



---

# Mémoire de stage: WESR-Mountains

---

Pauline Muller

Certificat complémentaire de géomatique

2021

Professeur et encadrant: Yaniss Guigoz

Travail effectué en collaboration avec l'UNEP/GRID-Genève

Expert: Pierre Lacroix

## Résumé

Ce rapport est réalisé suite à un stage effectué à l'UNEP/GRID de Genève dans le but d'obtenir le certificat complémentaire de géomatique. Il s'inscrit dans le cadre du projet "WESR-Mountains" et consiste à rechercher, trouver, analyser et présenter différentes données se rapportant aux "Essential Mountain Climate Variables", soit les variables essentielles de montagne par rapport au climat.

Les données ont été recherchées sur différents sites et ont servi à créer diverses cartes qui ont ensuite été mises sur le site "MapX". Elles ont également été utilisées afin de construire plusieurs "dashboards" à l'aide du programme en open source Superset. Une carte des différents réseaux d'institutions sur la montagne a aussi pu être faite. Les données recherchées et analysées couvrent la totalité du globe.

Ce stage a permis de réaliser les cartes suivantes qui ont ensuite été mises sur MapX:

- Stations météorologiques situées en montagne avec les moyennes saisonnières suivantes: précipitations, températures, vitesse du vent, profondeur de neige.
- Albédo: moyennes saisonnières
- Évapotranspiration: moyennes saisonnières
- Chaînes de montagnes

L'élaboration de ces différentes cartes a nécessité l'utilisation de plusieurs programmes, principalement FME, QGIS et ArcGIS.

Trois "dashboards" ont été créés: un sur les stations météorologiques de montagnes, un sur les glaciers du monde et enfin un sur les glaciers de Suisse. Ils sont interactifs, c'est-à-dire que l'on peut filtrer l'information afin de n'avoir que celle qui nous intéresse, par exemple juste un glacier ou un continent (pour les stations météorologiques).

Le projet WESR-Mountains est un projet en cours d'évolution et sera par la suite continuellement mis à jour. Ainsi, ce stage a permis d'y participer et d'ajouter différents éléments qui pourront être complétés par la suite.

## Table des matières

1	Introduction .....	10
1.1	Contexte .....	10
1.1.1	Problématique générale, environnement .....	10
1.1.2	Présentation du projet et de l'UNEP/GRID-Genève .....	10
1.2	Objectifs et problématique .....	11
2	Méthodologie.....	12
2.1	Identification des données à collecter .....	12
2.2	Collecte des données.....	14
2.3	Mise en forme des données .....	15
2.3.1	Définitions et mise en forme générale .....	15
2.3.2	Stations météorologiques.....	16
2.3.3	Albédo.....	19
2.3.4	Evapotranspiration .....	19
2.3.5	Mountain chains Inventory.....	20
2.4	Publication sur MapX.....	20
2.5	Création nouvelles informations .....	20
2.5.1	Réseaux institutions.....	20
2.5.2	Superset .....	22
2.5.2.1	Transformation des données.....	24
2.5.2.1.1	Dashboard par rapport aux stations météorologiques.....	24
2.5.2.1.2	Dashboard des glaciers suisses .....	24
2.6	Mise sur le site.....	25
3	Résultats.....	26
3.1	Données recherchées mais pas mises sur MapX ou autre .....	26
3.1.1	Land Precipitation (E01).....	26
3.1.2	Land Cover (E10, E11, E12) .....	26
3.1.3	Snow (E13) .....	26
3.1.4	Tree line .....	26
3.1.5	Vapeur d'eau (E18) .....	28
3.1.6	Black Carbon (carbone noir) (E80).....	29
3.1.7	Données du site "The World Bank" .....	30
3.2	Données mises sur MapX .....	32
3.2.1	Vues et données déjà présentes avant le début du stage.....	33
3.2.1.1	Mountain delineations .....	33
3.2.1.2	Glaciers .....	34

3.2.1.3	Albédo pour un jour.....	34
3.2.2	Nouvelles vues et données .....	35
3.2.2.1	Stations .....	35
3.2.2.1.1	Précipitations (E01) .....	35
3.2.2.1.2	Températures de surface (E03).....	36
3.2.2.1.3	Vitesse du vent (E09).....	37
3.2.2.1.4	Profondeur de neige (E31) .....	38
3.2.2.2	Albédo (E02, E05, E06, E07).....	39
3.2.2.3	Evapotranspiration (E20).....	40
3.2.2.4	Chaînes de montagnes .....	41
3.2.3	Vues et données sur d'autres projets partagées sur WESR-Mountains .....	42
3.3	Dashboards Superset.....	42
3.3.1	Stations météorologiques.....	43
3.3.2	Glaciers (E45, E46, E57) .....	44
3.3.2.1	Dashboard des données sur les changements de masse des glaciers du monde, provenant du site WGMS [19].....	44
3.3.2.2	Dashboard des données sur les glaciers suisses, provenant du site Glamos [18].....	45
3.4	Visualisation des réseaux d'institutions sur la montagne .....	46
3.5	Site internet WESR-Mountains .....	47
4	Discussion, limitations et perspectives .....	50
5	Conclusion .....	53
6	Bibliographie .....	54
7	Annexes .....	58
7.1	Annexe sous forme de fichiers externes .....	58
7.2	FME.....	59
7.2.1	Stations météorologiques (pour MapX) .....	59
7.2.2	Stations météorologiques de montagne (Pour Superset dashboard).....	70
7.2.3	Glaciers suisses de Glamos .....	72
7.3	Models builders .....	76
7.4	Mise sur MapX.....	77
7.4.1	Couches vectorielles de moins de 100 MB .....	77
7.4.2	Couches rasters et vectorielles de plus de 100 MB et WMS .....	77
7.5	Métadonnées des couches et des vues sur MapX .....	78
7.5.1	Stations .....	78
7.5.1.1	Résumé des vues .....	78
7.5.1.2	Métadonnées des sources.....	88

7.5.2	Copernicus – Albedo .....	89
7.5.2.1	Résumé des vues .....	89
7.5.2.2	Métadonnées des sources.....	92
7.5.3	Évapotranspiration .....	93
7.5.3.1	Résumé des vues .....	93
7.5.3.2	Métadonnées des sources.....	96
7.5.4	Chaînes de montagnes.....	96
7.5.4.1	Résumé de la vue.....	96
7.5.4.2	Métadonnées de la source: .....	97
7.6	Superset.....	98
7.7	Tableaux du site WESR-Mountains.....	99
7.8	Comparaison ArcGISOnline vs MapX.....	102

## Table des figures

Figure 1: Températures moyennes et changement climatique des dernières 2019 années [1] .....	10
Figure 2: Schéma de la méthodologie de travail .....	12
Figure 3: Word cloud développé à partir du tableau de classement des variables. Le classement a été élaboré après discussions entre différents groupes interdisciplinaire de scientifiques sur la montagne [13]. .....	13
Figure 4: Règles de remplissage de la colonne "saisoncalcul" afin de pouvoir par la suite faire les moyennes des données selon la saison. ....	18
Figure 5: Exemple de visualisation des réseaux d'institutions avec gephi.....	21
Figure 6: Étape faites sur FME afin d'obtenir deux fichiers shapefile pour les nœuds (Nœuds_test_Arcgic_Belmont_Gloria_Interinstitutplatform_LTER_NEMOR_WorldClim) et les liens (liens_tt_test_Arcgic_Belmont_Gloria_Interinstitutplatform_LTER_NEMOR_WorldClim_avec_ID_liens). .....	22
Figure 7: Exemple d'importation d'un tableau de données sous Superset. ....	22
Figure 8: Exemple d'un dashboard existant sur Superset .....	23
Figure 9: Exemple des différents types de graphiques et visualisations que l'on peut faire sur Superset. .....	24
Figure 10: Exemple de la carte des arbres du Royaume-Uni [24] .....	27
Figure 11: Pour les Alpes suisses entre 1985 et 1997: Fraction de pixels identifiés comme étant de vrais décalages locaux vers le haut par rapport au nombre total de forêts nouvellement établies par bande d'altitude. n indique le nombre total de zones nouvellement boisées par tranche de 100 m d'altitude. Figure tirée de [36]. .....	28
Figure 12: Évolution des surfaces boisées entre 1985 et 1997. Un symbole représente la superficie de 1 ha Figure tirée de [36]. .....	28
Figure 13: Rapports des mélanges de vapeur d'eau stratosphérique mesurés par les instruments sur le ballon météorologique juste au-dessus de Boulder dans le Colorado aux États-Unis. Les données sont des moyennes de tous les 2 kilomètres. L'augmentation nette à long terme jusqu'en 2013 est d'environ 20 %. [25]. .....	29
Figure 14: Moyenne annuel des concentrations de carbone noir à la surface de la terre pour l'année 2005. [43] .....	29
Figure 15: Concentration du carbone noir en Europe pour l'année 2005. [43] .....	29
Figure 16: Situation géographique des lacs d'où les dépôts de carbone noir sont mesurés (image de gauche) et résultats des mesures [mg/m <sup>2</sup> /année] dans le temps (image de droite) [44] .....	30
Figure 17: Densité du carbone atmosphérique du 1er août 2009. [26]. .....	30
Figure 18: Couches raster de l'altitude du monde, avec en arrière-plan la couche du monde d'openstreetmap. ....	31
Figure 19: Page d'accueil du projet WESR-Mountains sur MapX. Sur la gauche, on peut y voir les groupes de couche créés ainsi que les couches qui ne sont pas dans des groupes. ....	32
Figure 20: Groupe de couches "Mountains delineations" sur MapX. ....	33
Figure 21: Vue de la couche K3 sur MapX. ....	33
Figure 22: Liste des couches et groupes du groupe "Glaciers" de MapX. ....	34
Figure 23: Liste des nouvelles couches et groupes du groupe "Albedo" de MapX. ....	34
Figure 24: Groupe "Stations" et ses sous-groupes sur MapX. ....	35
Figure 25: Couches présentes dans le groupe "Précipitations" sur MapX. ....	35
Figure 26: Cartes des précipitations journalières moyennes par saison mises sur MapX. ....	35
Figure 27: Couches présentes dans le groupe "Températures" sur MapX. ....	36
Figure 28: Cartes des températures journalières moyennes par saison mises sur MapX. ....	36

Figure 29: Couches présentes dans le groupe "Wind" sur MapX. ....	37
Figure 30: Cartes de la vitesse du vent moyenne journalière par saison mises sur MapX. ....	37
Figure 31: Couches présentes dans le groupe "Snow" sur MapX. ....	38
Figure 32: Cartes de la profondeur de neige moyenne journalière par saison mises sur MapX. ....	38
Figure 33: Couches présentes dans le sous-groupe "By season" du groupe "Albedo" sur MapX. ....	39
Figure 34: Cartes de l'albédo moyen par saison mises sur MapX. ....	39
Figure 35: Couches présentes dans le groupe "Evapotranspiration" sur MapX. ....	40
Figure 36: Cartes de l'évapotranspiration journalière moyenne par saison mises sur MapX. ....	40
Figure 37: Chaînes de montagnes du monde sur MapX. ....	41
Figure 38: Exemple des chaînes de montagnes en Europe avec une mise en forme faite sur QGIS. ...	41
Figure 39: Exemple des chaînes de montagnes dans la région du Caucase avec une mise en forme faite sur QGIS. ....	41
Figure 40: Couches présentes hors d'un groupe et partagée à partir autre projet sur MapX. ....	42
Figure 41: Dashboard Superset sur les stations météorologiques de montagnes de la NASA. ....	43
Figure 42: Dashboard Superset sur les changements de masse pour une moyenne des glaciers de références du monde. ....	44
Figure 43: Dashboard superset "Swiss glaciers". ....	45
Figure 44: Carte des neufs réseaux principaux mis en forme sur QGIS avec les couches shapefile créées avec FME. ....	46
Figure 45: Page d'accueil de la modification du futur site sur WESR-Mountains. ....	48
Figure 46: Exemples de ce à quoi pourrait ressembler le site WESR-Mountains, ici pour le "climate change".....	49
Figure 47: Fichier FME permettant d'obtenir un fichier csv contenant à chaque ligne le nom et les coordonnées des stations qui ont des données pour l'année décidée. Ici, il s'agit de l'année 2020 et le même processus et fait pour l'année 2019. ....	59
Figure 48: Fichier FME permettant d'obtenir les stations météorologique de 2019 avec les zones sur lesquelles elles se trouvent selon K3 (2019_pts-station_avec_zones_K3_ttes_stations).....	60
Figure 49: Fichier FME permettant d'obtenir les stations météorologique de 2020 avec les zones sur lesquelles elles se trouvent selon K3 (2020_pts-station_avec_zones_K3) et de prendre que celles étant en montagne (2020_pts_stations_avec_zones_K3_que_zone_2).....	61
Figure 50: Fichier FME permettant de prendre les données 2020 des stations de montagnes (2020_donnees_statons_montagne_zone2).....	62
Figure 51: Fichier FME permettant de prendre les données des stations de montagne de 2019 (2019_donnees_stations_montagne_zone2) puis de transformer les données afin d'avoir des unités SI (2019tar_station_montagne_unites_si).....	63
Figure 52: Fichier FME permettant de transformer les données des stations de montagne de 2020 afin d'avoir des unités SI (2020tar_station_montagne_unites_si).....	64
Figure 53: Fichier FME permettant de: obtenir les stations météorologique de 2019 (2019_pts_stations), y mettre sur quelle zone se trouve la station selon le fichier K3 (2019_pts-station_avec_zones_K3), sélectionner que les zones de montagnes, soit la zone 2 (2019_pts_stations_avec_zones_K3_que_zone_2), prendre les données des station de montagnes (2019_donnees_stations_montagne_zone2), transformer les données afin d'avoir des unités SI (2019tar_station_montagne_unites_si). Il s'agit d'un fichier FME regroupant différentes étapes/fichiers FME en un(e) seul(e). ....	65
Figure 54: Fichier FME permettant de prendre les données des stations de montagnes de 2019 et 2020, de faire la moyenne pour le printemps (2019_2020_tt_z2_moy_par_station_et_saison_printemps), l'été (2019_2020_tt_z2_moy_par_station_et_saison_ete), et l'automne 2020	

(2019_2020_tt_z2_moy_par_station_et_saison_automne), et de sélectionner les données pour l'hiver 2019-2020 (2019_2020_tt_z2_saison_hiver).....	66
Figure 55: Détail des paramètres de calcul pour la colonne "saison" .....	67
Figure 56: Détails des calculs pour la colonne "saisoncalcul" .....	68
Figure 57: Fichier FME permettant de savoir si des données proviennent de stations présentes uniquement en 2019, uniquement en 2020 ou les deux et de faire la moyenne pour l'hiver 2019-2020. ....	69
Figure 58: Fichier FME pour faire la jointure et rajouter la colonne _count qui donne le nombre de stations présentes à cet endroit pour les pays, les continents et les chaînes de montagne et exportation en fichiers csv. ....	70
Figure 59: Fichier FME pour rajouter aux shapefile des continents, pays et chaînes de montagnes la colonne du nombre de stations présentes à cet endroit. ....	71
Figure 60: Fichier FME pour la création de la liste des glaciers pour pouvoir faire le filtre sur un dashboard de Superset.....	72
Figure 61: Fichier FME pour l'ajout des colonnes de différence de temps et de changement de longueur pour une année. ....	73
Figure 62: Fichier FME pour l'ajout des colonnes de différence de temps et de changement de volume pour une année. ....	74
Figure 63: Fichier FME pour faire les statistiques pour le csv sur le changement de masse des glaciers suisses.....	75
Figure 64: Model builder qui transforme les fichiers NetCDF en fichiers raster Geotiff. Ici, il s'agit de l'exemple pour l'albédo mais cela a aussi été fait pour l'évapotranspiration.....	76
Figure 65: Model builder qui permet de faire la moyenne entre plusieurs rasters et de l'enregistrer sous un nouveau fichier raster Geotiff. Ici, il s'agit de l'exemple pour l'albédo mais cela a aussi été fait pour l'évapotranspiration. ....	76



## Table des tableaux

Tableau 1: Les 20 premières variables essentielles "EMCV". Tableau tiré de [13].	13
Tableau 2: Résumé des données collectées	15
Tableau 3: Description du contenu des fichiers 2019_points_stations.csv et 2020_points_stations.csv	16
Tableau 4: Description du contenu des fichiers 2019_donnees_stations_montagne_zone_2.csv et 2020_donnees_stations_montagne_zone_2.csv	17
Tableau 5: Colonnes/Attributs des couches de sortie pour les moyennes saisonnières des stations météorologiques.	19
Tableau 6: colonnes et explications pour les feuilles Excel des institutions, des réseaux et de leurs liens.	21
Tableau 7: Programmes utilisés lors du stage.	51
Tableau 8: Comparaison des programmes gratuits et payants.	51
Tableau 9: Résumés des vues formées à partir des stations météorologiques de la NASA.	88
Tableau 10: Métadonnées des sources des couches provenant des stations météorologiques de la NASA.	89
Tableau 11: Résumés des vues de l'albédo.	92
Tableau 12: Métadonnées des sources des couches d'albédo.	93
Tableau 13: Résumés des vues de l'évapotranspiration.	95
Tableau 14: Métadonnées des sources des couches d'évapotranspiration.	96
Tableau 15: Résumé de la vue des chaînes de montagnes.	96
Tableau 16: Métadonnées de la source de la couche des chaînes de montagnes.	97
Tableau 17: Les différentes rubriques du site WESR-Mountains.	101

# 1 Introduction

## 1.1 Contexte

### 1.1.1 Problématique générale, environnement

Le climat de la Terre a toujours varié. Cependant, les changements observés prenaient généralement beaucoup de temps, s'étalaient sur de longues périodes et n'étaient pas forcément perceptibles à l'échelle d'une vie humaine. Néanmoins, au cours des dernières décennies, les changements climatiques se sont accélérés, comme cela peut se voir sur la Figure 1.

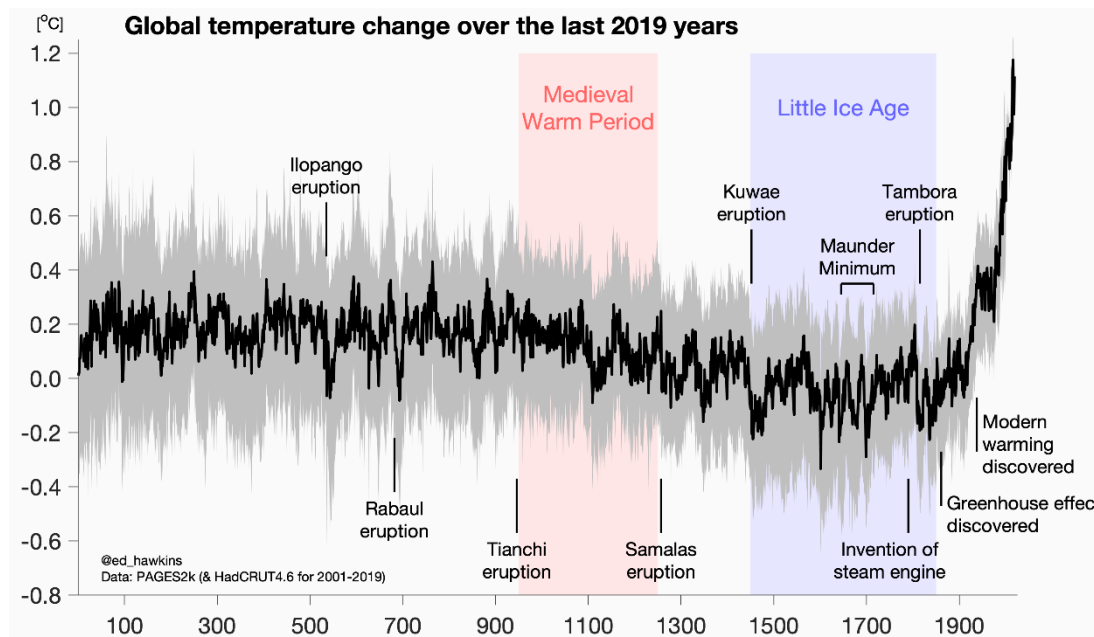


Figure 1: Températures moyennes et changement climatique des dernières 2199 années [1]

Les zones de montagne sont également touchées par le changement climatique. L'impact le plus connu et le plus visible pour illustrer le changement climatique est en effet la fonte de glaciers, qui eux se trouvent en montagne. Selon I. Palomo [2], plusieurs types d'études ont évalué le changement climatique en montagne: des études biophysiques qui se concentrent sur les changements de température, le recul des glaciers, les dangers et la biodiversité [3] [4] [5]; les études sociales qui étudient les impacts associés à la disponibilité de l'eau et aux moyens de subsistance [6] [7] [8] [9]. Par contre, il y a moins de recherches sur les impacts du changement climatique sur de multiples services écosystémiques en haute montagne [2].

### 1.1.2 Présentation du projet et de l'UNEP/GRID-Genève

Ce travail est réalisé lors d'un stage au sein de l'UNEP/GRID (United Nations Environment Programme / Global Resource Information Database) de Genève dans le but d'obtenir le certificat complémentaire de géomatique. Il consiste à travailler sur le projet "WESR-Mountains".

Le GRID -Genève est une base de données sur les ressources mondiales. Il s'agit d'un partenariat entre l'Université de Genève, le programme pour l'environnement des Nations Unies (UNEP) et l'office fédéral de l'environnement (OFEV). Ses locaux sont dans la Maison Internationale de l'Environnement (MIE) dans la banlieue de Châtelaine, à Genève. Une vingtaine de personnes y travaillent. Son rôle

principal est de transformer les données en information et en connaissances afin d'appuyer le processus de prise de décisions lié aux questions environnementales [10].

Le projet WESR-Mountains est un des sous-thèmes environnementaux que l'UNEP World Environment Room (WESR [11]), coordonnée par UNEP/GRID-Genève, vise à couvrir en termes de données géospatiales et statistiques, ainsi que d'informations plus générales (publications, acteurs clé, etc.). Il existe plusieurs projets "WESR" sur différents thèmes environnementaux (WESR-Climate, WESR-Biodiversity, WESR-Risk, WESR-Pollution, ...) dont WESR-Mountains qui se concentre, comme son nom l'indique, sur la montagne, dans le monde entier.

Le stage consiste donc à chercher des données cartographiques, les mettre en forme et à disposition ensuite sur MapX ou sur des dashboards ou autre et à contribuer au site internet de WESR-Mountains [12].

## 1.2 Objectifs et problématique

Ce projet poursuit plusieurs buts, principalement cartographiques. Ils sont les suivants:

- Déterminer les données pertinentes pour le projet WESR Mountains.
- Préparer les données et les intégrer dans MapX.
- Répondre aux questions suivantes:
  - Comment mettre en forme les données pour avoir des vues intéressantes et pertinentes?
    - Quels programmes utiliser?
  - Quelles sont les données et vue déjà présentes sur MapX pouvant être partagées dans le projet WESR-Mountains?
- Participer à l'élaboration du site internet du projet WESR-Mountains.
  - Lister les institutions relatives à la montagne.
    - Mettre en forme une visualisation des réseaux dont font partie les institutions.
  - Rechercher et lister les publications en rapport à la montagne.

Cette problématique amène à se poser plusieurs questions qui seront répondues tout au long du rapport et plus particulièrement lors de la discussion:

- 1) Comment améliorer la visualisation et l'accès à l'information géographique au sujet de la montagne?
- 2) Quels sont les avantages de la plateforme de WESR-Mountains par rapport à ce que l'on peut trouver d'autre sur internet et ailleurs?
- 3) Il existe beaucoup de données et d'information par rapport au changement climatique en général mais moins au sujet de la montagne plus précisément. Quels sont donc les outils actuels qui permettraient de mieux faire passer les informations au sujet de la montagne sur internet?
  - Quels sont les programmes que l'on peut utiliser? Quelle comparaison peut-on faire entre les outils en open source par rapport aux payants?

## 2 Méthodologie

Le travail est constitué de en deux principales parties: MapX et le site WESR-Mountains. Il faut tout d'abord identifier le type de données à rechercher. Des recherches internet seront ensuite menées afin de: collecter des données, trouver les institutions travaillant sur la montagne et fournissant ces données, trouver différentes publications sur le sujet. Une fois les données téléchargées ou trouvées, elles seront mises en forme afin de pouvoir les exploiter. Les données seront publiées sur MapX, des dashboards seront créés et le site internet WESR-Mountains sera modifié. Enfin, une discussion sera menée par rapport aux limitations et perspectives pour la suite du projet et une conclusion sera écrite.

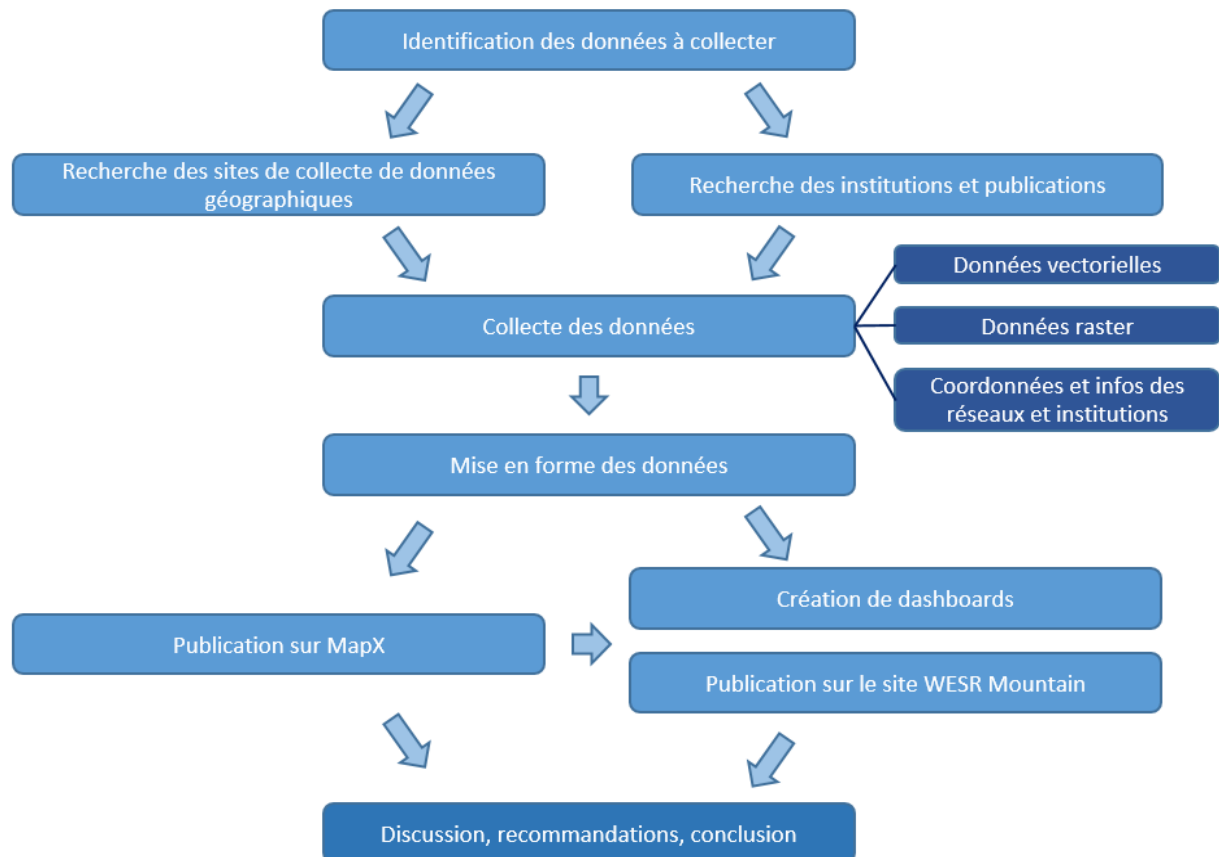


Figure 2: Schéma de la méthodologie de travail

### 2.1 Identification des données à collecter

Afin de savoir quelles sont les données à rechercher et collecter, il faut d'abord savoir quelles sont les variables (et donc futures données, nommées Essential Mountain Climate Variable: EMCV) sont les plus essentielles et permettent de quantifier le changement climatique en montagne. Pour cela, une étude avait été menée en collaboration entre plusieurs chercheurs, institutions et groupes interdisciplinaires [13]. Elle avait permis de classer les variables par ordre d'importance afin de mesurer au mieux les changements climatiques en montagne. Le tableau complet se trouve en annexe 7.1 et le classement a été visuellement représenté par un "world cloud" que l'on peut voir sur la Figure 3.

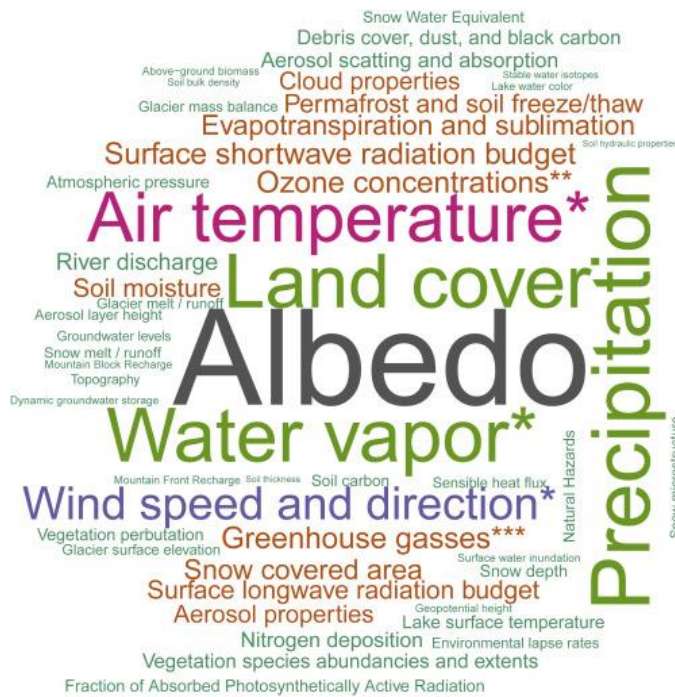


Figure 3: Word cloud développé à partir du tableau de classement des variables. Le classement a été élaboré après discussions entre différents groupes interdisciplinaire de scientifiques sur la montagne [13].

Les 20 variables les plus importantes sont les suivantes:

ref	Principal sphere(s)	EMCV Group	EMCV	Score
E01	All	Precipitation	Estimates of liquid and solid precipitation	65
E02	All	Albedo	Maps of bi- hemispherical reflectance (BHR) albedo for modeling	35
E03	All	Land surface temperature	Maps of land surface temperature	35
E04	All	Near-surface air temperature	Near-surface air temperature	33
E05	All	Albedo	Maps of BHR albedo for adaptation	27
E06	All	Albedo	Maps of directional hemispherical reflectance (DHR) albedo for adaptation	25
E07	All	Albedo	Maps of DHR albedo for modeling	25
E08	Atmosphere	Upper air temperature	Tropospheric temperature profile	21
E09	Atmosphere, Cryosphere	Near-surface wind speed and direction	Near-surface wind speed and direction	20
E10	Biosphere	Land cover	Maps of high- resolution land cover	18
E11	Biosphere	Land cover	Maps of key IPCC land use, related changes, and land management types	18
E12	Biosphere	Land cover	Maps of land cover	18
E13	Cryosphere	Snow	Snow covered area / fraction (SCA/F)	18
E14	Atmosphere	Upper air water vapor	Total column water vapor	15
E15	Atmosphere	Upper air water vapor	Tropospheric and lower stratospheric profiles of water vapor	15
E16	Atmosphere	Upper air water vapor	Upper tropospheric humidity	15
E17	All	Surface Radiation Budget	Surface ERB Shortwave	14
E18	Atmosphere, Hydrosphere	Near-surface water vapor	Water Vapor	14
E19	Atmosphere	Upper air wind speed and direction (upper-air)	Upper-air wind retrievals	12
E20	Biosphere, Hydrosphere	Evapotranspiration	Evapotranspiration	12

Tableau 1: Les 20 premières variables essentielles "EMCV". Tableau tiré de [13].

## 2.2 Collecte des données

Afin de ne pas rechercher des données qui auraient déjà été collectées au sein d'autres projets du GRID, il a tout d'abord fallu rechercher sur MapX dans d'autres projets quelles données étaient déjà présentes et en noter les propriétés. Certaines couches trouvées sur MapX correspondaient bien à une variable importante du point de vue du changement climatique en montagne mais ne couvrait par exemple qu'un pays alors que l'on cherche à avoir des données couvrant le monde entier.

Il a ensuite fallu chercher différentes sources de données fiables. Pour cela, des recherches internet ont été menées afin de lister différents sites permettant de télécharger des données en open source. Une fois ces sources trouvées, les données ont été téléchargées.

En parallèle de la recherche de données, une recherche des institutions œuvrant sur la montagne ainsi que des publications écrites sur le sujet a été menée.

Un tableau Google sheet a été construit et complété tout au long du stage afin de suivre l'évolution de la collecte de données ainsi que leurs caractéristiques. Il se trouve en annexe 7.1 Ce fichier comprend plusieurs feuilles:

- **Adaptations\_au\_chgmt\_climat\_solutions** (site internet intéressant)
- **EMCV** (tableau de [13] avec les données collectées et leurs caractéristiques)
- **Datas\_présentes\_ds\_autres\_projets** (tableau regroupant les données intéressantes pour le projet WESR Mountains trouvées sur MapX ainsi que leurs caractéristiques)
- **Institutions**
- **Publications**

Le Tableau 2 suivant permet de résumer quelles sont les données qui ont été collectées.

Nom, description	Format	Source	Groupe EMCV	Extension géographique	Utilisée dans le projet
Données de stations météorologiques du monde, données sur: Précipitations Températures Vitesse du vent Profondeur de neige	Vecteur, points shapefile	National Centers for Environmental Information [14]	E01 E03 E09 E31	Monde	Oui
Albedo	Raster, Geotiff	Copernicus [15]	E02, E05, E06, E07	Monde	Oui
Évaporation	Raster, Geotiff	USGS [16]	E20	Monde	Oui
Mountain chains Inventory	Vecteur, polygones shapefile	Ilias de l'université de Berne [17]		Monde	Oui
Glamos – glaciers de Suisse. Différents fichiers sur les glaciers suisses.	csv	Glamos [18]		Suisse	Oui
WGMS – Glaciers du monde	csv	WGMS [19]		Monde	Oui
World_Countries	Vecteur, polygones shapefile	ArcGIS Hub [20]		Monde	Oui
Land Precipitations	dat	CRU [21]	E01	Monde	Non
Land Cover	Raster, Geotiff	chelsea [22]	E10, E11, E12	Monde	Non
Snow	NetCDF	ESA Snow Climate Change Initiative	E13	Monde Europe	Non

		[23] et Copernicus [15]			
Tree Line	Vecteur, polygones, shapefile,	National Tree Map du Royaume-Uni [24]		Angleterre, Pays de Galles, Ecosse et République d'Irlande	Non
Water Vapor	txt	NOAA [25]	E18	Boulder dans le Colorado aux États-Unis, Lauder en Nouvelle-Zélande et Hilo à Hawaï	Non
Black carbon	WMS	Nasa [26]	E80	Monde	Non
Global Solar Stations Inventory	csv	The World Bank [27]		Monde	Non
Land Surface Temperature	csv	The World Bank [28]	E03	Monde	Non
Land Precipitation	csv	The World Bank [29]	E01	Monde	Non
World Terrain Elevation Above Sea Level	Raster, Geotiff	The World Bank [30]		Monde mais incomplet: -180, -55 : 180, 60	Non
Wind Mast inventory	csv	The World Bank [31]	E09	Monde	non

Tableau 2: Résumé des données collectées

## 2.3 Mise en forme des données

### 2.3.1 Définitions et mise en forme générale

Plusieurs types de données ont pu être trouvés. Selon la donnée, différentes manipulations ont dû être faites afin de pouvoir les comparer, les analyser et les publier.

Selon la source et le type, les données étaient soit journalière, soit mensuelle, soit tri ou bi mensuelle. Afin de pouvoir les comparer et avoir une base pareille quel que soit le type de variable et de donnée, il a été décidé de publier des couches de données à la saison.

Les saisons doivent être définies clairement. Plusieurs définitions de saisons peuvent être trouvées et les suivantes ont été retenues:

*"Meteorological spring in the Northern Hemisphere includes March, April, and May; meteorological summer includes June, July, and August; meteorological fall includes September, October, and November; and meteorological winter includes December, January, and February."* [32]

*"Les saisons considérées sont les saisons météo:*

- *printemps : mars, avril, mai*
- *été : juin, juillet, août*
- *automne : septembre, octobre, novembre*
- *hiver : décembre, janvier, février*

*La température moyenne saisonnière correspond à la moyenne des températures mensuelles sur une saison."* [33]

Ainsi, les saisons ont été retenues comme suis:

- printemps : mars, avril, mai

- été : juin, juillet, août
- automne : septembre, octobre, novembre
- hiver : décembre, janvier, février (décembre d'une année, janvier et février de l'année qui suit)

Par soucis de simplification de calcul, les saisons sont les mêmes que ce soit pour l'hémisphère nord ou pour l'hémisphère sud. Cependant, il faudra garder en tête lors de la consultation des cartes saisonnières que pour l'hémisphère sud, les résultats "hiver" sont en fait l'été.

Les unités des différentes données trouvées différaient également selon le pays de la source. Ainsi, les données météorologiques de différentes stations dans le monde provenaient des États-Unis et étaient donc en unités utilisées dans ce pays (Fahrenheit, inches, miles, ...). Afin d'harmoniser les unités et pouvoir comparer les résultats, toutes les données ont été converties en unités SI (Système international): mètre, degré Celsius, kilomètre par heure, ...

### 2.3.2 Stations météorologiques

Les données de bases ont été téléchargées sur le site "National Centers for Environmental Information" [14]. Il s'agit de données journalières de différentes stations météorologiques dans le monde. Les données ont été téléchargées pour toutes les années entre 1973 et 2020. Les données sont composées d'un fichier au format csv pour chaque station, avec une ligne par jour, et il y a un dossier par année. Les modifications qui ont été faites l'ont été sur les données des années 2019 et 2020 afin d'avoir les données les plus récentes.

Plusieurs étapes ont été nécessaires afin d'obtenir des données exploitables. Elles ont été réalisées pour la plupart à l'aide du logiciel "FME". Les captures d'écran des détails des étapes de transformations faites sur FME sont disponibles à l'annexe 7.2.1.

Étapes faites deux fois: une fois pour le dossier 2019, et une fois pour le dossier 2020:

- 1) Ouvrir le dossier des données et extraire la liste des stations de cette année au format csv qui contiennent les colonnes suivantes:

Couches "2019_points_stations.csv" et "2020_points_stations.csv"	
Nom de la colonne	Description
STATION	Numéro de la station
LATITUDE	Latitude de la station
LONGITUDE	Longitude de la station
ELEVATION	Altitude de la station
NAME	Nom de la station

Tableau 3: Description du contenu des fichiers 2019\_points\_stations.csv et 2020\_points\_stations.csv

- 2) Sélectionner les stations étant en montagne. Pour cela, la couche "K3\_ELU\_LF.tif", ou comme nommé sur MapX "*Mountain coverages based on Sayre et al., 2014*", a été utilisée. Ce raster était déjà présent sur MapX et il n'a donc pas fallu la rechercher. Il s'agit d'une définition des zones de montagnes (sur le raster, il s'agit des zones ayant le numéro "2") selon plusieurs le climat biologique ("bioclimate"), le relief, la lithologie et l'occupation du sol. Cette couche a été obtenue de l'université de Berne.

Faire un croisement entre la couche raster et la couche des stations et mettre sur quelle zone (1 (eau), 2 (montagne), 3 (colline) ou aucune) se trouve chaque point correspondant à une station. Pour cela, deux manières ont été testées:

- a. Sur QGIS: À l'aide de la calculatrice de champs. Cela a été fait pour les stations de 2020.



- b. Sur FME: Avec l'outil "PointOnRasterCalculator". Cela a été fait pour les stations de 2019.

Seules les stations sur la zone "2", donc en montagne, ont ensuite été gardées.

- 3) Faire un "FeatureMerger" entre les données et les stations se situant en montagne afin de prendre toutes les données des stations en montagne. Les données sont mises dans un fichier csv pour chaque année contenant les colonnes suivantes:

Couches	"2019_donnees_stations_montagne_zone2.csv" et 2020_donnees_stations_montagne_zone_2.csv"
<b>Nom de la colonne</b>	<b>Description</b>
STATION	Numéro de la station
DATE	Date du relevé au format YYYY-MM-DD
LATITUDE	Latitude de la station
LONGITUDE	Longitude de la station
ELEVATION	Altitude de la station
NAME	Nom de la station
TEMP	Température moyenne de la journée [Fahrenheit]
TEMP_ATTRIBUTES	Nombre d'observations utilisées pour calculer la température moyenne
DEWP	Température moyenne de rosée [Fahrenheit]
DEWP_ATTRIBUTES	Nombre d'observations utilisées pour calculer la température de rosée
SLP	Pression moyenne au niveau de la mer [millibar]
SLP_ATTRIBUTES	Nombre d'observations utilisées pour calculer la pression au niveau de la mer
STP	Pression moyenne au niveau de la station [millibar]
STP_ATTRIBUTES	Nombre d'observations utilisées pour calculer la pression au niveau de la station
VISIB	Visibilité moyenne [miles]
VISIB_ATTRIBUTES	Nombre d'observations utilisées pour calculer la visibilité
WDSP	Vitesse moyenne du vent [nœuds]
WDSP_ATTRIBUTES	Nombre d'observations utilisées pour calculer la vitesse du vent
MXSPD	Vitesse maximum du vent soutenu/régulier [nœud]
GUST	Rafale de vent maximum [nœuds]
MAX	Température maximum [Fahrenheit]
MAX_ATTRIBUTES	
MIN	Température minimum [Fahrenheit]
MIN_ATTRIBUTES	
PRCP	Quantité de précipitations [pouce]
PRCP_ATTRIBUTES	
SNDP	Profondeur de neige [inches = pouces]
FRSHTT	Brouillard, pluie ou bruine, neige ou granulés de glace, grêle, tonnerre, tornade/cyclone
zone	Numéro de la zone K3 sur laquelle se trouve la station

Tableau 4: Description du contenu des fichiers 2019\_donnees\_stations\_montagne\_zone\_2.csv et 2020\_donnees\_stations\_montagne\_zone\_2.csv

- 4) Transformer les données pour les mettre en unités SI.
- 5) Ajouter la colonne "saison" (selon la définition des saisons données avant) puis la colonne "saisoncalcul". Cette dernière permettra de calculer la saison d'hiver avec les données de

décembre 2019 et de janvier et février 2020. Les règles de remplissage de cette colonne sont les suivantes:

Test Condition	Attribute Value
If @Value(date_mois) = 12 AND @Value(date_annee) = 2019	☐ 1hivercalc20
Else If @Value(date_mois) = 01 AND @Value(date_annee) = 2020	☐ 1hivercalc20
Else If @Value(date_mois) = 02 AND @Value(date_annee) = 2020	☐ 1hivercalc20
Else If @Value(date_mois) = 03 AND @Value(date_annee) = 2020	☐ 2printempscalc20
Else If @Value(date_mois) = 04 AND @Value(date_annee) = 2020	☐ 2printempscalc20
Else If @Value(date_mois) = 05 AND @Value(date_annee) = 2020	☐ 2printempscalc20
Else If @Value(date_mois) = 06 AND @Value(date_annee) = 2020	☐ 3etecalc20
Else If @Value(date_mois) = 07 AND @Value(date_annee) = 2020	☐ 3etecalc20
Else If @Value(date_mois) = 08 AND @Value(date_annee) = 2020	☐ 3etecalc20
Else If @Value(date_mois) = 09 AND @Value(date_annee) = 2020	☐ 4automnecalc20
Else If @Value(date_mois) = 10 AND @Value(date_annee) = 2020	☐ 4automnecalc20
Else If @Value(date_mois) = 11 AND @Value(date_annee) = 2020	☐ 4automnecalc20
Else If	
Else <All Other Conditions>	☒ <No Action>

Figure 4: Règles de remplissage de la colonne "saisoncalcul" afin de pouvoir par la suite faire les moyennes des données selon la saison.

- 6) Calculer les moyennes des différentes données selon la station et la saison. Pour les saisons printemps, été et automne, il suffit de prendre les données de 2020 et de faire les moyennes. Mais pour la saison d'hiver, comme elle se passe en 2019 et en 2020, il faut faire quelques étapes de plus:
  - a. Refaire l'étape 1) sur les données de décembre 2019 et de janvier et février 2020. Cela permet de savoir le nombre de station pour l'hiver 2019-2020 en 2019 puis en 2020. Comparer les deux listes et vérifier que les deux listes de stations soient les plus proches possible. S'il n'y a que peu de station qui ne sont soit qu'en 2019, soit qu'en 2020, les moyennes ne seront pas trop faussées. Mais si trop de stations ne sont qu'en 2019 ou qu'en 2020, beaucoup de moyennes seront faussées car ce ne sera pas la moyenne pour tout l'hiver mais que pour décembre 2019 ou que pour janvier et février 2020.
  - b. Mettre une colonne pour dire si la station est présente qu'en 2019, qu'en 2020 ou les deux
  - c. Calculer les moyennes par station pour l'hiver 2019-2020.
- 7) Faire des shapefile des différentes moyennes pour chaque saison. Cela peut se faire directement sur FME ou dans QGIS/ArcGIS en important les fichiers csv. Les fichiers shapefile et csv pour chaque saison contiennent les attributs suivants:

Nom de la colonne	Description
STATION	Numéro de la station
NAME	Nom de la station
LATITUDE	Latitude de la station
LONGITUDE	Longitude de la station

ELEVATION	Altitude de la station
saison	saison: 1hiver ou 2printemps ou 3ete ou 4automne
saisoncalc	remplis que si c'est à prendre en compte: 1hivercalc20 ou 2printempscalc20 ou 3etecalc20 ou 4automnecalc20, selon les règles de la Figure 4.
prcp_cm_men	Quantité de précipitations [cm]
temp_cel_m	Température moyenne [°Celsius]
tmin_cel_m	Température moyenne de températures minimales [°Celsius]
tmax_cel_m	Température moyenne de températures maximales [°Celsius]
dewp_cel_m	Température moyenne de rosée [°Celsius]
wdsp_kmh_m	Vitesse moyenne du vent [km/h]
mxspdKmh_m	Vitesse moyenne des vitesses maximum du vent soutenu/régulier [km/h]
gust_kmh_m	moyenne des rafales de vent maximum [km/h]
sndp_cm_me	Profondeur de neige [cm]
stp_pa_me	Pression moyenne au niveau de la station [Pascal]
slp_pa_me	Pression moyenne au niveau de la mer [Pascal]
visib_m_me	Visibilité moyenne [m]
statiquand	Colonne uniquement présente pour la moyenne de l'hiver. Elle permet de savoir si une station est présente en 2019 uniquement (que2019), en 2020 uniquement (que2020) ou en 2019 et 2020 (2019inter2020).

Tableau 5: Colonnes/Attributs des couches de sortie pour les moyennes saisonnières des stations météorologiques.

### 2.3.3 Albédo

Des couches d'albédo étaient déjà présentes sur MapX avant le début du stage. Cependant, il s'agissait d'exemple d'albédo pour un jour de chaque saison et non pas une moyenne pour chaque saison. C'est pourquoi, d'autres données ont été téléchargées à la même source, à savoir le site de Copernicus [15], afin de pouvoir par la suite faire les moyennes des saisons. Ce sont des couches qui sont sur le monde entier.

Les étapes suivantes ont donc été faites:

- 1) Aller sur le site de copernicus et créer un compte afin de pouvoir télécharger des données.
- 2) Télécharger les données d'albédo disponibles pour les années 2019 et 2020.  
Il y a à chaque fois 3 couches d'albédo disponibles par mois: le 3, le 13 et le 23 ou 24 du mois.
- 3) Les couches téléchargées étant au format NetCDF, il faut les mettre au format tif afin de pouvoir les exploiter. Pour cela, plusieurs méthodes ont été testées (FME, QGIS, ArcGIS) et la transformation a été faite par ArcGIS:
  - a. Créer un model builder qui lira tous les fichiers NetCDF d'un dossier.
  - b. Toujours dans ce model builder, transformer les fichiers en raster .tif. Pour cela, l'outil "Make NETCDF Raster Layer" est utilisé.
- 4) Construire un autre model builder afin de faire un raster de la moyenne des 9 rasters pour chaque saison.

Une capture d'écran des models builders utilisés est disponible à l'annexe 7.3.

### 2.3.4 Evapotranspiration

Les données ont été téléchargées sur le site de l'USGS [16]. Il s'agit de raster au format tif. Il y a un raster par mois. Les rasters couvrent le monde entier.

Les étapes suivantes ont été faites:

- 1) Télécharger les données d'évapotranspiration pour les années 2019 et 2020 sur le site de l'USGS.
- 2) Comme pour les données d'albédo, il faut faire un raster pour chaque saison. Le model builder construit auparavant a pu être repris et modifié afin de faire les moyennes sur 3 rasters à la place de 9.

### 2.3.5 Mountain chains Inventory

Les données ont été téléchargées sur le site Ilias de l'université de Berne [17]. Il s'agit d'un fichier shapefile de polygones représentant les chaînes de montagnes dans le monde. Aucune modification n'a été effectuée sur ce fichier, juste de la mise en forme avant sa publication.

## 2.4 Publication sur MapX

Deux manières existent pour publier les données sur MapX, selon le type et la taille des données d'origine:

- S'il s'agit de couches vectorielles de moins de 100 Mb  
Dans ce cas-là, les données peuvent directement être uploadées et mises en forme sur MapX
- S'il s'agit de couches rasters ou vectorielles de plus de 100 Mb.  
Dans ce cas, il faudra uploader les données, créer les couches et les mettre en forme sur le géoserveur de l'UNEP avant de pouvoir ensuite pointer depuis MapX sur la couche mise dans le géoserveur pour l'afficher.

Plus de détails par rapport aux étapes à effectuer afin de pouvoir publier des couches sur MapX sont disponibles à l'annexe 7.4.

## 2.5 Création nouvelles informations

### 2.5.1 Réseaux institutions

Dans le but de visualiser les réseaux d'institutions œuvrant sur la montagne, le programme gratuit Gephi a d'abord été utilisé. Il permet de visualiser des réseaux en y insérant les "nœuds" ainsi que les "liens" entre les nœuds. Les nœuds représentent les institutions ainsi que les réseaux et les liens permettent de relier les institutions aux réseaux dont elles font partie.

Afin de pouvoir rentrer les données sur Gephi, il faut en premier lieu lister les institutions avec leur position géographique en latitude et longitude puis faire de même pour les réseaux. Souvent, pour les réseaux, il n'y a pas de lieu géographique, c'est pourquoi, une position leur a été donnée en fonction des institutions qui en font partie. Par exemple, un réseau comprenant des institutions en Amérique du Sud a été positionné dans l'océan (pacifique ou atlantique) proche des autres institutions.

Une base de données Excel regroupant les informations relatives aux réseaux et aux institutions a été faite (cf annexe 7.1). Il s'agit de deux feuilles avec les tableaux contenant les colonnes suivantes:

Feuille "nœuds", institutions_reseaux	
Colonne	Explications
reseau_institution_nom	Nom du réseau ou de l'institution
ID	ID: i001, i002, etc si c'est une institution; r001, r002, etc si c'est un réseau
y lat (EPSG4326, WGS 84)	Latitude
x long (EPSG4326, WGS 84)	Longitude
type	Si c'est une institution ou un réseau

remarque	
pays / groupe géographique	
ville	
adresse	
site internet	
<b>Feuille "liens", liens_inst_res</b>	
<b>Colonne</b>	<b>Explications</b>
ID_inst	Reprise de l'ID de l'institution: i001, i002, etc
y lat (EPSG4326, WGS 84) inst	Latitude de l'institution
x long (EPSG4326, WGS 84) inst	Longitude de l'institution
institution	Nom de l'institution
reseau	Nom du réseau
ID_res	Reprise de l'ID du réseau: r001, r002, etc
y lat (EPSG4326, WGS 84) res	Latitude du réseau
x long (EPSG4326, WGS 84) res	Longitude du réseau

Tableau 6: colonnes et explications pour les feuilles Excel des institutions, des réseaux et de leurs liens.

Ce fichier Excel a ensuite été exporté en deux fichiers csv qui ont ensuite été importés dans Gephi. Ensuite, il a fallu mettre ensuite en forme tout cela. Lorsque le résultat a convenu, il a été possible de l'exporter au format png ou alors en svg.

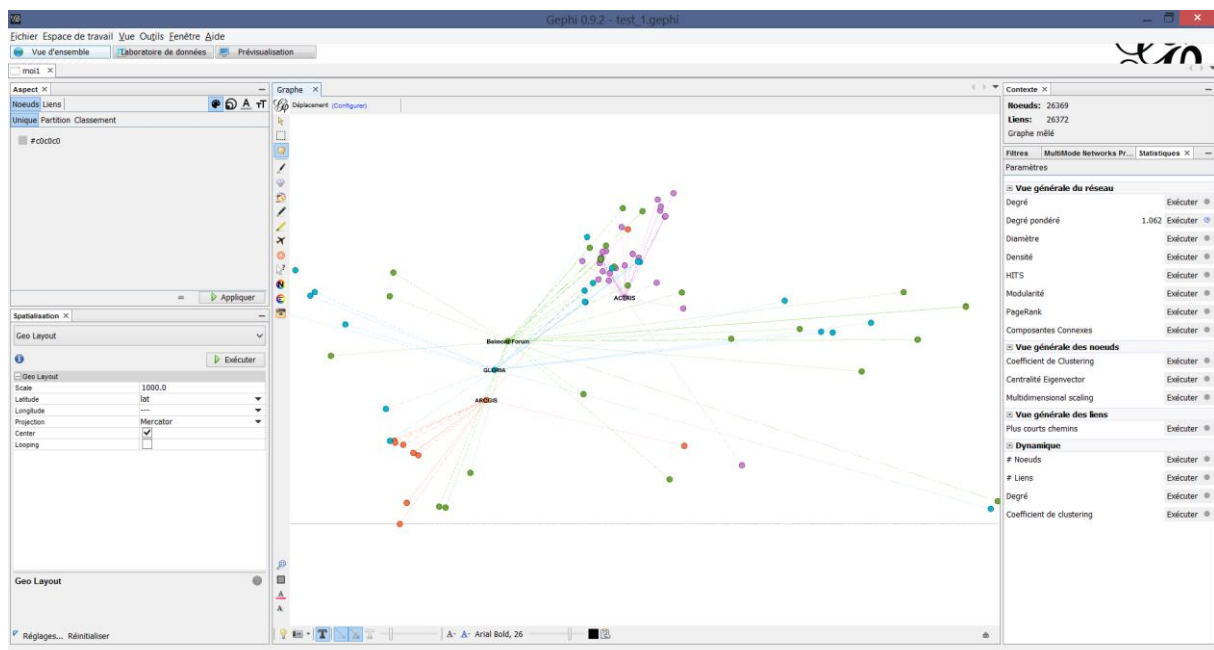


Figure 5: Exemple de visualisation des réseaux d'institutions avec gephi

Par la suite, le programme payant FME a également été utilisé afin d'avoir les résultats en format shapfile (un pour les points des institutions et réseaux et un pour les liens), qui sont plus facilement modifiables sous QGIS par exemple.

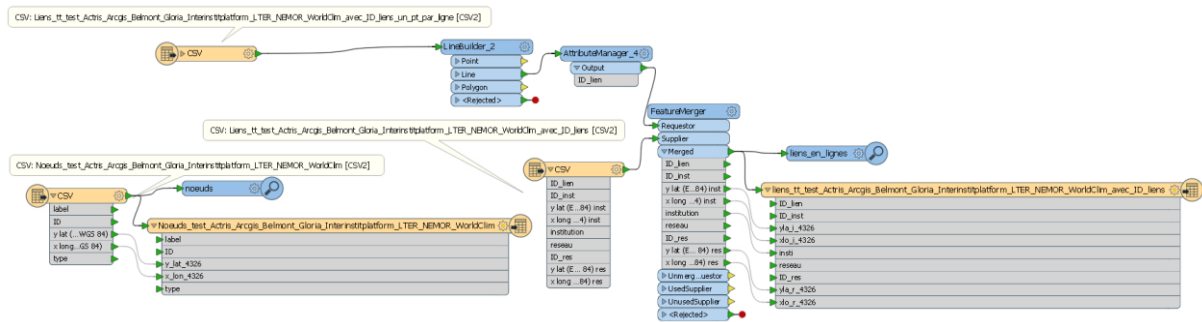


Figure 6: Étape faites sur FME afin d'obtenir deux fichiers shapefile pour les nœuds (Nœuds\_test\_Arcgis\_Belmont\_Gloria\_Interinstplatform\_LTER\_NEMOR\_WorldClim) et les liens (liens\_tt\_test\_Arcgis\_Belmont\_Gloria\_Interinstplatform\_LTER\_NEMOR\_WorldClim\_avec\_ID\_liens).

### 2.5.2 Superset

Afin de pouvoir visualiser et voir mieux les informations et les données trouvées sur la montagne, un dashboard a été créé sur Superset. Plusieurs étapes et informations peuvent être faites et mises sur un dashboard, comme par exemple: des graphiques sous plusieurs formes (courbes, histogrammes, camembert, ...), un affichage d'un projet MapX, une carte du monde avec les pays, du texte, ... Un dashboard permet de mieux faire parler les données et apporte donc une valeur ajoutée.

Il faut tout d'abord importer le tableau de données (en format csv ou Excel), puis créer un graphique et enfin créer le dashboard et y mettre les éléments que l'on souhaite. L'annexe 7.6 donne plus de détails quant aux étapes à faire afin de créer un dashboard Superset.

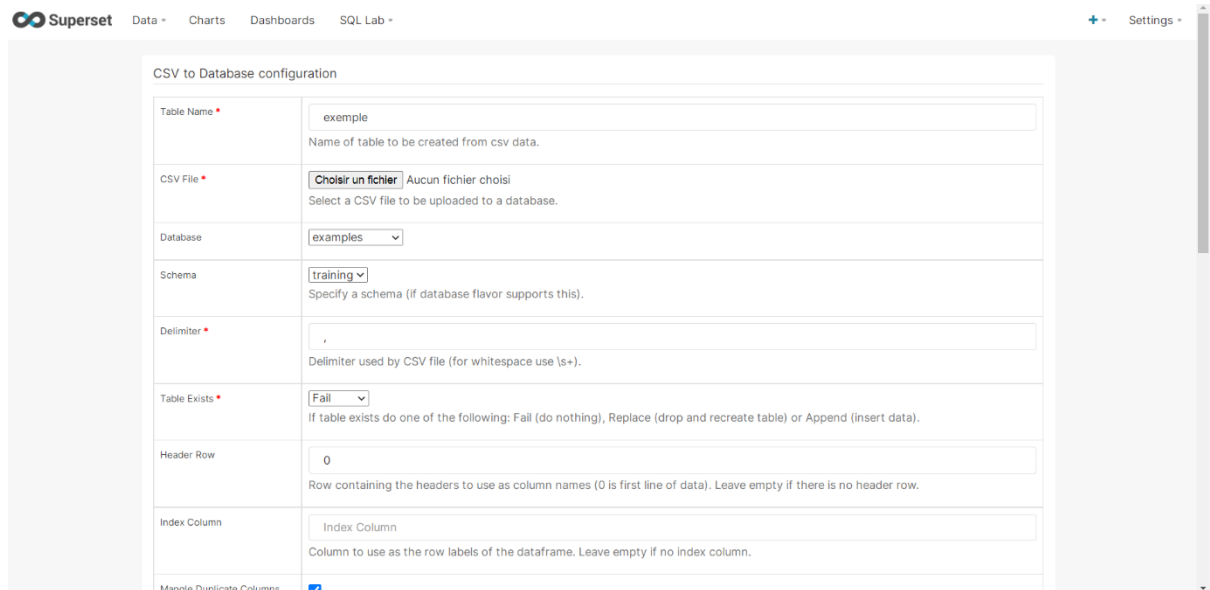


Figure 7: Exemple d'importation d'un tableau de données sous Superset.

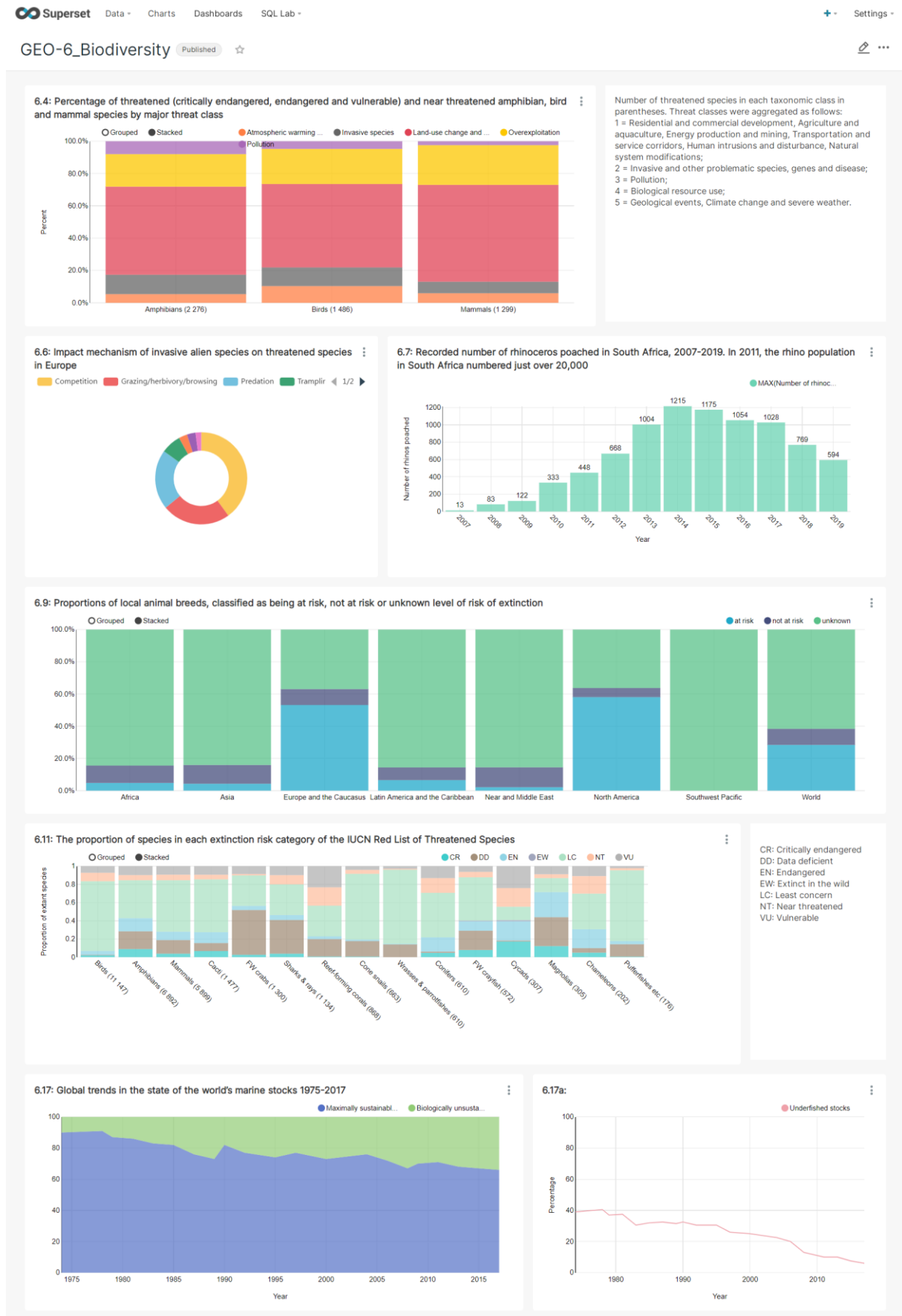


Figure 8: Exemple d'un dashboard existant sur Superset

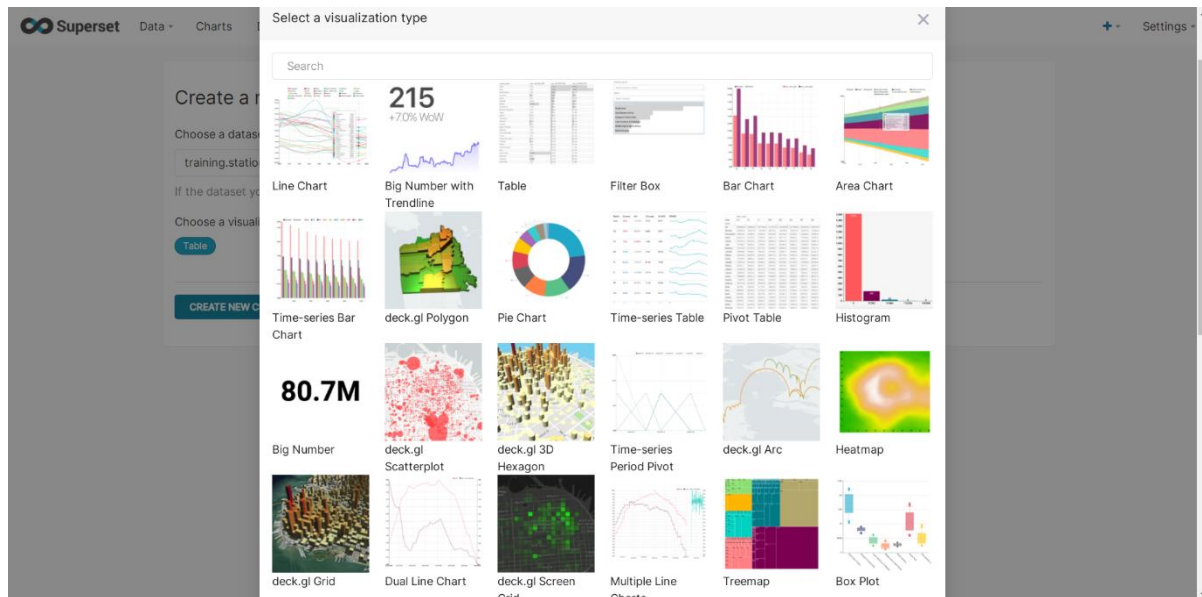


Figure 9: Exemple des différents types de graphiques et visualisations que l'on peut faire sur Superset.

### 2.5.2.1 Transformation des données

Plusieurs dashboards ont été créés: un par rapport aux stations météorologiques de la NASA [14], un sur les glaciers du monde dont les données proviennent du site WGMS [19] et un sur les glaciers de Suisse dont les données proviennent du site Glamos [34].

#### 2.5.2.1.1 Dashboard par rapport aux stations météorologiques

Afin de créer ce dashboard, plusieurs modifications de données ont été faites, notamment pour avoir des informations quant au nombre de stations sur chaque chaîne de montagne, pays ou continent.

Étapes de modifications faites sur FME (les détails sont en annexe 7.2.2):

- 1) Reprendre les fichiers csv des stations de montagne 2019 et 2020 et les croiser géographiquement avec les couches des pays du monde, des continents et des chaînes de montagnes. Cela donne trois nouveaux fichiers des stations avec à chaque fois une nouvelle colonne qui dit sur quel continent, pays ou chaîne de montagnes la station se trouve.
- 2) Faire des statistiques en regroupant par pays, continent ou chaîne de montagnes afin d'obtenir trois fichiers csv avec les colonnes suivantes: nom du pays/continent/chaîne de montagnes, -count=nombre de stations situées dans ce pays/continent/chaîne de montagnes.
- 3) Reprendre les fichiers shapefile des pays, des continents et des chaînes de montagnes et faire une jointure avec les fichiers csv précédemment créés afin d'obtenir trois fichiers shapefile avec la nouvelle colonne "\_count" qui donne le nombre de stations présentes.  
Cette étape n'est pas utile pour faire un dashboard directement car on ne peut pas insérer de données au format shapefile mais uniquement en format csv ou Excel, soit sous forme de tableaux. Mais cette étape a quand même été faite, c'est pourquoi elle est mentionnée.

#### 2.5.2.1.2 Dashboard des glaciers suisses

Pour le dashboard sur les glaciers suisses, des modifications des données ont été effectuées afin de pouvoir visualiser les informations avec des graphiques. Les étapes de modifications sont les suivantes:

- 1) Création d'une liste des noms de glaciers (afin de pouvoir faire un filtre sur le dashboard), cela a été fait sur FME:
  - a. Pour chacun des csv téléchargés (liste des glaciers, différence de longueur, différence de masse et différence de volume), sortir la liste des glaciers.



- b. Mettre la liste en une et vérifier qu'il n'y a pas de glacier à double mais avec une légère différence d'orthographe. Si c'est le cas, modifier dans le fichier de base le nom de sorte que l'orthographe soit la même partout.
  - c. Une fois les fichiers modifiés avec les bons noms, ressortir la liste des glaciers pour chacun des csv.
  - d. Mettre les 4 listes en une avec une ligne par glacier.
- 2) Pour les fichiers par rapport à la longueur et au volume, cela a été fait sur FME:
- a. Mettre deux colonnes avec juste les années de fin et de début car comme ça c'est plus clair pour mettre sur un futur graphique
  - b. Calculer la différence de longueur et de volume par année pour chaque glacier. Il faut pour cela calculer sur combien d'années il y a eu la différence notée et ensuite diviser cette différence notée par le nombre d'années calculées. Cela permettra de faire des comparaisons.
- 3) Pour les fichiers par rapport à la longueur et au volume, fait par Excel:
- a. Rajouter, pour chaque glacier, les lignes des années manquantes en créant une nouvelle colonne `date_end_moi` et mettre la différence par année calculée auparavant sur FME. Par exemple pour une observation avec `date_start = 1997`, `date_end = 2000` et `diff_vol_calc_year = 0.05`, mettre 3 nouvelles lignes avec `date_end_moi = 1998`, `1999` et `2000` et `diff_vol_calc_year = 0.05` à chaque fois).

Les détails des manipulations faites sur FME sont disponibles à l'annexe 7.2.3.

## 2.6 Mise sur le site

De même que pour les dashboards, le site internet du WESR-Mountains [12] permet de visualiser les résultats du projet, que ce soit les institutions, les publications, les cartes, les informations, etc...

Il faut pour cela se connecter à notre compte sur le site et ensuite modifier la page comme on le souhaite. Les modifications se font de manière intuitive, un peu comme si l'on était sur un document Word et non pas avec du code html.

On peut aussi mettre sur le site le même genre d'informations que l'on mettrait sur un dashboard Superset.

## 3 Résultats

Les numéros avec E entre parenthèses après les noms de vues et/ou de données sont la référence à l'ordre d'importance de la variable comme défini dans l'étude sur les EMCV [13]. Les 20 plus importantes EMCV se trouvent dans le Tableau 1.

### 3.1 Données recherchées mais pas mises sur MapX ou autre

Différents types de données ont été cherchées mais n'ont pas pu être mises en forme pour différentes raisons: Format impossible à charger et/ou modifier, type de données cherchées mais non trouvées, données trop volumineuses, données pas mondiales mais sur un secteur géographique trop précis, demande de compte ou de droits spéciaux pour télécharger les données, etc... Cependant, des recherches et du travail ont été faits, c'est pourquoi cela est présenté ici.

#### 3.1.1 Land Precipitation (E01)

Des données de précipitations ont été trouvées et téléchargées sur le site CRU [21]. Elles n'ont cependant pas été utilisées par la suite pour plusieurs raisons:

- Il s'agit de données de précipitations allant de 1900 à 1998, donc peu récentes.
- Il s'agit de données de précipitations par année (précipitations totales par an) et on ne peut donc pas différencier selon la saison. De plus, ce sont des données de total et non pas de moyenne par jour.
- Le format .dat aurait demandé de nombreuses modifications pour être exploitable.
- Il ne s'agit de données que pour certains pays/régions du monde.
- D'autres données de précipitations ont été trouvées ailleurs et étaient meilleures.

#### 3.1.2 Land Cover (E10, E11, E12)

Le site Chelsea [22] a été trouvé pour télécharger des données raster par rapport au type de surface présente sur le sol. Des données ont commencé à être téléchargées. Cependant, il a été remarqué en cherchant dans d'autres projets MapX qu'il existait déjà une couche nommée de "land surface". Il a donc été choisi de plutôt partager cette vue dans le projet WESR-Mountains plutôt que d'en créer une nouvelle.

#### 3.1.3 Snow (E13)

Plusieurs sources ont été utilisées afin de télécharger des données sur la neige: ESA Snow Climate Change Initiative [23] et Copernicus [15]. Les deux donnaient des données au format NetCDF. Ainsi, la première étape a été de transformer ces données dans un format utilisable plus facilement (raster Geotiff dans l'idéal). Pour les données de l'ESA, la transformation en raster (la même que pour les données des stations météorologique, cf Méthodologie - Stations météorologiques) n'a pas fonctionné. Cela a par contre fonctionné pour les fichiers provenant du site de copernicus. Par contre, ces données ne couvraient pas le monde entier mais uniquement l'Europe. De plus, il y avait un raster pour chaque jour. Ainsi, pour faire la moyenne par saison, il aurait fallu faire à chaque fois la moyenne pour 91 ou 92 fichiers! Cela serait très long et demanderait beaucoup de mémoire de l'ordinateur pour un résultat partiel car seulement sur l'Europe. C'est pourquoi, il a été décidé de ne pas faire ces transformations et de ne pas utiliser ces fichiers.

#### 3.1.4 Tree line

Cette variable ne fait pas directement partie des variables citées dans le rapport concernant les variables essentielles en montagne. Néanmoins, il a semblé intéressant de trouver des données

concernant la limite (en altitude principalement) au-delà de laquelle les arbres ne poussent plus, de savoir la limite de la forêt en montagne et de la comparer selon les régions et le temps. Cela aurait également permis, par la suite, de pouvoir calculer par exemple le green cover index.

L'article "*Detection of alpine tree line change with high spatial resolution remotely sensed data*" [35] présente comment la ligne d'arbre a été construite dans le bassin versant de la rivière Sangong dans la région des montagnes Tianshan en Chine en utilisant des photos aériennes entre 1962 et 1981 ainsi que des images QuickBird de 2006. Cette méthode a donc besoin de photos aériennes de différentes époques des endroits où l'on veut avoir la tree line. Dans cette région, la plupart des arbres sont présents à moins de 2600m mais la limite forestière peut atteindre 2880m et la plus haute altitude avec présence d'arbres est de 3270m. La forêt s'est étendue entre 1962 et 2006 et la tree line des deux forêts a augmenté en altitude de 2 à 3m pour une forêt et de 7 à 12 m pour l'autre.

Le site internet National Tree Map du Royaume-Uni [24] permet de montrer le tour des arbres et végétaux d'au moins 3m de hauteur sous forme de polygones. Néanmoins, cela ne montre que quelques pays (Angleterre, Pays de Galles, Ecosse et République d'Irlande) et chaque arbre est entouré. Il ne s'agit pas de zones de forêt par exemple et permet donc plutôt de savoir le nombre et des informations sur les arbres présents que la tree line. De plus, il aurait fallu demander une autorisation pour télécharger les données.



Figure 10: Exemple de la carte des arbres du Royaume-Uni [24]

Une autre étude datant de 2007 a étudié le changement de la tree line et comment la forêt a évolué dans les Alpes suisses entre 1985 et 1997 [36]. Elle a eu les résultats suivants: le couvert forestier a fortement augmenté entre 1650 et 2450 m d'altitude; au-dessus de 1650m, 10% des nouvelles zones forestières sont de l'expansion en altitude de la forêt; la plupart des expansions de forêt en altitude sont dues à une nouvelle utilisation des terres et 4% sont dues aux changements climatiques.

On peut visualiser ces résultats sur la Figure 11 et la Figure 12.

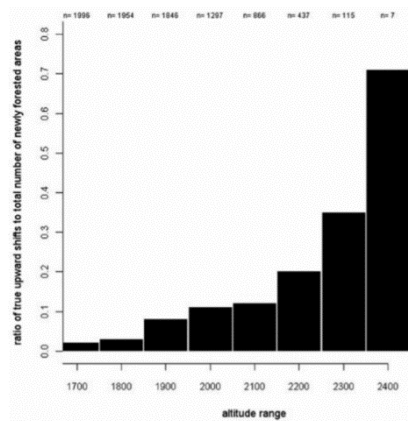


Figure 11: Pour les Alpes suisses entre 1985 et 1997: Fraction de pixels identifiés comme étant de vrais décalages locaux vers le haut par rapport au nombre total de forêts nouvellement établies par bande d'altitude.  $n$  indique le nombre total de zones nouvellement boisées par tranche de 100 m d'altitude. Figure tirée de [36].

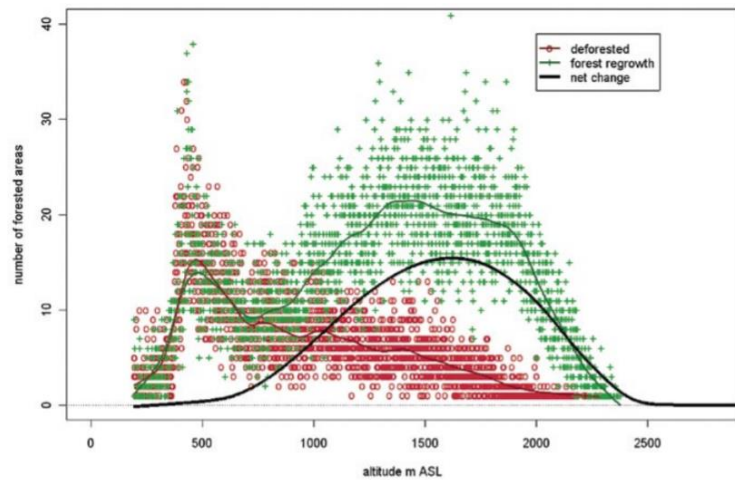


Figure 12: Évolution des surfaces boisées entre 1985 et 1997. Un symbole représente la superficie de 1 ha Figure tirée de [36].

Une autre étude portant sur la forêt dans les Alpes suisses montre que la pente n'est pas une variable qui a de l'importance par rapport à la tree line [37].

D'autres couches de "tree line" ont été trouvées [38] [39] mais elles ne montrent pas la limite de pousse d'arbres selon l'altitude mais selon la position géographique, la température et la proximité des régions polaires.

Une autre source permet de voir quelles espèces d'arbres dominant en Europe [40]. Un autre site permet de voir des sites de tree line dans le monde [41]. Enfin, une étude portant sur la distribution des tree line dans monde a été trouvée [42]. Néanmoins, il ne s'agit que d'images et non pas de données téléchargeables et modifiables.

### 3.1.5 Vapeur d'eau (E18)

Le site de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) [25] permet de télécharger au le "water vapor" provenant de différentes stations météorologiques: Boulder dans le Colorado aux États-Unis (données de 1980 à aujourd'hui), Lauder en Nouvelle-Zélande (données de 2003 à aujourd'hui) et Hilo à Hawaï (données de 2010 à aujourd'hui). Les données sont au format text. Cependant, il ne s'agit donc que de données de trois stations et non pas dans le monde. On peut néanmoins voir sur la figure suivante que la quantité de vapeur d'eau a tendance à augmenter avec les années:

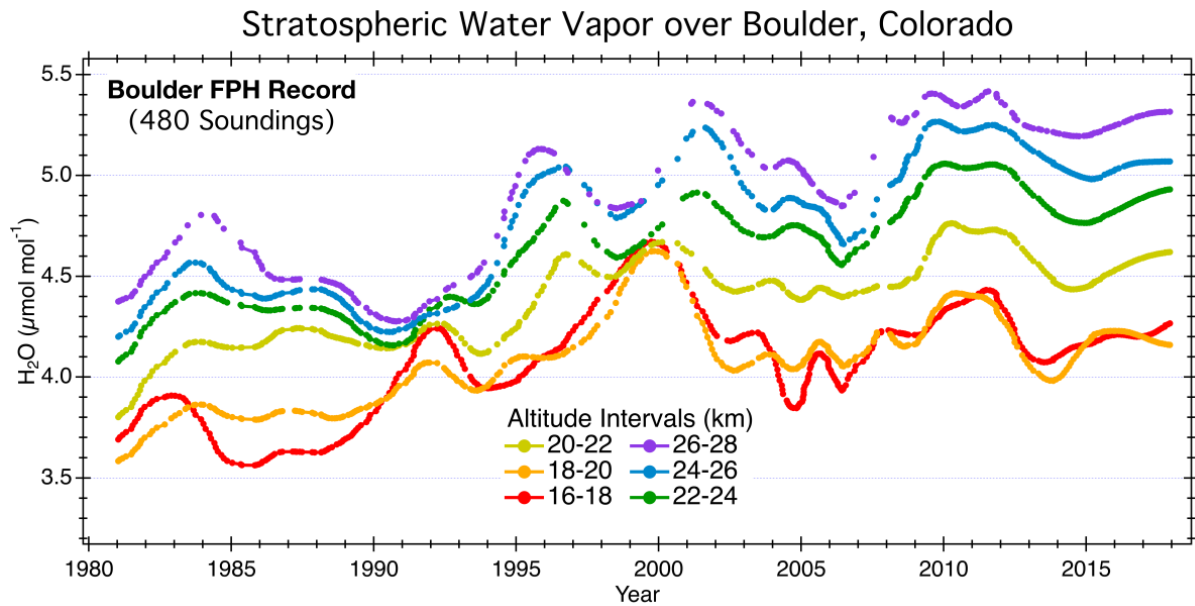


Figure 13: Rapports des mélanges de vapeur d'eau stratosphérique mesurés par les instruments sur le ballon météorologique juste au-dessus de Boulder dans le Colorado aux États-Unis. Les données sont des moyennes de tous les 2 kilomètres. L'augmentation nette à long terme jusqu'en 2013 est d'environ 20 %. [25]

### 3.1.6 Black Carbon (carbone noir) (E80)

Plusieurs sites et sources ont été consultés afin de trouver des informations et données sur la concentration de carbone "noir" (black carbon, particules fines de moins de 2.5  $\mu\text{m}$ ). Le site de MACEB (Mitigation of Arctic warning by controlling European black carbone missions) [43] présente et discute des concentrations de carbone noir dans le monde. En 2005 et certainement encore aujourd'hui, les plus grandes concentrations sont au sud-est de la Chine et en Inde, suivi de surfaces en Afrique et en Amérique du sud lors des feux de forêts (Savane et forêts tropicales), comme cela peut se voir sur la Figure 14 et la Figure 15 pour un zoom sur l'Europe.

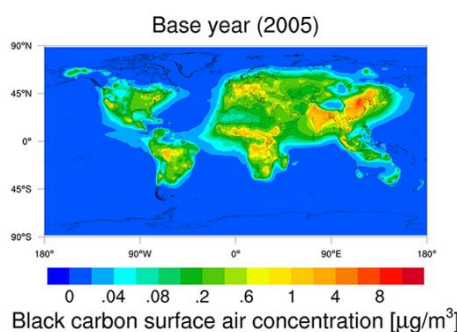


Figure 14: Moyenne annuelle des concentrations de carbone noir à la surface de la terre pour l'année 2005. [43]

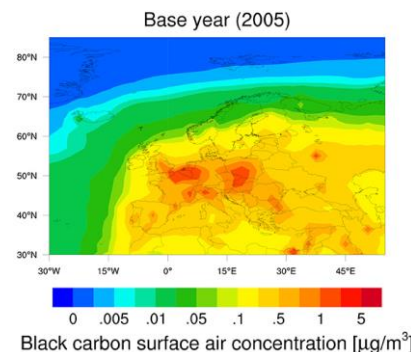


Figure 15: Concentration du carbone noir en Europe pour l'année 2005. [43]

Un autre article se concentre plus sur la zone de la Russie arctique de l'ouest [44], plus précisément sur les dépôts de carbone noir dans 4 lacs. Ces dépôts ont fortement augmenté depuis l'industrialisation comme le montre la Figure 16.

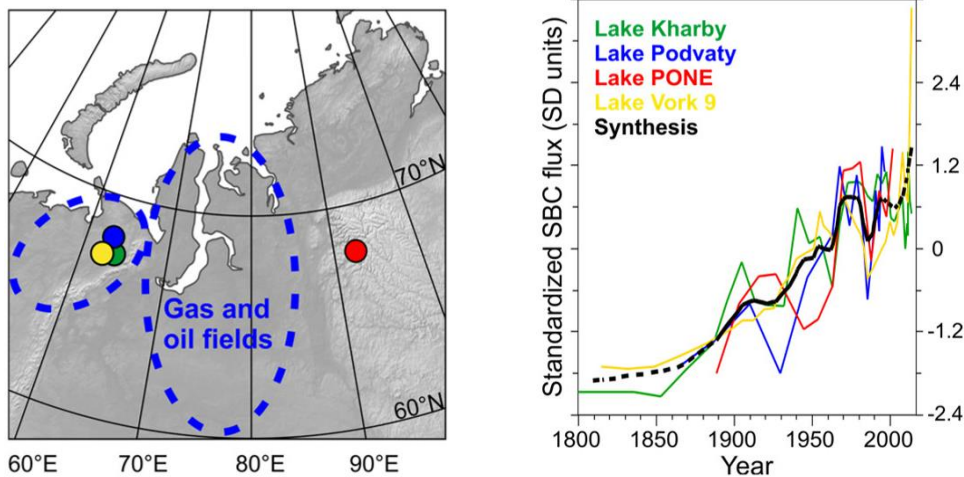


Figure 16: Situation géographique des lacs d'où les dépôts de carbone noir sont mesurés (image de gauche) et résultats des mesures [ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{année}$ ] dans le temps (image de droite) [44]

La Nasa [26] possède également une couche de la densité carbone noir atmosphérique. Un exemple de carte de ce site peut être vu sur la Figure 17. On y voit bien que deux zones émettent beaucoup de carbone noir: la Chine et l'Afrique.

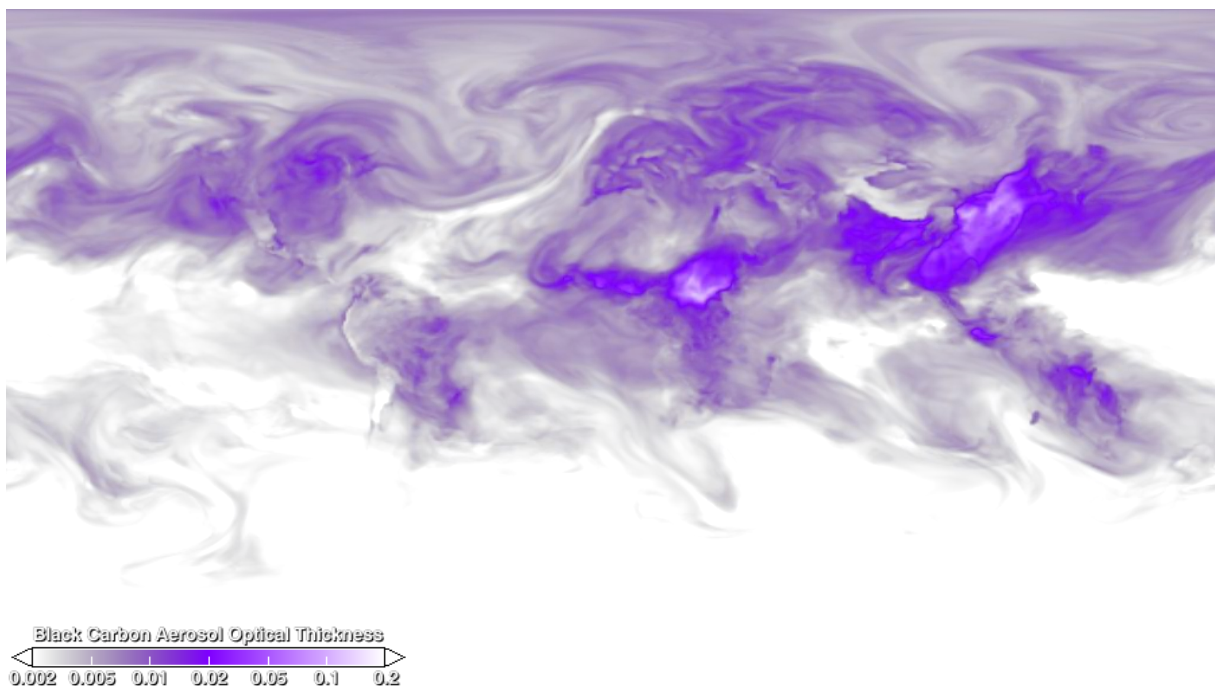


Figure 17: Densité du carbone atmosphérique du 1er août 2009. [26]

Il est marqué sur ce site qu'il est possible de visualiser cette couche via un WMS. Cependant, malgré de nombreuses recherches et essais, il n'a pas été possible de visualiser ces couches ainsi, que ce soit avec QGIS, ArcMap ou autre.

### 3.1.7 Données du site "The World Bank"

Le site "The World Bank" a permis de télécharger plusieurs types de données: Global Solar Stations Inventory [27], Land Surface Temperature (E03) [28], Land Precipitation (E01) [29], World Terrain Elevation Above Sea Level [30] et Wind Mast inventory (E09) [31].

- **Global Solar Stations Inventory:** Il s'agit d'un fichier csv avec les coordonnées de différentes stations mesurant la radiation solaire. Cela n'est pas intéressant car où il n'y a pas de données de mesures, juste des coordonnées de stations.
- **Land Surface Temperature:** Il s'agit de la température à la surface de la terre mesurée le 14 décembre 2020. Le fichier est au format csv. Il s'agit donc de données de points de mesures de différentes stations dans le monde. Des données de mesure de stations plus précises et sur de plus longues durées ont pu être trouvées, c'est pourquoi ces points n'ont pas été utilisés.
- **Land Precipitations:** Il s'agit d'un fichier csv comprenant les précipitations moyennes par année en millimètres pour les pays du monde. Les données n'ont pas été utilisées car elles sont peu complètes. Les données ne sont pas pour les mêmes années suivant les pays, il s'agit de données par année et cela est donc moins précis que par saison comme on le préférerait.
- **Elevation Above Sea Level:** Au départ, il avait semblé intéressant d'avoir une couche tif de l'altitude au-dessus de la mer. Mais, le fond de carte de MapX permet déjà de visualiser le relief et il y avait déjà une couche sur MapX qui permet de définir les zones de montagnes. De plus, la couche raster Geotiff trouvée ne couvre pas le monde entier: il n'y a pas les zones polaires du Nord et du Sud, son emprise géographique étant de -180, -55 : 180, 60. C'est pour ces diverses raisons que cette couche n'a pas été utilisée. On peut néanmoins la visualiser sur la Figure 18.
- **Wind Mast inventory:** Il s'agit d'un fichier au format csv qui donne la liste des stations et site de mensuration du vent dans le monde. Il n'y a donc pas les mesures elles-mêmes mais juste des informations sur les sites de mesures.

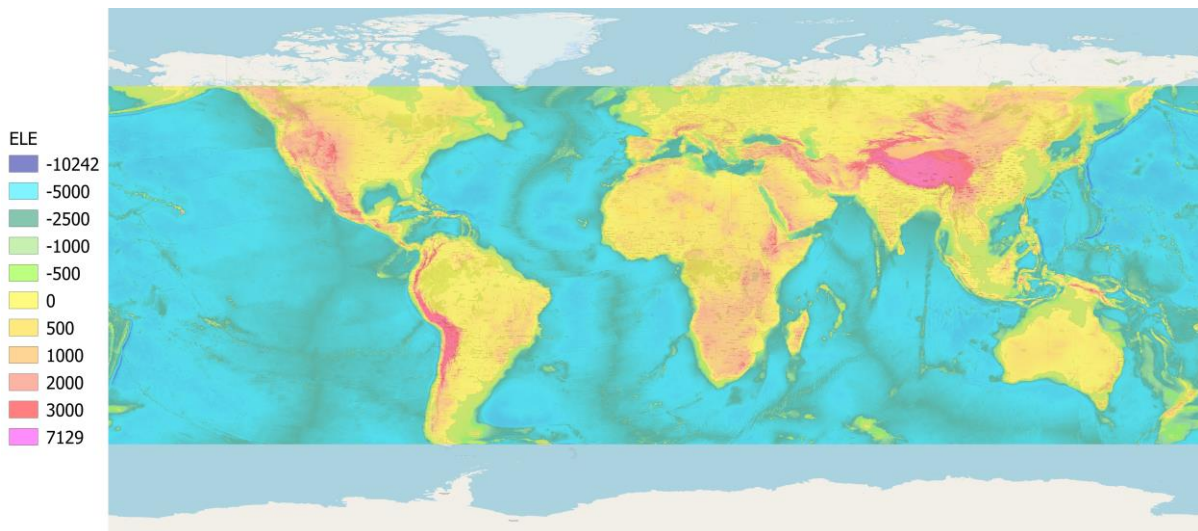


Figure 18: Couches raster de l'altitude du monde, avec en arrière-plan la couche du monde d'openstreetmap.

## 3.2 Données mises sur MapX

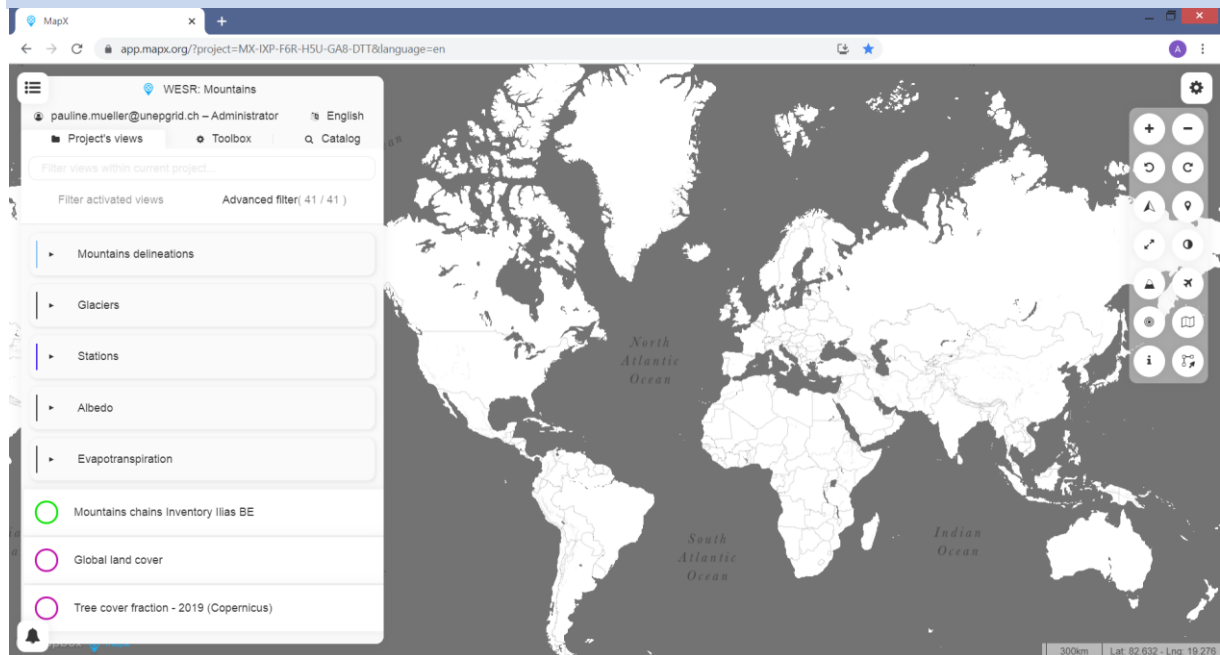


Figure 19: Page d'accueil du projet WESR-Mountains sur MapX. Sur la gauche, on peut y voir les groupes de couche créés ainsi que les couches qui ne sont pas dans des groupes.

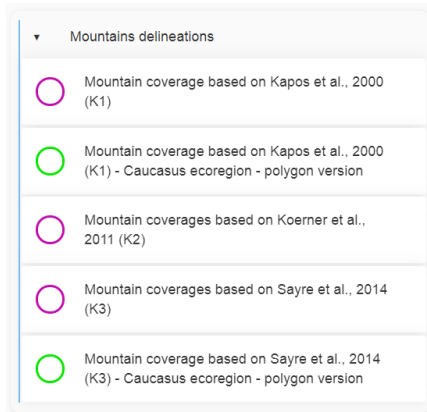
Un tableau complet avec la liste des couches et vues mises sur MapX ainsi que leurs métadonnées est présent en annexe 7.5.

Lors de la publication des couches sur MapX, les droits concernant la publication et la modification de ces données ont été recherchés. Ils sont ensuite mentionnés dans les métadonnées de la source. Il est par exemple écrit "*According to [WGMS data policy](#), all data submitted to the WGMS are considered public domain and are open access under the Creative Commons license CC BY 4.0.*" pour le Word Glacier Inventory provenant du site WGMS. S'il est clairement mentionné que les données peuvent être partagées, la couche est mise en public. Sinon, elle est mise sous "member" de sorte que seules les personnes avec un compte sur MapX peuvent la voir.



## 3.2.1 Vues et données déjà présentes avant le début du stage

### 3.2.1.1 Mountain delineations



Ces couches ont été obtenues à partir du site Ilias de l'université de Berne [45]. Les deux couches vecteurs (celles avec le rond vert sur la Figure 20) sont des découpages de la région du Caucase pour les couches K1 et K3 respectivement.

Figure 20: Groupe de couches "Mountains delineations" sur MapX.

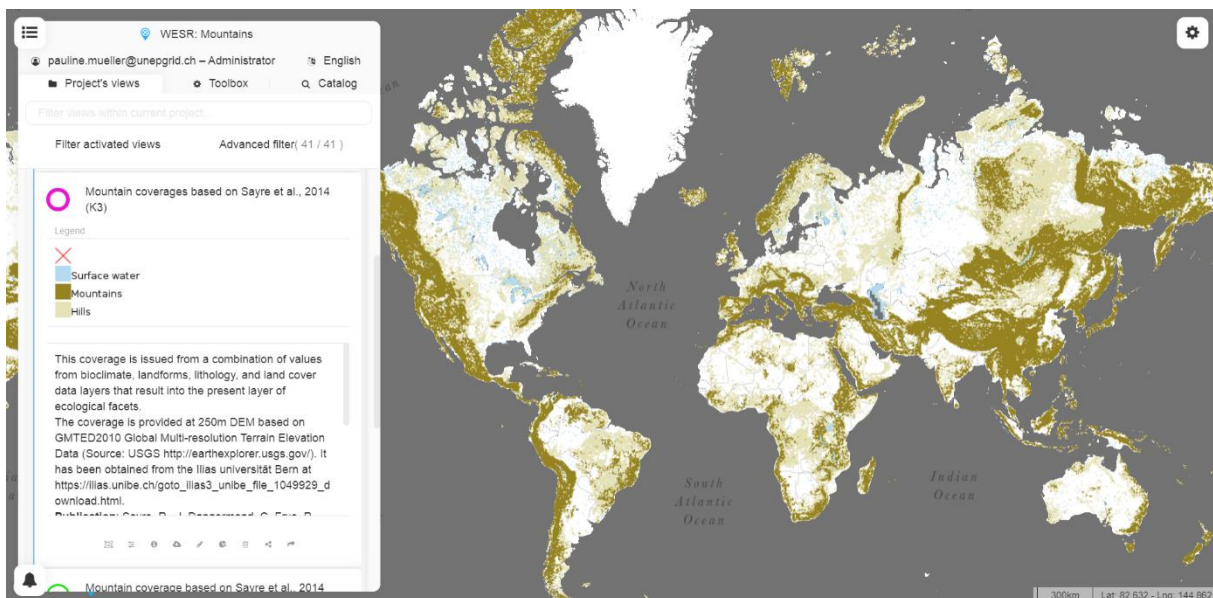


Figure 21: Vue de la couche K3 sur MapX.

La couche K3 est celle utilisée pour découper et sélectionner les stations de montagnes par exemple. C'est la couche de référence pour déterminer les zones de montagnes.

### 3.2.1.2 Glaciers

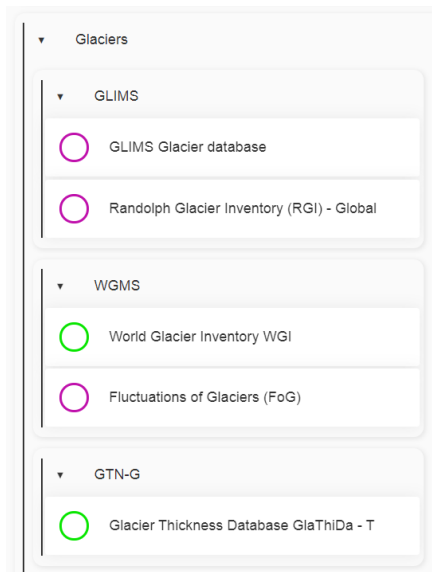


Figure 22: Liste des couches et groupes du groupe "Glaciers" de MapX.

Les sous-groupes du groupe "Glaciers" correspondent à différentes sources des données. Les couches sont complémentaires. Il y a deux couches d'inventaire des glaciers: "Randolph Glacier Inventory (RGI) – Global" de GLIMS [46] et "World Glacier Inventory WGI" de WGMS [19]. Une est sous forme de polygones (RGI - GLIMS) tandis que l'autre est sous forme de points (WGI - WGMS).

### 3.2.1.3 Albédo pour un jour

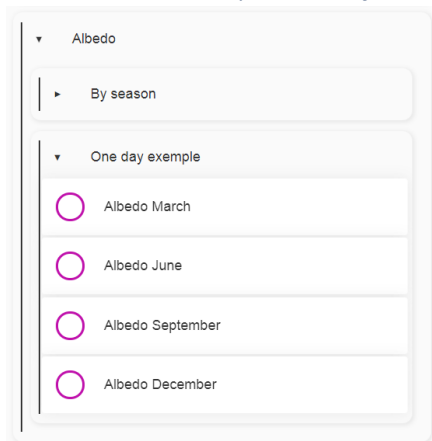
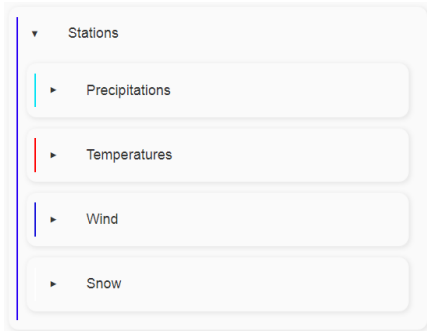


Figure 23: Liste des nouvelles couches et groupes du groupe "Albedo" de MapX.

Ces couches étaient présentes sur MapX sous les noms albédo "saison". Par exemple la couche "Albedo June" était nommée "Albedo Summer" bien qu'il ne s'agisse que d'une couche d'albédo d'un jour et non pas réellement une moyenne de saison. Elles ont été renommées afin de bien les différencier de celles qui sont vraiment des moyennes de saison et qui sont présentes dans le groupe "By season". Elles proviennent du site Copernicus [15].

### 3.2.2 Nouvelles vues et données

#### 3.2.2.1 Stations



Comme expliqué dans la section Méthodologie – Mise en forme des données - Stations météorologiques, 4 fichiers shapefile ont été créés, 1 pour chaque saison. Ils ont été uploadés dans MapX et ont permis chacun de faire plusieurs vues: les précipitations moyennes, les températures moyennes, la vitesse moyenne du vent et la profondeur moyenne de la neige. D'autres vues auraient pu être créées selon les attributs de ces couches (cf Tableau 5).

Figure 24: Groupe "Stations" et ses sous-groupes sur MapX.

#### 3.2.2.1.1 Précipitations (E01)

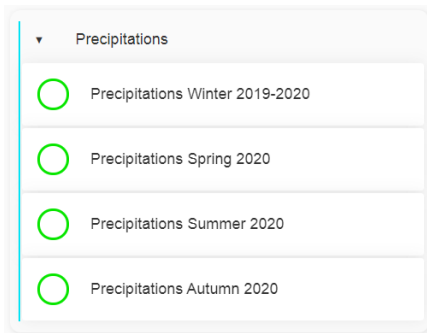
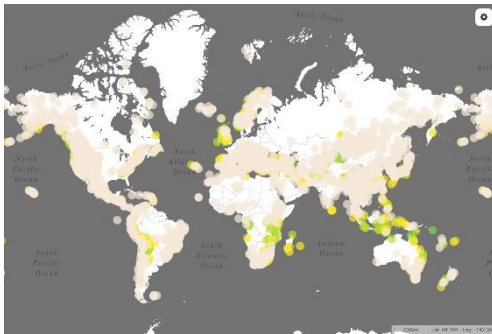
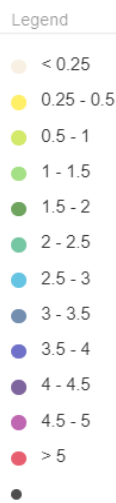


Figure 25: Couches présentes dans le groupe "Precipitations" sur MapX.

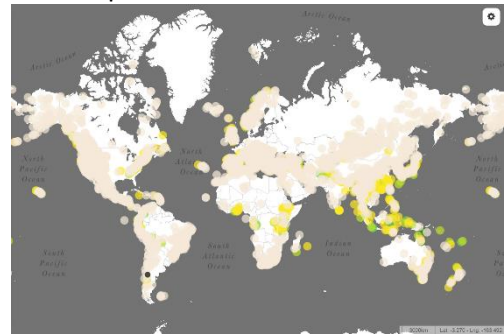
#### Hiver 2019 - 2020



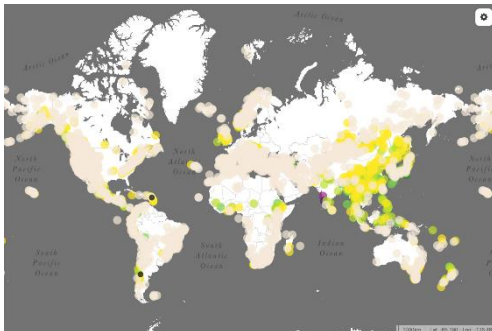
#### Légende: Précipitations [mm]



#### Printemps 2020



#### Été 2020



#### Automne 2020

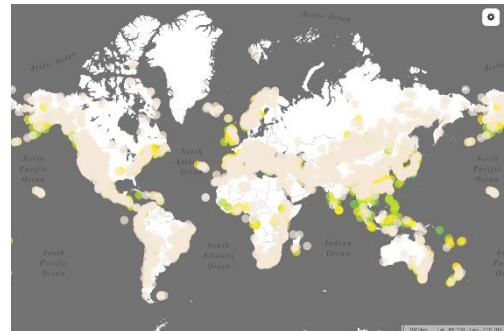


Figure 26: Cartes des précipitations journalières moyennes par saison mises sur MapX.

On peut constater que la plupart des stations ont des moyennes journalières de précipitations faibles, quelle que soit la saison. Les stations situées en Asie sont celles qui enregistrent les plus grandes valeurs de précipitations en général. La saison avec les plus grandes précipitations est l'été. Ces résultats ne sont en soit pas étonnants. En effet, en général, il ne pleut pas tous les jours et comme ici ce sont les moyennes des précipitations journalières, même s'il est tombé une quantité assez grande de pluie un jour mais que les jours suivants il n'a pas plu, la valeur sera faible. Il aurait été intéressant de faire plutôt, soit la somme des précipitations pour chaque saison ou soit de mettre en évidence les valeurs de précipitations maximales. Cela aurait permis de mieux visualiser les zones où il y a de fortes pluies en une fois par exemple lors des moussons.

### 3.2.2.1.2 Températures de surface (E03)

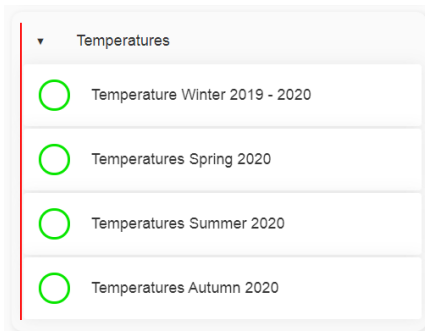
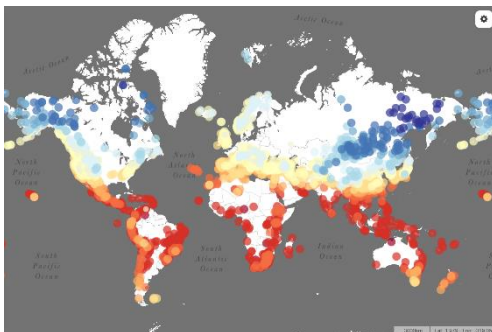
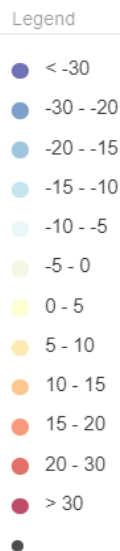


Figure 27: Couches présentes dans le groupe "Temperatures" sur MapX.

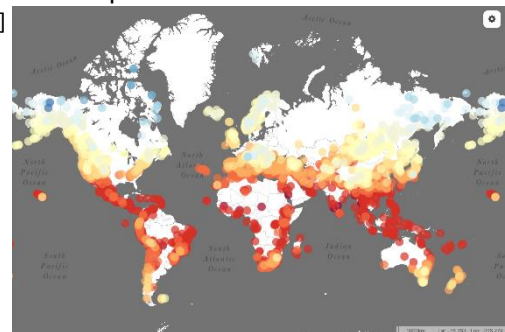
#### Hiver 2019 - 2020



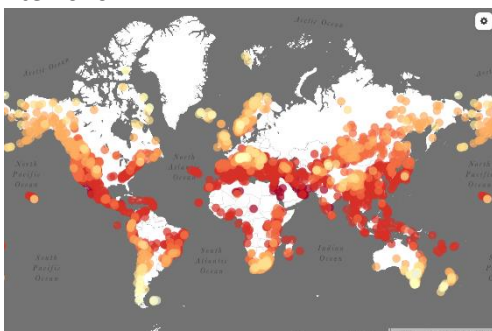
#### Légende: Températures [°C]



#### Printemps 2020



#### Été 2020



#### Automne 2020

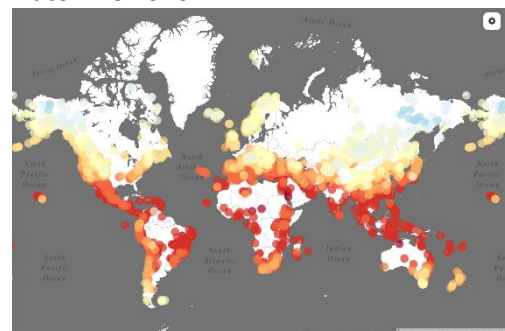


Figure 28: Cartes des températures journalières moyennes par saison mises sur MapX.

On constate ici que, quelle que soit la saison et comme on pourrait s'y attendre, les zones proches de l'équateur sont celles où il fait le plus chaud. On arrive également à voir des différences selon les saisons: En été, les moyennes sont plus dans le rouge et donc dans le chaud qu'en hiver (en n'oubliant pas que l'été des cartes est l'été de l'hémisphère nord. Ainsi, le "véritable" été pour l'hémisphère sud correspond à la carte "hiver"). Il serait intéressant de produire ce même genre de carte sur plusieurs

années afin de pouvoir les comparer également au niveau temporel et voir ainsi quels sont les changements qui ont eu lieu depuis.

### 3.2.2.1.3 Vitesse du vent (E09)

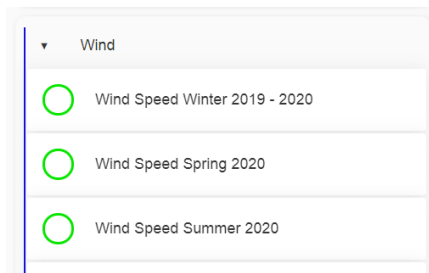
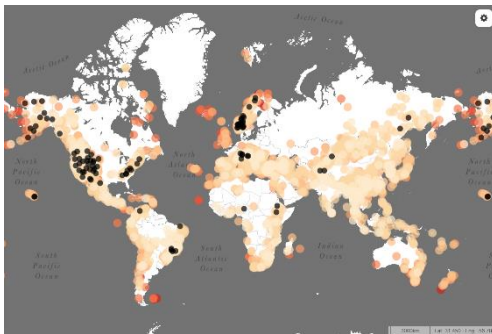


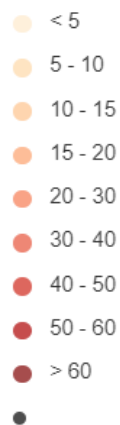
Figure 29: Couches présentes dans le groupe "Wind" sur MapX.

#### Hiver 2019 - 2020

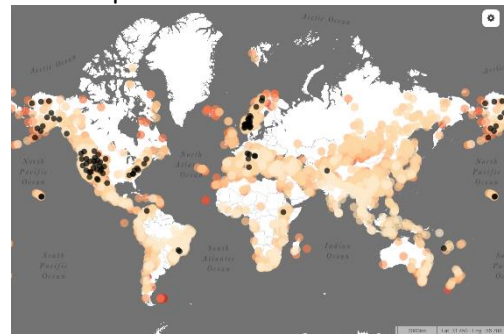


Légende:  
Vitesse du vent [km/h]

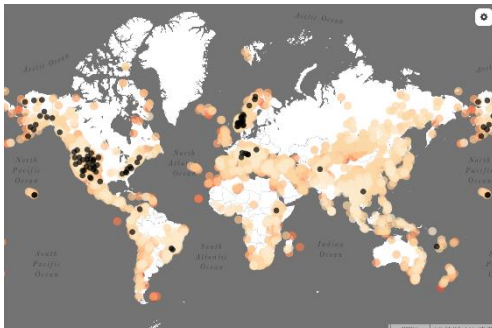
Legend



#### Printemps 2020



#### Été 2020



#### Automne 2020

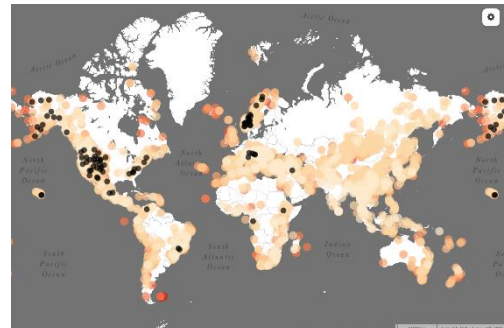


Figure 30: Cartes de la vitesse du vent moyenne journalière par saison mises sur MapX.

Les points noirs sont les stations où il n'y avait pas de données.

On ne voit pas de différences très visibles de la vitesse du vent selon la saison. En effet, les couleurs restent les mêmes quelle que soit la carte. Les différences se font plutôt au niveau de la région: Les vents sont plus forts vers le Royaume-Uni ainsi que vers l'Alaska.

## 3.2.2.1.4 Profondeur de neige (E31)

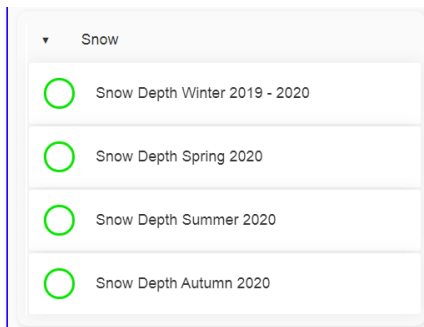
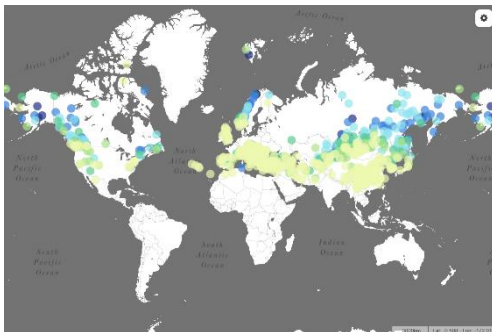
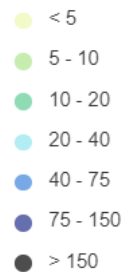


Figure 31: Couches présentes dans le groupe "Snow" sur MapX.

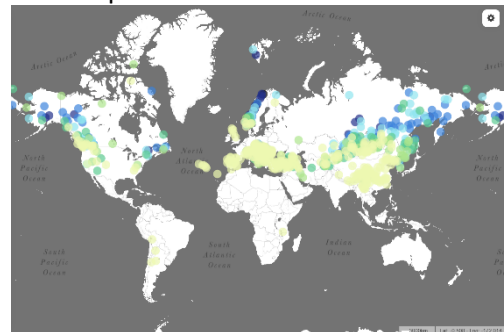
## Hiver 2019 - 2020

Légende:  
Profondeur de  
neige [cm]

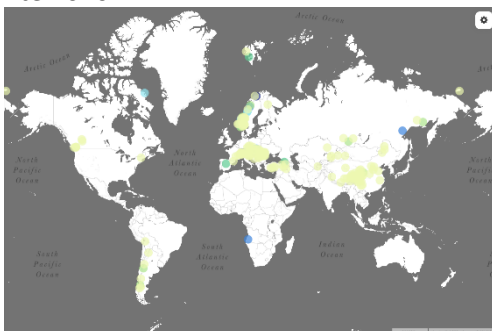
## Legend



## Printemps 2020



## Été 2020



## Automne 2020

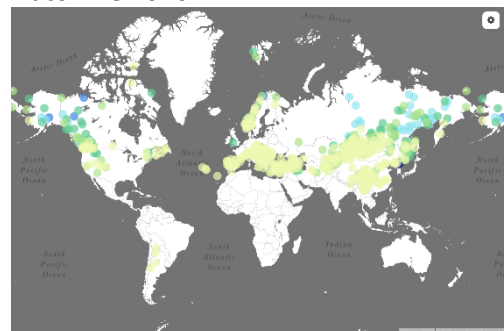
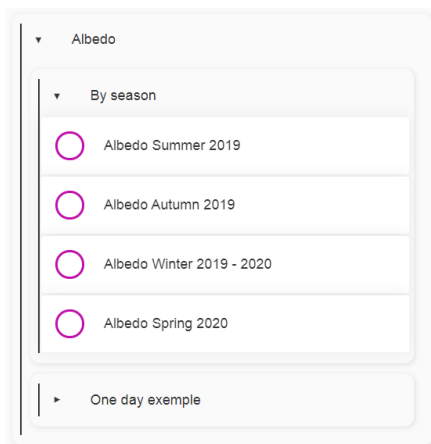


Figure 32: Cartes de la profondeur de neige moyenne journalière par saison mises sur MapX.

Cette fois-ci, comme il y avait de nombreuses stations qui n'avaient pas de données de profondeur de neige (ce qui pouvait dire soit qu'il n'y avait pas de neige, soit que la valeur n'a pas été entrée), les stations avec "no data" ne sont pas montrées sur les cartes pour que l'on puisse mieux voir les autres stations.

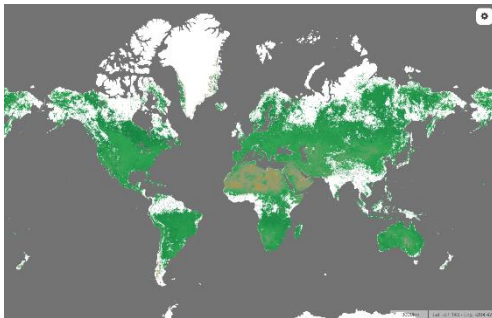
### 3.2.2.2 Albédo (E02, E05, E06, E07)



Il s'agit des 4 couches créées comme expliqué dans la méthodologie, donc 1 couche par saison.

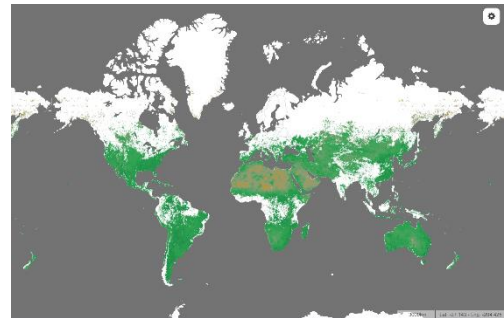
Figure 33: Couches présentes dans le sous-groupe "By season" du groupe "Albedo" sur MapX.

#### Été 2019

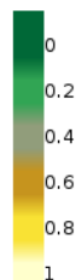


Légende:  
Ratio de la radiation solaire réfléctée par rapport à la radiation solaire totale [0-1]

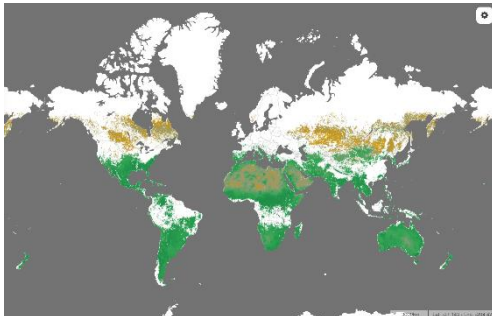
#### Automne 2019



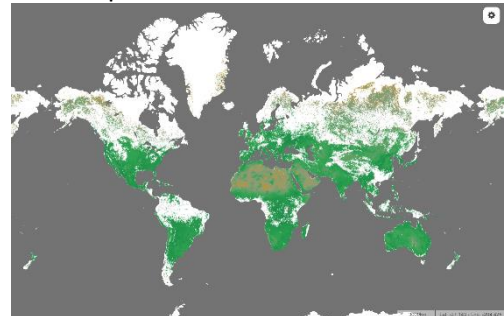
Legend



#### Hiver 2019 - 2020



#### Printemps 2020

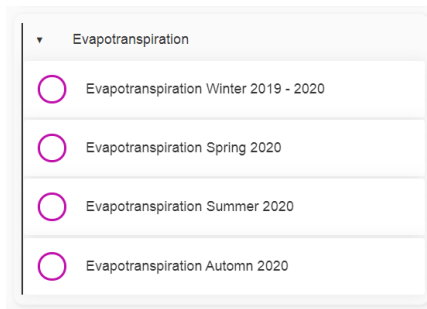


(Il s'agit de la légende officielle de la source des données)

Figure 34: Cartes de l'albédo moyen par saison mises sur MapX.

Les albédos sont souvent assez faibles, ils restent dans le vert et donc jusqu'à 20%. Cependant, l'albédo augmente en hiver, surtout dans la région plus au nord de l'hémisphère, au niveau de l'Asie et du Canada. Cela peut être dû à la neige qui reflète le rayonnement. En Afrique du Nord, l'albédo reste à peu près le même quelle que soit la saison mais est plus haut qu'ailleurs, sauf pour certaines régions en hiver. Cela peut être dû au fait qu'il y a peu de végétation dans ces zones et que le rayonnement peut donc se refléter plus fortement que s'il y avait beaucoup de végétation. Néanmoins, l'albédo reste faible en Australie bien qu'il y ait également beaucoup de déserts mais l'Australie est bien plus au sud et éloignée de l'équateur ce qui pourrait expliquer la faible radiation réfléctée.

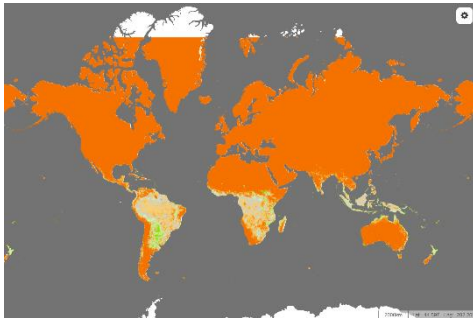
### 3.2.2.3 Evapotranspiration (E20)



Il s'agit des 4 couches créées comme expliqué dans la méthodologie, donc 1 couche par saison.

Figure 35: Couches présentes dans le groupe "Evapotranspiration" sur MapX.

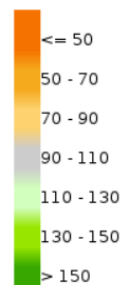
Hiver 2019-2020



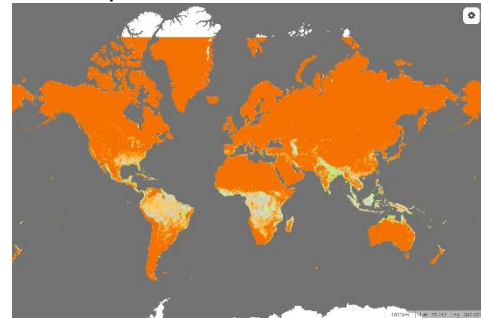
Légende:

Évapotranspiration [mm]

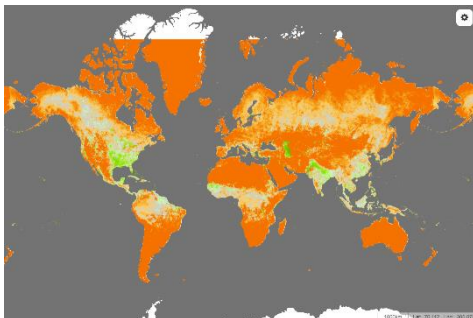
Legend [mm]



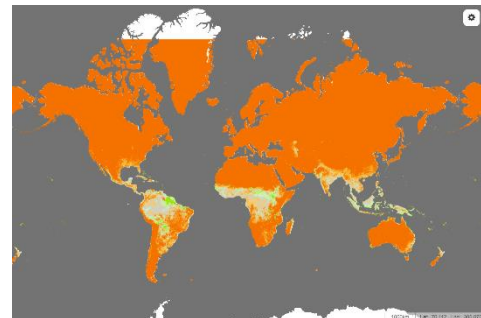
Printemps 2020



Été 2020



Automne 2020



(Il s'agit de la légende officielle de la source des données)

Figure 36: Cartes de l'évapotranspiration journalière moyenne par saison mises sur MapX.

L'évapotranspiration change surtout en été : elle est plus forte en été que dans les autres saisons. Cela peut s'expliquer par le fait qu'en été il pleut moins et il fait plus chaud. Le sol et les végétaux transpirent plus, l'eau s'évapore. Comme les saisons des cartes sont celles de l'hémisphère nord, il est normal que pour l'hémisphère sud, l'évapotranspiration soit plus forte sur la carte "hiver" car pour ces zones, c'est l'été.





Sur MapX, il n'est pas possible de faire autant de mise en forme de style que sur QGIS par exemple. Cela se voit bien avec les exemples précédents de visualisation de la même couche: sur MapX (Figure 37) et sur QGIS (Figure 38 et Figure 39). Les visualisations depuis QGIS sont plus complètes car on peut par exemple mettre des étiquettes avec le nom de la chaîne de montagnes ce que l'on ne peut pas faire sur MapX. Il faut, sur MapX, cliquer sur le polygone pour savoir de quelle chaîne de montagnes il s'agit.

### 3.2.3 Vues et données sur d'autres projets partagées sur WESR-Mountains

Land cover (E10, E11, E12): D'abord c'était la vue nommée "Global Land Cover (ESA/ESA CCI/UC Louvain) 2015" Dans le projet "UNBiodiversityLab - World" puis ensuite c'est la vue nommée "Global land cover" dans le projet "WESR: Ocean".

"Tree cover fraction – 2019 (Copernicus)" qui provient du projet "WESR: Biodiversity".

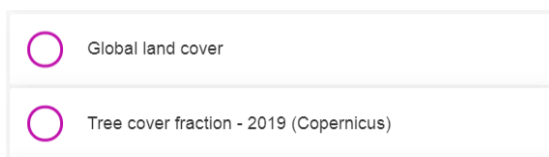


Figure 40: Couches présentes hors d'un groupe et partagée à partir autre projet sur MapX.

Ces deux couches ont été partagées sur le projet car il s'agit de variables essentielles par rapport au changement climatique en montagne et les couches existaient déjà sur d'autres projets. On aurait également pu retélécharger ces données et les modifier en ne prenant que les zones de montagnes. Il aurait pour cela fallu faire un découpage avec la couche K3 et ne garder que les zones qui sont dans la zone de montagne. Cela aurait permis de visualiser la couverture du sol et la fraction de couverture des arbres uniquement en montagne. Mais en même temps, cela n'a pas été fait pour les autres couches raster nouvellement ajoutées comme l'albédo et l'évapotranspiration, donc Il faudrait être cohérent et soit les faire pour toutes les couches, soit le faire pour aucune comme cela a été le cas ici.

## 3.3 Dashboards Superset

Trois dashboards ont été faits sur Superset: un concernant les stations météorologiques téléchargées sur le site de la NASA et deux concernant les glaciers: un pour les glaciers du monde entier (données des WGMS) et un autre pour les glaciers suisses (données de GLAMOS).

### 3.3.1 Stations météorologiques

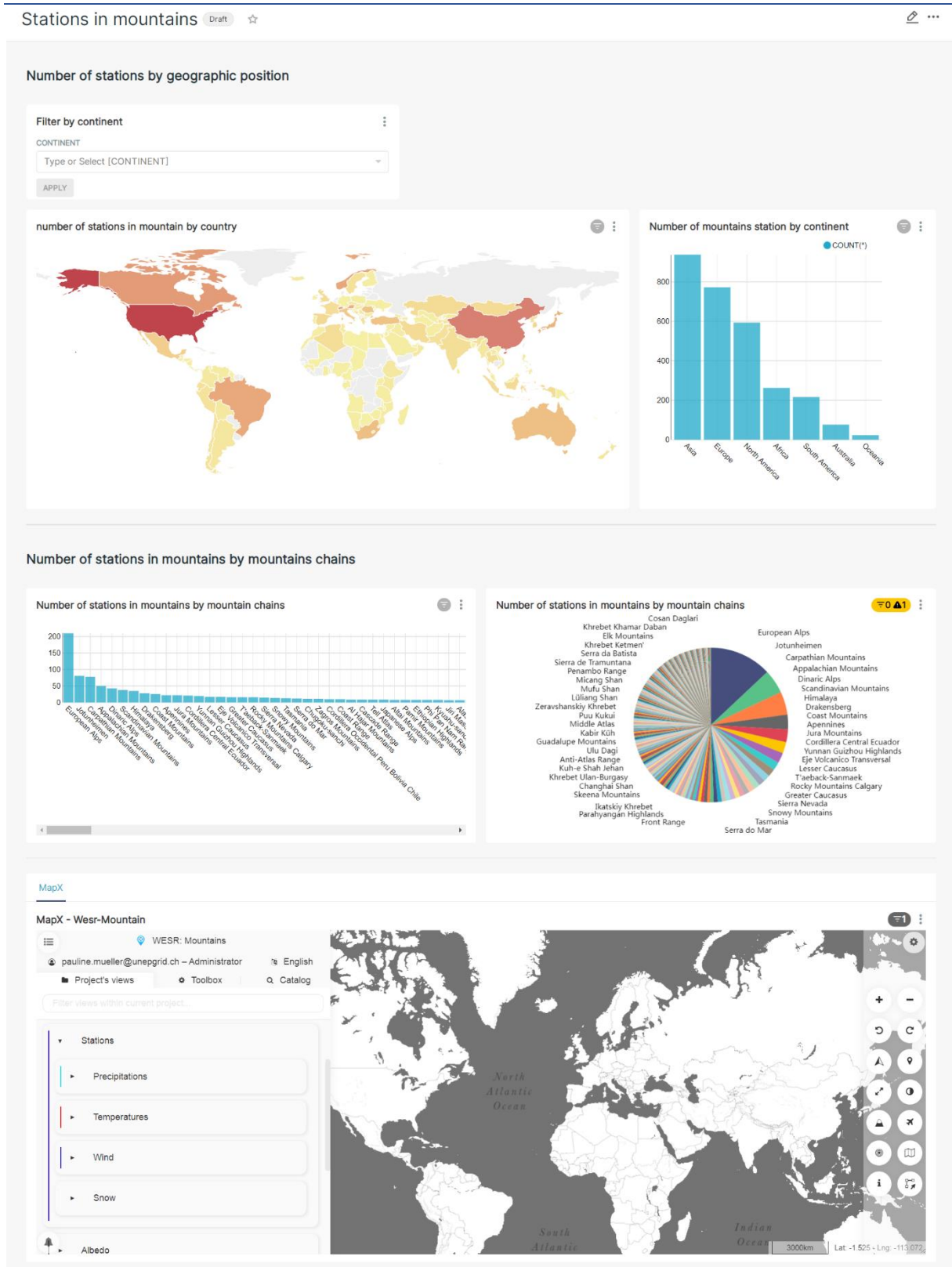


Figure 41: Dashboard Superset sur les stations météorologiques de montagnes de la NASA.

Il est possible, à l'aide sur filtre en haut à gauche, de sélectionner un ou plusieurs continents et cela mettra à jour les cartes et graphiques en ne sélectionnant seulement ceux de ce ou ces continent(s).

Il faut cependant garder en tête que les données de la NASA sont des données de beaucoup de stations météorologiques mais pas de toutes celles qui existent dans le monde. On peut par exemple remarquer qu'il n'y a pas de stations en Russie. Cela peut être dû à la situation géopolitique entre les Etats-Unis et la Russie. Afin de pouvoir avoir des données plus complètes, il serait intéressant par la suite de rechercher d'autres sites avec des données d'autres stations météorologiques dans le monde et ainsi pouvoir compléter ce dashboard au fur et à mesure.

### 3.3.2 Glaciers (E45, E46, E57)

#### 3.3.2.1 Dashboard des données sur les changements de masse des glaciers du monde, provenant du site WGMS [19]

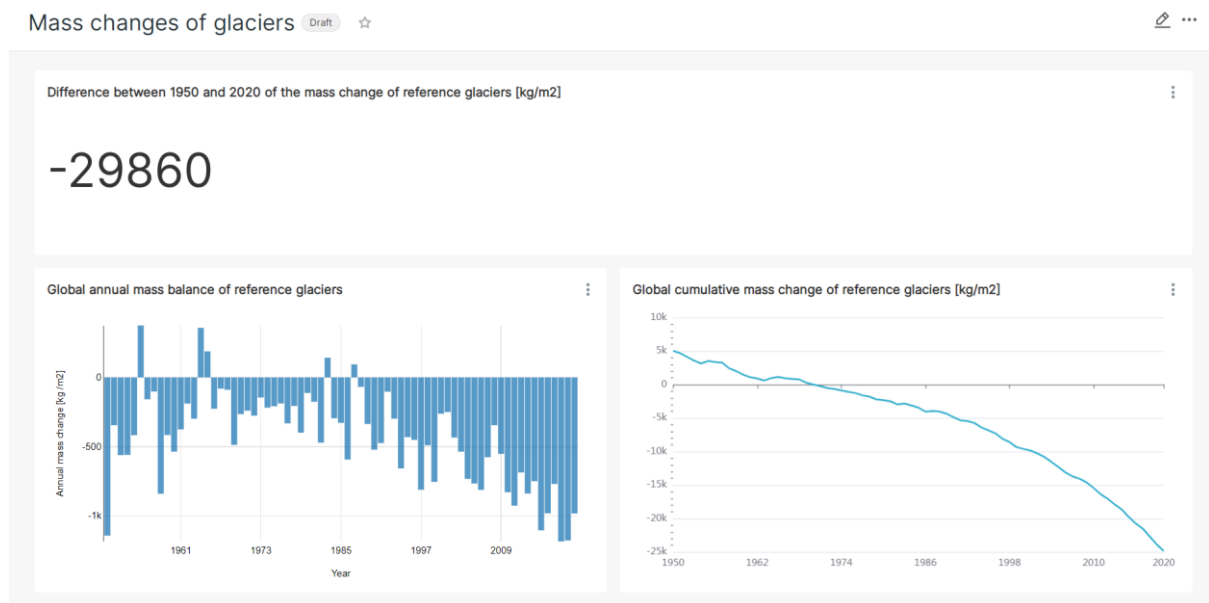


Figure 42: Dashboard Superset sur les changements de masse pour une moyenne des glaciers de références du monde.

Les glaciers de références sont ceux établis par le site WGMS. Il s'agit de glaciers du monde entier. Un calcul est ensuite fait afin d'obtenir des données de référence avec une valeur par année. Plus d'informations sur ces glaciers de référence peuvent être trouvées sur le site WGMS [19].

### 3.3.2.2 Dashboard des données sur les glaciers suisses, provenant du site Glamos [18]

Swiss glaciers Draft ☆

✎ ...



Figure 43: Dashboard superset "Swiss glaciers".

Les graphiques du changement de volume et de longueur sont sous forme de lignes ainsi que d'histogramme car :

- la forme "ligne" permet de visualiser toutes les données d'un coup tandis que la forme "histogramme" ne permet pas de voir tout le graphique
- Mais la forme "histogramme" serait plus "juste" car les valeurs sont toujours par rapport à l'année précédente, ce qu'on pourrait oublier en voyant les graphiques sous la forme d'une ligne.

La forme "ligne" aurait mieux été si l'on avait eu les données cumulatives de changement de volume et de longueur comme cela est le cas pour le dashboard sur les changements de masse (Figure 42). Cependant, pour créer ces données cumulatives, cela aurait demandé beaucoup de travail et n'a pas été fait car le stage arrivait à sa fin.

Pour montrer la fonction "filtre" du dashboard Superset, 5 glaciers ont été sélectionnés: "Allalingletscher", "Rhonegletscher", "Schwarzberggletscher zentral", "Grosser Aletschgletscher" et "Glacier de Zinal". On peut constater tous les glaciers ne sont pas présents sur tous les graphiques et les courbes ne commencent pas toutes au même moment. Cela est dû au fait que les données n'étaient pas toujours complètes pour tous les glaciers. Par exemple pour les données du 19<sup>ème</sup> siècle, seul quelques glaciers avaient été mesurés, en général les plus importants. Pour la "mass balance", on peut aussi voir dans l'exemple de la Figure 43 qu'il manque le glacier de Zinal alors qu'il est présent pour les graphiques du "volume change" et de la "length change". Cela dépend donc des données de base.

### 3.4 Visualisation des réseaux d'institutions sur la montagne

Comme annoncé dans la méthodologie, les programmes gephi et FME ont été utilisés afin de visualiser les réseaux des institutions de la montagne. 9 réseaux ont été mis en forme sur gephi et FME mais on pourrait continuer à compléter l'Excel et mettre en forme d'autres réseaux. Les couches shapefiles créées avec FME (une pour les "nœuds", une pour les "liens") ont été mises sur QGIS pour créer une carte que l'on peut voir sur la Figure 44.

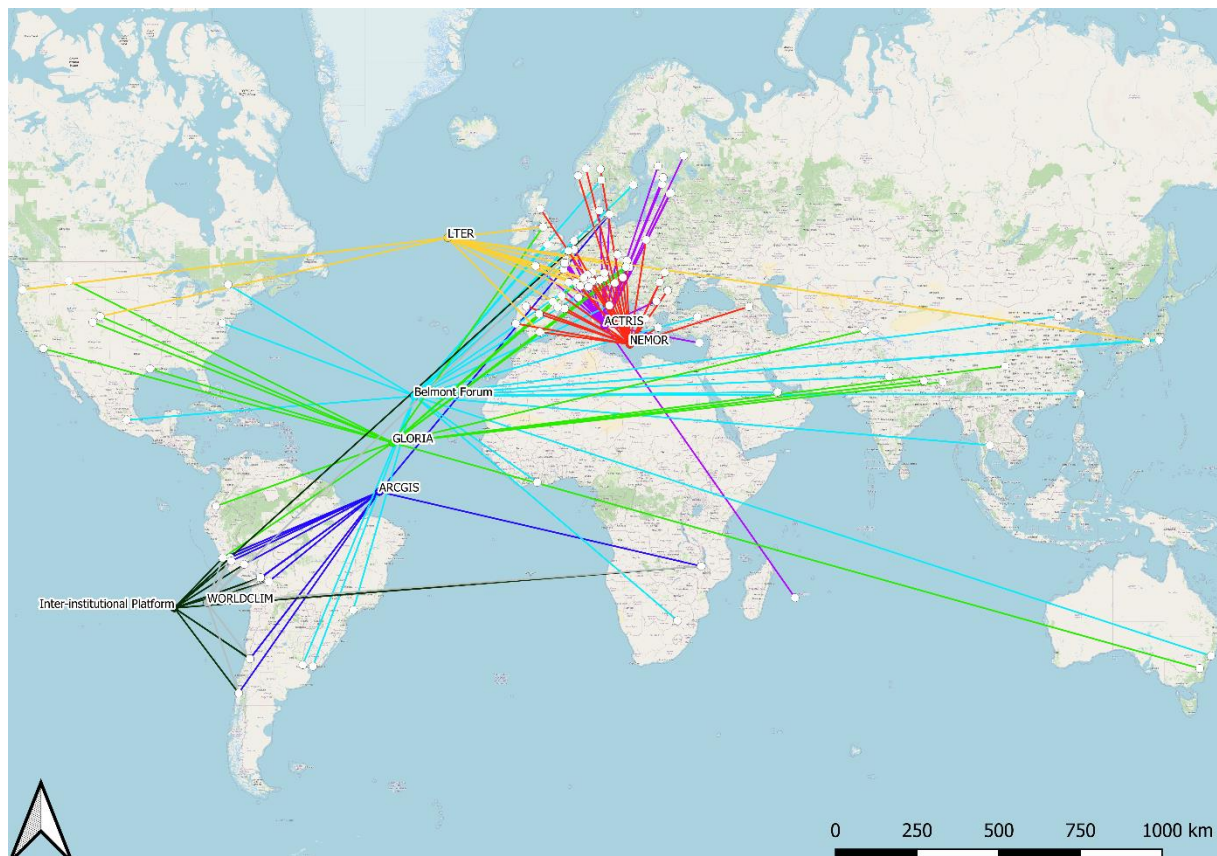


Figure 44: Carte des neufs réseaux principaux mis en forme sur QGIS avec les couches shapefile créées avec FME.

Le but avait été de faire une carte interactive un peu comme pour le dashboard avec le filtre: faire en sorte que lorsque l'on clique par exemple sur un réseau, que seulement celui-là s'affiche avec des informations sur ce réseau. Ou alors, lorsque l'on clique sur une institution, que ça affiche les réseaux

auxquels elle appartient ainsi que différentes informations. Pendant ce stage, cela n'a pas été possible car cela aurait demandé bien plus de travail et de connaissances informatiques même si cela pourra se faire par la suite par une autre personne. Cependant, les informations ont été récoltées et la manière dont faire la visualisation a été créée, donc il faudra juste compléter le travail. Mais ce qui a été fait ici est utile et pourra servir de base pour la suite.

### 3.5 Site internet WESR-Mountains

Plusieurs rubriques ont été mises sur le futur site internet:

- Definitions & messages
- News & Links (real time selected information)
  - o News (operated by a real person)
  - o News (retrieved automatically)
- Near real time Monitoring
- Access by DPSIR
- Access by solutions
- Search section
- Access by SDG & MEAs
- Access by Country (country profile)
- Essential Mountain Variables
- Access by publications
- Mountain GIS data sources

Il s'agit pour l'instant d'idées de ce que l'on pourra mettre sur le site, cela est sujet à changer selon l'avancement du site.

Afin d'enregistrer les idées pour le futur site et pour ne pas directement modifier le site, un fichier Word comprenant les rubriques du site avec les liens a été fait. Il se trouve en annexe 7.7.

Il sera aussi possible d'utiliser le Google sheet de l'annexe 7.1 pour compléter le site.

Les dashboards créés auparavant pourraient également être mis sur le site, à voir selon l'avancement si l'on rajoute par exemple d'autres pages ou autre.

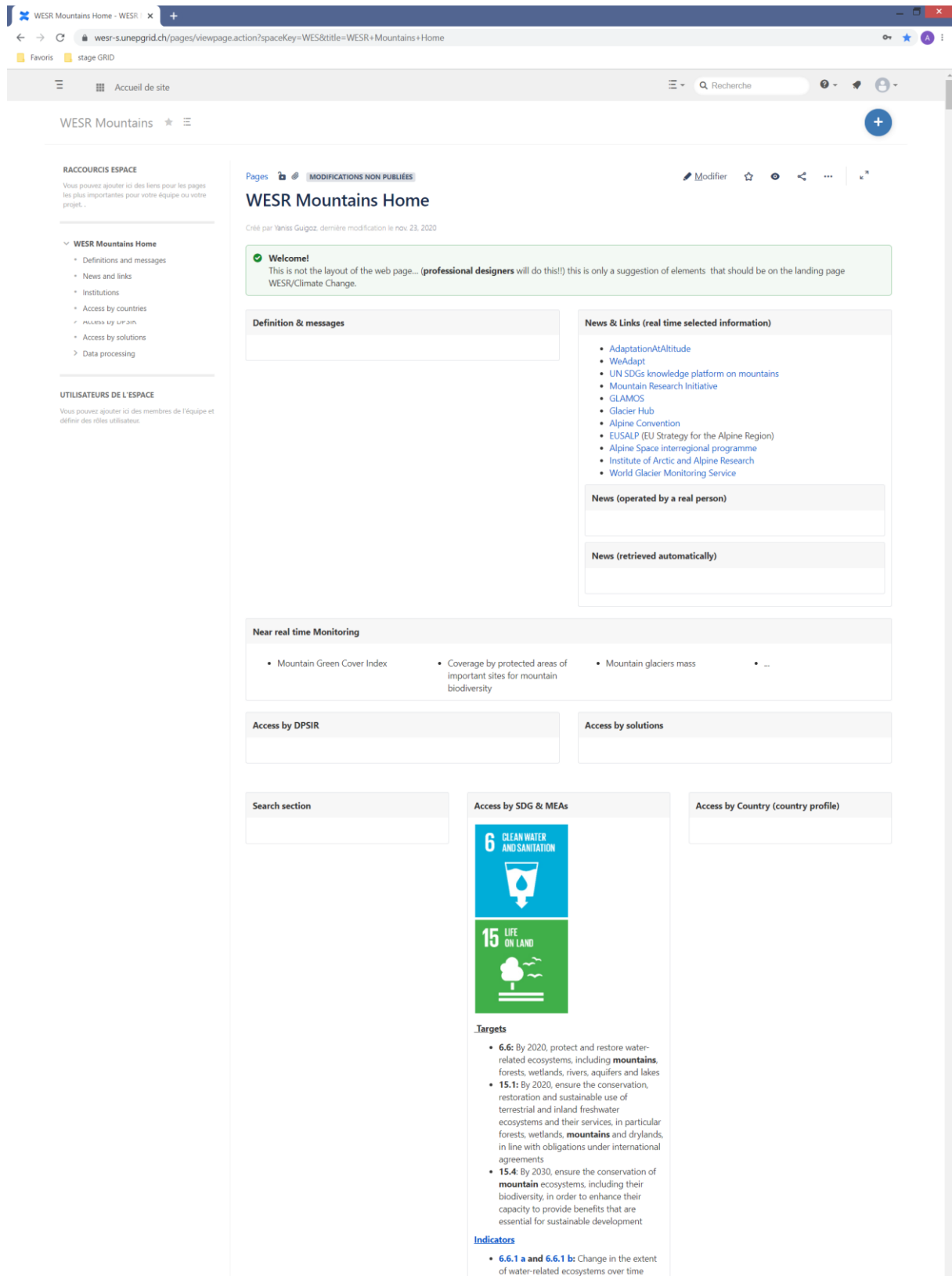


Figure 45: Page d'accueil de la modification du futur site sur WESR-Mountains.



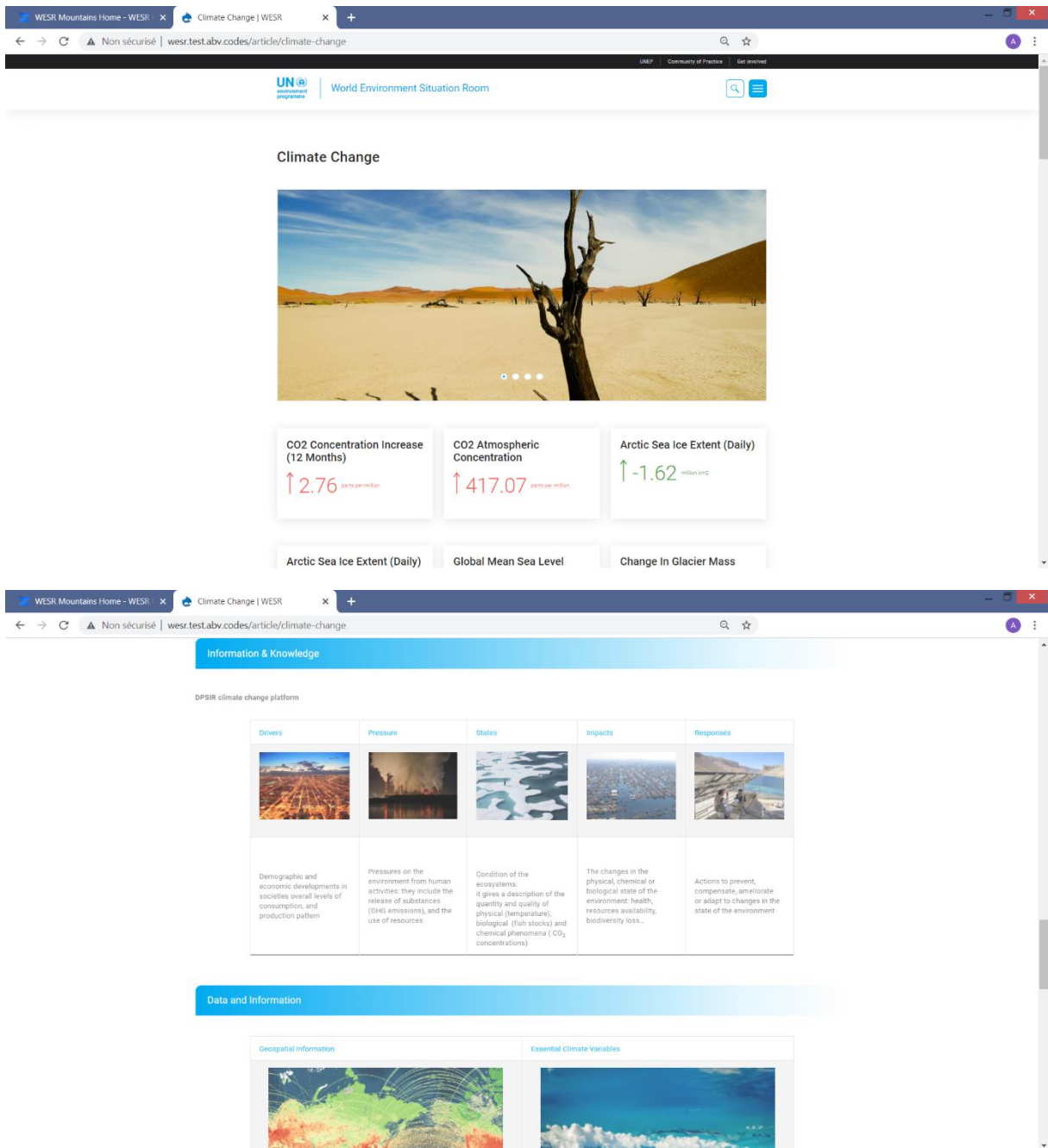


Figure 46: Exemples de ce à quoi pourrait ressembler le site WESR-Mountains, ici pour le "climate change"

## 4 Discussion, limitations et perspectives

Plusieurs questions avaient été posées lors de la problématique. Il est maintenant possible d'y répondre:

- 1) Comment améliorer la visualisation et l'accès à l'information géographique au sujet de la montagne?

Cela a été répondu tout au long de ce travail. En effet, il consiste justement à mettre à disposition des informations géographiques par rapport à la montagne via plusieurs plateformes: MapX afin de visualiser ces données de manière cartographique, Superset dashboard afin de mieux voir de manière graphique les données de montagnes et, pour le projet, sur les glaciers. La visualisation des réseaux des institutions œuvrant sur la montagne permettra, lorsque cela sera interactif et même si cela ne l'est pas encore, de voir en une fois quelles sont ces institutions et réseaux ainsi que leurs liens et de les situer géographiquement. Enfin, le site internet WESR-Mountains regroupera toutes ces informations et visualisations en un seul endroit.

- 2) Quels sont les avantages de la plateforme de WESR-Mountains par rapport à ce que l'on peut trouver d'autre sur internet et ailleurs?

Toutes les informations sont regroupées en un seul endroit. Si l'on veut avoir des informations plus détaillées, il suffira de cliquer sur les différents liens qui seront mis à disposition. Cela permet également de voir différentes sortes d'informations: des publications scientifiques, de cartes via MapX, différents chiffres et graphiques, etc...

De plus, lorsque les réseaux d'institutions de montagnes seront mis sous une forme plus interactive, cela sera quelque chose de nouveau car cela n'existe nulle part ailleurs. Sur les sites internet des différents réseaux, il existe des cartes avec les institutions en faisant partie. Mais il n'y a pas de site qui regroupe tous les réseaux avec leurs institutions à un seul endroit.

- 3) Il existe beaucoup de données et d'information par rapport au changement climatique en général mais moins au sujet de la montagne plus précisément. Quels sont donc les outils actuels qui permettraient de mieux faire passer les informations au sujet de la montagne sur internet?  
→ Quels sont les programmes que l'on peut utiliser? Quelle comparaison peut-on faire entre les outils en open source par rapport aux payants?

Différents programmes ont été utilisés tout au long de ce stage, des gratuits en open source et des payants, comme on peut le voir dans le Tableau 7.

Nom du programme	Open Source ou payant	Utilisation
MapX	Open Source	Site pour mettre des couches de cartes et créer des projets cartographiques regroupant plusieurs couches.
Superset	Open Source	Site permettant de créer des dashboards afin de faire des graphiques de données auparavant uploadées sous forme de tableaux. On peut également afficher un projet MapX et faire une carte avec des statistiques par rapports aux pays. Il permet également de filtrer les informations que l'on souhaite voir et modifie les graphiques en conséquence.

QGIS	Open Source	Logiciel de Système d'Information Géographique. Il permet de créer des couches géographiques et de les modifier.
FME	Payant	Programme permettant de modifier toutes sortes de données de plus de 500 formats dont ceux cartographiques (raster, vecteur et autres).
ArcGIS	Payant	Logiciel de Système d'Information Géographique. Il permet de créer des couches géographiques et de les modifier. C'est le pendant payant de QGIS. Il permet cependant de faire quelques manipulations supplémentaires par rapport à QGIS. Par exemple, il peut lire et transformer les fichiers NetCDF. Certaines de ces manipulations faisables avec ArcGIS peuvent être faites avec le logiciel gratuit SAGA GIS qui n'a pas été utilisé lors de ce stage.

Tableau 7: Programmes utilisés lors du stage.

Une comparaison peut aussi être faite entre les différents programmes: Payant vs gratuit. Cela est fait dans le Tableau 8.

Création de cartes et les partager		
	MapX	ArcGISOnline
Navigation entre les projets	Possible directement par une recherche sur MapX	Seulement si lien
Type d'utilisateurs	Il en existe 4: Public, Member, Publisher et Administrator. Plus le type est haut placé, plus l'utilisateur peut faire de chose dans le projet. On a un rôle différent selon le projet.	Soit on a la licence, soit non. Pour partager, voir et modifier la carte, il faut avoir la licence. Sans licence, pour voir la carte, il faut qu'elle soit partagée et incorporée sur un site web.
Modification des styles	Style prédéfini comme base puis on peut les modifier à notre guise.	Styles prédéfinis, à sélectionner.
Copie du style	Pas possible, à moins de faire un style sous forme de script mais pas si on fait le style dans MapX avec l'outil.	Possible
Étiquettes	Pas possible d'en mettre	Possible d'en mettre.
Une carte d'exemple a été créée sur ArcGISOnline: elle se trouve en annexe 7.8, avec celle faite sur MapX. Il s'agit d'une carte de la moyenne de température en automne des stations météorologiques de la NASA.		
Réseaux des institutions		
	Gephi	FME
Exportation	En png ou en svg.	Au format que l'on désire.
Prévisualisation cartographique	Possible	Possible

Tableau 8: Comparaison des programmes gratuits et payants.

L'UNEP/GRID de Genève utilise le plus possible des logiciels open source. Cela permet à tous de pouvoir les télécharger et utiliser. Les pays ou gouvernements émergents qui pourraient bénéficier de ces services peuvent ainsi accéder sans contrainte de prix aux informations géographiques que le GRID propose. Tout un chacun peut participer et produire de l'information pertinente.

Ce stage s'est concentré sur la montagne dans le monde. Les couches trouvées et fabriquées sont de niveau global, cela permet donc d'ouvrir la porte pour niveau plus régional. Ainsi, les couches et informations utilisées pourraient également l'être dans d'autres projets. Par exemple, le projet sur le Caucase (sur lequel une autre stagiaire travaille en même temps) a une plus petite surface géographique mais les informations cherchées et produites concernent plus de domaines, comme par exemple ceux sociaux et économiques. Ainsi, les couches utilisées dans le projet WESR-Mountains peuvent être coupées pour ne garder que celles sur le territoire du Caucase, comme cela avait déjà été fait pour les couches déjà présentes sur MapX avant le début du stage avec les couches du groupe "Mountains delineations". Il faut néanmoins garder à l'esprit que, pour les couches raster surtout, la résolution du niveau global risque d'être trop grossière pour le niveau local. Une résolution au kilomètre est amplement suffisante au niveau mondial mais si l'on se concentre au niveau d'une région, une meilleure résolution serait préférable. Plus la région est petite, meilleure devra être la résolution.

Par la suite, d'autres couches et informations pourront être rajoutées dans le projet WESR-Mountains comme par exemple: des couches sur la neige, qui ici n'ont pas été trouvées pour le monde entier; les couches cherchées mais pas trouvées comme la vapeur d'eau, le green cover index, le black carbon, etc...

Le site internet pourra également être étoffé et d'autres dashboards Superset pourront être créés.

Comme cela a déjà été mentionné auparavant, il serait également intéressant de compléter le fichier et le dashboard des stations météorologiques en y ajoutant d'autres stations météorologiques de montagnes qui n'étaient pas présentes dans le fichier de la NASA. Le dashboard sur les glaciers suisses pourra être complété, par exemple en y ajoutant deux graphiques de lignes sur les changements de volume et de longueur cumulés depuis une année donnée.

## 5 Conclusion

Ce travail a permis de:

- Rechercher et trouver différentes sources d'informations ainsi que des publications scientifiques sur les différentes variables essentielles pour le climat en montagne (EMCV).
- Ajouter différentes couches cartographiques dans le projet WESR-Mountains sur MapX.
- Produire de nouvelles cartes et vues données.
- Faire parler différemment les données en créant différents dashboards sur Superset, que ce soit sur les stations météorologiques ou sur les glaciers.
- Créer une carte des réseaux des institutions de montagnes, ce qui n'existait pas encore auparavant sous cette forme, bien que ce ne soit pas interactif.

Différents logiciels ont été utilisés, que ce soit des en open source ou des payants.

Le projet WESR-Mountains a ainsi bien avancé et pourra continuer à se développer, surtout au niveau du site internet qui regroupera tous les différents résultats obtenus lors de ce stage.

À titre personnel, j'ai surtout pu progresser dans la maîtrise de différents outils de FME que je ne connaissais pas forcément auparavant et j'ai également appris à utiliser MapX et Superset, ce que je n'avais jamais fait auparavant. J'ai également pu apprendre à chercher les données et informations par moi-même sur de nombreux sites. Ce stage a été réalisé à distance et cela m'a donc incité à bien être autonome et à trouver des solutions par moi-même. J'ai également pu compter sur le soutien de Yaniss Guigoz qui a pu me guider chaque semaine lors de nos rencontres "zoom". J'ai pris plaisir à rencontrer l'équipe du GRID en personne deux fois à Genève quand cela a été possible. Antonio Benvenuti a également été présent et a su répondre à mes questions surtout concernant MapX.

## 6 Bibliographie

- [1] «2019 years | Climate Lab Book,» 30 01 2020. [En ligne]. Available: <https://www.climate-lab-book.ac.uk/2020/2019-years/>. [Accès le 03 11 2021].
- [2] I. Palomo, *Climate Change Impacts on Ecosystem Services in High Mountain Areas: A Literature Review*, 2017.
- [3] P. Duvillard, L. Ravel et P. Deline, *Risk assessment of infrastructure destabilisation due to global warming in the high French Alps.*, *Journal of Alpine Research / Revue de géographie alpine*, 2015.
- [4] A. Linsbauer, F. Paul et W. Haeberli, *Modeling glacier thickness distribution and bed topography over entire mountain ranges with GlabTop: Application of a fast and robust approach.*, *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* 117(F3), 2012.
- [5] Group, Mountain Research Initiative (MRI) EDW Working, *Elevation-dependent warming in mountain regions of the world.*, *Nature Climate Change* 5(5):424–430., 2015.
- [6] J. Xu, R. Grumbine, A. Shrestha, M. Eriksson, X. Yang, Y. Wang et A. Wilkes, *The melting Himalayas: Cascading effects of climate change on water, biodiversity, and livelihoods.*, *Conservation Biology* 23(3):520–530., 2009.
- [7] M. Immitzer, U. Nopp-Mayr et M. Zohmann, *Effects of habitat quality and hiking trails on the occurrence of Black Grouse (*Tetrao tetrix* L.) at the northern fringe of alpine distribution in Austria.*, *Journal of Ornithology* 155(1):173–181, 2014.
- [8] M. Beniston, H. Diaz et R. Bradley, *Climatic change at high elevation sites: An overview.*, *Climatic Change* 36(3–4):233–251, 1997.
- [9] T. Kohler, M. Giger, H. Hurni, C. Ott, U. Wiesmann, S. W. v. Dach et D. Maselli, *Mountains and climate change: A global concern.*, *Mountain Research and Development* 30(1):53–55., 2010.
- [10] «UNEP/GRID-Geneva,» [En ligne]. Available: <https://unepgrid.ch/fr/a-propos/grid>.
- [11] «Main page | WESR,» [En ligne]. Available: <https://wesr-portal.unepgrid.ch/>. [Accès le 03 11 2021].
- [12] «WESR Mountain,» [En ligne]. Available: <https://wesr-s.unepgrid.ch/display/WES/WESR+Mountains+Home>.
- [13] J. M. Thornton, E. Palazzi, N. C. Pepin, P. Cristofanelli, R. Essery, S. Kotlarski, G. Giuliani, Y. Guigoz, A. Kulonen, D. Pritchard, X. Li, H. J. Fowler, C. F. Randin, M. Shahgedanova et M. Steinb, *Toward a definition of Essential Mountain Climate Variables*, 2021, pp. Pages 805-827.

- [14] «Global Surface Summary of the Day - GSOD,» 2021. [En ligne]. Available: <https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#>. [Accès le 02 09 2021].
- [15] «Copernicus,» [En ligne]. Available: <https://land.copernicus.eu/global/>.
- [16] «USGS USAID FEWSnet,» [En ligne]. Available: <https://earlywarning.usgs.gov/fews/datadownloads/Global/PET>. [Accès le 12 10 2021].
- [17] «ILIAS Universität Bern - GMBA Mountain Inventory,» 02 07 2018. [En ligne]. Available: [https://ilias.unibe.ch/goto\\_ilias3\\_unibe\\_cat\\_1000515.html](https://ilias.unibe.ch/goto_ilias3_unibe_cat_1000515.html). [Accès le 21 10 2021].
- [18] «Glamos Glacier Monitoring Switzerland - Downloads,» [En ligne]. Available: <https://www.glamos.ch/fr/downloads>.
- [19] «WGMS - World glacier monitoring service,» [En ligne]. Available: <https://wgms.ch/>.
- [20] «ArcGIS Hub - World Countries - Esri Data and Maps,» [En ligne]. Available: <https://hub.arcgis.com/datasets/esri::world-countries/explore>.
- [21] «CRU Hulme Global Land Precipitation Data,» [En ligne]. Available: <https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/precip/>.
- [22] «CHELSEA,» [En ligne]. Available: <https://chelsea-climate.org/downloads/>.
- [23] «CEDA Archive: ESA Snow Climate Change Initiative,» [En ligne]. Available: <https://data.ceda.ac.uk/neodc/esacci/snow>.
- [24] «National Tree Map,» 2021. [En ligne]. Available: <https://www.bluesky-world.com/ntm>. [Accès le 15 11 2021].
- [25] «NOAA Global Monitoring Laboratory - Earth System Research Laboratory - Water Vapor,» [En ligne]. Available: <https://gml.noaa.gov/ozwv/wvap/>. [Accès le 15 11 2021].
- [26] «NASA SVS - Atmospheric Black Carbon Density,» 13 12 2009. [En ligne]. Available: <https://svs.gsfc.nasa.gov/3668>. [Accès le 15 11 2021].
- [27] «The World Bank: World - Solar Stations Inventory,» [En ligne]. Available: <https://datacatalog.worldbank.org/dataset/world-solar-stations-inventory-2017>. [Accès le 01 09 2021].
- [28] «The World Bank: World Development Report 2021 - Temperature,» [En ligne]. Available: <https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0037984>. [Accès le 02 09 2021].
- [29] «The World Bank: World Development Indicator,» [En ligne]. Available: <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=AG.LND.PRCP.MM#>.

- [30] «The World Bank: World - Terrain Elevation Above Sea Level (ELE) GIS Data, (Global Solar Atlas),» [En ligne]. Available: <https://datacatalog.worldbank.org/dataset/world-terrain-elevation-above-sea-level-ele-gis-data-global-solar-atlas>.
- [31] «The World Bank - World - Wind Masts Inventory,» [En ligne]. Available: <https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0037900>. [Accès le 02 09 2021].
- [32] «Meteorological Versus Astronomical Seasons | News | National Centers for Environmental Information (NCEI),» 22 09 2016. [En ligne]. Available: <https://www.ncei.noaa.gov/news/meteorological-versus-astronomical-seasons>. [Accès le 04 11 2021].
- [33] Auvergne-Rhône-Alpes, ORCAE - Observatoire régional climat air énergie, «Principes méthodologiques de production des données et indicateurs climat, air et énergie,» 01 2021. [En ligne]. Available: [https://www.orcae-auvergne-rhone-alpes.fr/fileadmin/user\\_upload/mediatheque/ORCAE/Documents/Publications/ORCAE\\_Methodologie\\_globale.pdf](https://www.orcae-auvergne-rhone-alpes.fr/fileadmin/user_upload/mediatheque/ORCAE/Documents/Publications/ORCAE_Methodologie_globale.pdf). [Accès le 04 11 2021].
- [34] «GLAMOS,» [En ligne]. Available: <https://glamos.ch/fr/downloads#tab-uebersicht/B36-26>.
- [35] G. Luo et L. Dai, «Detection of alpine tree line change with high spatial resolution remotely sensed data,» *Journal of Applied Remote Sensing* 7(1), 073520, 19 08 2013.
- [36] J. Gehrig-Fasel, A. Guisan et N. E. Zimmermann, «Tree line shifts in the Swiss Alps: Climate change or land abandonment?,» *Journal of Vegetation Science* 18: 571-582, Lausanne, 2007.
- [37] J. Paulsen et C. Körner, «GIS-Analysis of Tree-Line Elevation in the Swiss Alps Suggests no Exposure Effect,» *Journal of Vegetation Science*, vol. 12, n° 16, pp. 817-824, 12 2001.
- [38] European Environment Agency, «Permafrost and tree line,» 29 11 2012. [En ligne]. Available: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/permafrost-and-tree-line>. [Accès le 15 11 2021].
- [39] «Arctic Portal - Arctic Tree Line Boundary,» 04 2016. [En ligne]. Available: <https://arcticportal.org/maps/download/arctic-definitions/2424-arctic-tree-line-boundary>. [Accès le 15 11 2021].
- [40] G. J. Nabuurs, D. J. Brus, G. M. Hengeveld, D. J. J. Walvoort, P. W. Goedhart, A. H. Heidema et K. Gunia, «<https://efi.int/knowledge/maps/treespecies>,» [En ligne]. Available: <https://efi.int/knowledge/maps/treespecies>. [Accès le 15 11 2021].
- [41] «EXPLORE ALPINE TREELINES ON THE WORLD MAP,» [En ligne]. Available: <https://alpine-treelines.de/explore-treelines.html>.
- [42] F. Zhao, B. Zhang, S. Zhang, W. Qi, W. He, J. Wang et Y. Yao, «Contribution of mass elevation effect to the altitudinal distribution of global treelines,» *Journal of Mountain Science* 12(2):289-297, 07 2014.



- [43] «MACEB Mitigation of Arctic warming by controlling European black carbon emissions,» [En ligne]. Available: [http://www.maceb.fi/black\\_carbon\\_concentrations.html](http://www.maceb.fi/black_carbon_concentrations.html). [Accès le 15 11 2021].
- [44] M. M. Ruppel, S. Eckhardt, A. Pesonen, K. Mizohata, M. J. Oinonen, A. Stohl, A. Andersson, V. Jones, S. Manninen et Ö. Gustafsson, «Observed and Modeled Black Carbon Deposition and Sources in the Western Russian Arctic 1800–2014,» *Environmental Science & Technology*, vol. 55, n° 18, pp. 4368-4377, 26 03 2021.
- [45] «Ilias universität Bern - Mountain coverage download,» [En ligne]. Available: [https://ilias.unibe.ch/goto\\_ilias3\\_unibe\\_file\\_1049929\\_download.html](https://ilias.unibe.ch/goto_ilias3_unibe_file_1049929_download.html).
- [46] «GLIMS - Glacier Database,» [En ligne]. Available: <http://glims.colorado.edu/glacierdata/>.
- [47] «GeoServer de l'UNEP/GRID-Geneva,» [En ligne]. Available: <https://datacore.unepgrid.ch/geoserver/web/>.

## 7 Annexes

### 7.1 Annexe sous forme de fichiers externes

Plusieurs annexes ne pouvaient pas directement être mises dans le rapport. Elles sont donc transmises sous forme de fichiers. Voici la liste de ces annexes:

- 1) Tableaux des EMCVs:  
Table\_S1\_of\_Toward\_a\_definition\_of\_Essential\_Mountain\_Climate\_Variables.xlsx
- 2) Google sheet "Datas\_EMCV" exporté en Excel: "Datas\_EMCV.xlsx"
- 3) Fichier Excel "institutions\_réseaux.xlsx"

## 7.2 FME

### 7.2.1 Stations météorologiques (pour MapX)

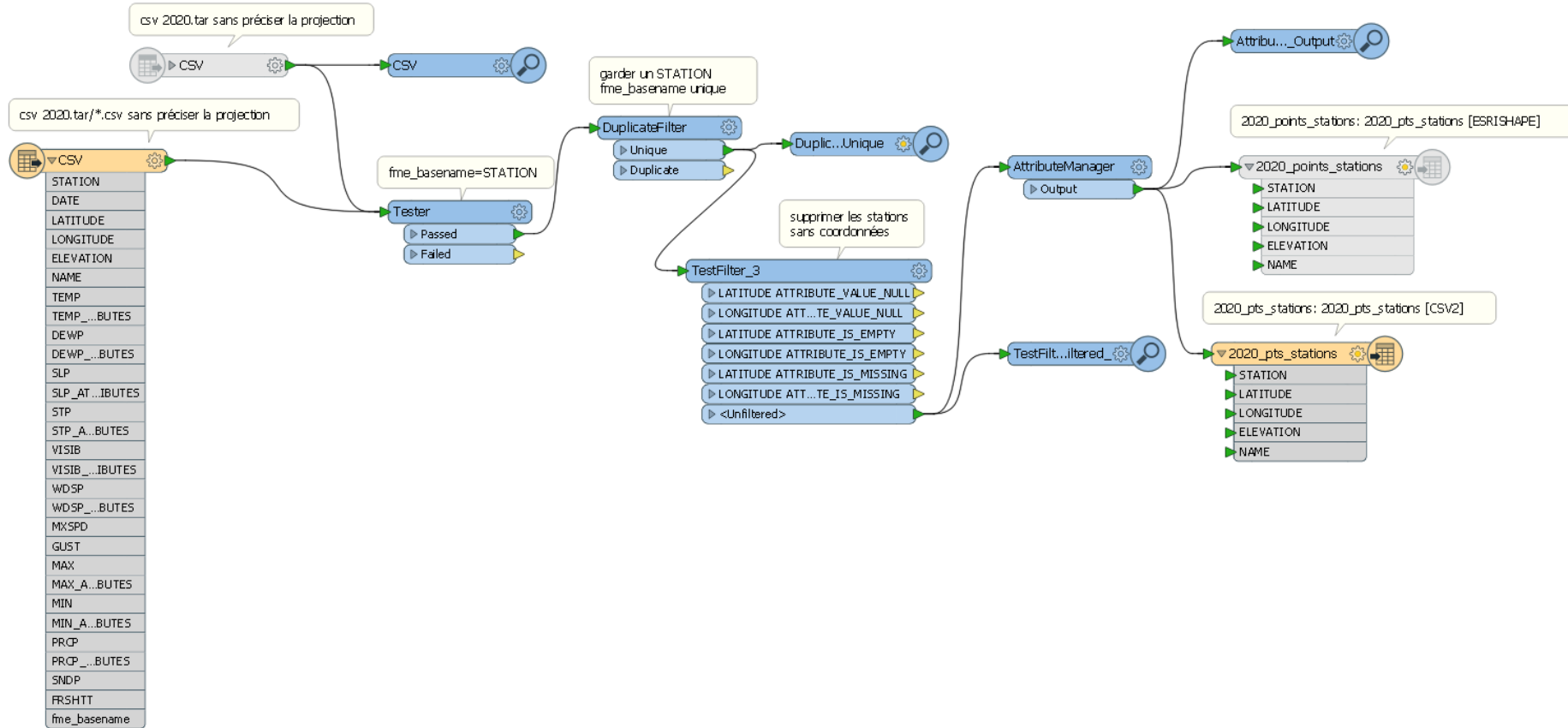


Figure 47: Fichier FME permettant d'obtenir un fichier csv contenant à chaque ligne le nom et les coordonnées des stations qui ont des données pour l'année décidée. Ici, il s'agit de l'année 2020 et le même processus est fait pour l'année 2019.

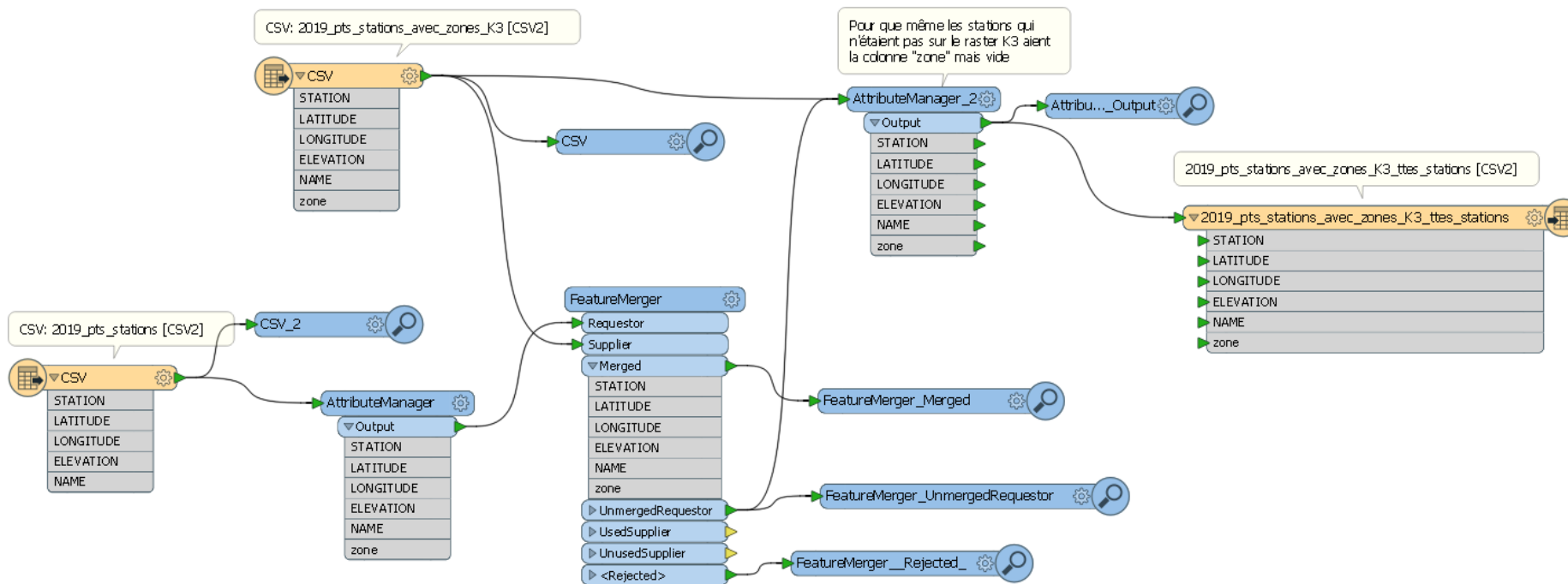


Figure 48: Fichier FME permettant d'obtenir les stations météorologique de 2019 avec les zones sur lesquelles elles se trouvent selon K3 (2019\_pts-station\_avec\_zones\_K3\_ttes\_stations)

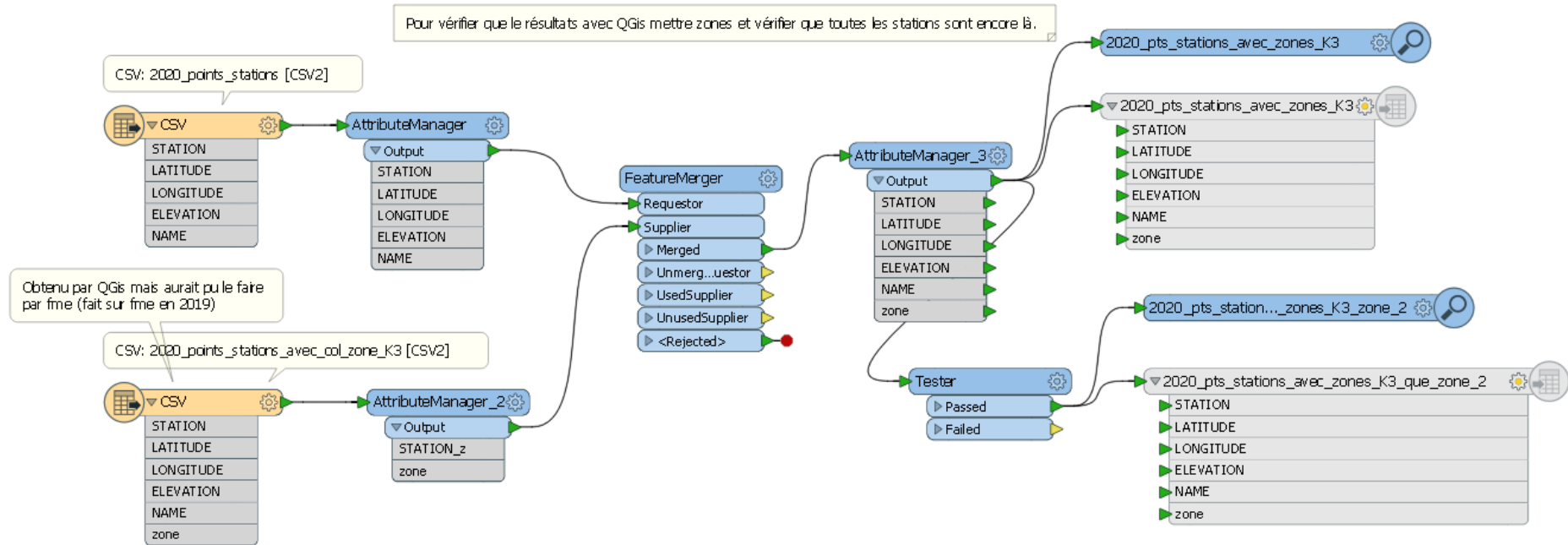


Figure 49: Fichier FME permettant d'obtenir les stations météorologique de 2020 avec les zones sur lesquelles elles se trouvent selon K3 (2020\_pts-station\_avec\_zones\_K3) et de prendre que celles étant en montagne (2020\_pts\_stations\_avec\_zones\_K3\_que\_zone\_2)

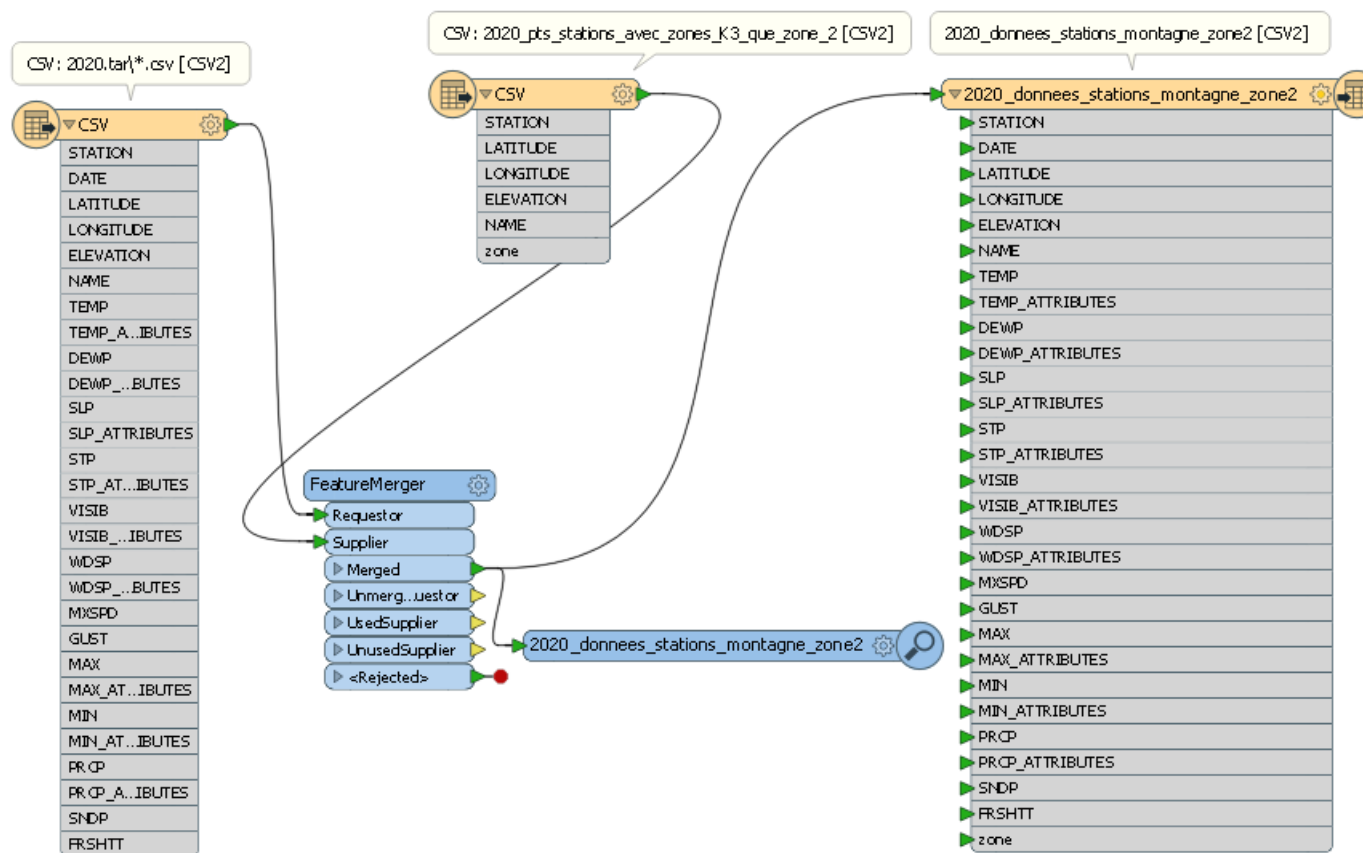


Figure 50: Fichier FME permettant de prendre les données 2020 des stations de montagnes (2020\_donnees\_stations\_montagne\_zone2)

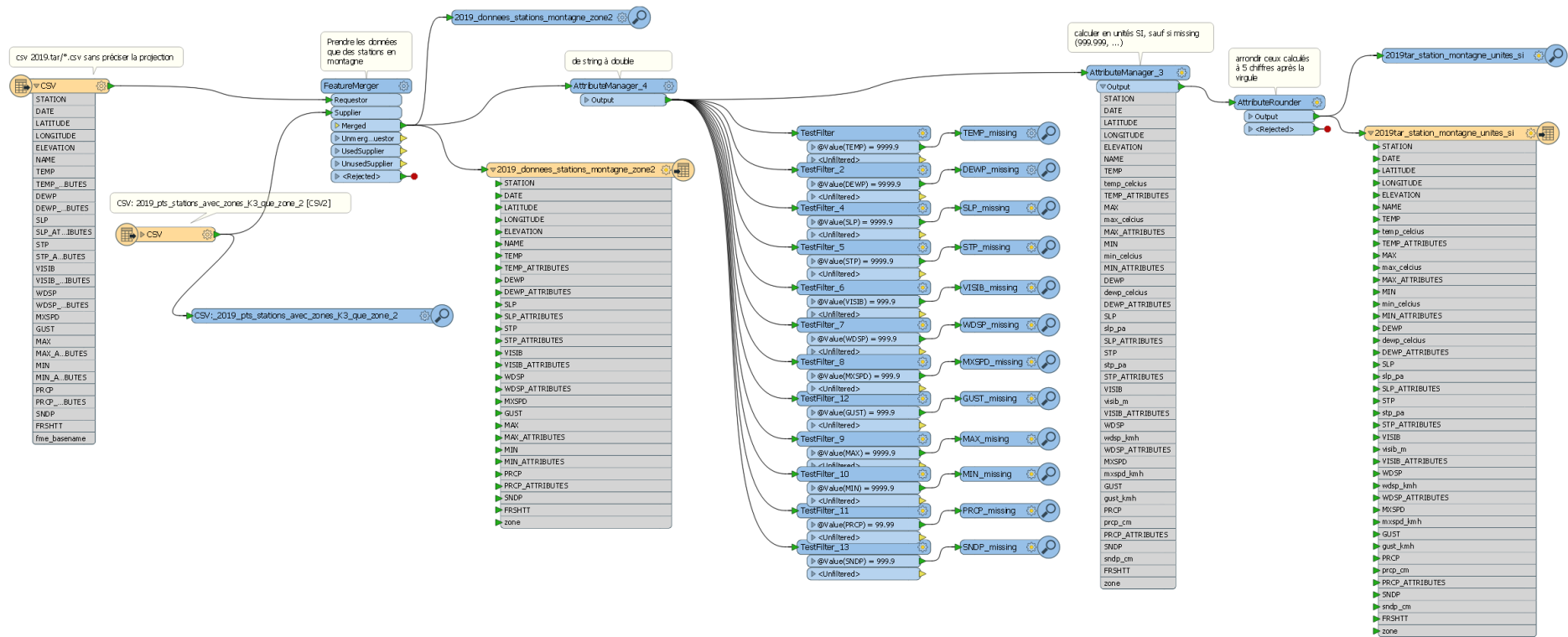


Figure 51: Fichier FME permettant de prendre les données des stations de montagne de 2019 (2019\_donnees\_stations\_montagne\_zone2) puis de transformer les données afin d'avoir des unités SI (2019tar\_station\_montagne\_unites\_si)

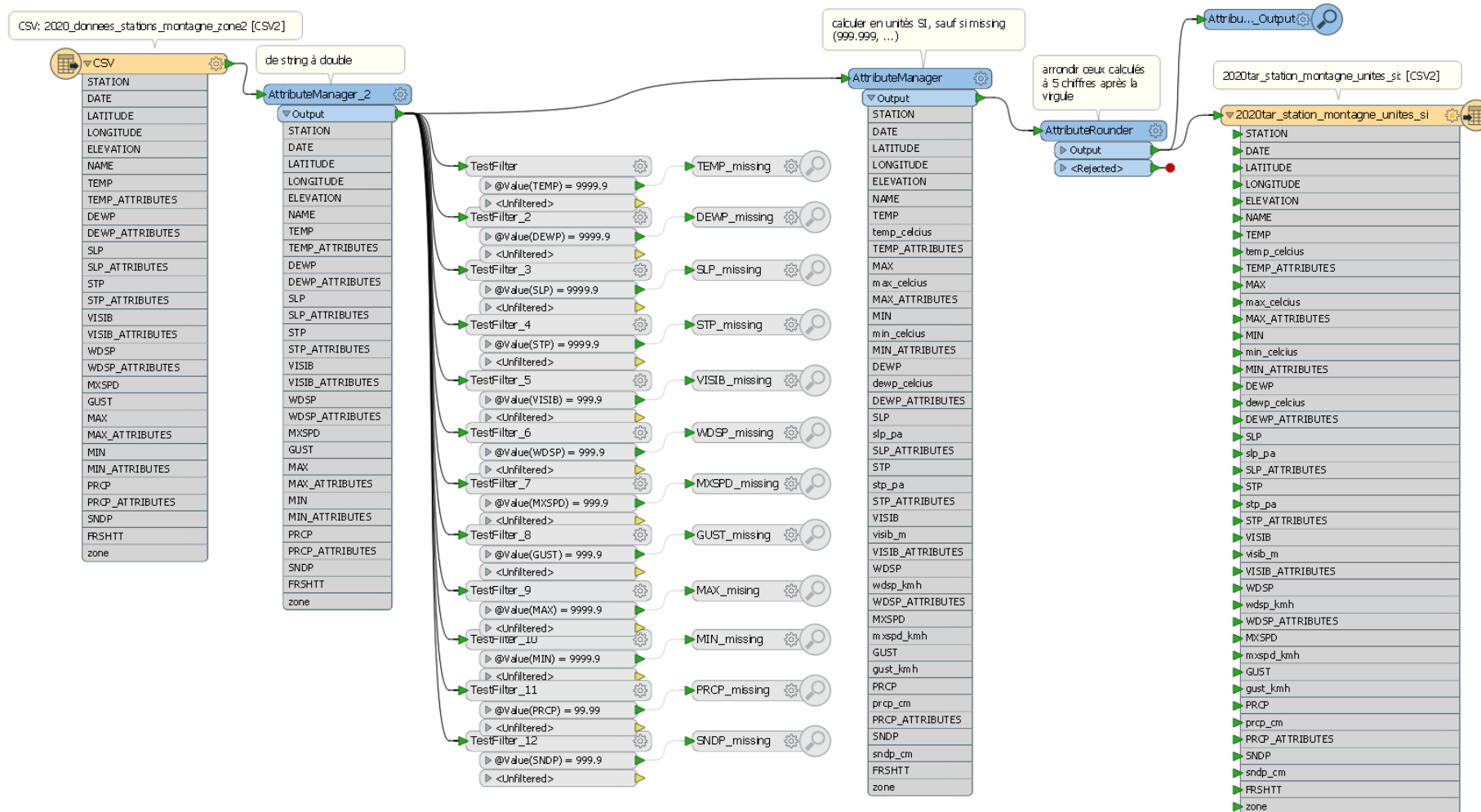


Figure 52: Fichier FME permettant de transformer les données des stations de montagne de 2020 afin d'avoir des unités SI (2020tar\_station\_montagne\_unites\_si)



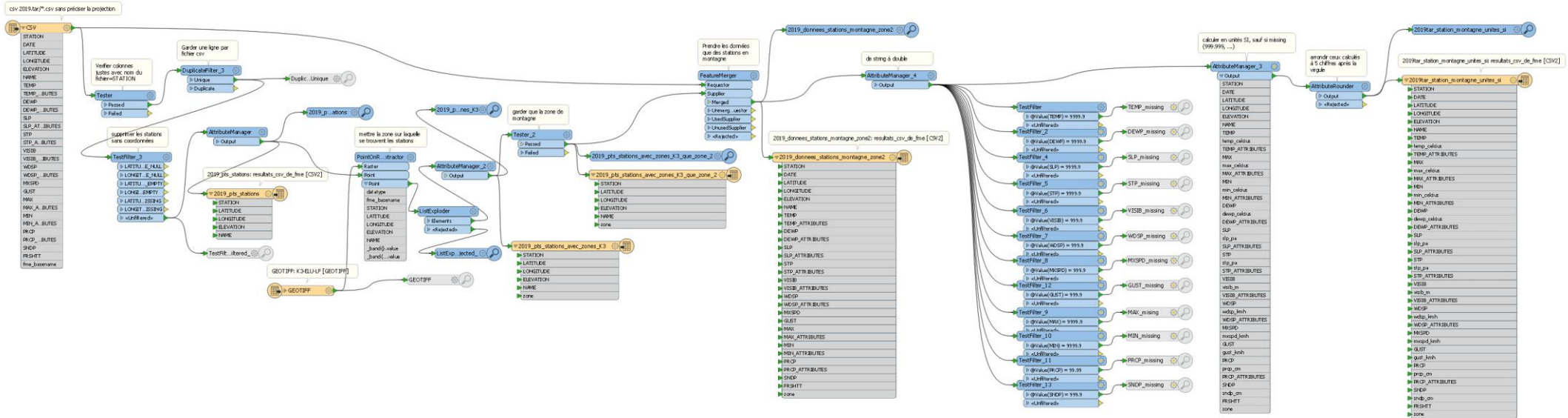


Figure 53: Fichier FME permettant de: obtenir les stations météorologique de 2019 (2019\_pts\_stations), y mettre sur quelle zone se trouve la station selon le fichier K3 (2019\_pts\_station\_avec\_zones\_K3), sélectionner que les zones de montagnes, soit la zone 2 (2019\_pts\_stations\_avec\_zones\_K3\_que\_zone\_2), prendre les données des station de montagnes (2019\_donnees\_stations\_montagne\_zone2), transformer les données afin d'avoir des unités SI (2019tar\_station\_montagne\_unites\_si). Il s'agit d'un fichier FME regroupant différentes étapes/fichiers FME en un(e) seul(e).

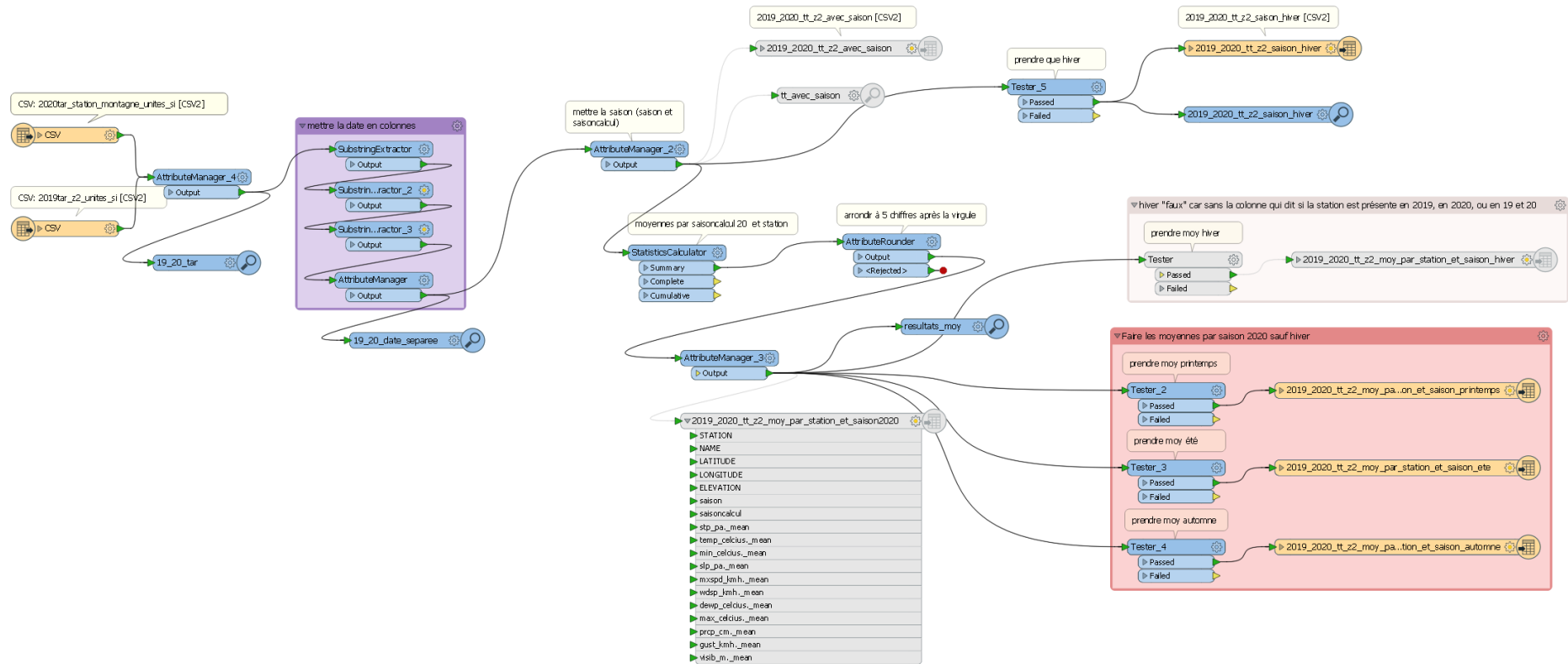


Figure 54: Fichier FME permettant de prendre les données des stations de montagnes de 2019 et 2020, de faire la moyenne pour le printemps (2019\_2020\_tt\_z2\_moy\_par\_station\_et\_saison\_printemps), l'été (2019\_2020\_tt\_z2\_moy\_par\_station\_et\_saison\_ete), et l'automne 2020 (2019\_2020\_tt\_z2\_moy\_par\_station\_et\_saison\_automne), et de sélectionner les données pour l'hiver 2019-2020 (2019\_2020\_tt\_z2\_saison\_hiver)

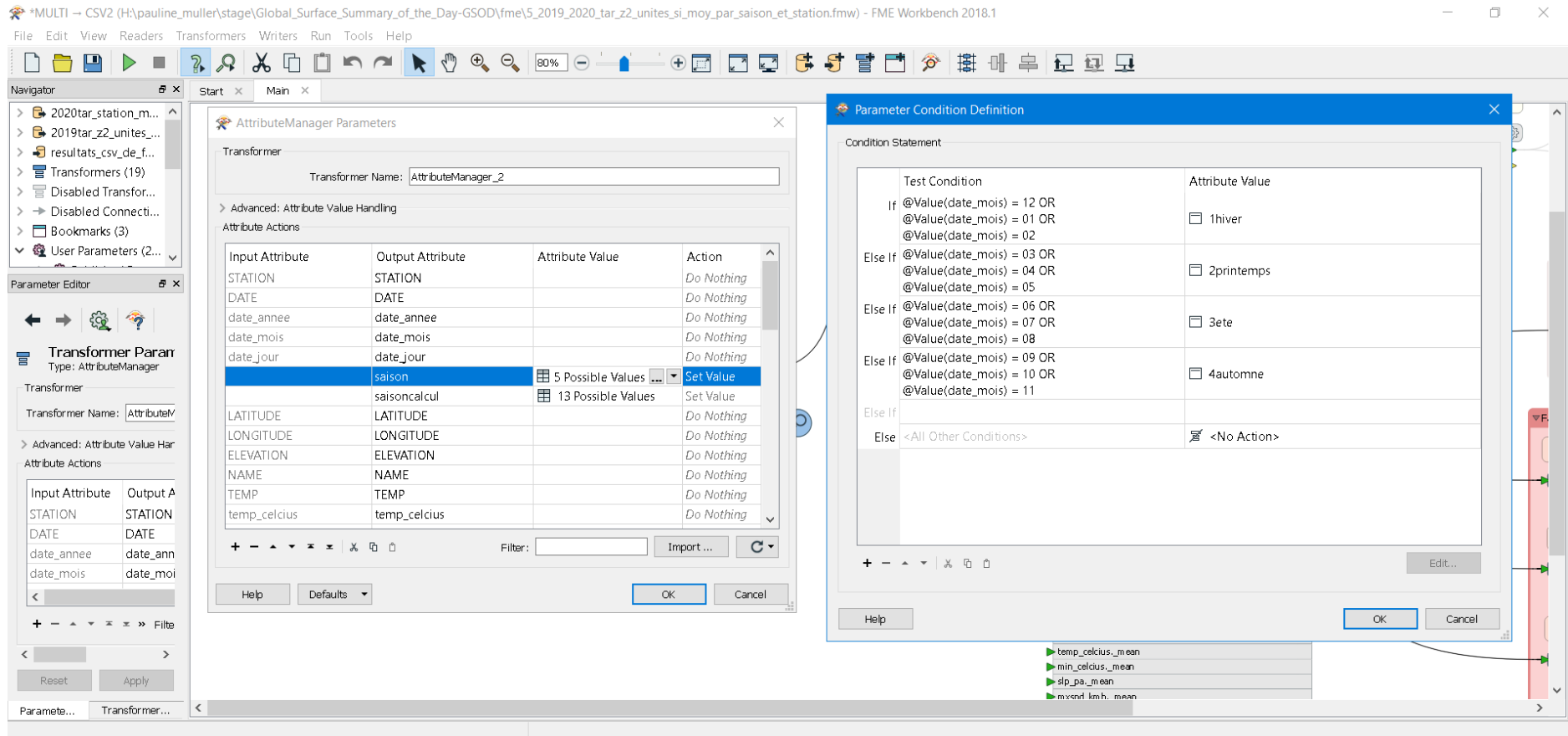


Figure 55: Détail des paramètres de calcul pour la colonne "saison"

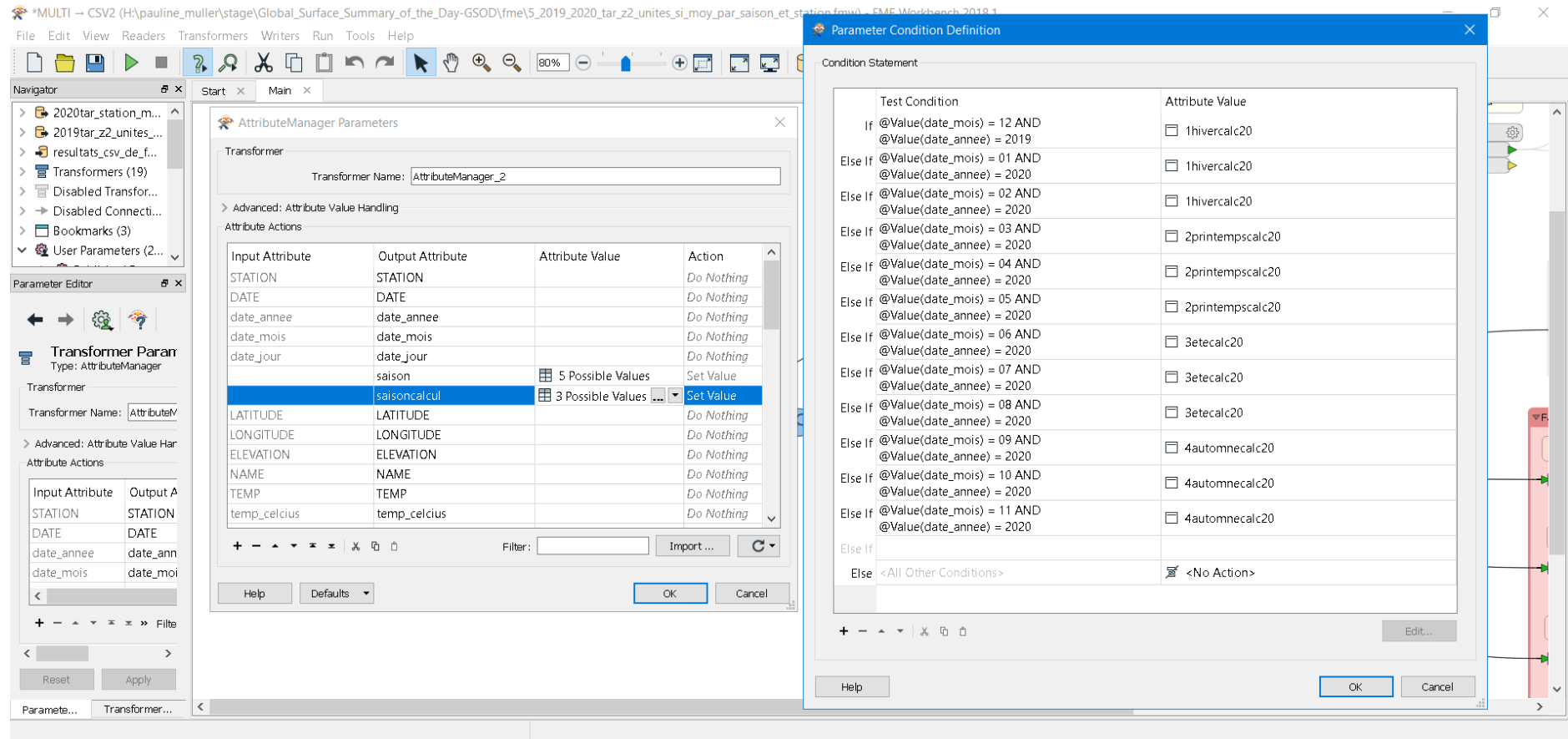


Figure 56: Détails des calculs pour la colonne "saisoncalcul".

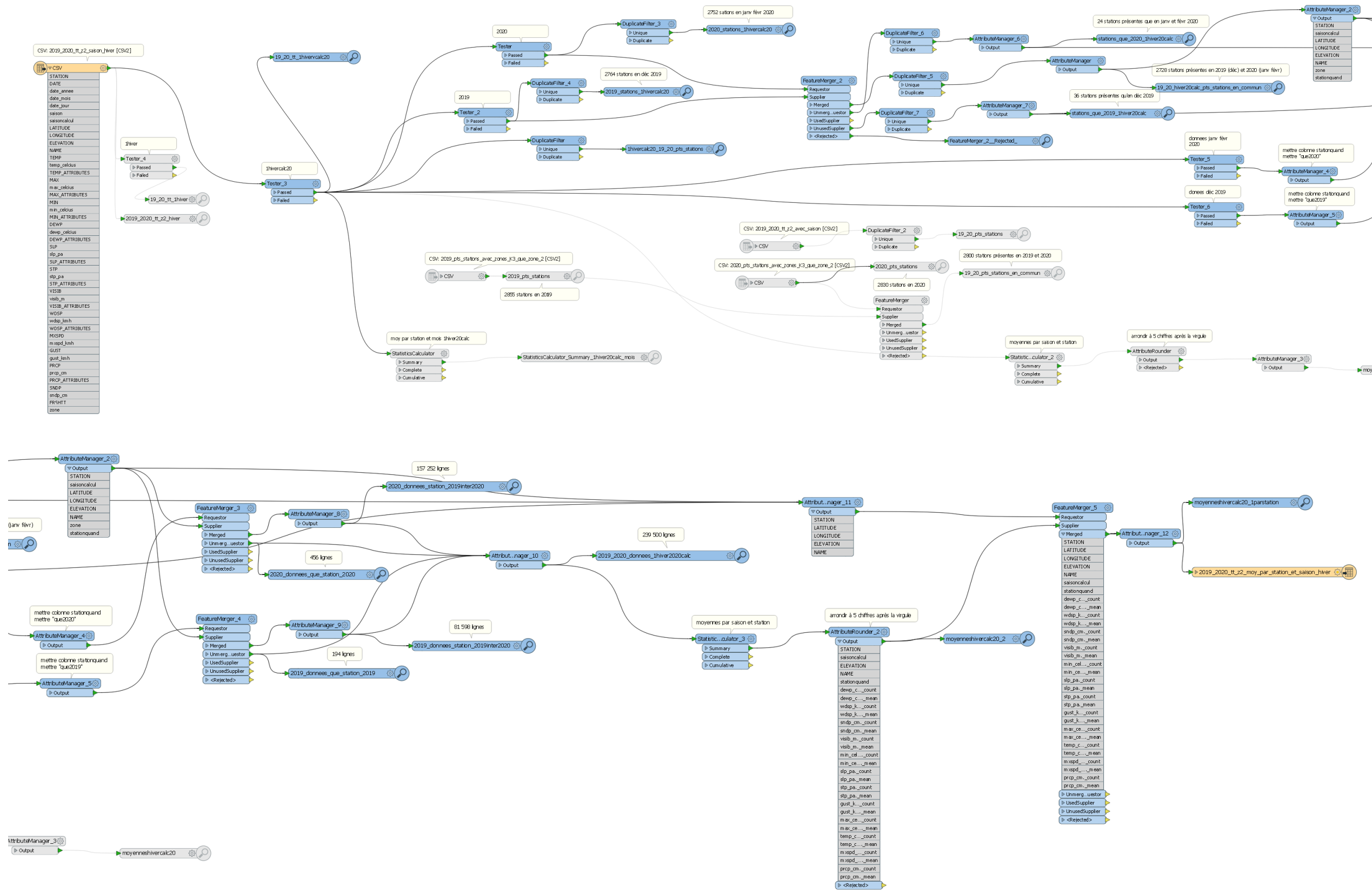


Figure 57: Fichier FME permettant de savoir si des données proviennent de stations présentes uniquement en 2019, uniquement en 2020 ou les deux et de faire la moyenne pour l'hiver 2019-2020.

### 7.2.2 Stations météorologiques de montagne (Pour Superset dashboard)

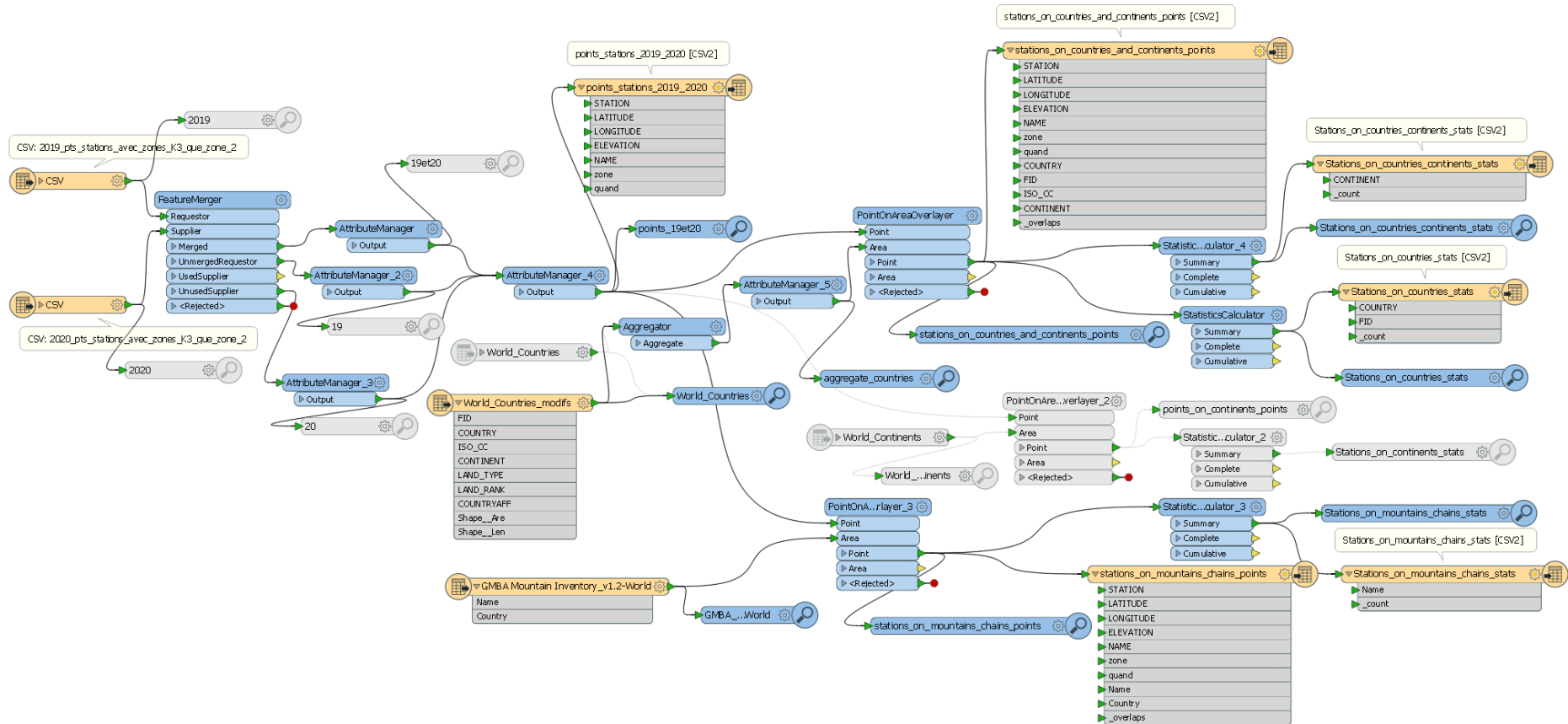


Figure 58: Fichier FME pour faire la jointure et rajouter la colonne \_count qui donne le nombre de stations présentes à cet endroit pour les pays, les continents et les chaînes de montagne et exportation en fichiers csv.

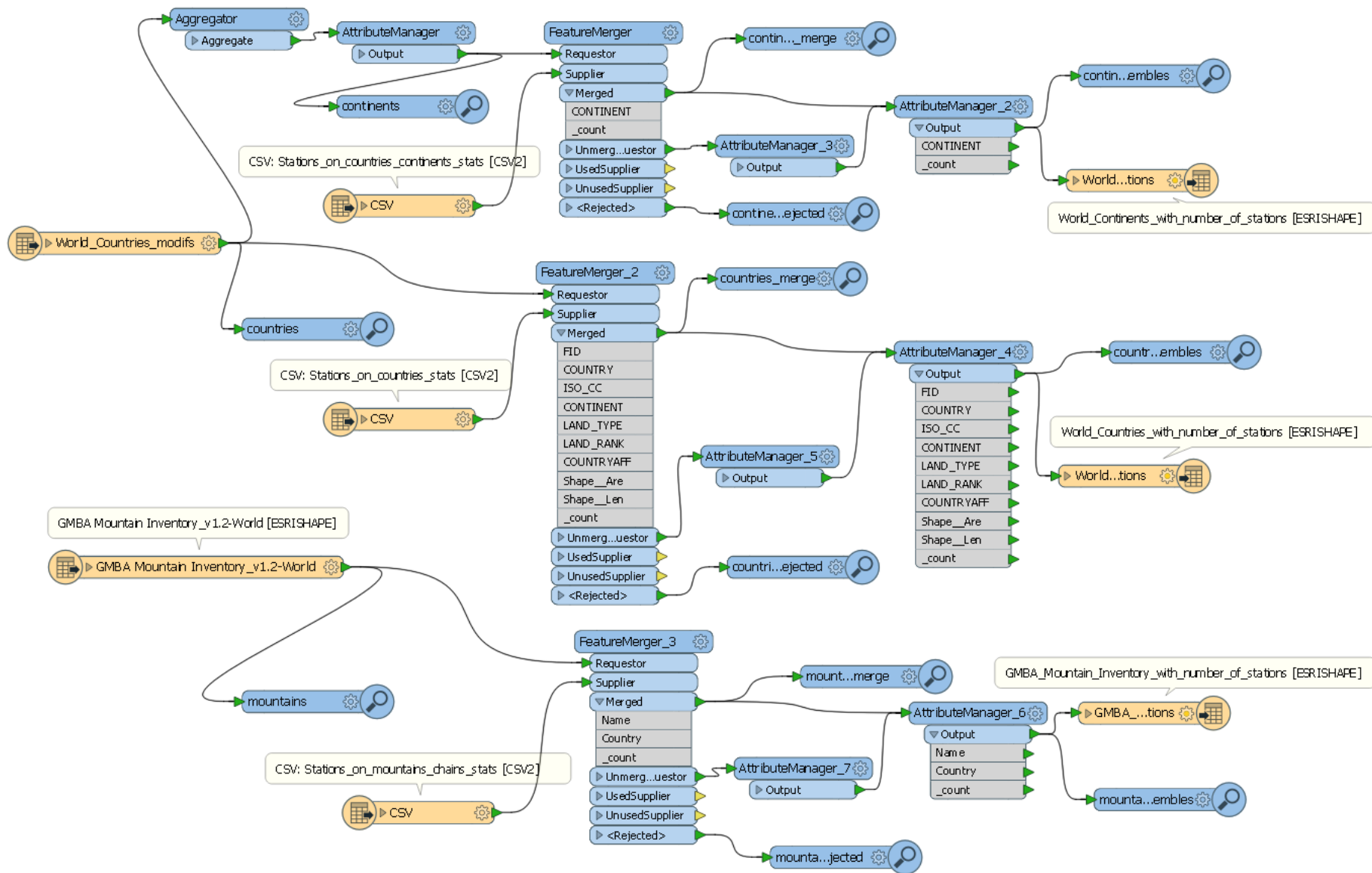


Figure 59: Fichier FME pour rajouter aux shapefile des continents, pays et chaînes de montagnes la colonne du nombre de stations présentes à cet endroit.

### 7.2.3 Glaciers suisses de Glamos

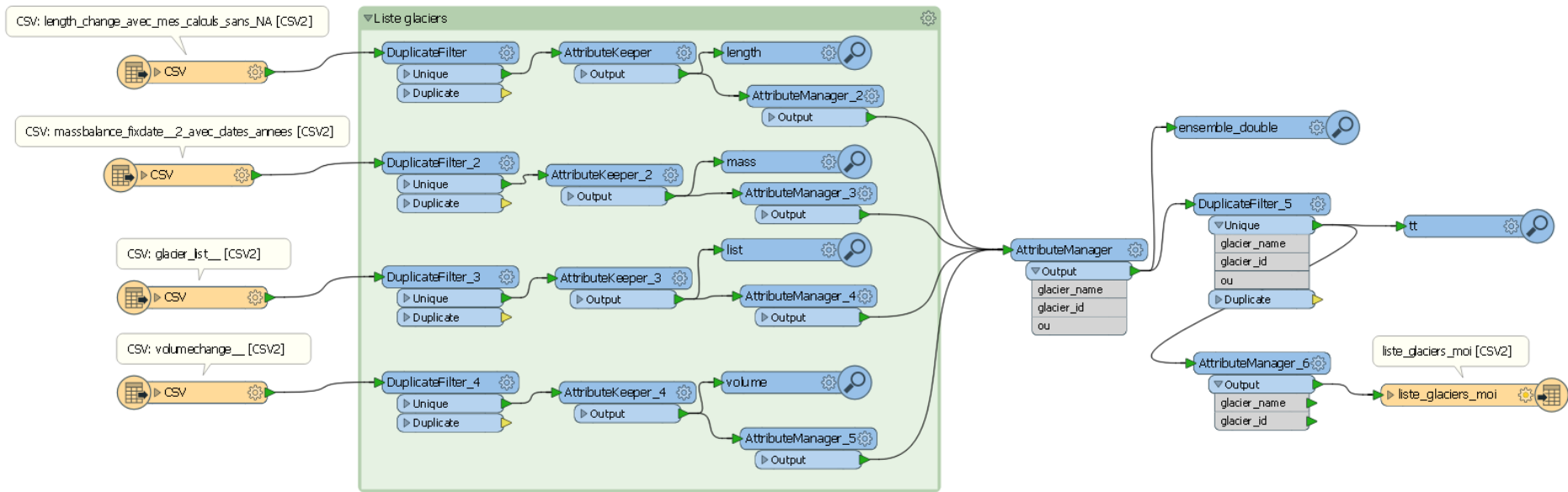


Figure 60: Fichier FME pour la création de la liste des glaciers pour pouvoir faire le filtre sur un dashboard de Superset.



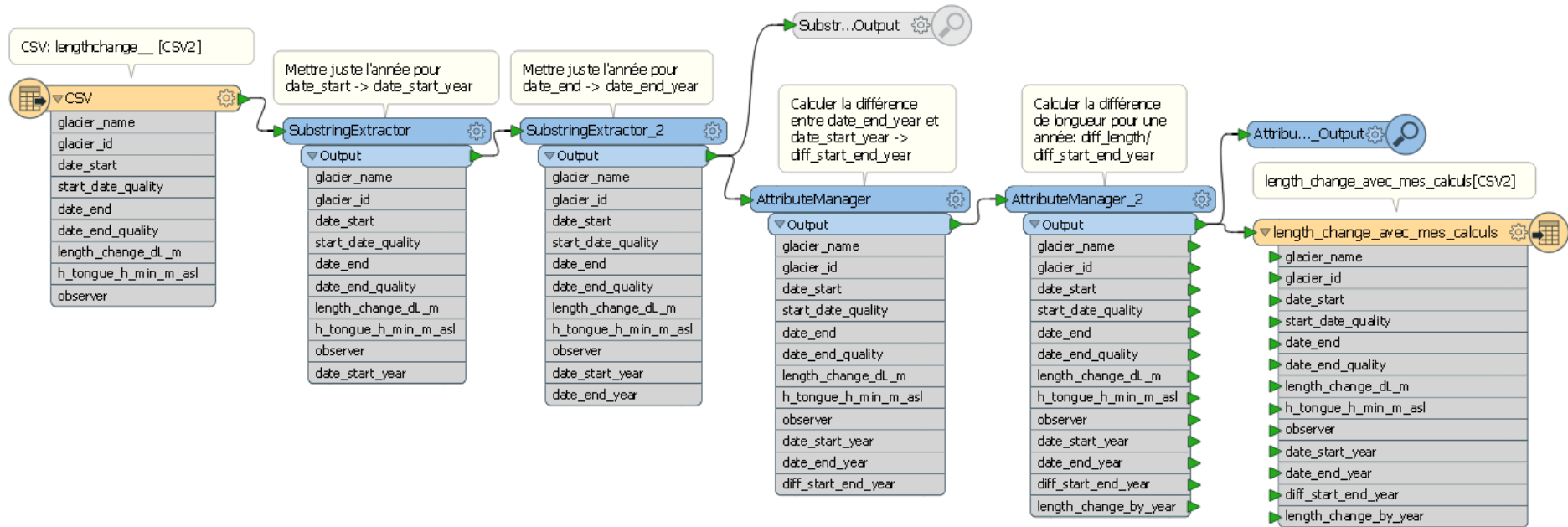


Figure 61: Fichier FME pour l'ajout des colonnes de différence de temps et de changement de longueur pour une année.

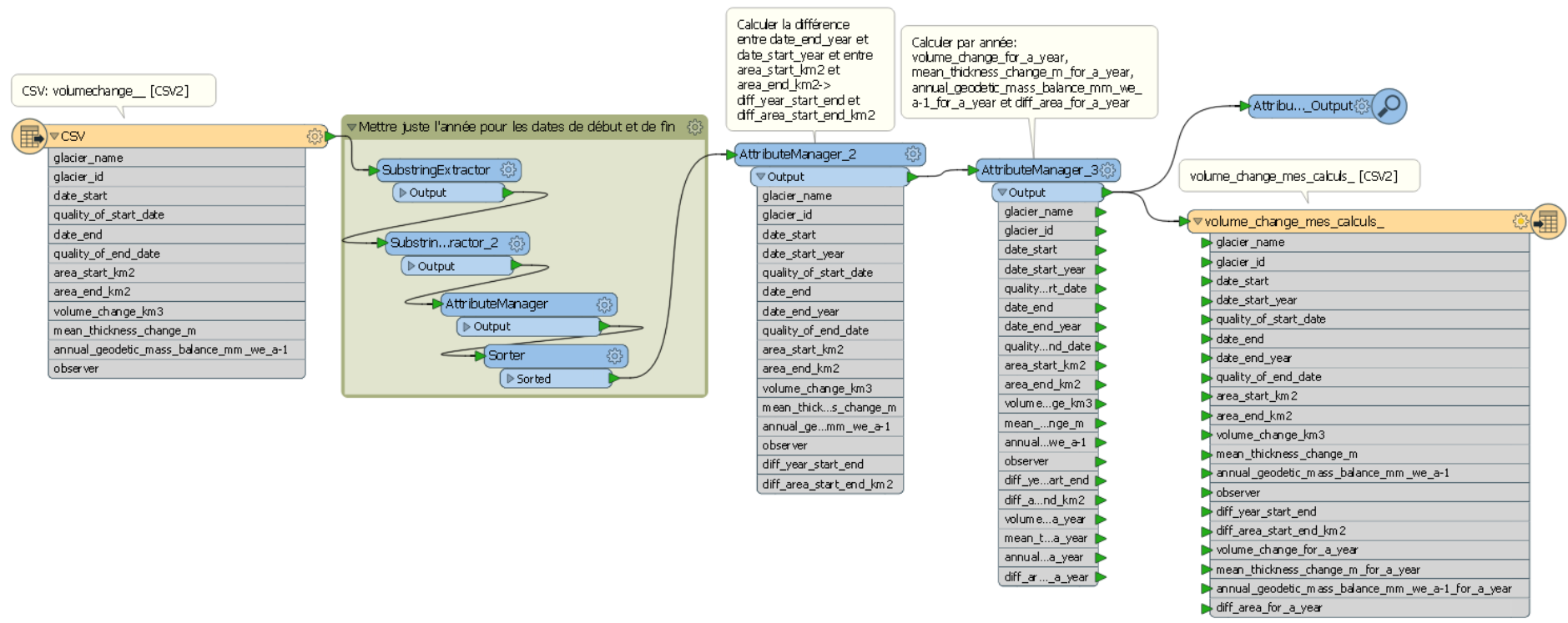


Figure 62: Fichier FME pour l'ajout des colonnes de différence de temps et de changement de volume pour une année.

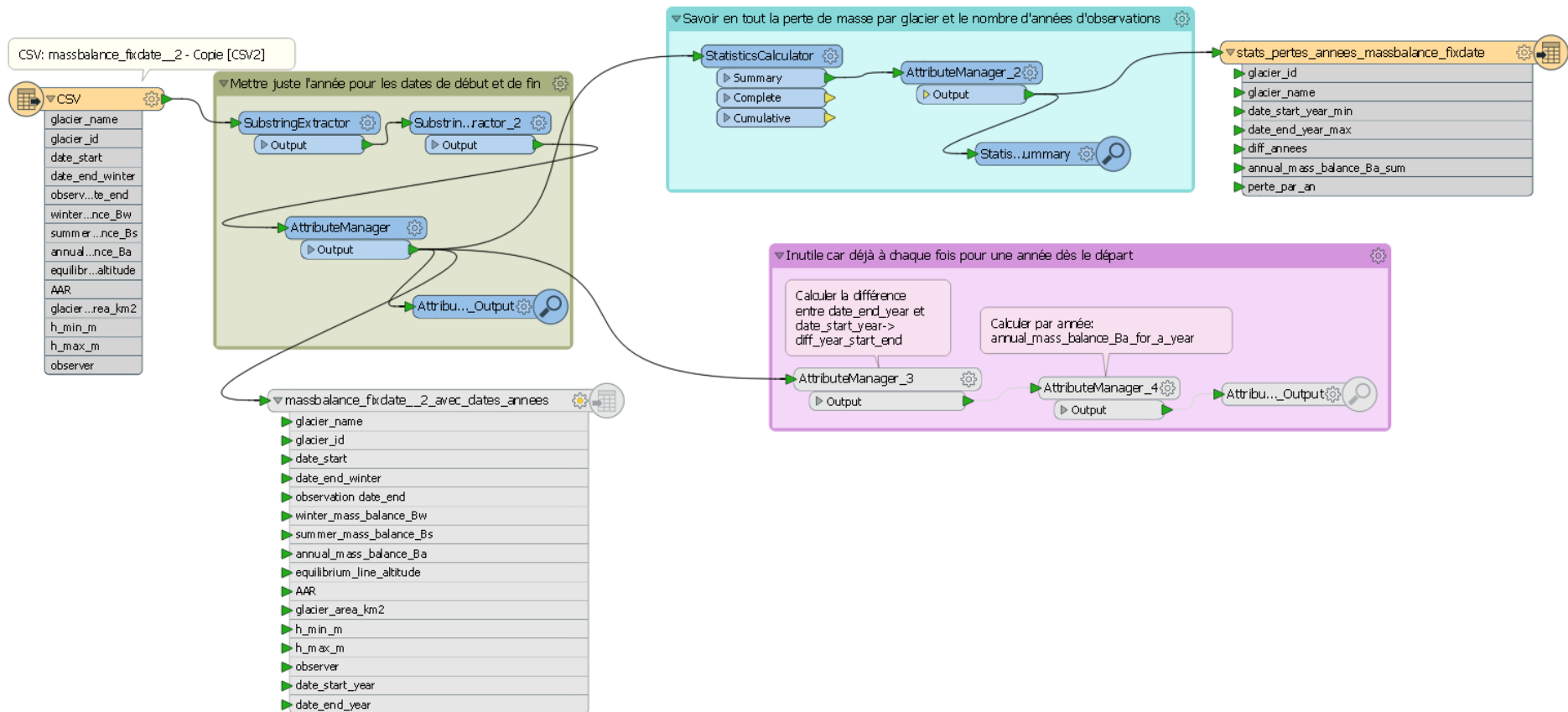


Figure 63: Fichier FME pour faire les statistiques pour le csv sur le changement de masse des glaciers suisses.

## 7.3 Models builders

Afin de calculer les moyennes des différents rasters pour une saison.

Pour transformer les fichiers NetCDF en fichiers raster Geotiff:

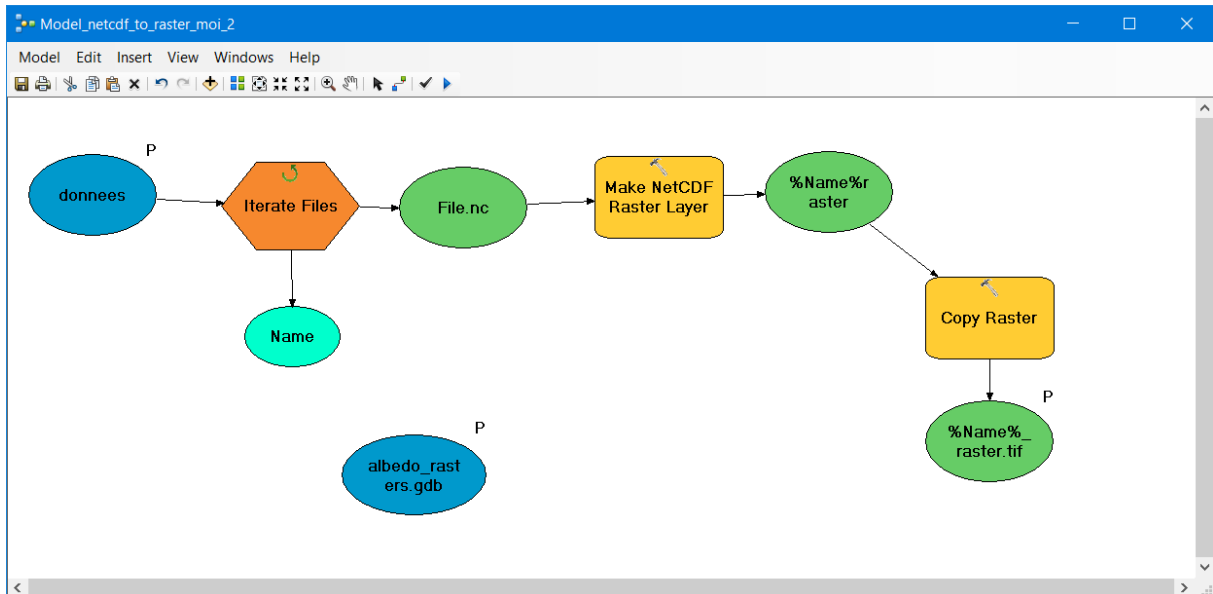


Figure 64: Model builder qui transforme les fichiers NetCDF en fichiers raster Geotiff. Ici, il s'agit de l'exemple pour l'albédo mais cela a aussi été fait pour l'évapotranspiration.

Pour faire la moyenne par saison:

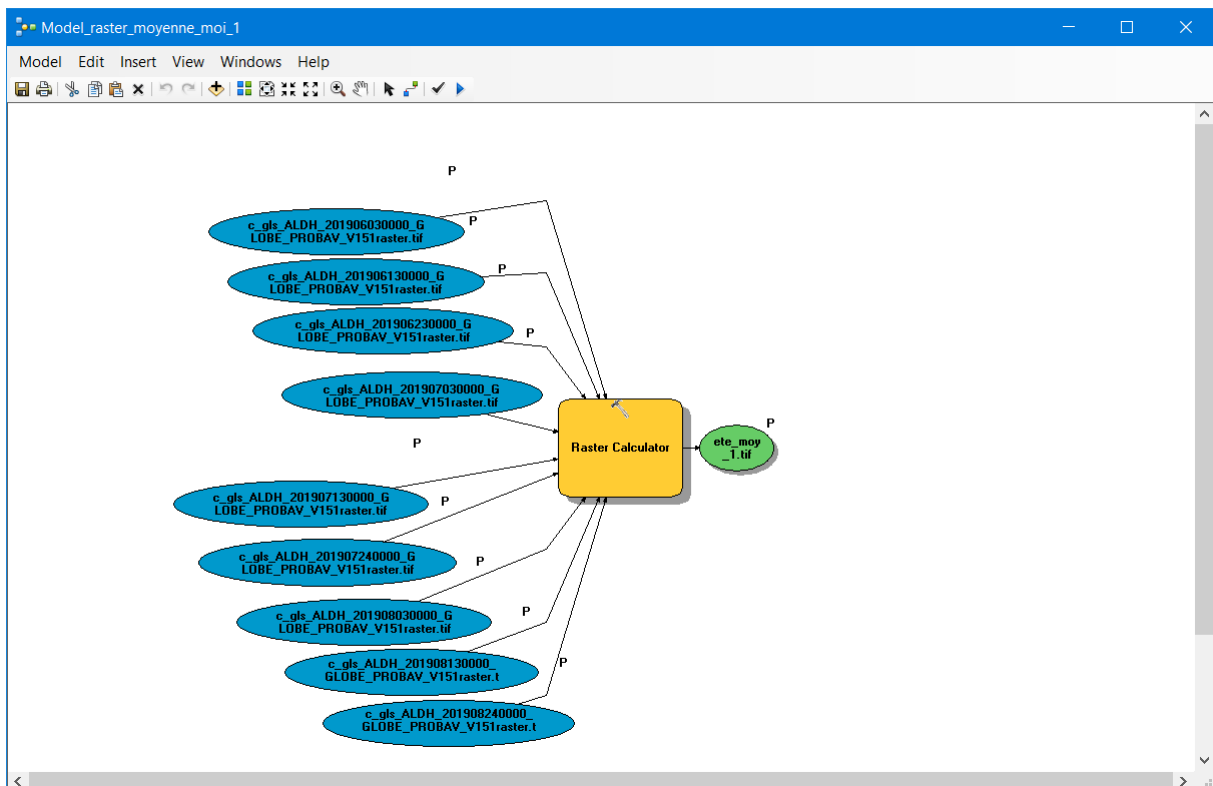


Figure 65: Model builder qui permet de faire la moyenne entre plusieurs rasters et de l'enregistrer sous un nouveau fichier raster Geotiff. Ici, il s'agit de l'exemple pour l'albédo mais cela a aussi été fait pour l'évapotranspiration.

## 7.4 Mise sur MapX

### 7.4.1 Couches vectorielles de moins de 100 MB

Les petites couches vectorielles peuvent être directement uploadées sur MapX.

Les étapes suivantes sont nécessaires:

- 1) Mettre la donnée en format shapefile dans un seul dossier zippé.
- 2) Dans MapX, aller sur le projet où l'on veut mettre la couche.
- 3) Créer une nouvelle source et pointer sur le dossier zip de notre couche.
- 4) Modifier les sources afin d'y ajouter les métadonnées (source, nom, résumé, etc...).
- 5) Créer une nouvelle vue. Par exemple, pour les couches des stations météorologiques, il y a quatre couches vectorielles, donc quatre sources (une pour chaque saison). Mais pour chaque source, on peut montrer plusieurs choses et il y aura donc plus de vues que de sources. Par exemple, pour cette même source, j'ai montré, pour chaque saison, les températures moyennes, les précipitations moyennes et la hauteur de neige moyenne.
- 6) Modifier les métadonnées des vues (nom, résumé, mots clés, etc...).
- 7) Modifier le style des vues.
- 8) Classer les vues dans différents groupes et enregistrer.

### 7.4.2 Couches rasters et vectorielles de plus de 100 MB et WMS

Pour les couches vectorielles plus volumineuses ainsi que pour les couches raster, MapX ne prend pas directement en charge ces couches. Il faut passer par un géoserveur et ensuite pointer depuis MapX sur la couche mise dans le géoserveur pour l'afficher.

Les étapes suivantes sont donc à faire:

- 1) Uploader les couches sur le géoserveur.
- 2) Mettre en forme les couches sur QGIS et exporter le style au format qml.
- 3) Aller sur le site du GeoServer [47] et y mettre les couches que l'on pourra mettre sur MapX et mettre en forme:
  - a. Créer un entrepôt/Store et y mettre la couche préalablement mise dans la base de données. Mettre dans le bon workspace, soit ici WESR-Mountains.
  - b. Créer le style correspondant à la couche et y uploadant le style préalablement créé dans QGIS.
  - c. Créer la couche/layer de la vue voulue et y associant le style correspondant et préalablement créé.
  - d. Vérifier que tout est correct en prévisualisant la couche.
- 4) Dans Mapx:
  - a. Créer une nouvelle vue et remplir les champs de métadonnées.
  - b. Dans la section "WMS", cocher "Display WMS tools". Cela va permettre d'aller rechercher sur le géoserveur de l'UNEP/Grid-Geneva la couche créée et mise en forme. Si la couche de base est directement accessible via un WMS, seule ces deux dernières étapes sont à faire, en mettant juste l'url du WMS ainsi que les métadonnées.

## 7.5 Métadonnées des couches et des vues sur MapX

### 7.5.1 Stations

#### 7.5.1.1 Résumé des vues

Nom de la vue	Résumé
Precipitations Winter 2019 - 2020	<p>Carte des stations situées à la montagne selon la définition K3. Cette vue montre la moyenne des précipitations mesurées en hiver 2019-2020, soit la moyenne des précipitations des mois de décembre 2019, janvier et février 2020. L'unité est le centimètre.</p> <p>Source:  <a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#">https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#</a>.</p> <p>Les différents csv des stations ont été transformés en shapefile grâce aux étapes suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lister les stations météorologiques.</li> <li>- Sélectionner les stations situées en montagne</li> <li>- Garder les données 2019 et 2020 des stations de montagnes.</li> <li>- Mettre les données en unités SI</li> <li>- Faire les moyennes selon la station et par saison.</li> </ul> <p>Les données de base sont des données journalières. Ainsi, la moyenne est par jour: précipitations moyennes en centimètre pour un jour.</p> <p>Map of stations located in the mountains according to definition K3. This view shows the average precipitation measured in winter 2019-2020, ie the average precipitation for the months of December 2019, January and February 2020. The unit is the centimeter.</p> <p>&lt;br&gt;&lt;a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#"&gt;Source&lt;/a&gt;.</p> <p>&lt;br&gt;The various station csv have been transformed into shapefiles using the following steps:</p> <p>&lt;br&gt;- List the weather stations.</p> <p>&lt;br&gt;- Select the resorts located in the mountains</p> <p>&lt;br&gt;- Keep the 2019 and 2020 data for mountain resorts.</p> <p>&lt;br&gt;- Put the data in SI units</p> <p>&lt;br&gt;- Take the averages according to the station and by season.</p> <p>&lt;br&gt;The baseline data is daily data. So the average is per day: average precipitation in centimeters for one day.</p>
Precipitations Spring 2020	<p>Carte des stations situées à la montagne selon la définition K3. Cette vue montre la moyenne des précipitations mesurées au printemps 2020, soit la moyenne des précipitations des mois de mars, avril et mai 2020. L'unité est le centimètre.</p> <p>Source:  <a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#">https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#</a>.</p> <p>Les différents csv des stations ont été transformés en shapefile grâce aux étapes suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lister les stations météorologiques.</li> <li>- Sélectionner les stations situées en montagne</li> <li>- Garder les données 2020 des stations de montagnes.</li> <li>- Mettre les données en unités SI</li> </ul>

	<p>- Faire les moyennes selon la station et par saison. Les données de base sont des données journalières. Ainsi, la moyenne est par jour: précipitations moyennes en centimètre pour un jour.</p> <p>Map of stations located in the mountains according to definition K3. This view shows the average precipitation measured in spring 2020, ie the average precipitation for the months of March, April and May 2020. The unit is the centimeter.</p> <p>&lt;br&gt;&lt;a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#"&gt;Source&lt;/a&gt;.</p> <p>&lt;br&gt;The various station csv have been transformed into shapefiles using the following steps:</p> <p>&lt;br&gt;- List the weather stations. &lt;br&gt;- Select the resorts located in the mountains &lt;br&gt;- Keep the 2020 data for mountain resorts. &lt;br&gt;- Put the data in SI units &lt;br&gt;- Take the averages according to the station and by season. &lt;br&gt;The baseline data is daily data. So the average is per day: average precipitation in centimeters for one day.</p>
Precipitations Summer 2020	<p>Carte des stations situées à la montagne selon la définition K3. Cette vue montre la moyenne des précipitations mesurées en été 2020, soit la moyenne des précipitations des mois de juin, juillet et août 2020. L'unité est le centimètre.</p> <p>Source: <a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#">https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#</a>.</p> <p>Les différents csv des stations ont été transformés en shapefile grâce aux étapes suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lister les stations météorologiques.</li> <li>- Sélectionner les stations situées en montagne</li> <li>- Garder les données 2020 des stations de montagnes.</li> <li>- Mettre les données en unités SI</li> <li>- Faire les moyennes selon la station et par saison.</li> </ul> <p>Les données de base sont des données journalières. Ainsi, la moyenne est par jour: précipitations moyennes en centimètre pour un jour.</p> <p>Map of stations located in the mountains according to definition K3. This view shows the average precipitation measured in summer 2020, ie the average precipitation for the months of June, July and August 2020. The unit is the centimeter.</p> <p>&lt;br&gt;&lt;a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#"&gt;Source&lt;/a&gt;.</p> <p>&lt;br&gt;The various station csv have been transformed into shapefiles using the following steps:</p> <p>&lt;br&gt;- List the weather stations. &lt;br&gt;- Select the resorts located in the mountains &lt;br&gt;- Keep the 2020 data for mountain resorts. &lt;br&gt;- Put the data in SI units &lt;br&gt;- Take the averages according to the station and by season. &lt;br&gt;The baseline data is daily data. So the average is per day: average precipitation in centimeters for one day.</p>

<p>Precipitations Autumn 2020</p>	<p>Carte des stations situées à la montagne selon la définition K3. Cette vue montre la moyenne des précipitations mesurées en automne 2020, soit la moyenne des précipitations des mois de septembre, octobre et novembre 2020. L'unité est le centimètre.</p> <p>Source:  <a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#">https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#</a>.</p> <p>Les différents csv des stations ont été transformés en shapefile grâce aux étapes suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lister les stations météorologiques.</li> <li>- Sélectionner les stations situées en montagne</li> <li>- Garder les données 2020 des stations de montagnes.</li> <li>- Mettre les données en unités SI</li> <li>- Faire les moyennes selon la station et par saison.</li> </ul> <p>Les données de base sont des données journalières. Ainsi, la moyenne est par jour: précipitations moyennes en centimètre pour un jour.</p> <p>Map of stations located in the mountains according to definition K3. This view shows the average precipitation measured in autumn 2020, ie the average precipitation for the months of September, October and November 2020. The unit is the centimeter.</p> <p>&lt;br&gt;&lt;a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#"&gt;Source&lt;/a&gt;.</p> <p>&lt;br&gt;The various station csv have been transformed into shapefiles using the following steps:</p> <p>&lt;br&gt;- List the weather stations.</p> <p>&lt;br&gt;- Select the resorts located in the mountains</p> <p>&lt;br&gt;- Keep the 2020 data for mountain resorts.</p> <p>&lt;br&gt;- Put the data in SI units</p> <p>&lt;br&gt;- Take the averages according to the station and by season.</p> <p>&lt;br&gt;The baseline data is daily data. So the average is per day: average precipitation in centimeters for one day.</p>
<p>Temperature Winter 2019 - 2020</p>	<p>Carte des stations situées à la montagne selon la définition K3. Cette vue montre la moyenne des températures mesurées en hiver 2019-2020, soit la moyenne des températures des mois de décembre 2019, janvier et février 2020. L'unité est le degré celsius.</p> <p>Source:  <a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#">https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#</a>.</p> <p>Les différents csv des stations ont été transformés en shapefile grâce aux étapes suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lister les stations météorologiques.</li> <li>- Sélectionner les stations situées en montagne</li> <li>- Garder les données 2019 et 2020 des stations de montagnes.</li> <li>- Mettre les données en unités SI</li> <li>- Faire les moyennes selon la station et par saison.</li> </ul> <p>Les données de base sont des données journalières. Ainsi, la moyenne est par jour: températures moyennes en degrés celsius pour un jour.</p>



	<p>Map of stations located in the mountains according to definition K3. This view shows the average temperature measured in winter 2019-2020, ie the average temperature for the months of December 2019, January and February 2020. The unit is the degree celsius.</p> <p>&lt;br&gt;&lt;a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#"&gt;Source&lt;/a&gt;.</p> <p>&lt;br&gt;The various station csv have been transformed into shapefiles using the following steps:</p> <p>&lt;br&gt;- List the weather stations.</p> <p>&lt;br&gt;- Select the resorts located in the mountains</p> <p>&lt;br&gt;- Keep the 2019 and 2020 data for mountain resorts.</p> <p>&lt;br&gt;- Put the data in SI units</p> <p>&lt;br&gt;- Take the averages according to the station and by season.</p> <p>&lt;br&gt;The baseline data is daily data. So the average is per day: average temperature in degree celsius for one day</p>
Temperature Spring 2020	<p>Carte des stations situées à la montagne selon la définition K3. Cette vue montre la moyenne des températures mesurées au printemps 2020, soit la moyenne des températures des mois de mars, avril et mai 2020. L'unité est degré celsius.</p> <p>Source:  <a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#">https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#</a>.</p> <p>Les différents csv des stations ont été transformés en shapefile grâce aux étapes suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lister les stations météorologiques.</li> <li>- Sélectionner les stations situées en montagne</li> <li>- Garder les données 2020 des stations de montagnes.</li> <li>- Mettre les données en unités SI</li> <li>- Faire les moyennes selon la station et par saison.</li> </ul> <p>Les données de base sont des données journalières. Ainsi, la moyenne est par jour: températures moyennes en degrés celsius pour un jour.</p> <p>Map of stations located in the mountains according to definition K3. This view shows the average temperature measured in spring 2020, ie the average temperature for the months of March, April and May 2020. The unit is the degree celsius.</p> <p>&lt;br&gt;&lt;a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#"&gt;Source&lt;/a&gt;.</p> <p>&lt;br&gt;The various station csv have been transformed into shapefiles using the following steps:</p> <p>&lt;br&gt;- List the weather stations.</p> <p>&lt;br&gt;- Select the resorts located in the mountains</p> <p>&lt;br&gt;- Keep the 2020 data for mountain resorts.</p> <p>&lt;br&gt;- Put the data in SI units</p> <p>&lt;br&gt;- Take the averages according to the station and by season.</p> <p>&lt;br&gt;The baseline data is daily data. So the average is per day: average temperature in degree celsius for one day</p>
Temperature Summer 2020	<p>Carte des stations situées à la montagne selon la définition K3. Cette vue montre la moyenne des températures mesurées en été 2020, soit la moyenne des températures des mois de juin, juillet et août 2020. L'unité est le degré celsius.</p>

	<p>Source:  <a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#">https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#</a>.</p> <p>Les différents csv des stations ont été transformés en shapefile grâce aux étapes suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lister les stations météorologiques.</li> <li>- Sélectionner les stations situées en montagne</li> <li>- Garder les données 2020 des stations de montagnes.</li> <li>- Mettre les données en unités SI</li> <li>- Faire les moyennes selon la station et par saison.</li> </ul> <p>Les données de base sont des données journalières. Ainsi, la moyenne est par jour: températures moyennes en degrés celsius pour un jour.</p> <p>Map of stations located in the mountains according to definition K3. This view shows the average temperature measured in summer 2020, ie the average temperature for the months of June, July and August 2020. The unit is the degree celsius.</p> <p>&lt;br&gt;&lt;a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#"&gt;Source&lt;/a&gt;.</p> <p>&lt;br&gt;The various station csv have been transformed into shapefiles using the following steps:</p> <p>&lt;br&gt;- List the weather stations.</p> <p>&lt;br&gt;- Select the resorts located in the mountains</p> <p>&lt;br&gt;- Keep the 2020 data for mountain resorts.</p> <p>&lt;br&gt;- Put the data in SI units</p> <p>&lt;br&gt;- Take the averages according to the station and by season.</p> <p>&lt;br&gt;The baseline data is daily data. So the average is per day: average temperature in degree celsius for one day</p>
Temperature Autumn 2020	<p>Carte des stations situées à la montagne selon la définition K3. Cette vue montre la moyenne des températures mesurées en automne 2020, soit la moyenne des températures des mois de septembre, octobre et novembre 2020. L'unité est le degré celsius.</p> <p>Source:  <a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#">https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#</a>.</p> <p>Les différents csv des stations ont été transformés en shapefile grâce aux étapes suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lister les stations météorologiques.</li> <li>- Sélectionner les stations situées en montagne</li> <li>- Garder les données 2020 des stations de montagnes.</li> <li>- Mettre les données en unités SI</li> <li>- Faire les moyennes selon la station et par saison.</li> </ul> <p>Les données de base sont des données journalières. Ainsi, la moyenne est par jour: températures moyennes en degrés celsius pour un jour.</p> <p>Map of stations located in the mountains according to definition K3. This view shows the average temperature measured in autumn 2020, ie the average temperature for the months of September, October and November 2020. The unit is the degree celsius.</p>

	<p>&lt;br&gt;&lt;a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#"&gt;Source&lt;/a&gt;.</p> <p>&lt;br&gt;The various station csv have been transformed into shapefiles using the following steps:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&lt;br&gt;- List the weather stations.</li> <li>&lt;br&gt;- Select the resorts located in the mountains</li> <li>&lt;br&gt;- Keep the 2020 data for mountain resorts.</li> <li>&lt;br&gt;- Put the data in SI units</li> <li>&lt;br&gt;- Take the averages according to the station and by season.</li> </ul> <p>&lt;br&gt;The baseline data is daily data. So the average is per day: average temperature in degree celsius for one day</p>
Wind Speed Winter 2019 - 2020	<p>Carte des stations situées à la montagne selon la définition K3. Cette vue montre la moyenne de la vitesse du vent mesurées en hiver 2019-2020, soit la moyenne de la vitesse du vent des mois de décembre 2019, janvier et février 2020. L'unité est le kilomètre/heure.</p> <p>Source:  <a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#">https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#</a>.</p> <p>Les différents csv des stations ont été transformés en shapefile grâce aux étapes suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lister les stations météorologiques.</li> <li>- Sélectionner les stations situées en montagne</li> <li>- Garder les données 2019 et 2020 des stations de montagnes.</li> <li>- Mettre les données en unités SI</li> <li>- Faire les moyennes selon la station et par saison.</li> </ul> <p>Les données de base sont des données journalières. Ainsi, la moyenne de cette couche est par jour: vitesse moyenne du vent en kilomètre/heure pour un jour.</p> <p>Map of stations located in the mountains according to definition K3. This view shows the average wind speed measured in winter 2019-2020, ie the average wind speed for the months of December 2019, January and February 2020. The unit is the kilometer per hour.</p> <p>&lt;br&gt;&lt;a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#"&gt;Source&lt;/a&gt;.</p> <p>&lt;br&gt;The various station csv have been transformed into shapefiles using the following steps:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&lt;br&gt;- List the weather stations.</li> <li>&lt;br&gt;- Select the resorts located in the mountains</li> <li>&lt;br&gt;- Keep the 2019 and 2020 data for mountain resorts.</li> <li>&lt;br&gt;- Put the data in SI units</li> <li>&lt;br&gt;- Take the averages according to the station and by season.</li> </ul> <p>&lt;br&gt;The baseline data is daily data. So the average of this layer is per day: average weed speed in kilometer per hour for one day.</p>
Wind Speed Spring 2020	<p>Carte des stations situées à la montagne selon la définition K3. Cette vue montre la moyenne de la vitesse du vent mesurées au printemps 2020, soit la moyenne de la vitesse du vent des mois de mars, avril et mai 2020. L'unité est le kilomètre/heure.</p>

	<p>Source:  <a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#">https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#</a>.</p> <p>Les différents csv des stations ont été transformés en shapefile grâce aux étapes suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lister les stations météorologiques.</li> <li>- Sélectionner les stations situées en montagne</li> <li>- Garder les données 2020 des stations de montagnes.</li> <li>- Mettre les données en unités SI</li> <li>- Faire les moyennes selon la station et par saison.</li> </ul> <p>Les données de base sont des données journalières. Ainsi, la moyenne de cette couche est par jour: vitesse moyenne du vent en kilomètre/heure pour un jour.</p> <p>Map of stations located in the mountains according to definition K3. This view shows the average wind speed measured in spring 2020, ie the average wind speed for the months of March, April and May 2020. The unit is the kilometer per hour.</p> <p>&lt;br&gt;&lt;a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#"&gt;Source&lt;/a&gt;.</p> <p>&lt;br&gt;The various station csv have been transformed into shapefiles using the following steps:</p> <p>&lt;br&gt;- List the weather stations.</p> <p>&lt;br&gt;- Select the resorts located in the mountains</p> <p>&lt;br&gt;- Keep the 2020 data for mountain resorts.</p> <p>&lt;br&gt;- Put the data in SI units</p> <p>&lt;br&gt;- Take the averages according to the station and by season.</p> <p>&lt;br&gt;The baseline data is daily data. So the average of this layer is per day: average weed speed in kilometer per hour for one day.</p>
Wind Speed Summer 2020	<p>Carte des stations situées à la montagne selon la définition K3. Cette vue montre la moyenne de la vitesse du vent mesurées en été 2020, soit la moyenne de la vitesse du vent des mois de juin, juillet et août 2020. L'unité est le kilomètre/heure.</p> <p>Source:  <a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#">https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#</a>.</p> <p>Les différents csv des stations ont été transformés en shapefile grâce aux étapes suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lister les stations météorologiques.</li> <li>- Sélectionner les stations situées en montagne</li> <li>- Garder les données 2020 des stations de montagnes.</li> <li>- Mettre les données en unités SI</li> <li>- Faire les moyennes selon la station et par saison.</li> </ul> <p>Les données de base sont des données journalières. Ainsi, la moyenne de cette couche est par jour: vitesse moyenne du vent en kilomètre/heure pour un jour.</p> <p>Map of stations located in the mountains according to definition K3. This view shows the average wind speed measured in summer 2020, ie the average wind speed for the months of June, July and August 2020. The unit is the kilometer per hour.</p> <p>&lt;br&gt;&lt;a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#"&gt;Source&lt;/a&gt;.</p>

	<p>&lt;br&gt;The various station csv have been transformed into shapefiles using the following steps:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&lt;br&gt;- List the weather stations.</li> <li>&lt;br&gt;- Select the resorts located in the mountains</li> <li>&lt;br&gt;- Keep the 2020 data for mountain resorts.</li> <li>&lt;br&gt;- Put the data in SI units</li> <li>&lt;br&gt;- Take the averages according to the station and by season.</li> </ul> <p>&lt;br&gt;The baseline data is daily data. So the average of this layer is per day: average weed speed in kilometer per hour for one day.</p>
Wind Speed Autumn 2020	<p>Carte des stations situées à la montagne selon la définition K3. Cette vue montre la moyenne de la vitesse du vent mesurées en automne 2020, soit la moyenne de la vitesse du vent des mois de septembre, octobre et novembre 2020. L'unité est le kilomètre/heure.</p> <p>Source:  <a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#">https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#</a>.</p> <p>Les différents csv des stations ont été transformés en shapefile grâce aux étapes suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lister les stations météorologiques.</li> <li>- Sélectionner les stations situées en montagne</li> <li>- Garder les données 2020 des stations de montagnes.</li> <li>- Mettre les données en unités SI</li> <li>- Faire les moyennes selon la station et par saison.</li> </ul> <p>Les données de base sont des données journalières. Ainsi, la moyenne de cette couche est par jour: vitesse moyenne du vent en kilomètre/heure pour un jour.</p> <p>Map of stations located in the mountains according to definition K3. This view shows the average wind speed measured in autumn 2020, ie the average wind speed for the months of September, October and November 2020. The unit is the kilometer per hour.</p> <p>&lt;br&gt;&lt;a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#"&gt;Source&lt;/a&gt;.</p> <p>&lt;br&gt;The various station csv have been transformed into shapefiles using the following steps:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&lt;br&gt;- List the weather stations.</li> <li>&lt;br&gt;- Select the resorts located in the mountains</li> <li>&lt;br&gt;- Keep the 2020 data for mountain resorts.</li> <li>&lt;br&gt;- Put the data in SI units</li> <li>&lt;br&gt;- Take the averages according to the station and by season.</li> </ul> <p>&lt;br&gt;The baseline data is daily data. So the average of this layer is per day: average weed speed in kilometer per hour for one day.</p>
Snow Depth Winter 2019 - 2020	<p>Carte des stations situées à la montagne selon la définition K3. Cette vue montre la moyenne des profondeurs de neige mesurées en hiver 2019-2020, soit la moyenne des profondeurs de neige des mois de décembre 2019, janvier et février 2020. L'unité est le centimètre.</p> <p>Source:  <a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#">https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#</a>.</p>

	<p>Les différents csv des stations ont été transformés en shapefile grâce aux étapes suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lister les stations météorologiques.</li> <li>- Sélectionner les stations situées en montagne</li> <li>- Garder les données 2019 et 2020 des stations de montagnes.</li> <li>- Mettre les données en unités SI</li> <li>- Faire les moyennes selon la station et par saison.</li> </ul> <p>Les données de base sont des données journalières. Ainsi, la moyenne est par jour: profondeur moyenne de neige en centimètre pour un jour.</p> <p>Map of stations located in the mountains according to definition K3. This view shows the average snow depth measured in winter 2019-2020, ie the average snow depth for the months of December 2019, January and February 2020. The unit is the centimeter.</p> <p>&lt;br&gt;&lt;a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#"&gt;Source&lt;/a&gt;.</p> <p>&lt;br&gt;The various station csv have been transformed into shapefiles using the following steps:</p> <p>&lt;br&gt;- List the weather stations.</p> <p>&lt;br&gt;- Select the resorts located in the mountains</p> <p>&lt;br&gt;- Keep the 2019 and 2020 data for mountain resorts.</p> <p>&lt;br&gt;- Put the data in SI units</p> <p>&lt;br&gt;- Take the averages according to the station and by season.</p> <p>&lt;br&gt;The baseline data is daily data. So the average is per day: average snow depth in centimeters for one day.</p>
Snow Depth Spring 2020	<p>Carte des stations situées à la montagne selon la définition K3. Cette vue montre la moyenne des profondeurs de neige mesurées au printemps 2020, soit la moyenne des profondeurs de neige des mois de mars, avril et mai 2020. L'unité est le centimètre.</p> <p>Source:  <a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#">https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#</a>.</p> <p>Les différents csv des stations ont été transformés en shapefile grâce aux étapes suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lister les stations météorologiques.</li> <li>- Sélectionner les stations situées en montagne</li> <li>- Garder les données 2020 des stations de montagnes.</li> <li>- Mettre les données en unités SI</li> <li>- Faire les moyennes selon la station et par saison.</li> </ul> <p>Les données de base sont des données journalières. Ainsi, la moyenne est par jour: profondeur moyenne de neige en centimètre pour un jour.</p> <p>Map of stations located in the mountains according to definition K3. This view shows the average snow depth measured in spring 2020, ie the average snow depth for the months of March, April and May 2020. The unit is the centimeter.</p> <p>&lt;br&gt;&lt;a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#"&gt;Source&lt;/a&gt;.</p> <p>&lt;br&gt;The various station csv have been transformed into shapefiles using the following steps:</p> <p>&lt;br&gt;- List the weather stations.</p>

	<p>&lt;br&gt;- Select the resorts located in the mountains</p> <p>&lt;br&gt;- Keep the 2020 data for mountain resorts.</p> <p>&lt;br&gt;- Put the data in SI units</p> <p>&lt;br&gt;- Take the averages according to the station and by season.</p> <p>&lt;br&gt;The baseline data is daily data. So the average is per day: average snow depth in centimeters for one day.</p>
Snow Depth Summer 2020	<p>Carte des stations situées à la montagne selon la définition K3. Cette vue montre la moyenne des profondeurs de neige mesurées en été 2020, soit la moyenne des profondeurs de neige des mois de juin, juillet et août 2020. L'unité est le centimètre.</p> <p>Source:  <a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#">https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#</a>.</p> <p>Les différents csv des stations ont été transformés en shapefile grâce aux étapes suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lister les stations météorologiques.</li> <li>- Sélectionner les stations situées en montagne</li> <li>- Garder les données 2020 des stations de montagnes.</li> <li>- Mettre les données en unités SI</li> <li>- Faire les moyennes selon la station et par saison.</li> </ul> <p>Les données de base sont des données journalières. Ainsi, la moyenne est par jour: profondeur moyenne de neige en centimètre pour un jour.</p> <p>Map of stations located in the mountains according to definition K3. This view shows the average p snow depth measured in summer 2020, ie the average snow depth for the months of June, July and August 2020. The unit is the centimeter.</p> <p>&lt;br&gt;&lt;a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#"&gt;Source&lt;/a&gt;</p> <p>&lt;br&gt;The various station csv have been transformed into shapefiles using the following steps:</p> <p>&lt;br&gt;- List the weather stations.</p> <p>&lt;br&gt;- Select the resorts located in the mountains</p> <p>&lt;br&gt;- Keep the 2020 data for mountain resorts.</p> <p>&lt;br&gt;- Put the data in SI units</p> <p>&lt;br&gt;- Take the averages according to the station and by season.</p> <p>&lt;br&gt;The baseline data is daily data. So the average is per day: average snow depth in centimeters for one day.</p>
Snow Depth Autumn 2020	<p>Carte des stations situées à la montagne selon la définition K3. Cette vue montre la moyenne des profondeurs de neige mesurées en automne 2020, soit la moyenne des profondeurs de neige des mois de septembre, octobre et novembre 2020. L'unité est le centimètre.</p> <p>Source:  <a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#">https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#</a>.</p> <p>Les différents csv des stations ont été transformés en shapefile grâce aux étapes suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lister les stations météorologiques.</li> <li>- Sélectionner les stations situées en montagne</li> <li>- Garder les données 2020 des stations de montagnes.</li> <li>- Mettre les données en unités SI</li> </ul>

	<p>- Faire les moyennes selon la station et par saison. Les données de base sont des données journalières. Ainsi, la moyenne est par jour: profondeur moyenne de neige en centimètre pour un jour.</p> <p>Map of stations located in the mountains according to definition K3. This view shows the average snow depth measured in autumn 2020, ie the average snow depth for the months of September, October and November 2020. The unit is the centimeter.</p> <p>&lt;br&gt;&lt;a href="https://www.ncei.noaa.gov/metadata/geoportal/rest/metadata/item/gov.noaa.ncdc%3AC00516/html#"&gt;Source&lt;/a&gt;.</p> <p>&lt;br&gt;The various station csv have been transformed into shapefiles using the following steps:</p> <p>&lt;br&gt;- List the weather stations. &lt;br&gt;- Select the resorts located in the mountains &lt;br&gt;- Keep the 2020 data for mountain resorts. &lt;br&gt;- Put the data in SI units &lt;br&gt;- Take the averages according to the station and by season. &lt;br&gt;The baseline data is daily data. So the average is per day: average snow depth in centimeters for one day.</p>
--	---

Tableau 9: Résumés des vues formées à partir des stations météorologiques de la NASA.

### 7.5.1.2 Métadonnées des sources

Stations hiver 2019-2020	Abstract	Stations located in the mountains according to definition K3. Average datas measured in winter 2019-2020 (months of December 2019, January and February 2020).
	Keywords	mountain
	Geographic keywords	World
	GEMET keywords	mountain, atmospheric precipitation, temperature, wind, snow
Stations printemps 2020	Abstract	Stations located in the mountains according to definition K3. Average datas measured in spring 2020 (months of March, April and May 2020).
	Keywords	mountain
	Geographic keywords	World
	GEMET keywords	mountain, atmospheric precipitation, temperature, wind, snow
Stations été 2020	Abstract	Stations located in the mountains according to definition K3. Average datas measured in summer 2020 (months of June, July and August 2020).
	Keywords	mountain
	Geographic keywords	World
	GEMET keywords	mountain, atmospheric precipitation, temperature, wind, snow



Stations automne 2020	Abstract	Stations located in the mountains according to definition K3. Average datas measured in autumn 2020 (months of September, October and November 2020).
	Keywords	mountain
	Geographic keywords	World
	GEMET keywords	mountain, atmospheric precipitation, temperature, wind, snow

Tableau 10: Métadonnées des sources des couches provenant des stations météorologiques de la NASA.

## 7.5.2 Copernicus – Albedo

### 7.5.2.1 Résumé des vues

Nom de la vue	Résumé
Albedo Summer 2019	<p>Unité: rayonnement solaire réfléchi par une surface par rapport au rayonnement solaire total entrant, généralement mesuré entre 0 (tout le rayonnement incident est absorbé) et 1 (tout le rayonnement incident est réfléchi).</p> <p>L'albédo de surface quantifie la fraction de la lumière solaire réfléchie par la surface de la terre. La couche actuelle représente l'albédo du ciel noir (albédo directionnel), qui est considéré comme une variable climatique essentielle par le Global Climate Observing System (GCOS). L'albédo de surface est un indicateur sensible de la vulnérabilité environnementale, ce qui en fait un élément clé requis par les modèles de prévision climatique, biogéochimique, hydrologique et météorologique.</p> <p>Il a une résolution spatiale de 1 km et est disponible auprès du Copernicus Global Land Service (<a href="https://land.copernicus.eu/global/products/sa">https://land.copernicus.eu/global/products/sa</a>) sous forme de fichiers netCDF (documentation technique disponible sur <a href="https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS1_PUM_SA1km-V1_I1.40.pdf">https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS1_PUM_SA1km-V1_I1.40.pdf</a>). Le présent raster est l'albédo directionnel large bande sur tout le spectre [0.3-4µm]. Il est la moyenne des différents fichiers d'albédo disponibles en été 2019 (3 juin 2019, 13 juin 2019, 23 juin 2019, 3 juillet 2019, 13 juillet 2019, 24 juillet 2019, 3 août 2019, 13 août 2019 et 24 août 2019), puis transformés en un geotiff afin d'afficher un exemple de réflectance d'albédo en été.</p> <p>Unit: ratio of the solar radiation reflected by a surface to the total incoming solar radiation, usually measured between 0 (all incident radiation absorbed) and 1 (all incident radiation refted).</p> <p>&lt;br&gt;Surface albedo quantifies the fraction of the sunlight reflected by the surface of the Earth. The present layer represents the black-sky albedo (directional albedo), which is considered as an Essential Climate Variable by the Global Climate Observing System (GCOS). Surface albedo is a sensitive indicator of environmental vulnerability making it a key element required by climate, biogeochemical, hydrological, and weather forecast models.</p> <p>&lt;br&gt;It has a spatial resolution of 1km and is available from the &lt;a href="https://land.copernicus.eu/global/products/sa"&gt;Copernicus Global Land Service&lt;/a&gt; as netCDF files (technical documentation available at &lt;a href="https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS1_PUM_SA1km-V1_I1.40.pdf"&gt;https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS1_PUM_SA1km-V1_I1.40.pdf&lt;/a&gt;).</p> <p>&lt;br&gt;The present raster is the broadband directional albedo over full spectrum [0.3-4µm]. It is the average of the various albedo files available in summer 2019 (3 June</p>

	2019, 13 June 2019, 23 June 2019, 3 July 2019, 13 July 2019, 24 July 2019, 3 August 2019, 13 August 2019 et 24 August 2019), then transformed into a geotiff in order to display and example of albedo reflectance in summer.
Albedo Autumn 2019	<p>Unité: rayonnement solaire réfléchi par une surface par rapport au rayonnement solaire total entrant, généralement mesuré entre 0 (tout le rayonnement incident est absorbé) et 1 (tout le rayonnement incident est réfléchi).</p> <p>L'albédo de surface quantifie la fraction de la lumière solaire réfléchie par la surface de la terre. La couche actuelle représente l'albédo du ciel noir (albédo directionnel), qui est considéré comme une variable climatique essentielle par le Global Climate Observing System (GCOS). L'albédo de surface est un indicateur sensible de la vulnérabilité environnementale, ce qui en fait un élément clé requis par les modèles de prévision climatique, biogéochimique, hydrologique et météorologique.</p> <p>Il a une résolution spatiale de 1 km et est disponible auprès du Copernicus Global Land Service (<a href="https://land.copernicus.eu/global/products/sa">https://land.copernicus.eu/global/products/sa</a>) sous forme de fichiers netCDF (documentation technique disponible sur <a href="https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS1_PUM_SA1km-V1_I1.40.pdf">https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS1_PUM_SA1km-V1_I1.40.pdf</a>). Le présent raster est l'albédo directionnel large bande sur tout le spectre [0.3-4µm]. Il est la moyenne des différents fichiers d'albédo disponibles en automne 2019 (3 septembre 2019, 13 septembre 2019, 23 septembre 2019, 3 octobre 2019, 13 octobre 2019, 24 octobre 2019, 3 novembre 2019, 13 novembre 2019 et 23 novembre 2019), puis transformés en un geotiff afin d'afficher un exemple de réflectance d'albédo en automne.</p> <p>Unit: ratio of the solar radiation reflected by a surface to the total incoming solar radiation, usually measured between 0 (all incident radiation absorbed) and 1 (all incident radiation refileted).</p> <p>&lt;br&gt;Surface albedo quantifies the fraction of the sunlight reflected by the surface of the Earth. The present layer represents the black-sky albedo (directional albedo), which is considered as an Essential Climate Variable by the Global Climate Observing System (GCOS). Surface albedo is a sensitive indicator of environmental vulnerability making it a key element required by climate, biogeochemical, hydrological, and weather forecast models.</p> <p>&lt;br&gt;It has a spatial resolution of 1km and is available from the &lt;a href="https://land.copernicus.eu/global/products/sa"&gt;Copernicus Global Land Service&lt;/a&gt; as netCDF files (technical documentation available at &lt;a href="https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS1_PUM_SA1km-V1_I1.40.pdf"&gt;https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS1_PUM_SA1km-V1_I1.40.pdf&lt;/a&gt;).</p> <p>&lt;br&gt;The present raster is the broadband directional albedo over full spectrum [0.3-4µm]. It is the average of the various albedo files available in autumn 2019 (3 September 2019, 13 September 2019, 23 September 2019, 3 October 2019, 13 October 2019, 24 October 2019, 3 November 2019, 13 November 2019 and 23 November 2019), then transformed into a geotiff in order to display and example of albedo reflectance in autumn.</p>
Albedo Winter 2019 - 2020	<p>Unité: rayonnement solaire réfléchi par une surface par rapport au rayonnement solaire total entrant, généralement mesuré entre 0 (tout le rayonnement incident est absorbé) et 1 (tout le rayonnement incident est réfléchi).</p> <p>L'albédo de surface quantifie la fraction de la lumière solaire réfléchie par la surface de la terre. La couche actuelle représente l'albédo du ciel noir (albédo directionnel), qui est considéré comme une variable climatique essentielle par le Global Climate</p>

	<p>Observing System (GCOS). L'albédo de surface est un indicateur sensible de la vulnérabilité environnementale, ce qui en fait un élément clé requis par les modèles de prévision climatique, biogéochimique, hydrologique et météorologique.</p> <p>Il a une résolution spatiale de 1 km et est disponible auprès du Copernicus Global Land Service (<a href="https://land.copernicus.eu/global/products/sa">https://land.copernicus.eu/global/products/sa</a>) sous forme de fichiers netCDF (documentation technique disponible sur <a href="https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS1_PUM_SA1km-V1_I1.40.pdf">https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS1_PUM_SA1km-V1_I1.40.pdf</a>). Le présent raster est l'albédo directionnel large bande sur tout le spectre [0.3-4µm]. Il est la moyenne des différents fichiers d'albédo disponibles en hiver 2019-2020 (3 décembre 2019, 13 décembre 2019, 24 décembre 2020, 3 janvier 2020, 13 janvier 2020, 24 janvier 2020, 3 février 2020, 13 février 2020 et 22 février 2020), puis transformés en un geotiff afin d'afficher un exemple de réflectance d'albédo en hiver.</p> <p>Unit: ratio of the solar radiation reflected by a surface to the total incoming solar radiation, usually measured between 0 (all incident radiation absorbed) and 1 (all incident radiation reflected).</p> <p>&lt;br&gt;Surface albedo quantifies the fraction of the sunlight reflected by the surface of the Earth. The present layer represents the black-sky albedo (directional albedo), which is considered as an Essential Climate Variable by the Global Climate Observing System (GCOS). Surface albedo is a sensitive indicator of environmental vulnerability making it a key element required by climate, biogeochemical, hydrological, and weather forecast models.</p> <p>&lt;br&gt;It has a spatial resolution of 1km and is available from the &lt;a href="https://land.copernicus.eu/global/products/sa"&gt;Copernicus Global Land Service&lt;/a&gt; as netCDF files (technical documentation available at &lt;a href="https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS1_PUM_SA1km-V1_I1.40.pdf"&gt;https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS1_PUM_SA1km-V1_I1.40.pdf&lt;/a&gt;).</p> <p>&lt;br&gt;The present raster is the broadband directional albedo over full spectrum [0.3-4µm]. It is the average of the various albedo files available in winter 2019-2020 (3 December 2019, 13 December 2019, 24 December 2020, 3 January 2020, 13 January 2020, 24 January 2020, 3 February 2020, 13 February 2020 et 22 February 2020), then transformed into a geotiff in order to display and example of albedo reflectance in winter.</p>
Albedo Spring 2020	<p>Unité: rayonnement solaire réfléchi par une surface par rapport au rayonnement solaire total entrant, généralement mesuré entre 0 (tout le rayonnement incident est absorbé) et 1 (tout le rayonnement incident est réfléchi).</p> <p>L'albédo de surface quantifie la fraction de la lumière solaire réfléchie par la surface de la terre. La couche actuelle représente l'albédo du ciel noir (albédo directionnel), qui est considéré comme une variable climatique essentielle par le Global Climate Observing System (GCOS). L'albédo de surface est un indicateur sensible de la vulnérabilité environnementale, ce qui en fait un élément clé requis par les modèles de prévision climatique, biogéochimique, hydrologique et météorologique.</p> <p>Il a une résolution spatiale de 1 km et est disponible auprès du Copernicus Global Land Service (<a href="https://land.copernicus.eu/global/products/sa">https://land.copernicus.eu/global/products/sa</a>) sous forme de fichiers netCDF (documentation technique disponible sur <a href="https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS1_PUM_SA1km-V1_I1.40.pdf">https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS1_PUM_SA1km-V1_I1.40.pdf</a>). Le présent raster est l'albédo directionnel large bande sur tout le spectre [0.3-4µm]. Il est la moyenne des différents fichiers d'albédo disponibles en printemps 2020 (3 mars 2020, 13 mars 2020, 24 mars 2020, 3 avril 2020, 13 avril 2020, 23 avril 2020, 3 mai 2020,</p>

	<p>13 mai 2020 et 24 mai 2020), puis transformés en un geotiff afin d'afficher un exemple de réflectance d'albédo au printemps.</p> <p>Unit: ratio of the solar radiation reflected by a surface to the total incoming solar radiation, usually measured between 0 (all incident radiation absorbed) and 1 (all incident radiation reflected).</p> <p>Surface albedo quantifies the fraction of the sunlight reflected by the surface of the Earth. The present layer represents the black-sky albedo (directional albedo), which is considered as an Essential Climate Variable by the Global Climate Observing System (GCOS). Surface albedo is a sensitive indicator of environmental vulnerability making it a key element required by climate, biogeochemical, hydrological, and weather forecast models.</p> <p>It has a spatial resolution of 1km and is available from the <a href="https://land.copernicus.eu/global/products/sa">Copernicus Global Land Service</a> as netCDF files (technical documentation available at <a href="https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS1_PUM_SA1km-V1_I1.40.pdf">https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS1_PUM_SA1km-V1_I1.40.pdf</a>).</p> <p>The present raster is the broadband directional albedo over full spectrum [0.3-4µm]. It is the average of the various albedo files available in spring 2020 (3 March 2020, 13 March 2020, 24 March 2020, 3 April 2020, 13 April 2020, 23 April 2020, 3 May 2020, 13 May 2020 and 24 May 2020), then transformed into a geotiff in order to display and example of albedo reflectance in spring.</p>
--	--

Tableau 11: Résumés des vues de l'albédo.

### 7.5.2.2 Métadonnées des sources

Albédo été 2019	Abstract	Average datas measured in summer 2019 (months of June, July and August 2019).
	Keywords	albedo
	Geographic keywords	World
	GEMET keywords	albedo
Albédo automne 2019	Abstract	Average datas measured in autumn 2019 (months of September, October and November 2019).
	Keywords	albedo
	Geographic keywords	World
	GEMET keywords	albedo
Albédo hiver 2019 - 2020	Abstract	Average datas measured in winter 2019-2020 (months of December 2019, January and February 2020).
	Keywords	albedo
	Geographic keywords	World

	GEMET keywords	albedo
Albédo 2020	Abstract	Average datas measured in spring 2020 (months of March, April and May 2020).
	Keywords	albedo
	Geographic keywords	World
	GEMET keywords	albedo

Tableau 12: Métadonnées des sources des couches d'albédo.

## 7.5.3 Évapotranspiration

### 7.5.3.1 Résumé des vues

Nom de la vue	Résumé
Evapotranspiration Winter 2019 - 2020	<p>The original data is from the <a href="https://earlywarning.usgs.gov/fews/product/460">USGS FEWS Data Downloads</a>.</p> <p>The present raster in the average monthly evapotranspiration for winter 2019-2020. It in the average of the various evapotranspiration files available in winter 2019-2020 (December 2019, January 2020 and February 2020).</p> <p>On vegetated landscapes, Evapotranspiration (ET) can be simplified as the combination of evaporation from soil and transpiration from vegetation. Actual ET (ETa) is produced using the Operational Simplified Surface Energy Balance (SSEBop) model (Senay et al., 2013) for 2003 to present using data stream from the Aqua satellite. The SSEBop setup is based on the original Simplified Surface Energy Balance (SSEB) approach (Senay et al., 2007, 2011) with unique and improved parameterizations for operational applications. It combines ET fractions generated from remotely sensed MODIS thermal imagery, summarized every 10 days (dekadal), with reference ET, generated from weather data fields using the Penman-Monteith Equation. The unique feature of the SSEBop parameterization is that it uses a pre-defined, seasonally dynamic surface psychrometer constant parameter that helps define the hot/dry and cold/wet reference limits, unique to each pixel. Furthermore, the cold/wet limit is determined using the daily maximum air temperature (Ta) using the c factor parameter which relates Ta to land surface temperature at well-vegetated/well-watered surfaces. The original SSEB model was formulated based on an adaptation of the hot and cold pixel principles of SEBAL (Bastiaanssen et al., 1998) and METRIC (Allen et al., 2007) models. NoData pixels are indicated as NoDATA in ArcGIS. However, other software (e.g., ERDAS imagine) show nodata as -32768.00. ETa data and anomaly products (current vs. 2003 &amp;#8211; 2015 median), produced at 1 km resolution, are available <a href="https://earlywarning.usgs.gov/fews">here</a>.</p>
Evapotranspiration Spring 2020	<p>The original data is from the <a href="https://earlywarning.usgs.gov/fews/product/460">USGS FEWS Data Downloads</a>.</p> <p>The present raster in the average monthly evapotranspiration for spring 2020. It in the average of the various evapotranspiration files available in spring 2020 (March 2020, April 2020 and May 2020).</p>

	<p>&lt;br&gt;On vegetated landscapes, Evapotranspiration (ET) can be simplified as the combination of evaporation from soil and transpiration from vegetation. Actual ET (ETa) is produced using the Operational Simplified Surface Energy Balance (SSEBop) model (Senay et al., 2013) for 2003 to present using data stream from the Aqua satellite. The SSEBop setup is based on the original Simplified Surface Energy Balance (SSEB) approach (Senay et al., 2007, 2011) with unique and improved parameterizations for operational applications. It combines ET fractions generated from remotely sensed MODIS thermal imagery, summarized every 10 days (dekadal), with reference ET, generated from weather data fields using the Penman-Monteith Equation. The unique feature of the SSEBop parameterization is that it uses a pre-defined, seasonally dynamic surface psychrometer constant parameter that helps define the hot/dry and cold/wet reference limits, unique to each pixel. Furthermore, the cold/wet limit is determined using the daily maximum air temperature (Ta) using the c factor parameter which relates Ta to land surface temperature at well-vegetated/well-watered surfaces. The original SSEB model was formulated based on an adaptation of the hot and cold pixel principles of SEBAL (Bastiaanssen et al., 1998) and METRIC (Allen et al., 2007) models. NoData pixels are indicated as NoDATA in ArcGIS. However, other software (e.g., ERDAS imagine) show nodata as -32768.00. ETa data and anomaly products (current vs. 2003 &amp;#8211; 2015 median), produced at 1 km resolution, are available &lt;a href="https://earlywarning.usgs.gov/fews"&gt;here&lt;/a&gt;.</p>
Evapotranspiration Summer 2020	<p>The original data is from the &lt;a href="https://earlywarning.usgs.gov/fews/product/460"&gt;USGS FEWS Data Downloads&lt;/a&gt;.</p> <p>&lt;br&gt;The present raster in the average monthly evapotranspiration for summer 2020. It is the average of the various evapotranspiration files available in summer 2020 (June 2020, July 2020 and August 2020).</p> <p>&lt;br&gt;</p> <p>&lt;br&gt;On vegetated landscapes, Evapotranspiration (ET) can be simplified as the combination of evaporation from soil and transpiration from vegetation. Actual ET (ETa) is produced using the Operational Simplified Surface Energy Balance (SSEBop) model (Senay et al., 2013) for 2003 to present using data stream from the Aqua satellite. The SSEBop setup is based on the original Simplified Surface Energy Balance (SSEB) approach (Senay et al., 2007, 2011) with unique and improved parameterizations for operational applications. It combines ET fractions generated from remotely sensed MODIS thermal imagery, summarized every 10 days (dekadal), with reference ET, generated from weather data fields using the Penman-Monteith Equation. The unique feature of the SSEBop parameterization is that it uses a pre-defined, seasonally dynamic surface psychrometer constant parameter that helps define the hot/dry and cold/wet reference limits, unique to each pixel. Furthermore, the cold/wet limit is determined using the daily maximum air temperature (Ta) using the c factor parameter which relates Ta to land surface temperature at well-vegetated/well-watered surfaces. The original SSEB model was formulated based on an adaptation of the hot and cold pixel principles of SEBAL (Bastiaanssen et al., 1998) and METRIC (Allen et al., 2007) models. NoData pixels are indicated as NoDATA in ArcGIS. However, other software (e.g., ERDAS imagine) show nodata as -32768.00. ETa data and anomaly products (current vs. 2003 &amp;#8211; 2015 median), produced at 1 km resolution, are available &lt;a href="https://earlywarning.usgs.gov/fews"&gt;here&lt;/a&gt;.</p>

Evapotranspiration Autumn 2020	<p>The original data is from the <a href="https://earlywarning.usgs.gov/fews/product/460">USGS FEWS Data Downloads</a>.</p> <p>The present raster in the average monthly evapotranspiration for autumn 2020. It is the average of the various evapotranspiration files available in autumn 2020 (September 2020, October 2020 and November 2020).</p> <p>On vegetated landscapes, Evapotranspiration (ET) can be simplified as the combination of evaporation from soil and transpiration from vegetation. Actual ET (ETa) is produced using the Operational Simplified Surface Energy Balance (SSEBop) model (Senay et al., 2013) for 2003 to present using data stream from the Aqua satellite. The SSEBop setup is based on the original Simplified Surface Energy Balance (SSEB) approach (Senay et al., 2007, 2011) with unique and improved parameterizations for operational applications. It combines ET fractions generated from remotely sensed MODIS thermal imagery, summarized every 10 days (dekadal), with reference ET, generated from weather data fields using the Penman-Monteith Equation. The unique feature of the SSEBop parameterization is that it uses a pre-defined, seasonally dynamic surface psychrometer constant parameter that helps define the hot/dry and cold/wet reference limits, unique to each pixel. Furthermore, the cold/wet limit is determined using the daily maximum air temperature (Ta) using the c factor parameter which relates Ta to land surface temperature at well-vegetated/well-watered surfaces. The original SSEB model was formulated based on an adaptation of the hot and cold pixel principles of SEBAL (Bastiaanssen et al., 1998) and METRIC (Allen et al., 2007) models. NoData pixels are indicated as NoDATA in ArcGIS. However, other software (e.g., ERDAS imagine) show nodata as -32768.00. ETa data and anomaly products (current vs. 2003 &amp;#8211; 2015 median), produced at 1 km resolution, are available <a href="https://earlywarning.usgs.gov/fews">here</a>.</p>
--------------------------------	--

Tableau 13: Résumés des vues de l'évapotranspiration.

### 7.5.3.2 Métadonnées des sources

Evapotranspiration n hiver 2019 - 2020	Abstract	Average data measured in winter 2019-2020 (months of December 2019, January and February 2020).
	Keywords	evapotranspiration
	Geographic keywords	World
	GEMET keywords	evapotranspiration
Evapotranspiration n printemps 2020	Abstract	Average data measured in spring 2020 (months of March, April and May 2020).
	Keywords	evapotranspiration
	Geographic keywords	World
	GEMET keywords	evapotranspiration
Evapotranspiration n été 2020	Abstract	Average data measured in summer 2020 (months of June, July and August 2020).
	Keywords	evapotranspiration
	Geographic keywords	World
	GEMET keywords	evapotranspiration
Evapotranspiration n automne 2020	Abstract	Average data measured in autumn 2020 (months of September, October and November 2020).
	Keywords	evapotranspiration
	Geographic keywords	World
	GEMET keywords	evapotranspiration

Tableau 14: Métadonnées des sources des couches d'évapotranspiration.

## 7.5.4 Chaînes de montagnes

### 7.5.4.1 Résumé de la vue

Nom de la vue	Résumé
Mountains chains Inventory Ilias BE	"GMBA mountain inventory_V1.2(entire world)" provides 1 set of GIS files (.dbf, .prj, .shp, .shx) showing the full world-wide inventory. The attribute table includes object name, country, and the online resource used for its identification, if available.  It has been obtained from the <a href="https://ilias.unibe.ch/goto_ilias3_unibe_file_1047348_download.html">Ilias universität Bern</a>.

Tableau 15: Résumé de la vue des chaînes de montagnes.



## 7.5.4.2 Métadonnées de la source:

Abstract	"GMBA mountain inventory_V1.2(entire world)" provides 1 set of GIS files (.dbf, .prj, .shp, .shx) showing the full world-wide inventory. The attribute table includes object name, country, and the online resource used for its identification, if available
Keywords	mountain
Geographic keywords	World
GEMET keywords	Mountain

Tableau 16: Métadonnées de la source de la couche des chaînes de montagnes.

## 7.6 Superset

Étapes à réaliser pour créer un dashboard et publier des données avec le logiciel Adobe Superset:



- 1) Se connecter sur superset.
- 2) Créer un nouveau dashboard.
- 3) Importer les données: Il doit s'agir de tableaux au format csv ou Excel. Ce ne sont pas des données de cartes directement.
- 4) Faire parler les données: On crée pour cela des "charts". Un "chart" est en général un graphique mais cela peut également être une carte si l'on choisit le chart "World Map" qui montre une carte du monde avec les pays ou si l'on choisit le chart "MapX" qui permet d'afficher les projets MapX directement dans le dashboard.
- 5) Mettre en forme le dashboard en y ajoutant les charts, des titres, des séparateurs, etc...

## 7.7 Tableaux du site WESR-Mountains

### Site WESR-Mountains

<https://wesr-s.unepgrid.ch/pages/viewpage.action?spaceKey=WES&title=WESR+Mountains+Home>

Definition & messages
News & Links (real time selected information)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">AdaptationAtAltitude</a></li> <li>• <a href="#">WeAdapt</a></li> <li>• <a href="#">UN SDGs knowledge platform on mountains</a></li> <li>• <a href="#">Mountain Research Initiative</a></li> <li>• <a href="#">GLAMOS</a></li> <li>• <a href="#">Glacier Hub</a></li> <li>• <a href="#">Alpine Convention</a></li> <li>• <a href="#">EUSALP</a> (EU Strategy for the Alpine Region)</li> <li>• <a href="#">Alpine Space interregional programme</a></li> <li>• <a href="#">Institute of Arctic and Alpine Research</a></li> <li>• <a href="#">World Glacier Monitoring Service</a></li> <li>• </li> </ul>
News (operated by a real person)
News (retrieved automatically)
Near real time Monitoring
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montain Green Cover Index</li> <li>• Coverage by protected areas of important sites for mountain biodiversity</li> <li>• Mountain glaciers mass</li> <li>• ...</li> </ul>
Access by DPSIR
Access by solutions
Search section
Access by SDG & MEAs

	
<p><b>Targets</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>6.6:</b> By 2020, protect and restore water-related ecosystems, including <b>mountains</b>, forests, wetlands, rivers, aquifers and lakes</li> <li>• <b>15.1:</b> By 2020, ensure the conservation, restoration and sustainable use of terrestrial and inland freshwater ecosystems and their services, in particular forests, wetlands, <b>mountains</b> and drylands, in line with obligations under international agreements</li> <li>• <b>15.4:</b> By 2030, ensure the conservation of <b>mountain</b> ecosystems, including their biodiversity, in order to enhance their capacity to provide benefits that are essential for sustainable development</li> </ul> <p><b>Indicators</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>6.6.1 a and 6.6.1 b:</b> Change in the extent of water-related ecosystems over time</li> <li>• <b>15.1.1:</b> Forest area as a proportion of total land area</li> <li>• <b>15.1.2:</b> Proportion of important sites for terrestrial and freshwater biodiversity that are covered by protected areas, by ecosystem type</li> <li>• <b>15.4.1:</b> Coverage by protected areas of important sites for mountain biodiversity</li> <li>• <b>15.4.2:</b> Mountain Green Cover Index</li> </ul>	

Access by Country (country profile)

Essential Mountain Variables

Access by publications

- [Ecoregional Conservation Plan for the Caucasus 2020 edition](#)
- [Outlook on climate change adaptation in the Carpathian mountains](#)
- [High Mountain Areas chapter in the IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate](#)
- [The Hindu Kush Himalaya assessment: mountains, climate change, sustainability and people](#)
- Kapos V, Rhind J, Edwards M, Price MF, Ravilious C (2000) Developing a map of the world's mountain forests. In: Price MF, Butt N (eds) Forests in sustainable mountain development: A report for 2000. CAB International, Wallingford, p 4-9. [http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-3508-X\\_52](http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-3508-X_52)
- Körner C, Paulsen J, Spehn E (2011) A definition of mountains and their bioclimatic belts for global comparisons of biodiversity data. *Alpine Botany* 121(2): 73-78, <http://dx.doi.org/10.7892/boris.83486>
- Sayre, R., J. Dangermond, C. Frye, R. Vaughan, P. Aniello, S. Breyer, D. Cribbs, D. Hopkins, R. Nauman, W. Derrenbacher, D. Wright, C. Brown, C. Convis, J. Smith, L. Benson, D. Paco VanSistine, H. Warner, J. Cress, J. Danielson, S. Hamann, T. Cecere, A. Reddy, D. Burton, A. Grosse, D. True, M. Metzger, J. Hartmann, N. Moosdorf, H. D,rr, M. Paganini, P. DeFourny, O. Arino, S. Maynard, M. Anderson, and P. Comer. 2014. A New Map of Global Ecological Land Units - An Ecophysiological Stratification Approach. Washington, DC: Association of American Geographers. 46 pages.

- Karagulle D, Frye C, Sayre R, Breyer S, Aniello P, Vaughan R, Wright D. 2017. Modeling global Hammond landform regions from 250-m elevation data. *Transactions in GIS* 21:1040–1060. <https://doi.org/10.1111/tgis.12265>
- Price, M.F., Arnesen, T., Gløersen, E. *et al.* Mapping mountain areas: learning from Global, European and Norwegian perspectives. *J. Mt. Sci.* **16**, 1–15 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11629-018-4916-3>
- Bracher, Christoph Peter; Wymann von Dach, Susanne; Adler, Carolina (2018). *Challenges and opportunities in assessing sustainable mountain development using the UN Sustainable Development Goals* (CDE Working Papers 3). Bern, Switzerland: Centre for Development and Environment (CDE), with Bern Open Publishing (BOP). <http://dx.doi.org/10.7892/boris.119737>
- IPCC, 2019: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press. <https://www.ipcc.ch/srocc/download/>
- Bracher C, Wymann von Dach S, Adler C. 2018. Challenges and Opportunities in Assessing Sustainable Mountain Development Using the UN Sustainable Development Goals. A Report Compiled by the Mountain Research Initiative (MRI), in Collaboration with the Centre for Development and Environment (CDE). CDE Working Paper 3. Bern, Switzerland: Centre for Development and Environment (CDE).
- Palomo, Ignacio; Climate Change Impacts on Ecosystem Services in High Mountain Areas: A Literature Review. *Mountain Research and Development*, 37(2):179-187 (2017). <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-16-00110.1>

#### Mountain GIS data sources

- [MapX mountains](#)
- [Global Mountain Explorer](#)
- [Randolph Glacier Inventory](#)
- [Snow Today](#)
- [Copernicus](#)
- [GLAMOS downloads](#)
- [National Centers for Environmental Information - Global Surface Summary of the Day](#)
- [ESA climate office data dashboard](#)
- [Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL](#)
- [The World Bank - Data Catalog](#)
- 

Tableau 17: Les différentes rubriques du site WESR-Mountains.

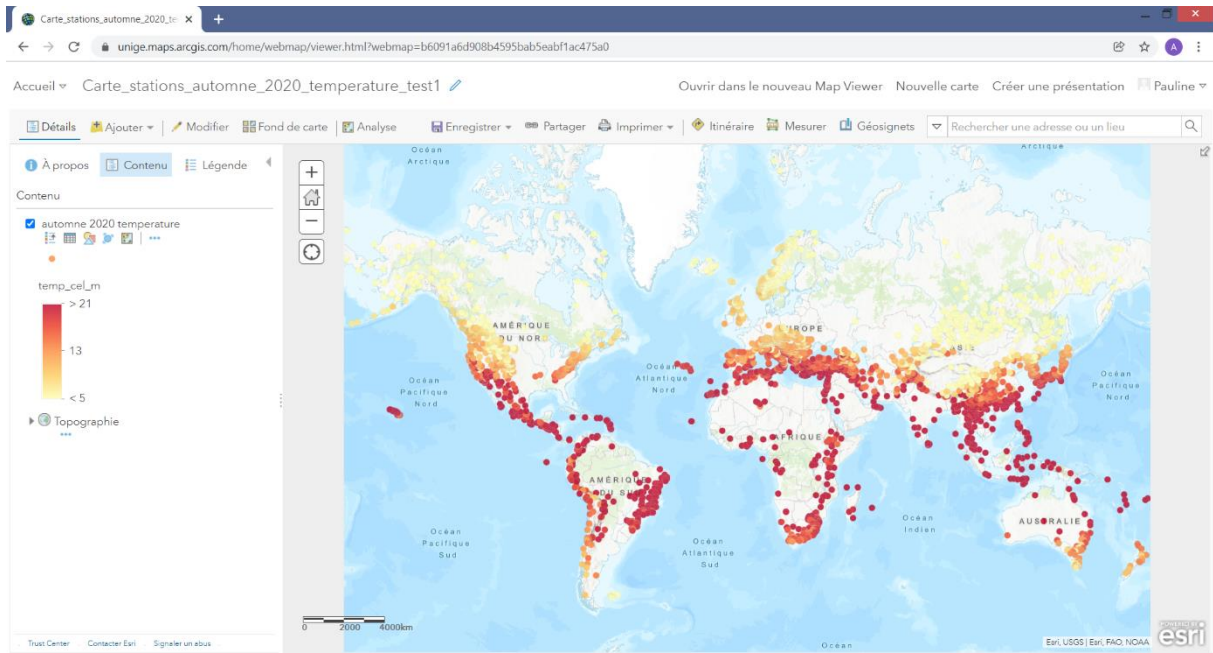
$$\text{Mountain Green Cover Index} = \frac{\text{cropland area} + \text{forest area} + \text{grassland area}}{\text{total mountain area}}$$

$$\text{Indice de couvert végétal montagneux} = \frac{\text{superficie de terres cultivées} + \text{superficie de forêts} + \text{superficie de prairie}}{\text{superficie totale de montagne}}$$

L'indice va de 0 à 1; 0 = pas de végétation et 1 = toute l'aire est recouverte de végétation.

# 7.8 Comparaison ArcGISOnline vs MapX

## ArcGISOnline



## MapX

