

UTILISATION DE LA CARTOGRAPHIE WEB DANS LA GESTION ET LE SUIVI DE LA DYNAMIQUE URBAINE DE LA VILLE D'ORAN

Nedjma Zahéra Hadj Kaddour¹, Asma Madina
Missoumi¹

¹Centre des Techniques Spatiales, Agence Spatiale
Algérienne nhadjkaddour@cts.asal.dz,
amissoumi@cts.asal.dz

Résumé :

Le développement du web dans le domaine de la géomatique a suscité l'émergence d'une nouvelle forme de cartographie qui permet la diffusion de l'information géographique via le réseau Internet. L'objectif de cette contribution est de présenter le concept de webmapping pour la diffusion en ligne de couches de données spatiales sur l'évolution du tissu urbain à l'aide d'une interface web cartographique. Dans ce domaine, la mise en ligne peut être sous forme de cartes statiques ou de couches de données de type vecteur ou raster. L'interaction avec l'utilisateur est produite grâce aux différentes fonctions simples ou spatiales. Ainsi, il est aussi possible de faire des requêtes spatiales, par sélection, sur la carte et les couches de données géographiques. Nous avons, dans un premier temps, développé une interface web qui est fondée sur la technologie web mapping utilisant des outils Open Source pour le suivi de la dynamique urbaine de la ville d'Oran. Elle permet de déployer la visualisation des données à l'échelle intercommunale pour les acteurs publics et les collectivités locales du domaine grâce au géoportail conçu à cet effet afin de leur faciliter l'accès et la prise de décision. Un autre aspect dynamique peut être ajouté à l'application web utilisant le renouvellement de l'information à représenter directement en ligne. Dans ce cas, un serveur traite en temps réel des bases de données actualisées afin d'offrir aux utilisateurs des réponses à leurs requêtes particulières. Les fonctions proposées dans cette application web se rapprochent de celles d'un logiciel de SIG et peuvent être exploitées pour d'autres projets en perspectives.

Mots-clés — Cartographie web, webmapping, système d'information géographique, SIG web, services webmapping, suivi de la dynamique urbaine.

1. Introduction

Avec l'avancée des technologies de l'information et d'Internet, la géomatique a connu un bouleversement majeur du fait qu'elle était traditionnellement réservée aux spécialistes et ce, en la rendant plus accessible au monde extérieur. C'est grâce à la fusion des technologies géospatiales et du Web que la cartographie web a été créée.

La mise en réseaux des bases de données, des applications et des usagers donne lieu à une grande diversité de pratiques tant au niveau de la consultation (calcul d'itinéraires, globes virtuels, services mobiles géolocalisés, etc.) que de la production de données géospatiales (cartographie personnelle, vectorisation des plans, géotagging, relevés GPS, etc.) [1]. La cartographie en ligne a rapidement évolué depuis 1993, surtout dans l'ère du Web 2.0. La manière dont les données géospatiales sont acquises, transmises, publiées, partagées et visualisées a considérablement changé. Cela a permis d'avoir une évolution porteuse d'enjeux pour les Systèmes d'Information Géographiques (SIG) [2].

Face au besoin d'une mise à disposition des données géospatiales à travers le web pour diverses utilisations et productions, une étude des possibilités de diffusion et de traitement d'informations spatialisées par l'intermédiaire d'applications Web est nécessaire. Sachant que ces nouveaux vecteurs de communication et d'information sont devenus incontournables. Il nous est apparu opportun de traiter cette vaste problématique de façon pratique, pour explorer ces SIG Web comme une solution qui répond, au mieux, aux besoins réels des utilisateurs.

Dans ce projet, il est question d'étudier la dynamique urbaine de la ville d'Oran qui connaît une croissance urbaine fulgurante depuis ces dernières décennies. L'étalement de son tissu urbain se poursuit en direction des espaces périurbains et la surface occupée a plus que doublé durant ces 30 ans. Ce volet du projet a pour objectif l'exploitation des solutions web mapping pour la diffusion des résultats obtenus sur le suivi spatiotemporel des dynamiques urbaines via une plateforme web-cartographique.

L'objectif ultérieur étant d'étendre cette application sur d'autres projets d'applications en urbanisme, gestion territoriale et aménagement.

2. Cartographie web (Web mapping)

La première forme d'un site web géographique a été publiée par la société Xerox en 1993 représentant une *carte du monde*. C'était le début du concept de *webmapping*. Quelques temps plus tard, le premier logiciel SIG utilisant le web a été créé, il s'agit de *Geomedia Webmaps* de la société *Intergraph* donnant naissance au *SIG en ligne* ou *Online GIS*.

Le webmapping, ou cartographie en ligne, peut être défini comme étant le processus de conception, d'implémentation, de génération et de diffusion de cartes sur le Web. Les SIG en ligne (Web SIG, online GIS ou Internet GIS) constituent un domaine d'application et de recherche utilisant Internet et d'autres systèmes d'interconnexion pour faciliter l'accès, le traitement et la diffusion d'informations géographiques ou d'analyses spatiales [3].

Les technologies actuelles du Web 2.0 permettent la mise en place d'applications cartographiques présentant d'excellentes capacités de représentation et de manipulation des

données spatiales (fluidité d'affichage, navigation conviviale, changement d'échelle intuitif, importation et organisation des données, etc.). La force du webmapping repose sur le fait qu'il offre aux usagers toute une série d'applications géographiques mélangeant différents services et contenus Web appuyés sur une interface graphique unifiée [1].

L'interopérabilité entre applications et données étant rendue possible par la standardisation des langages de dernière génération et des formats d'échange spécifiques.

La mise en ligne d'une cartographie sur le Web peut prendre plusieurs formes. Il peut s'agir de cartes statiques, sous forme d'image. De ce fait, les pages sont déjà construites et sont affichées telles qu'elles ont été créées à l'origine. D'autre part, il peut aussi s'agir d'une cartographie dynamique qui est sollicitée lorsque les bases de données sont chargées à chaque rafraîchissement de la page ou si la couverture de la zone géographique est très grande. Dans ce cas, un serveur prend en charge les traitements. Les fonctions proposées dans ce cas se rapprochent de celles d'un SIG à l'image de la fonctionnalité de création des points, des lignes et des polygones.

2.1 Architecture d'un SIG web

L'architecture des SIG en ligne repose sur le concept de communication Client/Serveur. Les couches d'un système d'information classique (couche Présentation, couche Traitements ou Application et couche Données) sont réparties dans cette architecture pour établir le lien entre les composants [3].

La forme la plus simple d'un SIG web devrait avoir au moins un serveur d'application web et comme client un navigateur web, une application desktop ou une application mobile. L'architecture de base est donc similaire à une application web mais avec des composants SIG en addition.

Le serveur cartographique est le composant le plus important d'un SIG web. Sa fonctionnalité, sa capacité à être personnalisé, son évolutivité et ses performances sont essentielles au succès de l'application Webmapping [2].

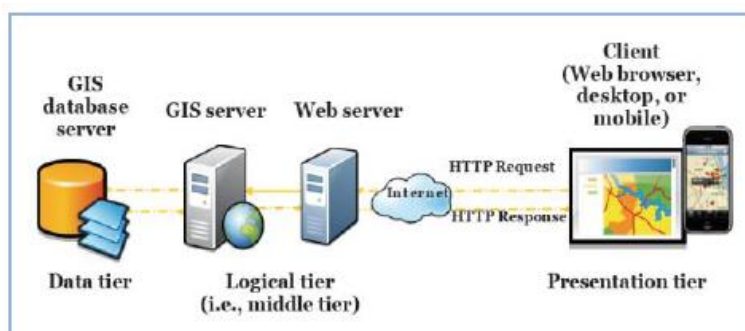


Fig. 1: Architecture d'un SIG en ligne

La classification des différentes architectures considère en général le partitionnement de la charge de travail entre le client et le serveur. Les SIG en ligne se décomposent en deux catégories : [3]


- **SIG en ligne orienté serveur** (*Client léger* ou *Thin client*): dans ce genre de solution, l'analyse et le traitement se font sur le serveur. Le client envoie des requêtes au serveur web via Internet, ce dernier transfère les requêtes spatiales au serveur SIG via une interface CGI. Le serveur SIG récupère les données nécessaires depuis la base de

données géographique et traite les requêtes. Les données, cartes ou autres résultats sont renvoyés par le serveur web au client par HTTP. Le client va alors afficher les résultats à l'utilisateur sur le navigateur web par l'utilisation du langage HTML.

- **SIG en ligne orienté client** (*Client lourd* ou *Thick client*): l'analyse et le traitement des données spatiales se font sur le navigateur web de la machine client. Les outils se trouvent initialement dans le serveur. Lors de l'envoi d'une requête par le client, le serveur lui renvoie les données et les outils qui vont lui permettre de traiter et d'analyser cette requête par lui-même. Il existe trois techniques d'implémentation : les *plugins*, les *ActiveX* et les *applets Java*. Cette solution permet de réduire la communication entre le client et le serveur.
- Pour décider du choix de l'approche, deux principales questions se posent : d'une part, la complexité et la fréquence des traitements qui influencent sur le temps de réponse. D'autre part, le volume des données à envoyer de la part du client afin d'éviter de saturer le réseau.

2.2 Fonctionnalités et services du web mapping (Geospatial web services)

Le webmapping recouvre en fait une diversité de fonctions. Les "solutions" de webmapping sont des composants logiciels qui sont assemblés pour remplir tout ou une partie de ces fonctions. Nous avons constitué une liste des fonctionnalités les plus récurrentes pour un SIG en ligne classées par ordre suivant leur richesse fonctionnelle dans le tableau 1.

Fonctionnalités	Richesse fonctionnelle
<ul style="list-style-type: none"> • Affichage raster, Affichage vecteur • Zoom / déplacement / Vue Globale / Lissage • Gestion des couches • Gestion de l'échelle • Requête attributaire / Sélection souris • Mise en page (Layout) • Mise à jour des données attributaires • Mise à jour des données géographiques • Requête spatiale (topologie/intersection/fusion/buffer...) • Extraction / Téléchargement de données • Administration de données en ligne 	 <p style="color: red; font-weight: bold; margin-top: 10px;">FAIBLE</p> <p style="color: green; font-weight: bold; margin-top: 10px;">FORTE</p>

Tab.1:Liste des fonctionnalités et leur richesse fonctionnelle

Une expansion grandissante des applications webmapping a suivi la création des SIG web. Les services web géospatiaux (*Services webmapping*) exploitent la puissance des SIG, des composants de programmation et du Web pour répondre à une variété croissante de besoins. Cette technologie est d'une importance cruciale pour les SIG aujourd'hui et dans le futur.

Les services webmapping (ou Web services Géospatiaux) sont des services web fournisseurs de données ou de services (traitements) sur le réseau, que l'on interroge selon des protocoles normalisés par l'*OGC (Open Geo Consortium)*. Cette norme définit le format numérique de stockage pour des objets géographiques, munis ou non d'attributs mais aussi des fonctions de conversion de formats et opérations spatiales sur ces géométries. La normalisation rend tous ces services interopérables, c'est à dire qu'ils peuvent s'utiliser de la même.

Il existe plusieurs types de services Webmapping, parmi lesquels nous citons ceux qui sont le plus sollicités : [4]

- **WMS** : *Web Map Service*, le plus connu, diffuse des cartes sous forme d'images raster, et renvoie optionnellement des données attributaires correspondant à un point.
- **WFS** : *Web Feature Service*, pour la diffusion d'entités géométriques vectorielles. Le format de ces entités est souvent le GML, mais on voit apparaître de plus en plus le GeoJSON.
- **WCS** : *Web Coverage Service*, pour la diffusion de données raster.
- **WPS** : *Web Processing Service*, pour l'exécution de traitements à distance. Par exemple, on peut donner accès à des commandes d'un logiciel SIG à distance, en fournissant les données et les paramètres du traitement à réaliser.
- **CSW** : *Catalog Service for the Web*, pour la diffusion de catalogue de métadonnées.

2.3 Solutions webmapping existantes

La diffusion des données en ligne requiert une installation côté serveur avec des logiciels pour la gestion des données et les traitements SIG, dans un moteur de bases de données serveur (SGBDR) ainsi que des serveurs cartographiques pour la génération de cartes et de données spatiales.

Les principaux SGBDR Open Source sont: *PostgreSQL*, *Spatialite* *MyGIS* de *MySQL*, *H2* (Java) avec *H2-gis*. Pour les SGBDR commerciaux, il existe *Oracle Spatial*, *Microsoft SQL Server* et *ArcSDE*, entre autres, qui peuvent être installés directement sur le serveur contenant le serveur cartographique ou sur un autre serveur distant.

Les solutions « Serveur » traditionnelles incluent des suites complètes qui offrent des fonctions SIG et des services géospatiaux. En commercial, nous citons *ArcGIS Server* par *ESRI*, *MapGuide* étant le SIG web conçue par *AutoDesk* et *GéoConcept Internet Server (GCIS)* et plateforme *GéoWeb*. Les solutions libres les plus répandues sont *MapServer* étant le premier serveur cartographique et *GeoServer*, sur lesquels reposent de très nombreuses solutions webmapping dans le monde actuellement.

GeoServer est de conception plus récente, son ergonomie est meilleure ainsi que sa compatibilité avec les standards récents ou encore avec les dernières normes élaborées par l'OGC (comme le *WFS-T*), à tel point que c'est le serveur de référence de l'OGC pour les normes *WFS* et *WCS*. C'est la solution à retenir pour mettre en place des applications de cartographie en ligne permettant de modifier les données.

Du côté « Client », mis à part les navigateurs Web et applications mobiles (SIG ou autre), il apparaît qu'aujourd'hui toutes les solutions SIG clients ont la capacité de prendre en charge les services requis, du moins pour ce qui concerne WMS et WFS. C'est le cas notamment des

clients desktop du commerce (suite *ArcGIS*, *MapInfo*, *GéoConcept*, ...) mais aussi des clients desktop libres (*Jump*, *Quantum GIS*, *gvSIG*, ...).

L'aspect du Webmapping directement visualisé et manipulé par les utilisateurs est du côté client. Ce sont des applications de webmapping connaissant un grand essor grâce à l'arrivée du *HTML5* et des *APIs JavaScript*, (*Application Programming Interface*), d'exécution sur les navigateurs web qui permettent aux développeurs d'intégrer plus de fonctionnalités dans leurs applications webmapping. La plus connue est l'API JavaScript *Google Map* (commerciale) qui permet de créer des objets capables d'utiliser les services *Google* (visualiser une couverture mondiale de données routières, physiques et photographiques, accéder à des traitements SIG comme la localisation par adresse, la recherche de services à proximité d'un lieu, et bien sûr le calcul d'itinéraire).

OpenLayers est également une API JavaScript totalement libre (diffusée par l'*OSGEO*) qui rencontre un très grand succès notamment pour toutes les applications institutionnelles. Elle permet d'accéder à toute la panoplie de services géographiques existants aujourd'hui (commerciaux ou libres) et parmi eux les services OGC.

Leaflet est une autre bibliothèque JavaScript Open Source assez récente (2010), très riche en fonctionnalités comme *OpenLayers* avec, en plus, d'autres fonctions spécialement dédiées aux applications webmapping mobiles.

3. Méthodologie

L'objectif global est la conception d'une interface web cartographique valorisant les résultats des études menées dans le cadre du projet du suivi de la dynamique urbaine de la ville d'Oran. Cette contribution consiste à intégrer de nouvelles fonctionnalités de webmapping basées sur la technologie open source par la mise en oeuvre d'une application web cartographique permettant la diffusion et la manipulation des données par plusieurs utilisateurs.

La zone d'étude s'étend sur l'agglomération de la ville d'Oran. Les raisons de ce choix sont la disponibilité des données et, aussi, du point de vue urbanistique, cette zone rassemble une diversité dans l'occupation du sol, allant de l'urbain dense, l'habitat dispersé de type périurbain et des zones industrielles et de surfaces non bâties (tels que les terrains agricoles et les espaces naturels).

3.1 Analyse des besoins

La première étape de la mise en place de l'application webmapping concerne l'analyse des besoins et l'identification des acteurs utilisateurs pour mieux cerner les fonctionnalités du système à mettre en place.

Le premier groupe d'utilisateurs est celui des internautes du *domaine public* avec des besoins de visualisation de données géospatiales. Le deuxième groupe, les *administrateurs de données authentifiés*, en plus des besoins de consultation, doit pouvoir ajouter, supprimer ou modifier des données selon les conditions d'accès préalablement établis. En plus de ces deux types d'utilisateurs, il est nécessaire d'avoir un *Administrateur système* responsable chargé de la configuration de la plateforme technique et l'administration de la base de données.



Fig. 2: Groupes d'utilisateurs de l'application webmapping.

L'authentification des utilisateurs privilégiés assure une utilisation des fonctions d'édition limitée afin d'éviter les incohérences de données. L'administrateur système doit assurer la gestion des utilisateurs. C'est lui qui octroie les droits d'accès aux fonctionnalités pour chaque utilisateur.

Pour chaque type d'utilisateurs, il faut identifier les fonctionnalités SIG pour rendre notre application webmapping potentiellement capable de :

- stocker et gérer des données géoréférencées;
- consulter ou explorer des cartes, avec une gestion de couches multiples ;
- rechercher les informations dans les données attributaires;
- exécuter des requêtes numériques, textuelles et spatiales (par exemple les requêtes utilisant le clic sur une carte, requêtes par zones dessinées, mesures) en réponse à une demande du client ;
- permettre à l'utilisateur la réalisation de traitements spatiaux à distance (buffers, requêtes spatiales, fusions, intersections, conversions, etc.).
- générer des documents cartographiques (carte, légende, échelle, données, etc.);
- mettre en ligne des cartes interactives.

La deuxième étape est la recherche d'une approche de conception d'une solution SIG en ligne la mieux adaptée ainsi que la modélisation et la création de la base de données géographiques.

La dernière étape est le développement et l'implémentation de l'application webmapping que nous allons détailler dans ce qui suit.

3.2 Sources de données

Le Département d'Observation de la Terre (du Centre des Techniques Spatiales) dispose de données spatiales qui couvrent la totalité de la ville d'Oran (depuis 1984 jusqu'à 2016). Dans le cadre de ce projet, les données sources utilisées étaient la carte d'occupation du sol et des photos aériennes.

Concernant l'imagerie satellitaire, les images ALSAT-2B ont été traitées pour l'extraction des différentes couches d'information relatives à l'occupation du sol en milieu urbain à grande échelle. Ce satellite offre des images dans quatre bandes spectrales allant du visible au proche infrarouge d'une résolution de 10 m, et une bande panchromatique d'une résolution de 2,5 m.

1.3 Architecture adoptée pour le système

Pour la réalisation de l'application web, nous avons opté pour des solutions Open Source. Ces dernières offrent une indépendance et une agilité grâce à la disponibilité de leur code source qui permet à des milliers de développeurs d'améliorer la fiabilité et la sécurité de ces logiciels.

- **Serveur cartographique SIG** : *GeoServer (version 4.5)* utilisé pour le partage, le stockage, l'analyse, la gestion, la personnalisation du style et la coordination des couches de données spatiales à partir de n'importe quelle source de données spatiales utilisant des standards ouverts.

- **Services webmapping** : les requêtes de cette plateforme nécessitent des services permettant la visualisation et l'interrogation des données géographiques. Le *Web Map Service (WMS)* et le *Web Feature Service (WFS)* permettent de répondre à cet objectif. Le *Web Processing Service (WPS)* peut être intégré aussi pour les traitements SIG.

- **Serveur de bases de données géospatiales** : *PostGIS / PostGre SQL (version 4.5)* qui permettant un stockage, une interrogation et une analyse efficace des informations géographiques.

- **SIG desktop** : *QuantumGIS (QGIS)* pour le traitement des données spatiales et la publication des données directement dans serveur SIG, ainsi que le transfert des projets QGIS vers GeoServer et PostGIS.

- **Serveur Web** : *Apache HTTP Server* qui est le plus utilisé dans le monde.

- **API OpenLayers (version 3)** : qui fournit des fonctionnalités avancées de cartographie Web dans n'importe quel navigateur. Cette bibliothèque a été utilisée pour les outils de visualisation sur la carte géographiques et le switcher de couches de données.

- **Navigateurs web** : Les tests se sont effectués sur plusieurs navigateurs web tels que: *Firefox Mozilla 47.0, Google Chrome* et *Internet Explorer 11.0* et *Opera 55.0*.

- **Graphismes interactifs côté client**: bibliothèques de fonctions JavaScript, D3.

La figure 3 représente l'architecture adoptée pour le système de la plateforme web cartographique que nous avons développée. Cette architecture Client/Serveur intègre tous les logiciels que nous avons cités plus haut.

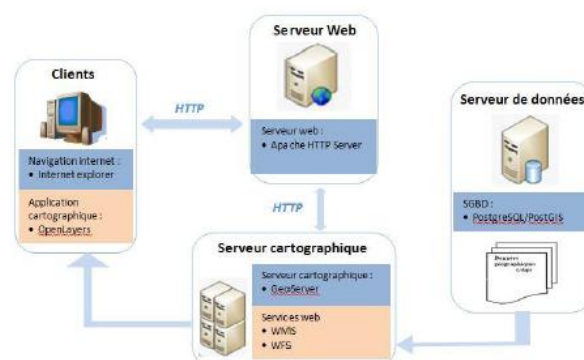


Fig. 3 : Architecture de la plateforme webmapping développée.

4. Résultats

Nous avons réalisé une première version de la plateforme webmapping avec une interface simplifiée qui répond aux fonctions de base pour la publication des cartes et des couches de données (vecteurs) et des images satellitaires (raster).

Le développement de l'interface a débuté par les fonctionnalités de bases pour les applications webmapping connues (notamment, le stockage, la gestion et la visualisation des données géographiques mises en ligne sur le SIG serveur). La structuration des différentes parties de l'interface s'est faite d'une manière logique permettant d'avoir une bonne ergonomie et un aspect plus interactif et plus facile à comprendre par n'importe quel utilisateur, que ce soit un expert dans ce domaine ou un simple internaute.

La page est scindée en trois grandes parties, comme illustré sur la figure ci-dessous :

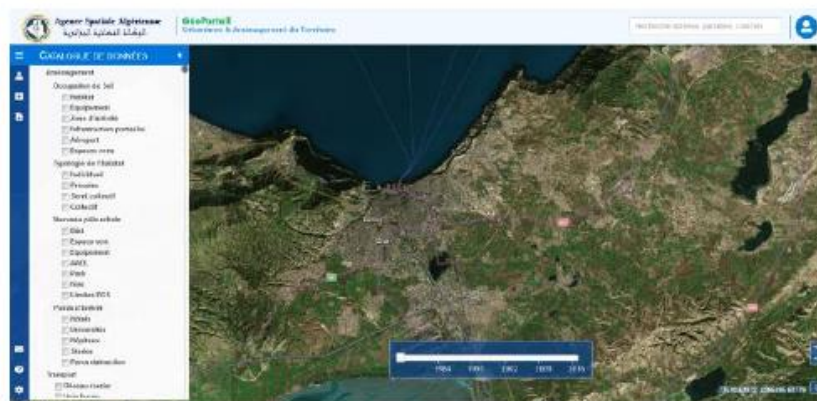


Fig.4 : Interface graphique de l'application webmapping.

Nous avons intégré un en-tête de page contenant le **formulaire de recherche** et le **bouton d'authentification**.

Sur la colonne gauche, nous avons mis en place le catalogue de données du site. Il s'agit d'une liste contenant toutes les données publiées sur le serveur.

Les couches de données spatiales sont classées dans des groupes selon leur type avec les sous-groupes respectifs. Les types de données sont: les données spatiales (occupation du sol, typologie de l'habitat, réseau routier, etc.), les données rasters géoréférencées (image Alsat-2B et la Carte de relief de la ville d'Oran) ainsi que les cartes de fond (OSM, Bing Map, etc).

La zone d'affichage de notre application où l'utilisateur dispose des boutons de visualisations: zoom, coordonnées spatiales, échelle et cadre d'affichage pour la vue minimisée, switcher de données qui affiche la liste des couches de données avec les options d'affichage. Aussi, une barre chronologique des changements dynamiques des données spatiales par rapport aux années (*Evolumap* 1984-2016).

La suite des figures 5a et 5b montre des exemples de la visualisation des données sur la plateforme web mapping réalisée.

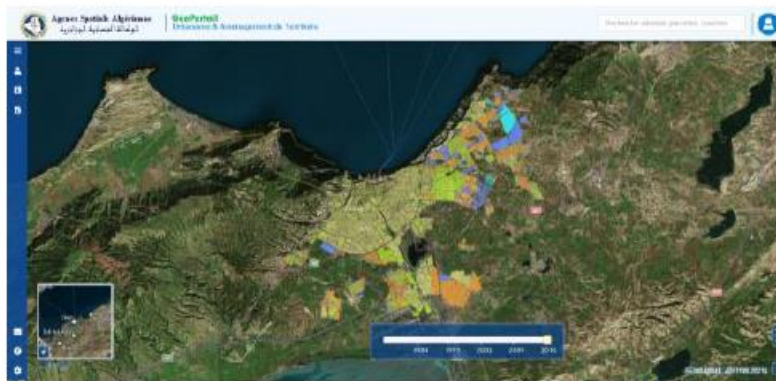


Fig. 5a : Visualisation des données spatiales (Carte web du suivi de l'évolution des extensions urbaines d'Oran).

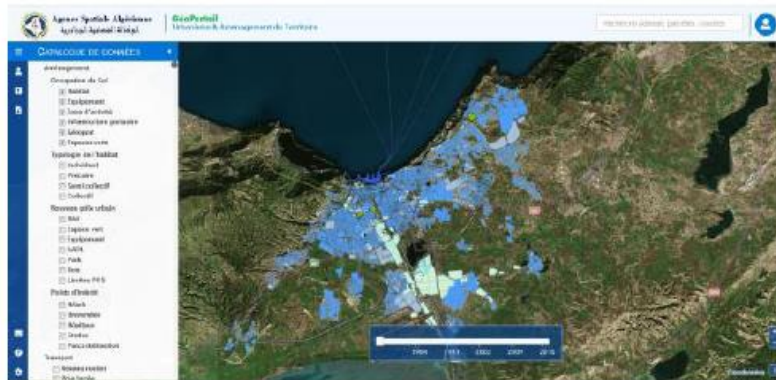


Fig. 5b : Visualisation des données spatiales (Carte web de l'occupation du sol sur la ville d'Oran).

La figure 6 montre la visualisation d'une image ALSAT-2B de la ville d'Oran géoréférencée et superposée sur un fond de carte Bing Map.

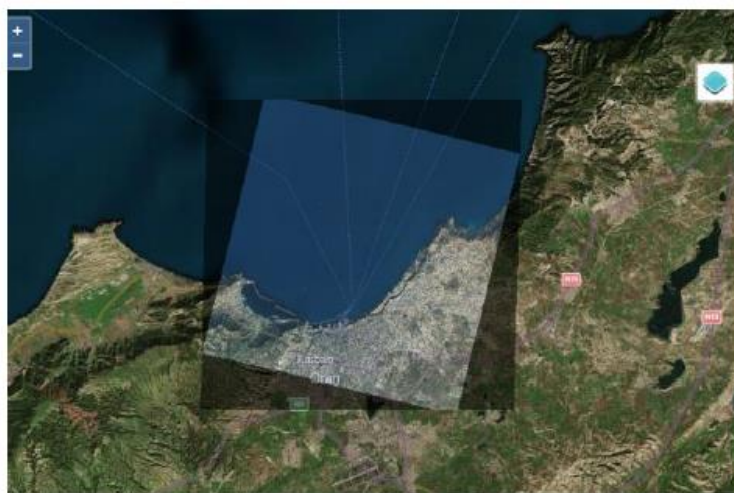


Fig. 6 : Superposition de l'image ALSAT-2B sur le fond de carte BingMap.

La plateforme offre diverses fonctions de navigation et d'interrogation de données géographiques. Ainsi, les utilisateurs pourront éditer et consulter en même temps l'information contenue dans la base de données par clic direct sur une localisation.

5. Conclusion

La réalisation de cartes dynamiques sur Internet est essentielle lorsqu'on désire diffuser des données géospatiales en ligne. Souvent utilisée dans la localisation des lieux par leurs adresses, dans le calcul d'itinéraires ou pour le géomarketing, l'utilisation des solutions webmapping est croissante et s'élargit vers de nouveaux secteurs.

A travers notre application, nous avons montré l'exploitation des logiciels Open Source dans l'implémentation d'une plateforme web cartographique pour la diffusion en ligne des données. Cette plateforme a permis de valoriser les résultats obtenus à partir des traitements appliqués sur les images ALSAT-2B et des données sources. Il a été constaté que le domaine de la dynamique urbaine est un très bon exemple d'application puisque les données doivent constamment être mises à jour d'où l'apport de l'application webmapping. Comme perspectives, nous tenons à exploiter cette solution dans d'autres projets en rapport avec le domaine urbain et l'aménagement du territoire notamment l'intégration des données sur le nouveau pôle urbain de la ville d'Oran. D'autre part, il est aussi possible d'étendre les résultats sur toutes les wilayas du pays et offrir un moyen de suivi et d'évaluation des données pour l'aide à la prise de décisions.

6. Bibliographie

- [1] Joliveau T., Noucher M. (2017), "Enseigner le géoweb par la pratique et la critique", GET - Journées Géomatique, Enseignement & Apprentissage, Toulouse, France.
- [2] Fu P., SunJ. (2011), "Web GIS Principles and applications", ESRI Press, United States of America.
- [3] Amara R., Bessaa B., Belhadj A. (2009), "Développement des SIG en ligne par l'utilisation des logiciels open source", Journées d'Animation Scientifique (JAS09) de l'AUF Alger, p.63.
- [4] Jégou L. (2014), "Moteurs cartographiques et diffuseurs de WebServices géospatiaux", Université de Toulouse-Jean Jaurès, Département de Géographie, Master. Toulouse, France.