

CERTIFICAT COMPLÉMENTAIRE EN GÉOMATIQUE 2019

**Elaboration d'un Dashboard sur les paramètres
physico-chimiques des rivières du bassin-
versant du Lac Léman à l'aide du logiciel ArcGIS
Operations Dashboard**

Mémoire présenté par

Bissiau Guillaume

Sous la direction du Professeur Lehmann Anthony
Affiliation Faculté des Sciences & Institut des Sciences de l'Environnement

Jury :
Anouk Mentha
Grégory Giuliani

2019

Remerciements

J'adresse mes remerciements aux personnes qui m'ont aidé dans la réalisation de ce mémoire.

En premier lieu, je remercie M. Lehmann, professeur à l'Université de Genève. En tant que superviseur de mémoire, il m'a épaulé dans la réalisation de ce travail et son suivi rigoureux m'a largement aidé.

J'adresse mes remerciements à Mlle. Anouk Mentha, qui m'a beaucoup aidé dans l'accomplissement technique de ce Dashboard et qui a accepté de faire partie du Jury. Je remercie également M. Giuliani d'avoir accepté de faire partie du jury.

Je remercie M. Fasel, doctorant à l'Université de Genève sur le projet SWATCH21, de m'avoir fourni ses données et aidé dans leur mise en forme.

Finalement, merci à ma famille et à mes proches qui m'ont soutenu durant la réalisation de ce travail.

Table des matières

1. Introduction.....	6
1.1 Contexte	6
1.2 Objectifs.....	8
2. Méthodologie	9
2.1 Données utilisées	9
2.2 Traitement des données	11
2.3 Traitement sur ArcGIS	13
2.4 Traitement ArcGIS Online.....	19
3. Résultats	23
3.1 Carte AGOL	23
3.2 Dashboard	24
4. Discussions	28
4.1 Critiques des résultats	28
4.1.1 Carte	28
4.1.2 Dashboard	28
4.1.3 Données.....	30
4.2 Déroulement du travail	32
5. Conclusion	33
Références.....	34
Bibliographie.....	34
Sitographie	34
Annexe 1 : Carte ArcGIS finale.....	35

Tables des figures

Figure 1 : Projet d'observatoire du Léman.....	7
Figure 2 : Couches et tables à importer sur ArcGIS Online via un service web	18
Figure 3 : Géoservice « ArcGIS Rest » du travail ArcGIS importé.....	20
Figure 4 : Elément importés et créés sur AGOL	20
Figure 5 : Exemple de création de sélecteur et de liaisons entre couches dans le Dashboard.....	21
Figure 6 : Carte créée dans AGOL pour être importée dans le Dashboard	24
Figure 7 : Capture d'écran du Dashboard finalisé.....	25
Figure 8 : Exemple de graphique lié au choix de rivière dans le Dashboard	26
Figure 9 : Exemple de fenêtre contextuelle de la carte du Dashboard	27
Tableau 1 : Données brutes des rivières du logiciel SWAT en format .txt.....	10
Tableau 2 : Données brutes des sous bassin-versants du logiciel SWAT sous format .txt	10
Tableau 3 : Mise en forme sous Excel des données brutes SWAT.....	12
Tableau 4 : Table des données .RCH sous ArcGIS pour l'ensemble des années étudiées par rivière.....	15
Tableau 5 : Table .RCH complète sur ArcGIS.....	17

1. Introduction

Ce document constitue le dernier travail de validation du cursus de formation du certificat complémentaire en géomatique délivré par l'Université de Genève en 2018. Ce mémoire relate le déroulement de la création d'un Dashboard à l'aide du logiciel Operations Dashboard développé par ArcGIS Online entre février et mai 2019.

1.1 Contexte

Aujourd'hui la Suisse, mais aussi le canton de Genève sont connus pour posséder des bases de données cartographiques de leur territoire très étoffées. Cependant, leur interopérabilité n'est pas forcément respectée, c'est pourquoi le projet de plateforme GE-EN-VIE prend forme.

« GE-EN-VIE est un réseau thématique sur l'environnement regroupant l'État de Genève (DT), l'Université de Genève (ISE) et la HES-SO Genève (HEPIA). Le projet vise à créer un outil d'aide à la décision destiné à aider l'État dans sa mission de préservation et de gestion de l'environnement » (UNIGE, 2018). Il s'agit dans un premier temps d'identifier et de valoriser les données liées à l'environnement de Genève et son bassin puis de les compléter, en définissant les indicateurs pertinents aux différents domaines étudiés pour l'orientation des politiques publiques.

Ce projet inclut la mise en place d'un observatoire, d'un laboratoire et d'une plateforme de l'environnement ayant chacun une fonction : produire des connaissances, les expérimenter et enfin mieux les partager et les communiquer. Le laboratoire permettra de promouvoir les résultats de l'observatoire en menant des actions pilotes et des recherches innovantes, notamment à l'ISE et l'HEPIA. La plateforme aura comme fonction de promouvoir les actions menées mais également renforcer les liens entre administrations, l'Université et la Haute Ecole pour ainsi mieux répondre aux besoins des politiques publiques

La communication de ces données est donc un point essentiel à ce projet. Or, il est à ce jour nécessaire de pouvoir communiquer les résultats de façon claire et interactive à l'ensemble du public mais aussi aux différents acteurs. C'est ainsi que l'objectif de ce mémoire réalisé auprès de l'Université de Genève fut d'explorer le potentiel du logiciel ArcGIS Online Dashboard développé par ESRI. Logiciel dont l'Université possède les accès.

En outre, un autre projet pouvant s'inscrire dans la mise en place de la plateforme GE-EN-VIE est actuellement discuté. Il s'agit de développer un observatoire du Léman, permettant aux décideurs, aux gestionnaires, aux chercheurs et au grand public de suivre l'état du lac et de son bassin d'alimentation. A la vue des enjeux majeurs que représentent les changements climatiques en termes environnemental, social et économique, il est indispensable de comprendre le fonctionnement du Lac Léman et de son bassin-versant.

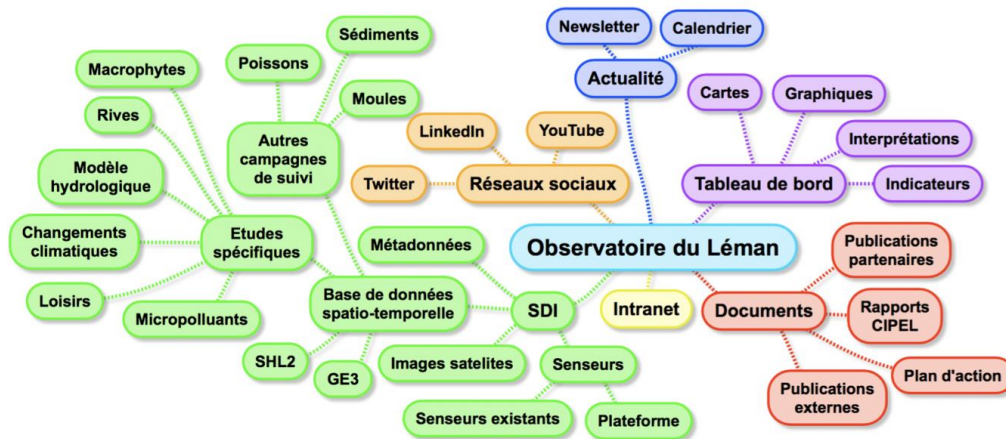


Figure 1 : Projet d'observatoire du Léman

La communication est tout aussi importante dans ce projet car les données transposées de façon interactive peuvent ensuite être reprises par les différents acteurs de l'observatoire. Cela dans le but de transmettre des informations à des chercheurs, organismes ou la plupart du temps au grand public.

Il a donc été décidé d'utiliser les données du bassin-versant du lac Léman, provenant du projet SWATCH21 (Lehmann et al., 2019) dont l'objectif est de modéliser l'ensemble des rivières et bassins-versants de Suisse à l'aide du logiciel SWAT. L'objectif est ainsi de prévoir dans un second temps des scénarios futurs tels que le changement climatique et le changement d'utilisation des sols.

1.2 Objectifs

L'objectif premier de ce travail est d'explorer les possibilités du logiciel Dashboard développé par ESRI dans ArcGIS Online. Il s'agit de découvrir ses fonctionnalités et en déduire dans quelle mesure elles répondent aux besoins d'importation de données volumineuses, de facilité d'emploi et de communication. Les besoins sont définis dans le cadre des projets GE-EN-VIE et de l'Observatoire du Léman.

Il s'agit plus spécifiquement de retranscrire de manière interactive sous forme de cartes et de graphiques les données spatio-temporelles issues d'un modèle hydrologique du bassin versant du Léman. Ce modèle a été développé avec le programme SWAT dans le projet SWATCH21 (Lehmann et al. 2019).

Enfin, ce travail devra rendre compte des limites d'utilisation du logiciel dans le contexte du projet lémanique.

Finalement, le travail tâchera d'établir les principales perspectives d'utilisation du Dashboard d'ArcGIS Online pour la mise en œuvre d'un Observatoire du Léman.

2. Méthodologie

La méthodologie ci-dessous dicte les différentes étapes qui ont été nécessaires à la création du Dashboard à l'aide des données sources SWAT du projet SWATCH21. Elle traite premièrement les étapes de mise en forme des données SWAT dans Excel, puis les traitements sur ArcGIS puis l'importation vers ArcGIS Online. Enfin, seront expliqués la création de la carte utilisée dans le Dashboard et les différents outils utilisés dans ce dernier.

2.1 Données utilisées

Afin de réaliser ce travail, l'essentiel des données ont été récupérées du projet SWATCH21. Toutes les couches possèdent la projection CH1903_LV03, sauf la couche « Contours des départements français » qui possède la projection GCS_WGS_1984. Aucune anomalie entre les frontières suisses et françaises n'a été détectée et il a donc été choisi de la laisser telle quelle.

Les différentes couches utilisées sont donc :

- Contours des départements français, issue d'OpenStreetMap, sur le site internet du gouvernement français : www.data.gouv.fr
- Cantons suisses, issue de la base de données suisse universitaire .sde. La couche se trouvant dans « limites_administratives_generalisees » puis « g1k13 ».
- Lacs, issue de la base universitaire .sde. La couche se trouvant dans « TLMRegio_Hydrography » puis « TLMRegio_Lake ».
- Rivières officielles, issue de la même base de données que « Lacs » mais sous « TLMRegio_Flowing_Water ».
- Rivières SWAT, issue des outputs du logiciel SWAT du projet SWATCH21.
- Sous bassins-versants, issue des outputs du logiciel SWAT du projet SWATCH21.

Enfin, deux tables de données issues des modélisations SWAT du projet SWATCH21 ont été utilisées afin d'affilier à chaque rivière et chaque sous bassin-versant, les résultats obtenus par le logiciel. Les deux figures ci-dessous représentent un extrait des deux fichiers .txt bruts créés par le logiciel reflétant mois par mois les différents paramètres des rivières et sous bassins-versants de 1985 à 2015.

Le tableau 1 représente le fichier « sub », c'est-à-dire les caractéristiques de chaque sous bassin-versant. Cette image comprend l'ensemble des paramètres du fichier de base utilisé pour le projet SWAT21, définis en haut de chaque colonne. Cependant le logiciel est capable de fournir des données supplémentaires à la demande lors de la modélisation. Afin de pouvoir interpréter chacune d'elles, il est nécessaire de consulter le chapitre 3 du manuel Soil and Water Assessment Tool (Arnol et al., 2012)

Le tableau 2, représente les données des rivières « rch » et comprend plus de paramètres que le fichier « sub ». Les données ne sont donc pas entièrement représentées sur cette image pour plus de lisibilité. Ces deux figures sont disposées de la même manière. Les colonnes « SUB » et « RCH » sont liées au code de la rivière ou du sous bassin-versant. Ces derniers sont représentés au nombre de 2913. La colonne « MON » équivaut à « month ». C'est-à-dire que pour ces tableaux, le mois 1, janvier, est représenté sur cette capture d'écran. Les 2913 rivières et sous bassins-versants, sont donc présentés à la suite pour le mois de janvier 1985. En défilant vers le bas, en arrivant au chiffre 2913, la colonne « RCH » et « SUB » reviennent à 1, tandis que la colonne « MON » passe à 2 pour le mois de février. Ainsi de suite jusqu'à décembre 1985. Le mois de janvier 1986 n'est pas directement présenté, mais une moyenne de chaque « RCH » et chaque « SUB » (2913 entités) pour l'année est affichée. Enfin, l'année 1986 commence en affichant le chiffre 1 dans « MON ». Ce schéma se répète jusqu'à l'année 2015. Comme il est possible de penser, ces documents sont très lourds avec un nombre très élevé de lignes. Un traitement de données a été nécessaire et sera présenté par la suite.

2.2 Traitement des données

La première étape du travail a été de travailler sur la mise en forme des données des deux fichiers .txt. Il a été décidé de travailler sur Excel afin de pouvoir modifier la forme des tableaux. À la suite d'une importation des fichiers au format .xls, les fichiers se sont montrés trop volumineux en termes de nombre de lignes. Un tri en amont a donc été fait et seulement les 25 dernières années ont été gardées pour ce travail. Un tableau croisé dynamique a d'abord permis de supprimer l'ensemble des données moyennes par année comme énoncé dans le point précédent, afin de ne garder que des données brutes par mois. Les données de débit, oxygène dissous, charge de sédiments transportée, concentration d'azote et concentration de phosphore ont été gardées pour ce travail dans la table des rivières.

À la suite d'un long travail de mise en forme et d'utilisation de codes VBA Excel, l'idée était de pouvoir mettre à la suite, en colonne, l'ensemble des dates des observations effectuées par rivière. Sur les 25 ans, 312 observations ont donc été effectuées. Il est possible de voir que les observations commencent au mois de janvier 1990 et se finissent en décembre 2015. L'ajout du jour d'observation était pour fournir par la suite un format de date reconnu par ArcGIS Online. Une fois la date du 01/12/2015 atteinte, le « GRID CODE » de la rivière passe alors au numéro 2 et les observations recommencent à « Obs_1 », car le segment de rivière étudié a changé, et ceci jusqu'au « GRID CODE » 2913.

1	Observation	GRID_CODE	Date	RCH_DISOX_OUTkg	RCH_FLOW_OUTcms	RCH_SED_OUTt	RCH_TOT_Nkg	RCH_TOT_Pkg
2	Obs_1	1	01/01/1990	18100	0,8593	307,8	3640	833
3	Obs_2	1	01/02/1990	26260	1,086	358,1	1429	336,1
4	Obs_3	1	01/03/1990	31130	1,293	536,5	2194	554,3
5	Obs_4	1	01/04/1990	33740	1,966	876,3	7212	1924
6	Obs_5	1	01/05/1990	43340	2,256	979,2	2562	546,2
7	Obs_6	1	01/06/1990	44710	1,809	432,7	308,8	60,65
8	Obs_7	1	01/07/1990	29390	1,435	465,2	1034	306,6
9	Obs_8	1	01/08/1990	27560	1,496	290,3	1480	347
10	Obs_9	1	01/09/1990	29860	1,635	309,9	991,4	274,1
11	Obs_10	1	01/10/1990	46530	1,866	317	528,8	134,3
12	Obs_11	1	01/11/1990	46080	1,552	267,1	149	42,4
13	Obs_12	1	01/12/1990	33810	1,392	441	1538	467,7
14	Obs_13	1	01/01/1991	37950	1,153	280,9	468	149,6
15	Obs_14	1	01/02/1991	27130	1,483	318,4	2623	713
16	Obs_15	1	01/03/1991	29070	1,374	445,5	2730	545,8
17	Obs_16	1	01/04/1991	36090	1,509	475,1	1640	429,4
18	Obs_17	1	01/05/1991	40140	1,987	466,9	3799	966,6
19	Obs_18	1	01/06/1991	44010	1,775	265,2	513,2	68,2
20	Obs_19	1	01/07/1991	29870	1,494	439	1427	449,6
21	Obs_20	1	01/08/1991	21810	1,412	584,8	1204	323,2
22	Obs_21	1	01/09/1991	29600	1,571	420,6	1144	336,2
23	Obs_22	1	01/10/1991	38930	1,569	391,9	537,4	168
24	Obs_23	1	01/11/1991	37170	1,413	227,1	902	250,9
25	Obs_24	1	01/12/1991	32560	1,003	166,1	181,2	50,72
26	Obs_25	1	01/01/1992	16050	0,7797	278,6	3246	881,1
27	Obs_26	1	01/02/1992	16010	0,9807	343,1	5426	1486
28	Obs_27	1	01/03/1992	30630	1,187	484,4	1922	529,3

Tableau 3 : Mise en forme sous Excel des données brutes SWAT

Il a été choisi d'utiliser ce type de mise en forme afin de pouvoir ensuite effectuer des jointures entre cette table et les couches de rivières et de sous bassins-versants sur ArcGIS ainsi que des liaisons entre widgets sur ArcGIS Online Dashboard.

Le même schéma de mise en forme a été effectué pour la table des sous bassins-versants « sub » en gardant les données de précipitations pluvieuses, précipitations neigeuses, ruissellement, évapotranspiration et teneur en eau du sol dans le but d'obtenir un bilan hydrologique.

Après l'ensemble de la méthodologie effectuée sur Excel, ArcGIS et Dashboard, il s'est avéré que les données par mois étaient trop volumineuses pour le logiciel Dashboard. Elles ont donc été réduites à des moyennes par années, recalculées alors qu'elles étaient présentes dans l'output SWAT de base.

Les tableaux, dont les paramètres ont été convertis en moyenne par année sur 25 ans ont été enregistrés sous le format .csv puis ajoutés en tant que table sur ArcGIS.

2.3 Traitement sur ArcGIS

Les couches sous bassins-versants, rivières et lacs ont été ajoutées dans un premier temps. A l'aide de l'outil « Dissolve », les sous bassins-versants ont donné les limites du bassin-versant total du lac Léman.

Ces trois couches correspondent toutes trois à la limitation du bassin-versant et le « Dissolve » des sous bassins-versants donnant la couche « bassin-versant », qui servira à délimiter les surfaces des départements français et des cantons suisses présents dans le bassin-versant.

Une importation des deux couches précédentes est alors effectuée et l'outil « clip » et utilisé pour chacune d'elle. Le résultat donne alors la couche « departement_BV » pour les départements français inclus dans la zone et la couche « canton_BV » pour les cantons suisses inclus dans la zone. L'outil « merge » a ensuite été utilisé afin de ne créer qu'une seule couche appelée « Canton-Dep_BV ».

Enfin, la couche rivière issue de la modélisation SWAT, ne contient aucun nom de ces dernières dans la table d'attribut. Aucune jointure par « Field » n'est possible avec les couches des rivières disponibles dans le serveur de l'Université .sde. Il est alors nécessaire d'importer la couche TLMRegio_Hydrography couvrant l'intégralité de la zone concernée, dont la partie française, et comprenant les noms de chaque rivière. Une fois le « clip » effectué, la couche obtenue a été nommée « TLM_BV ». Cette couche permettra alors d'obtenir les noms de rivières par « spatial join » entre les deux couches de rivières. Le résultat, même avec une étendue élevée ne fonctionne pas correctement. En effet, la couche de rivière générée par SWAT provient de rasters retransformés en vecteurs. La disposition et la trajectoire des rivières ont donc été parfois changées. De plus, certains petits segments de rivières ont été ajoutés à de nombreux endroits, n'étant pas affichés sur la couche TLMRegio. Ces segments n'ont donc pas de noms attribuables.

Un autre moyen d'effectuer un meilleur « spatial join » a été de transformer les shapefiles en points. L'outil « feature to point » a permis de convertir l'ensemble des shapes des deux couches vers des points afin d'obtenir une marge d'erreur moins élevée lors du futur « spatial

join ». Cependant, ce dernier s'est encore avéré non satisfaisant. Avec une étendue, trop petite, les rivières ne sont pas reconnues et avec une étendue trop élevée, les noms sont confondus.

Cependant, au vu des résultats cette solution semblait plus satisfaisante que la première. Afin d'établir une carte juste dans le Dashboard, une vérification manuelle de chaque rivière a dû être effectuée. Pour cela, les deux couches ont été affichées en même temps, et à partir de l'éditeur, chaque segment des 2913 rivières a été scruté. De nombreux segments portaient de mauvais noms de rivières présentes à proximité, ils ont donc été corrigés. D'autres n'étaient simplement pas reconnus, et les segments rajoutés par le logiciel SWAT ont été supprimés. Enfin, plusieurs rivières comportaient le même nom sans être pour autant liées entre elles. C'est notamment le cas du Foron, dont le nom a été repris pour six rivières en Haute-Savoie. Il a donc été nécessaire de les renommer. Pour ce travail, ces rivières se sont appelées Foron 1, Foron 2 ...

Une fois ce tri de rivières réalisé, une jointure est alors effectuée avec les deux tables « RCH » et « SUB » à l'aide du field « GRID ». Grâce à cette jointure, il est maintenant possible d'avoir le nom de chaque rivière ainsi que les paramètres précédemment dictés.

Un « spatial join » avec la couche « Canton_Dep_BV » a été effectué sur la couche des rivières dans le but d'attribuer un département ou canton à chaque tronçon de rivière et ainsi de pouvoir créer des chemins dans le Dashboard parmi les widgets proposés.

Sur la couche de rivières triées, provenant au départ du logiciel SWAT, il est alors maintenant possible d'effectuer un « Dissolve » par nom de rivière. Cette étape permet de regrouper l'ensemble des tronçons des rivières vers une seule et même rivière. Cette étape permet principalement d'obtenir un contenu visuel dans la création du futur Dashboard. En effet, des cours d'eau tels que l'Arve ou le Giffre possèdent plusieurs dizaines de tronçons issus de l'output SWAT. Ces mêmes tronçons se seraient alors retrouvés sur la carte du Dashboard et le choix de rivières proposé à l'utilisateur se serait révélé beaucoup trop vaste et flou. L'outil « Dissolve » a été utilisé de manière à recréer une ligne de nom de rivière dans la table si cette dernière traverse plusieurs départements ou cantons.

Pour finir, une jointure a encore été effectuée avec les deux tables « RCH » et « SUB » à l'aide du field de nom de rivières. Les différents tronçons ont donc été joints en une rivière dans les tables et une moyenne des différents paramètres liés à chaque tronçon a été effectué par année.

OBJECTID *	OBJECTID	NOM RIVIERE	ANNEE	DEBIT m/s	O2 TOTAL	SED TOT	PK TOT	N TOT
28	28	Aletschgletscher	1993	0,94	10512	755	292	701
29	29	Aletschgletscher	1994	0,87	9703	680	309	743
30	30	Aletschgletscher	1995	0,83	9118	642	287	703
31	31	Aletschgletscher	1996	0,98	13365	794	334	697
32	32	Aletschgletscher	1997	0,6	8111	419	227	540
33	33	Aletschgletscher	1998	0,62	7427	441	260	628
34	34	Aletschgletscher	1999	0,84	10803	653	307	643
35	35	Aletschgletscher	2000	1,28	11630	1176	436	844
36	36	Aletschgletscher	2001	0,81	9716	617	293	610
37	37	Aletschgletscher	2002	1,18	12952	980	382	733
38	38	Aletschgletscher	2003	0,52	7015	341	205	435
39	39	Aletschgletscher	2004	0,59	6229	433	248	561
40	40	Aletschgletscher	2005	0,63	7232	468	280	582
41	41	Aletschgletscher	2006	0,68	7917	513	286	570
42	42	Aletschgletscher	2007	0,76	9759	577	322	608
43	43	Aletschgletscher	2008	0,98	11924	789	367	659
44	44	Aletschgletscher	2009	0,68	7842	515	267	544
45	45	Aletschgletscher	2010	0,78	8797	589	304	566
46	46	Aletschgletscher	2011	0,68	10162	485	272	481
47	47	Aletschgletscher	2012	0,79	9597	585	279	529
48	48	Aletschgletscher	2013	1,06	11029	849	353	649
49	49	Aletschgletscher	2014	0,81	9949	595	305	546
50	50	Aletschgletscher	2015	0,84	10437	651	337	614
51	51	Altbach	1991	0,17	2557	164	103	416
52	52	Altbach	1992	0,19	3126	206	123	502
53	53	Altbach	1993	0,23	3006	244	183	739
54	54	Altbach	1994	0,19	2923	190	115	440
55	55	Altbach	1995	0,18	2655	191	135	549
56	56	Altbach	1996	0,19	3046	192	127	498
57	57	Altbach	1997	0,12	1847	119	107	428
58	58	Altbach	1998	0,13	1890	130	125	501
59	59	Altbach	1999	0,18	2593	187	127	490
60	60	Altbach	2000	0,29	3906	329	213	773
61	61	Altbach	2001	0,16	2405	157	91	338
62	62	Altbach	2002	0,27	3260	300	166	608
63	63	Altbach	2003	0,07	1306	58	44	163
64	64	Altbach	2004	0,13	1656	131	78	278
65	65	Altbach	2005	0,13	1786	126	90	323
66	66	Altbach	2006	0,14	2310	141	96	344
67	67	Altbach	2007	0,14	2018	144	134	520
68	68	Altbach	2008	0,21	3217	225	151	552
69	69	Altbach	2009	0,16	3072	152	170	716
70	70	Altbach	2010	0,16	2568	155	95	339
71	71	Altbach	2011	0,14	2266	139	84	287
72	72	Altbach	2012	0,18	2718	165	124	455
73	73	Altbach	2013	0,27	4187	287	153	521
74	74	Altbach	2014	0,19	3343	182	128	489
75	75	Altbach	2015	0,14	2748	127	93	348
76	76	Anunbach	1991	1,94	15776	2500	440	633
77	77	Anunbach	1992	1,87	22555	2398	407	577
78	78	Anunbach	1993	1,56	8278	2033	409	533
79	79	Anunbach	1994	2,09	16721	2686	474	663

Tableau 4 : Table des données .RCH sous ArcGIS pour l'ensemble des années étudiées par rivière

Après divers tests sur le logiciel Dashboard, il a été conclu, que des calculs préalables étaient nécessaires dans la table « RCH » afin de pouvoir obtenir des graphiques lisibles et des unités de mesures compréhensibles. Il a donc été décidé d'exporter cette table vers Excel et de réaliser les calculs de taux d'oxygène, de sédiments, de phosphore et d'azote par litre à l'aide de la colonne débit dont l'unité est le m3/s. De plus, des quantiles à 25% supérieur et 25% inférieur ont été réalisés pour l'ensemble des rivières. Ceci dans le but de pouvoir comparer la rivière

sélectionnée sur le Dashboard aux autres. Ces quantiles ont également été calculés car les calibrations des paramètres choisis pour ce travail n'étaient pas encore totalement au point à ce stade du projet SWATCH21.

Enfin, après quelques recherches bibliographiques, des limites « bonnes, moyennes et mauvaises » ont été ajoutées dans de nouveaux field. Les limites pour le phosphore et les nitrates proviennent de la CIPEL (CIPEL, 2018), alors que pour l'oxygène les valeurs proviennent du site du syndicat mixte de la Marne. Les valeurs sont alors ajoutées dans l'ensemble du field et sont identiques pour chaque rivière afin de créer ensuite dans le Dashboard des seuils. La table a ensuite été retranscrite en .csv puis importée dans le projet ArcGIS.

Dans le tableau suivant, il est possible de distinguer la plupart des paramètres, sauf l'azote pour plus de lisibilité. Chaque paramètre comprend la teneur par litre calculée à l'aide du débit, la moyenne du paramètre pour l'ensemble des rivières, les deux quantiles « 25%+ et 25% » et les seuils « mauvais, moyen ou bon » avec pour chacun d'entre eux, le préfixe lui correspondant.

Enfin, il a été nécessaire de recréer de nouvelles couches identiques dans un même dossier à l'aide de « Export data ». En effet, les couches ayant reçu des jointures s'avèrent dysfonctionner lorsque l'on souhaite importer ce travail sur ArcGIS Online, qui est l'étape suivante.

OBJECTID *	OBJECTID	NOM RIVIERE	ANNEE	DEBIT m/s	OZ TOTAL	OZ mmil	OZ 25%+	OZ 25%-	OZ MOY	OZ mmil	OZ maxL	SED TOT	SED q/L	SED MOY	SED 25%+	SED 25%-	PK TOT	PK mmil	PK MOY	PK 25%+	PK 25%-
27	27	Aletschglacier	1992	0,86	11830	5,3	8,1	4,8	6,5	5	11,3	649	0,289	0,284	0,329	0,198	289	0,122	0,245	0,306	0,184
28	28	Aletschglacier	1993	0,94	10512	4,3	8,1	4,8	6,5	5	11,3	755	0,307	0,264	0,329	0,198	292	0,122	0,245	0,306	0,184
29	29	Aletschglacier	1994	0,87	9703	4,3	8,1	4,8	6,5	5	11,3	680	0,288	0,264	0,329	0,198	309	0,138	0,245	0,306	0,184
30	30	Aletschglacier	1995	0,83	9118	4,2	8,1	4,8	6,5	5	11,3	642	0,286	0,264	0,329	0,198	287	0,135	0,245	0,306	0,184
31	31	Aletschglacier	1996	0,98	13365	5,2	8,1	4,8	6,5	5	11,3	794	0,308	0,264	0,329	0,198	334	0,133	0,245	0,306	0,184
32	32	Aletschglacier	1997	0,6	8111	5,2	8,1	4,8	6,5	5	11,3	419	0,208	0,264	0,329	0,198	227	0,147	0,245	0,306	0,184
33	33	Aletschglacier	1998	0,62	7427	4,6	8,1	4,8	6,5	5	11,3	441	0,271	0,264	0,329	0,198	260	0,163	0,245	0,306	0,184
34	34	Aletschglacier	1999	0,84	10803	4,9	8,1	4,8	6,5	5	11,3	653	0,295	0,264	0,329	0,198	307	0,142	0,245	0,306	0,184
35	35	Aletschglacier	2000	1,28	14630	3,5	8,1	4,8	6,5	5	11,3	1176	0,351	0,264	0,329	0,198	436	0,133	0,245	0,306	0,184
36	36	Aletschglacier	2001	0,81	9716	4,6	8,1	4,8	6,5	5	11,3	617	0,289	0,264	0,329	0,198	293	0,14	0,245	0,306	0,184
37	37	Aletschglacier	2002	1,18	12962	4,2	8,1	4,8	6,5	5	11,3	900	0,316	0,264	0,329	0,198	382	0,126	0,245	0,306	0,184
38	38	Aletschglacier	2003	0,52	7015	5,2	8,1	4,8	6,5	5	11,3	341	0,251	0,264	0,329	0,198	205	0,154	0,245	0,306	0,184
39	39	Aletschglacier	2004	0,59	6229	4	8,1	4,8	6,5	5	11,3	463	0,281	0,264	0,329	0,198	248	0,164	0,245	0,306	0,184
40	40	Aletschglacier	2005	0,63	7232	4,4	8,1	4,8	6,5	5	11,3	488	0,285	0,264	0,329	0,198	280	0,174	0,245	0,306	0,184
41	41	Aletschglacier	2006	0,68	7917	4,4	8,1	4,8	6,5	5	11,3	513	0,287	0,264	0,329	0,198	286	0,163	0,245	0,306	0,184
42	42	Aletschglacier	2007	0,76	9759	4,9	8,1	4,8	6,5	5	11,3	577	0,289	0,264	0,329	0,198	322	0,165	0,245	0,306	0,184
43	43	Aletschglacier	2008	0,98	11924	4,6	8,1	4,8	6,5	5	11,3	789	0,307	0,264	0,329	0,198	367	0,146	0,245	0,306	0,184
44	44	Aletschglacier	2009	0,68	7842	4,4	8,1	4,8	6,5	5	11,3	515	0,288	0,264	0,329	0,198	267	0,152	0,245	0,306	0,184
45	45	Aletschglacier	2010	0,78	8797	4,3	8,1	4,8	6,5	5	11,3	589	0,287	0,264	0,329	0,198	304	0,152	0,245	0,306	0,184
46	46	Aletschglacier	2011	0,68	10162	5,7	8,1	4,8	6,5	5	11,3	485	0,271	0,264	0,329	0,198	272	0,155	0,245	0,306	0,184
47	47	Aletschglacier	2012	0,79	9597	4,6	8,1	4,8	6,5	5	11,3	585	0,282	0,264	0,329	0,198	279	0,137	0,245	0,306	0,184
48	48	Aletschglacier	2013	1,06	11029	4	8,1	4,8	6,5	5	11,3	849	0,305	0,264	0,329	0,198	353	0,13	0,245	0,306	0,184
49	49	Aletschglacier	2014	0,81	9949	4,7	8,1	4,8	6,5	5	11,3	595	0,28	0,264	0,329	0,198	305	0,146	0,245	0,306	0,184
50	50	Aletschglacier	2015	0,84	10437	4,7	8,1	4,8	6,5	5	11,3	651	0,285	0,264	0,329	0,198	337	0,156	0,245	0,306	0,184
51	51	Altbach	1991	0,17	2557	5,7	8,1	4,8	6,5	5	11,3	164	0,367	0,264	0,329	0,198	103	0,235	0,245	0,306	0,184
52	52	Altbach	1992	0,19	3126	6,3	8,1	4,8	6,5	5	11,3	206	0,413	0,264	0,329	0,198	123	0,252	0,245	0,306	0,184
53	53	Altbach	1993	0,23	3006	5	8,1	4,8	6,5	5	11,3	244	0,404	0,264	0,329	0,198	183	0,309	0,245	0,306	0,184
54	54	Altbach	1994	0,19	2923	5,9	8,1	4,8	6,5	5	11,3	190	0,381	0,264	0,329	0,198	115	0,235	0,245	0,306	0,184
55	55	Altbach	1995	0,18	2655	5,6	8,1	4,8	6,5	5	11,3	191	0,404	0,264	0,329	0,198	135	0,291	0,245	0,306	0,184
56	56	Altbach	1996	0,19	3046	6,1	8,1	4,8	6,5	5	11,3	192	0,385	0,264	0,329	0,198	127	0,26	0,245	0,306	0,184
57	57	Altbach	1997	0,12	1847	5,9	8,1	4,8	6,5	5	11,3	119	0,377	0,264	0,329	0,198	107	0,347	0,245	0,306	0,184
58	58	Altbach	1998	0,13	1890	5,5	8,1	4,8	6,5	5	11,3	130	0,381	0,264	0,329	0,198	125	0,374	0,245	0,306	0,184
59	59	Altbach	1999	0,18	2593	5,5	8,1	4,8	6,5	5	11,3	187	0,385	0,264	0,329	0,198	127	0,274	0,245	0,306	0,184
60	60	Altbach	2000	0,29	3906	5,1	8,1	4,8	6,5	5	11,3	329	0,432	0,264	0,329	0,198	213	0,285	0,245	0,306	0,184
61	61	Altbach	2001	0,16	2405	5,7	8,1	4,8	6,5	5	11,3	157	0,373	0,264	0,329	0,198	91	0,221	0,245	0,306	0,184
62	62	Altbach	2002	0,27	3260	4,6	8,1	4,8	6,5	5	11,3	300	0,423	0,264	0,329	0,198	166	0,239	0,245	0,306	0,184
63	63	Altbach	2003	0,07	1306	7,1	8,1	4,8	6,5	5	11,3	58	0,315	0,264	0,329	0,198	44	0,244	0,245	0,306	0,184
64	64	Altbach	2004	0,13	1656	4,8	8,1	4,8	6,5	5	11,3	131	0,383	0,264	0,329	0,198	78	0,233	0,245	0,306	0,184
65	65	Altbach	2005	0,13	1786	5,2	8,1	4,8	6,5	5	11,3	126	0,389	0,264	0,329	0,198	90	0,269	0,245	0,306	0,184
66	66	Altbach	2006	0,14	2310	6,3	8,1	4,8	6,5	5	11,3	141	0,383	0,264	0,329	0,198	96	0,266	0,245	0,306	0,184
67	67	Altbach	2007	0,14	2018	5,5	8,1	4,8	6,5	5	11,3	144	0,391	0,264	0,329	0,198	134	0,372	0,245	0,306	0,184
68	68	Altbach	2008	0,21	3217	5,8	8,1	4,8	6,5	5	11,3	225	0,408	0,264	0,329	0,198	151	0,279	0,245	0,306	0,184
69	69	Altbach	2009	0,16	3072	7,3	8,1	4,8	6,5	5	11,3	152	0,361	0,264	0,329	0,198	170	0,413	0,245	0,306	0,184
70	70	Altbach	2010	0,16	2958	6,1	8,1	4,8	6,5	5	11,3	155	0,389	0,264	0,329	0,198	95	0,231	0,245	0,306	0,184
71	71	Altbach	2011	0,14	2266	6,2	8,1	4,8	6,5	5	11,3	139	0,378	0,264	0,329	0,198	84	0,233	0,245	0,306	0,184
72	72	Altbach	2012	0,18	2718	5,7	8,1	4,8	6,5	5	11,3	165	0,349	0,264	0,329	0,198	124	0,268	0,245	0,306	0,184
73	73	Altbach	2013	0,27	4187	5,9	8,1	4,8	6,5	5	11,3	287	0,404	0,264	0,329	0,198	153	0,22	0,245	0,306	0,184
74	74	Altbach	2014	0,19	3343	6,7	8,1	4,8	6,5	5	11,3	182	0,384	0,264	0,329	0,198	128	0,262	0,245	0,306	0,184
75	75	Altbach	2015	0,14	2748	7,5	8,1	4,8	6,5	5	11,3	127	0,364	0,264	0,329	0,198	93	0,258	0,245	0,306	0,184
76	76	Aunbach	1991	1,94	15776	3,1	8,1	4,8	6,5	5	11,3	2500	0,49	0,264	0,329	0,198	440	0,088	0,245	0,306	0,184
77	77	Lambach	1997	1,87	22554	2,6	8,1	4,8	6,5	5	11,3	2968	0,488	0,264	0,329	0,198	407	0,085	0,245	0,306	0,184

Tableau 5 : Table .RCH complète sur ArcGIS

Le traitement ArcGIS est presque terminé. Seules les couches de rivières, de plans d'eau et cantons et départements ont besoin d'être affichées ainsi que les deux tables, « RCH » et « SUB ». La figure ci-dessous montre la légende de la carte comprenant les trois couches ainsi que les deux tables. La carte est quant à elle présente en annexe 1.

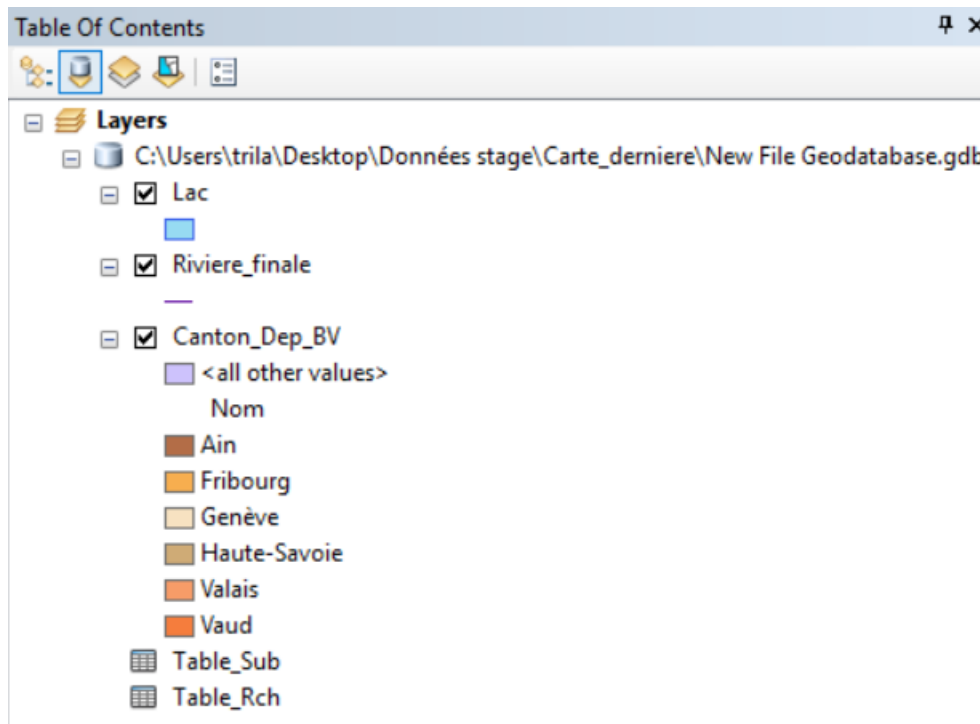


Figure 2 : Couches et tables à importer sur ArcGIS Online via un service web

La dernière étape du travail sur ArcGIS est l'importation vers ArcGIS Online. Pour cela, il est d'abord nécessaire de posséder les accès à AGOL (ArcGIS Online) de l'Université de Genève. Le partage du travail est possible en se connectant dans « file » puis « AcGIS Online » via le logiciel ArcGIS. Une fois connecté, retourner dans « file » et « share as » puis « service ». L'Université de Genève va alors être reconnue comme hébergeur. La fenêtre des paramètres apparaît ensuite et le nombre d'entités pouvant être importées est au nombre de 1000 d'origine. Or, cette option permet d'importer un nombre illimité d'entités en modifiant ce chiffre. Il sera expliqué dans le chapitre suivant, le second mode d'importation et une brève comparaison des avantages et inconvénients sera établie.

Il est également nécessaire d'ajouter un titre et un tag dans l'onglet « item description » sans quoi le service ne sera pas envoyé. Enfin il est possible d'analyser les erreurs d'exportation du document avant envoi dans « analyze » sur le haut droit de la page, puis « publish ».

Après plusieurs minutes d'envoi, un message de confirmation apparaît et il est alors possible de récupérer le contenu dans AGOL.

2.4 Traitement ArcGIS Online

Le traitement des données du Dashboard est désormais terminé. Seules des manipulations sur AGOL sont désormais nécessaires pour construire le futur Dashboard.

Cependant, comme cité précédemment, une autre manière d'importer les données sur AGOL est possible. Cette opération s'effectue directement dans la page d'AGOL, dans l'onglet contenu. Cette page regroupe l'ensemble des différents travaux importés ou créés sur AGOL (cartes, features layers, Dashboard...). L'onglet « ajouter un élément » sur le haut gauche de la page permet d'ajouter un contenu directement depuis l'ordinateur, une page web ou un dossier en ligne.

L'importation depuis l'ordinateur s'effectue sous fichier zippé. Les différentes couches créées sous ArcGIS s'enregistrent dans un dossier défini sous 8 formes de fichiers différents. Ces 8 fichiers doivent alors être compressés dans un seul et même fichier afin de pouvoir être lus dans AGOL. Ce fichier peut alors être déposé et apparaîtra en tant que « Feature Layer » dans les contenus.

Ce type d'importation a pour avantage de pouvoir importer les couches une à une pouvant provenir de différents travaux. Ces couches pourront alors être recombinaées entre elles dans l'outil « carte » d'AGOL. Cependant, si de nombreuses couches doivent être importées, ces manipulations peuvent prendre du temps. Le plus gros problème est que le nombre d'entités importées à l'aide de cette démarche est limité à 2000. Or, sur un travail comme celui-ci beaucoup plus d'entités sont requises. La méthode d'importation via ArcGIS était donc une alternative pour contourner cette limite maximum. Un autre avantage est de pouvoir importer un nombre de couches important en une seule manipulation. Mais, en cas d'erreur visualisée après l'importation dans une des couches, il est nécessaire de la retravailler sur ArcGIS et de devoir tout réimporter. Ceci peut donc s'avérer une perte de temps lorsque l'on ne maîtrise pas encore la base de données utile au Dashboard.

Le transfert vers AGOL a donné lieu à l'apparition d'un « Feature Layer » dans « contenu » ainsi que son service définition. Dans la figure 4, il est possible de remarquer que le géoservice comprend un nombre d'entités « Max Record Count » de 100 000. Ce chiffre est rentré lors du transfert depuis ArcGIS et non 2000, la limite normalement admise. Les différentes couches importées sont également visibles.

Le fichier « Feature Layer » comprend lui l'ensemble des couches qui composent le service importé. AGOL propose de l'ouvrir dans une visionneuse de cartes. Il est alors possible de modifier la symbologie des différentes couches, leur ordre d'affichage, afficher des étiquettes, tout comme sur ArcGIS.

L'enregistrement de la carte permet ensuite de l'importer dans un futur Dashboard, afin de constituer la base de l'ensemble des actions effectuées autour de cette dernière. En effet, la carte regroupe les informations visuelles mais aussi les informations d'entités des couches et tables puisqu'elle découle du « Feature Layer ».

ArcGIS REST Services Directory

[Home](#) > [services](#) > [Carte_BV_finale2 \(FeatureServer\)](#)

JSON

Carte_BV_finale2 (FeatureServer)

View In: [ArcGIS.com Map](#)

Service Description: Bassin versant Lac Léman2

Service ItemId: 6edeced70e70474db0ed78408df37539

Has Versioned Data: false

Max Record Count: 100000

Supported query Formats: JSON

Supports applyEdits with GlobalIds: False

[All Layers and Tables](#)

Layers:

- [Rivière finale](#) (0)
- [Rivière canton](#) (1)
- [Lac](#) (2)
- [TLM3D_clip](#) (3)
- [Riv2](#) (4)
- [Canton Dep BV](#) (5)
- [Sub1](#) (6)
- [Com CH](#) (7)
- [Com FR](#) (8)

Tables:

- [Table Sub2 Statistics](#) (9)
- [Table riviere](#) (10)

Description:

Copyright Text:

Figure 3 : Géoservice « ArcGIS Rest » du travail ArcGIS importé

1 - 4, total : 4 dans bissiau0_unige

Titre		Modifié
Dashboard_BV_finale	Dashboard	14 mai 2019
Bassin versant Léman	Web Map	5 mai 2019
Carte_BV_finale2	Feature Layer (hébergé)	5 mai 2019
Carte_BV_finale2	Service Definition	5 mai 2019

Figure 4 : Elément importés et créés sur AGOL

La création du Dashboard nécessite d'avoir les accès à l'application « Operation Dashboard ». L'application lancée, la page est vierge, un bouton « + » permet d'ajouter des widgets prédéfinis, dont, la carte. Il suffit alors de choisir la carte précédemment créée.

Les différents widgets tels que les listes, les graphiques ... ont tous comme base cette carte en choisissant quelle couche ou table doit être liée à ce dernier. Mais des actions peuvent être ensuite créées entre widgets. Dans ce travail, deux sélecteurs ont été créés. Le premier, en ajoutant le widget « volet latéral » qui permet la création d'une liste déroulante. Ce premier sélecteur est lié à la couche « Dep_Canton_BV » afin de pouvoir réaliser un choix de région parmi les 6 représentées sur la carte. Une fois le field à afficher choisi, dans ce cas, le nom de la région, il est possible de pouvoir effectuer une action directement sur la carte, zoomer, clignoter, ou déplacer. Un deuxième sélecteur est ensuite créé pour choisir les rivières en choisissant donc la couche rivière. Cette liste possède les mêmes widgets que cette dernière, mais une « cible » peut être définie. C'est à ce stade que se joue l'interactivité du Dashboard. Un field commun entre ces deux couches permet de mettre à jour les informations.

The screenshot shows the 'Actions' configuration interface. On the left is a blue sidebar with 'Sélecteur' and 'Actions' tabs. The main area is titled 'Actions' and contains three main sections:

- Lorsque la sélection change:** Includes a dropdown 'Ajouter une action' and a list item 'Bassin versant Léman' with a trash icon.
- Clignoter:** Includes a list item 'Bassin versant Léman' with a trash icon.
- Filtre:** Includes a dropdown 'Ajouter une cible', a list item 'Riviere' with a trash icon, and a 'Méthode' section with 'Champs' and 'Spatial' buttons. Below this are two 'Champ' sections: 'Champ source' and 'Champ cible', each with a dropdown menu showing 'Nom' and 'chaîne'.

Figure 5 : Exemple de création de sélecteur et de liaisons entre couches dans le Dashboard

Dans ce cas, le nom des cantons est présent dans ces deux couches utilisées dans les listes. Le choix de la région de la première liste va alors mettre à jour la seconde pour n'afficher que les rivières de cette région.

Cette figure 5 représente les actions définies pour le sélecteur région. Lorsqu'une région est choisie, l'action clignoter et déplacement sur la carte auront donc lieu, et la cible, le sélecteur rivière se mettra à jour.

Cet exemple montre qu'un travail réfléchi des données en amont est nécessaire afin de pouvoir lier des champs communs entre chaque couche.

Des graphiques en barres ont été ensuite ajoutés représentant chacun les données étudiées pendant 25 ans. C'est-à-dire l'azote, le phosphore, le débit, l'oxygène dissous, le taux de sédiment ainsi que le bilan hydrologique du bassin-versant de la rivière, en liant la table des rivières et la table des bassins-versants pour le dernier paramètre.

A l'aide de la couche « Dep-Canton_BV », le calcul de la surface de chaque territoire a pu être représenté dans un graphique à secteur. Ce dernier représente alors les pourcentages des cantons et départements présents dans le bassin-versant du lac Léman, en reprenant les couleurs de la carte pour plus de lisibilité.

3. Résultats

3.1 Carte AGOL

L'ensemble de cette méthodologie à permis de réaliser une carte sur ArcGIS comprenant trois couches et deux tables, une carte sur AGOL, comprenant les mêmes données, puis un Dashboard construit autour de cette dernière et de ses données.

La carte réalisée sur ArcGIS est présente en annexe 1. Cette dernière n'a pas été extrêmement travaillée en sachant que les couleurs, légendes, étiquettes... étaient perdues lors du transfert vers AGOL.

La figure 6 représente quant à elle la carte importée sur AGOL et retravaillée. Les cantons et départements sont représentés par des couleurs sobres mais assez différentes les unes des autres afin de pouvoir remarquer les régions au premier coup d'œil. Ils sont au nombre de six et seule la zone du bassin-versant de ces cantons et départements est représentée en couleurs sur cette carte et des étiquettes ont été ajoutées directement depuis AGOL. Le logiciel permet de facilement changer le fond de carte à l'aide de l'option du même nom. Plusieurs choix sont disponibles (imagerie, topographie, nuances de gris...), dans ce cas, l'imagerie (image satellite) était la plus appropriée afin de pouvoir visualiser les différentes vallées où sont présents les cours d'eau, les zones d'agricultures, permettant de comprendre la présence de polluants par exemple.

Les couches rivières et plans d'eau sont elles représentées en bleu avec un trait épaissi pour la première couche dans le but de facilement visualiser les cours d'eau dans une échelle plus importante.

Enfin, les tables sont présentes, tout comme sur ArcGIS, mais ne sont pas représentées sur la carte. Elles permettront d'apporter des données dans le Dashboard et d'être liées aux couches précédemment citées.

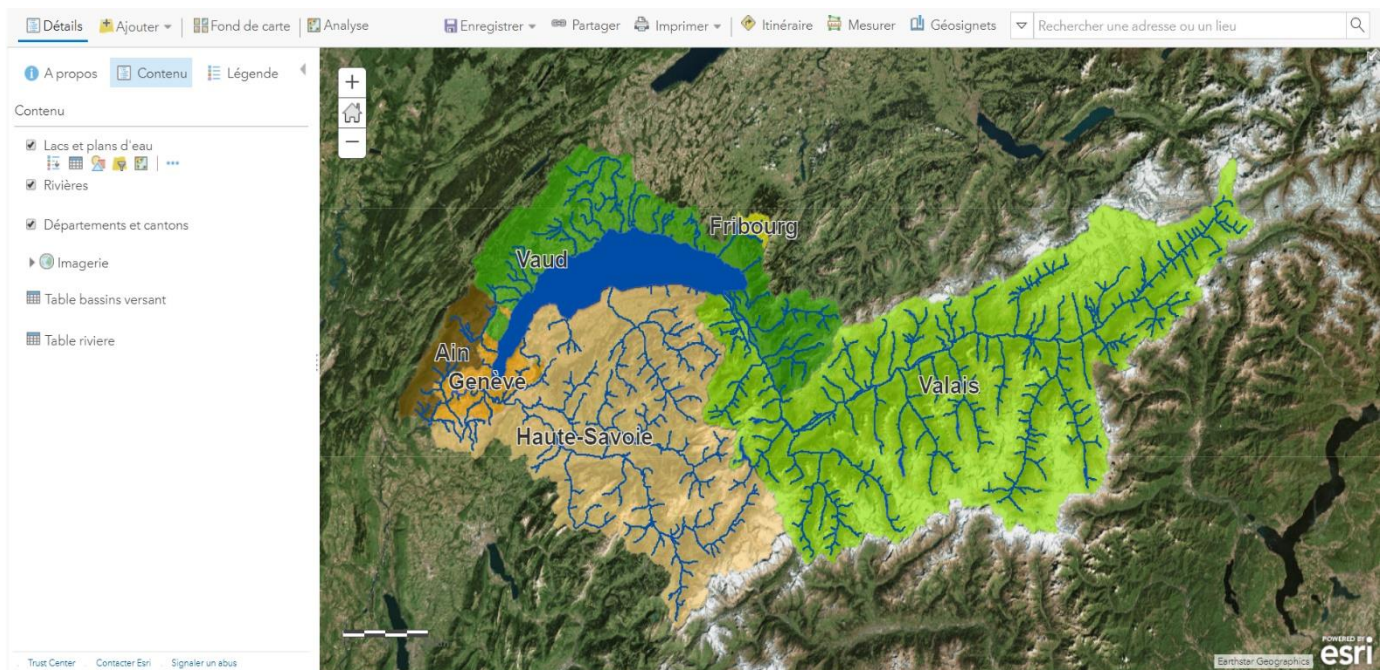


Figure 6 : Carte créée dans AGOL pour être importée dans le Dashboard

Cette carte réalisée a donc pu être importée sur le Dashboard et comme dit précédemment, elle sert de base pour l'ensemble des actions et données du Dashboard présent en figure 7.

3.2 Dashboard

Le Dashboard en ligne est disponible à l'adresse suivante : <http://arcg.is/184baj> et ouvert au public.

La carte présentée précédemment est située au centre haut du Dashboard, dans le but d'être le centre visuel de ce travail. Elle a été réduite au maximum en largeur afin de laisser visibles les différents graphiques. Le volet latéral à gauche, a permis de rajouter des sélecteurs de catégories liés entre eux par une relation de champs. Ce volet latéral permet entre autres d'effectuer des recherches par catégories mais aussi par date ou nombre. Enfin, un texte de description a été ajouté afin d'informer l'utilisateur des différentes données présentées sur ce travail ainsi que les instructions pour pouvoir changer de la sélection de rivière ou de région. Le choix dans le sélecteur rivière est alors orienté suite au choix effectué dans le sélecteur région.

Paramètres physico-chimiques et de quantité des eaux des rivières du bassin-versant du Lac Léman pendant 25 ans

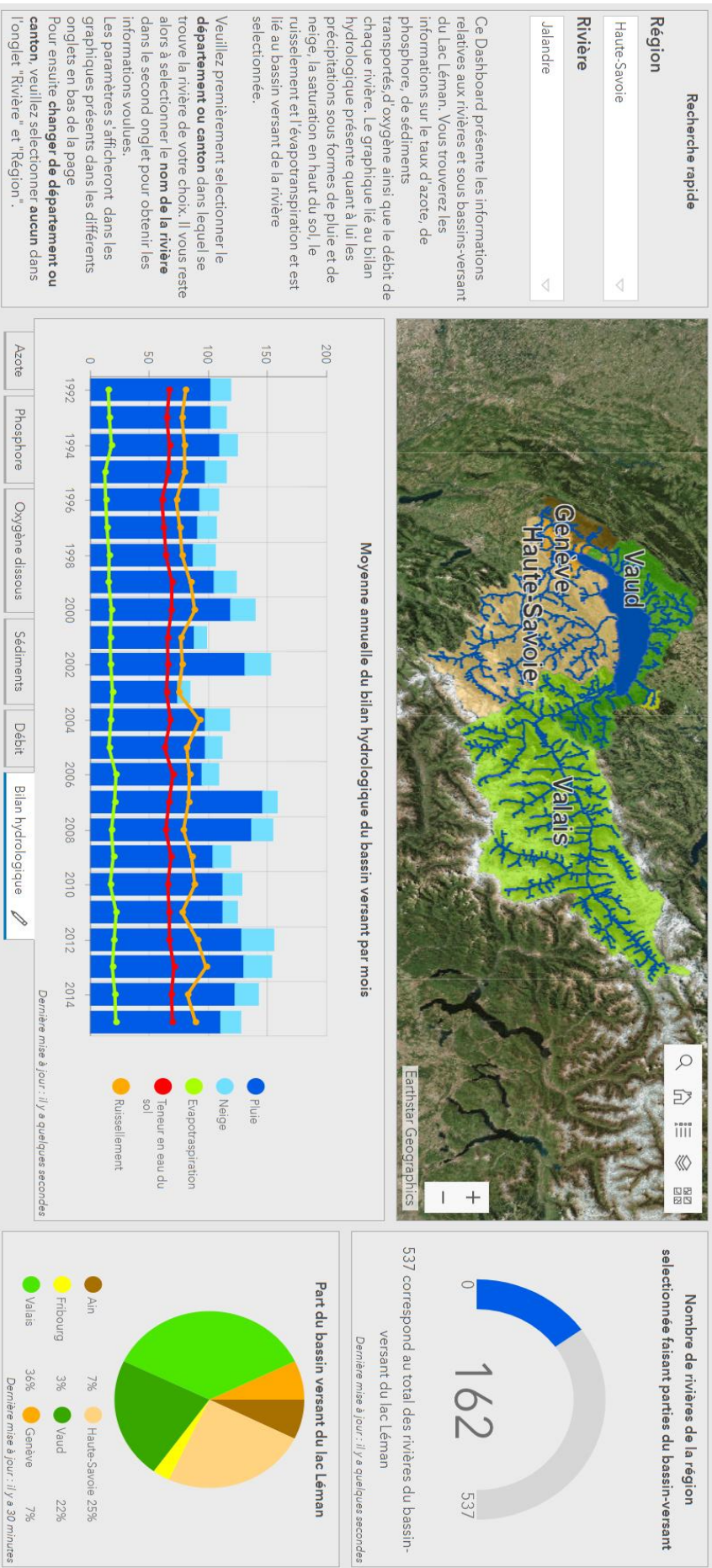


Figure 7 : Capture d'écran du Dashboard finalisé

Le sélecteur de région possède deux actions implémentées sur la carte, un déplacement de cette dernière sur le canton ou département choisi, ainsi qu'un clignotement sur l'ensemble de la délimitation de la zone. Le sélecteur de rivière zoom quant-à-lui sur la rivière sélectionnée et clignote également afin d'informer l'utilisateur au premier regard de quelle rivière il est question.

Les six graphiques présents dans les différents onglets sous la carte représentent les paramètres évoqués précédemment. Le choix d'ordonner ces graphiques sous forme d'onglets a permis un gain de place important sur cette page tout en fournissant un nombre important d'informations. Ces graphiques se mettent à jour en fonction de la rivière sélectionnée dans le volet latéral, à l'aide d'une relation de champs.

La figure 7 représentant le Dashboard montre un graphique lié au bilan hydrologique du bassin-versant de la rivière sélectionnée. Cependant, il semble également intéressant d'afficher d'autres graphiques pour lesquels des valeurs de références ont été ajoutées. Pour le taux d'azote par exemple, des limites bonne, moyenne et mauvaise ont été ajoutées. Ces seuils aident à une visualisation au premier coup d'œil de l'état du cours d'eau étudié. De plus, des quantiles de 25% inférieur et supérieur à la moyenne de l'ensemble des rivières du bassin-versant du lac Léman ont été ajoutés pour comparer les données du cours d'eau affiché aux autres du bassin-versant.

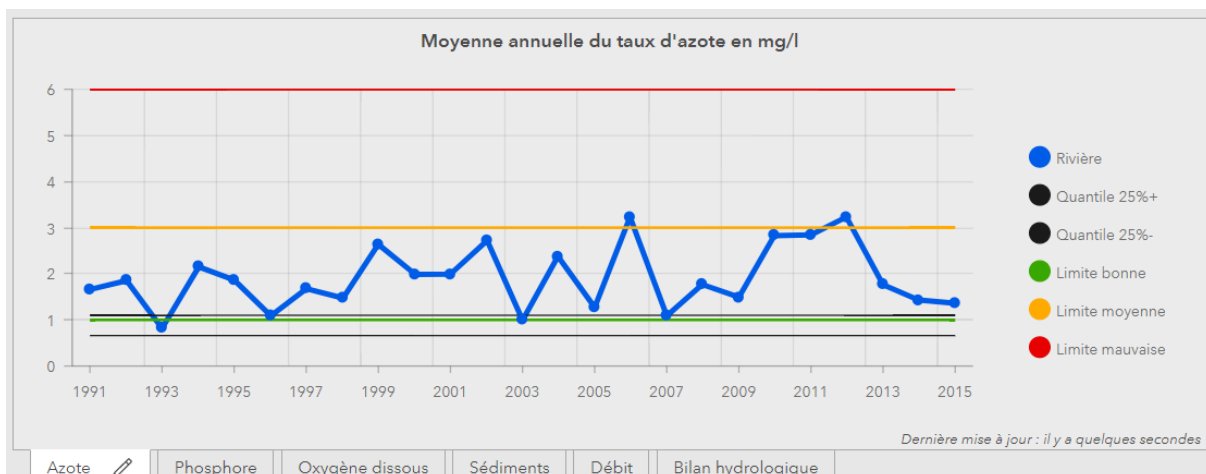


Figure 8 : Exemple de graphique lié au choix de rivière dans le Dashboard

Ces seuils « bon, moyen, mauvais » ont également été ajoutés pour les paramètres phosphore et oxygène dissous. Les quantiles sont quant à eux présents dans l'ensemble des graphiques à l'exception de celui du bilan hydrologique du bassin-versant.

Une jauge du nombre de rivières a également été ajoutée sur la droite de la page. Celle-ci se met à jour en choisissant le canton ou le département dans le premier sélecteur de catégories. Cette jauge est donc le premier élément du Dashboard mis à jour de façon visuelle lorsque l'utilisateur consulte la page. Cette jauge est donc formée à partir de la couche des rivières et est synchronisée au sélecteur via un champs commun.

Enfin, le diagramme de secteur évoqué dans la partie précédente est affiché sous cette jauge. Cet élément est le seul à ne pas être interactif. Il représente la part que chaque canton ou département représente du bassin-versant du lac Léman.

La carte possède également une fonctionnalité, lorsque l'on clique sur un des points du bassin-versant, une fenêtre contextuelle s'affiche et fait apparaître différentes informations. Si le clic a eu lieu dans une zone dans shapefile, les informations des shapefiles autour vont apparaître, comme indiqué sur la figure ci-dessous. Six rivières étaient présentes à proximité et s'affichent donc. Premièrement en gras, le nom de la couche est affiché puis les différents field présents dans la table d'attribut. Ici « namn » pour le nom des rivières et « Nom » pour le département associé à la rivière. Si l'utilisateur connaît le lieu de la rivière qu'il souhaite consulter mais pas son nom, il peut alors se servir de cette fenêtre pour ensuite choisir le nom édité dans cette fenêtre, dans le sélecteur de rivières.

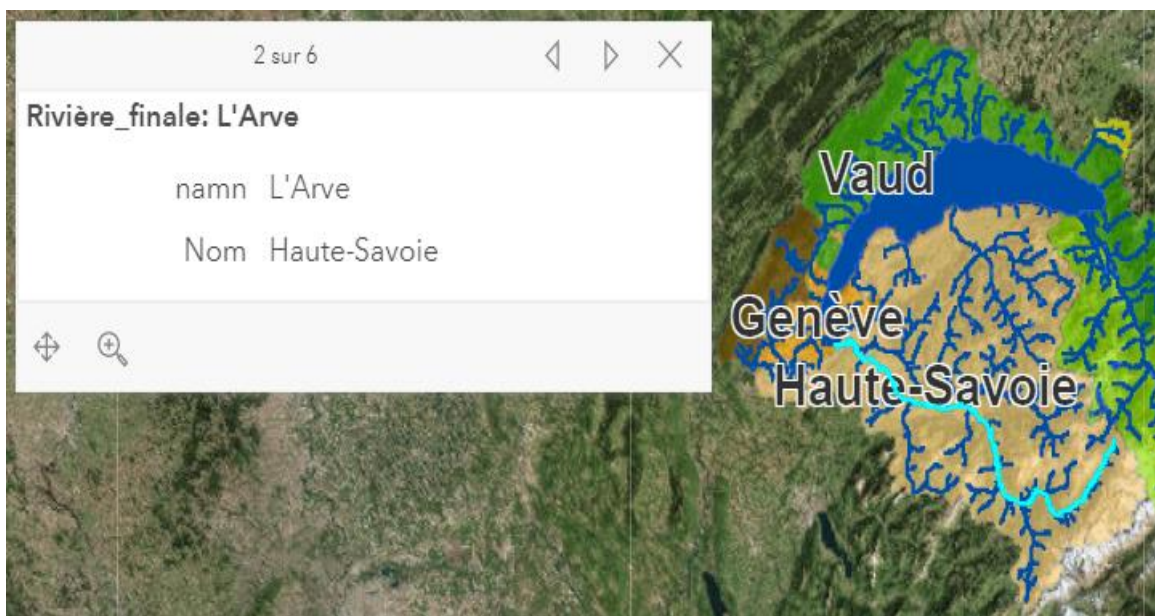


Figure 9 : Exemple de fenêtre contextuelle de la carte du Dashboard

4. Discussions

4.1 Critiques des résultats

4.1.1 Carte

La transmission de la carte créée sur ArcGIS en tant que service sur AGOL permet d'obtenir très rapidement une carte basique comprenant l'ensemble des couches de base ainsi que des données. Il suffit alors d'améliorer la visibilité des couches via notamment la modification de style ou encore leur hiérarchie. Il est également possible de définir un taux de transparence ou encore créer des étiquettes tout comme sur ArcGIS. Cependant, la modification de ces couches reste très simpliste en comparaison avec ArcGIS et peut s'avérer trop restreinte pour des travaux comprenant un nombre plus important de couches ou désirant afficher des informations plus complexes.

4.1.2 Dashboard

D'un point de vue visuel, le tableau de bord est esthétique et interactif. En effet, le paramétrage entre les différents widgets du Dashboard permet une mise à jour rapide entre eux lors de la sélection de données dans le volet latéral droit. La fabrication du Dashboard se réalise assez facilement, même pour une première utilisation. L'interface des widgets est claire et permet de relativement vite comprendre leur fonctionnement et leurs possibilités mais également comment les rendre interactifs entre eux, en les liant par des champs communs. La mise en forme du Dashboard est aussi simple en disposant chaque élément créé sur le page. Leur disposition peut s'effectuer en ligne ou colonne, s'adapter à la taille des widgets déjà présents ou encore se superposer à ces derniers. Dans le travail présenté, cette méthode est d'ailleurs utilisée afin de pouvoir afficher de nombreux graphiques tout en les laissant visibles. Des onglets sont alors créés et permettent de garder de l'espace pour d'autres informations tout aussi utiles mais pas directement liées à ces graphiques. La taille du tableau de bord ne peut d'ailleurs pas être ajustée, elle est prédéfinie à l'image d'une page web. Pouvoir superposer les widgets est donc très profitable face à ce manque d'adaptation au nombre d'informations pouvant être relayées.

L'outil graphique en barres permet un choix d'affichage riche, et un ajout de nombreuses séries sur un même graphique. Cependant, à l'inverse d'un logiciel comme Excel, seule une unité de

mesures est disponible. Il n'est pas possible de créer un axe secondaire ayant des valeurs complètement différentes des autres. Cette fonctionnalité serait la bienvenue afin de créer des graphiques plus complexes. Dans ce travail, un axe secondaire aurait pu être appréciable afin d'afficher le débit de la rivière dans le bilan hydrologique du bassin-versant afin de le comparer aux paramètres météorologiques.

Un autre point faible pouvant être relevé concerne le manque de fonctions concernant le titre ou encore les légendes et textes. Pour exemple, il n'est pas possible de pouvoir centrer le titre de la page du Dashboard. Seule la couleur du texte peut être choisie. Un changement de police, et un ajustement aurait pu facilement être implémentés à ces outils au regard de ce qu'il est possible de réaliser dans d'autres widgets.

Dans ce travail un grand nombre de données ont été importées. La table des rivières représente 500 entités qui possèdent pour chacune d'entre elles environ une vingtaine de champs de valeurs sur 25 ans, tout comme pour la table des bassins-versants. A ce niveau de nombre de données, le Dashboard réagit très bien lors des différentes manipulations. Il s'agit d'un point extrêmement positif car pour plusieurs logiciels à l'image de R ShinyDashboard, les travaux ont tendance à être très ralentis. Or, étant un outil de communication, il se doit d'être performant dans les recherches, sous peine de perdre ses utilisateurs.

Ces données sont d'ailleurs normalement limitées à 2000 entités lors de l'importation depuis des fichiers présents sur l'ordinateur. Après des tests, il s'est avéré que beaucoup plus de données peuvent être importées et visualisées via ce procédé, mais seulement les 2000 premières d'entre elles sont traitables dans les widgets. L'option de l'importation via un service web sur ArcGIS est donc une belle opportunité pour effectuer un travail comme celui-ci. Le projet de départ était de représenter les paramètres pour chaque mois de l'année sur 25 ans. Après une importation de ce jeu de données très volumineux, il s'est avéré que le Dashboard ne fonctionnait pas. Un résumé par année a donc dû être effectué, chose qui n'est pas possible sur AGOL. L'ensemble des données ont dû être retraitées sur ArcGIS puis réimportées. Ceci montre donc que le Dashboard a la capacité de gérer plus de 2000 entités, mais possède une limite d'utilisation pour de très grands jeux de données. Dans les futurs travaux, il convient d'essayer ces jeux de données avant de réaliser des travaux finis afin de ne pas recommencer les projets.

Du fait qu'aucun calcul ou aucune statistique ne puissent être effectués directement via les AGOL, il convient de longuement réfléchir à la forme finale que doit prendre le Dashboard. En

effet, en utilisant le Dashboard pour la première fois, comme pour ce travail, les subtilités à adapter dans la base de données à importer pour faire fonctionner le Dashboard directement ne sont pas connues. Il y a eu beaucoup de perte de temps afin de retravailler ces données à chaque essai de fabrication de Dashboard. Il est nécessaire de réfléchir à tous les liens possibles entre les différentes couches et tables qui seront appelées lors des synchronisations, en ajoutant par exemple des champs communs, en créant des nouveaux champs pour indiquer des seuils limites, ou encore en calculant au préalable des moyennes ou quantiles.

L'application laisse libre cours à du codage. C'est-à-dire que la plupart des points de critiques visuelles énoncés dans ce point peuvent être résolus en appliquant différents codes dans le code source de la page. Il est néanmoins nécessaire de posséder une licence d'administrateur dans AGOL. Les titres peuvent alors être définis selon la forme souhaitée mais de nouvelles applications peuvent également être créées. Une idée qui n'a pas pu être réalisée dans ce Dashboard par faute de widgets adéquats et manque de temps pour le code était de créer une fenêtre de texte se mettant à jour selon les graphiques consultés. Cette fenêtre de texte comporterait alors des explications pour mieux comprendre le graphique, la source de données et les seuils etc. AGOL n'offre la possibilité que de fenêtres textes statiques. Le code aurait alors permis de faire appel à des fenêtres préalablement hébergées et liées à la fonction de l'ouverture du graphique.

Le logiciel offre un potentiel élevé de mises en forme à l'aide des outils présents et leur synchronisation entre eux. Cette possibilité de codage augmente un peu plus les capacités du logiciel et permet de laisser libre-court à des ajouts de fonctionnalités simples afin d'augmenter la lisibilité et l'interactivité de la page créée.

4.1.3 Données

Comme il est expliqué ci-dessus, une excellente maîtrise des données est nécessaire afin de réaliser au mieux le Dashboard, sans devoir recommencer les mêmes actions à plusieurs reprises.

Dans le cas de ce travail, la prise en main des données a été assez difficile, au vu de la quantité, la complexité mais aussi la mise en forme des données brutes de SWAT. Différents codages dans la VBA Excel ont été nécessaires afin d'obtenir une base de données lisible dans ArcGIS

et pouvant être liée aux couches malgré la présence de plusieurs dates pour une seule et même rivière ou bassin-versant.

Une question se pose ensuite sur la justesse des données. En effet les calibrations pour plusieurs paramètres n'avaient pas encore été totalement effectuées dans les données récupérées. Des quantiles ont alors été ajoutés mais des erreurs semblent apparaître lorsque l'on affiche certaines données sur le Dashboard. Un cas frappant est le taux de sédiments par litre dans l'Arve. Ce dernier se situe proche de la valeur 0 alors que les quantiles des autres rivières sont bien plus élevés. Or, il est connu que l'Arve est une rivière glaciaire charriant beaucoup de sédiments lui donnant cette couleur laiteuse.

Ce travail ressort alors plutôt comme un test de l'utilisation et des capacités qu'offre ArcGIS Operation Dashboard, que comme un travail directement publiable et pouvant être repris par différentes institutions. Cependant, la méthodologie désormais acquise, ce dernier peut être réalisable sur une période beaucoup plus courte et publié avec des données dont la calibration a désormais été effectuée.

Un autre point concernant les données est à souligné, il concerne la couche des rivières que le logiciel SWAT crée à la suite des analyses. Les différentes rivières du bassin-versant ont été séparées en segments afin de visualiser sur des petites portions les différents paramètres. Cependant, cette couche provient initialement de la couche officielle des rivières qui a été ensuite transformée en raster pour le besoin du logiciel et remise en shapefile. Les tracés des rivières de la couche SWAT se trouvent parfois modifiés et sans nom de rivière. Certaines zones, à l'image de l'embouchure du Rhône dans le Léman où des canaux et des systèmes complexes de cours d'eau existent, le logiciel SWAT ne ressort pas identiquement les rivières. Des tracés sont très éloignés de la réalité, d'autres se rejoignent alors que ce n'est pas le cas en réalité et certains sont même supprimés alors qu'à d'autres endroits, de multiples petits cours d'eau apparaissent. Un gros travail de remise en forme des données, notamment en réattribuant les noms de rivières et en supprimant les rivières créées a dû être réalisé. Cependant, concernant les tracés de rivières ainsi que celles manquantes, aucune option n'était réalisable pour améliorer au mieux le rendu par rapport à la réalité.

4.2 Déroutement du travail

L'occasion de réaliser ce travail dans le but d'explorer les possibilités qu'offre le logiciel ArcGIS Operation Dashboard avec des données assez complexes que sont celles des output SWAT a été très formateur. Premièrement, j'ai pu apprendre à gérer des bases de données assez lourdes et complexes, chose que je n'ai pas eu l'occasion de faire auparavant. Les multiples actions et l'utilisation de nombreux outils sur ArcGIS m'ont quant eux permis de continuer à me familiariser à ce logiciel offrant des possibilités de traitement infinies. Enfin, la prise en main du logiciel Operation Dashboard a été aisée par sa forme mais beaucoup plus complexe dans le fond. J'ai pu découvrir la réflexion nécessaire dans la mise en forme de la base de données avant l'importation sur AGOL. Durant ce travail beaucoup de temps a été perdu lorsque des erreurs ont été perçues alors qu'elles étaient déjà importées dans le Dashboard. Ce travail m'aura alors permis d'acquérir une vision et une réflexion sur l'ajustement des données à importer pour un fonctionnement optimal.

Enfin, ce travail m'aura également permis de découvrir plus en profondeur les projets que sont GE-EN-VIE et l'observatoire du Léman en rencontrant régulièrement Mr. Lehmann, maître de mémoire mais également membre du comité opérationnel de GE-EN-VIE. Il m'a donné l'occasion de participer à plusieurs réunions et rencontrer des parties des projets. J'ai ainsi pu mieux comprendre les besoins de ces derniers et leurs attentes afin de produire un travail répondant aux exigences et démontrer les possibilités d'un tel outil.

5. Conclusion

L'application Dashboard développée par ArcGIS Online semble opportune pour présenter les informations scientifiques de manière claire et interactive au grand public comme aux professionnels. Ce logiciel est facile à prendre en main grâce aux widgets déjà prédéfinis. Le travail effectué comportait des données complexes et volumineuses, mais le Dashboard est resté fluide dans son utilisation. Le logiciel devrait permettre de répondre aux principaux besoins de projets tels que GE-EN-VIE ou d'un Observatoire du Léman.

Le logiciel Dashboard a permis de représenter les données issues du modèle hydrologiques SWAT sous forme de carte des rivières et des sous-bassins versants avec leurs attributs. Les données temporelles

Cependant, l'utilisation du Dashboard demande une excellente maîtrise des données utiles à sa fabrication ainsi que d'une logique réfléchie avant l'importation, de telle sorte à pouvoir rendre interactifs les différents éléments du Dashboard entre eux. Enfin, il est possible de dire que les widgets proposés restent basiques. Les différents graphiques pourraient comporter plus d'éléments complexes afin de se rapprocher de ce qu'il est possible de faire sur Excel. Certaines données ne peuvent donc pas être communiquées ensemble dans un même graphique.

Ce logiciel comporte donc un fort potentiel de base, pouvant être amélioré à l'aide de différents scripts. Ces derniers demandent une bonne maîtrise du codage mais ont la capacité d'améliorer le visuel de la page et la rendre plus dynamique. Les principales perspectives de développement identifiées sont :

- Meilleure prise en compte des séries temporelles, aussi à haute résolution.
- Liens entre la typologie des cartes et la sélection des graphiques.
- La possibilité d'interroger les segments sur la carte et de présenter les graphiques associés.
- Modifier les explications pour chaque variable décrite.
- Représentation de l'incertitude du modèle

Références

Bibliographie

Arnold J.G., Kiniry J.R., Srinivasan R., Williams J.R., Haney E.B., Neitsch S.L. 2012 : *Soil and Water Assessment Tool , input/output Documentation Version 2012*

CIPEL. 2018 : *plan d'action 2011-2020 en faveur du Léman, du Rhône et de leurs affluents "préserver le Léman, ses rives et ses rivières aujourd'hui et demain" tableau de bord technique 2018*

Lehmann, A., Timoner, P., Fasel, M., Lacayo, M., Ashraf Vaghefi, S., & Abbaspour, K. C. 2019. *SWATCH21: A project for linking eco-hydrologic processes and services to aquatic biodiversity at river and catchment levels. Ecohydrology & Hydrobiology.*
<https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2019.01.003>

Sitographie

ArcGIS (s.d.). *ArcGIS Enterprise – Server*. Consulté pour la dernière fois le 25/05/2019 à l'adresse : <http://enterprise.arcgis.com/fr/server/>

ArcGIS (s.d.). *Documentation for ArcGIS*. Consulté pour la dernière fois le 15/05/2019 à l'adresse : <http://doc.arcgis.com/en/>

GE-EN-VIE (2019). Consulté pour la dernière fois le 20/05/2019 à l'adresse : <https://www.ge-en-vie.ch/>

Plateforme ouverte des données publiques françaises (2018). Consulté pour la dernière fois le 24/04/2019: <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/contours-des-departements-francais-issus-d-openstreetmap/>

SITG (s.d.). Consulté pour la dernière fois le 15/03/2019 à l'adresse : <https://ge.ch/sitg/>

Syndicat mixte de la marne (s.d). Consulté pour la dernière fois le 20/04/2019 : <http://www.marne-vive.com/la-marne/qualite-de-la-marne/les-parametres-suivis>

Université de Genève, ISE : GE-EN-VIE (2019). Consulté pour la dernière fois le 20/05/2019 : <https://www.unige.ch/environnement/fr/home/actualites/lise-participe-au-projet-ge-en-vie-un-nouveau-reseau-sur-lenvironnement/>

Annexe 1 : Carte ArcGIS finale

