

Usage des logiciels libres pour la gestion des données à référence spatiale

Apollinaire Bamana BATOURE* et Michel TCHOTSOUA

Université de Ngaoundéré, Laboratoire de Géomatique, BP 454, Ngaoundéré, Cameroun

* Correspondance, courriel : apollinaire.batoure@gmail.com

Résumé

L'essor des logiciels distribués sous licences libres a favorisé la création des communautés qui développent des applications, pour des travaux dans divers domaines scientifiques. Parmi ces domaines, nous avons ceux où les données à référence spatiale sont exploitées. Nous utilisons ces logiciels pour ressortir l'intérêt de la mise en place d'une base de données urbaine, nécessaire à la gestion des Collectivités territoriales décentralisées. Ils nous permettent l'acquisition, l'intégration et l'exploitation des données spatiales. Une illustration est faite à partir des données sur la ville de Ngaoundéré au Cameroun. Cet article, au final, révèle que les logiciels libres sont suffisamment mûrs pour permettre de réaliser des travaux non seulement dans les structures académiques, pour le caractère pédagogique, mais aussi pour des applications professionnelles de haut niveau.

Mots-clés : *donnée à référence spatiale, donnée urbaine, géomatique, logiciel libre, Ngaoundéré.*

Abstract

Using free softwares' for spatial data management

The rise of software distributed under free licenses has fostered the creation of communities that develop applications, for work in various scientific fields. Among these domains, we have those where data with spatial references are exploited. We use them specifically to highlight the value of setting up an urban database, which is necessary for the management of decentralized territorial communities. These applications enable the acquisition, integration and exploitation of spatial data. An illustration is made from data on the city of Ngaoundere in Cameroon. This article, ultimately, reveals that open source software is sufficiently mature to enable work to be carried out not only in academic structures, but also for high-level professional applications.

Keywords : *spatial referenced data, urban data, geomatic, free software, Ngaoundere.*

1. Introduction

L'usage des logiciels propriétaires est fortement ancré dans les entreprises, les structures étatiques et même celles académiques comme les Laboratoires [1]. Les laboratoires utilisent de nombreux logiciels notamment pour les expérimentations, les simulations et les calculs [2]. Ces logiciels propriétaires ou

logiciels privatifs ne donnent pas la possibilité d'étudier ou de modifier le code source. Ils sont caractérisés par l'usage des types des formats et standards fermés [3]. Les logiciels propriétaires ainsi que leurs mises à jour sont acquis moyennant de fortes sommes d'argent, contrairement aux logiciels libres [4]. Il est question, dans cet article, de démontrer, afin de briser le mythe, que les logiciels libres sont suffisamment mûrs pour permettre de réaliser des travaux non seulement dans les structures académiques, pour le caractère pédagogique, mais aussi pour des applications professionnelles de haut niveau. Pour cela, nous prenons appui sur le domaine de la gestion des données à références spatiales, spécifiquement du domaine urbain. Les applications de ce domaine sont utiles, entre autres, pour les structures académiques, les Bureaux d'études et les Communautés Territoriales Décentralisées (CTD). Les CTD les utilisent afin d'améliorer la gestion de leur aire et offrir un meilleur cadre de vie aux populations. De manière singulière, nous travaillerons à créer une base de données pour la gestion urbaine. Le cadre applicatif est la ville de Ngaoundéré au Cameroun. Elle est la capitale d'une des dix régions que compte le Cameroun [5]. Cette ville, comme beaucoup d'autres au Cameroun ou en Afrique, connaît ces dernières années un important développement spatio-démographique [6]. En cinquante ans (1960 - 2010), la population a été multipliée par un facteur supérieur à 25 [7, 8].

Il en est encore plus pour la surface bâtie [6]. Cette forte extension incontrôlée de la population et de l'occupation des sols a pour conséquence immédiate la mauvaise répartition des services sociaux urbains de base. Certaines de ces infrastructures ou équipements sont sur-utilisés alors que les autres sont sous-utilisés [9]. Ngaoundéré n'est que l'illustration d'un phénomène général, au Cameroun et même en Afrique au Sud du Sahara [10, 11]. La maîtrise et la gestion rationnelle des données est un préalable à la recherche des solutions aux problèmes urbains [11, 12]. Vu l'immensité, la diversité et la complexité de ces informations, la mise en place des systèmes de gestion de l'information de masse s'avère indispensable [13, 14]. Les données sur la ville sont mises à notre disposition par le *Laboratoire de Géomatique* de l'Université de Ngaoundéré. Elles nous permettent de réaliser la base de données urbaine. Nous utilisons, pour cela, des logiciels libres dédiés à la gestion des données à références spatiales, au détriment des logiciels propriétaires. Le reste du travail est divisé en deux grandes parties, après quoi vient la conclusion. La première partie concerne les matériels et méthode utilisés. Nous y décrivons, plus amplement, les logiciels libres, les outils et applications puis la méthodologie de création de la base de données urbaine. Dans la seconde partie, il est question de présenter les résultats, non sans dégager une évaluation de l'application. Ces résultats portent sur la création et la visualisation des couches de données puis l'interface d'interaction avec la base de données.

2. Matériels et méthodes

Dans cette partie, nous présentons de manière générale la philosophie et les caractéristiques des logiciels libres avant de nous appesantir sur ceux utilisés comme logiciels du domaine des *Systèmes d'Informations Géographiques* (SIG). Ensuite, nous donnons les outils et applications nécessaires pour réaliser ce travail. Enfin, dans la méthodologie, nous montrons l'intérêt de la mise en place d'une base de données urbaine et le cadre nécessaire à sa création.

2-1. Logiciels libres

Selon la FSF (*Free Software Foundation* www.fsf.org/), à l'origine du concept, le logiciel libre est un logiciel fourni avec l'autorisation à quiconque de l'utiliser, le copier, le modifier et le redistribuer. La redistribution peut être conforme à l'original ou avec modifications, gratuitement ou contre un certain montant. Pour être libre, un logiciel doit respecter quatre libertés fondamentales : d'*exécution*, d'*étude*, de *redistribution* des

copies et d'*amélioration*. Cela signifie en particulier que son code source doit être disponible. Plus de 50 licences différentes ont été approuvées par organisation OSI (*Open Source Initiative*) [15]. Certaines sont très libérales du point de vue des droits de copie, de modification et de redistribution du code source. D'autres sont nettement plus restrictives. Ainsi, pour une entreprise ou une Institution de recherche, entrer dans le monde du "libre" implique la maîtrise des subtilités de la couverture de ces licences. Les avantages des logiciels libres tels que relevés dans [16] par BERNARD sont, entre autres, le moindre coût, la moindre dépendance par rapport à l'éditeur, l'ouverture aux standards et extensions, la qualité finale régulièrement améliorée, la pérennité assurée par des communautés vivantes, la sécurité accrue due à l'accès aux codes sources qui est un droit. Les projets open sources bénéficient largement des infrastructures d'hébergement, de collaboration et de support en ligne que sont les « forges » ou « communautés ». La plus connue est *sourceforge* (www.sourceforge.net). En mars 2016, elle revendique 3,7 millions de développeurs utilisant la plateforme, 430 000 projets hébergés et 4,8 millions de téléchargements de logiciels par jour. Des centaines de ces logiciels sont du domaine de la géomatique et font fortement concurrence aux logiciels propriétaires. La *géomatique* est la science qui allie informatique à la gestion des données à références spatiales [17]. Ils prennent en compte tous les aspects logiciels des systèmes d'informations géographiques, à savoir :

- la collecte ou *Acquisition* (*BaseCamp, GoogleEarth, etc.*);
- le stockage ou *Archivage* (*PostgreSQL / PostGIS, MySQL, SQLServeur, Mondrian, etc.*);
- l'interrogation ou *Analyse* (*R, Weka, etc.*);
- la visualisation ou *Affichage* (*QGIS, gvSIG, GrassGIS, OpenJump, etc.*);
- la représentation ou *Abstraction* (*OpenStreetMap, MapServeur, BDCarto, CartoWeb, GeoServeur, etc.*);
- et la simulation ou *Anticipation* (*Clue-S, GAMA, etc.*).

Certains de ces logiciels jouent plusieurs rôles et sont définis suivant les normes OGC (*OpenGIS Consortium*, <http://www.opengeospatial.org/>). Ces normes ont pour but de faciliter l'échange de données dans le domaine de l'information géographique. La normalisation, afin de faciliter l'échange de données est un autre point fort des logiciels libres [18].

2-2. Outils et applications

Les travaux sont effectués à partir d'une image satellitaire d'un mètre de résolution, acquise en 2013 par mosaïquage d'images obtenues des satellites *IKONOS* et *QUICKBIRD*. Pour la collecte des données sur le terrain, nous utilisons des *GPS GARMIN 60*. Pour extraire les données du GPS Garmin, nous utilisons le logiciel *BaseCamp*. BaseCamp aide à planifier des itinéraires et permet le transfert de cartes, de Waypoints, de routes et de pistes depuis l'appareil Garmin vers un ordinateur. Les fichiers extraits sont au format *.gdb*. Nous les transformons au format *.gpx* pour pouvoir les utiliser avec le logiciel QGIS. Sur ce logiciel, les données GPS sont téléchargées et gérées à partir de l'outil *gpsbabel*. Comme application SIG, nous avons utilisé *Quantum GIS* (www.qgis.org/) pour effectuer les travaux. Quantum GIS ou plus simplement QGIS, est un système d'information géographique libre, multi-plateforme et publié sous licence GPL. Il gère à la fois les formats d'images matricielles et vectorielles ainsi que les bases de données. Il prend en charge les archives vectorielles *shapefiles* et peut être couplé au SIG GRASS pour des modules d'extensions. Il assure les mêmes fonctionnalités que les SIG propriétaires *MapInfo* ou *ArcGIS* par exemple. Pour créer notre base de données et la faire interagir avec Quantum GIS, nous avons utilisé *PostGIS* (www.postgis.fr/). PostGIS est l'extension spatiale du logiciel libre *PostgreSQL* (www.postgresql.fr/) qui lui confère le statut de *Système de Gestion de Bases de Données (SGBD) relationnel et géospatial*. PostGIS permet la gestion des index spatiaux de type "arbres de recherches généralisés" (GiST) sur arbre R, et des fonctions de calcul et d'analyse des objets géographiques. Il est utilisé dans QGIS et assure le stockage d'objets géographiques et le traitement spatial dans une base de données au même titre que l'extension SPATIAL d'Oracle ou SDE d'ESRI

(*Environmental Systems Research Institute Inc.*) qui, par contre, sont propriétaires. Les précédents outils nous permettent de créer la base de données et la visualiser à l'aide d'un logiciel SIG. La base de données étant mise en place, il faut la rendre aisément exploitable. Particulièrement au niveau de l'alimentation. Nous utilisons, pour créer l'interface de communication avec la base de données, l'application *KompoZer* (<http://www.kompozer.net/>). Nous configurons ensuite et faisons communiquer les serveurs installés pour un fonctionnement optimal de l'application. KompoZer est un programme de conception de sites web entièrement graphique du style (WYSIWYG - *What You See Is What You Get*). Il remplace l'application *Nvu* dont le développement a été arrêté. Il a l'avantage de permettre la création de l'interface par le langage de balises *HTML* et d'intégrer le code *PHP* et *JavaScript* à la suite. Il est comparable à *Frontpage* (produit par la société *Microsoft*) et *Dreamweaver* (produit par la société *Macromedia*), qui sont des logiciels propriétaires.

2-3. Méthodologie

L'avènement des techniques plus rapides et efficaces de traitement et de gestion de l'information, la mise en place des systèmes d'informations et des moyens d'échanges de celles-ci ont favorisé le développement d'outils performants de gestion de l'information de masse dans des secteurs variés. Les sciences à références spatiales n'ont pas été en reste. Ils sont ainsi nés les *systèmes d'informations géographiques (SIG)* [13, 14]. A la faveur des nombreuses avancées technologiques, ces systèmes ont aussi évolué et sont devenus encore plus diversifiés et spécialisés. La multitude de variantes de ces systèmes démontre une grande importance pour la gestion des Collectivités Territoriales Décentralisées (CTD). En effet, les CTD sont parmi les premiers utilisateurs dans le temps, en volume et en termes d'informations exploitées. Elles traitent une grande quantité d'informations géographiques de types variés (vecteur, raster, données alphanumériques), de thèmes très divers (patrimoine, voirie, espace vert, réseaux notamment) et dans le cadre d'applications nombreuses et différentes (gestion, aide à la décision, communication). Par ailleurs, les « collectivités sont par essence des territoires sur lesquels tout est géo positionnable et donc représentable à partir d'une carte ». Les infrastructures urbaines regroupent, entre autres, les infrastructures scolaires, sanitaires, religieuses, touristiques, sportives, administratives, commerciales, transports. Les réseaux urbains quant à eux sont constitués de la voirie, des réseaux électrique, téléphonique, d'assainissement ou d'adduction d'eau notamment [12, 14]. Plusieurs documents régissent les différents aspects de la planification urbaine au Cameroun. Ce sont entre autres, le plan directeur d'urbanisme (PDU), le plan d'occupation des sols (POS), le plan de secteur (PS), le plan sommaire d'urbanisme (PSU) [19, 20]. Chacun des documents comprend un rapport justificatif, des documents graphiques et cartographiques, un règlement et des annexes. Les documents graphiques et cartographiques sont mis en place à l'aide d'une base de données urbaine. Dans ce travail, la création de la BDU répond au schéma de l'architecture Web SIG (**Figure 1**). Ce schéma s'articule autour d'un système de gestion des bases de données (SGBD) pour l'implémentation du modèle conceptuel de données ; une interface (de préférence web) permettant l'interaction avec la base de données ; et un SIG bureautique dédié à la présentation ou affichage des données sous forme de cartes [21, 22].

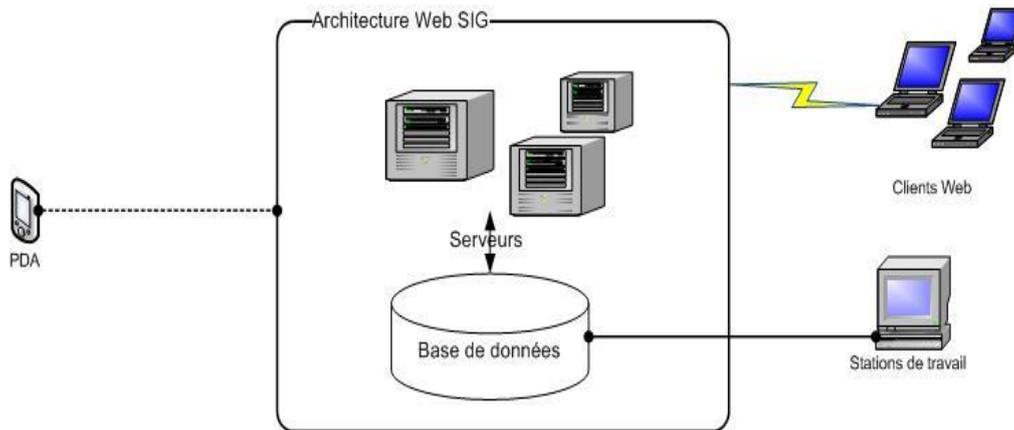


Figure 1 : Architecture de mise en place et d'exploitation d'une BD spatiale

3. Résultats et évaluation

La présentation des résultats porte sur la création de la base de données à partir d'un SGBD spatial, sa visualisation à l'aide d'un logiciel SIG puis l'interaction via une interface Web.

3-1. Création et visualisation des couches

Le travail préalable est de géoréférencer l'image de la ville de Ngaoundéré (**Figure 2**) à partir de QGIS. Cette phase a pour but de placer l'image acquise dans un référentiel mondial. Pour cela, il nous faut repérer certains points facilement identifiables à la fois sur l'image et sur le terrain. Nous avons opté pour les carrefours, les ronds-points et les ponts. Une vingtaine de points a été recueillie. Les coordonnées sont collectées en degré, minutes et secondes.

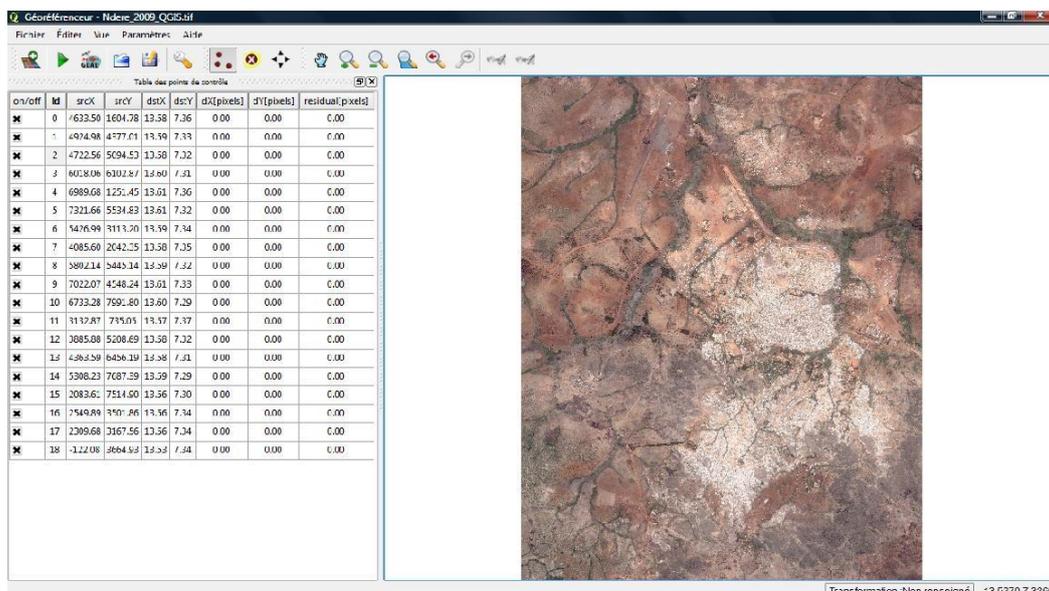


Figure 2 : Géoréférencement de l'image avec QGIS

A droite, nous avons le raster où sont renseignés les points. A gauche, nous avons les coordonnées recueillies. Après avoir renseigné les points, nous devons corriger les erreurs résiduelles qui doivent toutes

être annulées pour que le géoréférencement soit validé. Ce travail étant fait, les couches peuvent actuellement être créées et utilisées. Après l'installation du SGBD (PostgreSQL) et de son extension spatiale (PostGIS), l'interface pgAdmin III (www.pgadmin.org) nous aide à la création et à la manipulation de la base de données. Il faut s'assurer que dans le menu latéral gauche, l'on a dans « *base de données* », « *postgis* » et « *template_postgis* »; et que dans le schéma de la base de données « *postgis* », il existe déjà deux tables, à savoir « *geometry_columns* » et « *spatial_ref_sys* ». Tous ces éléments sont indispensables à la gestion et la représentation d'objets géographiques de même que la gestion des systèmes de références spatiales. Notre but étant de créer une base de données des infrastructures urbaines, nous les avons regroupées premièrement par types. Ces types sont :

- les infrastructures sanitaires : hôpital, centre de santé, pharmacies, cliniques ;
- les infrastructures scolaires : maternelle, primaire, secondaire, centre de formation professionnelle ;
- les infrastructures religieuses : église, mosquée ;
- les infrastructures touristiques : hôtel, auberge, monument, site naturel ;
- les infrastructures sportives : stade, gymnase ;
- les infrastructures de transport : interurbain, urbain, aérien, ferroviaire ;
- les infrastructures administratives : délégation régionale et service régional, délégation départementale et service départemental, commandement territorial, sécurité publique, organisme international, organisation non gouvernementale et groupement d'initiative commune ;
- les infrastructures financières : banque, assurance, micro-finance, transfert d'argent ;
- les infrastructures commerciales : structure commerciale, marché.

Comme réseaux, nous pouvons citer la voirie, le réseau des cours d'eaux et celui ferroviaire. Pour profiter de la puissance de PostGIS, nous utilisons le type « *geometry* ». Et pour créer un champ de type « *geometry* », on utilise la commande SQL suivante dans PostgreSQL : *SELECT AddGeometryColumn ('nom_de_la_table', 'nom_de_la_colonne', srid, 'type_de_geometrie', dimension);*. Dans cette requête, *srid* est l'identifiant de la projection utilisée et la dimension est 2 ou 3, selon que les données sont en 2 ou 3 dimensions. Notons qu'il est possible de créer une colonne de type « *geometry* » directement lors de la définition de la table, comme pour les autres colonnes. L'intérêt de passer par la requête *AddGeometryColumn* est de mettre à jour la table *geometry_columns* et la conservation des métadonnées. Cette table est utilisée pour les applications qui suivent les recommandations de l'*OpenGIS Consortium (OGC)* [18]. La table *geometry_columns* stocke les métadonnées sur les colonnes de type « *geometry* ». Ces métadonnées sont requises par certaines applications qui suivent les recommandations de l'OGC. Pour mieux illustrer le travail fait, nous présentons le schéma pour les tables de types infrastructures sanitaires avant de faire les connexions pour projections dans QGIS. Le type « *infrastructures sanitaires* » sur lequel nous concentrons nos travaux, est composé de quatre tables, à savoir : *hôpital*, *centre de santé*, *clinique* et *pharmacie* (**Figure 3**). Pour chaque table, puisqu'il y a utilisation des géométries, il nous faut insérer le champ de type « *geometry* » tel que expliqué ci-haut. Pour la table « *Hopital* » par exemple, nous exécutons la requête suivante : *SELECT AddGeometryColumn ('Hopital', 'pt', 4326, 'GEOMETRY', 2);*. Afin de remplir cette colonne à partir des coordonnées recueillies sur le terrain, il nous faut exécuter la requête suivante : *UPDATE "Hopital" SET pt = geomFromText ('POINT(' || "Coord_X" || ' ' || "Coord_Y" || ')', 4326);*. Ce processus est répété pour toutes les tables de la base de données. Nous aurons ainsi créé le type géométrique et l'alimenté à partir des coordonnées X et Y recueillies sur le terrain.

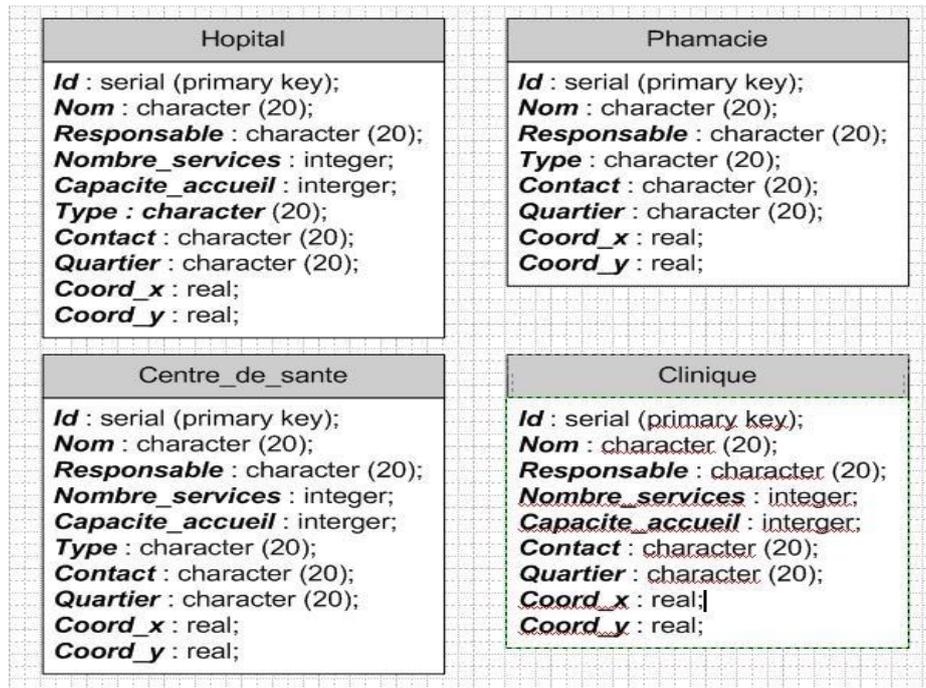


Figure 3 : Schéma des tables de types infrastructures sanitaires, avant insertion du type « geometry »

À présent que la BDU est créée à partir du SGBD Spatial, nous pouvons la visualiser sur l'image précédemment géoréférencée, comme couches. Nous utilisons pour cela QGIS. Une connexion (Figure 4) est établie entre PostgreSQL et QGIS.

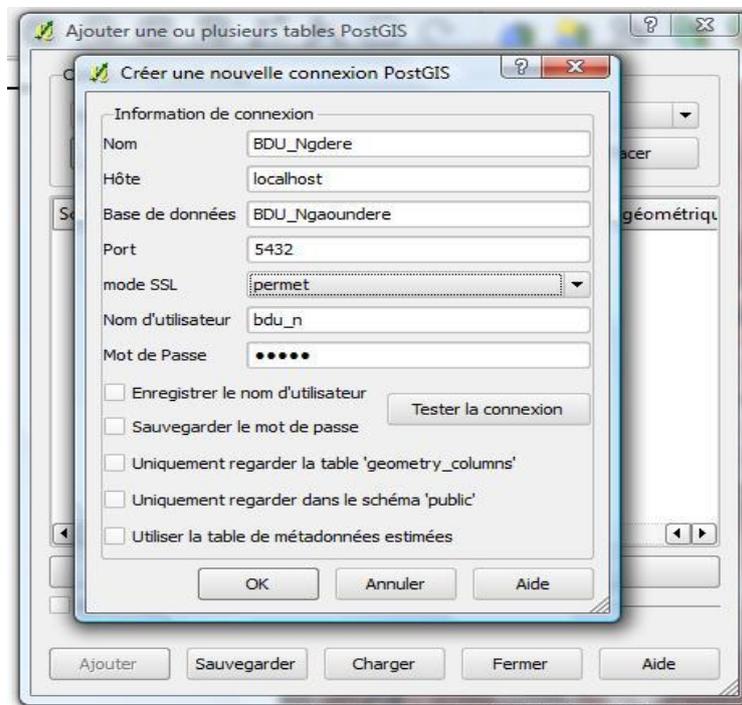


Figure 4 : Connexion de la base de données urbaine à QGIS

La connexion entre QGIS et la base de données établie, l'on projette les couches ayant au moins un champ géométrique. La Figure 5 montre un exemple de projection sur la carte de la couche des centres de santé.

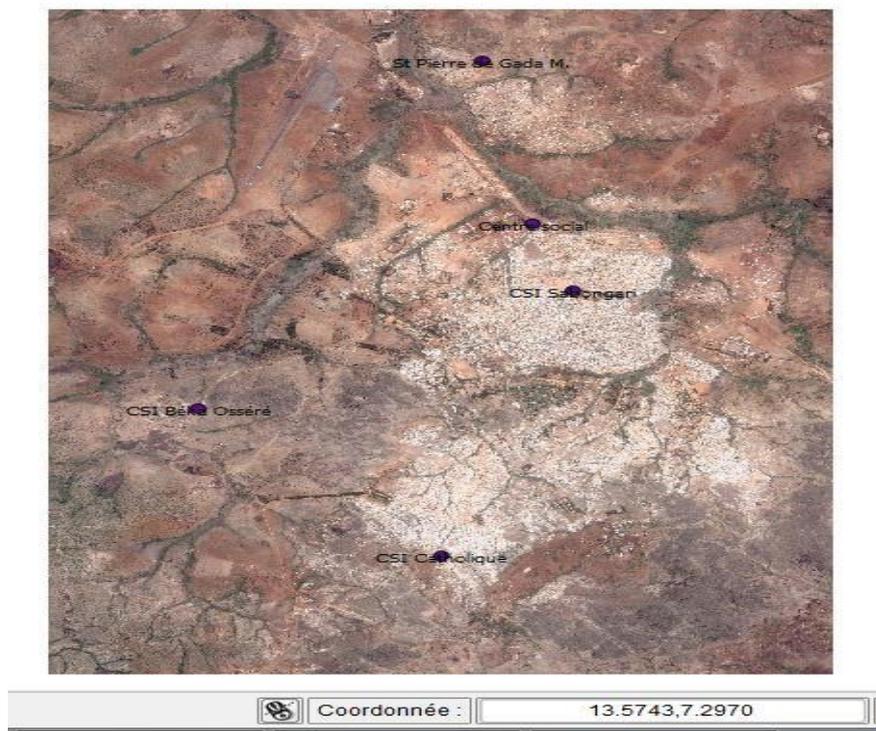


Figure 5 : *Projeté de la couche centre de santé*

3-2. Interface d'interaction avec la base de données

La base de données étant mise en place, il faut la rendre aisément exploitable. Particulièrement au niveau de l'alimentation. Nous utilisons, pour créer l'interface de communication avec la base de données, l'application *KompoZer*. La structure de notre site permet, à partir de la page d'accueil, d'accéder aux pages de différents types d'infrastructures urbaines. Pour chaque type d'infrastructures, nous avons accès à ses entités (tables où sont sauvegardées les données). Cette structure est résumée dans le schéma de la **Figure 6**.

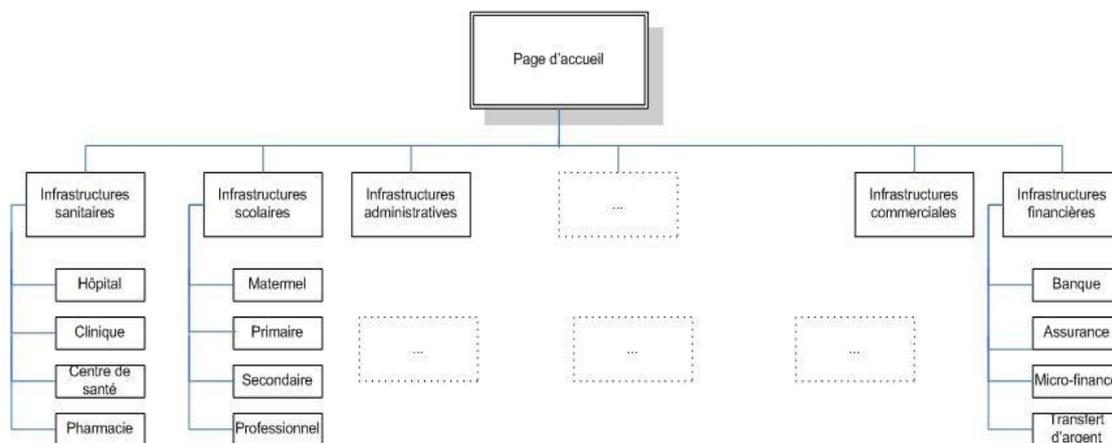


Figure 6 : *Structure de l'interface de gestion de la BDU*

La structure du site que nous souhaitons développer étant déterminée, nous utiliserons l'éditeur *WYSIWYG KompoZer* pour la montée. La **Figure 7** présente l'arborescence du site créé sous *KompoZer*. Une page d'accueil nommée « *index.html* » permet d'accéder aux autres pages du site. Un dossier pour chaque type d'infrastructures est créé de même qu'un dossier pour les images à utiliser.

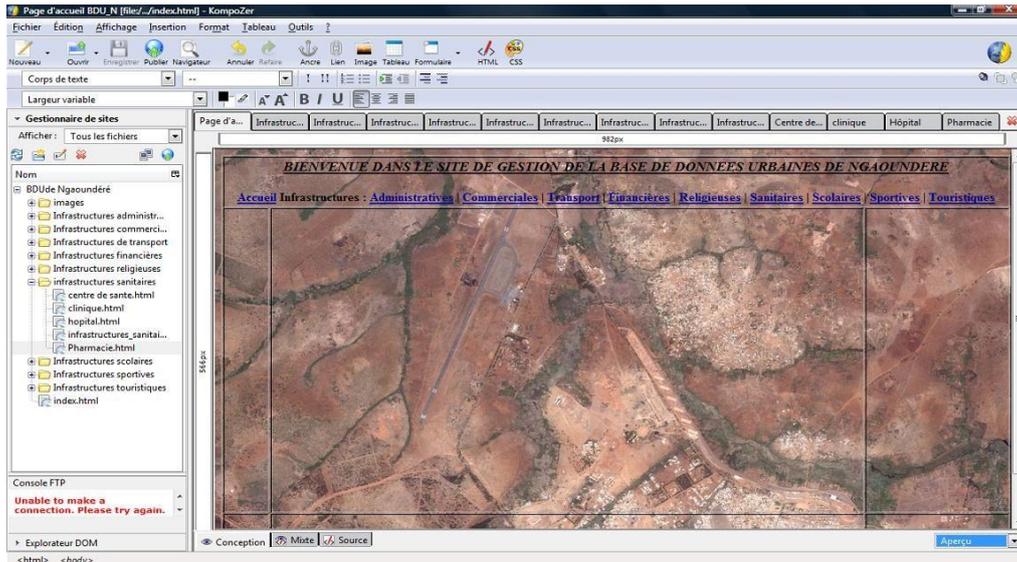


Figure 7 : Arborescence du site

La **Figure 8** présente un exemple de l'interface (formulaire) de saisie des données pour la table des centres de santé du type infrastructures sanitaires. Cette approche par l'utilisation d'un éditeur WYSIWYG a l'avantage de mettre en place la structure du site et d'ajouter les codes de programmations plus tard. Ainsi, l'interface étant créée, nous ajoutons des codes de programmation *PHP* pour la récupération des données saisies à partir des formulaires, l'exécution des requêtes de transformations géographiques, et enfin l'alimentation de la base de données (*Encadré 1*). Les codes de programmation *JavaScripts* sont utilisés pour le contrôle des données saisies par l'utilisateur (*Encadré 2*). En plus du serveur de base de données, nous aurons recours au serveur Web Apache comme protocole de transfert de fichiers. Pour transformer les coordonnées recueillies sur le terrain en objet géométrique compréhensible par PostGIS et exploitable dans QGIS, nous exécutons la requête suivante : `"geomFromText ('POINT(' | | ". $coord_x" . " | | ' | | ". $coord_y" . " | | '); 4326))";` A partir des formulaires créés, nous récupérons les données d'alimentation saisies par les utilisateurs de la base de données. L'identifiant des tables est renseigné à partir de la commande suivante : `nextval ('clinique_id_seq':: regclass)` qui permet de définir l'incrément du champ et s'assurer qu'il soit de type « serial », utilisable comme clé primaire.

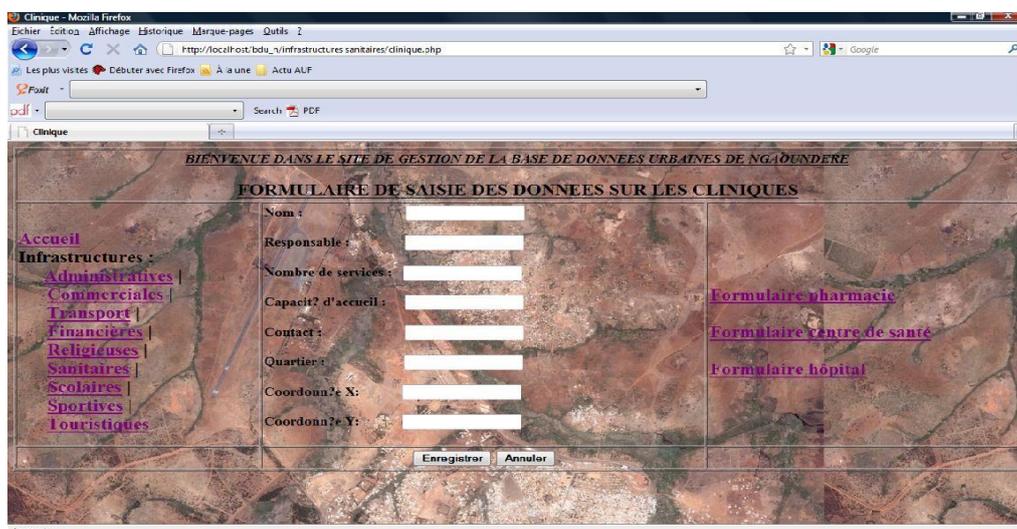


Figure 8 : Interface de saisie des données à partir d'un formulaire

Encadré 1 : Code PHP de récupération des données saisies au formulaire et de leur insertion dans les tables

```

<?php // Début du code
    $n = 0; //variable de contrôle
    if (isset($_POST["nom"])){ //récupération des données à partir du formulaire
        $table = "clinique"; //déclaration de la première table à alimenter
        $table1 = "infras_sante"; //déclaration de la deuxième table à alimenter
        //Récupération des données
        $nom = $_POST["nom"];
        $responsable = $_POST["responsable"];
        $nombre_services = $_POST["nombre_services"];
        $capacite_accueil = $_POST["capacite_accueil"];
        $contact = $_POST["contact"];
        $quartier = $_POST["quartier"];
        $coord_x = $_POST["coord_x"];
        $coord_y = $_POST["coord_y"];
        //Insertion des données dans la BD PostgreSQL
        //Insertion des données dans la table clinique
        // Requête d'insertion dans la table clinique
        $con = "INSERT INTO $table VALUES
(nextval('clinique_id_seq'::regclass), '$nom', '$responsable', '$nombre_services', '$capa
cite_accueil', '$contact', '$quartier', '$coord_x', '$coord_y', geomFromText('POINT(
| | '$coord_x' | | '$coord_y' | |)', 4326));";
        //Exécution de la requête d'insertion dans la table clinique
        pg_query($con);
        $n = 1; //Permet de savoir que la requête s'est bien exécutée.
    }
    // Requête d'insertion dans la table de toutes les infrastructures urbaines. Elle se fait
    uniquement si la première requête a réussi.
        if($n==1){
            $con1="INSERT INTO $table1
VALUES
(nextval('infras_sante_id_seq'::regclass), '$nom', geomFromText('POINT(| | '$coord_x' | |
' | | '$coord_y' | |)', 4326));";
            //Exécution de la requête
            pg_query($con1);
            //Fermeture de la connexion ouverte.
            pg_close($connection);
        }
?> // Fin du code PHP.

```

Encadré 2 : Code JavaScript pour le contrôle des données saisies dans le formulaire

```

<SCRIPT language = "JavaScript"> //début du script java
function Controle(){ //début de la fonction
if (document.formulaire1.nom.value=='') { //condition de validation
alert('Le champ Nom doit absolument être renseigné !'); //message d'erreur
document.formulaire1.nom.focus(); //permettre de reprendre la saisie

```

```

}
if (isNaN(document.formulaire1.nombre_services.value) || //
(document.formulaire1.nombre_services.value=="")){
    alert("Le Nombre de service doit être une valeur numérique !");
    document.formulaire1.nombre_services.focus();
}
if (isNaN(document.formulaire1.capacite_accueil.value) || //
(document.formulaire1.capacite_accueil.value=="")){
    alert("La capacité d'accueil doit être une valeur numérique !");
    document.formulaire1.capacite_accueil.focus();
}
if (isNaN(document.formulaire1.coord_x.value) || //
(document.formulaire1.coord_x.value=="")){
    alert("Le coordonné X doit être une valeur numérique. Bien respecter la syntaxe !");
    document.formulaire1.coord_x.focus();
}
if (isNaN(document.formulaire1.coord_y.value) || //
(document.formulaire1.coord_y.value=="")){
    alert("Le coordonné Y doit être une valeur numérique. Bien respecter la synthaxe !");
    document.formulaire1.coord_y.focus();
}
else{// Au cas où les valeurs saisies sont correctes
document.formulaire1.method = "POST"; //Méthode de communication avec la base de données
document.formulaire1.action = "formulaire_clinique_javascript.php"; //Script de communication
avec la base de données.
document.formulaire1.submit();// on alimente la base de données.
}
}
</SCRIPT>// Fin du code.

```

3-3. Évaluation

Quelques contraintes méritent d'être relevées en ce qui concerne les logiciels libres. Premièrement, nous avons plusieurs logiciels différents qui font pratiquement la même chose. Il est quelque fois difficile, pour l'utilisateur, de faire un choix judicieux. Aussi, les communautés qui sont mobilisées pour le développement des logiciels libres le sont souvent de manière bénévole. Les services de déploiement, d'intégration et / ou de maintenance sont donc facturés au client, à des coûts non négligeables. En plus, la documentation qui accompagne les logiciels libres est généralement sommaire et traduite en trop peu de langues. Toute chose qui ne facilite pas la prise en main rapide du logiciel. Enfin, les logiciels libres souffrent d'une reprise de leur innovation par les logiciels propriétaires et la multitude de licences fait qu'il n'est pas toujours aisé de faire un choix lorsque l'on veut produire un logiciel sous licence libre. Relativement à l'application que nous proposons, elle est une opportunité pour une meilleure gestion de l'espace urbain et de ses infrastructures. Elle aide à la production des volets graphiques et cartographiques des documents de planification urbaine. Toutefois, elle doit être renchérie afin de prendre en compte tous les aspects du secteur urbain et non seulement celui des infrastructures sanitaires tel que c'est le cas actuellement. Ceci nécessite des développements complémentaires. Une collecte minutieuse de données, le plus possible exhaustive et fine, doit également être faite. Aussi, nous avons utilisé plusieurs applications de type différent, bien que

complémentaires. Il s'agit d'un SGBD-RS (PostgreSQL / PostGIS), d'un SIG (QGIS) et d'un éditeur WYSIWYG (Komposer). Il est nécessaire de faire une intégration de ces trois composants en une seule, accessible par l'utilisateur et pour toutes les fonctionnalités à offrir. Enfin, le volet Web de l'application doit être approfondi afin de permettre son usage à travers un navigateur. Plusieurs personnes pourront ainsi accéder à l'application et avec des droits bien définis pour chacun. Ce sera également une voie à la mise en œuvre d'une grande base de données fédérant plusieurs autres afin de pouvoir les gérer comme un entrepôt de données [23].

4. Conclusion

En somme, cette contribution a présenté les outils et applications utiles à la création et à l'exploitation d'une base de données à référence spatiale. Nous avons pris en compte le triptyque SGBD-RS (PostgreSQL/PosGIS), l'interface d'interaction (Komposer) et un SIG bureautique (Quantum GIS). Leur mise en œuvre a abouti à la création de la base de données urbaine, sa visualisation et son alimentation. L'objectif a consisté à montrer que les logiciels libres ont pris de l'ampleur et sont actuellement utilisés pour des applications professionnelles en géomatique, et dans plusieurs autres domaines. Ils sont d'ailleurs, pour beaucoup, meilleurs que les logiciels propriétaires, tels que évoqués dans cet article. Le monde des logiciels étant en perpétuelle évolution, au moment de la soumission de cet article, des versions améliorées et même d'autres logiciels existent et permettent de créer des applications professionnelles pour la gestion des données à référence spatiale. Leur intégration, de même que la mise en place d'un module d'interaction Web constituent des travaux en perspectives. L'application complète développée, en serait une opportunité pour une meilleure gestion de l'espace urbain et de ses infrastructures. Elle contribuera à la production des documents de planification urbaine. La solution par les logiciels libres est donc une solution moins onéreuse, qui vient pallier le problème de manque de moyens financiers dans les Communautés Territoriales Décentralisées ou les structures académiques, notamment des pays tropicaux.

Références

- [1] - F. ADAM, J. FELLER and B. FITZGERALD "Les logiciels libres: Implications pour les organisations" *Systèmes d'Information et Management*, Vol. 8, Iss. 1, Article 1 (2003), <http://aisel.aisnet.org/sim/vol8/iss1/1>
- [2] - B. GUERRY, "Logiciel libre et innovation technologique", (2001), 27 p. <https://bzig.fr/img/>
- [3] - R. STALLMAN, S. WILLIAMS, C. MASUTTI, "Richard Stallman et la révolution du logiciel libre : Une biographie autorisée", Eyrolles, 2e édition, (2013) 338 p.
- [4] - M. BOYER, J. ROBERT, "L'économie du logiciel libre et ouvert Recommandations en vue d'une politique gouvernementale à l'égard du logiciel libre (open source software)", Centre inter-universitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO), Rapport de projet, (2005) 47 p.
- [5] - République du Cameroun, "Décret N° 2008/376 du 12 Novembre 2008 portant organisation administrative de la République du Cameroun", (2008)
- [6] - F. KENGÉ et A. BOBDA, "Un demi-siècle de recherche urbaine au Cameroun", Presses Universitaires de Yaoundé, (2000)
- [7] - INC, "Annuaire Statistique du Cameroun 2010", (2010) 27 p.
- [8] - BUCREP, "Rapport national sur l'état de la population, édition 2011", (2011) 106 p.

- [9] - M. TCHOTSOUA, M. GUIDADO, SOH ELAME et J. P. NGANA, "Diagnostic de l'état de l'environnement de Ngaoundéré et contribution pour une approche de gestion partagée", *Annales de la FALSH de l'Université de Ngaoundéré*, Vol. III, (1998)
- [10] - ONU-HABITAT, "Profil urbain du Cameroun", (2007) 28 p.
- [11] - B. MOUGOUE, "Freins au développement des villes africaines", Université de Yaoundé I, exposé lors du premier Forum urbain national (FUN), Octobre (2014)
- [12] - A. A. ETEME, "Gestion des données urbaines et périurbaines au Cameroun : évolution, problèmes, et approches d'actions", in *Information géographique en Afrique, état des lieux et nouvelles approches*, Sami Faiz et Sami Yassine Turki (Ed.), Centre de Publication Universitaire, (2014) 78 - 125
- [13] - P. A. BURROUGH, "Principles of Geographical Information Systems", Oxford University Press, *Data Models and Axioms*, (1998) 19 p.
- [14] - P. BORDIN, "SIG : concepts ; outils et données", Hermès Sciences Publications, (2002) 259 p.
- [15] - D. ENNIFAR, "Les logiciels libres au sein des ministères français", Thèse de recherche en Stratégie et Management des Systèmes d'Informations, (2007)
- [16] - P. BERNARD, "Comprendre l'open source et les logiciels libres", Smile open source solutions, (2012) 70 p.
- [17] - M. TCHOTSOUA, M. IYA, A. NDI NYOUGUI, "La Géomatique : base d'une nouvelle stratégie de suivi de l'état et de l'entretien de la voirie urbaine", *Annales de la FALSH de l'Université de Ngaoundéré*, Vol. VI, (2001)
- [18] - J. BRODEUR, "Normalisation en géomatique : introduction aux normes ISO19100", *Ressources Naturelles Canada*, Avril (2003) 25 p.
- [19] - M. IYA, "Les plans d'urbanisme et la maîtrise de la gestion de l'espace au Cameroun", *Annales de la FALSH de l'Université de Ngaoundéré*, Vol. V, (2000)
- [20] - M. IYA, "Accès à la propriété foncière et problème d'urbanisation au Cameroun : le cas de Ngaoundéré", *Annales de la FALSH de l'Université de Ngaoundéré*, Vol. VII, (2002)
- [21] - L. TONGO, M. TCHOTSOUA, G.-E. KOUAMOU, "D'une plate-forme de diffusion de l'information géographique par internet", *Annales de la FALSH de l'Université de Ngaoundéré*, Vol. XI, (2010)
- [22] - G. GARDARIN, "Internet / intranet et bases de données : Data Web, Data Media, Data Warehouse, Data Mining", Edition Eurolles, (2005) 246 p.
- [23] - A. B. BATOURE, KOLYANG, M. TCHOTSOUA, "Using Multidimensional Canonical Partitioning (MCP) as a Supply-Driven Approach for Data Warehouses Design", *International Journal of Computer (IJC)*, Vol. 25, N° 1 (2017) 52 - 62 p.