



PLATE-FORME DE L'OBSERVATION
SANITAIRE ET SOCIALE
AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

Comment représenter des flux géographiques pour une carte lisible destinée à un public non expert ?

Les bonnes pratiques méthodologiques

CARTO DEFIS 2019



Lab @RCHIPΣL

Révélateur d'intelligence collective

LES RENCONTRES TECHNIQUES DE LA PFOSS

Comment représenter des flux géographiques ? Les bonnes pratiques méthodologiques

Introduction

Mesurer et caractériser les déplacements des populations au sein des territoires est un enjeu des statistiques publiques mais représenter ce type de données sur une carte n'est pas forcément une mince affaire. Rapidement, on peut être confronté à l'effet spaghetti. Ce phénomène est en effet facilement observable lorsque l'on s'attèle au traitement de données de flux (données quantitatives de structure relationnelle traduisant une information spatiale; grossièrement : un point de départ, un point d'arrivée, un trajet).

Cet effet reflète la complexité graphique à laquelle on fait face si l'on veut faire apparaître toutes les relations sur la carte : on obtient un motif « spaghetti » tel une pelote de flux, plus ou moins multicolores, dessinés les uns sur les autres et brouillant l'information pertinente. La carte, dont l'efficacité est dépendante de la rapidité de perception de l'information qu'elle est supposée transmettre, est alors illisible donc inutile. Minimiser la complexité graphique permet de satisfaire au critère de compréhension de la carte.

[La carte est d'abord une image.
On doit saisir l'information essentielle du premier coup d'œil.
S'entêter à représenter toute l'information, c'est perdre de l'information.]

C'est dans ce contexte que, lors des 1ères [rencontres techniques de la PFOSS](#), les [CARTO DEFIS 2019](#), les membres de l'équipe « défi Flux » ont mutualisé leurs expertises pour définir la meilleure façon de représenter des flux.

Ils nous proposent une solution en deux étapes.

1ERE ETAPE : IDENTIFIER LA DEMANDE POUR CHOISIR LA BONNE REPRESENTATION

2EME ETAPE : TRAVAILLER LA VISIBILITE DU DOCUMENT

LE TOUT..... SUR LA BASE D'UNE CARTE MARTYRE

Boîte à outils

Sites ressources

1ERE ETAPE : IDENTIFIER LA DEMANDE POUR CHOISIR LA BONNE REPRESENTATION

L'objectif de cette 1ère étape est de réduire la complexité graphique dans le but d'éviter l'effet spaghetti et produire une carte intelligible. L'approche pouvant être adoptée dans cette optique est purielle. En voici quelques aspects.

AU NIVEAU ANALYTIQUE

D'abord, il est possible d'agir au niveau analytique en menant une réflexion sur nos besoins. En d'autres termes, il s'agit ici de s'interroger sur les objectifs de la carte afin de déterminer ce qui se doit d'être représenté : à quoi permet-elle de répondre, à qui est-elle destinée, comment va-t-elle être utilisée, etc.

L'objectif de la démarche : **opérer une réduction de la quantité de données à cartographier** en ayant recours à des méthodes d'agrégation et/ou en sélectionnant les éléments pertinents. On se contraint alors à (re)travailler son jeu de données pour ne représenter que les flux significatifs, porteurs de sens par rapport à la problématique traitée.

AU NIVEAU SEMIOLOGIQUE

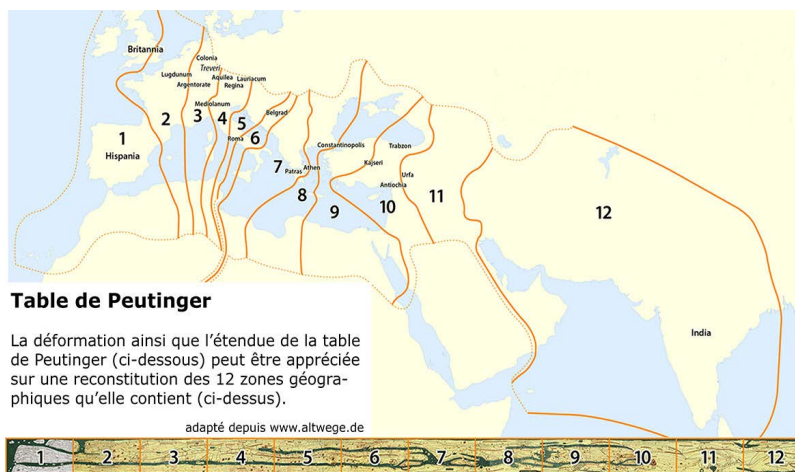
Autrement, il est possible d'agir au niveau sémiologique en vue de la représentation des données à proprement parlé. Il s'agit là d'**adapter le support de représentation** à la complexité des données mais aussi à la question posée. En fonction de nos objectifs et de nos contraintes, plusieurs choix sont envisageables.

La carte de flux

Représentation idéale de données bilocalisées quantifiées, la carte de flux semble être une option de premier choix. Classiquement, ce sont des flèches d'épaisseur proportionnelle à la valeur des flux qui permettent leur représentation. Ceci dit, il faut être prudent quant à leur positionnement et à leur longueur pour éviter un bruit visuel trop important et donc un message brouillé (effet spaghetti). La longueur d'une flèche pouvant venir biaiser l'interprétation de la valeur du flux représenté.

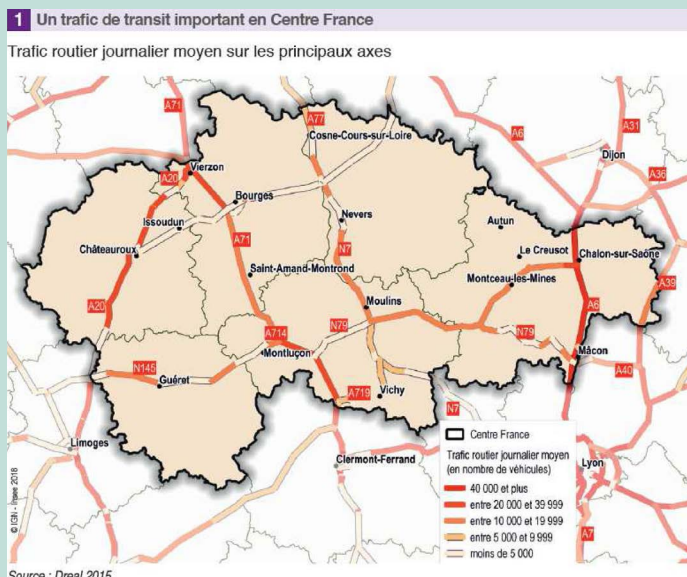
Dans le même souci de clarté, on pourra s'affranchir des contraintes de réalisme en choisissant la carte éclatée qui facilite la représentation des flux en changeant le positionnement des lieux ou encore la carte en anamorphose sur laquelle les relations sont projetées.

La déformation à vocation utilitaire n'est pas une innovation récente. Considérée comme la 1ère cartographie d'un réseau, représentant l'étendue du service de poste de l'Empire romain, la table de Peutinger se soucie peu des échelles de longueurs et du réalisme des territoires. Elle privilégie les axes et les connexions (à l'instar des plans de transports en commun). Les indications d'échelles sont les journées de voyage et les villes étapes.



Source : adapté de Bernhard Schwade, www.altwege.de, décembre 2019

Astuce : Afin de limiter la complexité graphique sur une carte de flux, on peut utiliser les réseaux existants en jouant sur des variations de couleur plutôt que sur l'épaisseur des liens (quand la thématique s'y prête).



Source : Sémiologie graphique et cartographique, Atelier PFOSS/Insee, octobre 2019

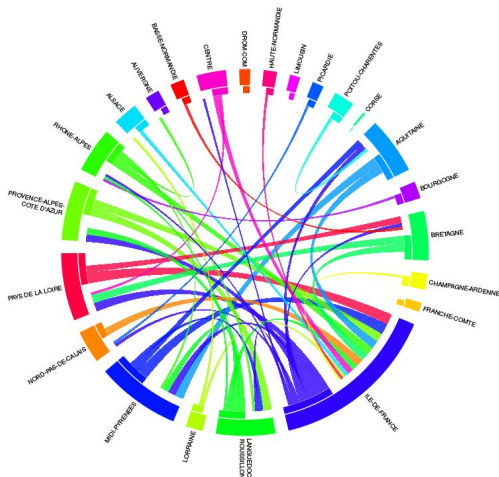
LES RENCONTRES TECHNIQUES DE LA PFOSS

Comment représenter des flux géographiques ? Les bonnes pratiques méthodologiques

Alternatives à la carte des flux

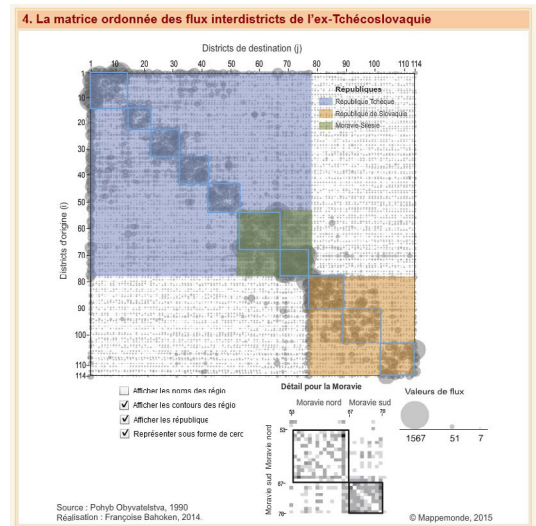
Lorsque les données de flux commencent à être complexes et leur représentation, un casse-tête, des alternatives à la carte sont préférables. C'est le cas notamment des **diagrammes de flux** (type diagramme Sankey), des **graphiques circulaires** ([pouvant être interactifs](#)) ou les représentations graphiques de **matrices origines-destinations** (matrice-Bertin).

Le graphique circulaire : Les flux sont organisés sur un cercle. Ci-dessous, les migrations résidentielles entre régions françaises. La taille du flux est représentée par la largeur des liens à leurs extrémités et la direction du flux, à la fois par la couleur du lien (celle de la région d'origine) et par l'espace entre le lien et la région de destination (un flux entrant est caractérisé par la présence d'un espace entre le lien et la région de destination).



Source : Visualiser les flux avec les graphiques circulaires, Timothée Giraud, R Géomatique, janvier 2015

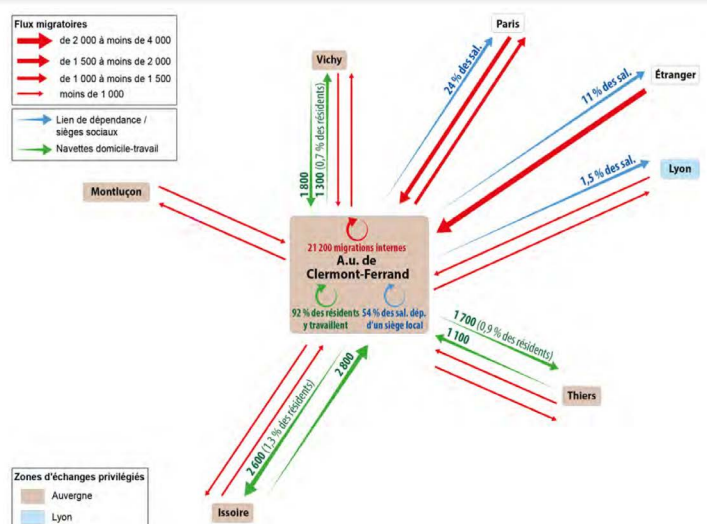
La matrice origines-destinations ou matrice-Bertin : Mis au point par Jacques Bertin à la fin des années 1960, ce type de représentation se veut plutôt destiné à un contexte exploratoire des données sur la base d'une utilisation analytique de la figure. Ceci dit, la méthode reste d'actualité et peut se mettre au service de la visualisation. Des applications sont développées en ce sens (cf. Boîte à outils).



Source : Eléments pour une représentation (carto)graphique des matrices de flux, Françoise Bahoken, M@ppemonde N°115, 2014

Le diagramme de flux (ci-contre) : Le diagramme de flux est sûrement la représentation schématique de données de flux la plus utilisée en alternative à la carte. Tout comme la carte éclatée, ce type de représentation nous permet de nous affranchir des contraintes d'une réalité géographique posant problème à la représentation des flux puisqu'il est possible de repositionner les origines et les destinations afin de satisfaire au critère de visibilité (attention, rappel : la longueur d'une flèche peut biaiser la perception de la valeur du flux représentée par sa largeur). Ceci dit, le schéma se construit aussi en se rapprochant le plus possible de cette réalité géographique. Ci-contre, l'exemple des relations de l'aire urbaine de Clermont-Ferrand.

Relations préférentielles avec les autres aires urbaines

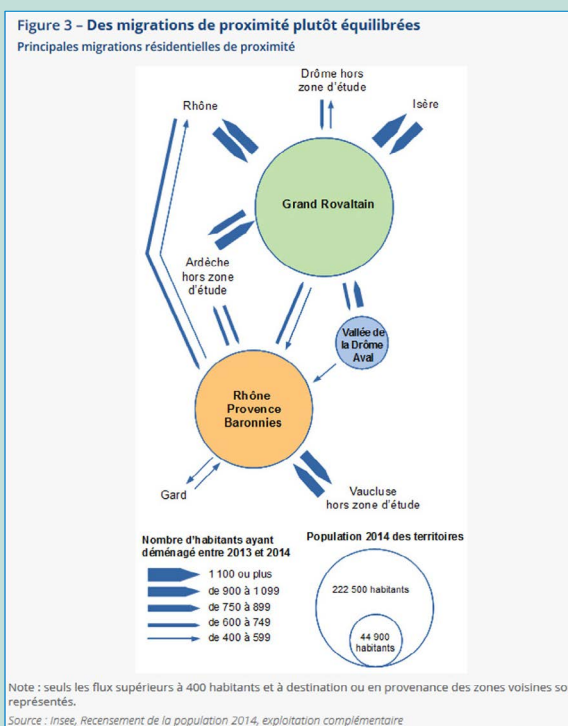
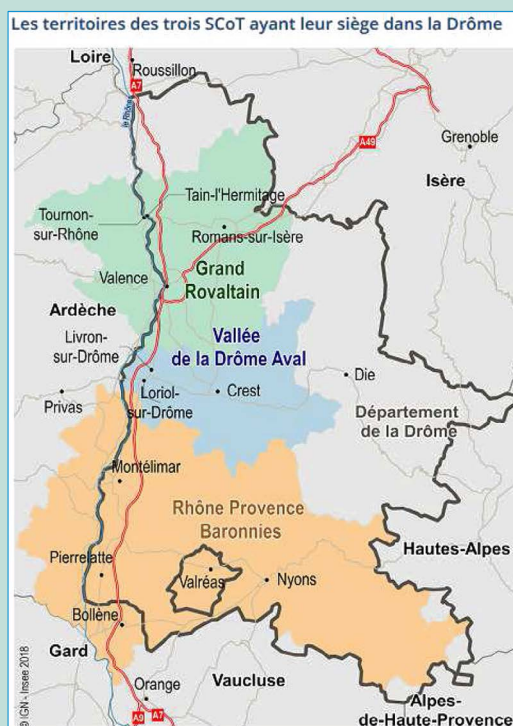


Source : Atlas régional Auvergne-Rhône-Alpes - Géographie, déplacements, flux et mobilités (Tome 3), mars 2017

Source : Insee, Recensement de la population 2013
Guide de lecture : quotidiennement, 2 800 personnes habitant l'aire d'Issouire vont travailler dans l'aire de Clermont-Ferrand, 2 800 personnes font le chemin inverse, soit 1,3 % des résidents de l'aire de Clermont-Ferrand ayant un emploi. Sur un an, 450 personnes ont déménagé de l'aire d'Issouire vers celle de Clermont-Ferrand, et inversement. Parmi les salariés du secteur marchand travaillant dans l'aire de Clermont-Ferrand, 24 % dépendent d'un siège social localisé dans l'aire de Paris.
Note : seuls les principaux flux sont représentés (supérieurs à 300 migrations par ex.)

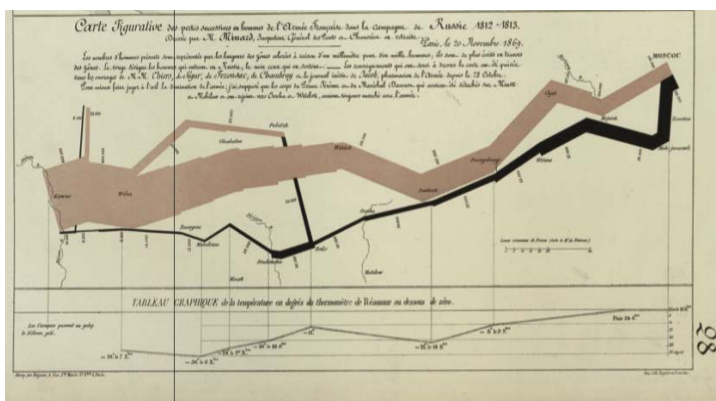
Afin de rapprocher ce type de représentations de la réalité du terrain, il est possible de les accompagner d'une carte et de jouer sur la sémiologie graphique pour faciliter autant que possible le rapprochement visuel (couleur de surface, couleur et forme des figurés, figurés représentés...). La lecture se fait alors à deux niveaux : l'appréciation du réalisme du terrain et des distances sur la carte ; la compréhension des relations sur la représentation choisie comme alternative à la carte de flux (diagramme, graphique, matrice...).

Dans l'exemple ci-dessous, on présente au lecteur une carte à partir de laquelle il appréciera la géographie de la zone étudiée sur laquelle sont représentés des éléments très signifiants dans l'étude des flux au sein du département de la Drôme : les axes autoroutiers (A7 et A49). Face à cette carte, un diagramme de flux représentant les migrations résidentielles entre les territoires concernés. Afin de faciliter le rapprochement visuel de ces deux figures, sont conservés sur le diagramme la couleur des SCoT représentés sur la carte ainsi que le positionnement relatif des territoires étudiés.



Source : Sémiologie graphique et cartographique, Atelier PFOSS/Insee, octobre 2019

La carte figurative de l'évolution des effectifs de l'armée napoléonienne pendant la campagne de Russie est un exemple célèbre de diagramme de flux. Sur le même graphique, Charles Minard a su mettre en parallèle l'évolution des effectifs de l'armée au déplacement des troupes en distinguant la poursuite jusqu'à Moscou de la retraite. Les déplacements étant inscrits dans une réalité géographique par l'ajout des repères d'itinéraire (villes et fleuves). Enfin, la température au cours de la retraite, facteur explicatif d'importance à la perte humaine observée ici, est également représentée sur ce graphique.



Source : The complete statistical graphics of Charles-Joseph Minard, Sandra Rendgen, juin 2018

LES RENCONTRES TECHNIQUES DE LA PFOSS

Comment représenter des flux géographiques ? Les bonnes pratiques méthodologiques

2EME ETAPE : TRAVAILLER LA VISIBILITE DU DOCUMENT

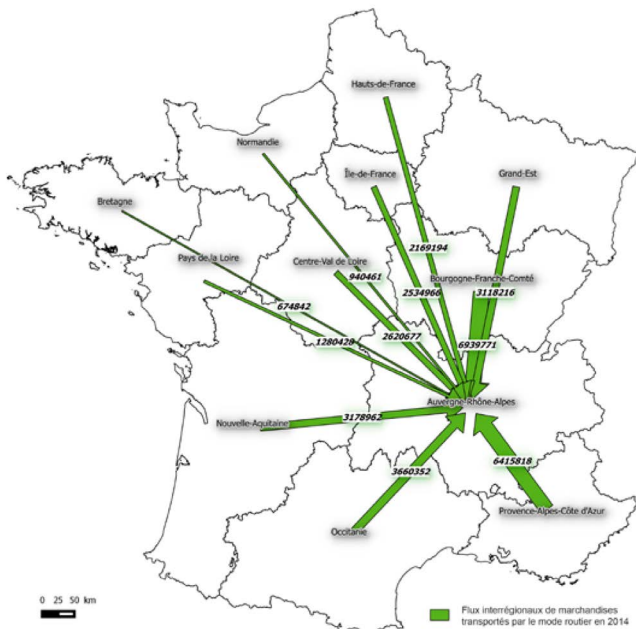
Cette 2ème étape, pouvant être conduite en parallèle de la précédente, consiste à déterminer les critères sur lesquels travailler afin d'assurer la lisibilité de la carte. Elle rejoint l'objectif de la 1ère étape lorsque l'on considère le niveau sémiologique afin de réduire la quantité de données à représenter (par méthodes de seuillage ou selon l'application de choix arbitraires).

A titre d'exemples, on choisira une **échelle** limitant à la fois la surcharge graphique et la couverture spatiale. La première étant caractérisée par une trop grande quantité d'information représentée (soit la masse de figurés utilisés); la seconde correspondant à la surface occupée par ces figurés (e.g. largeur des flux représentés se voulant proportionnelle à leurs valeurs). Dans la même optique, on pourra utiliser différents **échelons** géographiques ou proposer plusieurs **niveaux de zoom**.

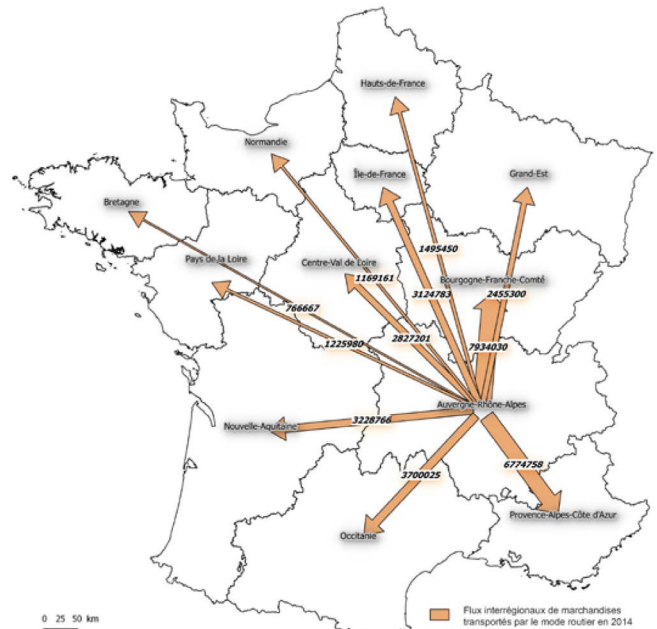
[La représentation cartographique et la visualisation des données participent autant l'une que l'autre à une cartographie communicante permettant de présenter des résultats intelligibles.]

Par ailleurs, limiter le **nombre et la couleur des figurés** permettra d'éviter la saturation visuelle (ce « surplus » d'informations visuelles perturbant notre acuité). Autrement, il est possible d'opter pour une **collection de cartes** assurant à la fois une analyse globale permettant au phénomène représenté de bien se détacher (vision d'ensemble) et une analyse plus localisée reposant sur une représentation pouvant être plus détaillée. Dans ce dernier cas, il s'agit de construire un jeu de n cartes à 1 caractère : e.g. une carte pour les flux entrants, une autre pour les flux sortants comme dans l'exemple ci-dessous.

Flux interrégionaux (entrants) de marchandises transportés par le mode routier en 2014 (carte n°23)



Flux interrégionaux (sortants) de marchandises transportés par le mode routier en 2014 (carte n°24)



Source : Portrait régional commenté Auvergne-Rhône-Alpes, DREAL Auvergne-Rhône-Alpes, décembre 2016

Le choix des couleurs : A chaque changement de couleur, l'œil humain va percevoir un changement de caractère (e.g. données ou indicateurs). Ainsi, il serait peut-être plus intéressant de préférer une **variation monochrome** pour l'évolution d'une même variable (e.g. densité des flux) et l'utilisation de **différentes couleurs** pour distinguer différentes classes (e.g. flux d'entrée versus flux de sortie). A l'automne 2019, la PFOSS a organisé des ateliers sur le thème de la sémiologie graphique et cartographie aux côtés de l'Insee. Pour plus d'informations, [cliquez ici](#).

LE TOUT..... SUR LA BASE D'UNE CARTE MARTYRE

L'équipe « défi Flux » vous propose une méthode permettant de déterminer le support de représentation à privilégier selon votre objectif. Cette méthode n'est pas à appliquer systématiquement mais offre l'avantage de **cerner l'information principale** à représenter et permet de **juger de la pertinence d'une carte** de flux.

L'idée étant de représenter ses données de flux sur une carte et d'en apprécier la visibilité. Au début, il est fort probable que la carte produite ressemble effectivement à une pelote de flux incompréhensible ne laissant s'échapper aucun message distinct.

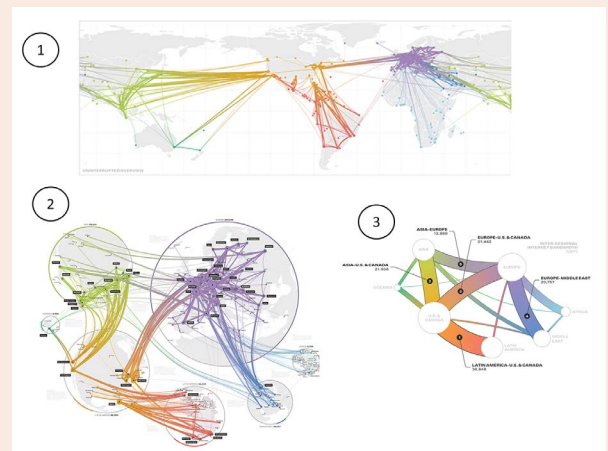
Ensuite, **en martyrisant cette carte** (agréger les données, affecter des seuils, modifier l'échelon géographique, jouer sur la sémiologie...), il s'agira de voir se dégager les principaux flux porteurs de sens et trouver une place idéale au curseur du compromis « quantité d'information représentée / lisibilité de la carte ».

Par moment, et peut-être plus fréquemment qu'on ne le pense, le résultat de cette méthode débouchera sur le constat suivant :

La carte n'est pas forcément le moyen le plus adapté pour représenter des flux.

L'objectif ici est de proposer une représentation graphique pour un message facilement identifiable. Le détail n'est pas à prendre en compte. Tout comme l'adage « **le mieux est l'ennemi du bien** » nous incite à comprendre qu'il est fort probable de nuire au but poursuivi en cherchant à trop en faire, l'exercice de la carte martyre permettra de mettre en évidence le fait que vouloir tout représenter desservira à l'objectif de clarté et de concision de la carte (sachant que le lecteur est libre d'aller chercher de l'information supplémentaire dans la base de données dont est issue la carte ou dans le tableau de chiffres mis à sa disposition en ce sens).

Pour illustrer la démarche, considérons la [cartographie des principales routes du réseau internet mondial](#). Ci-dessous, il vous est possible de retrouver le cheminement conduisant à la simplification de la carte de flux (internet) via la sémiologie cartographique.



1 : **Tous les flux sont représentés**. 2 : Origines et destinations sont **regroupées, déformées** selon leur importance dans le trafic, puis **éclatées** au service d'un repositionnement intelligible des flux. 3 : On opère une **simplification** de la représentation en passant d'une carte à un diagramme de flux. Remarque : En fonction des étapes, le message est plus ou moins détaillé/vulgarisé. Il ne s'adressera peut-être pas au même public, ni ne s'adaptera au même support de diffusion.

Source : adapté de The Global Internet Map 2018

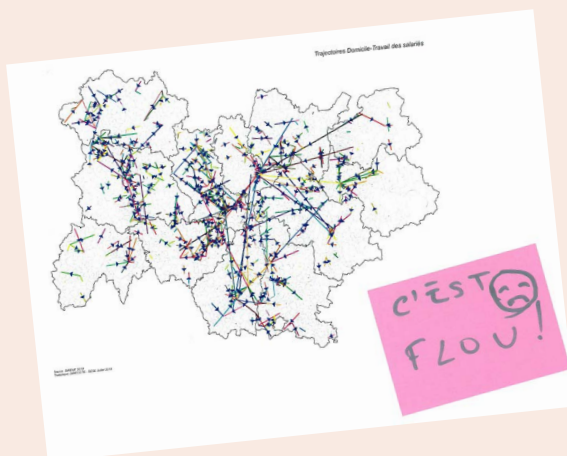




PLATE-FORME DE L'OBSERVATION
SANITAIRE ET SOCIALE
AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

CARTO DEFIS 2019

Boîte à outils

- [Mapshaper](#) : application web libre de préparation et simplification de fonds de carte ([article de présentation de Bloch & Harrower](#))
- [RAWGraphs](#) : application web open source de représentation graphique et cartographique de données
- [Magrit](#) : application web libre de cartographie (plus d'informations sur « [les docs de Magrit](#) »)
- [Flowmap](#) : logiciel libre de représentation de données de flux
- [Cartography](#) : package R (logiciel libre et open source) destiné à la cartographie thématique intégrant les cartes de flux
- [Flows](#) : package R dédié au traitement de matrices de flux
- [Bertin](#) : package R permettant la représentation des matrices ordonnées
- [Bertifier](#) : application de l'INRIA revisitant la matrice-Bertin
- [Arabesque](#) : application web libre dédiée à la cartographie de données de flux (plus d'informations sur [Néocarto](#))
- Extensions QGIS dédiées à la représentation de flux : [FlowMapper](#), [Arrows](#), [Oursins](#)... (plus d'informations sur [GéOInformations](#))
- [Géoclip](#) : logiciel de cartographie (bureautique et en ligne) permettant entre autres la réalisation de carte de flux
- [ArcGIS](#) : applications SIG (bureautique et en ligne) permettant entre autres la réalisation de carte de flux
- [edraw](#) : suite de logiciels dédiés à l'infographie et la création de diagrammes de flux
- [Canva](#) : ensemble d'outils en ligne dédiés à la création de documents graphiques (dont graphiques de relations)
- ...

IMPORTANT

Ce petit guide méthodologique rapportant les réflexions et les productions de l'équipe « défi Flux » est accessible à l'ensemble des membres de la plate-forme de l'observation sanitaire et sociale Auvergne-Rhône-Alpes. Sentez-vous libre de vous l'approprier et **contribuez-y** en proposant à votre tour des solutions techniques, des astuces, des sites ressources et des outils utiles ! De même, si vous souhaitez partager votre expertise technique (maîtrise de tel logiciel, connaissance de telle méthodologie...), n'hésitez pas à vous faire connaître. **Assurons au sein de la PFOSS, la mise en réseau et le partage des compétences.**

Contact : coordination.pfoss@ors-auvergne-rhone-alpes.org

Retrouvez par ici des outils et des sites web ressources utiles à la représentation de flux (que ce soit la carte, le diagramme ou tout autre support de représentation).

N'hésitez pas à contribuer à cette rubrique !

Sites ressources

[GéOInformations](#)

[RIATE](#) (et ses outils géomatiques)

[groupe fmr](#) (flux, matrices, réseaux)

[M@ppemonde](#)

[NETCOM](#)

[GitHub](#) (anglais)

[Veille carto 2.0](#)

[Néocarto](#) (et son manifeste des cartographes)

[GEOligne](#) (bibliothèque de l'ENSG)

[Guide de sémiologie cartographique de l'Insee](#)

[Cartographie\(s\) numérique\(s\)](#)

[R, logiciel libre dédié à la donnée](#) (visualisation, statistiques, modélisations...) dont les nombreuses bibliothèques (packages) étendent les fonctionnalités. Tous les packages R sont regroupés sous [le CRAN](#), Comprehensive R Archive Network.

[RStudio](#), interface gratuite facilitant l'utilisation de R (avec assistance intégrée)

[R Géomatique](#) (articles relatifs aux productions possibles sous R en géomatique)

[La cartographie avec R](#)

[QGIS](#), logiciel SIG libre aux nombreuses extensions en développant les potentialités. Pour connaître les extensions disponibles, consulter [le répertoire des plugins](#).

R pour QGIS : afin de profiter de ses capacités d'analyses statistiques, il est possible d'implémenter R sous QGIS (informations depuis le blog « [SIG & Territoires](#) »)

...