Cerema

Direction technique
Infrastructures de transport et matériaux

Rapport d'étude

Plan National Adaptation au Changement climatique

Évaluation des enjeux trafic via l'utilisation d'un modèle de déplacement

Juillet 2014

Rédacteur(s)

Thomas ANSELM – DterNC / DITM / GMoD
téléphone : 02 35 68 88 78
mél : thomas.anselm@cerema.fr

Damien DESCLIDES – DterNC / DITM / GMoD
téléphone : 02 35 68 88 84
mél : damien.desclides@cerema.fr

Michaël SAVARY – DterNC / DITM / GMoD
téléphone : 02 35 68 82 46
mél : michael.savary@cerema.fr

Référent DTecITM

Etienne HOMBOURGER – DTecITM / CSTM / DCST
téléphone : 01 60 52 32 26
mél : etienne.hombourger@cerema.fr

Page laissée blanche intentionnellement

Sommaire

1 - Introduction 5

2 - Présentation de la problématique 7

2.1 - Étude approfondie de l'exemple de l'autoroute A13 à Incarville 7
2.1.1 - Préalable : analyse de la structure des trafics 8
2.1.2 - Fermeture de l'arc : analyse des reports de trafic 9
2.1.3 - Fermeture de l'arc : analyse des effets sur le temps de parcours 10
2.1.4 - Fermeture de l'arc : analyse des impacts sur l'accessibilité 12
2.1.5 - Description de quelques indicateurs d'enjeux 13

2.2 - Analyse croisée des indicateurs d'enjeux 15
2.2.1 - Les différents scenarii étudiés 15
2.2.2 - Résultats et Interprétations 16

2.3 - Synthèse 19

3 - Méthodologie d'analyse d'enjeux 20

3.1 - Mise en œuvre sur l'exemple du corridor Baie de Seine Île-de-France 20

3.2 - Mise en œuvre sur l'exemple de l'agglomération rouennaise 22

3.3 - Synthèse de la méthode automatique 24

3.4 - Méthode simplifiée 24

Page laissée blanche intentionnellement

1 - Introduction

Le Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC) a pour finalité de préparer notre pays aux impacts du changement climatique. Le PNACC est organisé en 19 thèmes, parmi lesquels le thème Infrastructures et systèmes de transports.

Les impacts du changement climatique sur les réseaux de transports, quel que soit le mode considéré, pourraient en effet augmenter au cours de ce siècle. La très longue durée d'utilisation de ces réseaux rend nécessaire leur adaptation. Ces équipements publics que sont les infrastructures de transport jouent en effet un rôle indispensable pour l'économie du pays. Leur utilisation s'inscrit dans le temps long et elles structurent durablement les territoires en les dynamisant sur le plan économique et social. Il convient dès lors d'analyser la vulnérabilité des systèmes de transport et de préparer l'amélioration de la résistance et de la résilience des infrastructures, existantes et futures, pour assurer la continuité et la sécurité du transport des personnes et des biens.

La Direction Générale des Infrastructures de Transports et de la Mer (DGITM) est pilote du thème consacré aux transports, constitué de 4 actions :

1. passer en revue et adapter les référentiels techniques pour la construction, l'entretien et l'exploitation des réseaux de transport (infrastructures et matériels liés au service) en métropole et en outre-mer ;
2. étudier l'impact du changement climatique sur la demande de transport et les conséquences sur la réorientation de l'offre de transport ;
3. définir une méthodologie pour réaliser un diagnostic de vulnérabilité des infrastructures et des systèmes de transport terrestre, maritime et aéroportuaire qui pourrait être mise à disposition des collectivités territoriales concernées, des gestionnaires de réseaux, des opérateurs de transport, en métropole et en outre-mer ;
4. établir un état de la vulnérabilité des réseaux de transport terrestre, maritime et aéroportuaire en métropole et outre-mer et proposer des stratégies de réponse adaptées aux problématiques du changement climatique, globales et territoriales.

La présente étude porte sur une partie de l'action 3. Plus précisément, l'objectif de cette étude est de définir puis de tester une méthode d'analyse d'enjeux d'un réseau de transports routier, face à des ruptures de réseau qui pourraient être consécutives au changement climatique.

Il est important de préciser que la présente analyse est totalement décorrélée de l'analyse de la criticité du réseau de transport (croisement des aléas et de la vulnérabilité1). L'objectif est de mener l'analyse d'enjeux de façon indépendante : ce n'est qu'ensuite que cette analyse devra être croisée avec l'analyse de criticité de façon à pouvoir finalement mettre en place une stratégie d'adaptation au changement climatique. Cependant, du fait de la lourdeur des calculs de l'analyse des enjeux, il serait intéressant de commencer par l'analyse de criticité afin de cibler les arcs qui seraient rompus par une cause commune.

Il convient également de noter que la méthodologie d'analyse d'enjeux présentée dans le présent rapport s'applique quel que soit le phénomène ayant entraîné la rupture du réseau et non uniquement au cas du changement climatique.

Ce travail sera effectué via l'utilisation de modèles de trafic statiques. Le parti pris de cette étude est d'utiliser le modèle pour évaluer les conséquences de ces ruptures de réseau, c'est-à-dire avec des paramètres (valeurs du temps, vitesses libres etc...) supposés identiques à la situation de référence.

---

[1] Les définitions adoptées dans le présent rapport pour les diverses notions liées aux analyses de risques (aléa, vulnérabilité, criticité, enjeu, risque) sont explicitées dans le glossaire.

Cela revient à considérer que les usagers conservent leur comportement de choix d'itinéraire « normal », comportement sur lequel le modèle a été calibré. Cette hypothèse n'a de sens que si les ruptures d'arcs (i.e. de sections du réseau) analysées sont des ruptures de longue durée, et donc si l'analyse porte sur le comportement des usagers en conditions stabilisées et non pas en situation de crise (où les comportements ne sont plus déterministes et donc encore moins prévisibles).

L'étude sera menée en deux temps :

La première partie a pour objectif de présenter la problématique à l'aide d'exemples pédagogiques, dans le but de comprendre les tenants et les aboutissants de la démarche d'analyse des enjeux « transport ». Le modèle utilisé pour cette partie est le modèle développé par le Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement Normandie Centre (CETE NC) dans le cadre de l'étude du corridor Baie-de-Seine Île-de-France entre 2005 et 2009.

Dans un premier temps, un exemple concret (un arc de l'A13 situé à proximité d'Incarville) sera utilisé pour mettre en évidence, de façon illustrée, quelles peuvent être les conséquences, du point de vue des transports, de la rupture d'un arc du réseau. Pour ce cas précis sera analysé un ensemble de cartes (isochrones, chevelus, report de trafic sur les arcs adjacents et congestion engendrée par la fermeture de l'axe...) et quelques indicateurs globaux (véhicule, heure, véhicule.km, coût, coût généralisé). Cet exemple permettra d'illustrer convenablement les résultats que peut fournir un modèle de trafic et de comprendre les potentialités de la démarche. Dans un second temps, on utilisera plusieurs exemples, de façon croisée, cette fois-ci pour permettre une discussion ouverte sur les indicateurs que l'on peut retenir lors de l'analyse d'enjeux.

La deuxième partie aura pour but de définir une méthodologie d'analyse d'enjeux à partir des enseignements de la première partie. Cette méthodologie sera testée de façon pratique sur l'exemple du corridor Baie de Seine Île-de-France, mais aussi sur un secteur plus urbain à l'aide du modèle de trafic de l'agglomération rouennaise que possède le CETE NC. Une méthodologie d'analyse d'enjeux simplifiée (et manuelle) sera également proposée pour pallier à l'absence de modèle de trafic.

2 - Présentation de la problématique

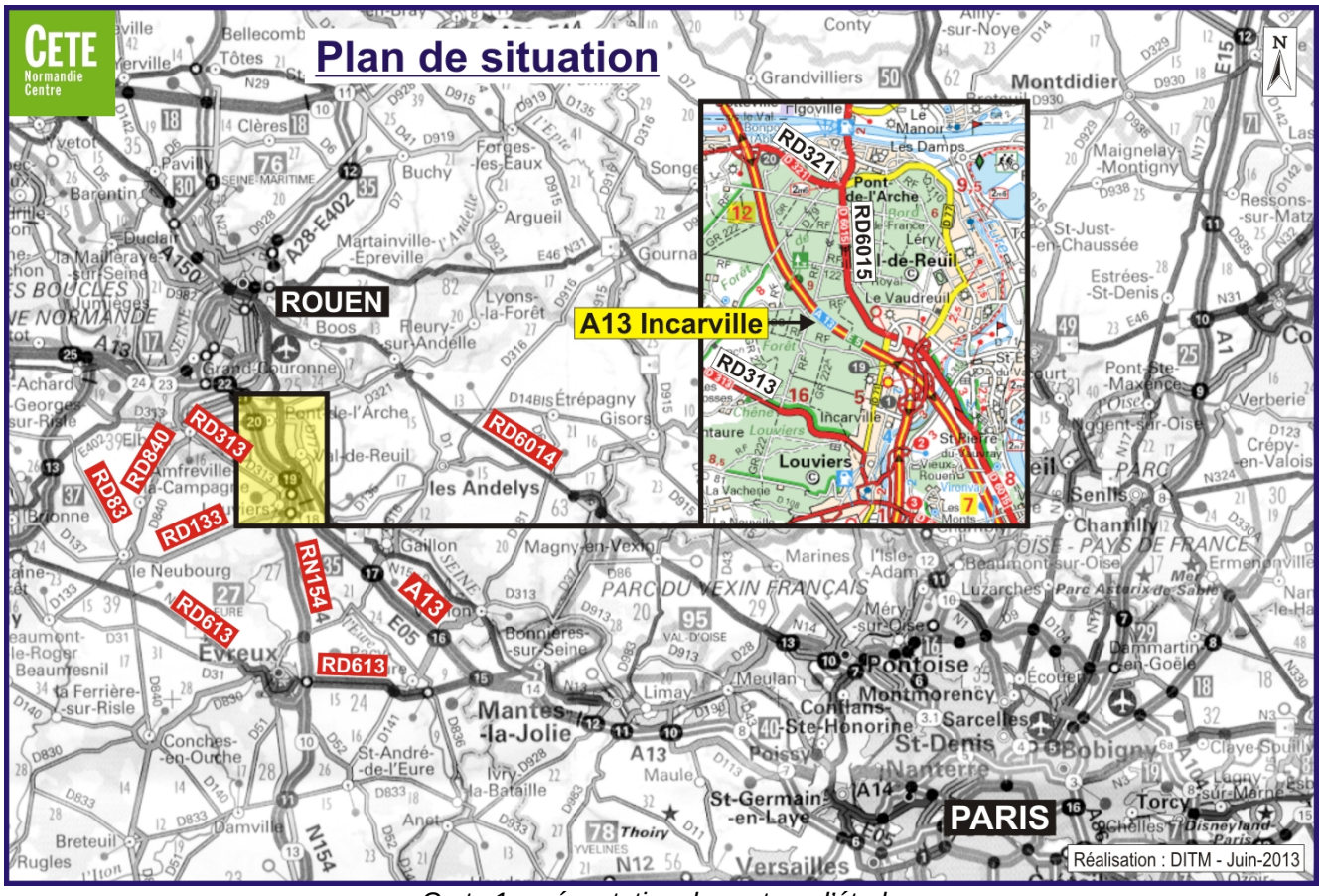
Afin d'illustrer les impacts de potentielles ruptures d'arcs en terme de report de trafic et de congestion, il a été décidé d'utiliser dans un premier temps le modèle de trafic « Baie de Seine Île-de-France ».

Il s'agit d'un modèle d'affectation routière, adapté au milieu interurbain, de type prix/temps, et dans lequel deux classes de trafic sont distinguées : les véhicules légers (VL) et les poids-lourds (PL).

Le scénario « Rupture de l'A13 au niveau d'Incarville » (commune de l'Eure entre Paris et Rouen) a été pris en exemple dans cette partie pour illustrer ce qu'il est possible de faire grâce à un modèle de trafic et mettre en évidence un certain nombre d'indicateurs possibles.

2.1 - Étude approfondie de l'exemple de l'autoroute A13 à Incarville

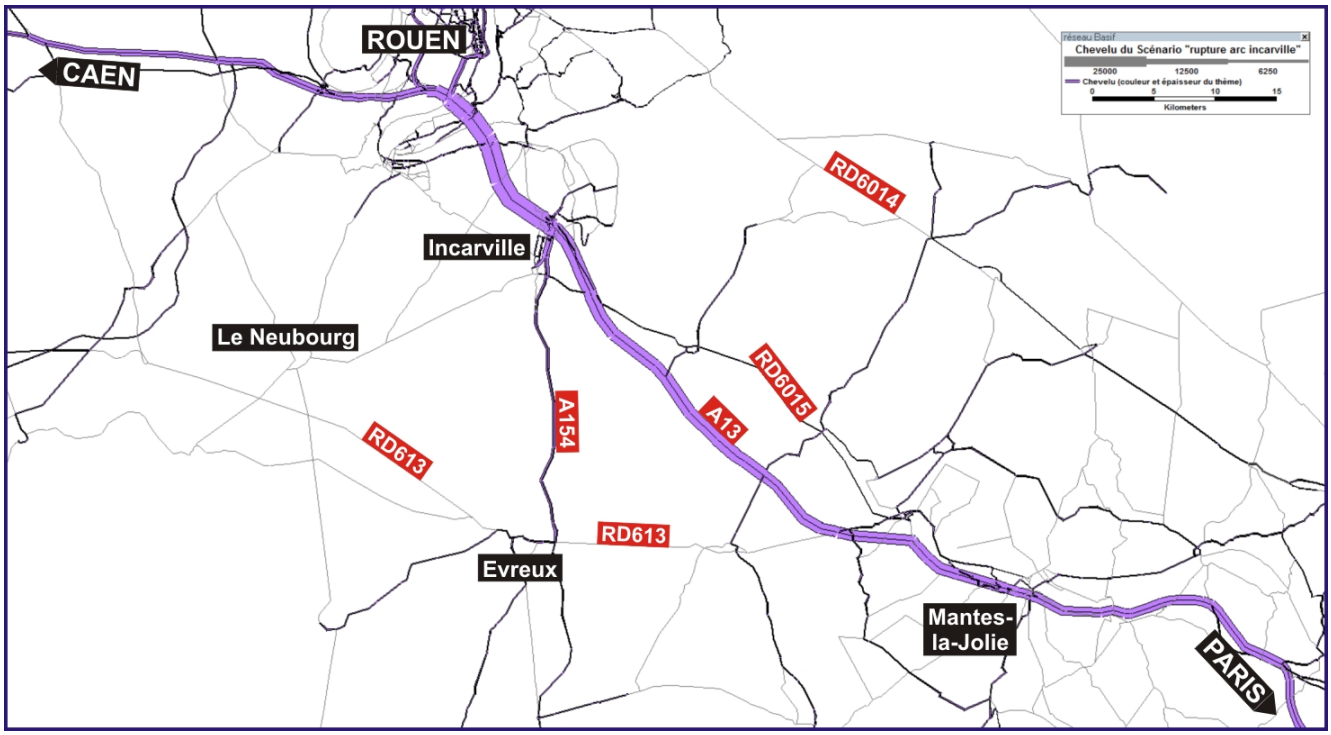
La carte suivante permet de présenter le secteur d'étude. L'arc qui est pris en exemple est signalé par la flèche sur le zoom :



Carte 1 : présentation du secteur d'étude

2.1.1 - Préalable : analyse de la structure des trafics

L'A13 supporte un trafic d'environ 70 000 véhicules par jour au niveau d'Incarville. Avant même de tester sa fermeture, il est intéressant d'observer la structure des trafics qui l'empruntent quotidiennement afin de comprendre les enjeux liés à la rupture de cet arc :



Carte 2: chevelu du trafic passant par l'arc avant sa rupture

L'analyse de ce chevelu peut se faire par région d'origine et de destination :

- Usagers originaires ou destinataires de l'Île-de-France (Sud-Est et Sud de la Seine-Maritime) : environ la moitié des usagers qui empruntent l'arc étudié sont des usagers originaires ou à destination de l'Île-de-France, dont environ 27% qui viennent de Paris. Ces usagers, en cas de rupture de cet arc, vont pouvoir se reporter soit sur le réseau adjacent local telle que la RD6015, soit sur des routes structurantes plus éloignées telles que la RD6014 et la RD613 (en fonction de leur destination précise).

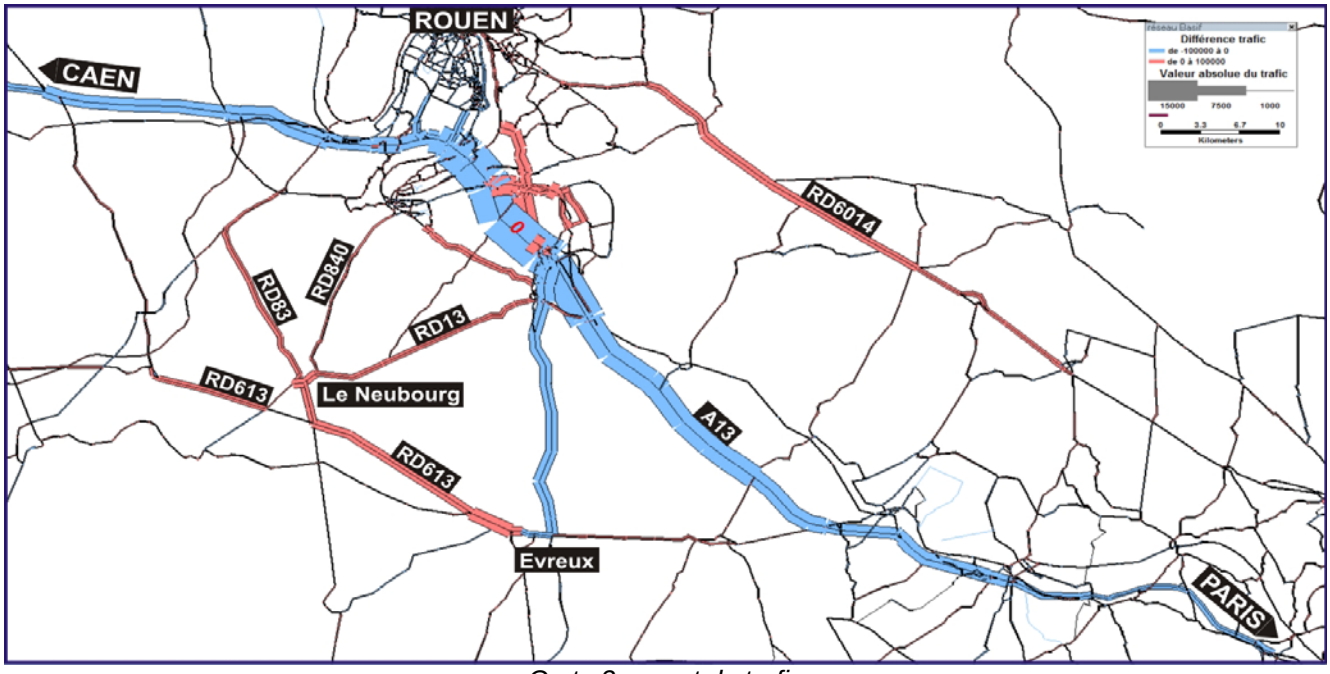
- Usagers originaires ou destinataires de l'ouest (Extrême-ouest de la Seine-Maritime, Ouest de l'Eure et Caen) : ces usagers, représentant environ un tiers du trafic aux portes de la région de Rouen (34% dans le sens sortant, 30% dans le sens entrant) vont pouvoir emprunter soit le réseau local, soit la RD613 : ceux venant de Caen (environ 12%) vont certainement pouvoir emprunter la RD613, mais ceux venant de plus près n'auront probablement pas d'autre choix que d'emprunter le réseau de report très local (RD6015).

- Usagers originaires ou destinataires de la région autour de Rouen (et Nord de la Seine-Maritime) et de la région entourant l'arc rompu : 43% vont vers Rouen et le Nord de la Seine-Maritime et 44% en partent. Ceux-ci vont pouvoir se reporter soit sur la RD6014 et donc sur le réseau local de Rouen et sa région, soit sur le réseau local contournant l'arc étudié (RD321 et RD6015). Les usagers dont l'origine ou la destination est très voisine de l'arc rompu n'auront quant à eux pas d'autre choix que de se reporter sur le réseau local contournant l'arc étudié.

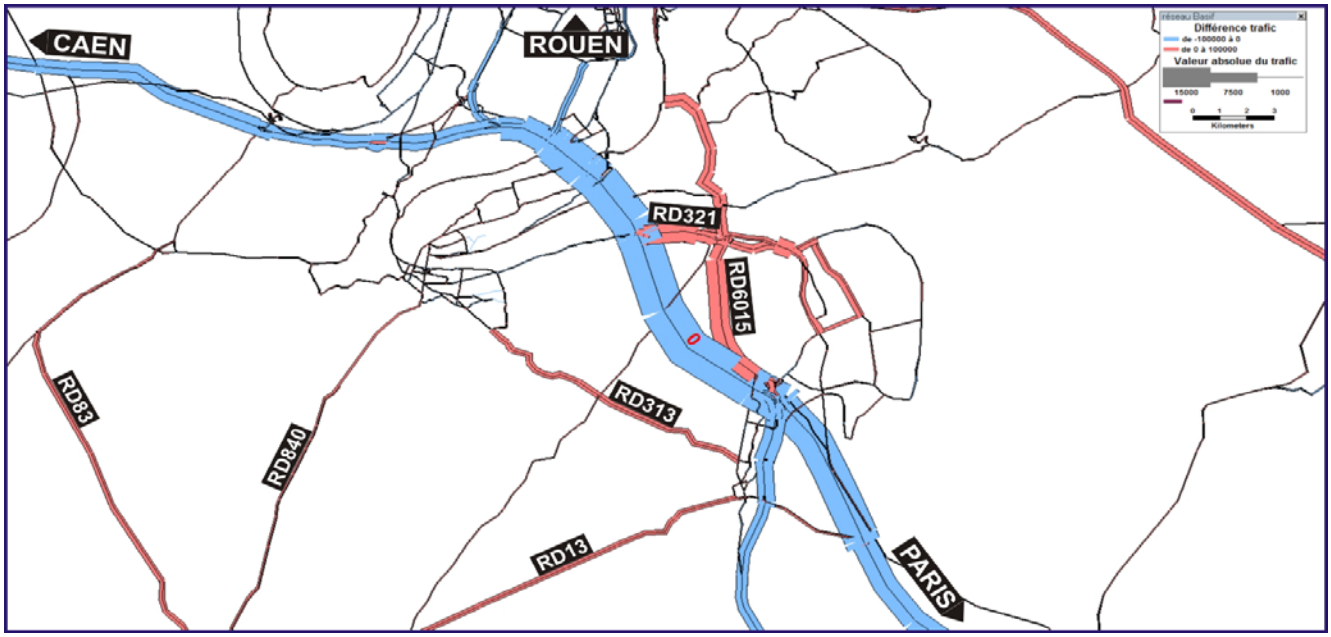
Il apparaît donc que les possibilités de report d'itinéraire diffèrent fortement en fonction de la structure du trafic empruntant l'arc étudié, les usagers de longue distance ayant a priori plus de choix que les usagers « locaux » qui n'auront pas d'autre solution que d'emprunter le réseau local adjacent à l'A13.

2.1.2 - Fermeture de l'arc : analyse des reports de trafic

Les deux cartes ci-dessous illustrent les conséquences de la rupture de l'arc en terme de reports de trafic. Comme explicité précédemment, ces derniers sont fonction de l'origine et de la destination des usagers. Sont représentés en rouge les axes qui reçoivent des véhicules supplémentaires et en bleu les axes qui perdent du trafic. L'épaisseur des axes représente la valeur absolue de la différence de trafic obtenue entre situation sans rupture et situation avec rupture.



Carte 3: report de trafic



Carte 4: report de trafic (zoom)

Il est possible de distinguer deux types de reports :

Report de courte distance

Sur le scénario choisi, on constate la présence d'itinéraires de reports de courtes distances, c'est-à-dire qui contournent de proche en proche l'arc rompu. Pour l'usager, la nécessité est de rejoindre au plus vite l'autre partie de l'axe emprunté. Cet itinéraire de report va varier selon que l'origine ou la destination de l'usager est plus ou moins proche de l'arc rompu.

Globalement, la RD6015 et la RD321 sont les plus impactées par ce type de report. Il y a également une forte hausse des trafics sur la RD840 et la RD83 en traversée du Neubourg.

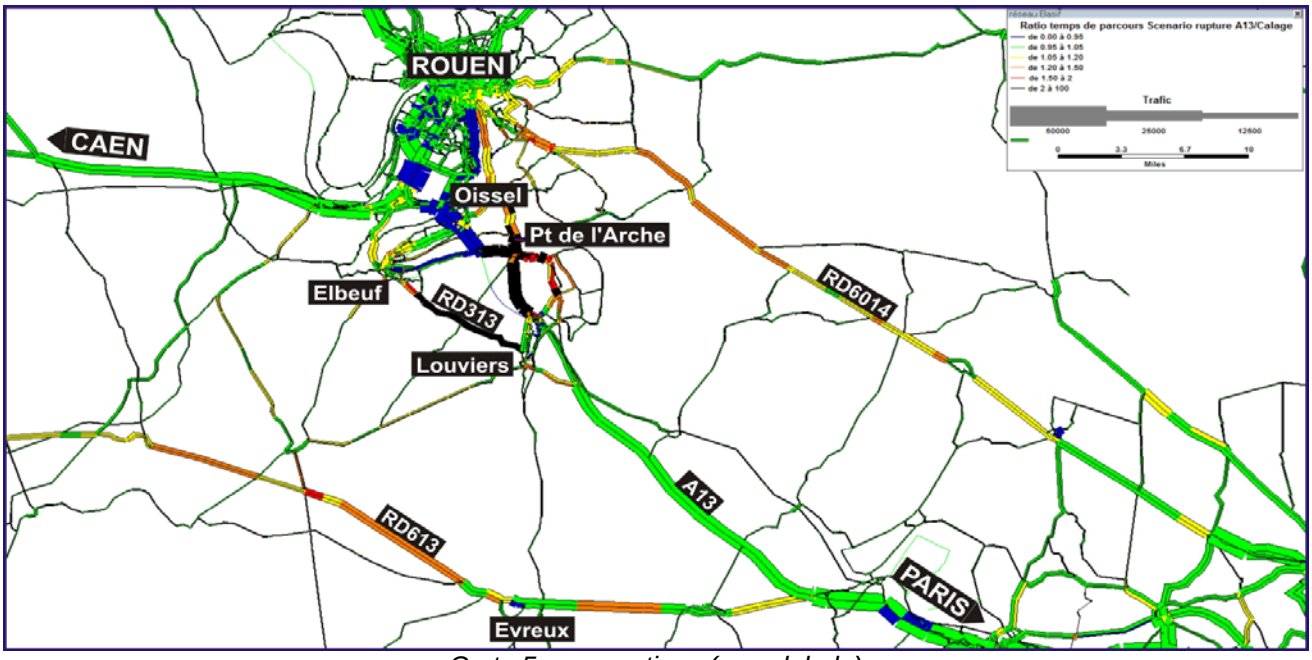
Report de longue distance

Quand l'arc rompu est éloigné des origines et des destinations de l'usager, ce dernier peut choisir d'emprunter un axe secondaire éloigné de l'itinéraire habituel et ainsi d'effectuer un report de longue distance. Dans le cas présent, les itinéraires de report de longue distance utilisés sont la RD613 (pour des usagers effectuant des trajets de type Calvados / Île-de-France) et la RD6014 (pour des usagers effectuant des trajets de type Seine Maritime / Île-de-France).

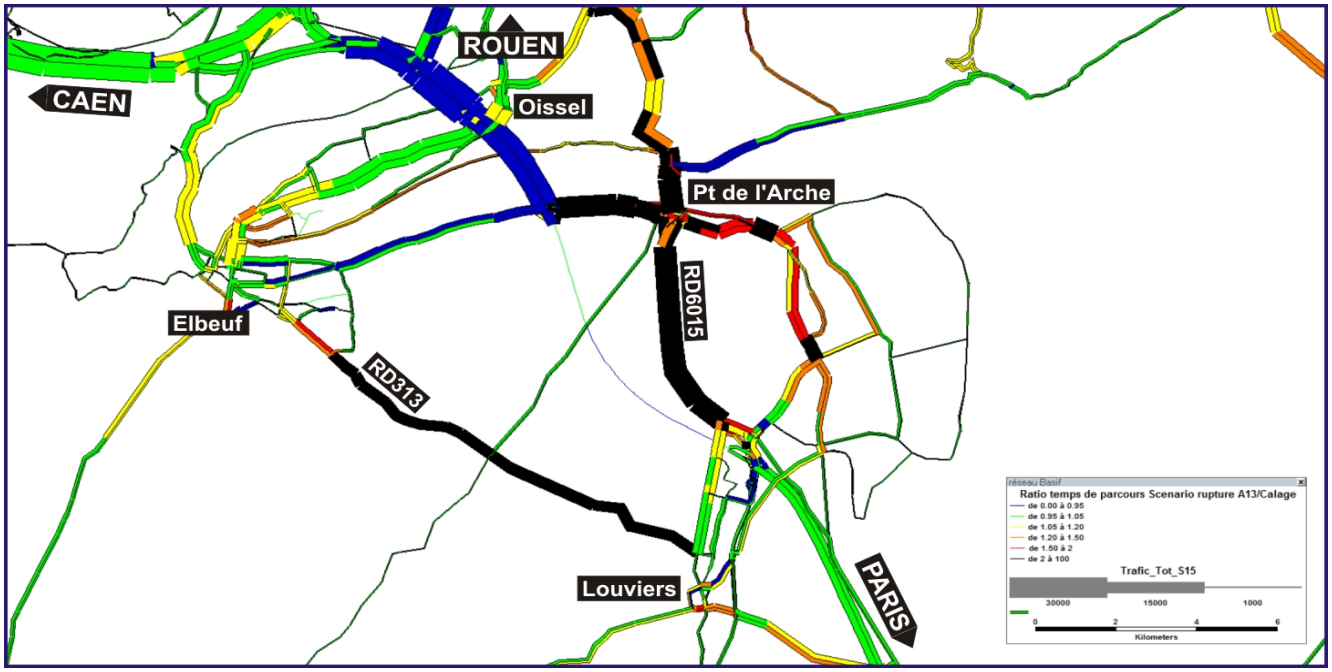
2.1.3 - Fermeture de l'arc : analyse des effets sur le temps de parcours

Le modèle permet également de calculer l'évolution des vitesses pratiquées, arc par arc, entre la situation actuelle et la situation de rupture d'A13 modélisée. Les cartes suivantes présentent le ratio temps de parcours en situation de rupture d'A13 / temps de parcours en situation actuelle. Pour chaque arc, les couleurs sont froides lorsque les usagers gagnent du temps, et chaudes lorsque, à l'inverse, ils perdent du temps (noir lorsque le temps de parcours a au moins doublé).

D'une manière générale, les reports de trafics engendrent une forte augmentation des temps de parcours.



Carte 5 : congestions (vue globale)



Carte 6 : congestions (zoom)

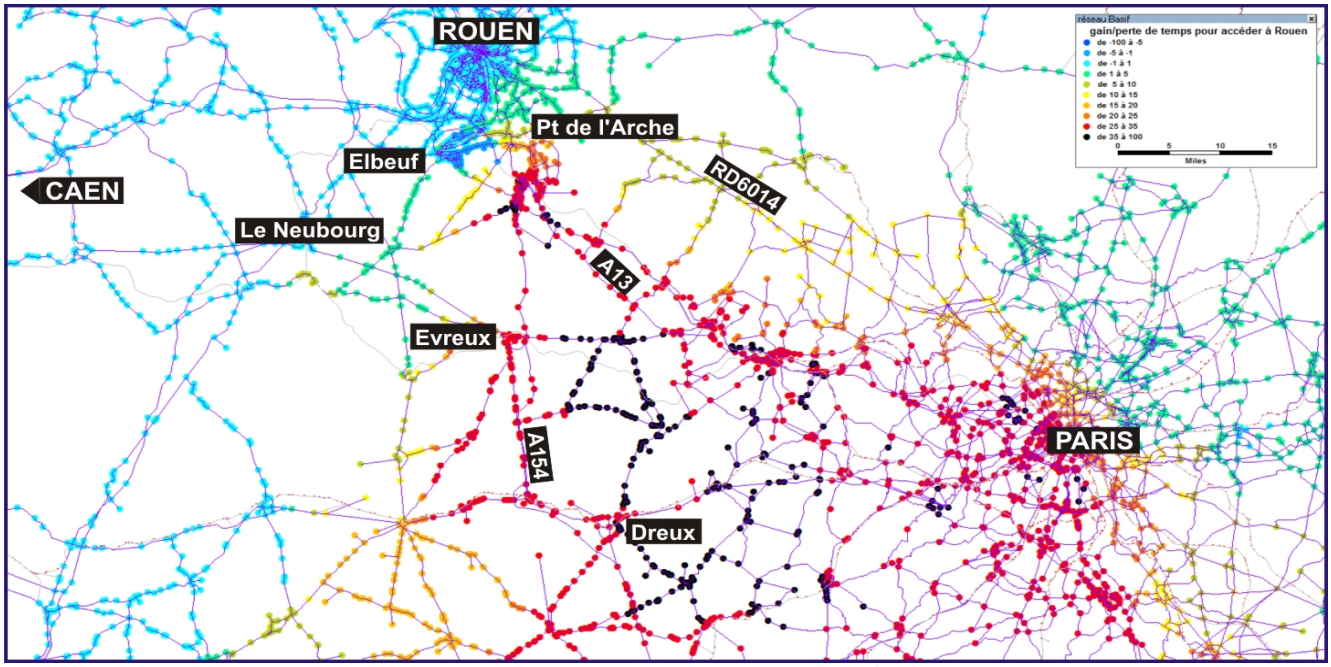
Sur ces deux cartes représentant la congestion causée par la rupture, il apparaît que le réseau le plus touché est très proche de l'arc coupé. La congestion touche très fortement le contournement immédiat de la rupture de l'A13, à savoir la RD6015 et la RD313.

Ensuite, moins congestionnées mais néanmoins impactées, viennent la RD6014, la RD613 qui subissent aussi un report de trafic, ce dernier étant toutefois plus faible en volume et ayant également moins d'impact du fait du bon dimensionnement (en terme de capacité) de ces deux départementales qui sont toutes deux des anciennes routes nationales.

A l'inverse, l'A13 ainsi que les pénétrantes Sud de Rouen bénéficient d'effets positifs (baisse des temps de parcours) car les trafics ont baissé sur ces deux itinéraires.

2.1.4 - Fermeture de l'arc : analyse des impacts sur l'accessibilité

Les analyses précédentes effectuées sur les temps de parcours peuvent masquer certains effets locaux du fait de la complexité des cartes, c'est pourquoi l'analyse des impacts sur l'accessibilité via des cartes d'isochrones peut apporter un complément intéressant. Ici, il a été choisi d'étudier l'accessibilité au centre de l'agglomération rouennaise uniquement. La carte suivante présente les gains et pertes de temps (différences d'isochrones) entre la situation actuelle et la situation de rupture d'A13 modélisée.



Carte 7: gain/perte de temps pour accéder à Rouen

La carte montre qu'il existe deux types d'impacts, un impact direct (créé par la rupture en elle-même) et un impact indirect (causé par la congestion provoquée par le report des usagers qui auparavant empruntaient l'arc rompu).

De façon globale, la rupture de l'A13 au niveau d'Incarville provoque une perte d'accessibilité (par rapport à Rouen) pour toutes les zones situées au Sud et Sud-Est de l'arc rompu : les zones comprises dans le triangle délimité par l'A154 et l'A13 sont celles qui subissent les plus fortes pertes de temps, de l'ordre de 30 minutes. Les zones situées le long de la RD6014 sont elles aussi impactées (mais dans une moindre mesure, puisque la perte d'accessibilité est de l'ordre de 5 à 15 minutes) alors même que les usagers concernés n'empruntaient pas l'A13 pour accéder à Rouen : ce sont donc les reports de trafic provoqués par la rupture d'A13 qui, en venant gonfler les trafics de la RD6014, entraînent une augmentation des temps de parcours sur cette dernière, impactant ainsi même les usagers qui n'empruntaient pas l'A13 auparavant.

2.1.5 - Description de quelques indicateurs d'enjeux

Afin de pouvoir analyser de façon plus globale les effets d'une rupture d'arc, il est intéressant de pouvoir disposer d'indicateurs généraux permettant de qualifier son impact socio-économique. La réalisation d'un bilan socio-économique étant trop chronophage, le choix a été fait de sortir du modèle de trafic des indicateurs aisément calculables.

Cinq indicateurs sont des sorties directes du modèle de trafic :

- les véhicules.heures (notés véh.h) ;
- les véhicules.kilomètres (notés véh.km) ;
- les coûts d'utilisation de véhicules : il s'agit des coûts liés à la consommation de carburant ainsi qu' à la dépréciation et à l'entretien des véhicules. Ces coûts sont pris égaux à 0,167 $€_{2000}$ par km conformément à l'Instruction Cadre de 2007[2], soit 0,2 $€_{2010}$ par km. Ces coûts seront appliqués aux VL comme aux PL : des valeurs spécifiques pour les PL auraient pu être utilisées, mais le calcul a été volontairement simplifié pour permettre de raisonner aisément à partir de données « tous véhicules ».
- la somme des péages acquittés ;
- le coût total, qui est la somme des coûts d'utilisation et des péages.

Par ailleurs, il est possible de calculer simplement un dernier indicateur : la somme des coûts généralisés des usagers, en multipliant le temps passé sur le réseau par les usagers par la valeur du temps et en l'ajoutant au coût total. Une valeur du temps unique de 14,4 $€_{2010}$/h, représentative des valeurs du temps en milieu interurbain, a été retenue. Là encore, la valeur choisie est supposée identique pour les VL comme pour les PL (alors même que les valeurs du temps de ces derniers sont généralement supérieures), de façon à simplifier le calcul et à permettre de raisonner à partir de données « tous véhicules » (les données brutes n'ont pas d'intérêt ici, l'enjeu étant avant tout méthodologique).

Pour l'exemple retenu, les résultats (en situation de référence et en situation de rupture de l'arc) sont les suivants :

	Véhicules x heures	Véhicules x kilomètres	Coûts d'utilisation des véhicules (€2010)	Péages acquittés (€2010)	Coût total (€2010)	Coût généralisé* (€2010)
Scénario de référence (calage)	6 329 200	225 815 600	45 163 100	3 551 200	48 714 300	139 854 700
Scénario rupture de l'A13 à Incarville	6 412 100	226 914 400	45 382 900	3 470 000	48 852 900	141 187 600

Tableau 1 : indicateurs globaux

[2] Instruction relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers interurbains, Direction Générale des Routes, Mai 2007

Tous les indicateurs sont plus élevés en situation de rupture qu'en situation de référence, excepté pour les péages acquittés.

La fermeture d'A13 à Incarville provoque une hausse du temps total passé sur le réseau de 83 000 heures environ (par jour). Cette hausse est à relier à la fois à l'utilisation d'itinéraires de report plus longs, et à l'augmentation des temps de parcours du fait de la congestion qui s'est créée.

La hausse des distances totales parcourues sur le réseau est quant à elle de 1 100 000 kilomètres environ (par jour). Cette augmentation est due à l'utilisation d'itinéraires de report par les usagers qui de ce fait vont avoir un trajet légèrement plus long. L'augmentation relative des distances parcourues (+0,5%) est plus faible que celle des temps passés (+1,3%), ce qui s'explique par la présence de congestion consécutive à la fermeture de l'arc étudié et aux reports de trafic, qui impactent également des usagers qui n'empruntaient pas l'arc rompu auparavant.

Le coût total augmente quant à lui d'environ 140 000 euros (par jour). Même si les usagers utilisent moins d'infrastructures payantes, l'augmentation de la longueur de leurs trajets implique une consommation de carburant ainsi qu'une usure du véhicule plus importante, ce qui engendre globalement un surcoût pour l'usager.

Enfin, le coût généralisé augmente d'environ 1 300 000 euros (par jour). Cet indicateur est intéressant car il permet de cumuler les effets de l'augmentation des temps de parcours et des coûts. A lui seul, il est difficile à interpréter mais il présente l'avantage de tout globaliser dans un même indicateur et facilitera donc la comparaison de scénarii.

2.2 - Analyse croisée des indicateurs d'enjeux

2.2.1 - Les différents scenarii étudiés

Le modèle Baie de Seine Île-de-France a été choisi car il est basé sur le réseau interne à la zone d'action du CETE Normandie Centre, permettant ainsi un choix éclairé des voiries sur lesquelles des ruptures d'arcs seront étudiées. Pour pouvoir disposer d'une large palette d'effets de ruptures d'arcs potentielles, il a été décidé de sélectionner des arcs de nature différente en termes de hiérarchisation, de profil en travers, et de trafic supporté. Les arcs ainsi sélectionnés sont les suivants (voir carte 8) :

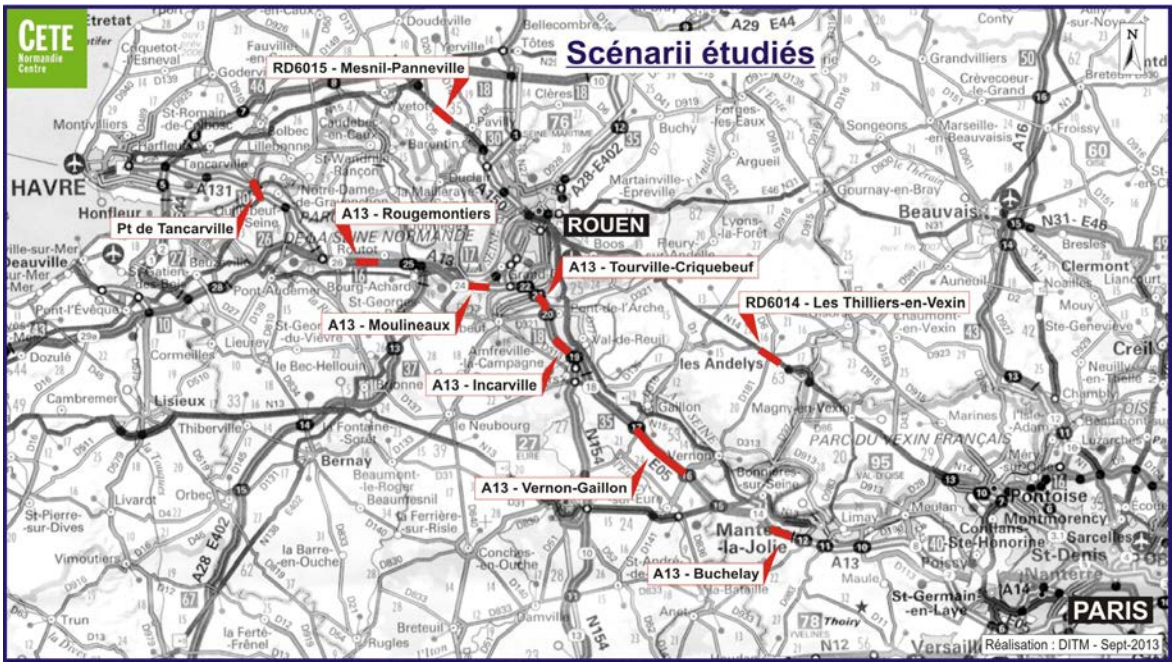
- deux routes départementales, de part et d'autre de Rouen : la RD6014 entre Paris et Rouen et la RD6015 entre Rouen et Le Havre. Les arcs à rompre sur ces dernières ont été choisis de façon à ce qu'ils soient le plus éloignés possible de centres urbains denses mais ayant toutefois un fort trafic ;
- le pont de Tancarville. Outre le fait que ce pont relie les deux rives de la Seine et peut ainsi être sensible à la survenue d'aléas, le trafic supporté par ce pont est de plus de 20 000 véhicules par jour, ce qui en fait un candidat intéressant pour étudier les effets d'une rupture ;
- l'autoroute A13, dont plusieurs arcs avec des niveaux de trafic assez différents ont été choisis :
  - l'arc proche de Vernon-Gaillon (entre Paris et Rouen) et l'arc proche de Rougemontiers (entre Rouen et Caen) avec un niveau de trafic inférieur à 50 000 véh/jour ;
  - l'arc proche de Buchelay (entre Paris et Rouen) et l'arc proche de Moulineaux (entre Rouen et Caen) avec un trafic compris entre 50 000 et 65 000 véh/jour ;
  - l'arc proche d'Incarville et la section Tourville-Criquebeuf (entre Paris et Rouen) avec des niveaux de trafic supérieurs à 65 000 véh/jour.

Le tableau 2 ci-dessous présente les arcs dont la rupture est étudiée, ainsi que les trafics modélisés sur ces arcs en situation de référence :

Scénario	Trafic total sur l'arc à fermer (en situation de référence)
Rupture de la D6015 - Mesnil-Panneville	14 600
Rupture de la D6014 - Les Thilliers-en-Vexin	10 300
Rupture de l'A13 - Vernon-Gaillon	47 100
Rupture de l'A13 - Incarville	70 500
Rupture de l'A13 - Rougemontiers	38 200
Rupture de l'A13 - Buchelay	61 200
Rupture de l'A13 - Tourville-Criquebeuf	80 000
Rupture de l'A13 - Moulineaux	56 800
Rupture du Pont de Tancarville	20 900

Tableau 2 : scenarii de rupture étudiés

La carte suivante présente la localisation de ces points de rupture hypothétiques :



Carte 8 : localisation des points de rupture étudiés

2.2.2 - Résultats et Interprétations

La différence des indicateurs résultants de la rupture de ces arcs avec la situation de référence sont les suivants :

Scénario	Véhicules x heures	Véhicules x kilomètres	Coûts d'utilisation des véhicules (€2010)	Péages acquittés (€2010)	Coût total (€2010)	Coût généralisé (€2010)
Rupture de la D6015 - Mesnil-Panneville	25500	414000	82800	54500	137300	504600
Rupture de la D6014 - Les Thilliers-en-Vexin	-11400	427400	85500	61000	146500	-17200
Rupture de l'A13 - Vernon-Gaillon	9600	768100	153600	-44800	108800	247100
Rupture de l'A13 - Incarville	82900	1098800	219800	-81200	138600	1332900
Rupture de l'A13 - Rougemontiers	38000	352900	70600	10500	81143	628300
Rupture de l'A13 - Buchelay	69200	1046800	209400	-150400	58900	1054900
Rupture de l'A13 - Tourville-Criquebeuf	112300	1165000	233000	-79800	153200	1770500
Rupture de l'A13 - Moulineaux	62100	821700	164400	11800	176100	1070000
Rupture du Pont de Tancarville	49600	261900	52400	49200	101600	815700

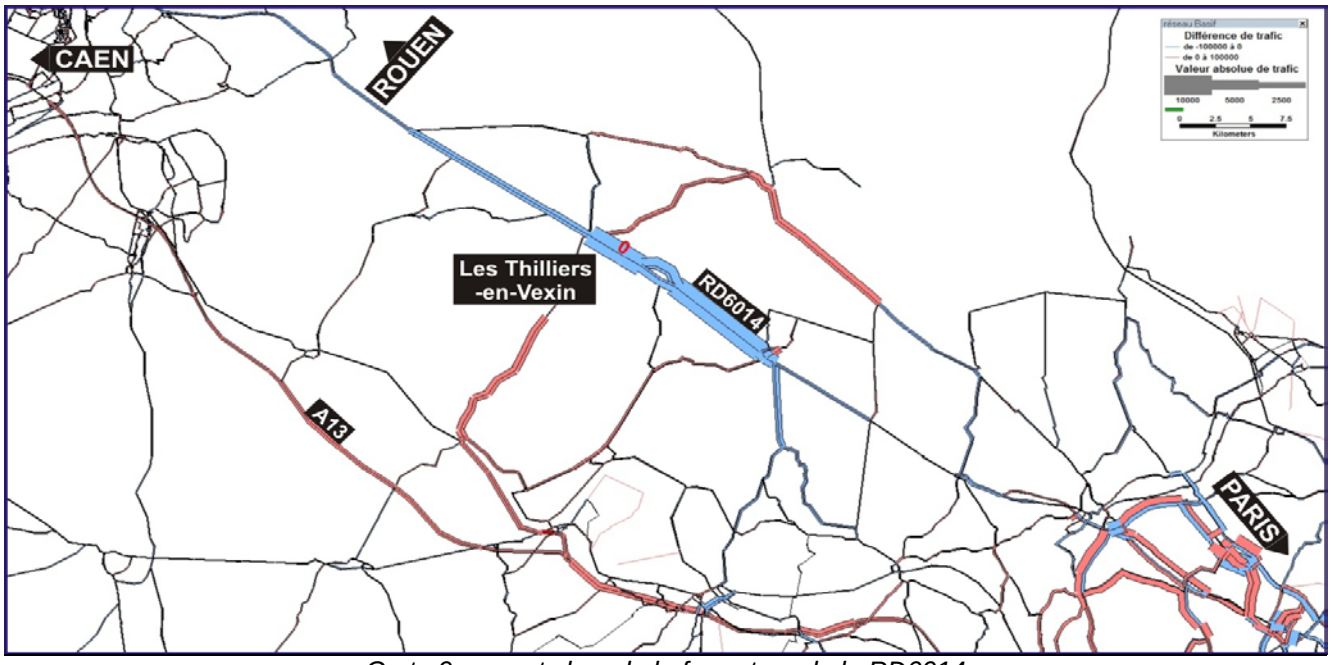
Tableau 3 : indicateurs obtenus pour ces 9 scenarii

Les interprétations issues de ces résultats sont les suivantes :

Opposition Effet temps / Effet coût

Dans certains cas où la voirie rompue est parallèle à une autoroute concédée, on observe une faible augmentation de l'indice véh.h (voire une légère diminution) alors que l'augmentation du coût total est plus conséquente. Inversement, la rupture d'un arc à péage entraîne une forte augmentation de l'indice véh.h alors que l'indice Coût total, quant à lui, n'augmente que très peu. Ce phénomène se produit lorsque qu'il y a une concurrence entre un itinéraire payant et rapide et un itinéraire plus lent et gratuit, ce qui est par exemple ici le cas de l'A13 et de la RD6014.

La carte suivante illustre les reports de trafic consécutifs à la fermeture de la RD 6014 :



Carte 9 : reports lors de la fermeture de la RD6014

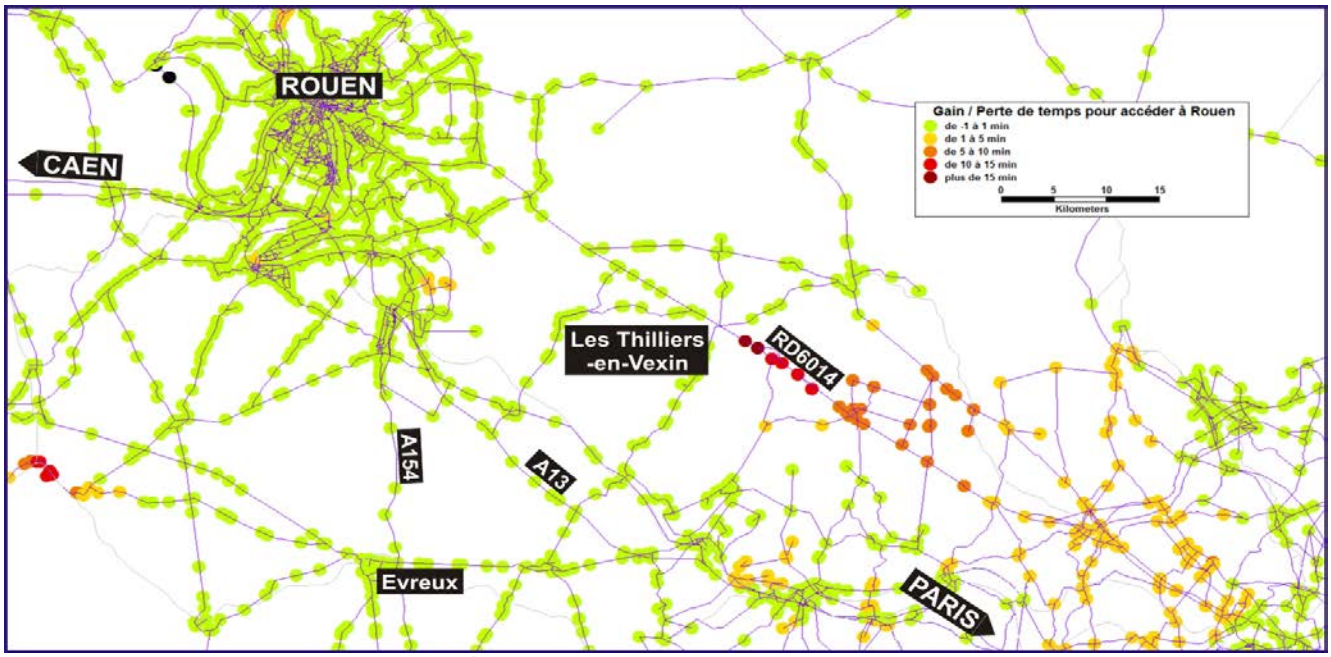
Dans le cas du scénario de rupture de l'arc de la RD6014 situé aux « Thilliers-en-Vexin », l'indice véh.h obtenu est inférieur à celui du calage. Les usagers qui empruntaient la RD6014 auparavant (moins rapide, mais qui permettait d'économiser le péage) et qui effectuaient un trajet de longue distance (tel que Paris-Rouen) se sont reportés sur l'A13, dont une ou plusieurs sections sont à péage, ce qui a entraîné l'augmentation de leurs coûts, mais une diminution de leurs temps de parcours.

Cet effet est d'autant plus remarquable que les péages ne sont pas pris en compte dans les analyses coûts/bénéfice, car ce sont des transferts entre acteurs.

La carte permet de mettre en évidence les reports sur l'A13 qui entraînent ces gains de temps et en contre partie une augmentation des coûts. Par contre, on observe également des reports de courte distance, qui ont probablement entraîné une perte de temps pour certains usagers, mais cela a été insuffisant pour compenser le gain lié aux reports de moyenne et longue distance sur A13.

Effet sur l'accessibilité (territoires isolés)

C'est encore le scénario de la rupture de la RD6014 au niveau de Les Thilliers-en-Vexin qui va permettre d'illustrer cet effet :



Carte 10 : accessibilité au centre de Rouen (lors d'une rupture de la RD6014)

La carte 10 montre que même si la rupture de l'arc a entraîné globalement un gain de temps, il peut y avoir tout de même des pertes importantes de temps de parcours, mais de façon très localisée. Les usagers qui partent de la zone située immédiatement à l'Est de l'arc rompu vont en effet perdre du temps pour accéder à Rouen. Plus ils seront situés près de la rupture, et plus leur perte de temps sera importante (20 à 25 minutes immédiatement derrière l'arc, 5 à 15 minutes quelques kilomètre à l'Est) : c'est la présence d'itinéraires de report qui réduit l'impact lorsque l'on s'éloigne de l'arc rompu.

Influence du niveau de trafic sur les indicateurs

En faisant un tri selon l'importance des niveaux de trafic (à partir du tableau 3), on constate que celui-ci a un effet quasi-direct sur certains indicateurs : il apparaît que, dans la majorité des cas, plus le niveau de trafic sur l'arc est important et plus les indicateurs véh.h et coûts généralisés seront élevés.

Néanmoins, cela n'est pas toujours vrai : l'observation croisée des effets de la fermeture de l'A13 à Rougemontiers (moins de 40 000 véhicules/jour) et de celle de l'A13 à Vernon-Gaillon (plus de 45 000 véhicules/jour) est un bon contre-exemple : avec un niveau de trafic plus faible, « l'effet temps » de la fermeture de l'A13 à Rougemontiers est supérieur à celui de l'A13 à Vernon-Gaillon, ce qui peut s'expliquer par la difficulté que les usagers peuvent avoir à trouver un itinéraire de substitution adéquat dans un cas et pas dans l'autre. De même, avec un trafic deux fois plus faible que celui de l'A13 sur la section Vernon-Gaillon, le pont de Tancarville, après fermeture, engendre pourtant un coût généralisé légèrement plus fort. Cela peut s'expliquer par le fait que les itinéraires de report à proximité du pont de Tancarville sont soit payants et chers (pont de Normandie), soit assez éloignés (il n'y a pas d'autre pont pour traverser la Seine que le pont de Normandie, le pont de Bretonne, ou les ponts de Rouen qui sont loin du pont de Tancarville) alors que le scénario de rupture de l'A13 sur la section Vernon-Gaillon engendre des reports, soit sur l'itinéraire D613+A154, gratuit et capacitaire, soit sur la RD6015, gratuite, située immédiatement à proximité, ce qui provoque finalement une hausse des coûts généralisés assez limitée.

2.3 - Synthèse

Au vu de l'ensemble de ces résultats, il apparaît que pour évaluer les enjeux d'une infrastructure donnée, il faut étudier non seulement le volume des trafics qui l'empruntent, mais aussi la structure de ces trafics et l'existence ou non d'itinéraires de substitution adaptés à ces trafics. En effet le volume de trafic ne permet pas à lui seul de comprendre les impacts de la rupture hormis dans certains cas évidents. L'analyse de la structure des trafics empruntant l'arc et l'observation de la présence ou non d'itinéraires de substitution (adaptés à cette structure de trafic) sont donc nécessaires pour compléter l'analyse (et quand il existe des itinéraires de report, l'analyse devra se pencher sur les caractéristiques de ces derniers).

Dans la mesure où il permet d'anticiper à la fois les reports de trafic, les impacts sur les temps de parcours et sur les coûts, le modèle de trafic semble bien être l'outil adapté pour effectuer l'analyse d'enjeux.

Néanmoins, utiliser un modèle de trafic statique « tel quel » pour étudier des ruptures d'arc suppose que les usagers conservent leurs comportements déterministes et donc qu'ils ont eu le temps d'expérimenter le réseau modifié pour connaître les conditions de circulation consécutives à ces ruptures d'arc. De plus, implicitement, étant donné que l'on effectue une affectation à matrice constante, on suppose également que la mobilité, les choix de destination des usagers ainsi que leur choix modaux ne sont pas modifiés par la rupture d'arc. Cette hypothèse est très simplificatrice, et a probablement comme conséquence une surestimation des impacts liés à ces ruptures d'arcs, mais elle présente l'avantage de permettre un raisonnement « toutes choses égales par ailleurs » indispensable à une telle analyse. Enfin, une dernière hypothèse majeure, liée à la nature du modèle lui-même, doit être explicitée : on rappelle que l'on utilise un modèle de trafic statique, qui par nature ne prend pas en compte les phénomènes de remontées de file (les temps de parcours sont bien impactés par la congestion, mais les files d'attente sont « verticales » donc les congestions liées aux remontées de file ne sont pas reproduites). A l'inverse des hypothèses précédentes, cette hypothèse implique clairement une sous-estimation des impacts (par exemple sur les temps de parcours) de ces ruptures d'arc.

Sous réserve des limites explicitées ci-dessus, l'intérêt d'utiliser un modèle de trafic réside dans la possibilité qu'il offre d'analyser facilement, directement et de façon globale les effets de rupture en exhibant un certain nombre d'indicateurs d'enjeux. Parmi ces indicateurs, le coût généralisé semble être le plus approprié pour représenter l'enjeu global d'un réseau de transport puisqu'il englobe les impacts pour les usagers en termes de temps et de coûts. Cependant cet indicateur est une somme représentative d'un ensemble de données, et à ce titre il peut occulter certains effets localisés à ne pas négliger.

Dans ce paragraphe, seules quelques ruptures d'arcs choisis manuellement ont été testées à l'aide du modèle de trafic. L'analyse est donc nécessairement limitée par le choix arbitraire des sections dont la rupture a été analysée.

Pour mettre en œuvre une analyse d'enjeux qui serait totalement dé-corrélée de l'analyse de criticité (et donc qui pourrait être ensuite croisée avec n'importe quel aléa, pas seulement ceux liés au changement climatique), il faut pouvoir dépasser l'analyse au cas par cas et donc chercher à mettre en œuvre une procédure systématique. La suite de l'étude visera donc à mettre en œuvre une méthode automatique d'analyse d'enjeux à l'aide d'un modèle de trafic.

3 - Méthodologie d'analyse d'enjeux

La méthodologie utilisée ici est très simple : elle consiste à tester, à l'aide d'un modèle de trafic, la rupture individuelle de chacun des arcs du réseau et de quantifier leurs impacts en terme de coût généralisé. Les arcs dont les enjeux transport sont les plus importants seront ceux qui engendreront les augmentations de coût généralisé les plus importantes.

La méthodologie automatique a ainsi été mise en œuvre sur deux cas d'étude :

- le corridor Baie de Seine Île-de-France : on se situe à l'échelle interurbaine, avec des flux de structures très variées (toutes distances), ainsi qu'un réseau maillé comprenant des autoroutes à péage et des itinéraires de substitution gratuits ;
- l'agglomération Rouennaise : on se situe cette fois à l'échelle urbaine, avec des flux de courte et moyenne distance, la plupart orientés du centre vers la périphérie (ou l'inverse), mais aussi avec des flux de transit très importants (A13 Ouest – A13 Est ou A28 Nord – A13 par exemple).

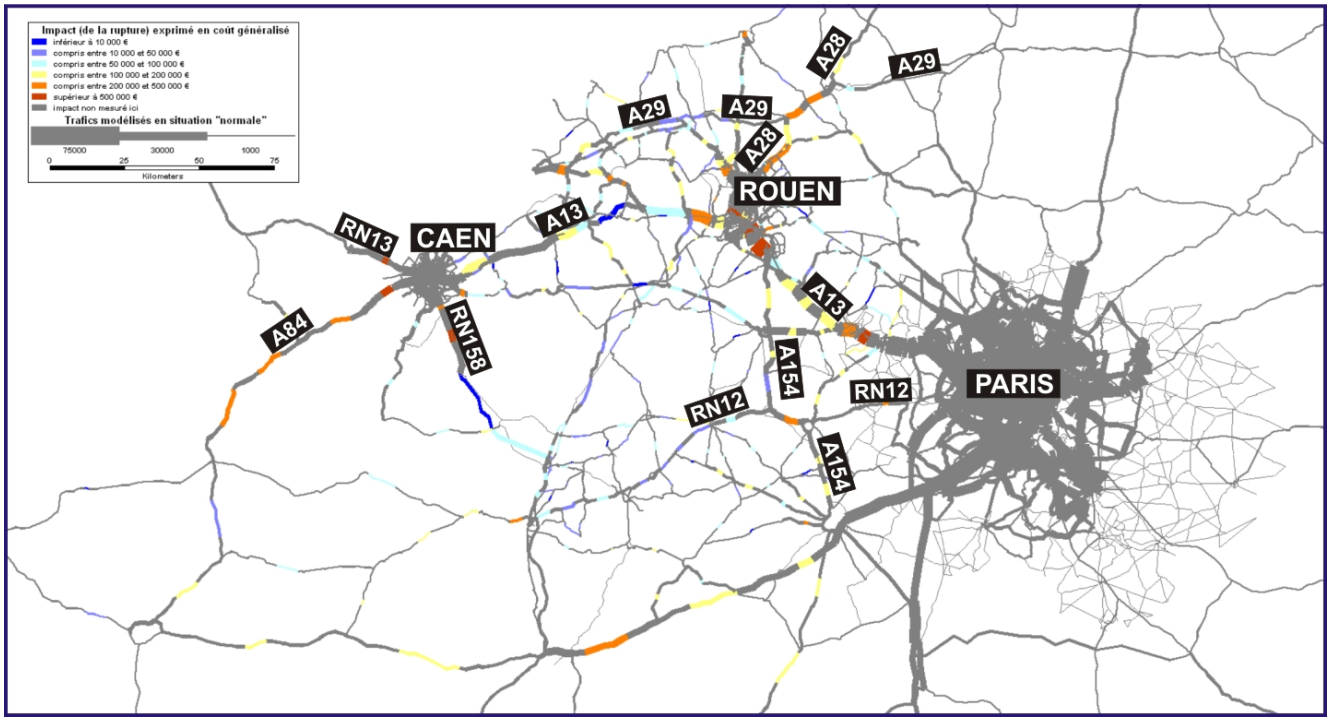
L'examen des résultats obtenus sur deux exemples très différents en termes de problématiques de transports devra permettre de discuter de la pertinence de la méthode.

3.1 - Mise en œuvre sur l'exemple du corridor Baie de Seine Île-de-France

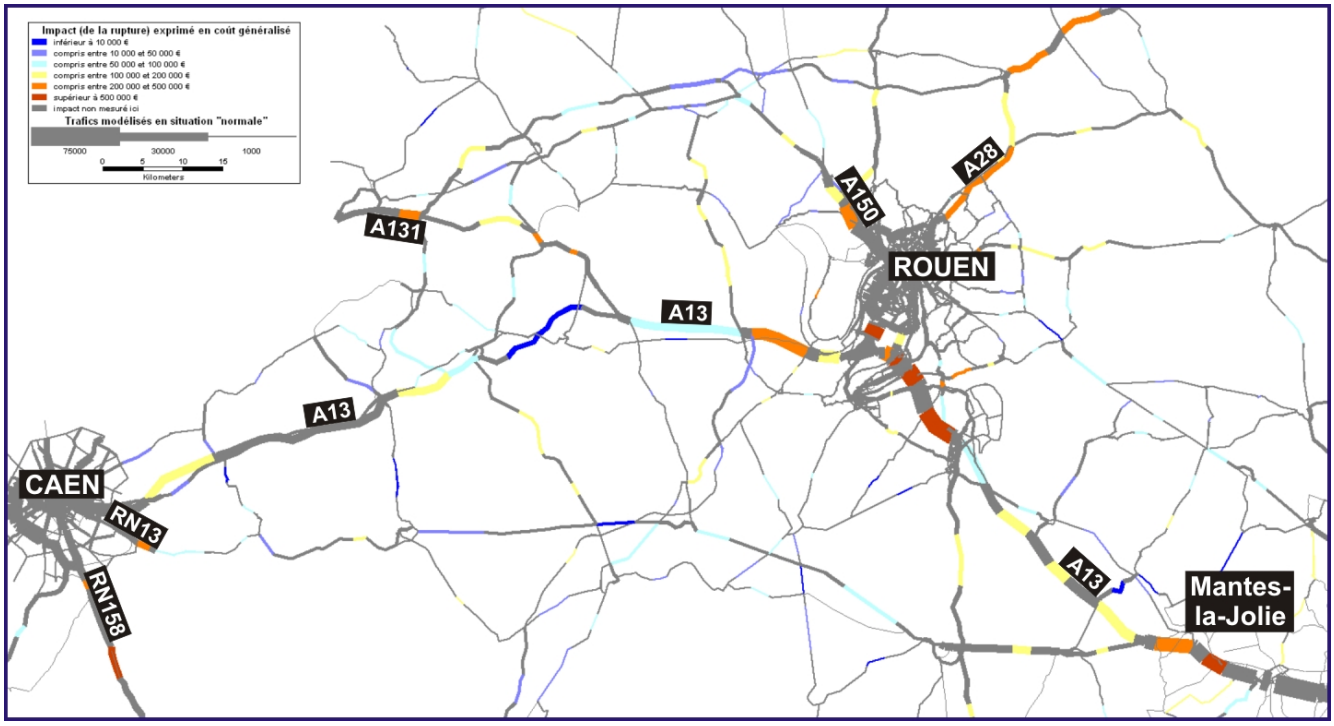
Pour mettre en œuvre, à l'aide du modèle de trafic, une analyse d'enjeu sur l'ensemble du réseau, il est nécessaire de pouvoir réaliser des affectations de façon automatisée et dans un temps raisonnable. Si sur un ordinateur donné, une seule affectation nécessite 30 minutes de calcul (ce qui est le cas pour le modèle Baie de Seine Île-de-France), l'analyse des enjeux liés à la fermeture de 1 000 arcs prendra 300 heures soit plus de 20 jours. Cela n'est généralement pas envisageable donc il est important de disposer d'un modèle suffisamment rapide pour que les résultats soient obtenus dans un délai de quelques jours maximum.

Le modèle Baie de Seine Île-de-France a ainsi été simplifié (méthode d'affectation plus simple, par classes de valeur du temps plutôt qu'à l'aide d'une distribution continue) et recalé de telle sorte que les temps de calculs soient réduits à moins de 10 minutes. Une macro de lancement automatique des affectations (sur le réseau complet ôté des arcs rompus) et de calcul des coûts généralisés a alors été créée et testée sur une sélection de 300 arcs choisis aléatoirement sur le réseau. 40 heures de calcul (temps machine) ont été nécessaires pour mener à bien l'analyse d'enjeux.

Les résultats obtenus sont illustrés par les cartes 11 et 12 où sont représentées les augmentations de coût généralisé en situation de rupture de l'arc considéré par rapport à la situation de référence pour chacun des arcs.



Carte 11 : résultat de la méthode automatique mise en œuvre sur le corridor Baie de Seine Île-de-France



Carte 12 : résultat de la méthode automatique mise en œuvre sur le corridor Baie de Seine Île-de-France (zoom)

Les arcs du réseau qui ressortent comme ayant les plus forts enjeux sont :

- les pénétrantes d'agglomération (exemple : A13, A28, A150 pour Rouen, A13, N13, A84, N158 pour Caen, A131 pour le Havre) : cela s'explique par des niveaux de trafics élevés, et des itinéraires de reports peu nombreux ou sans réserve de capacité ;
- les point de convergence des corridors (exemple : l'A13 à l'Est de Mantes la Jolie) : les trafics y sont concentrés, et les itinéraires de substitution quasi-inexistants ;
- certains troncs communs de grands axes de transit : (exemples : tronc commun A154-RN12 entre Nonancourt et Dreux, tronc commun A28-A29 entre Saint-Saëns et Neufchâtel-en-Bray) : les trafics n'y sont pas forcément très élevés, mais il n'y a quasiment aucun itinéraire de substitution, et la structure des trafics qui les empruntent fait que les reports s'effectuent « dans toutes les directions ».

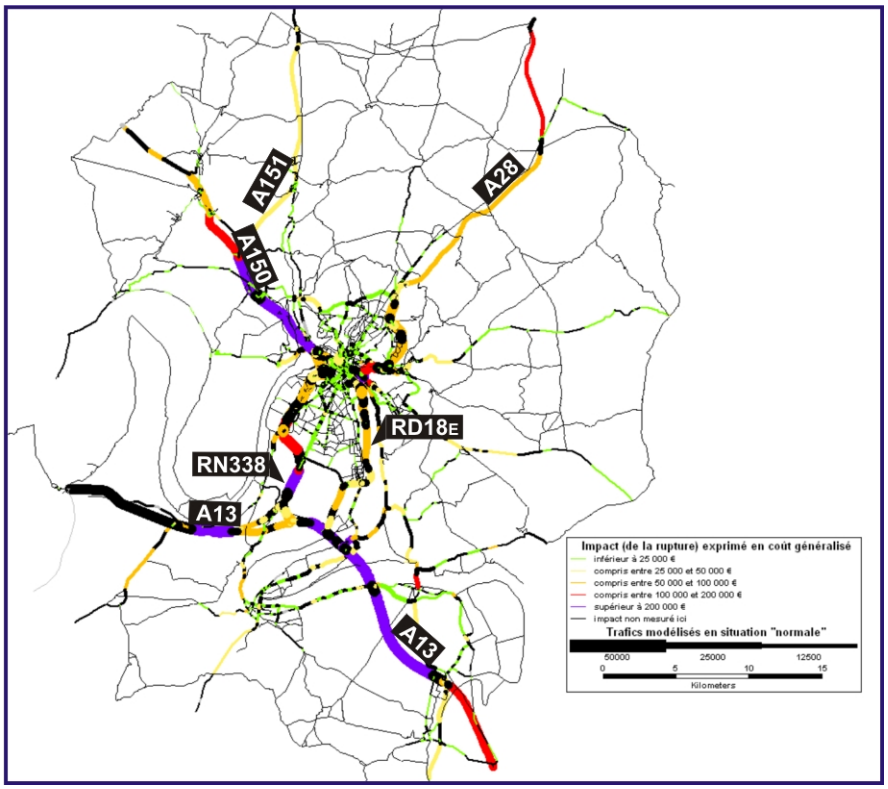
Les résultats se comprennent facilement et semblent bien conformes à la logique dès lors que l'on analyse précisément, pour chaque section, le volume et la structure des trafics qui l'empruntent ainsi que l'existence ou non d'itinéraires de substitution de capacité adaptée. Le caractère systématique des observations effectuées ci-dessus (par exemple, on observe les mêmes tendances, quelle que soit l'agglomération considérée), tend à prouver la validité de la méthode.

3.2 - Mise en œuvre sur l'exemple de l'agglomération rouennaise

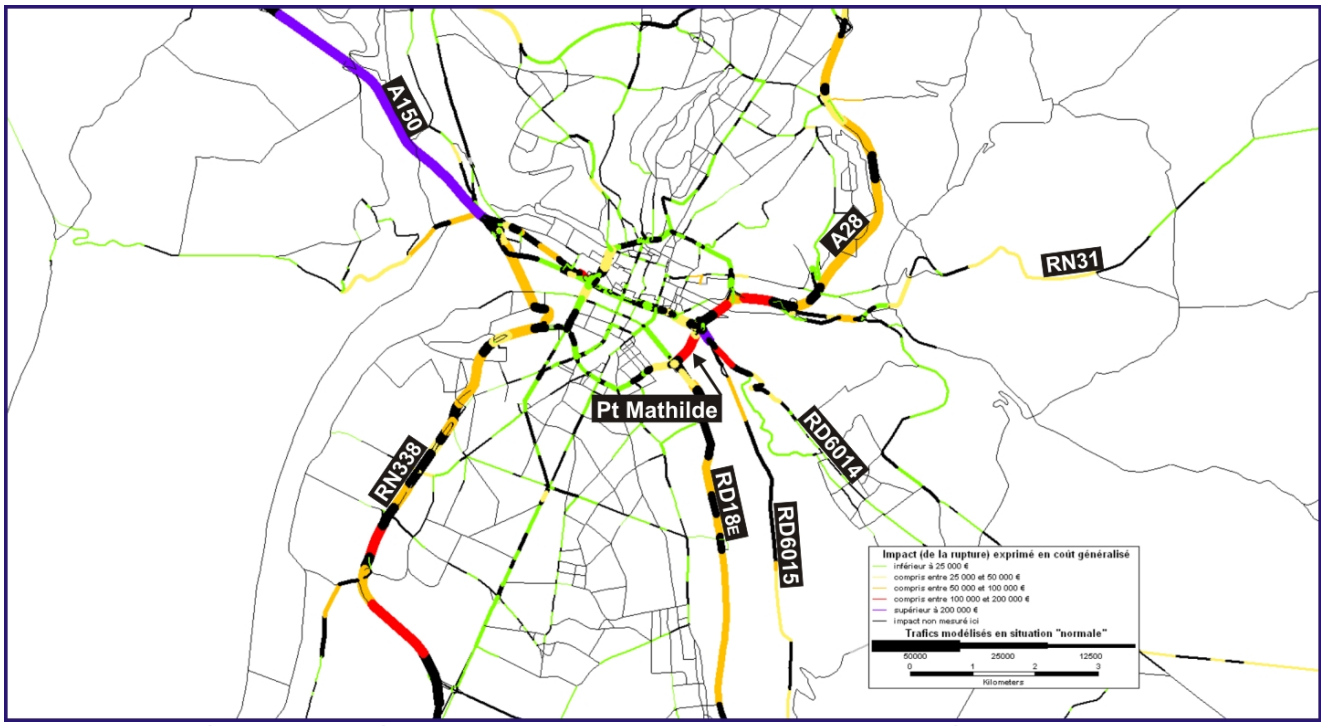
Pour poursuivre l'expérimentation de cette méthode, il a été décidé de la mettre en œuvre à l'échelle d'une agglomération. Pour ce faire, nous avons choisi le modèle de trafic de l'agglomération rouennaise, qui est un modèle d'affectation multiclasses (plusieurs classes de véhicules et de valeurs du temps) de type « équilibre usager », et qui travaille sur cinq périodes horaires (deux périodes de pointes, deux périodes creuses de jour et une période creuse de nuit). De façon à garantir une meilleure rapidité de calcul, seule la partie VL du modèle a été utilisée pour cette analyse (le modèle de Rouen est basé sur deux modèles VL et PL qui tournent séparément mais interagissent entre eux, autrement dit l'usage de ces deux modèles nécessite pour chaque affectation des aller-retours très chronophages). Ce modèle, qui tourne en environ 6 minutes, a ainsi été utilisé tel quel pour l'analyse des enjeux liés à 850 arcs sélectionnés aléatoirement. Le coût généralisé a été calculé ici par une formule légèrement différente de celle utilisée pour le corridor Baie de Seine Île-de-France : la valeur du temps de 10€$_{2010}$/h (qui est plus représentative des valeurs généralement admises pour le milieu urbain) a été utilisée ici, contre 14,4€$_{2010}$/h précédemment.

Après un peu plus de 3 jours et demi de calculs (temps machine), les résultats suivants ont été obtenus :

Remarque : le jeu de couleurs utilisé pour les cartes ci-dessous est volontairement différent de celui des cartes précédentes. Les résultats ne sont en effet pas tout à fait comparables puisque les outils (modèle interurbain / modèle urbain) et les hypothèses (notamment les valeurs du temps pour le calcul des coûts généralisés) utilisés sont différents, et parce que les impacts PL n'ont pas été quantifiés sur l'exemple de l'agglomération Rouennaise.



Carte 13 : résultat de la méthode automatique mise en œuvre sur l'agglomération rouennaise



Carte 14 : résultat de la méthode automatique mise en œuvre sur l'agglomération rouennaise (zoom)

Les résultats mettent en évidence que les enjeux les plus importants sont :

- pour les grandes infrastructures de transit (A13) ;
- pour les grandes pénétrantes urbaines à fort trafic (l'A150, la N138, et dans une moindre mesure, l'A28, la N338, et la RD18E) ;
- pour les troncs communs ou jonctions de routes supportant des structures de trafic très hétérogènes (exemples : jonction RN31/A28, jonction RD6014/RD6015).

Comme précédemment, on voit que le niveau de trafic ne suffit pas à caractériser l'enjeu d'une infrastructure donnée : par exemple l'A150, avec un trafic compris entre 50 000 et 60 000 véhicules par jour, ressort comme ayant plus d'enjeux que le pont Mathilde qui supporte quant à lui plus de 80 000 véhicules par jour. Là encore, cela s'explique par la quantité et la qualité des itinéraires de substitution existants qui est bien inférieure pour l'A150 que pour le pont Mathilde. La méthode donne donc là encore des résultats cohérents et intéressants.

3.3 - Synthèse de la méthode automatique

- La méthodologie d'analyse d'enjeux testée ici est très simple : elle consiste, pour chaque arc dont on veut quantifier l'impact d'une potentielle rupture, à utiliser un modèle de trafic pour prévoir l'évolution des coûts généralisés de transport de l'ensemble du réseau.
- Sa mise en œuvre nécessite :
  - l'existence d'un modèle de trafic relativement rapide (un modèle qui tourne en 10 minutes nécessitera une semaine de calcul pour une analyse d'enjeux sur 1 000 arcs) ;
  - la création d'un programme informatique qui lance de façon automatisée les affectations de trafic (avec des arcs du réseau manquants) et en récupère les résultats pour calculer les coûts généralisés de transports de l'ensemble du réseau.
- Elle est relativement simple à mettre en œuvre, et fournit des résultats tout à fait exploitables. La méthode semble adaptée à n'importe quelle échelle de travail, et à des problématiques de transports assez variées. Elle nécessite par contre des temps de calculs relativement importants, et bien sûr, elle nécessite de supposer qu'un modèle de trafic statique est adapté pour analyser ces ruptures d'arcs, ce qui suppose un certain nombre de limites (voir partie 2.3).
- Dans le cas où l'on dispose d'un modèle assez lourd en temps de calcul et où l'exercice de simplification du modèle est impossible (car trop complexe, ou faute de temps), il sera nécessaire de limiter au maximum le nombre d'arc sur lequel mettre en œuvre la procédure. Dans ce cas, si l'on travaille spécifiquement sur les enjeux liés au changement climatique, l'analyse de la criticité du réseau (croisement de la vulnérabilité des infrastructures et de l'aléa climatique) pourra permettre de réaliser une présélection des arcs sur lesquels réaliser l'analyse d'enjeu.
- En revanche, si aucun modèle de trafic n'est disponible, une autre méthode d'analyse manuelle et simplifiée pourrait être proposée. C'est l'objectif de la partie suivante.

3.4 - Méthode simplifiée

L'objectif de cette partie est de construire une méthodologie simplifiée d'analyse d'enjeux pour permettre de répondre à cette problématique dans le cas où l'on ne disposerait pas d'un modèle de trafic.

Au préalable, il est important de préciser que la ou les personnes qui devront mettre en œuvre cette démarche simplifiée devront avoir une excellente connaissance du réseau étudié ainsi que de la structure des trafics qui l'empruntent quotidiennement.

Dans l'idéal, ce travail serait donc une démarche partenariale entre plusieurs gestionnaires de réseau, de façon à bien avoir une vision complète du système de transport.

Au vu des enseignements précédents, pour pouvoir mener une telle démarche, il faudrait remplir un tableau en faisant figurer, pour chaque arc du réseau (là encore une présélection des arcs critiques sera la bienvenue), son niveau de trafic, la structure de ceux-ci (pour l'interurbain : courte et/ou moyenne, et/ou longue distance, et pour l'urbain : interne et/ou échange et/ou transit), et pour chaque type de trafic, l'existence ou non d'itinéraires de substitution adaptés pour absorber les reports estimés liés à la rupture de cet arc. Une analyse multicritère à partir de ces indicateurs devra ensuite permettre de hiérarchiser les enjeux du réseau.

Par exemple, dans le cas de l'agglomération rouennaise, cet exercice (effectué sur six arcs seulement) pourrait fournir les informations suivantes :

Section	Trafic	Structure	Itinéraires de substitution	Capacité de ces itinéraires de substitution à absorber le report de trafic estimé (par type de trafic)	Bilan : enjeu de la section
A13 Tourville - Oissel	Très fort (90 000)	Interne, échange, et transit	Interne : pont de Oissel, pont de l'Arche	Faible	Enjeu très fort
			Échange : pont de l'Arche - D6015	Faible	
			Transit : aucun !		
RD18E Rond point des Vaches – Pont Mathilde	Moyen (30 000)	Interne, échange, et transit	Interne : N338 ou RD6015	Moyenne	Enjeu moyen
			Échange : N338 ou RD6015	Moyenne	
			Transit : A29-A150-N338	Moyenne	
A150 Pont Flaubert – La Vaupalière	Fort (60 000)	Interne et échange	Interne : vallée du Cailly	Faible	Enjeu très fort
			Échange : vallée du Cailly, A28	Faible	
Pont Guillaume le conquérant	Moyen (45 000)	Interne et échange	Interne : 5 autres ponts de Rouen	Moyenne	Enjeu moyen
			Echange : Pont Flaubert, Pont Mathilde	Moyenne	
Pont Mathilde	Très fort (80 000)	Interne, échange, et transit	Interne : autres ponts de Rouen	Moyenne	Enjeu fort
			Echange : autres ponts	Faible	
			Transit : Pont Flaubert	Moyenne	
Pont Jeanne d'Arc	Faible (10 000)	Interne	Interne : autres ponts de Rouen	élevée	Enjeu faible

Tableau 4 : exemple d'analyse multicritère simplifiée sur quelques arcs de l'agglomération rouennaise

NB : pour l'exemple ci-dessus, les critères de choix utilisés (données à titre indicatif), à partir des résultats en terme de capacité des itinéraires de substitution à absorber les reports de trafic estimé sont les suivants :

2 ou 3 « capacités faibles » → enjeu très fort

1 « capacité faible » et 1 (ou 2) « capacité moyenne » → enjeu fort

0 « capacité faible » et 2 (ou 3) « capacité moyenne »→ enjeu moyen

0 ou 1 « capacité moyenne » (et le reste : « capacité élevée »)→ enjeu faible

Comme dans toute analyse multicritère, la construction de la grille et de ces critères de choix doit se faire par le gestionnaire lui-même de façon à se l'approprier et à bien comprendre la démarche d'analyse d'enjeu qu'il doit mener.

La méthode proposée ici donne théoriquement des résultats satisfaisants, mais cela suppose une connaissance très fine des structures de trafics qui empruntent chaque arc du réseau, ce qui est loin d'être systématique. Cela engendrera donc nécessairement des erreurs d'appréciation, et ne remplacera évidemment pas, en terme de qualité et d'objectivité, la méthodologie automatique (faisant appel à un modèle de trafic) qui a été testée plus haut.

Conclusion

Cette étude a permis de montrer que pour évaluer les enjeux d'une infrastructure donnée, il faut étudier non seulement le volume des trafics qui l'empruntent, mais aussi la structure de ces trafics et l'existence ou non d'itinéraires de substitution adaptés à ces trafics.

Dans la mesure où il permet d'anticiper les reports de trafic et leurs impacts en termes de temps de parcours et de coûts, et donc en termes de coûts généralisés, le modèle de trafic statique semble être un outil intéressant et approprié pour effectuer l'analyse d'enjeux. Son utilisation suppose tout de même d'assumer un certain nombre d'hypothèses assez fortes : un temps de rupture assez long pour laisser aux usagers le temps d'expérimenter le nouveau réseau, une mobilité, des choix de destination et de mode qui restent constants malgré la rupture de l'arc, et une congestion « mesurée » pour ne pas que les remontées de file paralysent totalement le réseau.

Sous réserve des conditions d'utilisation explicitées ci-dessus, l'intérêt d'utiliser un modèle de trafic est qu'il permet d'extraire facilement des indicateurs globaux permettant de quantifier les enjeux du réseau et ainsi de hiérarchiser les arcs entre eux. Parmi ces indicateurs, bien qu'il ait tendance à occulter certains effets locaux, le coût généralisé semble être l'indicateur le plus simple et le plus approprié pour représenter l'enjeu global d'un réseau de transport, sans aller jusqu'à la réalisation d'un bilan socio-économique complet.

A partir d'un modèle de trafic, la méthodologie d'analyse d'enjeux proposée ici consiste simplement à tester la rupture isolée de chacun des arcs du réseau (ou sur une sélection aléatoire de ceux-ci) et à quantifier l'évolution des coûts généralisés de transport de l'ensemble du réseau. Elle est relativement simple à mettre en œuvre, et fournit des résultats tout à fait exploitables.

La méthode semble adaptée à des échelles de travail et des problématiques de transports assez variées. La principale difficulté liée à la mise en œuvre d'une telle analyse est la lourdeur d'utilisation des modèles de trafic : très chronophage, l'analyse de ruptures d'arcs un par un peut vite devenir très lourde, voire impossible.

Dès lors, deux solutions semblent envisageables : simplifier le modèle pour le rendre plus rapide, de façon à pouvoir mettre en œuvre l'analyse de façon automatique dans un temps raisonnable, ou alors commencer par limiter le nombre d'arcs (en se basant sur les résultats de l'analyse de criticité) sur lesquels l'analyse d'enjeux pourra être réalisée, et mener l'analyse d'enjeux (à l'aide du modèle de trafic) sur ces arcs uniquement.

Dans le cas où il n'existe aucun modèle de trafic sur une aire d'étude donnée, une méthode simplifiée, basée sur une analyse multicritère, a également été proposée pour effectuer l'analyse d'enjeux.

Cette méthode est basée sur les niveaux de trafics circulant sur le réseau, leur structure, et sur l'existence ou non d'itinéraires de substitution adaptés à cette structure (à remplir manuellement par le gestionnaire à partir de sa connaissance du réseau et des trafics qui l'empruntent).

Au final, on peut résumer la méthode d'analyse d'enjeux proposée de la manière suivante :

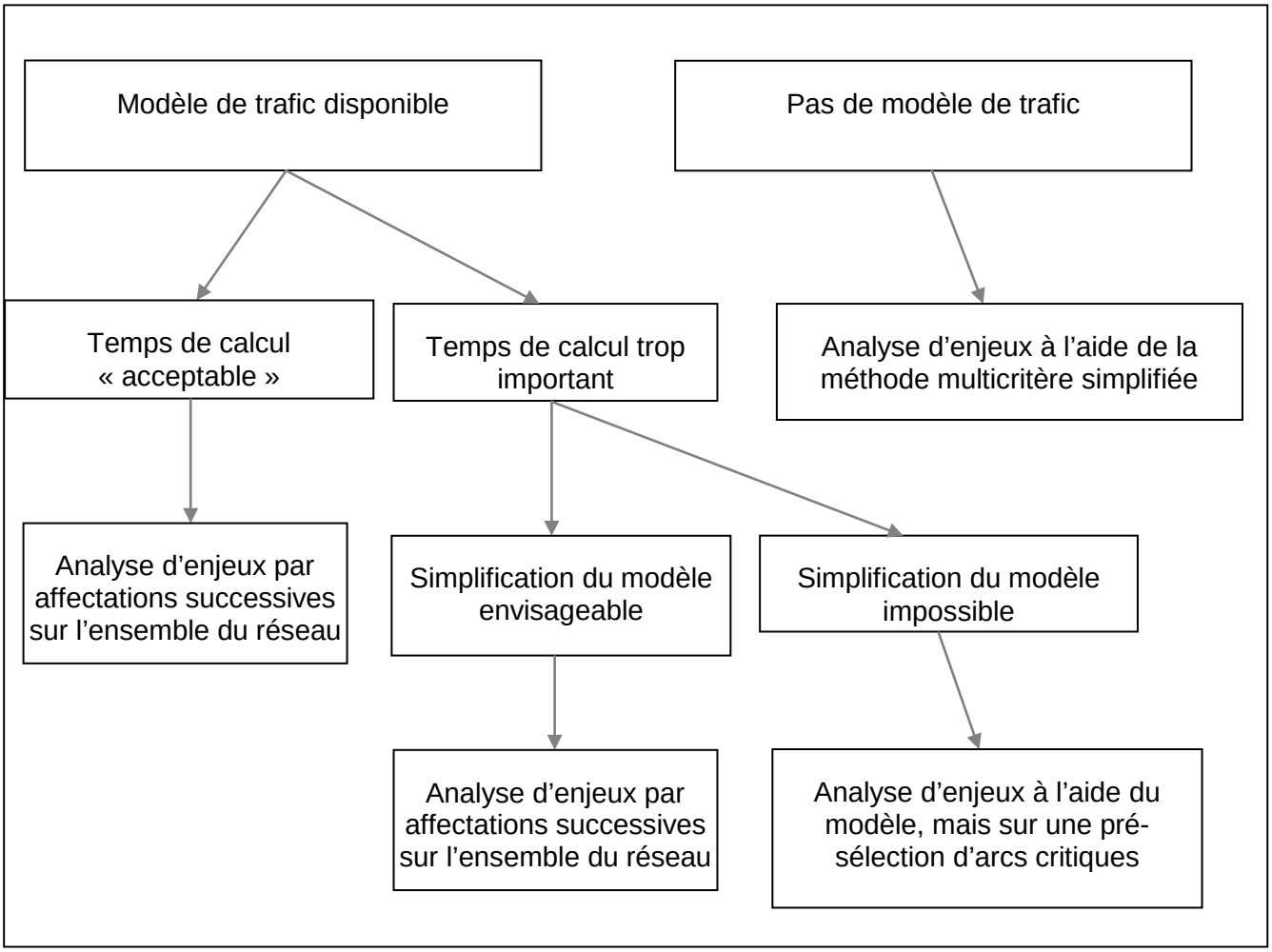


Schéma de la méthode proposée

Il convient toutefois de rappeler que la présente analyse, qu'elle soit manuelle ou automatique, sera toujours limitée de par le fait qu'elle ne considère que des ruptures d'arcs isolées. Or lorsqu'un aléa climatique survient, il existe une possibilité qu'il y ait rupture de plusieurs arcs en même temps ou en cascade. Dans ce cas, la méthode automatique ne convient plus, et il sera nécessaire, soit de recourir à l'analyse simplifiée, soit d'effectuer une pré-sélection des arcs (ou plutôt des combinaisons d'arcs) à analyser avant de lancer le modèle.

Perspectives

La présente étude a montré l'intérêt de l'utilisation d'un modèle de trafic pour déterminer les arcs dont la coupure est la plus préjudiciable grâce à divers indicateurs issus du modèle de trafic. Cette identification peut notamment permettre au gestionnaire de réseau de hiérarchiser son réseau en fonction de ces indicateurs.

Si l'identification de ces arcs à forts enjeux est importante en vue de rendre moins vulnérable le réseau de transport, il est important de signaler qu'il n'est pas possible de s'assurer de manière certaine que ces arcs à forts enjeux ne seront jamais rompus (le risque zéro n'existe pas).

Dès lors, une autre approche possible est de chercher à déterminer, en s'appuyant également sur un modèle de trafic, quels arcs il conviendrait de renforcer pour que l'impact de la rupture de n'importe quel autre arc du réseau soit la moins préjudiciable possible.

Notons que ces arcs à renforcer ne sont pas nécessairement les arcs dont la rupture est la plus préjudiciable. Il peut s'agir par exemple d'arcs qui servent régulièrement d'itinéraires de substitution en cas de ruptures d'autres arcs.

Cette approche sera développée dans une étude ultérieure.

Glossaire

NB : les définitions données ci-dessous sont celles adoptées dans le présent document. Elles sont l'objet de débats au sein de la communauté métier sur l'analyse de risque.

Aléa : événement qui « risque » de se produire. Il s'agit de l'événement potentiel, c'est à dire de la possibilité de l'apparition d'un phénomène. Il est donc défini par une probabilité d'occurrence spatiale, temporelle et en intensité.

Criticité : vulnérabilité d'un système face à un aléa

Enjeu : personnes, biens, activités, éléments du patrimoine culturel ou environnemental, menacés par un aléa ou susceptibles d'être affectés ou endommagés par celui-ci.

Risque : confrontation d'un aléa, de la vulnérabilité et d'une zone géographique où existent des enjeux qui peuvent être humains, économiques, culturels ou environnementaux.

Vulnérabilité : caractéristiques et circonstances qui rendent un système susceptible de subir les effets d'un danger.

Index des tables

Tableau 1 : indicateurs globaux 13

Tableau 2 : scenarii de rupture étudiés 16

Tableau 3 : indicateurs obtenus pour ces 9 scenarii 17

Tableau 4 : exemple d'analyse multicritère simplifiée sur quelques arcs de l'agglomération rouennaise 26

Index des illustrations

Carte 1 : présentation du secteur d'étude 7
Carte 2: chevelu du trafic passant par l'arc avant sa rupture 8
Carte 3: report de trafic 9
Carte 4: report de trafic (zoom) 10
Carte 5: congestions (vue globale) 11
Carte 6: congestions (zoom) 11
Carte 7: gain/perte de temps pour accéder à Rouen 12
Carte 8 : localisation des points de rupture étudiés 16
Carte 9: reports lors de la fermeture de la RD6014 18
Carte 10: accessibilité au centre de Rouen (lors d'une rupture de la RD6014) 19
Carte 11 : résultat de la méthode automatique mise en œuvre sur le corridor Baie de Seine Île-de-France 22
Carte 12 : résultat de la méthode automatique mise en œuvre sur le corridor Baie de Seine Île-de-France (zoom) 22
Carte 13: résultat de la méthode automatique mise en œuvre sur l'agglomération rouennaise 24
Carte 14 : résultat de la méthode automatique mise en œuvre sur l'agglomération rouennaise (zoom) 24

Résumé

Ce document a été élaboré sous le pilotage du Sétra par le PCI "Méthodes, Outils et Démarches pour la Modélisation et l'Organisation des Déplacements".

Le PCI vise à proposer des évolutions dans la manière de conduire les études de déplacements afin de pouvoir répondre aux attentes sociétales complexes relevant directement ou indirectement de ce domaine d'investigations. La modélisation des déplacements est donc la cible principale du PCI mais il a aussi vocation à proposer, spécifier ou améliorer d'autres démarches, méthodes et outils pour permettre une prise en compte plus large et plus efficace des enjeux de déplacements.

Le PCI est situé à la DTer Normandie Centre.

Le rapport présente la démarche suivie par le PCI Modélisation pour effectuer des analyses d'enjeux sur des réseaux de transports en vue de la création d'un guide méthodologique sur l'adaptation au changement climatique.

Connaissance et prévention des risques - Développement des infrastructures - Énergie et climat - Gestion du patrimoine d'infrastructures
Impacts sur la santé - Mobilités et transports - Territoires durables et ressources naturelles - Ville et bâtiments durables

Document consultable et téléchargeable sur le site http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr

Ce document ne peut être vendu. La reproduction totale du document est libre de droits.
En cas de reproduction partielle, l'accord préalable de l'auteur devra être demandé.
Référence : 1405w – ISRN : CEREMA-DTecITM-2014-008-1

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
Direction technique infrastructures de transport et matériaux - 110 rue de Paris, 77171 Sourdun - Tél. : +33 (0)1 60 52 31 31
Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél. : +33 (0)4 72 14 30 30

Établissement public - Siret 130 018 310 00016 - www.cerema.fr