

7.3 Que faire avec EOBrowser en classe ?

EO Browser ne nécessite aucune installation et aucun compte pour afficher des données et faire des traitements légers. L'interface étant assez intuitive, c'est un outil très adapté pour faire comprendre ce qu'est une image satellite et quel usage on peut en avoir. Il semble important cependant d'avoir un document annexe présentant les bandes d'observation des différents satellites, ainsi que quelques spectres de réflectance d'objets communs (fig. 7, fig. 8).

Quelques idées de ce qui peut être fait avec EO Browser (travail qualitatif) :

- Comprendre le concept de bande spectrale
- Comprendre le concept de composition colorée et d'image en fausse couleur
- Comprendre le concept d'indice (de végétation ou autre)
- Suivi de la progression de l'extension d'une ville
- Suivi de l'évolution de la végétation en zone proches des déserts (NDVI)
- Suivi d'une éruption (visible, IR, RADAR) et d'un panache (OLCI, SLSTR)
- Suivi de blooms planctoniques (OLCI)
- Travail sur l'albédo
- Suivi de catastrophes naturelles (inondation, incendies) ou catastrophes technologiques/industrielles, zones de conflit, etc. ...
- ...

8 Où trouver des données ?

8.1 Données en France :

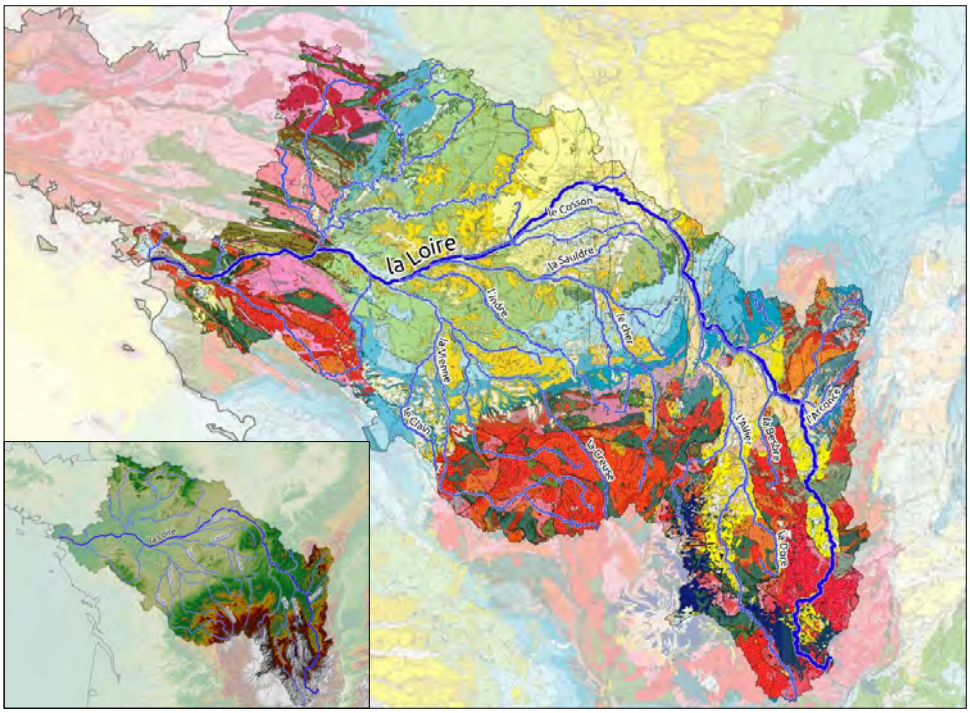
- **Données carroyées [INSEE] :** Données vecteurs, la France est divisée en carreaux de 200 ou 1000 mètres, chaque carreau contient des données statistiques sur la population (revenus, nombre ...)
  https ://www.insee.fr/fr/statistiques/4176305
- **Cartes géologiques vectorisées [BRGM] :** Données vecteur en plusieurs couches (nature des terrains, limites des contours, failles, points d'intérêts). Un peu difficiles à utiliser mais très bien pour faire des documents maison. Il y a une archive par départements, mais la carte de la France est disponible
  (https ://www.geocatalogue.fr/Detail.do ?id=4156)
- **Modèles numériques de Terrain [IGN] :** BD Alti. La France est découpée en carrés, chaque carré correspondant à une dalle raster de 10x10 km. Les dalles sont distribuées par département à la résolution 25m, il existe une couverture de la France à plus faible résolution. Le téléchargement peut être un peu pénible (il vaut mieux passer par un client FTP type Filezilla)
  (https ://geoservices.ign.fr/bdalti)
- **Données diverses : data.gouv** : tout un tas de données vecteur, allant des résultats électoraux à la position des arbres...
  (https ://www.data.gouv.fr/fr/)

8.2 Données monde :

- **EO Browser :** images sentinel. Très complet, et facile d'utilisation. Nécessite de créer un compte pour accéder aux données (gratuit)
- **ETOPO :** modèle numérique de terrain à l'échelle du globe, très lourd et à résolution moyenne
- **Modèle numérique de Terrain [SRTM] :** couverture presque globale à 30 mètres de résolution. L'interface proposée ici est assez intuitive, il faut se créer un compte (gratuit)
  (https ://dwtkns.com/srtm30m/)
- **emergency copernicus [ESA]** : Données sur les catastrophes. Ce sont principalement des données vecteur. Il faut un peu fouiller sur le site.
  (https ://emergency.copernicus.eu/)

8.3 Données WMS et WFS :

- **BD carthage :** WFS donnant les cours d'eau, plans d'eau de la France, bassins versants :
  http ://services.sandre.eaufrance.fr/geo/eth_FXX
- **Cartes géol :** WMS donnant la carte géologique de la france
  http ://geoservices.brgm.fr/geologie
  inclure la couche Cartes géologiques (pas les deux sous couches) pour pouvoir alterner entre les cartes au 50000 et au 1000000 en fonction du zoom.



Exemple de carte réalisée sous QGIS à partir de différentes données.
Cette carte montre la carte géologique de la France légèrement masquée, sauf sur le bassin versant de la Loire. La Loire et ses principaux affluents sont indiqués, et nommés. Cette carte a été utilisée en sortie de terrain pour expliquer la diversité des sédiments que l'on trouve au fond du lit. (WMS du BRGM, WFS de la BD carthage, pour les cours d'eau et les bassins versants)

9 Documents de référence

Les images ci dessous sont en format vectoriel et facilement modifiables. En ouvrant ce fichier pdf à l'aide d'un logiciel de dessin vectoriel comme Inkscape, vous pouvez les modifier en fonction de vos besoins.

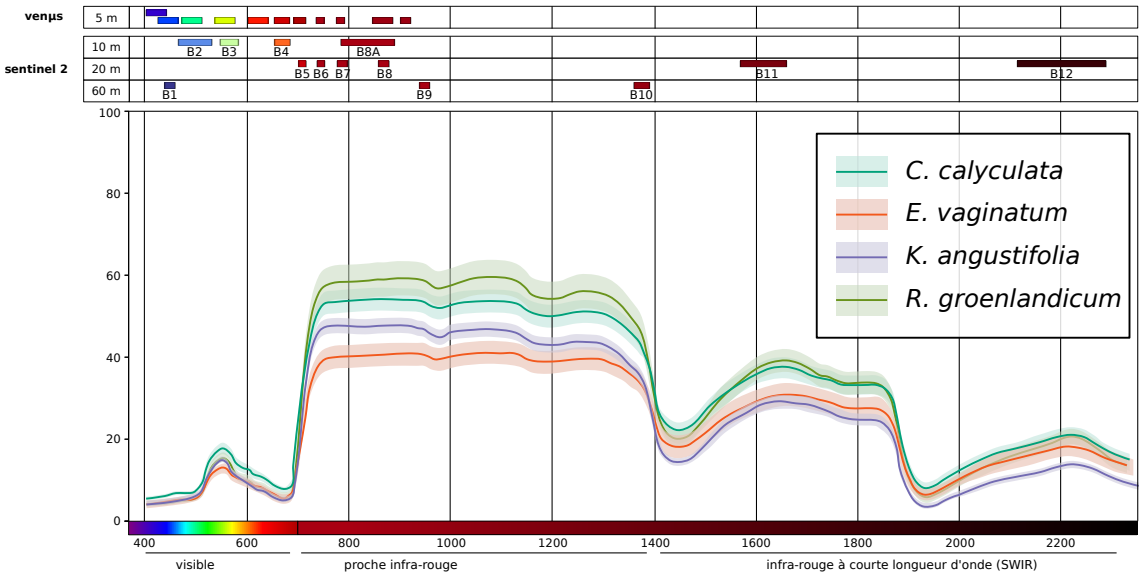


FIGURE 5 – Bandes spectrales de différents satellites et réflectance de végétaux d'espèces différentes

Les spectres de réflectance des végétaux dépendent des espèces : ainsi, il est possible de discriminer quel couvert végétal ou quel combinaison de végétaux couvrent un pixel donné.

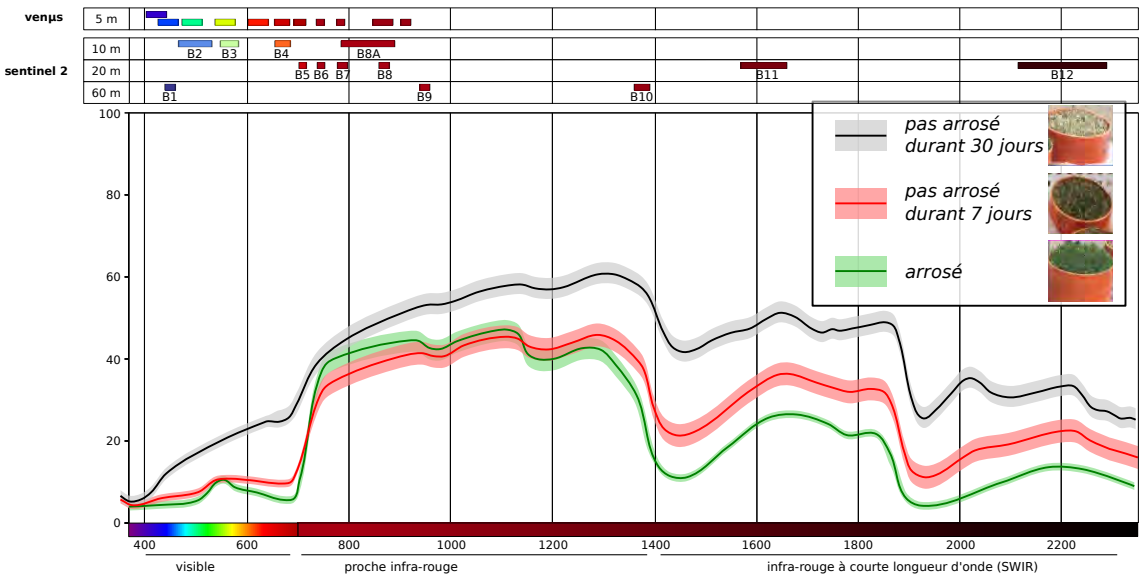


FIGURE 6 – Bandes spectrales de différents satellites et réflectance de végétaux en fonction de leur état

Les spectres de réflectance des végétaux dépendent de leur état de stress hydrique. Ainsi il est possible de discriminer quelle parcelle a besoin d'être arrosée ou non.

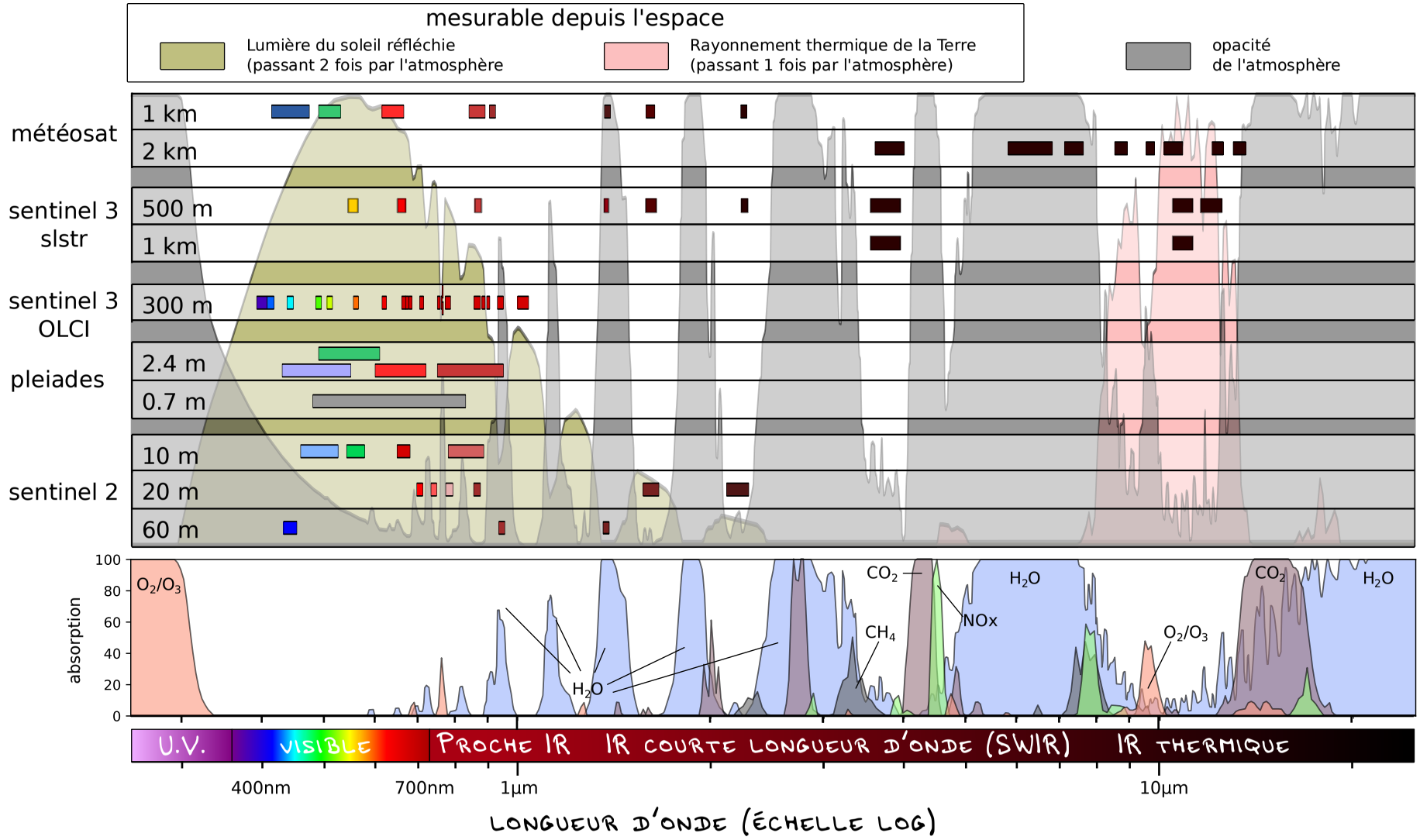


FIGURE 7 – Bandes spectrales de différents satellites et propriétés de l'atmosphère

Les longueurs d'ondes suivent une échelle logarithmique qui permet d'afficher les longueurs d'onde les plus courtes sans trop les écraser. Les satellites météo observent dans beaucoup de bandes en infra-rouge, ceux à défilement regardent plus dans les longueurs d'onde visible et proche infra-rouge. Certains ont une très bonne résolution spectrale et sont capables de discriminer des objets de nature proche, mais ce qui se fait au détriment de la résolution spatiale (indiquée à gauche)

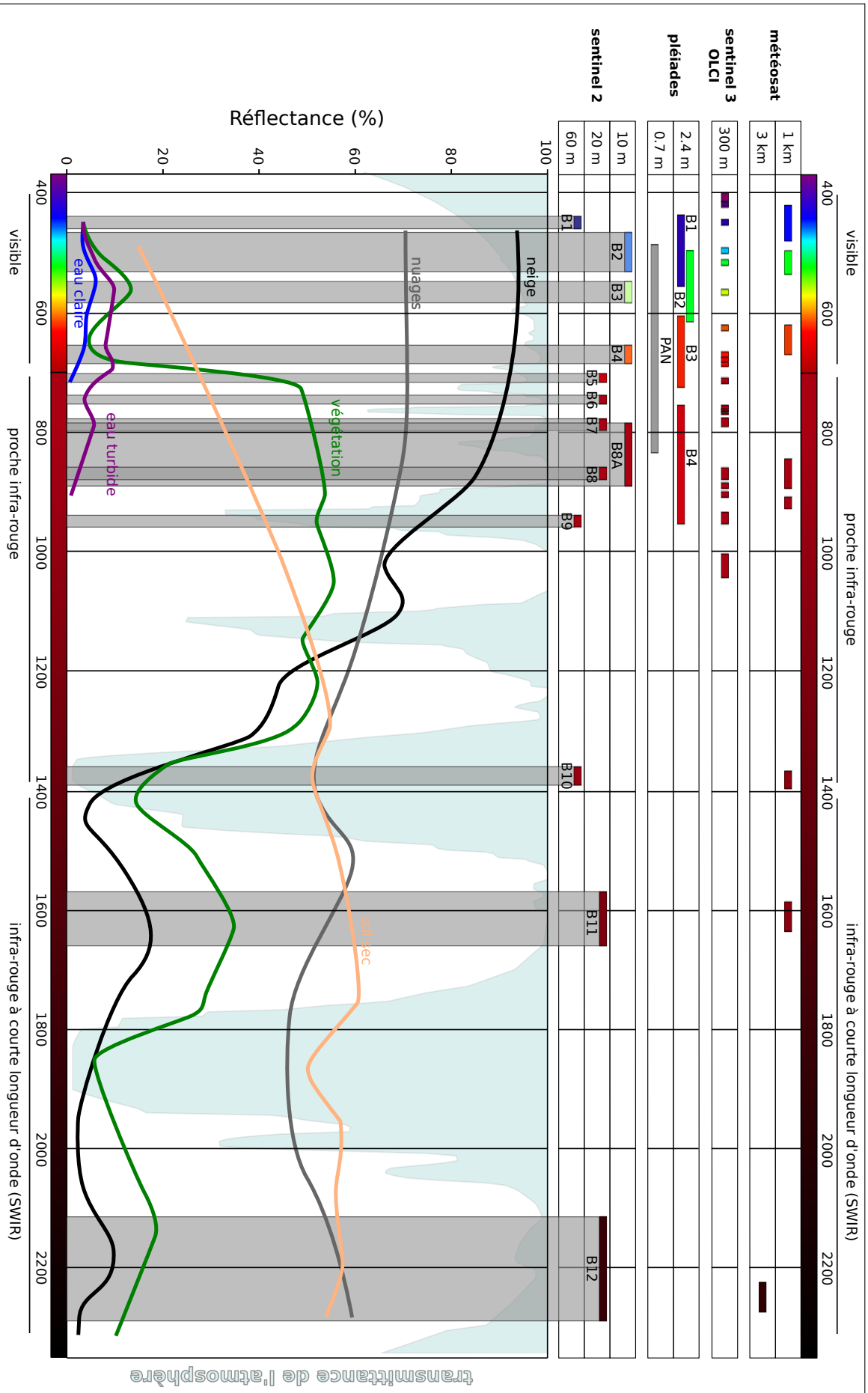


FIGURE 8 – Bandes spectrales de différents satellites et réflectance de différents objets

Les bandes spectrales d'observation sont calées sur des sauts de réflectance de différents objets, ce qui permettra d'aider à leur discrimination. La colonne de gauche donne la résolution spatiale des différents satellites. Les longueurs d'ondes sont en échelle linéaire, mais l'infrarouge thermique n'est pas représenté pour faciliter la lecture des bandes à courtes longueur d'onde. Ainsi, toutes les bandes de météosat ne sont pas données sur ce graphique.