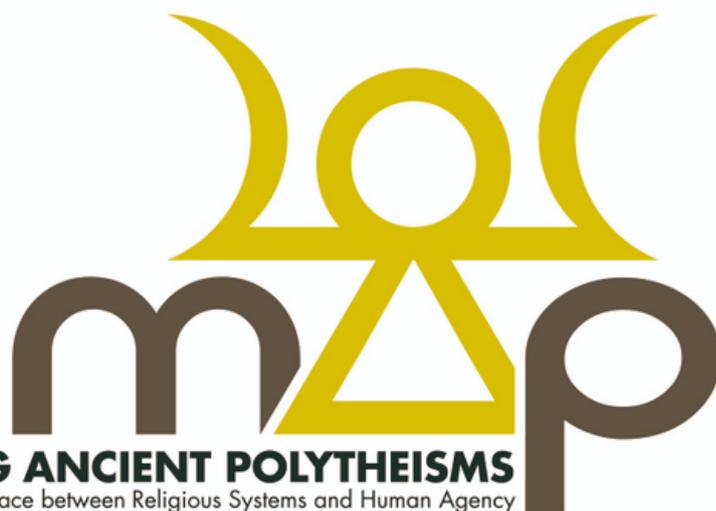


Bermudes Caroline  
Ciron Céline  
Ramos Sevillano Loly



# ETUDE DE CONCEPTION D'UN ATLAS WEB INTERACTIF

Commanditaires : chercheurs du projet de recherche MAP

Représentants : Bonnet Corinne, Lebreton Sylvain

Encadrement : Jégou Laurent



<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>1. Définition des besoins et enjeux cartographiques</b>	<b>4</b>
1.1. Un bel atlas grand public et interactif - l'objet	4
1.2. Un atlas qui rende compte des résultats de recherche et du projet - le contenu	6
<b>2. Etude du modèle conceptuel et de la base de données MAP</b>	<b>10</b>
2.1. Les trois niveaux de la base de données : sources, attestations, éléments	10
2.2. Les éléments cartographiables de la base de données	11
<b>3. Définition de la structure du site : étude de l'interface et maquette</b>	<b>13</b>
3.1. L'interface :	13
3.1.1. "Etat de l'art" de différentes webmaps	13
3.1.2. L'expérience utilisateur	15
3.2. Navigation : l'arborescence du site	16
3.3. Aide au développement et guide pour l'aspect esthétique : la maquette	18
<b>4. Etude des possibilités techniques</b>	<b>25</b>
4.1. Mettre en scène les données	26
4.1.1. Filtrer les données (selection, menus)	26
4.1.2. Montrer les liens	28
4.1.3. Apporter des informations complémentaires : données, images, statistiques	30
4.2. Représenter des données massives	32
4.2.1. La carte de chaleur	33
4.2.2. Le cluster	34
4.2.3. Le carroyage et l'extrusion	35
4.3. Représenter l'évolution et comparer	37
4.3.1. La dynamique temporelle	37
4.3.2. La comparaison (balayage)	38
4.3.3. Le fond de carte adapté au projet	39
4.4. Raconter une histoire : la storymap	43
4.4.1. Tour d'horizon des possibilités open source	43
4.4.2. Un exemple de storymap à partir des données MAP	47
<b>5. Poursuite du projet</b>	<b>49</b>
5.1. Réflexion sur la compatibilité technique et la mise en oeuvre	49
5.2. Des arbitrages à faire et des pistes de travail à creuser	50
5.2.1. Du point de vue "technique"	50
5.2.2. Du point de vue "du contenu"	51
5.2.3. Du point de vue "esthétique"	52
<b>Conclusion</b>	<b>54</b>
<b>Table des figures</b>	<b>55</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>57</b>

# Introduction

Le projet MAP (*Mapping Ancient Polytheisms, Cult Epithets as an Interface between Religious Systems and Human Agency*) de l'Université de Toulouse Jean-Jaurès (laboratoire PLH) rassemble une équipe de spécialistes des religions antiques, notamment grecques et sémitiques sous la direction de Corinne Bonnet. Au cœur du projet se trouve une base de données *open access* qui recense les « séquences onomastiques » divines, c'est-à-dire les combinaisons de noms divins ou éléments (noms, épithètes, titres, propositions, etc.) trouvées dans les inscriptions. Cette base de données, comparative entre monde grec et sémitique est complétée au fur et à mesure et se veut, avec le temps, exhaustive. En effet, elle continuera d'être alimentée après la fin du projet, prévue courant 2023. Des outils de visualisation de la base de données comme une analyse de réseaux et une application de webmapping existent déjà et sont accessibles après demande de création de compte sur le site de la base de données : <https://base-map-polytheisms.huma-num.fr/>. L'application de webmapping, trop compliquée d'utilisation et proposant un mode de visualisation des données souvent considéré comme inesthétique, n'est pas totalement appréciée et utilisée par les commanditaires et semble avoir été réalisée en grande partie sans consultation de l'équipe par rapport à ses besoins et sans leur implication tout au long de sa construction. Dans tous les cas, elle ne permet pas un accès du grand public aux données de la base MAP.

Ce projet entre dans le cadre des ateliers géomatiques du Master 2 SIGMA, son objectif est de proposer une étude de conception et un prototype de site, pour la mise en œuvre d'un Atlas Interactif Web valorisant les données du projet de recherche MAP. Il s'agit d'imaginer une application interactive "éditorialisée", autour de problématiques ou de sujets de recherche vus comme autant de "chapitres" d'un atlas numérique. Contrairement à la première application de webmapping, qui était à destination des chercheurs, celle-ci sera à destination du grand public. L'objectif de ce projet n'est pas la production finale de l'atlas mais l'assistance à la maîtrise d'ouvrage, c'est-à-dire l'accompagnement des commanditaires dans la formulation de leurs besoins. Cela implique de : considérer leurs opinions, leurs retours, les confronter aux difficultés, les impliquer à chaque étape du projet pour mettre en place une première réflexion avant rédaction du cahier des charge de cet atlas.

Par conséquent, une grande partie de notre travail relève de la maïeutique. Il s'agit pour l'équipe du projet MAP de définir ce qu'ils cherchent à représenter et dans quel but, nous les aidons en montrant ce qu'il est réellement possible de faire et par quels moyens, nos échanges permettent d'adapter la vision du produit final en explorant le champs des possibles. Pour ce faire, nous avons eu de nombreuses phases d'échanges avec l'équipe du projet : une fois par semaine (avec une exception), généralement le jeudi matin après leur réunion hebdomadaire. Durant ces réunions, nous leur présentions nos avancées, nos propositions, les points sur lesquels nous voulions des éclaircissements. A chaque fin de réunion, nous indiquions à l'équipe les ressources dont nous avions besoin, qui se précisaient à chaque fois un peu plus. Nous avons accès à un [sharedocs](#) dans lequel ils nous proposaient des éléments sur lesquels nous concentrer. Ces ressources et leur aide ont été très précieuses et nous les remercions pour leur grande disponibilité. Leur début de sommaire ainsi que les liens vers leurs articles ont parfois permis de mieux cerner leur volonté et leurs priorités de représentation.

Ce rapport résume l'avancée du projet et fait le lien entre la commande initiale et les premières pistes de mise en œuvre de l'atlas. Nous avons organisé plusieurs réunions autour des envies, des besoins des commanditaires, autour des enjeux cartographiques, de la définition des éléments nécessaires (filtrage, inclusion de certains éléments..) et des éléments plutôt secondaires (inclure des outils de SIG?...) Ce présent document, ainsi que les "livrables" fournis en annexe, servent également de guide de développement pour la suite du projet, incluant une maquette, des réflexions sur les fonctionnalités de l'interface, des tests de représentations sur des prototypes à l'aide de plusieurs ressources, se voulant pour la plupart opensource.

# 1. Définition des besoins et enjeux cartographiques

## 1.1. Un bel atlas grand public et interactif - l'objet

Le projet MAP consiste au “repérage exhaustif des séquences onomastiques dans les sources épigraphiques et papyrologiques, et dans certaines sources littéraires”<sup>1</sup>. Les séquences onomastiques sont enregistrées dans une base de données en *open access* et enrichies de métadonnées touchant aux contextes (rituels) et aux agents (sociaux). A ce jour, le projet MAP recense plus de 14 700 sources localisées dans le monde méditerranéen et au Proche Orient, représentant presque 18 000 attestations composées par environ 4 000 éléments (mots) différents.

Les données enregistrées sont déjà traitées par le biais d'outils statistiques, cartographiques et d'analyse de réseaux. Mais ces outils ne sont pas nécessairement adaptés au grand public car ils nécessitent au préalable une connaissance assez fine de la base de données afin d'effectuer des requêtes visualisables ensuite dans l'interface cartographique. Les chercheurs de l'équipe MAP souhaitent donc un nouvel “outil” sous la forme d'un atlas en ligne qui donne à voir, de façon plus simple et plus pédagogique, les principales ressources de cette base de donnée et permettre au public d'interagir avec elles : de les trier, de les comparer, d'obtenir des informations complémentaires. Il s'agit donc de trouver un équilibre entre la représentation exhaustive des données de la base MAP et la compréhension par un public non spécialiste de ces données.

Cet atlas doit être attractif esthétiquement, dans l'idée des atlas historiques et correspondre aux codes du genre pour permettre au visiteur d'identifier facilement l'objet. Il pourra évoluer et être enrichi dans le futur en fonction des résultats de recherche.

### **Enjeux cartographiques :**

- La base de données est en constante évolution, certaines données sont lacunaires ou incertaines.
- La masse de données ne doit pas être un frein à la compréhension et le visiteur de l'atlas, qualifié de “grand public”, peut avoir différent niveau d'expertise (chercheur, enseignant du secondaire, amateur, curieux).
- La base de données couvre une période longue (plus d'un millénaire) et ancienne.
- La base de données couvre un espace élargi (bassin méditerranéen et Proche Orient) mais peut concerner des phénomènes à l'échelle de la cité.

Ce type d'atlas interactif “grand public” existe déjà et nous avons pu nous inspirer du recensement effectué par Laurent Jégou pour alimenter les discussions avec l'équipe et cerner davantage leurs besoins ainsi que pour identifier ce qui est réalisable”. Parmi les exemples fournis, certains correspondent davantage à l'idée d'un bel atlas grand public et interactif.

- Atlas climatique du Canada - <https://atlasclimatique.ca>

---

<sup>1</sup> extrait du site vitrine du projet MAP : <https://map-polytheisms.huma-num.fr/a-propos-du-projet/>

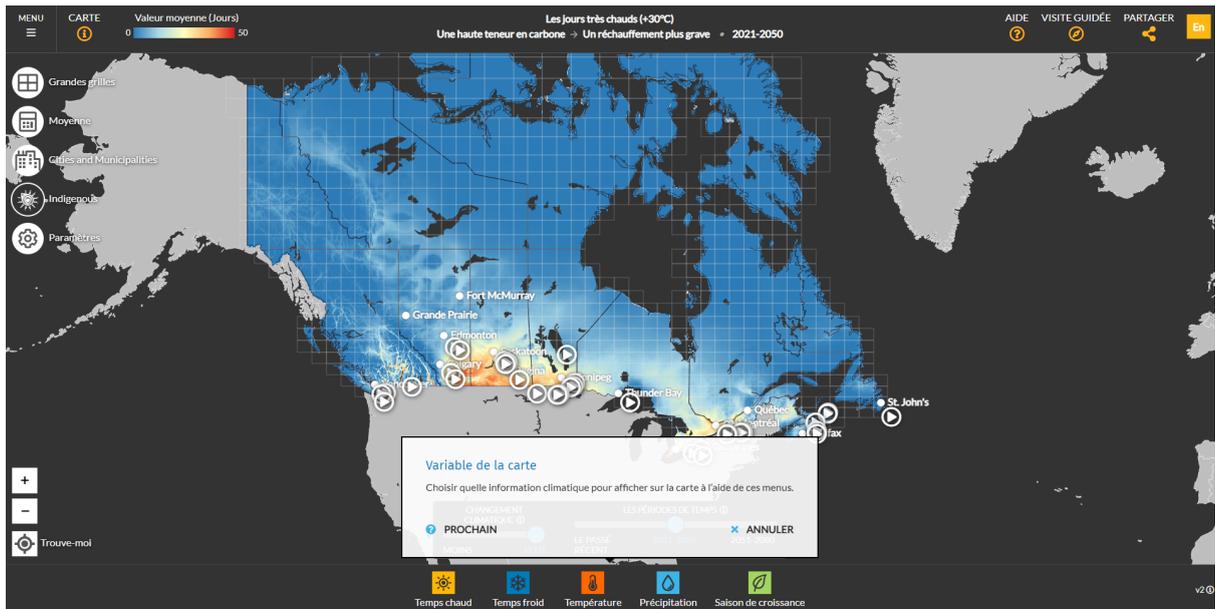


Figure 1 : Capture d'écran du site de l'Atlas climatique du Canada

Les “plus” : visite guidée, icônes explicites, simplicité, textes et vidéos, informations visuelles (dataviz, code couleur explicite bleu = froid et rouge = chaud), popup d'aide à la lecture et à l'interprétation de la carte.

- Cartorient - <http://cartorient.cnrs.fr/>

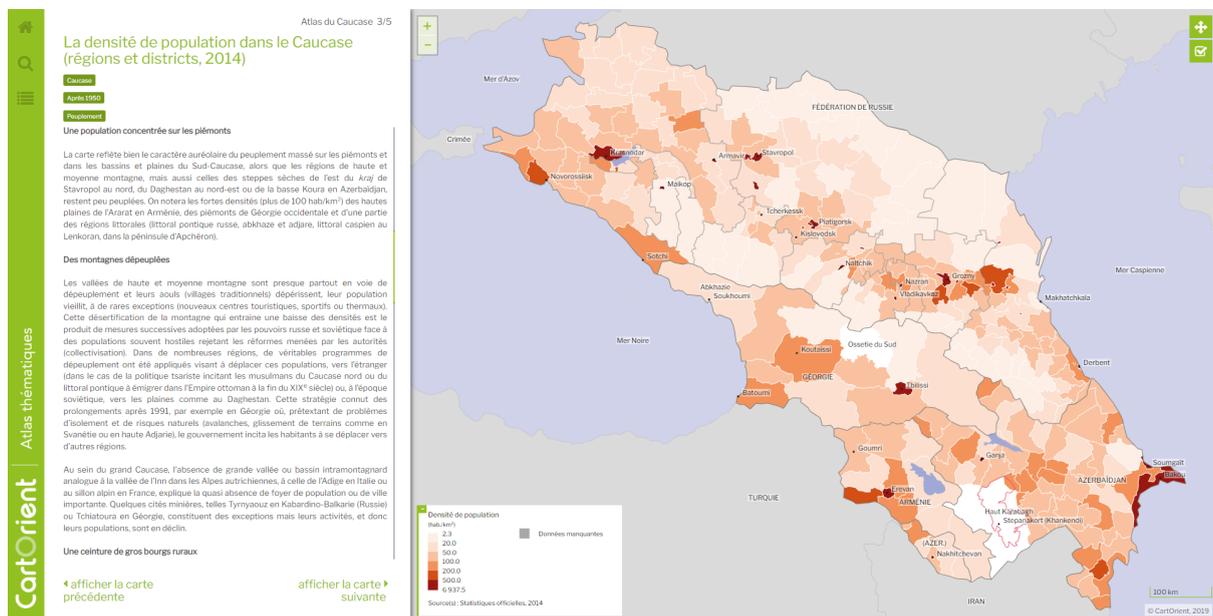


Figure 2 : Capture d'écran du site Cartorient

Les “plus”: Moteur de recherche, filtres espace/temps et thèmes, choix entre atlas thématique ou interactif, texte et références bibliographiques plutôt orientés article scientifique mais carte avec légende simple et informations complémentaires au clic.

- Atlas mondial Sciences Po - <https://espace-mondial-atlas.sciencespo.fr/fr/index.html>



Figure 3 : Capture d'écran du site de l'Atlas mondial de SciencesPo

Les “plus” : conçu comme un atlas papier avec des chapitres et des cartes plus statiques mais très pédagogiques.

### 1.2. Un atlas qui rende compte des résultats de recherche et du projet - le contenu

L'apport premier de la cartographie en lien avec la base de données MAP est de localiser les attestations qui contiennent les séquences onomastiques sur une carte du bassin méditerranéen élargi au proche orient afin de pouvoir mettre en évidence des densités, la présence ou l'absence d'une divinité, le poids d'une divinité par rapport aux autres, etc.

En parallèle, les chercheurs souhaitent mettre en avant des résultats de recherche et au-delà de la simple localisation des attestations, donner à voir les mobilités, les diffusions dans l'espace et dans le temps, les réseaux, les aires d'influence, etc. Par exemple, il existe des “dieux voyageurs” dont le culte se diffuse ; les chercheurs aimeraient pouvoir visualiser dans l'espace les attestations par tranches chronologiques pour raconter comment cette divinité s'est déplacée dans l'espace et le temps. Il existe également dans la base de donnée des éléments toponymiques (attachés à un lieu et le plus souvent à une géométrie) utilisés dans des séquences onomastiques par exemple, des dédicaces "à Apollon Pythien" (c'est à dire à Apollon du sanctuaire de Delphes) retrouvée en dehors de la cité.

Ils veulent également pouvoir raconter une histoire, rendre compte d'une découverte, ce qui peut passer par un récit cartographique davantage scénarisé ou par des cartes préconstruites et plus ou moins interactives. Par exemple, il existe des divinités avec un attribut particulier comme les “divinités des fruits” ou les “divinités qui écoutent” ou encore celles qui “règnent sur” que les chercheurs ont étudiées. Les éléments qualificatifs ou toponymiques sont présents dans la base de données mais nécessitent d'être triés, filtrés, enrichis de données extérieures, ordonnés et commentés pour permettre au visiteur de l'atlas de comprendre le phénomène historique.

## Enjeux cartographiques :

- Représenter les attestations. Les géométries issues de la BD MAP sont uniquement des points. Parfois des centaines d'attestations sont rattachées aux mêmes coordonnées géographiques.
- Faire des liens entre les différentes données ponctuelles de la BD MAP.
- Construire des récits cartographiques à partir des publications des chercheurs pour guider le visiteur dans la découverte des données.
- Apporter des données complémentaires (statistiques, images) en marge ou dans la carte.
- Montrer l'évolution et la diffusion d'un phénomène dans le temps (animation)

Parmi les ressources recensées en amont du projet, certaines correspondent à ce besoin de "vulgariser" des résultats de recherche au travers d'outils cartographiques divers.

- FactoViz - [https://analytics.huma-num.fr/Helene.Mathian/FactoViz/FactoViz\\_Stable/](https://analytics.huma-num.fr/Helene.Mathian/FactoViz/FactoViz_Stable/)

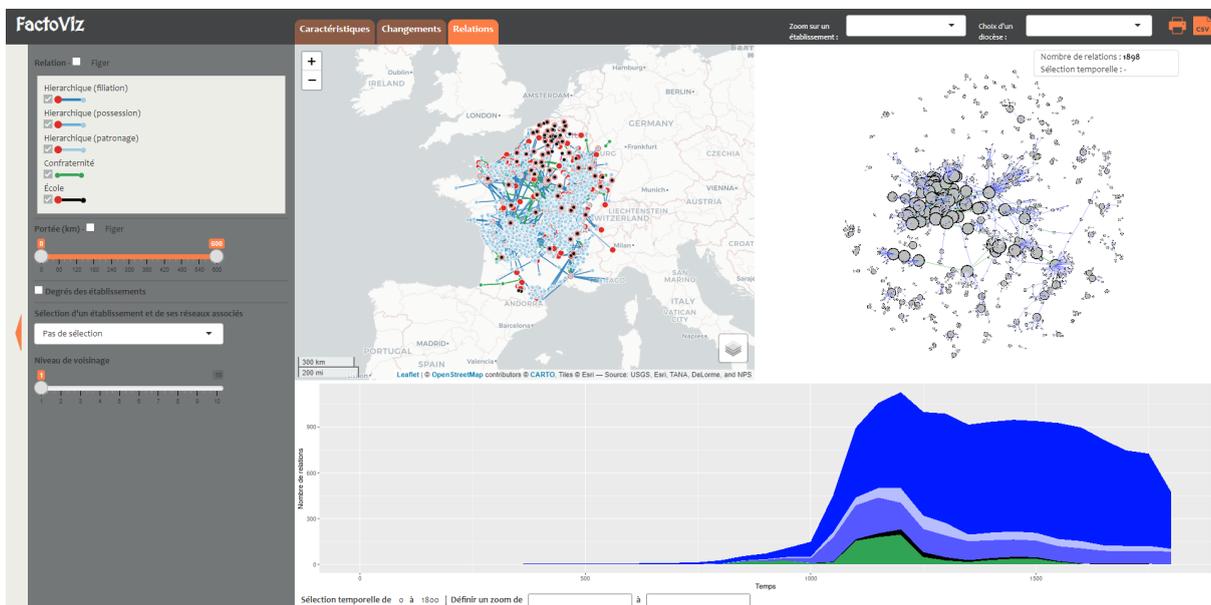


Figure 4 : Capture d'écran du site FactoViz

Les "plus" : juxtaposition de la carte avec d'autres informations statistiques et possibilités d'interaction entre les deux. Présence de filtres permettant de modifier la chronologie ou certains éléments mais prise en main simple.

- Université d'Oxford - Projet d'archéologie EAMENA <https://eamena.org/case-studies>

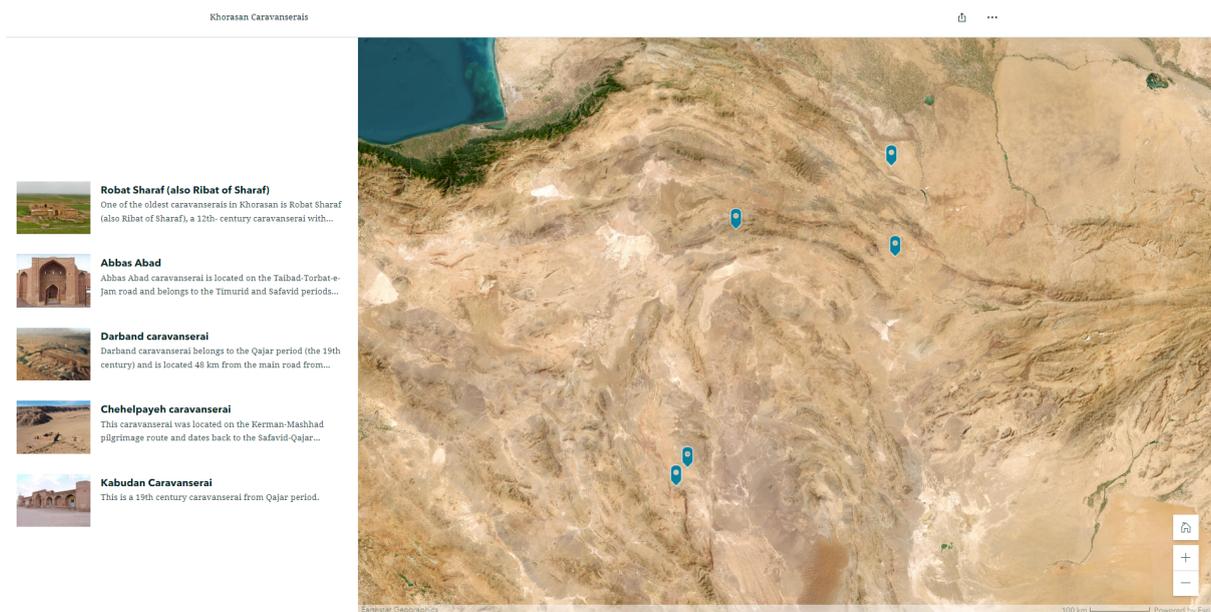


Figure 5 : Capture d'écran du site de la story map "Khorasan Caravanserais"

Les "plus" : récit cartographique scénarisé qui permet d'ajouter de l'interaction et des illustrations à une explication historique afin de toucher un public plus large. Diversité des représentations graphiques.

- Lowy Institute - Asia power Index 2023 - <https://power.lowyinstitute.org/>



Figure 6 : Capture d'écran du site de l'Asia Power Index 2023

Les "plus" : conçu comme un tableau de bord, l'atlas relève plus de la datavisualisation que de la cartographie mais permet de rendre compréhensibles des données statistiques complexes.

“L’un des principaux enjeux de la cartographie en ligne se trouve dans la mise en place de solutions performantes permettant à la fois un transfert rapide des données, un rendu graphique fluide et des formes d’interaction poussées.” (Mericskay B., 2021). Par conséquent, après un premier temps d’échange avec l’équipe MAP permettant la définition des besoins notre travail a d’abord nécessité une bonne compréhension des données à représenter et une prise en main de la base de données MAP (partie 2) puis une réflexion sur l’interface et la structure de l’atlas (partie 3) et enfin une étude des possibilités techniques (partie 4). Ces travaux ont été conduits parallèlement et ont nécessité des aller-retours fréquents avec l’équipe, sous la forme de réunions hebdomadaires.

## 2. Etude du modèle conceptuel et de la base de données MAP

### 2.1. Les trois niveaux de la base de données : sources, attestations, éléments

La base de données sur laquelle nous avons été invitées à travailler possède une multitude de tables. Cette base de données renferme des informations qui s'articulent en trois niveaux : les sources, les attestations et les éléments. A chaque source, appartient une ou plusieurs attestations, qui possèdent elles-mêmes un ou plusieurs éléments. Grâce au modèle de conception des données (MCD), nous avons pu identifier de grands « groupes » auxquels se rattachent ces différents niveaux ; à savoir celui de la source, de l'attestation, de l'élément, de la localisation, ainsi que celui des agents. Ces différents groupes permettent d'organiser les diverses informations et de structurer la donnée. Néanmoins deux tables se détachent de ces groupes, étant donné que l'on constate leur rattachement à plusieurs groupes ; ce sont les tables de la datation et de la bibliographie.

Afin de comprendre la BDD, nous avons cherché à l'appréhender d'une part par l'étude du MCD, mais également au travers de requêtes SQL que nous avons soit établies sur PgAdmin, soit sur le manager de BD de QGIS. Nous avons par exemple constitué une requête dont l'objectif permettait d'identifier les dieux « qui règnent ». La multitude de tables n'a pas facilité la compréhension de la base de données. Nous avons commencé par observer les tables les unes indépendamment des autres. Nous avons compris que beaucoup de tables servaient à faire le lien entre deux tables. C'est par exemple le cas de la table « agent\_activites » qui permet de faire le lien entre l'identifiant de l'agent et l'identifiant de l'activité. Au final, cette table ne contient que deux champs numériques, qui nécessitent l'observation des deux autres tables pour la comprendre. Cela dit, une fois que nous avons identifié les singularités de la base de données, et grâce à une discussion avec l'équipe du projet MAP qui a pu répondre à nos interrogations ; nous avons pu établir les requêtes que nous souhaitions selon nos besoins. Nous nous sommes concentrées sur la table des éléments comme point de départ, depuis laquelle nous effectuions les jointures nécessaires, permettant ainsi de rassembler les différents groupes identifiés précédemment et d'offrir une lecture complète des trois niveaux de divisions de la base de données.



que les données possèdent des coordonnées afin de pouvoir être utilisées. Seules les sources possèdent obligatoirement une géométrie. Ces dernières possèdent deux géométries, l'une accordée au lieu de découverte, la seconde concernant la provenance de la source ; ces deux localisations pouvant différer. Les sources, attestations et éléments sont localisés au sein des grandes régions (polygones) et au sein des sous-régions, cependant, ces dernières ne sont que des points. En outre, du fait des possibles manques d'informations, il faut soit intégrer la table des sources afin d'être certain de posséder une géométrie, soit filtrer les données afin de s'assurer de ne sélectionner que des éléments possédant une géométrie.

La nécessité de représentations graphiques nous pousse à nous poser diverses questions quant à l'intégration et à l'utilisation des données sur le futur atlas. La base de données n'est pas définitive, elle est même contributive, bien que soumise à vérification. Cela signifie que de nouveaux apports peuvent être faits, qu'elle n'est pas immuable. Ceci pose la question de la pertinence d'une connexion directe entre la base de données et l'atlas pour que ce dernier soit toujours "à jour". En effet, si l'on faisait le choix d'extraire des couches par requêtes et d'en stocker les données sur le serveur, la réponse serait certes plus rapide mais il manquerait probablement des informations qui auraient pu être ajoutées à la base de données. Le choix le plus pertinent reviendrait à connecter directement l'atlas à la base de données en intégrant au connexion par PHP. Ceci donnerait l'opportunité de conserver un accès direct à la base de données, de s'y connecter de manière sécurisée sans pouvoir modifier la BDD. PHP permet de faire une connexion, et également de lancer une requête qui interrogera directement la BDD, il se chargera également de renvoyer les résultats de la requête au client (ici l'atlas). Le traitement sera un peu plus long étant donné que le calcul de la requête s'effectuera en temps réel, contrairement à si le résultat de la requête était directement stockée sur le serveur. Cependant , nous verrons dans les prochaines parties que le traitement préalable des couches pourrait être un frein à cette connexion directe.

## 3. Définition de la structure du site : étude de l'interface et maquette

### 3.1. L'interface :

L'utilité, l'utilisabilité (expérience utilisateur) et les utilisateurs visés sont trois points à prendre en considération pour réaliser une application de webmapping efficace (Roth et al, 2015). Comme nous l'avons déjà indiqué dans l'introduction, nous considérons le "grand public" comme utilisateur, qui sera tout de même constitué de chercheurs et de personnes déjà intéressées et renseignées sur le projet. Néanmoins, l'équipe du Projet MAP représente également un autre type d'utilisateur : sans qu'ils soient pour autant en capacité de produire toutes les représentations qu'ils voudraient avec cette webmap, ils auront cependant la possibilité de visualiser leurs données sous un nouvel angle et d'en tirer de nouvelles interprétations. Ils ont également la main, en amont, sur les données qu'ils aimeraient vouloir être représentées en priorité. L'utilité dépend donc de ces deux types d'utilisateurs. Il s'agit pour l'utilisateur "grand public" d'une manière de rentrer dans le projet et de comprendre quelques-uns de ses enjeux, et il s'agit pour l'équipe du projet de représenter autrement leurs données.

Cela nous amène à penser qu'il est nécessaire de mettre en place à la fois une application qui rend les données du projet claires et accessibles pour des utilisateurs qui n'en auraient pas connaissance, mais aussi de prendre en compte l'expérience utilisateur de personnes qui seraient en mesure de comprendre les données mais n'auraient pas une idée claire des types de représentation existantes ou encore les utilisateurs combinant ces deux "caractéristiques".

Si la conception d'une interface de carte interactive peut donc paraître aisée au premier abord, puisqu'il s'agit principalement d'interagir avec une carte qui prend une grande partie de l'espace disponible sur l'écran, il faut en réalité bien y réfléchir. Il faut faire en sorte que l'utilisateur puisse rapidement comprendre les outils qu'il a à sa disposition, et que l'interaction avec les données se fasse aisément. Afin de prendre conscience de cela, nous avons nous-même pris le rôle de l'utilisateur.

#### 3.1.1. *"Etat de l'art" de différentes webmaps*

Nous avons pu tout d'abord nous familiariser avec le premier outil de webmapping développé pour le projet MAP, à la fois en essayant directement des fonctionnalités sur la webmap, et en regardant les tutoriels fournis par l'équipe. Accompagné d'un guide utilisateur d'une quarantaine de pages, l'outil n'est visuellement pas très efficace. Il est néanmoins rattaché à la base de données et permet de visualiser toutes les données disponibles si l'on sait comment les afficher. Des recherches sont possibles par Sources, Attestations, Eléments. Des outils de dessins et de sélections sont aussi disponibles. Leur webmapping est aussi accessible par le biais de résultats de recherche avancée, depuis leur interface de requête (site de la base de données). Bien que les commanditaires utilisent parfois cette webmap, la principale remarque la concernant était son utilisation complexe, alors qu'eux-mêmes ont une fine connaissance de leur base de données. Il n'était donc pas question de se baser sur cette webmap avec l'intention de viser un grand public qui ne serait pas familier avec la base de données.

Plusieurs sites (à partir d'un état de l'art réalisé au préalable sur Airtable par Laurent Jégou) nous ont aidés à dégager quelques premières idées. Ces idées nous ont guidées pour réaliser la maquette.

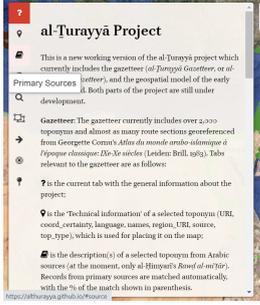
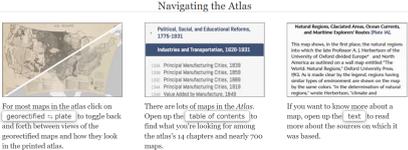
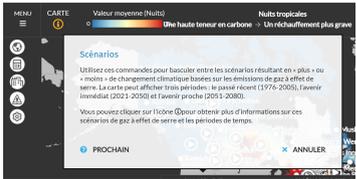
Site	Inspiration
<p><a href="https://althurayya.github.io/#home">https://althurayya.github.io/#home</a></p> 	<p>Une page ou une fenêtre de présentation simple de ce que la webmap permet de faire, explication des onglets</p> <p>Une fenêtre avec des onglets dont l'utilité est donnée plutôt explicitement par les icons + explication succincte au survol</p>
<p><a href="https://dsl.richmond.edu/historicalatlas/">https://dsl.richmond.edu/historicalatlas/</a></p> 	<p>Présentation simple des fonctionnalités de la webmap, avec des images pour guider l'utilisateur</p>
<p><a href="https://atlasclimatique.ca/map/canada/tropicalhigh ts_2060_85#z=3&amp;lat=56.07&amp;lng=-82.97">https://atlasclimatique.ca/map/canada/tropicalhigh ts_2060_85#z=3&amp;lat=56.07&amp;lng=-82.97</a></p> 	<p>Une visite guidée expliquant toutes les fonctionnalités possibles de la carte interactive</p>
<p><a href="https://analytics.huma-num.fr/Helene.Mathian/FactoViz/FactoViz_Stable/">https://analytics.huma-num.fr/Helene.Mathian/FactoViz/FactoViz_Stable/</a></p> <p><a href="https://antmaps.org/?">https://antmaps.org/?</a></p> 	<p>Carte interactive dont les fonctionnalités changent en fonction d'onglets ; description des fonctionnalités de ces onglets au survol</p>

Figure 8 : Tableau rassemblant quelques inspirations pour la réalisation de la maquette

### 3.1.2. L'expérience utilisateur

“Le challenge de l'utilisabilité (expérience utilisateur) est de puiser dans les conventions déjà établies d'interface de webmapping pour améliorer la transparence de l'interface (une interface simple et intuitive) tout en restant innovant et créatif dans le design et éviter la propagation de solutions d'interface inefficaces” (Roth, R. E., & Harrower, M. (2008). En effet, la plupart des utilisateurs sont aujourd'hui habitués au webmapping (ne serait-ce qu'à travers Google Maps) et possèdent des attentes quant à l'interface, la maniabilité, les options disponibles, etc. Il y a donc des conventions à respecter : une carte prenant de la place au centre, des menus sur les côtés, la possibilité de zoomer ou encore d'avoir des informations au clic. Ils sont aussi habitués à ce que tout cela fonctionne simplement, sans avoir à faire preuve d'une grande réflexion. Bien sûr, pour ce projet, il est quand même difficile de faire quelque chose d'extrêmement simplifié; les enjeux scientifiques du projet MAP doivent être compris. Mais il faut garder en tête l'idée d'une interface simple avec un guidage constant, un écran peu encombré et une terminologie claire.

Plusieurs points importants ressortent, après avoir parcouru quelques applications de webmapping mais aussi dans la documentation :

- Il ne faut pas directement donner à l'utilisateur la possibilité de tout faire (lui donner accès à tous les menus, les fonctionnalités de filtrage etc) mais les afficher en temps voulu et donner un choix réduit. Il faut pouvoir explorer mais ne pas se perdre.
- L'importance de la redondance de l'interface : la répétition du contenu sous différentes formes, en utilisant des éléments graphiques ou du texte descriptif (Janicki et al., 2016). Par exemple, cela est possible via l'utilisation d'icônes : utiliser des objets graphiques appropriés, attractifs mais compréhensibles, mais également expliquer leur but au survol à l'aide d'un pop-up/tool-tip.
- Dans ce même esprit de guidage de l'utilisateur et dans le but de répondre à la demande d'un atlas, il faut créer des grandes thématiques qui vont rassembler des jeux de données, et pour l'interface, réaliser des onglets. Dans notre cas, nous avons d'abord proposé des thèmes en lien le type de représentation : diffusion, relation... Mais ceux-ci ne seront peut-être pas clairs pour le grand public. D'après le début de sommaire que nous a proposé l'équipe (lien vers le sharedocs), nous pensons que des thèmes comme “Relations entre les dieux”, “Lien avec la nature”, ou encore “Vie sociale et politique” seraient peut-être plus appropriés et plus compréhensibles pour le grand public.
- Un zoom limité : ne pas permettre de dézoomer au-delà des limites du projet (le monde grec et le monde sémitique : la Méditerranée et le Proche Orient) et ne pas permettre de zoomer au-delà d'une certaine limite qui sera fixée arbitrairement (généralement, quand aucune information n'est visible sauf si l'on commence à se déplacer sur la carte) ou en fonction des tuiles vecteur ou raster choisies pour le fond de carte dont certaines ne supportent pas un zoom trop important (voir la partie fond de carte 4.3.3).

- De la flexibilité dans l'interaction : l'utilisateur a la possibilité de réaliser la même tâche, mais de façons différentes (Janicki et al., 2015). Il serait intéressant de voir comment l'utilisateur pourrait réaliser une représentation, sans exactement utiliser les mêmes filtres, ou sans aller sur la même thématique. Ce type de fonctionnalité est, dans notre cas mais surtout à ce stade du développement, peut-être difficile à concevoir.

### 3.2. Navigation : l'arborescence du site

Tout d'abord, il faut mettre en place l'arborescence du site : la manière dont les utilisateurs accèdent au contenu. La page d'accueil, la première page, renvoie sur les différentes rubriques contenues dans le site. Dans notre cas, il s'agit de deux volets, correspondant aux deux entrées dont nous avons discuté avec l'équipe : la carte interactive d'un côté, des story maps de l'autre. La page d'accueil permet également d'accéder au site vitrine du projet de recherche. Nous pensons qu'il serait éventuellement intéressant de mettre un lien permettant d'accéder au site de la base de données si des utilisateurs sont intéressés, même si, à ce stade de la réflexion, nous ne savons pas s'il y aura un lien direct entre ce nouvel outil de webmapping et la base de données ou non. Il s'agira d'extraction de données faites au préalable selon les envies de représentation des commanditaires, et retravaillées pour qu'elles soient les plus lisibles possibles pour l'utilisateur grand public.

Nous pensons qu'il est important de détacher ce travail du reste, puisqu'il s'agit, comme nous l'avons indiqué, d'un nouvel "outil" pour le projet (en plus de leur premier webmapping, de leur outil d'analyse de réseaux, ou même de la base de données elle-même. Chaque outil à sa propre page). Il s'agira d'une autre sorte de vitrine pour le projet, un outil de démonstration du travail fourni, de recueil de données et de ce qu'il est possible d'en faire.

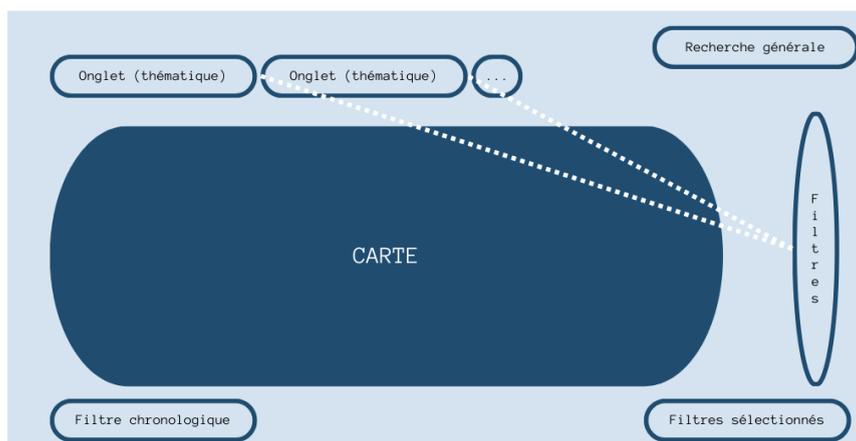
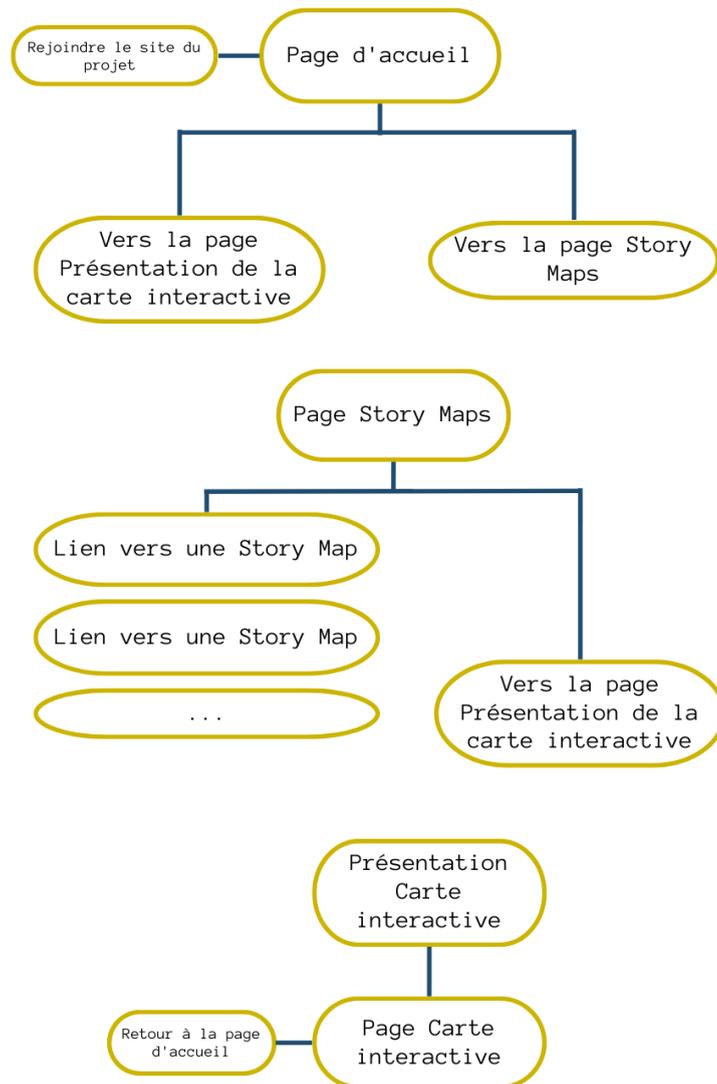


Figure 9 : Arborescence du site web tel que nous l'avons imaginé

### 3.3. Aide au développement et guide pour l'aspect esthétique : la maquette

La maquette d'un site web permet de visualiser concrètement l'arborescence du site et la manière de s'y déplacer. Elle permet également de choisir une charte graphique qui plaît au commanditaire. Elle permet de savoir ce qu'il est nécessaire de renseigner comme informations écrites, où et à quel moment, et les hiérarchiser. De manière générale, elle permet d'aider à la conception finale du site, de guider celui qui va réellement le concevoir pour que cette personne n'ait pas à réfléchir sur le design et n'ait pas forcément besoin de revenir dessus avec les commanditaires, qui l'auront normalement déjà validé. Dans le cadre de notre projet, elle permet la réflexion en amont de la rédaction d'un cahier des charges plus précis. Néanmoins, cette maquette n'est pas censée représenter un résultat final / achevé conceptuellement. D'abord puisque pour sa réalisation, nous avons utilisé l'application FIGMA. Cet outil, centré sur le design, a quelques limites pour l'interactivité. Par exemple, on ne peut pas, sur un élément, avoir à la fois un événement de type modification de l'élément et de type navigation vers une autre page. Il n'est donc pas possible de visualiser concrètement tout ce que le site sera capable de faire, en termes d'expérience utilisateur. Ensuite puisqu'il ne serait pas judicieux de considérer une telle application comme finie tant que celle-ci n'a pas été mise en pratique, testée par des vrais utilisateurs (le "grand public"). C'est pourquoi nous désignons plutôt cette maquette, à ce stade du développement de l'application, comme un guide pour le côté esthétique.

Pour définir une charte graphique, nous nous sommes inspirés du logo MAP bien que toutes les couleurs n'aient pas été utilisées pour la maquette.



Figure 10 : Logo du projet de recherche et coloris associés

Nous avons plusieurs pages dans la maquette. La première page, la page d'accueil, permet de présenter rapidement le projet mais surtout l'intérêt de cette webmap. Sur cette page, nous retrouvons également des accès vers les deux entrées qui ont été définies à travers les réunions avec l'équipe du projet MAP. D'un côté, le volet « Explorer » amène vers une carte interactive (ou disons plusieurs cartes avec différents types d'interactions, pour correspondre à cette forme d'atlas). De l'autre, le volet « Découvrir » amène vers un menu guidant vers plusieurs Story Maps. Lorsque l'on passe la souris sur l'un ou l'autre volet, celui-ci s'élargit.

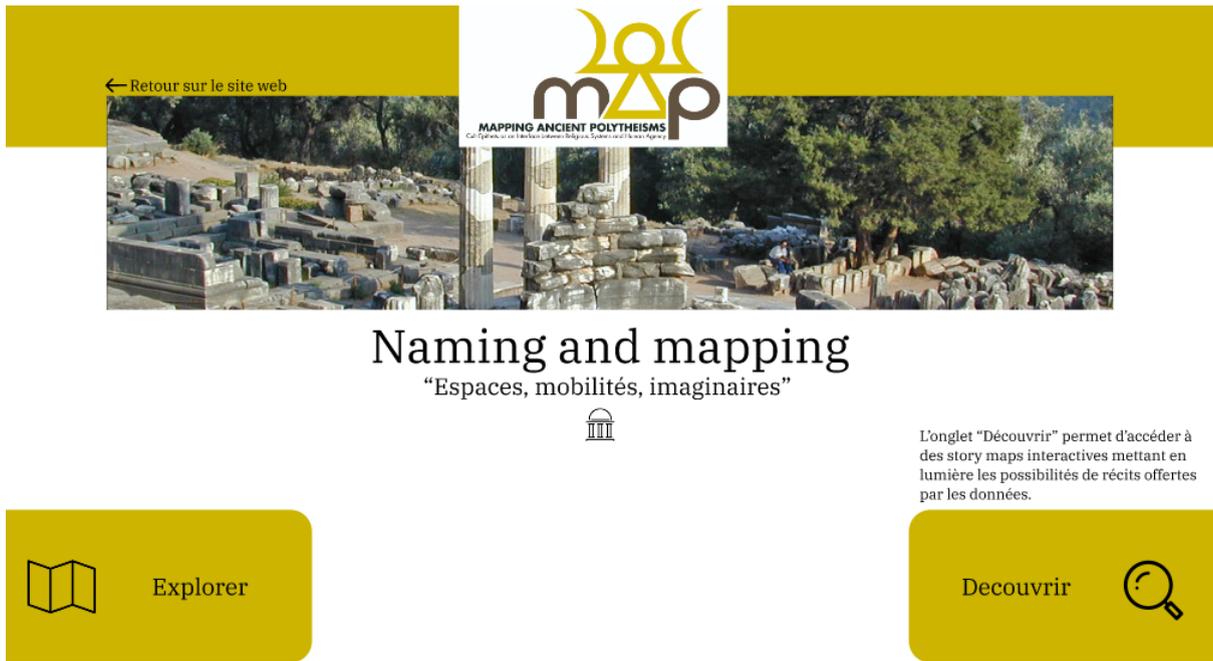


Figure 11 : Apparence de la page d'accueil et fonctionnalités associées

Pour l’affichage, nous avons laissé deux options dans la maquette. Lorsque l’on passe la souris sur le volet “Explorer”, celui-ci nous donne une représentation qu’il serait possible d’obtenir avec la carte interactive (ici, a été utilisée une image de notre prototype concernant les flux voir 4.1.2) et le texte d’explications s’affiche. L’autre option est plus sobre, ne dévoile rien en avance.

Regardons d’abord le volet « Découvrir » ; la page contenant donc les StoryMaps.



Voici quelques exemples de ce qu'il est possible de raconter avec les données du projet MAP.

Il est important de garder en tête qu'il ne s'agit pas toujours véritablement d'histoires ni d'éléments romancés. Ici, des données sont choisies car pouvant faire l'objet de plusieurs types de représentation simples et mettant souvent en lumière des rapports entre les divinités et les sociétés.

Il est possible d'interagir avec les éléments présents dans les Story Maps, mais ces interactions restent limitées.

Pour plus d'interaction avec les données :

[Explorer la carte interactive →](#)

Figure 12 : Apparence de la page de menu des storymaps

Etant donné que nous ne savons pas encore de quelle manière seront faites ces StoryMaps, il est intéressant de permettre d'accéder à une nouvelle page à travers le bouton "Vers la map". A la fin de chacune de ces StoryMaps, il serait intéressant de proposer un choix : retourner sur la page précédente (ci-dessus), ou alors « Tenter de construire sa propre StoryMap » en allant voir du côté de la carte interactive. Bien sûr, construire sa propre StoryMap n'est pas réellement possible en utilisant uniquement la carte interactive, mais si l'on a une idée en tête, il serait possible de réaliser et visualiser plusieurs types de cartes sur un thème en particulier. Dans le futur, il serait peut-être possible d'envisager que les utilisateurs puissent réellement produire une StoryMap ou quelque chose y ressemblant (voir par exemple "[Ma carte narrative](#)" proposée par l'IGN).

Le volet « Explorer » amène vers la carte interactive.

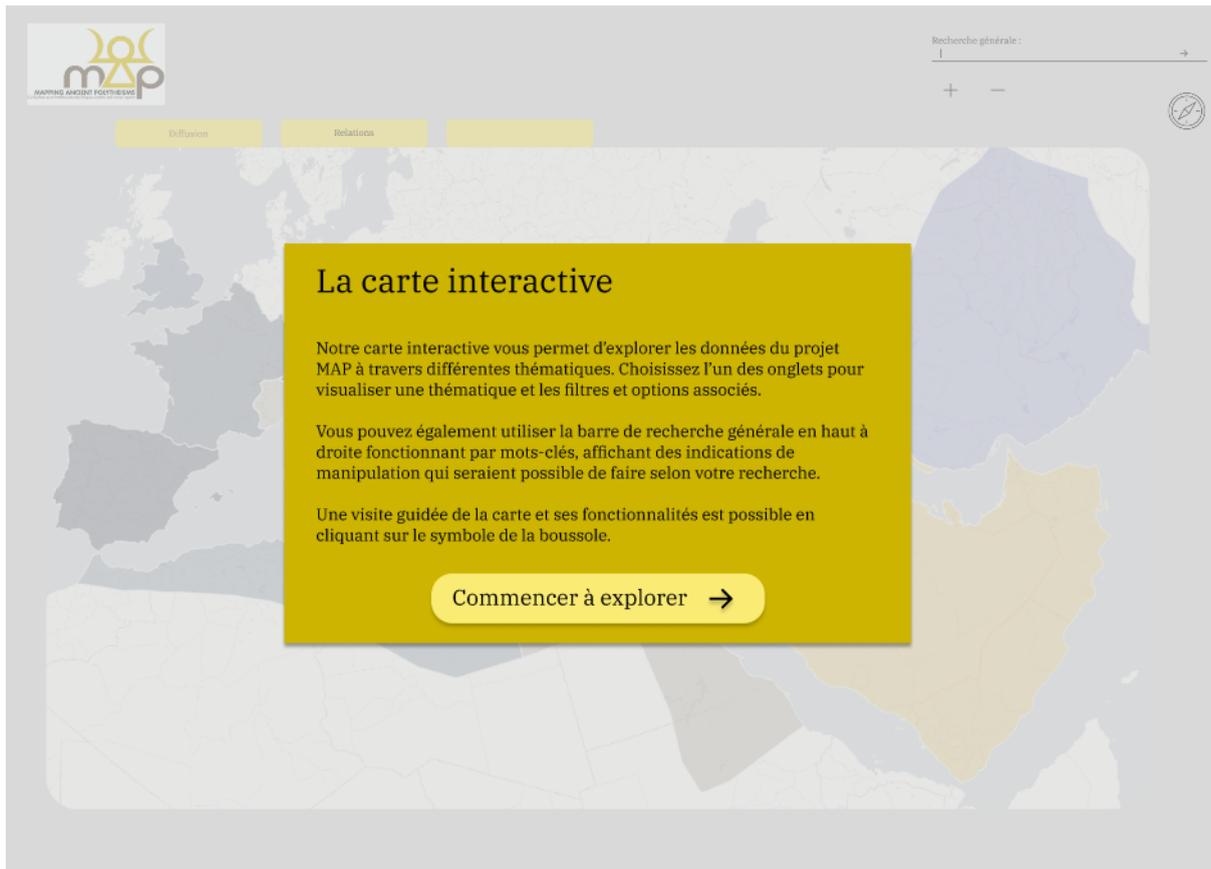


Figure 13 : Fenêtre de présentation de la carte interactive

S'affiche d'abord une petite fenêtre de présentation. Il faudra réfléchir au texte plus en détail avec l'équipe, afin de savoir s'ils veulent rester sur une présentation rapide, ou entrer plus dans les détails selon les fonctionnalités qui seront disponibles. Mais il est aussi envisageable que cette fenêtre soit en trop pour les utilisateurs (pas nécessaire).

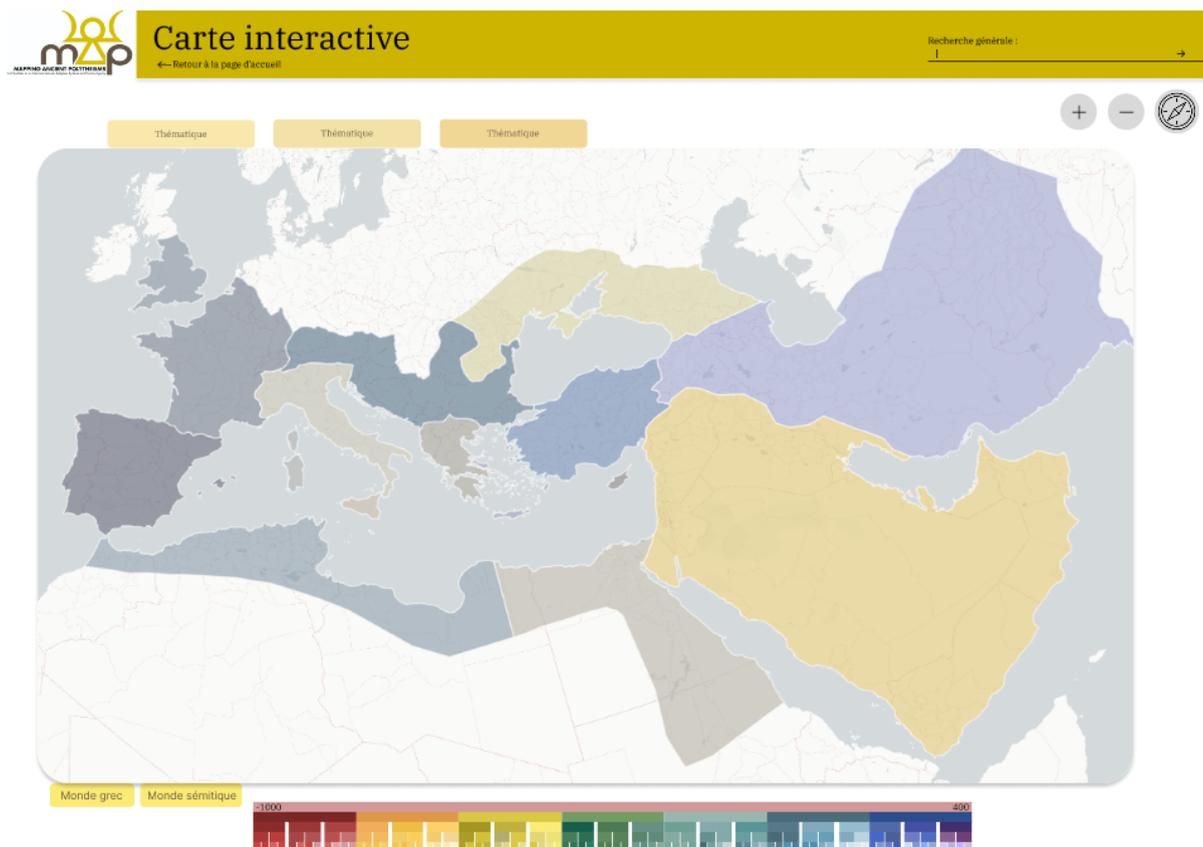


Figure 14 : Interface de la carte interactive

La carte interactive est présentée plus ou moins centrée sur la Méditerranée, avec la couche des régions indiquant à l'utilisateur les limites spatiales du projet. Cela pourrait évoluer, et peut-être que certaines données pourraient être affichés dès l'ouverture de la carte : il faudrait cependant le préciser alors lors de la présentation de la carte, pour que l'utilisateur comprenne qu'une sélection/visualisation a déjà été faite à titre d'exemple ou de moyen d'entrée dans la carte.

Le bandeau en haut de page comprend un lien retournant vers la page d'accueil, mais aussi une barre de recherche générale. Nous avons dans l'idée que cette barre de recherche servirait également comme guide à l'utilisateur : faire une recherche par mots-clés (un nom de dieu, un attribut, un agent...) dont le résultat indiquerait comment se servir de la carte interactive pour arriver à différents résultats correspondant de près ou de loin à ces mots-clés.



Figure 15 : Haut de page (carte interactive)

En dessous de la barre de recherche, nous avons deux boutons servant à zoomer et dézoomer la carte. Ces zooms seront réglés pour que l'utilisateur ne puisse pas se perdre en sortant des limites géographiques du projet ou au contraire en se noyant dans le fond de

carte. Le bouton représentant une boussole est un bouton permettant de faire une visite guidée de la carte interactive à n'importe quel moment lors de l'exploration de la carte. En cliquant dessus, le principe des onglets/thématique est réexpliqué, ainsi que l'utilité des filtres, la chronologie, etc.



Figure 16 : Fonctionnalités de base (carte interactive)

A gauche de ces fonctionnalités, nous retrouvons des onglets renfermant chacun une thématique. Lorsque l'on passe la souris sur un onglet, la description de la thématique s'affiche. Cela permet ainsi à l'utilisateur de choisir la thématique qu'il aimerait explorer sans avoir à cliquer sur l'onglet.



Figure 17 : Onglets des thématiques (carte interactive)

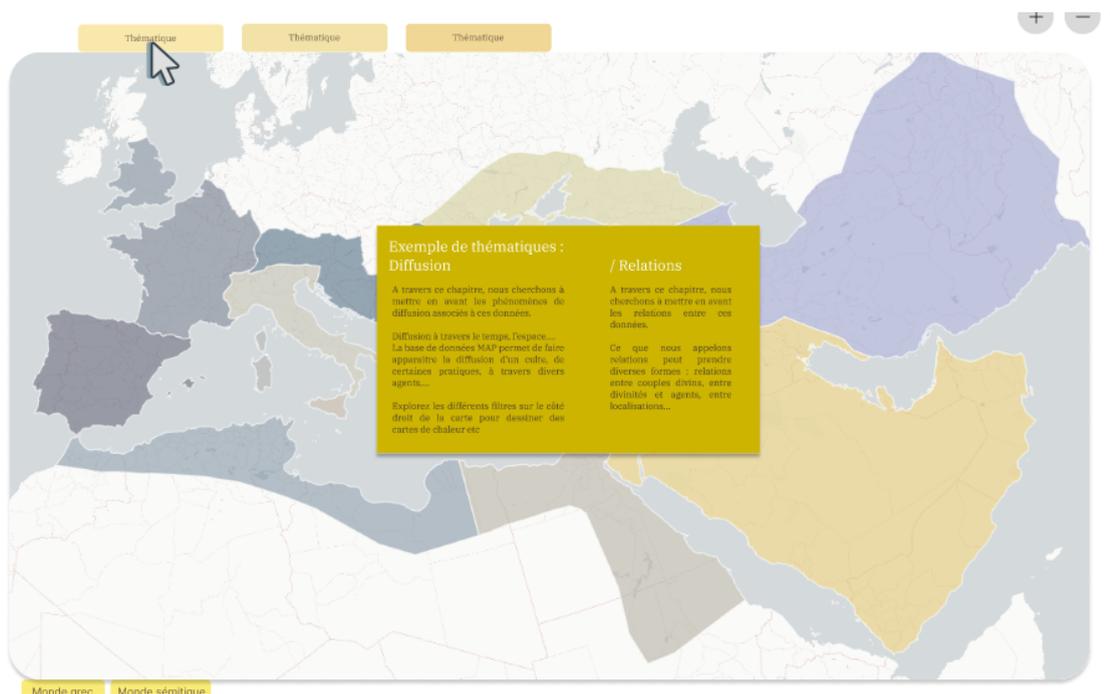


Figure 18 : Présentation d'une thématique au survol (carte interactive)

Lorsque l'on clique sur une thématique, s'ouvre à droite un "menu" avec différentes icônes (pour ce faire avec Leaflet, il existerait le plugin [Sidebar](#)). Ces icônes, qui renferment pour la majorité des options de filtrage, se veulent à la fois esthétiques mais aussi explicites (un personnage = un dieu, les chaussures d'Hermès = un élément/ un attribut...). De toute manière, il serait judicieux de mettre des tooltips indiquant leur sens au survol. Lorsque l'on

change de thématique, ces icônes changent, sauf si elles sont appelées pour le même type de filtrage.

Plus difficile à mettre en place sur la maquette avec les limitations d'interactions de FIGMA, un menu déroulant indiquant les choix possibles s'afficherait au clic des fenêtres grises.

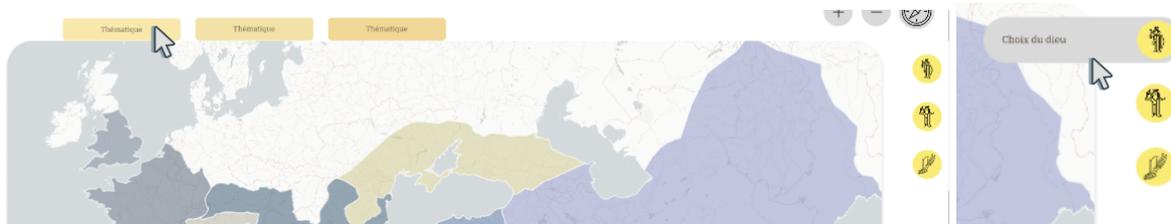


Figure 19 : Fonctionnalités associées à une thématique au clic (carte interactive)

En bas de la page, nous trouvons d'abord deux onglets : le monde grec et le monde sémitique. Nous pouvons imaginer que des jeux de données soient clairement associés à l'un ou l'autre de ces mondes. Le découpage de la chronologie pourrait éventuellement être changée selon le monde choisi.

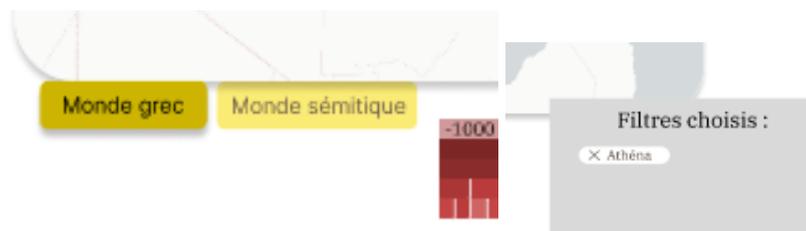


Figure 20 : Fonctionnalités en bas de page (carte interactive)

En bas à droite de la carte s'affiche une fenêtre indiquant, une fois que des filtres sont faits, les filtres choisis. Il serait possible d'enlever les filtres via cette fenêtre.

Ce [lien](#) donne accès à la visualisation de la maquette interactive, [celui-ci](#) à sa modification, une vidéo de démonstration est également disponible dans les livrables annexes au projet.

## 4. Etude des possibilités techniques

Parallèlement à l'étude de la base de données et à l'exploration des fonctionnalités d'une interface, nous avons commencé à faire quelques tests plus techniques dont l'objectif était double : donner à voir à l'équipe MAP ce qu'il est possible de faire en terme de représentation cartographique des données issues de la base et évaluer la pertinence de l'utilisation de certains outils parfois dans une optique comparatiste.

Dans cette partie, nous nous sommes concentrées sur des types de représentation des données (représentation de données massives : clusters, carte de chaleur...) et des fonctionnalités pouvant apparaître sur la carte interactive (filtrage, balayage). Les tests respectent, dans une certaine mesure, les contraintes instaurées par ce projet : une utilisation d'outils gratuits et *open source*. En effet, de nombreuses options sont payantes : ArcGIS online, Carto, Mango Map, GIS Cloud pour n'en citer qu'une partie. Parmi toutes ces solutions, ArcGIS Online est la seule que nous avons abordée, à travers la question des storymaps. Dans le monde de l'*open source*, les APIs les plus connues sont : Leaflet, Mapbox et OpenLayers.

- La bibliothèque Leaflet est probablement la plus populaire et la plus utilisée car elle possède un grand nombre de plugins : cette bibliothèque est prise en charge de manière "communautaire". Elle ne nécessite pas d'avoir une grande connaissance en termes de programmation. Il est cependant nécessaire de vérifier si les plugins sont encore bien maintenus.
- Mapbox est également très utilisée, ses performances de gestion de données vectorielles et de visualisation créatives de données complexes étant reconnues. Mapbox est une bibliothèque *open source* permettant l'usage de la 3D, ce qui est assez impressionnant. Cependant, elle connaît des limites : les fonctionnalités sont limitées lorsqu'il s'agit de construire une application web plus complexe.
- OpenLayers est l'API la plus ancienne. C'est malheureusement la bibliothèque que nous avons le moins explorée pour ce projet, bien qu'elle aurait pu s'avérer être très intéressante. Elle est, tout comme Leaflet, prise en charge de manière communautaire, sait gérer facilement plusieurs types de géométries. Cependant, elle est un peu plus "difficile" à prendre en main que Leaflet ou Mapbox, c'est aussi pourquoi, dans le temps imparti, nous n'avons pas pu la tester pour quelques-uns de nos prototypes.

Afin de réaliser les prototypes qui vont suivre, nous avons utilisé beaucoup de ressources communautaires : github (codes pour la majorité des plugins Leaflet), stackoverflow, codepen, en plus de la documentation fournie par ces bibliothèques. Nos tests ont été hébergés sur les serveurs que nous avons à disposition (le serveur du master SIGMA jusqu'à son interruption en milieu de projet, puis le serveur [alwaysdata](#)). Enfin ces tests techniques et leurs vidéos de démonstration ont été rassemblés dans les livrables en annexe de ce projet.

## 4.1. Mettre en scène les données

### 4.1.1. Filtrer les données (selection, menus)

L'important volume de données peut être un frein à la compréhension fine des phénomènes historiques que l'équipe MAP souhaite mettre en avant dans l'atlas. Il est important, pour s'adresser au grand public, de proposer une lecture guidée des informations disponibles dans la base de données. L'enjeu dans la partie carte interactive est de guider le public tout en le laissant explorer librement les données; pour cela nous pouvons utiliser un système de filtres qui permettent à l'utilisateur d'interagir grâce à des cases à cocher, une barre de recherche, des boutons ou encore un menu déroulant.

Le filtre interactif permet de mettre en évidence une information et invite l'utilisateur à interagir pour voir d'autres informations. Par exemple, dans une couche d'entités qui contiendrait toutes les attestations un système de filtres permettrait de choisir d'afficher sur la carte les seules attestations qui contiendraient le nom d'un dieu, une combinaison de plusieurs dieux (couple) ou encore d'un dieu et d'un autre élément politique, toponymique, culturel ou social. Les filtres doivent être réfléchis de manière à constituer un menu clair et lisible pour l'utilisateur.

- Prototype avec un seul filtre

Pour réaliser un premier prototype, nous avons utilisé le logiciel Géoserver. Ce dernier permet de diffuser des données géospatiales sur le web. Les atouts de l'utilisation de Géoserver sont les suivants : assez facile d'utilisation avec Javascript, et l'affichage des données est rapide et aisé. Cependant, il faut considérer l'installation de Géoserver et la gestion d'un serveur pour y héberger les données. Les ressources en lien Géoserver (notamment sur l'interactivité) ne sont pas très développées, et diffèrent également selon la manière d'importer les données dans le script.

Il est cependant possible d'effectuer des filtrages sur les données à partir de fonctions Leaflet. Après des tentatives de filtrage automatique, uniquement en indiquant le nom de la colonne contenant les attributs à filtrer, le plus facile a été finalement de créer une variable différente pour chaque option du filtre (aucun filtre pour afficher toutes les données au début, puis une variable avec un premier filtre, par exemple, 'regne\_dieu = 'Apollon"). Même s'il n'y a qu'une seule couche de présente dans le Géoserver, il faut la rappeler à chaque fois pour chacun des filtres, ce qui n'est pas très pratique si le nombre d'éléments qu'il est possible de filtrer est élevé.

Sans utiliser Géoserver, il est possible de faire un filtrage du fichier geojson en définissant des fonctions qui vont filtrer la couche : pour l'instant, nous n'avons pas réussi autrement qu'en définissant plusieurs fonctions correspondant chacune à un filtrage. Il serait probablement envisageable d'automatiser le filtrage.

Avec ou sans Geoserver, cette méthode est donc facile d'utilisation mais n'est peut-être pas quelque chose à retenir : dans la manière d'importer les données avec Geoserver, mais également ce filtrage un peu laborieux.

## Projet MAP

### filtre sur attribut



Figure 21 : Capture d'écran du prototype du filtre sur attribut

Bibliothèque	Leaflet (JavaScript)
Plugins ou fonction utilisés	Fonction native : L.control
Données	Test 1 : flux WFS (Géoserver) Test 2 : fichier geojson
Modifications	Ajout d'une colonne "regne_dieu" avec le nom des dieux présents dans la couche écrits plus clairement. Dans l'essai suivant (prototype avec deux filtres, cette colonne n'est plus utilisée, le filtrage se fait en utilisant ".includes()") permettant de sélectionner la chaîne de caractère voulue)
Site test	<a href="http://celineciron.alwaysdata.net/MAPfiltre/">http://celineciron.alwaysdata.net/MAPfiltre/</a>

Figure 22 : Tableau indiquant les caractéristiques du prototype de filtre sur attribut

- Prototypage avec deux filtres

L'un des enjeux le plus important pour l'équipe du projet MAP est de mettre en avant la pertinence, pour étudier les systèmes religieux, de partir non pas seulement du dieu, mais, par exemple, de la manière dont il est appelé, ou de sa relation avec un autre dieu. Il est donc nécessaire de permettre de filtrer les données selon plusieurs critères qui se complètent.

Nous avons d'abord passé un peu de temps à vouloir créer un deuxième filtre qui se mettrait à jour par rapport au premier (par exemple, si un premier filtre sur "Apollon" a été réalisé, le second filtre ne contiendrait alors que les éléments correspondant à Apollon). Cependant, cela est difficile à réaliser sans un peu plus d'expérience en programmation. En outre, nous nous sommes demandés si cette option était réellement pertinente : en effet, pourquoi restreindre la sélection, alors que l'on voudrait par exemple vouloir montrer, sur la même carte, les occurrences d'Apollon Délien et d'Aphrodite Paphienne ?

Un plugin existe qui met en avant toutes les options contenues dans chaque filtre. En revanche, il est plus complexe de pouvoir ajouter des “checkboxes” pour sélectionner et visualiser plusieurs filtrages de données à la fois.

## Projet MAP

### double filtre sur attribut



Figure 23 : Capture d'écran du prototype de double filtre sur attribut

Bibliothèque	Leaflet (JavaScript)
Plugins ou fonction utilisés	<a href="#">Control.Layers.Tree</a> Contient déjà toutes les options possibles du filtrage, à dérouler
Données	Fichier geojson
Modifications	
Lien test	<a href="https://celineciron.alwaysdata.net/doublefiltre/">https://celineciron.alwaysdata.net/doublefiltre/</a>

Figure 24 : Tableau indiquant les caractéristiques du prototype de double filtre sur attribut

#### 4.1.2. Montrer les liens

L'un des enjeux cartographique est de montrer les relations qui peuvent unir le lieu de découverte d'une attestation avec un toponyme cité dans l'attestation. Nous avons choisi de traiter ce lien à la manière d'un flux bien qu'il n'y ait pas de mouvement d'un point à un autre. Il s'agit la plupart du temps d'un flux de type “un à plusieurs”, c'est-à-dire que la mention d'un toponyme est retrouvée dans plusieurs autres lieux. L'une des meilleure image que nous avons trouvé pour symboliser ce lien est celle des flux aériens : plusieurs flux peuvent partir du même aéroport dans plusieurs directions. La représentation en courbe de Bézier permet de figurer un lien sans indiquer un trajet précis. “Cette méthode purement graphique de déformation du figuré présente deux avantages : elle permet de représenter une quantité plus importante de figurés, en même temps qu'elle réduit leur chevauchement” (Bahoken, 2016).

Nous avons utilisé le plugin Leaflet.Canvas-Flowmap-Layer qui nous permet de représenter la ville citée (le toponyme) d'une façon différente du lieu de découverte de l'attestation. Pour éviter l'effet spaghetti la carte est interactive : les flux s'affichent lorsqu'on clique/survole sur l'une des sources. Une information est disponible quand on clique sur le toponyme (nom du lieu). Enfin, pour que la carte ne soit pas vide au départ, nous affichons par défaut un premier exemple de flux. Ce plugin permet de nombreuses modifications de style : dans notre cas la courbe de Bézier ne doit pas être une flèche pour ne pas suggérer de transfert ou de déplacement en ce sens on peut s'interroger sur la pertinence du maintien de l'animation (déplacement d'un point sur la courbe flux).

## Projet MAP

Représenter les liens entre attestation et élément toponymique

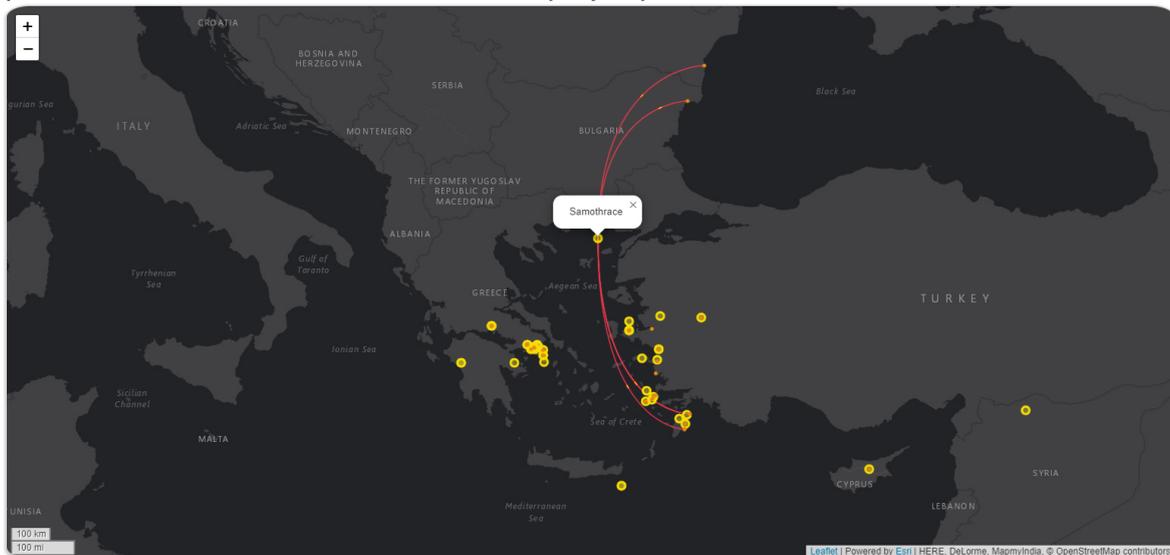


Figure 25 : Capture d'écran du prototype de représentation de liens entre attestation et élément toponymique

Bibliothèque	Leaflet (Javascript)
Plugins ou fonction utilisés	<a href="#">Leaflet.Canvas-Flowmap-Layer</a> adaptation pour Leaflet par Jacob Wasilkowski d'un plugin de Sarah Bell (ESRI) en 2017
Données	Un fichier csv avec les coordonnées d'origine (ici lat et lng des éléments toponymiques cités dans les attestations) et de destination (ici lat et lng des lieux de découverte des sources). Attention aux données nulles, ici les géométries nulles ont été supprimées avec QGIS.
Modifications	Ajout d'un popup avec le nom du toponyme cité dans l'attestation, modification du style des marqueurs pour différencier origine et destination, affichage des flux au survol du point d'origine. Dans l'idéal il faudrait ajouter une légende (html).
Lien test	<a href="http://celineciron.alwaysdata.net/MAPflux/">http://celineciron.alwaysdata.net/MAPflux/</a>

Figure 26 : Tableau indiquant les caractéristiques du prototype de représentation de liens

Nous avons également testé la méthode ArcLayer de Deck.gl, bien que plus esthétique car en 3D (<https://deck.gl/examples/arc-layer/>) elle est moins modifiable et peut poser des problèmes de compatibilité avec les autres solutions Leaflet envisagées.

#### 4.1.3. Apporter des informations complémentaires : données, images, statistiques

Les *popups* (fenêtres qui s'ouvrent lorsqu'on clique sur un point) ou *tooltips* (fenêtres qui s'affichent au passage de la souris) sont des éléments d'interaction qui permettent à l'utilisateur d'obtenir des informations supplémentaires sans surcharger la carte au départ. Ces fenêtres supportent l'intégration de texte (directement en lien avec les données attributaires de la couche), d'images, de vidéos ou encore de liens hypertexte.

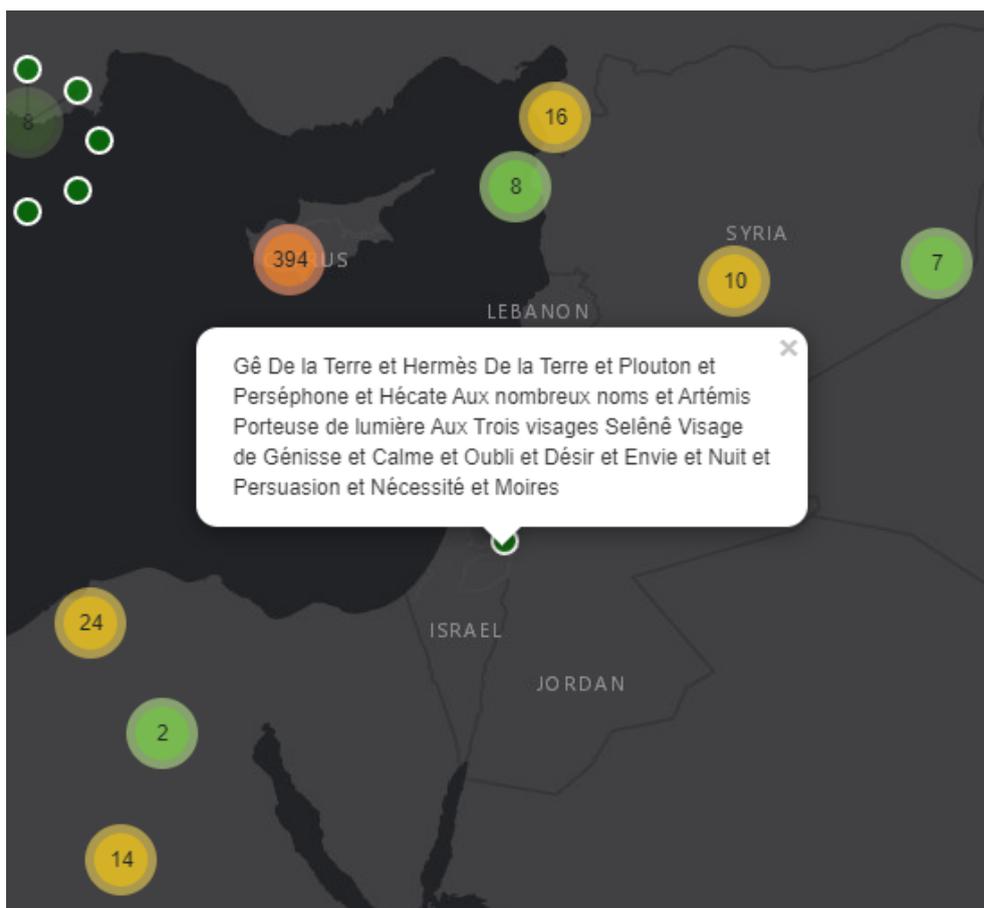


Figure 27 : Exemple de popup affichant la traduction de l'attestation à partir de la carte cluster

Bibliothèque	Leaflet (Javascript)
Plugins ou fonction utilisés	Fonction de base de Leaflet <code>.bindPopup(popup)</code> avec une variable popup qui récupère les propriétés du document source ici <code>var popup = feature.properties.traduction</code>
Données en entrée	ici geoJson, l'important est que la donnée à afficher soit dans les propriété (il peut s'agir de texte ou d'un lien html vers une image).
Modifications possibles	Le contenu du popup est en html il accepte donc les titres, les images, les vidéos, etc. La taille du popup peut être modifiée ainsi que la couleur de fond et le comportement (ouverture au clic ou au départ par ex.) Attention ici à bien paramétrer la page html en utf8 pour l'affichage des caractères spéciaux.
Lien test	<a href="http://celineciron.alwaysdata.net/MAPcluster/">http://celineciron.alwaysdata.net/MAPcluster/</a>

Figure 28 : Tableau indiquant les caractéristiques du prototype de popup

Afin de compléter les données ponctuelles cartographiées et pour enrichir l'information transmise à l'utilisateur, la carte peut être accompagnée d'autres formes de

visualisation des données statistiques. L'ajout de graphiques peut être fait en marge de la carte (avec ou sans interaction) ou directement sur la carte. Par exemple, afin de préciser l'information, les clusters peuvent être transformés en diagrammes circulaires et ajouter ainsi une information : plus le cluster est gros plus la densité d'attestation est importante (le nombre d'attestations dans le cluster apparaît au centre du "donut") le périmètre du cluster est alors un diagramme circulaire où chaque couleur représente la part de chaque dieu dans le cluster.

Pour l'exemple, nous avons réalisé une carte avec les attestations de 5 dieux commençant par la lettre A (ce qui représente plus de 5000 attestations).

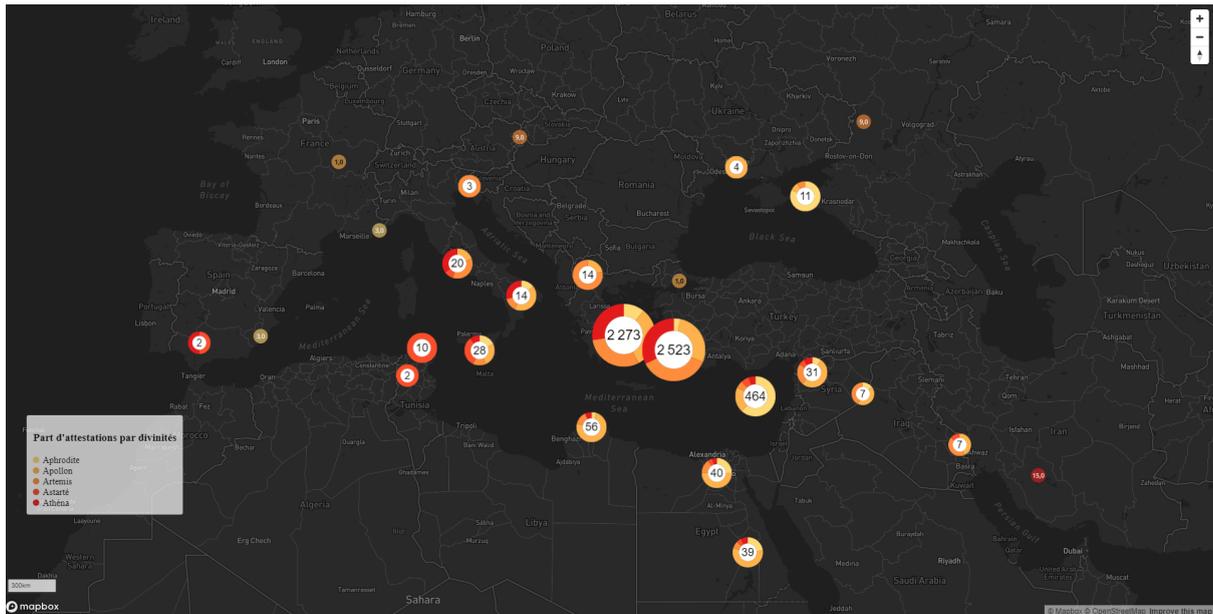


Figure 29 : Capture d'écran du prototype de visualisation statistique par la carte

Bibliothèque	Mapbox (Javascript) - Nécessite un token
Plugins ou fonction utilisés	Mapbox GL JS <a href="#">clustering</a> with HTML <a href="#">markers</a> and the custom property <a href="#">expressions</a>
Données en entrée	fichier csv ici les 5 dieux qui commencent par A. Ici on utilise l'id_element de chaque divinité pour produire le diagramme circulaire mais cela peut être fait avec une autre donnée statistique en créant des classes.
Modifications possibles	nombre d'élément, couleur des diagrammes circulaires pas de légende automatique, ajoutée ici en html
Lien test	<a href="http://celineciron.alwaysdata.net/MAPstats/">http://celineciron.alwaysdata.net/MAPstats/</a>

Figure 30 : Tableau indiquant les caractéristiques du prototype de clusters + diagrammes

Il existe d'autres possibilités pour ajouter des statistiques ou tout autre élément de datavisualisation en marge de la carte grâce par exemple à un panneau latéral. Toujours en

utilisant MapBox, il est possible de créer une interaction entre la carte et le panneau latéral qui fournit des informations. Ci-dessous une démonstration avec les votes aux Etats-Unis entre 2004 et 2016.

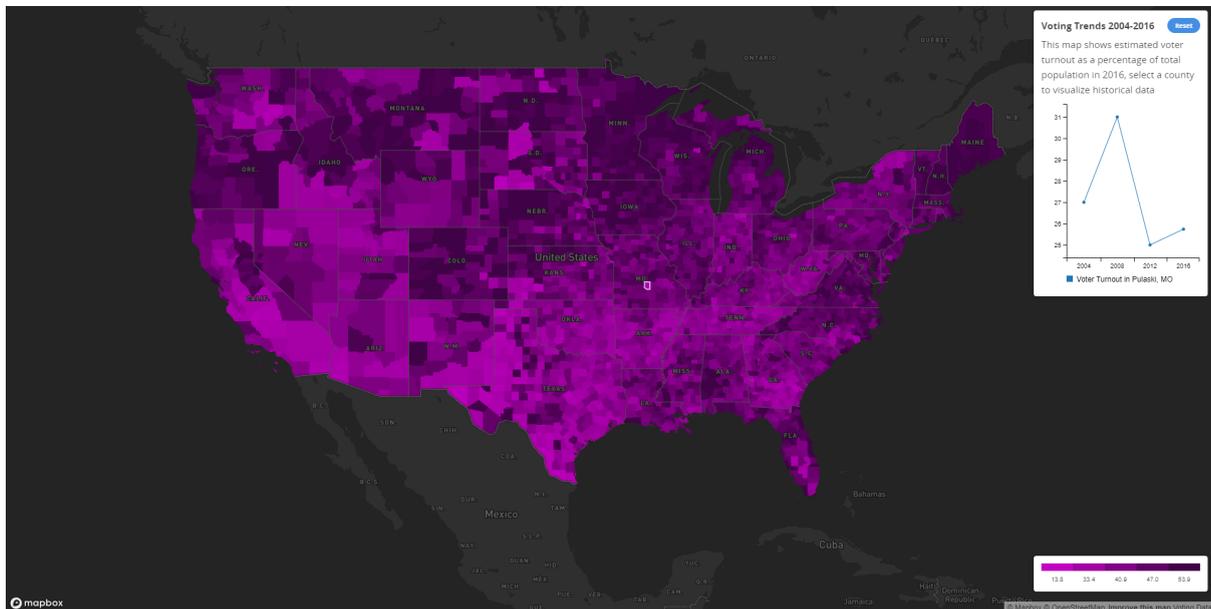


Figure 31 : Capture d'écran d'une [représentation statistique faite avec Mapbox](#)

## 4.2. Représenter des données massives

Nous constatons que l'affichage de milliers de points rapprochés sous la forme d'un marqueur (comme le Marker ou CircleMarker dans Leaflet) pose un problème de lisibilité. En effet, le chevauchement des marqueurs peut rendre ceux de l'arrière plan invisible et freiner l'impression de volume lorsque la densité est très élevée. De plus, le chevauchement empêche l'interaction et la transmission de l'information : il devient par exemple impossible de cliquer sur le marqueur du dessous pour afficher son *popup*.

La solution repose sur des méthodes d'agrégation spatiales dont le but est de simplifier l'information pour la rendre plus lisible. Il peut s'agir de *cluster*, de carroyage ou de carte de chaleur qui changent en fonction du niveau de zoom pour faciliter la lecture de la carte sans perte d'informations. Nous avons fait 3 essais de visualisation de données ponctuelles massives par agrégation à partir d'une couche extraite de la BD MAP contenant toutes les attestations dont l'un des éléments est l'un des 5 dieux commençant par A : Aphrodite (élément #3), Apollon (élément #1), Artémis (élément #9), Astarté (élément #39), Athéna (élément #15).

### 4.2.1. La carte de chaleur

"Une carte de chaleur est une grille raster pour laquelle on attribue à chaque pixel une valeur de mesure correspondant à la densité de points dans et autour de chaque pixel" (Mericskay B, 2021). La carte de chaleur permet de visualiser rapidement les zones de forte densité mais également la distribution spatiale ou la diffusion d'un phénomène de façon plus intuitive que les *clusters* en offrant une représentation continue d'un ensemble de

données ponctuelles. La carte de chaleur s'adapte en fonction du niveau de zoom (même s'il semble y avoir un peu de latence) mais les autres interactions sont limitées (pas de possibilité de voir les données attributaires des éléments ni d'en connaître le nombre par exemple). Dans notre projet, elle peut être intéressante pour montrer une diffusion en la couplant avec une chronologie par exemple ou un système de filtres.

### Projet MAP

Carte de chaleur : densité des attestations des "divinités en A"

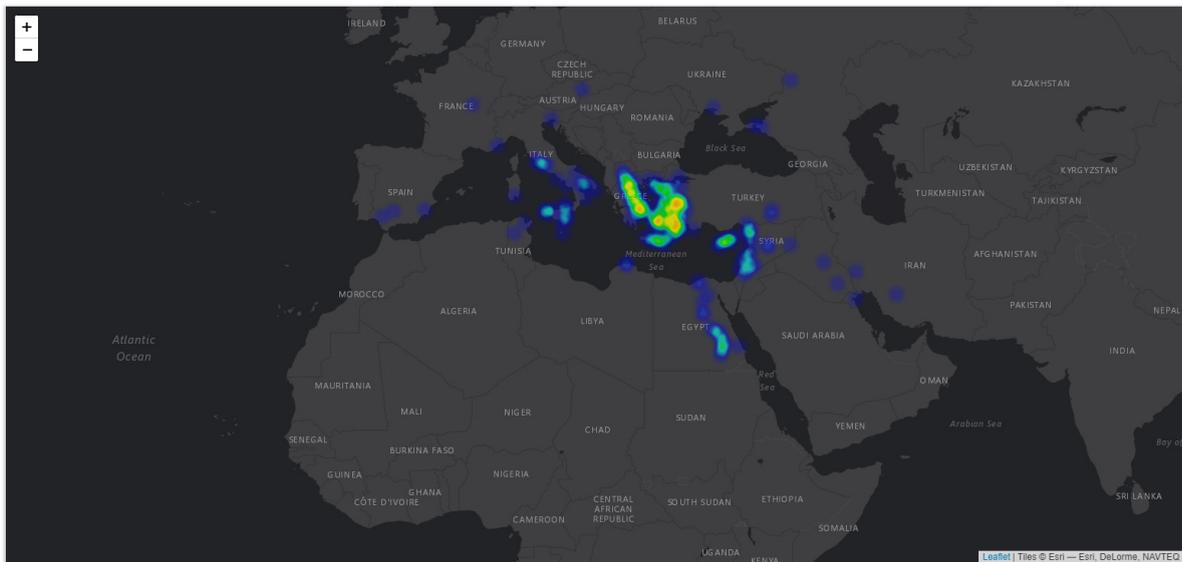


Figure 32 : Capture d'écran du prototype de carte de chaleur

Bibliothèque	Leaflet (Javascript)
Plugins ou fonction utilisés	simpleheat Vladimir Agafonkin 2014 Leaflet.heat Vladimir Agafonkin 2014 Deux plugins qui fonctionnent ensemble et ici rassemblés dans le même fichier script.
Données	Un fichier geojson. Attention le plugin ne supporte aucune géométries nulles, ici le traitement des géométries nulles a été fait avec QGIS.
Modifications possibles	Changer l'opacité du point, le rayon, le flou. Modifier la rampe de couleur (ici bleu vers rouge) Pas de possibilité d'ajout de popup car raster sauf si combinaison avec une couche points Pas de légende automatique permettant d'indiquer la densité
Lien test	<a href="http://celineciron.alwaysdata.net/MAPchaleur/">http://celineciron.alwaysdata.net/MAPchaleur/</a>

Figure 33 : Tableau indiquant les caractéristiques du prototype de carte de chaleur

Il est également possible de créer une carte de chaleur avec les fonctions natives d'OpenLayers mais le test comparatif réalisé par Netek R., Brus J. et Tomecka O. (2019) montre que cette solution est plus lente et ne peut prendre en compte que 250 000 points contre 3 millions pour Leaflet.

#### 4.2.2. Le cluster

Le *cluster* permet de regrouper des points en fonction de leur distance ou de leur densité. Le niveau d'agrégation change en fonction de l'échelle. L'interaction est possible car on peut afficher l'étendue spatiale du cluster (polygone) et faire un zoom automatique lorsqu'on clique sur le *cluster*. De plus, le cluster lui-même peut être vecteur d'informations par sa couleur (varie du vert au rouge en fonction du nombre de points agrégés) ou sa forme (voir partie sur les *clusters* en diagramme circulaire).

#### Projet MAP

Carte de chaleur : densité des attestations des "divinités en A"

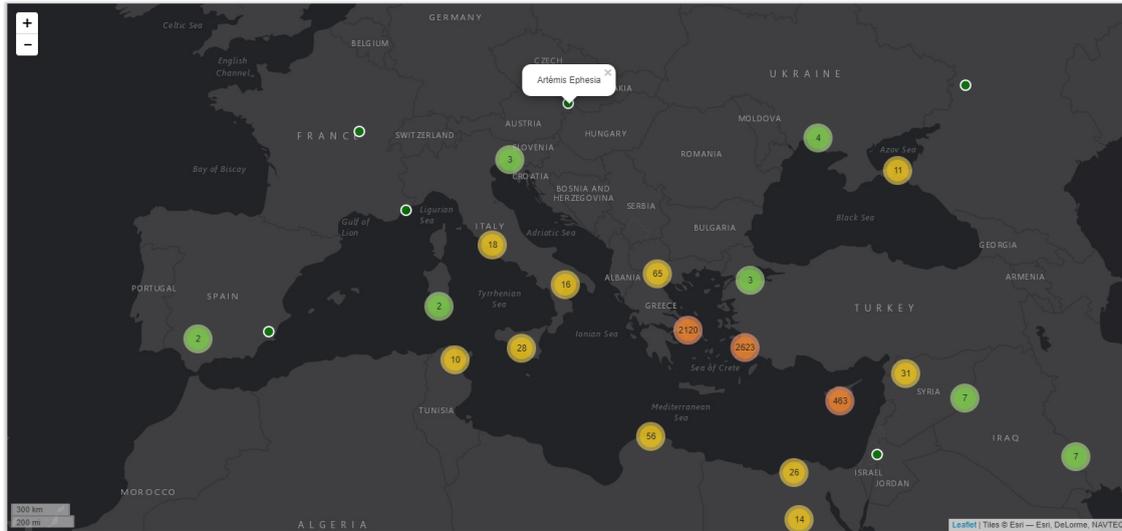


Figure 34 : Capture d'écran du prototype de clusters

Bibliothèque	Leaflet (Javascript)
Plugins ou fonction utilisés	Leaflet.markercluster.js version 1.4.1 Plugin directement porté par Leaflet
Données	un fichier geojson ici le fichier geojson est transformé avec ajout de "var data =" au début et ";" à la fin pour être traité directement comme une variable.
Modifications possibles	Taille et couleur du point unique Ajout de popup Couleur des clusters showCoverageOnHover : permet de visualiser les limites de la zone couverte par le cluster zoomToBoundsOnClick
Lien test	<a href="http://celineciron.alwaysdata.net/MAPcluster/">http://celineciron.alwaysdata.net/MAPcluster/</a>

Figure 35 : Tableau indiquant les caractéristiques du prototype de clusters

Il existe d'autres bibliothèques permettant la création de clusters : OpenLayers (v4.6.4) fonction native sans plugin ou ajout de plugins permettant d'avoir les mêmes fonctions que Leaflet.markercluster.js, Supercluster (v5.0.0) créée par le même développeur

que le plugin Leaflet, Mapbox GL JS qui utilise Supercluster mais avec GPUs et PruneCluster (v2.1.0) qui est un autre plugin Leaflet. Le test comparatif réalisé par Netek R., Brus J. et Tomecka O. (2019) sur les bibliothèques javascript permettant de créer des clusters conclut que Leaflet.markercluster.js ne fonctionne pas au-delà de 100 000 points et met 47 secondes pour les afficher (ce qui est long) contre 250 000 points en 24 secondes pour OpenLayers. Pour traiter des jeux de données plus importants ou gagner en vitesse, il est préférable d'utiliser Supercluster soit dans Leaflet soit dans MapBox GL avec un meilleur rendu permis par le WebGL et l'utilisation du processeur graphique côté utilisateur (3 000 000 points en 7 secondes).

#### 4.2.3. Le carroyage et l'extrusion

Avec le carroyage il s'agit de représenter des données ponctuelles sous la forme d'unités de surfaces régulières (carreaux, hexagones, etc.). Ce maillage permet de mettre en évidence la répartition spatiale d'un phénomène de façon statistique : la couleur de la maille peut représenter la somme des points à l'intérieur de la grille mais également d'autres données comme le dieu le plus cité, le type d'agent le plus impliqué ou leur genre, etc.

Le carroyage s'adapte également au changement d'échelle, la grille peut devenir plus fine quand on zoome. Cette méthode peut être combinée avec la 3D : on représente alors par extrusion (verticalité) la valeur d'un attribut, par exemple les carreaux contenant le plus d'attestations apparaissent en hauteur. Cela permet de créer des "pics" d'intensité sur la carte qui peuvent également être combinés à une information donnée par la couleur des pics (combinaison de deux variables visuelles soit avec redondance de l'info = les pics les plus hauts sont rouges, soit avec autre info = la couleur dépend du genre des agents).

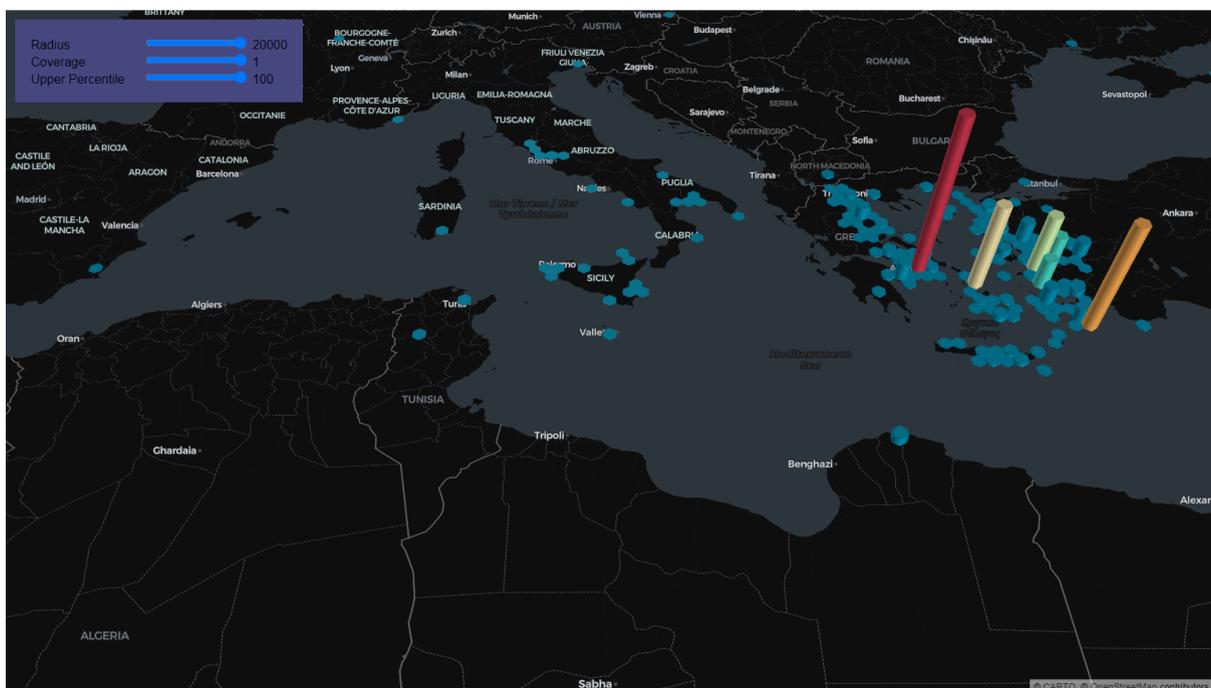


Figure 36 : Capture d'écran du prototype d'extrusion

Bibliothèque	Mapbox GL Javascript - nécessite un token
Plugins ou fonction utilisés	Deck.gl HexagonLayer - Utilisation du WebGL
Données	un fichier csv contenant des colonnes latitude et longitude
Modifications possibles	<i>radius</i> et <i>coverage</i> - comme la couverture du territoire n'est pas continue (il y a des endroits avec beaucoup d'attestations et d'autres sans) on peut pousser les paramètres couverture et rayon pour augmenter la lisibilité de la carte à grande échelle couleur - ici la couleur correspond à la densité et vient renforcer la verticalité Possibilité d'afficher la légende, un tooltip donnant le nombre d'attestations
Lien test	<a href="http://celineciron.alwaysdata.net/MAPExtrusion/">http://celineciron.alwaysdata.net/MAPExtrusion/</a>

Figure 37 : Tableau indiquant les caractéristiques du prototype d'extrusion

Si les méthodes d'agrégation sont visuellement attractives et permettent de simplifier l'information, elles restent cependant parfois difficiles à "décrypter" pour le visiteur. Les *clusters* sont de plus en plus répandus sur les cartes interactives disponibles sur internet et le public y est peut-être davantage habitué qu'à l'extrusion, au carroyage ou à la carte de chaleur. Les chercheurs de l'équipe MAP étaient au départ plutôt réticents au *clusters* car ils modifient l'information et en particulier la localisation mais conviennent que la version présentée (Leaflet.markercluster) est plus fonctionnelle et lisible que celle de l'outil de webmapping existant.

### 4.3. Représenter l'évolution et comparer

#### 4.3.1. La dynamique temporelle

La période couverte par les données de la BD MAP est très longue (1 000 avant notre ère jusqu'à 400 de notre ère). Dans la base de données, la datation est affectée à la source et est composée de deux informations *post\_quem* et *ante\_quem*. Il peut être intéressant, afin de montrer l'évolution d'un culte et la diffusion d'une séquence onomastique, d'avoir une approche chronologique dans l'atlas. Cette comparaison peut être faite grâce à la juxtaposition de deux ou plusieurs cartes montrant le même phénomène à des époques différentes (voir balayage) ou par l'ajout sur une carte interactive d'une fonctionnalité permettant de filtrer les données par dates.

Tout d'abord, nous avons pu évoquer l'idée d'un slider affichant les données au fur et à mesure. A cette idée était liée celle d'ajouter des sortes de "taquets" permettant à l'utilisateur de définir lui-même une segmentation. Plusieurs plugins leaflet permettaient de mettre en œuvre cette idée sans pour autant offrir la possibilité d'ajouter ces taquets. Finalement, cette idée-là ne correspond pas vraiment à la volonté de créer quelque chose d'"user-friendly" et de grand public. Si nous ne sommes pas familiarisés avec la période, celle-ci étant plutôt longue, on ne sait pas vraiment ce que l'on regarde, où s'arrêter ni comment définir des délimitations pertinentes à l'aide de taquets.

Nous en avons donc parlé avec l'équipe, afin qu'ils nous proposent une segmentation de la chronologie qui leur conviendrait. Une segmentation telle que présentée sur le site

*Mapping Ancient Athens*<sup>2</sup> ne leur convenait pas : au sein de l'équipe même, ils connaissent des difficultés à définir des grandes périodes. En outre, vu l'étendue géographique du projet MAP qui couvre à la fois les mondes grec et sémitique l'équipe MAP convient qu'il est difficile de périodiser de façon thématique et qu'il est plus facile de proposer une chronologie conventionnelle (quart de siècle, demi siècle, siècle...). Il faut également faire attention aux datations très larges.

Le site de webmapping paléontologique<sup>3</sup> disposant d'une chronologie découpée selon de multiples échelles leur a beaucoup plu. C'est d'ailleurs ce type de chronologie que nous avons retenu pour la maquette, et celui qu'il serait intéressant de mettre en place puisqu'il ne s'agit, finalement, que de filtrage selon des attributs encore une fois.

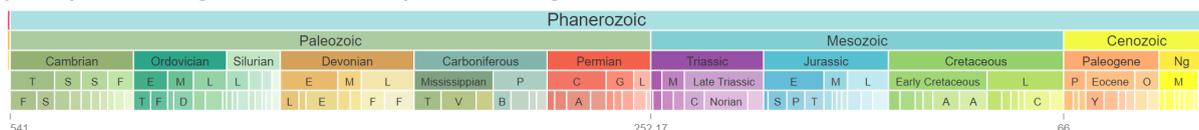


Figure 38 : Capture d'écran du site Paleobiodb

Exemple de représentation s'en inspirant largement, réalisé pour la maquette :



Figure 39 : Capture d'écran de la chronologie de la maquette FIGMA

5 "lignes" correspondant à 5 segmentations de la chronologie :

Chronologie entière	De -1000 à 400						
Regroupement de siècles	De -1000 à -800	-799 à -600	-599 à -400	-399 à -200	-199 à 0	1 à 200	201 à 400
Siècles	De -1000 à -900	De -899 à -800	De -799 à -700	De -699 à -600	De -599 à -500	De -499 à -400	...
Demi-siècles	De -1000 à -950	De -949 à -900	De -899 à -850	De -849 à -800	De -799 à -750	De -749 à -700	...
Quarts de siècles	De -1000 à -975	De -974 à -950	De -949 à -925	De -924 à -900	De -899 à -875	De -874 à -850	...

Figure 40 : Tableau des segmentations possibles pour la création de la chronologie

Bien sûr, il est probable que l'équipe MAP souhaite avoir différents découpages pour les segmentations plus générales ("regroupement de siècles"). Dans cette optique-là, plusieurs options sont apparues.

<sup>2</sup> <https://map.mappingancientathens.org/>

<sup>3</sup> <https://paleobiodb.org/navigator/>

Bibliothèque	Leaflet (Javascript)
Plugin ou fonction utilisés	<a href="#">Timeline-Slider</a> donne visuellement l'impression de chronologie mais il s'agit réellement d'un filtrage selon des périodes. Ou utiliser des fonctionnalités de filtrage des données selon les attributs.
Données	Fichier geojson
Modifications	Préférer utiliser des données sans NULL pour les colonnes post-quem et ante-quem. Nous n'avons pas eu le temps d'explorer les moyens de rendre cela possible : <ul style="list-style-type: none"> <li>- créer des colonnes pour chaque segmentation de la chronologie</li> <li>ou</li> <li>- pouvoir filtrer directement selon la date renseignée dans les colonnes post et ante quem</li> </ul>

Figure 41 : Tableau indiquant ce qu'il serait envisageable de faire pour la chronologie

#### 4.3.2. La comparaison (balayage)

Nous avons décidé d'essayer de réaliser cette fonctionnalité après avoir montré des premiers exemples (la story map d'ESRI) à l'équipe. Ils ont beaucoup apprécié cette fonctionnalité, qu'ils ont trouvé à la fois instructive (pouvoir faire la comparaison des territoires pris entre deux dieux, par exemple) et "divertissante" pour l'utilisateur.

Les plugins Leaflet que nous avons trouvés en lien avec cette fonctionnalité n'avaient néanmoins pas l'air de vouloir s'adapter à un balayage entre deux fichiers de données de points. En effet, cette fonctionnalité est souvent utilisée pour faire un balayage entre deux fonds de carte. En revanche, nous avons trouvé une solution grâce à Mapbox GL : nous définissons deux cartes (deux <div>) dans lesquelles nous ajoutons un jeu de données. Mapbox-gl-compare permet alors de faire un effet de balayement entre les deux cartes.

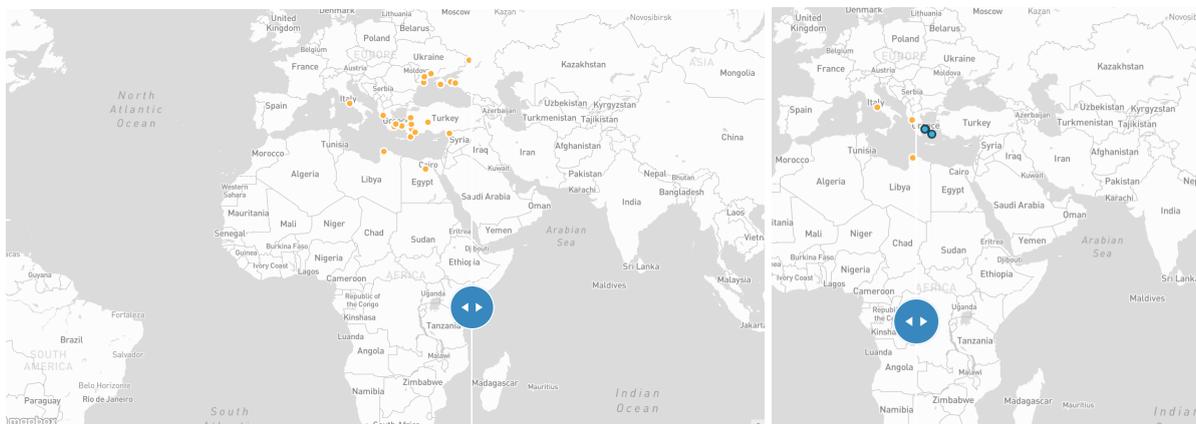


Figure 42 : Capture d'écran du prototype de balayage entre deux jeux de données

Bibliothèque	Leaflet	Leaflet	Leaflet	Mapbox GL
Plugin ou fonctions utilisés	Aucun Code : <a href="https://github.com/spatialhast/spatialhast.github.io/blob/master/leaflet.swipe.html">https://github.com/spatialhast/spatialhast.github.io/blob/master/leaflet.swipe.html</a>	<a href="#">Side-by-side</a>	<a href="#">Control-swipe</a>	<a href="#">Mapbox-gl-compare</a>
Données		Ne semble pas fonctionner avec des fichiers de géométries	Ne semble pas fonctionner avec des fichiers de géométries	Fichiers geojson
Modifications	Solution un peu bancal : il faut définir un espace (coordonnées formant un rectangle) qui sera l'espace sur lequel s'opérera le swipe. Difficile de le faire fonctionner avec des couches vectorielles. Ne donne pas un effet de swipe satisfaisant.			
Lien test	<a href="http://celineciron.alwaysdata.net/MAPbalayage/">http://celineciron.alwaysdata.net/MAPbalayage/</a>			

Figure 43 : Tableau indiquant les caractéristiques du prototype de balayage entre deux jeux de données

#### 4.3.3. Le fond de carte adapté au projet

Le choix du fond de carte, au-delà de l'esthétique globale du projet, influence la lecture de l'information. La couleur, l'aspect graphique, l'échelle de départ et les niveaux de zoom possibles, le choix des informations déjà présentes dans les tuiles choisies sont autant d'éléments à prendre en compte.

Dans la base de données MAP il existe plusieurs échelles de localisation possédant une géométrie : grande région (multipolygones), sous région (point utilisé essentiellement dans la webmap existante pour les étiquettes des sous régions mais ne correspond pas à une zone délimitée), localisation (point qui correspond aux coordonnées géographiques de la source, l'attestation ou l'élément).

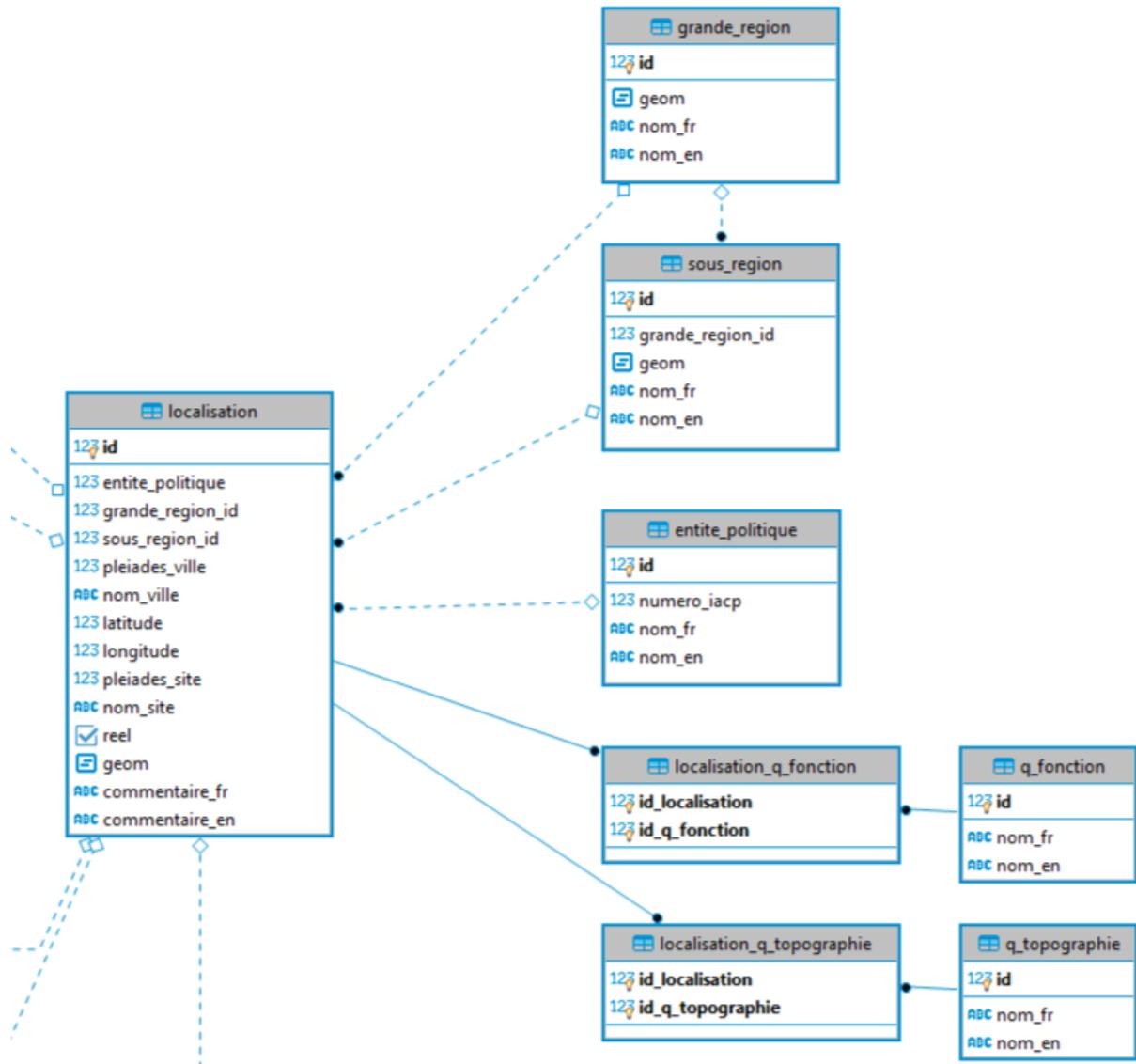


Figure 44 : Extrait du MCD centré sur les localisations

Le fond de carte de la webmap existante est un fond OpenStreetMap (OSM) sur lequel vient s'ajouter la couche des polygones correspondant aux grandes régions (sans étiquette ni légende mais distinguées par des couleurs différentes) légèrement transparentes. Lorsqu'on zoome apparaissent alors les sous-régions sous la forme d'étiquettes avec tampon.

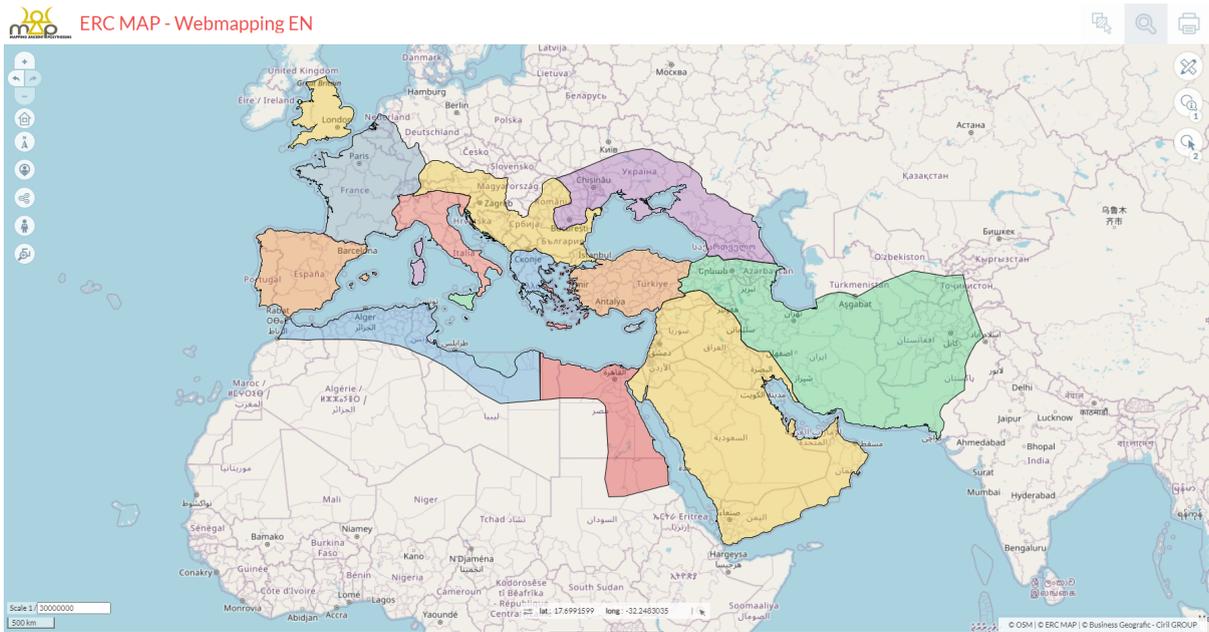


Figure 45 : Capture d'écran de leur application de webmapping (les polygones des grandes régions)

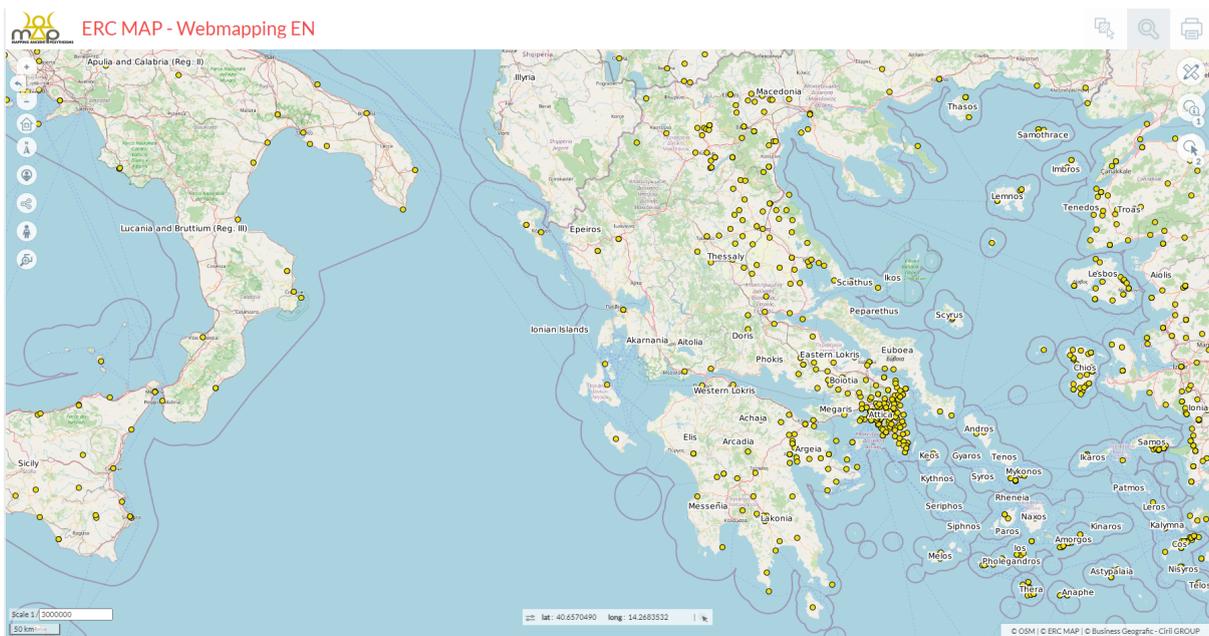


Figure 46 : Capture d'écran de leur application de webmapping (les sous-régions)

A grande échelle, le symbole choisi pour représenter les éléments (triangle orange) se confond avec la symbologie OSM et en particulier la clé natural=peak qui correspond au point le plus élevé (sommets) d'une colline ou d'une montagne. De plus, des éléments du fond de carte anachronique viennent brouiller la lecture (présence d'autoroutes, aéroports, frontières actuelles, voies maritimes) et peuvent conduire à des mésinterprétations chez le grand public.

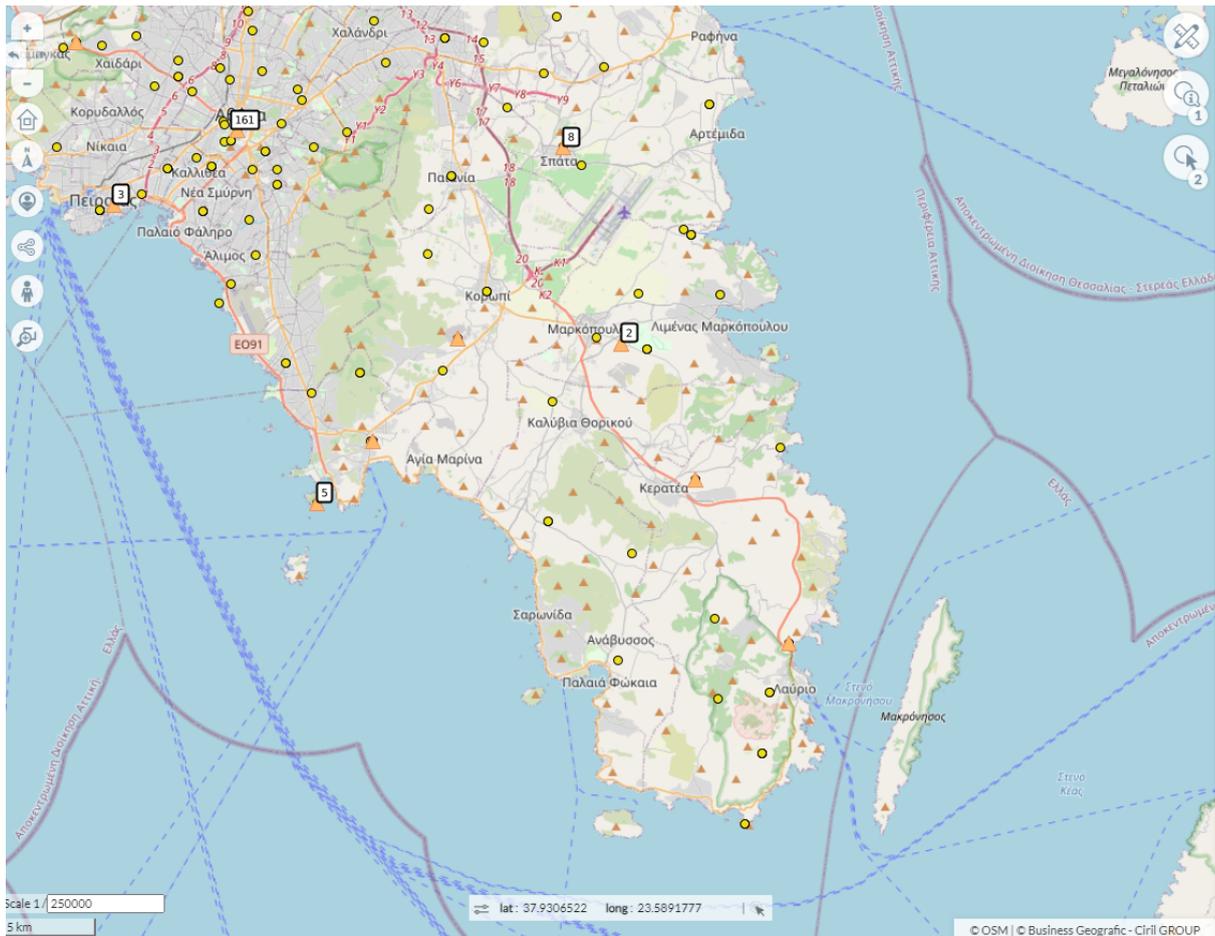


Figure 47 : Capture d'écran de leur application de webmapping (les points les plus élevés se confondent avec les symboles des éléments)

Par conséquent, le fond de carte choisi pour le projet doit être le plus "historiquement neutre" possible. Il peut s'agir d'une fond de carte "terrain" comme le Terrain.background de Stamen en licence CC BY 3.0 et sans labels ou de type "imagerie" comme les fonds satellites d'Esri ou de Mapbox (attention l'usage de ces fonds de carte est limité et/ou nécessite une clé d'accès) ou le fond orthophoto du Géoportail bien que ce dernier ne permettent pas un niveau de zoom au delà de 19. Certains fonds de carte plus graphiques, avec un minimum d'information pourraient également convenir mais correspondent à un parti pris esthétique plus marqué comme les fonds foncés (cartoDB dark nolabel par exemple), contrastés (Stamen Toner Background) ou aquarelle (Stamen Watercolor).



Figure 48 : Capture d'écran du prototype contenant les fonds de carte les plus courants

Afin de faciliter la visualisation nous avons rassemblé les fonds de carte les plus courants sur la page suivante : <http://celineciron.alwaysdata.net/MAPfonds/>

Il est également possible de faire des tuiles vectorielles personnalisées adaptées au projet avec OpenMapTiles ou MapBox. Enfin, le projet *Ancient World Mapping Center*<sup>4</sup> propose un fond de carte en tuiles vectorielles hébergé par Mapbox qui adapte le niveau d'élévation de la mer en fonction de l'époque (archaïque, classique, hellénistique ou romaine). Il est plus lourd à charger car il contient beaucoup d'informations, mais on peut envisager de n'en charger qu'une partie. Il faut réfléchir à sa pertinence par rapport à un fond de carte terrain plus classique mais il a l'avantage d'être gratuit et en licence CC BY-NC 3.0.

#### 4.4. Raconter une histoire : la *storymap*

Les *storymaps* sont des outils de récits particulièrement intéressants. Elles permettent de raconter une partie de l'histoire sur un sujet bien précis et de façon interactive. Ainsi l'objectif est d'intéresser l'utilisateur et de lui présenter un maximum d'informations de manière concise.

##### 4.4.1. Tour d'horizon des possibilités *open source*

Nous avons recherché plusieurs outils *open source* et gratuit. Nous avons pu étudier une multitude de sites que nous allons vous présenter et en comparer les différentes fonctionnalités.

- Story map leaflet

Les story map de leaflet possèdent une interface épurée, elle permet de pouvoir intégrer du textes, des photos, des liens hypertexte, qui sont rattachés à un point sur la carte. Il est possible de naviguer de différentes manières, soit par défilement du texte qui modifie le

<sup>4</sup> <http://awmc.unc.edu/awmc/applications/carte-framework/>

point affiché sur la carte ; ou à l'inverse, cliquer sur un point de la carte et voir l'histoire qui s'y rattache.

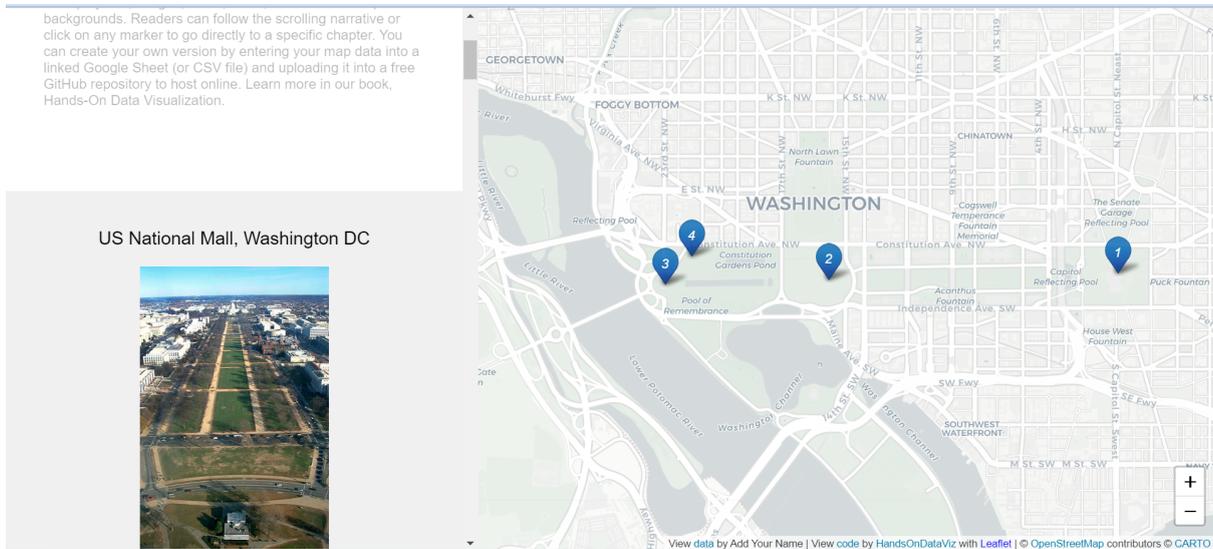


Figure 49 : Capture d'écran de Story map Leaflet

- Story map TimeMapper

Sur cet outil, il y a trois manières de naviguer. L'interface se présente avec un élément textuel sur la gauche, au-dessous de ce dernier une frise chronologique, et enfin sur la droite une carte sur laquelle se trouve des marqueurs. Chacun des ces éléments est cliquable et modifie les deux autres en fonction de la sélection. C'est un outil qui offre l'information selon la position géographique, selon la chronologie ou bien par défilement.

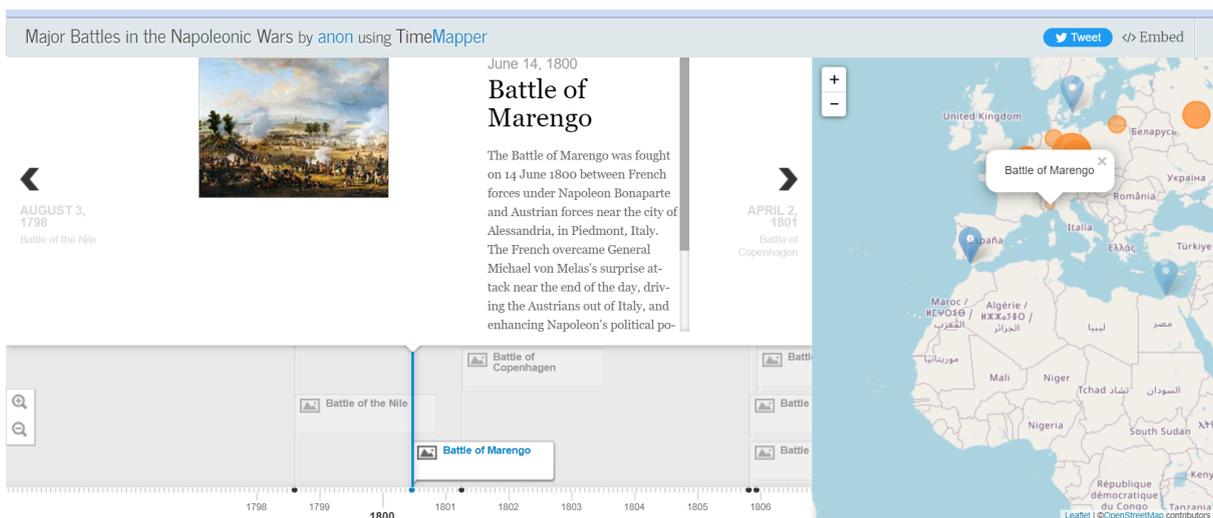


Figure 50 : Capture d'écran de Story map TimeMapper

- Story Map.JS

Cet outil présente de fortes similarités avec fonctionnalités que propose leaflet. Il est possible d'insérer des images, des vidéos, des liens hypertextes. La story Map permet de

défiler dans le temps en interagissant avec des flèches qui permettent d'avancer et de reculer. Cette fois-ci, l'histoire ressemble davantage à un récit puisque le passage d'un élément à un autre se fait également au travers d'un trait qui permet de suivre un parcours. Il est possible de cliquer directement sur les marqueurs situés autour, le niveau de zoom est contrôlable, bien qu'un peu difficile à contrôler. Enfin un petit encadré permet de voir plus largement où se trouve le point étudié.

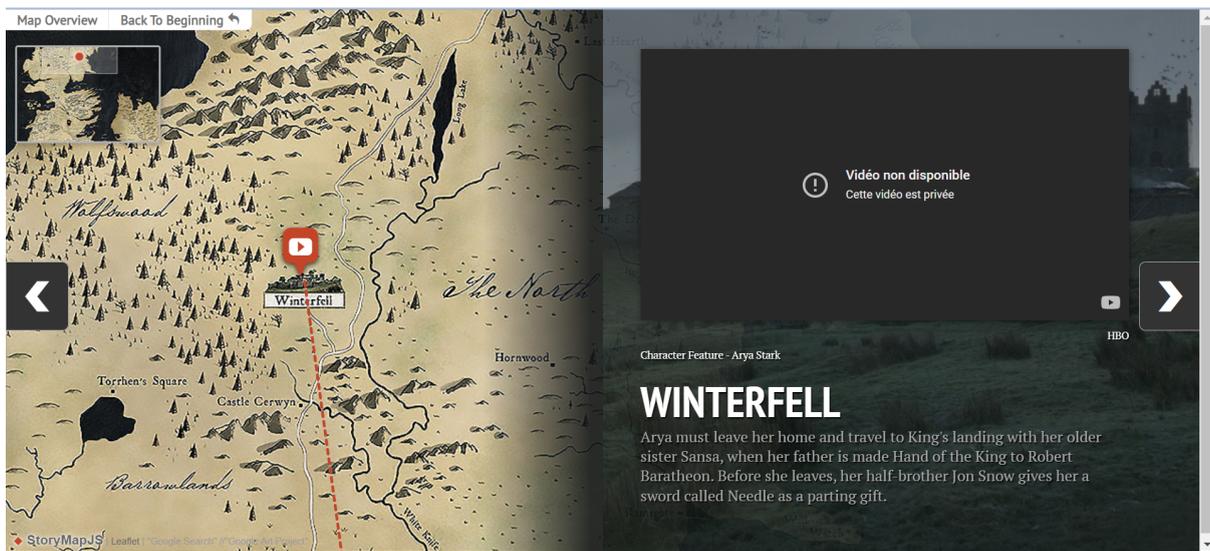
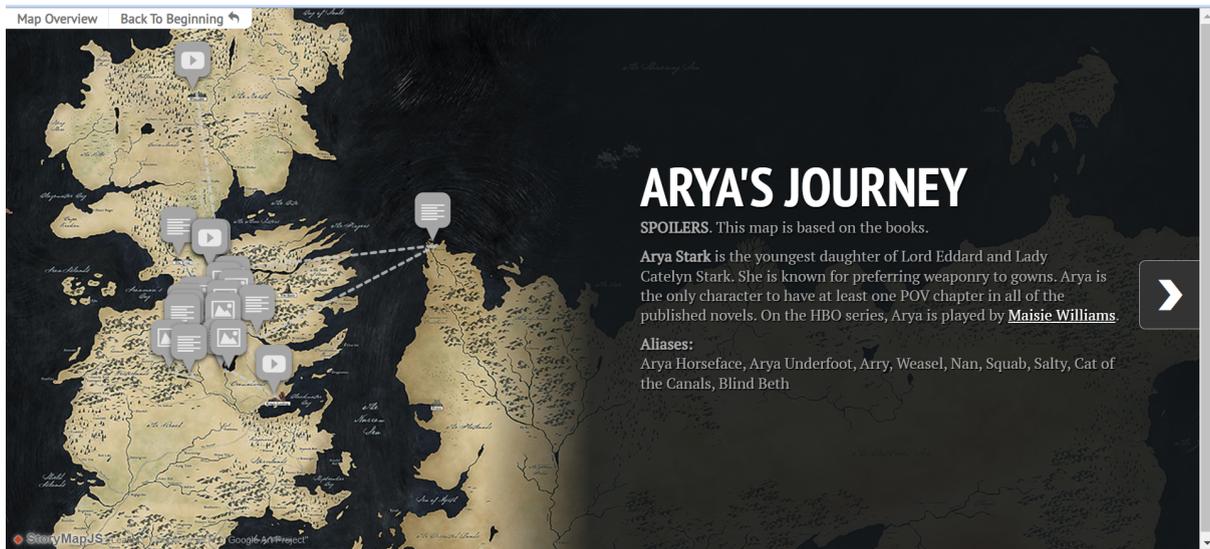


Figure 51 : Captures d'écran de Storymap.JS

- Tripline

Cet outil de story map permet d'établir des points précis, de leur attribuer des éléments textuels, des photographies ou bien des vidéos. Les marqueurs possèdent un numéro et des pop-up. Il y a deux navigations possibles. La première consiste à suivre les marqueurs par défilement et suivre le parcours sur la carte. La seconde possibilité est de suivre les éléments textuels, photographique ou vidéo en dessous de la carte.

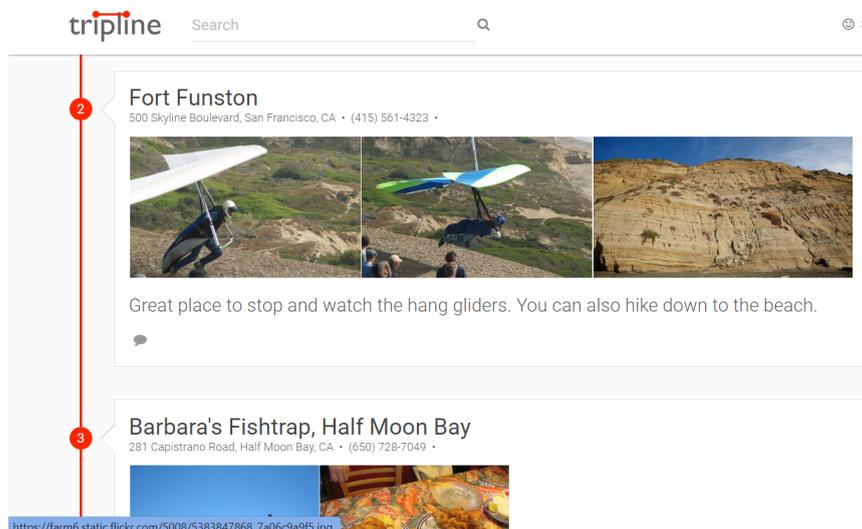
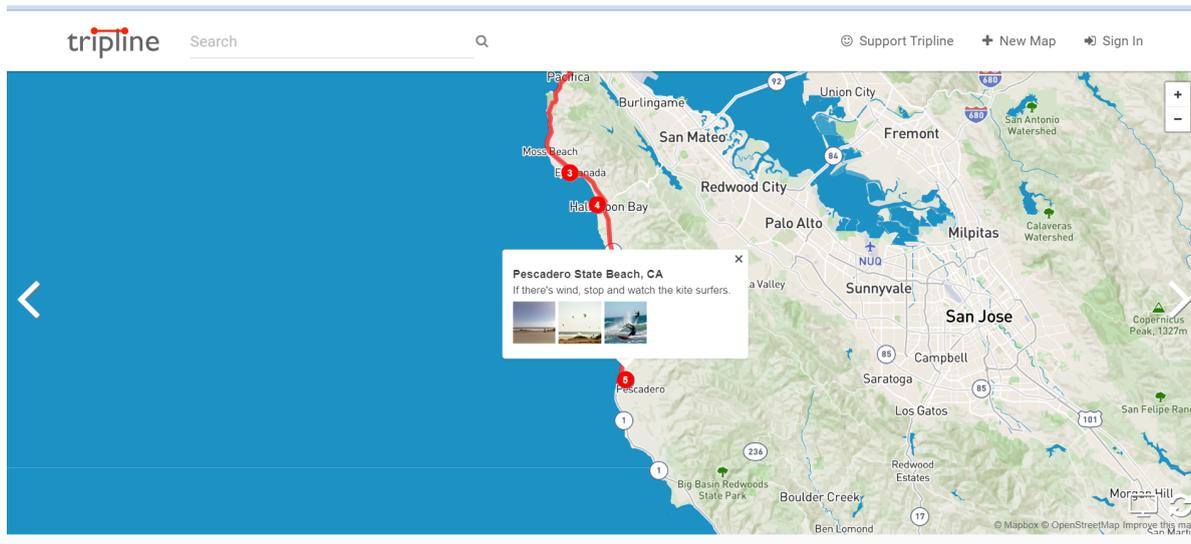


Figure 52 : Captures d'écran de Tripline

- Mapbox

Propose des storytelling, cet outil se rapproche d'une story map. Cette solution permet de créer une page web, elle nécessite peu de connaissances en code. L'utilisateur peut créer une page sur laquelle se trouve des marqueurs, le changement de points se fait par simple défilement. Il est possible d'intégrer des éléments textuels et d'en modifier la position, il est également possible de changer le fond de cartes au fur et à mesure du défilement. Ainsi, la variation du fond de carte permet de raconter une histoire par diverses appréhensions, sans nécessairement changer les types d'outils. Afin d'élaborer la page, de la documentation est présente sur le site mapbox, ainsi qu'un guide d'utilisation complémentaire que l'on peut retrouver sur github.

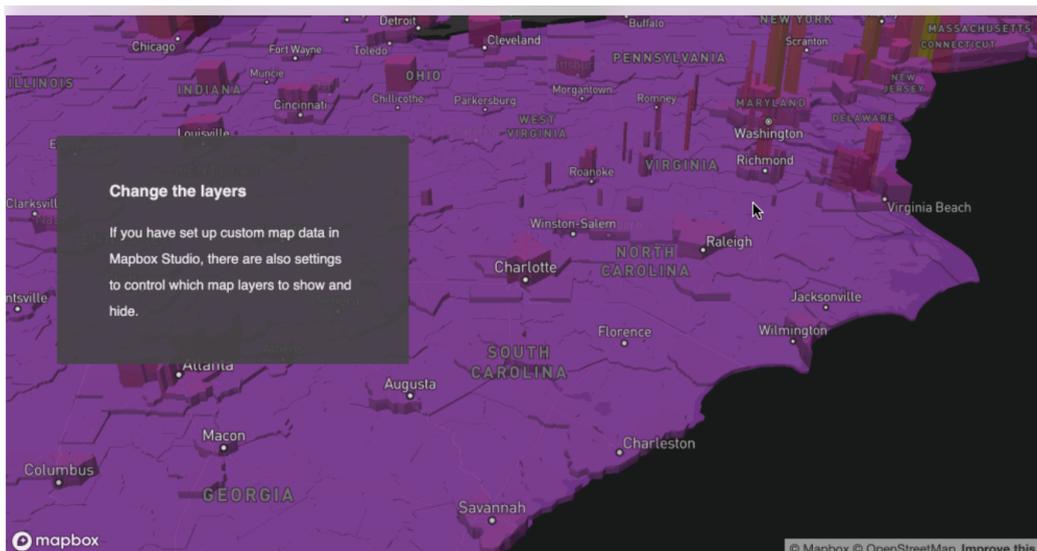


Figure 53 : Capture d'écran de Mapbox

Le choix de l'outil dépend des besoins et des préférences de chacun, ces outils sont très pratiques à utiliser, ils permettent de créer plusieurs histoires assez rapidement. Ces différents sites permettent de faire plus ou moins les mêmes choses, ce qui diffère est essentiellement l'interface et la possibilité de navigations. L'ensemble de ces outils permettent ainsi de raconter une histoire au travers de points sur une carte. Cela relève davantage de l'étude différentielle entre chaque point, que d'une vision comparative sur l'ensemble d'une carte. En effet, ce sont davantage les points et l'histoire qui s'y rattachent qui sont mis en avant, plutôt que la possibilité d'une comparaison globale.

En comparant toutes les solutions que nous avons pu trouver, nous pouvons conclure qu'il est primordial de savoir ce que l'on souhaite représenter et de quelle manière. L'ensemble des outils présentés ici-même permettent de raconter une histoire; à suivre des points précis sur lesquels sont rattachés des éléments textuels ou visuels et ce avec différents moyens de navigation en y intégrant une dimension chronologique. Néanmoins, la solution proposée par ESRI offre davantage de possibilités.

#### 4.4.2. Un exemple de storymap à partir des données MAP

Afin d'exposer à l'équipe MAP les fonctionnalités possibles pour un récit cartographique et les inciter à nous donner des exemples d'histoires à raconter, nous avons conçu une storymap grâce à l'outil Storymap d'Arcgis. Cet outil possède une partie gratuite, mais pour pouvoir utiliser l'ensemble des fonctionnalités il faut disposer d'une licence payante. Nous avons travaillé sur la présentation d'un exemple de story map intitulée « Quand un dieu "règne sur" un lieu » à partir d'un article de recherche et d'une présentation scientifique réalisée par Sylvain Lebreton<sup>5</sup> et nous permettent une première approche scénarisée des données de la BD MAP. Le récit cartographique réalisé est disponible à l'adresse suivante :

<sup>5</sup> Sylvain Lebreton. Zeus " qui-règne-sur Dodone (Hom., Il. 16.233-234) " et ses épigones. Les attributs onomastiques construits sur medeôn, -ousa + toponyme. Naming and Mapping the Gods in the Ancient Mediterranean, De Gruyter, pp.289 - 310, 2022, ff10.1515/9783110798432-016ff. fhal-03925924



## Quand un dieu "règne sur" un lieu

Exemples d'attributs onomastiques toponymiques en pays grec

Equipe MAP  
2 février 2023

Figure 54 : Capture d'écran de la storymap réalisée avec ArcGIS Online, "Quand un dieu "règne sur" un lieu"

Dans cette *storymap*, nous avons intégré différentes cartographies qui apparaissent et disparaissent par simple défilement de la page. La page est interactive. Le défilement permet d'établir différents niveaux de zoom sur les cartes, d'en modifier la légende, et permet également d'illustrer les éléments textuels. Ainsi, nous avons pu proposer une carte de chaleur, qui illustre où se concentrent majoritairement les attestations qui traitent d'un dieu régnant sur un lieu. En déroulant la page, nous avons cherché à avoir une continuité de l'histoire, à présenter des aspects supplémentaires. C'est pourquoi à la suite, nous avons cette fois-ci une cartographie traitant du nom des dieux cités dans les attestations précédemment évoquées. Afin de montrer les diverses possibilités d'Arcgis, nous avons tenu à constituer une cartographie centrée sur Athènes, et une carte de diffusion depuis ce même lieu. Enfin, nous avons mis en avant un outil de balayage permettant de faire une comparaison chronologique. Ces possibilités ne sont pas les seules que propose Arcgis, mais elles illustrent les différences de représentations possibles.

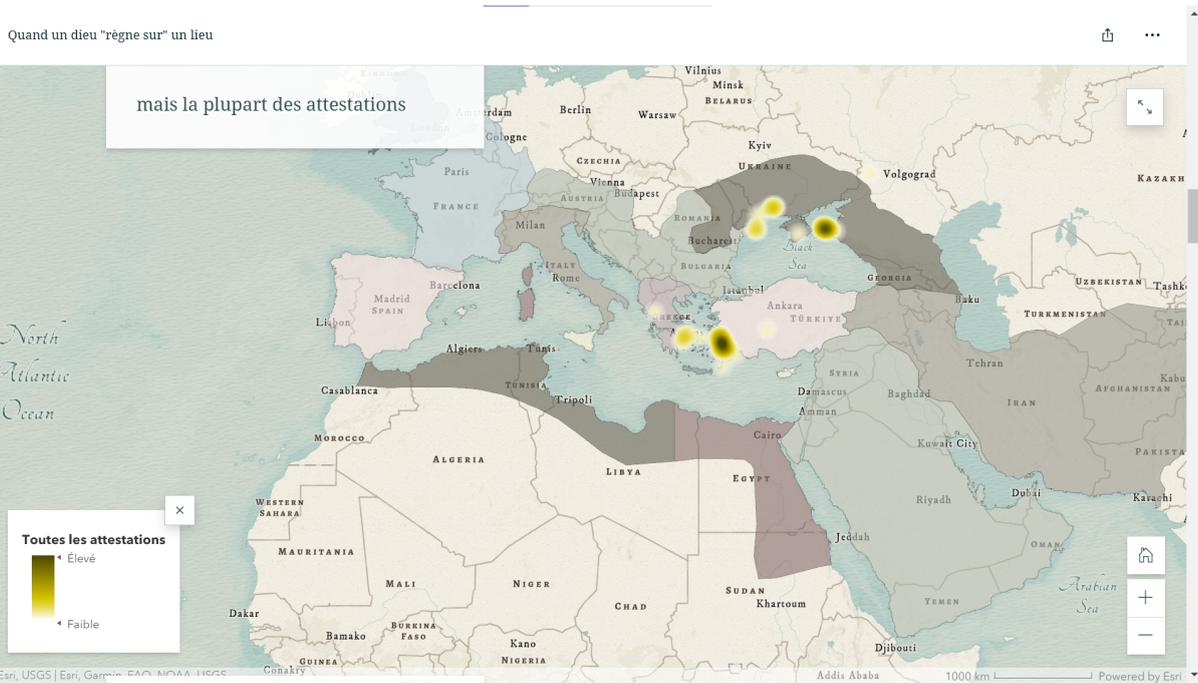


Figure 55 : Capture d'écran de la storymap réalisée avec ArcGIS Online, "Quand un dieu "règne sur" un lieu" (carte de chaleur)

Les outils mobilisés pour le récit cartographique recourent en partie ceux exposés plus haut (filtres, balayage, zoom, information au clic) mais nécessitent une réflexion plus approfondie sur l'accompagnement de l'utilisateur : il faut rédiger un scénario.

Parmi toutes ces propositions, nous pouvons créer deux groupes. Le premier rassemblant les sites permettant de créer des story map au travers de points sur une carte auxquels sont rattachés des éléments textuels et visuels, tout en y intégrant diverses manières de navigation et une dimension temporelle. Le second où se trouve la solution d'ESRI, qui permet de raconter une histoire au travers de divers outils cartographiques, offrant une plus grande variabilité des représentations. L'utilisation des outils présentés dans cette partie sont des solutions efficaces qui permettent de raconter une multitude d'histoires simplement. Néanmoins, si l'on définit de manière précise quelques histoires, il serait tout à fait envisageable, et même plus appréciable, de coder une page web entière qui posséderait des animations, mais qui offrirait des possibilités comme celles d'Arcgis.

## 5. Poursuite du projet

### 5.1. Réflexion sur la compatibilité technique et la mise en oeuvre

Nos prototypes ont été réalisés à partir des bibliothèques Leaflet et Mapbox GL, cette dernière nous permettant de réaliser des représentations plus "poussées" et de manière plus aisée que Leaflet, qui possède plus de plugins centrés sur des fonctionnalités. Ainsi, pour la majorité de nos prototypes, il n'y a pas à la fois une option faite avec Leaflet et une option faite avec Mapbox. Il est donc nécessaire de savoir s'il sera possible, dans la mise en place d'un prototype plus avancé, de mêler les deux bibliothèques afin de conserver les éléments réalisés.

La bibliothèque Leaflet peut être étendue pour supporter d'autres formats que le geojson grâce à [leaflet-omnivore](#) (KML ou CSV, par exemple). Le lien entre Leaflet et Mapbox.js paraissait simple auparavant, puisque Mapbox.js a débuté en tant que plugin Leaflet. Néanmoins, Mapbox.js n'est plus en développement et Mapbox-GL a pris la relève, devenant une bibliothèque Javascript à part entière. Il existe un "binding" c'est-à-dire une manière de lier les deux bibliothèques Leaflet et Mapbox : [mapbox-gl-leaflet](#), qui permet notamment d'utiliser des couches (comme les fonds de carte) venant de Mapbox-GL. Nous n'avons pas eu l'occasion de tester cette méthode, nous ne sommes donc pas sûres des fonctionnalités qu'elle peut offrir.

Cet outil reste cependant expérimental et n'est pas vraiment soutenu par Mapbox. Cette manière de lier les deux bibliothèques concerne également "MapLibre-GL", une bibliothèque open-source développée à partir de Mapbox-GL. En effet, la bibliothèque Mapbox est considérée comme "freemium" c'est-à-dire open source jusqu'à un certain point. Nous pouvons explorer les bouts de codes, les utiliser, mais il n'est pas clairement indiqué où se trouvent les limites de l'utilisation : utiliser des versions de Mapbox inférieures à la v1.0.0 permettrait de rester dans l'open source. Trop d'utilisateurs interagissant avec la carte pourrait également mener vers quelque chose de payant. Il serait donc intéressant d'aller voir du côté de [MapLibre GL](#). Outre les limites de Mapbox, l'utilisation de telles bibliothèques Javascript ne pose pas de problème pour leur intégration à des pages HTML et à du PHP si celui-ci se présente à travers certains hébergements.

Le choix des outils de développement utilisés pour la mise en œuvre du site de l'atlas dépendent des personnes en charge de sa conception. L'élaboration d'un cahier des charges très détaillé nécessite un travail de réflexion approfondi de la part de l'équipe MAP accompagnée par une équipe de géomaticiens afin de pouvoir confier le développement à un développeur web.

## 5.2. Des arbitrages à faire et des pistes de travail à creuser

La poursuite du projet doit passer par une phase de réflexion approfondie du côté de l'équipe MAP pour aboutir à certaines décisions techniques, esthétiques ou du point de vue du contenu afin d'établir un cahier des charges plus précis en vue du développement du projet.

### 5.2.1. *Du point de vue "technique"*

Aujourd'hui, la base MAP et le site vitrine du projet sont hébergés par Huma-Num, il semble logique que le site de l'atlas soit également hébergé selon les mêmes modalités. Le service d'hébergement Web mutualisé d'Huma-Num permet d'héberger un site web pour diffuser les données d'un projet de recherche. Il permet d'accueillir toute application Web utilisant les technologies classiques PHP, MySQL, PostgreSQL, Java et met également à disposition des serveurs virtuels pour la mise en œuvre d'applications Web et de traitements complexes. Nous pouvons supposer qu'Huma-Num est susceptible d'héberger un geoserver si cette solution technique est retenue mais cela reste à confirmer. Cependant, il faut être conscient que dans ce cadre d'hébergement, l'utilisateur a la charge exclusive d'assurer la

maintenance technique des outils logiciels qu'il met en œuvre, par conséquent et afin d'assurer la pérennité du site de l'atlas l'équipe MAP doit réfléchir à la personne en charge de la maintenance et du bon fonctionnement du site.

Une autre question importante qu'il faudra arbitrer est celle de la pertinence d'un lien direct entre l'atlas et la base de données. Nous avons abordé les avantages et les inconvénients de ce rattachement et une partie de la décision dépend également de la capacité humaine de l'équipe à prendre en charge la maintenance d'un tel dispositif plus contraignant qu'une extraction préalable des données. Dans l'optique d'un atlas grand public nous pensons qu'il est peut-être préférable de fonctionner avec des données préalablement extraites et retravaillées : si l'on cherche à avoir un atlas grand public, celui-ci n'a pas besoin de pouvoir visualiser toutes les données disponibles et cela va peut-être même l'empêcher de vouloir explorer la webmap (si par exemple si on offre une trop grande diversité de lieux au niveau du choix du filtrage). Un lien vers une BD qui serait constamment en train d'être alimentée comporte aussi des risques de bug pour la webmap qui ne saurait pas s'adapter "seule" si jamais de nouveaux types de données sont intégrés.

Enfin, il convient également de réfléchir au besoin et à la fréquence des mises à jour de l'atlas : est-ce qu'il va être enrichi au fil du temps ou s'agit-il d'un état des lieux à la fin du projet de recherche ? Quelles parties du site seront soumises à modifications et par qui ? Il est conseillé de définir les parties ou rubriques du site qui vont être souvent modifiées. Par exemple, la page d'accueil qui permettra de présenter l'atlas ne changera pas souvent mais au contraire on peut prévoir l'ajout de story map en lien avec des publications scientifiques. Le fait de définir ainsi des parties distinctes à mettre à jour, permet d'une part d'avoir une notion du travail d'entretien qu'il va falloir effectuer et d'autre part d'estimer quelle sera la fréquence des mises à jour.

### 5.2.2. *Du point de vue "du contenu"*

L'un des plus importants chantiers avant le développement du projet est celui de la réflexion fine sur le contenu. Notre objectif était de montrer à l'équipe l'étendue des possibilités cartographiques en fonction des données scientifiques disponibles. Si nous avons ébauché une structure et un "sommaire" celui-ci est encore très incomplet et il convient de se demander clairement ce que l'on veut montrer au public. L'équipe MAP doit définir une architecture permettant de classer les informations en différents chapitres ou parties qui pourront être autant d'onglets ou de menus.

L'équipe doit réfléchir également aux thématiques "grand public" qu'elle veut mettre en avant et au contenu scientifique rédigé qu'elle veut exposer ; en effet, si pour l'exemple des story map nous avons utilisé des extraits d'articles scientifiques il convient de vulgariser davantage les informations ce qui nécessite du travail de rédaction. L'équipe MAP doit donc, parallèlement à la définition du contenu de l'atlas, prévoir la rédaction du contenu du site (qui ? quels délais ?).

Enfin, certains aspects scientifiques n'ont pas pu être abordés profondément au cours de ce projet et quelques questions de représentation restent en suspens comme par exemple celle des agents et de l'agentivité : comment les intégrer, dans quelles thématiques et pour quelles représentations ?

### 5.2.3. *Du point de vue "esthétique"*

Le travail autour de la maquette est un point de départ pour permettre à l'équipe MAP de se projeter dans l'atlas tel qu'il peut apparaître au grand public. Les choix esthétiques ne sont pas définitifs et devront faire l'objet d'une charte graphique plus détaillée pour permettre le développement. L'une des premières décisions à prendre est celle de la continuité graphique entre le site vitrine, la base MAP et le site de l'atlas. Ensuite se poseront les questions de l'habillage spécifique de l'atlas comme les icônes ou les éléments de navigation et enfin les questions concernant la carte à proprement parler (fond de carte, taille et couleur des symboles, etc.) tout en veillant au respect des "règles" de sémiologie graphique.

Il nous semble important d'insister également sur la nécessité, tout au long de la poursuite du projet, de bien garder en tête que l'objectif est une atlas grand public: il ne faut pas tomber dans l'écueil de l'exhaustivité des données ou de l'ajout immodéré de fonctionnalités et ne pas confondre la construction de cet atlas avec ce qui relève davantage de la nécessaire amélioration de l'outil de webmapping existant plutôt dédié aux chercheurs.

## Conclusion

Le projet MAP est un projet de grande envergure qui a nécessité beaucoup de travail pour les chercheurs. C'est une mission qui leur tient à cœur et qui a déjà été sujette à beaucoup d'investissements. Leur travail touchant à sa fin, nous avons voulu les aider en leur permettant d'appréhender un outil de restitution finale à destination du grand public, qui se présenterait sous la forme d'un atlas interactif. Pour ce faire, nous avons adopté une méthode qui s'apparente à une méthode agile avec nos commanditaires. Nous avons instauré un rythme de réunions hebdomadaires, et échangé autant que nécessaire avec ces derniers. Cela dit, si nous avons eu davantage de temps, il nous est apparu qu'il aurait été préférable de travailler davantage avec l'équipe. Nous avons mis en place des outils de gestion nous permettant de communiquer entre nous et également avec eux. Au sein de ce projet, notre rôle a été transversal. Nous avons tout d'abord pris connaissance du projet, des outils qui avaient pu être développés, de la constitution de la base de données, et du contenu de cette dernière. Notre intervention au sein du projet MAP, a permis d'initier l'idée de la constitution de l'atlas interactif. Notre rôle était d'accompagner les chercheurs, d'identifier leurs besoins, de prendre en compte leurs contraintes et de réfléchir avec eux sur la manière de construire l'atlas.

Une phase de recherche a été nécessaire pour appréhender les possibilités quant à la réalisation de l'atlas. Ce travail a permis de nous inspirer, quant aux idées de représentations graphiques que nous pourrions effectuer, ainsi que sur des réalisations que l'équipe n'aurait pas envisagées, comme celle des *storymaps*. Cette phase de recherche s'est accompagnée en parallèle d'une phase de dialogues avec les chercheurs afin d'identifier leurs besoins, leurs ressources, leurs contraintes et les possibilités qui s'offraient à eux. Suite à cela, un travail de redéfinition et d'étude des possibilités s'est fait. Outre cette démarche accompagnatrice, nous avons effectué des tests techniques permettant de prouver la faisabilité sur des exemples précis, pouvant ainsi inspirer des idées plus précises pour l'équipe. Nous avons réalisé des tests mettant en évidence de grandes variations cartographiques comme les cartes de chaleurs, les carroyages, les clusters, et la réalisation de filtrage. Ces différents tests ont permis de montrer les nombreuses possibilités réalisables avec leur base de données. A ceci nous avons ajouté un travail de visualisation au travers d'une maquette réalisée sur Figma. Le but de nos travaux a été de leur présenter des tests d'exemples précis, et un support visuel leur permettant d'imaginer la transposition de nos tests sur une interface unique.

Ce travail fut très enrichissant, il nous a permis de prendre le rôle de force de propositions, il nous a appris à être à l'écoute, et de travailler sur un objectif commun. Notre implication au sein de ce projet a permis d'initier l'idée d'un premier jet de l'atlas interactif, d'offrir une idée beaucoup plus précise de ce que voudrait l'équipe, de ce qu'il serait envisageable de faire et d'amorcer le projet d'atlas interactif. Bien que nous aurions aimé pouvoir mener à bien l'entièreté de cette mission, le temps ne nous le permet pas; néanmoins ce projet est pour nous une bonne expérience qui nous aura permis de travailler sur un sujet historique fort intéressant.

# Table des figures

Figure 1 : Capture d'écran du site de l'Atlas climatique du Canada	5
Figure 2 : Capture d'écran du site Cartorient	5
Figure 3 : Capture d'écran du site de l'Atlas mondial de SciencesPo	6
Figure 4 : Capture d'écran du site FactoViz	7
Figure 5 : Capture d'écran du site de la story map "Khorasan Caravanserais"	8
Figure 6 : Capture d'écran du site de l'Asia Power Index 2023	8
Figure 7 : Modèle Conceptuel de données de la BD MAP	11
Figure 8 : Tableau rassemblant quelques inspirations pour la réalisation de la maquette	14
Figure 9 : Arborescence du site web tel que nous l'avons imaginé	17
Figure 10 : Logo du projet de recherche et coloris associés	18
Figure 11 : Apparence de la page d'accueil et fonctionnalités associées	19
Figure 12 : Apparence de la page de menu des storymaps	20
Figure 13 : Fenêtre de présentation de la carte interactive	21
Figure 14 : Interface de la carte interactive	22
Figure 15 : Haut de page (carte interactive)	22
Figure 16 : Fonctionnalités de base (carte interactive)	23
Figure 17 : Onglets des thématiques (carte interactive)	23
Figure 18 : Présentation d'une thématique au survol (carte interactive)	23
Figure 19 : Fonctionnalités associées à une thématique au clic (carte interactive)	24
Figure 20 : Fonctionnalités en bas de page (carte interactive)	24
Figure 21 : Capture d'écran du prototype du filtre sur attribut	27
Figure 22 : Tableau indiquant les caractéristiques du prototype de filtre sur attribut	27
Figure 23 : Capture d'écran du prototype de double filtre sur attribut	28
Figure 24 : Tableau indiquant les caractéristiques du prototype de double filtre sur attribut	28
Figure 25 : Capture d'écran du prototype de représentation de liens entre attestation et élément toponymique	29
Figure 26 : Tableau indiquant les caractéristiques du prototype de représentation de liens	30
Figure 27 : Exemple de popup affichant la traduction de l'attestation à partir de la carte cluster	30
Figure 28 : Tableau indiquant les caractéristiques du prototype de popup	31
Figure 29 : Capture d'écran du prototype de visualisation statistique par la carte	31
Figure 30 : Tableau indiquant les caractéristiques du prototype de clusters + diagrammes	32
Figure 31 : Capture d'écran d'une représentation statistique faite avec Mapbox	32
Figure 32 : Capture d'écran du prototype de carte de chaleur	33
Figure 33 : Tableau indiquant les caractéristiques du prototype de carte de chaleur	34
Figure 34 : Capture d'écran du prototype de clusters	34
Figure 35 : Tableau indiquant les caractéristiques du prototype de clusters	35
Figure 36 : Capture d'écran du prototype d'extrusion	36
Figure 37 : Tableau indiquant les caractéristiques du prototype d'extrusion	36
Figure 38 : Capture d'écran du site Paleobiodb	37
Figure 39 : Capture d'écran de la chronologie de la maquette FIGMA	37

Figure 40 : Tableau des segmentations possibles pour la création de la chronologie	38
Figure 41 : Tableau indiquant ce qu'il serait envisageable de faire pour la chronologie	38
Figure 42 : Capture d'écran du prototype de balayage entre deux jeux de données	39
Figure 43 : Tableau indiquant les caractéristiques du prototype de balayage entre deux jeux de données	39
Figure 44 : Extrait du MCD centré sur les localisations	40
Figure 45 : Capture d'écran de leur application de webmapping (les polygones des grandes régions)	41
Figure 46 : Capture d'écran de leur application de webmapping (les sous-régions)	41
Figure 47 : Capture d'écran de leur application de webmapping (les points les plus élevés se confondent avec les symboles des éléments)	43
Figure 49 : Capture d'écran de Story map Leaflet	44
Figure 50 : Capture d'écran de Story map TimeMapper	44
Figure 51 : Captures d'écran de Storymap.JS	45
Figure 52 : Captures d'écran de Tripline	46
Figure 53 : Capture d'écran de Mapbox	47
Figure 54 : Capture d'écran de la storymap réalisée avec ArcGIS Online, "Quand un dieu "règne sur" un lieu"	48
Figure 55 : Capture d'écran de la storymap réalisée avec ArcGIS Online, "Quand un dieu "règne sur" un lieu" (carte de chaleur)	49

# Bibliographie

Bahoken F. (2016). *Contribution à la cartographie d'une matrice de flux*. Géographie. Université Paris Diderot (Paris 7).

Bertin J. (1967). *Sémiologie graphique : Les diagrammes, les réseaux, les cartes*. Paris : Mouton/Gauthier-Villars.

Caquard S, Dimitrovas S. (2017). "Story Maps & Co. Un état de l'art de la cartographie des récits sur Internet". *Mappemonde*, n° 121.

Roth, R. E., & Harrower, M. (2008). "Addressing map interface usability : Learning from the lakeshore nature preserve interactive map". *Cartographic Perspectives*, n°60, p. 46-66.

DeBoer M. (2015). "Understanding the heat map". *Cartographic perspectives*, n° 80, p. 39-43.

Fürhoff L. (2019). "Rethinking the usage and experience of clustering markers in web mapping". PeerJ Preprints En ligne : <https://peerj.com/preprints/27858/>

Janicki, J., Narula, N., Ziegler, M., Guénard, B., & Economo, E. P. (2016). Visualizing and interacting with large-volume biodiversity data using client-server web-mapping applications: The design and implementation of antmaps. org. *Ecological informatics*, 32, 185-193.

Jégou L. (2007). « La troisième dimension en cartographie statistique, des cartes en prismes imprimées aux modèles 3D interactifs ». *Mappemonde*, n° 86, vol. 2. En ligne : <http://mappemonde-archive.mgm.fr/num14/articles/art07202.html>

Lambert N., Zanin C. (2016). *Manuel de cartographie : principes, méthodes, applications*. Paris : Armand Colin.

Mericskay B. (2016). "La cartographie à l'heure du géoweb : retour sur les nouveaux modes de représentation spatiale des données numériques." *Cartes et géomatique*, n°229-230, p. 37-50.

Mericskay B. (2021), « La géovisualisation de données massives sur le Web : entre avancées technologiques et évolutions cartographiques », *Mappemonde*, n° 131. En ligne : <http://journals.openedition.org/mappemonde/5595>

Netek R., Brus J., Tomecka O. (2019). "Performance Testing on Marker Clustering and Heatmap Visualization Techniques: A Comparative Study on JavaScript Mapping Libraries". *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 8, n° 8, p. 348. En ligne : <https://www.mdpi.com/2220-9964/8/8/348>

Roth, R. E., Ross, K. S., & MacEachren, A. M. (2015). User-centered design for interactive maps: A case study in crime analysis. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(1), 262-301.