
Vers des cartes de flux spatialement explicites : la route du niébé ouest africain

Gabriel Poujol¹, Thierry Joliveau², Jacques Imbernon¹, Frédéric Lançon³

1. UMR TETIS, Cirad

500 rue Jean-François Breton, F-34 093 Montpellier Cedex 5, France
gabriel.poujol@gmail.com

2. UMR EVS, Université Jean Monnet Saint-Etienne/Université de Lyon
6 rue Basse-des-Rives, F-42 023 Saint-Etienne Cedex 02, France

3. UMR ARTDEV, Cirad

73 rue Jean-François Breton, F-34 093 Montpellier Cedex 5, France

RÉSUMÉ. Cartographier des flux est un compromis délicat entre exhaustivité et pédagogie qui soulève un verrou : comment représenter de façon synthétique et réaliste des mobilités multiples ? Parmi les productions vivrières ouest-africaines, le niébé est une légumineuse principalement produite au Sahel et fortement consommée en milieu urbain. Il est très mobile mais sa circulation est méconnue. Comprendre ce type de mobilités est pourtant essentiel pour aider à la décision dans de nombreux domaines : aménagement, transport, agriculture, intégration économique, sécurité alimentaire. Nos cartes caractérisent les échanges de niébé entre Burkina Faso et Ghana, les excédents et déficits locaux, ainsi que les dépendances spatiales et les surcharges du réseau routier. Nous présentons une méthode de géo-traitement innovante qui génère des cartes de flux spatialement explicites. À partir d'une matrice origines/destinations, nous calculons les chemins des transactions sur les routes et agrégeons ces échanges en densité de flux sur les routes parcourues.

MOTS-CLÉS : flux, cartographie, méthode, explicite spatialement, routes, Openstreetmap, niébé, itinéraire, agrégation, Dijkstra, matrice O/D, circuits vivriers, Afrique de l'Ouest

ABSTRACT. Flow mapping is a tricky compromise between comprehensiveness and pedagogy that raises a question: how to build synthetic and realistic representation of multiple mobilities? Among West-African staple food crops, cowpea is a legume mainly produced in the Sahel heavily consumed in urban areas. It is versatile but its circulation is unappreciated. However, assessing these mobilities is essential to help decision-making in many areas: planning, transport, agriculture, economic integration, food security. Our maps characterize cowpea trade between Burkina Faso and Ghana, local surpluses and deficits as well as spatial dependencies or road network overloads. We present an innovative geo-processing method that builds spatially explicit flow maps. From an origin/destination matrix, we route transactions on road network and aggregate exchanges in flows density on the roads traveled.

KEYWORDS: flow, mapping, method, spatially explicit, roads, Openstreetmap, cowpea, itinerary, aggregation, Dijkstra, O/D matrix, staple food circuits, West Africa

SAGEO'2018 – Montpellier, 6-9 novembre 2018

1. Introduction

La cartographie des flux est un exercice délicat, principalement conditionné par la nature des mobilités que l'on souhaite représenter dans l'espace. Les mobilités des biens ou des personnes sont propices à une spatialisation « explicite » des flux alors que des transferts de capitaux ou d'informations par exemple font appel à des représentations de flux dématérialisées. De nombreuses méthodes existent pour représenter des échanges (Bahoken, 2016) et aucune n'est universelle ni parfaite : chacune répond à un besoin spécifique, scientifique ou opérationnel par exemple. Le problème est simple : la représentation attendue doit être synthétique et pédagogique et rendre compte de l'ensemble des processus de mobilité spatiale que l'on souhaite comprendre. Dès lors, représenter des flux sur une carte devient un compromis d'ordre cognitif, selon que l'on vise la synthèse ou l'exhaustivité, la quantité ou la qualité des détails choisis. L'analyse des flux dans l'espace conduit souvent à faire primer la représentation des volumes sur le respect des chemins spécifiquement parcourus. Ainsi, des cartes de flux présentent parfois des échanges qui cheminent hors-sol, empruntant des trajectoires virtuelles, décrochées de la réalité infrastructurelle par souci de lisibilité. Par exemple, de nombreuses représentations cartographiques des flux de commerce bilatéraux ou des migrations pendulaires sont réalisées en distances euclidiennes ou en s'appuyant des chemins, certes simplificateurs, mais irréalistes comme les détroits ou les pôles. Ces représentations hors-sol ne font pas la majorité mais elles révèlent un choix cartographique légitime.

Dans cette communication, nous proposons une méthode de cartographie adaptée, aux mobilités des produits vivriers ouest africains, entre autres, dans un contexte de rareté et de précarité des données. Leurs mobilités restent mal mesurées (Soulé et Gansari, 2010) et très peu spatialisées (Poujol, 2017) alors que la spatialisation explicite des circuits vivriers est primordiale pour renforcer la sécurité alimentaire, l'intégration économique régionale et développer les territoires (Poujol, 2016) et qu'elle permet de surcroît d'appuyer les politiques publiques de transport, d'aménagement et d'agriculture par exemple.

L'exemple choisi porte sur la circulation du niébé, une culture vivrière marchande ouest-africaine, dans le corridor de transport Ouagadougou - Accra, qui relie le Burkina Faso au Ghana. Entre ces deux pays, le niébé transite entre la zone sahélienne burkinabè, où cette légumineuse est majoritairement cultivée, et les villes ghanéennes, notamment en zone littorale. Il s'agit donc de mobilités quantifiables et matérialisables sur un réseau de transport, comme le sont des flux de personnes ou de marchandises en général.

La méthodologie développée permet une représentation cartographique spatialement explicite des flux sur la base d'une matrice Origines/Destinations désagrégée (Bahbouh et Morency, 2013) représentant les échanges. À partir d'une matrice O/D issue d'enquêtes sur le commerce du niébé (Poujol, 2017), nous calculons les itinéraires routiers en nous appuyant sur Openstreetmap. Nous encapsulons ensuite les itinéraires obtenus au sein du réseau de routes. Pour obtenir

des flux agrégés, quantifiables, et orientés, nous utilisons une chaîne de géotraitements qui préserve les attributs géométriques et thématiques des itinéraires discrets du niébé.

2. Données

Pour cartographier des flux, les données qui décrivent les échanges doivent être formalisées. À partir d'une matrice O/D carrée (*Table 1, gauche*), la transposition en lignes permet d'obtenir la table attributaire d'une couche de points (*Table 1, droite*) représentant tous les lieux (origine, transit éventuel, destination), et les attributs des échanges (nature, quantité, etc.). Les données relatives au commerce de cette légumineuse constituent une couche d'information au sein de laquelle chaque transaction comprend au minimum un couple de points (O/D) dont les attributs thématiques contiennent les mesures discrètes des flux à représenter. Les données relatives aux échanges peuvent être réelles comme simulées, et représenter des volumes ou un simple nombre d'occurrences par exemple.

TABLE 1. *Échanges de niébé, des mesures aux représentations : transposition d'une matrice O/D à la table attributaire d'une couche ponctuelle*

Vol. niébé		Destinations			FID	ID transac	Pt.	Lib.O	Lib.D	Nat.	Vol.
		Kaya	Wa	Accra							
Origines	Kaya		1000	2500	01	1	O	Kaya	Wa	niébé	1000
	Wa	0		500	02	1	D	Kaya	Wa	niébé	1000
	Accra	0	0		03	2	O	Kaya	Accra	niébé	2500
					04	2	D	Kaya	Accra	niébé	2500

Volumes en tonnes

O : Origines D : Destinations

Les mobilités du niébé présentées Table 1 se traduiront par autant de déplacements le long d'un réseau routier, des points origines jusqu'aux points destinations. Pour les figurer, nous utilisons un module SIG de calcul des plus courts chemins basé sur l'algorithme de Dijkstra (1959). Il reste possible de définir des lieux de transit comme des postes de frontière par exemple pour contraindre l'itinéraire de façon plus plausible ou plus réaliste lorsque c'est pertinent. La base de données routière utilisée pour le calcul des itinéraires est celle d'Openstreetmap, filtrée et corrigée par l'expertise du terrain. Elle est constituée en réseau topologique connecté où le coût de franchissement s'estime en temps de parcours dérivé de la qualité des routes et du mode de déplacement des éléments dont nous analysons la mobilité.

3. Méthode

Disposant d'un semis de points Origine-Destination représentant la mobilité des transactions de niébé ainsi que d'un réseau topologique représentant les routes, nous

commençons par calculer l'itinéraire parcouru par chaque cargaison de niébé, et il en résulte autant d'itinéraires que de couples origine/destination, que nous conservons sous forme de polylignes. Chaque polyligne doit disposer d'attributs relatifs à l'échange (origine, destination, nature, volume, etc.) qui décrivent les mobilités que l'on veut agréger, et à sa géométrie (direction azimutale, longueur) qui définissent comment leur superposition permet de les agréger. Ces polylignes sont ensuite fractionnées à toutes les intersections qu'elles ont entre elles, en préservant leurs attributs thématiques et en recalculant leurs attributs géométriques. Cette étape est importante pour préserver la distinction entre deux flux de même nature allant à contresens sur une même portion du réseau par exemple. Elle permet de ne pas les confondre et autorise la représentation de flux bilatéraux. Les tronçons issus du fractionnement des polylignes sont ensuite agrégés en fonction des attributs géométriques qui déterminent leur superposition réelle (même sens) ou virtuelle (contresens) en fonction de la représentation souhaitée, et les mesures relatives aux mobilités qui suivent partiellement les mêmes chemins peuvent être ajoutées.

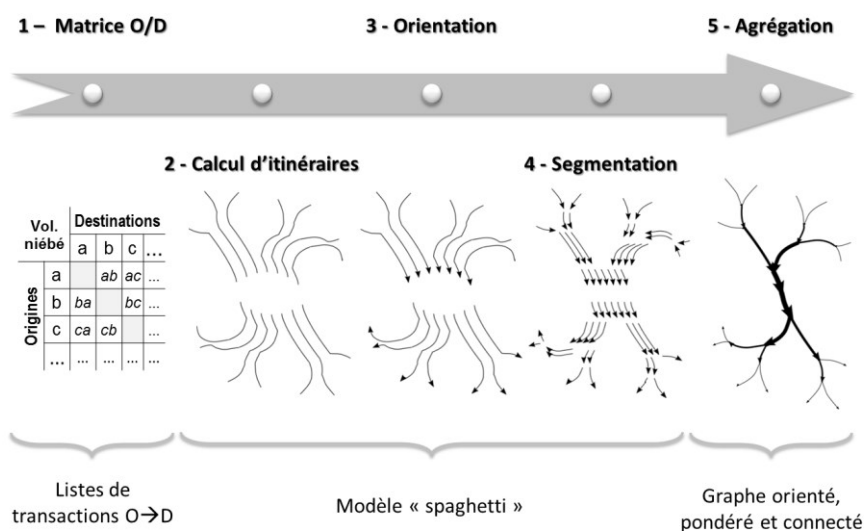


FIGURE 1. Géo-traitements : des matrices d'échanges aux flux agrégés sur les polylignes du réseau routier

Il en résulte un ensemble de polylignes valuées, et possiblement superposées en cas de flux en sens opposés sur un même tronçon. Elles permettent de représenter le flux à travers une expression ponctuelle de sa mesure dans un sens donné (volume de niébé passant par tel point du réseau routier, nombre de transactions, etc.).

4. Résultats

Pour réaliser une cartographie de flux à partir des polygones fragmentées, certaines contraintes doivent toutefois être résolues. D'abord, l'échelle et la représentativité des flux doivent être définies au préalable afin de ne pas garder de volumes trop réduits ou d'itinéraires trop sinueux. Pour cela, nous avons filtré les résultats en éliminant les valeurs agrégées les plus faibles (inférieures à 2% du flux max.) et en simplifiant la sinuosité des tracés selon un rayon de 5 kilomètres pour limiter la lourdeur visuelle. Ces seuils de filtrage sont arbitraires et doivent être évalués en fonction des contraintes réelles afin de ne pas fusionner ou supprimer des chemins dont la distinction ou la lisibilité seraient capitales. Ainsi, ils améliorent respectivement la significativité et la lisibilité des flux représentés.

À partir des résultats obtenus, il est dès lors possible de cartographier un flux de façon automatique, générique et reproductible¹, dans les deux sens de chaque tronçon du réseau routier. Il faut appliquer une fonction de décalage du tracé cartographique - existante sous Qgis ou Arcgis - pour que les doubles sens apparaissent, lors de la définition de la symbologie. Bien que plus lourde, une représentation en superposition est également envisageable, si l'on applique des fonctions de transparence par exemple.

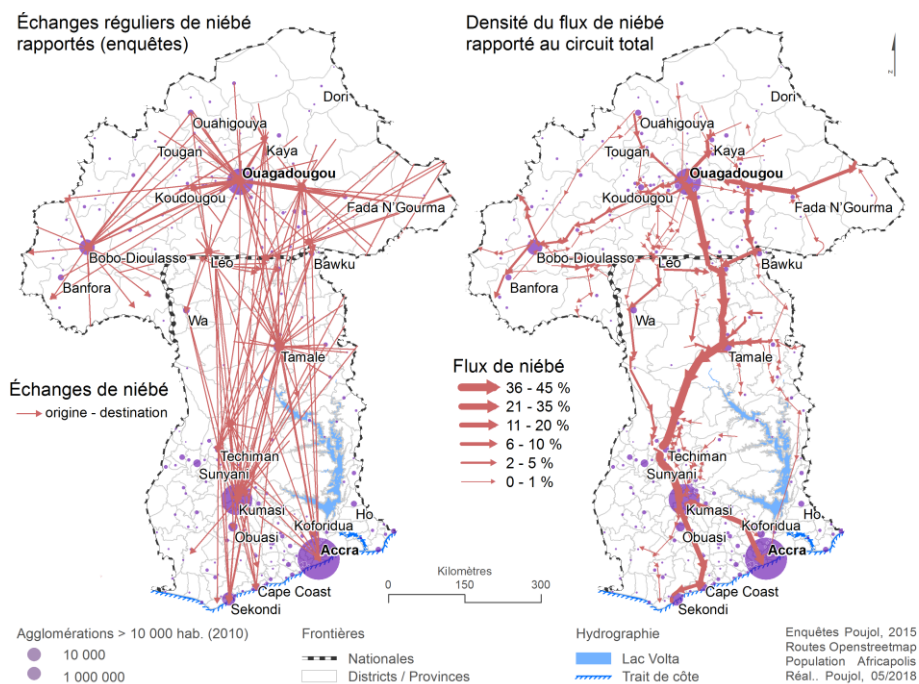


FIGURE 2. La route du niébé du Burkina Faso au Ghana : des échanges aux flux

¹ Modulo un paramétrage des seuils cohérent avec le besoin cartographique attendu.

5. Conclusions

Le problème de la cartographie des flux reste donc leur superposition, et la difficulté de les représenter de façon lisible. La conception de modes de représentation n'est pas aisée, tout comme la disponibilité d'objets géométriques pertinents pour figurer leur trace. Par commodité, dans les représentations cartographiques de flux commerciaux par exemple, les mobilités sont souvent décrochées des infrastructures qu'elles empruntent. Les cartes produites représentent ainsi des flux dématérialisés, et deviennent alors peu indicatrices des parcours. Openstreetmap propose une couverture des routes internationale, évolutive et gratuite. Très détaillée dans les pays occidentaux, elle est parfois très perfectible ailleurs mais reste souvent acceptable. Aussi, les outils de géo-traitement disponibles permettent également de réaliser simplement des cartes spatialement explicites qui ouvrent le débat sur un besoin en termes de développement logiciel pour rendre accessible ce type de représentations. Nous pouvons ainsi interpeler la communauté géomatique sur la possibilité d'exploiter l'abondance de données et de géo-traitements à sa disposition pour réaliser des cartes de flux qui proposent un compromis innovant et judicieux entre exhaustivité et synthèse.

Bibliographie

- Bahboub K. and Morency C. (2013). *Encapsulating and visualizing disaggregated Origin-Destination desire lines to identify demand corridors*, Transportation Research Record n°2430, pp 162-169.
- Bahoken F. (2016). *Contribution à la cartographie d'une matrice de flux*. Thèse en Géographie - Sciences des territoires, Université Paris 7 Diderot.
- Dijkstra E. W. (1959). *A note on two problems in connexion with graphs*, Numerische Mathematik n°1, pp 269-271.
- Poujol G. (2016). *The Ouagadougou Accra Corridor : spatial inclusion through staple food crops*, A New Emerging Rural World n°2, pp 62-63.
- Poujol G. (2017). *Les circuits vivriers du corridor Ouagadougou – Accra : conditions d'un développement inclusif*. Thèse en Géographie et aménagement de l'espace, Université Paul Valéry Montpellier III.
- Soulé B. G. et Gansari S. (2010). *La dynamique des échanges régionaux des céréales en Afrique de l'Ouest*, Michigan State University - Syngenta.