

Exercice 2 : Transformations et combinaisons de données spatiales

Établissement d'une carte indicative des risques sismiques

Objectifs :

- Comprendre les principes et les enjeux de transformations élémentaires en analyse spatiale (polygon overlay, buffering)
- Appliquer une démarche systématique de transformation de données spatiales sur la base de critères thématiques.

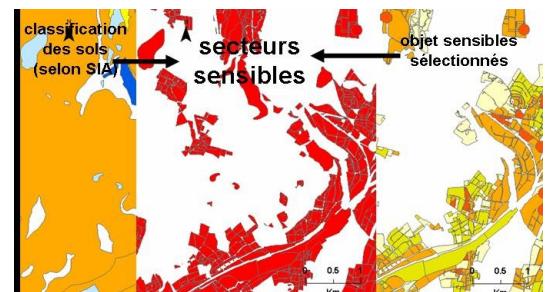
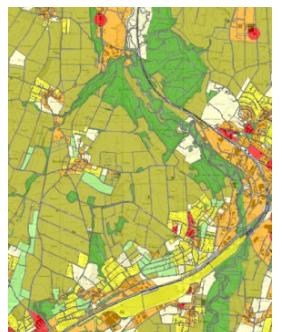
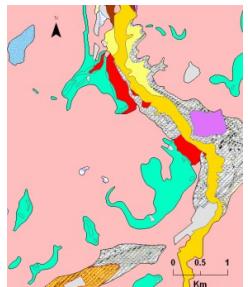
Introduction

Mise en contexte

Dans cet exercice, vous allez devoir établir une carte indicative des risques sismiques en suivant la démarche (légèrement simplifiée) appliquée dans le Canton de Vaud.

Démarche pour l'évaluation de risques environnementaux

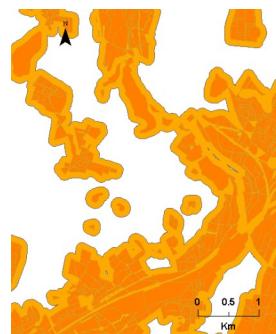
1. Appréciation du danger sismique, c'est-à-dire la probabilité qu'un événement (aléa) d'intensité critique survienne. Cela dépend en particulier de la nature de l'assise géologique des sols : il faudra donc classifier le territoire en fonction de la sensibilité sismique du substrat géologique.
2. Identification de la sensibilité du territoire aux aléas sismiques : où un événement sismique pourrait-il générer des dommages ? On imagine bien qu'un tremblement de terre menace plus une école qu'un champ de patates... Une source d'information pertinente est le plan d'affectation (PAF) de l'aménagement du territoire, qui traduit aussi bien les endroits où sont les infrastructures critiques que les endroits où l'on veut en promouvoir la construction à court ou moyen terme. Il s'agira donc de classifier les zones d'affectation en fonction des dommages potentiels, et de sélectionner les plus critiques pour la suite de l'étude (objets sensibles).
3. Pour identifier les « secteurs sensibles » au risque sismique, on se base sur un recouplement de la probabilité d'un événement d'intensité critique (danger) avec les objets sensibles aux dommages. On recoupe à cet effet les surfaces représentant les degrés de danger et les objets sensibles, et les « secteurs » résultants sont imputés d'un degré de sensibilité défini dans une table de combinaison définie sur des bases aussi bien politiques que scientifiques.



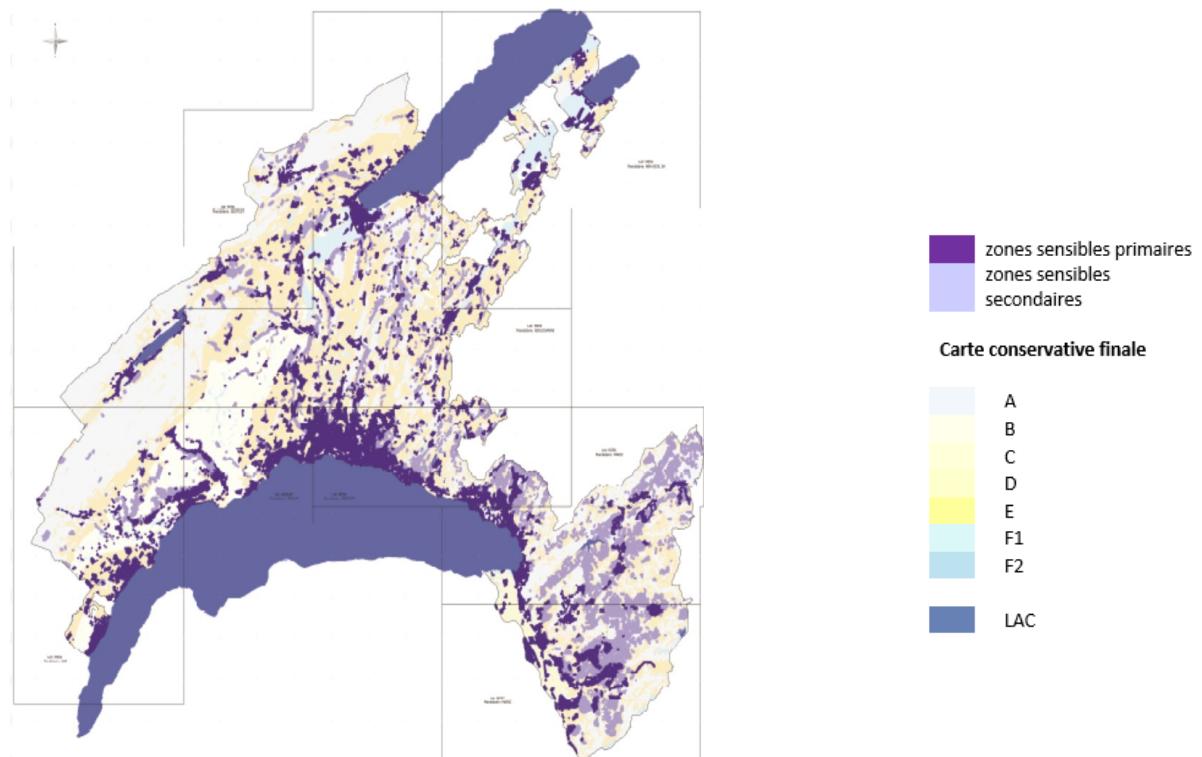
		Catégories des objets						
		1	2	3	4	5	6	7
Classe des sols de fondation	A							
	B							
	C							
	D							
	E							
	F1							
	F2							

Figure 1: Table de combinaison permettant de définir les secteurs sensibles

4. Les secteurs sensibles obtenus doivent être considérés avec beaucoup de réserve : de nombreuses incertitudes entachent la procédure d'évaluation et de délimitation des zones de danger comme des objets sensibles, et des considérations aussi bien politiques que scientifiques entrent dans la table de combinaisons. Afin de tenir raisonnablement compte des incertitudes dans une perspective de précaution, les secteurs sensibles obtenus sont « augmentés » d'une zone tampon dont l'épaisseur traduit aussi un compromis technico-politique !



Le résultat obtenu est une carte indicative des zones sensibles (secteurs sensibles augmentés d'une zone tampon de 100m), établie pour l'ensemble du canton à l'échelle du 1 :25'000. Ces zones sensibles doivent ensuite faire l'objet d'une étude locale détaillée pour obtenir des cartes détaillées des sols de fondation, définissant les normes et obligations légales des constructeurs.



Données :

- **PAF:** fichier vectoriel (ESRI Shapefile) représentant le plan d'affectation.
- **Sols_fondation:** fichier vectoriel (ESRI Shapefile) représentant la classe des sols de fondation.
- **Zone:** fichier vectoriel (ESRI Shapefile) contenant la surface entière couverte par la zone de travail.
- **Cat_CADANAV.csv:** fichier texte (CSV) indiquant les catégories **CADANAV** (Cadastre des Dangers Naturels Vaudois). Cette table lie une affectation (selon le PAF) avec une catégorie de sensibilité.
- **object_categories.xlsx:** fichier texte (Excel) indiquant la table de combinaison entre les catégories de sensibilité des objets du PAF et les codes SIA représentant les classes des sols de fondation. Les objets **included** sont les objets les plus sensibles et les objets **excluded** sont les objets les moins sensibles (cf. Figure 1).
- **paf_style.qml:** fichier de style contenant une palette de couleur pour les éléments du PAF.

Question 1 : Ouvrez le fichier *Cat_CADANAV.csv* avec un éditeur de texte ou Excel. Selon vous, quelle catégorie correspond aux affectations les plus sensibles en cas de séisme ? Quelles sont ces affectations ?

Question 2 : Ouvrez maintenant le fichier *object_categories.xlsx*. Suivant la réponse à la question 1, quelles classes de sol favorisent les dégâts en cas de séisme ?

Préparation du dossier de travail

1. Téléchargez le dossier de l'exercice depuis Moodle
2. Dézippez le dossier.
3. Ouvrez QGIS 3.28 (Desktop)
4. Créez un nouveau projet (**Project > New**) que vous sauvegarderez dans votre dossier de travail.

Tout au long de l'exercice, enregistrez régulièrement le projet.

Exercice

Importation des couches

1. Importez le plan d'affectation (PAF.shp). Choisissez la projection suisse CH1903+/LV95 (EPSG 2056).
2. Importez les deux autres couches vectorielles (Sols_fondation.shp et Zone.shp) qui sont également définies dans la projection suisse CH1903+/LV95 (EPSG 2056).

Note : Si QGIS ne vous demande pas de spécifier le CRS de la couche lors de l'importation, cela est dû aux paramètres par défaut de l'application que vous pouvez changer dans **Settings > Options** en cochant les paramètres suivants :

- **CRS for New Projects** : « Use CRS from first layer added »
- **CRS for New Layers** : « Prompt for CRS »

Classification du PAF

Nous allons tout d'abord attribuer une couleur différente à chaque affectation du PAF. Un code couleur spécifique est déjà défini et est disponible dans le fichier `paf_style.qml`.

Pour afficher une couche vectorielle avec une palette de couleur spécifique :

1. **Clic droit sur la couche > Properties > Symbology** (ici, la couche PAF)
2. **Style > Load Style...** (en bas de la fenêtre à gauche)
3. Sélectionnez le fichier de style `.qml` dans votre dossier de travail (ici, le fichier `paf_style.qml`)
4. Cliquez sur **Apply** puis **OK**.

La couche **PAF** devrait apparaître avec les nouvelles couleurs définies dans cette palette.

Lorsque l'on travaille sur une couche dans QGIS, on peut afficher la légende de la palette de couleur en cliquant sur la flèche à gauche de son nom dans la liste des couches.

Il est difficile d'extraire des informations d'une telle carte. C'est pourquoi on aimerait lier chaque Affectation à une Catégorie de sensibilité comme dans le fichier `Cat_CADANAV.csv` analysé précédemment.

Jointure attributaire

Nous aimerions maintenant visualiser la catégorie de sensibilité correspondant à chaque zone de la couche PAF. Pour ce faire, nous allons créer une jointure attributaire qui permettra de « lier » la couche géométrique PAF avec la table Cat_CADANAV afin d'importer dans la couche **PAF** la catégorie de sensibilité correspondant à chaque zone. Nous aurons ainsi une nouvelle colonne dans la table d'attribut de la couche **PAF** dans laquelle la catégorie de sensibilité sera indiquée.

Pour ce faire, il est tout d'abord nécessaire d'importer le fichier texte **Cat_CADANAV.csv** dans QGIS.

Pour importer un fichier texte dans QGIS :

1. **Layer > Add Layer > Add Delimited Text Layer**
2. Sélectionnez le fichier texte dans votre dossier de travail (ici, le fichier **Cat_CADANAV.csv**) puis cliquez sur **Open**.
3. Spécifiez si nécessaire l'encodage des données dans le menu déroulant **Encoding**. Dans notre cas, nos données ont été encodées en ISO-8859-1 (souvent utilisé pour encoder des caractères latins).
4. Sélectionnez *No geometry (attribute only table)* sous **Geometry type**.

Note : Un fichier texte pourrait contenir une géométrie (par exemple des coordonnées lat/long) mais ce n'est pas le cas du fichier **Cat_CADANAV** qui est simplement une table de correspondance.

Comme n'importe quelle autre couche, **Cat_CADANAV** apparaît dans la liste de couche et vous pouvez la « lire » en faisant **clic droit > Open Attribute Table**. La seule différence par rapport aux autres couches est qu'il n'est pas possible de la « visualiser » dans la fenêtre principale de QGIS car elle ne contient pas de géométrie.

Afin de lier la couche **PAF** avec la table **Cat_CADANAV**, nous devons leur trouver un attribut commun (attention : cet attribut n'a pas forcément le même nom dans les deux couches, mais il doit contenir la même information). Ouvrez donc la table d'attribut de **Cat_CADANAV**, puis la table d'attribut de la couche **PAF**. Quel est l'attribut commun qui permettra de lier les deux tables ?

Pour créer une jointure attributaire dans QGIS :

1. **Clic droit sur la couche géométrique > Properties > Joins**
2. Cliquez sur  pour ajouter une nouvelle jointure.
3. Spécifiez les paramètres suivants :
 - **Join layer** : table contenant les informations à importer (ici, **Cat_CADANAV**).
 - **Join field** : attribut de la table qui permettra de faire le lien.
 - **Target field** : attribut de la couche géométrique qui permettra de faire le lien.
 - (si nécessaire) **Joined Fields** : choix des attributs que l'on veut importer.

- (si nécessaire) **Custom field name prefix** : définition d'un préfixe qui sera ajouté devant le nom de tous les attributs importés (dans notre cas, nous ne voulons pas ajouter de préfixe et vous pouvez donc effacer ce qui est écrit dans la case).
4. Cliquez sur **OK**.
 5. (si nécessaire) Pour rendre cette jointure attributaire permanente, il faut sauvegarder la couche PAF résultante dans une nouvelle couche shapefile (**clic droit sur la couche PAF>Export>Save Features As**). Vérifiez bien que le format est ESRI Shapefile et désignez votre dossier de travail comme emplacement de sauvegarde et nommez cette nouvelle couche **PAF_cat**.

On peut maintenant afficher le PAF avec une palette de couleur basée sur la catégorie de sensibilité. Changez la symbologie de la couche **PAF_cat** en attribuant une palette de couleur **Reds** à la colonne contenant la catégorie de sensibilité.

Question 3 : A quelle catégorie de sensibilité et affectation appartient l'objet du PAF avec l'ID 53504 ? Sur quel(s) type(s) de sol est-il implanté ? Dans quelle(s) case(s) du tableau **object_categories.xlsx** se trouverait-il ?

Conseils : Utilisez l'expression « ID=53504 » pour sélectionner l'objet en cliquant sur  Zoomez ensuite sur l'objet sélectionné (voir la partie Sélection d'objets dans la série d'Introduction).

Pour obtenir les types de sol sur lesquels il est implanté, on peut utiliser l'algorithme **Select by location** accessible via la **Processing Toolbox** dans le menu **Vector selection** en sélectionnant les objets de **Sols_fondation** qui intersects **PAF_cat**. Cochez « Selected features only » pour obtenir uniquement les zones de sols qui sont en intersection avec l'objet sélectionné. Finalement ouvrez la table attributaire de la couche **Sols_fondation** et cliquez sur  pour identifier rapidement le CodeSIA des éléments sélectionnés.

Overlay

On aimerait maintenant automatiser cette analyse pour la reproduire sur chaque objet du PAF, ce que nous allons faire grâce à une intersection entre les couches **PAF_cat** et **Sol_fondation**. Commencez par désélectionner tous les objets des couches **PAF_cat** et **Sol_fondation** et créez une nouvelle couche **paf_intersect_sol** grâce à la fonction **Intersection** découverte dans la série d'introduction.

Nous obtiendrons ainsi une nouvelle couche de sol, « découpée » par les bordures des zones du PAF.

Question 4 : Qu'avons-nous fait à cette étape ? Pourquoi ?

Selon la table de combinaison `object_categories.xls`, les éléments avec les sols de fondation A, B et C sont exclus des éléments sensibles.

Nous allons les sélectionner de manière automatique et les supprimer avec la démarche suivante :

1. Ouvrez la **table des attributs** de la couche `paf_intersect_sol`
2. Cliquez sur  et utilisez l'expression « **CodeSIA IN ('A', 'B', 'C')** » puis **Close**.

Note : Dans les expressions, les caractères doivent être entourés d'apostrophes, ce qui n'est pas nécessaire pour les valeurs numériques.

3. En choisissant **Show Selected Features** dans le menu déroulant en bas de la fenêtre, vérifiez que tous les éléments sélectionnés ont bien une catégorie A, B ou C.
4. Activez le mode édition puis supprimez les entités sélectionnées avec 
5. Triez les éléments de la table d'attribut selon le CodeSIA (en cliquant sur l'en-tête *CodeSIA*) et vérifiez qu'il n'y a plus de CodeSIA avec la valeur A, B ou C.
6. Sauvegardez les modifications avec 
7. Quittez le mode édition (en re-cliquant dessus)

Toujours en accord avec la table de combinaison, on peut également effacer les Catégories 1 et 2 qui elles aussi ne sont jamais dans les zones sensibles primaires, et également les éléments de la Catégorie 3 avec les codes SIA E et D.

Répétez donc les étapes 1 à 7 ci-dessus pour conserver uniquement les secteurs sensibles.

Zone tampon

Afin d'obtenir les zones sensibles, nous allons maintenant « augmenter » de 100m les secteurs sensibles, autrement dit créer une zone tampon (buffer) de 100m autour de ces polygones.

Pour créer une zone tampon (buffer) dans QGIS:

1. **Vector > Geoprocessing Tools > Buffer**
2. Spécifiez les paramètres suivants:
 - **Input vector layer:** la couche sur laquelle créer la zone tampon (ici, `paf_intersect_sol`)
 - **Distance:** la distance de la zone tampon (ici, 100)
 - Choisissez l'unité de distance (ici, *meters*). Normalement, l'unité par défaut devrait être l'unité de distance de notre système de projection, qui est dans notre cas le mètre (pour la projection suisse).
3. (si nécessaire) Cochez **Dissolve result**. Cette option est recommandée lorsque l'on risque d'obtenir des polygones superposés, ce qui est le cas avec notre couche `paf_intersect_sol`. Avoir des polygones superposés peut rendre difficile la visualisation mais peut surtout poser problème lorsque l'on veut calculer la surface des zones tampons (comptage multiple)...
4. (si nécessaire) **Buffered** : sélectionnez le nom et emplacement de sauvegarde de la couche résultante (ici, nous la nommerons `Zones_sensibles`)

5. Cliquez sur **Run**.

On constate que les polygones des couches `Zones_sensibles` et `Zone` ne se superposent pas parfaitement. En effet, en ajoutant 100m autour de chaque polygone de zone sensible, on a obtenu des débordements en dehors de la zone d'étude ! Nous allons donc « couper » le résultat pour ne conserver que la zone sensible située à l'intérieur de la zone d'étude.

Pour « couper » une couche vectorielle selon une autre couche dans QGIS :

1. **Vector > Geoprocessing Tools > Clip**
2. Spécifiez les paramètres suivants :
 - **Input layer** : la couche que l'on veut couper (ici, `Zones_sensibles`)
 - **Overlay layer** : la couche que l'on va utiliser comme « emporte-pièce » (ici, `Zone`)
3. (si nécessaire) **Clipped** : sélectionnez le nom et emplacement de sauvegarde de la couche résultante (ici, nous la nommerons `Zones_sensibles_finales`)
4. Cliquez sur **Run**.

Question 5 : Calculer le pourcentage de zone sensible (en utilisant la couche `Zones_sensibles_finales`) par rapport à l'ensemble de la zone.

Question 6 : Que fait l'opérateur *Buffer*, dans quel but l'a-t-on utilisé ?

Question 7 : Dans cet exercice, nous avons fait une jointure attributaire entre une couche vectorielle et la table `CAT_CADANAV` : En quoi consiste-t-elle ? Quelle serait la différence avec une jointure spatiale (que vous pouvez trouver dans `Vector>Geoprocessing tool>Join attribute by location`) ?

Question 8 : Complétez le schéma suivant (diagramme de processus). Ajoutez-y les nouvelles couches créées et les principales étapes qui aboutissent à la couche « `Zones_sensibles_finales` ».

