

Université de Montréal

Visionneuse Zones Humides de Bogota

Par

Yenny Andrea Cuellar Roncancio

Département de géographie, Faculté des arts et des sciences

Travail présenté dans le cadre du cours cartographie interactive et géoweb (GEO 6302)

Rodolphe Gonzalès

2021-05-03

© Yenny Cuellar, 2021

Table des matières

Résumé	3
Motivation	4
Justification	4
Méthodologie	9
Données	9
Outils	9
Résultats	13
Limitations	14
Références	15

Résumé

Les zones humides jouent un rôle fondamental dans l'atténuation du changement climatique et fournissent des services écosystémiques essentiels. Toutefois, nous ignorons encore beaucoup de choses sur leur distribution, leur étendue et leurs changements d'étendue. Prenons le cas des zones humides de la ville de Bogota qui ont perdu plus de 95 % de son extension. C'est ainsi que l'objectif de ce projet était développer une carte dynamique qui permet regarder les transformations spatiales qui ont eu lieu dans ces écosystèmes. Du point de vue académique, le projet est pertinent, car il servira comme moyen visuel de vulgarisation des changements des zones humides. Et du point de vue social, il est convenable, car la carte pourrait être partagée avec la communauté bogotanaïs. Cela aidera à enseigner et à sensibiliser la population à l'importance de ces écosystèmes. Pour la réalisation de la carte, les données ont été obtenues dès la visionneuse géographique environnementale de Bogota. Également, les technologies employées pour sa programmation ont été les langages HTML, CSS et JavaScript. Bootstrap a été utilisé pour styliser la carte. De plus, le plug-in AJAX a été utilisé pour charger de façon asynchrone les couches de la couverture des zones humides en format geojson. En outre, l'utilisateur peut sélectionner la ou les zones humides d'intérêt et voir son évolution historique entre les années 1940 et 2000. D'autres outils tels que le plein écran ou l'option d'impression ont été joints à la carte. Finalement, le travail avenir d'amélioration de la carte seront liés au stockage des données dans un serveur en ligne, et à l'option d'analyse quantitative des changements dans les zones humides.

Motivation

Les zones humides sont des écosystèmes reconnus de vitale importance pour la conservation de la biodiversité et pour un développement soutenable. À 2015, l'étendue mondiale des zones humides a diminué de l'ordre de 64 à 71 % (Gardner et al., 2015). Divers facteurs comme la fragmentation et la destruction de son habitat, l'insertion des espèces invasives, la surpêche, la pollution et le réchauffement climatique affectent sa conservation (WWF, 2018). En fait, 95 % des zones humides de Bogota ont disparu à cause de l'expansion urbaine, l'évacuation des eaux usées, les incendies causés pour la main de l'être humain, la décharge de déchets de construction et aussi, le pâturage (Durand, 2008 ; Van der Hammen, 2003).

Depuis des années 2000, la préoccupation pour les zones humides urbaines a gagné du terrain dans la recherche. Donc, les chercheurs ont commencé à analyser les changements dans le patron de paysage de ces écosystèmes en appliquant techniques de télédétection et Systèmes d'Information Géographique (SIG). La vulgarisation de ces analyses reste souvent davantage dans le cercle académique et ils ne la partagent pas avec la communauté, qui est à la fois provocatrice et lésée par la dégradation de ces zones humides. C'est ainsi dans le présent projet, il a été proposé de créer une carte thématique qui montre l'évolution des zones humides urbaines dans la ville de Bogota afin qu'elle puisse être partagée avec toute la communauté impliquée. De même, il est prévu que la carte serve d'outil citoyen pour sensibiliser la communauté à l'importance de restaurer, protéger et conserver les zones humides de la ville.

Justification

La révision des cartes interactives existantes sur les zones humides de Bogota constate qu'il y a limitations quant à outils qui montrent d'une façon dynamique les changements de ces écosystèmes. Par conséquent, l'objectif général de ce projet est d'élaborer une carte dynamique afin de visualiser les changements spatio-temporels des zones humides de Bogota au fil du temps. Ci-dessous sont présentés 3 projets qui se rapprochent de l'objectif principal.

Le premier est la **visionneuse géographique environnementale** du secrétaire de district à l'environnement de la ville de Bogota (Figure 1). Son objectif est de diffuser des informations

institutionnelles géoréférencées sur l'état environnemental de la ville. Le spectateur accède à différents services géographiques gratuits de l'infrastructure de données spatiales pour le district de la capitale (IDECA en espagnol), tel que les services web de vérification et de géocodage des adresses, la carte de référence de Bogota ou des couches d'informations sur la qualité de l'eau, du sol ou de l'air. La visionneuse a été développée à l'aide d'outils logiciels gratuits et code ouvert. Différentes cartes thématiques peuvent être affichées sur l'état environnemental de Bogota. Il dispose d'une interface dynamique, il dispose d'outils de navigation pour déplacer la carte, zoomer. De plus, il a une liste de couches qui peuvent être activées ou désactivées. Vous pouvez également choisir différentes cartes de base. Aussi, les données disponibles sont matricielles et vectorielles. De même, l'outil géographique compte avec des outils d'analyse spatiale tels que la mesure des longueurs et des surfaces.

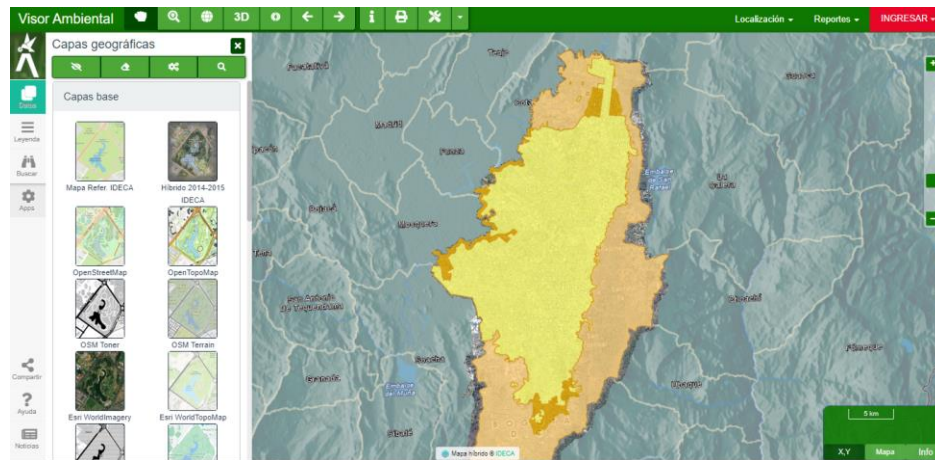


Figure 1. – Visionneuse géographique environnementale de Bogota.

Le deuxième est la **carte mondiale des zones humides** (Figure 2). Elle est produite par le Programme d'adaptation et d'atténuation durable des zones humides (SWAMP en anglais). L'objectif est de collecter et de partager des informations sur les zones humides tropicales dans un format visuel. La carte s'agit d'une carte thématique. Elle dispose d'une interface agréable avec d'outils de navigation pour déplacer la carte, zoomer, afficher la légende. Elle est prise en charge par la technologie commerciale ESRI. Les données affichées proviennent de différentes entités telles que la FAO, la NOAA et l'USGS. L'ensemble de données est au format GeoTIFF avec une résolution approximative de 236 mètres. La carte est destinée au grand public. Vous pouvez également télécharger les données pour l'ensemble de la région tropicale ou le pays d'intérêt. Et l'utilisateur peut également choisir la couche à voir, soit les zones humides soit la tourbe.

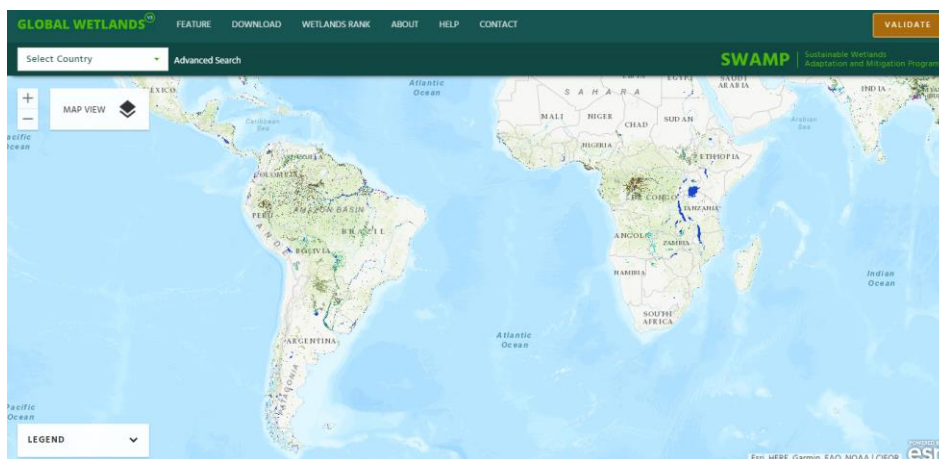


Figure 2. – Carte mondiale des zones humides.

Ce qui suit est la **visionneuse de la Bibliothèque nationale d'Écosse** (NLS en anglais). L'application permet de visualiser un ensemble de superpositions de cartes historiques (Figure 3). Cette application utilise OpenLayers et MapTiler et a été initialement personnalisée pour la Bibliothèque nationale d'Écosse par Klokant Technologies. L'outil a plusieurs options d'affichage telles que, côte à côte qui permet de comparer toutes les différentes superpositions de cartes historiques les unes aux autres, ou aux cartes Bing, MapBox ou OpenStreetMap. Il est ouvert au public, en particulier à ceux qui souhaitent voir les changements historiques que l'Angleterre, et en particulier l'Écosse, a connus.

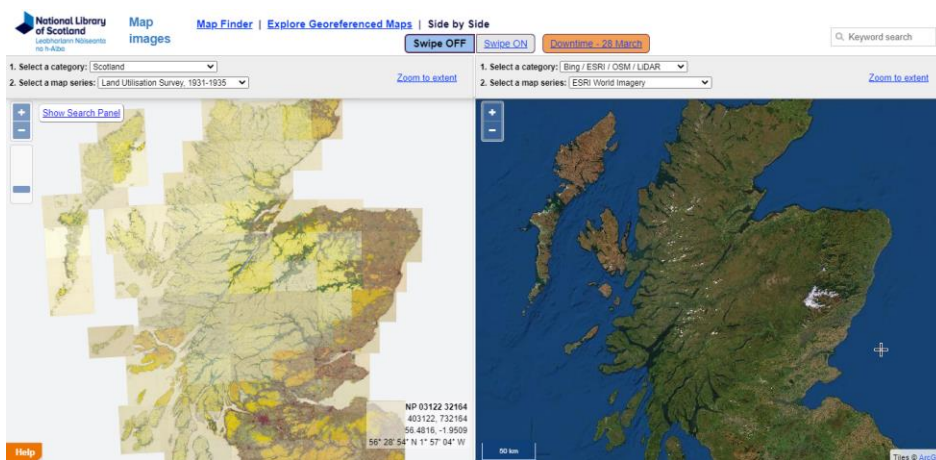


Figure 3. – Visionneuse de la Bibliothèque nationale d'Écosse.

La dernière est la carte de la **Global Forest Watch**. L'objectif de cette carte est de fournir les données nécessaires pour éclairer les décisions politiques sur la déforestation. Les technologies utilisées sont de code ouvert. L'interface de l'utilisateur est dynamique. Il y a cinq options pour

changer la carte base. Les couches thématiques disponibles sont sur le changement mondial de la forêt, de l'usage de la couverture terrestre. Aussi données sur le climat comme le flux du carbone. Un outil très différent des autres cartes est le bouton coulissant qui permet regarder les changements spatiaux temporels de la forêt au fil du temps. En première instance, la carte est dirigée aux politiques. Mais, quelqu'un que veut mener études environnementales peut télécharger les données. De plus, il est possible faire des analyses dans l'application.

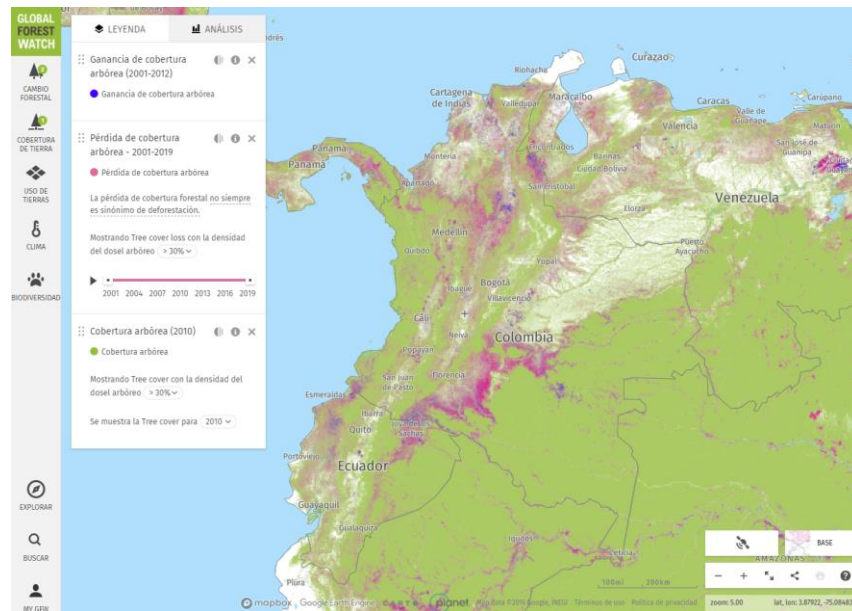


Figure 4. — Global Forest Watch.

Les cartes thématiques ou visionneuses géographiques ci-dessus illustrent l'approche du projet proposé. D'une part, la visionneuse géographique environnementale de Bogota représente l'interface dynamique pour l'utilisateur, ainsi que les données à afficher. Même s'il s'agit d'une carte élaborée par le secrétaire à l'environnement de la ville, elle ne parvient pas à montrer de manière dynamique les changements dans les zones humides de Bogota. D'autre part, la carte mondiale des zones humides représente le thème de la carte dynamique à réaliser. Bien qu'il s'agisse d'une carte thématique des zones humides du monde entier, en zoomant sur la zone de Bogota, les zones humides urbaines de la capitale ne sont pas affichées. Il se peut que les développeurs de la carte n'aient pas les données au moment de la création de la carte dynamique.

Quant aux deux dernières cartes, celle de la Bibliothèque nationale d'Écosse et celle de la Global Forest Watch, elles sont la valeur ajoutée que je souhaite apporter à l'application. Du côté de l'outil de la Bibliothèque nationale d'Écosse, la possibilité d'avoir la division de deux côtés sur le même

écran dans lequel deux éléments différents peuvent être vus depuis la même zone, facilite l'analyse du phénomène représenté par la carte. De plus, la carte de la Global Forest Watch, bien que son thème soit celui de la surveillance forestière, l'outil chronologique dont il dispose pour voir la perte de couvert forestier me semble essentiel pour mon projet.

L'examen des cartes existantes donne un bon avant-goût de ce que je voulais montrer dans la présente carte dynamique. La Visionneuse Zones Humides de Bogota est une carte thématique dynamique qui vise à montrer dynamiquement les changements qu'ont connus les zones humides de la ville de Bogota entre 1940 et 2000. Contrairement à la visionneuse géographique environnementale, l'utilisateur peut voir directement les couches des zones humides à choisir chaque année, dans la carte développée. De plus, elle montre les zones humides urbaines de la ville de Bogota à un niveau détaillé, contrairement à la carte mondiale des zones humides.

Quant à la visionneuse de la Bibliothèque nationale d'Écosse, la carte développée n'a pas grand-chose à récupérer de cette carte. Cela aurait été formidable d'ajouter l'option d'affichage côte à côte, mais ce n'était pas possible. Cependant, ce n'est pas un aspect qui a beaucoup d'impact sur l'objectif principal de la carte développée. Enfin, la carte développée comprend l'outil de curseur de chronologie qui vous permet de voir dynamiquement les changements dans la couverture des zones humides entre les données affichées, comme on peut le voir sur la carte Global Forest Watch. Mais l'outil utilisé dans cette carte est plus efficace, car vous pouvez voir les changements au fur et à mesure que vous déplacez le curseur dans la chronologie, contrairement au Global Forest Watch que vous devez vous arrêter au cours d'une année spécifique pour voir les changements.

Pour conclure, le projet intègre quelques concepts et outils des projets présentés. En général, cette carte accueille les technologies code ouverte telles que les cartes explorées, mais ce projet utilise ses propres bibliothèques de programmation JavaScript telles que Leaflet. Le public aura la possibilité de consulter les données pour chaque année disponible. Aussi, ils pourront voir le changement spatio-temporel que ces écosystèmes ont connu. En fait, la carte est destinée au grand public. D'un côté, il y a des aménageurs de terres, de telle sorte qu'il sert d'outil de gestion des ressources naturelles. D'autre côté, il y a le grand public, pour qu'il puisse être utilisé comme un outil pédagogique sur l'importance de ces écosystèmes pour la ville.

Méthodologie

Données

Pour la réalisation de la carte dynamique, les données utilisées étaient les couches vectorielles sur les couvertures des zones humides de Bogota des années 1940, 1970 et 2000. Ces données ont été obtenues à travers de l'interprétation des photos aériennes des années mentionnées ci-dessus. Le processus d'interprétation était mené par la Secrétariat d'Environnement de la ville. L'identification des couvertures est à un niveau semi-détaillé. Les couvertures représentées sont les suivantes : arbustes, constructions, forêts, eau, pâtures, végétation aquatique, et végétation herbacée. Les couches ont le système de coordonnées géographiques WGS 1984, EPSG 4326, et les couvertures sont de type polygone.

Les données sont disponibles de façon libre sur la **visionneuse géographique environnementale** de Bogota. Elles ont été téléchargées directement à partir de la page web. Pour y faire, l'utilisateur doit s'enregistrer avec un compte Gmail. Le fichier téléchargé a permis ouvertes pour utiliser et diffuser les données à condition que les droits d'auteur de l'infrastructure de données spatiales pour le district de la capitale (IDECA en espagnol) et le Secrétariat d'Environnement de Bogota soient reconnus.

Les trois couches ont une taille totale de 43 mégaoctets initialement. Elles s'agissent des données de facile interprétation pour les utilisateurs, car les différentes couvertures sont bien identifiées. Il était nécessaire d'appliquer un processus de simplification de la géométrie pour réduire la taille des données. Pour cela, l'outil *simplifier la géométrie* de Qgis a été utilisé, en appliquant l'algorithme de Douglas-Peucker avec une tolérance de 0,000 009. Enfin, la taille des données a été réduite à 12,9 Mo.

L'utilisateur doit installer un serveur local pour faire tourner la carte. La recommandation est d'installer XAMPP, car il permet de visualiser un site web hors ligne, sur un serveur web local sur l'ordinateur. Alors, le programme créera un serveur local sur l'ordinateur de l'utilisateur. Aussi, l'utilisateur doit avoir une connexion internet, car la fonde de la carte sera transmise à partir du service de Mapbox.

Outils

La carte est programmée avec l'utilisation de trois langages computationnels. Le premier HTML, pour structurer le contenu de la carte. Le deuxième CSS, pour donner à la carte style. Et pour faire

la carte interactive, JavaScript. Pour visualiser les fonds de la carte, l'API de Mapbox a été utilisée. L'utilisateur pourra choisir quel fond de carte le convient. Les options seront grises pour faire la carte neutre, avec les rues pour identifier les arrondissements et la classe de rue qui sont près des zones humides, et le satellite.

L'interactivité de la carte a été programmée en langage JavaScript à l'aide de la bibliothèque Leaflet. Leaflet est la principale bibliothèque JavaScript open source pour les cartes interactives adaptées aux mobiles, et est gratuite. Les couches en format geojson ont été chargées de façon asynchrone au moyen du plug-in AJAX.

Le style de chaque élément représentant la couverture de chaque zone humide au cours de chaque année a été programmé en deux parties. Tout d'abord, la fonction *getColor* a été exécutée pour attribuer une couleur spécifique à chaque couverture représentée. Cette fonction est ensuite appelée dans la fonction de style appelée *estilo* dans laquelle d'autres options sont affectées pour afficher les couches, telles que la largeur du trait des lignes, l'opacité de la couleur, la couleur du trait et la couleur de remplissage de chaque type de couverture.

Des écouteurs d'événements interactifs ont été ajoutés, tels que le zoom avant sur l'objet cliqué, le souligner et la désactivation de la couverture lorsque la souris survole la carte. Les écouteurs ci-dessus ont ensuite été appelés dans une seule fonction, qui est ensuite appelée par la fonction de chargement de données.

D'autres plug-ins ont été utilisés pour embellir la carte et y attacher d'autres fonctionnalités. Parmi eux, la possibilité de visualiser la carte en plein écran. Le plug-in utilisé était le **plein écran Mapbox**. De plus, un contrôle simple a été ajouté qui ajuste une indication de chargement lorsque les tuiles et autres données sont chargées. En fait, l'indicateur est réglé sous la commande zoom, et il est visible lors du chargement des tuiles ou lors du chargement des couches des zones humides. Le **plug-in** utilisé était le développé par Eric Brelsford. Une autre option intéressante offerte par la carte est que l'utilisateur peut **imprimer** la carte au format PDF. Le plug-in utilisé était celui développé par Igor Vladyka. Parmi les options d'impression figurent le mode paysage, le mode portrait, personnalisé et automatique.

En outre, l'outil Navbar de Bootstrap a été utilisé pour créer un menu dynamique. Plus précisément le **bootstrap-multiselect** avec l'objectif que l'utilisateur puisse sélectionner les zones humides à

visualiser sur la carte. Et enfin, un autre plug-in utilisé, et qui donne à la carte une touche chronologique, était le curseur de la chronologie. Ce plug-in permet la création d'un curseur de **chronologie personnalisable**.

Les plug-ins précédents ont été programmés de manière à se compléter. D'une part, la sélection multiple permet à l'utilisateur de sélectionner une ou plusieurs zones humides qu'il souhaite voir. Initialement, l'année à voir est 1940, car il s'agit de la première couche appelée dans le plug-in du curseur de la chronologie. Mais lorsque l'utilisateur déplace le curseur sur les années suivantes, la couverture des zones humides sélectionnées pour les années suivantes est affichée sur la carte.

Le chargement des données comme mentionné ci-dessus est effectué de manière asynchrone. Comme il s'agit d'une fonction appelée par d'autres fonctionnalités de plug-ins de la sélection multiple de zones humides et du changement de données via le curseur de la chronologie, l'option de filtrage a également été programmée en son sein. Ainsi, chaque fois que l'utilisateur sélectionne une zone humide, la fonction recherche le nom de la zone humide dans les couches sélectionnées. Autrement dit, si l'utilisateur souhaite voir la zone humide de « Jaboque », initialement les entités qui ont le nom Jaboque en 1940 sont affichées. Lorsque l'utilisateur fait glisser le curseur dans le curseur de la chronologie, les entités correspondant au nom « Jaboque » sont également affichées dans les années 1970 ou des années 2000.

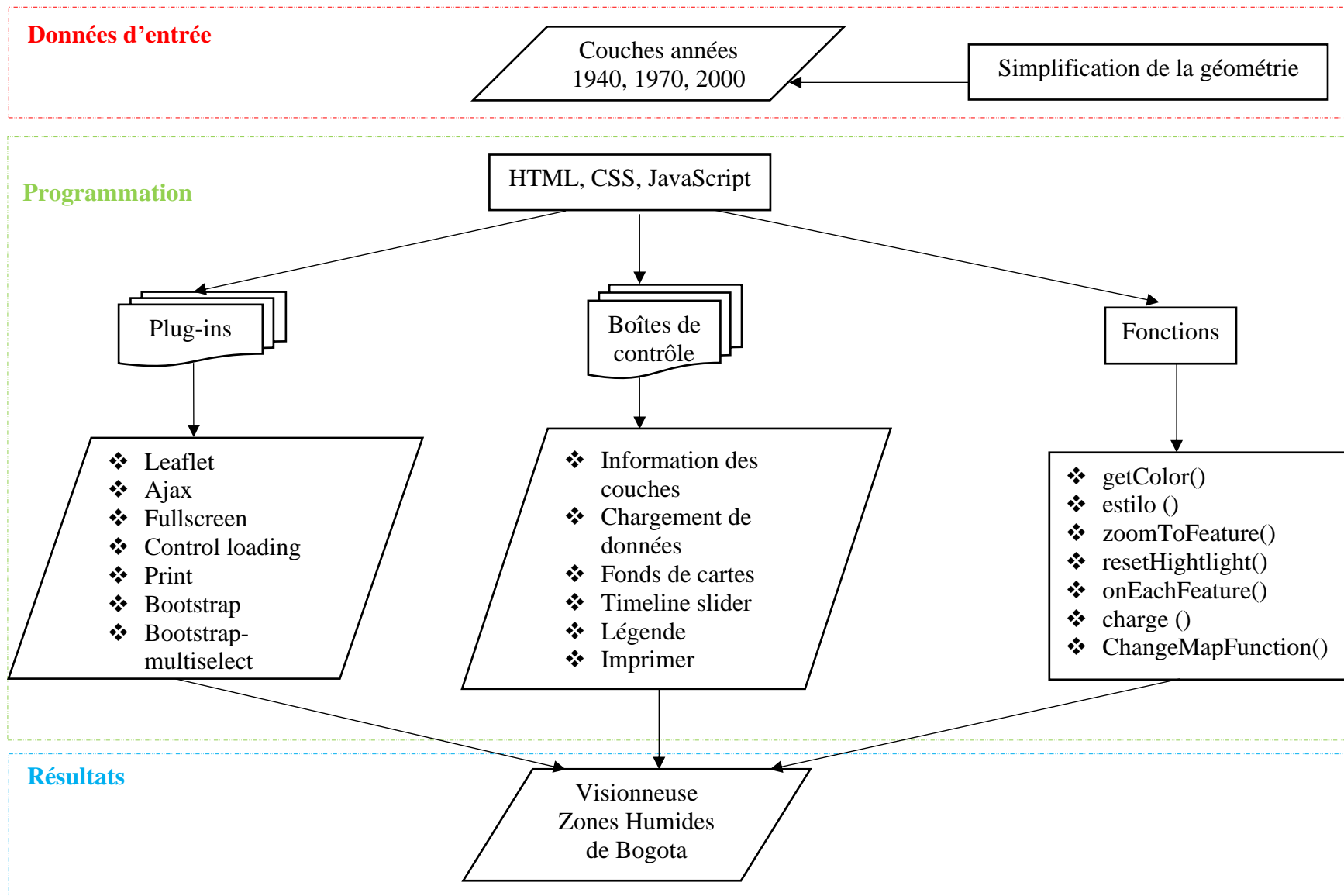


Figure 5. – Diagramme de flux de la méthodologie.

Résultats

La carte dynamique résultante remplit généralement l'objectif fixé. Il s'agit d'une carte interactive qui vous permet de sélectionner la (les) zone(s) humide(s) à visualiser, et de voir leurs changements de 1940 à 2000. Les couleurs utilisées pour représenter chaque couverture sont visuellement appropriées et se démarquent avec l'arrière-plan de la carte affiché par défaut, soyez le gris. Si l'utilisateur ne peut pas voir clairement la couverture de la ou des zones humides sélectionnées, il peut cliquer avec la souris sur n'importe quelle zone humide d'intérêt, et l'élément cliqué sera immédiatement agrandi sur l'écran. De plus, si l'utilisateur n'est pas clair sur la différenciation des couleurs dans la légende, il peut survoler la couverture et dans la partie supérieure droite le nom de la zone humide survolée sera affiché avec le nom de la couverture représentée. Le curseur chronologique et l'option de sélection multiple font bien leur travail pour afficher les informations demandées pour l'année correspondante dans le curseur de la chronologie. Des fonctionnalités telles que le plein écran, l'impression ou le chargement de données donnent à la carte une touche stylisée et interactive.

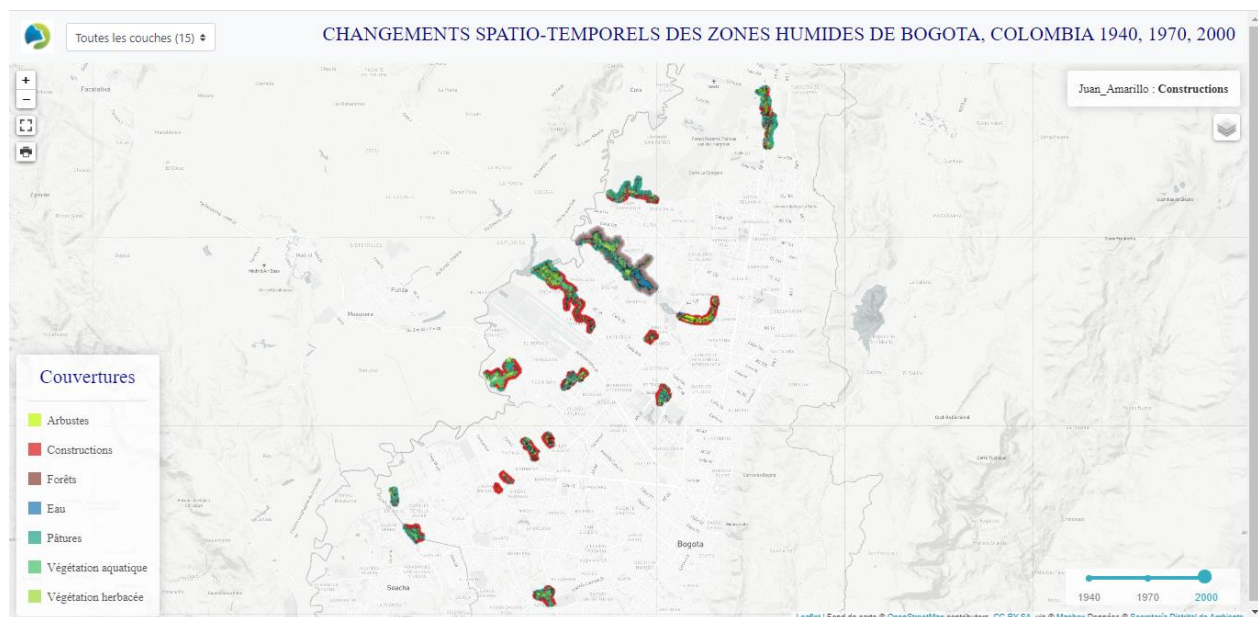


Figure 6. — Interface de la Visionneuse Zones Humides de Bogota.

Limitations

La taille des données à afficher sur la carte continue d'être une limitation, malgré le fait que l'étape de simplification et d'édition des données a été considérablement réduite. Plutôt que de réduire la taille des données, la solution consiste à charger les données à partir d'un serveur en ligne. Bien que, pour le présent projet, j'ai essayé d'exécuter cette procédure avec l'aide de PostGIS dans Postgres, il n'a pas été possible de l'inclure dans le résultat final, car il n'était possible de charger qu'une seule couche sans le style programmé.

Dans le présent projet, les données doivent être téléchargées dans la machine client, mais stockées du côté serveur local, car pour que l'utilisateur puisse afficher la carte, il doit télécharger le jeu de données utilisé pour programmer la carte. Il s'agit du document HTML, ainsi que des plug-ins utilisés, de l'image utilisée pour le logo et des données à afficher. Cependant, le chargement des données est effectué côté serveur, car l'utilisateur doit se connecter à un serveur local, tel que XAMPP, ce qui rend la carte peu attrayante pour l'utilisateur dès le départ.

Le travail futur consiste à développer la manière dont les données sont stockées sur un serveur en ligne, de manière qu'elles soient appelées du côté serveur, et non de la machine qui accède à la carte. Un autre utilitaire à ajouter à la carte est de voir quantitativement l'augmentation ou la diminution de la couverture des zones humides, dans les années affichées. Cela peut être fait en affichant des images de graphiques statistiques au format barre, ou si le stockage est réalisé sur un serveur en ligne, simplement faire la requête et afficher la superficie de chaque couverture.

Références

- Durand, M. (2008). Les zones humides urbaines à Bogota, conflits d'usage et patrimonialisation. *Géographie et Cultures*, 62, 43 –59. <https://doi.org/10.4000/gc.2349>
- Gardner, R. C., Barchiesi, S., Beltrame, C., Finlayson, C. M., Galewski, T., Harrison, I., Paganini, M., Perennou, C., Pritchard, D. E., Rosenqvist, A., & Walpole, M. (2015). *État des zones humides du monde et des services qu'elles fournissent à l'humanité : compilation d'analyses récentes*. 21. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/bn7f.pdf%0Ahttp://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/cop12_doc23_bn7_sowws_f.pdf
- Van der Hammen, T. (2003). Los humedales de la sabana. In *EAAB, Los Humedales de Bogota y la Sabana*.
- WWF. (2018). Living Planet Report - 2018: Aiming higher. In *Environmental Conservation* (Vol. 26, Issue 04). <https://doi.org/10.1080/09528820802312343>