



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

**FACULTÉ DES SCIENCES
DE LA SOCIÉTÉ**

UN 
environnement
programme



CERTIFICAT COMPLEMENTAIRE EN GEOMATIQUE

**Caucase, développement et changement
climatique : amélioration de l'accès aux données à
l'aide des outils d'analyse spatiale dans le cadre du
projet SCAC**

Mémoire présenté par
Delphine BORBOEN

*Sous la direction et la codirection de
Yaniss Guigoz et Pierre Lacroix*

Université de Genève
PNUE/GRID-Genève

2021-2022

DROITS D'AUTEUR

Les citations tirées du présent mémoire ne sont permises que dans la mesure où elles servent de commentaire, référence ou démonstration à son utilisateur. La citation doit impérativement indiquer la source et le nom de l'auteur. La loi fédérale sur le droit d'auteur est applicable.

REMERCIEMENTS

Je remercie, tout d'abord, Yaniss Guigoz qui a suivi et dirigé mon travail durant ces quatre mois de stage et qui a su me donner de précieux conseils lorsque cela était nécessaire. Je souhaite également remercier Pierre Lacroix, mon co-directeur de mémoire, qui m'a aussi conseillé durant mon stage et qui a pris le temps d'évaluer mon travail.

Je remercie l'équipe du GRID-Genève pour son accueil lors de la rencontre fin septembre, ainsi que lors de la formation de Superset en octobre, et plus particulièrement Antonio Benvenuti qui a pu m'aider à certains moments lorsque j'avais quelques soucis et/ou questions concernant les programmes informatiques que j'ai utilisés durant mon stage.

Enfin, je souhaite remercier Pauline Müller, également stagiaire au GRID, avec laquelle nous nous sommes entraîdées à certains moments de nos stages respectifs.

RÉSUMÉ

Ce mémoire présente les différentes étapes et produits créés durant mon stage de septembre à décembre 2021 pour le PNUE/GRID-Genève. Le but de ce stage était de compléter les données géospatiales disponibles sur la région du Caucase dans le cadre du projet SCAC. Plusieurs étapes ont été nécessaires pour la mise à disposition de ces données au public. Tout d'abord, il a fallu collecter les données de nature démographique, socio-économique et environnementale. Ensuite, il a été nécessaire de les préparer à l'aide de logiciels tel que QGIS, puis, les importer dans le Geonode du projet ainsi que dans MapX, des plateformes Web afin de publier ces données. Enfin, la création d'outils de visualisation des données, trois Dashboards et une StoryMap, a permis une meilleure compréhension et vue d'ensemble des données collectées.

L'objectif de ce mémoire est aussi de questionner les enjeux, les opportunités, ainsi que les apports que peuvent représenter les systèmes d'information géographique dans des projets de développement d'une région, et plus particulièrement dans la région du Caucase.

This thesis presents the different steps and products created during my internship at UNEP/GRID-Geneva from September to December 2021. The aim of this internship was to complete the geospatial data available on the Caucasus region in the SCAC project. Several steps were necessary to make the data available to the public. Firstly, demographic, socio-economic and environmental data had to be collected. Secondly, it was necessary to prepare data using software such as QGIS, and then to import it into the project's Geonode and MapX web platforms in order to publish the data. Finally, the creation of data visualisation tools, three Dashboards and a StoryMap, allowed a better understanding and overview of the collected data.

The objective of this thesis is also to question the stakes, the opportunities, as well as the contributions that geographic information systems can represent in development projects of a region, and particularly in the Caucasus region.

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION.....	1
1.1. Le Caucase	1
1.1.1. Situation géographique.....	1
1.1.2. Contexte historique.....	1
1.1.3. Contexte géopolitique.....	2
1.1.4. Contexte socio-économique de la région.....	3
1.1.5. Caucase et changement climatique.....	4
1.2. Le PNUE/GRID-Genève	5
1.2.1. Présentation générale.....	5
1.2.2. Le projet SCAC	5
1.3. Systèmes d'Information Géographique (SIG).....	6
1.3.1. Contexte historique de l'apparition des SIG.....	6
1.3.2. Définitions et concepts	6
1.3.3. Open Data.....	6
1.3.4. Infrastructure de données spatiales et interopérabilité.....	7
1.3.5. Les SIG et le Caucase.....	8
1.3.5.1. Contexte de l'apparition des SIG dans le Caucase	8
1.3.5.2. Défis et opportunités pour le développement des SIG dans le Caucase	9
2. PROBLÉMATIQUE	10
3. OBJECTIFS DU STAGE ET MÉTHODOLOGIE	10
3.1. Collecte de données.....	10
3.2. Préparation des données	11
3.3. Mise à jour des métadonnées.....	11
3.4. Importation des cartes dans le Geonode.....	12
3.5. Visualisation des données sur MapX	12
3.6. Création d'un Dashboard sur Superset	13
3.7. Création d'une StoryMap sur MapX.....	14
3.8. Calendrier du stage.....	16
4. RÉSULTATS	16
4.1. Collecte de données.....	16
4.2. Préparation des cartes.....	17
4.3. Développement des métadonnées.....	20
4.4. Importation des données dans le Geonode	21
4.5. Mise à disposition des données sur MapX	22
4.6. Dashboards	23
4.6.1. Dashboard de population.....	23

4.6.2.	Dashboard sur la culture	23
4.6.3.	Dashboard des aires protégées.....	24
4.7.	Story Map	26
5.	DISCUSSION	28
5.1.	Apports novateurs du travail	28
5.2.	Difficultés et Limites	30
5.3.	Opportunités et perspectives.....	31
6.	CONCLUSION	31
7.	BIBLIOGRAPHIE	33
8.	ANNEXES	37

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Carte du Caucase (Source données : National sources).....	1
Figure 2 : Chaînes de montagnes du Caucase (Source : Université de Berne et modifiée sur QGIS). ...	1
Figure 3 : Carte historique du Caucase au 19ème siècle (Philarusse 2018).	2
Figure 4 : Organigramme du Programme environnemental de l'ONU (UNEP/GRID-Geneva 2021a)...	5
Figure 5 : Géoportail du Caucase.	8
Figure 6 : Etapes principales du stage.	10
Figure 7 : Règles déterminées pour la légende de la carte des pays du Caucase sur MapX	13
Figure 8 : Etape du formulaire permettant de coller le lien WMS du Geonode dans MapX afin de partager les données voulues d'une plateforme à l'autre.....	13
Figure 9 : Capture d'écran du formulaire de configuration générale d'une Story Map dans MapX.	15
Figure 10 : Capture d'écran de la configuration d'un step (gauche) et d'une slide (droite) de la Story Map dans MapX.	15
Figure 11 : Cartes représentant les données démographiques du Caucase : a) Population totale en 2020 par NUTS2, b) Densité de population 2020 par NUTS3, c) Moyenne annuelle de croissance de population en 2020 par NUTS3 et d) Taux d'urbanisation en 2020 de chaque NUTS3.....	18
Figure 12 : Capture d'écran d'une page de Confluence dans laquelle les métadonnées de la couche de la population totale en 2020 sont détaillées.....	21
Figure 13 : Visualisation des cartes concernant les statistiques de population du Caucase en 2020 sur le Geonode.	22
Figure 14 : Capture d'écran de la visualisation de la carte de population totale en 2020 dans l'application MapX.....	23
Figure 15 : Dashboard des statistiques de population du Caucase.	25
Figure 16 : Story Map créée dans MapX présentant la région du Caucase et ses statistiques de population de 2020.	27
Figure 17 : Cartes de l'altitude du Caucase. a) Couche raster de l'altitude, b) Couche vecteur de l'altitude moyenne par NUTS3, c) Couche vecteur de l'altitude moyenne par NUTS2 et d) Couche vecteur de l'altitude moyenne pays.	48
Figure 18 : Cartes des lieux culturels du Caucase en 2021. a) Couche vectorielle de points représentant chaque lieu culturel, b) Couche vectorielle représentant le nombre de lieux culturels par NUTS3 et c) Carte du patrimoine de l'UNESCO du Caucase (Sources : OpenStreetMap et UNESCO).	49
Figure 19 : Carte représentant les infrastructures éducatives présentes dans le Caucase. a) Couche vectorielle dont chaque point représente un lieu lié à l'éducation (Source : OCHA 2020), b) Couche vectorielle calculant le nombre d'infrastructures éducatives par NUTS3 (Source : OCHA 2020) et c) Couche vectorielle dont chaque point représente un lieu lié à l'éducation (Source : OpenStreetMap 2021).....	49
Figure 20 : Cartes représentant le nombre de feux qui se sont produits dans le Caucase. a) Couche vectorielle dont chaque point correspond à un feu durant l'année 2001 (Source : NASA, MODIS), b) Couche vectorielle calculant le nombre de feux apparus par NUTS3 en 2001 (Source : NASA, MODIS), c) Couche vectorielle dont chaque point correspond à un feu durant l'année 2020 (Source : NASA, MODIS), d) Couche vectorielle calculant le nombre de feux apparus par NUTS3 en 2020 (Source : NASA, MODIS), e) Couche vectorielle dont chaque point correspond à un feu durant l'année 2020	

(Source : NASA, VIIRS) et f) Couche vectorielle calculant le nombre de feux apparus par NUTS3 en 2020 (Source : NASA, VIIRS).....	50
Figure 21 : Cartes représentant l'accès à la santé dans le Caucase en 2020. a) Carte vectorielle de points représentant chaque établissement de santé de la région, b) Carte vectorielle représentant le nombre d'établissements de santé par NUTS3 (Source : OCHA).	51
Figure 22 : Carte représentant le taux d'établissement humain du Caucase en 2019 (Source : European Commission).	51
Figure 23 : Cartes représentant les infrastructures liées aux transports dans le Caucase. a) Carte des principales infrastructures routières et b) Carte des infrastructures ferroviaires (Source OpenStreetMap 2021).....	51
Figure 24 : Cartes représentant les chaînes de montagnes du Caucase (Source : Université de Berne 2020).....	52
Figure 25 : Cartes représentant les hébergements touristiques du Caucase. a) Couche de points dont chaque point correspond à un hébergement et b) Couche de polygones représentant le nombre d'hébergements touristiques par NUTS3 (Source : OpenStreet Map 2021).	52
Figure 26 : Carte représentant la paléo végétation du Caucase (Gavashelishvili et Tarkhishvili 2016).	53
Figure 27 : Carte représentant les aires protégées du Caucase pour l'année 2021 (Source : ProtectedPlanet 2021).....	53
Figure 28 : Capture d'écran de la carte du patrimoine mondial de l'UNESCO dans le Geonode.....	54
Figure 29 : Capture d'écran de la carte des établissements éducatifs dans le Geonode (Source : OCHA).	54
Figure 30 : Capture d'écran de la carte des établissements de santé dans le Geonode (Source : OCHA).	55
Figure 31 : Capture d'écran de la carte des feux ayant apparus durant l'année 2020 dans le Geonode..	55
Figure 32 : Capture d'écran de la carte des routes du Caucase pour l'année 2021 dans le Geonode. ...	56
Figure 33 : Capture d'écran de la carte des infrastructures ferroviaires pour l'année 2021 dans le Geonode.	56
Figure 34 : Capture d'écran de la carte des lieux d'éducation en 2021 dans le Geonode (Source : OpenStreetMap).	57
Figure 35 : Capture d'écran de la carte des hébergements touristiques en 2021 dans le Geonode (Source : OpenStreetMap).	57
Figure 36 : Capture d'écran de la carte de la paléovégétation dans le Geonode (Gavashelishvili et Tarkhishvili 2016).	58
Figure 37 : Capture d'écran de la carte de l'altitude du Caucase dans le Geonode (Source : WorldClim 2020).....	58
Figure 38 : Capture d'écran des cartes des chaînes de montagnes du Caucase dans le Geonode.....	59
Figure 39 : Capture d'écran de la carte des lieux culturels du Caucase dans le Geonode 2021 (Source : OpenStreetMap).	60
Figure 40 : Capture d'écran de la carte des aires protégées du Caucase dans le Geonode (Source : ProtectedPlanet 2021).....	60

Figure 41 : Capture d'écran de la visualisation de la carte de densité de population en 2020 dans l'application MapX.	61
Figure 42 : Capture d'écran de la visualisation de la carte de la croissance annuelle de population en 2020 dans l'application MapX.	61
Figure 43 : Capture d'écran de la visualisation de la carte du taux d'urbanisation du Caucase en 2020 dans l'application MapX.	62
Figure 44 : Capture d'écran de la visualisation de la carte des lieux culturels du Caucase en 2021 dans l'application MapX.	62
Figure 45 : Capture d'écran de la visualisation de la carte des aires protégées du Caucase en 2021 dans l'application MapX.	63
Figure 46 : Capture d'écran de la visualisation de la carte des chaînes de montagnes du Caucase dans l'application MapX.	63
Figure 47 : Dashboard représentant les données des aires protégées dans le Caucase en 2021 (Source : ProtectedPlanet).	64
Figure 48 : Dashboard représentant les données des lieux culturels dans le Caucase en 2021 (Source : OpenStreetMap).	65

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Revenu national brut (RNB) des pays composant le Caucase ainsi que celui de l'Union Européenne et de la Suisse en tant que comparaison (World Bank 2020).	3
Tableau 2 : Conséquences du changement climatique dans la région du Caucase (IPCC 2021c).	4
Tableau 3 : Global Open Data Index classement des pays du Caucase (Open Knowledge Foundation 2015).....	7
Tableau 4 : Calendrier et organisation des tâches du stage.	16
Tableau 5 : Liste des données collectées utilisées par la suite.	16
Tableau 6 : Tableau récapitulatif des couches préparées à l'aide des logiciels de géomatique ainsi que les outils utilisés.	37

ABBREVIATIONS

DDC	Agence suisse pour le Développement et la Coopération
FNRS	Fond National suisse de la Recherche Scientifique
GES	Gaz à Effet de Serre
GRID	Global Resource Information Database
IUCN	International Union for Conservation of Nature
OFEV	Office Fédéral de l'Environnement
OGC	Open Geospatial Consortium
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
SCAC	Strengthening Adaptive Capacity in the Caucasus
SIG	Systèmes d'Information Géographique
UNEP	United Nations Environmental Program
URSS	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
WMS	Web Map Service

1. INTRODUCTION

1.1. Le Caucase

1.1.1. Situation géographique

Le Caucase est une région montagneuse partagée entre l'Europe et l'Asie et entourée par la Mer Noire à l'Ouest et la Mer Caspienne à l'Est (Bruk, Owen, et Gvozdetsky 2019). Il est composé de six pays répartis sur trois régions différentes : le Caucase du Nord aussi appelé « Ciscaucasie » (Républiques autonomes du Sud de la Russie), le Caucase central aussi appelé « Transcaucasie » (Azerbaïdjan, Arménie, Géorgie) et le Caucase du Sud (Provinces du Nord de l'Iran et de l'Est de la Turquie) (Ismailov et Papava 2008).

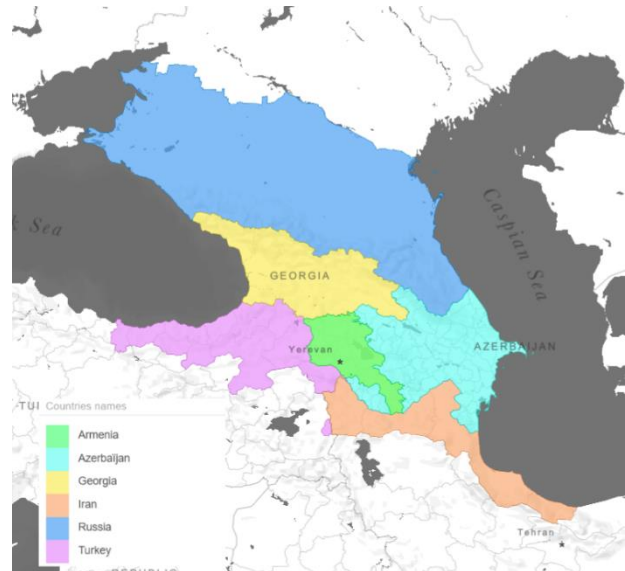


Figure 1 : Carte du Caucase (Source données : National sources)

La région du Caucase est très montagneuse (Fig. 2), le Caucase du Nord est séparé du reste de la région par une grande barrière montagneuse partant de la Mer Noire jusqu'à la Mer Caspienne, appelée Grand Caucase. Cette chaîne de montagne contient notamment le plus haut sommet de la région, le Mont Elbrouz, culminant à 5642 mètres d'altitude. Plus au Sud, une autre chaîne de montagne importante de la région est appelée Petit Caucase (Bruk, Owen, et Gvozdetsky 2019).

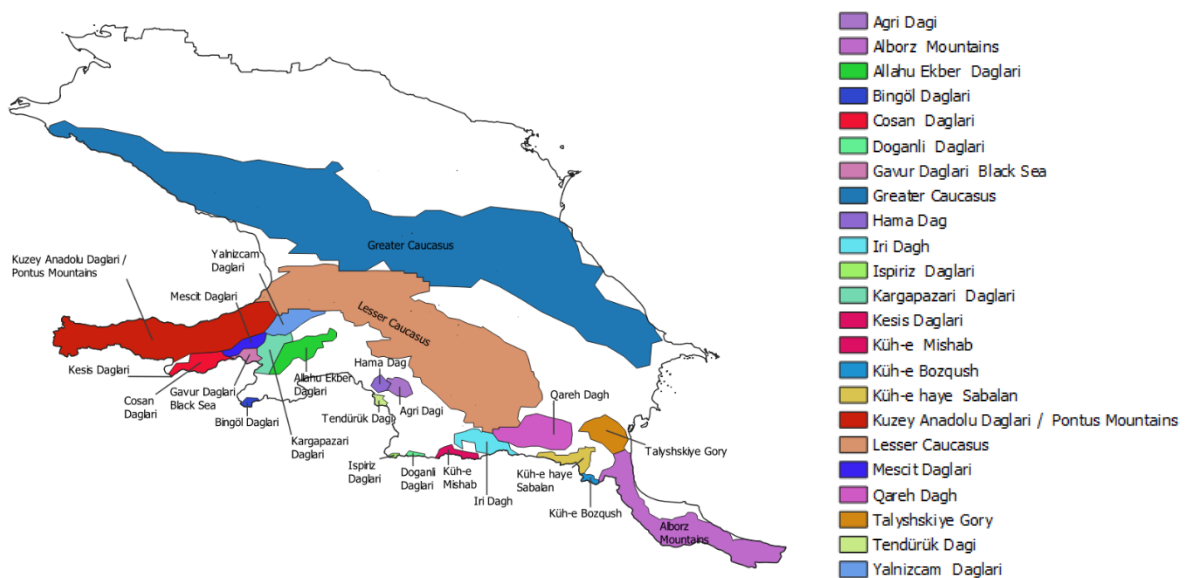


Figure 2 : Chaînes de montagnes du Caucase (Source : Université de Berne et modifiée sur QGIS).

1.1.2. Contexte historique

Au XVIII^e siècle, le Caucase a fait office de zone tampon entre trois puissants empires : L'Empire russe au nord, l'Empire ottoman au sud-ouest et l'Empire perse au sud-est. Tout au long du siècle, différents conflits ont redéfini au fur et à mesure les frontières entre ces trois empires et le Caucase au centre (Aubry 2021).

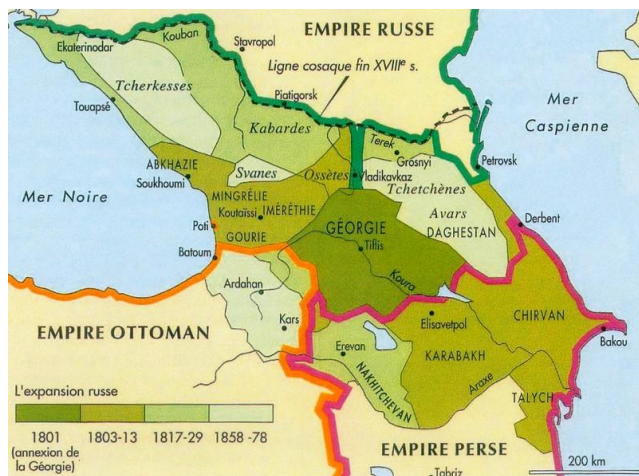


Figure 3 : Carte historique du Caucase au 19ème siècle (Philarusse 2018).

l'URSS en 1991, les trois états proclament leur indépendance (Boulègue 2016).

1.1.3. Contexte géopolitique

La situation géopolitique du Caucase est complexe. Cette situation est due à l'histoire de la région, aux différentes ethnies présentes et à l'emplacement stratégique que représente la région du point de vue politique et économique, notamment pour les hydrocarbures présents dans la Mer Caspienne, ce qui entraîne une croissance de l'engagement des puissances internationales (Union européenne et Etats-Unis) et régionales (Russie, Iran et Turquie) (Boulègue 2016; Merlin et al. 2010). De nombreux conflits perdurent depuis plusieurs décennies, à l'instar de la Géorgie dont la Russie a envahi l'Ossétie du Sud et l'Abkhazie en 2008 ou l'Arménie et la Turquie (Aubry 2021; Merlin et al. 2010).

Actuellement, le conflit le plus important de la région est le conflit entre l'Arménie et l'Azerbaïdjan. Il repose sur la région du Haut Karabakh majoritairement habité par des arméniens, mais attribuée à l'Azerbaïdjan par Staline en 1921 lorsque les deux états faisaient partie de l'URSS, afin de « diviser pour mieux régner » ainsi que pour l'offrir en cadeau à l'Azerbaïdjan qui produisait une certaine quantité d'hydrocarbures. Cette division perdure jusqu'en 1988, date à laquelle les arméniens réclament son rattachement à l'Arménie soviétique, et un conflit escalade jusqu'en 1991. Mais, à ce moment-là, l'Union Soviétique apporte son soutien à l'Azerbaïdjan (Aubry 2020). A la fin de l'URSS, les états reprennent leur indépendance sans que l'Arménie ne réclame officiellement le rattachement du Haut Karabakh. Entre-temps, la Fédération de Russie change de stratégie et décide de faire office de médiateur dans le conflit et fournit des armes aux deux pays. La Turquie, ayant de très mauvaises relations avec l'Arménie, soutient activement l'Azerbaïdjan dans le conflit en lui fournissant des armes et des mercenaires (Aubry 2020). L'Iran, à majorité chiite comme l'Azerbaïdjan, est paradoxalement un allié historique de l'Arménie, à majorité chrétienne, mais reste en retrait dans le conflit, car certaines provinces au nord du pays sont à majorité azérie, et craint une volonté de rattachement à l'Azerbaïdjan. Il reproche tout de même à l'Azerbaïdjan d'être une « base arrière » d'Israël qui lui fournit également des armes (Farassati 1998; Aubry 2020). En octobre 2021, l'Iran décide de se montrer plus impliqué dans le conflit en engageant des exercices militaires proche de sa frontière avec l'Azerbaïdjan en réponse aux essais militaires effectués par ce dernier avec la Turquie et le Pakistan en Mer Caspienne (MEE staff 2021).

Au début du XIXe siècle (Fig. 2), l'Empire russe est plutôt en retrait par rapport à la région du Caucase actuelle. L'Empire perse englobe l'Azerbaïdjan et l'Arménie et monte jusqu'aux actuelles régions autonomes de Russie (Aubry 2021). L'Empire ottoman contient une partie de la Géorgie d'aujourd'hui. Puis, tout au long du XIXe siècle, l'Empire russe conquiert peu à peu le Caucase, jusqu'à reprendre l'Arménie et l'Azerbaïdjan à l'Empire perse, ainsi que la partie de la Géorgie appartenant à l'Empire ottoman (Tsutiev et Seligman Favorov 2014). Durant le XXe siècle, la Géorgie, l'Arménie et l'Azerbaïdjan font partie de l'URSS.

1.1.4. Contexte socio-économique de la région

Le Caucase du Nord, en Russie, fait partie des régions les plus pauvres du pays et a été durement touché par la crise économique à la fin de l'URSS. Près d'un tiers de la population était sans emploi en 2009. Les populations les plus touchées par le chômage sont les jeunes ainsi que les populations de montagne. Ces régions russes reçoivent des subventions du gouvernement central qui représentent une grande partie de leur budget. La situation socio-économique de la région n'est donc pas optimale (Souleimanov 2012). La Russie détient tout de même le revenu national brut par habitant le plus élevé avec 10'690\$ en 2020 (Tableau 1). Cependant, ce nombre concerne la Russie entière. Il faut donc revoir ce nombre à la baisse pour le Caucase du Nord, car c'est une des régions les plus pauvres du pays (World Bank 2020).

Les pays du Caucase central ont des situations socio-économiques différentes. L'Azerbaïdjan a la situation économique la plus aisée du Caucase central grâce à ses ressources en énergies fossiles. Il a fondé son économie sur ses grandes ressources de pétrole en Mer Caspienne (Pismennaya et al. 2017). Cependant, en 2015, la dévaluation du cours du pétrole a entraîné une crise coupant la croissance du pays durant les dix dernières années, car ces ressources énergétiques représentent environ 95% du revenu d'exportation du pays et 70% du budget national (Boulègue 2016). L'Azerbaïdjan cherche donc à renforcer ses capacités d'exportation de gaz à l'aide de la construction d'un gazoduc afin d'en faciliter l'exportation (Pismennaya et al. 2017; Boulègue 2016). Le taux de chômage de sa population active représente environ 5% (Pismennaya et al. 2017). La situation socio-économique en Arménie est fortement dépendante de la situation en Russie. Le taux de chômage est élevé. En 2015, il touche 52% des personnes ayant entre 20 et 24 ans. L'Arménie est également touchée par l'émigration massive de travailleurs à l'étranger causée par ce taux de chômage élevé et le manque d'opportunités dans certains domaines (Pismennaya et al. 2017). La Géorgie souffre aussi d'une émigration massive de sa population pour les mêmes raisons que l'Arménie. Son principal secteur d'activité est l'agriculture, suivie du commerce et de l'industrie. Le taux de chômage augmente significativement chez les travailleurs les plus hautement qualifiés par manque d'opportunités (Pismennaya et al. 2017).

Depuis les années 2000, la Turquie a connu un important développement économique et social entraînant en même temps une augmentation des revenus et de l'emploi dans le pays. Elle se retrouve à présent dans la tranche supérieure des pays à revenu intermédiaire. Cependant, ces dernières années ont été plus difficiles avec une économie de plus en plus vulnérable et des tensions géopolitiques persistantes dans la région provoquant ainsi un certain ralentissement des réformes, une hausse de l'inflation et une augmentation du chômage également dus à une situation économique globale dégradée (World Bank 2021a). L'Iran, lui, contient les deuxièmes plus grandes réserves de gaz naturel et les quatrièmes plus grandes réserves de pétrole brut dans le monde. Son activité économique ainsi que les recettes du gouvernement reposent principalement sur les revenus pétroliers. Une chute des revenus pétroliers peut donc entraîner une chute du budget du pays ce qui rend son économie vulnérable (World Bank 2021b). Par exemple, les sanctions internationales visant le pays et renforcées depuis 2012, sous forme de plafonnement de ses exportations de pétrole, ont eu un impact négatif sur son PIB, et lors de la levée des sanctions en 2016, son économie a connu un rebond essentiellement dû à l'augmentation des exportations de pétrole (Ambassade de France en Iran 2017). L'Iran est également le pays du Caucase dont le RNB par habitant est le plus faible avec 2'960\$/habitant en 2020 (Tableau 1). Cependant, ce nombre concerne la totalité de l'Iran, pas uniquement la partie au nord, comprise dans le Caucase.

Tableau 1 : Revenu national brut (RNB) des pays composant le Caucase ainsi que celui de l'Union Européenne et de la Suisse en tant que comparaison (World Bank 2020).

Zone géographique	RNB/habitant en 2020 (US\$)
Arménie	4'220
Azerbaïdjan	4'480
Géorgie	4'270

Iran	2'960
Russie	10'690
Turquie	9'050
Union Européenne	34'234
Suisse	82'620

1.1.5. Caucase et changement climatique

Le changement climatique est un des plus grands défis du XXIème siècle. L'augmentation des émissions de gaz à effet de serre (GES) est induite par l'activité humaine. Elle cause une accumulation d'énergie sous forme de chaleur sur la surface de la Terre et, ainsi, réchauffe la température de l'atmosphère, des océans, de la cryosphère et de la biosphère. La plus grande partie de cette chaleur est localisée dans les océans (91%), tandis que le reste se trouve à la surface des continents (5%), dans la glace (3%) et dans l'atmosphère (1%). Cependant, les 1% se retrouvant dans l'atmosphère sont la cause principale de ce réchauffement depuis le milieu du XIXème siècle (IPCC 2021a).

Les territoires de montagne sont particulièrement touchés par le changement climatique, car ce changement, lié à la température, dépend beaucoup de l'altitude. Les zones les plus élevées se réchauffent plus rapidement que les régions de basse altitude et le réchauffement climatique influence l'état de la cryosphère (McDowell, Stephenson, et Ford 2014).

Plusieurs conséquences du changement climatiques touchent les zones de montagne (IPCC 2021b) :

- L'élévation du niveau de gel ce qui entraînera une modification des conditions de neige et de glace.
- Des changements plus rapides de la limite d'enneigement, de l'altitude de la ligne d'équilibre des glaciers et de la hauteur de transition entre la neige et la pluie.
- Les glaciers ont, de manière générale, reculé depuis 1850. Ce recul s'est accéléré depuis 1990 principalement à cause des activités humaines. Même si la température stagne, les glaciers reculeront encore pendant les prochaines décennies.
- Le début de la fonte des neiges au printemps arrive de plus en plus tôt et entraîne des changements du débit des cours d'eau dans les bassins versants des montagnes de faible altitude.
- La couverture neigeuse diminuera durant le XXIème siècle en termes d'équivalent en eau, d'étendue et de durée annuelle.
- Les précipitations extrêmes augmenteront dans les zones montagneuses, ce qui entraînera des catastrophes naturelles, tels que des glissements de terrain, des inondations ou des débordements de lacs.

Toutes ces conséquences du réchauffement climatique dans les zones de montagne, dont le Caucase fait partie, entraîneront des problèmes tels que l'approvisionnement en eau, la production d'énergie, l'intégrité des écosystèmes, la production agricole et forestière ou la préparation aux catastrophes (IPCC 2021b).

Tableau 2 : Conséquences du changement climatique dans la région du Caucase (IPCC 2021c).

Paramètres météorologiques/climatiques	Changement	Probabilité
Température moyenne de la surface	Augmentation	Elevée
Chaleurs extrêmes	Augmentation	Elevée

Vagues de froid	Diminution	Elevée
Gel	Diminution	Elevée
Fortes précipitations et inondations pluviales	Augmentation	Elevée
Glissements de terrain	Augmentation	Moyenne
Aridité	Augmentation	Moyenne
Neige, glaciers et nappes glaciaires	Diminution	Elevée
Lacs, rivières et banquise	Diminution	Elevée
Niveau relatif des océans	Augmentation	Elevée
Inondations côtières	Augmentation	Elevée
Erosion des côtes	Augmentation	Elevée
Canicule maritime	Augmentation	Elevée
Acidité des océans	Augmentation	Elevée
CO2 dans l'atmosphère à la surface	Augmentation	Elevée

1.2. Le PNUE/GRID-Genève

1.2.1. Présentation générale

Le GRID-Genève (Global Resource Information Database) est un partenariat entre trois institutions : le PNUE, l'Université de Genève et l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Il fait partie de la Division des Sciences du PNUE qui contient la branche du Big Data (UNEP/GRID-Geneva 2021a).

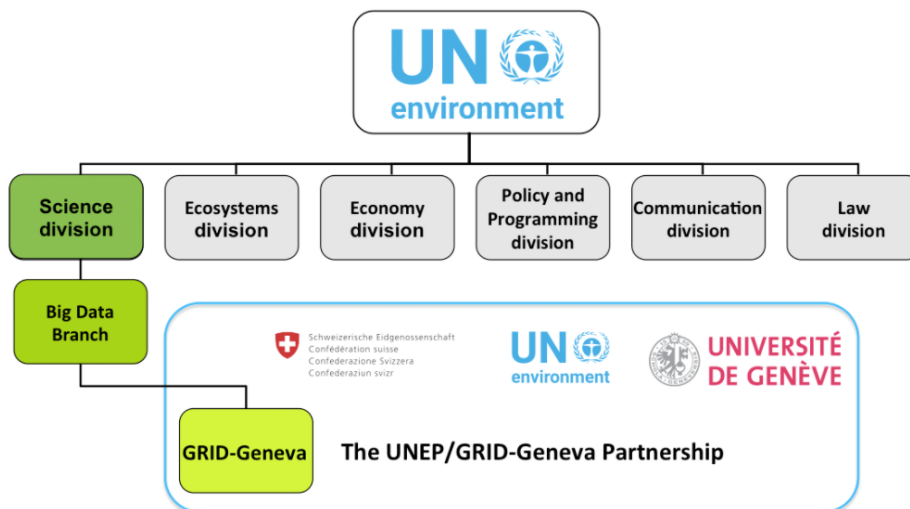


Figure 4 : Organigramme du Programme environnemental de l'ONU (UNEP/GRID-Geneva 2021a).

Le but de ce partenariat est de traiter les données socio-économiques et environnementales en les rendant facilement lisibles, compréhensibles et accessibles afin d'aider à la prise de décision politique en matière d'environnement (UNEP/GRID-Geneva 2021a).

1.2.2. Le projet SCAC

Le stage fait partie intégrante du projet SCAC « Strengthening Adaptive Capacity in the Caucasus: Enhancing Regional Cooperative Action for the Benefit of the Caucasus Mountain Region ». Ce projet vise à réduire la vulnérabilité de la région, particulièrement dans les montagnes, face aux risques de plus en plus importants et fréquents induits par le réchauffement climatique. Le but est

d'approfondir la coopération et la capacité d'adaptation de la région face à ces changements (UNEP/GRID-Geneva 2021b). Ce projet contient trois axes d'action :

- 1) Augmenter les connaissances et l'apprentissage en matière de réduction de risque de catastrophes naturelles,
- 2) Améliorer le partage et la diffusion des connaissances à travers le monde concernant l'adaptation au changement climatique en région montagneuse,
- 3) Améliorer les outils et les processus dans la collecte, la préparation et la diffusion de données sur la région du Caucase (UNEP/GRID-Geneva 2021b).

Le travail de ce stage s'inscrit dans le troisième axe d'action.

1.3. Systèmes d'Information Géographique (SIG)

1.3.1. Contexte historique de l'apparition des SIG

L'apparition des SIG est liée à l'émergence de l'informatique dès les années 1950. L'expression « système d'information géographique » apparaît, quant à elle, dans les années 1960, notamment au Canada. Dans les années 1970, les Etats commencent à utiliser les outils de SIG notamment pour les cadastres, l'armée ou la topographie. Mais, ce sont les années 1980 qui voient une croissance du développement et de l'utilisation des applications et logiciels SIG, ils occuperont par la suite une place importante dans la gestion du territoire. Enfin, les logiciels libres et Open Source se développent dans les années 1990 (Dao 2005).

1.3.2. Définitions et concepts

Plusieurs définitions des SIG coexistent. Burrough, définit en 1986 les SIG comme étant des systèmes informatiques servant à la collecte, l'analyse, la production de données dans un cadre spatial. Cette définition se concentre sur les aspects fonctionnels et techniques des SIG, contrairement à Michel Didier qui définit les SIG en 1990 comme étant un « ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision ». Cette dernière est plus large et met en avant la finalité de ces systèmes (Denègre et Salgé 2004).

Les avantages des SIG sont multiples (Habert 2014) :

- Ils permettent d'établir rapidement des cartographies, des itinéraires et des plans adaptés.
- Les informations stockées sont claires et permanentes.
- Ils peuvent gérer plusieurs attributs sur des objets.
- Il est possible de prévoir les risques à l'aide de simulations.
- Ils permettent également de faire participer un plus grand nombre d'acteurs quant au choix de l'aménagement du territoire.

La géomatique, elle, est définie par l'ensemble des techniques de traitement informatique des données géographiques (Denègre et Salgé 2004), c'est-à-dire qu'elle contient les fonctions des SIG énoncées par Burrough, auxquelles on ajoute les « techniques de collecte de données, les levés cadastraux, la photogrammétrie ou la télédétection » (Dao 2005).

1.3.3. Open Data

Il existe plusieurs sources de données différentes. L'Open Data, ou les « données ouvertes » en français, sont des données numériques publiques ou privées en accès libre, c'est-à-dire qu'il est possible de les utiliser et de les republier sans restrictions liées aux droits d'auteur ou à des brevets (Jaakkola, Mäkinen, et Eteläaho 2014). Pour être considérées comme Open Data, les données doivent tenir compte de trois principes fondamentaux (Open Knowledge Foundation s. d.) :

- a) *Disponibilité et accès* : les données doivent être disponibles dans leur ensemble facilement à un coût raisonnable et doivent être modifiables.
- b) *Réutilisation et redistribution* : les données recueillies doivent permettre leur réutilisation et leur rediffusion avec ou sans changement ajouté aux données initiales.
- c) *Participation universelle* : chacun doit pouvoir utiliser, réutiliser et redistribuer les données sans discrimination ou restriction.

La volonté d'encourager l'Open Data prône l'accessibilité à ces données pour tout un chacun (Futura Sciences 2021). Il existe d'ailleurs un index sur le niveau d'ouverture des données des pays, appelé le « Global Open Data Index ». Il recense les données des pays selon différents thèmes, tels que les données statistiques nationales, le budget gouvernemental, la législation, les émissions des polluants ou encore la qualité de l'eau. A partir de ces données, chaque pays obtient un score qui définit le pourcentage de données ouvertes. En 2015, la Suisse a obtenu un score de 47% et était au 29^{ème} rang. Taiwan se trouvait au premier avec un score de 78%, suivi de près par le Royaume-Uni (76%) et le Danemark (70%). Dans le Caucase, les scores varient énormément d'un pays à l'autre (Open Knowledge Foundation 2015) :

Tableau 3 : Global Open Data Index classement des pays du Caucase (Open Knowledge Foundation 2015).

Pays	Score	Rang	Thèmes avec un mauvais score
Arménie	-	-	-
Azerbaïdjan	25 %	78	Prévisions météorologiques Dépenses publiques Registre des entreprises
Géorgie	37%	47	Cartes nationales Prévisions météorologiques Dépenses publiques Qualité de l'eau
Iran	7%	117	Statistiques nationales Budget gouvernemental Appels d'offre Résultats d'élection Emissions de polluants Registre des entreprises Données de localisation Dépenses publiques Qualité de l'eau
Russie	30%	61	Budget gouvernemental Cartes nationales Registre des entreprises Données de localisation Dépenses publiques
Turquie	37%	47	Prévisions météorologiques Données de localisation Dépenses publiques

1.3.4. Infrastructure de données spatiales et interopérabilité

Une infrastructure de données spatiales (IDS) est une « initiative visant à créer un environnement dans lequel toutes les parties prenantes peuvent coopérer les unes avec les autres et interagir avec la technologie, pour mieux atteindre leurs objectifs à différents niveaux politiques et administratifs » (Rajabifard et Williamson 2001). Cette infrastructure comprend les technologies, les ressources humaines, les politiques et les normes permettant l'acquisition, le traitement, le stockage, la distribution et l'amélioration de l'utilisation des données géospatiales, des services et d'autres ressources numériques (Hu et Li 2017). Une IDS est composée de beaucoup d'éléments, que ce soit des ressources

technologiques ou des ressources humaines. Ses éléments principaux sont : les géoportails, les métadonnées et les fonctions de recherche (Hu et Li 2017).

Les géoportails sont des « passerelles » sur le Web permettant d'accéder aux données géospatiales (Hu et Li 2017). Pour la région du Caucase, un géoportail a été créé afin d'en collecter et rassembler les données. Il se nomme « Geoportal of the Caucasus-SDI, Scientific Network for the Caucasus Mountain Region ». Une partie du travail de ce stage sera d'importer les données collectées et préparées sur ce portail afin d'assurer leur diffusion (Koshkarev 2021).

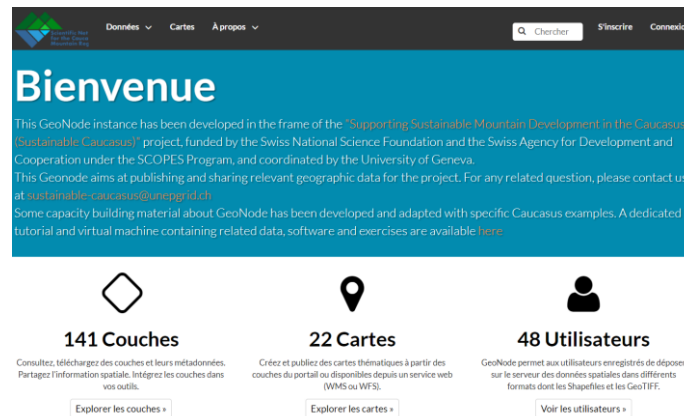


Figure 5 : Géoportail du Caucase.

Les métadonnées correspondent à la documentation accompagnant les données et permettant de comprendre les données ainsi que leur provenance. Les informations retrouvées dans les métadonnées sont : les titres, les descriptions, les catégories de données, les lieux et la date de la collecte des données, la source des données, les systèmes de coordonnées, les projections des cartes et les procédures de traitement des données (Hu et Li 2017).

Des fonctions de recherche efficaces sont indispensables dans une IDS afin de trouver rapidement et facilement les données géospatiales pertinentes. Dans le cas contraire, les utilisateurs auront difficilement accès aux données (Hu et Li 2017).

L'interopérabilité est une condition importante à l'accès aux données d'une IDS et à leur diffusion auprès d'acteurs différents. Cette interopérabilité représente « la capacité de différents systèmes d'information géographique à partager, échanger et exploiter des données et des fonctions géospatiales hétérogènes » (Hu et Li 2017). L'Open Geospatial Consortium (OGC) est une association dont le but est de créer des standards permettant d'homogénéiser les données spatiales, notamment grâce aux services Web qui fournissent des interfaces de programmation d'application standardisées pour permettre l'accès à distance aux données et aux fonctions sur Internet. Cette homogénéisation a pour objectif de faciliter le partage et la diffusion des données sur différentes plateformes (Mostafavi et Bakillah 2012).

1.3.5. Les SIG et le Caucase

1.3.5.1. Contexte de l'apparition des SIG dans le Caucase

L'apparition et le développement des SIG dans la région du Caucase est influencée par les avancées de la Russie dans le domaine. Au XVIII^{ème} siècle, l'Empire russe développe des cartes topographiques et thématiques de son territoire. Cependant, ces cartes n'étaient pas très précises à cause de l'étendue du territoire russe. Après la Révolution russe, en 1917, le gouvernement soviétique s'efforce d'établir des cartes à des fins économiques et hydrologiques. Il est leur est pourtant difficile de les développer, car, à cette période, ils sont en pleine guerre civile, puis ils connaîtront une invasion germanique lors de la 2^{ème} Guerre mondiale suivie de la Guerre froide. Pour toutes ces raisons, l'adoption de technologies géospatiales n'est pas très développée. Durant la Guerre froide, certains cartographes et

géographes développeront tout de même des cartes manuellement, cependant, par la suite, ces cartes seront difficilement transcrites en couches digitales vectorielles, elles seront donc scannées au format raster. La réelle contribution de la Russie dans le domaine se fera principalement grâce à ses satellites artificiels, tel que Sputnik dans les années 1950. Dans les années 1980, les SIG commencent à se développer dans l'Union Soviétique, avec essentiellement des données en format raster. A cette période, les SIG se développent fortement dans le monde. Cependant, arrive rapidement la chute de l'Union Soviétique dans les années 1990 ce qui n'est pas propice à un développement des SIG. En effet, le développement de cette technologie nécessite des institutions nationales avec de grandes capacités, un fort système d'éducation et les fonds suffisants. Or, ces trois éléments étaient absents lors de la fin de l'Union Soviétique (Leipnik et Anpilogov 2007). Par la suite, la Géorgie, l'Arménie et l'Azerbaïdjan deviennent des Etats indépendants. Cependant, la région reste instable, il est donc difficile pour ces pays de développer des SIG. L'Arménie a un accès limité à ces technologies après avoir gagné son indépendance. L'Azerbaïdjan, étant un pays pétrolier, a développé son SIG dans le domaine du gaz et du pétrole principalement, de même que la Russie et la Géorgie, mais, dans les autres secteurs, il est plus difficile de trouver des fonds (Leipnik et Anpilogov 2007). Ces dernières années ont permis aux SIG de bien se développer dans cette région avec l'aide d'universitaires locaux et occidentaux. Un grand nombre d'images satellite, de photographies aériennes, de géolocalisation de sites et d'analyses spatiales ont pu être accumulées (Lindsay et al. 2018).

La Turquie a connu un grand développement des SIG à partir des années 1990. Les premiers projets publics de développement des technologies SIG consistent à la création de cartes digitales pour les forces armées turques. Puis, les universités commencent à effectuer des recherches sur ces technologies en vue de les utiliser. Les universités sont donc pionnières dans le développement des SIG dans le domaine public (Yomralioglu 2002).

A la fin du XXème siècle, l'Iran a une volonté de développer son SIG, notamment en établissant une IDS performante. Cependant, plusieurs difficultés sont apparues : des problèmes d'ordre technique et organisationnel. Les problèmes techniques sont principalement l'absence de normes permettant la production, le stockage et le partage des données, l'absence d'accès adéquat au réseau pour le partage de données spatiales en ligne et l'absence d'uniformité pour logiciels utilisés selon les secteurs. Les problèmes organisationnels proviennent essentiellement du manque de coopération et de communication entre les différents niveaux (local, national). Ces difficultés ont freiné le développement des SIG dans le pays (Nourqolipour et shariff 2009; Mohammad et Valadan Zoej 2021).

1.3.5.2. Défis et opportunités pour le développement des SIG dans le Caucase

En termes de développement des SIG, les pays du Caucase ont accumulé du retard en comparaison internationale. Cette situation est due principalement à des obstacles d'ordre économique et institutionnel à la suite de la dissolution de l'URSS à la fin du XXème siècle. Il existe cependant quelques disparités entre les pays. Les pays exportateurs d'énergies fossiles investissent financièrement dans le développement des SIG afin d'utiliser ces technologies dans l'industrie pétrolière et l'industrie du gaz naturel. En revanche, il est plus difficile de trouver des ressources et des fonds pour leur développement dans le domaine public et la recherche académique (Leipnik et Anpilogov 2007). La géographie montagneuse de la région demande aussi une coopération entre les pays du Caucase, car les chaînes de montagne traversent plusieurs pays à la fois. Il doivent donc se coordonner pour acquérir les données, ce qui pose des difficultés encore aujourd'hui à cause des conflits géopolitiques de la région (Chatre 2013; Merlin et al. 2010).

Il existe tout de même un grand potentiel pour le développement de cette technologie dans le Caucase, si le secteur privé, le secteur public et les institutions académiques collaborent. Un soutien des entreprises leaders dans le domaine des SIG, tel qu'ESRI, d'organisations internationales, ainsi que d'institutions académiques prestigieuses de la région et de l'étranger, peut également encourager ces

pays à un développement du secteur. Ils pourraient ainsi devenir plus performants dans ce domaine (Leipnik et Anpilogov 2007).

2. PROBLÉMATIQUE

La région du Caucase étant particulièrement sensible au changement climatique avec son environnement montagneux, il est important d'améliorer la disponibilité des données spatiales afin de diminuer sa vulnérabilité en permettant une meilleure compréhension des réalités de la région ce qui pourra entraîner une prise de décision pertinente au niveau politique. Les SIG sont donc essentiels pour le développement de la région.

Ce travail de stage se concentre sur le cycle complet de la collecte de données (déjà existantes sur les plateformes Web ou recueillies par les groupes locaux du projet SCAC) à la mise à disposition des données au public, ainsi qu'à la mise en forme d'outils de visualisation de ces données. Afin de questionner la pertinence de ces outils et de la méthode utilisée, plusieurs questions de recherche sont développées :

- a) *En quoi les jeux de données globaux librement disponibles peuvent améliorer l'accès aux données régionales ?*
- b) *1. De quelle manière les outils d'analyse spatiale permettent-ils l'amélioration du développement de la région du Caucase dans le cadre du projet SCAC ? 2. Qu'en est-il des outils de visualisation et de dissémination de l'information tels que les Dashboards ou les StoryMaps ?*
- c) *Quels enjeux représentent les SIG dans le cadre d'un projet de développement d'une région ?*

3. OBJECTIFS DU STAGE ET MÉTHODOLOGIE

L'objectif principal du stage consiste à compléter le document central du projet SCAC, appelé « Caucasus Environment Outlook », avec des couches de données démographiques, socio-économiques et environnementales du Caucase. Ensuite, l'importation de ces couches se fera sur le Geonode du projet afin de disséminer l'information, puis, la création des outils de visualisation de ces données concernant quelques couches de données choisies préalablement permettra une meilleure compréhension de l'information recueillie.

La réalisation de ce stage comporte 7 étapes principales :

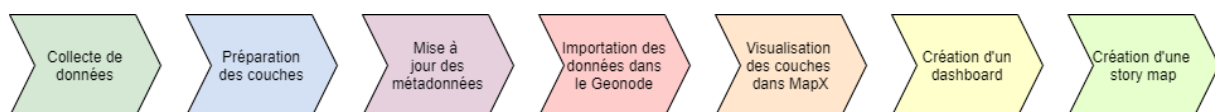


Figure 6 : Etapes principales du stage.

3.1. Collecte de données

La première étape de ce stage est le tri des données disponibles dans la base de données du projet SCAC ainsi que la collecte des données manquantes en Open Data disponibles. Dans la base de données du projet, une grande partie des données étaient incomplètes pour en faire des cartes sur toute la région du Caucase. Quatre principaux problèmes ont été détectés :

- Des manques dans les données de certains pays
- Des dates de données différentes pour plusieurs pays
- Des valeurs différentes selon les fichiers ouverts
- Différentes unités utilisées pour les données

Afin de résoudre ces problèmes, certaines données supplémentaires ont été demandées aux groupes locaux du projet.

Cependant, la collecte de données a aussi été complétée par la recherche de données ouvertes disponibles auprès d'organisations de référence telles que :

- NASA pour les données des feux,
- OCHA pour des données sur l'éducation et la santé,
- UNESCO pour des données sur la culture,
- WorldClim pour les données d'altitude,
- ProtectedPlanet pour les données sur les aires protégées,
- OpenStreetMap pour des données sur l'éducation, la culture, le tourisme et les infrastructures routières et ferroviaires,
- Commission Européenne pour les données de l'établissement humain,
- Copernicus pour les données de couverture du sol.

3.2.Préparation des données

Après la récolte des données, le but est de préparer des données afin de les représenter géographiquement à l'aide des logiciels QGIS, ArcGIS Pro et ArcMap et de connaître les paramètres démographiques, socio-économiques et environnementaux collectés pour chaque unité administrative du Caucase aux niveaux des pays, des NUTS2 ou des NUTS3. Le tableau récapitulatif de chaque couche et des outils géomatiques utilisés se trouve en annexe 1.

Les NUTS (Nomenclature des Unités Territoriales Statistiques) sont des standards établis par Eurostat dans les années 1970 afin de diviser l'Union Européenne en différentes unités statistiques selon le nombre d'habitants et représentant des entités régionales plus ou moins grandes selon le niveau (Commission européenne 2021). Il ne faut cependant pas confondre ces standards avec les subdivisions administratives globales provenant de la norme ISO 3166-2:2020 (ISO 2020) :

- Les NUTS1 représentent des entités se trouvant entre le niveau national. Il correspond au premier niveau administratif infranational (par exemple, un groupe de régions).
- Les NUTS2 correspondent généralement au premier niveau administratif infranational (par exemple, régions, provinces, oblasts, krajs, etc.). Chaque NUTS2 devrait contenir entre 800'000 et 3'000'000 habitants.
- Les NUTS3 correspondent généralement au deuxième niveau administratif infranational (par exemple, provinces, municipalités, etc.). Chaque NUTS3 devrait contenir entre 150'000 et 800'000 habitants.

3.3.Mise à jour des métadonnées

Lorsque les couches ont été préparées à l'aide de QGIS, l'étape suivante est d'entrer les métadonnées de chaque couche dans Confluence, un logiciel permettant le travail collaboratif, dans lequel un dossier, appelé « Delphine », est consacré à mon travail de stage. Dans ce dossier, chaque page correspond à une carte créée. Pour chacune de ces cartes créées, différentes informations sur les sources, les types de données et la méthodologie y sont décrites :

- Source de la donnée
- URL de la source
- Année de représentation de la donnée
- Unités de la donnée
- Autres sources utilisées pour la donnée

- Source de la légende de la couche
- Description des données de sortie (Caucase et chaque pays de la région)
- Type de NUTS
- Procédure pour créer la couche dans QGIS
- Image de la couche de sortie avec sa légende
- Table Excel complétant la carte pour certaines couches.

3.4.Importation des cartes dans le Geonode

Afin de mettre les données à disposition du public, il est indispensable de publier les données sur une plateforme accessible. Pour ce travail, les données seront importées dans le Geonode créé spécifiquement pour le Caucase « Supporting Sustainable Mountain Development in the Caucasus (Sustainable Caucasus) », notamment financé par le Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNRS) et l'Agence suisse pour le développement et la coopération (DDC), afin de réunir les données recueillies dans le cadre du projet (Scientific Network for the Caucasus Mountain Region s. d.).

Un Geonode est une plateforme ou application Web en Open Source permettant de développer, gérer et publier des données spatiales ainsi que de créer des cartes interactives (OSGeo 2012; 2021).

Les couches importées dans le Geonode doivent avoir des formats spécifiques pour être importées dans l'application :

- Les couches vectorielles doivent être importées en format « .shp ».
- Les couches raster doivent être importées en format « .tiff ».
- Les légendes associées aux couches vectorielles ou raster doivent être importées en format « .sld ».

Après l'importation des couches, il faut ajouter un titre ainsi que des métadonnées à chaque couche, puis, insérer une miniature (thumbnail) pour pouvoir visualiser les couches dans la liste déroulante des couches sur la plateforme.

3.5.Visualisation des données sur MapX

MapX est une plateforme ouverte disponible en ligne permettant de gérer et visualiser des données géospatiales relatives aux ressources naturelles et aux problématiques environnementales. Cette plateforme a été créée à l'origine pour la mise à disposition de données spatiales pour les parties prenantes du secteur extractif. Cependant, son spectre de données spatiales s'est élargi avec le temps à de nombreux domaines liés à l'environnement, tels que la planification de la biodiversité ou les énergies renouvelables (Lacroix et al. 2019).

Pour visualiser les couches du projet dans MapX, un projet nommé « Caucasus », a été créé en amont. Ensuite, une première couche vectorielle représentant la région du Caucase divisée par pays a été intégrée au projet : il faut d'abord importer la source contenant les données que l'on veut visualiser à partir d'un dossier en format « .zip » contenant tous les fichiers permettant de créer un Shapefile. Puis, il faut créer une « vue » vectorielle dans laquelle on intègre la couche de données source que l'on a importée préalablement. On ajoute ensuite un titre à la vue, ici « Caucasus countries boundaries » et un résumé de la donnée. Enfin, il faut modifier la légende dans MapX afin d'avoir une couleur différente pour chaque pays (Fig. 6).



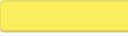



From	To	Label	Color	Opacity	Size	Symbol	
5	6	Armenia		0.7	1	none	✕ ↓
6	7	Azerbaijan		0.7	1	none	✕ ↑ ↓
3	5	Georgia		0.7	1	none	✕ ↑ ↓
2	3	Iran		0.7	1	none	✕ ↑ ↓
1	1	Russia		0.7	1	none	✕ ↑ ↓
1	2	Turkey		0.7	1	none	✕ ↑

Figure 7 : Règles déterminées pour la légende de la carte des pays du Caucase sur MapX

Pour visualiser les données du Geonode sur MapX, il a fallu lier les cartes, choisies préalablement, du Geonode à MapX via les services Web. Un service Web est un protocole d’interface informatique permettant d’échanger des données entre différentes applications (OGC 2021). Pour transférer les couches du Geonode vers MapX, le « Web Map Service » (WMS) a été utilisé. Ce protocole a été standardisé par l’Open Geospatial Consortium (OGC) et permet spécifiquement le partage des cartes géoréférencées entre les plateformes (OGC 2021; Michaelis et Ames 2008).

Pour lier les données du Geonode, il faut créer une vue raster. Ensuite, il faut coller le lien WMS du Geonode dans le formulaire permettant d’éditer la vue (Fig. 7) et chercher la couche que l’on veut partager. Il faut ensuite remplir le formulaire avec les métadonnées de la couche. Cependant, il n’est pas nécessaire de recréer une légende sur MapX, car il reprend automatiquement celle du Geonode grâce à l’utilisation des services Web.

Display WMS configurator
 Tool to choose WMS hosts and build URL automatically URL for tiles and legends

WMS configurator

Select a service preset

Enter service URL

Select layer

Figure 8 : Etape du formulaire permettant de coller le lien WMS du Geonode dans MapX afin de partager les données voulues d’une plateforme à l’autre.

3.6.Création d’un Dashboard sur Superset

Un Dashboard, ou « tableau de bord » en français, est un outil permettant une représentation visuelle en rassemblant les informations importantes d’un thème particulier sur une même page. Il contribue à une meilleure compréhension de la donnée et à une visualisation agréable permettant une analyse plus approfondie du sujet traité. Cette représentation visuelle des données se caractérise par l’affichage de certains graphiques et tableaux. Elle peut être également interactive grâce à l’ajout de filtres. La marche à suivre concernant la création des graphiques et du Dashboard se trouve à l’annexe 2.

Dans ce projet, l’application Web utilisée pour créer les Dashboards est Superset. C’est une plateforme « Open Source » de la Fondation Apache permettant la visualisation et l’exploration de données à l’aide d’une grande variété de graphiques (Superset s. d.). Ainsi, trois Dashboards ont été

créés à partir des couches préparées sur trois sujets distincts du Caucase : la population, la culture et les aires protégées.

Le Dashboard de la population du Caucase a été créé à l'aide de différentes données de population recueillies lors de l'étape de la collecte de données :

- La population totale en 2000
- La population totale en 2020
- La densité de population 2020
- Le taux d'urbanisation 2020
- La population urbaine totale 2020
- La population rurale totale 2020
- La croissance moyenne annuelle de population 2020

Le Dashboard représentant la culture dans le Caucase a été créé à partir des données recueillies sur OpenStreetMap concernant les lieux culturels du Caucase en 2021. Enfin, la table de données de 2021 sur les aires protégées recueillie lors de la collecte a permis de créer le dernier Dashboard.

3.7.Création d'une StoryMap sur MapX

Une StoryMap, ou « carte narrative » en français, est un outil permettant de communiquer des informations de manière immersive et visuelle. C'est une présentation combinant du texte, des images, des contenus multimédias ainsi que des cartes interactives provenant de MapX (ESRI s. d.).

Pour créer cette StoryMap, il faut créer une nouvelle vue en tant que StoryMap, puis, remplir les informations générales de cette dernière, telles que le titre et le résumé. Ensuite, il a fallu remplir le formulaire permettant la configuration du plan de la présentation :

- Chaque « Step » correspond à une page de la StoryMap.
- Chaque « Slide » correspond à un élément d'une page.

La StoryMap contient des informations générales sur le Caucase et sa géographie, ainsi que sur ses statistiques démographiques. Pour la créer, plusieurs cartes importées sur MapX ont été utilisées : les cartes concernant les statistiques de population (population totale, densité de population, taux d'urbanisation et croissance annuelle de population), la carte des pays du Caucase et la carte des chaînes de montagnes.

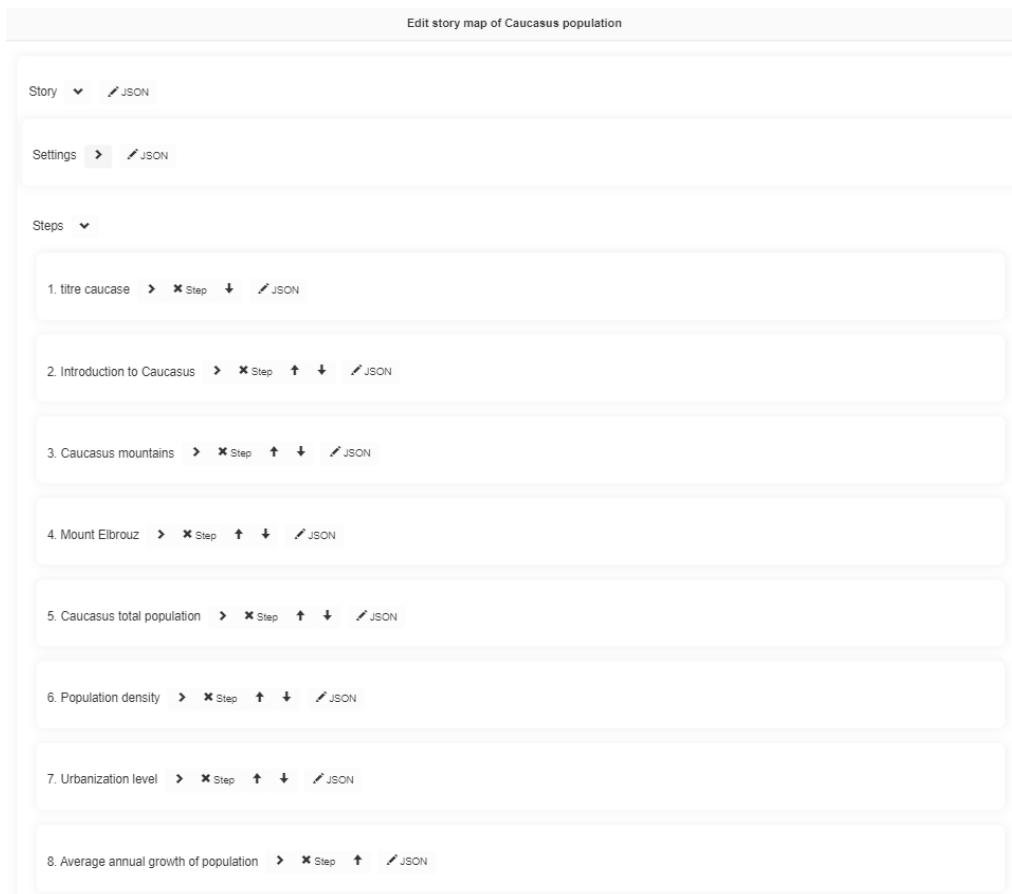


Figure 9 : Capture d'écran du formulaire de configuration générale d'une Story Map dans MapX.

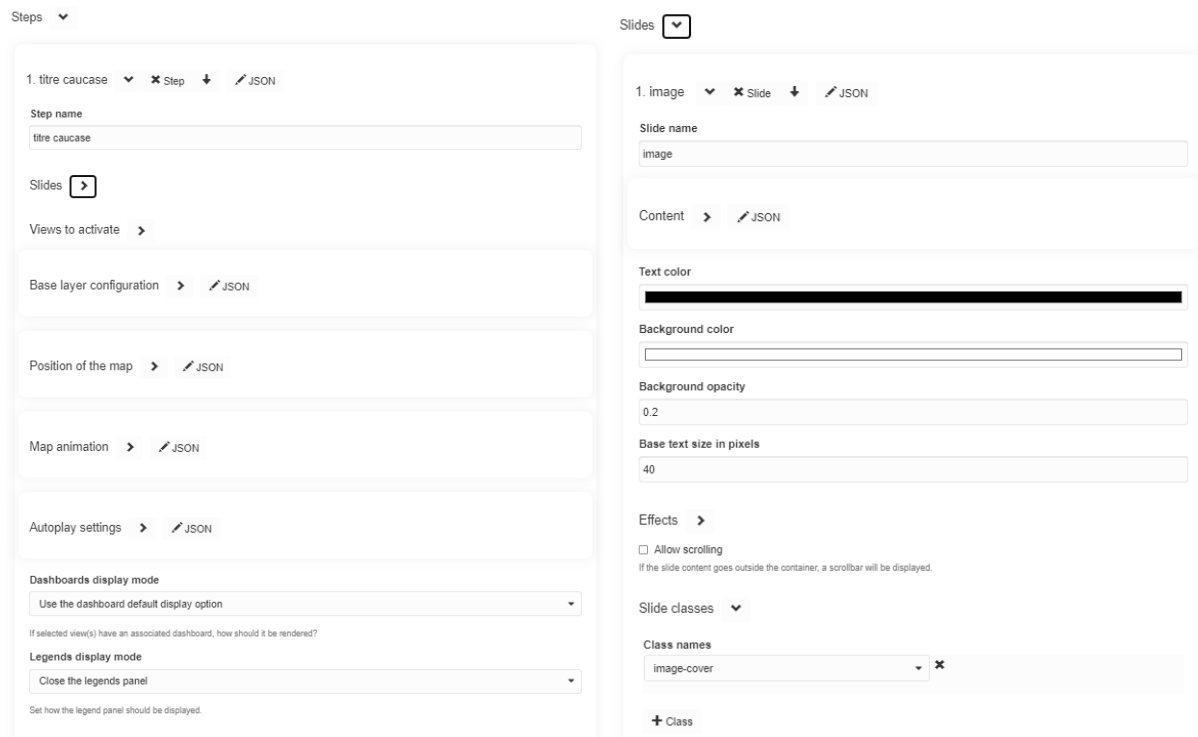


Figure 10 : Capture d'écran de la configuration d'un step (gauche) et d'une slide (droite) de la Story Map dans MapX.

Dans la configuration d'un step, il y a plusieurs étapes (Fig. 10) :

- Nommer le titre du step

- Configuration des slides
- Activer les vues (les cartes dans le projet MapX)
- Configurer la couche de base sur MapX
- Modifier la position de la carte sur MapX
- Mettre des animations pour l'apparition des cartes
- Paramétrer le step pour qu'il s'affiche automatiquement
- Affichage de la légende

Les étapes pour la configuration d'une slide sont (Fig. 10) :

- Nommer la slide afin de s'y retrouver
- Etablir la couleur et la taille du texte, puis, la couleur et la transparence de l'arrière-plan du texte
- Configurer la classe de la slide, c'est-à-dire la position de l'élément dans le step

Pour compléter la configuration des slides de chaque step, il faut aller dans le mode « Preview » et compléter les éléments, tels que l'écriture des textes ou le positionnement plus précis des éléments.

3.8. Calendrier du stage

Tableau 4 : Calendrier et organisation des tâches du stage.

Tâches	Durée
Collecte de données	Septembre – octobre 2021
Préparation des données	Octobre – mi-novembre 2021
Mise à jour des métadonnées	Mi-septembre – mi-novembre 2021
Importation des cartes dans le Geonode	Novembre 2021
Visualisation des cartes sur MapX	Mi-novembre – mi-décembre 2021
Création d'un Dashboard sur Superset	Mi-novembre – mi-décembre 2021
Création d'une Story Map sur MapX	Décembre 2021

4. RÉSULTATS

4.1. Collecte de données

La collecte de données a permis d'obtenir des données pour la création d'une vingtaine de couches en format vecteur ou raster (Tableau 5). La plupart des données obtenues proviennent de la recherche parmi les organisations de référence, car les données fournies par les groupes locaux du projet SCAC différaient selon les pays. Il était donc difficile de créer des cartes complètes du Caucase à partir de la base de données du projet.

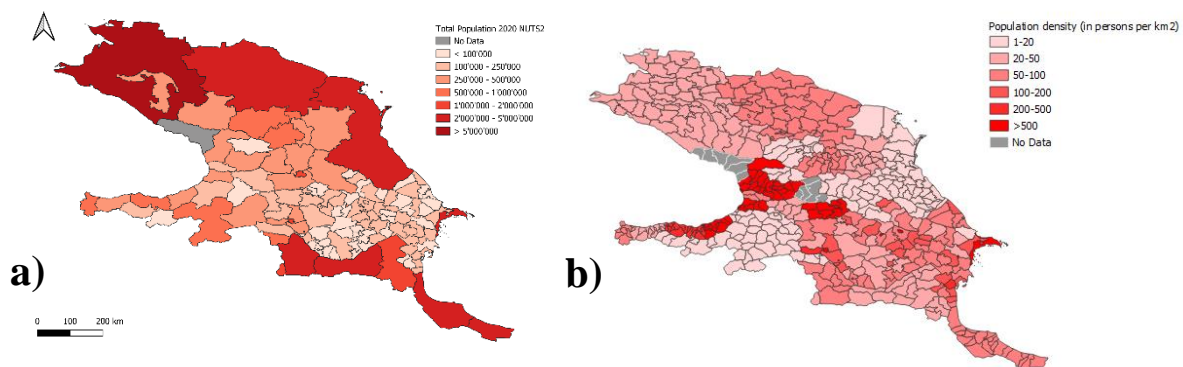
Tableau 5 : Liste des données collectées utilisées par la suite.

Thème de la donnée	Date de la donnée	Format de données avant préparation	Niveau statistico-administratif	Source/Institution	Lien URL
Total population	2020	CSV	NUTS2	Base de données du projet SCAC	https://scac-data.unepgrid.ch/
Population density	2020	CSV	NUTS3	Statistical Committee of the Republic of Armenia, Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan, National	https://www.armstat.am/en/ https://www.stat.gov.az/ https://www.amar.org.ir/english
Urbanization level	2020	CSV	NUTS3		

Average growth of population	2020	CSV	NUTS3	Statistics Office of Georgia, Statistical Centre of Iran, Federal State Statistics Service of Russia and Turkish Statistical Institute.	https://data.tuik.gov.tr/ https://www.geostat.ge/en https://eng.rosstat.gov.ru/
Education facilities	2020	Shapefile (points)	NUTS3	OCHA	https://data.humdata.org/dataset/
Health facilities	2020	Shapefile (points)	NUTS3	OCHA	https://data.humdata.org/dataset/
Fires	2020	CSV	NUTS3	NASA	https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/country/
World Heritage	2021	CSV	Countries	UNESCO	https://whc.unesco.org/fr/syndication
Elevation	2020	Geotiff	Caucasus, Countries, NUTS2, NUTS3	WorldClim	https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html
Protected areas	2021	Shapefile (polygones)	NUTS2, NUTS3	ProtectedPlanet	https://www.protectedplanet.net/en/
Roads Network	2021	Shapefile (lignes)	Caucasus	OpenStreetMap	https://download.geofabrik.de/asia/armenia.html
Railroads Network	2021	Shapefile (lignes)	Caucasus	OpenStreetMap	https://download.geofabrik.de/asia/armenia.html
Paleovegetation	Ice Age	ADF	Caucasus	Gavashelishvili et Tarkhnishvili 2016	https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/geb.12437
Mountains	2018	Shapefile (polygones)	Caucasus	Université de Berne	https://ilias.unibe.ch/goto_ilias3_unibe_cat_1000515.html
Cultural places	2021	Shapefile (points)	Caucasus	OpenStreetMap	https://download.geofabrik.de/asia/armenia.html
Education places	2021	Shapefile (points)	Caucasus	OpenStreetMap	https://download.geofabrik.de/asia/armenia.html
Tourism accomodation	2021	Shapefile (points)	Caucasus	OpenStreetMap	https://download.geofabrik.de/asia/armenia.html

4.2. Préparation des cartes

A la suite de la collecte et de la sélection des données intéressantes, la préparation des données a permis de créer un certain nombre de cartes. Tout d'abord, des *cartes liées aux données démographiques* ont été créées (Fig. 10).



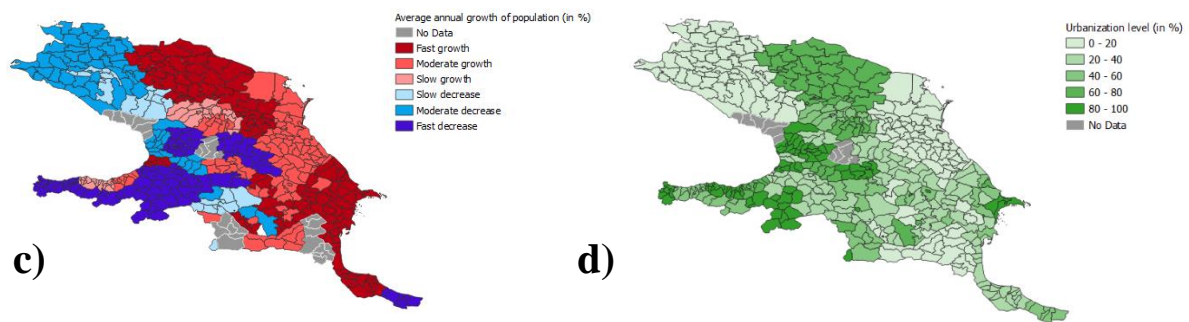


Figure 11 : Cartes représentant les données démographiques du Caucase : a) Population totale en 2020 par NUTS2, b) Densité de population 2020 par NUTS3, c) Moyenne annuelle de croissance de population en 2020 par NUTS3 et d) Taux d'urbanisation en 2020 de chaque NUTS3.

Ces couches vectorielles représentent les statistiques de population du Caucase en 2020 : la population totale selon les NUTS2, la densité de population, la croissance moyenne annuelle de la population et le taux d'urbanisation selon les NUTS3. Ces données proviennent des offices nationaux de statistiques des pays du Caucase.

D'autres cartes ont été préparées pour ce projet (voir les cartes à l'annexe 3) :

- *Les cartes liées à l'altitude* : Quatre cartes ont été créées à partir d'une couche raster globale provenant de WorldClim : une couche raster découpée sur le Caucase et trois couches vectorielles calculant l'altitude moyenne selon les pays, les NUTS2 et les NUTS3 (Annexe 3.1.).
- *Les cartes liées à la culture* : Une couche vectorielle constituée de points correspondant à chaque lieu culturel du Caucase a été créée. Différents symboles sont utilisés pour représenter les différents types de lieux culturels :
 - Lieux archéologiques
 - Œuvres d'art
 - Châteaux
 - Mémorial
 - Monuments
 - Musées
 - Ruines

Une couche vectorielle calculant le nombre de lieux culturels présents dans chaque NUTS3 a également été créée. Les données de ces cartes proviennent d'OpenStreetMap. Une carte représentant le patrimoine de l'UNESCO a également été créée (Annexe 3.2.).

- *Les cartes liées à l'accès à l'éducation* : Une première couche vectorielle constituée de points correspondant à chaque infrastructure éducative du Caucase est créée, ainsi qu'une couche vectorielle calculant le nombre de lieux liés à l'éducation présents dans chaque NUTS3. Les données de ces deux couches proviennent de la base de données de l'OCHA. Cependant, des données manquaient dans certaines zones de Russie et de Turquie. Une autre carte vectorielle de points a donc été faite et les données proviennent d'OpenStreetMap. Cette carte apporte une information supplémentaire sur les types d'infrastructure éducative à l'aide de différents symboles utilisés pour représenter chaque point :
 - Jardin d'enfants
 - Ecole
 - Collège
 - Université

La carte ne contient pas de zone manquante, mais la source est moins fiable que l'OCHA (Annexe 3.3.).

- *Les cartes liées aux feux* : deux couches vectorielles de points correspondant à chaque feu apparu dans le Caucase pour les années 2001 et 2020 ont été créées, puis, deux autres couches calculant le nombre de feux par NUTS3 pour ces mêmes années ont également été créées. Les données proviennent de la NASA à l'aide du MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Deux autres couches vectorielles, l'une avec les points et l'autre calculant le nombre de feux par NUTS3, ont été faites pour l'année 2020 avec des données provenant aussi de la NASA, mais qui ont été collectées à l'aide du VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite), car cette méthode de collecte est plus précise et plus efficace que le MODIS pour repérer les feux de plus faible envergure. Plus de feux ont donc été recensés avec cette dernière méthode (Annexe 3.4.).
 - *Les cartes liées à l'accès à la santé* : Une première couche vectorielle constituée de points correspondant à chaque établissement de santé du Caucase est créée, ainsi qu'une couche vectorielle calculant le nombre de d'établissements présents dans chaque NUTS3. Les données de ces deux couches proviennent de la base de données de l'OCHA. Cependant, des données manquaient dans certaines zones de Russie et de Turquie (Annexe 3.5.).
 - *La carte liée à l'établissement humain* : Une couche raster du niveau d'établissement humain dans le Caucase a été créée. Cette couche représente le taux de population habitant dans la région. Les données proviennent de la Commission Européenne (Annexe 3.6.).
 - *Les cartes liées aux infrastructures de transports* : Deux couches vectorielles composées de lignes ont été créées : l'une pour les infrastructures routières et l'autre pour les infrastructures ferroviaires. Les données collectées pour la préparation de ces cartes proviennent d'OpenStreetMap et représentent les données de l'année 2021 (Annexe 3.7.).
 - *La carte liée au relief* : Une couche vectorielle dont les polygones représentent des chaînes de montagnes du Caucase a été créée à partir d'une couche vectorielle globale des chaînes de montagnes téléchargée depuis le site de l'Université de Berne (Annexe 3.8.).
 - *Les cartes liées au tourisme* : Deux couches vectorielles ont été créées. La première est composée de points qui représentent chaque hébergement touristique. Différents symboles sont utilisés pour représenter les différents types d'hébergement :
 - Hôtels
 - Auberges de jeunesse
 - Motels
 - Maisons d'hôte
 - Campings
 - Parcs pour caravanes
 - Refuges de montagne
 - Chalets
 - Refuges ou abris
- Une deuxième couche vectorielle représentant le nombre d'hébergements touristiques par NUTS3 a également été créée (Annexe 3.9.).
- *La carte liée à la paléo végétation* : Une couche raster dont les pixels correspondent à un type de paléo végétation :
 - Forêts tempérées
 - Forêts boréales
 - Savanes et forêts sèches

- Prairies et buissons secs
- Déserts
- Toundra

Les données utilisées pour cette carte proviennent d'un article de revue de Alexander Gavashelishvili et David Tarkhnishvili (Annexe 3.10.).

- *La carte liée aux aires protégées* : La couche vectorielle créée contient des polygones représentant les aires protégées. Il est possible de distinguer les différents types d'aires protégées selon la catégorisation de l'IUCN (Day et al. 2012) :
 - Réserve Naturelle Intégrale : aire protégée à des fins principalement scientifiques ou de protection des ressources sauvages.
 - Zone de Nature sauvage : aire protégée gérée principalement afin de protéger les ressources sauvages.
 - Parc national : aire protégée gérée principalement pour protéger les écosystèmes, mais aussi à buts récréatifs.
 - Monument naturel : aire protégée gérée principalement pour préserver certains éléments naturels spécifiques.
 - Aire de gestion des habitats ou des espèces : aire protégée gérée principalement pour la conservation, avec une intervention au niveau de la gestion.
 - Paysage terrestre ou marin protégé : aire protégée gérée principalement afin d'assurer la conservation de paysages terrestres ou marins et à des fins récréatives.
 - Aire protégée de ressources naturelles gérée : aire protégée gérée principalement afin d'utiliser de façon durable des écosystèmes naturels.

Les données utilisées pour la préparation de la carte proviennent du site ProtectedPlanet qui actualise régulièrement les données du site. Elles représentent les aires protégées d'octobre 2021 (Annexe 3.11.).

4.3. Développement des métadonnées

Lorsque les cartes sont prêtes, leurs métadonnées sont décrites dans Confluence dans la même forme que pour la population totale telle que montrée ci-dessous (Fig. 11).

The screenshot shows a Confluence page for 'Total population'. The left sidebar contains a navigation menu with categories like Population, Tourism, Transport infrastructure, Water, Infrastructure, Institutions, People, Timeline, Outputs, CEO, Meetings, and Metadonnées. The main content area displays the following metadata:

- BASIC INFORMATION**
 - **Source(s):** Local group of SCAC project
 - **Provider(s):** National statistics offices of Armenia, Azerbaijan, Georgia, Iran, Russia, Turkey
 - **Year of representativeness:** 2020
 - **Units:** Number of population
- DETAILED INFORMATION**
 - **Other data sources considered:**
 - **Legend used for the map:** Based on Eurostat (<https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tgs00096/default/map?lang=en>), but modified in order to fit the data in Caucasus.
- OUTPUTS**
 - **Caucasus:**
 - **Caucasus countries:**
 - Armenia:
 - Azerbaijan:
 - Georgia:

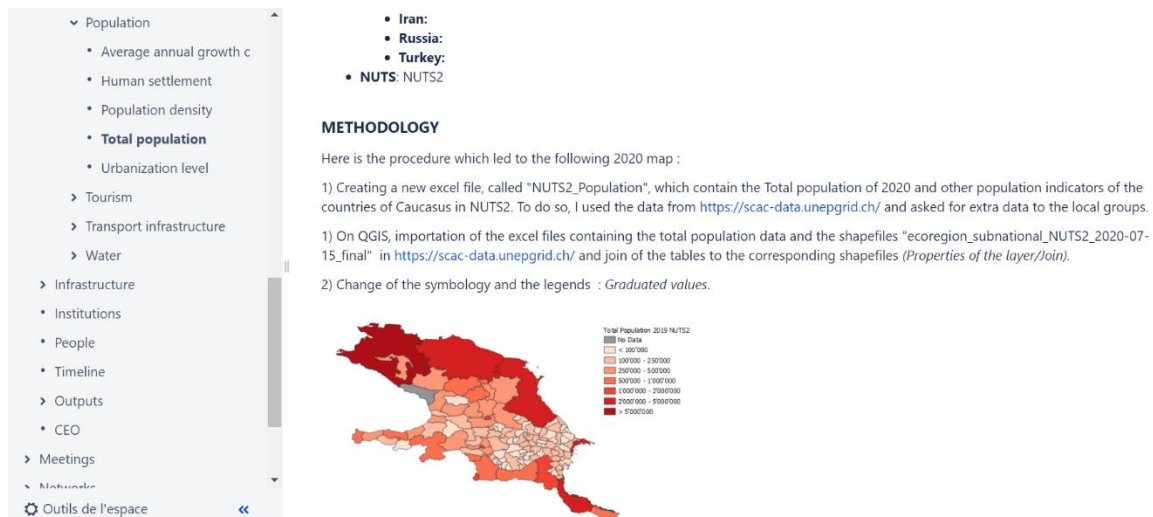


Figure 12 : Capture d'écran d'une page de Confluence dans laquelle les métadonnées de la couche de la population totale en 2020 sont détaillées.

Pour visualiser les métadonnées sur Confluence, cliquer sur le lien suivant et s'identifier : <https://doc-caucasus.unepgrid.ch/display/SKB/Delphine>

4.4. Importation des données dans le Geonode

Dix-sept des cartes créées ont été choisies pour être mises à disposition sur le Geonode :

- La couche raster de l'altitude
- La couche raster de la paléo végétation
- Les couches de points suivantes : les lieux culturels, les établissements éducatifs et les hébergements touristiques (OpenStreetMap)
- Les couches de lignes suivantes : les infrastructures routières et ferroviaires
- Les aires protégées
- Le nombre de feux par NUTS3 en 2020 avec l'instrument VIIRS de la NASA
- Le nombre d'établissements éducatifs et le nombre d'établissements de santé par NUTS3 (OCHA)
- La moyenne annuelle de croissance de la population par NUTS3
- La densité de population par NUTS3
- Le taux d'urbanisation par NUTS3
- La population totale par NUTS2
- Le patrimoine de l'UNESCO
- Les chaînes de montagnes

Les cartes sont ensuite importées dans le Geonode pour qu'elles apparaissent de la manière suivante :

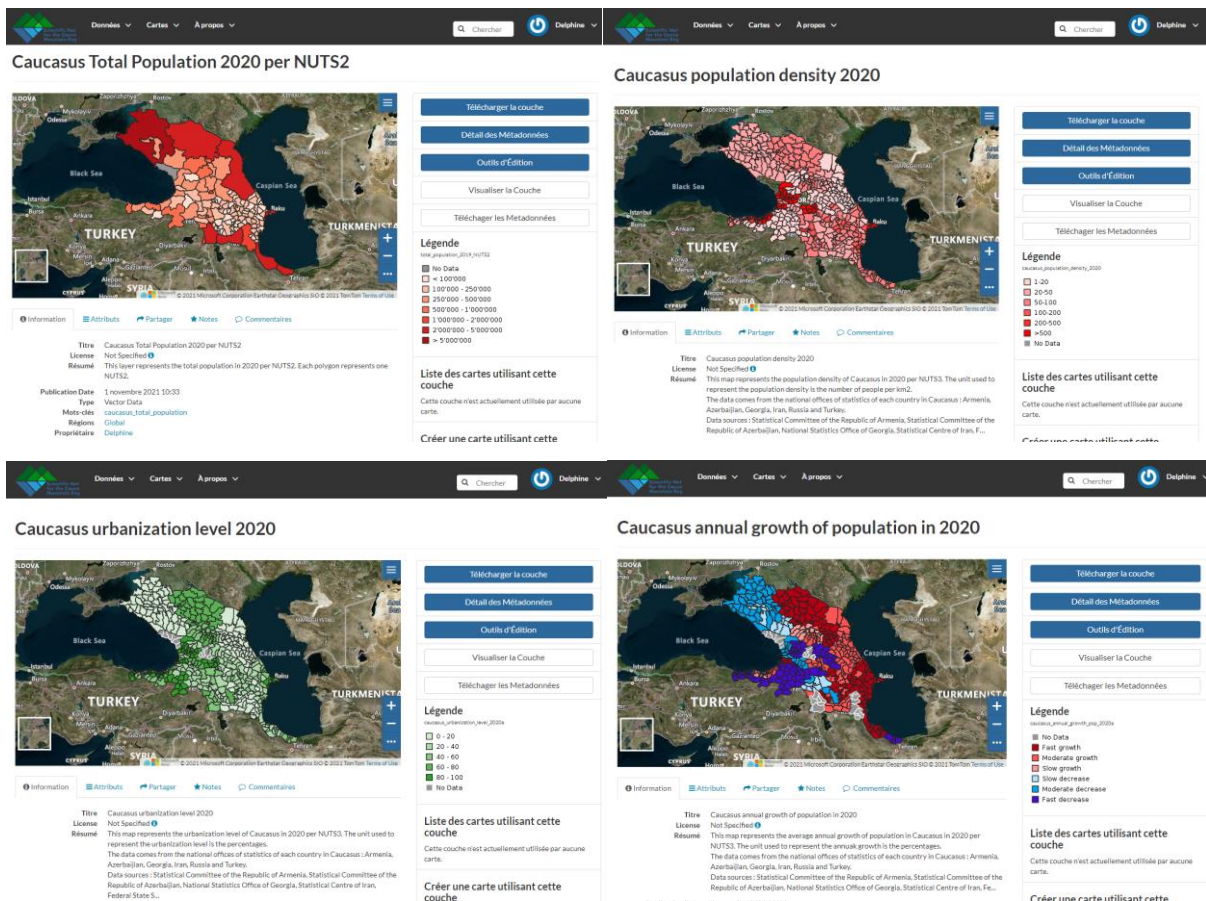


Figure 13 : Visualisation des cartes concernant les statistiques de population du Caucase en 2020 sur le Geonode.

Les autres cartes importées sur le Geonode se trouvent à l'annexe 4. La visualisation des couches dans le Geonode est disponible à l'aide du lien suivant : https://sustainable-caucasus.unepgrid.ch/layers/?limit=20&offset=0&owner_username_in=Delphine. Cependant, elles ne sont pas toutes disponibles en mode « Public », seules quelques-unes ont été autorisées à la publication. Les autres ne sont pour l'instant disponibles qu'avec l'identifiant de l'administrateur.

4.5.Mise à disposition des données sur MapX

Les cartes représentant les données démographiques, les chaînes de montagnes, les lieux culturels et les aires protégées sont ensuite liées à MapX depuis le Geonode.

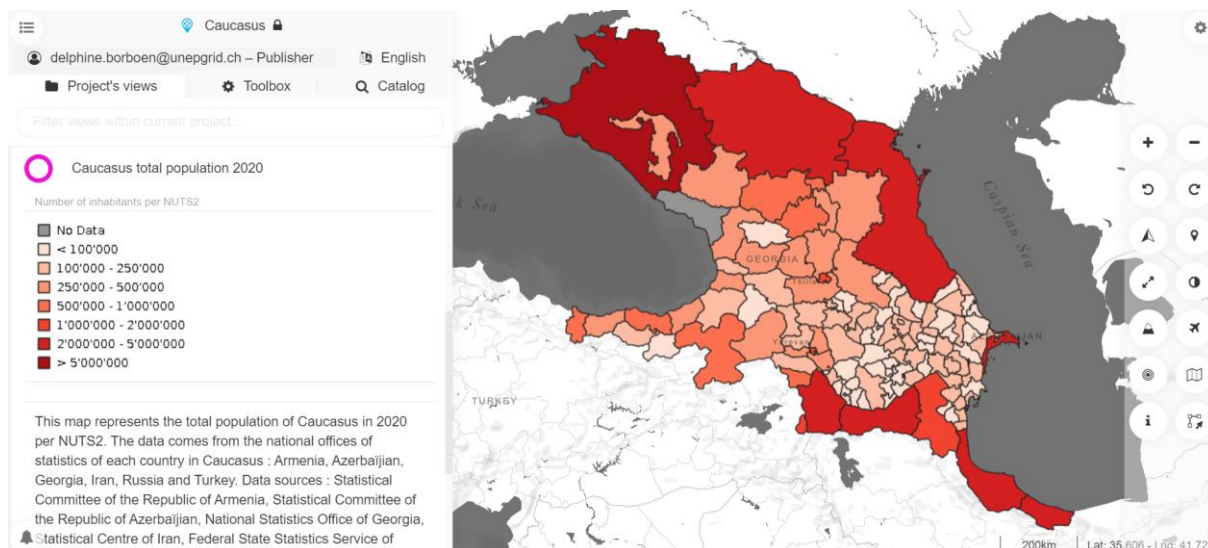


Figure 14 : Capture d'écran de la visualisation de la carte de population totale en 2020 dans l'application MapX.

La carte de la population totale du Caucase pour chaque NUTS2 montre une population plus importante dans les NUTS2 de la Russie et de l'Iran. Cependant, ces derniers ont également une plus grande surface que les NUTS2 de l'Arménie, l'Azerbaïdjan et de la Turquie, ce qui peut expliquer la plus grande concentration de population dans ces deux pays.

Les autres cartes présentes sur MapX ainsi que leur description succincte se trouvent à l'annexe 5. Pour visualiser sur MapX le projet du Caucase dans lequel se trouvent toutes ces cartes, cliquer sur le lien suivant en étant connecté à MapX pour y avoir accès : <https://app.mapx.org?project=MX-WLW-9SS-3MJ-2NY-EYF&views=MX-DB9O6-2R933-4QCMX,MX-6Q1EB-QPMLL-8RCIG,MX-B1OKT-D494O-HNO25,MX-IFK8A-XWA80-CVQCL,MX-WSYAW-HWXV1-TGULV,MX-I3TF7-TG7IV-D3JOP,MX-GYL5V-SWOEC-ZN4TT,MX-YAE4P-E1XUK-R8PHH,MX-T7QQ2-402OM-DX3SQ&viewsOpen=&lat=41.167&lng=36.156&z=4.067&language=en&>.

4.6. Dashboards

Trois Dashboards ont été créés à partir des cartes mises à disposition sur MapX sur les données de population, des lieux culturels et des aires protégées.

4.6.1. Dashboard de population

Pour représenter visuellement les données de population sur le Dashboard (Fig. 14), différents graphiques ont été utilisés :

- Des « Big Number » ont représenté la population totale en 2000 et en 2020,
- Des « Pie Charts » ont permis de représenter la distribution de la population totale en 2000 et 2020 selon les pays,
- Des « Bar Charts » ont représenté la densité de population, le taux d'urbanisation, la population urbaine et rurale totale et la croissance moyenne de population en 2020,
- Une visualisation des cartes de population sur MapX,
- Un filtre pour visualiser les données par pays du Caucase.

Il est possible de visualiser le Dashboard sur Superset en cliquant sur le lien suivant : <https://dash-training.unepgrid.ch/superset/dashboard/66/>.

4.6.2. Dashboard sur la culture

Pour représenter visuellement les données liées à la culture, les graphiques utilisés sont :

- Un « Pie Chart » pour représenter la distribution des différents types de lieux culturels,
- Un « Big Number » pour calculer le nombre de lieux culturels,
- Un « Bar Chart » pour croiser les données des types de lieux culturels avec les pays,
- Une carte représentant la couche des lieux culturels sur MapX,
- Un filtre afin d'afficher les données relatives à chaque pays ou à chaque NUTS2.

Le Dashboard des lieux culturels se trouve à l'annexe 6. Il est aussi possible de le visualiser sur Superset en cliquant sur le lien suivant : <https://dash-training.unepgrid.ch/superset/dashboard/65/>.

4.6.3. Dashboard des aires protégées

Pour la visualisation des données des aires protégées, les graphiques suivants ont été utilisés :

- Un « Big Number » pour calculer la surface totale des aires protégées dans le Caucase,
- Des « Pie Charts » pour représenter la distribution de chaque catégorie d'aire protégée selon l'IUCN ainsi que la distribution de leur surface et pour représenter la distribution des différentes désignations des aires protégées,
- Un « Word Cloud » comprenant les catégories d'aires protégées selon l'IUCN,
- Un « Bar Chart » pour croiser le nombre de chaque désignation selon les catégories de l'IUCN,
- Des « Area Charts » pour le nombre d'aires protégées et leur surface par année,
- Une carte représentant la couche des aires protégées sur MapX,
- Un filtre pour visualiser les données par pays du Caucase.

Le Dashboard sur les aires protégées se trouve à l'annexe 6. Il est aussi possible de le visualiser sur Superset en cliquant sur le lien suivant : <https://dash-training.unepgrid.ch/superset/dashboard/61/>.



Figure 15 : Dashboard des statistiques de population du Caucase.

4.7. Story Map

La dernière étape de ce travail est la création de la StoryMap effectuée sur MapX (Fig. 15). Elle met en évidence les généralités de la région du Caucase ainsi que ses statistiques démographiques. Elle contient huit diapositives :

- Diapositive 1 : page de titre avec, en arrière-plan, un paysage de la région d'Ardabil au Nord de l'Iran.
- Diapositive 2 : présentation de la géographie du Caucase et des pays qui le composent. La diapositive contient un espace pour le texte, une carte des pays du Caucase et une photographie de la province de Rize en Turquie.
- Diapositive 3 : présentation du Caucase en tant que région montagneuse. La diapositive contient un espace pour le texte, ainsi qu'une carte des chaînes de montagnes du Caucase.
- Diapositive 4 : présentation du sommet le plus haut de la région, le Mont Elbrouz, se trouvant dans la chaîne de montagnes du Grand Caucase. La diapositive contient une photographie du Mont Elbrouz, une image de sa localisation dans le Caucase et un espace pour le texte.
- Diapositive 5 : statistiques représentant la population totale du Caucase en 2020. La diapositive contient un espace pour le texte, un tableau et la carte de la population totale en 2020 par NUTS2.
- Diapositive 6 : statistiques représentant la densité de population de la région en 2020. Les pays les plus densément peuplés sont l'Arménie, suivie de l'Azerbaïdjan et de la Géorgie. A l'exception de l'Arménie qui n'a pas accès à la mer, les régions côtières des pays du Caucase sont plus densément peuplées que les régions intérieures des pays. La diapositive est composée d'un espace pour le texte et un tableau, ainsi que la carte de la densité de population en 2020 par NUTS3.
- Diapositive 7 : statistiques représentant le taux d'urbanisation de la région en 2020. La Turquie a le plus haut taux d'urbanisation de la région avec un taux de plus de 70%. Elle est suivie de l'Iran (51%) et de l'Arménie (48%). La diapositive est composée d'un espace pour le texte et un tableau, d'une image des graphiques représentant le nombre de population urbaine et le nombre de population rurale en 2020, ainsi que la carte du taux d'urbanisation en 2020 par NUTS3.
- Diapositive 8 : statistiques représentant le taux de croissance annuelle de population en 2020. Ce taux a une tendance négative à l'exception de l'Azerbaïdjan et de la Russie dans lesquels on remarque une augmentation de la population entre 2019 et 2020. La diapositive est composée d'un espace pour le texte et un tableau, ainsi que la carte de la croissance annuelle de population en 2020 par NUTS3.
- Diapositive 9 : liens des sites internet pour pouvoir rechercher des informations.

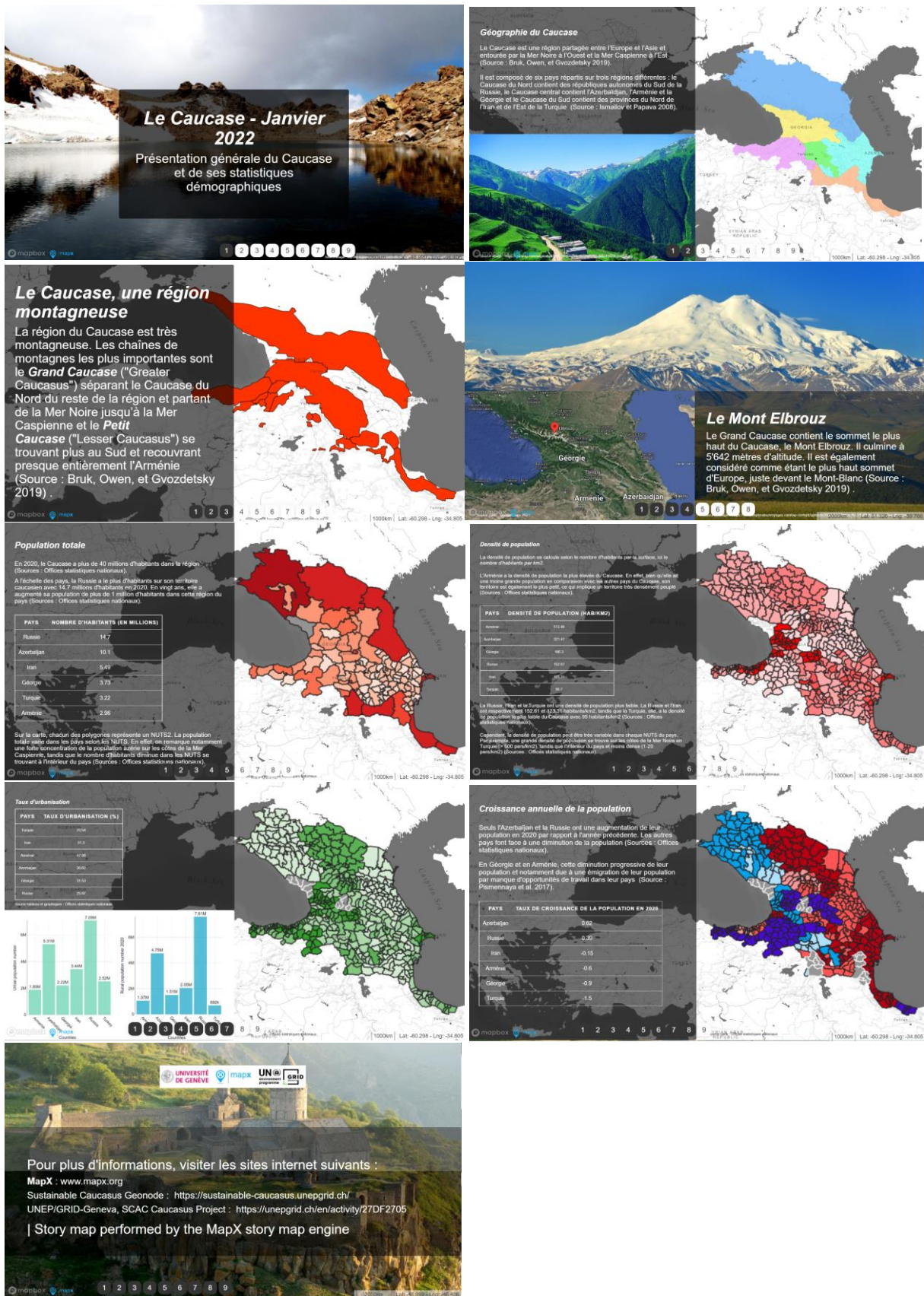


Figure 16 : StoryMap créée dans MapX présentant la région du Caucase et ses statistiques de population de 2020.

Il est possible de visualiser la StoryMap dans le projet « Caucasus » sur MapX en cliquant sur ce lien : <https://app.mapx.org/static.html?views=MX-T7QQ2-402OM-DX3SQ&zoomToViews=true&language=en&>.

5. DISCUSSION

5.1. Apports novateurs du travail

Le projet SCAC, mis en place par le PNUE/GRID-Genève, a permis de mobiliser des fonds pour le développement des SIG dans la région et a également permis d'entamer une coopération entre les pays du Caucase pour créer et compléter des données géospatiales sur différentes thématiques socio-économiques et environnementales. La plateforme Web créée pour le projet Caucase permet également de rassembler toutes les données sur la région.

Ce travail de stage a permis de compléter certaines parties du document central du projet SCAC, le « Caucasus Environment Outlook », en collectant des jeux de données disponibles sur des plateformes Web d'organisations de référence et créant des couches de données à l'aide des outils d'analyse spatiale. Ces données ont ensuite été publiées sur le Geonode et sur MapX afin de permettre la dissémination de l'information. Enfin, ce travail a permis d'améliorer la compréhension des données collectées en créant des outils de visualisation, tels que les Dashboards de population, des aires protégées et de la culture et la StoryMap expliquant les informations générales sur la région et ses statistiques démographiques.

Les programmes utilisés pour préparer et visualiser les données sont essentiellement en open source (QGIS, MapX, Superset). L'Open Source permet de mobiliser cette technologie en contournant le problème du manque de budget. En effet, les programmes payants sont extrêmement chers et ne sont pas à la portée de tous les projets mis en place. Ces logiciels en Open Source sont donc essentiels au développement et à l'accessibilité des SIG dans certaines régions.

a) *En quoi les jeux de données globaux librement disponibles peuvent améliorer l'accès aux données régionales ?*

Les jeux de données globaux ont permis de compléter les données régionales manquantes, provenant notamment de la base de données créée pour le projet sur le Caucase. En effet, comme expliqué dans la méthode, les données régionales n'étant pas nécessairement complètes, il a fallu trouver d'autres solutions pour récolter ces données.

Une autre difficulté était l'absence de données disponibles à l'échelle géographique voulue. Il était en effet d'autant plus difficile de collecter des données par NUTS, car, le plus souvent, les données recherchées existaient seulement à l'échelle des pays. Cet obstacle a énormément orienté la recherche de données pour ce travail. Afin de contourner en partie ce problème, les jeux de données globaux recherchés devaient être à des formats particuliers pour pouvoir être transformés à l'aide de QGIS et obtenir les données par NUTS2 ou NUTS3. Il a été possible de récupérer des jeux de données globaux en format raster, car les « Statistiques de zone » permettent de récupérer les données de chaque pixel et de les implanter sur une couche de masque en format vecteur et ainsi obtenir les données moyennes de chaque polygone qui correspondaient aux NUTS du Caucase. Un autre moyen de contourner le problème du manque de données disponibles par NUTS a été de récupérer des couches vectorielles composées de points et de la superposer à la couche de NUTS du Caucase afin de compter le nombre de points présents dans chaque NUTS. En revanche, beaucoup de couches vectorielles globales composées de polygones n'ont pas pu être utilisées pour ce projet, car généralement les jeux de données globaux sont composés de polygones représentant les pays.

Malgré quelques limites liées à la disponibilité des données régionales, les jeux de données globaux permettent d'améliorer l'accès aux données régionales, notamment par le biais de couches en format raster et de couche de points en format vecteur.

b) 1. De quelle manière les outils d'analyse spatiale permettent-ils l'amélioration du développement de la région du Caucase dans le cadre du projet SCAC ?

Afin d'améliorer leur efficacité, les initiatives pour le développement d'une région doivent se faire à une échelle assez grande. En effet, si les actions de développement locales ne sont pas dénuées de sens et permettent localement d'améliorer la situation des habitants, ces initiatives restent marginales et n'ont que peu d'effets sur le développement national ou régional (Imbernon 1999). Des initiatives liées à la diminution de la vulnérabilité de la population au changement climatique sont plus efficaces à l'échelle d'une écorégion (Imbernon 1999), c'est-à-dire un territoire géographique dont les composantes environnementales sont similaires, tels que la géomorphologie, le climat ou les ressources en eau. Le Caucase est d'ailleurs considéré comme une écorégion (Omernik 2004).

Les outils d'analyse spatiale permettent donc de rassembler et synthétiser toutes ces données locales, nationales et interrégionales collectées et de coordonner les actions dans leur ensemble et les informations afin d'établir des politiques pertinentes prenant en compte toutes les informations relatives à la région. Ces outils permettent également de mettre en exergue les lacunes en termes de connaissances ou de données disponibles sur certaines thématiques et ainsi faire prendre conscience du problème et éventuellement entraîner une réaction pour y remédier.

2. Qu'en est-il pour les outils de visualisation et de dissémination de l'information ?

Les outils de visualisation et de dissémination de l'information permettent de donner accès à l'information au grand public et améliorer la compréhension de l'information grâce aux outils tels que les Dashboards qui rassemblent, avec interactivité, les données liées à un thème spécifique sur une seule page, ou encore les StoryMaps qui présentent un thème en mélangeant différents formats permettant d'illustrer les informations.

En donnant accès facilement à l'information et en la démocratisant, ces outils améliorent la transparence de la connaissance et peuvent éventuellement accroître la confiance de la population dans les décisions politiques liées à la thématique et ainsi améliorer l'acceptabilité des décisions politiques prises dans le cas où les décisions vont dans le même sens que les données publiées (Grimmelikhuisen 2012).

c) A quels enjeux les SIG doivent-ils faire face dans le cadre d'un projet de développement d'une région ?

La qualité de l'information géographique recueillie, puis, disséminée est un enjeu important, car cette information impacte directement la crédibilité de l'organisme émettant l'information et peut ainsi influencer les décisions politiques qui en découlent (Lasseron 2006). Or, dans certaines régions ou selon les thématiques étudiées, il peut être difficile de collecter des données fiables et de qualité. Dans le cas du Caucase, certaines données statistiques officielles ont été distordues, notamment concernant la démographie de l'Arménie et de la Géorgie. Le phénomène d'exode massif dans les pays limitrophes pour trouver du travail est élevé dans ces deux pays. Cependant, il a été sous-estimé dans les statistiques, car les migrants gardent une résidence dans leur pays d'origine sans savoir réellement quand ils comptent revenir (Merlin et al. 2010).

Les conflits géopolitiques représentent un grand enjeu pour les SIG lors de projet de développement dans une région. Ces conflits peuvent également avoir un impact significatif sur la qualité de l'information géographique. La région du Caucase permet d'illustrer les conséquences de ces conflits sur les données spatiales collectées. Par exemple, en 1994, l'Azerbaïdjan affirmait que les forces armées arméniennes occupaient 20% de son territoire. Ce chiffre a été repris par des organismes internationaux, sauf qu'après avoir fait les calculs, la surface occupée représentait entre 13% et 15% du territoire. De plus, les populations déplacées à cause du conflit du Haut-Karabakh ont été comptabilisées dans leur district d'origine par l'Azerbaïdjan, et non dans celui dans lequel elles se sont réfugiées, ce qui entraîne une incertitude massive concernant les estimations de la population dans la région. Ces

conflits rendent plus difficile la collecte de données fiables et objectives d'autant que, comme plusieurs entités et territoires étant actuellement contestés, il est difficile de représenter objectivement cette région sans se heurter à des critiques d'une partie ou de l'autre. La géopolitique joue donc un grand rôle dans ces représentations et peut devenir une pression pour les personnes en charge de la cartographie (Merlin et al. 2010).

Enfin, le dernier enjeu considérable auquel les SIG font face est le besoin de coopération régionale pour mener ces collectes de données spatiales correctement afin d'uniformiser les méthodes de collecte et de partager les informations entre les différents pays de la région étudiée. La coopération est d'autant plus importante dans les régions de montagnes, car les chaînes de montagne sont partagées entre différents pays et imposent une coordination entre les pays afin d'avoir des informations pertinentes permettant une action collective dans toute la région pour plus d'efficacité (Chatre 2013).

5.2. Difficultés et Limites

Les principales difficultés rencontrées lors de la collecte de données étaient tout d'abord le tri des données sur la base de données du projet SCAC. Il était difficile de trouver les données de la même année pour tous les pays. Ensuite, l'échelle géographique des données spatiales posait également problème, car il était difficile de trouver des données par NUTS2 ou NUTS3. Comme expliqué dans les « Apports novateurs du travail », cet obstacle a pu en partie être contourné grâce aux jeux de données globaux recherchés en parallèle pour compléter les données de la base de données du projet.

Lors de la préparation des données en couches raster ou vectorielles, malgré un accès possible à ArcGIS Pro grâce à la licence de l'Université de Genève, QGIS a finalement été utilisé à cause de problèmes d'interopérabilité entre les deux logiciels, notamment vis-à-vis du format des légendes (« .lyr » pour ArcGIS Pro et « .qml » pour QGIS). Il était en effet difficile de convertir les légendes « .lyr » pour qu'elles soient compatibles avec QGIS, ainsi que les plateformes Web utilisées (Geonode et MapX).

L'importation des données sur les plateformes Web, telles que le Geonode et MapX, a posé quelques difficultés. Tout d'abord, la légende associée à la couche de l'altitude ne fonctionnait pas, car, lorsqu'elle était importée, la visualisation de la carte disparaissait. Il a donc fallu laisser la couche sans ajouter une légende plus précise. De plus, la modification de la légende directement sur le Geonode n'est pas très développée. Il n'y a donc pas beaucoup de possibilités de modifications et l'outil n'est pas très intuitif à l'utilisation. MapX connaît également quelques limitations en termes de modification de légendes :

- Pas de possibilité de modification des contours d'une couche vectorielle.
- Pas de possibilité de mettre des étiquettes sur une couche directement importée sur MapX. Cependant, ce problème peut être contourné à l'aide des services Web permettant l'importation des couches depuis le Geonode, car la couche est associée à la légende enregistrée dans le Geonode (elle peut donc contenir les étiquettes) et n'est pas paramétrée dans MapX.

Outre les limites posées par le paramétrage des légendes, certaines fonctions des StoryMaps peuvent être également limitées :

- Le déplacement des éléments de la présentation
- L'affichage de la légende des cartes affichées
- Le paramètre « EaseIn, EaseOut, EaseInOut » pas intuitif et pas expliqué dans le guide, donc pas utilisé pour la StoryMap.

Enfin, la création de Dashboards dans Superset connaît aussi certaines limites :

- La forme des tableaux CSV : il n'a pas été possible de créer un graphique représentant le nombre d'aires protégées créées par année selon la catégorie de l'IUCN, car il aurait fallu transformer totalement le tableau manuellement ce qui prenait trop de temps vu le nombre de lignes existantes dans le tableau. Seul un graphique représentant le nombre d'aires protégées par année sans distinction entre les catégories de l'IUCN a pu être créé.
- Les possibilités de modification des couleurs des graphiques sont également limitées. De plus, il n'est pas possible de mettre des couleurs différentes pour les colonnes d'un même graphique.
- Beaucoup de graphiques demandent les informations des coordonnées géographiques pour être utilisés. N'ayant pas ces coordonnées dans mes tableaux, le choix des graphiques possibles pour créer le Dashboard était restreint.

5.3. Opportunités et perspectives

Ce travail a permis de compléter des données manquantes du projet sur le Caucase (SCAC) et a également permis de faire un état des lieux des données disponibles concernant la région. De plus, les données ont pu être mises à disposition du public pour améliorer les connaissances sur le sujet. Enfin, les outils de visualisation des données permettent une meilleure compréhension du sujet et une vision globale des données avec des possibilités d'interactivité à l'aide des filtres ajoutés aux Dashboards.

Par la suite, il serait envisageable de compléter les données présentes sur le Geonode avec d'autres données sur la région, notamment des données économiques tels que le PIB de chaque région NUTS2 ou 3 si les données sont disponibles. Si ce n'est pas le cas, il serait possible de collaborer avec des personnes des pays afin de collecter ces informations et de pouvoir créer des cartes.

Les données collectées dans ce travail représentant généralement les valeurs des années les plus récentes, il serait également intéressant de collecter des données plus anciennes afin de pouvoir évaluer l'évolution des données de chacun des pays du Caucase, par exemple en évaluant l'évolution démographique des pays et en la présentant sous forme de graphique afin de l'incorporer au Dashboard rassemblant les statistiques démographiques de la région.

Il serait également intéressant de comparer les outils de visualisation utilisés pour ce travail (Superset pour les Dashboards et MapX pour la StoryMap) avec d'autres outils payants ou en Open Source afin de trouver l'outil le plus intéressant d'un point de vue qualité/prix.

6. CONCLUSION

En définitive, plusieurs « outputs » ont été produits pour ce travail :

- Des couches raster ou vectorielles de données socio-économiques et environnementales,
- Publication de ces couches sur des plateformes Web (Geonode, MapX),
- Des outils de visualisation des données : trois Dashboards (population, aires protégées et culture) et une StoryMap expliquant les particularités géographiques du Caucase ainsi que ses statistiques démographiques.

Ce type de travail encourage et contribue au développement des données ouvertes pour permettre cette dissémination de l'information et encourager la participation du grand public à contribuer à la collecte et à la mise à disposition des informations géographiques.

Depuis quelques années, la propagation des smartphones, ainsi que d'autres outils mettant à disposition l'information géographique, encourage la démocratisation de l'information géographique qui permet de disséminer les informations à la population. En effet, aujourd'hui, l'information géographique n'est pas détenue exclusivement par des experts, mais tout un chacun peut participer à la collecte des

données géographiques, notamment à l'aide de plateformes Web, telles que Google Maps, OpenStreetMap (Mericskay 2011; Grimmelikhuijsen 2012).

Les organisations internationales ont aussi un rôle à jouer dans la dissémination des informations. Ce sont des organismes importants pour permettre le développement de la recherche.

- Elles peuvent permettre le déblocage de fonds pour la réalisation de projets, ce qui peut être intéressant pour des pays n'ayant pas nécessairement les moyens humains ou financiers pour les réaliser.
- Elles peuvent également encourager un dialogue entre des pays en conflit, ce qui, dans la région du Caucase, est une grande opportunité étant donné les tensions présentes entre les pays. Ce dialogue permettra d'envisager une vision régionale des problèmes de cet environnement montagneux vis-à-vis du changement climatique.

7. BIBLIOGRAPHIE

Ambassade de France en Iran. 2017. « La situation économique et financière de l'Iran ». DG Trésor. <https://www.tresor.economie.gouv.fr/PagesInternationales/Pages/eb845fca-2642-4dff-b07c-01f1d305a973/files/2d71e458-7e92-4958-877e-9f731b0546c0>.

Aubry, Emilie. 2020. « Haut-Karabagh : le conflit entre Arméniens et Azéris - Leçon de géopolitique ». *Dessous des cartes*. France: ARTE. <https://www.youtube.com/watch?v=QIsIvWuiBM4>.

Aubry, Emilie. 2021. « Caucase : un carrefour d'influences ». *Le Dessous des cartes*. France: ARTE. <https://boutique.arte.tv/detail/le-dessous-des-cartes-caucase-carrefour-influences>.

Boulègue, Mathieu. 2016. « Le Caucase du Sud. Entre désunion régionale et “conflits gelés” ». *Études*, n° 11: 19-30. <https://doi.org/10.3917/etu.4232.0019>.

Brook, Solomon Ilich, Lewis Owen, et Nikolai Andreïevitch Gvozdetsky. 2019. « Caucasus ». In *Encyclopédie Britannica*. <https://www.britannica.com/place/Caucasus/Geology>.

Burrough, P.A. 1986. « Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment ». *Clarendon Press*, 1986.

Chatre, Baptiste. 2013. « LA COOPÉRATION INTERNATIONALE DANS LES ZONES DE MONTAGNE L'EXEMPLE DE LA CONVENTION ALPINE, UN MODÈLE DÉLAISSÉ », AFRI, 14. https://www.afri-ct.org/wp-content/uploads/2015/02/157_Chatre.pdf.

Commission européenne. 2021. « Historique de la NUTS ». Eurostat. <https://ec.europa.eu/eurostat/fr/web/nuts/history>.

Dao, Hy. 2005. « Le rôle des systèmes d'information géographique pour le développement urbain durable ». In *Enjeux du développement urbain durable*, Presses Polytechniques Universitaires Romandes, 123-56. Lausanne.

Day, J., N. Dudley, M. Hockings, G. Holmes, D. Laffoley, S. Stolton, et S. Wells. 2012. « Application des catégories de gestion aux aires protégées : lignes directrices pour les aires marines ». Gland, Suisse: IUCN. https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/iucn_categoriesamp_fr_2.pdf.

Denègre, Jean, et François Salgé. 2004. « Introduction aux systèmes d'information géographique ». In , 2e éd.:5-11. *Que sais-je ?* Paris: Presses Universitaires de France. <https://www.cairn.info/les-systemes-d-informations-geographique--9782130539230-p-5.htm>.

ESRI. s. d. « ArcGIS StoryMaps ». Consulté le 20 décembre 2021. <https://storymaps.arcgis.com/>.

Farassati, Ali. 1998. « L'Iran et la crise de Caucase du Sud ». PhD Thesis. <http://www.theses.fr/1998PA081413>.

Futura Sciences. 2021. « Open Data ». <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/internet-open-data-15502/>.

Gavashelishvili, Alexander, et David Tarkhnishvili. 2016. « Biomes and human distribution during the last ice age ». *Global Ecology and Biogeography* 25 (5): 563-74. <https://doi.org/10.1111/geb.12437>.

Grimmelikhuijsen, Stephan. 2012. « Relier transparence, connaissances et confiance des citoyens dans l'État : expérience ». *Revue Internationale des Sciences Administratives* 78 (1): 55-78. <https://doi.org/10.3917/risa.781.0055>.

Habert, Elizabeth. 2014. « QU'EST CE QU'UN SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE? » IRD. <http://geopark.mnhn.fr/sites/geopark.mnhn.fr/files/documents/sig.pdf>.

Hu, Yingjie, et Wenwen Li. 2017. « Spatial Data Infrastructure ». *University Consortium for Geographic Information Science (UCGIS), Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge*, . <https://doi.org/10.22224/gistbok/2017.2.1>.

Imbernon, Jacques. 1999. « Approche écorégionale et approche spatiale », Cahier de la recherche développement, , n° 45. <https://revues.cirad.fr/index.php/crd/article/view/36740>.

IPCC. 2021a. « Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change ». Cambridge University Press.

IPCC. 2021c. « IPCC WGI Interactive Atlas: Regional synthesis ». Cambridge University Press. <https://interactive-atlas.ipcc.ch/regional-synthesis#eyJ0eXBIIjoiQ0lEliwic2VsZWN0ZWRJbmRleCI6Im11YW5fYWlyX3RlbXB1cmF0dXJlIiwic2VsZWN0ZWRWYXJpYWJsZSI6ImNvbWZpZGVuY2UiLCJzZWxlY3RIZENvdW50cnkiOiJXQ0EiLCJtb2RlIjoiU1VNTUFSWSIsImNvbW1vbnMiOmsibGF0Ijo5NzcyLCJsbmciOjQwMDY5Miwiem9vbSI6NCwicHJvaiI6IkVQU0c6NTQwMzAiLCJtb2RlIjoiY29tcGxldGVfYXR5YXMifX0=>.

IPCC. 2021b. « Regional fact sheet - Mountains ». WMO, UNEP. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/factsheets/IPCC_AR6_WGI_Regional_Fact_Sheet_Mountains.pdf.

Ismailov, Eldar, et Vladimer Papava. 2008. « A new concept for the Caucasus ». *Southeast European and Black Sea Studies* 8 (3): 283-98. <https://doi.org/10.1080/14683850802338601>.

ISO. 2020. « ISO 3166-2:2020 Codes Pour La Représentation Des Noms de Pays et de Leurs Subdivisions — Partie 2: Code de Subdivision de Pays ». <https://www.iso.org/standard/72483.html>.

Jaakkola, Hannu, Timo Mäkinen, et Anna Eteläaho. 2014. « Open Data: Opportunities and Challenges ». In *Proceedings of the 15th International Conference on Computer Systems and Technologies*, 25-39. CompSysTech '14. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2659532.2659594>.

Koshkarev, Alexander V. 2021. « Content standards for geospatial metadata and their use ». Russia: Institute of Geography, Russian Academy of Sciences. http://ceur-ws.org/Vol-3006/17_short_paper.pdf.

- Lacroix, Pierre, Frédéric Moser, Antonio Benvenuti, Thomas Piller, David Jensen, Inga Petersen, Marion Planque, et Nicolas Ray. 2019. « MapX: An open geospatial platform to manage, analyze and visualize data on natural resources and the environment ». *SoftwareX* 9: 77-84. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2019.01.002>.
- Lasseron, Frédéric. 2006. « Les SIG : un enjeu stratégique pour la DIREN ». *Géographes associés*, 217-21.
- Leipnik, Mark R., et Pavel Anpilogov. 2007. « Geo-Spatial Infrastructure in the Ukraine and Other Post-Soviet States. » <https://doi.org/211570196>.
- Lindsay, Ian, Karen S. Rubinson, Alan F. Greene, Emily Hammer, et Dan Lawrence. 2018. « Progress, problems, and possibilities of GIS in the South Caucasus: an international workshop summary ». *Antiquity* 92 (362): e9. <https://doi.org/10.15184/aqy.2018.55>.
- McDowell, Graham, Eleanor Stephenson, et James Ford. 2014. « Adaptation to climate change in glaciated mountain regions ». *Climatic Change* 126 (1): 77-91. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1215-z>.
- MEE staff. 2021. « Iran-Azerbaijan: What is behind the recent tensions? » *MiddleEastEye*, 9 octobre 2021. <https://www.middleeasteye.net/news/iran-azerbaijan-tensions-explained>.
- Mericskay, Boris. 2011. « Les Sig et la cartographie à l'ère du géoweb. Vers une nouvelle génération de Sig participatifs ». *L'Espace géographique* 40 (2): 142-53. <https://doi.org/10.3917/eg.402.0142>.
- Merlin, Aude, Silvia Serrano, Moussa Basnoukaev, Bruno Coppieters, Thorniké Gordadzé, Tabib Huseynov, Alekseï Malachenko, et al. 2010. *Ordres et désordres au Caucase*. Science politique. Bruxelles: Éditions de l'Université de Bruxelles. <https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/24547/1005563.pdf;jsessionid=7BBFC65D723704623422C33A96B88650?sequence=1>.
- Michaelis, Christopher D., et Daniel P. Ames. 2008. *Web Feature Service (WFS) and Web Map Service (WMS)*.
- Mostafavi, Mir Abolfazl, et Mohammed Bakillah. 2012. « REAL TIME SEMANTIC INTEROPERABILITY IN AD HOC NETWORKS OF GEOSPATIAL DATA SOURCES: CHALLENGES, ACHIEVEMENTS AND PERSPECTIVES ». *XXII ISPRS Congress, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, I-2. <https://pdfs.semanticscholar.org/8ae4/04f40f4d8a40cd9f9edf4c7f7f41291d2c31.pdf>.
- Nourqolipour, Ramin, et rashid shariff. 2009. « Restrictions in the setting up of National Spatial Data Infrastructure (NSDI): Case study of Iran ». In . https://www.researchgate.net/publication/343110943_Restrictions_in_the_setting_up_of_National_Spatial_Data_Infrastructure_NSDI_Case_study_of_Iran.
- OGC. 2021. « Web Map Services ». <https://www.ogc.org/standards/wms>.
- Omernik, J.M. 2004. « Perspectives on the nature and definition of ecological regions », *Environmental management*, 34 (27-38). <https://doi.org/10.1007/s00267-003-5197-2>.
- Open Knowledge Foundation. 2015. « GLOBAL OPEN DATA INDEX : Place overview ». <http://2015.index.okfn.org/place/?filter-table=a>.

- Open Knowledge Foundation. s. d. « What is open? » Consulté le 10 novembre 2021. <https://okfn.org/opendata/>.
- OSGeo. 2012. « Open Source Geospatial Content Management System ». <https://geonode.org/>.
- OSGeo. 2021. « Geonode ». <https://www.osgeo.org/projects/geonode/>.
- Pismennaya, Elena, Sergey Ryazantsev, O. Pichkov, et Artem Lukyanets. 2017. « South Caucasian countries: Socioeconomic development and demographic potential in the new geopolitical conditions ». *Central Asia and the Caucasus* 18 (janvier): 57-64.
- Rajabifard, A., et I. P. Williamson. 2001. « Spatial data infrastructures: concept, SDI hierarchy and future directions ». Tehran, Iran: GEOMATICS'80 Conference. <https://minerva-access.unimelb.edu.au/handle/11343/33897>.
- Scientific Network for the Caucasus Mountain Region. s. d. « Welcome ». Consulté le 16 décembre 2021. <https://sustainable-caucasus.unepgrid.ch/>.
- Souleimanov, Emil, trad. 2012. « Islam, nationalisme et vendetta: l'insurrection au Caucase du Nord ». *Politique étrangère* Eté (2): 375-86. <https://doi.org/10.3917/pe.122.0375>.
- Superset. s. d. « What is Apache Superset? » Consulté le 14 décembre 2021. <https://superset.apache.org/docs/intro>.
- Tsutiev, Arthur, et Nora Seligman Favorov. 2014. *Atlas of ethno-political History of the Caucasus*. New Haven: Yale University Press. <https://books.google.ch/books?hl=fr&lr=&id=NHeaAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR11&dq=history+caucasus&ots=TdO1RsSW9W&sig=n8g2MatyDOWrJJ0wfSbyNqoaZO8#v=onepage&q=history%20caucasus&f=false>.
- UNEP/GRID-Geneva. 2021a. « A propos de nous ». <https://unepgrid.ch/en/about-us/grid>.
- UNEP/GRID-Geneva. 2021b. « SCAC Caucasus ». <https://unepgrid.ch/en/activity/27DF2705>.
- World Bank. 2020. « GNI per capita, Atlas method (current US\$) ». <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GNP.PCAP.CD>.
- World Bank. 2021a. « Overview : Country Context ». <https://www.worldbank.org/en/country/turkey/overview#1>.
- World Bank. 2021b. « Overview : Country Context ». <https://www.worldbank.org/en/country/iran/overview#1>.
- Yomralioglu, Tashin. 2002. « GIS Activities in Turkey ». Istanbul: Karadeniz Technical Universtiy. <https://web.itu.edu.tr/tahsin/PAPERBOX/B13.pdf>.

8. ANNEXES

8.1. Annexe 1 :

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des couches préparées à l'aide des logiciels de géomatique ainsi que les outils utilisés.

Nom de la donnée	Transformation	Outils utilisés
VECTEUR		
Total population	Joindre une table à une couche vecteur	Clic droit sur la couche > Propriété > Jointure
Population density	Joindre une table à une couche vecteur	Clic droit sur la couche > Propriété > Jointure
Urbanization level	Joindre une table à une couche vecteur	Clic droit sur la couche > Propriété > Jointure
Average growth of population	Joindre une table à une couche vecteur	Clic droit sur la couche > Propriété > Jointure
Education facilities	Fusionner les couches de chaque pays en une couche pour le Caucase	Vecteur > Outils de gestion de données > Fusionner des couches vecteur
	Découper la couche obtenue sur la carte du Caucase pour que seules certaines parties de la Turquie, de la Russie et de l'Iran soient prises en compte	Vecteur > Outils de géotraitement > Couper
	Compter le nombre de points dans chaque NUTS du Caucase	Vecteur > Outils d'analyse > Compter les points dans les polygones
Health facilities	Fusionner les couches de chaque pays en une couche pour le Caucase	Vecteur > Outils de gestion de données > Fusionner des couches vecteur
	Découper la couche obtenue sur la carte du Caucase pour que seules certaines parties de la Turquie, de la Russie et de l'Iran soient prises en compte	Vecteur > Outils de géotraitement > Couper
	Compter le nombre de points dans chaque NUTS du Caucase	Vecteur > Outils d'analyse > Compter les points dans les polygones
Fires	Fichier csv à couche de points shapefile	Data Source Manager > Texte délimité
	Fusionner les couches de chaque pays en une couche pour le Caucase	Vecteur > Outils de gestion de données > Fusionner des couches vecteur
	Découper la couche obtenue sur la carte du Caucase pour que seules certaines parties de la Turquie, de la Russie et de l'Iran soient prises en compte	Vecteur > Outils de géotraitement > Couper
	Compter le nombre de points dans chaque NUTS du Caucase	Vecteur > Outils d'analyse > Compter les points dans les polygones
World Heritage	Fichier csv à couche de points shapefile	Data Source Manager > Texte délimité
	Découper la couche obtenue sur la carte du Caucase pour que seules certaines parties de la Turquie, de la Russie et de l'Iran soient prises en compte	Vecteur > Outils de géotraitement > Couper
Protected areas	Fusionner les couches de chaque pays en une couche pour le Caucase	Vecteur > Outils de gestion de données > Fusionner des couches vecteur
	Découper la couche obtenue sur la carte du Caucase pour que seules certaines parties de la Turquie, de la Russie et de l'Iran soient prises en compte	Vecteur > Outils de géotraitement > Couper
	Découper une couche de polygones sur une autre en récupérant les attributs voulus des couches	Vecteur > Outils de géotraitement > Intersection

	Compter le nombre de polygones des aires protégées dans chaque NUTS, et calculer la surface des aires protégées dans chaque NUTS	Vecteur > Outils d'analyse > Statistiques par catégories
Roads Network	Fusionner les couches de chaque pays en une couche pour le Caucase	Vecteur > Outils de gestion de données > Fusionner des couches vecteur
	Découper la couche obtenue sur la carte du Caucase pour que seules certaines parties de la Turquie, de la Russie et de l'Iran soient prises en compte	Vecteur > Outils de géotraitement > Couper
	Sélectionner les attributs d'une couche vecteur	Clic droit sur la couche > Table d'attribut > Sélectionner les entités en utilisant une expression
Railroads Network	Fusionner les couches de chaque pays en une couche pour le Caucase	Vecteur > Outils de gestion de données > Fusionner des couches vecteur
	Découper la couche obtenue sur la carte du Caucase pour que seules certaines parties de la Turquie, de la Russie et de l'Iran soient prises en compte	Vecteur > Outils de géotraitement > Couper
	Sélectionner les attributs d'une couche vecteur	Clic droit sur la couche > Table d'attribut > Sélectionner les entités en utilisant une expression
Mountain ranges	Découper la couche obtenue sur la carte du Caucase pour que seules certaines parties de la Turquie, de la Russie et de l'Iran soient prises en compte	Vecteur > Outils de géotraitement > Couper
Cultural places	Fusionner les couches de chaque pays en une couche pour le Caucase	Vecteur > Outils de gestion de données > Fusionner des couches vecteur
	Découper la couche obtenue sur la carte du Caucase pour que seules certaines parties de la Turquie, de la Russie et de l'Iran soient prises en compte	Vecteur > Outils de géotraitement > Couper
	Sélectionner les attributs d'une couche vecteur	Clic droit sur la couche > Table d'attribut > Sélectionner les entités en utilisant une expression
Education places	Fusionner les couches de chaque pays en une couche pour le Caucase	Vecteur > Outils de gestion de données > Fusionner des couches vecteur
	Découper la couche obtenue sur la carte du Caucase pour que seules certaines parties de la Turquie, de la Russie et de l'Iran soient prises en compte	Vecteur > Outils de géotraitement > Couper
	Sélectionner les attributs d'une couche vecteur	Clic droit sur la couche > Table d'attribut > Sélectionner les entités en utilisant une expression
Tourism accomodation	Fusionner les couches de chaque pays en une couche pour le Caucase	Vecteur > Outils de gestion de données > Fusionner des couches vecteur
	Découper la couche obtenue sur la carte du Caucase pour que seules certaines parties de la Turquie, de la Russie et de l'Iran soient prises en compte	Vecteur > Outils de géotraitement > Couper
	Sélectionner les attributs d'une couche vecteur	Clic droit sur la couche > Table d'attribut > Sélectionner les entités en utilisant une expression
RASTER		
Elevation	Découper la couche raster sur une couche vecteur	Raster > Extraction > Découper un raster selon une couche de masque
	Statistiques du raster par zone (polygone) d'une couche vectorielle	Raster > Analyse > Statistiques de zone
Paleovegetation	Découper la couche raster sur une couche vecteur	Raster > Extraction > Découper un raster selon une couche de masque

	Statistiques du raster par zone (polygone) d'une couche vectorielle	Raster > Analyse > <i>Statistiques de zone</i>
	Statistiques pour le calcul de la surface de chaque type de végétation par zone	Raster > Analyse > <i>Histogramme zonal</i>
Human settlement	Transformer la projection des couches pour qu'elle corresponde à celle du projet	Clic droit sur la couche > Exporter > <i>Enregistrer les entités sous</i>
	Fusionner plusieurs couches raster en une seule couche	Raster > Divers > <i>Fusionner</i>
	Découper la couche raster sur une couche vecteur	Raster > Extraction > <i>Découper un raster selon une couche de masque</i>

8.2. Annexe 2 : Marche à suivre sur la création d'un Dashboard sur Superset

1. Importation d'un fichier CSV : Data > « Upload a CSV »

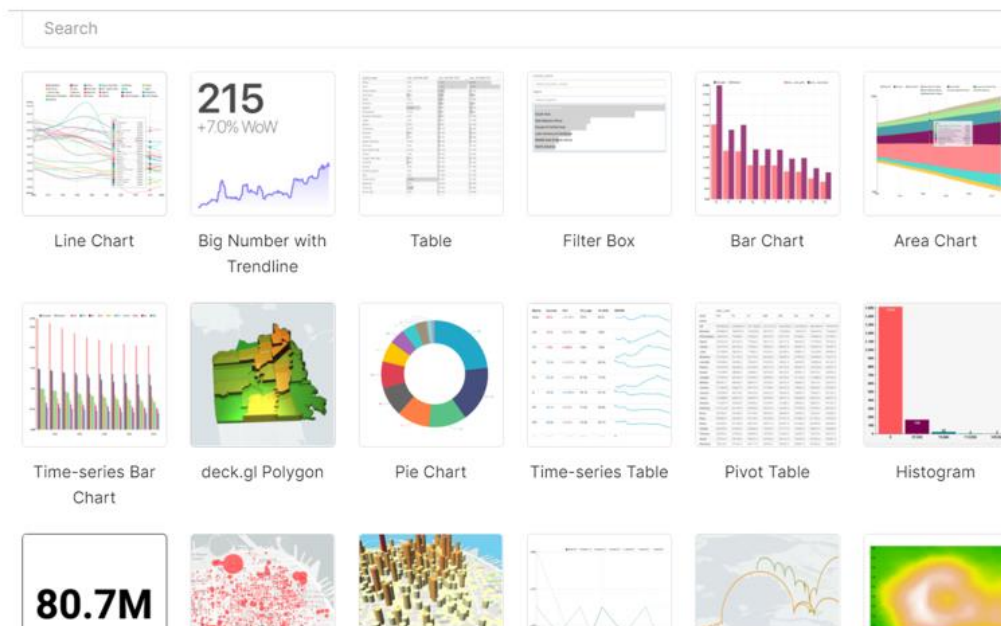
Remplir :

- Nom de la table
- Fichier à importer **!! Fichier en format CSV UTF-8 !!**
- Base de données dans laquelle on importe le fichier
- Changer la délimitation si besoin
- Appuyer sur « SAVE »
- **Attention : la table ne doit pas comporter de symboles spéciaux (%...)**

2. Créer un Dashboard : Dashboards > « + DASHBOARD »

3. Créer un graphique : Charts > « + CHART »

Sélectionner la table à laquelle le graphique sera relié et sélectionner le type de graphique voulu :



Créer le graphique

« Save »

Nommer le graphique et sélectionner le Dashboard dans lequel le graphique apparaîtra.

Big Number

But : Afin de représenter un nombre important dans la table.

40.2M

Caucasus

Ici : La population totale du Caucase en 2020.

Etapes de création du graphique :

The image shows a configuration interface for a 'Big Number' chart. It is divided into two tabs: 'DATA' (selected and circled in red) and 'CUSTOMIZE'. The interface is organized into several sections, each with a dropdown arrow:

- Chart type:** A dropdown menu with 'VISUALIZATION TYPE' and 'Big Number' selected. An annotation points to this section: 'Choix du type de graphique'.
- Time:** Contains two sub-sections:
 - TIME COLUMN:** A dropdown menu. An annotation points to it: 'Détermination de la colonne du temps (pas obligatoire pour certains graphiques)'.
 - TIME RANGE:** A dropdown menu with '-∞ ≤ col < ∞' selected. An annotation points to it: 'Détermination de la période de temps voulue dans le graphique'.
- Query:** Contains two sub-sections:
 - METRIC:** A dropdown menu with 'SUM(Population number 2...)' selected. An annotation points to it: 'Colonne avec la donnée que l'on veut représenter par catégorie et inscrire le calcul que l'on veut effectuer, ici : la somme des lignes de la colonne de la population totale en 2020.'
 - FILTERS:** A dropdown menu with '+ Add filter' selected. An annotation points to it: 'Si on veut représenter seulement une partie des données de la colonne.'
- Options:** Contains two sub-sections:
 - SUBHEADER:** A text input field with 'Caucasus' entered. An annotation points to it: 'Titre de la donnée représentée (! pas la même chose que le titre du graphique !)'.
 - NUMBER FORMAT:** A dropdown menu with 'Adaptative formatting' selected. An annotation points to it: 'Format du titre de la donnée'.

DATA CUSTOMIZE

Chart Options

BIG NUMBER FONT SIZE
Large

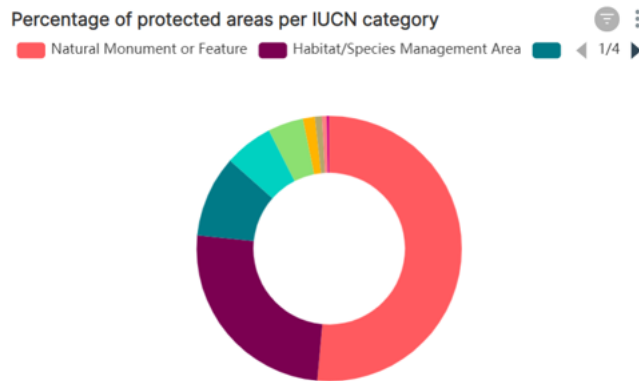
SUBHEADER FONT SIZE
Small

Taille du nombre

Taille du titre de la donnée

Pie Chart

But : Afin de représenter le pourcentage de plusieurs groupes situés dans la même colonne. Ici : Le pourcentage d'aires protégées par catégorie de l'IUCN.



Etape de création du graphique :

DATA CUSTOMIZE

Chart type

VISUALIZATION TYPE
Pie Chart

Choix du type de graphique

Time

TIME COLUMN
date

Détermination de la colonne du temps (pas obligatoire pour certains graphiques)

TIME RANGE
-∞ ≤ col < ∞

Détermination de la période de temps voulue dans le graphique

Query

GROUP BY
IUCN_CAT_NAME

38 option(s)

Colonne dans laquelle se trouve les catégories représentées, ici les catégories de l'IUCN.

METRIC
COUNT(IUCN_CAT_NAME)

Colonne avec la donnée que l'on veut représenter par catégorie et inscrire le calcul que l'on veut effectuer, ici : compter le nombre de lignes de la colonne des catégories de l'IUCN.

FILTERS
+ Add filter

Si on veut représenter seulement une partie des données de la colonne.


ROW LIMIT
100

DATA

CUSTOMIZE

Chart Options

COLOR SCHEME



Choix de la couleur du graphique

Legend

LEGEND

Affichage de la légende

TYPE: Scroll x ▾

ORIENTATION: Top x ▾

Type d'affichage de la légende et orientation de la légende

MARGIN

Labels

LABEL TYPE: Catego... x ▾

NUMBER FORMAT: Adaptat.. x ▾

Choix de la couleur du graphique

SHOW LABELS

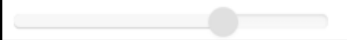
PUT LABELS OUTSIDE

LABEL LINE

Affichage des labels sur le graphe, labels à l'extérieur du graphe et mettre une ligne qui relie le label au graphe

Pie shape

OUTER RADIUS



Taille du bord extérieur du graphe

DONUT

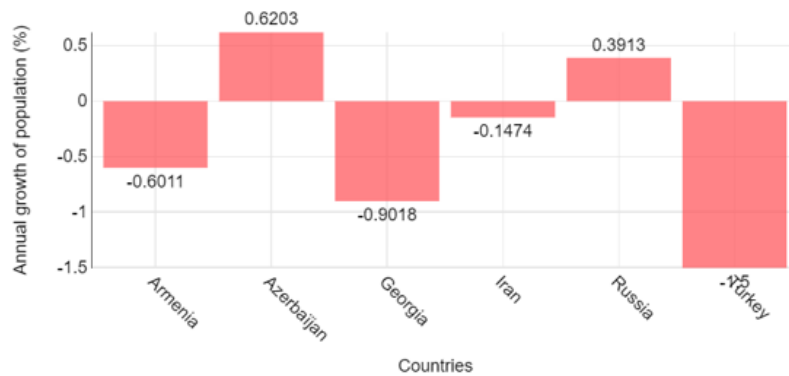
Graphe en forme de donut

INNER RADIUS



Taille du bord intérieur du graphe

Bar chart



Etapas de création du graphique :

DATA CUSTOMIZE

Chart type

VISUALIZATION TYPE
Bar Chart

Choix du type de graphique

Time

TIME COLUMN

Détermination de la colonne du temps (pas obligatoire pour certains graphiques)

TIME RANGE
--> ≤ col < =>

Détermination de la période de temps voulue dans le graphique

Query

METRICS
x f(x) AVG(Average annual change) >

Colonne des données que l'on veut représenter sur le graphique et calcul que l'on veut effectuer sur les données de la colonne

FILTERS
+ Add filter

Si on veut représenter seulement une partie des données de la colonne.

SERIES
Country x

Si on veut représenter la donnée selon une autre colonne (dans certains graphiques, ex. Bar chart = axe des X)

BREAKDOWNS
18 option(s)

Si on veut diviser les données des séries par les catégories d'une autre colonne

ROW LIMIT
10000

CONTRIBUTION

Si on veut représenter le pourcentage des données de chaque catégorie de la colonne « breakdown »

DATA CUSTOMIZE

Chart Options

COLOR SCHEME

Choix de la couleur du graphique

LEGEND BAR VALUES

STACKED BARS SORT BARS

Affichage de la légende et des valeurs du graphe. En cas de « breakdown », afficher les différentes catégories sur une seule barre du graphe. Ordonner les étiquettes de l'axe X par ordre alphabétique.

Y AXIS FORMAT
Adaptat.. x

Y AXIS LABEL
Annual grow

Nom et format de l'axe Y

EXTRA CONTROLS

X Axis

X AXIS LABEL
Countries

BOTTOM MARGIN
auto

Nom et format de l'axe X

X TICK LAYOUT
auto

REDUCE X TICKS

Filter Box

But : Filtrer les données de tous les graphiques du dashboard selon l'entité d'une colonne. Ex. : par pays.

COUNTRY

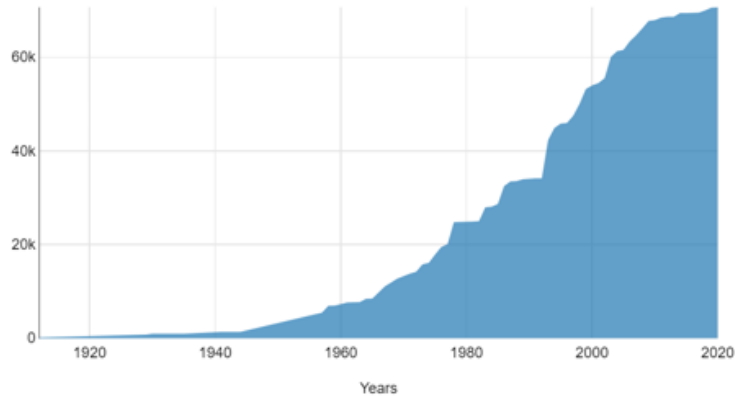
Etape de création du graphique :

The image shows a configuration interface for a 'Filter Box' with several sections and callouts:

- DATA:** A red circle highlights the 'DATA' label at the top of the configuration area.
- Chart type:** A dropdown menu is set to 'Filter Box'. A callout box labeled 'Choix du graphique' points to this dropdown.
- Time:** This section contains three sub-sections:
 - TIME COLUMN:** A dropdown menu is set to 'date'. A callout box labeled 'Détermination de la colonne du temps (pas obligatoire pour certains graphiques)' points to this dropdown.
 - TIME GRAIN:** A dropdown menu is set to 'day'. A callout box labeled 'Détermination de la « Time Grain »' points to this dropdown.
 - TIME RANGE:** A field contains the range '-- ≤ col < ∞'. A callout box labeled 'Détermination de la période de temps voulue dans le graphique' points to this field.
- Filters Configuration:** This section contains:
 - FILTERS:** A list containing 'COUNTRY_NAME'. A callout box labeled 'Colonne sur laquelle on veut filtrer les données' points to this list.
 - DATE FILTER:** A checkbox is unchecked.
 - INSTANT FILTERING:** A checkbox is checked. A callout box labeled 'Filtrer par date et filtre instantané (sans cliquer sur un bouton « appliquer »)' points to this checkbox.
 - SHOW SQL GRANULARITY DROPDOWN:** A checkbox is unchecked.
 - SHOW SQL TIME COLUMN:** A checkbox is unchecked.
 - SHOW DRUID GRANULARITY DROPDOWN:** A checkbox is unchecked.
 - SHOW DRUID TIME ORIGIN:** A checkbox is unchecked.
 - LIMIT SELECTOR VALUES:** A field with a '+' icon and the text '+ Add filter'.

Area Chart

But : Représenter une quantité ou une accumulation selon les années.



Etapes de création du graphique :

DATA CUSTOMIZE

Chart type

VISUALIZATION TYPE
Area Chart

Choix du graphique

Time ⓘ

TIME COLUMN
date

Détermination de la colonne du temps (pas obligatoire pour certains graphiques)

TIME GRAIN
9 option(s)

Détermination de la « Time Grain »

TIME RANGE
-∞ ≤ col < ∞

Détermination de la période de temps voulue dans le graphique

Query

METRICS
x f(x) AVG(cumul area) >

Colonne des données que l'on veut représenter sur le graphique et calcul que l'on veut effectuer sur les données de la colonne

FILTERS
+ Add filter

Si on veut représenter seulement une partie des données de la colonne.

GROUP BY
39 option(s)

Colonne permettant de diviser les données en différentes catégories accumulées.

SERIES LIMIT
7 option(s)

SORT BY
+ Add metric

SORT DESCENDING

CONTRIBUTION

Si on veut représenter le pourcentage des données de chaque catégorie de la colonne « Group by »

ROW LIMIT
10000

DATA CUSTOMIZE

Chart Options

SHOW RANGE FILTER: Auto

LEGEND → Affichage de la légende

LINE STYLE: linear | STACKED STYLE: stack → Style de la ligne et style de l'affichage des données du graphe.

COLOR SCHEME → Choix de la couleur du graphe

RICH TOOLTIP | EXTRA CONTROLS

X Axis

X AXIS LABEL: Years | BOTTOM MARGIN: auto

X TICK LAYOUT: auto | X AXIS FORMAT: Adaptat..

X BOUNDS

→ Nom et format de l'axe X

Y Axis

Y AXIS FORMAT: Adaptat.. | Y AXIS BOUNDS: Min | Max

Y LOG SCALE

→ Format de l'axe Y

Word Cloud

But : Mettre en évidence les catégories d'une colonne dont la taille dépend de leur proportion.



Etapes de création du graphique :

DATA CUSTOMIZE

Chart type

VISUALIZATION TYPE ⓘ
Word Cloud

Choix du type de graphique

Time ⓘ

TIME COLUMN
date

Détermination de la colonne du temps (pas obligatoire pour certains graphiques)

TIME RANGE
-∞ ≤ col < ∞

Détermination de la période de temps voulue dans le graphique

Query

SERIES
IUCN_CAT_NAME

Colonne dans laquelle se trouve les catégories représentées, ici les catégories de l'IUCN.

METRIC
x f(x) COUNT(IUCN_CAT_NAME) >

Colonne avec la donnée que l'on veut représenter par catégorie et inscrire le calcul que l'on veut effectuer, ici : compter le nombre de lignes de la colonne des catégories de l'IUCN.

FILTERS
+ Add filter

Si on veut représenter seulement une partie des données de la colonne.

ROW LIMIT
100

Options

MINIMUM FONT SIZE
10

MAXIMUM FONT SIZE
70

Tailles minimales et maximales de l'écriture

WORD ROTATION
square

Type de rotation de l'écriture

COLOR SCHEME

Couleur de l'écriture

8.3. Annexe 3 : Cartes obtenues à l'aide des données collectées durant le stage

Annexe 3.1.

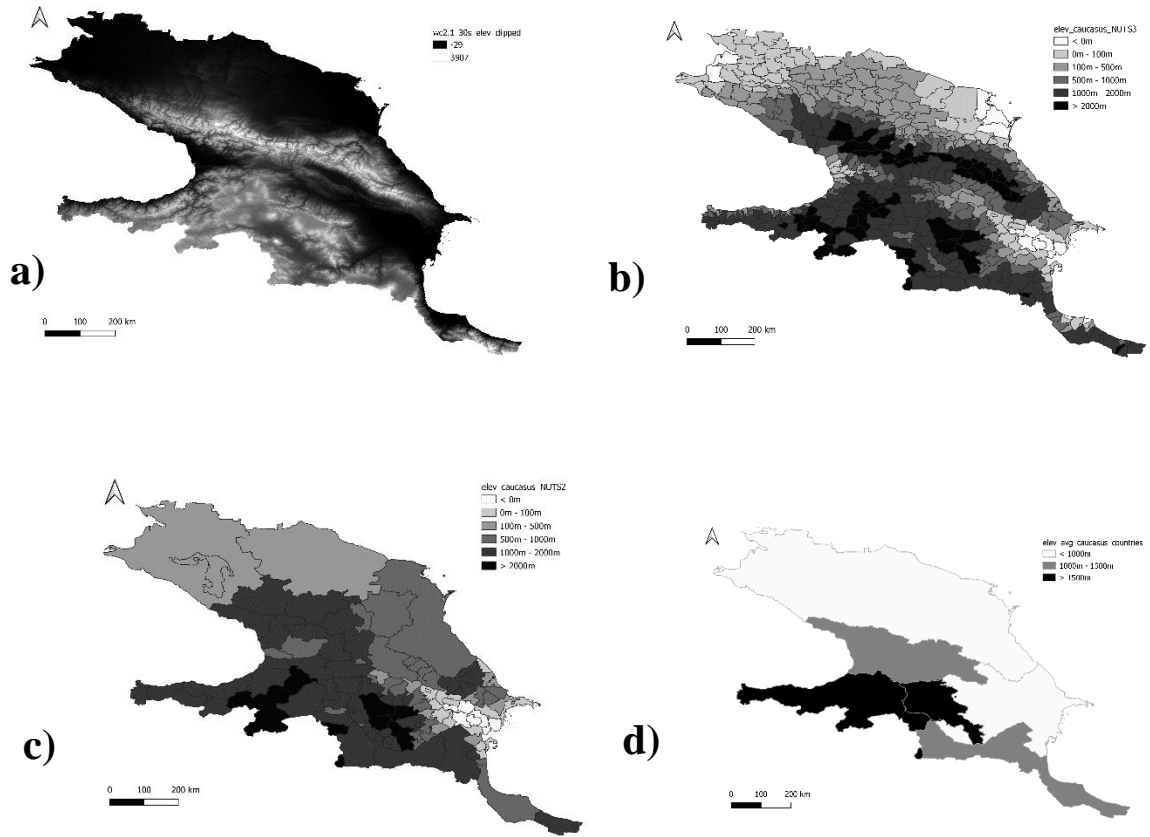
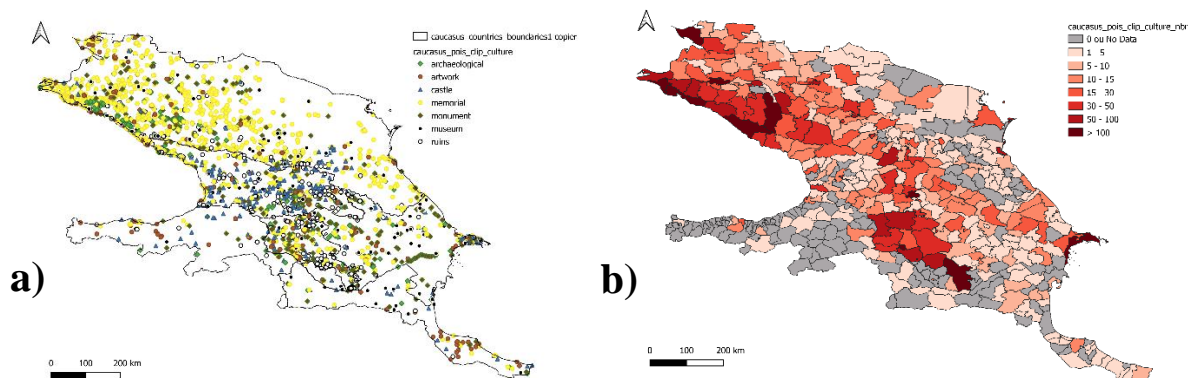


Figure 17 : Cartes de l'altitude du Caucase. a) Couche raster de l'altitude, b) Couche vecteur de l'altitude moyenne par NUTS3, c) Couche vecteur de l'altitude moyenne par NUTS2 et d) Couche vecteur de l'altitude moyenne pays.

Annexe 3.2.



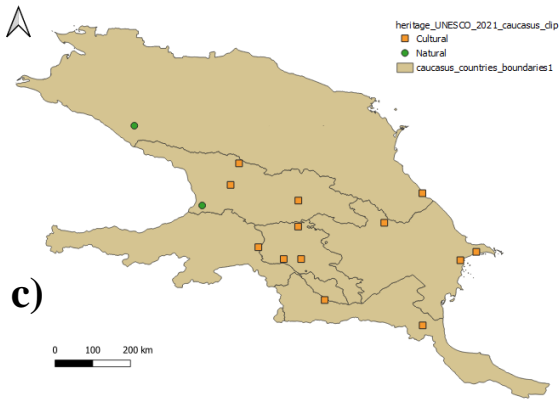


Figure 18 : Cartes des lieux culturels du Caucase en 2021. a) Couche vectorielle de points représentant chaque lieu culturel, b) Couche vectorielle représentant le nombre de lieux culturels par NUTS3 et c) Carte du patrimoine de l'UNESCO du Caucase (Sources : OpenStreetMap et UNESCO).

Annexe 3.3.

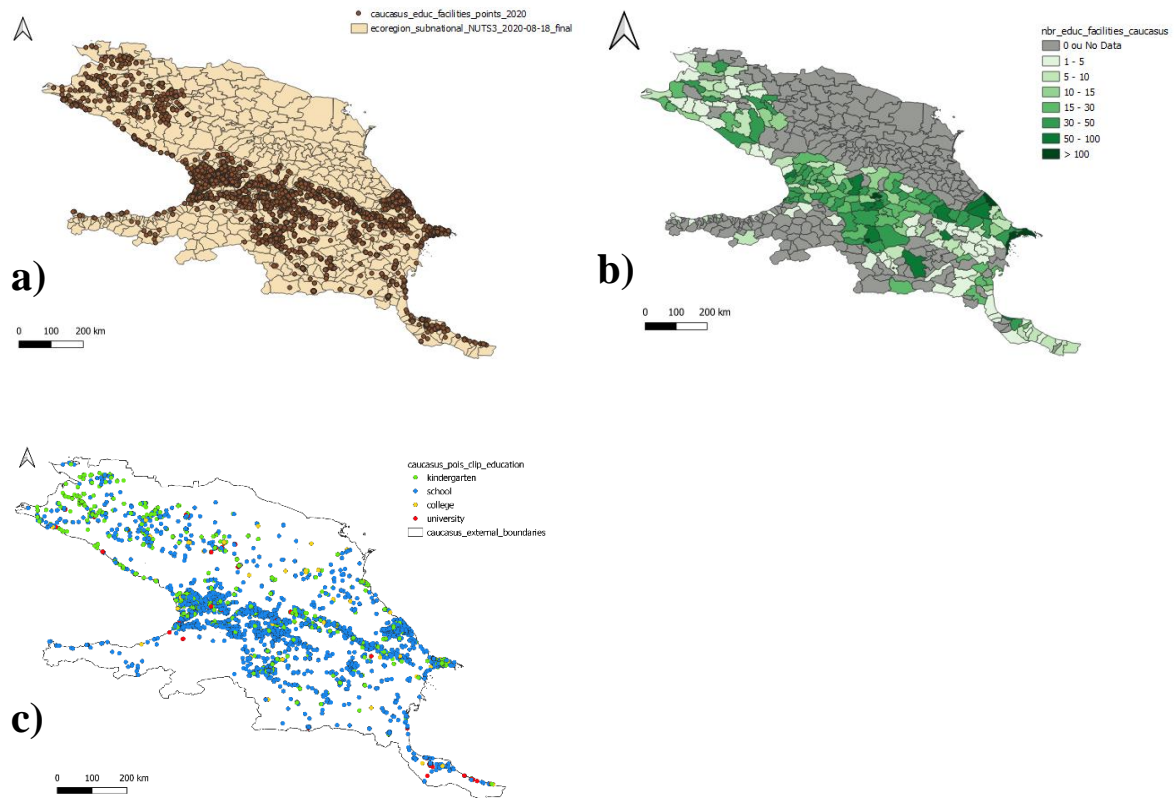


Figure 19 : Carte représentant les infrastructures éducatives présentes dans le Caucase. a) Couche vectorielle dont chaque point représente un lieu lié à l'éducation (Source : OCHA 2020), b) Couche vectorielle calculant le nombre d'infrastructures éducatives par NUTS3 (Source : OCHA 2020) et c) Couche vectorielle dont chaque point représente un lieu lié à l'éducation (Source : OpenStreetMap 2021).

Annexe 3.4.

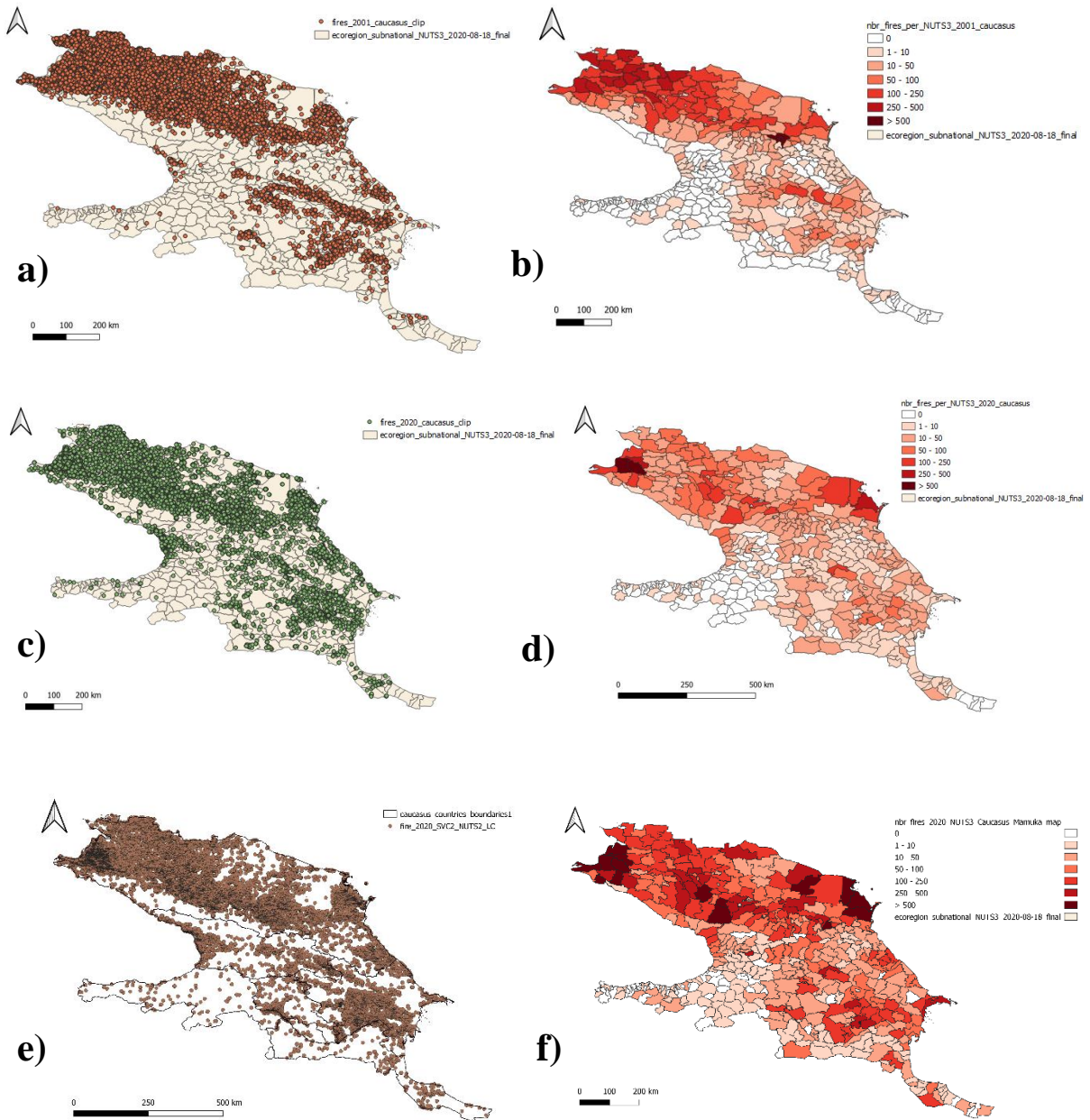


Figure 20 : Cartes représentant le nombre de feux qui se sont produits dans le Caucase. a) Couche vectorielle dont chaque point correspond à un feu durant l'année 2001 (Source : NASA, MODIS), b) Couche vectorielle calculant le nombre de feux apparus par NUTS3 en 2001 (Source : NASA, MODIS), c) Couche vectorielle dont chaque point correspond à un feu durant l'année 2020 (Source : NASA, MODIS), d) Couche vectorielle calculant le nombre de feux apparus par NUTS3 en 2020 (Source : NASA, MODIS), e) Couche vectorielle dont chaque point correspond à un feu durant l'année 2020 (Source : NASA, VIIRS) et f) Couche vectorielle calculant le nombre de feux apparus par NUTS3 en 2020 (Source : NASA, VIIRS).

Annexe 3.5.

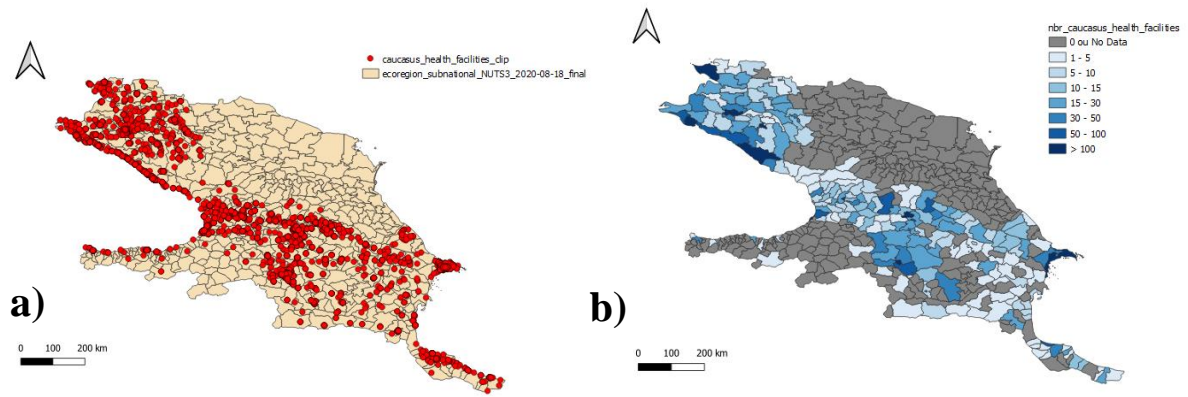


Figure 21 : Cartes représentant l'accès à la santé dans le Caucase en 2020. a) Carte vectorielle de points représentant chaque établissement de santé de la région, b) Carte vectorielle représentant le nombre d'établissements de santé par NUTS3 (Source : OCHA).

Annexe 3.6.

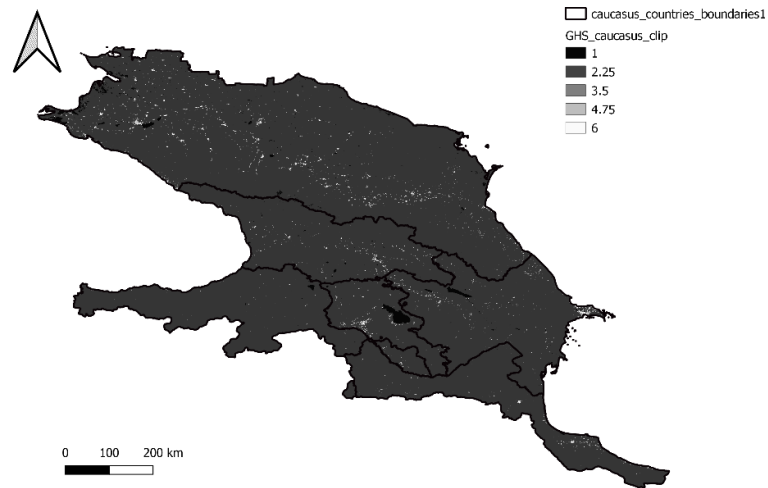


Figure 22 : Carte représentant le taux d'établissement humain du Caucase en 2019 (Source : European Commission).

Annexe 3.7.

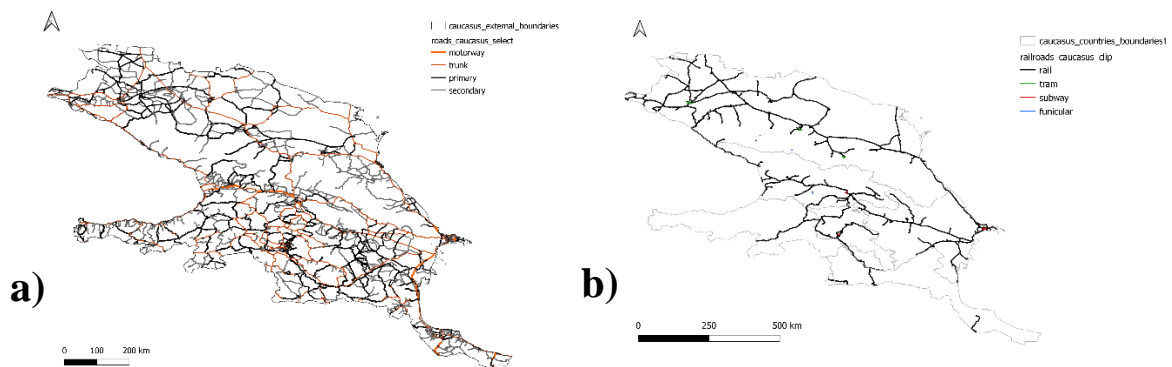


Figure 23 : Cartes représentant les infrastructures liées aux transports dans le Caucase. a) Carte des principales infrastructures routières et b) Carte des infrastructures ferroviaires (Source OpenStreetMap 2021).

Annexe 3.8.

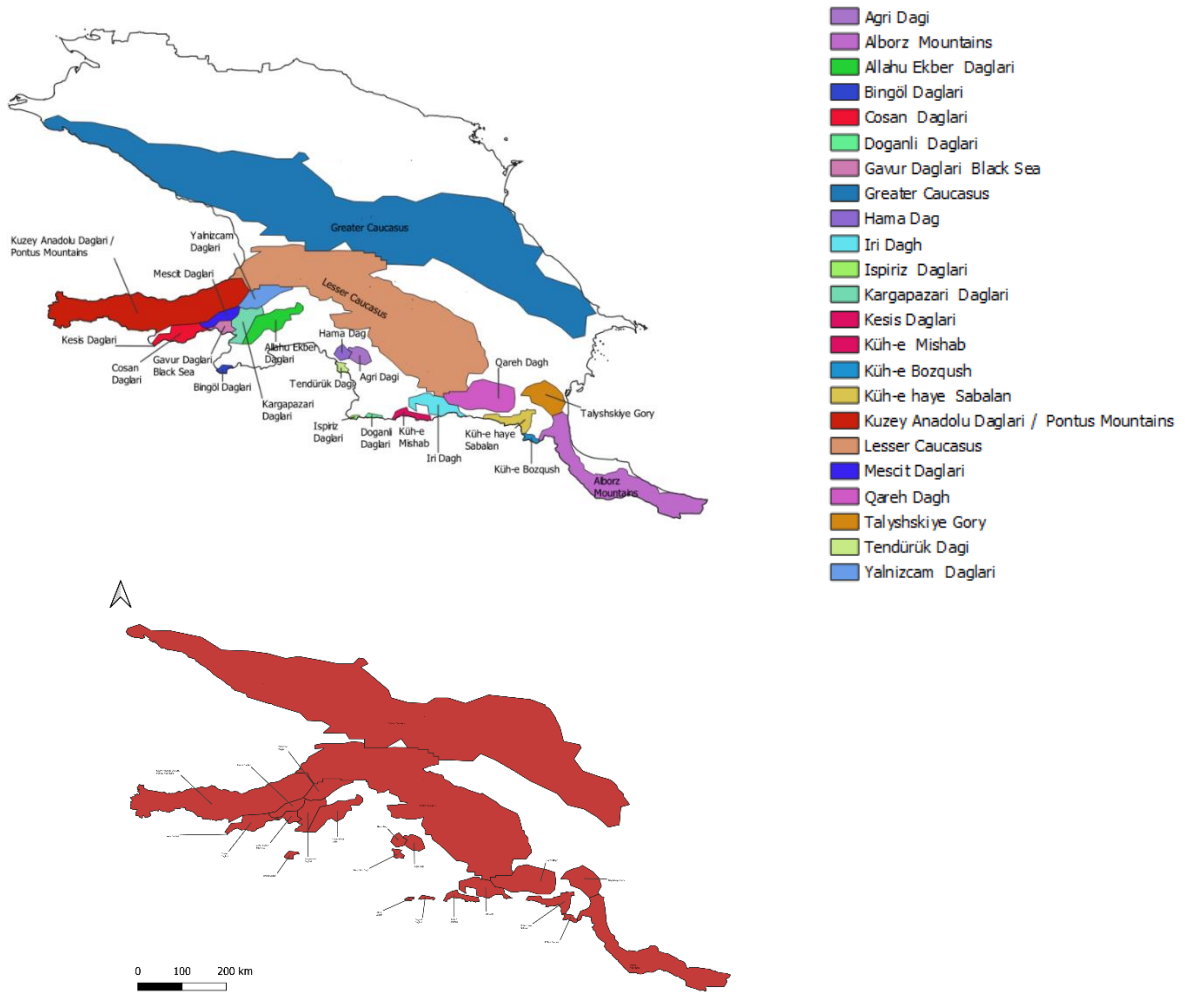


Figure 24 : Cartes représentant les chaînes de montagnes du Caucase (Source : Université de Berne 2020)

Annexe 3.9.

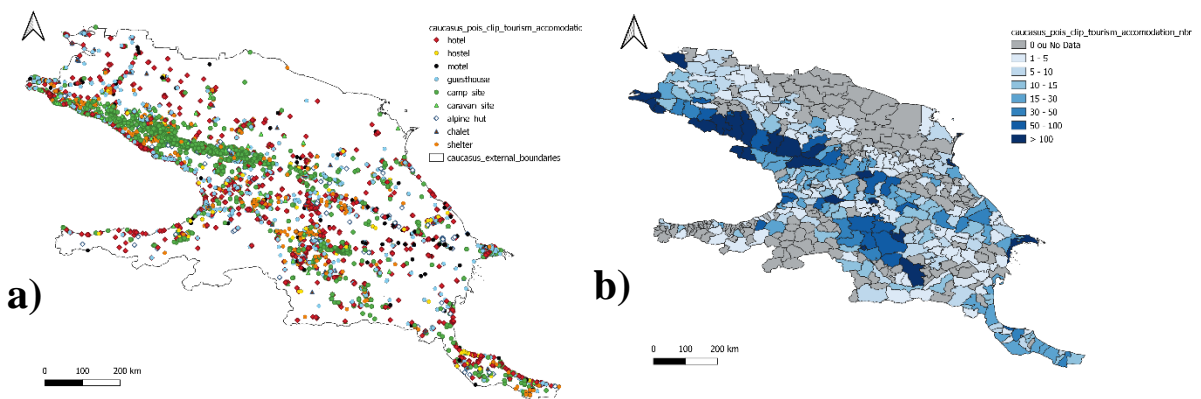


Figure 25 : Cartes représentant les hébergements touristiques du Caucase. a) Couche de points dont chaque point correspond à un hébergement et b) Couche de polygones représentant le nombre d'hébergements touristiques par NUTS3 (Source : OpenStreet Map 2021).

Annexe 3.10.

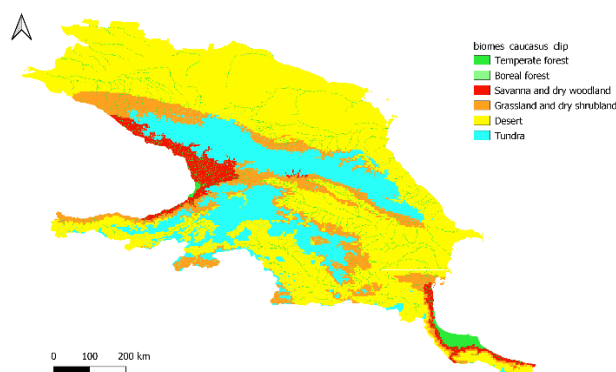


Figure 26 : Carte représentant la paléo végétation du Caucase (Gavashelishvili et Tarkhishvili 2016).

Annexe 3.11.

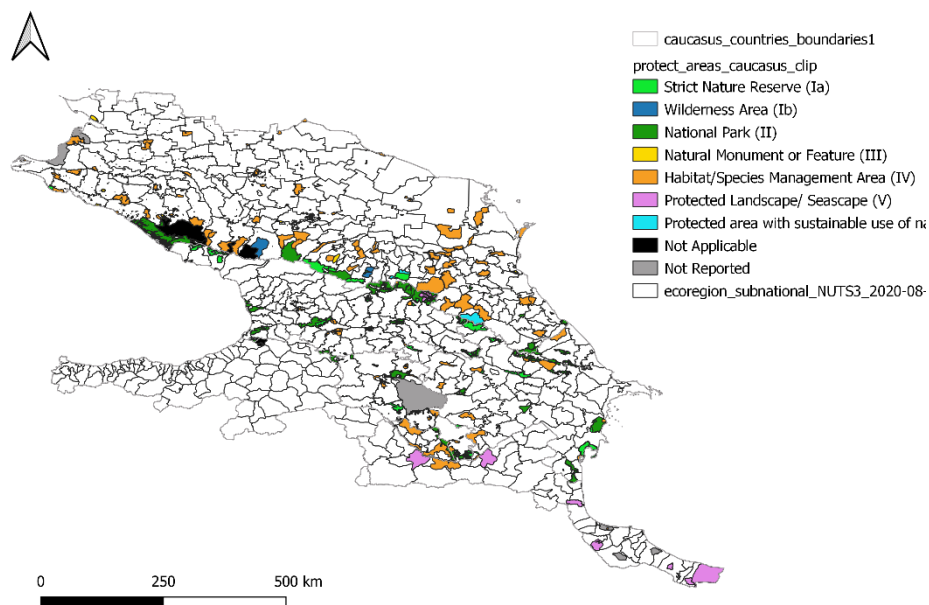


Figure 27 : Carte représentant les aires protégées du Caucase pour l'année 2021 (Source : ProtectedPlanet 2021).

8.4. Annexe 4 : les captures d'écran des cartes importées sur le Geonode.

Caucasus UNESCO Heritage 2021

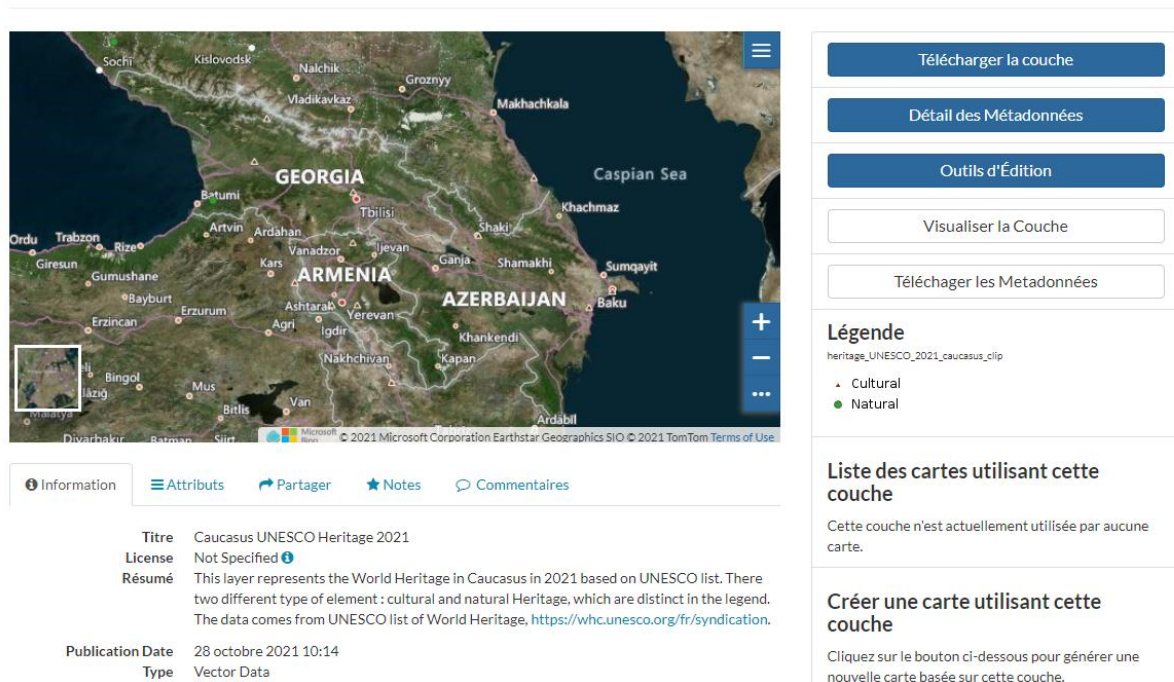


Figure 28 : Capture d'écran de la carte du patrimoine mondial de l'UNESCO dans le Geonode.

Caucasus education facilities 2020

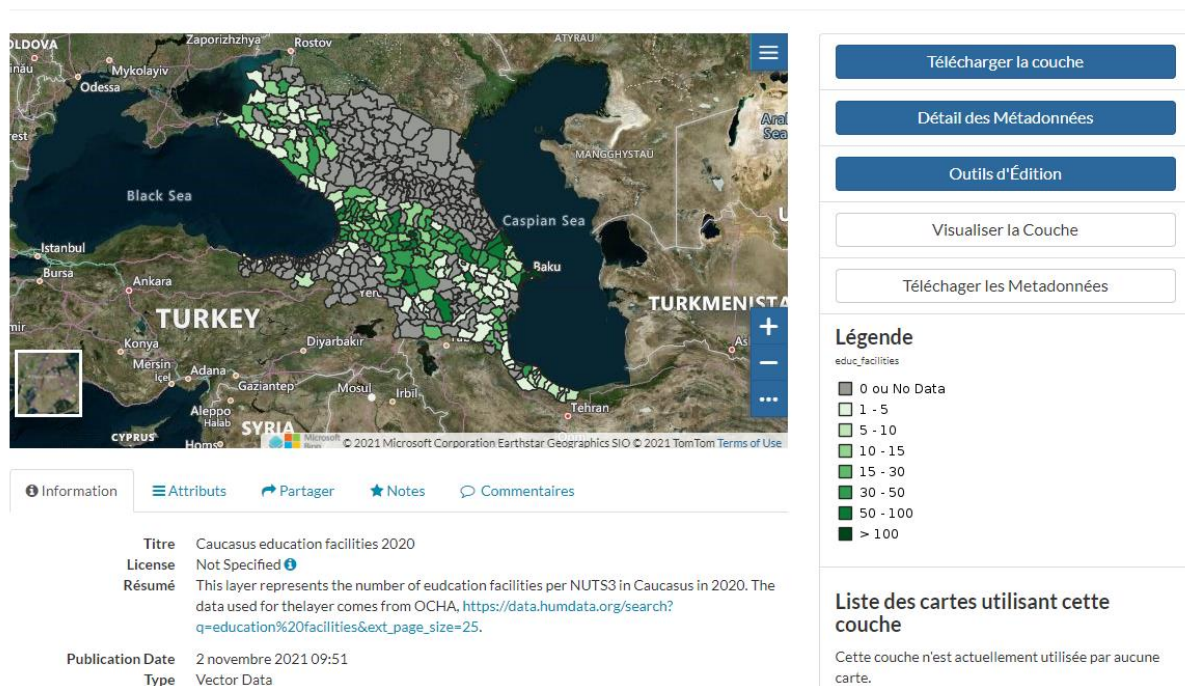


Figure 29 : Capture d'écran de la carte des établissements éducatifs dans le Geonode (Source : OCHA).

Caucasus health facilities 2020

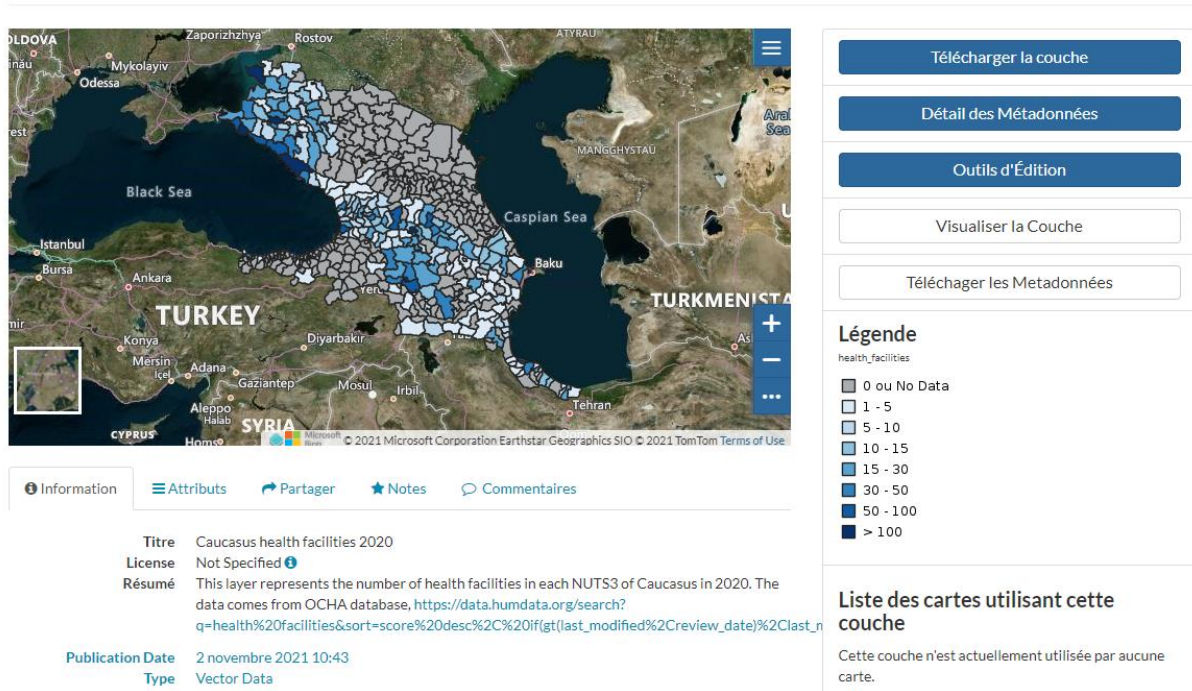


Figure 30 : Capture d'écran de la carte des établissements de santé dans le Geonode (Source : OCHA).

Caucasus Fires 2020

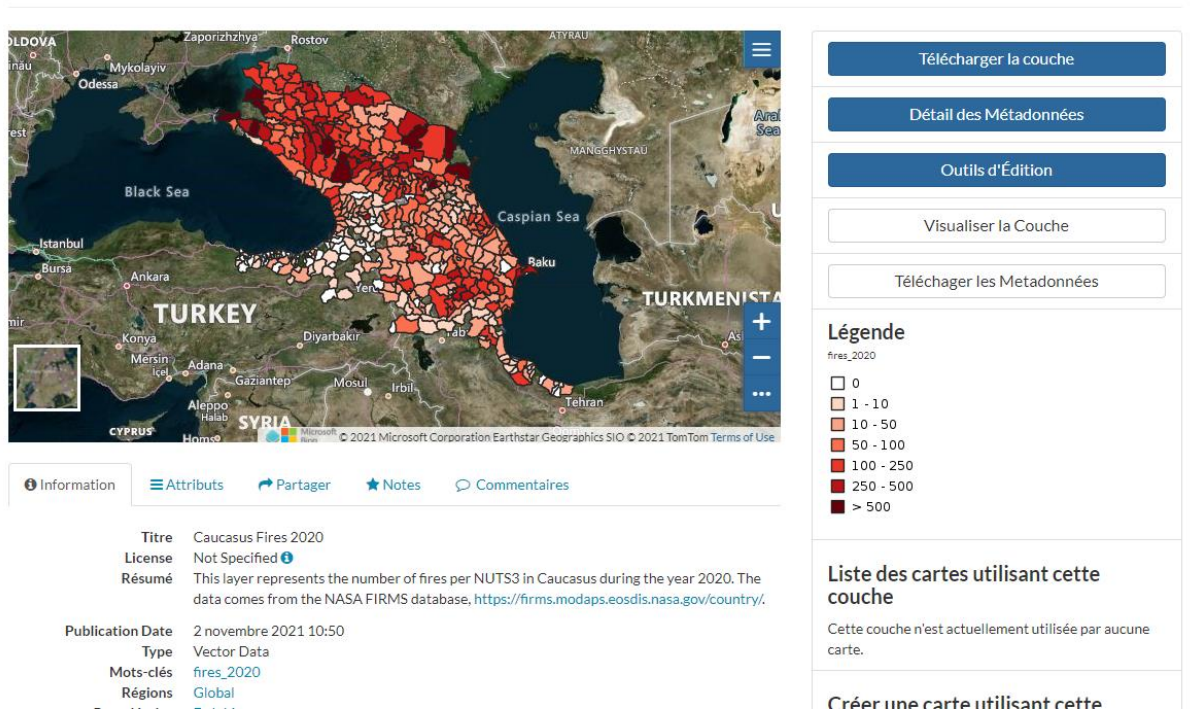


Figure 31 : Capture d'écran de la carte des feux ayant apparu durant l'année 2020 dans le Geonode.

Caucasus Roads Network 2021

Information | Attributs | Partager | Notes | Commentaires

Titre	Caucasus Roads Network 2021
License	Not Specified
Résumé	This layer represents the roads network of Caucasus. The data comes from OpenStreetMap, https://download.geofabrik.de/asia/armenia.html .
Publication Date	2 novembre 2021 12:59
Type	Vector Data
Mots-clés	roads_caucasus_select
Régions	Global

Légende
roads_caucasus_select

- motorway
- trunk
- primary
- secondary

Liste des cartes utilisant cette couche
Cette couche n'est actuellement utilisée par aucune carte.

Créer une carte utilisant cette couche
Cliquez sur le bouton ci-dessous pour générer une

Figure 32 : Capture d'écran de la carte des routes du Caucase pour l'année 2021 dans le Geonode.

Caucasus railroads network 2021

Information | Attributs | Partager | Notes | Commentaires

Titre	Caucasus railroads network 2021
License	Not Specified
Résumé	This layer represents the railroads network of Caucasus. The data comes from OpenStreetMap, https://download.geofabrik.de/asia/armenia.html .
Publication Date	2 novembre 2021 13:30
Type	Vector Data
Mots-clés	features , railroads
Régions	Global

Légende
railroads

- rail
- tram
- subway
- funicular

Liste des cartes utilisant cette couche
Cette couche n'est actuellement utilisée par aucune carte.

Créer une carte utilisant cette couche
Cliquez sur le bouton ci-dessous pour générer une

Figure 33 : Capture d'écran de la carte des infrastructures ferroviaires pour l'année 2021 dans le Geonode.

Caucasus education places 2021

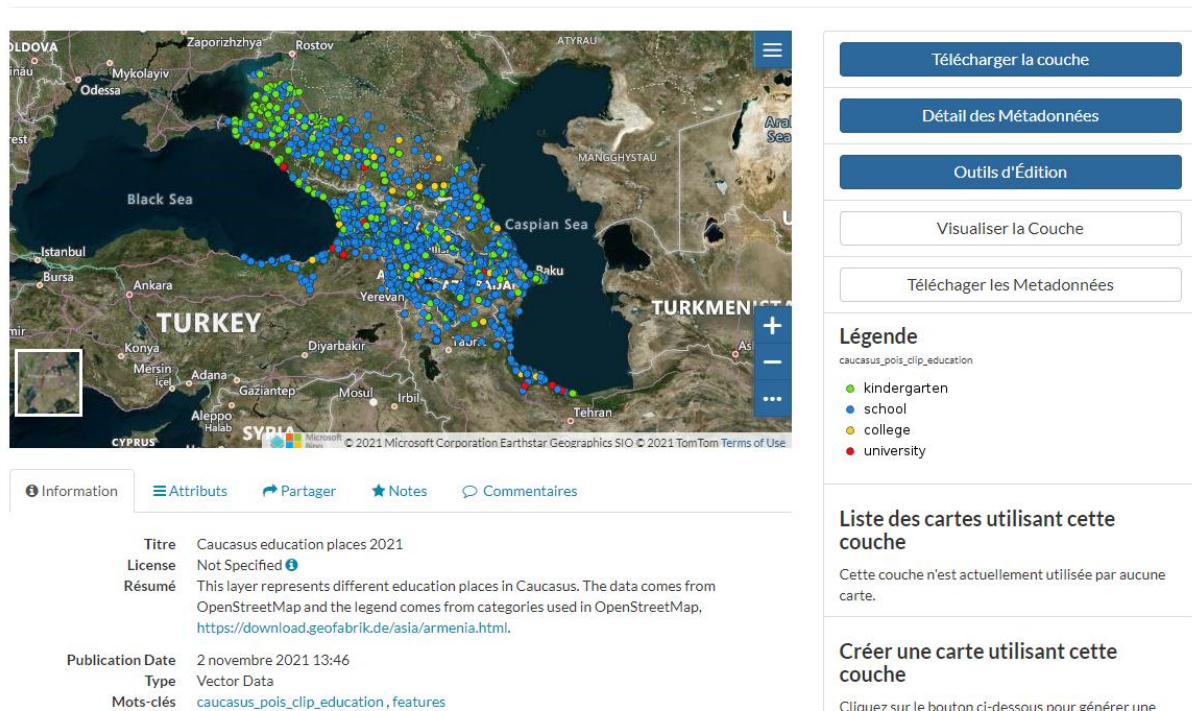


Figure 34 : Capture d'écran de la carte des lieux d'éducation en 2021 dans le Geonode (Source : OpenStreetMap).

Caucasus tourism accomodation 2021

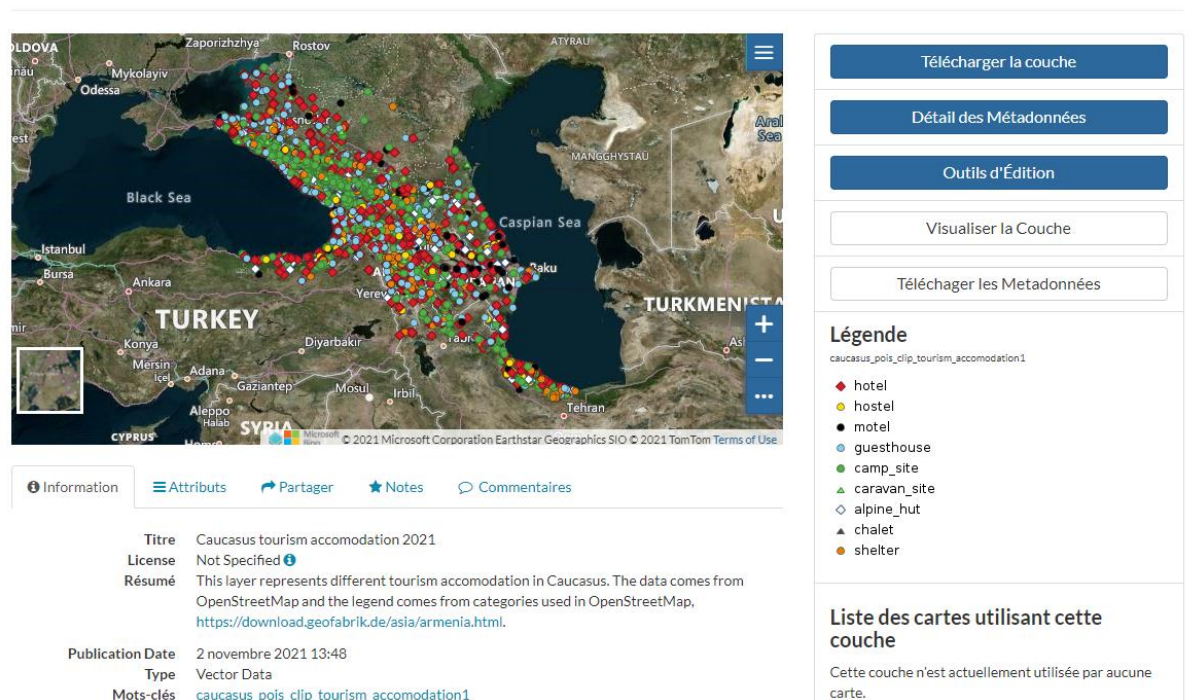


Figure 35 : Capture d'écran de la carte des hébergements touristiques en 2021 dans le Geonode (Source : OpenStreetMap).

Caucasus Paleovegetation

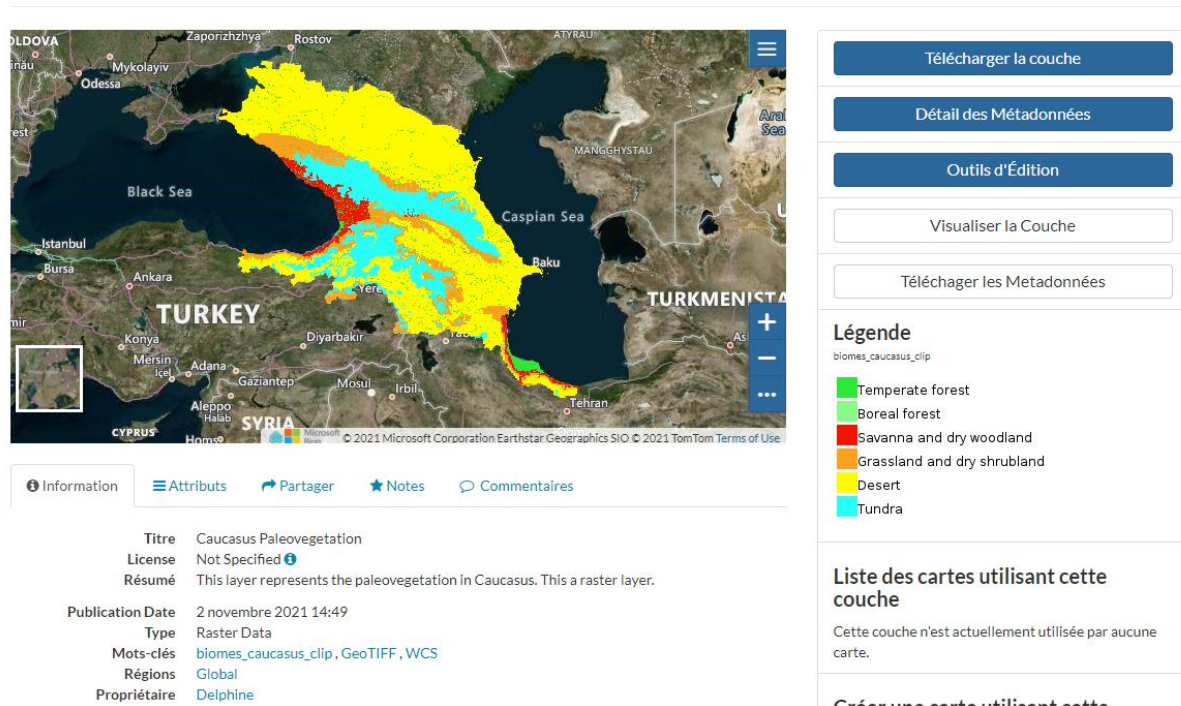


Figure 36 : Capture d'écran de la carte de la paléovégétation dans le Geonode (Gavashelishvili et Tarkhnishvili 2016).

Caucasus SRTM Elevation 900m 2020

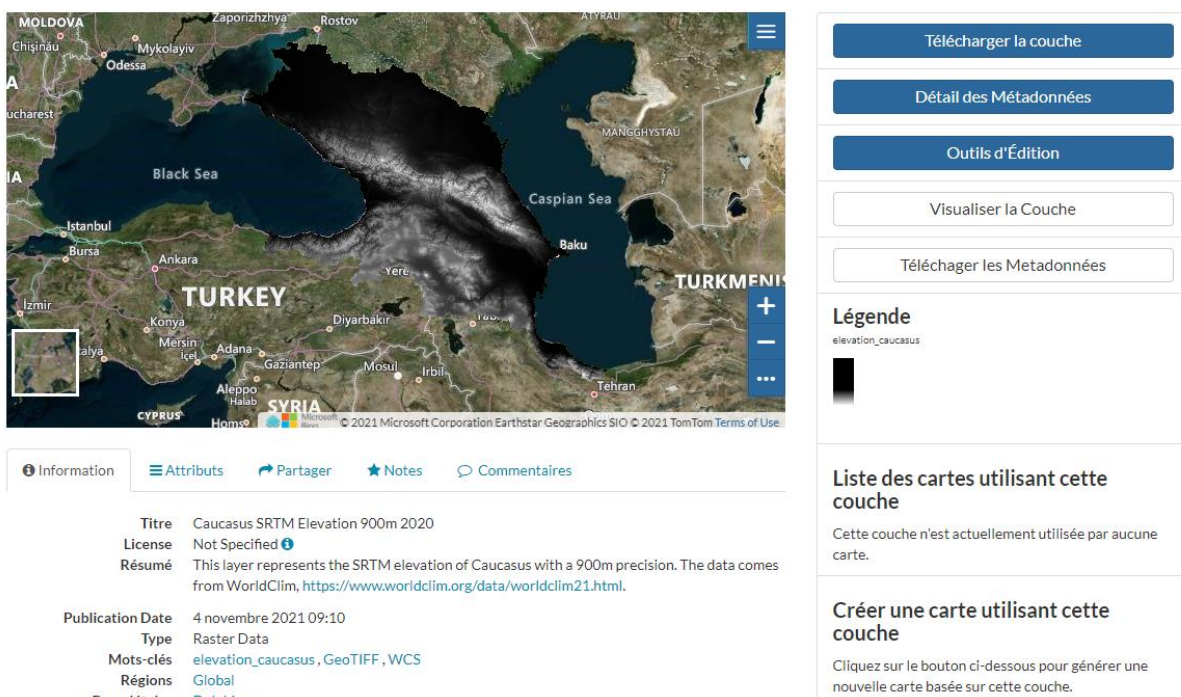


Figure 37 : Capture d'écran de la carte de l'altitude du Caucase dans le Geonode (Source : WorldClim 2020).



Information Attributs Partager Notes Commentaires

Titre Caucasus Mountains Ranges
 License Not Specified
 Résumé This layer represents the mountains in Caucasus. Each polygon of the shapefile is a different mountain. The data comes from the University of Bern and was published in 2018, https://ilias.unibe.ch/ilias.php?ref_id=1047348&cmd=infoScreen&cmdClass=ilrepositorygui&cmdNode=11n&baseClass=ilRepos



Information Attributs Partager Notes Commentaires

Titre Caucasus Mountain Ranges
 License Not Specified
 Résumé This layer represents the mountains in Caucasus. Each polygon of the shapefile is a different mountain. The data comes from the University of Bern and was published in 2018, https://ilias.unibe.ch/ilias.php?ref_id=1047348&cmd=infoScreen&cmdClass=ilrepositorygui&cmdNode=11n&baseClass=ilRepos
 Publication Date 16 décembre 2021 10:37
 Type Vector Data
 Mots-clés features , mountains_delimitations_caucasus_etiquettes
 Régions Asia , Europe , Armenia , Azerbaijan , Georgia , Russian Federation , Turkey , Iran
 Propriétaire Delphine
 Plus d'infos -

Layer WMS GetCapabilities document

Télécharger la couche

Détail des Métadonnées

Outils d'Édition

Visualiser la Couche

Télécharger les Metadonnées

Légende
 A red polygon style
 red polygon

Liste des cartes utilisant cette couche
 Cette couche n'est actuellement utilisée par aucune carte.

Créer une carte utilisant cette couche
 Cliquez sur le bouton ci-dessous pour générer une nouvelle carte à partir de cette couche.

Télécharger la couche

Détail des Métadonnées

Outils d'Édition

Visualiser la Couche

Télécharger les Metadonnées

Légende
 mountains_delimitations_caucasus_etiquettes

- Agni Dagli
- Alborz Mountains
- Allahu Ekber Daglari
- Bingöl Daglari
- Cosan Daglari
- Doganli Daglari
- Gavur Daglari Black Sea
- Greater Caucasus
- Hama Dag
- Iri Dagh
- Ispiriz Daglari
- Kargapazari Daglari
- Kesis Daglari
- Kuh-e Mishab
- Kuh-e Bozqush
- Kuh-e haye Siabalan
- Kuzey Anadolu Daglari / Pontus Mountains
- Lesser Caucasus
- Mescit Daglari
- Qarah Dagh
- Talyshskiy Gory
- Tendürük Dagi
- Yalnizcam Daglari

Figure 38 : Capture d'écran des cartes des chaînes de montagnes du Caucase dans le Geonode.

La seconde carte ayant des problèmes d'affichage dus au Geoserver, la première a été utilisée pour MapX et la StoryMap.

Caucasus cultural places 2021

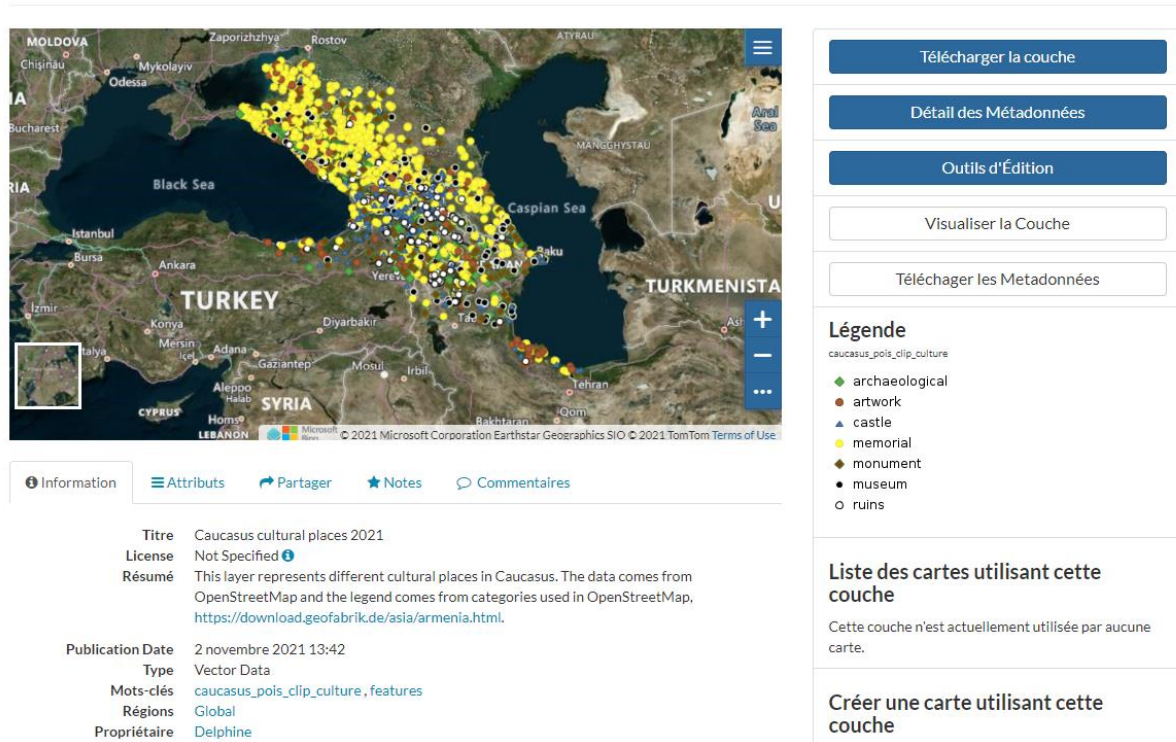


Figure 39 : Capture d'écran de la carte des lieux culturels du Caucase dans le Geonode 2021 (Source : OpenStreetMap).

Caucasus Protected Areas 2021

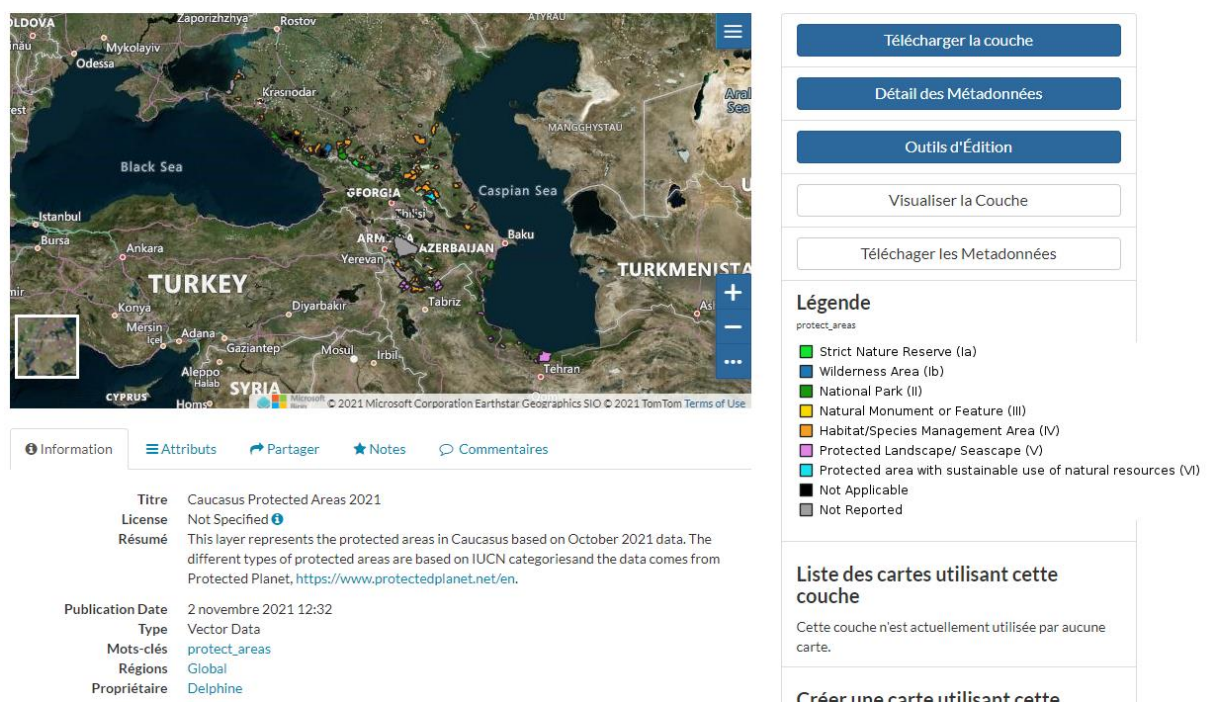


Figure 40 : Capture d'écran de la carte des aires protégées du Caucase dans le Geonode (Source : ProtectedPlanet 2021)

8.5. Annexe 5 : Visualisation des cartes sur MapX

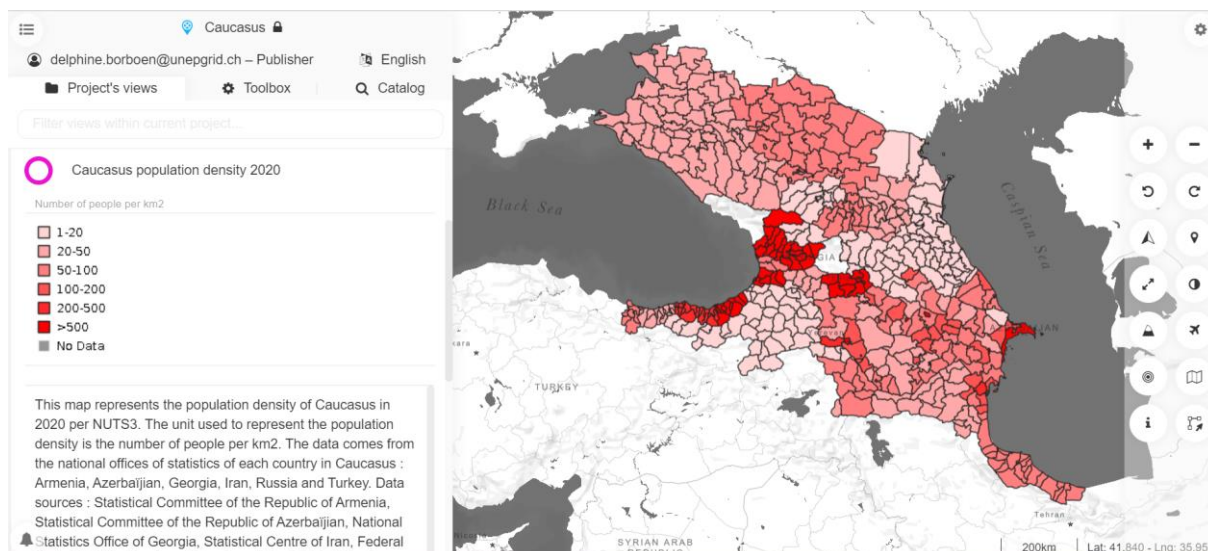


Figure 41 : Capture d'écran de la visualisation de la carte de densité de population en 2020 dans l'application MapX.

En effet, la Figure 9 représente la densité de population dans le Caucase en divisant la population totale par le nombre de km². La Russie devient l'un des pays les moins denses de la région, tout comme la Turquie, tandis que les trois pays du Caucase central, l'Arménie, la Géorgie et l'Azerbaïdjan, sont beaucoup plus densément peuplés, car leur superficie est bien inférieure à celle de la Russie par exemple.

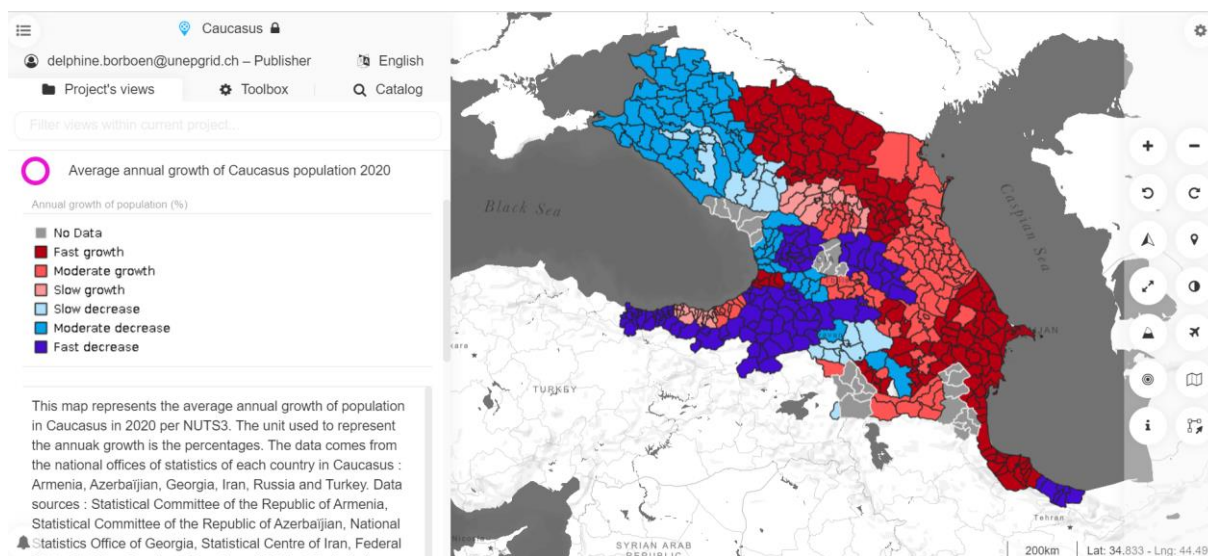


Figure 42 : Capture d'écran de la visualisation de la carte de la croissance annuelle de population en 2020 dans l'application MapX.

La carte de croissance annuelle de population montre une baisse de population à l'Ouest du Caucase (Turquie, Géorgie, Arménie et Ouest de la Russie), tandis que l'Est a plutôt une tendance à la hausse de population entre 2019 et 2020.

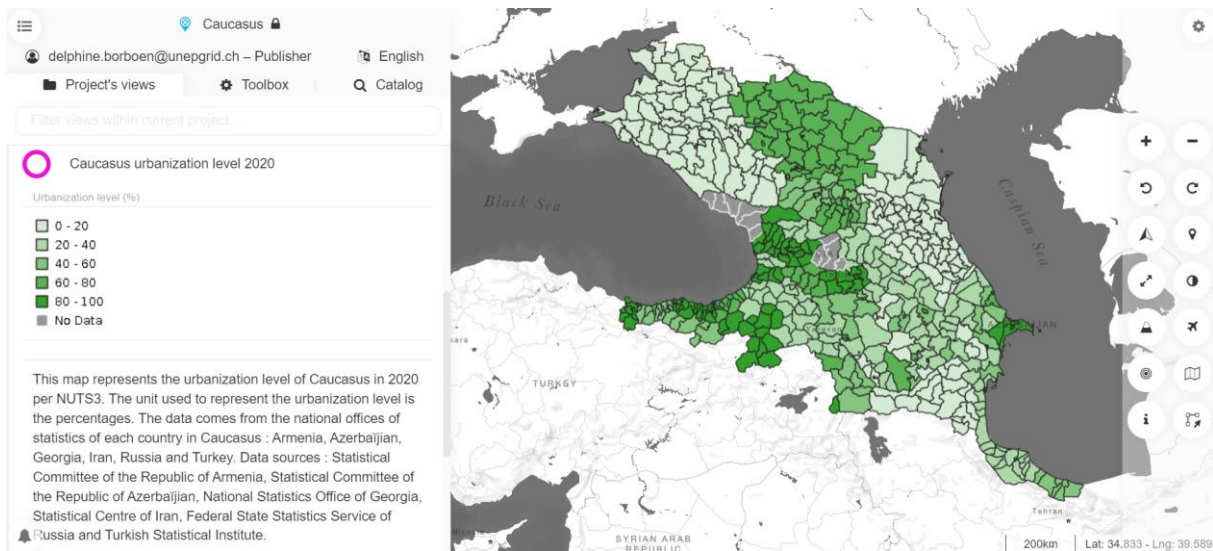


Figure 43 : Capture d'écran de la visualisation de la carte du taux d'urbanisation du Caucase en 2020 dans l'application MapX.

Le taux d'urbanisation est plutôt élevé au centre de la Russie, en Géorgie, en Arménie, ainsi que sur les côtes turques, iraniennes et azéries.

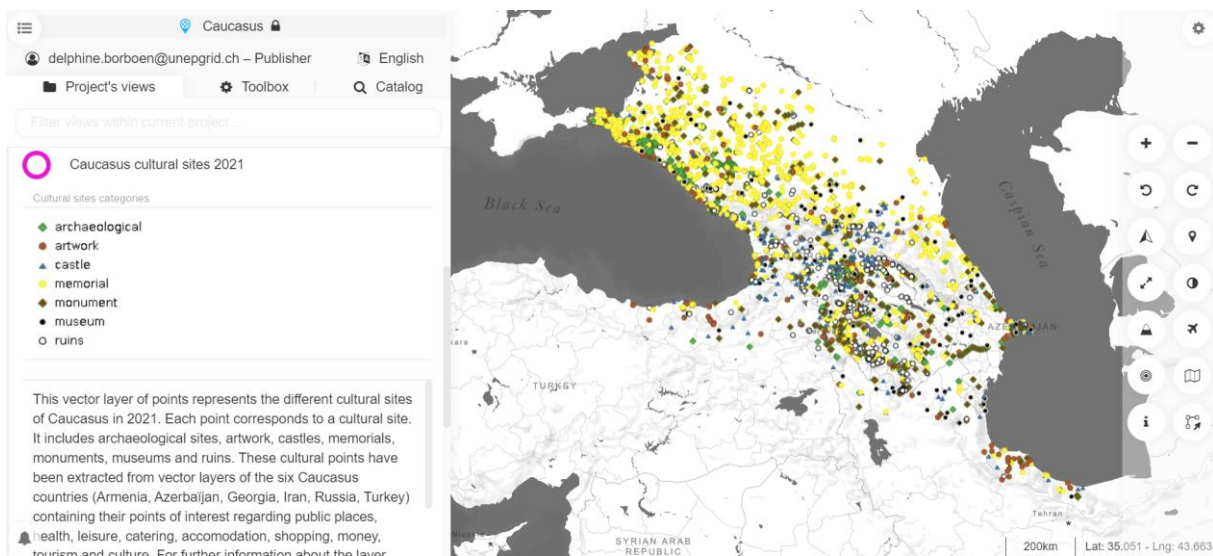


Figure 44 : Capture d'écran de la visualisation de la carte des lieux culturels du Caucase en 2021 dans l'application MapX.

Les lieux culturels du Caucase sont plutôt bien répartis dans la région. Cependant, les mémoriaux sont très présents au Nord du Caucase en comparaison des régions plus au sud.

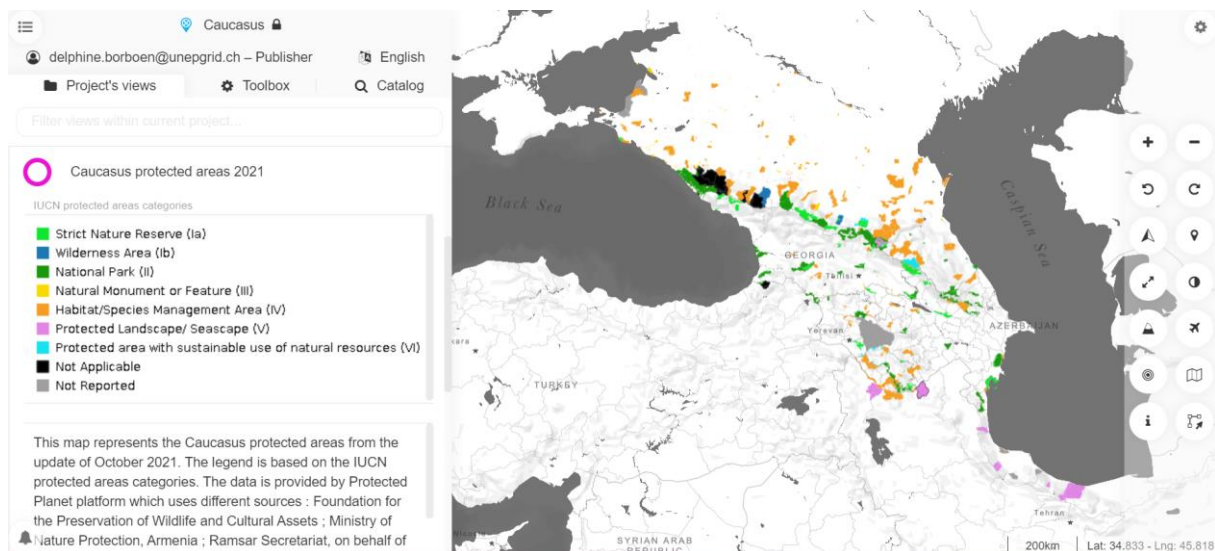


Figure 45 : Capture d'écran de la visualisation de la carte des aires protégées du Caucase en 2021 dans l'application MapX.

Une grande partie des aires protégées se trouvent dans la chaîne de montagnes du Grand Caucase. L'Arménie semble également contenir une grande surface d'aires protégées, tandis que l'est de la Turquie n'en contient quasiment pas, tout comme le nord de l'Iran.



Figure 46 : Capture d'écran de la visualisation de la carte des chaînes de montagnes du Caucase dans l'application MapX.

8.6. Annexe 6 : Dashboards

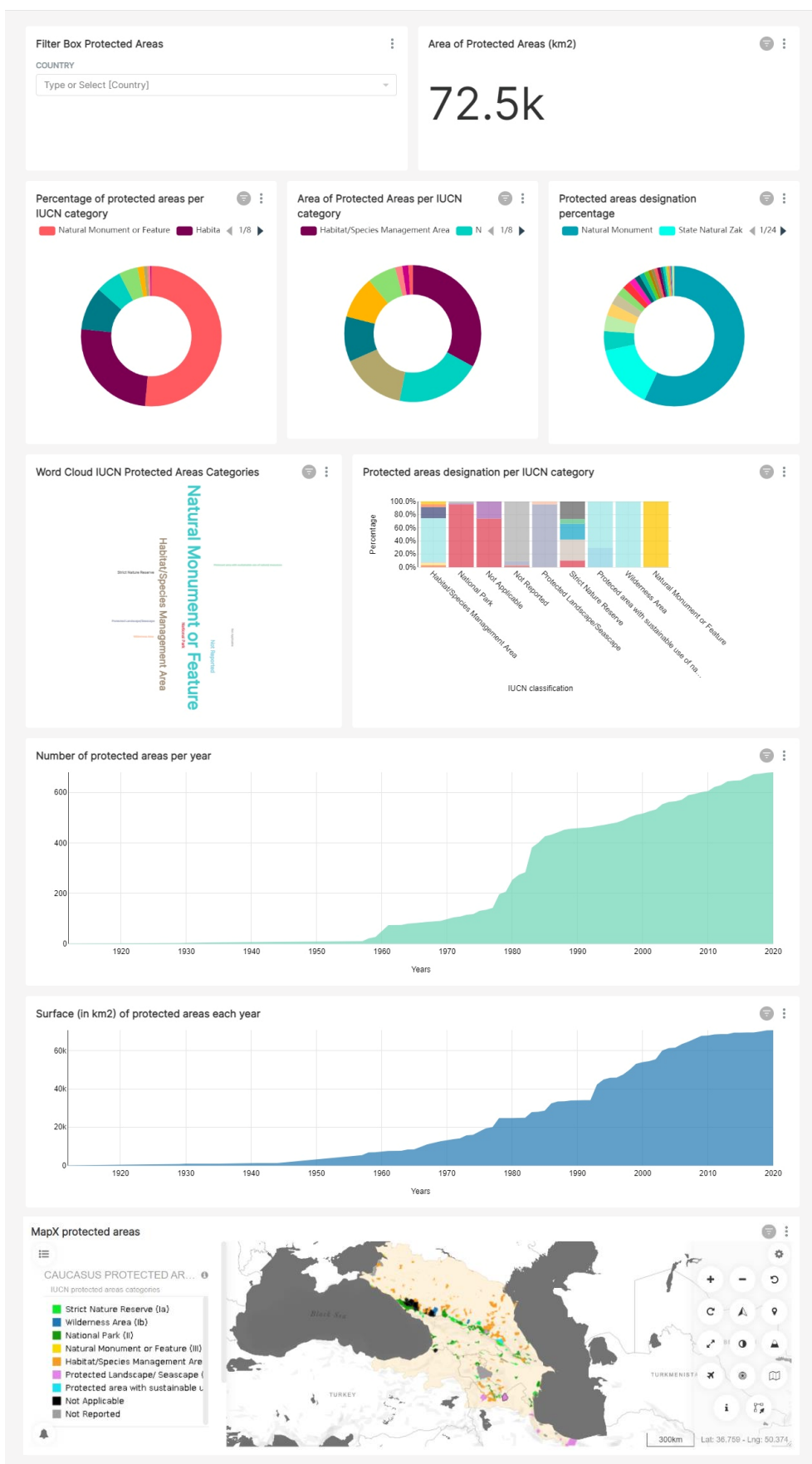


Figure 47 : Dashboard représentant les données des aires protégées dans le Caucase en 2021 (Source : ProtectedPlanet).

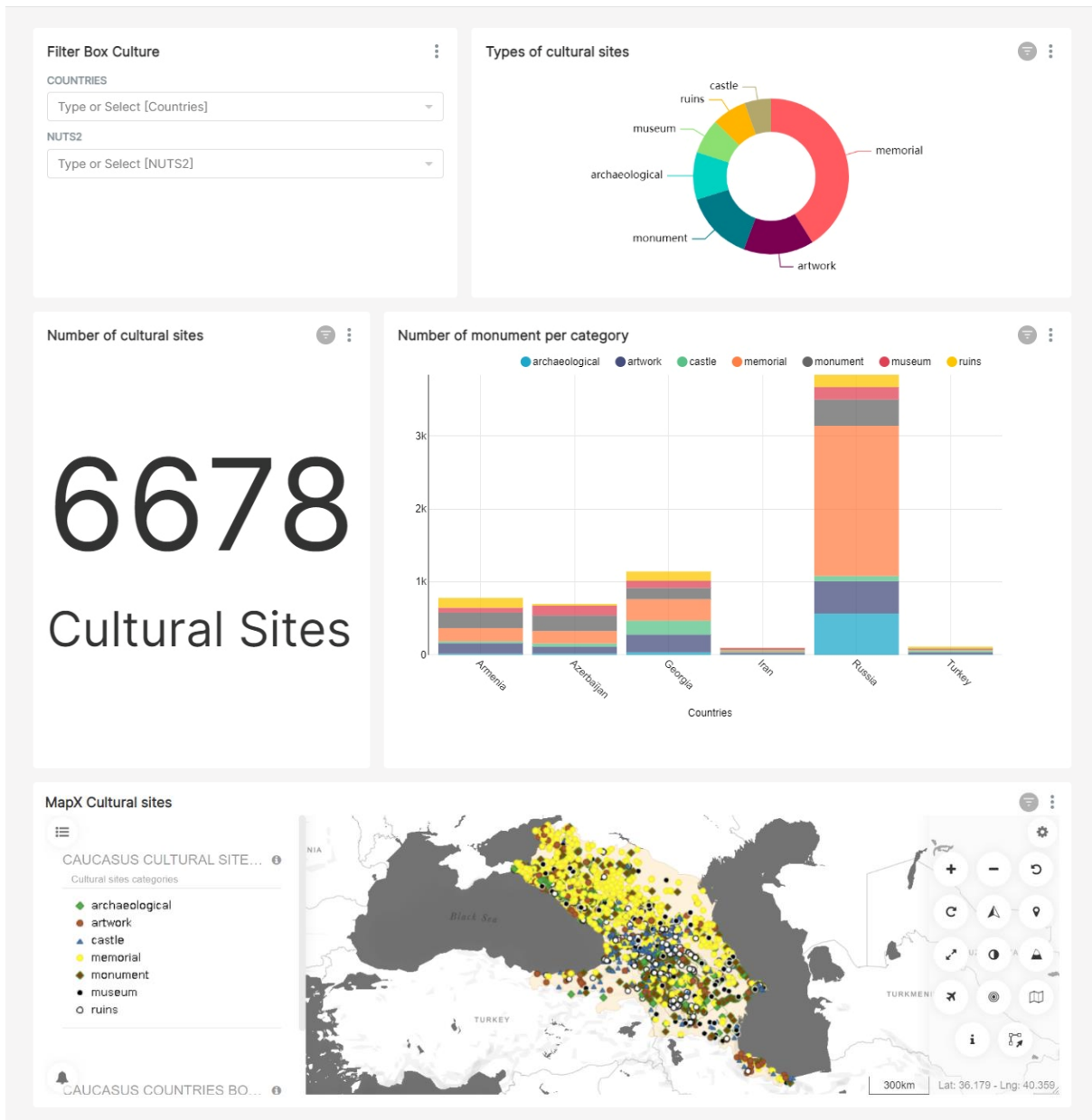


Figure 48 : Dashboard représentant les données des lieux culturels dans le Caucase en 2021 (Source : OpenStreetMap).