

**Arabesque,
un outil pour géovisualiser les matrices de flux
origine-destination**

Françoise BAHOKEN



Le Projet

Geographic flow vizualisation
<https://geoflowiz.hypotheses.org/>

2018-2020 : Action incitative de recherche **gFlowiz** financée (2018-2019) par :

- Univ. Gustave Eiffel (ex. IFSTTAR) direction scientifique & collaboration CNRS (UMR Lisst)
- Projet fédérateur MobTransNum & AP GEOWEB (GDR Magis)

2019-2023 : Collaboration Structurante de recherche Tribute to Tobler (**TTT**) gFlowiz

- Univ. Gustave Eiffel (ex. IFSTTAR)
- Projet fédérateur MobTransNum
- & collaboration CNRS



Le Projet

Geographic flow visualization
<https://geoflowiz.hypotheses.org/>

Gflowiz 2 objectifs :

(1) Recenser les applications web de (carto)graphie de données décrivant des **mobilités spatio-temporelles**, sous la forme de **flux origine-destination**

Tableau de bord + Panorama du **geoweb des flux** + enquête sur les besoins

(2) Développer une **application web de géovisualisation de flux**, de réseaux & mouvements spatiaux innovante au sens de “***cartographie de visualisation***”



Contributeurs

Françoise BAHOKEN, Étienne CÔME & Laurent JÉGOU (coord.)

Grégoire LE CAMPION (CNRS, Passages), Marion MAISONOBE (CNRS, Géographie-Cités &

Nicolas ROELANDT (Univ. Gustave Eiffel/AME)

&

Thomas BAPAUME (ESIEE, 2018-2019) - développement

Franck NGUYEN (M2 Géomatique, Univ. Paris 8) - panorama

Paul FABRE (ENSG Géomatique, 2019-2020) - développement

Arabesque

- Application : arabesque.ifsttar.fr/
- Son code source est disponible sur le dépôt: github.com/gflowiz/arabesque
- Version 2 en cours de développement
github.com/gflowiz/arabesque/dev
- Documentation : github.com/gflowiz/arabesque-doc
- Bibliothèques et données utilisées





Objectifs

- Traiter de **grands jeux de données de flux multiscalaires** tels des matrices O/D, catégorielles, temporelles, ...



Données de flux

i : lieu d'Origine (x_i, y_i)

j : lieu de destination (x_j, y_j)

L_{ij} : liaison entre (i) et (j) - binaire - matrice d'adjacence

F_{ij} : flux (liaison pondérée) - matrice OD (de flux/mouvements)

Données de flux

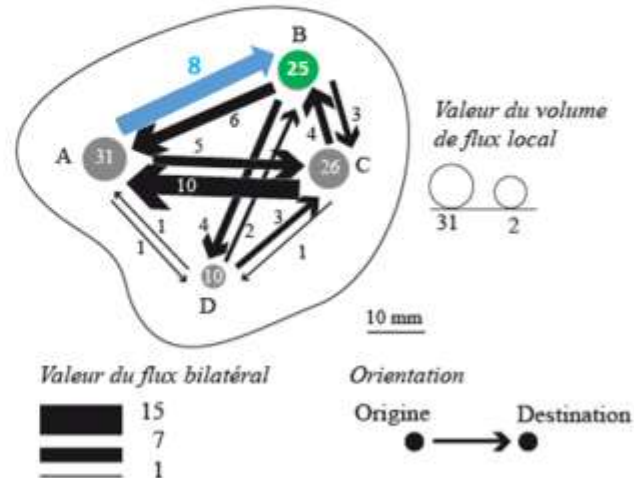
Cartographier des flux origine-destination logiques de flux et logique de lieux

Raisonnement numérique

		Pays de destination					
		Nombre de migrants émis				Volume total de migrants	
Pays d'origine	Fij	A	B	C	D	Oi	V
	A	-	8	5	1	14	31
	B	6	-	3	2	11	25
	C	10	4	-	1	15	26
	D	1	2	3	-	6	10
Dj		17	14	11	4	46	46
		Nombre de migrants reçus					

Volume total de migrants d'un lieu = nombre de migrants émis + reçus.

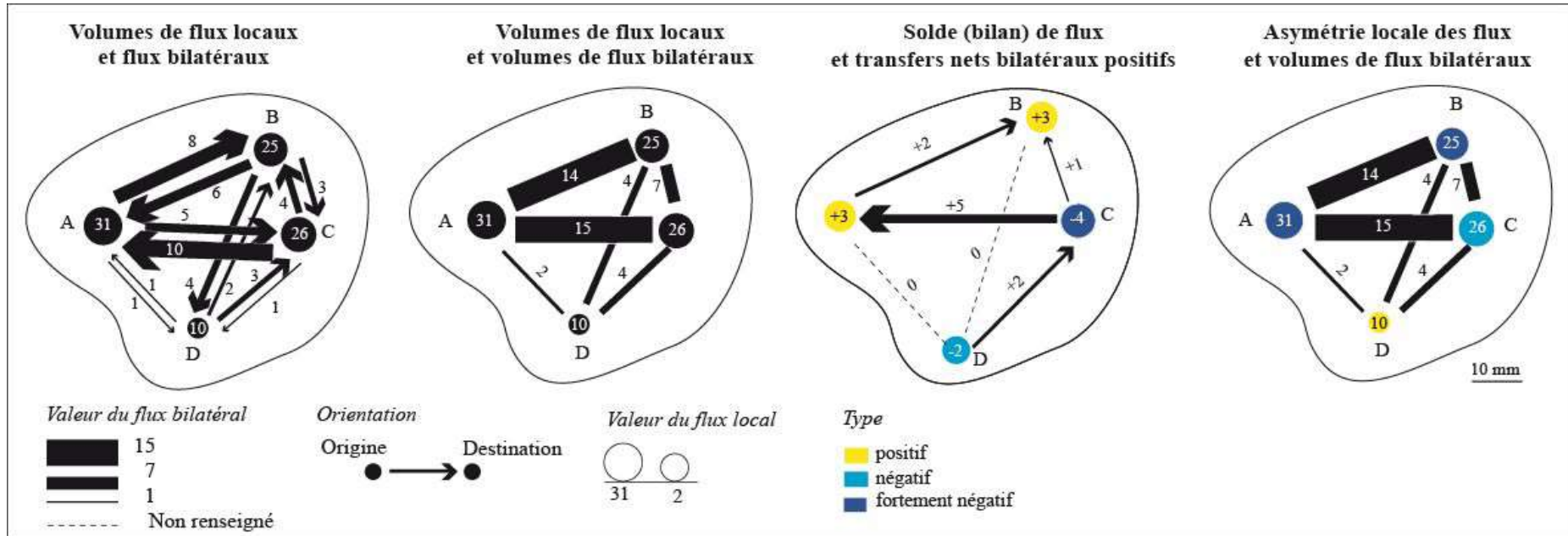
Raisonnement cartographique



Rappels

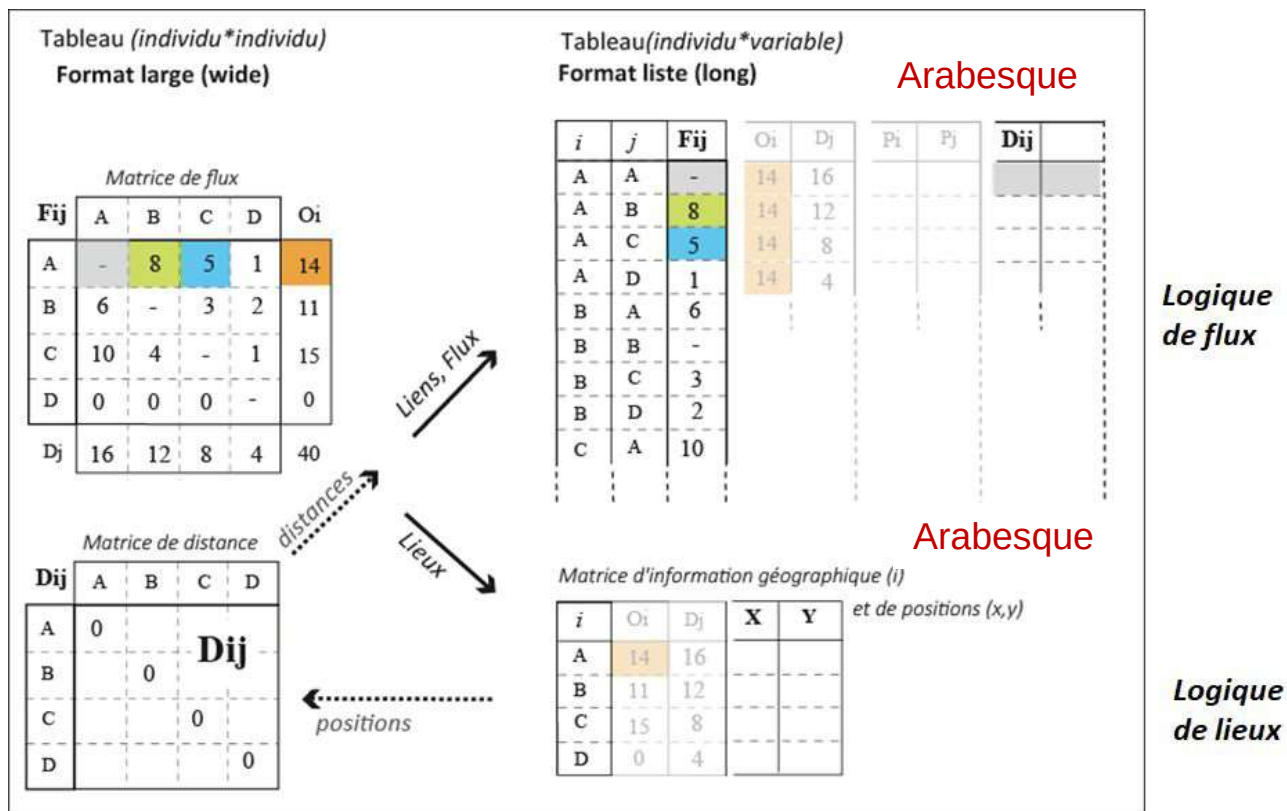
MODALITES DE LA REPRESENTATION GRAPHIQUE D'UN FLUX (OU D'UN MOUVEMENT)																																																																																																								
TYPE DE MATRICE																																																																																																								
Description	<table border="1"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td></tr> <tr><td>A</td><td>-</td><td>8</td><td>5</td><td>1</td></tr> <tr><td>B</td><td>6</td><td>-</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>C</td><td>10</td><td>4</td><td>-</td><td>1</td></tr> <tr><td>D</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>-</td></tr> </table>		A	B	C	D	A	-	8	5	1	B	6	-	3	2	C	10	4	-	1	D	1	2	3	-	<table border="1"> <tr><td>Lij</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td></tr> <tr><td>A</td><td>-</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>B</td><td>1</td><td>-</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>C</td><td>1</td><td>1</td><td>-</td><td>1</td></tr> <tr><td>D</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>-</td></tr> </table>	Lij	A	B	C	D	A	-	1	1	1	B	1	-	1	1	C	1	1	-	1	D	1	1	1	-	<table border="1"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td></tr> <tr><td>A</td><td>-</td><td>14</td><td>15</td><td>2</td></tr> <tr><td>B</td><td>14</td><td>-</td><td>7</td><td>4</td></tr> <tr><td>C</td><td>15</td><td>7</td><td>-</td><td>4</td></tr> <tr><td>D</td><td>2</td><td>4</td><td>4</td><td>-</td></tr> </table>		A	B	C	D	A	-	14	15	2	B	14	-	7	4	C	15	7	-	4	D	2	4	4	-	<table border="1"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td></tr> <tr><td>A</td><td>-</td><td>+2</td><td>-5</td><td>0</td></tr> <tr><td>B</td><td>-2</td><td>-</td><td>-1</td><td>0</td></tr> <tr><td>C</td><td>+5</td><td>+1</td><td>-</td><td>-2</td></tr> <tr><td>D</td><td>0</td><td>0</td><td>+2</td><td>-</td></tr> </table>		A	B	C	D	A	-	+2	-5	0	B	-2	-	-1	0	C	+5	+1	-	-2	D	0	0	+2	-
	A	B	C	D																																																																																																				
A	-	8	5	1																																																																																																				
B	6	-	3	2																																																																																																				
C	10	4	-	1																																																																																																				
D	1	2	3	-																																																																																																				
Lij	A	B	C	D																																																																																																				
A	-	1	1	1																																																																																																				
B	1	-	1	1																																																																																																				
C	1	1	-	1																																																																																																				
D	1	1	1	-																																																																																																				
	A	B	C	D																																																																																																				
A	-	14	15	2																																																																																																				
B	14	-	7	4																																																																																																				
C	15	7	-	4																																																																																																				
D	2	4	4	-																																																																																																				
	A	B	C	D																																																																																																				
A	-	+2	-5	0																																																																																																				
B	-2	-	-1	0																																																																																																				
C	+5	+1	-	-2																																																																																																				
D	0	0	+2	-																																																																																																				
Type	asymétrique	symétrique		antisymétrique																																																																																																				
Notation	(Fij)	(Lij)	(Fij ⁺)	(Fij ⁻)																																																																																																				
TYPE DE REPRESENTATION																																																																																																								
Description	Echanges	Liaisons	Volumes bilatéraux	Transferts nets bilatéraux																																																																																																				
Procédé																																																																																																								
Description	Lien valué orienté	Lien non valué non orienté	Lien valué non orienté	Lien valué orienté																																																																																																				
CADRE THEORIQUE																																																																																																								
Intitulé	Théorie gravitaire	Théorie des graphes	Théorie gravitaire	Théorie gravitaire																																																																																																				
Type de raisonnement	Logique de flux	Logique de liens	Logique de flux	Logique de flux																																																																																																				
Phénomène	Interactions	Interrelations	Interactions	Interactions																																																																																																				

De la matrice OD à la carte



F. Bahoken (2016) l'approche cartographique de la décomposition des matrices de flux, *M@ppemonde*

Lieux, liens et espacements





Objectifs

- Traiter de **grands jeux de données de flux multiscalaires** tels des matrices O/D, catégorielles, temporelles, ...
- **Calculer des indicateurs de base** sur les réseaux et les flux : indegree, outdegree, volume, solde

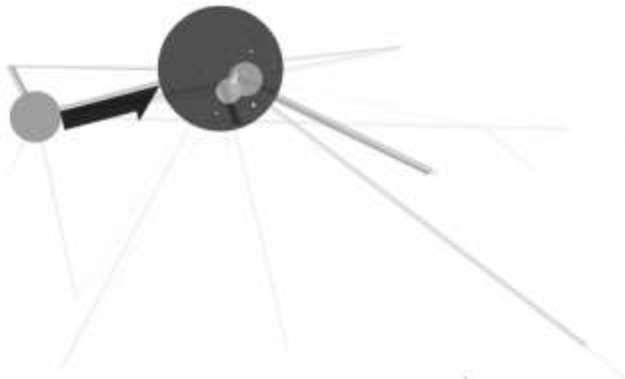


Objectifs

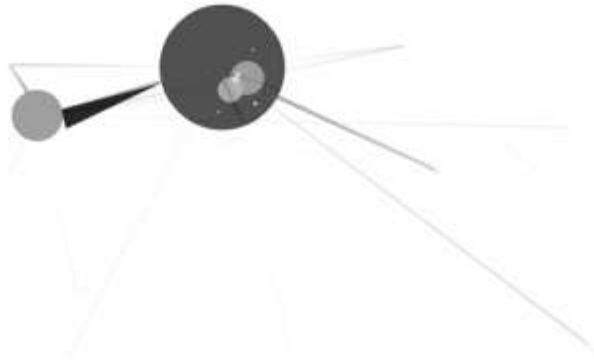
- Traiter de **grands jeux de données de flux multiscalaires** tels des matrices O/D, catégorielles, temporelles, ...
- **Calculer** des **indicateurs de base** sur les réseaux et les flux : indegree, outdegree, volume, solde
- **Paramétrer** la géométrie, le style des figurés et leur sémiologie (taille, couleur, valeur, orientation...)

Géométries

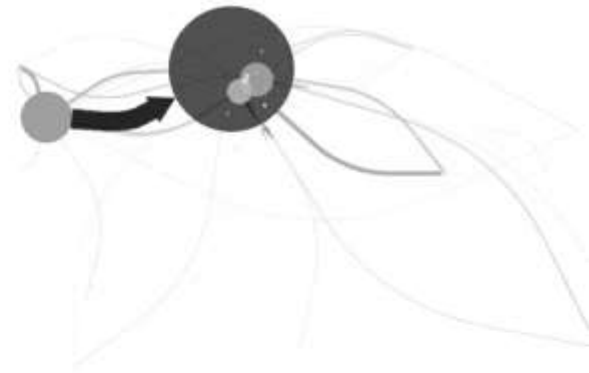
Straight



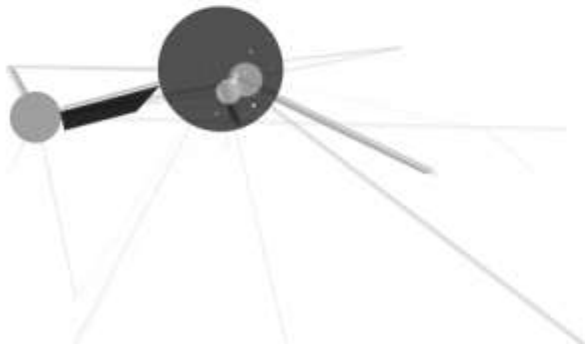
Triangle



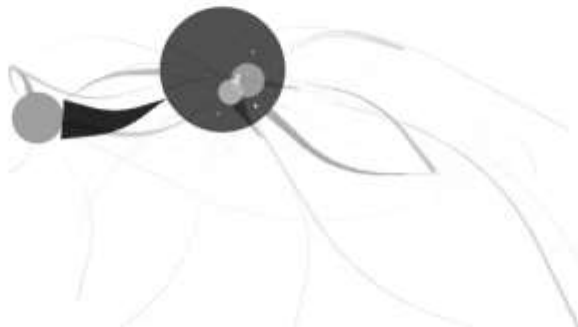
Curve



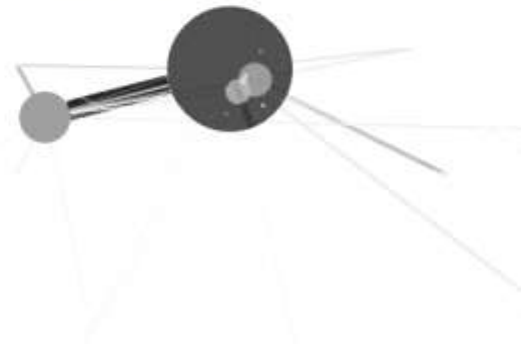
Straight no hook



Triangle curve



Non oriented



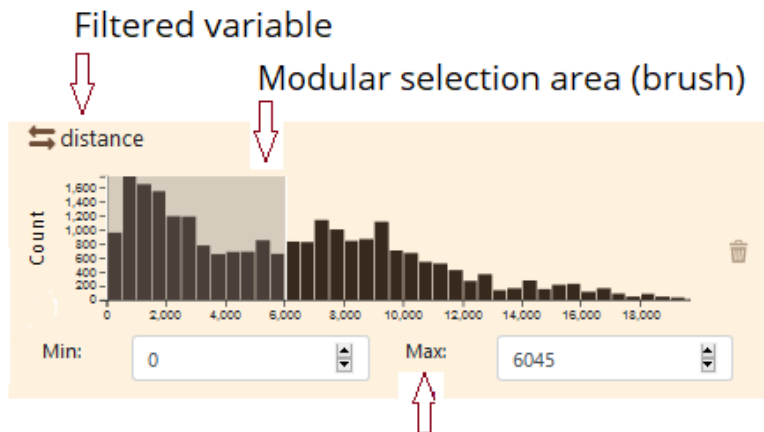


Objectifs

- Traiter de **grands jeux de données de flux multiscalaires** tels des matrices O/D, catégorielles, temporelles, ...
- **Calculer** des **indicateurs de base** sur les réseaux et les flux : indegree, outdegree, volume, solde
- **Paramétrer** la géométrie, le style des figurés et leur sémiologie (taille, couleur, valeur, orientation...)
- **Filtrer l'information** de façon interactive (liens, nœuds, attributs)
- **Choisir sa projection** cartographique et son **fond de carte**
- **Exporter** une carte vectorielle légendée respectant les principes de sémiologie graphique

Filterages statistiques

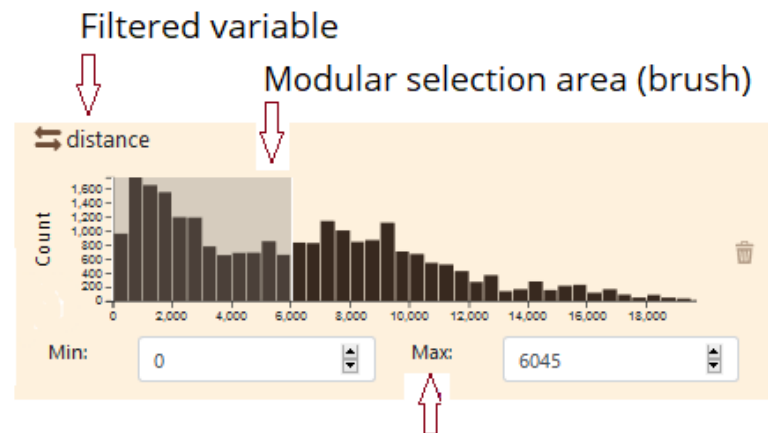
Histogram of the distribution of links/nodes for a given variable



Display of the minimum and maximum
of the series or the selection.
It is possible to enter a value directly.

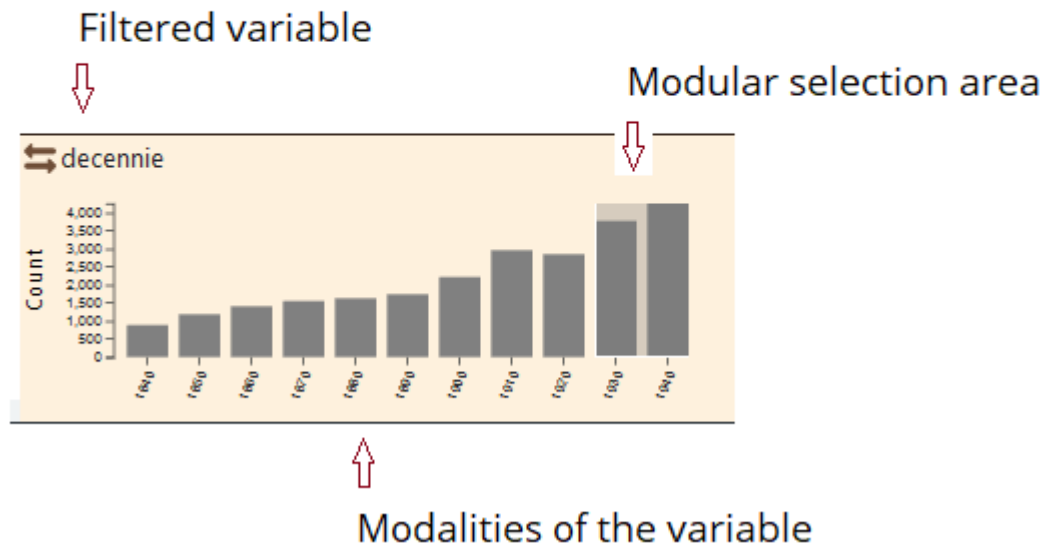
Filterages statistiques

Histogram of the distribution of links/nodes for a given variable



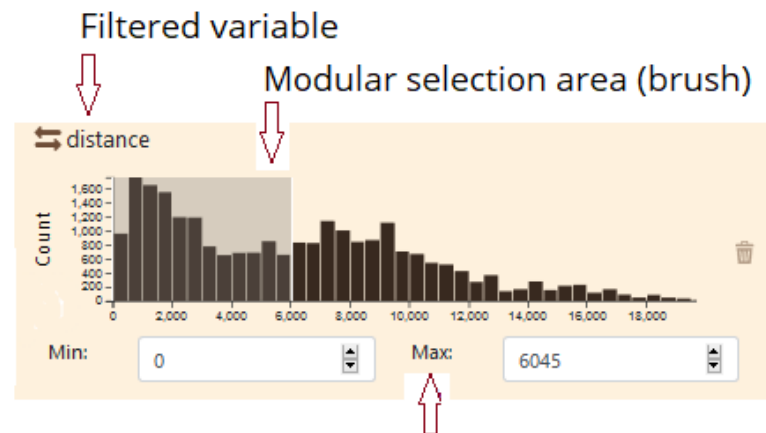
Display of the minimum and maximum of the series or the selection.
It is possible to enter a value directly.

Bar chart to select one or more modalities of a categorical variable



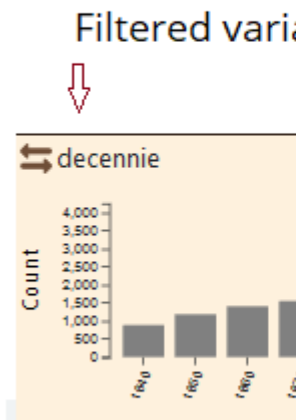
Filterages statistiques

Histogram of the distribution of links/nodes for a given variable

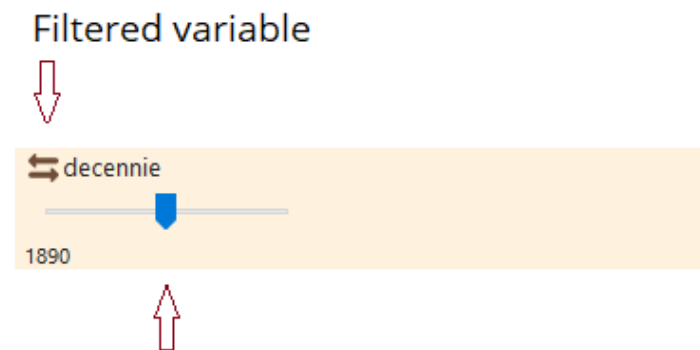


Display of the minimum and maximum of the series or the selection.
It is possible to enter a value directly.

Bar chart to select one or more modalities of a categorical variable



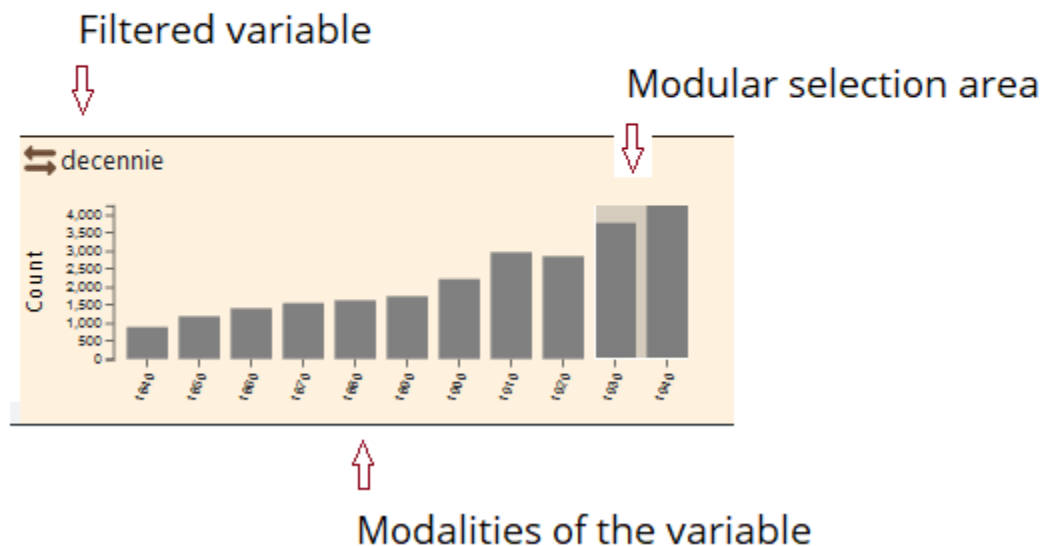
Slider for choosing one modality of a categorical variable



Slider to browse all possible modalities of the variable

Filterages statistiques

Bar chart to select one or more modalities of a categorical variable



Slider for choosing one modality of a categorical variable

Filtered variable



decennie



1890



Slider to browse all possible modalities of the variable

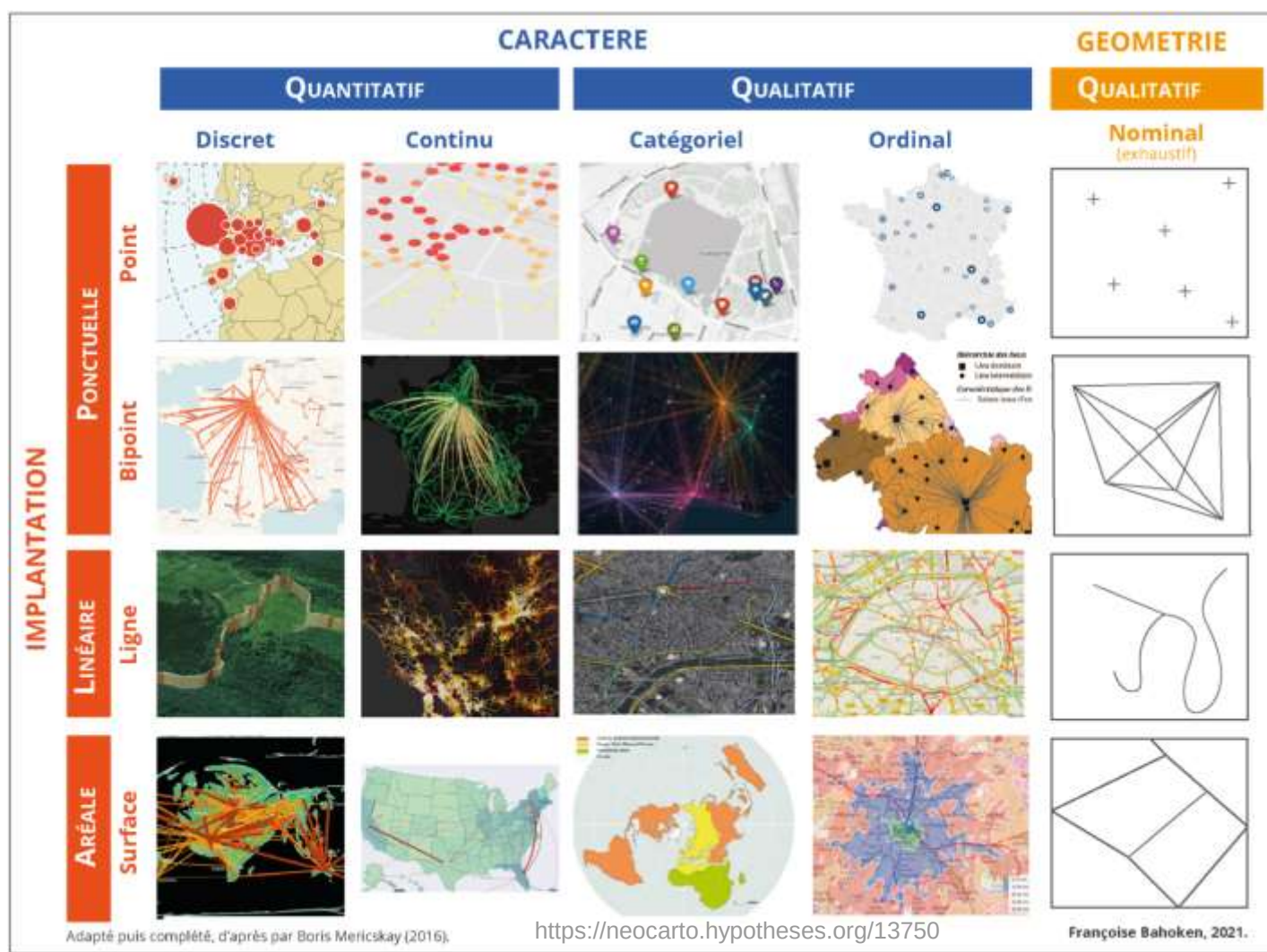


Outils de flux

- Outils précurseurs
- Tools et plugins SIG (ArcView, Python)
- Pre web tools
- Web tools
- R base & packages
- Web tools & bibliothèques

=> Liste en ligne : <https://lite.framacalc.org/9mn5-qflowiz.html>

Flux dans le geoweb



Arabesque vs web application

1. Déterminer les forces/faiblesses par rapport autres applications
2. Positionner Arabesque dans le monde de la geoviz des OD
3. Mesurer efforts récents : rendu & analyse des données OD
4. Niveau d'innovation général

Bahoken F., Le Champion G., Maisonobe M., Jégou L., Côme. Typologie d'un geoweb des flux et réseaux. *Geomatica*, Association canadienne des sciences géomatiques, 2020, pp.48. [10.1139/geomat-2020-0007](#). [hal-02997827](#)

Roelandt N., Bahoken F., Le Champion G., Jégou L., Maisonobe M., Mericksay B., Côme E. (2021), One Arabesque in the small world of OD webmaps, IJAPR International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLVI-4-W2-2021/147/2021/>



Critères de comparaison

- Applications Web en ligne (exclusivement)
- Free & Open Source Software
- Géo visualisation de données Origine-Destination
- Chargement de données utilisateurs

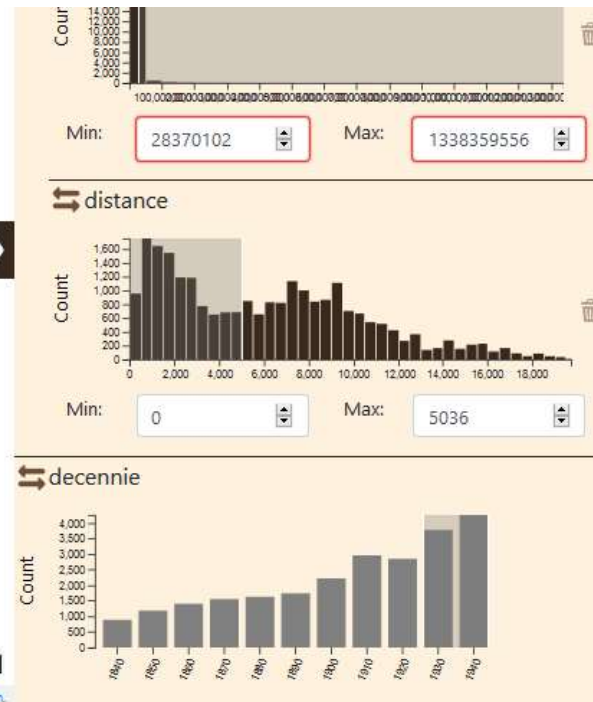
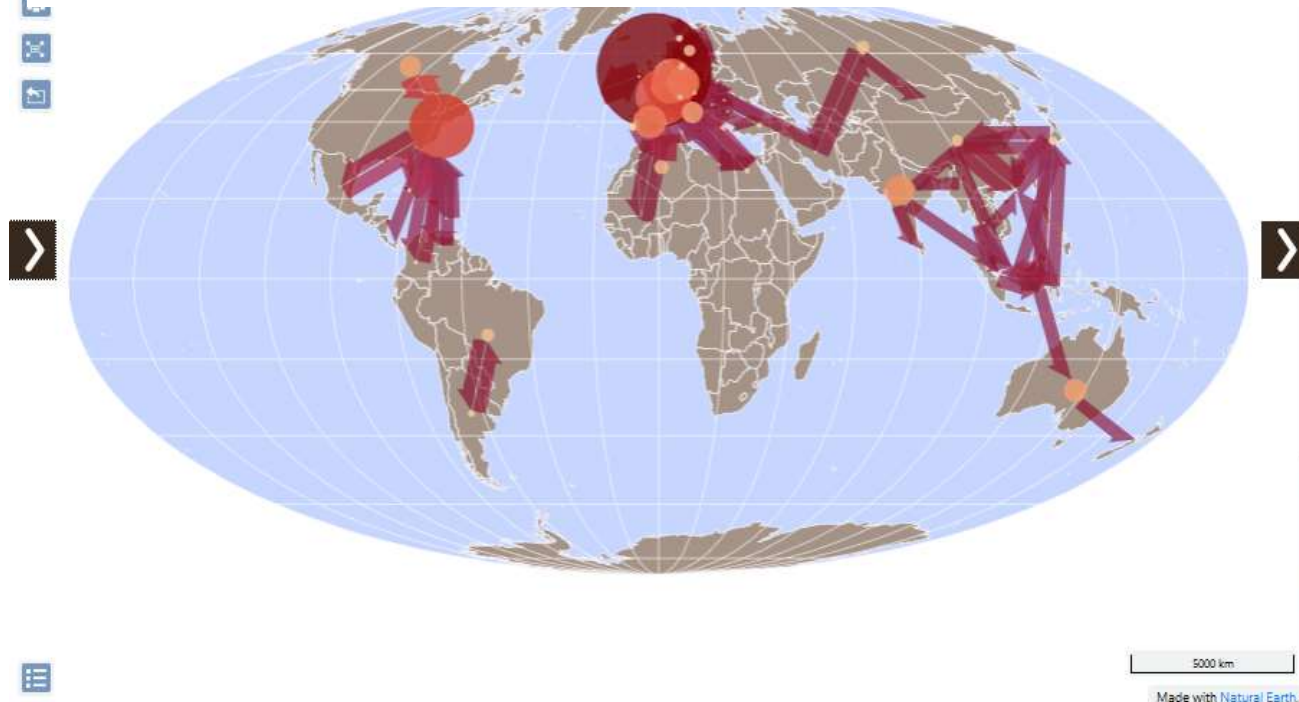
=> **4 outils** : Kepler GL/Deck GL, Flowmap.blue, Magrit & **Arabesque**



Demo

Arabesque

Démo Flux commerciaux monde - niveau Monde



Données Flux OD : The RICardo Project

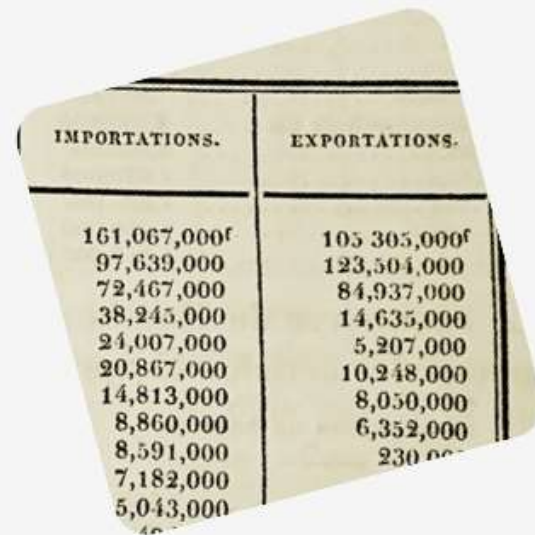
<http://ricardo.medialab.sciences-po.fr>

The RICardo Project

Trade between Nations from c. 1800 to 1938

RICardo (Research on International Commerce) est un projet dédié au commerce entre nations sur une période allant des débuts de la Révolution industrielle à la veille de la Seconde Guerre mondiale.

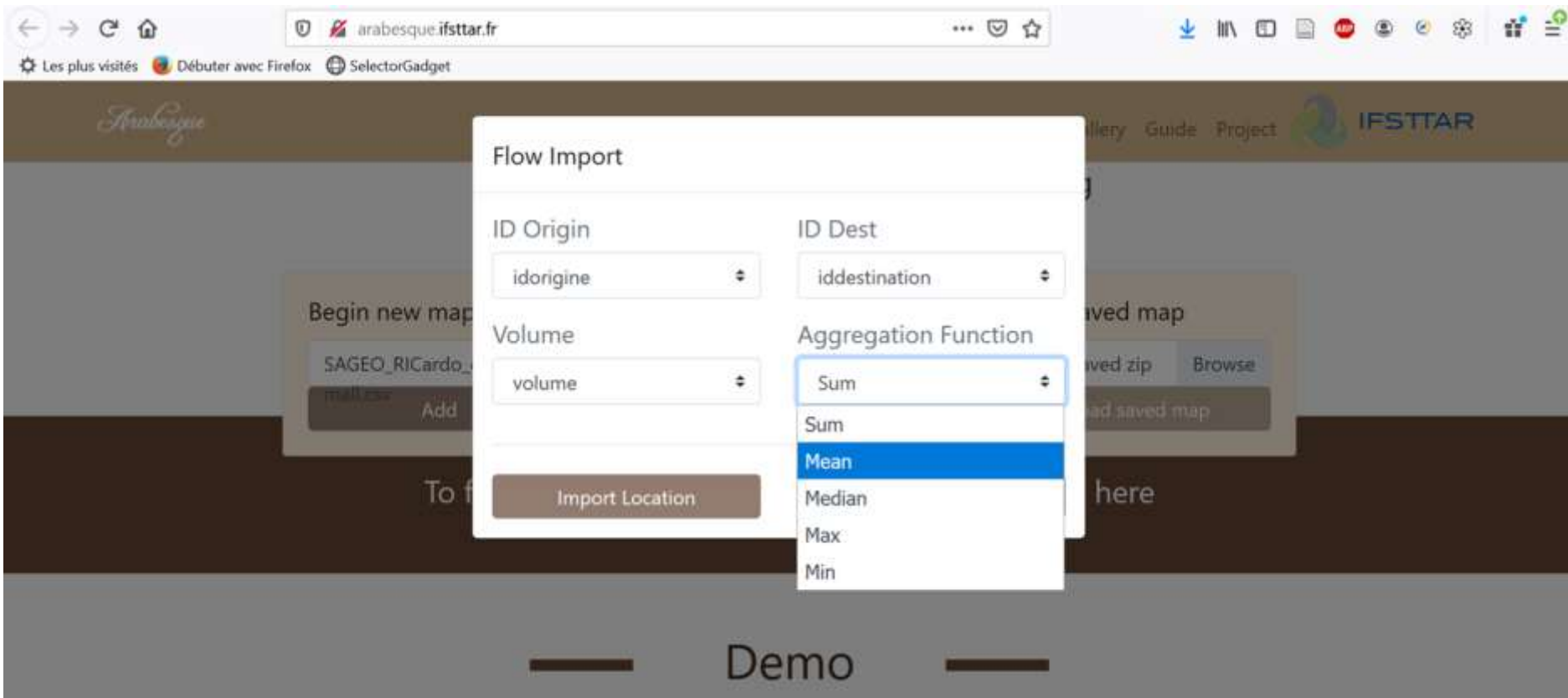
Il allie une base historique de données commerciales couvrant tous les pays du monde à un site web qui propose une exploration de l'histoire du commerce international à partir de visualisations.



IMPORTATIONS.	EXPORTATIONS.
161,067,000f	105,305,000f
97,639,000	123,504,000
72,467,000	84,937,000
38,245,000	14,635,000
24,007,000	5,207,000
20,867,000	10,248,000
14,813,000	8,050,000
8,860,000	6,352,000
8,591,000	230,000
7,182,000	
5,043,000	

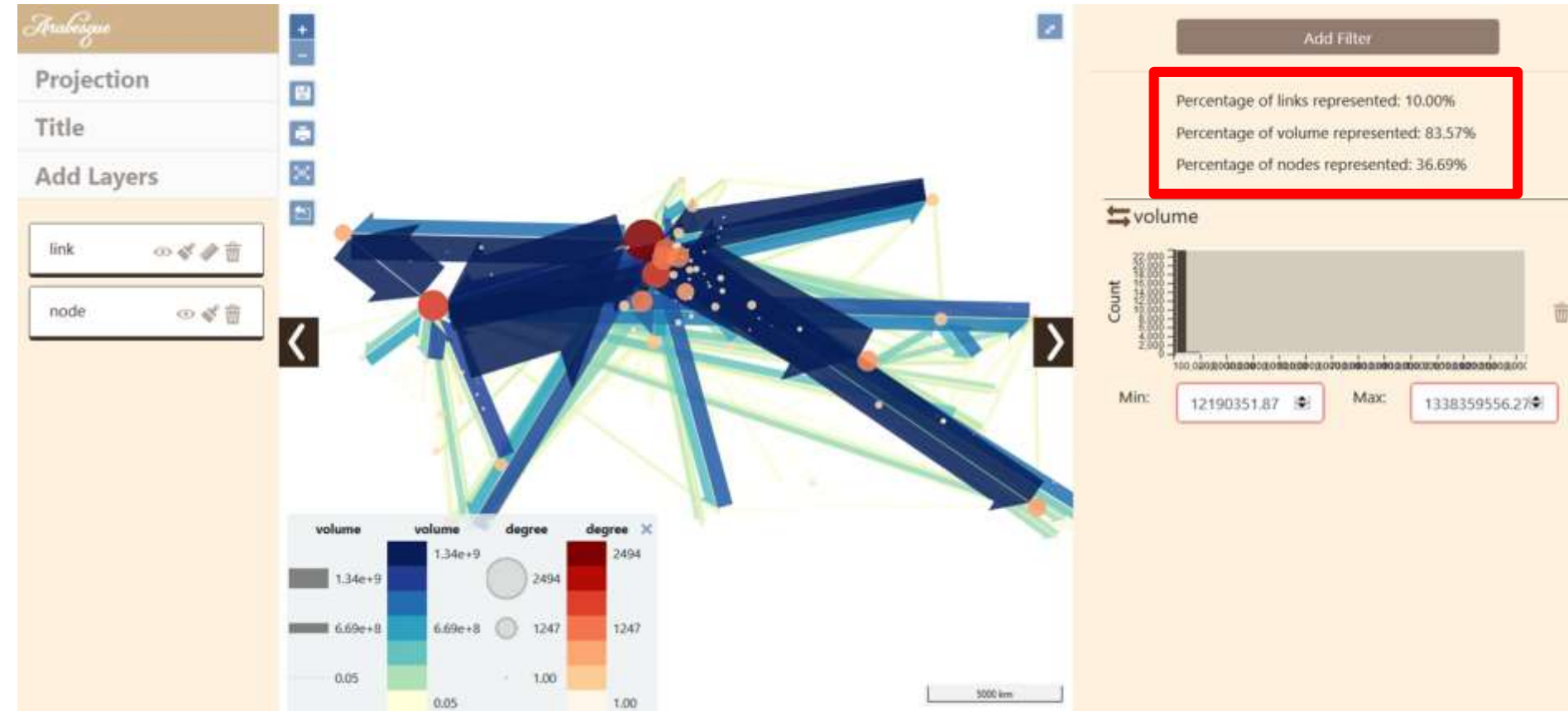
<https://github.com/gflowiz/sageo-ricardo>

Importation d'une liste de liens

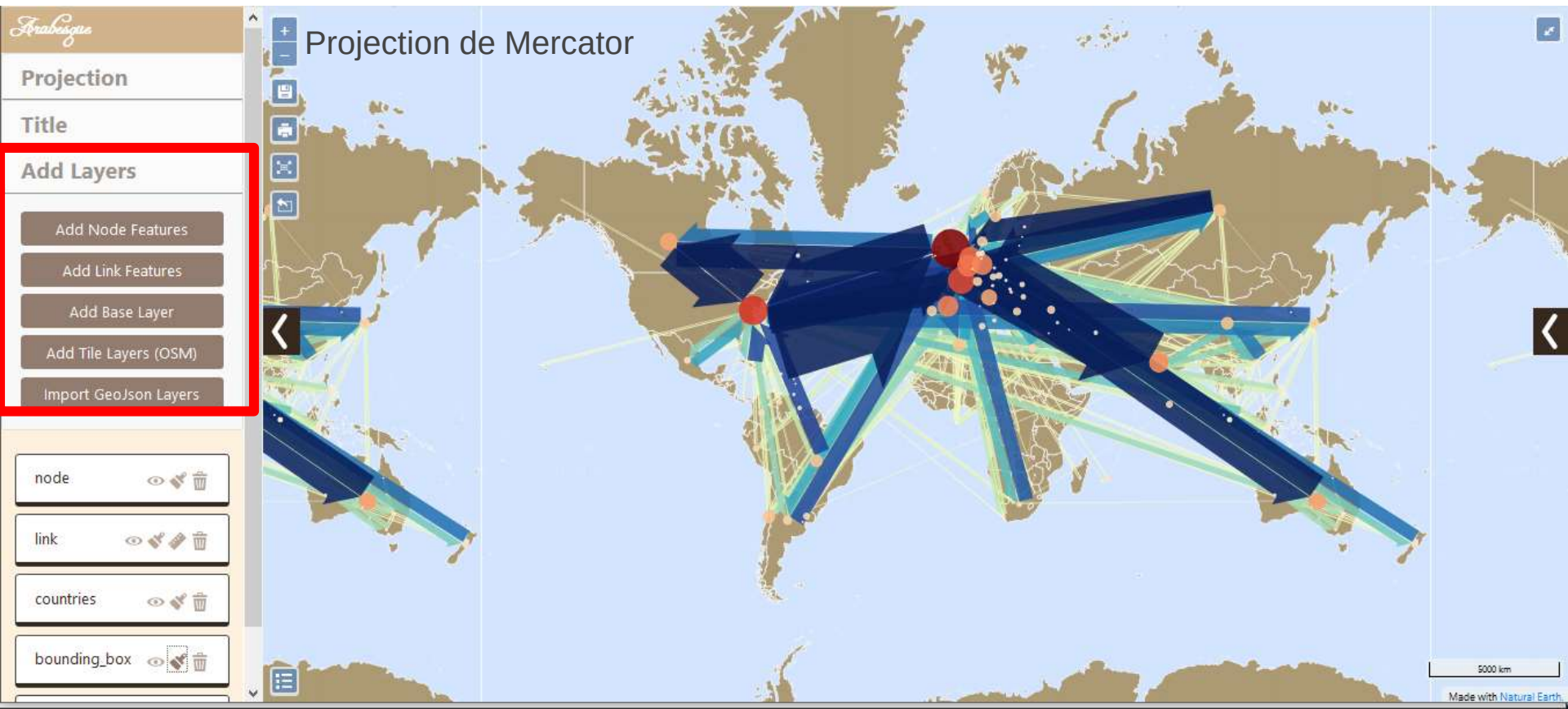


Données RICardo
International trade
Niveau mondial

GéoVisualisation par défaut



Contextualiser (ajouter la géo.)



Reprojeter

(changer de vision du monde)

Spherical cube



Pierce Quincuncial



Projection de Mollweide



Arabeque

Projection

World Mollweide / EPSG

EPSG.io

4326, France ... Search

Title

Add Layers

node

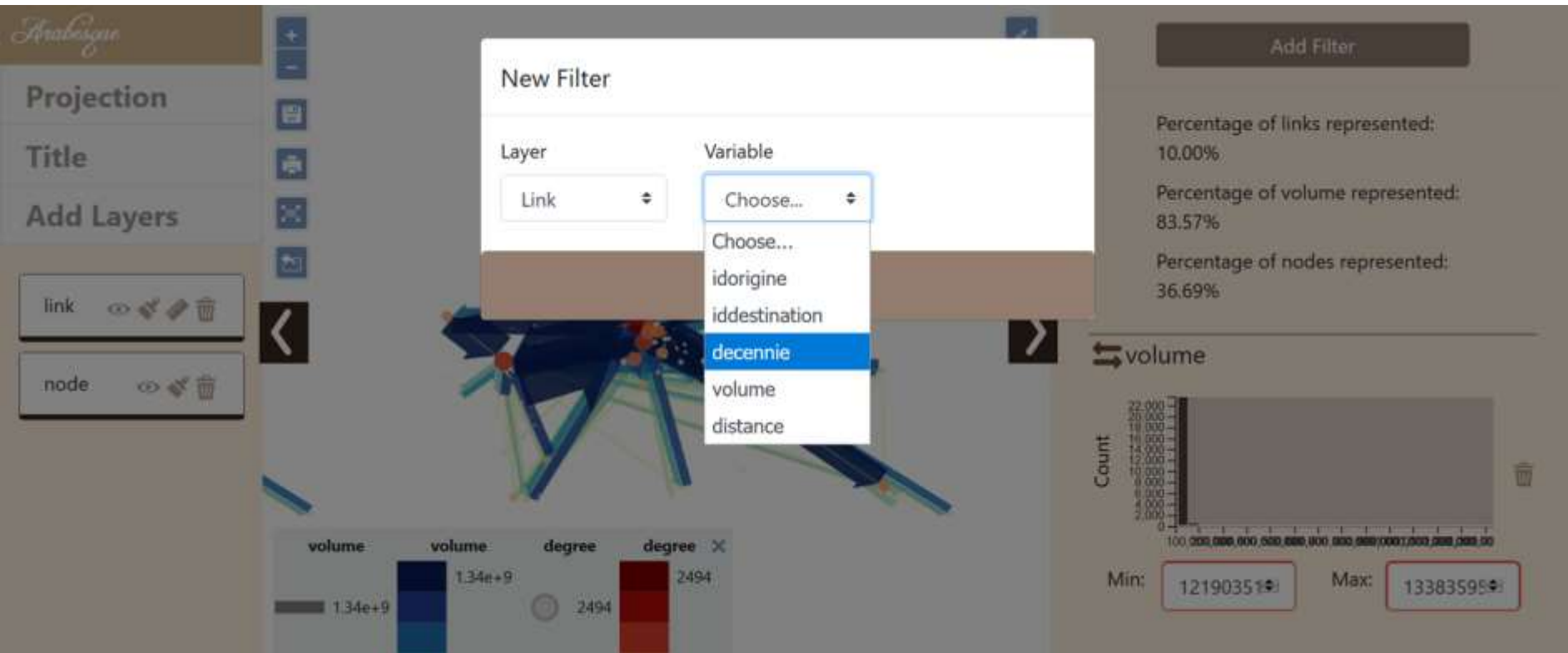
link

countries

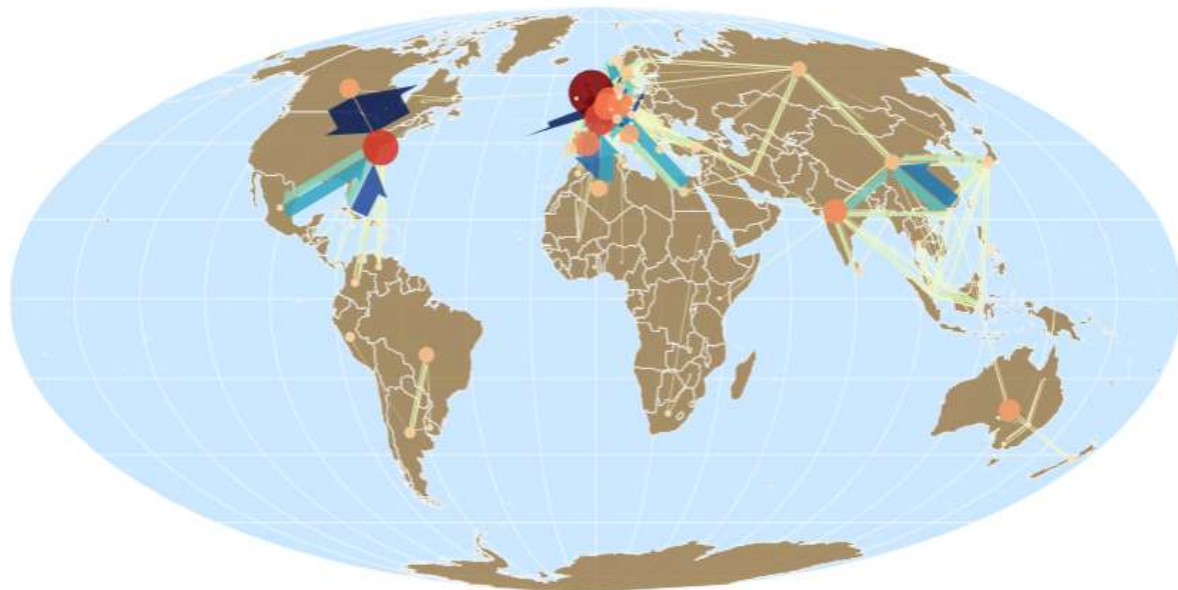
graticules_20

bounding_box

Filtrer : explorer par décennie



Filtrer (réduire la densité) sur l'espace parcouru



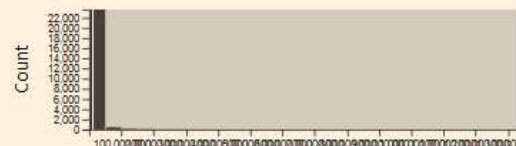
Add Filter

Percentage of links represented: 5.19%

Percentage of volume represented: 42.02%

Percentage of nodes represented: 29.33%

volume



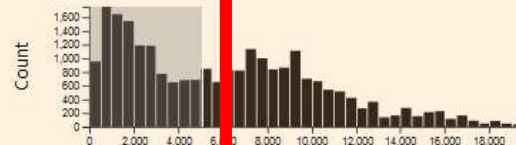
Min:

12182578.74

Max:

1338359556.27

distance



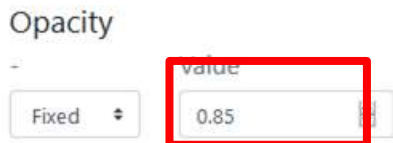
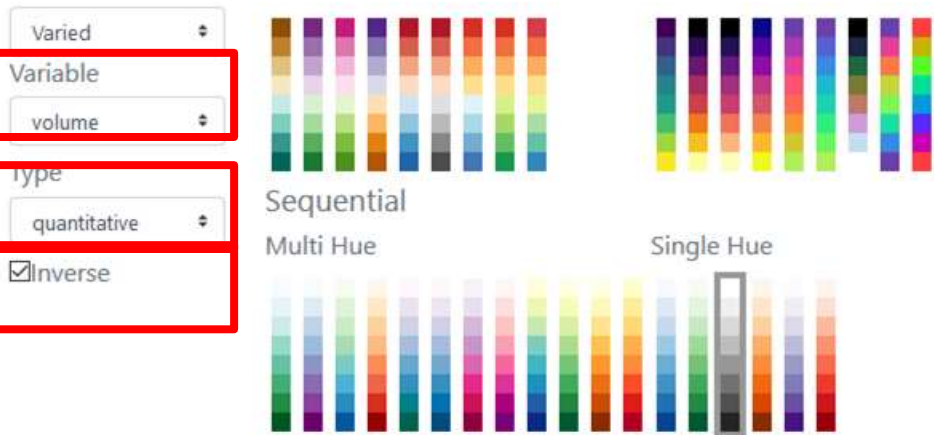
Max:

5088

5000 km

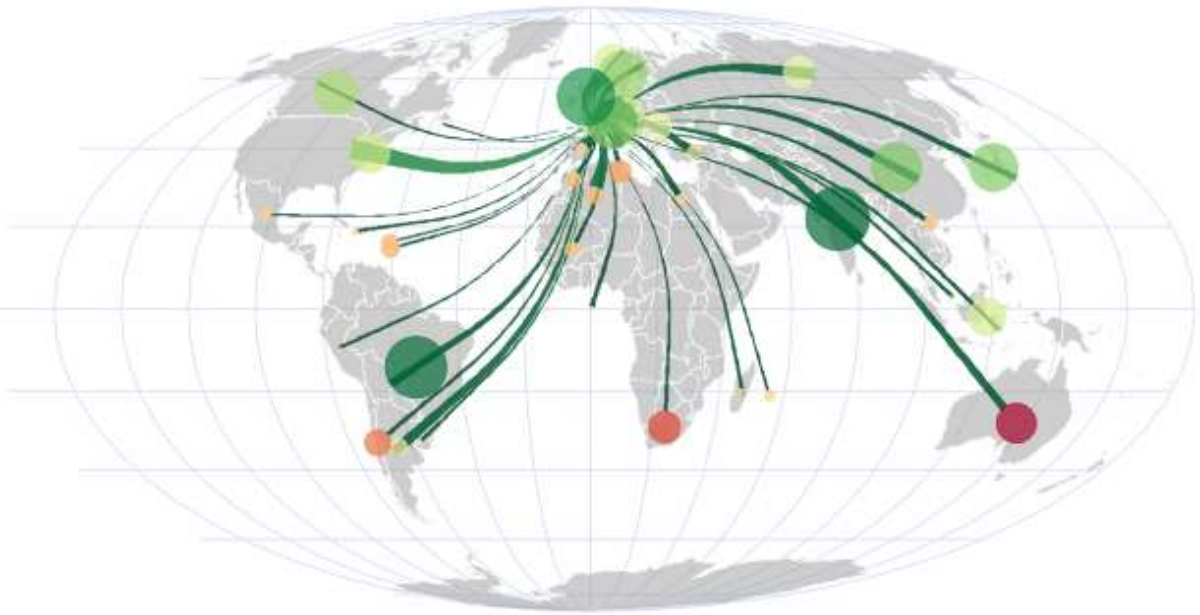
Made with Natural Earth.

Paramétrer la sémio.



Filtrer les liens sur une catégorie

Ex. liens en 'destination' = France)

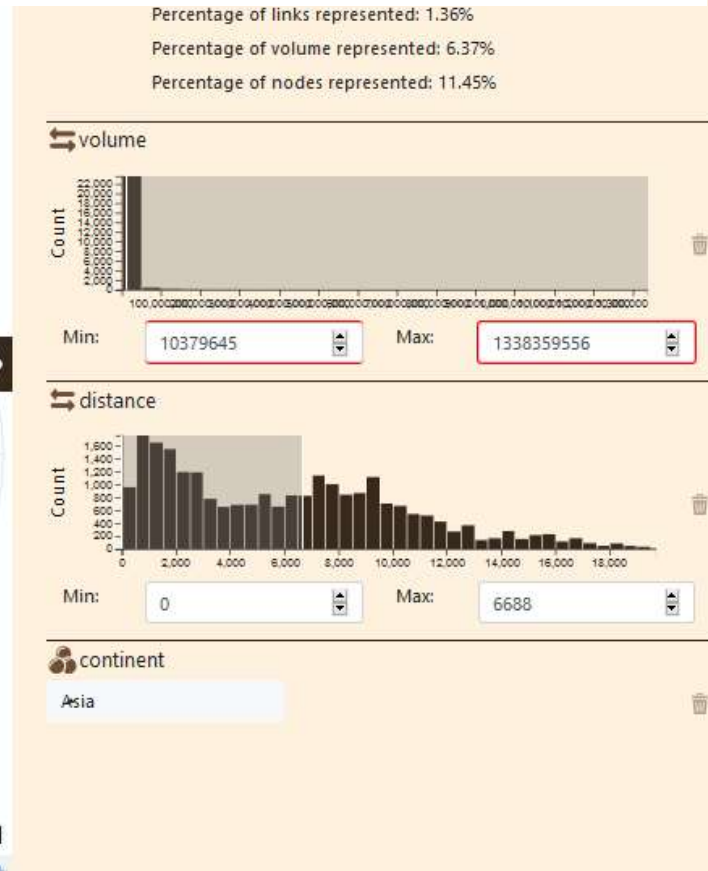
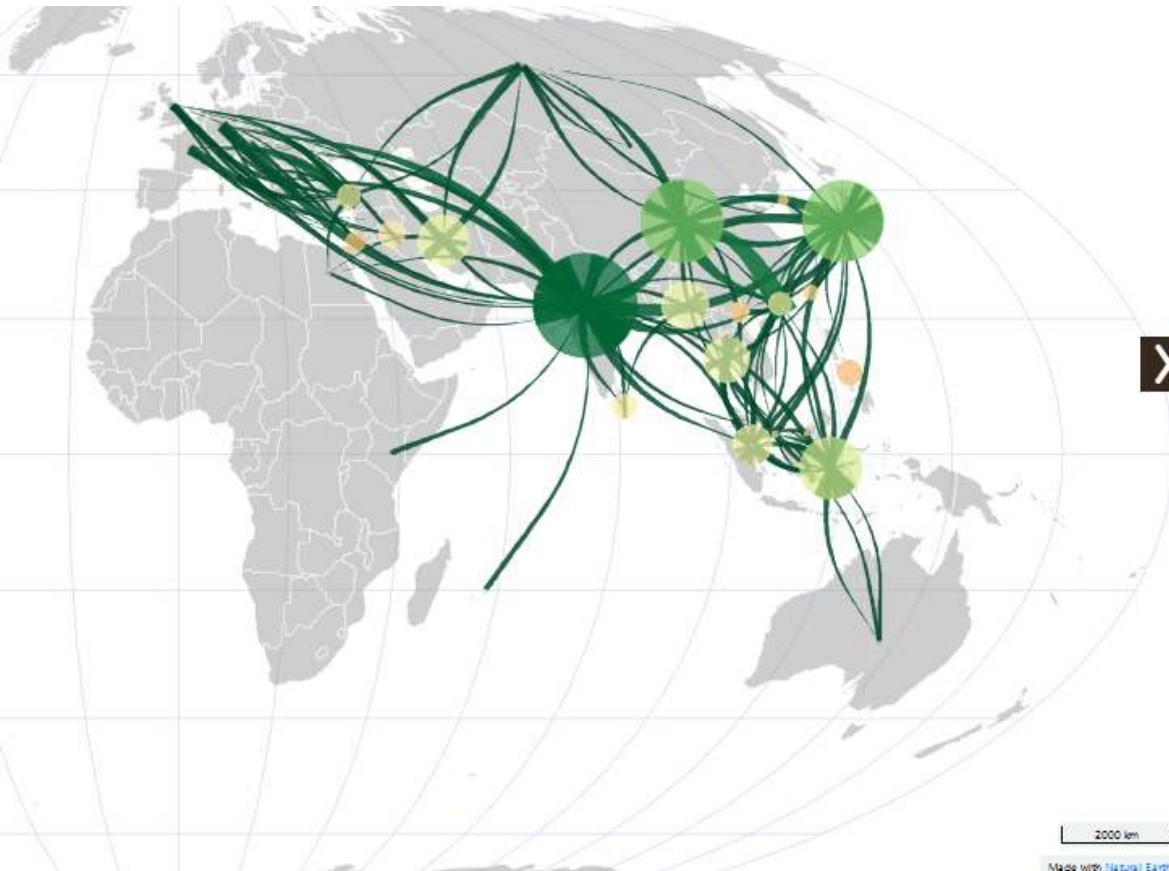


- SomalilandSomalilandRepublic
- Canada
- CapeColony
- Denmark
- DjiboutiAfarandIssasFrenchSomaliland
- EgyptUnitedArabRepublic
- France ✓
- Germany
- India
- Italy
- KenyaBritishEastAfricaProtectorate
- Norway
- Singapore
- Somalia
- SriLankaCeylon
- StraitsSettlements
- SudanAnglo-Egyptian
- UnitedKingdom
- UnitedStatesofAmerica

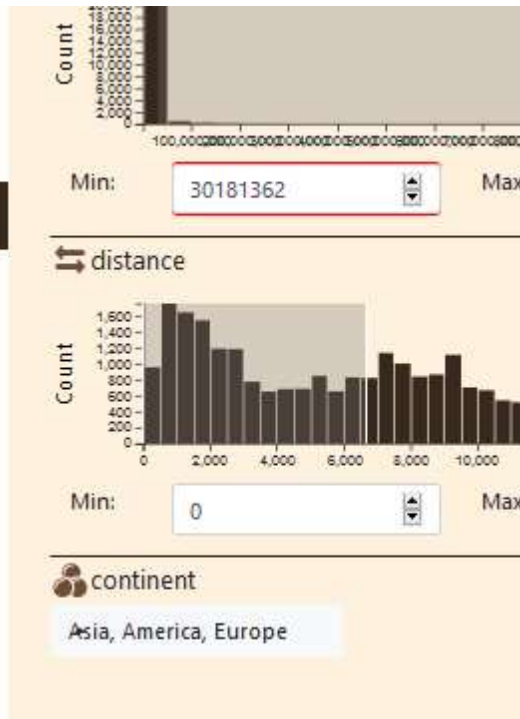
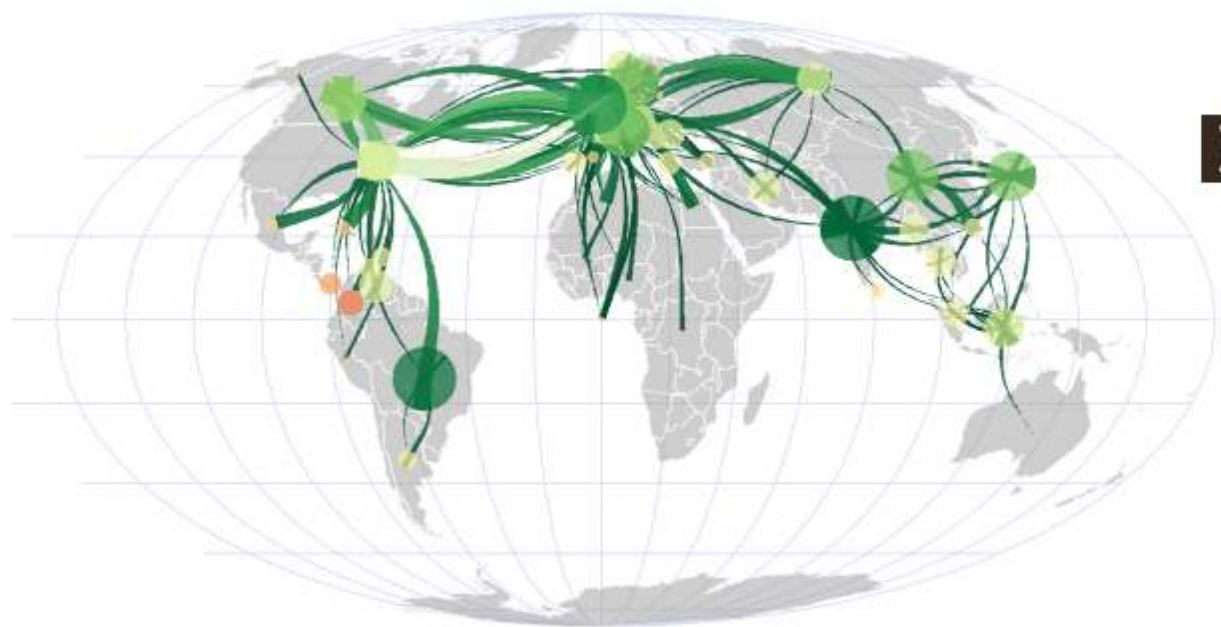
France

Filtrer (liens) sur la base de noeuds

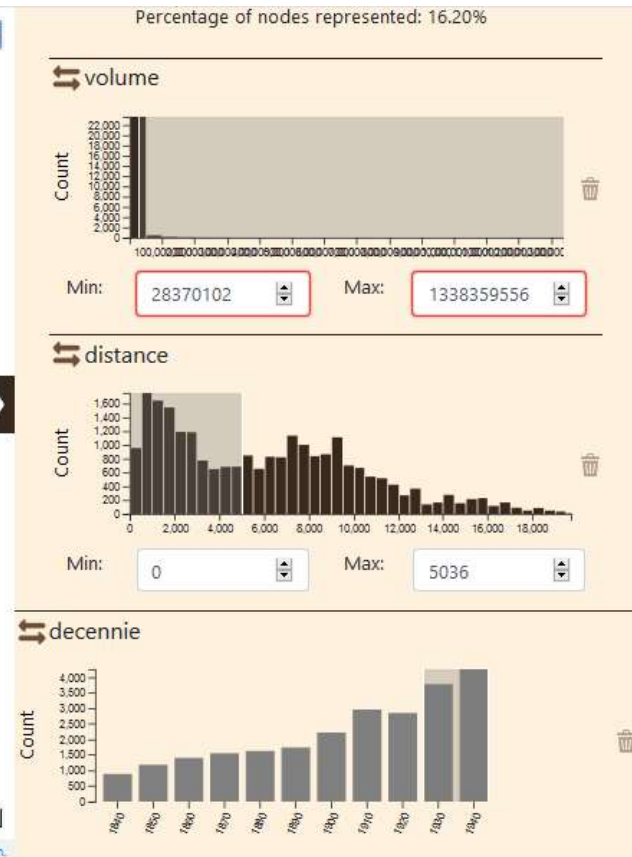
Ex. liens impliquant l'Asie. Nodes : continent = 'Asie'



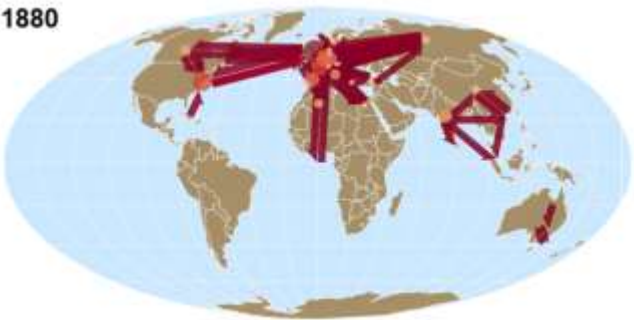
Filtrer (liens) sur la base d'une **multi sélection** de noeuds
Ex. liens impliquant l'Asie, Les Amériques et l'Europe.



Jouer sur les dates & multi sélection



1880



1910



1940



Jouer sur les dates

filtrage spatial (distance parcourue)
+ **filtrage temporel**



Percentage of links r
Percentage of volum
Percentage of nodes

volume

Count

1910
1920
1930
1940
1890
1900
1880
1860
1850
1870
1880
1840

Un autre exemple de données :



Démo MOBSCO

niveau local

Les mobilités scolaires vers l'agglo de Toulouse



Source : INSEE, fichier détail “MOBSCO”, 2017

Données issues du recensement de la population, caractérisant les lieux d'études par rapport aux lieux de résidence principale et les ménages.

On peut y observer notamment :

- les différences par **niveau de diplôme** : est-ce que les étudiants de Master viennent de plus loin que ceux de licence ?
- les différences de **catégorie socio-professionnelles**
- les **aires de recrutement** des différentes communes, notamment via leurs **lycées**.

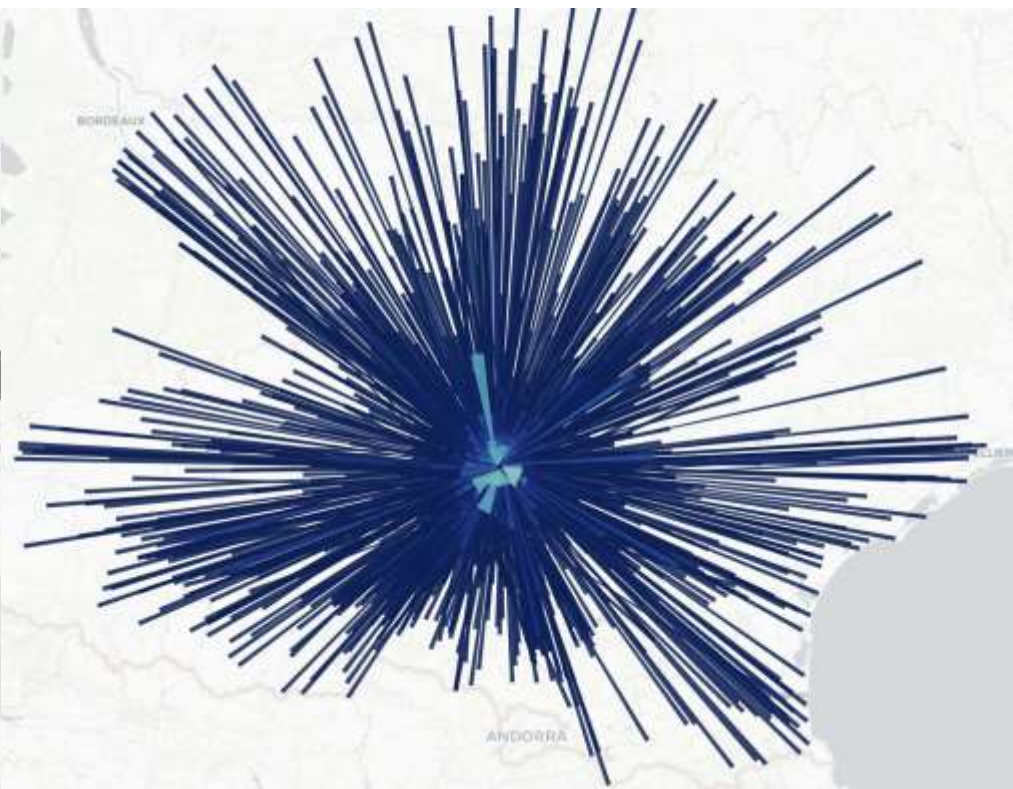
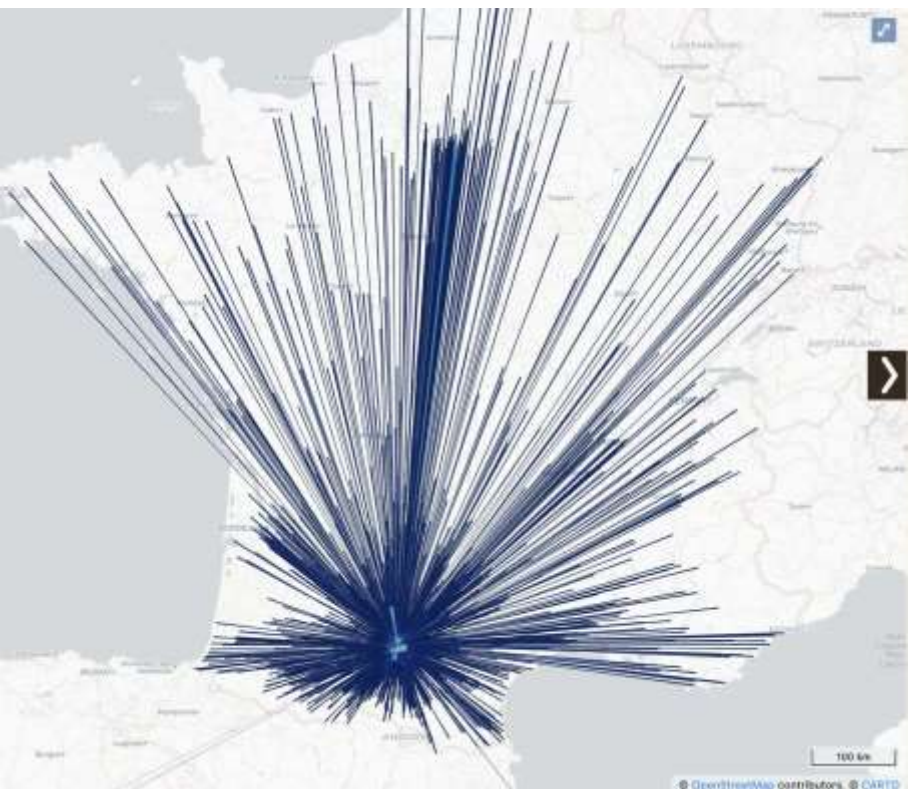
On s'intéressera ici aux élèves et étudiants venant travailler dans une commune de l'unité urbaine de Toulouse (unité urbaine).

Mobilités scolaires vers Toulouse :

Filtrage sur la distance

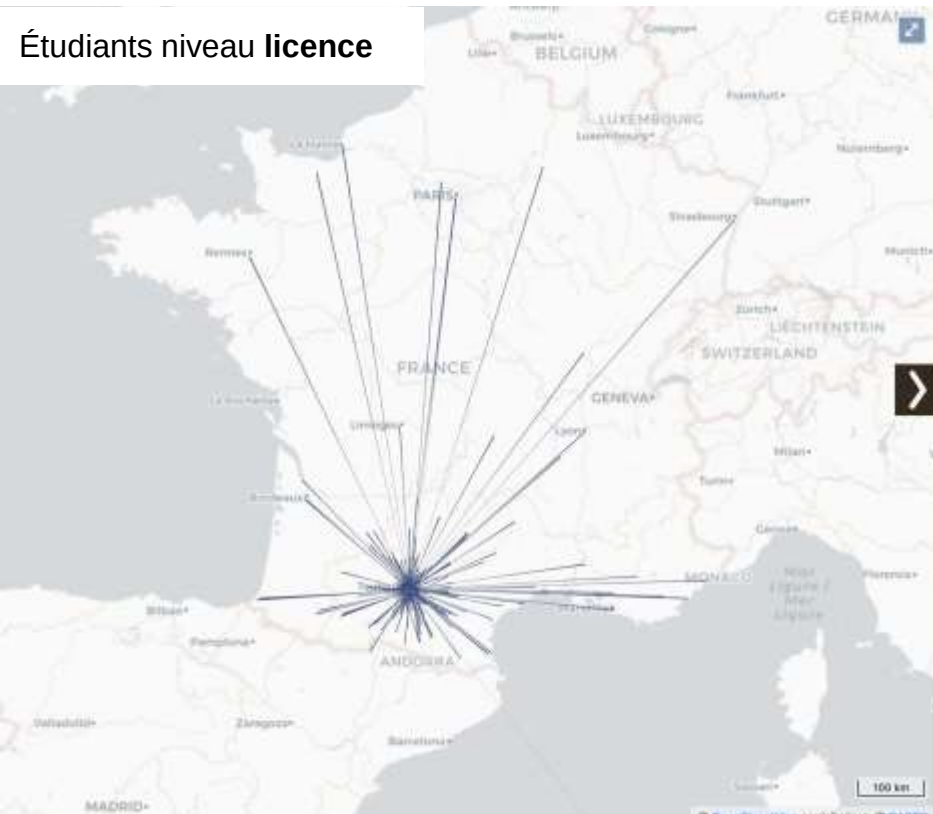
France

Moins de 200kms

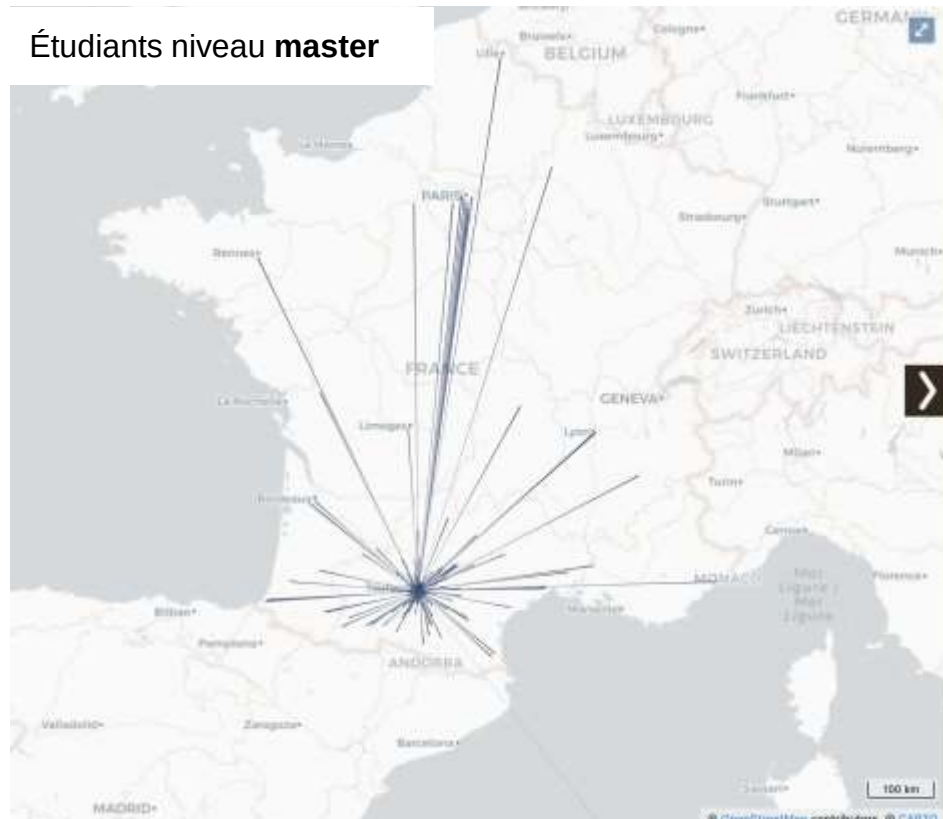


Mobilités scolaires vers Toulouse : Niveaux de diplôme

Étudiants niveau **licence**

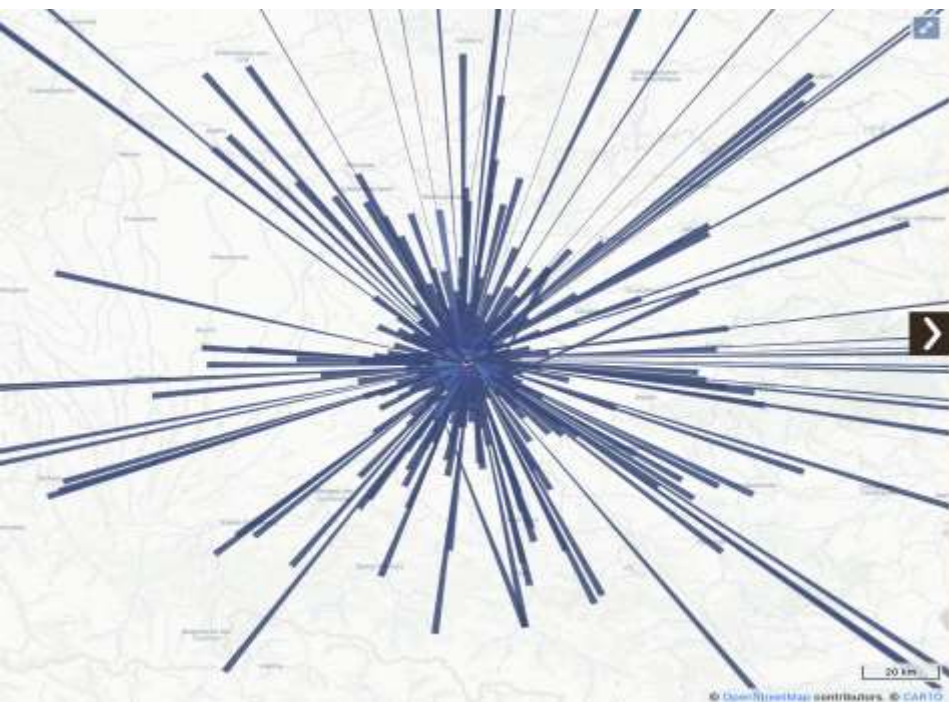


Étudiants niveau **master**

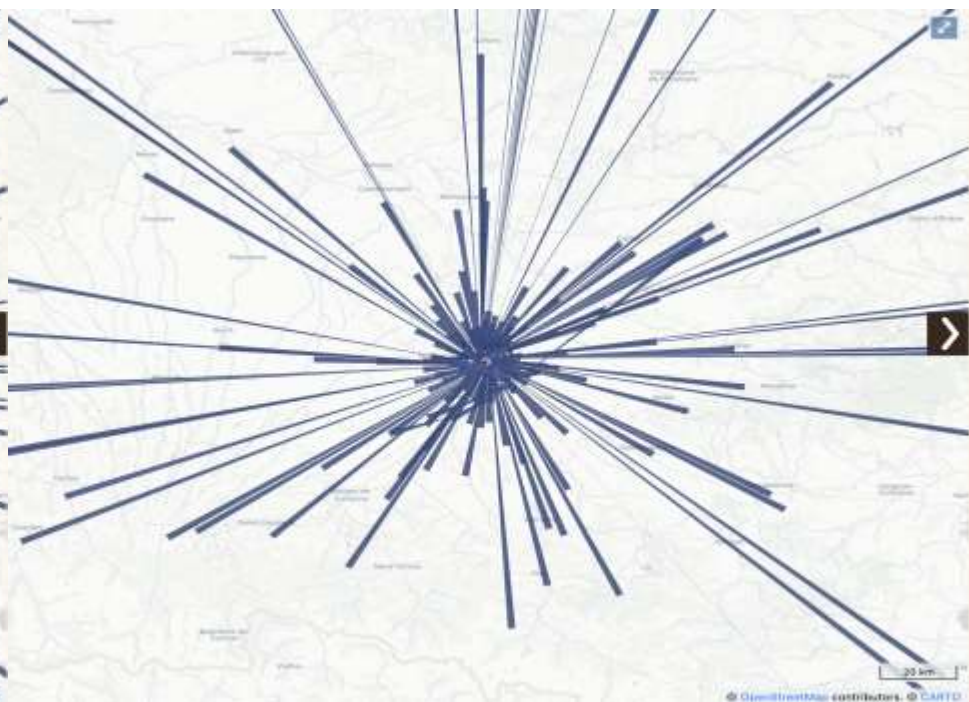




Étudiants niveau **licence**



Étudiants niveau **master**



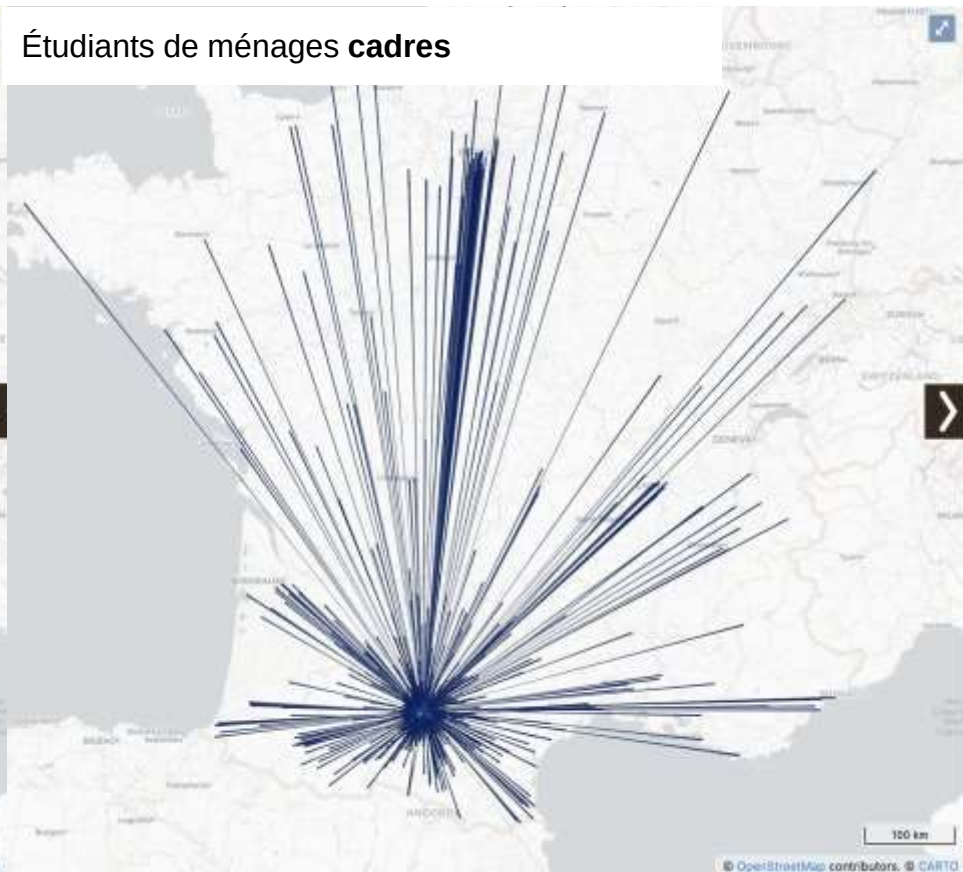
Mobilités scolaires vers Toulouse :

Professions et catégories sociales

Étudiants de ménages **ouvriers**



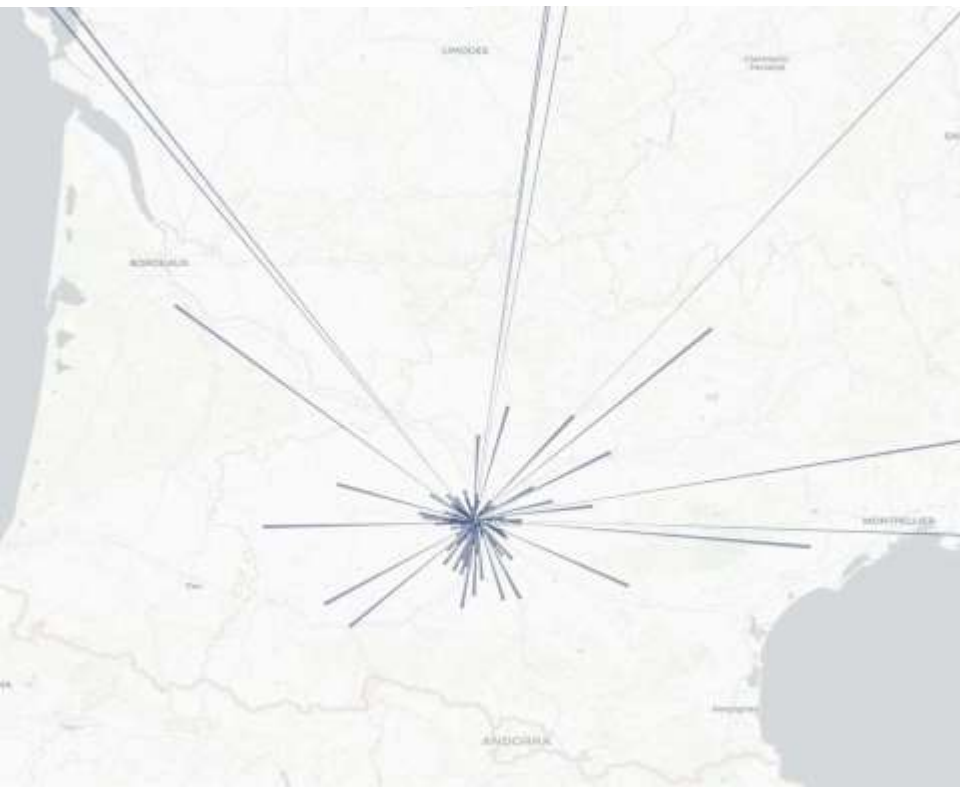
Étudiants de ménages **cadres**



Mobilités scolaires vers Toulouse :

Attractivité de certains lycées

Lycées de **Colomiers**



Lycées de **Muret**





Perspectives

- Poursuivre le développement en ajoutant des fonctionnalités (indicateurs sur les liens, filtrage spatial, calculatrice de champs...)
- Prendre en compte les données de graphes bipartites
- Défi de l'export vectoriel
- **N'hésitez pas à contribuer !**
 - Version Dév. (en cours) : github.com/gflowiz/arabesque-dev
 - Version initiale (version1) : github.com/gflowiz/arabesque

Arabesque

arabesque.ifsttar.fr/

Françoise BAHOKEN

francoise.bahoken@univ-eiffel.fr

Etienne CÔME

etienne.come@univ-eiffel.fr

Laurent JÉGOU

laurent.jegou@univ-tlse2.fr

