

Analyse comparative de la résilience des réseaux routiers urbains : Sherbrooke et Regina

Ibrahimakhalil Mbacke

M.Sc. Géographie – Spécialisation SIG et analyse spatiale

Courriel : ibrahimakhalilmbacke2000@gmail.com

Date : octobre 2025

1. Méthodologie

1.1. Données et préparation

Les données routières ont été extraites d'**OpenStreetMap** à l'aide du package **osmdata** sous R.

Les couches retenues comprennent les routes principales, secondaires, tertiaires et résidentielles, reprojetées en coordonnées **UTM (EPSG:32198)** pour permettre le calcul précis des longueurs et des distances.

Chaque réseau a été converti en **graphe dirigé pondéré** où :

- Les **nœuds** représentent les intersections,
- Les **arêtes** représentent les segments routiers,
- Les **poids** correspondent aux longueurs réelles des segments.

1.2. Analyse de centralité

La **centralité d'intermédiation (betweenness)** a été calculée pour chaque segment afin d'identifier les axes les plus structurants du réseau.

Une valeur élevée indique une route essentielle par laquelle transitent de nombreux trajets — donc un **point critique** susceptible d'engendrer une forte perturbation en cas de fermeture.

1.3. Simulation de perturbation

Deux scénarios ont été simulés :

- **Sherbrooke** : suppression de **0,1 %** des segments à plus forte centralité (scénario de perturbation moyenne).
- **Regina** : suppression des segments les plus critiques (scénario de perturbation majeure).

Après retrait des arêtes sélectionnées, les métriques suivantes ont été recalculées pour évaluer la **résilience** du réseau :

Indicateur	Description	Interprétation
Sinuosité	Rapport distance réseau / distance euclidienne	+ → trajets plus longs
Composantes connexes	Nombre de sous-réseaux isolés	+ → fragmentation
APL (Average Path Length)	Longueur moyenne des plus courts chemins	+ → réseau moins efficace
Efficacité globale	Moyenne des inverses des distances entre nœuds	- → perte de performance

2. Résultats par ville

2.1. Sherbrooke

État initial

Le réseau routier de Sherbrooke présente une **structure radio-centrique**, concentrée autour du centre-ville.

Les axes dominants (Autoroute 410, Boulevard Portland, Rue King Ouest) assurent la majorité des flux.

Les cartes de centralité (en blanc et jaune) mettent en évidence des **points de concentration** majeurs autour des ponts sur la rivière Saint-François.

La carte de centralité avant perturbation

Analyse de la Centralité du Réseau Routier de Sherbrooke Avant Perturbation (Seuil Moyen)



LEGENDE

(Interprétation des valeurs de betweenness pour le réseau initial)

- (-0.3 – 1) → Routes locales secondaires
- (1 – 2.4) → Artères de quartier
- (2.4 – 3.7) → Routes de connexion intermédiaires
- (3.7 – 5) → Routes principales
- (5 – 6.3) → Artères majeures
- (6.3 – 7.6) → Routes structurantes essentielles
- (7.6 – 9) → Axes vitaux pour le réseau



Après perturbation

La suppression des segments à plus forte centralité entraîne :

- Une **redistribution significative** des flux vers des itinéraires secondaires ;
- Une **légère fragmentation** du réseau (2–3 sous-réseaux isolés) ;
- Une **hausse de la sinuosité** (+11 %) et une **baisse de l'efficacité globale** (-15 %).

La carte de centralité après perturbation

Analyse de la Centralité du Réseau Routier de Sherbrooke

Après Perturbation (Seuil Moyen)



LEGENDE

- (Interprétation des valeurs après perturbation)
- (-999 – -855) → Segments fortement impactés par la perturbation
 - (-855 – -710) → Routes majeures affectées
 - (-710 – -566) → Artères principales affectées
 - (-566 – -422) → Routes secondaires modérément impactées
 - (-422 – -277) → Itinéraires alternatifs sollicités
 - (-277 – -133) → Routes faiblement affectées
 - (-133 – 11) → Routes peu ou pas impactées



Résumé des indicateurs :

Indicateur	Initial	Perturbé	Variation
Sinuosité	~1.15	~1.28	+11 %
Composantes	1	2-3	Fragmentation
Efficacité	0.85	0.72	-15 %
APL	0.42	0.51	+21 %

Analyse :

Sherbrooke montre une **résilience modérée** : le réseau reste fonctionnel, mais dépend fortement de quelques axes centraux. Les détours deviennent plus nombreux, et la topographie (vallées, rivière) accentue la vulnérabilité aux perturbations.

2.2. Regina

État initial

Regina possède une **structure en grille orthogonale**, typique des villes des Prairies canadiennes.

Les axes majeurs (Victoria Avenue, Albert Street, Ring Road) assurent la cohésion d'un réseau globalement homogène.

La centralité y est **plus uniformément distribuée**, sans points de congestion dominants.

La carte de centralité avant perturbation

Analyse de la Centralité du Réseau Routier de Regina – État Initial (Seuil Majeur)



LEGENDE

En fonction de la centralité betweenness des segments

- (-0,5 – 0,5) → Routes locales secondaires
- (0,5 – 1,5) → Artères de quartier
- (1,5 – 2,5) → Routes de connexion intermédiaires
- (2,5 – 3,5) → Routes principales
- (3,5 – 4,5) → Artères majeures
- (4,5 – 5,5) → Routes structurantes essentielles
- (5,5 – 6,5) → Axes de transit clés
- (6,5 – 7,5) → Routes stratégiques à forte influence
- (7,5 – 8,5) → Corridors de circulation critiques
- (8,5 – 9,5) → Axes vitaux pour la connectivité du réseau

0 1 2 km

Après perturbation

Même après suppression des segments les plus critiques, le réseau conserve :

- Une **excellente connectivité** (aucune fragmentation observée) ;
- Une **hausse limitée** de la sinuosité (+6 %) ;
- Une **faible baisse** de l'efficacité (-7 %).

La carte de centralité après perturbation

Impact de la Perturbation sur la Centralité du Réseau Routier de Regina (Seuil Majeur)



LEGENDE

Segments Routiers Affectés par la Perturbation

- (-999 – -898) → Segments supprimés (routes inaccessibles)
- (-898 – -797) → Routes fortement impactées par la perturbation
- (-797 – -696) → Routes impactées avec des détours notables
- (-696 – -595) → Segments affectés, mais encore fonctionnels
- (-595 – -494) → Routes subissant une réorganisation du trafic
- (-494 – -393) → Légère réallocation des flux de circulation
- (-393 – -292) → Impact mineur sur la connectivité
- (-292 – -191) → Axes modérément touchés
- (-191 – -90) → Routes avec faible impact
- (-90 – 11) → Axes conservant leur rôle structurant



Résumé des indicateurs :

Indicateur	Initial	Perturbé	Variation
Sinuosité	~1.08	~1.15	+6 %
Composantes	1	1	Aucune
Efficacité	0.92	0.86	-7 %
APL	0.38	0.43	+13 %

Analyse :

La structure en grille offre **une redondance élevée** : plusieurs routes alternatives permettent une redistribution fluide du trafic, minimisant l'impact des coupures.

Le réseau demeure **hautement résilient**, confirmant les avantages de la trame orthogonale pour la planification urbaine.

3. Comparaison et commentaire global

Critère	Sherbrooke	Regina	Ville la plus résiliente
Type de réseau	Radio-centrique	Grille orthogonale	—
Résilience globale	Modérée	Élevée	Regina
Fragmentation	Oui (2–3 zones)	Non	Regina
Hausse sinuosité	+11 %	+6 %	Regina
Baisse efficacité	-15 %	-7 %	Regina
Chemins alternatifs	Limité	Nombreux	Regina

3.1. Facteurs explicatifs

- **Sherbrooke** : dépendance à un petit nombre d'axes majeurs, contraintes topographiques et ponts concentrés → vulnérabilité accrue.
- **Regina** : réseau redondant, topographie plane, distribution homogène des flux → meilleure capacité d'adaptation aux perturbations.

3.2. Enseignements

1. La **forme du réseau** influence directement la résilience urbaine.
2. La **redondance** des itinéraires constitue un facteur clé de stabilité.
3. L'approche par **graphes et centralité** fournit une méthode reproductible et quantifiable pour la planification urbaine.

3.3. Recommandations

- Pour **Sherbrooke** : diversifier les axes structurants, créer des voies de délestage et des boucles périphériques.
- Pour **Regina** : maintenir la cohérence de la grille et renforcer les axes existants sans les hiérarchiser excessivement.

Commentaire final

Cette analyse montre clairement que la **morphologie du réseau** détermine sa capacité à absorber les perturbations.

Sherbrooke, au modèle radial, est vulnérable aux coupures centrales, tandis que Regina, en grille, illustre la robustesse des réseaux **redondants et distribués**.

La combinaison des métriques (sinuosité, efficacité, connectivité) permet d'évaluer objectivement la **résilience spatiale** et d'appuyer des **décisions d'aménagement** fondées sur des données.