

# MAGRIT : LA CARTOGRAPHIE THÉMATIQUE EN LIGNE À LA PORTÉE DE TOUS

*par Matthieu Viry*

UMS 2414 RIATE

8 place Paul Ricoeur

75013 PARIS

matthieu.viry@ums-riate.fr

*Timothée Giraud*

UMS 2414 RIATE

8 place Paul Ricoeur

75013 PARIS

timothee.giraud@ums-riate.fr

*et Nicolas Lambert*

UMS 2414 RIATE

8 place Paul Ricoeur

75013 PARIS

nicolas.lambert@ums-riate.fr

---

*L'article offre une vue d'ensemble des fonctionnalités de l'application web Magrit : un outil libre de cartographie thématique en ligne, présentant une dimension pédagogique forte et permettant de mobiliser tous les éléments nécessaires à la réalisation d'une carte thématique. Dans cet outil, plusieurs modes de représentation simples sont proposés tels que les cartes en proportion ou les cartes choroplèthes. D'autres, plus complexes, sont également disponibles tels que les cartes lissées et les cartogrammes. Chaque carte peut être finalisée grâce à des fonctionnalités d'habillage et de mise en page (projection, échelle, orientation, toponymes, ...) et exportée au format vectoriel. Magrit se veut donc un outil complet, léger et polyvalent, adapté à l'enseignement de la cartographie à l'université.*

## Introduction

Les logiciels SIG et le domaine de la visualisation de données ont connu un essor important ces dernières années, notamment avec l'émergence de phénomènes tels que la démocratisation des ordinateurs personnels, leur puissance de calcul accrue et miniaturisée ainsi que plus récemment via la simplification de la production d'un certain type de carte avec le phénomène du web 2.0 et l'apparition de site web tels que *Google maps* ou le *GéoPortail* (Bakis et Valentin, 2010. Mericskay, 2011). Les applications de ces différents domaines composent partiellement celui de la cartographie mais ne sont toutefois pas centrées sur la représentation. D'autre part des solutions s'attachant plus clairement à la création de cartes existent mais sont vieillissantes et/ou propriétaires (*Cabal 1500*, *WinCarto*, *PhilCarto*, *Carte et données*, etc.).

Avec Magrit, nous proposons de tirer profit des nouvelles technologies de visualisation de données pour rendre disponible un outil de cartographie thématique

respectant scrupuleusement certaines méthodes et règles de sémiologie graphique via la mise en valeur des procédés mis en œuvre pour représenter l'information.

## Magrit : contexte de développement et objectifs de l'outil

### Constats sur la logithèque du cartographe

La bibliothèque de logiciels dont dispose un individu, chercheur, étudiant ou praticien souhaitant réaliser une carte peut comprendre des outils variés et propres à des pratiques spécifiques. Il est toutefois possible de noter plusieurs tendances dans les pratiques de la cartographie, notamment la réalisation des cartes thématiques dans les logiciels SIG ainsi que la possibilité d'accéder facilement à des représentations cartographiques variées via le web.

Dans un souci de différencier l'apprentissage de la géomatique et de la cartographie plusieurs universités enseignent actuellement la cartographie thématique

et statistique avec *PhilCarto* (par exemple l'Université Paris Diderot). Il s'agit d'un logiciel propriétaire (ses sources ne sont pas accessibles), disponible seulement sous forme d'un installateur (?) pour *Microsoft Windows* et dont le développement semble avoir récemment été arrêté (il n'y aurait plus de mises-à-jour ni de nouvelle version prévue). Ce logiciel présente toutefois une documentation riche et complète (décrivant notamment les méthodes employées et le sens à leur donner), d'une interface disponible en plusieurs langues et il est adopté dans la communauté universitaire, aussi bien par les enseignants que par leurs étudiants.

Un logiciel se concentrant particulièrement sur le processus de création de carte, laissant de côté l'aspect SIG (c'est à dire les géo-traitements tels que les intersections ou les sélections spatiales) a sa place dans la logithèque du cartographe, là où les applications SIG ne permettent pas de mettre en œuvre aisément l'ensemble des méthodes de cartographie thématique classiques. Partant de ce constat, la nécessité d'un nouvel outil s'est dessinée : cet outil devrait être maintenable, exposer des méthodes transparentes, permettre l'utilisation d'un large panel de formats et disposer d'une forte dimension pédagogique.

L'outil présenté ici, *Magrit*, vise donc clairement à différencier les opérations relevant de la cartographie des traitements relevant de la géomatique, pour permettre à des non-géomaticiens ou non-géographes de réaliser des cartes (par exemple des décideurs politiques, des chercheurs en histoire ou des étudiants en cours de formation). *Magrit* permet donc de mettre en application les cours de sémiologie graphique et de cartographie mais aussi, l'ensemble des éléments constituant une carte pouvant être mobilisés (orientation, projection, titre, légende, échelle, annotation libres, etc.), afin d'obtenir un résultat finalisé de qualité.

## Le choix de l'open source et du Web

Le choix de l'*open source* s'est naturellement imposé, dans la continuité des outils développés par les membres de l'équipe, et c'est ainsi que le code est placé sous une licence libre, la *CeCILL*<sup>1</sup> version 2.1, dont les termes<sup>2</sup> sont compatibles avec la *GPL* (*General Public Licence*). Le choix du libre ne s'est pas opéré sous la contrainte des outils utilisés (en effet de nombreuses bibliothèques logicielles utilisées sont placées sous licences libres dites « permissives » ce qui permet de les inclure dans

des produits propriétaires/commerciaux) mais bien comme un choix délibéré. En effet, le modèle du libre permet notamment la transparence du code et favorise la constitution d'une communauté, aussi bien grâce à la possibilité de participation au projet que par la possibilité de rapport de bugs apportés par la page sur la plateforme [www.github.com](http://www.github.com). Bien que cette plateforme soit principalement dédiée aux développeurs ou utilisateurs avertis, il n'est pas rare que des projets y reçoivent des questions d'utilisateurs, notamment grâce à une interface qui se prête volontairement aux échanges.

Le choix du web permet d'offrir une interface accessible à une large audience, sans restriction, à priori, de plateforme et avec un relatif support des anciennes versions de navigateurs et permet un accès facile ainsi qu'une visibilité accrue. L'application ne vise toutefois pour l'instant que les plateformes dites « de bureau » et non pas les appareils mobiles (téléphones, tablettes). La structure de l'outil est ainsi celle d'une application web : une partie du code (ici essentiellement le rendu graphique) est exécutée dans le navigateur du client et un autre partie est exécutée sur le serveur (ici essentiellement les opérations de calculs nécessaires à certaines représentations) ce qui permet à l'application de ne pas être entièrement dépendante de la puissance de calcul disponible chez le client.

Par ailleurs ce choix permet l'utilisation de bibliothèques modernes et en vogue en terme de visualisation de données telles que *d3.js* (Bostock, 2016) côté client et, côté serveur, de bibliothèques bénéficiant d'un développement rapide en raison de leur popularité<sup>3</sup> ou solidement installées, telles que *GDAL* et *proj.4* concernant les transformations géographiques.

De plus, l'application a été écrite de manière à être facilement traduite et une première traduction en français a été réalisée.

La documentation destinée à l'utilisateur a également été rédigée en français et en anglais. Par ailleurs, en complément de la page GitHub, un carnet de recherche en ligne a été ouvert ; c'est le canal qui sera privilégié pour diffuser la documentation utilisateurs, les informations concernant les nouvelles versions et faire vivre le projet.

Le choix du web peut apparaître comme étant une contrainte dans les lieux où la connexion internet est

<sup>1</sup> L'abréviation signifie *Ce[a] C[nrs] I[nria] L[ogiciel] L[ibre]*.

<sup>2</sup> Les termes sont disponibles en ligne sur [www.cecill.info](http://www.cecill.info).

<sup>3</sup> Par exemple *aiobhttp* (Andrew Svetlov, Nicolay Kim et al.), une implémentation de serveurs web avec entrées/sorties asynchrones en Python.

mauvaise ou inexistante et où pourtant l'accès à un outil de cartographie thématique libre pourrait s'avérer utile (notamment en Afrique). Plusieurs moyens permettent néanmoins de contourner ce problème. L'application peut en effet être librement installée par un administrateur système qui souhaiterait la mettre à disposition des postes de son réseau ; elle peut de même, être déployée de manière individuelle sur un poste de manière très simple grâce à la technologie DOCKER ; une fois l'installation effectuée l'application ne nécessite alors plus internet. Ces contraintes d'installation pouvant toutefois s'avérer réhivitoires et en vue d'offrir l'accès à l'application de la manière la plus flexible qui soit, les derniers développements s'orientent sur la possibilité d'offrir l'application, en *stand-alone* comme à travers une interface web, de manière strictement similaire. Ce procédé serait rendu possible grâce à des solutions techniques telles qu'*Electron* (un projet porté par *GitHub*).

Par ailleurs le projet a été l'occasion de publier, sous des licences permissives, deux packages sur *PyPI* (le répertoire de référence des packages additionnels : *Python Package Index*), l'un permettant de réaliser des cartes lissées en python (*smoomapy*<sup>4</sup>), le second permettant de calculer les seuils naturels avec la méthode dite de Jenks (*jenks.py*<sup>5</sup>) et un plugin javascript (*loc-i18next*<sup>6</sup>) au framework de traduction utilisé, *i18next*, sur *NPM* (*Node Package Manager*, le répertoire de référence des packages *nodes.js*).

## Une interface calquée sur les étapes de création d'une carte

L'interface utilisateur est pensée en concordance avec les principales étapes de création d'une carte. Cette interface se veut discrète tout en guidant fortement l'utilisateur. L'idée qui prévaut est de n'offrir que peu de possibilités à des utilisateurs débutants de commettre des erreurs sans pour autant encombrer les utilisateurs confirmés.

Le menu situé sur la gauche de l'interface (fig. 1) liste, dans l'ordre conseillé pour les réaliser, les différentes étapes de création d'une carte :

- L'import du fond de carte à utiliser et de l'éventuel jeu de données tabulaire à y joindre (fig. 2) constitue un panneau dans lequel de nombreux formats (*Shapefile*, *kml*, *GeoJSON* et *TopoJSON*) sont acceptés. Il est aussi proposé de visualiser la ou les tables de données

attributaires correspondantes et de modifier, le cas échéant, le champ de jointure utilisé.

- Le choix d'un type de représentation (fig. 3, voir descriptions en partie 2.1) et des paramètres qui y sont relatifs (fig. 4) représentent l'étape de la création cartographique qui est au cœur de l'application. Cette représentation est appliquée au fond de carte inséré précédemment et, à la manière d'un logiciel SIG ou d'un logiciel de dessin vectoriel, ces représentations vont pouvoir s'accumuler dans le gestionnaire de couches où leur ordre pourra être modifié par l'utilisateur. Sur ce panneau, chaque icône renvoie à un mode de représentation particulier paramétrable via une boîte de dialogue dédiée.

- La gestion de l'ordre de la superposition des couches, de leurs différents paramètres d'apparence (transparence, épaisseur du trait, etc.) ainsi que la possibilité d'ajouter des couches supplémentaires en guise de fond de carte est proposée à l'utilisateur dans le gestionnaire de couches (fig. 5).

S'inspirant aussi bien des logiciels SIG (*QGis*, *ArcGis*) que des logiciels de création vectorielle (*Inkscape*, *Adobe Illustrator*), l'application hiérarchise l'information en «calques/couches». Ces dernières représentent ainsi un ensemble cohérent d'entités pouvant être représentés ensemble, de manière analogue à une couche dans un logiciel SIG ou à un calque dans un logiciel de dessin vectoriel (appelées *layer* en anglais dans les deux cas).

- Enfin, plusieurs éléments de mise en page d'habillage sont proposés à l'utilisateur (voir description en partie 2.2). La taille de la carte peut ainsi être définie (hauteur, largeur) ainsi que la couleur de fond. Différents éléments d'habillage (titre, échelle, légende) peuvent être ajoutés et paramétrés (fig. 6, voir description en partie 2.2). Le fond de carte peut également être modifié (choix de projection, centrage, rotation, etc. fig. 7).

De plus, une fonctionnalité classique des applications de bureau consistant à pouvoir enregistrer son travail, aussi bien pour le reprendre plus tard que pour le partager, en l'état, avec d'éventuels collaborateurs, a été intégrée. Dans Magrit, il est possible d'exporter un fichier « projet » qui conserve l'ensemble des éléments présents dans la carte en cours lors de sa sauvegarde ainsi que les données qui y sont associées. Cette fonctionnalité peut être appréhendée comme une étape vers la reproductibilité du processus de création cartographique.

4 <https://pypi.python.org/pypi/smoomapy>

5 <https://pypi.python.org/pypi/jenks.py>

6 <https://www.npmjs.com/package/loc-i18next>



Figure 1 : Page présentée à l'utilisateur lors de l'ouverture de l'application



Figure 2 : Menu d'import des données

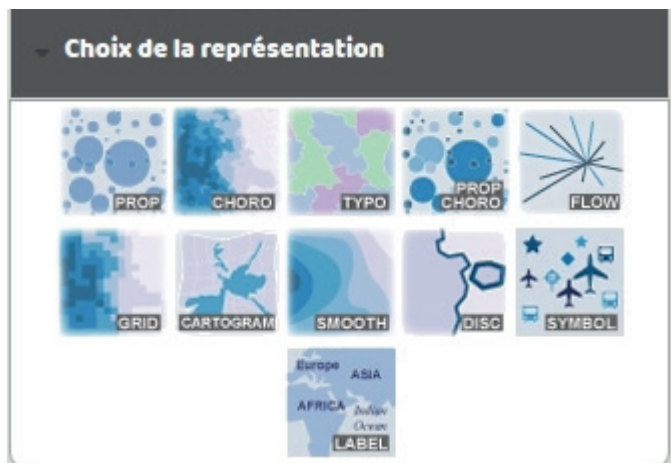


Figure 3 : Choix de la représentation

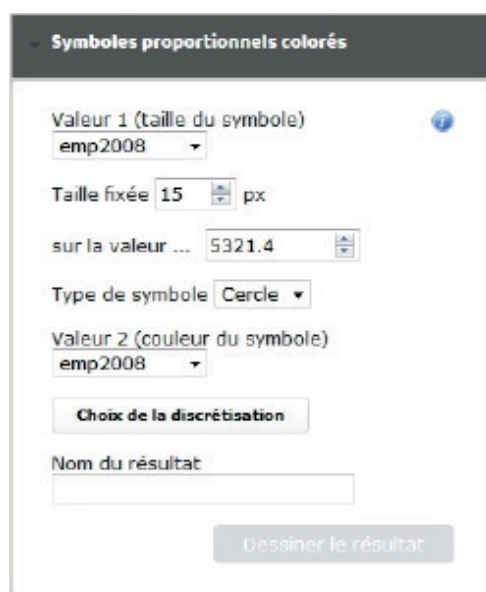


Figure 4 : Choix des paramètres de la représentation (ici symboles proportionnels colorés)

## Présentation de l'outil

### Les différents types de représentation proposés

Les représentations thématiques classiques sont proposées, faisant intervenir aussi bien des variables visuelles « d'ordre » que des variables visuelles « de différenciation » et des variables visuelles « de proportionnalité » (Lambert et Zanin, 2016), afin de proposer plusieurs combinaisons de cartes (fig. 8). Deux de ces représentations sont explicitées ci-dessous.

#### Représentation choroplèthe

Pour la représentation choroplèthe (fig. 8), Magrit propose à l'utilisateur de discrétiser ses données selon plusieurs méthodes<sup>7</sup> : quantiles, « seuils naturels » (algorithme de Jenks), méthode Q6, progression géométrique, progression arithmétique et intervalles égaux. Il est également possible à l'utilisateur de saisir manuellement les limites des classes qu'il souhaite utiliser.

Des palettes de couleurs sont appliquées à ces classes selon différents modèles : gradation séquentielle ou gradation divergente (avec choix de la classe centrale et choix de la présence ou de l'absence d'une couleur spécifique à la classe centrale).

Les palettes actuellement proposées sont celles de *ColorBrewer*<sup>8</sup> mais la possibilité est également offerte à l'utilisateur de saisir individuellement les différents codes couleurs (à saisir au format *rgb* ou hexadécimal).

Les choix d'une couleur et d'un intitulé sont également proposés, le cas échéant, pour les entités présentant une absence de données.

#### Symboles proportionnels

L'outil Magrit offre le choix entre deux types de symboles : cercle et carré. Les surfaces des symboles représentés sont proportionnelles à la valeur de la variable étudiées et sont colorées de manière uniforme ou via deux couleurs marquant une rupture dans les valeurs. Lors de la présence de valeurs négatives, la représentation de ces symboles s'effectue par deux couleurs, dont la limite, située à la valeur zéro, est proposée par défaut à l'utilisateur. Ce type de représentation (fig. 10) peut être appliqué aussi bien à des entités ponctuelles que surfaciques. Dans ce dernier cas c'est le centroïde de l'entité qui est utilisé. Les symboles ainsi créés peuvent

être déplacés individuellement de manière à ajuster le positionnement de symboles utilisant le centroïde d'une entité surfacique dont la localisation n'est que peu pertinente par rapport à la forme réelle de l'entité.

D'autre part, des représentations plus originales sont proposées. Contrairement aux représentations précédentes, ces dernières font appel à des calculs parfois complexes pour représenter les données fournies par l'utilisateur (fig. 11). Deux de ces représentations sont détaillées ci-dessous.

#### Carroyage

Cette méthode vise à s'affranchir du découpage des entités étudiées par la construction d'une grille régulière de polygones. Cette grille régulière sert de référence à un calcul de densité (réalisé sur la part de la valeur étudiée des entités intersectées) et va permettre de mettre en évidence les grandes tendances de la répartition spatiale de la donnée étudiée. Afin d'éviter tout effet de bord, seule la surface réelle des cellules (c'est à dire après intersection et découpage avec le fond de carte) est prise en considération.

Plusieurs formes de cellules sont proposées : carré, « diamants » et hexagones (fig. 12). L'utilisateur peut choisir à sa guise la taille du maillage à utiliser.

#### Cartogramme

Ce type de carte, parfois appelé « anamorphose », consiste à construire une image déformée, dont la déformation rend compte de la donnée représentée. Dans la plupart des méthodes de déformation, c'est la taille (surface) des entités qui est déformée en fonction de la variable étudiée.

Dans Magrit, plusieurs méthodes sont proposées à l'utilisateur. La méthode Dorling-Demers permet de réaliser des cartogrammes non-continus selon des symboles proportionnels simples (cercles ou des carrés). Dans cette méthode, chaque symbole est disposé de manière optimale par rapport au centre d'origine de l'unité géographique considérée tout en évitant les superpositions. La méthode Olson (Olson, 1976) permet également de réaliser des cartogrammes non-contigus en préservant la forme des entités étudiées. La surface des entités étudiées est ainsi déformée de manière proportionnelle à l'écart à la moyenne (cette première méthode risquant de générer des chevauchements d'entités) ou par rapport à la valeur maximale (cette méthode prévient ainsi les chevauchements puisque

<sup>7</sup> Il s'agit de ces mêmes modes de discrétisation, qui sont proposés dans chacune des méthodes permettant de discrétiser une variable quantitative absolue.

<sup>8</sup> Les palettes sont consultables sur le site <http://colorbrewer2.org/>.



Figure 5 : Menu permettant de gérer l'ordre des couches et leurs paramètres

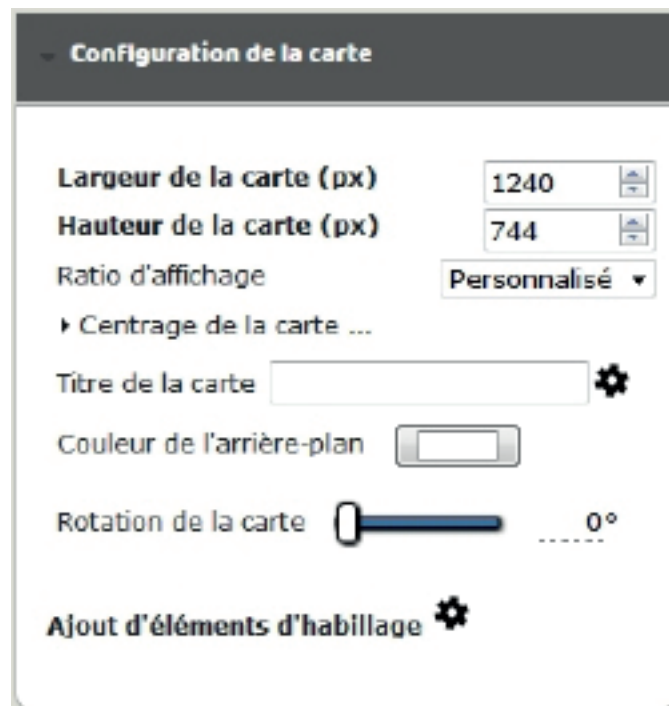


Figure 6 : Menu de personnalisation de la carte

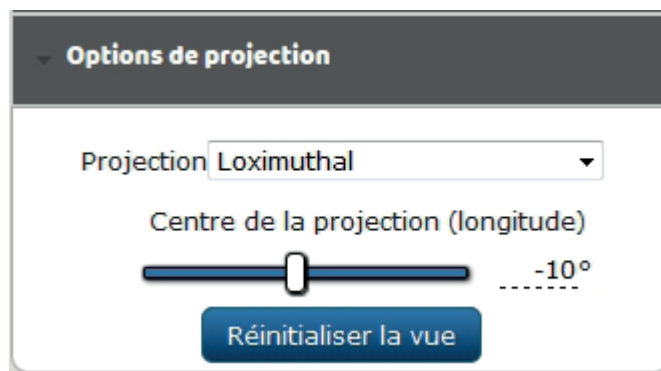


Figure 7 : Menu relatif au choix de la projection

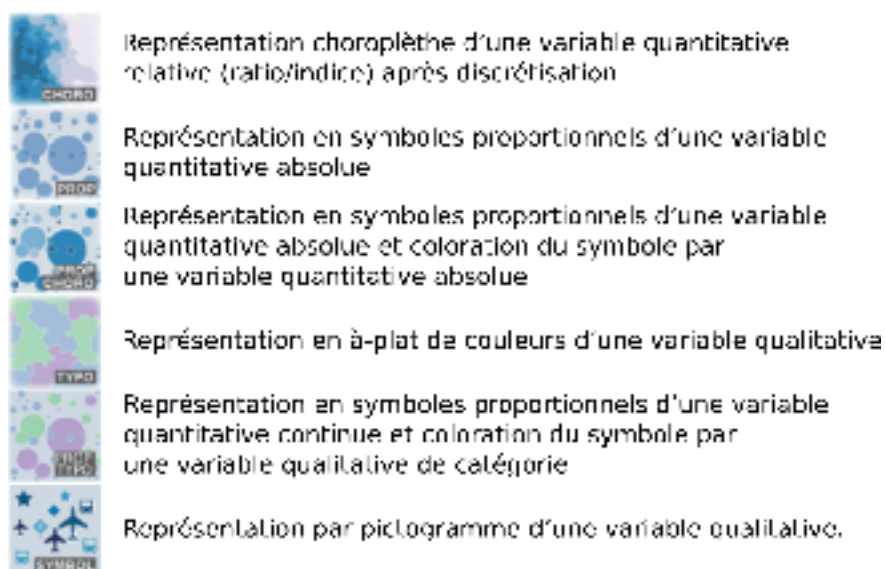


Figure 8 : Représentations proposées (partie 1)

seule l'entité possédant la plus forte valeur ne voit pas sa surface réduite). Enfin la méthode Dougenik (Dougenik, 1985) (fig. 13) permet de réaliser des cartogrammes contigus, dont la topologie est préservée.

## Mise en scène de la carte

La mise en scène d'une carte (Lambert et Zanin, 2016) consiste à personnaliser et finaliser la carte pour la rendre esthétique et efficace. Cette étape comprend les projections, la mise en page de la carte et les différents éléments de personnalisation.

Un choix large et varié de projections (plus de 25) est mis à la disposition de l'utilisateur. Ce choix comprend des projections classiques adaptées à la cartographie à l'échelle du monde (*Robinson, Natural Earth, Eckert*), des projections liées à la visualisation de données sur le web (projection *web-Mercator*), des projections à dimension plus régionale (*Lambert Azimuthal Equal Area* par exemple) et des projections plus originales (*projection de Bonne, projection quincuncial de Peirce*) dont certaines ayant la particularité de présenter des interruptions dans leurs tracés (telles que la *projection de Goode* ou la *projection HEALPix*; Fig. 13.a). Dans Magrit, ces projections sont paramétrables ; l'utilisateur peut interagir avec le fond de carte en choisissant par exemple le centre de projection pour permettre des rendus personnalisés et adaptés à certaines zones d'études (fig. 13.b).

Ainsi l'utilisateur peut modifier la projection dans laquelle s'affiche la carte, selon le message que la représentation cartographique en cours de réalisation cherche à véhiculer et selon la localisation du phénomène représenté.

La majorité des éléments classiques permettant la personnalisation d'une carte sont également proposés à l'utilisateur : zones de texte (ces dernières disposent d'une mise en forme riche : changement du type de police, de la taille, saut de ligne et gestion de l'alignement sont par exemple possibles), échelle (plusieurs unités de mesure sont disponibles : *mètres, kilomètres* et *miles* et la précision est ajustable), symbole marquant l'orientation de la carte, formes géométriques personnalisables (flèches, ellipses et rectangles) permettant la mise en phase de certains phénomènes, graticules (permettant de symboliser de manière plus claire l'orientation lors d'un travail à petite échelle), masque représentant la surface du globe (permettant notamment de visualiser le découpage du globe obtenu lors de l'utilisation de

projections présentant des interruptions) . Enfin une fonctionnalité permet l'ajout de labels (modifiables par couche ou individuellement).

Ces différents éléments sont tous interactifs : ils sont déplaçables à la souris et chacun dispose d'un menu contextuel permettant de modifier ses propriétés, de le monter ou le descendre dans l'ordre d'apparence à l'écran ou de le supprimer.

A la fin du processus de construction cartographique, l'application permet des exports *png* et *svg* de qualité. Afin d'avoir un résultat facilement personnalisable dans un logiciel de dessin vectoriel, le fichier *svg* produit organise les informations en calques et la définition des différentes polices utilisées ainsi que les éventuels symboles sont également inclus, de manière à assurer un export fidèle à la représentation visualisée dans le navigateur.

## Conclusion et perspectives

Cet outil a vocation à prendre une place centrale dans la boîte à outils du cartographe. En plus de proposer un outil polyvalent pour produire des cartes, l'outil vise aussi à servir de point d'appui à l'apprentissage de la cartographie thématique à l'université. C'est dans cette optique que le carnet de recherche sera alimenté par différents matériaux pédagogiques (tutoriels, vidéos, etc.). Si Magrit comporte une forte dimension pédagogique en raison des publics qu'il cible (notamment les étudiants en géographie), il se veut également agréable d'utilisation et non contraignant pour un cartographe plus expérimenté. Pour cela, afin de faciliter sa diffusion, notamment internationale, une des priorités en termes de développement est de rendre l'outil accessible à un utilisateur sans accès internet ou de permettre son déploiement par un administrateur sur un réseau de postes distants.

Enfin, et au-delà des perspectives de l'application elle-même, et dans l'optique de faciliter la conception d'une carte par un utilisateur non-géomaticien, le développement d'outils facilement interopérables avec Magrit est envisagé. Ces outils « satellites » pourraient par exemple permettre de préparer les données en amont (gestion d'une couche et de ses données attributaires, généralisation du fond de carte, agrégation d'entités, etc.) ou d'introduire la dimension « cartographie statistique ».

## Bibliographie

- Bakis, H, Valentin, J,** (2010). « Amateuisme cartographique et géographique à l'heure du web 2.0 ». *Netcom*, 24-1/2. <http://netcom.revues.org/556> ; doi : 10.4000/netcom.556. Consulté le 19 octobre 2016.
- Bostock, M,** (2016). "What makes software good?" <https://medium.com/@mbostock/what-makes-software-good-943557f8a488#.n8d0v6a2x>. Consulté le 19 octobre 2016.
- Dorling, D,** (1996). *Area cartograms: their use and creation. Concepts and techniques in Modern Geography* , Norwich, University of East Anglia: Environmental Publications, 59,.
- Dougenik, J.A, Chrisman, N.R, Niemeyer, D.R,** (1985). "An algorithm to construct continuous cartograms", *The Professional Geographer*, 37, 75-81.
- GDAL,** (2016). GDAL - Geospatial Data Abstraction Library: Version 2.1.0, Open Source Geospatial Foundation, <http://gdal.osgeo.org>
- Lambert, N, Zanin, C,** (2016). *Manuel de cartographie. Principes, méthodes, applications*. Paris, Armand Colin.
- Le Fur, A,** (2015). *Pratique de la cartographie*. 2ème édition, Paris, Armand Colin.
- Mericskay, B,** (2011). « Les Sig et la cartographie à l'ère du géoweb. Vers une nouvelle génération de Sig participatifs », *L'Espace géographique*, 40, 142-153.
- Olson, J.M.,** (1976). Non contiguous area cartograms. *The Professional Geographer*. 28(4), 371-380.
- Waniez, P,** (2010). « Philcarto : histoire de vie d'un logiciel de cartographie ». *Cybergeog : European Journal of Geography*. doi : 10.4000/cybergeog.23076. <http://cybergeog.revues.org/23076>. Consulté le 19 octobre 2016.

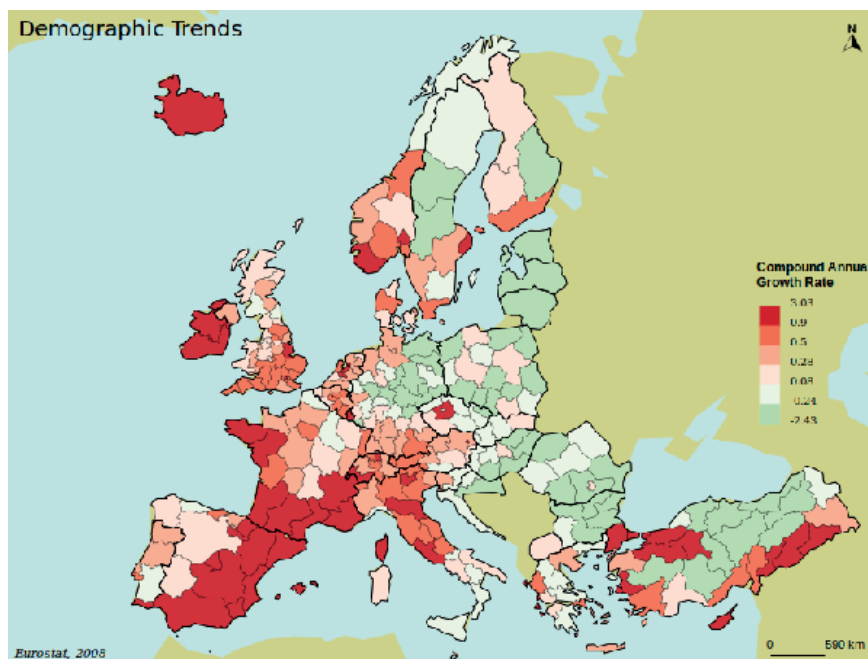


Figure 9 : Carte choroplèthe – Taux de croissance annuel composé de la population (1999-2008)



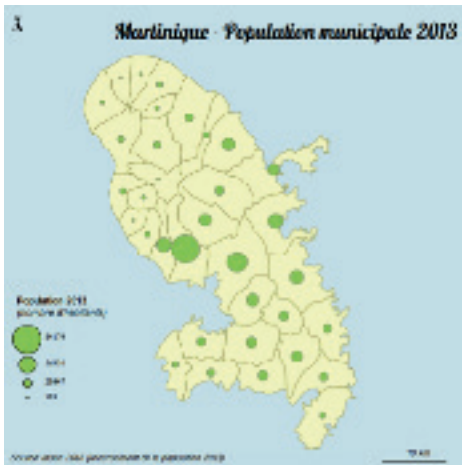


Figure 10 : Représentation en symboles proportionnels de la population en Martinique (2013)

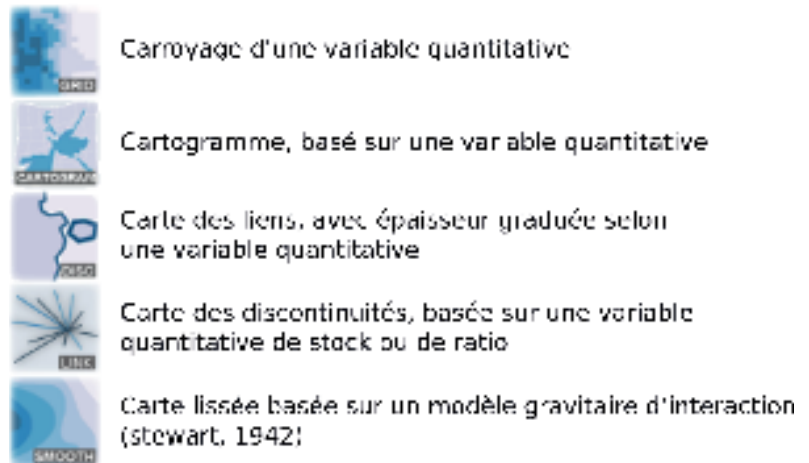


Figure 11 : Représentations proposées (partie 2)

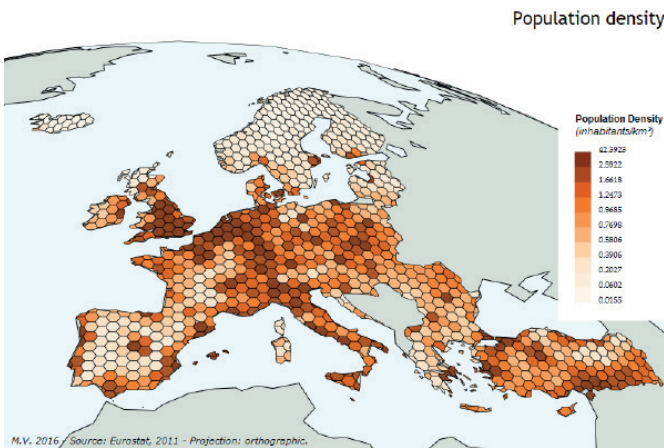


Figure 12 : Carroyage – Densité de population par km<sup>2</sup>



Figure 13 : Exemple de cartogramme

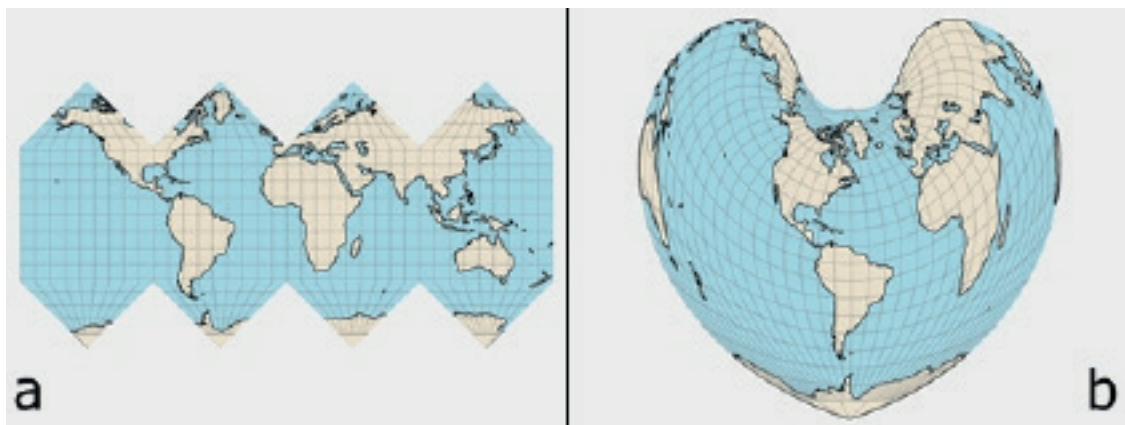


Figure 14 : Exemples de rendu. a : projection HEALPix. b : projection de Bonne