

Le modèle multimodal du Pays de Montbéliard Fiche Technique

août 2008

CERTU
9, rue Juliette Récamier
69 456 Lyon Cedex 06

Le modèle multimodal du Pays de Montbéliard

Fiche Technique

août 2008

CETE de Lyon
25, av. François Mitterrand – Case n°1
69 674 Bron Cedex
Département Villes et Territoires , Groupe des Déplacements Urbains
Responsable de l'étude : Virginie Lasserre, tel : 04-72-14-31-66
Numéro de référence du service documentation : ISRN EQ-CT69-DVT/RE—08-128C-FR

Le modèle multimodal du Pays de Montbéliard a été développé en 2005 par Egis Mobilité, sous le logiciel Davisum, à la demande de la Communauté d'Agglomération, en accompagnement de l'étude de la hiérarchisation du réseau de voiries sur l'ensemble de l'agglomération.

Il modélise :

- les déplacements routiers Véhicules Légers à l'Heure de Pointe du soir (17h-18h),
- les déplacements TC à la Période de Pointe du Soir (17h-18h).

La présente note décrit les zonages et les réseaux utilisés. Elle liste ensuite les données qui ont servi à l'élaboration du modèle. Elle précise la méthode utilisée pour modéliser la demande des déplacements. Puis elle décrit la méthode d'affectation et les calages réalisés. Elle présente ensuite des exemples d'études réalisées à partir du modèle.

1. Zonages et réseaux

1.1. Le modèle comprend 96 zones internes, 34 zones externes et 4 injecteurs

Le modèle est caractérisé par deux périmètres et des injecteurs :

- le périmètre du zonage interne : il intègre les 29 communes de l'agglomération du Pays de Montbéliard et 9 communes supplémentaires situées hors agglomération,
- le périmètre du zonage externe : c'est l'aire urbaine de Belfort – Montbéliard – Héricourt - Delle,
- 4 injecteurs sur le périmètre du zonage externe, ou postes externes.

Le zonage interne est construit sur la base des îlots INSEE ; il est constitué de 96 zones.

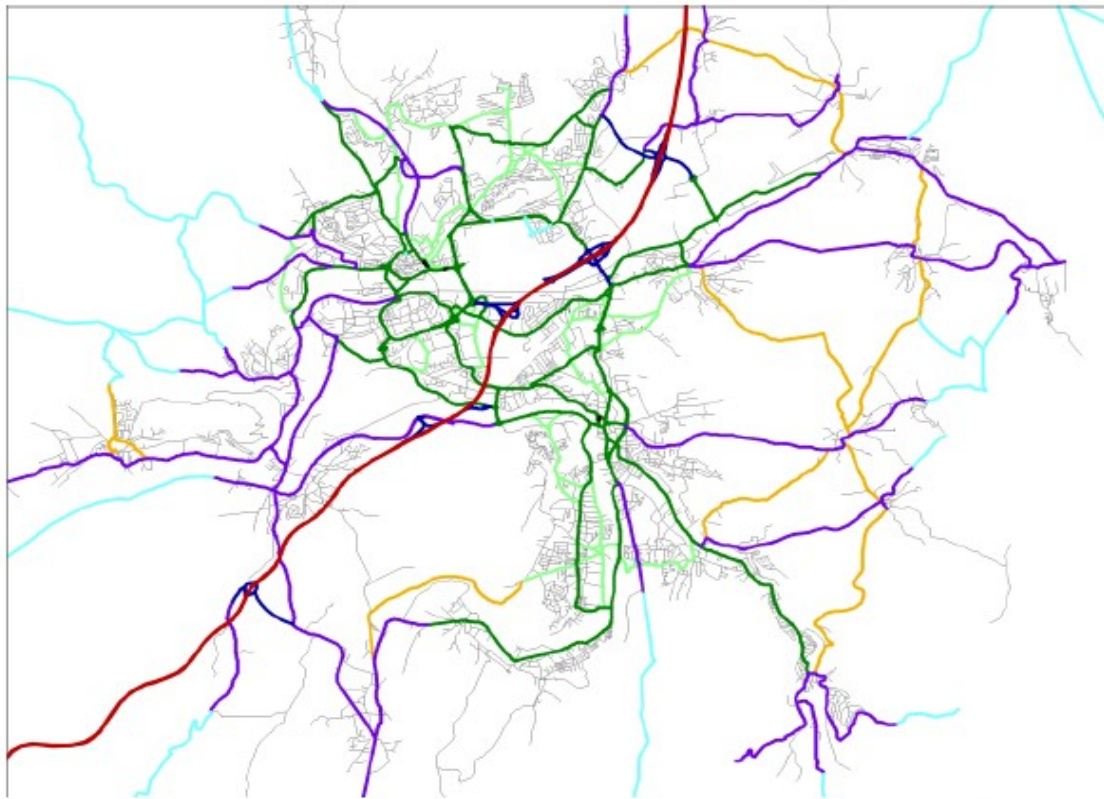
Le zonage externe est construit sur la base de contours communaux et du zonage de l'enquête cordon ; il est constitué de 34 zones.

1.2. Les réseaux modélisés sont le réseau routier et le réseau TC

Le réseau routier modélisé est présenté sur la figure 1.

Il intègre tout le réseau, hors réseau de desserte, à savoir :

- le réseau autoroutier et ses échangeurs,
- le réseau structurant d'agglomération,
- le réseau inter-quartier,
- le réseau pénétrant,
- le réseau inter-villages.



Ref : 0C5042AC

Communauté d'Agglomération du Pays de Montbéliard
Etude de Voirie d'Agglomération
Volet « Modélisation multimodale »

Date : 29/06/2006



Figure 1 : réseau routier modélisé

Le réseau TC modélisé est présenté sur la figure 2. Il s'agit du réseau de 2004, date de réalisation de l'enquête ménages déplacements.

Les lignes codées correspondent au service régulier, avec les fréquences réelles.

Tout service TC débutant ou se terminant durant la période de pointe est intégré dans le modèle.

Le réseau du Pays de Montbéliard a connu une modification en 2006, intégrée par la suite au modèle.



Figure 2 : réseau TC modélisé

II. Données utilisées pour élaborer le modèle

Les données utilisées pour élaborer le modèle sont :

- l'Enquête Ménages Déplacements 2004 sur l'aire urbaine de Belfort-Montbéliard (périmètre plus large que celui du modèle),
- l'Enquête Cordon 2004 sur le périmètre de l'aire urbaine de Belfort-Montbéliard,
- une enquête OD sur A36, réalisée en 2003 aux barrières de péage de Saint-Maurice et de Fontaine¹, sens sortant,
- des comptages de :
 - la DDE / Conseil général : récents, essentiellement en TMJA,
 - la CAPM : de 2003,

¹ Fontaine étant située au nord du modèle et St Maurice étant située au sud du modèle.

- les communes : de 1999 à 2005,
- SAPRR : concernent A36 et ses échangeurs : de 2003 et mises à jour annuelles,
- : dans le cadre d'études antérieures,
- Enquête Cordon : concernent les pénétrantes de l'agglomération,
- des enquêtes montées-descentes sur la totalité des lignes de transports en commun entre 1998 et 2003.

III. Modélisation de la demande

Deux méthodes distinctes sont utilisées pour modéliser la demande interne et la demande externe : une modélisation de type « 4 étapes » pour la demande interne et des coefficients de croissance de la Direction des Routes, du Ministère du Développement Durable, pour la demande externe. L'objectif de cette modélisation de la demande est d'élaborer des matrices de déplacements VP et TC aux horizons d'études 2015 et 2025.

III.1 Modélisation de la demande interne de type « 4 étapes »

La modélisation de la demande utilise la technique de modélisation à 4 étapes.

III.1.1. Identification des groupes d'individus aux comportements homogènes

Egis Mobilité a analysé l'Enquête Ménages pour évaluer **la mobilité tous modes**, en nombre de déplacements par personne et par jour, des résidents de l'agglomération, sur le zonage interne.

Puis, toujours à partir de l'Enquête Ménages, il a constitué des **groupes d'individus aux comportements de déplacements homogènes**.

Pour ce faire, il a réalisé une analyse en composantes multiples, afin d'identifier les caractéristiques de la population ayant un impact déterminant sur leurs comportements de déplacements et regrouper les individus présentant des comportements similaires, tels que : nombre de déplacements réalisés, motif de déplacement, mode de déplacements.

Egis Mobilité a ainsi mis en évidence que les **caractéristiques de la population dont l'influence était déterminante sur leurs comportements de déplacements** étaient :

- la catégorie socio-professionnelle,
- la possession ou non d'un permis de conduire,
- le sexe,
- l'âge,
- les revenus,
- le taux de motorisation des ménages.

Puis, Egis Mobilité a mis en évidence :

- une forte corrélation entre catégorie socio-professionnelle et l'âge,
- une forte corrélation entre revenus et motorisation,
- une faible mobilité des inactifs,
- une forte mobilité des actifs, principalement en VP conducteur et pour le motif travail,
- une mobilité contrainte des scolaires, plutôt en TC.

Cela a conduit Egis Mobilité à retenir, comme caractéristiques de population ayant un impact déterminant sur les déplacements, les caractéristiques suivantes :

- la catégorie socio-professionnelle : actifs, inactifs, scolaires,
- la motorisation : motorisé ou non,

à savoir les groupes d'individus suivants :

- actifs avec voiture,
- actifs sans voiture,
- collégiens / lycéens,
- étudiants,
- inactifs avec voiture,
- inactifs sans voiture,
- scolaires primaires.

Enfin, Egis Mobilité a extrait de l'Enquête Ménage **les motifs de déplacements** auxquels on pouvait associer un coefficient d'attraction facilement quantifiable pour chaque zone interne du modèle.

Egis Mobilité a ainsi retenus les 12 motifs de déplacements suivants : Domicile, Travail, Achat de proximité, Achat grande surface, Santé, Ecole Primaire, Collège-Lycée, Université, Loisirs, Accompagnement, Démarche, Autre.

III.1.2. Génération/attraction des déplacements

a. Génération : calcul du nombre de chaînes de déplacements réalisées par chaque groupe d'individus au départ de chaque zone

Dans cette étape, Egis Mobilité a identifié, à partir de l'Enquête Ménages, puis **élaboré les chaînes de déplacements effectuées par les différents groupes de déplacements aux comportements homogènes** (cf. § III.1.1.). *Exemple de chaîne de déplacements : domicile – école – travail – domicile.*

Puis il a calculé, à partir de l'Enquête Ménages, **les parts moyennes de chaînes de déplacements effectuées par chaque groupe d'individus, pour chaque type de chaîne.** *Exemple : l'actif avec voiture réalise 25% de chaîne Domicile – Ecole – Travail – Domicile, 20% de chaîne Domicile – Travail – Achat – Travail – Ecole – Domicile, etc.*

Enfin, il a calculé **les nombres de chaînes de déplacements réalisées par chaque groupe d'individus, pour chaque chaîne de déplacements, au départ de chaque zone.** Pour ce faire, il a simplement multiplié le nombre d'habitants de chaque zone par les parts moyennes de chaînes de déplacements calculées précédemment.

Sont retenues les chaînes de déplacement qui sont fermées (origine = destination = domicile), entièrement incluses dans le zonage interne, et inférieures ou égales à 6 déplacements. Cela représente 91% de la totalité des déplacements internes identifiés dans l'Enquête Ménages.

b. Attraction : calcul de coefficients d'attraction à destination de chaque zone

Dans cette étape, Egis Mobilité a calculé, sur la base de l'Enquête Ménage, les coefficients d'attraction à destination de chaque zone, et pour chaque motif de déplacement.

Ces coefficients résultent parfois de la combinaison de plusieurs variables, combinaisons réalisées par régression linéaire, en respectant les règles suivantes :

- combiner des variables dont on pourra ultérieurement facilement mesurer l'évolution, pour permettre la mise à jour du modèle,
- combiner le minimum de variables possibles, pour conserver une valeur explicative simple.

III.1.3. Distribution des déplacements

La fonction de distribution utilisée par Egis Mobilité n'est pas purement gravitaire, pour que les zones attirent également les déplacements d'origine lointaine. Les fonctions d'utilité utilisées sont de la forme :

$$F_{ij} = Q_i \cdot Z_j \cdot E^{-a \cdot W_{ij}}$$

avec :

F_{ij} : le nombre de déplacements de la zone i vers la zone j,

Q_i : le volume de déplacements généré par la zone i,

Z_j : l'attractivité de la zone j,

W_{ij} : l'impédance entre la zone i et la zone j (traduisant la résistance).

Egis Mobilité a donc calibré des fonctions de distribution pour chaque couple [groupe d'individus, motif de déplacement], ou plus exactement en effectuant des regroupement de groupes d'individus pour certains de ces couples, de manière à aboutir à des nombres d'individus se déplaçant qui soient suffisants, afin d'assurer la représentativité des résultats et pouvoir ainsi calibrer les différentes fonctions.

Pour vérifier que le modèle reconstitue correctement la distribution des boucles de déplacements, Egis Mobilité a comparé les résultats obtenus avec les valeurs tirées directement de l'enquête ménages, selon 3 indicateurs :

- validation de la qualité du coefficient a de la fonction d'utilité : en vérifiant les distances de déplacements pour groupe d'individus et par motif,
- validation de la qualité du facteur d'attraction : en vérifiant l'attraction des zones,
- validation des émissions $\sum_i Q_i$, des attractions $\sum_j Z_j$ et des déplacements $\sum_{ij} F_{ij}$ zone à zone, tous groupes d'individus et motifs confondus.

A l'issue de cette étape, on dispose donc de matrices de déplacements à la journée, par groupes d'individus et par motifs, tous modes confondus.

III.1.4. Choix modal

Egis Mobilité a ensuite modélisé le choix modal, c'est-à-dire la répartition de la demande sur les différents modes de transports.

Le choix modal est modélisé :

- en différenciant les catégories de personnes qui se déplacent, en fonction de leur situation socio-économique et de leur disponibilité de modes de transports,
- en prenant en compte différents attributs de tous les modes de transports : par une fonction d'utilité.

Cette décision du choix modal est modélisée par un modèle LOGIT multinomial, qui indique la probabilité de choix d'un mode de transport donné dans chaque chaîne de déplacement :

$$P_{gij}(m) = \frac{e^{U_{gij}(m)}}{\sum_k e^{U_{gij}(k)}}$$

avec :

$P_{gij}(m)$: la probabilité pour le groupe d'individus g de choisir le mode m pour aller de la zone i à la zone j ,

$U_{gij}(m)$: l'utilité pour le groupe d'individus g , en cas de choix du mode m , de se rendre de i à j . Cette fonction d'utilité s'écrit :

$$U_{gij}(m) = \sum_k p_{kgm} \times T_{kij}(m) + p_{5gm} \times \ln(D_{ij}(m)/p_{6gm}) + p_{7gm}$$

avec :

$T_{kij}(m)$: les k attributs des modes de transports :

- temps de parcours ($k=1$) de la zone i à la zone j ,
- somme des temps de rabattement ($k=2$) depuis la zone i jusqu'à la zone j ,
- coût du déplacement ($k=3$) depuis la zone i jusqu'à la zone j ,
- un attribut d'offre ($k=4$) complémentaire pour le mode m ,

$D_{ij}(m)$: la distance de i à j avec le mode m ,

p_{kgm} , avec $k=1$ à 7 : les paramètres LOGIT, pour chaque groupe g et mode de transport m .

A noter que, en pratique, on ne tient pas compte de la totalité des paramètres LOGIT pour tous les modes, mais seulement des plus déterminants.

Les modes de déplacements pris en compte pour la modélisation sont :

- VP Conducteur,
- VP Passager,
- Transports en Commun Urbains,
- Marche à pieds.

Enfin, pour s'assurer de la qualité du calibrage des fonctions de choix du mode, Egis Mobilité a comparé les parts modales reconstituées par le modèle avec les parts modales issues de l'Enquête Ménages (cf. figure 3).

	VP Conducteur	VP Passager	TCU	Marche à pieds
Part Modale issue de l'Enquête Ménages	49%	18%	5%	28%
Par Modale reconstituée par le modèle	49%	23%	5%	24%

Figure 3 : comparaison des parts modales issues de l'Enquête Ménages et résultant du modèle

En termes d'écart sur les parts modales motorisées zone à zone, Egis Mobilité aboutit à un écart inférieur à 5% pour 90% des déplacements.

III.1.5. Modulation temporelle des déplacements dans la journée

Egis Mobilité a évalué le ration quotidien pour aboutir aux déplacements à l'Heure de Pointe du Soir (17h-18h) sur la base de l'Enquête Ménages, en distinguant le motif à l'origine et le motif à la destination. Tous motifs confondus, l'Heure de Pointe du Soir représente 11% de l'ensemble des déplacements journaliers pour les véhicules légers.

III.1.6. Modification ponctuelle de la demande interne

Pour prendre en compte les spécificités horaires des déplacements en 3 x 8 heures des employés de PSA Peugeot-Citroën, qui entraîne un décalage dans le temps pour la sortie d'usine par rapport à l'Heure de Pointe du Soir, Egis Mobilité a appliqué un coefficient réducteur (= 0,39) sur les émissions des zones concernées. Les heures de sorties décalées des employés PSA sont ainsi intégrés dans les déplacements HPS de l'agglomération.

III.2. Modélisation de la demande externe

Les déplacements d'échange et de transit sont reconstitués à partir d'enquêtes : enquête cordon pour les véhicules n'empruntant pas l'A36, l'enquête A36 pour ceux qui l'empruntent et l'Enquête Ménages pour les trafics d'échange et de transit avec le reste de l'aire urbaine.

Egis Mobilité a estimé la structure de la matrice de transit et d'échange avec l'extérieur du modèle inclus dans l'aire urbaine à partir de l'Enquête Ménages, sur la base de l'ensemble des déplacements à la journée. Puis il a appliqué le taux de pointe, estimé à partir de l'Enquête Ménages, afin d'obtenir une matrice Heure de Pointe du Soir.

Puis, Egis Mobilité a élaboré la matrice d'échange et de transit des trafics sur l'A36 en appliquant une symétrie avec les trafics donnés par l'enquête A36. Puis il a appliqué le taux de pointe, estimé à partir de cette enquête, pour obtenir une matrice Heure de Pointe du Soir.

Enfin, Egis Mobilité a élaboré la matrice de transit et d'échange avec l'extérieur de l'aire urbaine en extrayant de l'Enquête Cordon les trafic à l'Heure de Pointe du Soir, puis en établissant une correspondance entre le zonage de l'enquête et le zonage du modèle.

Pour finir, Egis Mobilité a utilisé les coefficients de croissance de la Direction des Routes, du Ministère du Développement Durable, pour élaborer les matrices d'échange et de transit aux horizons 2015 et 2025.

IV. Affectation

Le modèle d'affectation permet d'affecter les matrices origines-destinations issues des modélisations des déplacements internes et externes sur les réseaux de transport VL et TC (cf. § I.2).

IV.1. Affectation des VL

Le modèle d'affectation converge au bout de 4 itérations environ, rendant ainsi compte d'un équilibre dans l'affectation des différentes origines-destinations de véhicules.

Pour calibrer le modèle d'affectation, Egis Mobilité a ajusté les capacités et vitesses à vide de tronçons du réseau de voiries pour aboutir à des trafics proches des trafics observés par comptages (cf. § I.2).

Egis Mobilité a réalisé le calage du modèle d'affectation au niveau de lignes-écran sur des coupures (ex : flux Est-Ouest traversant A36), afin de valider globalement un flux de véhicules, puis voie par voie.

On considère que le calage du modèle est très bon pour un écart inférieur à 50 véhicules/h ou à 10%.

IV.2. Affectation des TC

Egis Mobilité a réalisé l'affectation des TC en calculant, pour chaque flux OD, la fonction de temps généralisé suivante :

$$T_g = a \times T_{v\acute{e}h} + b \times T_{rab} + c \times T_{acc} + d \times T_{liai} + e \times T_{d\acute{e}p} + f \times T_{corr} + NbRupt \times T_{p\acute{e}n}$$

avec :

- $T_{v\acute{e}h}$: le temps de parcours en véhicule,
- T_{rab} : le temps de rabattement à l'origine (trajet lieu d'origine – station TC),
- T_{acc} : le temps d'accès à la destination (trajet station TC – lieu de destination),
- T_{liai} : le temps de liaison en marche à pieds entre deux arrêts (temps de correspondance),
- $T_{d\acute{e}p}$: le temps d'attente moyen au départ,
- T_{corr} : le temps d'attente moyen en correspondance,
- $NbRupt$: le nombre de ruptures de charge,
- $T_{p\acute{e}n}$: le temps de pénalité appliqué par rupture de charge.

Le calage de l'affectation a conduit Egis Mobilité à retenir :

- $a = 1$,
- $b = c = d = e = f = 2$,
- $T_{p\acute{e}n} = 15 \text{ min.}$

Egis Mobilité a estimé la qualité du calage de l'affectation TC en comparant les résultats issus du modèle avec les observations suivantes fournies par l'exploitant : les montées et descentes aux différents arrêts du réseau et les charges (en personnes) par lignes.

V. Exemples de projets testés

Exemple 1 de résultats obtenus : dans cet exemple, il s'agissait de tester l'impact sur les trafics des projets suivants dans le centre d'Audincourt, à l'horizon 2025 :

- prolongement de la rue de la Gare,
- nouveau pont,
- plan de circulation,
- TCSP.

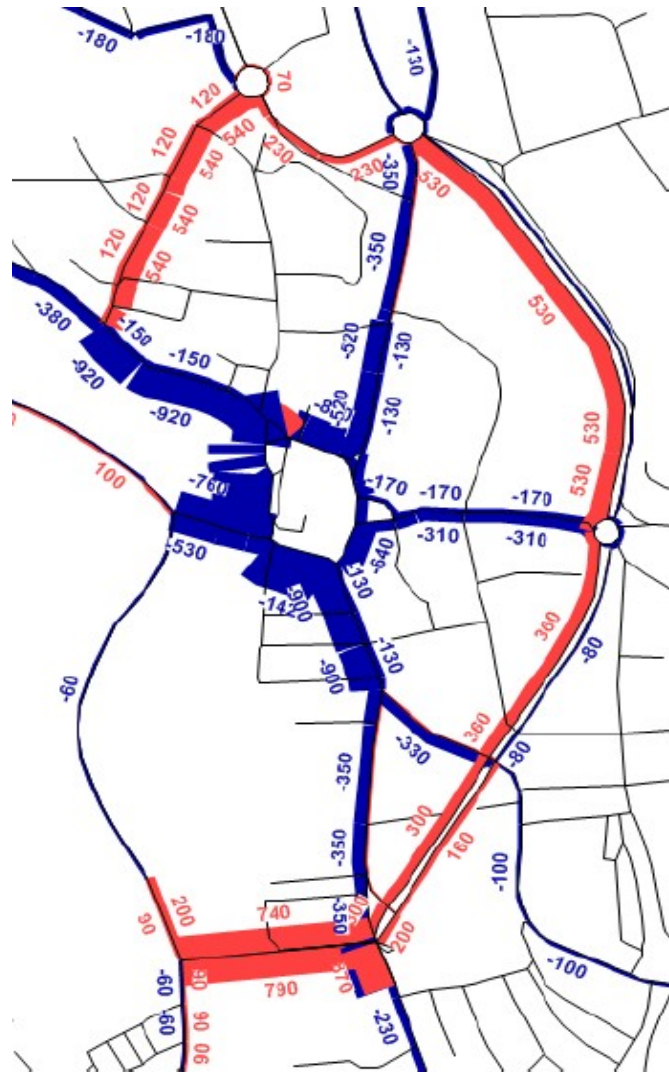


Figure 4 : Résultats de test d'un scénario (exemple 1) dans le centre d'Audincourt

Éléments de résultats du test : le trafic se reporte sur le contournement d'Audincourt, au lieu d'emprunter les pénétrantes.

Exemple 2 de résultats obtenus : dans cet exemple, il s'agissait de tester l'impact sur les déplacements d'un ensemble de projets d'aménagement des infrastructures de transports, avec en particulier une ligne de TCSP, et leurs impacts sur l'évolution de la clientèle TC entre 2015 et 2025.

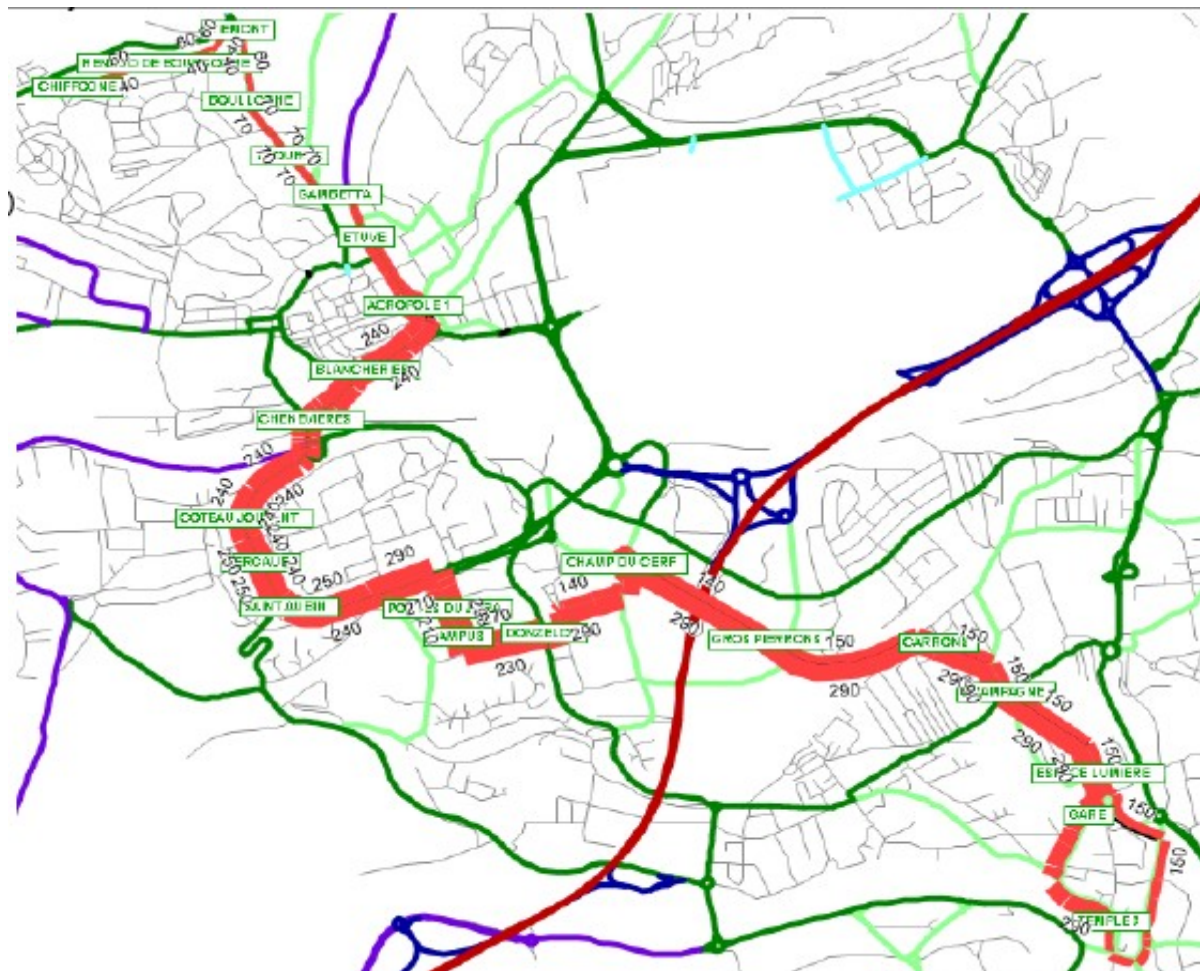


Figure 5 : Résultats de test d'un scénario (exemple 2) dans le Pays de Montbéliard

Éléments de résultats du test sur la ligne du projet de TCSP :

- peu d'augmentation de la charge entre 2015 et 2025 : elle concerne les motifs contraints,
- le nombre de voyageurs passe de 460 voyageurs attendus en 2015 à 560 voyageurs en 2025.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE :

- « *Communauté d'Agglomération du Pays de Montbéliard – Etude de Voirie d'Agglomération – Volet « Modélisation multimodale » - Rapport n°1 : constitution du modèle multimodal de déplacements* », Version 2, Egis Mobilité, juin 2006.

département
Villes et Territoires

**25, avenue
François Mitterrand
Case n°1
69674 Bron cedex**

téléphone :
04 72 14 30 30

télécopie :
04 72 14 30 35

mél : [dvt.cete-lyon
@equipement.gouv.fr](mailto:dvt.cete-lyon@equipement.gouv.fr)

**Le CETE de Lyon
appartient au Réseau
Scientifique et Technique
de l'Équipement**

