

Concepts et applications de l'agriculture de précision

Charles Frenette-Vallières

2024-01-12

Table of contents

Préface	1
Table des matières	1
1 Introduction aux SIG	3
1.1 Les 5 composantes des SIG	4
1.1.1 Matériel	4
1.1.2 Logiciels	5
1.1.3 Données	7
1.1.4 Personnes	8
1.1.5 Procédures	8
1.2 Votre premier logiciel de SIG : QGIS	8
1.3 Installation et configuration	9
1.3.1 Installateur OSGeo4W	10
1.3.2 Installation séparée de GRASS et QGIS	10
1.3.3 Utilisation d'un Poste de Travail Virtuel (PTV)	11
1.3.4 Bonus : Compiler et installer les fichiers binaires	11
1.4 Tour d'horizon de l'interface	12
1.5 Open Geospatial Consortium (OGC)	16
2 Données vectorielles	19
2.1 Géométries	20
2.1.1 Points	20
2.1.2 Lignes	21
2.1.3 Polygones	23
2.2 Les attributs	25

Table of contents

2.3	Formats de données vectorielles	26
2.3.1	<i>Shapefile</i>	26
2.3.2	Formats de texte délimité (<i>csv</i>)	27
2.3.3	Autres formats	28
2.4	Manipulations simples des données vectorielles	29
2.4.1	Créer, importer, modifier ou exporter	29
2.4.2	Modifier le système de projection	29
2.4.3	Modifier la symbologie	29
2.4.4	Consulter et modifier la table d'attributs	29
2.4.5	Sélectionner des entités	29
2.4.6	Outils d'analyse et de géotraitement	29
2.5	Accéder à des données vectorielles	30
3	Données matricielles	31
4	Systèmes de coordonnées	33
5	Cartographie	35
6	Analyses spatiales	37
7	Interpolation	39
8	Télédétection optique et radar	41
	References	43

Préface

Ce guide vise à fournir les outils et les connaissances en géomatique nécessaires à la réalisation des travaux aux étudiants du cours GAE-3010 : Concepts et applications de l'agriculture de précision.

Ce cours sera réalisé sur le logiciel QGIS. Il ne s'agit pas d'un manuel de référence complet et les étudiants sont invités à consulter directement la documentation des différents outils proposés afin d'obtenir les informations les plus à jour.

Table des matières

1. Introduction aux SIG
2. Données vectorielles
3. Données matricielles
4. Systèmes de coordonnées
5. Cartographie
6. Analyses spatiales
7. Interpolation spatiale
8. Télédétection optique et radar

Concepts et applications de l'agriculture de précision par Charles Frenette-Vallières est mis à disposition selon les termes de la licence Creative

Préface

Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les
Mêmes Conditions 4.0 International

Fondé(e) sur une œuvre à <https://github.com/chavalli/agriculture-de-precision>.

1 Introduction aux SIG

Objectifs spécifiques:

À la fin de ce chapitre, vous

- connaîtrez les 5 composantes principales des SIG
 - aurez une version fonctionnelle de QGIS sur votre ordinateur personnel ou,
 - aurez accès à QGIS sur un poste de travail virtuel
 - aurez dans votre poche de nombreuses ressources sur les SIG à consulter durant la session et dans le futur.
-

Si on vous demande ce qu'est un SIG, plusieurs répondront sans doute qu'il s'agit d'un logiciel de cartographie. Or, la cartographie ne représente qu'un des nombreux aspects d'un SIG.

Les Systèmes d'information géographique (SIG) sont plutôt un ensemble de logiciels, d'outils et de méthodes portant sur l'acquisition, le stockage, l'analyse, la gestion et la restitution des données géographiques. Ils permettent notamment aux utilisateurs de contextualiser les données dans l'espace et de représenter efficacement l'information pour favoriser une prise de décision éclairée.

1.1 Les 5 composantes des SIG

On considère souvent que les SIG regroupent 5 composantes principales : Le **matériel**, les **logiciels**, les **données**, les **personnes** et les **procédures**.

1.1.1 Matériel

Le matériel regroupe tous les éléments physiques permettant l'acquisition, le stockage, le traitement ou l'affichage des données. On y retrouve par exemple :

Acquisition

- Les systèmes de géolocalisation (GPS)
- Le matériel d'acquisition (capteurs automatisés ou systèmes manuels)
- Les capteurs passifs (images multispectrales ou hyperspectrales, photographies, instruments de mesures environnementales)
- Les capteurs actifs (radar, lidar, pénétromètres)
- Le support (drones, tracteurs, avions, satellites)
- Acquisiteurs de données (ordinateurs, GPS, carnet de notes, data-logger)

Stockage

- Temporaire (cartes SD, clés USB, disques SATA/SSD)
- Long terme (serveurs, disques SATA/SSD, cartes ou photographies imprimées)

1.1 Les 5 composantes des SIG

Traitement

- Ordinateur personnel vs serveur
- Certains dataloggers
- Processeur
- Cartes graphiques

Affichage

- Écrans
- Imprimantes

1.1.2 Logiciels

Plusieurs types de logiciels font partie de l'environnement des SIG.

1.1.2.1 Logiciels de SIG

Les logiciels de SIG sont multiples et diversifiés et permettent généralement de regrouper les données, les traitements et l'affichage en un seul logiciel. Ces logiciels sont centraux dans un SIG, et peuvent suffire à bien des utilisateurs en raison de leur polyvalence.

- QGIS / GRASS (*opensource* et gratuit)
- ArcGIS (propriétaire et payant)
- Google Earth (propriétaire et gratuit selon l'utilisation)
- AutoCAD Map 3D (propriétaire et payant)

1.1.2.2 Logiciels de gestion de bases de données à référence spatiale

Dans le cadre de ce cours, les données brutes vous seront fournies pour l'exécution de vos travaux, et le volume de données sera restreint. Toutefois, les données géospatiales peuvent rapidement devenir très volumineuse et l'utilisation d'une base de données à référence spatiale est alors indispensable pour bénéficier d'une stabilité, d'une structure et d'une rapidité accrue. Ce cours ne porte pas sur les bases de données à référence spatiale, mais voici tout de même deux exemples de logiciels souvent utilisés dans le domaine.

- PostgreSQL (avec l'ajout de l'extension PostGIS)
- Oracle

1.1.2.3 Logiciels d'analyse spatiale

L'analyse spatiale et le traitement d'images sont des domaines spécialisés. Il existe de nombreux logiciels permettant de répondre à différents objectifs. Voici quelques exemples.

- **Géostatistiques** : GS+ est un logiciel entièrement dédié aux géostatistiques. Si votre objectif est de pousser vos analyses de semivariogrammes en considérant par exemple l'anisotropie, ce logiciel est un excellent outil.
- **Analyses d'images** : En télédétection et en analyse d'images, on cherche souvent à effectuer des calculs entre les différentes bandes des images ou à faire une classification de la surface pour déterminer, par exemple, l'occupation du territoire ou le type de végétation. Des logiciels comme Catalyst (anciennement Geomatica) ou ENVI sont spécialisés dans ces opérations et intègrent de nombreux outils statistiques d'analyse d'images. Mention spéciale à Google Earth Engine qui permet l'acquisition et le traitement d'images satellites simplement directement sur le serveur par l'entremise de scripts Javascript directement dans votre navigateur.

1.1 Les 5 composantes des SIG

- **Autres** : De nombreux autres logiciels peuvent faire partie de votre environnement de SIG, tout dépendant des particularités de votre projet. Les logiciels de catalogage, de photogrammétrie, de serveur, ou même les logiciels spécialisés pour vos outils (ex. Loggernet) font partie de cette catégorie. De plus, différents langages de programmation permettent de plus en plus l'intégration des données géospatiales, notamment **R** (R Spatial) ou **python** (Python GIS), à l'aide de bibliothèques spécialisées contenant des outils d'analyse géospatiale.

1.1.3 Données

Les données sont le coeur des SIG. Elles constituent l'ensemble des informations, spatialisées ou non, contribuant au projet ou à la problématique.

Quelques exemples de données :

- Images satellites
- Réseau hydrique ou réseau routier
- Agricoles : Limites et identifiants des champs, type de culture, régie de culture, teneur en eau du sol, pédologie, etc.
- Tables de référence (taux d'application en fonction du pH, degrés jours, etc.)
- Données environnementales
- Mesures directes sur le terrain

Les données peuvent être sous différentes formes, que ce soit de simples notes dans un carnet ou sous forme informatique. Dans les prochains chapitres, vous apprendrez que les données géospatiales peuvent être au format vectoriel ou matriciel.

1 Introduction aux SIG

1.1.4 Personnes

Dans tout projet, plusieurs personnes doivent être considérées, et ont un usage différent des SIG.

- **Gestionnaire** : Responsable de la détermination et de l'atteinte des objectifs du projet.
- **Analyste** : Généralement la personne qui utilise les logiciels SIG et qui détermine les procédures à effectuer sur les données.
- **Programmeur** : Pour des projets plus élaborés, les programmeurs optimisent la base de données et l'environnement de travail. Ils permettent d'effectuer des analyses plus complexes ou sur des jeux de données plus volumineux.
- **Fournisseur de données** : Peuvent être externes (organismes gouvernementaux et les plateformes de données ouvertes, USGS pour les images satellitaires, etc.) ou internes (ex. technicien d'acquisition des données pour le projet)
- **Utilisateur** : L'utilisateur final des SIG. Il est important de considérer le niveau de connaissances de l'utilisateur dans les choix de communication. (ex. client, agronome, producteur, etc.)

1.1.5 Procédures

Il s'agit des étapes de traitements et d'analyses à effectuer sur les données et des méthodes de travail. Les procédures peuvent viser la transformation, l'analyse ou la communication des informations géospatiales.

1.2 Votre premier logiciel de SIG : QGIS

Dans le cadre de ce cours, nous utiliserons le logiciel QGIS (documentation). Il s'agit d'un logiciel *libre* (*opensource*) et gratuit à la fois assez complet et polyvalent.

1.3 Installation et configuration

« Logiciel libre » [*free software*] désigne des logiciels qui respectent la liberté des utilisateurs. En gros, cela veut dire que **les utilisateurs ont la liberté d'exécuter, copier, distribuer, étudier, modifier et améliorer ces logiciels.** Ainsi, « logiciel libre » fait référence à la liberté, pas au prix (pour comprendre ce concept, vous devez penser à « liberté d'expression », pas à « entrée libre »). - Projet GNU

QGIS permet une vaste étendue de traitements et d'analyses spatiales, ce qui en fait un bon candidat pour un premier apprentissage. On peut aussi utiliser GRASS avec QGIS et travailler directement en Python, ce qui le rend très polyvalent et adaptable à différents flux de travail. La connexion avec des bases de données, par exemple avec PostGreSQL et PostGIS, est simple, tout comme l'accès à des services web (WMS, WFS, fonds de carte, etc.). Les outils proposés durant ce cours sont aussi disponibles sous ArcGIS et portent souvent le même nom, si bien que l'apprentissage d'un premier logiciel rend plus aisé le transfert vers un autre dans le futur.

Il est à noter que bien qu'on puisse *presque* tout faire avec QGIS, le logiciel propriétaire ArcGIS demeure la référence à plusieurs niveaux dans l'industrie et, bien que très dispendieux, offre l'avantage d'un support technique et parfois d'une plus grande stabilité des outils proposés. Les outils d'analyse spatiale sont très avancés et fiables. La documentation d'ESRI (compagnie d'ArcGIS) est bien développée et demeure un document de référence utile à consulter dans votre flux de travail.

1.3 Installation et configuration

Les logiciels de SIG demandent beaucoup de ressources à votre ordinateur. Si vous disposez d'un ordinateur suffisamment performant, je vous suggère de faire l'installation de QGIS directement sur votre machine. Sinon, en étudiant à l'Université Laval, vous disposez d'un accès aux postes de travail virtuels (PTV) pour pouvoir travailler à distance sur le serveur de

1 Introduction aux SIG

l'Université. Il existe plusieurs méthodes d'installation de QGIS. Je vous en propose 3, selon votre système d'exploitation et vos ambitions.

- Installateur OSGeo4W :fortement suggéré si vous êtes sous Windows
- Sous Linux ou MacOS (ou Windows), installation directe de QGIS et GRASS séparément
- Utilisation d'un poste de travail virtuel (si vous êtes étudiant à l'Université Laval)
- Bonus : Construction à partir des fichiers source ou binaires.

1.3.1 Installateur OSGeo4W

Si vous disposez d'un ordinateur avec un système d'exploitation Windows et des spécifications suffisantes (QGIS ne propose pas de spécifications minimales, mais certaines analyses spatiales peuvent être exigeantes et les données satellites peuvent être très volumineuses), l'installation suggérée est d'utiliser l'installateur OSGeo4W. Cela vous permet de faire une installation simultanée de QGIS, GDAL (qui contient des bibliothèques d'analyses spatiales) et GRASS GIS, et est de loin la méthode la plus stable et la plus conviviale. Le mieux est d'installer tous les *packages* mentionnés ici, vous en aurez besoin à un moment ou à un autre.

Cette installation est simple, vous n'avez qu'à suivre les instructions et à télécharger la version qui vous convient à cette adresse.

1.3.2 Installation séparée de GRASS et QGIS

Si vous n'êtes pas sous windows, vous devrez installer chaque logiciel de façon séparée.

Lors de l'installation, il est souvent préférable de commencer par installer GRASS, puis ensuite installer QGIS; de cette façon, QGIS trouve tous les *packages* déjà installés avec GRASS, et les versions sont les bonnes. Le

1.3 Installation et configuration

contraire peut entraîner de mauvaises surprises, et le mieux est souvent de prendre l'installation à zéro. Les instructions pour chaque distribution de Linux, ou pour MacOS, sont détaillées à cette adresse. Il est probable que vous ayez des erreurs lors de l'installation ou de la première ouverture de votre logiciel : Si c'est le cas, lisez attentivement les messages d'erreur, il est fort probable qu'il vous manque un *package*, qu'une version ne soit pas à jour ou qu'un fichier soit au mauvais endroit sur votre ordinateur (si par exemple vous avez déjà une installation de Python, il est possible que des conflits soient créés entre les versions). Internet devient alors votre meilleur ami pour trouver des solutions d'installation (ainsi que le forum du cours).

Une fois GRASS bien installé, vous pouvez passer à QGIS. Cette fois, suivez simplement les instructions officielles, et tout devrait bien aller (en principe).

1.3.3 Utilisation d'un Poste de Travail Virtuel (PTV)

Si, pour une raison ou une autre, vous ne pouvez pas ou ne voulez pas installer QGIS sur votre ordinateur personnel, la faculté de génie offre des postes de travail virtuels qui vous permettent d'ouvrir une session sur le serveur de l'Université (les autres facultés ont aussi pour la plupart des services similaires). Je vous invite à consulter directement la page du service LiberT et à suivre les instructions. Si vous éprouvez des difficultés, n'hésitez pas à contacter l'équipe de support technique.

1.3.4 Bonus : Compiler et installer les fichiers binaires

Je ne vous encourage pas à procéder de cette façon, mais une installation en compilant les fichiers binaires vous permet d'accéder aux outils les plus récents et ceux qui sont parfois en développement. Je ne donnerai pas ici les consignes d'installation, que vous trouverez facilement sur internet, parce que ce type d'installation est plus complexe et souffre parfois de

1 Introduction aux SIG

problème de stabilité. Il est pertinent toutefois de savoir que cette méthode existe puisque si vous en venez un jour à développer des extensions et des outils d'analyse sur QGIS, vous risquez de travailler avec les versions en développement.

1.4 Tour d'horizon de l'interface

Lorsque vous lancez votre application, votre interface devrait ressembler à quelque chose comme ça.

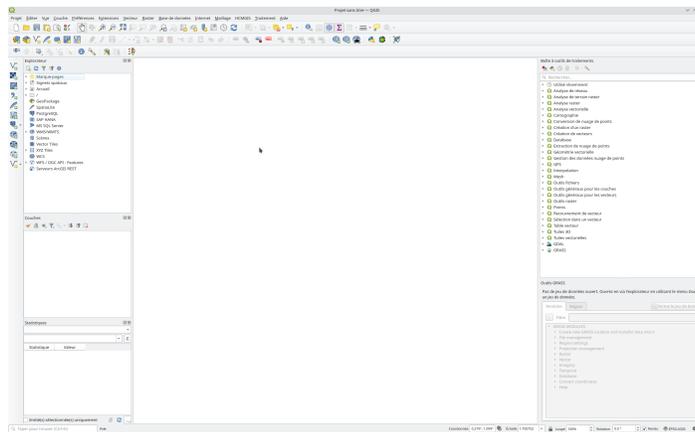


Figure 1.1: Exemple d'une interface simple de QGIS.

Vous ne savez pas par où commencer? C'est normal. La première étape sera de configurer votre environnement de travail pour qu'il réponde à vos besoins, il peut différer du mien. Certains éléments sont toutefois des incontournables, par exemple l'explorateur de fichiers. Avant d'aller plus loin, voici une visite guidée de mon interface de travail personnelle.

1. Barre de menu

1.4 Tour d'horizon de l'interface

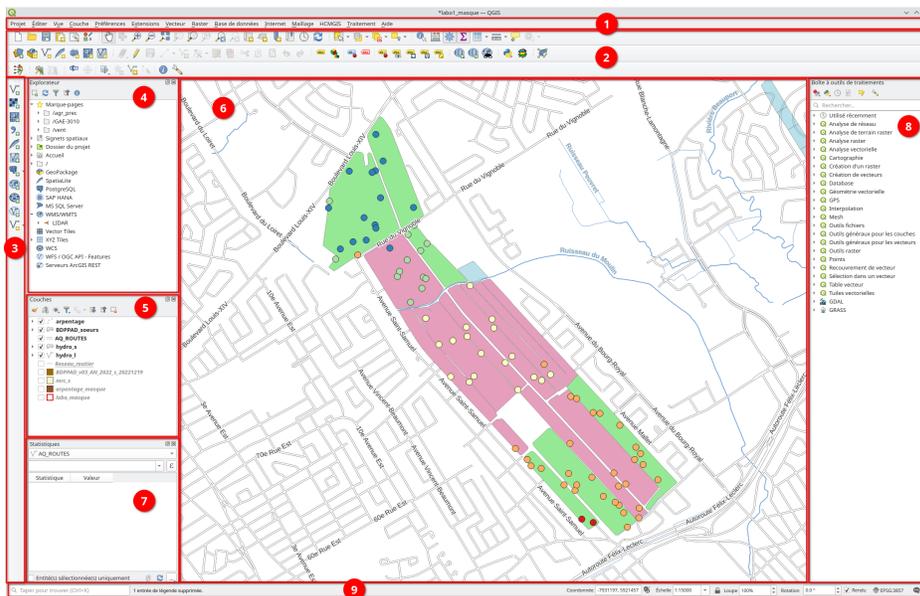


Figure 1.2: Exemple d'une interface annotée de QGIS.

1 Introduction aux SIG

Prenez le temps d'explorer les différents onglets de cette barre. C'est ici que vous accédez à la plupart des outils, que ce soit pour configurer votre environnement de travail, votre projet, pour générer une carte, afficher un fond de carte tiré d'internet (ex. Google Map) ou alors pour trouver des outils s'appliquant aux couches vectorielles (Vecteur) ou matricielles (Raster).

2. Outils rapides

Les outils les plus fréquents se retrouvent dans cette barre, notamment les outils de simple navigation (loupes, règles, etc.). La plupart des outils sont appliqués par défaut sur la couche présentement sélectionnée (dans la boîte 5 – Couches du projet). Vous pouvez rapidement sélectionner des attributs, ouvrir la calculatrice de champs, entrer en mode édition d'une couche et ajouter, modifier ou retirer des points, ajouter des étiquettes ou créer rapidement une nouvelle couche de donnée. Vous pouvez aussi accéder à la console python et travailler en python si vous êtes à l'aise avec ce langage, ou encore ajouter un service web (ex. WMS).

3. Gestionnaire des couches

Cette boîte permet en un clic d'ajouter des couches sur la carte. Vous pouvez accéder aux mêmes outils dans l'onglet Couche du menu.

4. Explorateur de fichiers

L'explorateur vous permet d'accéder aux fichiers dans votre ordinateur. Vous pouvez y configurer des raccourcis pour accéder rapidement aux données d'un projet. Pour la plupart des données, il suffit de glisser la couche à partir de l'explorateur vers l'environnement pour importer rapidement dans votre projet une ou plusieurs couches de données à la fois.

5. Couches du projet

Cette boîte affiche les couches importées dans votre projet. Vous pouvez modifier l'ordre de superposition des couches en modifiant l'ordre dans cette liste, les couches en haut étant priorisées dans la superposition. Vous pouvez cocher ou décocher la case pour afficher ou non une couche. Un

symbole représentant la symbologie est présent. Pour accéder aux informations d'une couche, il suffit de faire un clic droit sur celle-ci (consulter les propriétés, ouvrir la table d'attributs, modifier la symbologie, afficher ou modifier les étiquettes, etc.) Les options que vous consulterez le plus souvent sont : Zoomer sur la couche, ouvrir la table d'attribut et propriétés.

6. Environnement de travail

C'est ici que sont affichées vos couches. Plusieurs des outils rapides sont appliqués en cliquant directement sur l'environnement de travail. Pour une carte rapide, vous pouvez simplement faire une saisie d'écran de cet espace, mais la bonne pratique consiste plutôt à créer une nouvelle mise en page via l'onglet *Projet* du menu (à voir plus loin dans le laboratoire).

7. Outil statistique

Ici, vous pouvez rapidement choisir une couche et un champ d'attribut et y consulter les statistiques de base (Nombre, somme, moyenne, médiane, etc.) Cet outil est très utile pour les couches quantitatives (ex. arpentage dans ce laboratoire).

8. Barre à outils de traitements

Vous pouvez accéder ici à tous les outils de traitements pouvant être effectués sur des couches. Si vous connaissez le nom d'un outil, le plus simple est d'utiliser l'option *Rechercher*.

9. Barre d'état

La barre d'état au bas de l'écran vous permet de consulter et de modifier rapidement le SCR du projet (en bas à droite, via le bouton du code EPSG). Vous pouvez aussi fixer l'échelle, modifier l'orientation du Nord de la carte et visualiser les coordonnées ou les messages d'erreur.

Exercice : Personnalisez votre interface en ouvrant l'onglet *Préférences* (Figure 1.3) et en ajoutant les panneaux que vous

1 Introduction aux SIG

souhaitez (vous pouvez copier mon interface pour le moment et l'ajuster dans le futur selon vos besoins).

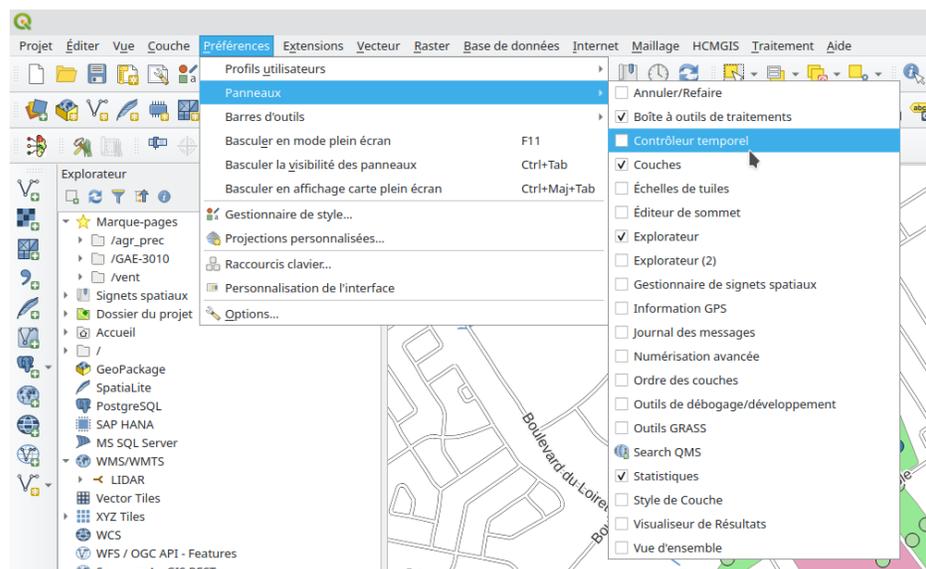


Figure 1.3: Personnalisation de l'interface en ajoutant les panneaux souhaités.

1.5 Open Geospatial Consortium (OGC)

Au même titre que les normes ISO dans plusieurs domaines, il existe des normes et standards pour les données géospatiales et les SIG. L'organisme international responsable de diffuser ces normes est l'Open Geospatial consortium (OGC). Il n'est pas obligatoire de respecter ces normes, mais je vous suggère fortement de le faire. Cette pratique permet une meilleure interopérabilité entre les applications et vous évitera de nombreux maux de têtes dans le futur.

1.5 Open Geospatial Consortium (OGC)

La fondation Open Source Geospatial Foundation propose plusieurs outils et logiciels (incluant ceux utilisés dans ce cours) qui respectent tous les normes de l'OGC.

2 Données vectorielles

Objectifs spécifiques:

À la fin de ce chapitre, vous

- connaîtrez les formes géométriques des vecteurs
 - connaîtrez les différents formats de fichiers de données vectorielles et comprendrez leur structure
 - saurez créer, importer, modifier et afficher sur une carte des couches vectorielles
 - saurez faire des opérations de base dans la Table d'Attributs
 - pourrez créer une symbologie simple pour l'affichage d'une couche vectorielle.
-

Il existe deux formats principaux de données géospatiales : Les vecteurs et les matrices (*rasters*). Ce chapitre détaille les types de données vectorielles ainsi que leur structure, tandis que les données matricielles sont présentées au chapitre 3.

2.1 Géométries

Les données vectorielles ont toujours une seule géométrie : points, lignes **ou** polygones (Figure 2.1). Dans tous ces cas, l'information représentant leur forme est enregistrée sous forme de points ou de plusieurs points (les sommets des lignes et des polygones), ce qui en fait un format très léger comparativement aux données matricielles.

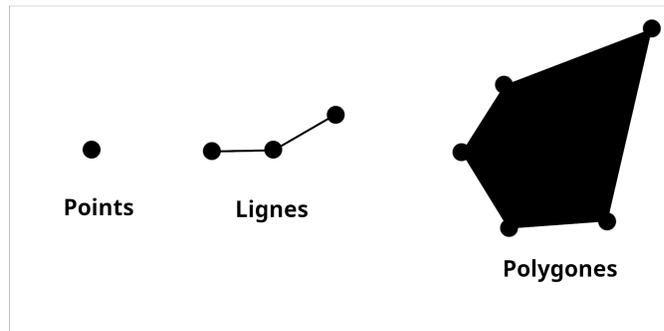


Figure 2.1: Formes géométriques des couches vectorielles.

2.1.1 Points

Les vecteurs sous forme de points sont utiles pour représenter une information... ponctuelle.

Pensez à des points d'échantillonnage, les coordonnées d'une adresse, l'emplacement d'une voiture, une borne géodésique, etc. Toutes données adimensionnelles, c'est-à-dire qu'elles n'ont ni longueur, ni superficie, sont mieux représentées par des points. Il s'agit des coordonnées lat/long ou alors x/y, et de la forme la plus simple de données vectorielles. Prenez par exemple cette représentation de l'emplacement de sites de camping.

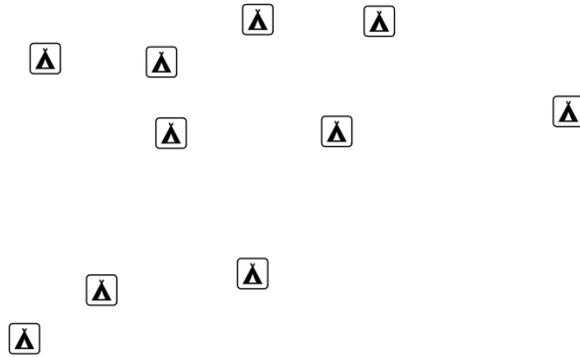


Figure 2.2: Exemple de points : Emplacements de sites de camping.

2.1.2 Lignes

Les lignes ont une seule dimension, soit la longueur, mais leur superficie est nulle comme pour les points. Leur forme la plus simple est un segment, soit une ligne entre deux points, mais elles peuvent avoir plusieurs sommets et former une polyligne. On peut même créer une polyligne fermée, qui ressemble à un polygone mais n'a aucune superficie.

Les lignes (ou polygones) sont particulièrement utiles pour représenter toutes formes de réseaux, que ce soit le réseau routier, le réseau hydrique, le réseau de transports aériens, ou tout autre. Elles peuvent aussi être utiles pour marquer des limites, par exemple les limites d'une municipalité. Enfin, on utilise souvent les isolignes, notamment pour représenter les courbes d'altitude sur une carte ou alors les zones de températures sur une carte météorologique, pour délimiter des variations d'informations continues. La Figure 2.4 montre un exemple (assez mauvais puisqu'il manque la symbolique!) de courbes de niveaux de l'épaisseur de neige dans un champ.

2 Données vectorielles

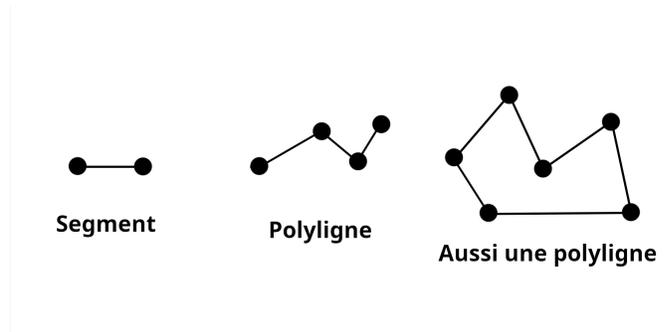


Figure 2.3: Formats de lignes : Segment, polyligne et polyligne fermée

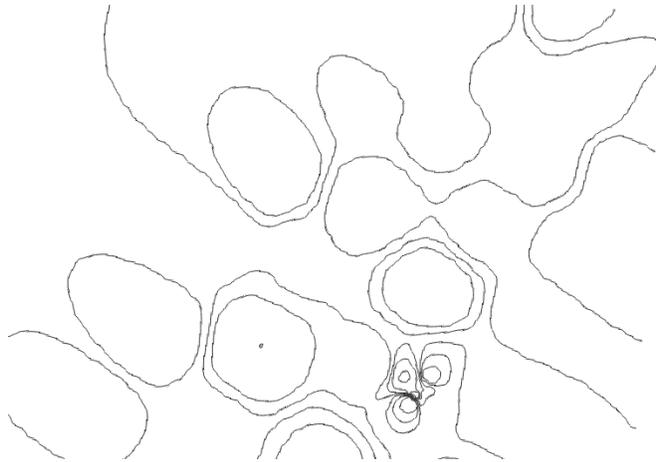


Figure 2.4: Courbes de niveau (isolignes) représentant la variation de l'épaisseur de neige dans un champ.

Si nous revenons à notre exemple de sites de camping, il est maintenant possible de visualiser le réseau des sentiers pédestres.

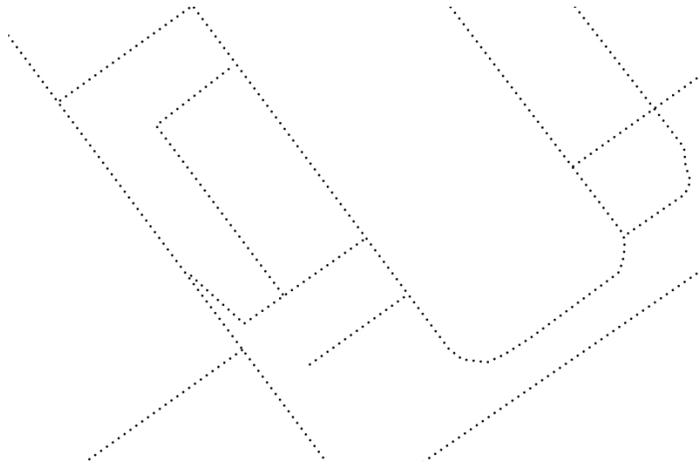


Figure 2.5: Exemple de lignes : Sentiers pédestres.

2.1.3 Polygones

Les polygones sont des objets à deux dimensions, avec un contour et une surface. Ils sont utiles justement pour représenter la surface et la superficie des objets. La Figure 2.6 montre différentes formes de polygones : Des polygones simples, complexes, troués, ainsi que des multipolygones. Et oui, un amas de plusieurs polygones peut être une seule entité! La même chose existe pour les points (multipoints) et les lignes (multilignes). C'est pratique lorsque plusieurs surfaces font partie de la même entité et partagent les mêmes attributs; on sauve alors de l'espace de stockage!

Les entités polygonales sont très utiles pour représenter des bâtiments, des zones de gestion, des champs, des étendues d'eau, etc. Si on revient à notre exemple, on peut maintenant représenter la forme des bâtiments et des tentes sur notre site de camping (Figure 2.7).

2 Données vectorielles

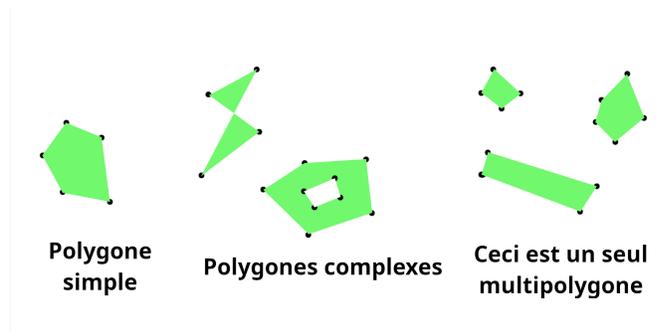


Figure 2.6: Formats de polygones : Simple, complexes et multipolygones

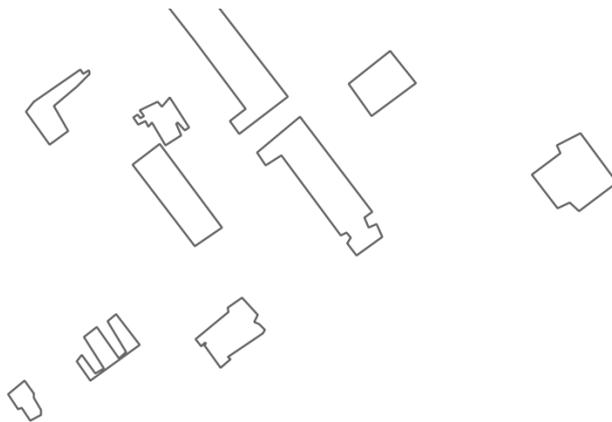


Figure 2.7: Exemple de polygones : ... Bâtiments et tentes de camping?

2.2 Les attributs

Et quand on met tout ensemble, on obtient...

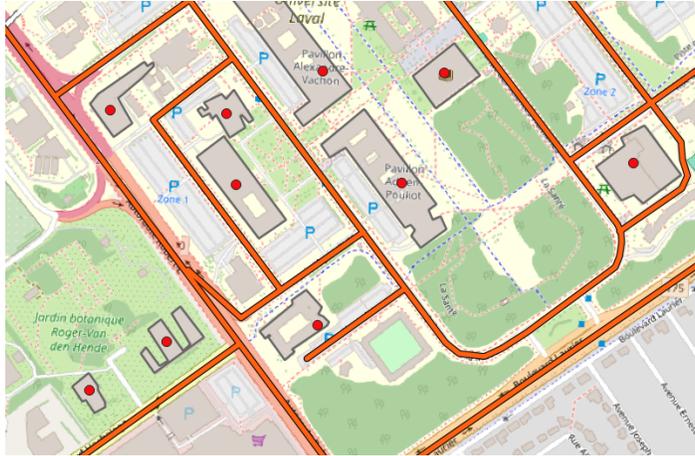


Figure 2.8: Exemple de formes : Votre magnifique campus!

... Comme quoi on peut faire dire ce qu'on veut aux données, d'où l'importance d'une symbologie juste! (comme vous le verrez au Chapitre 5)

Notez qu'il existe d'autres géométries qui vectorielles qui ne seront pas abordées dans ce cours. Les représentations 2.5D (simulation d'une troisième dimension), 3D, et même 4D et + si vous ajoutez la variable temporelle ou d'autres variables. Il existe plusieurs façons de représenter ces autres dimensions, mais cela ne figure pas dans les objectifs de ce cours.

2.2 Les attributs

Un des avantages majeurs des données vectorielles et leur capacité à stocker une table d'attributs contenant de nombreuses informations géolocalisées. Chaque entité (ligne dans la table d'attribut) contient un ou plusieurs

2 Données vectorielles

attributs (colonnes). Il est possible de classer les données de façon très efficace et d'exécuter rapidement des calculs en fonction de ces attributs pour divers objets spatiaux.

La table d'attributs est un élément important des SIG et nous l'aborderons plus en détail un peu plus loin dans le cours, mais pour l'instant vous pouvez simplement considérer les attributs des vecteurs comme des variables.

2.3 Formats de données vectorielles

Les données vectorielles peuvent être enregistrées sous différents formats selon l'utilisation qu'on souhaite en faire. Dans le cadre de ce cours, vous utiliserez principalement les données au format *Shapefile* ainsi que les formats de texte délimité (*csv*), mais il existe de nombreux formats optimisés par exemple pour les sig web ou l'affichage web.

2.3.1 *Shapefile*

Le format *Shapefile* est certainement le plus courant et le plus connu pour les données vectorielles. Développé par ESRI, une donnée vectorielle est en fait composée de plusieurs fichiers différents, dont certains sont facultatifs, que nous détaillerons rapidement ici. Pour fonctionner efficacement, une couche *shapefile* doit contenir **au minimum** les 4 fichiers suivants.

- ***.dbf** : Contient les attributs
- ***.shp** : Contient la forme, la géométrie de l'objet
- ***.shx** : Contient l'index de la géométrie
- ***.prj** : Contient la projection au format *WKT* (vous verrez les projections plus en détail au chapitre 4)

2.3 Formats de données vectorielles

Techniquement, le fichier `*.prj` est parfois facultatif, mais sans lui les informations concernant le système de coordonnées et la projection de votre couche seront absentes, ce qui rendra vos opérations beaucoup moins agréables. La meilleure pratique est donc de toujours l'intégrer.

Les autres fichiers facultatifs peuvent contenir par exemple les métadonnées ou d'autres types d'index, mais ne seront pas utilisés dans ce cours.

Lorsque vous transmettez une couche *shapefile* ou que vous la diffusez sur le web, veillez d'abord à réunir tous ces fichiers dans un dossier compressé `*.zip`; les applications web ne prennent que ce format, et cela facilitera aussi la gestion des fichiers pour tout le monde.

2.3.2 Formats de texte délimité (*csv*)

Il arrive souvent que les données ponctuelles soit enregistrées au format `*.csv`. Ce format a l'avantage d'être très léger et peut être utilisé facilement dans votre flux de travail avec d'autres applications (par exemple sur un tableur comme *MS Excel* ou avec R ou un autre langage de programmation). Le format `*.csv` n'est constitué que d'un seul fichier ce qui le rend polyvalent.

Bien que très pratique, les fichiers `*.csv` ont un défaut majeur : Ils ne contiennent pas l'information du système de référence et de projection cartographique. Lors de l'importation dans un logiciel de SIG comme QGIS, il est donc nécessaire de spécifier le système de projection utilisé lors de l'enregistrement des données. Si vous n'êtes pas attentif et que vous ne notez pas l'information à un endroit sûr, il peut devenir ardu de retrouver la projection, et les données peuvent devenir très difficiles à utiliser. Pour ces raisons, je vous suggère d'utiliser plutôt les *Shapefile* lorsque c'est possible.

2.3.3 Autres formats

De nombreux autres formats existent, en voici ici quelques exemples ainsi que leurs usages principaux. Pour plus de détails, veuillez consulter la page des standards de l'OGC.

- **Geodatabase** : Il existe différents formats de Geodatabase (ex. Geopackage). Leur rôle consiste à stocker de façon précise des séries de données dans des logiciels, comme une base de données.
- **GML (*Geography Markup Language*)** : Format de balises XML pour les données géospatiales. Enregistre en un seul fichier les attributs, les formes et les projections.
- **GeoJSON** : Format compact sous forme de texte, sans balises. Il s'agit du format le plus compact, donc il est souvent utilisé en cartographie web.
- **KML (*Keyhole Markup Language*)** : Développé par Google et récemment intégré dans les standards de l'OGC, KML est aussi un langage de balises basé sur XML. Il se distingue de GML par sa volonté d'inclure des marqueurs de visualisation, des images et des annotations. Par le passé, les fichiers KML avaient le problème majeur de ne pas enregistrer les systèmes de projection et d'utiliser uniquement le système web international (EPSG:4326); ce problème pourrait être résolu avec le partenariat entre Google et l'OGC.
- **GeoRSS** : Un peu comme les données RSS classiques (par exemple les flux RSS pour l'accès automatique et en temps réel aux données de publications web), GeoRSS est un format léger qui vise à générer un flux de données pouvant être extraites par différentes applications. Ce format peut être pratique pour automatiser l'accès en temps réel à vos données d'échantillonnage, par exemple.
- **Formats web** : Web Map Service (WMS) ou Web Feature Service (WFS) sont des exemples de formats basés sur des protocoles HTTP et diffusent respectivement des images ou des données au format GML. En général, on diffuse sur un serveur cartographique des services cartographiques via le protocole HTTP, puis on y accède

2.4 Manipulations simples des données vectorielles

en effectuant des requêtes. Plusieurs organismes gouvernementaux diffusent des données sous forme de services web, donc il est utile d'apprendre à y accéder.

2.4 Manipulations simples des données vectorielles

Section incomplète!

2.4.1 Créer, importer, modifier ou exporter

Créer une nouvelle couche vectorielle 

Ajouter une couche vectorielle existante 

Ajouter une couche de texte délimité 

Ajouter une couche GPS 

2.4.2 Modifier le système de projection

2.4.3 Modifier la symbologie

2.4.4 Consulter et modifier la table d'attributs

2.4.5 Sélectionner des entités

2.4.6 Outils d'analyse et de géotraitement

-

2 Données vectorielles

2.5 Accéder à des données vectorielles

3 Données matricielles

sont quant à elles constituées de pixels contenant chacun une valeur (par exemple la couleur d'une photographie). La résolution des données matricielles varie en fonction du nombre et de la taille des pixels, alors qu'elle varie seulement en fonction du nombre de sommets pour les données vectorielles. Les données vectorielles sont donc beaucoup moins volumineuses et peuvent contenir une table attributaire plus complète.

Ajouter une couche matricielle 

4 Systèmes de coordonnées

5 Cartographie

6 Analyses spatiales

7 Interpolation

8 Télédétection optique et radar

References

