



HAL
open science

Calcul d'un indice d'accessibilité routière moyenne

Matthieu Viry, Timothée Giraud, Marianne Guérois, Ronan Ysebaert, Nicolas Lambert, Amel Feredj

► **To cite this version:**

Matthieu Viry, Timothée Giraud, Marianne Guérois, Ronan Ysebaert, Nicolas Lambert, et al.. Calcul d'un indice d'accessibilité routière moyenne. [Rapport de recherche] RIATE - Réseau interdisciplinaire pour l'Aménagement et la Cohésion des Territoires de l'Europe et de ses voisinages CNRS - CGET - Université Paris Diderot. 2016. hal-03589035

HAL Id: hal-03589035

<https://hal.science/hal-03589035v1>

Submitted on 25 Feb 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

7. Calcul d'un indice d'accessibilité routière moyenne

RÉSUMÉ

Ce rapport technique décrit le calcul d'une mesure d'accessibilité routière prenant en compte la répartition de la population et restituée par deux indices : un temps de parcours moyen (en minutes) et une vitesse moyenne (en kilomètre/heure).

Ces deux indices diffèrent notamment de par la plus faible importance accordée à la taille des régions dans le second indice, permettant notamment de mieux restituer la performance du réseau routier.

AUTEURS

Matthieu Viry, Timothée Giraud, Marianne Guérois,
Ronan Ysebaert, Nicolas Lambert, Amel Feredj
(UMS RIATE)

EXPERTS

Sophie de Ruffray (UMR IDEES),
Grégory Hamez (LOTERR)

**TYPOLOGIE SOCIO-ÉCONOMIQUE DES RÉGIONS FRONTALIÈRES
DE L'UNION EUROPÉENNE (2000-2012)**

Étude commanditée par le Commissariat Général à l'Égalité des Territoires

TABLE DES MATIÈRES

1	Éléments préalables	2
1.1	Données nécessaires.....	2
1.2	Outils utilisés.....	2
1.3	Informations sur les outils utilisés.....	2
2	Le calcul des deux indicateurs	3
2.1	Définitions	3
2.2	Méthode proposée	4
2.3	Résultats obtenus	5
3	Interprétation et représentation	7
3.1	Interprétation des résultats obtenus	7
3.2	Proposition de représentation cartographique suivant l'échelle utilisée	7
	Bibliographie	14

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1	- Schéma de la méthode utilisée (temps moyen en minutes)	3
Figure 2	- Schéma de la méthode utilisée (vitesse moyenne en km/h).....	4
Figure 3	- Extraits d'une série de cartes illustrant l'accessibilité moyenne de deux régions vers ses voisines.....	8
Figure 4	- Accessibilité routière (<i>temps de parcours</i>) des régions frontalières contiguës.....	9
Figure 5	- Accessibilité routière (<i>performance du réseau</i>) des régions frontalières contiguës	10
Figure 6	- Mise en perspective de la performance du réseau routier via la localisation des points de passages	11
Figure 7	- Accessibilité euclidienne et routière d'une portion de territoire	12
Figure 8	- Effets de la prise en compte de la répartition de la population dans le calcul de performance du réseau routier, frontière Pologne/République Tchèque.....	13

1 Éléments préalables

1.1 Données nécessaires

Cadre général :

- Une extraction des données OSM au format *.osm.pbf* ou *.osm* d'une emprise supérieure ou égale à l'espace d'étude.
- Un fichier contenant les entités géographiques de référence de l'espace d'étude (fichier shapefile de polygones).
- Un fichier contenant des informations géo-référencées sur la population.

Données utilisées dans l'exploration présentée :

Une extraction des données OSM de l'emprise de l'Europe (téléchargeable sur <http://download.geofabrik.de/europe.html>, le fichier utilisé a été récupéré au format *osm.pbf* et porte le *timestamp* du 03/11/2015¹).

- Les limites des entités NUTS2/3 de référence (en provenance d'EuroGeographics).
- Le jeu de données carroyées GEOSTAT 2011 permettant d'obtenir des informations sur la localisation de la population.

1.2 Outils utilisés

- L'engin de routage OSRM2 (→ préparation des données OSM et calculs des parcours).
- SpatiaLite et sa bibliothèque partagée (→ stockage des données de population).
- Un environnement Python 3 (→ interface avec la BD et l'instance OSRM, traitements SIG).

- Des outils supplémentaires et réutilisables ont été utilisés sous forme de script python et/ou de scripts R (interface python / OSRM, interface R / OSRM, accrochage des points sur un réseau de ligne prédéfini).

La chaîne de traitement a été testée sous GNU/Linux et MS Windows.

1.3 Informations sur les outils utilisés

L'engin de routage OSRM se charge de transformer le fichier OSM fourni en données utilisables pour le routage. Ces données routables sont préparées ici selon la méthode de la contraction des hiérarchies³, permettant des temps de calculs très nettement réduit par rapport à une préparation traditionnelles. Les informations obtenues concernent alors le parcours le plus court. Les données ainsi préparées sont mise à disposition via une API⁴ interrogeable par le protocole http.

¹ 2015-11-03T22:23:02Z

² <https://github.com/Project-OSRM/osrm-backend>

³ Voir notamment la thèse sur laquelle se base le concept :

http://algo2.iti.kit.edu/documents/routeplanning/geisberger_dipl.pdf

⁴ <https://github.com/Project-OSRM/osrm-backend/wiki/Server-api>

2 Le calcul des deux indicateurs

2.1 Définitions

Le **premier indice** (Figure 1) est dérivé de l'indice de distance moyenne entre habitant décrit par Le Néchet (2011) et visant notamment à caractériser la dispersion ou la concentration de la population ou la structure spatiale d'un pays (Grasland, 2008 *in* Le Néchet, 2011).

Il peut être appliqué, dans le cas de l'espace étudié, afin d'obtenir une distance-temps moyenne entre les habitants des régions frontalières.

Dans le cas de deux régions **A** et **B** pour lesquelles on disposerait de la population pour chacune des entités **i** et **j** qui les composent respectivement, le calcul de cette distance-temps $D(n,m)$ prendrait la forme :

$$D(A,B) = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M dt_{ij} \cdot P_i \cdot P_j}{\sum P_i \cdot P_j}$$

Avec :

N le nombre d'entités **i**, situées dans la région **A**

M le nombre d'entités **j**, situées dans la région **B**

P_i et **P_j** les populations respectives de **i** et de **j**

dt_{ij} la distance routière par le plus court chemin entre les centrides de **i** et **j** (cette distance devant être symétrique).

→ L'indicateur obtenu décrit ainsi, pour chaque couple de NUTS2/3 choisi, **le temps moyen en minutes** pour rejoindre un habitant situé dans un autre NUTS2/3.

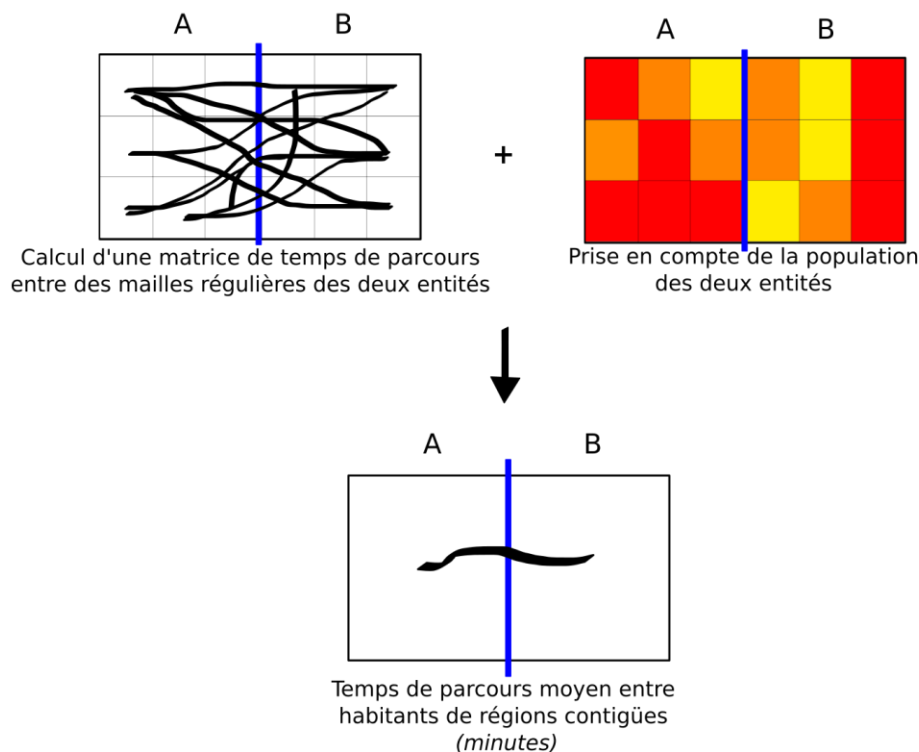


Figure 1 - Schéma de la méthode utilisée (temps moyen en minutes)

Le **second indice** (Figure 2) utilise une méthodologie proche de celle employée précédemment mais vise à obtenir, pour chaque couple de régions NUTS2/3 choisies, la vitesse moyenne entre deux habitants.

Dans le cas de deux régions **A** et **B** pour lesquelles on disposerait de la population pour chacune des entités **i** et **j** qui les composent respectivement, le calcul de cette vitesse moyenne $V(A,B)$ prendrait la forme :

$$V(A,B) = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \frac{dt_{ij}}{dc_{ij}} \cdot P_i \cdot P_j}{\sum P_i \cdot P_j}$$

Avec :

N le nombre d'entités **i**, situées dans la région **A**

M le nombre d'entités **j**, situées dans la région **B**

P_i et **P_j** les populations respectives de **i** et **j**

dt_{ij} la distance routière par le plus court chemin entre les centroides de **i** et **j** (cette distance devant être symétrique).

dc_{ij} la distance euclidienne entre les centroides de **i** et **j**

→ L'indicateur obtenu décrit ainsi, pour chaque couple de NUTS2/3 choisi, la **vitesse moyenne en km/h** correspondant à celle permettant de rejoindre deux habitants situés dans NUTS2/3 voisins.

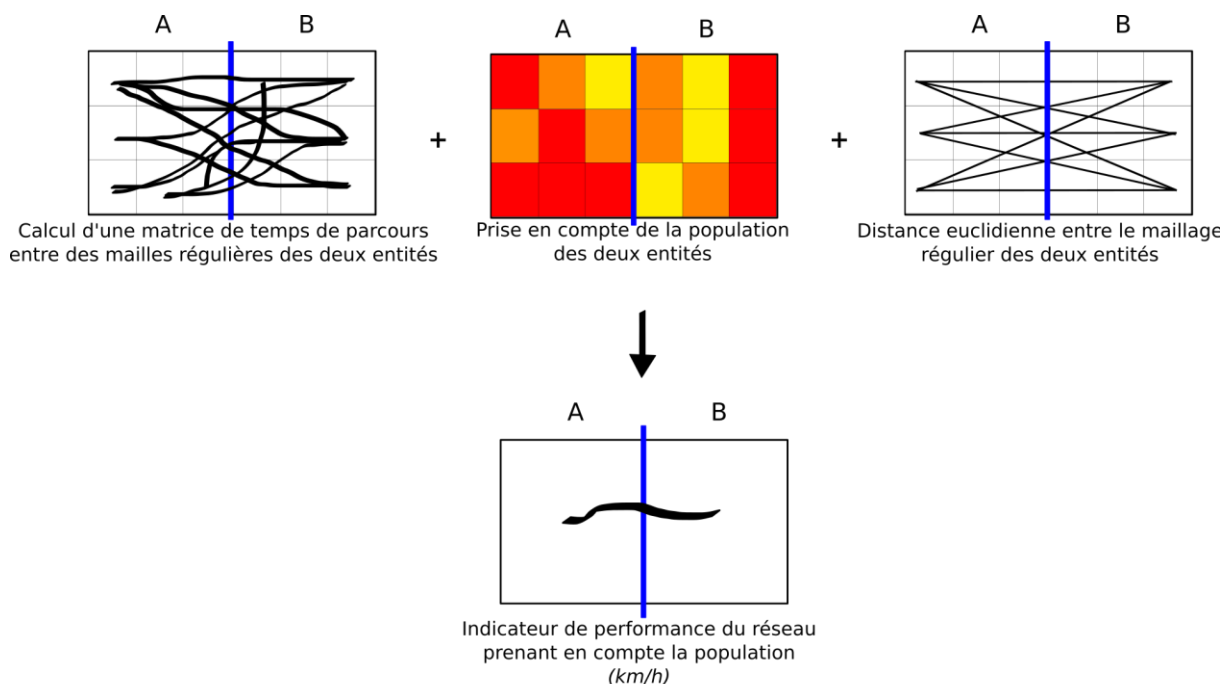


Figure 2 - Schéma de la méthode utilisée (vitesse moyenne en km/h)

2.2 Méthode proposée

La méthode retenue afin de prendre en compte la population de la bande transfrontalière ne se base pas sur le découpage des LAU2 et la population qui leurs est attribuées mais elle repose sur le jeu de données carroyées GEOSTAT mis à disposition par Eurostat⁵ et permettant d'obtenir des informations spatialisées, précises et récentes (2011) sur la population tout en s'affranchissant de l'obtention de la géométrie des entités de niveau LAU1 ou LAU2.

⁵ Ce jeu de données est librement utilisable/diffusable/modifiable, toutefois les données de population qui y apparaissent appartiennent à leurs instituts statistiques nationaux de référence.

Les données de population de ce jeu de données carroyées proviennent des instituts statistiques nationaux (base GEOSTAT) ou ont été modélisées dans les cas où les instituts n'ont pas été en mesure de les fournir (base JRC-GHSL_AIT⁶).

Afin de correspondre à la puissance de calcul des machines utilisées (et notamment pour ne pas multiplier les requêtes, déjà nombreuses, à l'engin de routage), cette grille a été simplifiée à un maillage de 5km.

Chacun de ces carreaux a été affecté de l'identifiant de l'entité NUTS2/3 lui correspondant (via la localisation de son centroïde) et ce sont ces centroïdes qui vont ainsi être utilisés comme points de départ/arrivée pour les calculs de parcours avec OSRM et permettre une pondération par la valeur correspondant à la population abritée par le carreau.

La localisation de certains de ces centroïdes s'est avérée problématique pour une utilisation directe par l'engin de routage; nécessitant alors d'accrocher ces points sur des tronçons du réseau routier pour lesquels la possibilité de routage est plus élevée. Cette manipulation a été automatisée (cf. script *snappage_point_reseau.py*), toutefois des lieux ont pu continuer à rester inutilisables avec l'engin de routage, ils n'ont alors simplement pas été pris en compte dans le calcul (après vérification du faible stock de population représenté par ces différents carreaux non utilisés, ces derniers étant généralement situés dans des zones, montagneuses ou particulièrement isolées). Ces lieux sont au nombre de 3 : ils sont situés dans 2 régions différentes (NO073 et SE331) et concernent un total de 84 habitants.

D'autre part le calcul de la vitesse moyenne du second indicateur utilise la distance euclidienne entre les centroïdes des lieux d'arrivée et de départ (plutôt que la distance routière réelle). Ce choix s'est opéré en raison de la disponibilité immédiate de cette valeur (en effet seule la distance-temps est générée par l'outil *table* d'OSRM, le calcul de chacune des distances routières associées aurait engendré de nombreux calculs).

2.3 Résultats obtenus

La première table obtenue restitue le résultat calculé (en minutes) pour chaque paire de régions NUTS2/3 et indique également le nombre de lieux sur lequel est basé ce calcul (Tableau 1).

ID couple	ID_a	ID_b	Temps (min)	Nb lieux utilisés	Nb lieux non-pris en compte par OSRM
ES513-FR623	ES513	FR623	224.36	652	0
DE804-FR717	DE804	FR717	268.59	307	0
ITC43-CH01	ITC43	CH01	232.42	290	0
FR221-DE501	FR221	DE501	223.89	472	0
DE809-FR412	DE809	FR412	237.35	363	0
CH07-ITH20	CH07	ITH20	187.64	317	0
RO321-BG314	RO321	BG314	183.46	154	0
HU211-HR044	HU211	HR044	151.32	214	0
BG422-RO321	BG422	RO321	338.54	213	0
NL13-DE101	NL13	DE101	281.02	272	0
CZ053-DE1401	CZ053	DE1401	197.93	326	0
LI00-ITC47	LI00	ITC47	237.41	187	0
ES511-FR623	ES511	FR623	237.06	593	0
DE507-FR301	DE507	FR301	202.49	347	0

Tableau 1 - Extrait de la table des temps de parcours moyens obtenue en sortie

⁶ Ce cas de figure concerne les pays/localités suivantes : CY, IS, LU, Bosnie-Herzégovine, Serbie, Monténégro, l'ancienne république Yougoslave de Macédoine, Andorre, l'île de Man, Monaco, San Marino et le Vatican.

Les deux dernières colonnes sont présentes au titre d'information sur la donnée calculée et indiquent les éventuels lieux non-pris en compte dans les calculs d'itinéraires, tels qu'évoqués dans la sous-partie précédente.

Ce calcul, initialement réalisé pour les couples de régions contiguës et situées dans deux pays différents, a été étendu à l'ensemble des régions composant la bande transfrontalière, représentant ainsi 42050 couples de régions. Les données à disposition permettent de reproduire ce calcul à l'ensemble de l'Europe, permettant par exemple de construire une matrice similaire entre l'ensemble des NUTS3.

La seconde table obtenue en sortie restitue la vitesse moyenne (en kilomètre/heure) pour chaque paire de régions NUTS2/3 (Tableau 2) :

ID couple	ID_a	ID_b	Vitesse moyenne (km/h) pondérée par la population	Nb lieux utilisés	Lieux non pris- en compte par OSRM
HU221-AT11	HU221	AT11	51.96	312	0
HU222-AT11	HU222	AT11	46.681	288	0
SI01-AT11	SI01	AT11	57.50	634	0
SK010-AT11	SK010	AT11	54.80	235	0
CZ031-AT12	CZ031	AT12	53.76	1174	0
SK010-AT12	SK010	AT12	60.10	842	0
SK021-AT12	SK021	AT12	61.253	932	0
ITH33-AT21	ITH33	AT21	48.69	457	0

Tableau 2 - Extrait de la table des vitesses moyennes obtenue en sortie

3 Interprétation et représentation

3.1 Interprétation des résultats obtenus

Les résultats obtenus grâce au premier indice nous informent, étant donné la répartition de la population dans une région A de la proximité, par voie routière, de la population d'une région voisine B (dont la répartition de la population est également prise en compte).

Ce calcul **prend en considération la répartition de la population au sein des entités étudiées** et permet ainsi un résultat plus fin que les calculs d'accessibilité prenant seulement en compte la distance entre leurs centroïdes. En effet, toutes choses étant égales par ailleurs, une région d'une surface très importante, mais dont l'ensemble de la population serait regroupée près de la frontière présenterait un même temps de parcours que si sa surface se trouvait réduite à l'endroit seul où réside sa population.

La **surface des régions étudiées** reste toutefois un facteur important, ces dernières pouvant, ou non, selon leur taille, capter des métropoles parfois situées relativement loin de la frontière et présentant un fort stock de population.

Pour tenter de minimiser ce dernier facteur, le second indice s'attache, sur la base des mêmes paramètres d'entrée, à la vitesse moyenne correspondante à celle d'un véhicule rejoignant deux habitants de régions voisines. Cette **vitesse moyenne** (obtenue, pour chaque parcours permettant le calcul de la valeur d'un couple de régions, en divisant le temps de parcours par la distance euclidienne entre le point d'arrivée et de départ) **prend en compte la répartition de la population mais rend mieux compte de la performance du réseau mettant en relation deux régions**. Il est en effet possible de constater que des tronçons de frontières présentant des temps de parcours élevé (frontière Espagne/Portugal et frontières des pays scandinaves par exemple) présentent également des vitesses moyennes élevées : il s'agit alors de régions de taille importante mais donc le réseau routier est performant, phénomène ne pouvant pas apparaître avec le premier indice calculé en minutes. La prise en compte de la distance euclidienne (et non pas de la distance routière réelle).

De plus, la prise en compte de la répartition de la population lors de ce calcul permet de donner plus de poids aux trajets dont la population qu'ils rejoignent est importante ; c'est cette étape qui permet de passer d'une performance « brute » du réseau à une valeur ayant un sens par rapport aux portions du réseau empruntées par la population résidant dans les régions considérées (voir Figure 7 et Figure 8 pour une illustration de l'intérêt de la méthode).

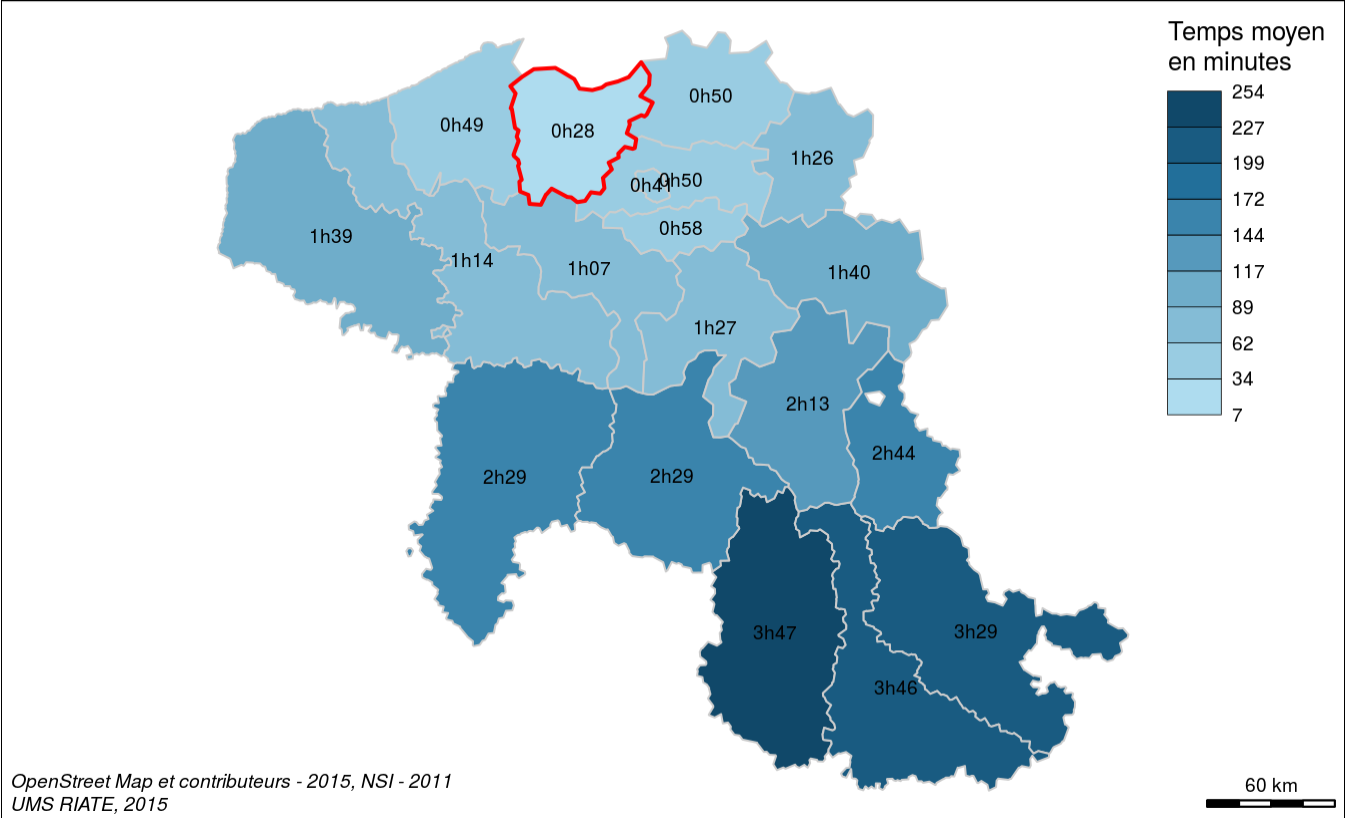
3.2 Proposition de représentation cartographique suivant l'échelle utilisée

A une **échelle fine** (limitant ainsi le nombre de régions observées), il est possible de représenter l'information par une série de cartes présentant successivement l'information pour chacune des régions observées (Figure 3).

La région observée, disposant ici d'un contour rouge, comporte le temps moyen nécessaire pour accéder à la population présente sur son territoire. De manière analogue, un temps de parcours est présent sur chacune des autres régions, et indique le temps moyen nécessaire à rejoindre sa population par la route.

A une échelle plus importante il est possible de représenter cette information directement sur les tronçons de frontière, de la même manière que les densités de points de passage calculées précédemment, en faisant par exemple varier la couleur selon le temps à représenter (Figure 4). C'est également une représentation du même type qui est proposée pour représenter la performance du réseau (Figure 5), cette représentation, par couple de régions contigües ne doit toutefois pas masquer le fait que les parcours ayant servis au calcul peuvent avoir emprunté des trajets quittant le territoire des 2 régions considérées (c'est notamment le cas pour les tronçons de frontière ne présentant pas de point de passage).

Distance moyenne entre les habitants de BE23 et les habitants des autres régions



Distance moyenne entre les habitants de BE33 et les habitants des autres régions

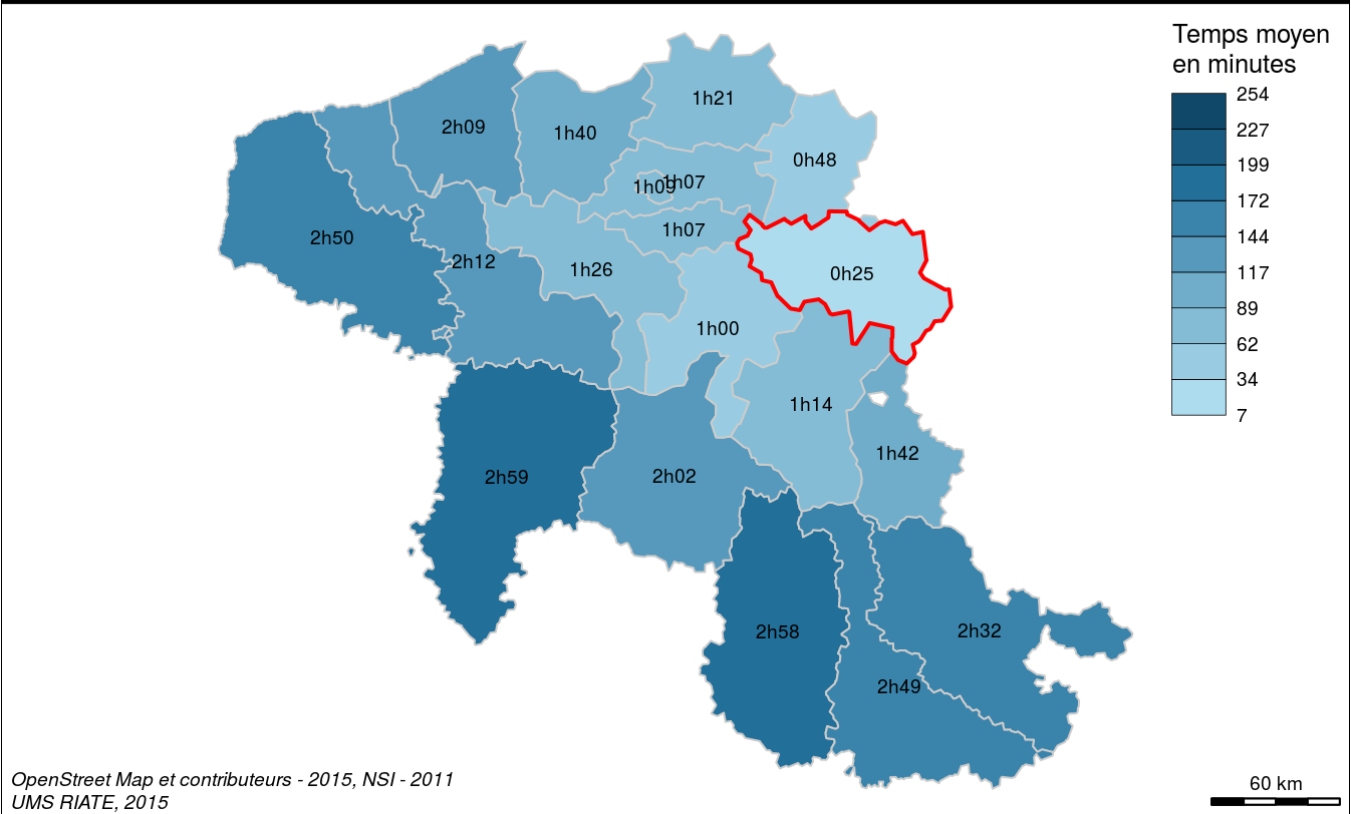


Figure 3 - Extraits d'une série de cartes illustrant l'accessibilité moyenne de deux régions vers ses voisines

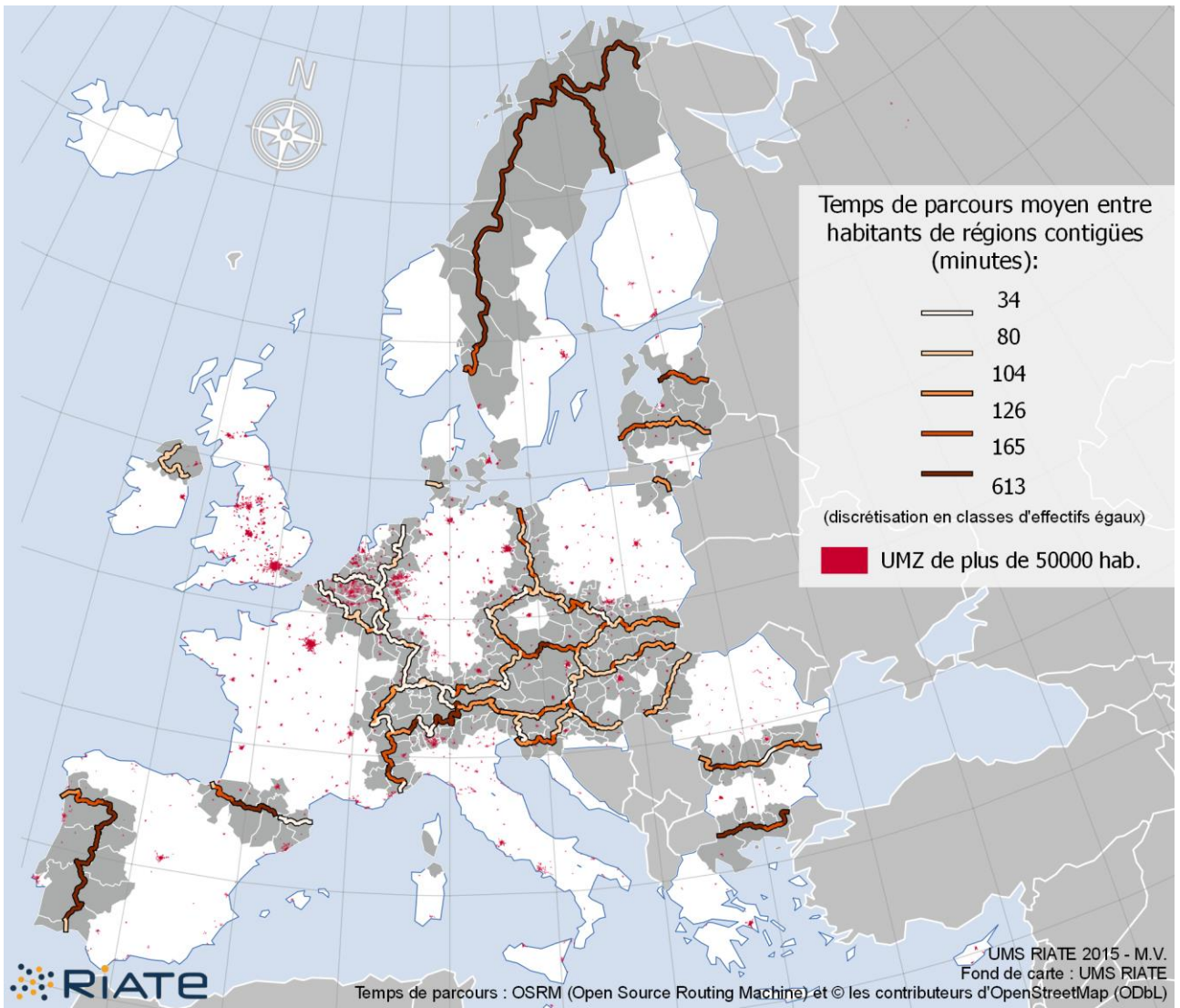


Figure 4 - Accessibilité routière (*temps de parcours*) des régions frontalières contiguës

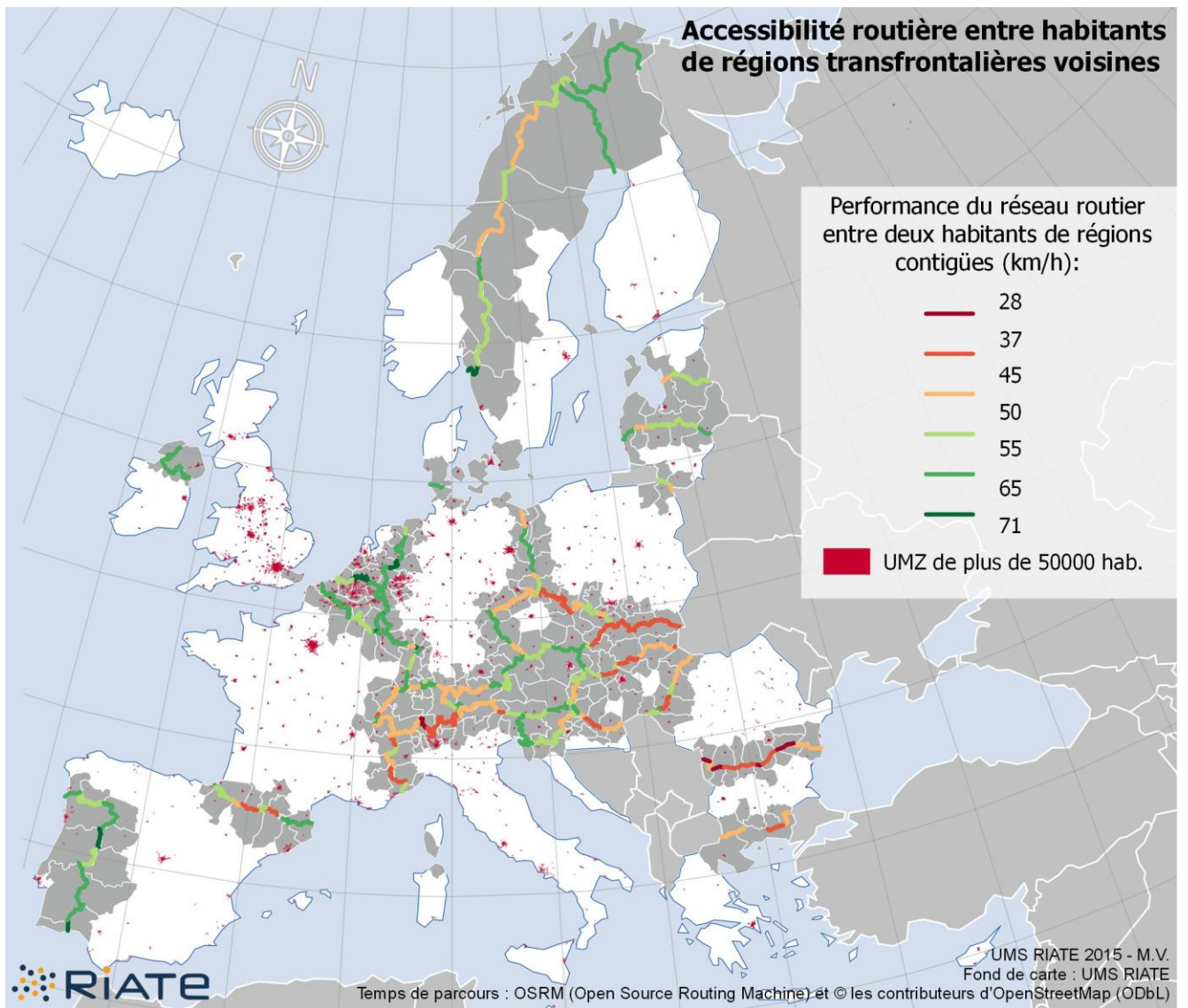
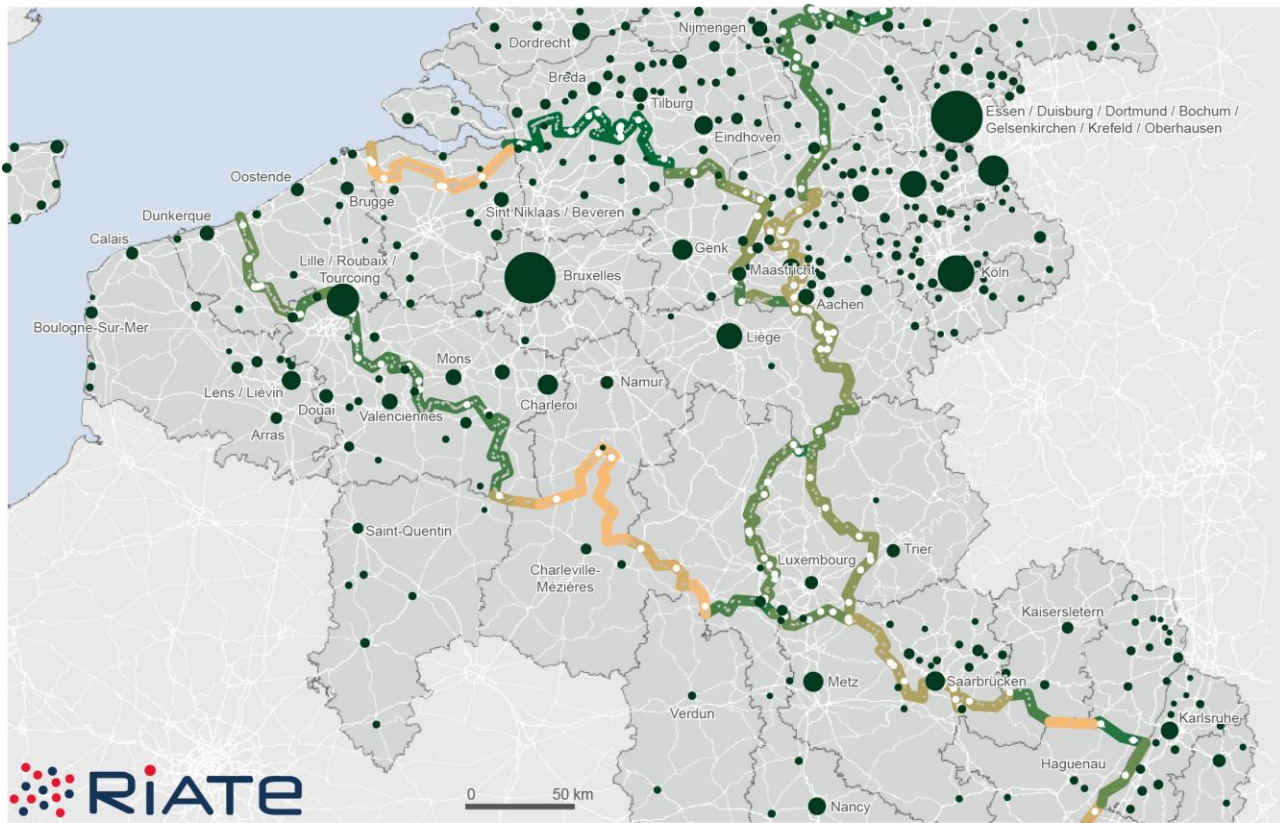
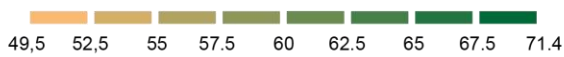


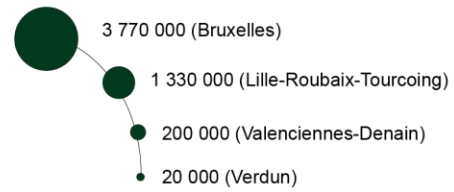
Figure 5 - Accessibilité routière (*performance du réseau*) des régions frontalières contigües



Performance du réseau routier entre deux habitants de régions frontalières contigües (km/h)



Population des agglomérations frontalières, 2001



Points de passage frontaliers

- Points de passage frontaliers des routes principales (*motorway, trunk, primary*)
- Points de passage frontaliers des routes secondaires (*secondary, tertiary, road, unclassified*)

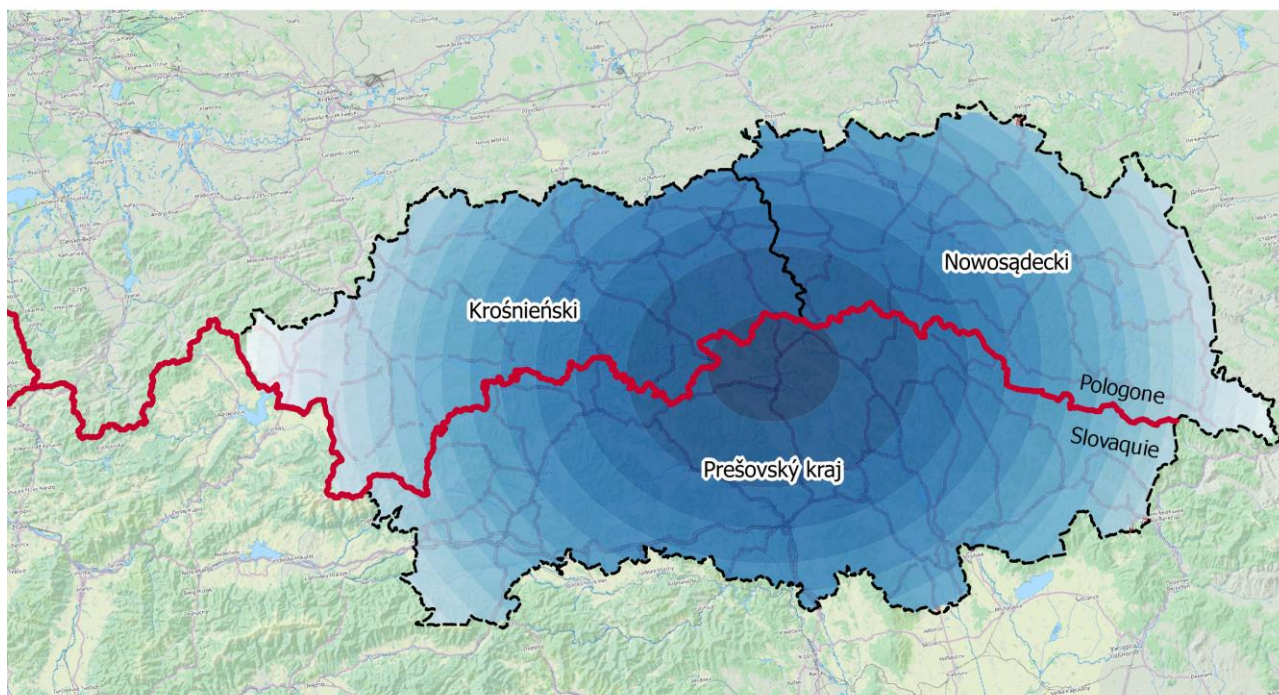
NB : Le réseau routier principal est représenté par un linéaire blanc sur le fond de carte.

Etude typologie socio-économique des régions frontalières de l'Union Européenne (2000-2012)
Ronan Ysebaert, UMS RIATE, 2016

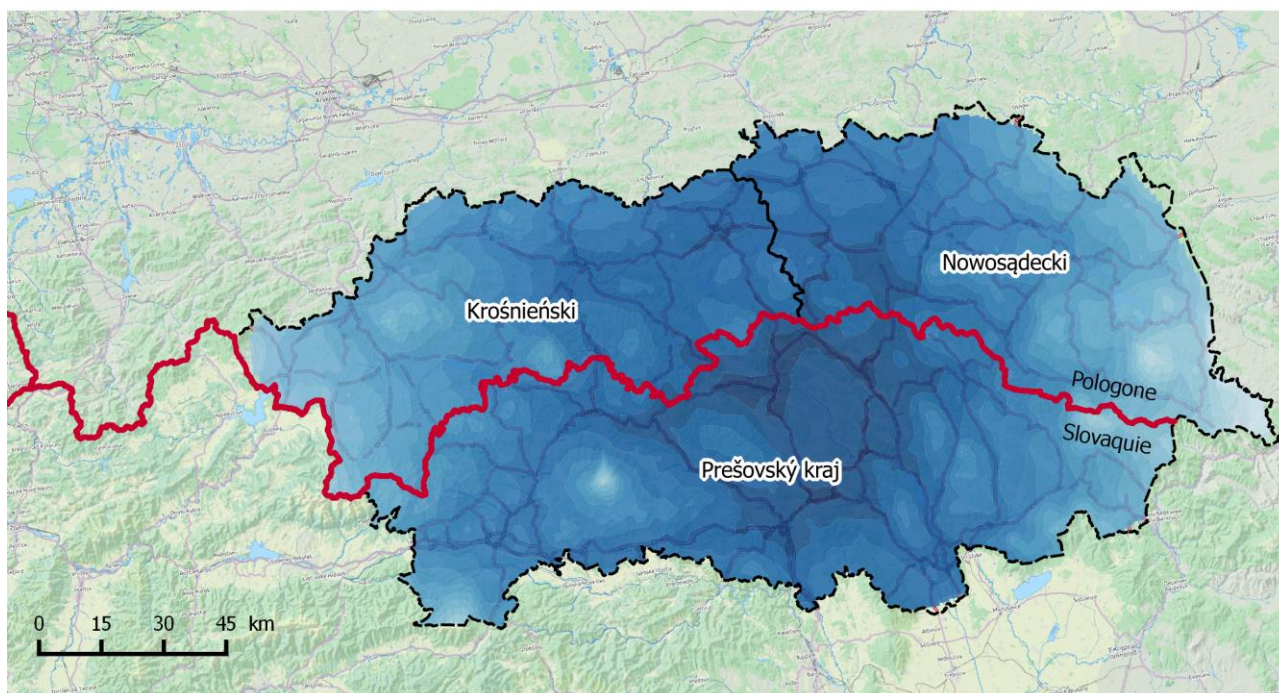
Source des données : UMS RIATE, EEA / ESPON Database, OpenStreetMap, 2016
Fond de carte : OSM, 2016

Figure 6 - Mise en perspective de la performance du réseau routier via la localisation des points de passages

Accessibilité géométrique moyenne à l'ensemble du territoire



Accessibilité routière moyenne à l'ensemble du territoire



Limite de la zone considérée pour le calcul
 Frontière entre deux États de l'UE

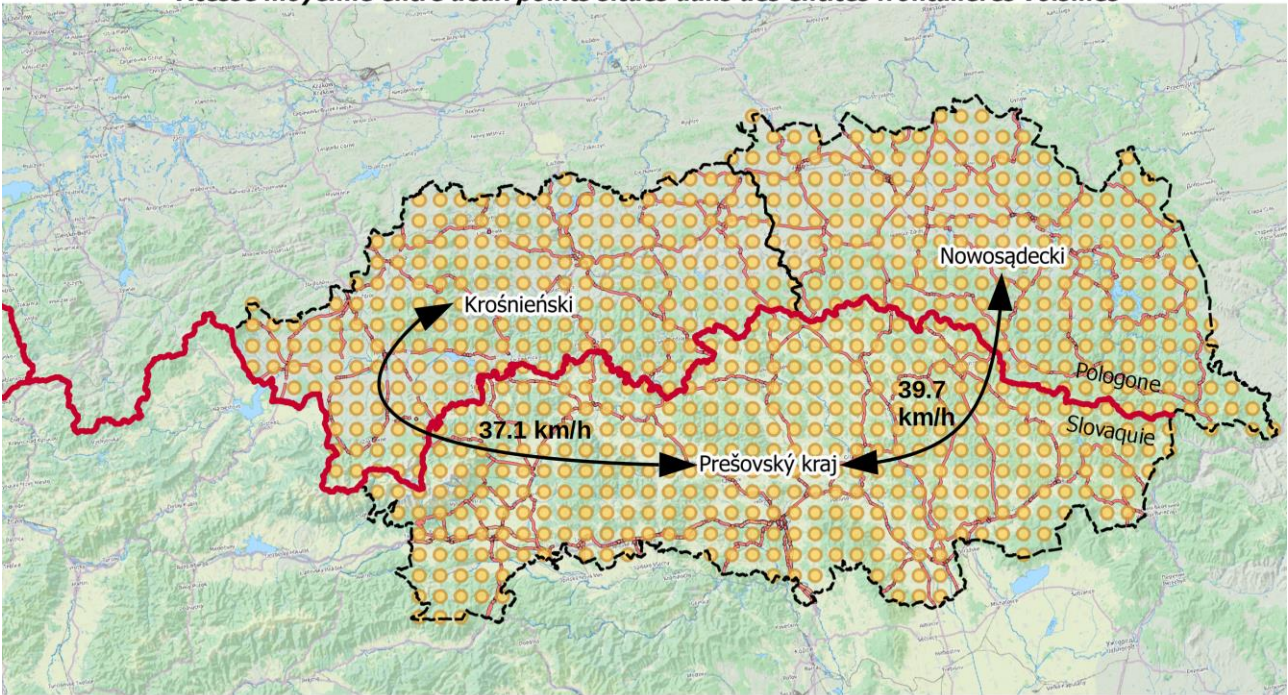


Fond de carte : © les contributeurs OpenStreetMap - Temps de parcours routiers : OSRM (Open Source Routing Machine) et © les contributeurs OpenStreetMap

Figure 7 - Accessibilité euclidienne et routière d'une portion de territoire

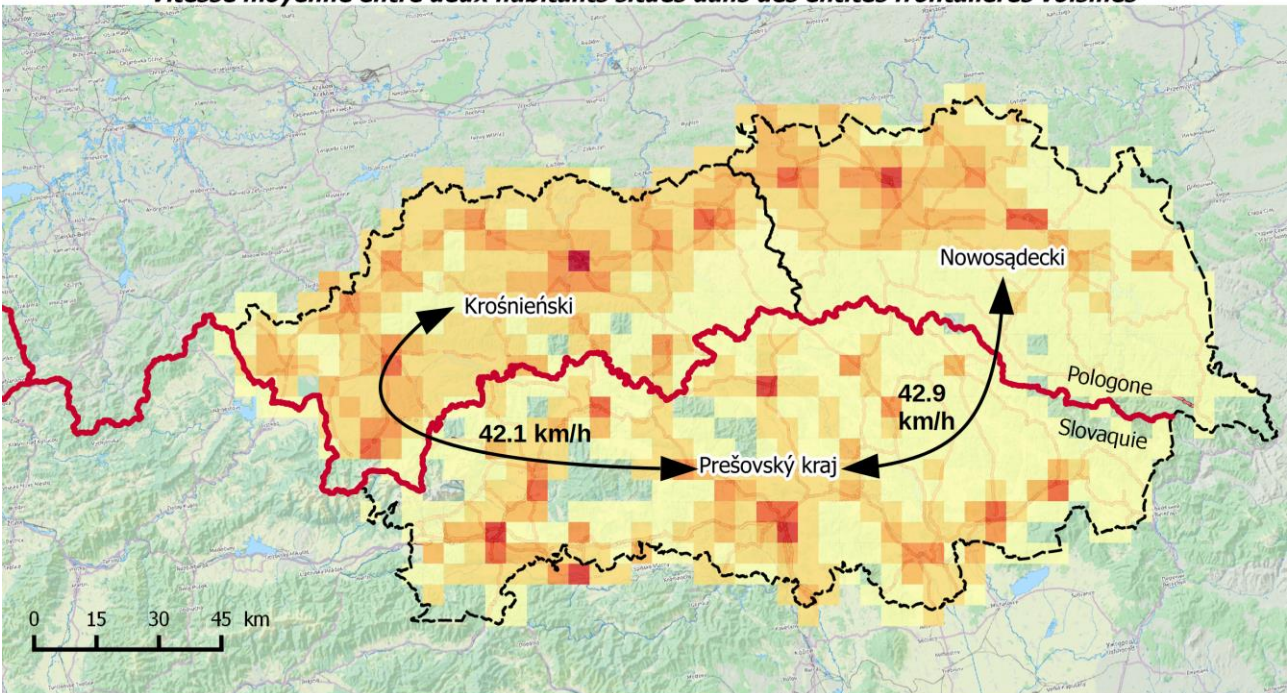
Performance du réseau routier

Vitesse moyenne entre deux points situés dans des entités frontalières voisines

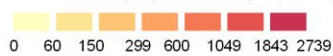


Performance du réseau routier prenant en compte la répartition de la population

Vitesse moyenne entre deux habitants situés dans des entités frontalières voisines



Densité de population (hb/km²)



40
km/h Vitesse moyenne

▭ Limite de la zone considérée pour le calcul

— Frontière entre deux États de l'UE

RIATE

UMS RIATE - 2015 - MV

Grille de population : Eurostat, EFGS (2011)

Fond de carte : © les contributeurs OpenStreetMap - Temps de parcours routiers : OSRM (Open Source Routing Machine) et © les contributeurs OpenStreetMap

Figure 8 – Effets de la prise en compte de la répartition de la population dans le calcul de performance du réseau routier, frontière Pologne/République Tchèque

Bibliographie

Florent Le Néchet, « Consommation d'énergie et mobilité quotidienne selon la configuration des densités dans 34 villes européennes. », *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, document 529, mis en ligne le 18 mai 2011, consulté le 29 septembre 2015. URL : <http://cybergeo.revues.org/23634> ; DOI : 10.4000/cybergeo.23634

Claude Grasland, « Le modèle URBAX : Essai de modélisation de l'inégale accessibilité routière des villes françaises de plus de 20 000 habitants », UMR Géographie-Cités, Université Paris VII, 21p.



CE QU'IL FAUT RETENIR...

- Ces deux **indices d'accessibilité** sont respectivement **une mesure de distance-temps et une mesure de vitesse moyenne prenant en compte la population et sa répartition.**
- La méthode de calcul utilisée permet d'obtenir **une valeur unique pour un couple de régions**, ne reflétant pas l'éventuelle différence entre les sens de circulation « aller » et « retour ».
- Le calcul d'un indice de ce type est **facilement reproductible** à d'autres échelles ou sur un espace d'une emprise différente, à condition de disposer des informations de population souhaitées dans un maillage adapté et permettant un regroupement à l'échelon supérieur (population LAU2 et découpage NUTS3 correspondant, ou comme ici grille de population à superposer avec un découpage personnalisé NUTS2/3).
- Les deux indices prennent en compte la répartition de la population, toutefois **le second indice**, sous la forme d'une vitesse moyenne (exprimée en km/h), **reflète mieux les capacités de communication entre deux régions** (et notamment la performance du réseau) et la valeur obtenue est ainsi moins dépendante du peuplement des régions étudiées (ce phénomène peut notamment être constaté pour les frontières Espagne/Portugal ou les frontières des scandinaves).
- C'est pour le **Benelux** et dans une moindre mesure entre l'Espagne et le Portugal, l'Autriche et ses pays voisins et entre l'Italie et la Slovaquie que le **niveau d'accessibilité frontalière par le réseau routier est la plus élevée.**
- **Les barrières physiques naturelles** comme les principaux **fleuves** (Danube) ou les massifs montagneux (Alpes, Carpates, Pyrénées ; Ardennes dans une moindre mesure) **affectent significativement le niveau d'accessibilité routière frontalière.**