

# RÉSEAU GENEVOIS D'OBSERVATION DES SOLS : MISE À JOUR, PUBLICATION ET VALORISATION DES DONNÉES

ESRI : ARCGIS PRO , ARCGIS OPERATIONS DASHBOARD ET ARCGIS STORYMAPS



Ella Faist  
Janvier 2023

Mémoire de stage pour l'obtention du Certificat complémentaire en géomatique

Office cantonal de l'environnement - Service de géologie, sols et déchets

Université de Genève – Faculté des sciences de la société



REPUBLIQUE  
ET CANTON  
DE GENEVE



UNIVERSITÉ  
DE GENEVE  
FACULTÉ DES SCIENCES  
DE LA SOCIÉTÉ

Superviseurs : Dre. Stéphanie Favre et Sébastien Gassmann

Chargé du suivi académique : Prof. Anthony Lehmann

## RÉSUMÉ

Le réseau genevois d'observation des sols (GEOS) est un programme de suivi de la teneur en polluant et plus généralement de la qualité des sols du canton de Genève. Tous les cinq ans, des analyses sont réalisées sur un réseau de cent trois sites représentatifs du territoire cantonal afin de suivre l'évolution de la teneur en polluants, en matière organique et le pH des sols. Les analyses de polluants portent sur six éléments traces métalliques (cadmium, chrome, cuivre, nickel plomb zinc) et quatre polluants organiques (PCDD et PCDF, 7-PCB, 16-HAP et Benzo(a)pyrène). La carte issue de ces données n'a pas été mise à jour depuis 1995.

Ce travail présente le processus de mise à jour et de valorisation des données GEOS réalisé dans le cadre d'un stage au service de géologie sols et déchets du canton de Genève. La structuration des données a été réfléchi de façon à assurer la préservation des données dans le temps et ainsi faciliter la visualisation et la lecture des résultats de même que la mise à jour des couches lorsque de nouvelles analyses sont réalisées. Ces couches ont été publiées sur le serveur de géomatique de l'Etat de Genève et sont dès lors prêtes à l'utilisation.

Les données sont ensuite valorisées grâce à deux tableaux de bords (dashboard) et une storymap, deux applications de visualisation SIG de ArcGIS Enterprise. Les deux dashboards permettent de visualiser les résultats des 5 campagnes déjà réalisées de façon interactive, variée et dynamique. Un tableau est destiné à des utilisateurs métier et le second est pensé pour le grand public. La storymap vise à sensibiliser le grand public à la thématique des sols à travers des exemples genevois.

## REMERCIEMENTS

A l'issue de ce stage, je tiens à remercier les collaborateurs du GESDEC de m'avoir accueilli dans leur service pour ce stage. Je remercie en particulier mes responsables de stage, Stéphanie Favre et Sébastien Gassmann, pour leur supervision, leur aide, leur soutien, leurs conseils et leurs réponses à mes questions tout au long de ce travail. Merci également à Bastien Guex pour les visites sur le terrain et ses apports sur les Dashboards et la Storymap.

Je remercie également Fabien Lüthi et Raphael Bulle du service de la géomatique (DIT) pour leur aide et explications dans le processus de structuration et de publication des données ainsi que pour la réalisation et la pérennisation des Dashboards. J'adresse aussi mes remerciements à Adrien Matter de l'HEPIA pour son expertise des données GEOS, son aide dans la rédaction des métadonnées et ses retours sur la structuration et la symbologie des couches de données

Je souhaite remercier également le responsable de suivi académique de ce mémoire de certificat, Anthony Lehmann, pour son regard et ses conseils avisés sur le travail réalisé. Je remercie finalement mes proches pour leur soutien lors de cette période.

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
| Figure 1: Pédogénèse (OFEV,2017, p.13) .....   | 8                                  |
| Figure 2 : Sources des polluants dans le sol (OFEV, 2017, p.41) .....  | 9                                  |
| Figure 3 : Schéma de synthèse des risques et mesures selon les valeurs de référence de l'OSol (OFEV, 2017, p.68) .....               | 10                                 |
| Figure 4 : Diagramme de répartition des sites GEOS selon l'occupation du sol .....   | 11                                 |
| Figure 5 : Schémas explicatifs de la méthode de prélèvement des échantillons GEOS .....  | 11                                 |
| Figure 6 : Les treize analyses réalisées pour le monitoring des sites GEOS .....   | 12                                 |
| Figure 7 : Frise temporelle de l'évolution des analyses GEOS .....   | 12                                 |
| Figure 8 : Outil de visualisation des données NABO sur le site de l'OFEV (OFEV, 2021, 25 août) .....                                 | 113                                |
| Figure 9 : Structure de données relatives aux sols du modèle DoneSol (Lemercier et al., 2017, p.40) .....                            | 114                                |
| Figure 10 : Capture d'écran de la couche actuellement disponible sur le portail SITG .....   | 16                                 |
| Figure 11 : Liste des attributs de la couche actuellement disponible sur SITG .....  | 16                                 |
| Figure 12 : Capture d'écran d'un extrait du tableau de données du document BD_GEOS2_pointsactifs2022_parpolluant .....               | 20                                 |
| Figure 13 : Extrait de la table excel de l'ensemble des données d'analyse et de ses champs .....                                     | 24                                 |
| Figure 14 : Processus de calcul des seuils sur ArcGIS Pro, le processus (sauf Ajouter un champ) est répété pour chaque analyse ..... | 26                                 |
| Figure 15 : Capture d'écran du résumé statistique réalisé sur ArcGIS Pro .....   | 27                                 |
| Figure 16 : Exemple de carte de la tendance du rapport FRIBO (IAG, 2019, p.71) .....   | 28                                 |
| Figure 17 : Exemple de carte d'évolution de la température (OFEV, 2019, p.40) .....  | 29                                 |
| Figure 18 : Représentation du monitoring pour le suivi des espèces de poisson (capture d'écran du SITG) .....                        | 27                                 |
| Figure 19 : Carte de l'historique des indices de chaleur des bâtiments (capture d'écran du SITG) .....                               | 28                                 |
| Figure 20 : Légendes des couches Plomb et MO / Argile .....  | 30                                 |
| Figure 21 : Légendes des couches Portrait, MO et pH .....  | 31                                 |
| Figure 22 : Le curseur temporel qui permet de faire défiler les orthophotos (capture d'écran du SITG) .....                          | 31                                 |
| Figure 23: Le Dashboard métier de GEOS (capture d'écran) .....   | 33                                 |
| Figure 24 : Exemple de l'adaptation du tableau de bord au zoom ou à la sélection (Capture d'écran) .....                             | 35                                 |
| Figure 25 : Le tableau de bord public (Capture d'écran) .....  | 36                                 |
| Figure 26 : Page d'accueil de la storymap (capture d'écran) .....  | 37                                 |
| Figure 27 : Exemple d'illustration par la carte dans la storymap (capture d'écran) .....   | 38                                 |
| Figure 28 : Exemple de résultat d'une des carte d'analyse .....  | 40                                 |
| Figure 29 : Carte de synthèse pour la campagne 5 .....   | 40                                 |
| Figure 30 : Problème de fenêtre contextuelle .....   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure 31 : Les légendes ne sont pas toujours lisibles sur le tableau de bord .....  | 42                                 |
| Figure 32 : Vue générale de la storymap et des menus .....   | 42                                 |

## TABLE DES MATIERES

|   |    |
|---|----|
| Résumé .....  | 2  |
| Remerciements.....  | 3  |
| Table des illustrations .....   | 4  |
| Introduction.....   | 7  |
| Présentation du GESDEC.....   | 7  |
| Contexte.....   | 7  |
| L'importance des sols et de leur protection .....                           | 7  |
| GEOS.....   | 10 |
| Objectifs et problématique .....  | 13 |
| Etat de l'art.....  | 13 |
| Les outils de la confédération .....  | 13 |
| Les méthodes d'analyse et de représentation en Suisse et à l'étranger ..... | 13 |
| Présentation des données à disposition.....                                 | 15 |
| Couches d'entités et tableaux de données.....                               | 15 |
| Rapports.....   | 18 |
| Méthodologie .....  | 18 |
| Prise en main des données.....  | 18 |
| Traitement des données.....   | 19 |
| Structure des couches.....  | 19 |
| Import des données dans le projet ArcGIS Pro .....                          | 24 |
| Calcul des nouveaux attributs .....   | 25 |
| Symbologie de la couche .....   | 27 |
| Diffusion et valorisation des données.....                                  | 31 |
| Résultats.....  | 32 |
| Dashboard.....  | 32 |
| Storymap.....   | 36 |
| Publication des données .....   | 38 |
| Pérennisation du traitement et de la publication des données.....           | 39 |
| Discussion .....  | 39 |
| Les tableaux de bord .....  | 41 |
| La storymap .....   | 42 |
| Les données pédologiques.....   | 43 |
| Réflexions sur le déroulement du stage.....                                 | 43 |
| Conclusion.....   | 44 |
| Bibliographie.....  | 45 |
| Annexes .....   | 48 |
| Annexes .....   | 48 |
| Annexe 1 : Catalogue de données.....  | 48 |

Annexe 2 : Schéma logique GEOS..... 51  
Annexe 3 : Marche à suivre pour la création des couches sur ArcGIS Pro ..... 52  
Annexe 4 : Marche à suivre pour la création et mise à jour des dashboards ..... 68

## INTRODUCTION

### PRÉSENTATION DU GESDEC

Le projet présenté dans ce mémoire a été réalisé dans le cadre d'un stage de cinq mois au service de géologie, sols et déchets (GESDEC) de l'Etat de Genève. Ce service est lié à l'office cantonal de l'environnement, lui-même dépendant du département du territoire. Au sein du GESDEC, plusieurs aspects de l'environnement, de sa protection et de ses ressources sont abordés, par exemple la gestion des sous-sols, des déchets ou des sites pollués du canton. Le secteur sols et sous-sols dans lequel le stage s'est déroulé est chargé plus particulièrement des questions liées aux sols et aux sous-sols, à leur protection et à la valorisation des ressources qu'ils produisent, par exemple la géothermie.

Les deux ingénieurs pédologues du service ont plusieurs missions qui doivent ensemble permettre d'avoir une gestion durable de la ressource sol et de la préserver des atteintes qui peuvent lui être faites afin d'en garantir la fertilité à long terme (OSol, article 1<sup>1</sup>). Ces atteintes sont de trois types (OSol, article 2 alinéas 2 ; 3 et 4<sup>2</sup>) : des atteintes physiques à la structure, à la succession des couches ou à l'épaisseur notamment l'érosion ou la compaction des sols, des atteintes biologiques par la présence d'espèces envahissantes ou génétiquement modifiées et des atteintes chimiques en raison de la présence de polluants naturels ou artificiels dans le sol qui en dénaturent les caractéristiques initiales. Les ingénieurs ont ainsi la responsabilité d'anticiper ces atteintes et, dans les cas où elles ne peuvent pas l'être, de lutter contre elles et, si cela est possible, remettre le sol en état.

En tant que représentants de l'Etat, ils se doivent d'appliquer et de faire respecter les différentes lois et recommandations émises par la Confédération (LPE<sup>3</sup>, OSol<sup>4</sup>, OFEV, 2020, OFEV, 2021) et l'Etat de Genève (LaLPE<sup>5</sup>, RSol<sup>6</sup>) en matière de gestion et protection des sols. Plusieurs tâches sont effectuées pour cela. Tout d'abord, ils émettent des préavis dans le cadre de demandes d'autorisation de construction ou d'exploitation ou lors de la mise en place de plans d'aménagement. Ensuite, ils sont en charge du contrôle des chantiers et des exploitations agricoles pour les atteintes portées au sol par son exploitation son occupation ou son décapage. Lors d'atteintes trop grandes sur le sol, ils font appliquer les mesures de surveillance et éventuellement de réparation. Finalement, les pédologues mettent en place les mesures de suivi, de prévention et d'information des atteintes portées au sol notamment à travers différents programme d'observation des atteintes portées aux sols. Le projet sur lequel porte ce mémoire s'intègre dans cette dernière tâche puisqu'il s'agit de la publication et de la valorisation de données d'observation du taux de pollution et de la qualité des sols.

### CONTEXTE

#### L'IMPORTANCE DES SOLS ET DE LEUR PROTECTION

Le sol est une ressource non renouvelable pourtant précieuse pour la préservation des écosystèmes et du climat. La pédogénèse (processus de formation du sol) est un processus extrêmement lent, 1 mm de sol met entre 10 et 30 ans à se former à partir de la roche-mère. La pédogénèse dépend de phénomènes météorologiques et climatiques et des organismes vivants dans et à l'extérieur du sol (OFEV, 2017, p.13) (cf. figure 1). La majorité des sols sur lesquels nous vivons dans le canton de Genève ont commencé à se former lors de la dernière glaciation il y a 10'000 ans (OFEV, 2017). En fonction des caractéristiques de la roche-mère, du climat, de la quantité d'eau présente dans le sol et du relief, différents types de sols se forment. Dans les références nationales, on distingue, en Suisse, neuf types de sols et douze sous-types (OFEV, 2017, p.13).

<sup>1</sup> RS 814.12. Ordonnance fédérale sur les atteintes portées aux sols (OSol) du 1<sup>er</sup> juillet 1998 (Etat le 12 avril 2016)

<sup>2</sup> RS 814.12

<sup>3</sup> RS 814.01. Loi fédérale sur la protection de l'environnement (LPE) du 7 octobre 1983 (Etat le 1<sup>er</sup> janvier 2022).

<sup>4</sup> RS 814.12

<sup>5</sup> K 1 70. Loi d'application de la loi fédérale sur la protection de l'environnement (LaLPE) du 2 octobre 1997 (Etat le 27 août 2020).

<sup>6</sup> K 1 70.13. Règlement sur la protection des sols (RSol) du 16 janvier 2008.

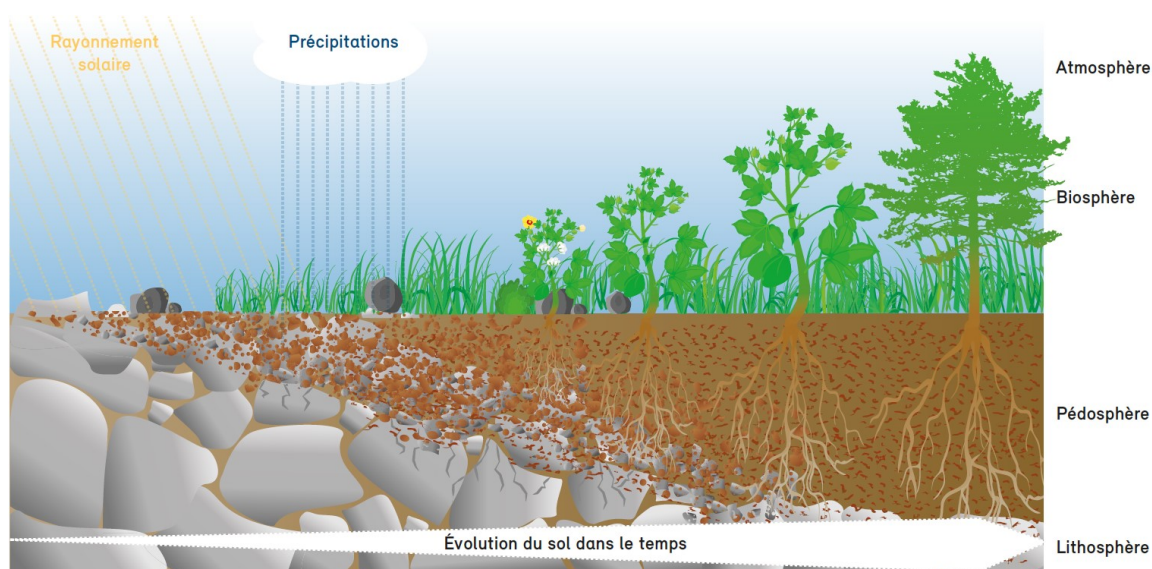


Figure 1: Pédogénèse (OFEV, 2017, p.13)

De plus, le sol remplit plusieurs fonctions qui rendent des services essentiels pour l'environnement et pour l'être humain. L'OFEV (2020, p.12) distingue six fonctions du sol :

- **Habitat** : Le sol est un milieu de vie pour les végétaux et pour de nombreux organismes. En garantissant un milieu de vie favorable à l'ensemble des espèces vivantes, les différents types de sols permettent de conserver des écosystèmes diversifiés ainsi qu'une diversité dans les espèces et dans leur patrimoine génétique. En retour, ces différents organismes participent à la pédogénèse et à la fertilité du sol.
- **Régulation** : Grâce à ses caractéristiques physiques et chimiques, le sol permet de réguler les cycles de l'eau, des substances et de l'énergie. Il a des fonctions de filtre, de tampon et de réservoir pour les éléments qui s'y infiltrent, notamment le carbone et les éléments nutritifs, et il permet de transformer des substances. Ainsi, lorsqu'il est en bon état, le sol permet notamment de prévenir des inondations, de servir de réservoir pour l'eau, de stocker le carbone et CO<sub>2</sub> présent dans l'air ou encore de filtrer les polluants présents dans l'eau avant qu'elle ne s'infiltre dans la nappe phréatique.
- **Production** : Le sol est capable de produire de la biomasse, c'est-à-dire de faire croître les végétaux. De cette manière, il fournit des denrées alimentaires, du fourrage, du bois ou encore des fibres nécessaires à la survie de nombreux être vivants dont les humains ou les animaux.
- **Support** : Le sol sert de support pour les infrastructures et les fondations des constructions.
- **Source de matière première** : On trouve, stockées dans le sol, plusieurs matières premières dont le gravier, le sable, les terres rares, l'eau ou l'énergie géothermique.
- **Archivage** : Le sol permet de conserver des informations précieuses sur l'histoire de la terre et des êtres humains.

On considère les fonctions d'habitat, de régulation et de production comme des fonctions écologiques, elles sont le résultat direct de processus naturels qui se déroulent dans le sol (OFEV, 2020). Ces dernières sont particulièrement menacées par les atteintes que les pratiques humaines ont sur les sols alors même qu'elles ont un rôle essentiel pour les services écosystémiques que le sol rend.

Malgré le rôle essentiel du sol pour le climat et pour la biodiversité, les activités humaines causent plusieurs menaces sur le sol dont l'apport de polluants, la compaction, l'érosion et l'imperméabilisation. Ces quatre menaces sont particulièrement graves car elles peuvent faire perdre les fonctions écologiques de manière pratiquement irréversible, le sol n'ayant pas la capacité de se régénérer (OFEV, 2020). La menace dont traite plus particulièrement ce travail est l'apport de polluants.

La présence de polluants dans le sol peut avoir plusieurs origines. Tout d'abord, certains polluants, en particulier certains éléments traces métalliques (ETM) se trouvent naturellement dans le sol car ce sont des éléments présents dans la roche-mère qui sont graduellement libérés lors de l'altération de celle-ci (OFEV, 2017, p.41), c'est ce qu'on



appelle une origine géogène. Toutefois, la présence d'ETM dans les sols est aussi anthropique, c'est-à-dire liée aux activités humaines. En effet, on trouve dans le sol des ETM, des polluants organiques et des résidus de produits phyto-sanitaires et pharmaceutiques qui proviennent des industries, des activités agricoles, de la combustion, des transports notamment (OFEV, 2017, p.41) (cf. figure 2).

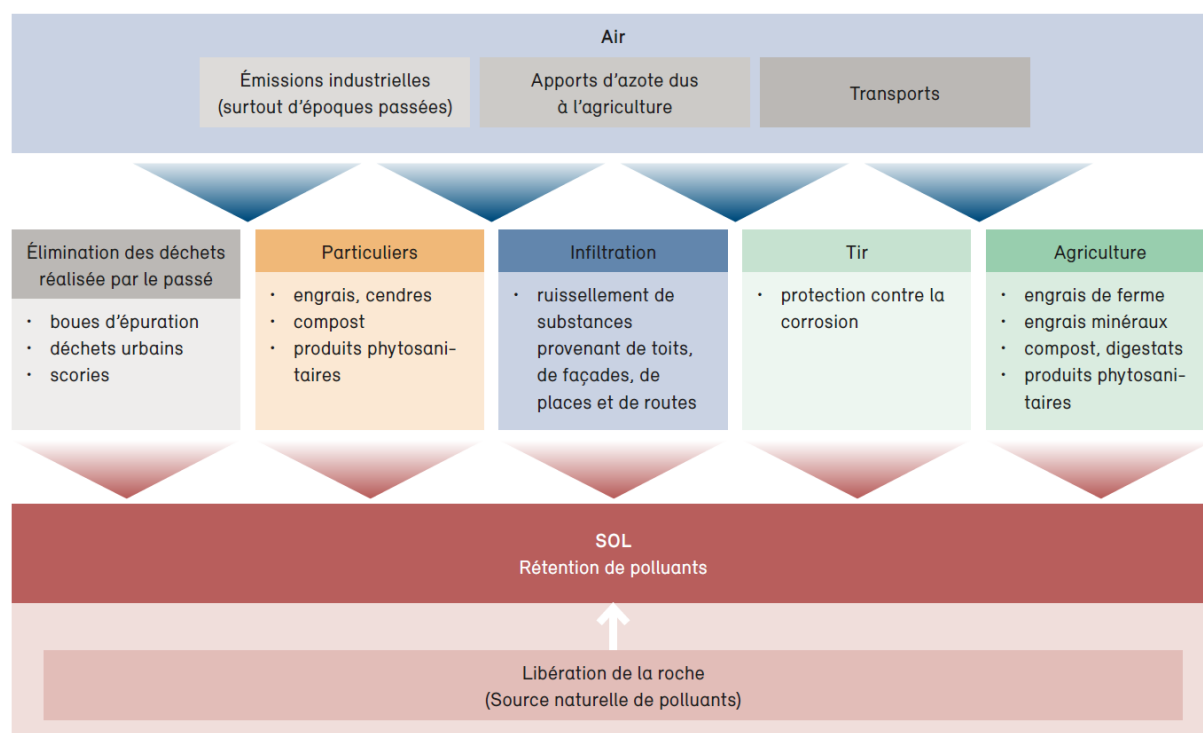


Figure 2 : Sources des polluants dans le sol (OFEV, 2017, p.41)

Pour protéger les sols face à l'apport de polluants et face à l'ensemble des menaces précédemment citées, la Confédération a mis en place une Ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol<sup>7</sup>). Plus particulièrement, l'article 5 de cette ordonnance demande aux cantons d'évaluer "les atteintes portées aux sols en se fondant sur les valeurs indicatives, les seuils d'investigation et les valeurs d'assainissement qui figurent dans les annexes à [l'ordonnance]." (OSol, art.5 al.1<sup>8</sup>). Par ailleurs, l'article 3 stipule que les cantons doivent mettre en place un réseau de référence pour l'observation des atteintes portées au sol.

Les atteintes portées au sol sont évaluées selon des seuils fixés par l'OSol dans les annexes de l'ordonnance (annexe 1 pour les métaux lourds et le fluor et annexe 2 de l'article 5 al. 1 pour les polluants organiques). L'ordonnance distingue trois seuils, la valeur indicative, le seuil d'investigation et la valeur d'assainissement, qui sont déterminées selon la fertilité du sol et les atteintes sur le sol et ses utilisateurs (OFEV, 2017, p.68). Au-dessous de la valeur indicative, la fertilité du sol est garantie sur le long terme. Mais, lorsque cette valeur est atteinte et dépassée, la fertilité du sol n'est plus garantie à long terme. Le dépassement du seuil d'investigation signifie qu'un risque est possible pour la santé humaine, animale ou végétale lors de l'utilisation du sol (pour les loisirs ou pour l'alimentation par exemple). Finalement, lorsque le taux de polluant franchit la valeur d'assainissement, le risque à l'utilisation est avéré. Le dépassement de ces différents seuils peut s'accompagner de différentes mesures, évaluations ou interdictions en fonction du seuil dépassé qui sont résumées dans la figure 3 (OFEV, 2017, p.68).

<sup>7</sup> RS 814.12

<sup>8</sup> RS 814.12

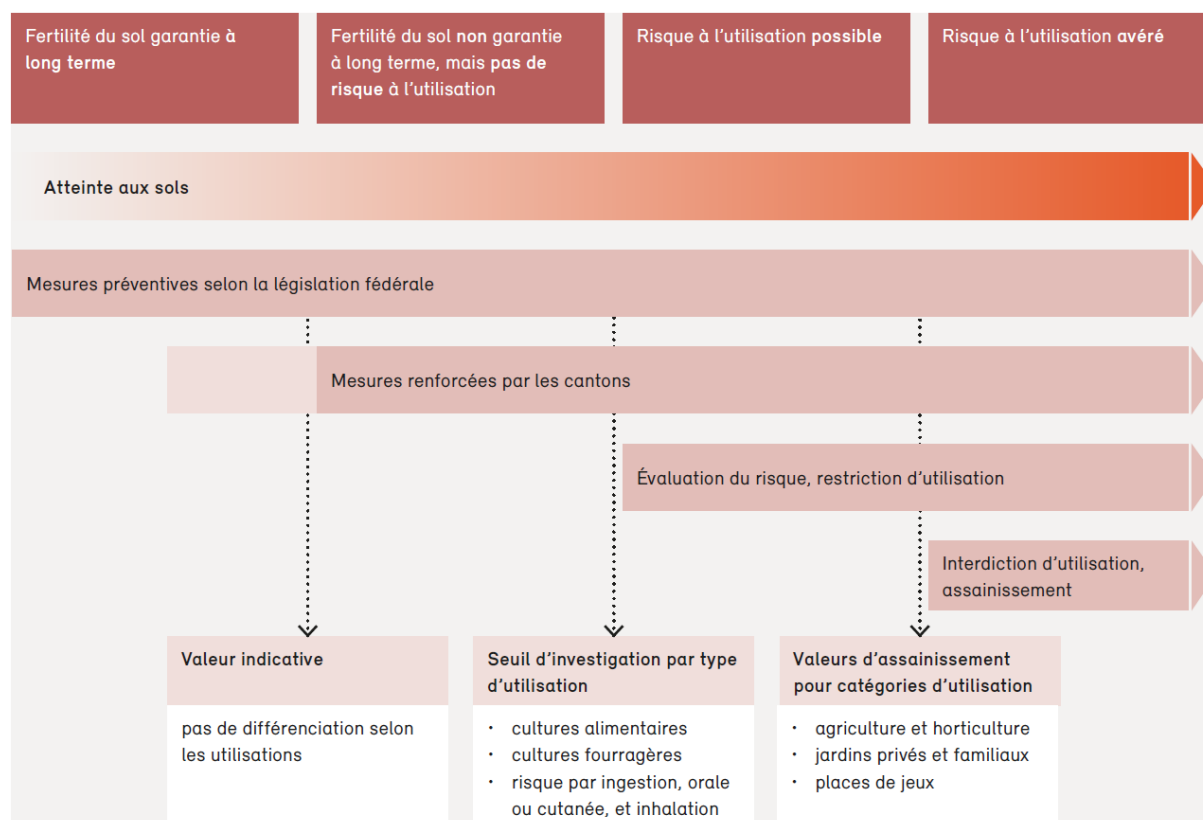


Figure 3 : Schéma de synthèse des risques et mesures selon les valeurs de référence de l'OSol (OFEV, 2017, p.68)

Malgré que le sol ait un rôle essentiel pour le climat, la biodiversité et les écosystèmes, son importance est encore peu connue et diffusée au-delà des experts du sujet. Le public et les professionnels sont encore peu sensibilisés à l'intérêt d'un sol de qualité et à sa vulnérabilité (OFEV, 2020, p.6). De plus, la connaissance des sols suisses est encore très limitée et les informations pédologiques manquent. Pourtant, ces dernières sont essentielles pour évaluer les fonctions des sols, les menaces qui pèsent sur eux et ainsi aider la prise de décision et la gouvernance (OFEV, 2020, p. 9). Dans ce cadre, le développement et le partage de l'information géographique sur les sols est nécessaire. Dans ce but, l'un des trois domaines d'action (en plus de la sensibilisation et de l'exécution et la législation) de la Stratégie Sol Suisse définies par l'OFEV est la récolte et la cartographie d'informations pédologiques "uniformisées, fiables et couvrant l'ensemble du territoire" (OFEV, 2020, p.7).

## GEOS

Pour respecter cette ordonnance, et plus particulièrement l'article 3 le canton de Genève a mis en place depuis 1990 un réseau genevois d'observation des sols (GEOS) qui a pour objectif de suivre sur le long terme la teneur en polluant des sols de son territoire et plus généralement leur qualité. Initialement réalisé par le Laboratoire Cantonal d'agronomie de Genève, aujourd'hui disparu, le suivi des sites, la récolte des échantillons, leur analyse et l'interprétation des résultats est aujourd'hui pris en charge par le Groupe Sols et Substrats de la Haute école du Paysage, d'ingénierie et d'Architecture (HEPIA) sur mandat du GESDEC.

Plus concrètement, GEOS est un réseau de 103 sites répartis sur l'ensemble du canton. C'est un échantillon représentatif de l'ensemble des sols du canton et de leur utilisation. Tous les cinq ans, un échantillon est prélevé au même point fixe pour en faire une analyse de suivi. Dans les fait, une vingtaine d'analyses sont effectuées chaque année dans un système de rotation et un bilan est présenté à la fin de chaque campagne (après 5 ans) sous forme de rapport. La même rotation de sites est conservée pour la campagne suivante afin de conserver le même écart temporel pour tous les suivis.

Les 103 sites sélectionnés pour faire partie du réseau ont pour objectif de représenter de manière proportionnelle l'occupation du sol de l'ensemble du canton. Il y a huit types d'occupation du sol (figure 4) :

### Occupation du sol des sites GEOS en 2022

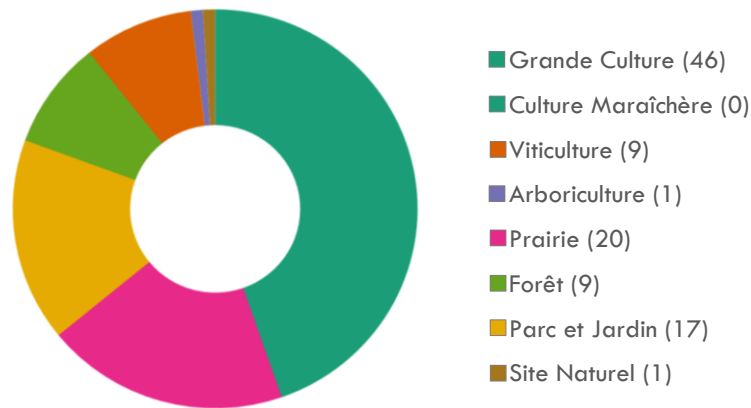


Figure 4 : Diagramme de répartition des sites GEOS selon l'occupation du sol

Etant donné que l'occupation du sol n'est pas figée dans le territoire, certains sites des premières campagnes ont dû être remplacés car le sol avait été imperméabilisé ou l'utilisation n'était plus représentative. De plus, il arrive que l'occupation des sites évolue au cours du temps. Par exemple, certains sites de grande culture peuvent passer en jachère et dès lors être considéré comme des prairies ou encore des surfaces de culture maraîchère peuvent être ensuite utilisées pour de la grande culture. L'occupation du sol est un paramètre important pour le suivi de la pollution puisqu'elle peut expliquer la présence de certaines substances. Ainsi, on peut s'attendre à retrouver du cuivre sur les sites de viticulture car c'est un élément souvent utilisé pour le traitement de la vigne.

La méthode de prélèvement (figure 5) a évolué au cours du temps, selon les différentes campagnes, mais celle utilisée actuellement consiste à prélever seize échantillons à une profondeur de sondage de 0 à 20 cm, dans un carré de 10x10 m dont la localisation est déterminée en géo-localisant un coin du carré avec des coordonnées x et y puis en décrivant le sens de déploiement du carré ainsi que son orientation. Ces seize prélèvements sont ensuite mélangés puis emmenés au laboratoire pour analyser l'échantillon.

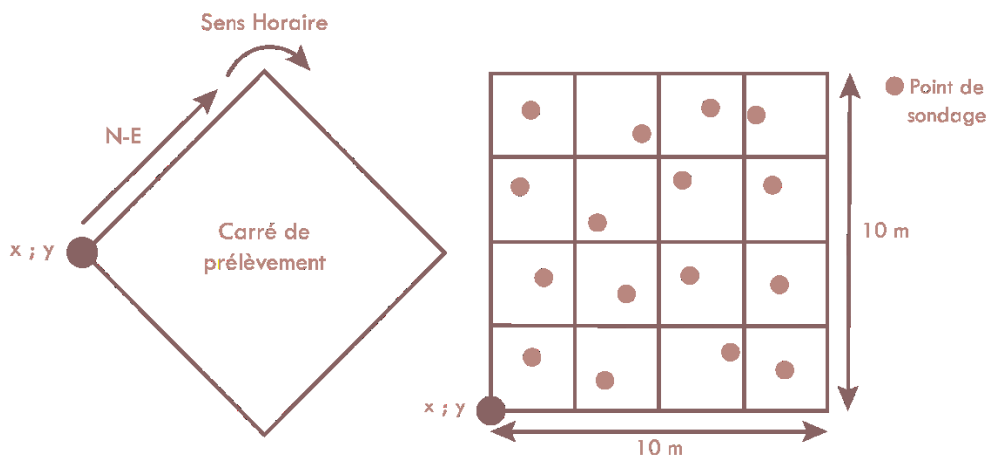


Figure 5 : Schémas explicatifs de la méthode de prélèvement des échantillons GEOS

Concernant les différents éléments observés dans ce réseau, le suivi consiste en deux types d'analyses. Premièrement, des analyses réalisées une fois pour chaque site permettant d'établir une "carte d'identité" du site entrant dans le réseau. Ces analyses portent sur les caractéristiques physiques et chimiques du sol qui sont a priori stables dans le temps. Il s'agit plus précisément d'effectuer une granulométrie permettant de déterminer les taux d'argiles, de silts, de sables fins et de sables grossiers composant le sol, de déterminer les taux de carbonates et d'éléments nutritifs (Phosphore, Potassium, Calcium et Magnésium) et la capacité d'échange cationique effective (CEC eff) du sol analysé.

Le second type d'analyse consiste à des analyses de monitoring de la teneur des sols en polluants (éléments traces métalliques (ETM) et polluants organiques) et en matière organique (MO) (taux et rapport MO/argile) et de leur pH. En tout, treize analyses de monitoring (résumées dans la figure 6) sont actuellement réalisées :

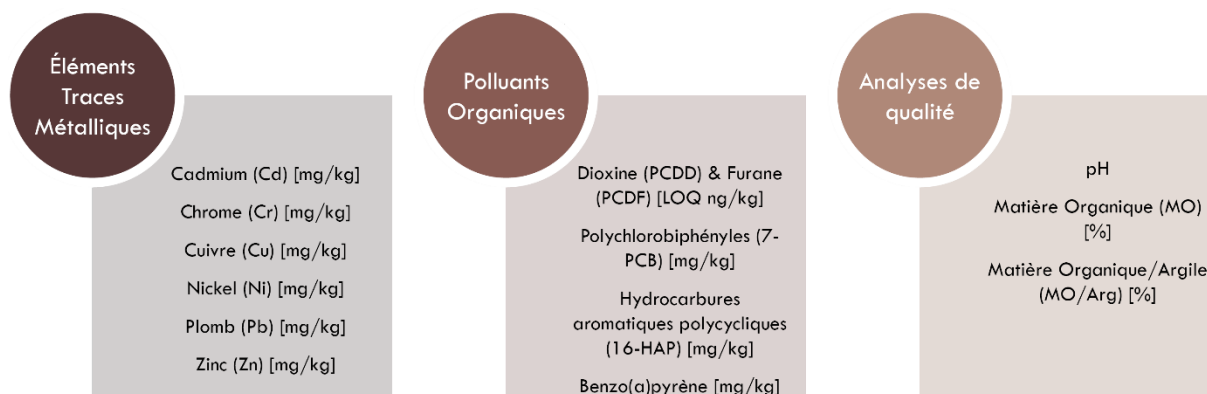


Figure 6 : Les treize analyses réalisées pour le monitoring des sites GEOS

Les analyses effectuées suivent le protocole d'analyse de l'OSol. La majorité des analyses sont réalisées à l'HEPIA, au laboratoire de Sols et Substrats lorsqu'il est équipé et accrédité pour le faire. En revanche, les analyses de polluants organiques sont faites par le laboratoire Wessling dans le canton de Berne et en Allemagne. Une description détaillée des méthodes d'analyses pour chaque élément est faite dans le rapport GEOS 2010-2015 (Sauty & Boivin, 2015).

Cette introduction au réseau GEOS n'en décrit que son fonctionnement actuel, toutefois, de nombreux changements sont intervenus au fil des différentes campagnes ce qui peut compromettre la pérennité des données s'ils sont mal décrits et répertoriés. Tout d'abord, plusieurs sites ont disparu du réseau, notamment car ils ont été imperméabilisés, et d'autres ont été ajoutés pour avoir un échantillon plus représentatif du canton. Ensuite, certaines analyses ou profondeurs de prélèvement ont été abandonnées. La frise temporelle ci-contre résume l'évolution des analyses GEOS (figure 7).

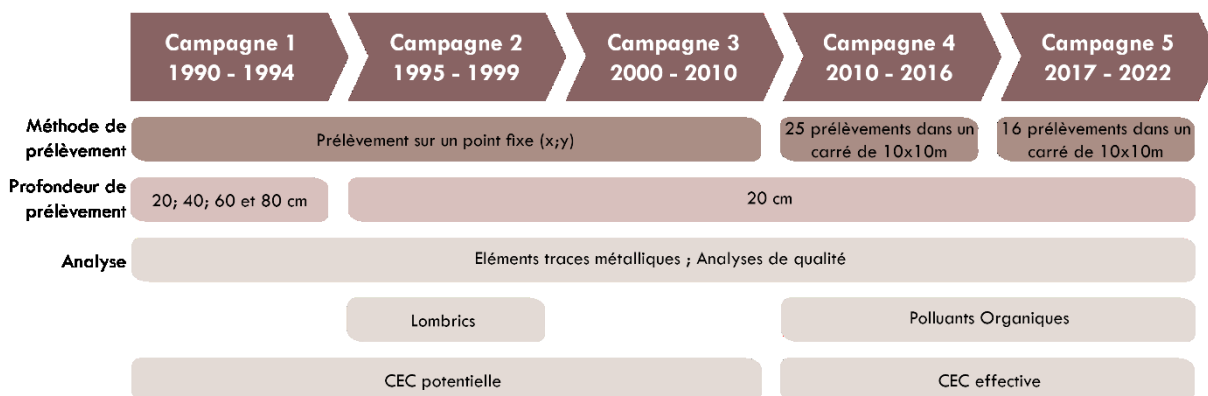


Figure 7 : Frise temporelle de l'évolution des analyses GEOS

Actuellement cinq campagnes ont déjà été terminées depuis le début de GEOS en 1990. Les campagnes n'ont pas été réalisées de manière complètement régulière, et certains échantillons n'ont pas été analysés directement après leur prélèvement. Cette irrégularité s'explique en partie par la transition du Laboratoire cantonal d'agronomie vers le laboratoire sols et substrat rattaché à l'HEPIA (Lamy & Boivin, 2010). Précisément, la première campagne a commencé en 1990 jusqu'en 1994, la deuxième de 1995-1999, les échantillons de la troisième campagne ont été prélevés en 2000 et analysés en 2010, la quatrième campagne a duré de 2010 à 2015 et, finalement, la cinquième campagne, qui a commencé en 2017, s'est terminée en 2022. Le GESDEC prévoit déjà de réaliser une nouvelle campagne qui commencera en 2023. Les données du réseau GEOS ne sont donc pas fixées et ont vocation à être enrichies au fil des campagnes.

## OBJECTIFS ET PROBLÉMATIQUE

Du fait de la composante géographique de ce réseau, il a dès 1990 été décidé par le GESDEC de publier les résultats sous forme de carte sur le portail du système d'information du territoire genevois (SITG). Cette couche géographique est un complément des rapports de synthèse fournis par l'HEPIA à la fin de chaque campagne. Les données sont mises à disposition sous forme de points vectoriels dont la table attributaire renseigne l'ensemble des résultats des campagnes. Toutefois, seul les résultats de la première campagne et d'une partie de la deuxième sont actuellement disponibles au public sur le SITG, les mises à jour de la couche SITG n'ayant pas été effectuées. Les données non publiées sont pour l'heure conservées au GESDEC sous forme de rapport papier (ou pdf pour les plus récentes) et à l'HEPIA sous forme de tables excel. Elles ne sont donc pas accessibles au public ou à des utilisateurs externes au service.

Dès lors, l'objectif du projet présenté ici est de mettre à jour la composante cartographique des données GEOS tout en tenant compte de la pérennisation de ce processus. En effet, la structure des couches proposée actuellement requière l'ajout de plusieurs champs à la fin de chaque campagne et laisse peu de place à l'évolution des données. Il sera donc nécessaire de réfléchir à une structure de données qui puisse être stable dans le temps tout en laissant la possibilité aux données d'évoluer. De plus, la mise à jour des couches se fait annuellement, donc relativement peu fréquemment, et les personnes en charges des données GEOS ont des compétences de géomatique restreintes, ce qui rend difficile la transition des rapports GEOS (sous forme de table excel ou csv) vers une couche SITG mise à jour. Par ailleurs, ces données ayant une vocation monitoring, il s'agira de proposer une solution permettant de visualiser facilement l'évolution temporelle des sites. Plus généralement, les données GEOS sont aujourd'hui peu valorisées malgré une certaine richesse dans la donnée et l'importance établie du partage des connaissances sur le sol. Il importera alors également de réfléchir à un ou des outils permettant de valoriser les informations disponibles, et, dans la mesure du possible, les partager à un public plus ou moins large.

## ETAT DE L'ART

Actuellement, la cartographie des sols et de leur qualité est relativement peu mise en valeur dans le canton de Genève en comparaison à d'autres domaines ou à d'autres régions en Suisse ou en Europe. Il s'agira dans cette partie de présenter une revue de ce qui est fait dans d'autres cantons et dans d'autres régions.

## LES OUTILS DE LA CONFÉDÉRATION

Le suivi de la qualité des sols est requis par la Confédération et est réalisé par l'ensemble des cantons, de plus la Confédération réalise elle aussi son propre suivi des sols au niveau national dans un programme intitulé Observatoire national des sols (NABO). Depuis 1985 103 sites dans l'ensemble de la Suisse sont surveillés de la même manière que pour GEOS. Le dernier rapport mis à disposition du public a été publié en 2015 et fait une synthèse des campagnes menées entre 1985 et 2009 (OFEV, 2015).

En complément à ces 103 sites de prélèvement nationaux, l'OFEV, en partenariat avec les cantons, a mis en place le système national d'information pédologique (NABODAT). Ce système cherche à harmoniser l'ensemble des données provenant des cartographies des sols (dont les profils) et des campagnes de suivis de qualité et de surveillance des différents cantons afin de promouvoir la collaboration et les échanges. Si les cantons le souhaitent, ils peuvent partager les données pédologiques qu'ils ont à disposition, dont les données GEOS par exemple, afin que celles-ci soient harmonisées, exploitées et mises à disposition au niveau national (NABODAT, s.d.). Actuellement, le canton de Genève ne partage pas ses données avec NABODAT.

NABODAT met également à disposition un modèle de données qui permet de recenser les résultats d'analyses sur des échantillons ou sur des profils pour des sites liés à des projets. La description du modèle de donnée et de l'ensemble des attributs est disponible dans le document *Fichier de données pédologiques de Suisse* (NABODAT, 2022). La majorité des éléments répertoriés dans le réseau GEOS le sont aussi dans le modèle NABODAT mais sous un autre nom ou dans une structure de données différente.

## LES MÉTHODES D'ANALYSE ET DE REPRÉSENTATION EN SUISSE ET À L'ÉTRANGER

Sur son site internet, l'OFEV propose un outil de visualisation des données NABO pour les 103 sites du suivi national. L'occupation du sol est représentée par la couleur et le taux de pollution par la taille (OFEV, 2021, 25 août). Un

sélectionneur permet de choisir l'ETM à afficher et un autre de sélectionner, si désiré, l'occupation du sol (cf. figure 8).

À quel point les sols suisses sont-ils pollués par les métaux lourds? La visualisation présente les résultats obtenus depuis 1985 par l'Observatoire national des sols (NABO).

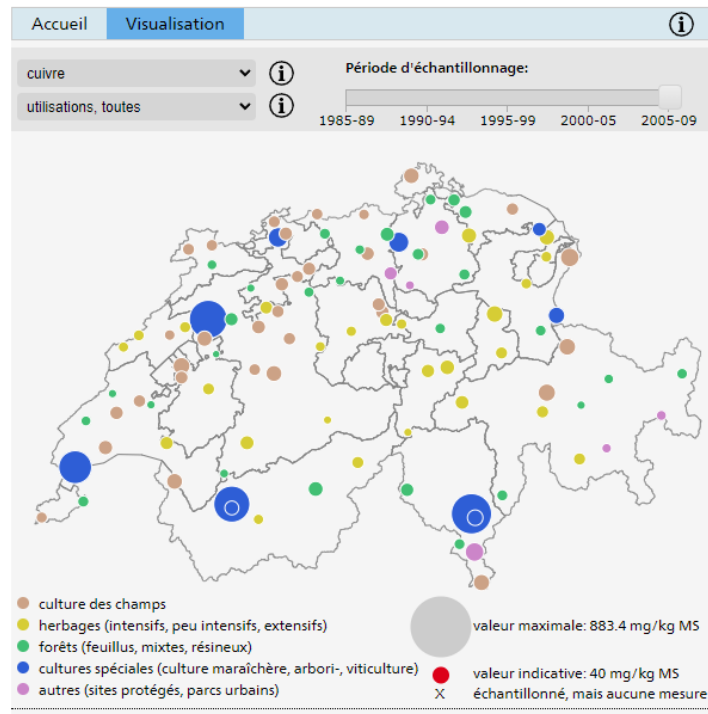


Figure 8 : Outil de visualisation des données NABO sur le site de l'OFEV (OFEV, 2021, 25 août)

Le canton de Fribourg met à disposition du public les résultats de ses campagnes de suivi de pollution du Réseau fribourgeois d'observation des sols (FRIBO). L'ensemble des résultats, y compris les polluants sont expliqués et présentés notamment à l'aide de cartes. Les points de prélèvement sont par ailleurs consultables sur le portail cartographique du canton de Fribourg. Les personnes en charge des analyses et du rapport ont fait le choix d'analyser et représenter les tendances identifiées grâce au monitoring (IAG, 2012). Ce choix n'a pas été fait à Genève en raison de la méthode de prélèvement utilisée. Le quadrillage des sites sur le territoire cantonal a permis de réaliser des extrapolations des données à l'ensemble du territoire fribourgeois pour le taux estimé de matière organique dans le sol grâce à la méthode du krigeage universel robuste (IAG, 2012, p.181)

Un ancien étudiant du certificat complémentaire a réfléchi à un modèle de données pour le suivi et la cartographie des sols urbains et le stockage des données recensées (Farah, 2014). En suisse, les cantons de Vaud et de Soleure ont également réalisé un modèle de données pédologiques (Farah, 2014). Ces modèles intègrent des résultats d'analyse des caractéristiques physiques et chimiques du sol en plus de nombreuses autres informations qui peuvent être nécessaires pour l'analyse et la cartographie des sols.

Au niveau européen, il existe le European Soil Data Center (ESDAC) (<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/>), le centre européen pour toutes les données liées aux sols, qui offre plusieurs jeux de données sur les sols dont des analyses des traces d'ETM dans les sols à l'échelle européenne (Tóth et al., 2016). La plateforme de l'ESDAC recense également de nombreux articles scientifiques, cartes et autres documents. Plusieurs études présentent différentes manières d'analyser et représenter des données sur les polluants ou sur la MO par exemple (Castaldi et al., 2019 ; Fabietti et al., 2010 ; Gong et al., 2010 ; Saby et al., 2009).

En France, le groupement d'intérêt scientifique sol (Gis Sol, s.d.a) gère le système d'information pédologique de France. Il déploie plusieurs programmes qui permettent de collecter et répertorier de nombreuses informations sur les sols français dont la collecte des analyses des teneurs en ETM au sein d'une base de donnée (Gis Sol, s.d.). Gis Sol propose plusieurs outils pour visualiser ou saisir des données pédologiques ou encore pour retrouver des études réalisées (Gis Sol, s.d.b). Dans le Guide d'utilisation des bases de données sol pour la production de cartes

thématiques (Lemerrier et al., 2017), les auteurs présentent le modèle de donnée relationnel dénommé DoneSol utilisé pour stocker toutes les données du Gis Sol liées à des cartes (figure 9). DoneSol est la base de donnée nationale qui regroupe l'ensemble des données pédologiques à composante géographique (ponctuelle et surfacique) (Lemerrier et al., 2017, p.40).

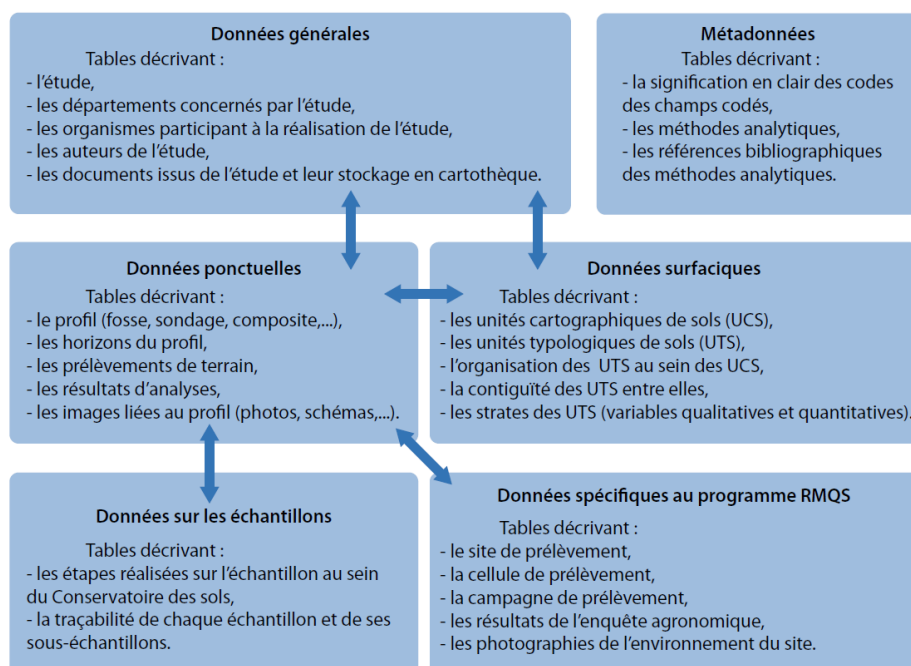


Figure 9 : Structure de données relatives aux sols du modèle DoneSol (Lemerrier et al., 2017, p.40)

En Belgique, Requasud, le réseau des laboratoires wallons pour l'analyse des sols et des produits agricoles (céréales, fourrages, engrais, ...) a créé une base de donnée pour l'ensemble de ses données et cette base est disponible à la consultation. Requasud met également à disposition un outil de visualisation, Requasol, qui permet de visualiser les données de qualité des sols, cartographiées et extrapolées à l'échelle du territoire wallon. Ces données sont issues de la base de donnée de requasud (Requasol, s.d.).

## PRÉSENTATION DES DONNÉES À DISPOSITION

Afin de mettre à jour les données GEOS, il convient de partir des données et ressources déjà existantes qui ont été mises à disposition par le GESDEC et par l'HEPIA. Cette partie présente l'ensemble des ressources utilisées pour le travail : Les couches d'entités, les tableaux de données et les rapports. Les ressources sont disponibles en ligne, dans les bureaux ou dans le serveur du GESDEC (dossier Réseaux GEOS-NABO).

## COUCHES D'ENTITÉS ET TABLEAUX DE DONNÉES

Actuellement, la couche d'entités disponible sur le SITG est la seule couche existant dans les données du GESDEC. Cette couche et sa table attributaire, dont on peut avoir un aperçu ci-dessous (figure 10 et 11) sont disponibles en OpenData. La couche peut être téléchargée aux formats \*.dfx, \*.gdb et \*.shp depuis le site du SITG et est également disponible dans le serveur de l'Etat.

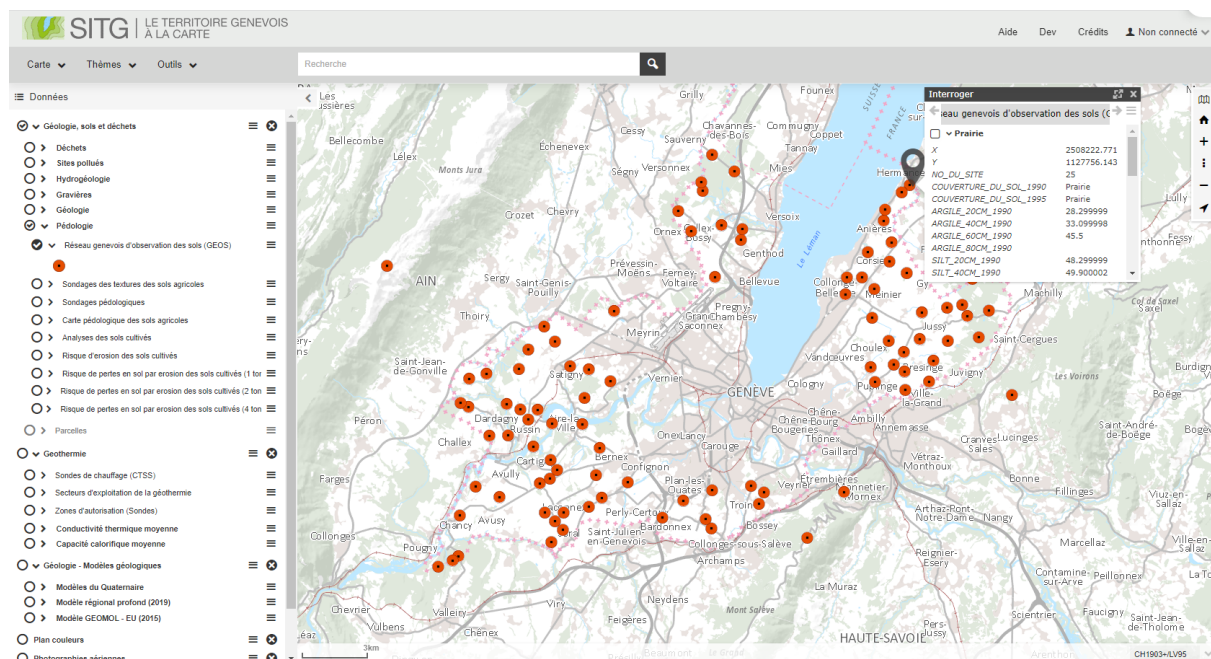


Figure 10 : Capture d'écran de la couche actuellement disponible sur le portail SITG

| ATTRIBUTS                |        |                    |          |
|--------------------------|--------|--------------------|----------|
| Nom                      | Type   |                    |          |
| OBJECTID                 | OID    | HUMUS_80CM_1990    | Double   |
| X                        | Double | CALCAIRE_20CM_1990 | Double   |
| Y                        | Double | CALCAIRE_40CM_1990 | Double   |
| NO_DU_SITE               | Double | CALCAIRE_60CM_1990 | Double   |
| COUVERTURE_DU_SOL_1990   | String | CALCAIRE_80CM_1990 | Double   |
| COUVERTURE_DU_SOL_1995   | String | PH_20CM_1990       | Double   |
| ARGILE_20CM_1990         | Double | PH_40CM_1990       | Double   |
| ARGILE_40CM_1990         | Double | PH_60CM_1990       | Double   |
| ARGILE_60CM_1990         | Double | PH_80CM_1990       | Double   |
| ARGILE_80CM_1990         | Double | CEC_20CM_1990      | Double   |
| SILT_20CM_1990           | Double | CEC_40CM_1990      | Double   |
| SILT_40CM_1990           | Double | CEC_60CM_1990      | Double   |
| SILT_60CM_1990           | Double | CEC_80CM_1990      | Double   |
| SILT_80CM_1990           | Double | PH_20CM_1995       | Double   |
| SABLE_FIN_20CM_1990      | Double | PH_40CM_1995       | Double   |
| SABLE_FIN_40CM_1990      | Double | PH_60CM_1995       | Double   |
| SABLE_FIN_60CM_1990      | Double | PH_80CM_1995       | Double   |
| SABLE_FIN_80CM_1990      | Double | SHAPE              | Geometry |
| SABLE_GROSSIER_20CM_1990 | Double |                    |          |
| SABLE_GROSSIER_40CM_1990 | Double |                    |          |
| SABLE_GROSSIER_60CM_1990 | Double |                    |          |
| SABLE_GROSSIER_80CM_1990 | Double |                    |          |
| HUMUS_20CM_1990          | Double |                    |          |
| HUMUS_40CM_1990          | Double |                    |          |
| HUMUS_60CM_1990          | Double |                    |          |

Figure 11 : Liste des attributs de la couche actuellement disponible sur SITG



**Synthèse des données à disposition qui ont été utilisées pour le travail :**

| Nom  | Type              | Source | Description  |
|--|-------------------|--------|--|
| <b>GOL_ANALYSES_RESEAU_GEOS</b>              | Vectorielle point | SITG   | La couche actuelle disponible sur le SITG pour le réseau genevois d'observation des sols.  |
| <b>BD_GEOS_1990-2016</b>                     | Tableau excel     | HEPIA  | <p>Fichier excel contenant pour les 128 sites appartenant ou ayant appartenu à GEOS : Une première feuille avec une description du site, des points de coordonnées, des propriétaires et exploitants ainsi que leurs contacts.</p> <p>Une deuxième feuille avec les résultats des analyses qui ne sont faites qu'une fois et une case de remarques car certaines données sont manquantes</p> <p>Une troisième feuille donne pour chaque site et pour chaque campagne les résultats des analyses de monitoring (Jusqu'à 4 données par site car la feuille s'arrête à la campagne 2010-2015). Précise aussi la date de prélèvement et l'année des analyses, une colonne de remarques aussi</p> <p>Une quatrième feuille donne les résultats d'analyses des quatre campagnes qui ont par la suite été abandonnées par exemple a des plus grandes profondeurs (40 60 ou 80 cm)</p> |
| <b>BD_GEOS2_pointsactifs2022_parpolluant</b> | Tableau excel     | HEPIA  | Pour les 103 sites actifs de la campagne 5, Une feuille pour chaque analyse (pH, MO, ratio MO-Arg, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, PCDD-F, 7 PCB, 16 HAP, Benzo(a)pyrène). Décrit les résultats d'analyse pour chaque campagne (1 à 5) ainsi que l'occupation du sol au moment du prélèvement. Les évolutions au cours du temps des analyses et de l'occupation du sol sont aussi décrites.  |
| <b>BD_GEOS2_tous_sites</b>                   | Tableau excel     | HEPIA  | <p>Pour 128 sites appartenant ou ayant appartenu à GEOS : Une première feuille avec une description du site, des points de coordonnées, des propriétaires et exploitants ainsi que leurs contacts, elle précise si le site actif ou non, et pour certains sites, le site de remplacement ou le site qu'il remplace.</p> <p>Une deuxième feuille avec les résultats des analyses qui ne sont faites qu'une fois et une case de remarques car certaines données sont manquantes</p> <p>Une troisième feuille donne les résultats d'analyses des quatre campagnes qui ont par la suite été abandonnées par exemple a des plus grandes profondeurs (40 60 ou 80 cm)</p>  |
| <b>GEOS2016</b>                              | Géodatabase       | HEPIA  | Géodatabase ArcGIS contenant les couches ayant servi à la réalisation et à l'illustration du rapport de campagne 2010-2015. Elle contient des couches vectorielles et des tables. Les couches décrivent l'occupation du sol et les résultats des analyses de campagne en fonction de l'occupation du sol. Il y a également une couche (vecteur point) générale (geos_tout) rassemblant et localisant les résultats de toutes les analyses de la campagne pour tous les sites actifs.   |
| <b>Couches_miseEnForme_pourCartes</b>        | Dossier           | HEPIA  | Dossier de fichiers *.lyr contenant la symbologie utilisée pour le rapport précédent ainsi que les seuils appliqués.   |

D'autres documents ont été mis à disposition par l'HEPIA et par le GESDEC, mais ils n'ont pas été utilisés car ils contenaient des sélections des tables et couches présentées ci-dessus ou car ils se sont avérés inutilisables avec les versions de programme installés sur le poste de travail ou sans les connexions aux dossiers de travail initiaux.

## RAPPORTS

Deux rapports ont été rédigés par l'HEPIA et sont disponibles au GESDEC, le troisième (pour la campagne 2017-2022) est actuellement en cours de rédaction :

- Observation cantonale des sols genevois - Fertilité et éléments-traces métallique des sols : Résultat et évolution de 1990 à 2000 (Lamy & Boivin, 2010)
- Réseau cantonal d'observation des sols genevois – Fertilité, éléments-traces métalliques et polluants organiques des sols : Résultats de la campagne 2010-2015 (Sauty & Boivin, 2015)

Ces documents décrivent les méthodes de prélèvement et d'analyse et les résultats d'analyses sous forme graphique et cartographique. De ces résultats sont tirées une interprétation des taux de pollution actuels et une analyse des tendances en fonction des sites ou de l'occupation du sol. Le rapport est un élément essentiel pour comprendre et interpréter les résultats des analyses. Les éléments cartographiques produits lors de ce mémoire sont des compléments utiles pour l'analyse, le rapport et le partage des résultats auprès de différents publics mais ne peuvent en aucun cas remplacer la profondeur d'analyse et d'explication permise par le rapport.

## MÉTHODOLOGIE

### PRISE EN MAIN DES DONNÉES

Afin de réfléchir à la structure des informations disponibles, il a d'abord fallu appréhender l'organisation des données originelles. Ces dernières sont conservées sous forme de tables excel dont l'organisation a été décrite dans le tableau ci-dessus. L'appréhension de ces documents a permis de mieux saisir la teneur de l'information et de cataloguer les types d'informations en cinq catégories :

- Administration : Les informations nécessaires pour identifier le site, le localiser, le définir au sein du réseau et en contacter les gestionnaires.
- Identité : Les données résultant des analyses de portrait, elles ont à priori une fréquence de mise-à-jour faible car la fiche d'identité du site ne se fait qu'à l'entrée du site dans le réseau.
- Monitoring : Les données résultant des analyses de monitoring, elles sont mises à jour chaque année à la fin de chaque série de prélèvement.
- Synthèse : Les informations calculées à partir des résultats d'analyse telles que l'évolution, la tendance, la moyenne ou la différence entre sites de même occupations.
- Conservation : Les résultats des analyses qui ne sont actuellement plus réalisées ou d'analyses existantes mais à des profondeurs de prélèvement qui n'ont pas été réitérées pour les campagnes les plus récentes.

Un catalogue de l'ensemble des données existantes est disponible en annexe (annexe 1).

Parallèlement, la réflexion s'est orientée sur la mise en place d'une base de données relationnelle de GEOS. Ce choix est motivé par plusieurs points. Tout d'abord, au sein du GESDEC, l'ensemble des données relatives au sous-sol sont organisées au sein d'une base de données relationnelle (BD-SSOL). Etant donné que le sol est une thématique fortement liée et qu'elle est abordée au sein du même service, l'apport de données pédologiques à cette base de données existante a déjà été réfléchi mais n'est pas encore effectué. La réflexion spécifique sur des données pédologiques serait un apport intéressant pour le service afin de poursuivre les réflexions sur l'intégration de celles-ci au système existant. Par ailleurs, les données sont actuellement conservées sous forme de tables excel non protégées dans des dossiers de l'HEPIA et du GESDEC accessibles par l'ensemble des collaborateurs des deux services concernés. L'intégrité des données peut ainsi facilement être compromise. La mise en place d'une base de données relationnelle permettrait notamment grâce aux relations de classes définies et, éventuellement grâce à la

mise en place de formulaires<sup>9</sup>, de protéger les données existantes. En effet, une base de données garantit à la fois l'intégrité des données, la sécurité et la confidentialité de celles-ci mais aussi leur fiabilité (les données peuvent être récupérées en cas de panne) (Métral, cours GEOTOOLS – Bases de données, 15 janvier 2022).

Dans le cadre de cette réflexion autour des données pédologiques, un schéma logique repensant l'ensemble des données à disposition dans une nouvelle structure a été réalisé et est disponible en annexe (annexe 2). Il tente d'organiser au sein d'une structure logique l'ensemble des données existantes et celles qui pourraient être amenées à être répertoriées (l'unité utilisée, la méthode de prélèvement ou la méthode d'analyse par exemple). Ce schéma est construit de telle sorte à ce que la structure puisse être conservée malgré des changements dans les sites, l'échantillonnage ou les analyses par exemple et à ce que les informations puissent être consultées et mises à jour facilement et ne contiennent pas de redondances. Il distingue des classes d'objets qui ont des caractéristiques ou des propriétés communes. Ces objets peuvent être liés entre eux par des liens logiques (associations) (Métral, cours GEOTOOLS – Bases de données, 16 janvier 2022). La structure pensée dans ce travail est destinée à conserver uniquement des données GEOS. Elle pourrait être repensée pour intégrer d'autres données pédologiques dont la composante géographique est différente, par exemple des données de compaction qui sont liées à des parcelles (polygone) et pas à des points.

Comme mentionné plus haut, ce modèle logique a été réfléchi parallèlement à la structuration des données à mettre à jour. La structure finale des couches de données publiées sur le SITG est tirée de cette réflexion mais a été adaptée aux besoins des pédologues du service. Le travail de création et remplissage de la base de données puis celui de migration des données de la base de données vers des couches finales exploitables n'a pas pu être effectué au cours de ce stage par manque de temps.

## TRAITEMENT DES DONNÉES

Trois couches ont été créées en vue de la publication des données sur le SITG : GOL\_GEOS\_ANALYSE, GOL\_GEOS\_PORTRAIT et GOL\_GEOS\_SYNTHESE. Ces couches regroupent l'ensemble des données nécessaires à la présentation des résultats aux utilisateurs métiers et au public, toutefois, certaines données telles que les informations de contact des propriétaires et exploitants ou les informations sur le déploiement du carré de prélèvement ne sont pas conservées dans ces couches. Pour les informations non conservées dans les couches, les tables excel fournies par l'HEPIA restent le lieu de stockage des données.

Les trois couches créées sont un moyen de conserver les informations par thème et d'effectuer un minimum de modifications structurales lorsque de nouvelles données seront fournies par l'HEPIA. La première couche, GOL\_GEOS\_PORTRAIT regroupe toutes les données relatives au portrait des sites, c'est-à-dire les analyses qui ne sont, à priori, réalisées qu'une seule fois par site. Cette couche ne devrait être mise à jour qu'en cas d'entrée d'un nouveau site dans le réseau, donc de manière irrégulière. La deuxième couche GOL\_GEOS\_ANALYSES répertorie toutes les données relatives aux analyses de monitoring pour toutes les campagnes de prélèvement. Cette couche devrait être mise à jour annuellement, à la fin de chaque série de prélèvements. La dernière couche, GOL\_GEOS\_SYNTHESE fait la synthèse des analyses de pollution pour chaque site à la fin de chaque campagne. Ses données sont des résumés statistiques tirés de la couche GOL\_GEOS\_ANALYSES. Elles permettent d'indiquer, pour chaque site, combien de polluants dépassent les différentes valeurs établies par l'OFEV. L'actualisation de cette couche se ferait donc à la fin de chaque campagne, tous les cinq ans environ.

De ces trois couches principales, stockées sur le serveur métier du SITG (prdh), il est possible de répliquer d'autres couches sur le serveur de consultation du SITG (pcons) en effectuant des distinctions par campagne par exemple. Les couches publiées sur ce serveur peuvent être filtrées ou réorganisées pour ne faire apparaître que les attributs ou les entités qui sont partageables à un large public.

---

## STRUCTURE DES COUCHES

Comme les couches produites ont des fonctions différentes, les structures des couches proposées ont été adaptées et varient. Concernant la structure des données de la couche GOL\_GEOS\_ANALYSES, la structure utilisée par M.

---

<sup>9</sup> Par *formulaire* on entend ici une interface de saisie de données permettant de compléter la base de données sans la modifier directement. Les données peuvent être vérifiées avant d'être validées et saisies dans une interface simplifiée.

Matter de l'HEPIA dans ses tables excel a été un point de départ très utile pour la réorganisation des données. Dans ses documents, M. Matter a réalisé un tableau de donnée par analyse et chaque tableau contient un attribut pour le numéro de site et, pour chaque campagne, des attributs d'année d'analyse, de valeur et d'occupation du sol au moment du prélèvement (cf. figure 12).

| ID_site | Campagne 1990-1994 |        |            | Campagne 1995-1999 |        |            | Campagne 2000-2004 |        |            | Campagne 2010-2015 |        |            | Campagne 2017-2022 |        |            |
|---------|--------------------|--------|------------|--------------------|--------|------------|--------------------|--------|------------|--------------------|--------|------------|--------------------|--------|------------|
|         | Année              | Valeur | Occup. Sol | Année              | Valeur | Occup. Sol | Année              | Valeur | Occup. Sol | Année              | Valeur | Occup. Sol | Année              | Valeur | Occup. Sol |
| 1       | 1990               | 8,40   | GC         | 1995               | 7,80   | GC         | 2000               | 7,70   | GC         | 2012               | 7,64   | GC         | 2019               | 7,88   | GC         |
| 2       | 1990               | 8,80   | GC         | 1995               | 7,90   | GC         | 2000               | 7,60   | GC         | 2012               | 7,62   | GC         | 2019               | 7,96   | GC         |
| 3       | 1990               | 8,80   | FO         | 1995               | 5,20   | FO         | 2000               | 4,80   | FO         | 2013               | 5,35   | FO         | 2019               | 5,38   | FO         |
| 4       | 1990               | 8,00   | GC         | 1995               | 7,60   | PR         | 2000               | 7,50   | PR         | 2013               | 7,68   | PR         | 2019               | 7,40   | GC         |
| 5       | 1990               | 8,00   | PR         | 1995               | 6,00   | PR         | 2000               | 6,10   | PR         | 2013               | 5,94   | PR         | 2019               | 5,71   | PR         |
| 6       | 1990               | 8,00   | GC         | 1995               | 7,80   | PR         | 2000               | 7,60   | PR         | 2013               | 7,69   | PR         | 2019               | 7,81   | GC         |
| 7       | 1990               | 8,00   | GC         | 1995               | 7,60   | GC         | 2000               | 7,40   | GC         | 2013               | 7,58   | GC         | 2019               | 7,66   | GC         |
| 8       | 1990               | 8,00   | GC         | 1995               | 7,80   | GC         | 2000               | 7,50   | GC         | 2013               | 7,73   | GC         | 2019               | 7,73   | PR         |
| 9       | 1990               | 7,90   | GC         | 1995               | 7,10   | GC         | 2000               | 6,90   | GC         | 2012               | 7,00   | GC         | 2019               | 6,72   | GC         |
| 10      | 1990               | 7,70   | CM         | 1995               | 7,70   | CM         | 2000               | 7,50   | CM         | 2012               | 7,60   | CM         | 2019               | 7,65   | GC         |
| 11      | 1990               | 8,20   | GC         | 1995               | 7,80   | GC         | 2000               | 7,50   | GC         | 2012               | 7,70   | GC         | 2019               | 7,52   | GC         |
| 12      | 1990               | 8,10   | GC         | 1995               | 7,50   | GC         | 2000               | 7,20   | GC         | 2012               | 7,30   | GC         | 2019               | 7,61   | GC         |

Figure 12 : Capture d'écran d'un extrait du tableau de données du document BD\_GEOS2\_pointsactifs2022\_parpolluant

Cependant, tout comme la structure de la couche SITG actuelle, elle nécessite de créer trois nouveaux attributs pour chaque campagne réalisée (Année, Valeur et Occupation du sol). Afin de limiter le nombre d'attribut, il a dès lors été choisi d'ajouter un attribut "CAMPAGNE" et un attribut "ANNEE", de type court et à composante temporelle, qui permettent de définir de quelle campagne il s'agit dans un champ et quand elle a eu lieu dans un autre. Cette option de structuration démultiplie le nombre d'entités créées dans la couche mais en restreint le nombre de champs. Par exemple, la structure initiale sur SITG contient les champs pH1990 = 7.5 ; pH1995 = 7.6 ; pH2000 = 7.3... et la structure proposée dans ce travail contient un champ Campagne, un champ Année et un champ de valeur, ce qui produirait, pour les données du site 1 pour l'analyse du pH, trois entités :

| Campagne | Année | Valeur |
|----------|-------|--------|
| 1        | 1990  | 7.5    |
| 2        | 1995  | 7.6    |
| 3        | 2000  | 7.3    |

De la même manière, plutôt que d'avoir un attribut par analyse effectuée, qui contient la valeur (par exemple pH1990 = 7.6), il a été préféré d'opter pour deux attributs : l'un décrivant l'analyse effectuée et l'autre décrivant la valeur de cette analyse (par exemple Campagne = 1 ; Analyse = pH et Valeur = 7.6).

Par ailleurs, comme mentionné plus haut, la notion de valeur (ou seuil) est importante dans le suivi des données de pollution du sol puisque l'OSol fixe des seuils de valorisation ou de danger sanitaire. Il est donc utile de faire figurer la valeur d'appartenance de chaque site dans la table de données puis, plus tard, visuellement sur les cartes publiées sur le SITG et dans les autres produits cartographiques créés. C'est à cela que sert l'attribut SEUIL. De plus, chaque polluant ayant des valeurs indicative, d'investigation et d'assainissement différentes et ces valeurs pouvant changer dans l'OSol, il a également semblé profitable de conserver cette information dans la table afin de connaître les valeurs de références utilisées pour chaque analyse. C'est pour cette raison que les champs SEUIL\_INDICATI, SEUIL\_INVESTI et SEUIL\_ASSAINI ont été créés.

Finalement, les champs X, Y, ID\_SITE, OBJECTID et SHAPE servent à identifier et situer les éléments dans l'espace.

### Synthèse de la couche GOL\_GEOS\_ANALYSES :

| Nom du champ | Alias                | Type   | Description  |
|--------------|----------------------|--------|--|
| ID_SITE      | Numéro de Site       | Court  | Numéro d'identification du site  |
| ANALYSE      | Analyse              | Texte  | Type de polluant ou composant analysé : pH, MO, MOArg, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, PCDDF, PCB, HAP, Benzoapyrene, ou toute autre composant qui peut être analysé |
| VALEUR       | Valeur               | Double | La valeur du résultat de l'analyse   |
| ANNEE        | Année de prélèvement | Court  | Année de l'analyse   |
| CAMPAGNE     | Numéro de campagne   | Court  | Numéro de la campagne GEOS   |

|                       |                                    |            |  |
|-----------------------|------------------------------------|------------|--|
| <b>OCCUPATION_SOL</b> | Occupation du sol                  | Texte      | Occupation du sol au moment du prélèvement : Grandes Cultures (GC), Viticulture (VI), Arboriculture (AR), Prairie (PR), Forêts (FO), Parc et Jardin (PJ), Site Naturel (SN), Culture Maraîchère (CM)   |
| <b>DEBUT_CAMPAGNE</b> | Année du début de la campagne      | Court      | Année du début de la campagne GEOS concernée par l'analyse   |
| <b>FIN_CAMPAGNE</b>   | Année de fin de la campagne        | Court      | Année de fin de la campagne GEOS concernée par l'analyse   |
| <b>SEUIL</b>          | Valeur d'appartenance de l'analyse | Court      | Code permettant de déterminer la valeur à laquelle le résultat d'analyse appartient : Fertilité Garantie (1), Valeur Indicative (2), Seuils d'Investigation (3), Valeur d'assainissement (4) pour les polluants. Très critique (<12%) (1), Critique (12-17%) (2), Bon (17-24%) (3), Optimum (>=24%) (4) pour le rapport MO/Argile. =<5 (1) ; 5.1-5.5 (2) ; ... ; >8 (8) pour le pH |
| <b>SEUIL_INDICATI</b> | Valeur indicative                  | Double     | Valeur indicative du polluant lorsqu'elle existe   |
| <b>SEUIL_INVESTI</b>  | Seuil d'investigation              | Double     | Seuil d'investigation du polluant lorsqu'il existe   |
| <b>SEUIL_ASSAINI</b>  | Valeur d'assainissement            | Double     | Valeur d'assainissement du polluant lorsqu'elle existe   |
| <b>X</b>              | x                                  | Double     | Coordonnée x du site de prélèvement  |
| <b>Y</b>              | y                                  | Double     | Coordonnée y du site de prélèvement  |
| <b>OBJECTID</b>       |                                    | ID d'objet |  |
| <b>SHAPE</b>          | SHAPE                              | Géométrie  |  |

Concernant la couche GOL\_GEOS\_PORTAIT, il a été choisi de conserver une structure où chaque analyse est l'objet d'un champ car les analyses réalisées ne devraient pas évoluer dans les prochaines années et ne sont réalisées qu'une seule fois pour chaque site. Cette structure a également été préférée pour la facilité de lecture lors de l'interrogation de la couche sur SITG. Les informations contenues dans la table sont liées entre elles, et il est important de pouvoir rapidement visualiser la succession de données ce qui est moins aisé avec la structure choisie pour les analyses de suivi. Par exemple, la texture du sol est constituée des quatre champs argile, silt, sables fins et sables grossier.

#### Synthèse de la couche GOL\_GEOS\_PORTRAIT :

| Nom du champ               | Alias                                   | Type   | Description  |
|----------------------------|---|--------|--|
| <b>ID_SITE</b>             | Numéro de Site                          | Court  | Numéro d'identification du site  |
| <b>OCCUPATION_SOL_ACTU</b> | Occupation du sol actuelle              | Texte  | Occupation du sol actuelle : Grandes Cultures (GC), Viticulture (VI), Arboriculture (AR), Prairie (PR), Forêts (FO), Parc et Jardin (PJ), Site Naturel (SN), Culture Maraîchère (CM) |
| <b>ANNEE_ENTREE_RESEAU</b> | Année d'entrée dans le réseau           | Court  | Année d'entrée du site dans le réseau GEOS   |
| <b>ANNEE_ANALYSE</b>       | Année des analyses portrait             | Court  | Année de réalisation des analyses portrait   |
| <b>DATE_CEC_EFF</b>        | Date de prélèvement de la CEC effective | Date   | Date de prélèvement pour la CEC effective  |
| <b>ARGILE</b>              | Argile                                  | Double | Valeur du résultat d'analyse pour la part d'argile dans la texture du sol [%]  |

|                           |                             |        |   |
|---------------------------|-----------------------------|--------|---|
| <b>SILT</b>               | Silt                        | Double | Valeur du résultat d'analyse pour la part de silt dans la texture du sol [%]  |
| <b>SABLE_FIN</b>          | Sable fin                   | Double | Valeur du résultat d'analyse pour la part de sable fin dans la texture du sol [%]   |
| <b>SABLE_GROSSIER</b>     | Sable grossier              | Double | Valeur du résultat d'analyse pour la part de sable grossier dans la texture du sol [%]  |
| <b>CARBONATE</b>          | Carbonate                   | Double | Valeur du résultat d'analyse pour la teneur en carbonate du sol [%]   |
| <b>P_H2O</b>              | P H2O                       | Double | Valeur du résultat d'analyse de la teneur en Phosphore, avec une méthode d'extraction dans l'eau. [mg/kg]   |
| <b>K_H2O</b>              | K H2O                       | Double | Valeur du résultat d'analyse de la teneur en Potassium, avec une méthode d'extraction dans l'eau. [mg/kg]   |
| <b>MG_H2O</b>             | Mg H2O                      | Double | Valeur du résultat d'analyse de la teneur en Magnésium, avec une méthode d'extraction dans l'eau. [mg/kg]   |
| <b>CA_H2O</b>             | Ca H2O                      | Double | Valeur du résultat d'analyse de la teneur en Calcium, avec une méthode d'extraction dans l'eau. [mg/kg]   |
| <b>P_AAEDTA</b>           | P AAEDTA                    | Double | Valeur du résultat d'analyse de la teneur en Phosphore, avec une méthode d'extraction dans une solution à base d'acétate d'ammonium et d'EDTA (AAEDTA). [mg/kg] |
| <b>K_AAEDTA</b>           | K AAEDTA                    | Double | Valeur du résultat d'analyse de la teneur en Potassium, avec une méthode d'extraction dans une solution à base d'acétate d'ammonium et d'EDTA (AAEDTA). [mg/kg] |
| <b>MG_AAEDTA</b>          | Mg AAEDTA                   | Double | Valeur du résultat d'analyse de la teneur en Magnésium, avec une méthode d'extraction dans une solution à base d'acétate d'ammonium et d'EDTA (AAEDTA). [mg/kg] |
| <b>CA_AAEDTA</b>          | Ca AAEDTA                   | Double | Valeur du résultat d'analyse de la teneur en Calcium, avec une méthode d'extraction dans une solution à base d'acétate d'ammonium et d'EDTA (AAEDTA). [mg/kg]   |
| <b>CEC_EFF</b>            | CEC effective               | Double | Valeur du résultat d'analyse de la Capacité d'échange cationique (CEC) effective. [cmol <sub>c</sub> /kg]   |
| <b>K_CEC_EFF</b>          | K CEC eff.                  | Double | Part de potassium dans la CEC effective [cmol <sub>c</sub> /kg]   |
| <b>TXK_CEC_EFF</b>        | Taux de K CEC eff.          | Double | Taux de potassium dans la CEC effective [%]   |
| <b>MG_CEC_EFF</b>         | Mg CEC eff.                 | Double | Part de magnésium dans la CEC effective [cmol <sub>c</sub> /kg]   |
| <b>TXMG_CEC_EFF</b>       | Taux de Mg CEC eff.         | Double | Taux de magnésium dans la CEC effective [%]   |
| <b>CA_CEC_EFF</b>         | Ca CEC eff.                 | Double | Part de calcium dans la CEC effective [cmol <sub>c</sub> /kg]   |
| <b>TXCA_CEC_EFF</b>       | Taux de Ca CEC eff.         | Double | Taux de calcium dans la CEC effective [%]   |
| <b>SATURATION_CEC_EFF</b> | Taux de saturation CEC eff. | Double | Taux de saturation de la CEC effective [%]  |
| <b>CEC_POT</b>            | CEC potentielle             | Double | Valeur du résultat d'analyse de la Capacité d'échange cationique (CEC) potentielle [mol/kg]   |
| <b>K_CEC_POT</b>          | K CEC pot.                  | Double | Part de potassium dans la CEC potentielle [mol/kg]  |

|                           |                             |            |  |
|---------------------------|-----------------------------|------------|--|
| <b>MG_CEC_POT</b>         | Mg CEC pot.                 | Double     | Part de magnésium dans la CEC potentielle [mol/kg] |
| <b>CA_CEC_POT</b>         | Ca CEC pot.                 | Double     | Part de calcium dans la CEC potentielle [mol/kg]   |
| <b>NA_CEC_POT</b>         | Na CEC pot.                 | Double     | Part de sodium dans la CEC potentielle [mol/kg]    |
| <b>SATURATION_CEC_POT</b> | Taux de saturation CEC pot. | Double     | Taux de saturation de la CEC potentielle [%]       |
| <b>REMARQUES</b>          | Remarques                   | Texte      | Remarques sur les analyses ou sur les sites        |
| <b>X</b>                  | x                           | Double     | Coordonnée x du site de prélèvement                |
| <b>Y</b>                  | y                           | Double     | Coordonnée y du site de prélèvement                |
| <b>OBJECTID</b>           |                             | ID d'objet |  |
| <b>SHAPE</b>              |                             | Géométrie  |  |

Finalement, la couche de synthèse est actualisée tous les cinq ans et ses champs ne devraient pas évoluer. Les champs SUP\_\* (Dépassement) sont tirés d'un résumé statistique qui établit la valeur maximale d'un champ. Les champs SUM\_SUP\_\* (nombre de dépassement) font la somme du nombre d'analyses qui dépassent les valeurs fixées par l'OFEV. Les éléments qui permettent d'informer le numéro de site et la campagne sont placés en premier, puis les deux champs (Dépassement et Nombre de dépassements) de chaque valeur de référence sont placés ensemble pour faciliter la lisibilité de la table.

#### Synthèse de la couche **GOL\_GEOS\_SYNTHESE** :

| Nom du champ            | Alias  | Type   | Description   |
|-------------------------|--|--------|---|
| <b>ID_SITE</b>          | Numéro de Site                                       | Court  | Numéro d'identification du site   |
| <b>CAMPAGNE</b>         | Numéro de campagne                                   | Court  | Numéro de la campagne GEOS  |
| <b>SUP_INDICATI</b>     | Dépassement d'au moins une valeur indicative         | Court  | 1 = il y a au moins un polluant dont la valeur dépasse la valeur indicative sur ce site<br>0 = aucun polluant a une valeur qui dépasse la valeur indicative sur ce site             |
| <b>SUM_SUP_INDICATI</b> | Nombre de dépassements de la valeur indicative       | Court  | Nombre de polluants dont la valeur dépasse la valeur indicative sur le site   |
| <b>SUP_INVESTI</b>      | Dépassement d'au moins un seuil d'investigation      | Court  | 1 = il y a au moins un polluant dont la valeur dépasse le seuil d'investigation sur ce site<br>0 = aucun polluant a une valeur qui dépasse le seuil d'investigation sur ce site     |
| <b>SUM_SUP_INVESTI</b>  | Nombre de dépassements du seuil d'investigation      | Court  | Nombre de polluants dont la valeur dépasse le seuil d'investigation sur le site   |
| <b>SUP_ASSAINI</b>      | Dépassement d'au moins une valeur d'assainissement   | Court  | 1 = il y a au moins un polluant dont la valeur dépasse la valeur d'assainissement sur ce site<br>0 = aucun polluant a une valeur qui dépasse la valeur d'assainissement sur ce site |
| <b>SUM_SUP_ASSAINI</b>  | Nombre de dépassements de la valeur d'assainissement | Court  | Nombre de polluants dont la valeur dépasse la valeur d'assainissement sur le site   |
| <b>FREQUENCE</b>        |  | Court  | Champ automatique de fréquence pour les statistiques  |
| <b>X</b>                | x  | Double | Coordonnée x du site de prélèvement   |

|                 |       |            |                                     |
|-----------------|-------|------------|-------------------------------------|
| <b>Y</b>        | y     | Double     | Coordonnée y du site de prélèvement |
| <b>OBJECTID</b> |       | ID d'objet |                                     |
| <b>SHAPE</b>    | SHAPE | Géométrie  |                                     |

### IMPORT DES DONNÉES DANS LE PROJET ARCGIS PRO

Etant donné que l'ensemble des données étaient conservées dans des fichiers excel et que la structure choisie pour les couches à publier n'est pas la même que celle des documents d'origine, il a fallu retravailler les données sur ArcGIS Pro. Cela a permis de spatialiser les données, de les réorganiser, les renommer et de retravailler l'apparence des couches.

Un document de marche à suivre détaillée a été produit afin de permettre aux responsables des données de reproduire les opérations une fois le stage terminé, et ce même si ses connaissances de ArcGIS et de la géomatique sont limitées. Ce document est disponible en annexe (annexe 3) et il ne s'agit ici que d'un résumé des principales étapes de travail.

Pour préparer les données de la couche GOL\_GEOS\_ANALYSES, les feuilles excel du document BD\_GEOS2\_pointsactifs2022\_parpolluant.xlsx fournit par Adrien Matter ont été nettoyées pour n'avoir qu'une seule colonne de titre, aucun caractère spécial dans les données, dans les noms d'attribut et dans les noms des feuilles et n'avoir aucune autre cellule remplie que les données des sites utiles pour le projet. Par exemple, les résumés statistiques (moyenne, écart type, tendance) présents à la fin du tableau ont été supprimés (colonnes et lignes). Les coordonnées géographiques ne sont pas répertoriées dans ce document. Cette information a été ajoutée par copier-coller depuis la feuille *tableau Sites* du document BD\_GEOS\_1990-2016.xlsx. Il a bien sûr fallu supprimer les sites n'étant plus actifs de ce tableau et s'assurer que chaque coordonnée était correctement collée. Ces données sont nécessaires pour pouvoir spatialiser les données sous forme de points dans ArcGIS.

| Campagne | Analyse | ID_site | Annee | Valeur | OccupSol | x          | y          |
|----------|---------|---------|-------|--------|----------|------------|------------|
| 1        | pH      | 1       | 1990  | 8,40   | GC       | 2509335.09 | 1119504.68 |
| 1        | pH      | 2       | 1990  | 8,80   | GC       | 2510002.78 | 1120447.43 |
| 1        | pH      | 3       | 1990  | 8,80   | FO       | 2511482.44 | 1120602.46 |
| 1        | pH      | 4       | 1990  | 8,00   | GC       | 2510940.39 | 1121604.08 |
| 1        | pH      | 5       | 1990  | 8,00   | PR       | 2511929.06 | 1121848.42 |
| 1        | pH      | 6       | 1990  | 8,00   | GC       | 2510683.63 | 1122131.24 |
| 1        | pH      | 7       | 1990  | 8,00   | GC       | 2509993.98 | 1121980.83 |
| 1        | pH      | 8       | 1990  | 8,00   | GC       | 2508794.74 | 1121769.69 |
| 1        | pH      | 9       | 1990  | 7,90   | GC       | 2507248.24 | 1120426.99 |
| 1        | pH      | 10      | 1990  | 7,70   | CM       | 2506372.75 | 1119201.88 |
| 1        | pH      | 11      | 1990  | 8,20   | GC       | 2507456.41 | 1119320.74 |
| 1        | pH      | 12      | 1990  | 8,10   | GC       | 2507992.12 | 1118997.09 |
| 1        | pH      | 13      | 1990  | 8,10   | GC       | 2508007.49 | 1118123.75 |
| 1        | pH      | 14      | 1990  | 5,80   | FO       | 2511173.63 | 1123340.69 |
| 1        | pH      | 16      | 1990  | 8,10   | GC       | 2508675.04 | 1120518.05 |
| 1        | pH      | 17      | 1990  | 7,80   | GC       | 2506552.52 | 1122874.44 |
| 1        | pH      | 18      | 1990  | 8,00   | VI       | 2505190.40 | 1122615.74 |
| 1        | pH      | 20      | 1990  | 8.30   | GC       | 2505974.23 | 1123407.17 |

Les données ont été réorganisées dans une nouvelle table excel (TOUTgeos\_3.xlsx) contenant l'ensemble des données d'analyse sur une seule table avec un attribut *Campagne* distinguant la campagne et un attribut *Analyse* distinguant l'analyse. Cette table contient 103 (sites) \* 5 (campagnes) \* 13 (analyses) = 6'695 entités. Les noms des champs ne correspondent pas aux noms finaux car ce travail est le

Figure 13 : Extrait de la table excel de l'ensemble des données d'analyse et de ses champs

fruit d'un processus de réflexion qui n'était pas abouti au moment de la préparation des données. Les champs ont été renommés plus tard durant le stage grâce à un script FME simple.

Les données de la couche GOL\_GEOS\_PORTRAIT sont tirées de la feuille Carte d'identité du document BD\_GEOS\_1990-2016.xls. De la même manière que pour la couche de suivi des sites, les coordonnées géographiques ont été copiées dans la table et celle-ci a été nettoyée pour éviter les caractères spéciaux et les données non désirées.

Ces deux tables ont ensuite été ajoutées au projet ArcGIS afin d'être spatialisées en deux couches de suivi et de portrait. La couche de synthèse a été générée par la suite. Une table excel ou csv peut être ajoutée à un projet ArcGIS en ajoutant le dossier source au catalogue, puis en ajoutant la table à la carte actuelle (clique droit sur la table dans le catalogue → Ajouter à la carte actuelle) et en convertissant la table en couche grâce à l'outil Afficher des données XY (Dans Contenu : Tables autonomes → Cliquez droit sur la table à convertir → Afficher des données XY). Lorsque de nouvelles données seront ajoutées à la couche, le même processus devra être réalisé, suivi d'un géotraitement avec l'outil Ajouter (Outils de gestion de données). (Le processus détaillé est disponible dans l'annexe 3 page 3).



## CALCUL DES NOUVEAUX ATTRIBUTS

Pour la couche GOL\_GEOS\_ANALYSES, la plupart des attributs étaient déjà disponibles dans les tables excel de l'HEPIA. Cependant, pour pouvoir représenter la valeur d'appartenance des analyses il a été nécessaire de calculer et ajouter un attribut appelé SEUIL. Cet attribut a été calculé grâce à un model builder simple (figure 14) qui sélectionne le polluant d'intérêt et attribue une valeur de SEUIL en fonction des valeurs répertoriées dans le tableau suivant :

| SEUIL | Polluants                                | MO/Argile            | pH        |
|-------|--|----------------------|-----------|
| 1     | Fertilité garantie (< Valeur Indicative) | Très critique (<12%) | =< 5.0    |
| 2     | > Valeur Indicative                      | Critique (12-17%)    | 5.1 – 5.5 |
| 3     | > Seuil d'Investigation                  | Bon (17-24%)         | 5.6 – 6.0 |
| 4     | > Valeur d'assainissement                | Optimum (>=24%)      | 6.1 – 6.5 |
| 5     | -  | -                    | 6.6 – 7.0 |
| 6     | -  | -                    | 7.1 – 7.5 |
| 7     | -  | -                    | 7.6 – 8.0 |
| 8     | -  | -                    | > 8       |

Les valeurs de pollution utilisées pour les ETM et les polluants organiques sont indiquées dans le tableau ci-dessous, les unités sont en mg/kg sauf pour les PCDD/F, en TEQ ng/kg :

|                          | Cd  | Cr  | Cu   | Ni  | Pb   | Zn   | PCDD/F | PCB  | HAP | BaP |
|--------------------------|-----|-----|------|-----|------|------|--------|------|-----|-----|
| Valeur indicative        | 0.8 | 50  | 40   | 50  | 50   | 150  | 5      | 0.02 | 1   | 0.2 |
| Seuils d'investigation   | 2   | 200 | 150  | 100 | 200  | 300  | 20     | 0.1  | 10  | 1   |
| Valeurs d'assainissement | 20  |     | 1000 |     | 1000 | 2000 | 100    | 1    | 100 | 10  |

Ces valeurs sont tirées de l'OSol et, lorsqu'aucune valeur n'était précisée, elles ont été complétées par les valeurs utilisées dans le document Evaluation des sols en vue de leur valorisation. Le choix d'utiliser les valeurs de ce second document a été fait car c'est une publication de l'OFEV dont la date de publication est plus récente que celle de l'ordonnance. De plus, les valeurs utilisées sont plus restrictives et indiquent donc la tendance vers laquelle la confédération se dirige en termes de législation sur les sols.

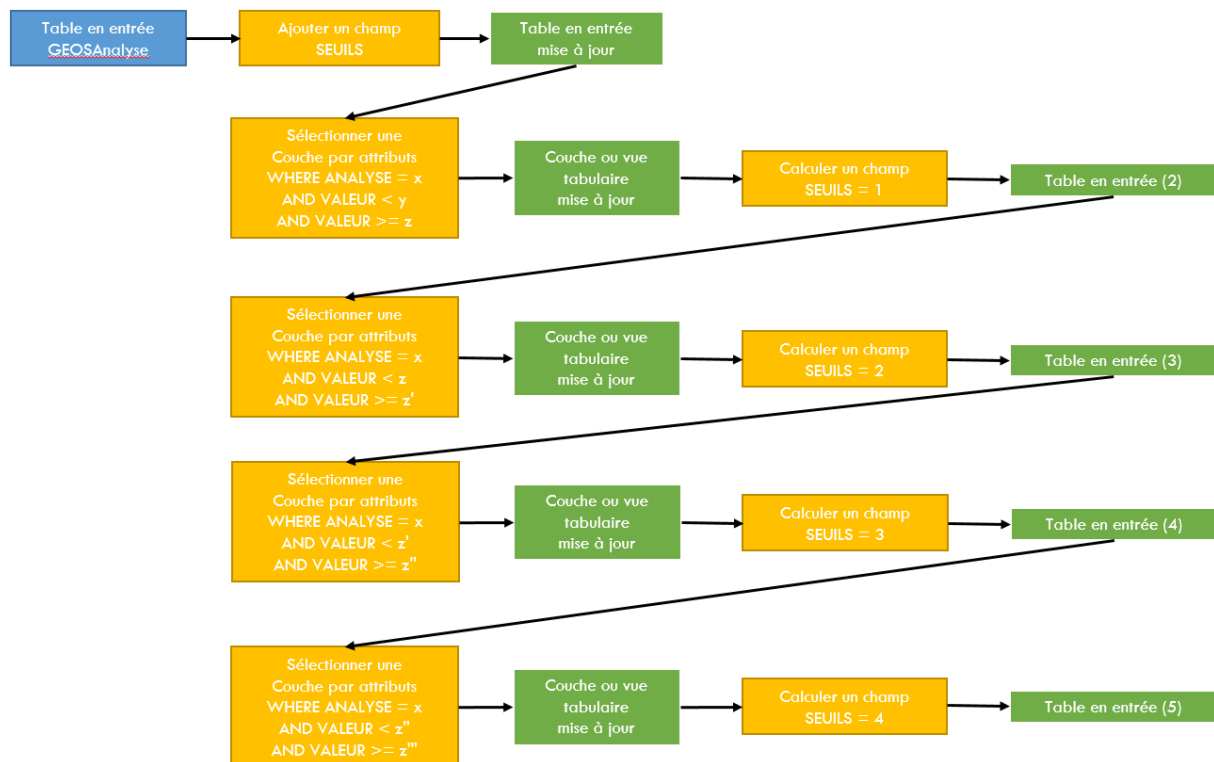


Figure 14 : Processus de calcul des seuils sur ArcGIS Pro, le processus (sauf Ajouter un champ) est répété pour chaque analyse

Les champs DEBUT\_CAMPAGNE, FIN\_GAMPAGNE, SEUIL\_INDICATI, SEUIL\_INVESTI, SEUIL\_ASSAINI ont été remplis manuellement en faisant des sélection attributaires et en utilisant le field calculator de ArcGIS une fois la sélection réalisée. Ils pourraient par la suite être indiqués dans la table excel ou csv transmise par l'HEPIA lorsque les informations sont disponibles. Pour compléter le champ SEUIL\_INDICATI il a par exemple fallu sélectionner toutes les données dont le champ ANALYSE = Ni et faire un calcul de champ SEUIL\_INDICATI =50 en conservant la sélection. La sélection a ensuite été effacée puis le processus répété pour les autres analyses.

Pour la couche GOL\_GEOS\_PORTRAIT, l'ensemble des champs étaient disponibles dans la table excel. Il s'est surtout agi de nettoyer la cette dernière pour pouvoir facilement exporter les données vers le projet ArcGIS, de renommer les champs et dans certains cas de recalculer l'entièreté d'un champ grâce à FME pour que les données soient dans le format correct.

Finalement, concernant la couche GOL\_GEOS\_SYNTHESE, les attributs sont le résultat de plusieurs opérations sur ArcGIS. Depuis la couche GOL\_GEO\_ANALYSES, une sélection attributaire a été réalisée pour ne conserver que les valeurs de polluants (pas de pH, MO et MO/Arg) puis une nouvelle couche créée pour facilement manipuler les données et s'assurer de ne pas entraver l'intégrité des données. Tout d'abord, trois nouveaux champs de type court ont été créés : DESSUS\_INDICATI, DESSUS\_INVESTI et DESSUS\_ASSAINI. Ces champs ne peuvent avoir que deux valeurs, 0 ou 1 et permettent d'indiquer si oui (1) ou non (0) la valeur mesurée dépasse respectivement la valeur indicative, le seuil d'investigation ou la valeur d'assainissement. Ces champs ont été calculés en réalisant une sélection attributaire (WHERE VALEUR > SEUIL\_INDICATI) puis un calcul de champ en conservant la sélection. Une fois ces champs remplis, un résumé statistique (option récapituler dans la table attributaire en faisant un clic droit sur le nom d'un champ) a été réalisé sur la couche :

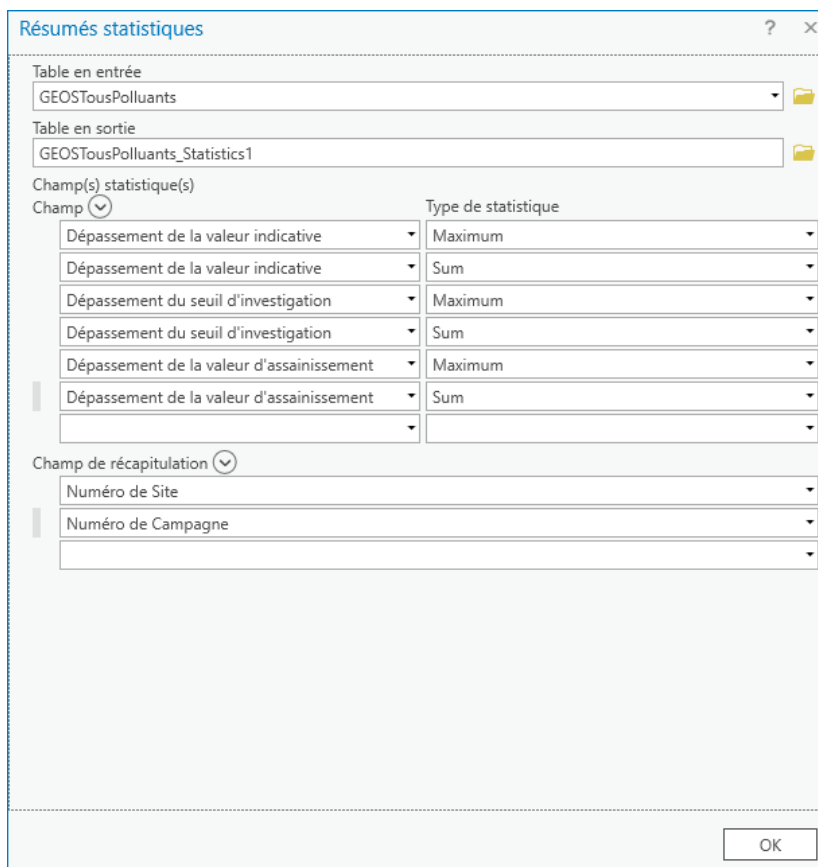


Figure 15 : Capture d'écran du résumé statistique réalisé sur ArcGIS Pro

Sur ArcGIS, le résumé statistique est créé comme une table autonome dans le projet. Afin d'avoir ces données sous forme de couche géographique, une jointure attributaire a été réalisée avec une couche de base (GEOSBase) contenant uniquement le numéro de site et ses coordonnées géographiques. Les noms des attributs se générant automatiquement lorsque l'outil récapituler est utilisé, il a été nécessaire de renommer les attributs et réorganiser l'ordre des champs grâce à des scripts FME simples.

## SYMBOLOGIE DE LA COUCHE

Plusieurs essais ont été faits pour représenter les données sur la carte de la manière la plus parlante possible. Le choix final a été orienté par plusieurs échanges au sein du service et avec Adrien Matter. La couche devant être publiée sur SITG, les symboles et les couleurs utilisées sont restreints par les possibilités offertes par la plateforme. Par ailleurs, la volonté initiale était de représenter l'évolution temporelle du monitoring par un symbole de tendance. C'est ce qui a par exemple été fait dans le rapport de suivi des sols du canton de Fribourg (Figure 16) ou dans le document Etat et évolution des eaux souterraines en Suisse publié par l'OFEV (2019)(Figure 17).

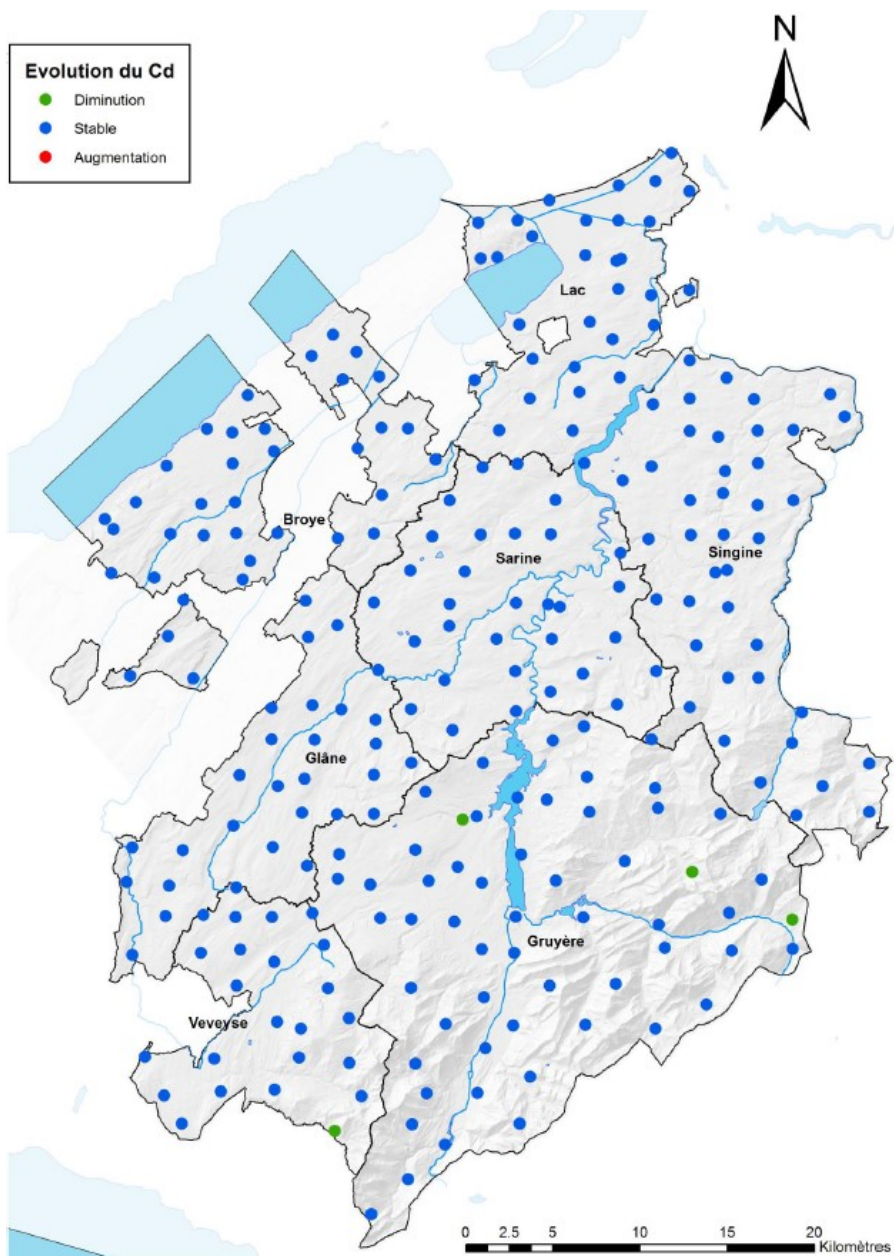


Figure 16 : Exemple de carte de la tendance du rapport FRIBO (IAG, 2019, p.71)

Figure 7.2  
 Température des eaux souterraines (2016), son évolution (2000 à 2016) et type d'aquifère  
 Moyenne par station de mesure NAQUA. Évolution de 2000 à 2016: tendance à la baisse:  $\leq -0,2^{\circ}\text{C}$  sur dix ans; tendance stable:  $> -0,2^{\circ}\text{C}$  sur dix ans et  $< 0,2^{\circ}\text{C}$  sur dix ans; tendance à la hausse:  $\geq 0,2^{\circ}\text{C}$  sur dix ans et  $< 0,6^{\circ}\text{C}$  sur dix ans; nette tendance à la hausse:  $\geq 0,6^{\circ}\text{C}$  sur dix ans.  
 Série de données incomplète: série de données couvrant moins de dix ans.

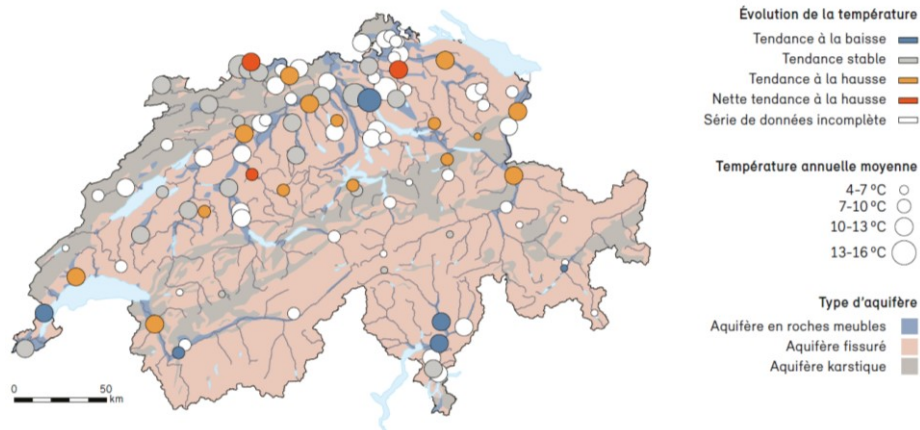


Figure 17 : Exemple de carte d'évolution de la température (OFEV, 2019, p.40)

Cependant, en termes scientifiques, il est difficile de représenter des tendances sans ajouter un biais dans la représentation de la donnée. En effet, avec les données disponibles pour GEOS et les méthodes de prélèvement et d'analyse utilisées, il est difficile d'établir à partir de quelle valeur la tendance passe de *stable* à *à la hausse* par exemple. Les données disponibles ne permettaient donc par d'opter pour ce type de représentations.

Un autre moyen de représenter l'évolution temporelle est de superposer plusieurs symboles sur une même couche comme cela a été fait sur le SITG pour représenter le suivi des espèces de poisson (figure 18) ou pour faire le suivi des indices de chaleur des bâtiments (figure 19).

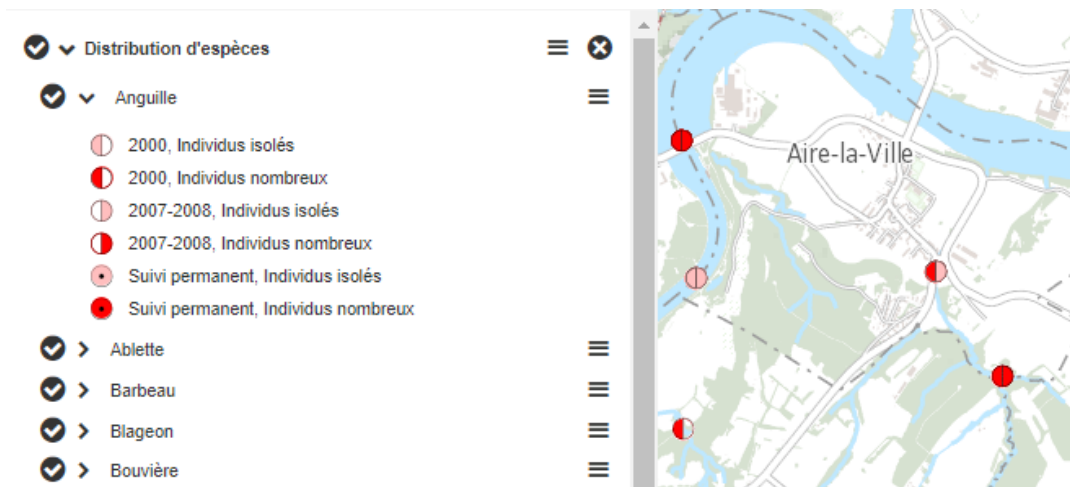


Figure 18 : Représentation du monitoring pour le suivi des espèces de poisson (capture d'écran du SITG)

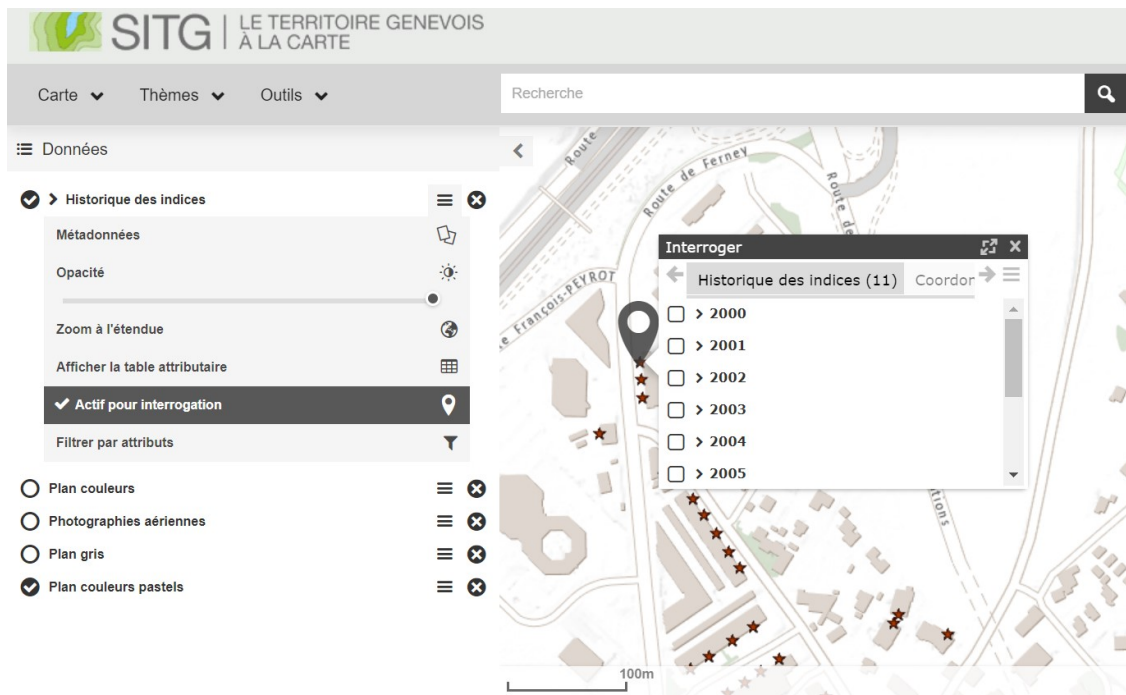


Figure 19 : Capture d'écran du portail SITG, la carte de l'historique des indices de chaleur des bâtiments

Comme les valeurs peuvent être liées aux valeurs de référence de l'OFEV, il a finalement été décidé de se baser sur ces dernières pour réaliser la symbologie. Un gradient de couleur du vert (Fertilité Garantie) vers le rouge (valeur d'assainissement dépassée) permet de visuellement saisir la valeur et si les données des différentes campagnes sont visualisées à la suite, de comprendre l'évolution des teneurs en polluant par rapport aux valeurs de référence. On remarque facilement par exemple lorsqu'un site initialement en dessous de la valeur indicative dépasse ce seuil à la campagne suivante.

### Plomb [mg/kg]

#### Seuils

- Fertilité Garantie (<50)
- Valeur Indicative (>=50)
- Seuil d'Investigation (>=200)
- Valeur d'assainissement (>=1000)
- Pas de donnée

### MO / Argile [%]

#### Seuils

- Très critique (< 12%)
- Critique (<17%)
- Bon (<24%)
- Optimum (>= 24%)
- Pas de donnée

Figure 208 : Légendes des couches Plomb et MO / Argile

Pour la couche MO qui n'a pas de seuils (MO), il a été préféré un point grisé de la même taille que ceux des autres analyses. La taille du point a également été conservée pour le pH mais la couleur de cette analyse va du rouge (pH acide <7) vers le bleu (pH basique >7) avec la valeur neutre à 7. Finalement, la symbologie de la couche de

la carte d'identité des sites est basée sur les données d'occupation du sol actuelle puisque cette dernière est l'une des explications principales des polluants qui peuvent être trouvés dans les sols.

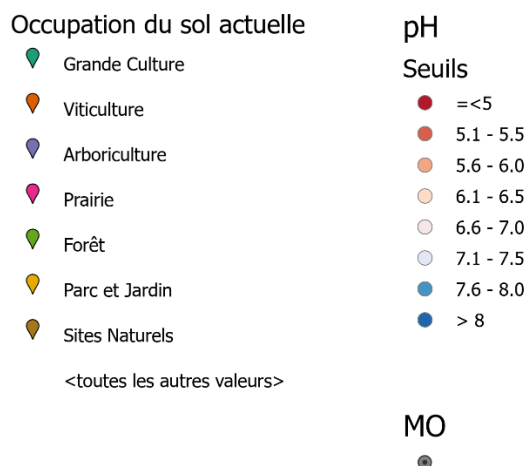


Figure 21 : Légendes des couches Portrait, MO et pH

Ce choix de représentation permet de rapidement saisir la valeur du site, cependant, pour visualiser l'évolution temporelle, la plateforme SITG est assez restrictive. Le souhait initial aurait été d'intégrer un curseur temporel à la couche SITG comme cela est fait pour certaines orthophotos sur le portail (figure 22). Cependant, cette option n'est actuellement pas disponible pour les couches vectorielles telles que celles créées dans ce projet. Il a donc été choisi de se tourner vers les solutions en ligne ArcGIS Enterprise mises à disposition par l'Etat de Genève.

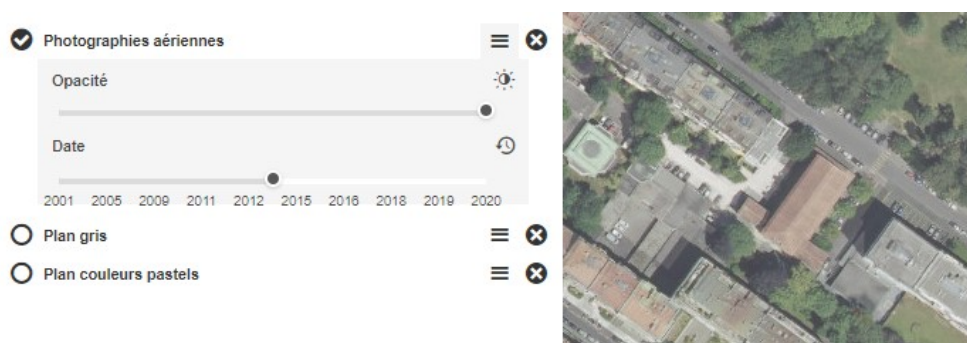


Figure 22 : Le curseur temporel qui permet de faire défiler les orthophotos (Capture d'écran du SITG)

## DIFFUSION ET VALORISATION DES DONNÉES

En effet, en parallèle du logiciel bureau ArcGIS Pro, un service en ligne ArcGIS Enterprise offre différents outils très intéressants pour partager du contenu entre utilisateurs, réaliser des cartes de façon collaborative ou diffuser son contenu à du public de manière interactive (ajouter source esri.com). Comme mentionné plus haut, l'aspect interactif des outils était très recherché pour ce projet afin de pouvoir visualiser l'évolution temporelle et l'adapter aux besoins des différents utilisateurs. C'est pourquoi il a été choisi de se tourner vers une autre plateforme que le SITG.

Les outils en ligne d'ArcGIS sont mis à disposition sur un portail cartographique de l'Etat de Genève appelé GEODE. Ce portail permet d'utiliser ArcGIS Enterprise mais sur un serveur hébergé par l'Etat, contrairement aux autres outils online dont les données sont hébergées par Amazone. Ce portail GEODE permet aux différents offices du canton de produire des cartes interactives et des applications cartographiques avec les services d'ArcGIS Enterprise. Les outils proposés sur GEODE ne sont pas les versions les plus récentes et certains widgets ou fonctionnalités que l'on peut retrouver sur l'ArcGIS Online le plus récent ne sont pas disponibles. Cependant cette plateforme permet de produire et diffuser du contenu de façon sécurisée ce qui est une dimension essentielle pour une structure telle que l'Etat de Genève. En raison de ces limites, les services de géomatique et d'informatique du canton ont mis à disposition un autre portail nommé Système d'Information du Territoire à Genève qui permet aux utilisateurs des différents offices de réaliser des tests et des versions beta d'applications avec les dernières mises-à-jour d'ArcGIS Online. Ces applications ne peuvent toutefois pas être diffusées et ne devraient pas être utilisées pour travailler

car la pérennité des données ne peut pas être garantie. Ainsi, malgré le retard dans les mises à jour, il a été choisi de développer les outils en ligne de ce projet sur GEODE.

Trois types d'outils ont été développés pour permettre de visualiser l'évolution temporelle des taux de pollution du canton et valoriser ces données au maximum de leur potentiel : le Dashboard, la webapp et la storymap. ArcGIS Dashboards permet de communiquer des données géographiques à l'aide de cartes, de graphiques ou de visuels simples (esri, s.d.a). La webapp permet de créer des applications cartographiques intégrant des widgets sans avoir recours au code (esri, s.d.b). Finalement, la storymap permet de mettre en récit les produits cartographiques interactifs en intégrant ces derniers à une structure narrative composée également de textes, d'images, ou encore de vidéos (esri, s.d.c).

## RÉSULTATS

### DASHBOARD

Sur ArcGIS Enterprise, le dashboard ou tableau de bord offre plusieurs fonctionnalités (esri, s.d.a)

- Un en-tête dans lequel on indique le titre du tableau de bord et auquel on peut ajouter un logo, un arrière-plan, et des sélectionneurs.
- Des sélectionneurs qui permettent de filtrer les différents éléments du tableau, le rendant interactif. Il existe des sélecteurs de catégorie (texte ou nombre), de nombre (avec un curseur ou un bouton fléché) ou de date en fonction du champ que l'on souhaite filtrer. L'opérateur de sélection peut notamment être = ; < ; > ; différent de...
- Le volet latéral permet de contextualiser le tableau de bord par exemple d'ajouter un texte de présentation de ce dernier. Il peut être épinglé ou flottant selon le choix de l'utilisateur et peut également contenir des sélecteurs.
- La carte avec laquelle on peut interagir, zoomer, sélectionner des éléments sur la carte, rechercher, sélectionner les couches à afficher, et afficher la légende
- Les légendes de la carte peuvent être affichées dans une fenêtre propre. La légende s'adapte aux couches qui sont sélectionnées ou masquées sur la carte et l'ordre des éléments affichés dépend de l'ordre des couches sur la carte.
- Le diagramme de série permet de représenter des données temporelles, des évolutions, de comparer des valeurs en fonction d'un certain champ. Les séries peuvent être représentées sous forme de colonne ou sous forme de ligne (droite ou lissée) Le diagramme de série peut être interactif et lorsqu'on passe la souris sur un point du diagramme, la valeur représentée et le champ de catégorie sont affichés. On peut fractionner les données en fonction d'un champ pour avoir plusieurs lignes de valeurs, par exemple en fonction de l'occupation du sol.
- Le diagramme à secteurs est un graphique camembert dont chaque section est proportionnelle à la quantité qu'elle représente. On peut choisir si le diagramme est un cercle plein ou un anneau et ajouter des légendes et des étiquettes qui indiquent la part (en % ou en nombre) de chaque section. Le diagramme à secteur peut être interactif et lorsqu'on passe la souris sur la section, le nombre d'entité et la part sont affichés.
- L'indicateur permet d'afficher des chiffres clés tirés des données, par exemple des valeurs de référence, des sommes, des pourcentages, des différences ou des évolutions. On peut y ajouter du texte fixe, des symboles et l'indicateur peut être configuré de façon interactive.
- La jauge affiche une valeur numérique entre un minimum et un maximum. Elle permet de situer la valeur du champ au sein d'un ensemble de valeurs, par exemple de 0 au maximum ou de la valeur indicative au seuil d'assainissement. On peut appliquer différentes statistiques sur un champ de la table attributaire de la couche sélectionnée, dont le total, la moyenne ou encore le minimum. La jauge peut être configurée de façon interactive.
- La liste affiche l'ensemble des entités en énumérant un ou plusieurs champs de la table attributaire. Elle est particulièrement utile pour lister les champs aux valeurs uniques comme le numéro de site. La liste peut être configurée de façon interactive pour n'afficher qu'une sélection ou que les entités affichées sur la carte.



- Les détails permettent d'afficher avec plus de précisions et sous forme de tables les informations contenues dans la table attributaire de la couche. Cela correspond à la fenêtre contextuelle qui s'affiche lorsqu'on clique sur l'entité dans la fenêtre cartographique. Si la fenêtre contextuelle contient des images ou des pièces jointes, elles peuvent aussi être affichées dans le détail.
- Le texte enrichi est une fenêtre de texte auquel peut être ajouté des images et des liens vers d'autres pages.
- Le contenu intégré permet d'ajouter des informations provenant d'autres sites web ou d'autres webapp ArcGIS Enterprise.

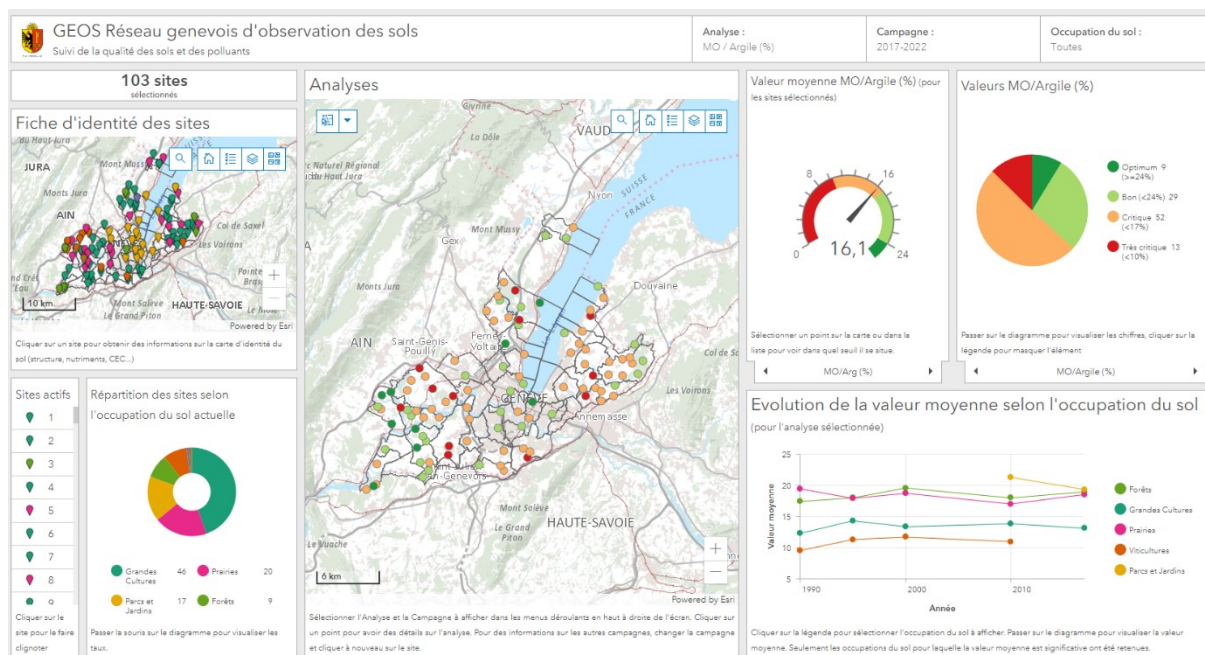
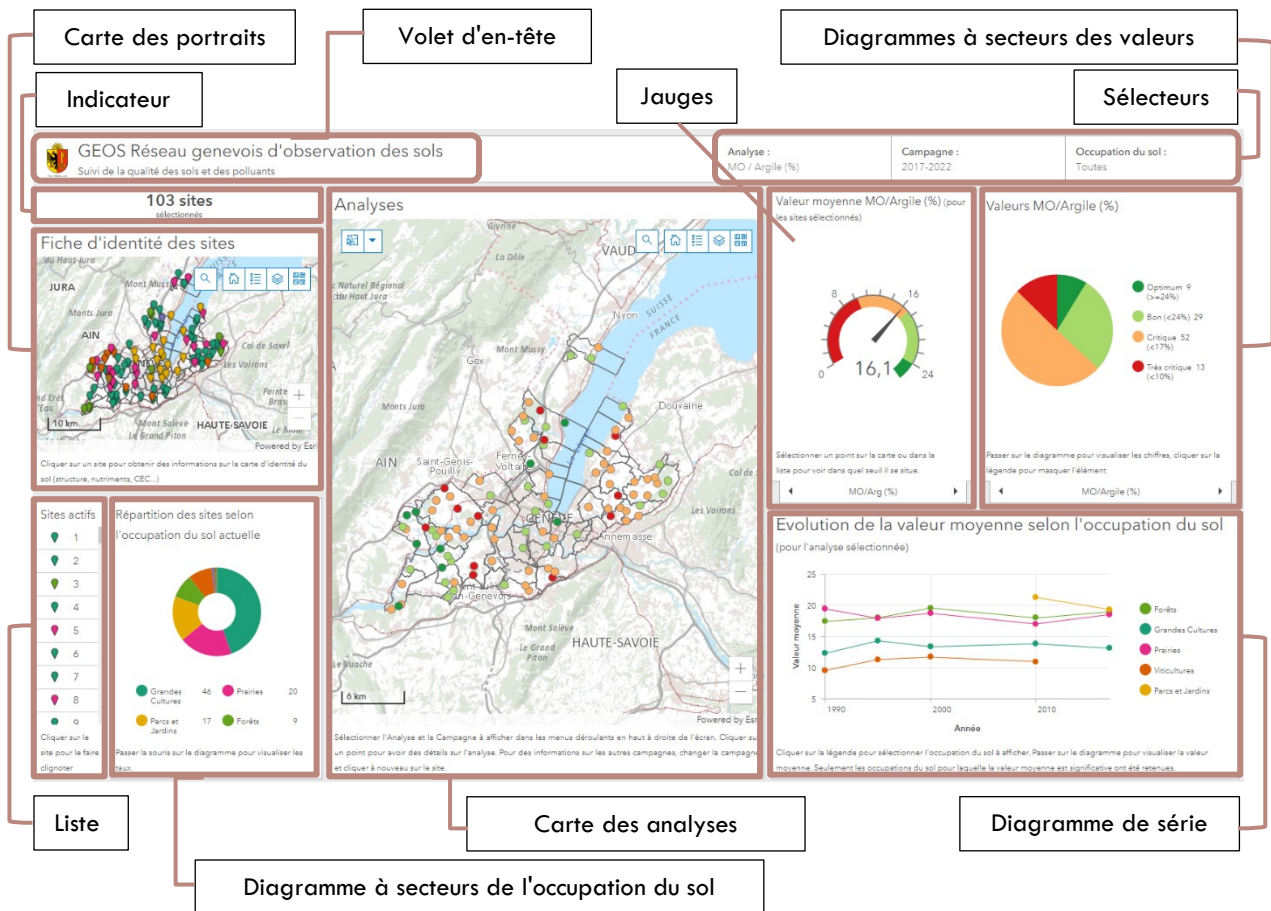


Figure 23 : Le Dashboard métier de GEOS (capture d'écran)

Lien vers le dashboard métier :

<https://app2.ge.ch/tergeoportal/apps/dashboards/e5cd6850166e40e7b55c1588995a9e16>

Le Dashboard GEOS (figure 23) contient différents éléments qu'il est possible de mettre à jour ou modifier. Une description détaillée du paramétrage des différents outils utilisés pour le Dashboard est disponible en annexe (annexe 4) afin que celui-ci puisse être modifié et mis à jour lorsque cela est nécessaire (lorsqu'une nouvelle campagne est ajoutée par exemple).



Ce tableau de bord a été réfléchi pour visualiser facilement et rapidement l'ensemble des résultats des campagnes GEOS, de suivre l'évolution des sites et de situer les résultats dans un contexte plus général. L'élément central est la carte des analyses. Il est dynamique et peut être modifié avec les trois sélecteurs dans le volet d'en-tête : l'utilisateur peut-y sélectionner le polluant à afficher, la campagne et l'occupation du sol des sites. La carte et la symbologie change selon la sélection qui est faite par l'utilisateur. C'est donc en utilisant le sélecteur de campagne qu'il peut visualiser l'évolution temporelle sur la carte. Malgré que le curseur temporel tel que celui utilisé par le SITG pour les orthophotos ne soit pas implémentable dans l'outil Dashboard, ce dernier a été privilégié car il offre des fonctionnalités et des paramétrages qui le rendent intéressant pour la valorisation des données à disposition.

En effet, outre la carte et les sélecteurs, plusieurs autres outils ont été configurés et plusieurs d'entre eux réagissent aux actions de l'utilisateur. Les jauges affichent la valeur moyenne des sites affichés sur la carte centrale pour chaque analyse, l'aiguille permet de situer cette valeur par rapport aux valeurs de référence de l'OFEV de l'analyse. Les jauges sont empilées les unes sur les autres pour optimiser l'espace dans le tableau de bord et l'utilisateur peut utiliser le sélecteur en bas de l'outil pour sélectionner l'analyse d'intérêt. Ce système d'empilement a été réutilisé pour les diagrammes à secteurs des valeurs. Ces derniers permettent d'indiquer la part des sites affichés sur la carte qui dépassent ou non les valeurs de référence. Un dernier outil permet de visualiser des informations sur les valeurs mesurées sur les sites affichés : le diagramme de série. Ce graphique dynamique affiche les valeurs moyennes du polluant sélectionné grâce au sélecteur pour l'ensemble des campagnes GEOS. On peut ainsi visualiser sur un graphique l'évolution temporelle des données GEOS. On distingue ici les différentes occupations du sol car les teneurs en polluants varient en fonction de son utilisation et les résultats présentés dans les rapports GEOS le sont aussi avec cette distinction.

Pour offrir plus de contexte aux données, d'autres outils ont été ajoutés. La liste indique les numéros des sites affichés sur la carte des analyses et lorsqu'on clique sur l'un des sites dans la liste, ce dernier s'illumine sur la carte. Ainsi

l'utilisateur peut situer un site grâce à son numéro ou identifier les sites visibles. La carte des portraits permet d'afficher les informations sur les analyses portrait qui ne sont réalisées qu'une fois. La symbologie de cette carte représente l'occupation actuelle du sol. Lorsqu'on clique sur un point, les données répertoriées dans la table attributaire sont affichées, tout comme pour la carte des analyses d'ailleurs. Le diagramme à secteur de l'occupation du sol permet de visualiser la répartition des sites visibles sur la carte selon l'occupation qui est faite du sol. Le dernier outil, l'indicateur, comptabilise le nombre de sites qui sont visibles sur la carte centrale.

L'ensemble des outils présentés s'adapte à l'affichage qui est fait sur la carte des analyses. Ainsi, si l'utilisateur zoome sur une zone plus restreinte, les outils afficheront les informations pour la zone concernée (figure 24). Dès lors, si l'utilisateur veut visualiser les informations pour un site précis, il lui suffit de zoomer sur ce site uniquement.

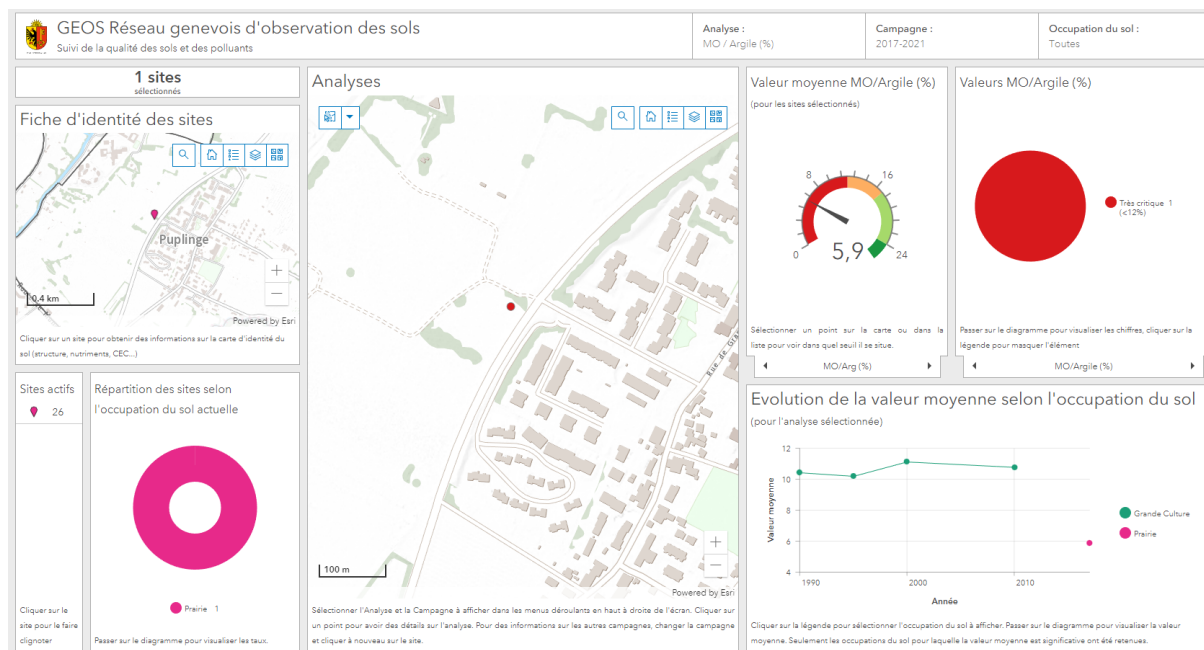


Figure 24 : Exemple de l'adaptation du tableau de bord au zoom ou à la sélection (Capture d'écran)

Ce Dashboard a été réalisé pour avoir une performance maximale sur un écran 22" dans une fenêtre de navigateur en plein écran. Mais cette conception laisse apparaître une des limites de l'outil. En effet, lorsque l'on passe sur une taille d'écran différente, le rendu n'est pas adapté. La mise en page est très sensible à la taille de l'écran et la vision générale de la donnée n'est plus aussi efficace. Cependant, étant donné que l'outil développé a principalement été pensé pour être utilisé par les pédologues du service et par les collaborateurs de l'HEPIA sur un poste de travail fixe avec des écrans de 20", cette limite n'est pas trop problématique. De plus, activer les options « Autoriser le redimensionnement des éléments » et « Autoriser le développement de l'élément » dans les paramètres du tableau de bord (onglet Généralités) semble améliorer la situation.

Un second Dashboard (figure 25) ne contenant que les informations diffusables au public a été dérivé de celui présenté ci-dessus. Il s'est agi, après la duplication du tableau, de supprimer les cartes et outils contenant des informations sur les polluants (cette donnée étant considérée comme sensible par le GESDEC) pour ne garder que les informations contenant le pH, la MO et le rapport MO/Argile. Afin de situer la donnée plus facilement pour un public non averti, il a été choisi d'ajouter des encarts de texte décrivant synthétiquement les problématiques liées au pH et à la perte de matière organique ainsi qu'un panneau latéral présentant le monitoring GEOS.

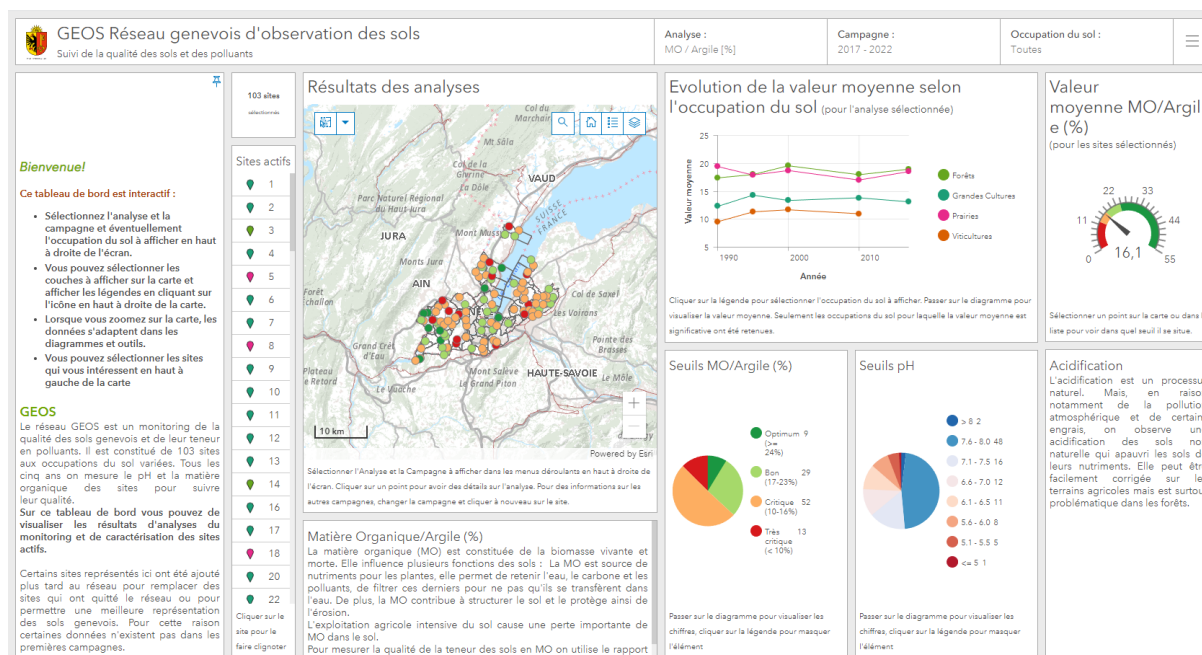


Figure 25 : Le tableau de bord public (Capture d'écran)

Lien vers le dashboard public :

<https://app2.ge.ch/tergeoportal/apps/dashboards/676e401a38a641fd8194f0ac9ff8704c>

## STORYMAP

La réalisation du Dashboard et la lecture de la Stratégie Sol Suisse (OFEV, 2020) laissent entrevoir la nécessité non seulement de récolter de l'information pédologique, mais aussi de la diffuser afin de sensibiliser les différents publics aux problématiques, encore trop peu connues, liées aux sols (OFEV, 2020). Le tableau de bord est un bon outil pour diffuser de l'information auprès de publics avertis voir experts du sujet. Cependant, actuellement, les données et canaux d'informations disponibles pour le grand public manquent dans le canton de Genève et le tableau de bord ne permet pas de répondre entièrement à ce besoin étant donné l'espace et le format limité qu'il offre. Une revue des outils mis à disposition par l'Etat de Genève a montré l'intérêt de développer un outil de sensibilisation à la thématique des sols pour un public large. L'outil de storymap développé lors de ce stage tente de répondre à ce besoin.

La storymap est un outil proposé sur ArcGIS enterprise qui permet de réaliser des récits illustrés par des cartes et des contenus dynamiques. Le générateur de récits permet de facilement créer des récits avec du contenu diversifié et qui peut être facilement organisé. Plusieurs thèmes de récit sont proposés pour une mise en page harmonisée et un thème personnalisé peut être créé. Trois types de mise en page sont proposés sur ArcGIS enterprise et permettent de valoriser le récit en fonction de l'histoire à raconter et du contenu utilisé : le compartiment latéral qui est une succession de blocs de contenu multimédia (carte ou image) accompagnés de texte, le Map Tour Guidage permet de présenter différents lieux d'une même carte selon un ordre préalablement établi et le Map Tour Exploration permet d'explorer une liste de lieux dans l'ordre choisi par le lecteur. Le récit peut aussi être construit à partir d'un modèle vierge. Le contenu du récit peut être de différentes sortes : du texte, des boutons qui redirigent vers d'autres site, des cartes, des images, des vidéos, des pistes audio, des applications créées avec d'autres outils arcgis (webapp, dashboard) ou d'autres sites, un balayage pour comparer deux cartes ou une frise temporelle (esri, s.d.c).

La storymap proposée ici (figure 26) résume de manière simple et imagée la fragilité des sols, leur importance pour les écosystèmes et pour la société puis offre un état des lieux de la qualité des sols genevois et des projets mis en place pour leur protection. La page est organisée en six parties et intègre du texte, des cartes, des images, des applications intégrées, et des liens vers d'autres pages internet. Etant donné qu'elle a été pensée comme un outil de vulgarisation, les textes sont courts et vont à l'essentiel. Les images et autres contenus dynamiques illustrent, expliquent ou résument les idées principales.

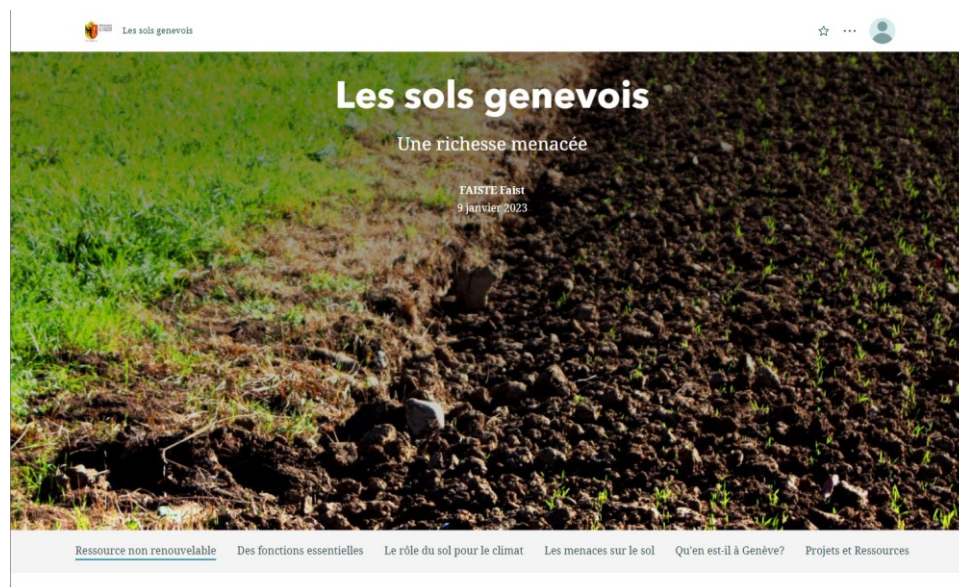


Figure 26 : Page d'accueil de la storymap (capture d'écran)

Lien vers la storymap :

<https://app2.ge.ch/tergeoportal/apps/storymaps/stories/fe0a469f87144ca2b3098c8b6a73cc33>

Les trois premières parties de la page (Ressource non renouvelable, Des fonctions essentielles et Le rôle du sol pour le climat) tentent d'expliquer simplement l'importance du sol pour les services écosystémiques et pour le climat. Elles sont composées de textes simples dont les propos principaux sont mis en avant avec une police en gras, de schémas explicatifs tirés des publications de l'OFEV et d'images d'illustration.

La quatrième partie énumère les menaces qui pèsent sur le sol et qui peuvent en altérer la qualité de façon irréversible. Ces menaces sont illustrées par un schéma de synthèse fourni par le GESDEC et le texte est rendu dynamique grâce à une image d'exemple. Les quatre menaces principales sont mises en avant en les énumérant en premier dans la liste des menaces et grâce à une police en gras. Ces dernières sont ensuite illustrées dans un contexte dans la cinquième partie.

Dans cette partie, on utilise, lorsque cela est possible, les outils cartographiques pour faire un état des lieux de l'imperméabilisation, de la compaction, de l'érosion, et de la pollution dans le canton de Genève. Les données GEOS ont été utilisées pour réaliser un diagramme de série de l'évolution au cours du temps des taux de pollution moyens selon l'occupation du sol. Des données disponibles sur le SITG et répliquées en feature layer sur GEODE ont été utilisées pour créer des webapps illustrant l'érosion et l'imperméabilisation. Seule la légende de ces couches a été modifiée par rapport à la légende visible sur SITG. Les cartes publiées grâce aux webapps ont été pensées pour pouvoir interagir avec, par exemple avec l'outil de balayage entre deux couches et ainsi mieux se saisir de l'information (figure 27). La seule menace qui n'est pas illustrée par une carte est la compaction car il n'y a actuellement pas de données cantonales permettant d'illustrer ou quantifier ce phénomène.

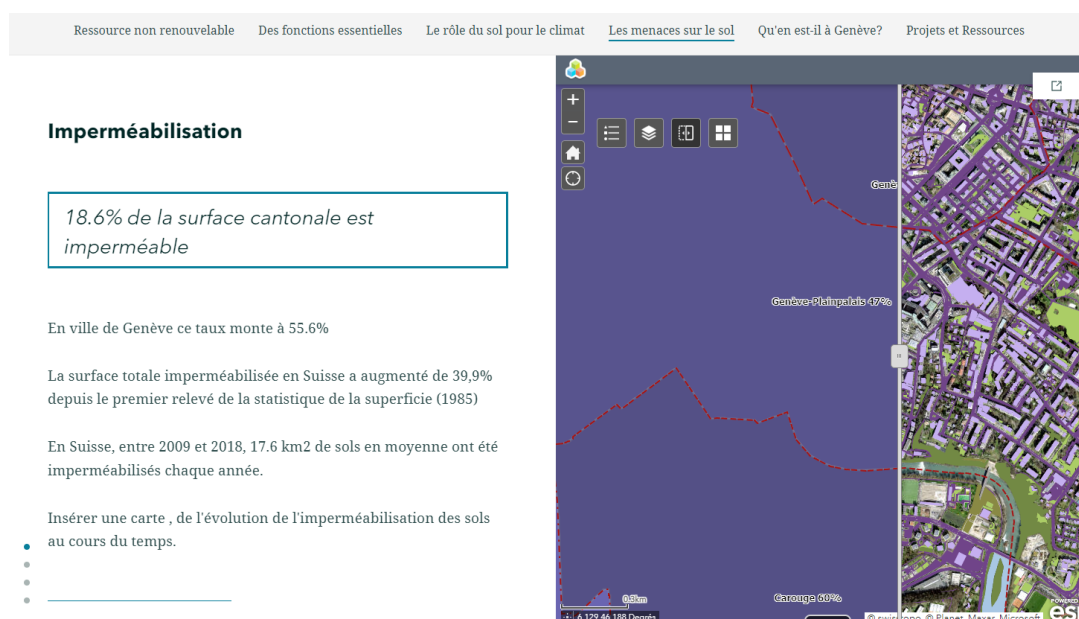


Figure 27 : Exemple d'illustration par la carte dans la storymap (capture d'écran)

Les webapps créées pour la storymap (IMPERMEABLE et EROSION) utilisent les couches de données du portail SITG qui sont répliquées dans le portail GEODE et mises à jour automatiquement. La seule couche qui a été calculée est celle qui fait la synthèse du taux d'imperméabilisation par commune. Elle est dérivée de la couche *Couverture du sol selon classification otemo* (CAD\_CARTE\_OTEMO), dont des résumés statistiques d'aire ont été calculés en fonction du code OTEMO et de la commune. Ces aires totales par commune ont ensuite été dérivées en taux par rapport à l'aire totale de la commune. Cette couche du taux d'imperméabilisation par commune est la seule couche de données des webapps de la storymap qui n'est pas mise à jour automatiquement par le service de géomatique et qui doit être recalculée pour afficher les données les plus actuelles.

La dernière et sixième partie de la storymap est une exposition d'une sélection de projets de protection et de valorisation des sols en cours à Genève. Elle est accompagnée d'images explicatives et de boutons qui donnent accès aux pages internet des projets ou à des ressources supplémentaires. La fin de la page permet d'afficher les crédits, les sources et les auteurs de la storymap.

## PUBLICATION DES DONNÉES

Les données traitées et les outils réalisés ont ensuite dû être publiés. Une réflexion importante a dû être menée sur le niveau de partage des données. En effet, la majorité des sites de prélèvement sont sur le domaine privé et certaines données, en particulier les taux de pollution, peuvent être considérées comme sensibles. C'est pourquoi, actuellement, le GESDEC préfère restreindre l'accès aux données sur les polluants en les conservant sur le serveur métier mais en laissant l'accès seulement à un groupe d'utilisateurs restreints sur le portail du SITG. Le reste des données (MO, MO/Argile, pH et portrait) sont rendues disponibles en opendata sur le portail SITG.

Sur le portail SITG, une duplication de la couche GEOS\_ANALYSES ainsi qu'un filtrage des entités est nécessaire. Cette couche contient l'ensemble des données de suivi, or, les informations seront distinguées par polluant sur le portail. Il s'agira donc de dupliquer la couche puis de filtrer uniquement les entités qui correspondent à l'analyse symbolisée et éventuellement les champs à ne pas afficher. Par exemple WHERE ANALYSE = Cd pour obtenir une couche des résultats de suivi du cadmium. Un filtre sur la symbologie sera également appliqué pour afficher sur la carte les résultats de la dernière campagne terminée qui est actuellement la campagne 5 (2017-2022).

Afin d'élaborer les produits en ligne, les couches publiées sur le serveur métier (prdh) ont été partagées sur le portail GEODE par le service de géomatique. Sur GEODE, ces couches sont accessibles à un groupe d'utilisateurs restreints (le groupe RM-SOLS-GEOS regroupant les pédologues et la responsable géomatique du GESDEC, ainsi que le responsable des données à l'HEPIA) et sont mises à jour par le service de géomatique à la demande du GESDEC. Les deux tableaux de bord et l'application graphique des polluants de la storymap ont été créés grâce à ces couches.

Le tableau de bord métier, le tableau de bord public et la storymap sont publiées sur le portail GEODE. Le tableau de bord métier est accessible aux membres du groupe RM-SOLS-GEOS, les deux autres outils sont partagés au public. L'actuelle propriétaire de l'ensemble des outils en ligne est Ella Faist (FAISTE), mais la propriété peut être attribuée, à la demande, à un autre utilisateur GEODE par le service de géomatique. Seul le propriétaire des tableaux de bord et de la storymap peut les modifier.

## PÉRENNISATION DU TRAITEMENT ET DE LA PUBLICATION DES DONNÉES

Le travail réalisé lors de ce stage n'est pas figé, les données vont continuer à être produites et fournies par l'HEPIA. Il a donc été nécessaire de réfléchir au moyen de pérenniser le traitement et la publication des données. Comme mentionné précédemment, la structure adoptée pour les données tente de prévenir des changements dans les analyses réalisées dans le cadre du monitoring. Par exemple, le type d'analyse réalisée ou le numéro de campagne sont répertoriés dans des champs uniques ce qui restreint la quantité de champs à ajouter en cas de changement dans la procédure.

D'autre part, afin de faciliter le processus pour les utilisateurs avec des connaissances restreintes en géomatique qui pourraient avoir à se charger de la mise à jour des données, plusieurs principes ont été mis en place. Tout d'abord, une table excel et un shapefile vides mais contenant la structure à adopter ont été réalisés et mis à disposition des responsables des analyses. Cela facilite le passage de la saisie des données dans le laboratoire vers la publication des données puisque les tables mises à disposition ont la même structure que la couche publiée sur le serveur métier.

Ensuite l'ensemble des procédures pour la mise à jour de la couche GEOS\_ANALYSE, pour la publication de la couche sur le serveur métier, pour la mise à jour des webmaps et pour la mise à jour des dashboards ont été rassemblées dans des documents de marche à suivre disponibles en annexe. Ces marches à suivre résumant pas à pas et de manière illustrée les différentes étapes nécessaires à la mise à jour des données. Par ailleurs, les métadonnées qui seront publiées sur le SITG et ce rapport, contenant une description détaillée des principes généraux, représentent une source d'information utile pour la mise à jour des données.

Le passage de la couche sur ArcGIS vers le portail SITG et le portail GEODE n'est actuellement pas automatisé. Lors de l'ajout de nouvelles données, il sera nécessaire de mettre à jour la couche sur le serveur métier (prdh), puis d'informer le service de géomatique de la modification des données pour qu'il mette à jour les couches du portail SITG et les feature layer disponibles sur GEODE (possédées par geode et visibles pour le groupe RM-SOLS-GEOS).

Les tableaux de bord sont liés aux couches publiées sur GEODE, leur mise à jour se fait donc automatiquement. Il sera toutefois nécessaire de les modifier à chaque début de campagne pour ajouter un élément dans le sélecteur de campagne et si une nouvelle utilisation du sol ou un nouveau polluant sont ajoutés aux données.

La storymap pourra être modifiée par son propriétaire lorsque cela est jugé nécessaire. Hormis la carte du taux d'imperméabilisation par commune, les cartes sont mises à jour automatiquement selon le contenu disponible sur le SITG.

## DISCUSSION

Les résultats obtenus sont multiples. L'objectif initial du stage était de mettre à jour les données relatives aux campagnes GEOS disponibles sur le SITG. Pour cela, deux couches de données (GEOS\_ANALYSE et GEOS\_PORTRAIT) contenant les résultats d'analyse de l'ensemble des sites actifs ont été créées et mises à disposition sur le serveur métier du SITG. Ces couches pourront être mises en ligne sur le portail SITG une fois que la demande sera effectuée auprès du service de la géomatique et qu'une annonce de suppression de couche pour la couche existante sera effectuée. La publication des couches sur le SITG sera aussi l'occasion de remplir des fiches de métadonnées décrivant les données disponibles dans un document plus succinct que ce rapport. Les documents \*.mxd contenant les légendes et symbologies de ces couches ont également été réalisés et pourront être transmis au service de géomatique pour la publication.

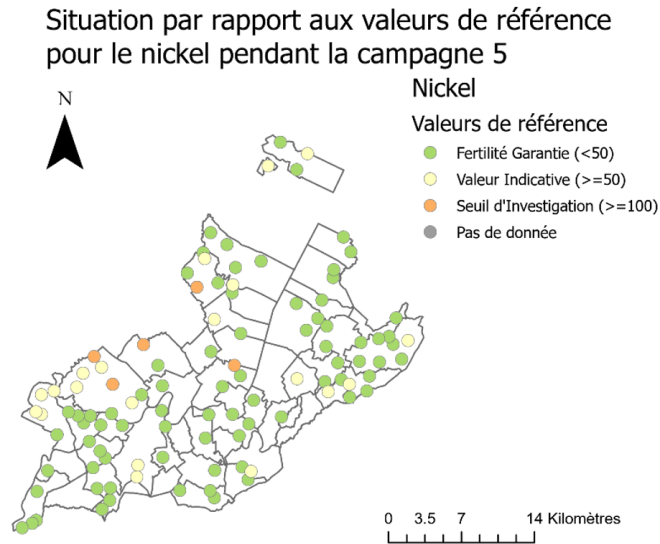


Figure 28 : Exemple de résultat d'une des carte d'analyse

Plusieurs autres produits cartographiques ont été réalisés en complément à la demande initiale. Tout d'abord, une troisième couche (GEOS\_SYNTHESE) contenant une synthèse des résultats de chaque campagne a été créée (figure 29). Sans connaître le ou les polluants problématiques, elle permet de représenter si un ou plusieurs des résultats obtenus dépassent les valeurs de référence établies par l'OCEV et d'avoir ainsi une vision globale pour chaque site (cf. figure 29). Cette couche est également disponible sur le serveur métier et prête à être publiée sur le portail SITG avec la symbologie et la légende correspondante.

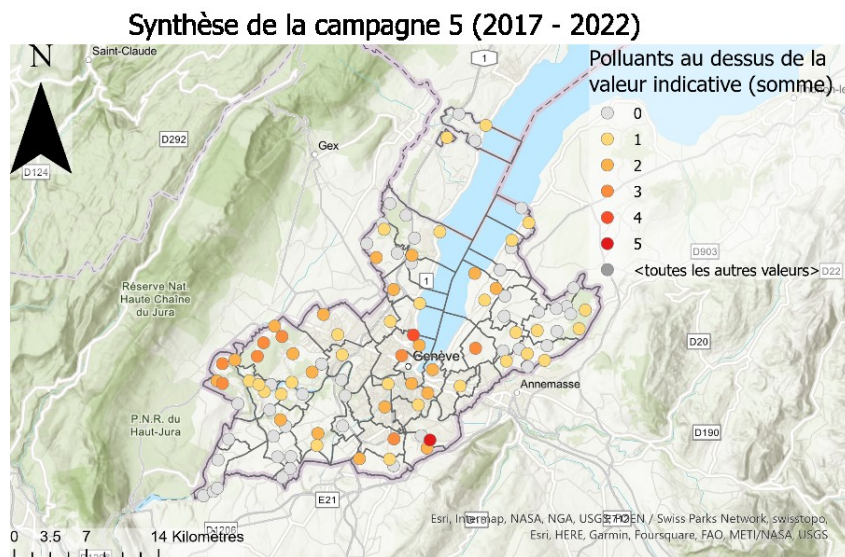


Figure 29 : Carte de synthèse pour la campagne 5

Ensuite, deux tableaux de bord ont été réalisés pour valoriser les données. Inspiré des figures proposées dans les rapports de l'HEPIA, ces tableaux de bord permettent de voir les résultats d'ensemble pour un polluant ou les résultats d'un site ou d'une zone spécifique. Le tableau métier vise à faciliter la consultation et le partage des données GEOS pour les pédologues du GESDEC et à apporter un nouvel outil d'interprétation des résultats à la personne en charge du suivi à l'HEPIA. Le tableau public, dérivé du premier, vise quant à lui à partager les résultats de façon dynamique et à un public plus large. Il est accompagné de courts textes pour guider l'utilisateur dans sa compréhension des résultats.

Finalement, une storymap a été réalisée dans le souci de valoriser d'autant plus les données GEOS et les autres données produites ou détenues par le GESDEC et de sensibiliser un plus large public aux problématiques abordées dans ce travail. Les trois produits de visualisation SIG réalisés dans le cadre de ce travail sont prêts à l'emploi et pourraient rapidement être mis à disposition des publics cibles. A ces produits cartographiques s'ajoutent tous les



documents permettant de mettre à jour ou comprendre les données, notamment les fiches de correspondances, les fiches de métadonnée ou encore les marches à suivre.

Concernant les résultats concrets du monitoring GEOS, on remarque que de nombreux sols sont pollués et ce peu importe l'occupation du sol. Cette dernière est toutefois un facteur explicatif pour la présence de plusieurs polluants, par exemple le cuivre dans les vignes, le zinc et le plomb à proximité de grands axes routiers ou les polluants organiques liés aux combustions (16-HAP et PCDD et PCDF) dans les zones urbaines. On n'observe pas de tendance nette pour l'évolution de la pollution des sols. Cela peut en partie être expliqué par la méthode de prélèvement précédemment utilisée (point unique) et par les périodes de prélèvement variables (Sauty & Boivin, 2015). Il sera intéressant de voir durant les prochaines campagnes si les modifications de méthodes d'échantillonnage permettent d'obtenir des résultats qui soient plus facilement interprétables (Sauty & Boivin, 2015). Par ailleurs, près de 60% des sites ont au moins un polluant dépassant la valeur indicative et ce nombre grandit au cours du temps (56 pour la campagne 4 et 58 pour la campagne 5), ce qui démontre l'intérêt d'un monitoring du taux de pollution des sols.

## LES TABLEAUX DE BORD

Le tableau de bord permet de visualiser de façon dynamique les résultats des campagnes tout en valorisant la composante géographique de la donnée. Il stimule l'exploration des données et permet, grâce aux différents éléments le composant, de facilement et rapidement trouver l'information recherchée. Cependant, les résultats des sites qui ont été abandonnés ne sont pas visualisables sur le tableau de bord et ne sont pas conservés sur le serveur métier. La sécurité des données pour ces données n'est donc pas garantie puisqu'elles sont conservées sous forme de tableau excel.

Une bonne maîtrise et compréhension des données à disposition a été nécessaire pour créer ces tableaux de bord, ce qui a été facilité par la réflexion préalable autour de la structuration des tables de données et d'une base de données GEOS. De plus, une réflexion importante a été menée pour la sélection des informations pertinentes et adaptées au format particulier du tableau de bord. La structuration et l'apparence de ce dernier ont par ailleurs été mûrement réfléchies pour garantir à l'utilisateur une utilisation facile et instinctive.

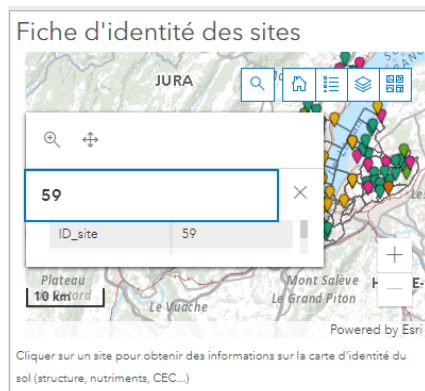


Figure 30 : Problème de fenêtre contextuelle

Le tableau de bord fait appel à des outils variés et exploite beaucoup du potentiel de ArcGIS Dashboard, compte tenu des données à disposition. Un widget qui n'a pas été exploré mais qui aurait éventuellement pu remplacer la carte des fiches d'identité est le widget *Détails*. En effet, dans la configuration actuelle il est difficile de rapidement examiner la fiche d'identité des sites puisque dans la vue générale la fenêtre contextuelle est très petite et ne peut afficher qu'une ligne de la table attributaire à la fois (figure 30). Une fenêtre détails enlèverait la composante géographique de cette donnée mais permettrait d'en saisir plus rapidement la teneur.

Le tableau de bord est adapté à un écran 22" et s'adapte mal aux changements de taille d'écrans. C'est un problème connu de l'application Dashboard qui avait été relevé par plusieurs autres utilisateurs (Boukrif, 2022 ; Guidini, 2020 ; Bissiau, 2019). Le choix de cet outil a tout de

même été préféré car c'est un outil déjà disponible aux utilisateurs de l'Etat sur la plateforme GEODE et pour sa facilité de prise en main. Par ailleurs, ce tableau de bord est destiné à une utilisation métier par le personnel de l'Etat et de l'HEPIA qui travaillent principalement sur des postes dont la taille d'écran est similaire.

Les légendes des outils ne s'affichent pas entièrement ni très proprement dans la vue générale du tableau de bord. Il est nécessaire d'agrandir le widget pour lire clairement la légende. Cependant, les codes visuels utilisés sont cohérents entre les différents éléments du Dashboard ce qui facilite la compréhension générale. Si une légende n'est pas visible sur un élément du tableau, elle l'est sûrement sur un autre élément et la couleur utilisée permet une première interprétation sommaire. Par exemple, la légende du diagramme à secteurs ci-dessous (figure 31) n'est pas entièrement lisible, mais, il est possible de se référer à la légende du diagramme de série à droite de l'image, ou, de passer la souris sur le diagramme à secteurs pour identifier quelles occupations du sol les différentes couleurs représentent.

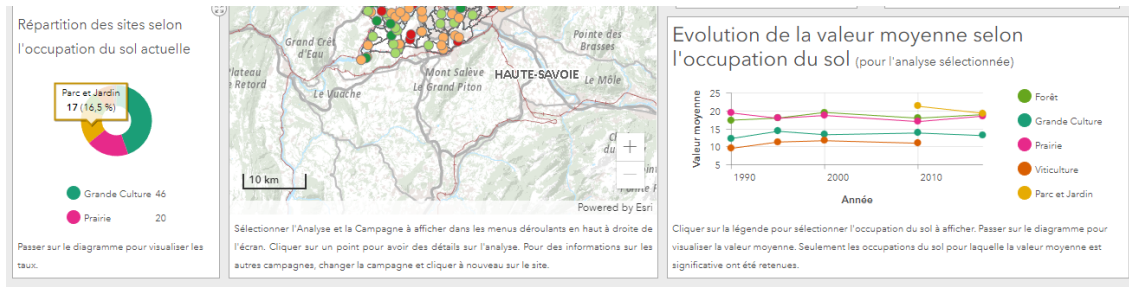


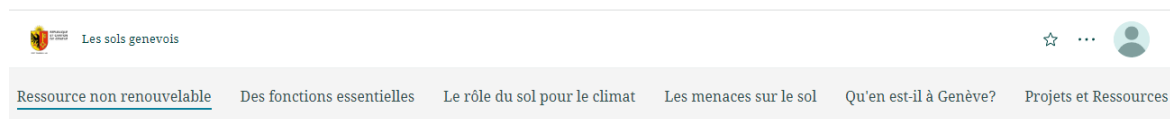
Figure 31 : Les légendes ne sont pas toujours lisibles sur le tableau de bord

Etant donné que chaque polluant a des valeurs de référence différentes, les jauges et les diagrammes à secteur des analyses ont dû être empilés. Par conséquent, lorsque l'utilisateur choisit un autre polluant à afficher dans le sélecteur, le changement n'est pas automatique pour les deux éléments précités ce qui peut mener à une mauvaise interprétation des résultats si l'utilisateur n'est pas attentif. Pour la même raison, il n'a pas été possible de mettre des valeurs de référence sur le diagramme à série ni de préciser dans le titre le nom du polluant représenté et l'unité utilisée. Il serait utile d'explorer si des possibilités d'amélioration sont offertes par la modification du code source de l'application dans ArcGIS Online Assistant.

## LA STORYMAP

L'aspect général de la storymap est aéré et léger, le menu situé en haut de la fenêtre permet de rapidement saisir le propos de la page et d'accéder aux informations d'intérêt en un clic sans avoir à faire défiler l'entièreté du contenu. Les images utilisées supportent et accompagnent le texte pour offrir une compréhension globale à l'utilisateur.

L'intérêt principal de la storymap pour le service est que c'est un outil de diffusion facile de prise en main et d'utilisation qui permet par exemple d'informer le public des projets liés aux sols sans passer par le canal du site internet de l'Etat qui requiert de trop nombreuses procédures pour être mis à jour. La storymap est ainsi un outil exploitable par les représentants du canton sur la plateforme GEODE officielle sans avoir à se soucier des droits de diffusion ni à s'encombrer de procédures trop lourdes avec d'autres services de l'Etat.



## Une ressource précieuse non renouvelable

La majorité des sols du canton se sont créés lors de la dernière glaciation, il y a environ 10'000 ans. Il faut 1 siècle pour que 1 centimètre de sol se forme. C'est une ressource non renouvelable.



Figure 32 : Vue générale de la storymap et des menus

Les possibilités de personnalisation de l'application storymap sont très utiles mais se sont rapidement avérées limitées. La mise en page a dû rester simple et peu imagée. Il est notamment difficile d'intégrer plusieurs images au texte sans créer de grandes coupures entre les textes. Il n'est pas possible de justifier le texte pour faciliter la lecture ou de boutons qui redirigent vers d'autres pages internet sur la même ligne. Pour ces raisons, le rendu final de la storymap pourrait encore être amélioré.

La matière de cette storymap pourrait être étoffée, en particulier pour la description des problématiques liées aux sols dans le canton. Les cartes d'illustration des menaces pourraient être étoffées en utilisant par exemple les résultats des analyses VESS pour suivre la compaction des sols ou avec une carte des pertes effectives de sol liées à l'érosion. Ces cartes demandent toutefois des traitements de données voire des analyses supplémentaires. Une autre carte possible concernant la compaction serait une carte qui estime la sensibilité des sols à la compaction pour les sols agricoles du canton. Une carte similaire avait été réalisée par le bureau d'étude Ecoscan lors de la campagne de géothermie profonde mais ne portait pas sur l'ensemble du canton (Ecoscan, 2022). D'ailleurs, une carte du potentiel de sensibilité des sols à la compaction est actuellement en train d'être réalisée par l'office fédérale de l'agriculture et pourrait également être exploitée dans la storymap une fois publiée. De même, des cartes sur l'érosion sont actuellement en train d'être travaillées au niveau de la confédération. Ces cartes pourraient être agrémentées de plus d'illustrations et de chiffres parlants pour le grand public.

Le défilement et l'affichage des cartes se fait avec un délai par rapport au texte. De plus, certaines données des cartes sont très lourdes, en particulier la carte de couverture du sol selon la classification OTEMO car elle est composée de plusieurs milliers de polygones. Pour cette raison, l'affichage de la couche se fait mal, surtout lorsque l'étendue est grande. L'affichage est amélioré lorsqu'on zoome sur une zone plus restreinte. Pour alléger cette couche, il pourrait être utile de la convertir au format raster par exemple, mais elle est gérée par le service de géomatique et une conversion empêcherait sa mise à jour.

## LES DONNÉES PÉDOLOGIQUES

De manière générale, le manque de données pédologiques précises et à jour est constaté dans l'ensemble de la Suisse dont le canton de Genève (OFEV, 2020). Un travail important est à réaliser de la part des différents offices compétents (OFEV et OCEV notamment) pour mettre à jour les données existantes et en acquérir de nouvelles afin d'avoir des informations pédologiques fiables et complètes. Le travail réalisé ici est un premier pas pour combler les lacunes identifiées mais devra être poursuivi à l'avenir afin de prendre les mesures nécessaires pour une gestion durable du sol de manière avisée.

L'acquisition de données pédologiques et d'autant plus nécessaire que la qualité et la structure des sols peut varier grandement sur une petite surface. La qualité d'un sol est en grande partie liée à son utilisation et celle-ci peut beaucoup changer en l'espace de quelques mètres. Par exemple, un sol agricole qui est travaillé de manière intensive peut être pollué ou compacté mais il suffit que les appareils agricoles empruntent toujours le même trajet pour que la qualité initiale des sols qui ne sont pas traversés soit préservée. Ainsi, le fait de mesurer la qualité des sols en un point précis est utile pour surveiller l'évolution, mais ces données ne permettent pas d'extrapoler sur l'ensemble des sols.

Les données traitées ici et qui seront publiées sur le portail SITG ont été structurées pour une utilisation au sein du service et de l'HEPIA. Elles sont organisées pour répondre aux différents besoins du GESDEC et des outils développés dans le cadre de ce travail. Cependant, cette structuration ne correspond pas à la structure proposée par NABODAT. Or, il est aussi important d'avoir des données harmonisées avec le reste du pays afin de mieux collaborer et échanger.

Durant le stage, beaucoup de discussions ont porté sur le partage des données. En effet, la tendance actuelle est à l'ouverture des données et ce principe est d'ailleurs inscrit dans la loi cantonale relative au SITG depuis 2014 (SITG, s.d.). Cependant, une partie des sites de prélèvement se situent en domaine privé et certaines des informations prélevées sont considérées comme sensible, en particulier les taux de pollution qui peuvent par exemple être utilisés comme argument lors de la revente d'un terrain. Plusieurs manières d'anonymiser la donnée ont été discutées, tout d'abord en supprimant les attributs de coordonnées géographiques et en restreignant l'échelle de visibilité de la couche pour ne plus voir le point lorsque l'échelle devient trop petite. Il a aussi été évoqué de rendre le symbole de représentation plus large pour élargir la zone et ne pas connaître le point précis, mais cela ne représenterait pas des données correctes. Une réflexion supplémentaire devra donc être menée pour établir dans quelle mesure ces données peuvent être partagées.

## RÉFLEXIONS SUR LE DÉROULEMENT DU STAGE

Le stage de géomatique effectué au GESDEC m'a permis d'appliquer et développer mes compétences dans un domaine concret. L'encadrement proposé m'a grandement aidé à réaliser ce projet, en particulier les points

hebdomadaires puis quotidiens qui ont aidé à resituer le travail effectué et restant. Mes responsables de stage se sont montrés disponibles pour répondre à mes interrogations et mes doutes et pour réaliser les démarches nécessaires à la publication de données dans un environnement étatique. La mise en lien avec différents interlocuteurs par mes responsables de stage a également facilité la réalisation de ce travail. J'ai apprécié découvrir différents aspects des métiers du GESDEC notamment en faisant des sorties sur le terrain ou en assistant à certaines réunions et j'aurais trouvé bénéfique d'approfondir cet aspect-là. J'ai trouvé positif la possibilité qui m'a été donnée de travailler en dehors du bureau et il me semblerait utile d'étendre cette possibilité à l'avenir car l'environnement de travail peut parfois être très froid et solitaire. En conclusion, ce stage au sein du GESDEC a été pour moi une expérience marquante et instructive pour ma transition du monde académique vers le monde professionnel.

## CONCLUSION

Ce travail a permis de mettre à jour les données GEOS jusqu'à présent conservées dans des tables excel et des rapports papier. Les données sont prêtes à être publiées sur le portail du SITG pour être facilement consultables par les utilisateurs métier. La symbologie utilisée pour les analyses de campagne permet de visuellement repérer les sites dont l'évolution de la teneur en polluant est flagrante ou qui ont des valeurs problématiques pour la santé des plantes, des animaux ou des humains. La symbologie de la carte de portrait des sites peut facilement être superposée à la première et permet d'identifier les sites en fonction de l'occupation du sol ce qui est un facteur souvent mobilisé pour expliquer la présence de polluants dans le sol.

La démarche méthodologique pour la préparation des couches est restée relativement simple et a peu été automatisée car il y avait relativement peu de données à traiter et que la mise à jour des données se fait peu fréquemment (une fois par an au maximum). L'automatisation du traitement n'était pas une attente du GESDEC car la moindre modification dans la source ou la structure des données peut entraver son bon déroulement. Toutefois, la marche à suivre détaillée mise à disposition en annexe permet de reproduire la démarche et ce même pour des utilisateurs dont le niveau de connaissance est basique, ce qui était demandé par le GESDEC.

Les données disponibles ont été valorisées d'une façon variée et dynamique en explorant les outils ARCGIS ENTERPRISE à disposition sur la plateforme GEODE. Les outils permettent de répondre aux attentes fixées par les utilisateurs du GESDEC au début du projet et prospectent d'autres pistes de valorisation des données GEOS et des données pédologiques en général. L'éventail de produits réalisés tente de répondre aux besoins d'utilisateurs variés. Plus généralement, ce travail a contribué à démontrer l'intérêt des outils de la géomatique pour le traitement, l'analyse et la diffusion des données pédologiques.

## BIBLIOGRAPHIE

- Bissiau, G. (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 de certificat, UNIGE]. GE-EN-VIE.ch. <https://projets.ge-en-vie.ch/projet/elaboration-dun-dashboard-sur-les-parametres-physico-chimiques-des-rivieres-du-bassin-versant-du-lac-leman-a-laide-du-logiciel-arcgis-operations-dashboard>
- Boukrif, L. (2022). *Développement de la géothermie à faible profondeur dans le canton de Genève via l'outil de visualisation* [Mémoire de certificat, UNIGE].
- Castaldi, F., Chabrilat, S., Don, A., & van Wesemael, B. (2019). Soil organic carbon mapping using LUCAS topsoil database and Sentinel-2 data: An approach to reduce soil moisture and crop residue effects. *Remote Sensing*, 11(18), 2121.
- Ecoscan SA (2022, 10 janvier). *Campagne sismique 3D, suivi pédologique post-passage* [Rapport de synthèse]
- Esri (s.d.a). *ArcGIS Dashboards*. Consulté le 13 janvier 2023, sur <https://www.esri.com/fr-fr/arcgis/products/arcgis-dashboards/resources>
- Esri (s.d.b). *ArcGIS Web AppBuilder*. Consulté le 13 janvier 2023, sur <https://www.esri.com/fr-fr/arcgis/products/arcgis-web-appbuilder/resources>
- Esri (s.d.c). *ArcGIS StoryMaps*. Consulté le 13 janvier 2023, sur <https://www.esri.com/fr-fr/arcgis/products/arcgis-storymaps/resources>
- Fabiatti, G., Biasioli, M., Barberis, R., & Ajmone-Marsan, F. (2010). Soil contamination by organic and inorganic pollutants at the regional scale: the case of Piedmont, Italy. *Journal of Soils and Sediments*, 10(2), 290-300.
- Farah, R. (2014). *Conception d'une géodatabase ArcGIS pour représenter et analyser les données pédologiques des sols urbains*. [Rapport de stage, UNIGE]. Researchgate.net. [https://www.researchgate.net/profile/Redha-Farah/publication/328020343\\_Conception\\_d'une\\_geodatabase\\_ArcGIS\\_pour\\_representer\\_et\\_analyser\\_les\\_donnees\\_pedologiques\\_des\\_sols\\_urbains/links/5bb33b4945851574f7f47398/Conception-dune-geodatabase-ArcGIS-pour-representer-et-analyser-les-donnees-pedologiques-des-sols-urbains.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Redha-Farah/publication/328020343_Conception_d'une_geodatabase_ArcGIS_pour_representer_et_analyser_les_donnees_pedologiques_des_sols_urbains/links/5bb33b4945851574f7f47398/Conception-dune-geodatabase-ArcGIS-pour-representer-et-analyser-les-donnees-pedologiques-des-sols-urbains.pdf)
- Guidini, M. (2020). *Traitement et visualisation de la qualité des cours d'eau à l'échelle des bassins versants genevois : nutriments et métaux* [Mémoire de certificat, UNIGE]. GE-EN-VIE.ch. [https://projets.ge-en-vie.ch/uploads/1601466467rapport\\_Stage\\_Guidini.pdf](https://projets.ge-en-vie.ch/uploads/1601466467rapport_Stage_Guidini.pdf)
- Gong, M., Wu, L., Bi, X. Y., Ren, L. M., Wang, L., Ma, Z. D., ... & Li, Z. G. (2010). Assessing heavy-metal contamination and sources by GIS-based approach and multivariate analysis of urban-rural topsoils in Wuhan, central China. *Environmental geochemistry and health*, 32(1), 59-72.
- Groupement d'intérêt scientifique Sol (Gis Sol) (s.d.a). *Programmes*. Consulté le 13 janvier 2023, sur <https://www.gissol.fr/le-gis>
- Groupement d'intérêt scientifique Sol (Gis Sol) (s.d.b). *Les outils du Gis Sol*. Gis Sol. Consulté le 13 janvier 2023, sur <https://www.gissol.fr/outils>
- Institut agricole de l'Etat de Fribourg (IAG). (2012). *FRIBO, Réseau fribourgeois d'observation des sols 1987-2016*.
- Institut agricole de l'Etat de Fribourg (IAG). (2019). *FRIBO, Réseau fribourgeois d'observation des sols 1987-2011*. [https://www.fr.ch/sites/default/files/2019-05/fr\\_RAP\\_fribo\\_2019.pdf](https://www.fr.ch/sites/default/files/2019-05/fr_RAP_fribo_2019.pdf)
- Lamy, F. & Boivin, P. (2010). *Observation cantonale des sols genevois, Fertilité et éléments-traces métalliques des sols, Résultats et évolution de 1990 à 2000*.

Lemercier, B., Laroche, R. Armand, R., Chafchafi, A., Détriché, S., Ducommun, C., Jalabert, S. & Lehmann, S. (2017). *Guide d'utilisation des bases de données sol pour la production de cartes thématiques*. [https://www.researchgate.net/profile/Blandine-Lemercier/publication/320075749\\_Guide\\_d'utilisation\\_des\\_bases\\_de\\_donnees\\_sol\\_pour\\_la\\_production\\_de\\_cartes\\_thematiques/links/59f75fa0a6fdcc075ec7b4b7/Guide-d'utilisation-des-bases-de-donnees-sol-pour-la-production-de-cartes-thematiques.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Blandine-Lemercier/publication/320075749_Guide_d'utilisation_des_bases_de_donnees_sol_pour_la_production_de_cartes_thematiques/links/59f75fa0a6fdcc075ec7b4b7/Guide-d'utilisation-des-bases-de-donnees-sol-pour-la-production-de-cartes-thematiques.pdf)

Office fédérale de l'Environnement (OFEV). (2015). *Observatoire national des sols (NABO) 1985 à 2009, Etat et évolution des polluants inorganiques et des paramètres associés aux sols*. [https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/boden/uz-umwelt-zustand/ergebnisse\\_der\\_nationalenbodenbeobachtungnabo1985-2009.pdf.download.pdf/observatoire\\_nationaldessolsnabo1985a2009.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/boden/uz-umwelt-zustand/ergebnisse_der_nationalenbodenbeobachtungnabo1985-2009.pdf.download.pdf/observatoire_nationaldessolsnabo1985a2009.pdf)

Office fédérale de l'Environnement (OFEV). (2017). *Sols suisses, État et évolution*. [https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/boden/uz-umwelt-zustand/boden-schweiz.pdf.download.pdf/UZ-1721-F\\_Boden2017.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/boden/uz-umwelt-zustand/boden-schweiz.pdf.download.pdf/UZ-1721-F_Boden2017.pdf)

Office fédérale de l'Environnement (OFEV). (2019). *Etat et évolution des eaux souterraines en Suisse*. [https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/wasser/uz-umwelt-zustand/zustandentwicklunggrundwasserschweiz.pdf.download.pdf/UZ-1901-F\\_NAQUA.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/wasser/uz-umwelt-zustand/zustandentwicklunggrundwasserschweiz.pdf.download.pdf/UZ-1901-F_NAQUA.pdf)

Office fédérale de l'Environnement (OFEV). (2020). *Stratégie Sol Suisse, pour une gestion durable des sols*. [https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/boden/ud-umwelt-diverses/bodenstrategie-schweiz.pdf.download.pdf/Strategie\\_Sol-2020-05-01.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/boden/ud-umwelt-diverses/bodenstrategie-schweiz.pdf.download.pdf/Strategie_Sol-2020-05-01.pdf)

Office fédérale de l'Environnement (OFEV). (2021). *Evaluation des sols en vue de leur valorisation*. [https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/boden/uv-umwelt-vollzug/verwertungseignung-von-boden.pdf.download.pdf/fr\\_OFEV\\_UV-2112\\_Aptitude\\_des\\_sols\\_%C3%A0\\_leur\\_valorisation.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/boden/uv-umwelt-vollzug/verwertungseignung-von-boden.pdf.download.pdf/fr_OFEV_UV-2112_Aptitude_des_sols_%C3%A0_leur_valorisation.pdf)

Office fédérale de l'Environnement (OFEV). (2021, 25 août). *Visualisation de la pollution des sols par les métaux lourds*. Office fédéral de l'environnement OFEV. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/sol/etat/visualisation-de-la-pollution-des-sols-par-les-metaux-lourds.html>

Requasol (s.d.). *L'état de fertilité des terres de wallonie*. Requasol. Consulté le 13 janvier 2023, sur <https://requasol.requasud.be/requasol>

Saby, N. P. A., Thioulouse, J., Jolivet, C. C., Ratié, C., Boulonne, L., Bispo, A., & Arrouays, D. (2009). Multivariate analysis of the spatial patterns of 8 trace elements using the French soil monitoring network data. *Science of the Total Environment*, 407(21), 5644-5652.

Sauty, A. & Boivin, P. (2015). *Réseau cantonal d'observation des sols genevois, Fertilité, éléments-traces métalliques et polluants organiques des sols, Résultats de la campagne 2010-2015*.

Système d'information du territoire genevois (SITG). (s.d.). *Démarche open data*. SITG. Consulté le 8 janvier 2023, sur <https://ge.ch/sitg/donnees/demarche-open-data>

Système national d'information pédologique (NABODAT). (s.d.). *NABODAT: le système national d'information pédologique*. NABODAT. Consulté le 9 janvier 2023, sur <https://www.nabodat.ch/index.php/fr/nabodat-fr/nabodat-untermenuf>

Système national d'information pédologique (NABODAT). (2022, avril). *Fichier de données pédologiques de Suisse*. [Documentation]. [https://www.nabodat.ch/images/dokumente/Bodendatensatz/DOCUMENTATION\\_V6\\_2022\\_FR.pdf](https://www.nabodat.ch/images/dokumente/Bodendatensatz/DOCUMENTATION_V6_2022_FR.pdf)

Tóth, G., Hermann, T., Szatmári, G., & Pásztor, L. (2016). Maps of heavy metals in the soils of the European Union and proposed priority areas for detailed assessment. *Science of the total environment*, 565, 1054-1062.

## ANNEXES

## ANNEXES

## ANNEXE 1 : CATALOGUE DE DONNÉES

# Catalogue

## Administration

### Réseau :

- Numéro du site
- Couverture du sol
- Actif ou pas
- Année d'entrée dans le réseau
- Année de sortie du réseau
- Site de remplacement

### Localisation

- Nom de la commune
- Numéro de la commune
- Numéro cadastral
- Coordonnée x
- Coordonnée y
- Orientation carré
- Sens déploiement carré
- Remarques pour localiser le site ou pour le prélèvement
- Pente
- Orientation pente

### Contacts :

- Nom du propriétaire
- Prénom propriétaire
- Téléphone fixe
- Téléphone portable
- E mail
- 
- Nom de l'exploitant
- Prénom de l'exploitant
- Téléphone fixe
- Téléphone portable
- E mail

## Identité

### Administration

- Numéro du site
- Année de l'analyse
- Date prélèvement CEC eff.
- **Remarques**

### Physique

- Argiles
- Silts
- Sables fins
- Sables grossiers
- Carbonates

### CEC potentielle

- CEC potentielle
- Pourcentage Ca CEC pot
- Pourcentage Mg CEC pot
- Pourcentage K CEC pot
- Pourcentage Na CEC pot
- Taux sat CEC pot

### CEC effective

- CEC effective
- Ca CEC effective
- Pourcentage Ca CEC eff
- Mg CEC eff
- Pourcentage Mg CEC eff
- K CEC eff
- Pourcentage K CEC eff
- Taux Sat CEC eff

### Chimique

- P H<sub>2</sub>O
- K H<sub>2</sub>O
- Mg H<sub>2</sub>O
- Ca H<sub>2</sub>O
- P AAEDTA
- K AAEDTA
- Mg AAEDTA
- Ca AAEDTA



**Monitoring****Administration**

- Numéro du site
- Campagne
- Année de l'analyse
- Date prélèvement CEC
- **Remarques**

**Occupation sol**

- Utilisation / occupation du sol
- C5 Changements d'occupation du sol au cours du temps
- C5 Spécificités relatives à l'occupation normale du sol
- C5 Occupation du sol prédominante
- R17 : Occupation sol dans DB C1C4
- R17 : Opérateur

**Qualité**

- pH
- MO
- R19 : argile
- R19 : rapport MO/argile

**Polluants inorganiques**

- Cd
- Cr
- Cu
- Ni
- Pb
- Zn

**Polluants organiques**

- PCDD PCDF
- PCB
- HAP
- Benzo a pyrene
- Somme des 7 PCB avec=LQ pour moyenne
- Somme des 16 HAP avec =LQ pour moyenne
- Benzo avec=LQ pour moyenne

**Synthèse****Valeur mesurées dernière C****Evolution temporelle**

- Nombre d'années entre les campagnes
- Evolution Absolue
- Evolution Relative
- Tendance

**Synthèse**

- Moyenne
- Médiane
- ETS
- N

**Comparaison sites même occup.**

- Différence absolue
- Différence relative
- Tendance
- (R17 et 18 mais pas 19)

## Conservation

### Administration

- Numéro site
- Campagne

### 20-40

- Argiles 20 – 40
- Silts 20 - 40
- Sables fins 20 – 40
- Sables grossiers 20 – 40
- MO 20 – 40
- pH 20 - 40
- Carbonates 20 - 40
- CEC potentielle 20 – 40
- Pourcentage Ca CEC 20 - 40
- Pourcentage Mg CEC 20 – 40
- Pourcentage K CEC 20 – 40
- Pourcentage Na CEC 20 – 40
- Taux sat CEC pot 20 40
- P H<sub>2</sub>O 20 - 40
- K H<sub>2</sub>O 20 – 40
- Mg H<sub>2</sub>O 20 – 40
- Ca H<sub>2</sub>O 20 – 40
- P AAEDTA 20 - 40
- K AAEDTA 20 – 40
- Mg AAEDTA 20 – 40
- Ca AAEDTA 20 – 40
- Cd 20 – 40
- Cr 20 – 40
- Cu 20 – 40
- Ni 20 – 40
- Pb 20 – 40
- Zn 20 – 40

### 40 – 60

- Même que pour 20-40

### 60 – 80

- Même que pour 20-40

### Autres analyses

- AR J4
- AR J9
- AR J15
- ATP molaire
- ATP massique
- AP
- Ratio CO<sub>2</sub> ATP
- N lombrics
- Biomasse lombrics
- N sp lombrics



## ANNEXE 3 : MARCHE À SUIVRE POUR LA CRÉATION DES COUCHES SUR ARCGIS PRO

## ETAPES DE CARTOGRAPHIE

Ce document décrit de manière détaillée toutes les manipulations qui permettent de créer une cartographie à partir des données GEOS sur ArcGIS Pro.

## TABLE DES MATIERES

|  |    |
|--|----|
| Etapes préparatoires .....   | 53 |
| Entrer des nouvelles données de Campagne .....                     | 53 |
| Créer une couche depuis un tableau contenant des coordonnées ..... | 53 |
| Ajouter la table excel à la carte : .....                          | 53 |
| Transposer des données excel en couche géographique.....           | 54 |
| Ajouter des données à la couche.....                               | 54 |
| Corriger le type de donnée dans les champs .....                   | 56 |
| Renommer les champs d'origine.....                                 | 56 |
| Créer une nouvelle carte à partir des données de campagne.....     | 61 |
| Dupliquer la couche dans le projet.....                            | 61 |
| <b>Appliquer la symbologie</b> .....                               | 61 |
| Calculer des seuils .....  | 61 |
| Créer un nouveau champ pour le seuil : .....                       | 61 |
| Calculer les seuils: .....   | 62 |
| Exemple de code SQL : .....  | 64 |
| Ajouter une symbologie : .....                                     | 65 |
| Pour appliquer la symbologie d'une couche existante : .....        | 65 |
| Ajouter une date à la couche .....                                 | 67 |

## Etapes préparatoires

Ouvrir le projet ArcGIS Pro

Dans la fenêtre Catalogue, à droite de l'écran, S'assurer que les connexions soient faites :

- Avec la base de donnée GEOS, si ce n'est pas le cas : Cliquez droit sur Bases de données → Ajouter une base de donnée
- Avec la Boîte à outils GEOS
- Avec les dossiers contenant les données au format excel ou csv

## Entrer des nouvelles données de Campagne

### Créer une couche depuis un tableau contenant des coordonnées

Un tableau excel vierge contenant la structure à utiliser pour remplir la table avec les nouvelles données est disponible sur le serveur métier.

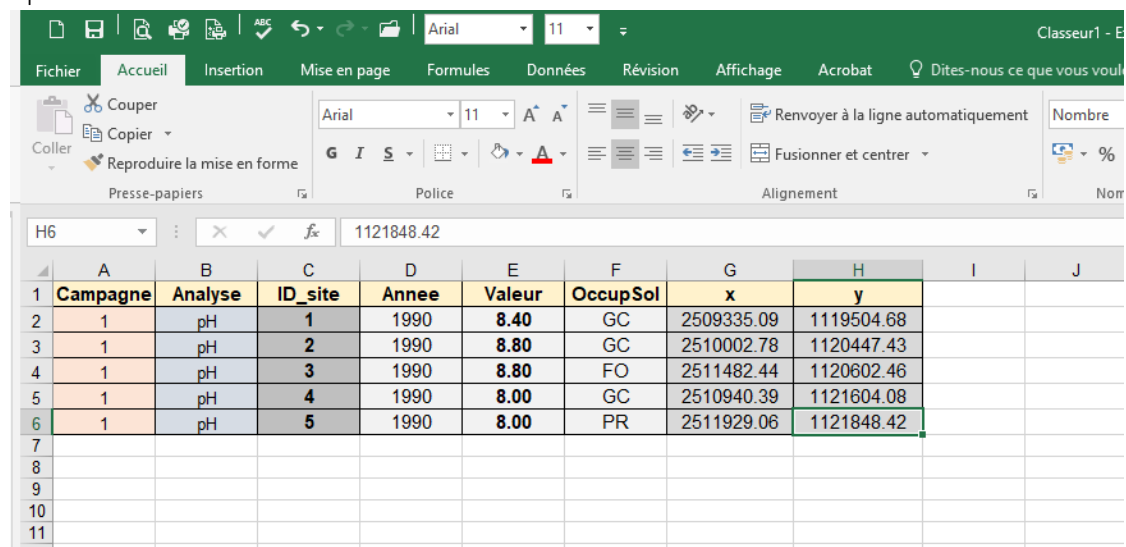
Le tableau excel de l'ensemble des données contient des coordonnées géométriques. On souhaite intégrer ce tableau à ArcGIS sous forme de couche contenant des points placés au bon endroit.

### Ajouter la table excel à la carte :

Il faut s'assurer avant cela dans le tableau excel :

- qu'il n'y ait qu'une seule ligne qui décrit les champs,
- qu'il n'y ait pas de caractères spéciaux ni d'espaces
- que les colonnes de nombres soient composées uniquement de nombres
- qu'il n'y ait que des lignes de valeur pour les sites, pas de cases annexes ou de ligne de synthèse

Exemple :



|    | A               | B              | C              | D            | E             | F               | G          | H          | I | J |
|----|-----------------|----------------|----------------|--------------|---------------|-----------------|------------|------------|---|---|
| 1  | <b>Campagne</b> | <b>Analyse</b> | <b>ID_site</b> | <b>Annee</b> | <b>Valeur</b> | <b>OccupSol</b> | <b>x</b>   | <b>y</b>   |   |   |
| 2  | 1               | pH             | 1              | 1990         | 8.40          | GC              | 2509335.09 | 1119504.68 |   |   |
| 3  | 1               | pH             | 2              | 1990         | 8.80          | GC              | 2510002.78 | 1120447.43 |   |   |
| 4  | 1               | pH             | 3              | 1990         | 8.80          | FO              | 2511482.44 | 1120602.46 |   |   |
| 5  | 1               | pH             | 4              | 1990         | 8.00          | GC              | 2510940.39 | 1121604.08 |   |   |
| 6  | 1               | pH             | 5              | 1990         | 8.00          | PR              | 2511929.06 | 1121848.42 |   |   |
| 7  |                 |                |                |              |               |                 |            |            |   |   |
| 8  |                 |                |                |              |               |                 |            |            |   |   |
| 9  |                 |                |                |              |               |                 |            |            |   |   |
| 10 |                 |                |                |              |               |                 |            |            |   |   |
| 11 |                 |                |                |              |               |                 |            |            |   |   |

Puis sur le projet ArcGIS Pro :

*Catalogue → Dossiers → Clic droit sur dossier → Ajouter la connexion au dossier → Choisir le dossier contenant le tableau excel*

*Catalogue → Dossiers → Clic droit sur dossier → Actualiser*

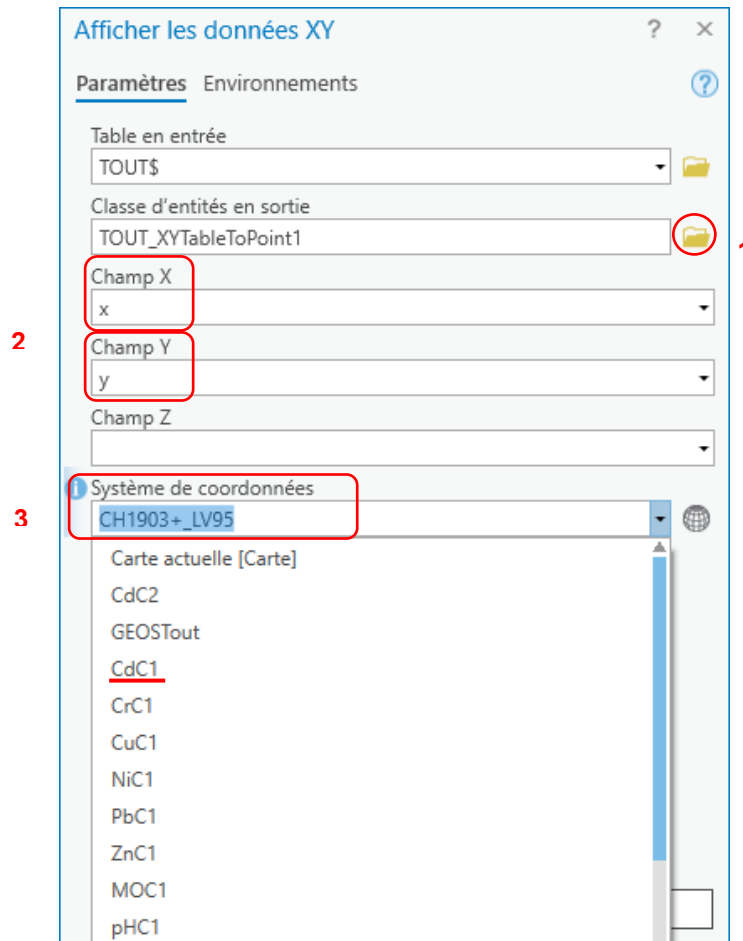
*Catalogue → Dossiers → Dossier Excel → Table Excel → Feuille de donnée → Cliquez droit sur la feuille → Ajouter à la carte actuelle*

La feuille excel contenant l'ensemble des données se trouve dans la fenêtre **Contenu** (à gauche), dans la rubrique **Tables autonomes**

## Transposer des données excel en couche géographique

Dans *Contenu* : *Tables autonomes*

Clique droit sur la table → Afficher des données XY



- (1) : Choisir le nom et la GDB de sortie
- (2) : S'assurer que les champs X et Y sont appariés aux bons champs dans la table excel
- (3) : S'assurer que le système de coordonnée est CH1903+\_LV95. On peut cliquer sur une des couches de la carte pour le sélectionner rapidement (! Ne pas cliquer sur Carte actuelle car le système de projection est WGS et les points seront décalés).

Cliquer sur OK

## Ajouter des données à la couche

Lorsque des campagnes sont terminées, on souhaite ajouter des données à une couche déjà existante pour compléter la couche des données de l'ensemble des campagnes et avoir la plus récente.

Créer une couche géographique à partir de la table de données excel (cf. Transposer des données excel en couche géographique)

Catalogue → Clique droit sur la feuille de données → Ajouter à la carte actuelle

Dans *Contenu* : *Tables autonomes* → *Clique droit sur la table à convertir* → *Afficher des données XY*

Une fois la couche géographique créée :

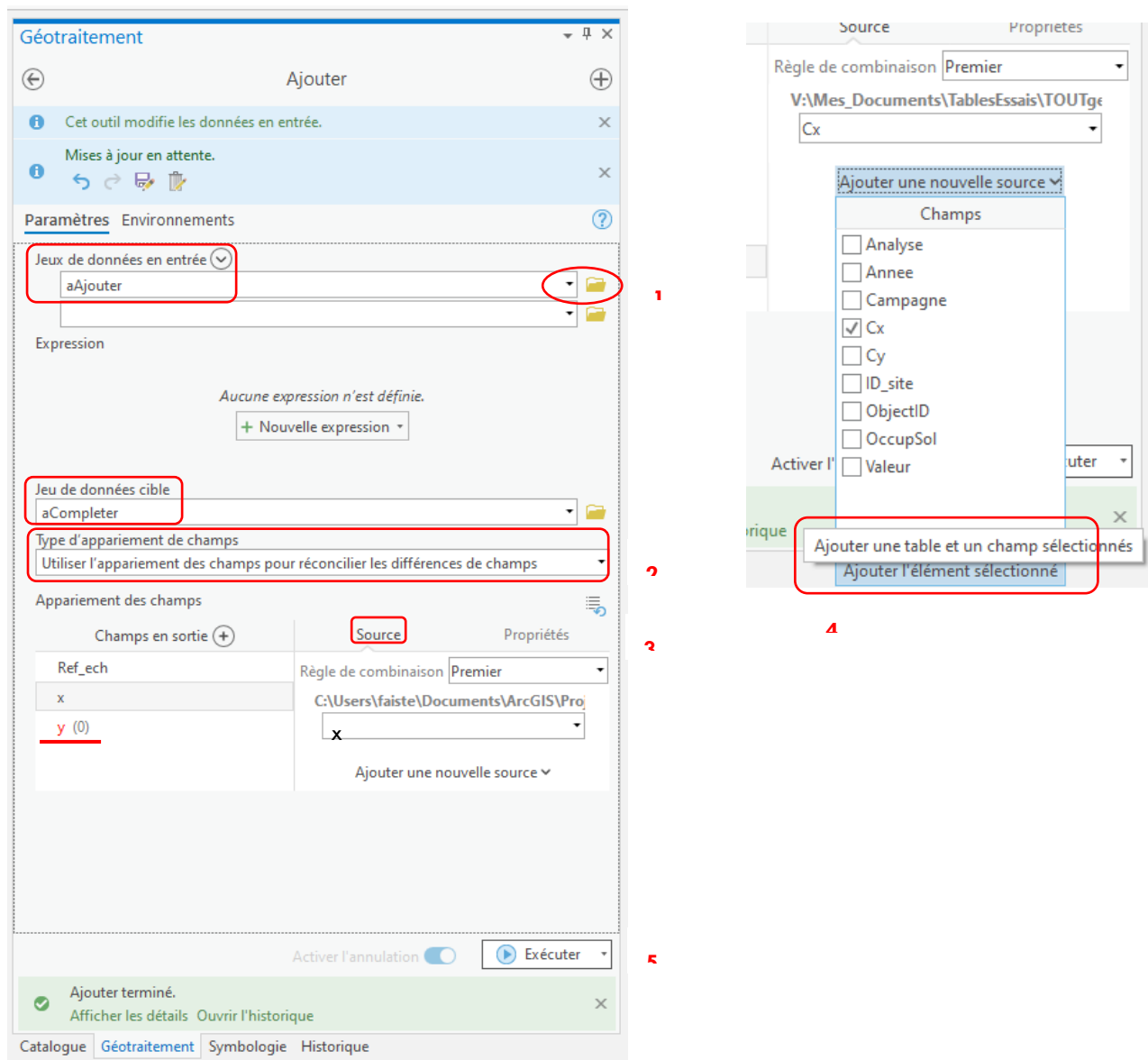
*Analyse* → *Géotraitement* → *Outils* → *Ajouter (Outils de gestion des données)*

Ou alors :

*Catalogue* → *Base de données* → *Clique droit sur la couche à laquelle il faut ajouter des données* → *Charger les données*

**(!)** Le jeux de données en entrée doit être la couche géographique et pas le tableau excel sinon les nouvelles données ne seront pas répertoriées sous forme de points dans la couche géographique bien qu'elles apparaissent dans la table attributaire.

- (1)** : Sélectionner la couche géographique contenant les données à ajouter (Il est possible d'ajouter plusieurs feuilles)
- (2)** : S'assurer de sélectionner Type d'appariement des champs → Utiliser l'appariement des champs pour réconcilier les différences de champs
- (3)** : Vérifier la source pour tous les champs de la table. Les champs qui n'ont pas de source appariée s'affichent dans la colonne Champs en sortie en rouge avec un (0) à droite du nom du champ
- (4)** : Pour les champs sans source :  
*Ajouter une nouvelle source* → *Sélectionner le champ correspondant dans le tableau excel* → *Ne pas oublier de cliquer sur Ajouter l'élément sélectionné*
- (5)** : Quand tous les champs ont été appariés, cliquer sur Exécuter



## Corriger le type de donnée dans les champs

Lorsque la table est transformée en couche géographique, l'ensemble des champs numériques sont considérés de type Double. Or certains champs sont des entiers court, en particulier l'année, le numéro de site et le numéro de campagne. Pour l'affichage ultérieur dans ArcGIS Online et pour alléger les données il est important de corriger le type de donnée de ces champs.

La méthode utilisée est de créer de nouveaux champs avec un type de donnée correcte puis d'appliquer les valeurs du champ d'origine au nouveau champ grâce à l'outil Calculer un champ.

(Cette méthode permet de corriger les types en restant sur ArcGIS, mais il est aussi possible d'utiliser FME pour le faire)

## Renommer les champs d'origine

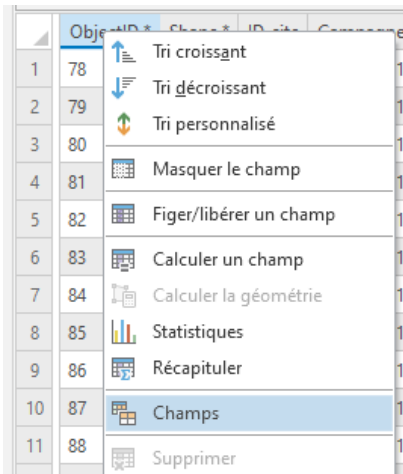
On souhaite renommer les champs d'origine afin de pouvoir réappliquer le nom d'origine au nouveau champ.

*Contenu → Cliquez droit sur la couche d'intérêt → Table attributaire*

Dans la table :



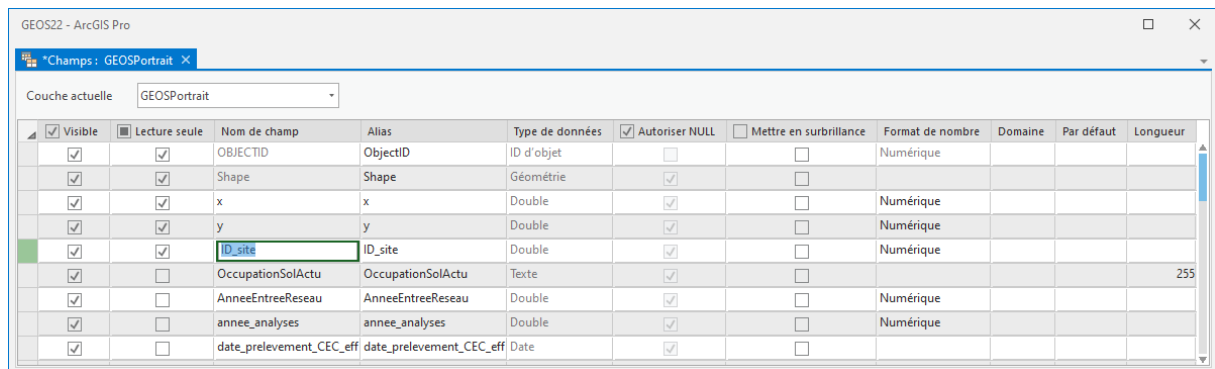
Clique droit sur le nom d'un champ → Champs



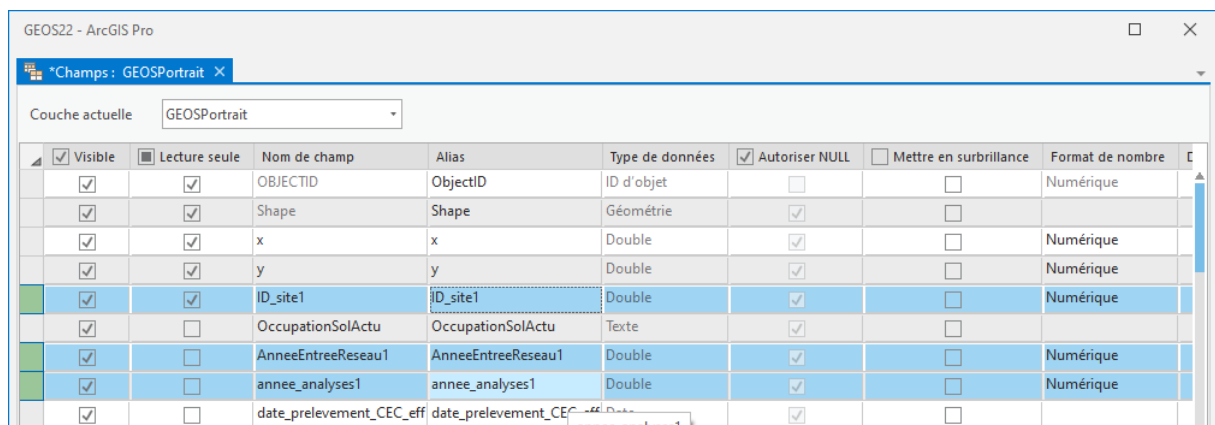
Un nouvel onglet *Champs* : nom de la couche s'ouvre.

Dans la Colonne Nom de Champ :

Double clique sur le champ à renommer pour pouvoir changer le nom



Renommer les champs des nombres entiers, ici ID\_site, AnneeEntreeReseau, annee\_analyses. Et faire la même chose avec la colonne Alias. Les champs modifiés ont une marque verte à gauche du tableau.



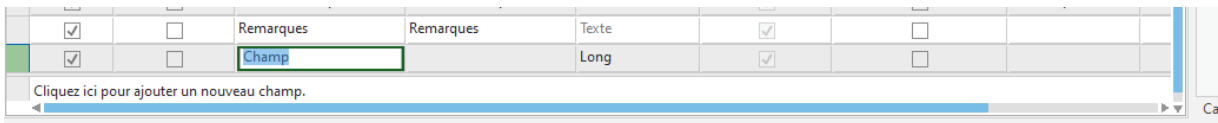
Enregistrer les modifications en haut à droite de l'écran :

Champs → Modifications → Enregistrer

Dans le même onglet Champs :

Champs → Modifications → Nouveau champ

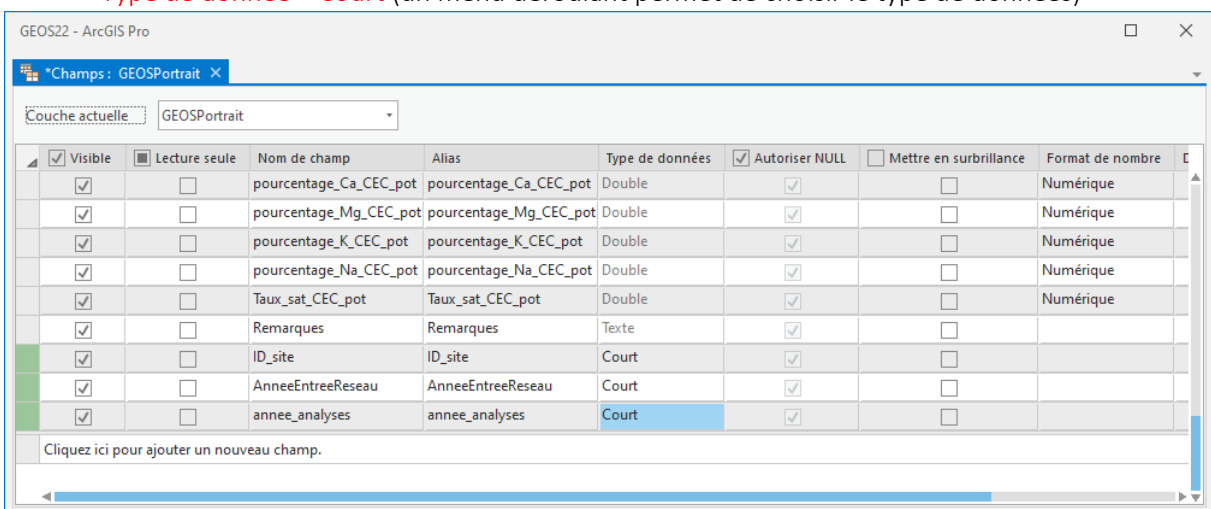
Ou alors descendre tout en bas du tableau des champs et cliquer sur : Cliquez ici pour ajouter un nouveau champ



Une nouvelle ligne se crée,

Entrer le Nom de champ, l'Alias et le Type de donnée

- Nom de champ = Nom d'origine
- Alias = Même chose que le nom de champ
- **Type de donnée = Court** (un menu déroulant permet de choisir le type de données)



Lorsque tous les champs qui doivent être courts sont créés, enregistrer les modifications

*Champs → Modifications → Enregistrer*

Fermer l'onglet champs

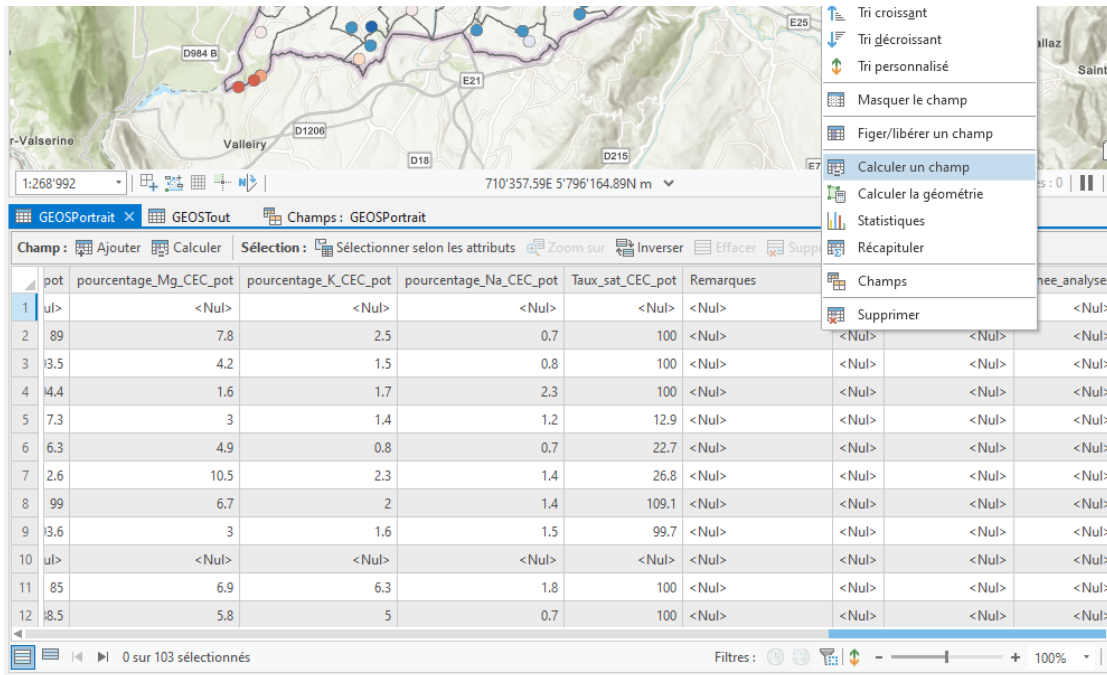
Si on observe dans la table attributaire, les données des champs nouvellement créés ont tous la valeur <Nul>. On souhaite attribuer des valeurs à ces champs.

S'assurer qu'aucun élément n'est sélectionné sinon l'attribution des valeurs ne se fera que sur ce site :

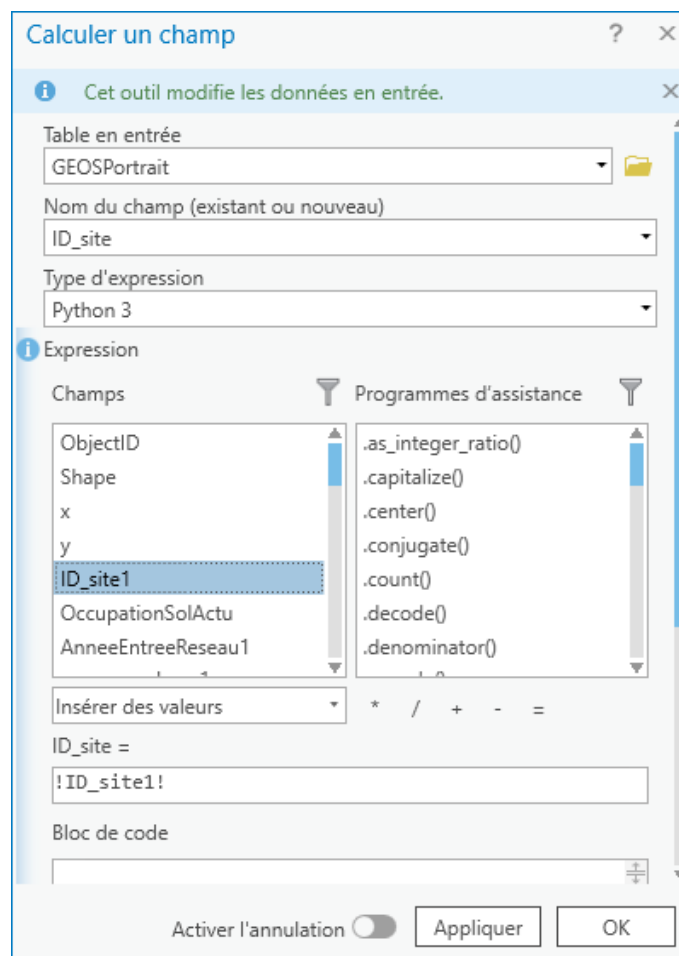
*Carte → Sélection → Effacer*

Dans la table attributaire :

*Clique droit sur le champ dont on veut modifier les valeurs → Calculer un champ*



Une fenêtre Calculer un champ s'ouvre :



- (1) : S'assurer que le calcul se fait bien sur la bonne couche
- (2) : Nom du champ : est le champ qu'on souhaite remplir (qui a actuellement des valeurs nulles)
- (3) : Double cliquer sur le champ qui a les données d'origine

(4) : Il apparait entre des ! dans la boîte Champ à calculer = ; le Champ à calculer est égal au champ de base

(5) : Cliquer sur Appliquer puis sur OK

On peut si on le veut réorganiser l'ordre des champs

|   | * Shape * | x             | y              | ID_site1 | ID_site | OccupationSolActu | AnneeEntreeReseau1 | AnneeEntreeReseau | annee_analyses1 | annee_analyses2 |
|---|-----------|---------------|----------------|----------|---------|-------------------|--------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| 1 | Point     | 2500551.21124 | 1126852.191827 | 126      | 126     | AR                | 2010               | 2010              | 2016            |                 |
| 2 | Point     | 2511482.44    | 1120602.46     | 3        | 3       | FO                | 1990               | 1990              | 1990            |                 |
| 3 | Point     | 2511173.63    | 1123340.69     | 14       | 14      | FO                | 1990               | 1990              | 1990            |                 |
| 4 | Point     | 2487012.1     | 1110324.76     | 48       | 48      | FO                | 1990               | 1990              | 1990            |                 |
| 5 | Point     | 2486732.85    | 1110119.68     | 49       | 49      | FO                | 1990               | 1990              | 1990            |                 |
| 6 | Point     | 2486053.29    | 1109847.05     | 50       | 50      | FO                | 1990               | 1990              | 1990            |                 |
| 7 | Point     | 2487121.6     | 1117516.56     | 61       | 61      | FO                | 1990               | 1990              | 1990            |                 |

|  | Visible                             | Lecture seule                       | Nom de champ | Alias    | Type de données | Autoriser NULL                      | Mettre en surbrillance   | Format de nombre | Dor |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------|----------|-----------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------|-----|
|  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | ID_site1     | ID_site1 | Double          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Numérique        |     |
|  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | ID_site      | ID_site  | Court           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Numérique        |     |

Quand les champs ont été calculés on peut supprimer les champs d'origine :

*Table attributaire → Champs → Sélectionner le champ à supprimer → Delete → Enregistrer la modification*

|  | Visible                             | Lecture seule                       | Nom de champ             | Alias                    | Type de données | Autoriser NULL                      | Mettre en surbrillance   | Format de nombre | Dor |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------|-----|
|  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | OBJECTID                 | ObjectID                 | ID d'objet      | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | Numérique        |     |
|  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Shape                    | Shape                    | Géométrie       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                  |     |
|  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | x                        | x                        | Double          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Numérique        |     |
|  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | y                        | y                        | Double          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Numérique        |     |
|  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | ID_site1                 | ID_site1                 | Double          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Numérique        |     |
|  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | ID_site                  | ID_site                  | Court           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Numérique        |     |
|  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | OccupationSolActu        | OccupationSolActu        | Texte           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                  |     |
|  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | AnneeEntreeReseau1       | AnneeEntreeReseau1       | Double          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Numérique        |     |
|  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | AnneeEntreeReseau        | AnneeEntreeReseau        | Court           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Numérique        |     |
|  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | annee_analyses1          | annee_analyses1          | Double          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Numérique        |     |
|  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | annee_analyses           | annee_analyses           | Court           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Numérique        |     |
|  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | date_prelevement_CEC_eff | date_prelevement_CEC_eff | Date            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                  |     |

## Créer une nouvelle carte à partir des données de campagne

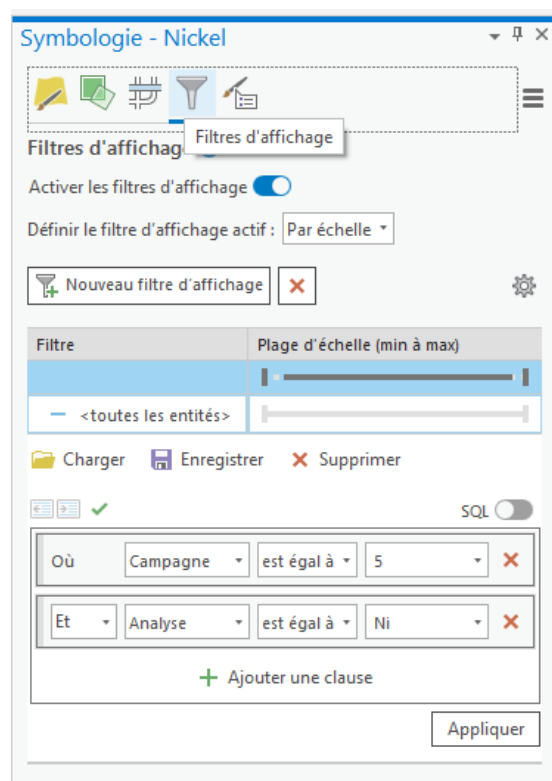
### Dupliquer la couche dans le projet

Lorsque les données de campagne ont été entrées dans le projet Arcgis il peut être utile de produire des cartes par polluant. Pour cela il faut dupliquer la couche (copier et coller dans la fenêtre contenu), la renommer avec dans le nom le polluant qu'on souhaite représenter:

*Clique droit sur la couche dans la fenêtre contenu → propriétés → Généralités → Renommer*

### APPLIQUER LA SYMBOLOGIE

Puis on y applique un filtre dans la symbologie en allant dans l'onglet filtre d'affichage de la fenêtre symbologie :



### Calculer des seuils

On aimerait ajouter un code correspondant à un seuil qui est différent pour chaque polluant :

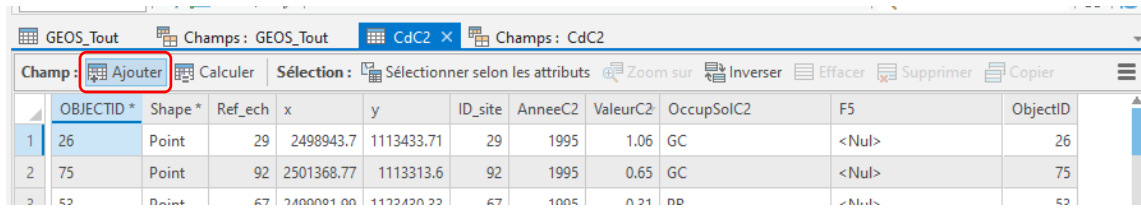
- 1 = Fertilité garantie = en dessous de la valeur indicative
- 2 = Valeur indicative = au dessus ou égal à la valeur indicative
- 3 = Seuil d'investigation = au dessus ou égal au seuil d'investigation
- 4 = Valeur d'assainissement = au dessus ou égal à la valeur d'assainissement

Pour cela il faut créer un nouveau champ puis remplir ce champ.

### Créer un nouveau champ pour le seuil :

*Clique droit sur la couche → Table attributaire*

Dans la table attributaire : *Ajouter*



Choisir un nom (Seuils), un Alias (Seuils) et un Type de données (Court)

! Ne pas oublier d'enregistrer en haut au milieu de la page (*Champs* → *Modifications* → *Enregistrer*) !

### Calculer les seuils:

On doit calculer les seuils un par un. Les valeurs de seuils utilisées sont les suivantes :

|                                 | Cd  | Cr  | Cu   | Ni  | Pb   | Zn   | PCDD/F | PCB  | HAP | BaP |
|---------------------------------|-----|-----|------|-----|------|------|--------|------|-----|-----|
| <b>Valeur indicative</b>        | 0.8 | 50  | 40   | 50  | 50   | 150  | 5      | 0.02 | 1   | 0.2 |
| <b>Seuils d'investigation</b>   | 2   | 200 | 150  | 100 | 200  | 300  | 20     | 0.1  | 10  | 1   |
| <b>Valeurs d'assainissement</b> | 20  |     | 1000 |     | 1000 | 2000 | 100    | 1    | 100 | 10  |

|                 | MO/Argile |
|-----------------|-----------|
| <b>Critique</b> | 12        |
| <b>Bon</b>      | 17        |
| <b>Optimal</b>  | 24        |

On commence par calculer le seuil de la fertilité garantie.

*Carte* → *Sélection* → *Sélectionner selon les attributs*

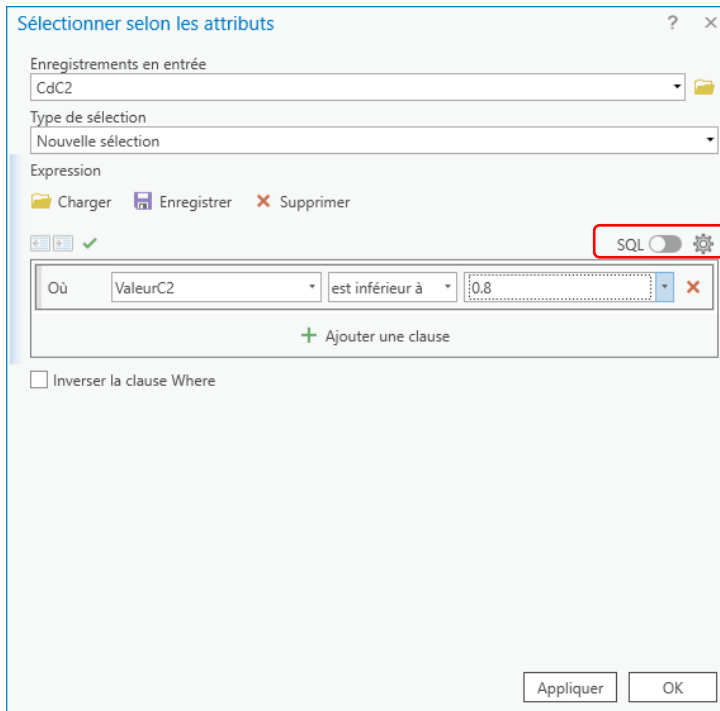
*Type de sélection : Nouvelle sélection*

*Nouvelle expression :*

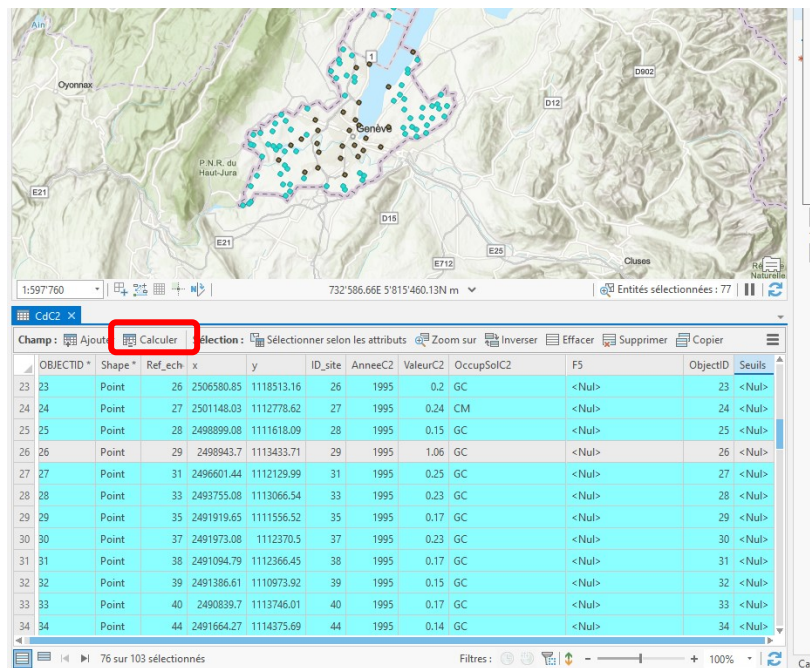
Où : [Valeur] [est inférieur à] [entrer la valeur indicative pour le polluant d'intérêt]

*Appliquer puis OK*

Il est également possible de faire cette sélection avec un code SQL :

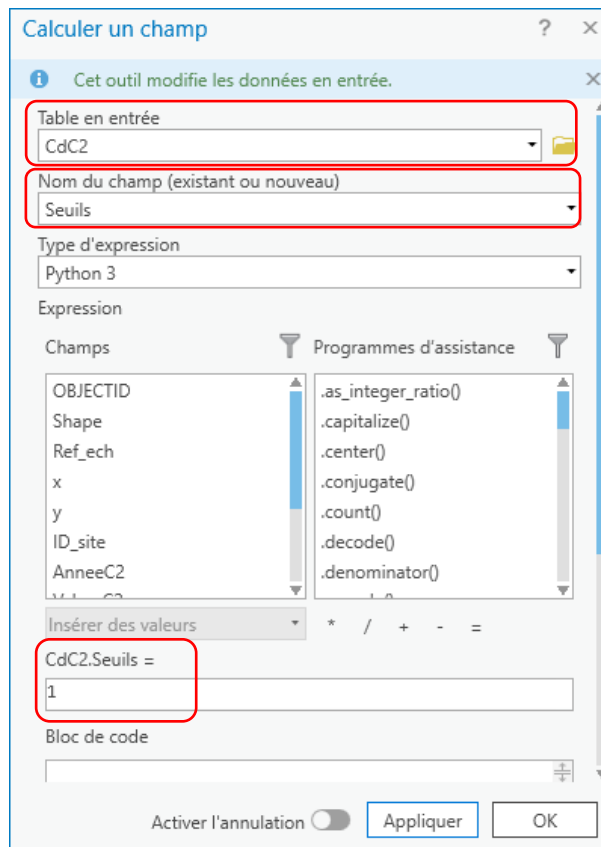


Une fois la sélection faite (les points sélectionnés s'affichent en bleu sur la carte et dans la table attributaire) :



Puis :

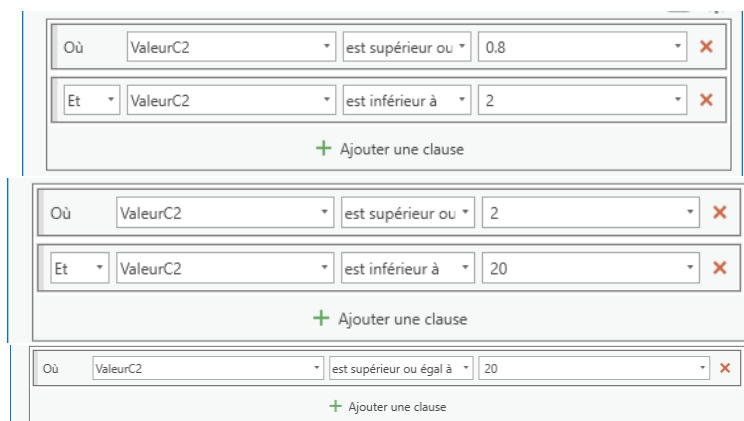
Dans la table attributaire : *Calculer*



Appliquer puis OK

Il faut ensuite répéter l'opération pour les autres seuils. A chaque fois il faut veiller à réaliser une nouvelle sélection.

Pour les clauses de la sélection :



**(!)** Pour les polluants Organiques (7-PCB, 16-HAP et Benzo(a)pyrène), le code 999 a été utilisé pour signifier que la valeur analysée était trop faible pour être considérée et significative. Pour cette raison dans la dernière clause (Pour le PCB par exemple : Où [Valeur] [est supérieur ou égal à][1]), il faut également ajouter une clause Où [Valeur] [est inférieur à][999]).

### Exemple de code SQL :

Comme précisé plus haut, il est possible d'écrire les requêtes avec un code SQL, voici un exemple de code pour les sélections du Cadmium :



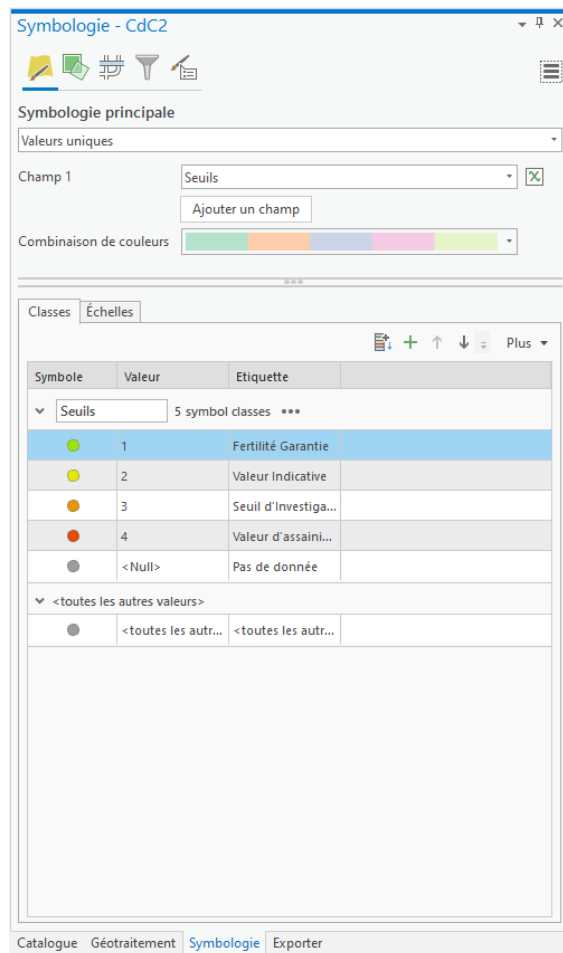
Seuil 1 : CdC2\$.ValeurC2 < **0.8**  
 Seuil 2 : CdC2\$.ValeurC2 >= **0.8** And CdC2\$.ValeurC2 < **2**  
 Seuil 3 : CdC2\$.ValeurC2 >= **2** And CdC2\$.ValeurC2 < **20**  
 Seuil 4 : CdC2\$.ValeurC2 >= **20**

Seuil 1 : Valeur < **0.8**  
 Seuil 2 : Valeur >= **0.8** And Valeur < **2**  
 Seuil 3 : Valeur >= **2** And Valeur < **20**  
 Seuil 4 : Valeur >= **20**

## Ajouter une symbologie :

On souhaite maintenant ajouter une symbologie qui permette de comprendre rapidement et visuellement dans quel seuil on se situe.

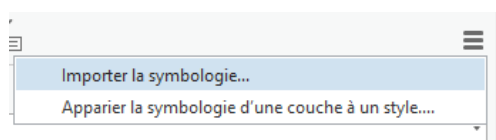
La symbologie appliquée est visible ci-dessous, mais il est également possible d'importer la symbologie d'une autre couche pour ne pas avoir à manipuler la symbologie.



Pour appliquer la symbologie d'une couche existante :

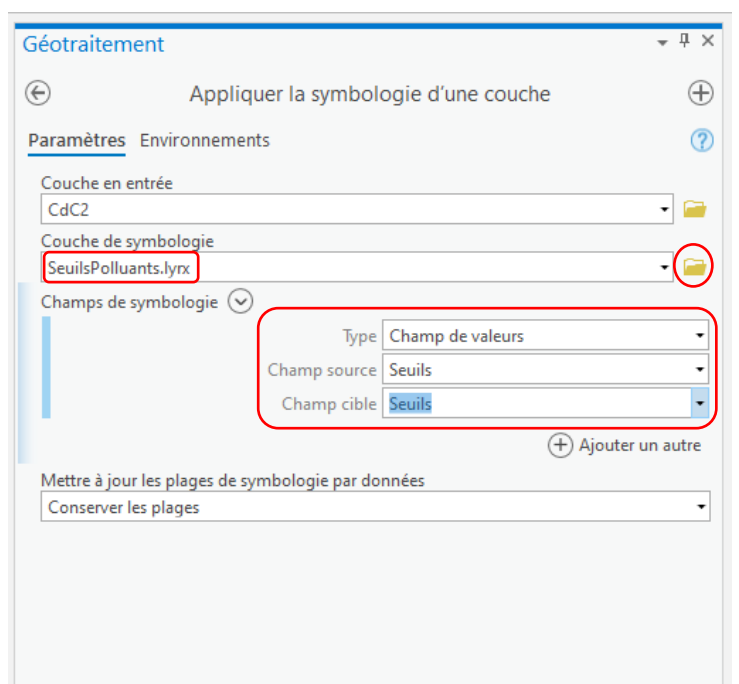
*Clique droit sur la couche → Symbologie*

*En haut à droite de la fenêtre symbologie → Importer la symbologie*



Sélectionner une couche du projet ou le fichier *SeuilsPolluantsCd.lyrx* par exemple et veiller aux champs de symbologie

Exécuter

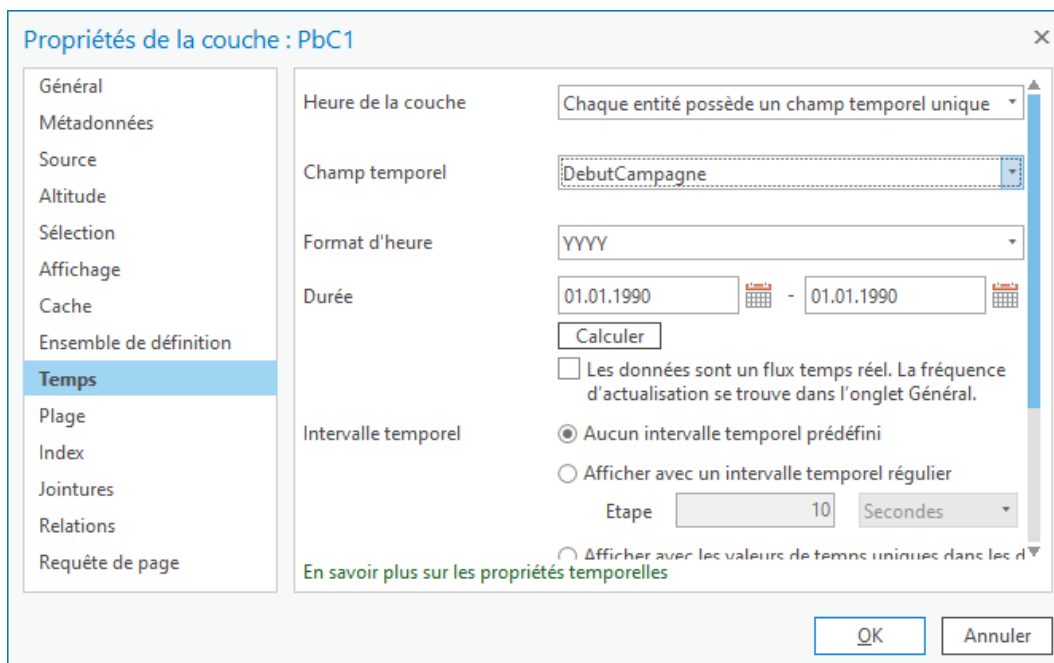


(1) : S'il n'est pas possible de choisir les champs de Symbologie ou que cela provoque une erreur, cliquer sur Exécuter sans préciser de symbologie. Puis une fois l'exécution terminée, aller dans la symbologie et choisir le champs qui détermine la symbologie, ici c'est le champ Seuils. Puis cliquer sur appliquer.

## Ajouter une date à la couche

Pour pouvoir réaliser des curseurs temporels sur ArcGISPro et sur ArcGIS Online il faut que les couches aient une date qui soit renseignée dans les propriétés de la couche.

*Fenêtre Contenu → Cliquez droit sur la couche → Propriétés → Temps*



Champ Temporel : Choisir le champ de la couche qui indique la date

## ANNEXE 4 : MARCHE À SUIVRE POUR LA CRÉATION ET MISE À JOUR DES DASHBOARDS

## DASHBOARD GEOS

Ce document décrit de manière détaillée toutes les manipulations qui permettent de créer et mettre à jour le tableau de bord sur ArcGIS online.

## TABLE DES MATIERES

|   |    |
|---|----|
| Créer un nouveau dashboard.....                             | 69 |
| Créer un dashboard à partir d'un dashboard existant .....   | 70 |
| Ajouter des éléments au dashboard .....                     | 71 |
| Éléments du dashboard GEOS .....                            | 72 |
| Généralités.....  | 72 |
| Le volet d'en tête .....                                    | 73 |
| Les sélecteurs de catégorie.....                            | 73 |
| Ajouter un sélecteur .....                                  | 73 |
| Configurer un sélecteur .....                               | 74 |
| L'indicateur .....  | 77 |
| La carte portrait.....                                      | 77 |
| La carte des analyses .....                                 | 78 |
| La liste .....  | 79 |
| Le diagramme de secteurs occupation du sol.....             | 79 |
| Le diagramme de série .....                                 | 80 |
| Les diagrammes de secteurs des valeurs.....                 | 81 |
| Les jauges .....  | 82 |
| Résumé des relations entre éléments du Dashboard GEOS ..... | 85 |
| Couleurs utilisées dans le Dashboard GEOS.....              | 86 |

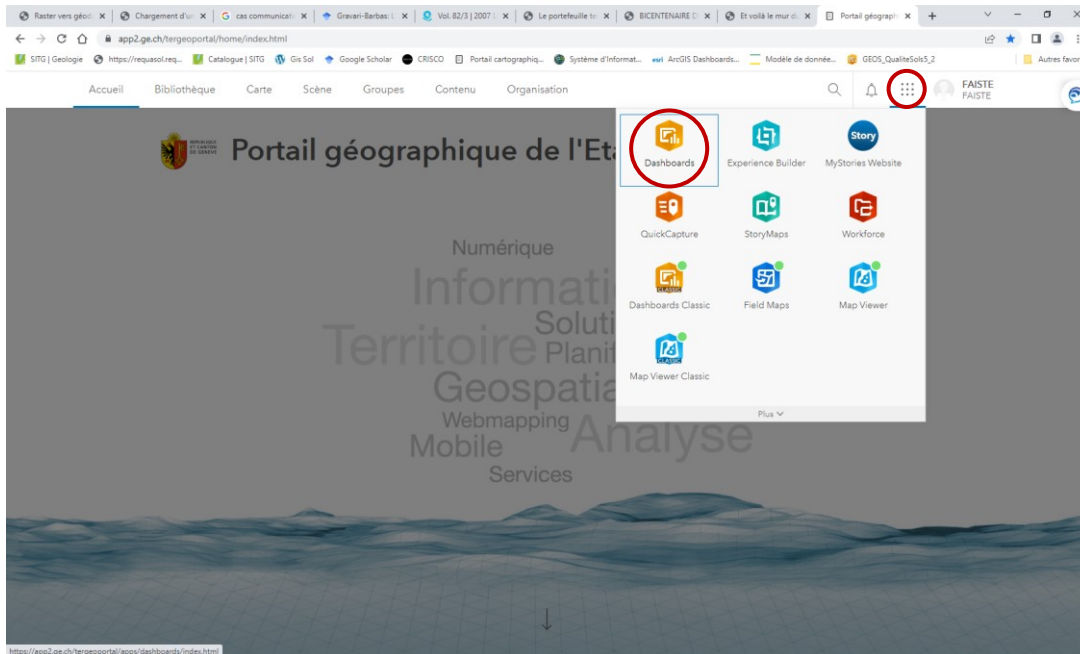
## CRÉER UN NOUVEAU DASHBOARD

Il peut être nécessaire ou plus facile de créer un nouveau dashboard par exemple lorsque les modifications à apporter sont importantes. Cependant, lorsque les modifications à apporter sont simples mais que l'on souhaite conserver la version initiale, il vaut mieux créer un dashboard à partir d'un dashboard existant (voir section suivante).

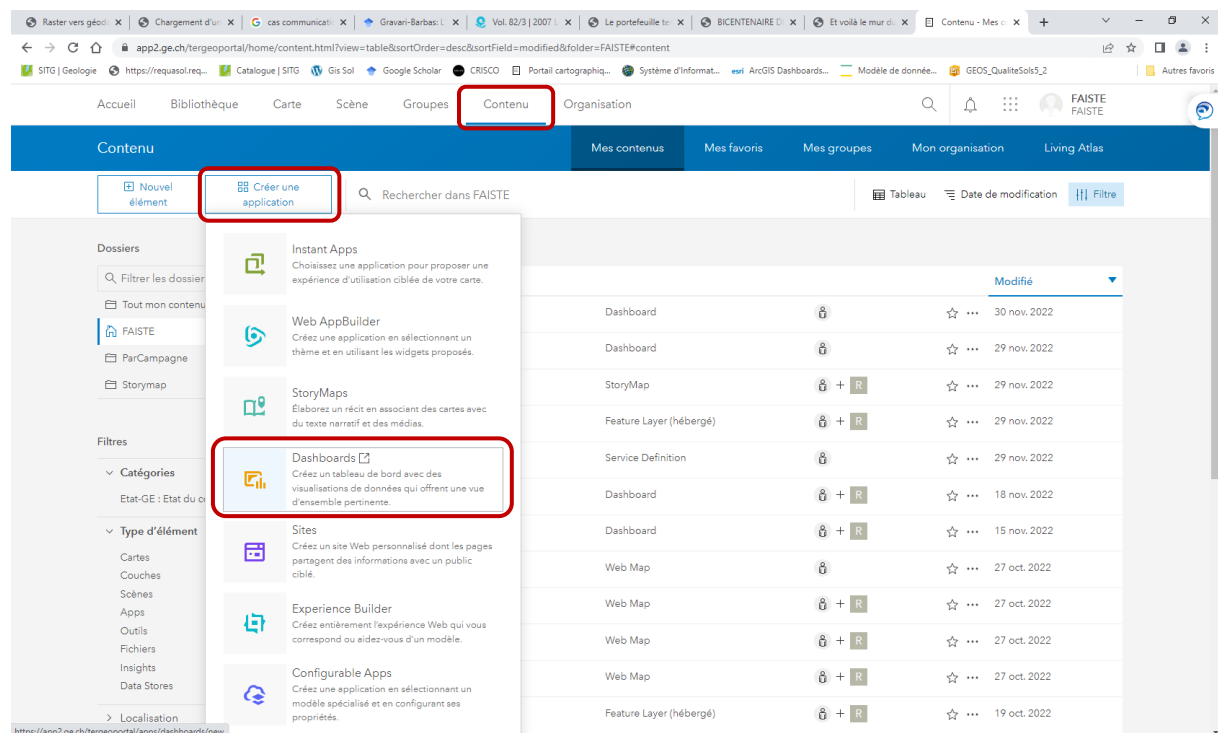
Sur le portail géographique de l'Etat de Genève : <https://app2.ge.ch/tergeoportal/home/index.html>

Se connecter en haut à droite de la page. Pour créer un dashboard il existe deux possibilités :

Sur le carré en haut à droite de la page :



Dans l'onglet **Contenu** → **Créer une application** → **Dashboard**



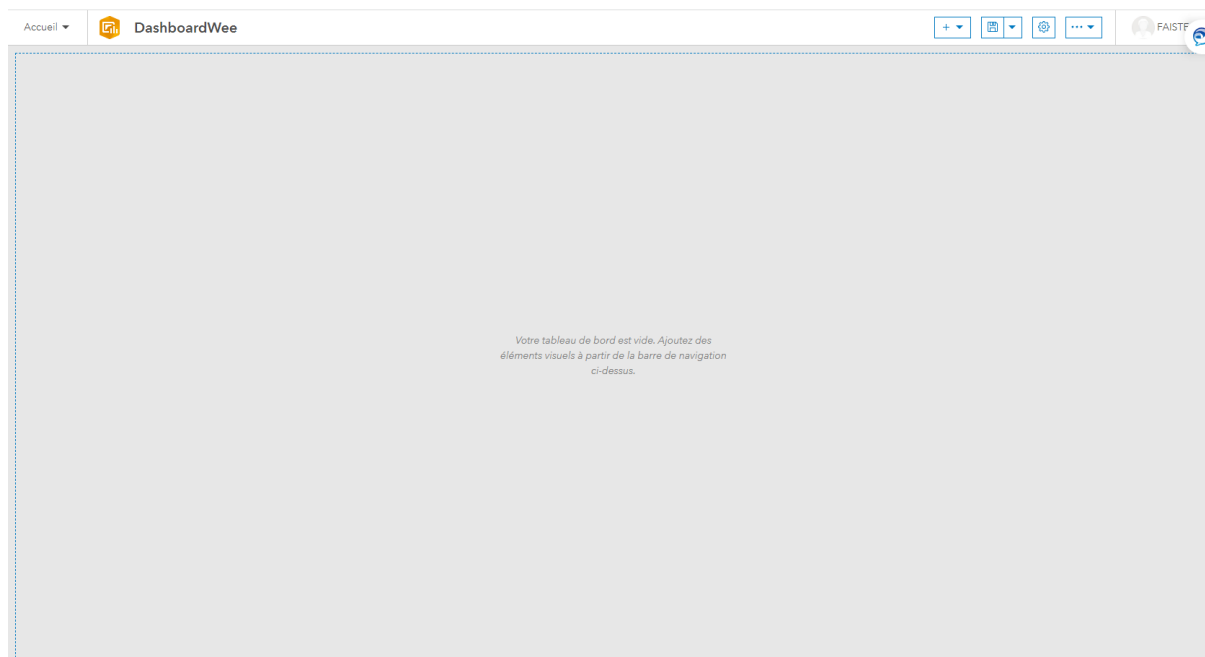
## Créer un tableau de bord

The screenshot shows a form titled 'Créer un tableau de bord' with the following fields:

- Titre\***: A text input field containing 'DashboardWee'.
- Balises**: A dropdown menu with 'GESDEC x' and 'SOLS x' selected.
- Résumé**: A text input field containing 'Un tableau de bord sur les sols'.
- Dossier**: A dropdown menu with 'FAISTE' selected.

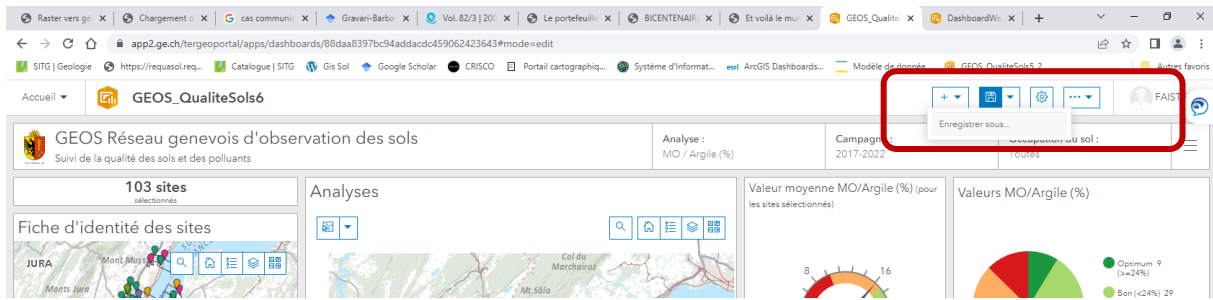
At the bottom right of the form, there are two buttons: 'Créer un tableau de bord' (highlighted in blue) and 'Annuler'.

Choisir un titre et un dossier source → Créer un tableau de bord

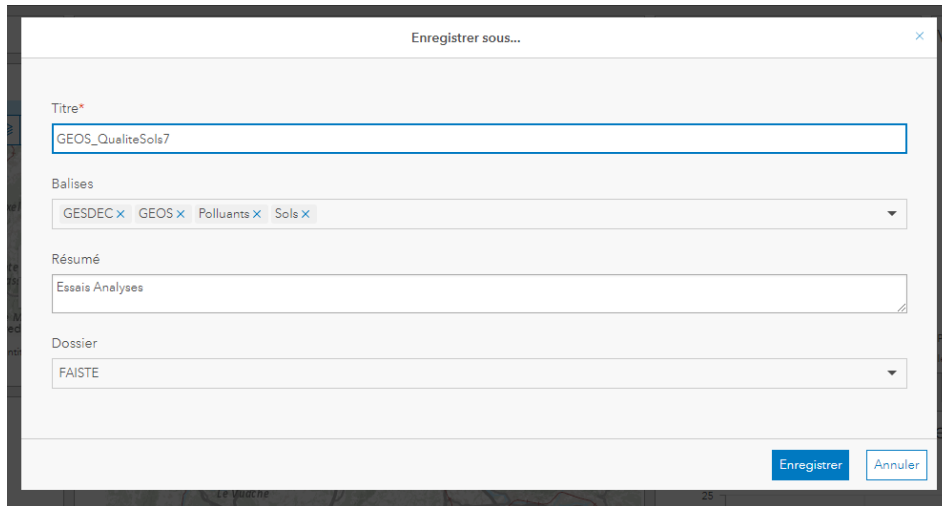
**CRÉER UN DASHBOARD À PARTIR D'UN DASHBOARD EXISTANT**

Contenu → Mes contenus → Cliquer sur le DB à copier → Modifier le tableau de bord

Sur l'onglet Enregistrer en haut à droite de l'écran, cliquer sur la petite flèche → Enregistrer sous



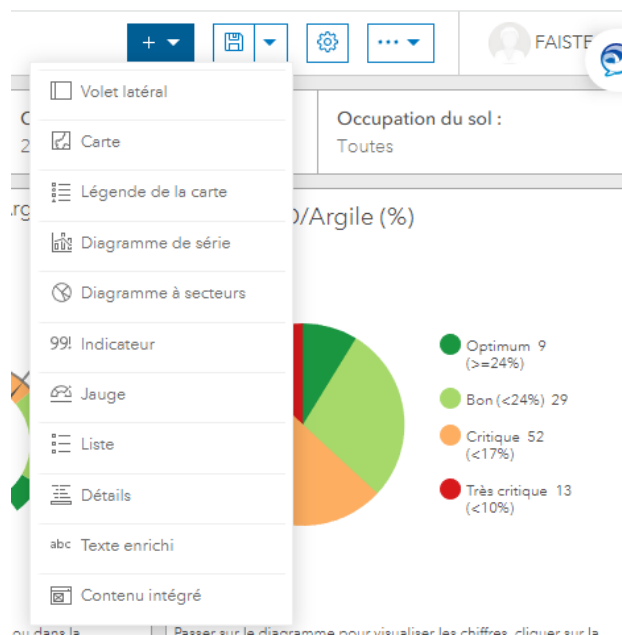
Remonter :



## AJOUTER DES ÉLÉMENTS AU DASHBOARD

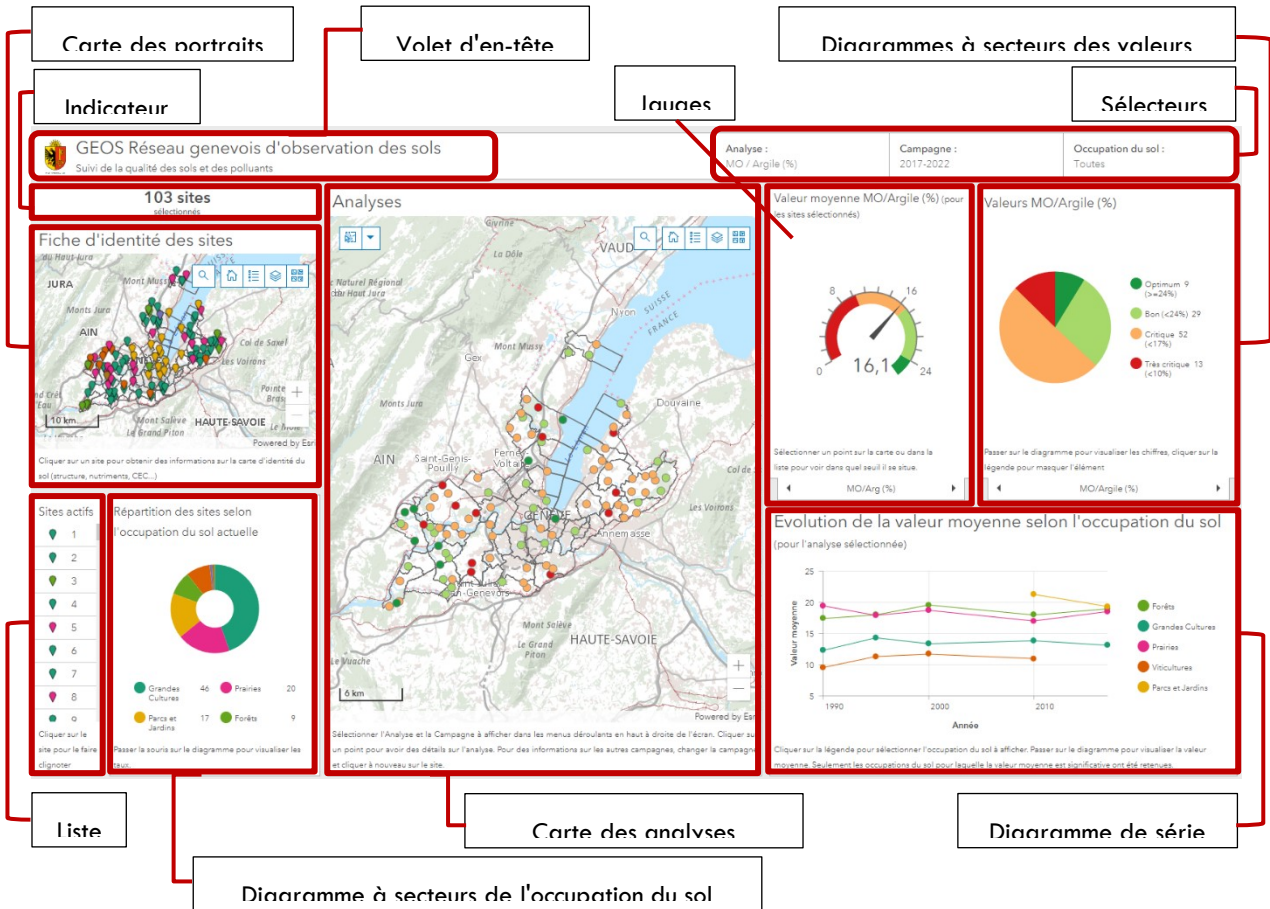
Différents éléments peuvent être ajoutés au dashboard. Une description détaillée des éléments, de leur fonctionnalités est disponible à l'adresse suivante : <https://doc.arcgis.com/fr/dashboards/latest/get-started/map-element-and-tools.htm>

En haut à droite de l'écran, cliquer sur l'onglet + et sélectionner l'élément à ajouter :



## ÉLÉMENTS DU DASHBOARD GEOS

Le dashboard GEOS contient différents éléments qu'il est possible de mettre à jour ou modifier.



Lorsqu'on est en mode modification du dashboard, chaque élément a en haut à gauche un petit bandeau déroulant

bleu qui apparaît lorsqu'on passe dessus. Ce bandeau permet de configurer l'élément (🔧), de le déplacer (📏), de le dupliquer (📄) ou de l'effacer (🗑️). On peut aussi déplacer une pile d'éléments superposés (🖥️).

Lorsqu'on apporte des modifications à la carte, penser à sauvegarder régulièrement en haut à droite de la fenêtre.



### ○ GÉNÉRALITÉS

Pour la majorité des éléments du tableau de bord, un onglet Généralités permet de définir le nom de l'élément, le titre de l'élément, sa description et la couleur du texte.



## LE VOLET D'EN TÊTE

Ce volet est comme un titre de document, on peut y ajouter un titre, un sous-titre, un logo et une image d'arrière-plan. On peut choisir la position du sous-titre et choisir d'afficher ou non une option de déconnexion dans Liens de menu (Dans le dashboard présenté ici, cette option a été désactivée pour laisser plus de place aux sélecteurs de catégorie).

## LES SÉLECTEURS DE CATÉGORIE

En haut à droite de l'écran, dans le volet d'en-tête, trois sélecteurs sont disponibles. Ils permettent de choisir les éléments à afficher sur la carte et sur les différents autres éléments. Les éléments impactés par les sélecteurs varient selon les sélecteurs

- Sélecteur de l'analyse : sélectionner l'analyse à afficher. La sélection par défaut est MO/Argile. Eléments impactés : Carte des analyses, diagramme de série.
- Sélecteur de la campagne : sélectionner la campagne à afficher. La sélection par défaut est la campagne la plus récente (2017-2022). Eléments impactés : Carte des analyses, jauge, diagramme à secteurs des valeurs
- Sélecteur de l'occupation du sol : Sélectionner la ou les occupations du sol à afficher. La sélection par défaut est Toutes les occupations du sol. Eléments impactés : Carte des analyses, carte des portraits, sites actifs, Diagramme à secteurs de l'occupation du sol, indicateur, diagrammes à secteurs des valeurs, jauge, diagramme de série.

## ○ AJOUTER UN SÉLECTEUR

Dans le volet d'en-tête, cliquer sur : Ajouter un sélecteur de catégorie. Selon les données à disposition et l'utilisation projetée du tableau de bord, il est aussi possible d'ajouter un sélecteur de nombre ou un sélecteur de date



○ CONFIGURER UN SÉLECTEUR

Pour le sélecteur d'analyse

Données

Options des données

Sélecteur

Actions

Catégories depuis Valeurs définies Entités Valeurs groupées

Type de valeur Chaîne Entier

| Valeur       | Nom d'affichage        |  |
|--------------|------------------------|--|
| pH           | pH                     |  |
| MO           | Matière Organique (MO) |  |
| MOArg        | MO / Argile (%)        |  |
| Cd           | Cd (mg/kg)             |  |
| Cr           | Cr (mg/kg)             |  |
| Cu           | Cu (mg/kg)             |  |
| Ni           | Ni (mg/kg)             |  |
| Pb           | Pb (mg/kg)             |  |
| Zn           | Zn (mg/kg)             |  |
| PCDDF        | PCDD-F (LOQ ng/kg)     |  |
| PCB          | 7-PCB (mg/kg)          |  |
| HAP          | 16-HAP (mg/kg)         |  |
| Benzoapyrene | Benzo(a)pyrène (mg/kg) |  |

Ajouter une ou plusieurs valeurs : 1 5 10 20

Chaque valeur de l'attribut ANALYSE qui est contenu dans la couche GEOSTout a été listée et un nom d'affichage défini. De cette manière, on peut ajouter des actions qui seront effectuées lorsque la sélection change.

Données

Options du sélecteur

Sélecteur

Actions

Etiquette Analyse :

Icône Ajouter une icône

Mode de présentation En ligne Menu déroulant

Sélection Unique Plusieurs

Afficher l'option Filtrer

Afficher l'option Réinitialiser

Hauteur maximale Compact Étendu

Opérateur égal

Option Aucune

Sélection par défaut MO / Argile (%)

**Généralités**

Nom Sélecteur de catégorie (1)

Données

Actions

Sélecteur

Actions

Lorsque la sélection change

Filter Ajouter une cible

Analyses - pH

Champ source Analyse Champ cible chaîne

Champ de filtre Analyse chaîne

Rendu en cas de filtrage uniquement

Analyses - MO

Champ source Analyse Champ cible chaîne

Champ de filtre Analyse chaîne

Rendu en cas de filtrage uniquement

Analyses - MOArg

Champ source Analyse Champ cible chaîne

Champ de filtre Analyse chaîne

Rendu en cas de filtrage uniquement

Analyses - Cd

Champ source Analyse Champ cible chaîne

Champ de filtre Analyse chaîne

Rendu en cas de filtrage uniquement

Pour ce sélecteur les actions sont de filtrer les éléments carte et diagramme de série en fonction de l'analyse sélectionnée. Plus précisément, si on sélectionne Cadmium dans le sélecteur, alors on sélectionne les données de la carte et du diagramme où l'attribut ANALYSE = Cd. Ainsi on réalise un filtre dans les données.

## Pour le sélecteur de campagne

Données

### Options des données

[Afficher une table de données](#)

Sélecteur

Actions

Catégories depuis Valeurs définies Entités Valeurs groupées

Couche : Analyses - pH Modifier

Filtre + Filtre

Champ de catégorie Campagne ▼

Trier par Ajouter un champ ▼

▼ Campagne ☰ ☱ 🗑️

Nbre maximal de catégories 50 ▲▼

Données

### Options du sélecteur

Sélecteur

Actions

Mode de présentation En ligne Menu déroulant

Sélection Unique Plusieurs

Afficher l'option Filtrer

Afficher l'option Réinitialiser

Hauteur maximale Compact Étendu

Opérateur égal ▼

Option Aucune

Sélection par défaut Premier Dernier

| Catégorie | Etiquette |    |
|-----------|-----------|----|
| 5         | 2017-2022 | 🗑️ |
| 4         | 2010-2015 | 🗑️ |
| 3         | 2000-2010 | 🗑️ |
| 2         | 1995-2000 | 🗑️ |
| 1         | 1990-1995 | 🗑️ |

+ Remplacer
Charger les catégories

Généralités

Pour ajouter une catégorie lorsqu'une nouvelle campagne est lancée :

Dans le volet Sélecteur, dans la section Catégorie, cliquer sur Remplacer, ajouter la nouvelle catégorie puis modifier l'Etiquette, cliquer sur Terminé en bas à droite de la page et ne pas oublier de sauvegarder le tableau de bord.

| Catégorie | Etiquette |  |
|-----------|-----------|--|
| 5         | 2017-2022 |  |
| 4         | 2010-2015 |  |
| 3         | 2000-2010 |  |
| 2         | 1995-2000 |  |
| 1         | 1990-1995 |  |

Catégorie

Données

Sélecteur

Actions

+ Analyses - HAP

Champ source Champ cible

Campagne  nombre ▼

Rendu en cas de filtrage uniquement

+ Analyses - Benzoapyrene

Champ source Champ cible

Campagne  nombre ▼

Rendu en cas de filtrage uniquement

+ DiagrammeMOArg

Champ source Champ cible

Campagne  nombre ▼

Rendu en cas de filtrage uniquement

+ DiagrammeCd

Champ source Champ cible

Les actions réalisées lorsque ce sélecteur change sont un filtre sur les données de la carte des analyses, et sur les données des jauges et des diagrammes à secteurs des valeurs. Lorsque la sélection est par exemple la campagne 2017-2022 (Catégorie 5), on sélectionne et affiche les données où l'attribut CAMPAGNE = 5

## Pour le sélecteur Occupation du sol

Les actions réalisées lorsque la sélection change sont un filtre sur les données de la carte des analyses et de la carte des portraits, et un filtre sur les données des jauges, des diagrammes à secteurs des valeurs, des diagrammes à secteurs des occupations du sol, de l'indicateur, et de la liste. Lorsque la sélection est par exemple les Grandes Cultures (Valeur GC), on sélectionne et affiche les données où l'attribut OCCUPATIONSOL = GC ou l'attribut OCCUPATIONSOLACTU = GC.

## L'INDICATEUR

Cet indicateur décrit le nombre de sites qui sont affichés sur la carte des analyses. Si on zoome sur la carte pour n'afficher qu'une zone d'intérêt, l'indicateur indiquera combien de sites sont présents dans cette zone. Pour obtenir cette information, on réalise un statistique total sur la couche des GEOSAnalyse.

## LA CARTE PORTRAIT

Aucun réglage particulier n'a été mis en place pour cette carte, elle provient de la WebMap GEOSPortrait. Le titre et la description peuvent être modifiés dans l'onglet Généralités

**GEOSPortrait**

Réglages Généralités Actions sur la carte Actions sur la couche

Nom

Titre  [Mise à jour](#)

Description  [Mise à jour](#)

Couleur du texte

Couleur d'arrière-plan

## LA CARTE DES ANALYSES

La carte des analyses provient de la WebMap GEOSAnalyses. Lorsque l'étendue de la carte change, plusieurs éléments du tableau de bord s'adaptent au changement :

Grâce à un filtre :

- Indicateur
- Diagrammes de secteurs des valeurs
- Liste
- Jauges
- Diagramme de secteurs de l'occupation du sol
- Diagramme de série

Grâce à une définition de l'étendue

- Carte des portraits

**GEOSAnalyses**

Réglages Généralités Actions sur la carte Actions sur la couche

Lorsque l'étendue de la carte change

[Ajouter une action](#)

[Ajouter une cible](#)

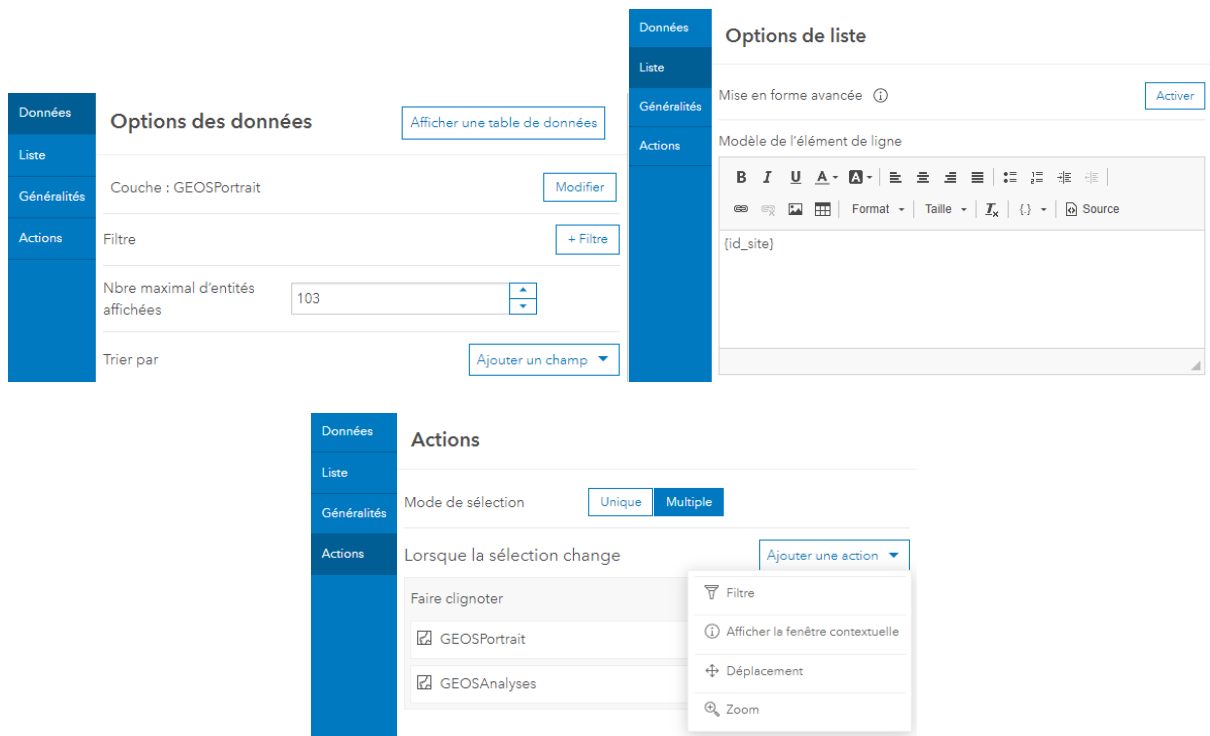
**Filtre**

|                         |  |
|-------------------------|--|
| 99  Indicateur (1)      |  |
| ⊗ DiagrammeMOArg        |  |
| ⊗ DiagrammeCd           |  |
| ⊗ DiagrammeChrome       |  |
| ⊗ DiagrammeCu           |  |
| ⊗ DiagrammePb           |  |
| ⊗ DiagrammeNi           |  |
| ⊗ DiagrammeZn           |  |
| ⊗ DiagrammePCDDF        |  |
| ⊗ DiagrammePCB          |  |
| ⊗ DiagrammeHAP          |  |
| ⊗ DiagrammeBenzoapyrene |  |

Lorsqu'on ajoute un outil qui doit s'adapter au zoom de la carte principale, il faut l'ajouter à cette liste filtre dans les paramètres de la carte des analyses grâce au bouton Ajouter une cible. Si c'est une carte, il faut l'ajouter à la liste Définir l'étendue, située au dessus.

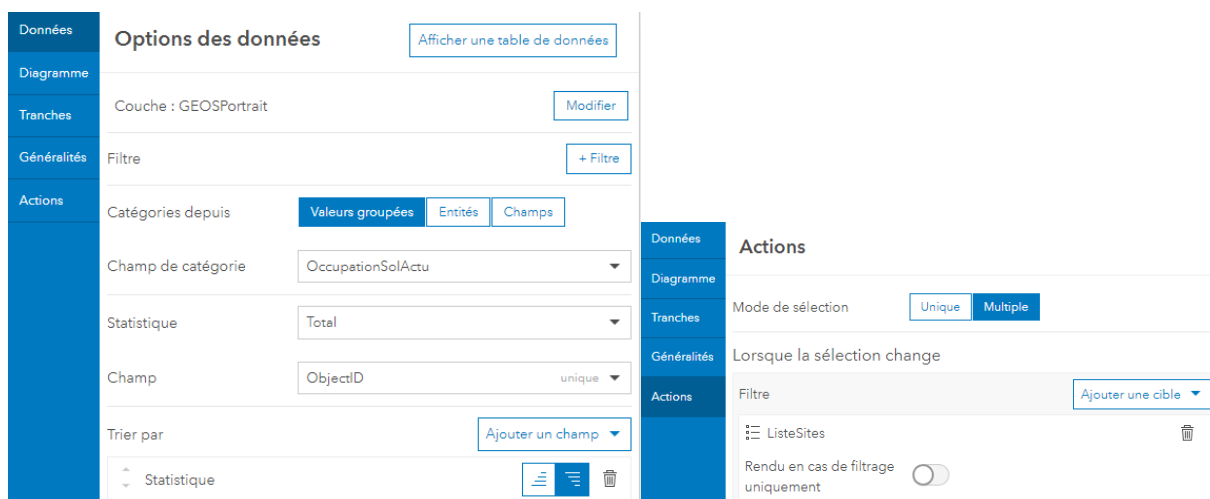
## LA LISTE

Cet élément permet de lister les sites actifs avec l'attribut du numéro de site. Il utilise les données de la carte GEOSPortrait. Lorsqu'on zoome sur la carte des analyses, la liste des sites s'adapte aux sites visibles. De même, lorsqu'on sélectionne une ou plusieurs occupations du sol dans le sélecteur d'occupation du sol, la liste s'adapte. Cette liste permet de voir les numéros de site qui sont visibles, ou, à l'inverse, de rendre visible sur la carte les éléments sélectionnés dans la liste. Lorsqu'on sélectionne un élément dans la liste, il clignote sur la carte des analyses et la carte de portrait.



## LE DIAGRAMME DE SECTEURS OCCUPATION DU SOL

Ce diagramme de secteurs permet de visualiser la part de sites qui ont la même occupation du sol. Il utilise les données de la carte GEOSPortrait. C'est une statistique Total de l'attribut Occupation du sol actuelle. Si on sélectionne dans le diagramme un ou plusieurs occupations, l'élément liste s'adapte à la sélection



**Options du diagramme**

**Diagramme**

**Tranches**

**Généralités**

**Actions**

Couleur du texte ■ ▼

Taille de police (px)  ▲ ▼

Angle de départ  0 90 360

Rayon intérieur (%)  0 42 100

Texte de survol

**Étiquettes**

Visibilité

**Légende**

Visibilité

Placement

Largeur de l'étiquette (px)  ▲ ▼

Largeur de la valeur (px)  ▲ ▼

Mise en forme des valeurs

## LE DIAGRAMME DE SÉRIE

Le diagramme de série permet de visualiser l'évolution de la valeur d'analyse moyenne des sites en fonction de l'occupation du sol. L'analyse sélectionnée est filtrée avec le sélecteur d'analyse. Lorsqu'on zoome sur la carte des analyses, le diagramme s'adapte aux sites visibles.

Pour afficher les données par occupation du sol, on configure des filtres :

**Options des données**

**Diagramme**

**Axe de catégorie** Couche : GEOSToutActif

**Axe de valeur** Filtre

OccupSol chaîne ▼

égal ▼

Valeur Champ

GC ▼

ET

Valeur décimal ▼

n'est pas compris entre ▼

998 ▲ ▼ ET 1000 ▲ ▼

OU

OccupSol chaîne ▼

égal ▼

Valeur Champ

VI ▼

ET

Valeur décimal ▼

n'est pas compris entre ▼

998 ▲ ▼ ET 1000 ▲ ▼

OU

OccupSol chaîne ▼

égal ▼



OU

OccupSol chaîne 🗑️

égal

Valeur Champ

FO

ET

Valeur décimal 🗑️

n'est pas compris entre

998 ↕ ET ↕ 1000

ET

OU

OccupSol chaîne 🗑️

égal

Valeur Champ

PJ

ET

Valeur décimal 🗑️

Options des données Afficher une table de données

égal

Valeur Champ

PJ

ET

Valeur décimal 🗑️

n'est pas compris entre

998 ↕ ET ↕ 1000

ET OU

Catégories depuis Valeurs groupées Entités Champs

Champ de catégorie DebutCampagne

Analyser les dates

Période minimale Jour

Champ de fractionnement OccupSol x

Statistique Moyenne

Champ Valeur décimal

Données

Options de série

Diagramme

Axe de catégorie

Axe de valeur

Repères

Série

Généralités

Actions

Empilage Désactivé Empilé Empilé 100%

Type Colonne Ligne Ligne lissée

Connecter les vides

Opacité du remplissage 0 
0
1

Opacité des lignes 0 
0
1

Épaisseur de ligne 1 
1
10

Texte de survol

Étiquettes

| Série | Couleur | Étiquette            |    |
|-------|---------|----------------------|----|
| SN    | ■       | Sites Naturels       | 🗑️ |
| AR    | ■       | Arbrcultures         | 🗑️ |
| CM    | ■       | Cultures Maraichères | 🗑️ |
| PR    | ■       | Prairies             | 🗑️ |
| VI    | ■       | Viticultures         | 🗑️ |
| GC    | ■       | Grandes Cultures     | 🗑️ |
| PJ    | ■       | Percs et Jardins     | 🗑️ |
| FO    | ■       | Forêts               | 🗑️ |

## LES DIAGRAMMES DE SECTEURS DES VALEURS

Les 12 diagrammes de secteurs sont empilés car les valeurs ne sont pas fixes entre les différentes analyses. On ne peut pas adapter l'étiquette des catégories en fonction de l'analyse sélectionnée. Pour visualiser le diagramme d'une analyse en particulier, il faut la sélectionner dans la liste déroulante en bas du diagramme de secteurs. Ces diagrammes de secteurs représentent le nombre de seuils appartenant à chaque valeur pour la campagne sélectionnée. Lorsqu'on zoome sur la carte des analyses, le diagramme s'adapte aux sites visibles.

On peut régler la taille des étiquettes dans l'onglet Diagramme. L'onglet Tranches permet de décrire les catégories, définir les couleurs et les étiquettes.

## LES JAUGES

Les 11 jauges sont empilées car les valeurs ne sont pas fixes entre les différentes analyses. On ne peut pas adapter l'étiquette des catégories en fonction de l'analyse sélectionnée. Pour visualiser le diagramme d'une analyse en particulier, il faut la sélectionner dans la liste déroulante en bas de la jauge. Les données utilisées pour cet élément sont tirées de la Carte GEOSAnalyses. La jauge représente la valeur moyenne des sites sur une échelle qui va de 0 à la valeur d'assainissement de l'analyse. Lorsqu'on zoome sur la carte des analyses, la jauge s'adapte aux sites visibles.

The screenshot shows the 'Options des données' (Data Options) window. On the left, a sidebar contains 'Données', 'Jauge', and 'Généralités'. The main area is titled 'Options des données' and includes a button 'Afficher une table de données'. Under the 'Valeur' section, the layer is set to 'GEOStoutActif' with a 'Modifier' button. The 'Filtre' section contains a list of filters: 'Analyse' (chaîne) with a trash icon, 'égal', 'Valeur' (Champ), and 'MOArg'. Below the filters are 'ET' and 'OU' buttons. The 'Type de valeur' section has 'Statistique' and 'Entité' buttons, with 'Statistique' selected. The 'Statistique' dropdown is set to 'Moyenne'. The 'Champ' dropdown is set to 'Valeur' (décimal). A 'Conversion de valeur' toggle is turned off. On the right, a separate panel shows 'Valeur minimale' and 'Valeur maximale' settings. Both have 'Type de valeur' buttons for 'Valeur fixe' and 'Statistique', with 'Valeur fixe' selected. The 'Valeur' input for 'Valeur minimale' is '0' and for 'Valeur maximale' is '24'.

Pour les analyses des polluants organiques qui ont des valeurs LOQ (999), un filtre supplémentaire est ajouté pour ne pas calculer une moyenne avec les valeurs 999.

This screenshot shows a close-up of the 'Filtre' section. It features two filter entries. The first entry is for 'Analyse' (chaîne) with a trash icon, set to 'égal', 'Valeur' (Champ), and 'HAP'. Below this is an 'ET' button. The second entry is for 'Valeur' (décimal) with a trash icon, set to 'différent de', 'Valeur' (Champ), and '999'.

On peut choisir des options de mise en page dans l'onglet Jauge :

**Options de jauge**

**Données**

**Jauge**

**Généralités**

Style Progression Mètres

Shape Fer à cheval Demi-anneau

Valeur

Mise en forme Mise à jour

Texte ■

Etiquettes

Texte ■

Incrément Automatique

Axe

Couleur ■

Opacité 0 0,8 1

Epaisseur 1 2 10

**Aiguille**

Couleur ■

Repères

| Depuis | Jusqu'au      | Couleur        |                 |
|--------|---------------|----------------|-----------------|
| 24     | 110.00000001% | <span>■</span> | <span>🗑️</span> |
| 17     | 24            | <span>■</span> | <span>🗑️</span> |
| 12     | 17            | <span>■</span> | <span>🗑️</span> |
| 0      | 12            | <span>■</span> | <span>🗑️</span> |

+ Guide

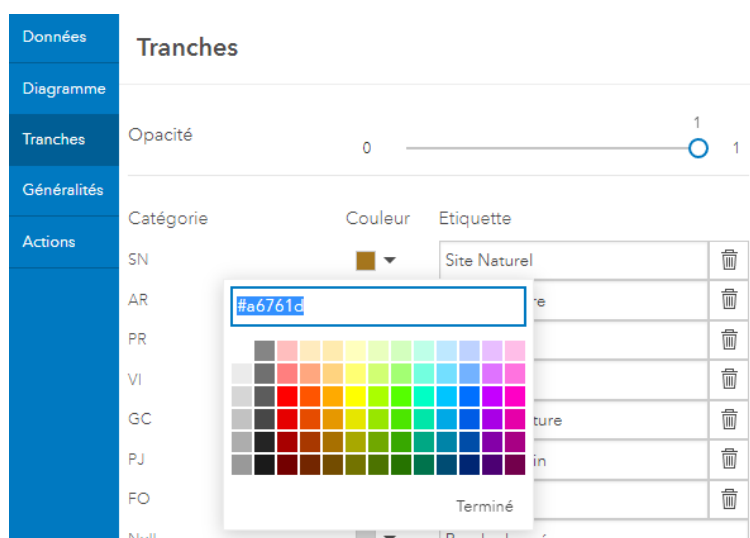
## RÉSUMÉ DES RELATIONS ENTRE ÉLÉMENTS DU DASHBOARD GEOS

Les différents éléments du Dashboard interagissent entre eux pour n'afficher que les informations nécessaires. Ici un résumé des interactions.

| Élément                            | Action                      | Éléments impactés   | Champ cible   |
|------------------------------------|-----------------------------|---|---|
| <b>Sélecteur Analyse</b>           | Filtre                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Toutes les couches de la carte Analyse</li> <li>Le Diagramme de série Valeur moyenne</li> </ul>  | Analyse   |
| <b>Sélecteur Campagne</b>          | Filtre                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Toutes les couches de la carte Analyse</li> <li>Tous les diagrammes à secteurs des analyses</li> <li>L'indicateur</li> <li>Toutes les jauges</li> </ul>  | Campagne  |
| <b>Sélecteur Occupation du sol</b> | Filtre                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Toutes les couches de la carte Analyse</li> <li>La carte Portrait</li> <li>Tous les diagrammes à secteurs des analyses</li> <li>Le diagramme à secteurs Portrait</li> <li>Le Diagramme de série Valeur moyenne</li> <li>L'indicateur</li> <li>Toutes les jauges</li> <li>La liste des sites</li> </ul> | Occupation du sol<br>ou<br>Occupation du sol actuelle |
| <b>Carte des Analyses</b>          | Filtre et Définir l'étendue | <ul style="list-style-type: none"> <li>La carte Portrait (Filtre et Définir l'étendue)</li> <li>Tous les diagrammes à secteurs des analyses</li> <li>Le diagramme à secteurs Portrait</li> <li>Le Diagramme de série Valeur moyenne</li> <li>L'indicateur</li> <li>Toutes les jauges</li> <li>La liste des sites</li> </ul>                   |   |
| <b>Liste</b>                       | Filtre et Faire clignoter   | <ul style="list-style-type: none"> <li>La carte des analyses (Faire clignoter)</li> <li>Toutes les couches de la carte Analyse</li> <li>Tous les diagrammes à secteurs des analyses</li> <li>Le diagramme à secteurs Portrait</li> <li>Le Diagramme de série Valeur moyenne</li> <li>L'indicateur</li> <li>Toutes les jauges</li> </ul>       | Numéro de site  |

## COULEURS UTILISÉES DANS LE DASHBOARD GEOS

Les codes couleurs #HEX utilisés dans le dashboard. Pour changer la couleur, coller le code désiré dans la fenêtre de couleur. Le code RGB doit parfois être utilisé dans le map viewer classic pour modifier les symboles de représentation de la carte.



Le tableau suivant résume toutes les couleurs utilisées et les étiquettes :

| Etiquette / Alias                     | Valeur     | Code #HEX | Code RGB (R, G, B) |
|---------------------------------------|------------|-----------|--------------------|
| <b>Valeurs de référence polluants</b> |            |           |                    |
| Fertilité Garantie                    | 1          | #A6D96A   | 166, 217, 106      |
| Valeur indicative                     | 2          | #FFFFBF   | 255, 255, 191      |
| Seuil d'investigation                 | 3          | #FDAE61   | 253, 174, 97       |
| Valeur d'assainissement               | 4          | #D7191C   | 215, 25, 28        |
| Pas de donnée                         | Null       | #9C9C9C   | 156, 156, 156      |
| Inférieur au seuil de détection       | 999 (Null) | #ECECEC   | 236, 236, 236      |
| <b>Valeurs de référence MO/Argile</b> |            |           |                    |
| Très critique (<12%)                  | 1          | #D7191C   | 215, 25, 28        |
| Critique (<17%)                       | 2          | #FDAE61   | 253, 174, 97       |
| Bon (<24%)                            | 3          | #A6D96A   | 166, 217, 106      |
| Optimum (>=24%)                       | 4          | #1A9641   | 26, 150, 65        |
| Pas de donnée                         | Null       | #9C9C9C   | 156, 156, 156      |
| <b>Valeurs de référence pH</b>        |            |           |                    |
| =< 5                                  | 1          | #B2182B   | 178, 24, 43        |
| 5.1 - 5.5                             | 2          | #D6604D   | 214, 96, 77        |
| 5.6 - 6.0                             | 3          | #F4A582   | 244, 165, 130      |
| 6.1 - 6.5                             | 4          | #FDDBC7   | 253, 219, 199      |
| 6.6 - 7.0                             | 5          | #F5E6E7   | 245, 230, 231      |
| 7.1 - 7.5                             | 6          | #E3E7F4   | 227, 231, 244      |
| 7.6 - 8.0                             | 7          | #4393C3   | 67, 147, 195       |
| > 8                                   | 8          | #2166AC   | 33, 102, 172       |
| Pas de donnée                         | Null       | #9C9C9C   |                    |
| <b>Occupation du sol</b>              |            |           |                    |
| Grande culture                        | GC         | #1B9E77   | 27, 158, 119       |
| Prairie                               | PR         | #E7298A   | 231, 41, 138       |
| Parc et Jardin                        | PJ         | #E6AB02   | 230, 171, 2        |
| Forêt                                 | FO         | #66A61E   | 102, 166, 30       |
| Viticulture                           | VI         | #D95F02   | 217, 95, 2         |
| Arboriculture                         | AR         | #7570B3   | 117, 112, 179      |
| Site naturel                          | SN         | #A6761D   | 166, 118, 29       |

|                    |    |  |  |
|--------------------|----|--|--|
| Culture maraîchère | CM |  |  |
|--------------------|----|--|--|