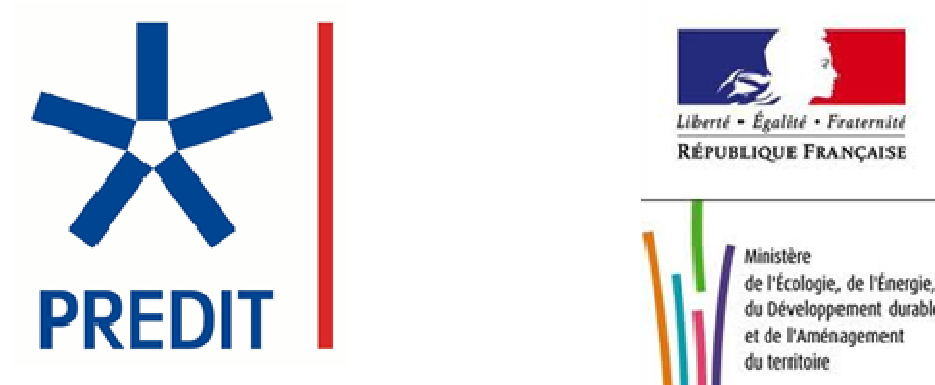




Des stress-tests pour une mobilité durable: une approche par l'accessibilité

Rapport final

Convention de subvention n°2100 215 477

Dossier n°10-MT-PREDITG06-3-CVS-087

LET : Aurélie MERCIER, Nicolas OVTRACHT

Chair of Urban Structure and Transport Planning, Technische Universität München : Benjamin BUETTNER, Chenyi Ji, Johannes KELLER, Gebhard WULFHORST



Technische Universität München



Table des matières

I.	Introduction.....	3
II.	Analyse de la vulnérabilité dans les régions métropolitaines de Lyon et Munich	5
1.	Définition et mesure de la vulnérabilité : éléments méthodologiques	5
2.	Les régions étudiées.....	6
3.	Résultats.....	9
a.	Mesure de l'exposition aux chocs.....	9
b.	Mesure de la sensibilité.....	11
c.	Mesure de la résilience.....	13
d.	Mesure de la vulnérabilité	16
4.	Conclusion	18
III.	Des stress-tests pour évaluer la résistance aux chocs sur la mobilité urbaine.....	19
1.	Contexte et problématique	19
2.	Données et méthodologie.....	20
a.	Détermination et choix des ménages considérés	20
b.	Caractéristiques et coûts associés au logement.....	21
c.	Pratiques de mobilité et programme d'activité.....	21
3.	Présentation des stress-tests.....	23
a.	Stress-test n°1 : prix du baril de pétrole à 200\$	23
b.	Stress-test n°2 : multiplication du prix du litre de carburant par 3	23
c.	Stress-test n°3 : contrainte sur l'émission de CO2.....	23
d.	Alternatives envisagées pour répondre aux chocs	24
4.	Réaction des ménages aux chocs sur la mobilité.....	24
a.	L'impact des stress-tests sur un ménage de 4 personnes vivant en périphérie de Munich	24
b.	Un jeune couple résidant dans les quartiers périphériques de Munich	29
c.	Un jeune homme vivant à Munich	33
d.	Une famille vivant en « grande couronne » de Lyon	37
e.	Un jeune homme vivant à Lyon intra muros	43
f.	Ménage en couple vivant à Mions	45
g.	Ménage 4 : couple vivant au Nord-Ouest de Lyon.....	49
5.	Conclusions et recommandations.....	52
IV.	Conclusion : recommandations en termes de politiques publiques.....	54
V.	Bibliographie.....	57

I. Introduction

La majorité des déplacements automobiles s'effectue encore aujourd'hui en France par le biais de véhicules fonctionnant à l'énergie fossile. Malgré les efforts des gouvernements et des constructeurs automobiles pour développer les véhicules hybrides ou électriques, ce marché se développe difficilement. En avril 2013, les véhicules hybrides représentent seulement 2% des ventes et les véhicules électriques 0,6% des immatriculations françaises, soit 56% de moins que prévu. La part des véhicules diesel (et hybride diesel) ne cesse d'augmenter pour atteindre 61,3% du parc des voitures particulières françaises en juillet 2013 (données issues du Comité des constructeurs français d'automobiles). La demande en énergie pétrolière ne faiblit pas. A l'échelle mondiale, elle est par ailleurs accrue avec le développement économique des BRIC, Brésil, Russie Inde et Chine.



Figure 1 : Evolution conjointe du prix du baril de pétrole et du PIB mondial entre 1970 et 2011
(World Bank database, 2012 et Earth Policy Institute, 2012)

Dans cette dynamique actuelle, la demande pétrolière croissante n'est pas sans impact sur l'activité économique, comme en témoigne la dernière crise pétrolière de 2008. La Figure 1 illustre ainsi la croissance comparée du prix du pétrole et du PIB mondial depuis 1970. La rareté des énergies fossiles associée à la crainte d'une crise pétrolière et de l'instabilité politique dans les pays producteurs génère une crainte croissante quant à l'évolution des prix dans un futur proche. Durant la troisième crise pétrolière, le prix du baril de pétrole est passé de 40 US\$ à plus de 100 US\$ en quatre ans à peine. Dans le même temps, la progression du PIB mondial a perdu 1.5 point passant d'une hausse de 5.5% par an. Ce constat met en évidence la corrélation négative entre la croissance économique mondiale et l'évolution du prix du baril de pétrole. Toutefois, il est aujourd'hui difficile de prévoir avec certitude l'évolution du prix du pétrole. Ainsi, la baisse du cours du baril en 2009 a été immédiatement suivie d'une forte augmentation

de plus de 60%. De ces différents constats, il est dès lors plausible de conclure que les ménages seront amenés à subir de fortes variations à la hausse du prix du carburant.

C'est dans ce contexte incertain de variation de prix du pétrole que le projet « Des stress-tests pour une mobilité durable: une approche par l'accessibilité » est réalisé. Il repose sur une collaboration entre le Laboratoire d'Economie des Transports (Université de Lyon, CNRS) et le Département des structures urbaines et des transports (Université technologique de Munich). Ce partenariat franco-allemand propose une approche multidisciplinaire reposant sur le concept d'accessibilité. Le projet associe la problématique du développement durable avec les thématiques de transports et d'aménagement du territoire en milieu urbain. Les questions de mobilité et de leur évolution dans un contexte de rareté des ressources fossiles sont particulièrement prégnantes en milieu urbain. Les études récentes soulignent l'impossibilité de concilier des déplacements rapides et bon marché en raison des contraintes suivantes pesant sur les mobilités individuelles :

- Rareté des ressources fossiles associée à un accroissement des prix du carburant;
- Mise en place possible des permis et/ou quotas d'émission Co2 ;
- Renforcement de la législation visant à limiter la pollution par gaz à effet de serre dans les grandes agglomérations.

En s'appuyant sur les agglomérations de Lyon et Munich, le projet développe plus spécifiquement les questions suivantes :

- Quelles sont les zones de résidence, ou les individus, les plus exposés à une hausse du coût du transport et/ou des contraintes en termes de mobilité ?
- Comment ces individus réagissent-ils face à une baisse de leur niveau d'accessibilité ?
- Quels sont les modes de transports les plus touchés ? Le système de transports en commun peut-il se substituer aux modes privatifs actuels ? Quels seraient les investissements possibles pour préparer le système de transports en commun à faire face à de tels chocs ?
- Dans quelle mesure les nouvelles technologies ou formes de déplacement permettront-elles de supporter de tels chocs ?

Dans un premier temps, le concept de vulnérabilité est ainsi mobilisé pour réaliser un état des lieux à l'échelle communale des zones les plus sensibles à une hausse potentielle du coût de la mobilité automobile. Il est complété, dans un second temps, par une analyse à partir de « stress-tests » pour envisager l'impact de chocs sur la mobilité sur différents profils de ménages français et allemands. Issus de l'ingénierie, les stress-tests sont actuellement utilisés dans le secteur de la finance pour examiner la stabilité des banques dans des conditions de chocs inhabituels et sévère. Nous transposons ce principe à dans une optique de mobilité durable en testant la résistance des ménages face à de nouvelles contraintes fortes et soudaines. Le double objectif scientifique et politique de notre recherche nous conduit enfin à proposer des recommandations en termes de politiques publiques.

II. Analyse de la vulnérabilité dans les régions métropolitaines de Lyon et Munich

1. Définition et mesure de la vulnérabilité : éléments méthodologiques

La mise en place de stress-tests pour évaluer l'impact de chocs sur la mobilité est envisagée comme un développement possible de l'analyse de la vulnérabilité. Une définition de la vulnérabilité est donnée par Kelly et Adger (2000) qui l'envisage comme « la capacité ou incapacité, pour un individu ou un groupe, de répondre, réagir ou s'adapter à un choc externe affectant leur niveau de vie et leur bien-être ». Kasperson et *al.* (2006) considère la vulnérabilité comme le degré avec lequel une personne, un système ou une entité (de lieu ou de personne) subit les méfaits liés à une exposition à des perturbations ou à des chocs.

La vulnérabilité peut être décomposée en trois grandes dimensions :

- L'**exposition** qui reflète le contact entre l'entité et le choc. L'exploration de l'exposition vise à répondre à la question : « Qui est exposé ? ». Seuls certains individus sont-ils exposés ou bien des groupes d'individus ou entités géographiques sont-ils également exposés ? Quel est le point commun entre les entités exposées ?
- La **sensibilité** est le degré avec lequel un individu ou une entité est affectée par l'exposition au choc.
- La **résilience** est la capacité avec laquelle un individu ou une entité pour « absorber » les perturbations ou chocs sans changer fondamentalement son comportement.

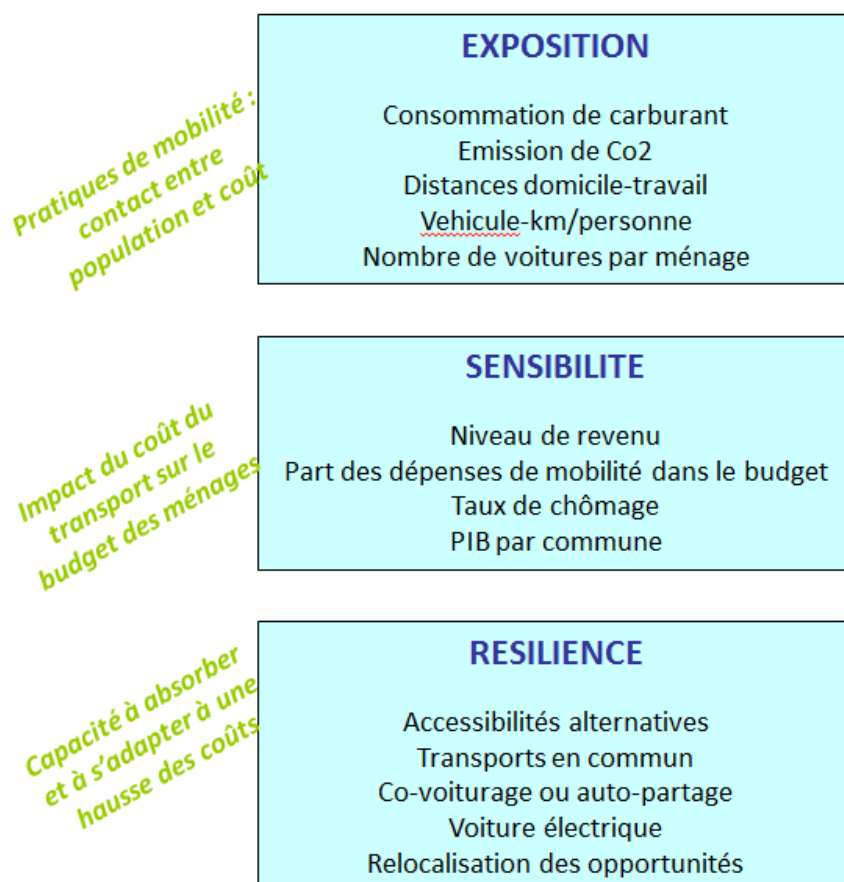


Figure 2 : Les dimensions de la vulnérabilité

Comme expliquée par Leary et Beresfort (2007), l'ambition de la mesure de la vulnérabilité est de trouver des explications [...] qui sont [...] robustes et applicable à un large éventail de contextes, et d'échelles géographiques. Wilbanks et Kates (1999) insistent par ailleurs sur la nécessité d'analyser la vulnérabilité tant à l'échelle des ménages que des communes.

Dans l'objectif d'adapter l'évaluation de la vulnérabilité à la thématique des stress-tests, basés sur l'accroissement du coût du carburant, des indicateurs appropriés ont été définis (cf. Figure 2) pour une application à une échelle municipale. Les indicateurs ont été choisis à partir des réponses aux questions suivantes :

1/ Qui est exposé à un accroissement du prix du carburant ? Les individus ayant une consommation élevée de carburant.

- ➔ L'indicateur ainsi retenu pour mesurer l'exposition est le nombre moyen de véhicule kilomètre par habitant pour le cas de Munich et les distances domicile-travail parcourues en voiture par habitant pour le cas de Lyon.

2/ Qui est sensible à une hausse du prix du carburant ? Les individus ayant un revenu faible.

- ➔ L'indicateur ainsi retenu pour mesurer la sensibilité est le revenu moyen mensuel par ménage, pour Munich et le taux de chômage pour Lyon.

3/ Qui peut s'adapter en cas de hausse du prix du carburant ? Les individus ayant des alternatives à la voiture individuelle à énergie fossile.

- ➔ L'indicateur ainsi retenu pour mesurer la résilience est le niveau d'accessibilité en transports en commun.

4/ Pour résumer : qui est vulnérable à une hausse du prix du carburant ? Les individus fortement exposés et sensibles à une hausse du prix du carburant tout en n'ayant pas d'alternative possible à l'usage de la voiture à énergie fossile.

- ➔ La vulnérabilité est ainsi mesurée comme une moyenne des indicateurs précédents.

NB : chacun des indicateurs utilisés seront détaillés dans la section 3.

La méthodologie présentée ci-dessus est applicable sur divers découpages géographiques ou territoires. Elle trouve toutefois ses limites dans une optique de comparaison entre différentes régions, comme notre étude inscrite sur les territoires de Lyon et Munich. Dans ce cas, les indicateurs et le cadre d'analyse doivent être adaptés en fonction des données disponibles et de leur fiabilité.

2. Les régions étudiées

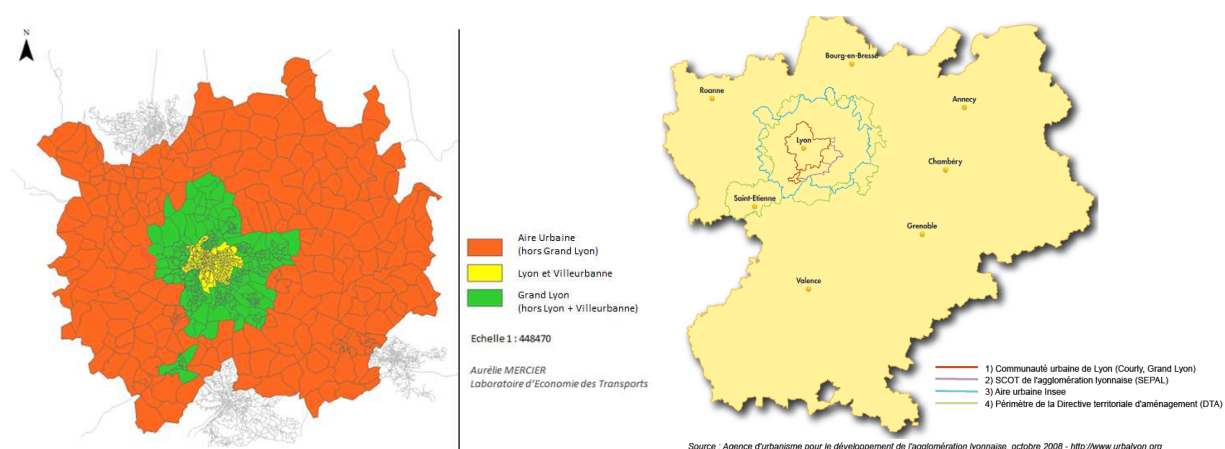
La mise en place d'analyses sur les régions de Lyon et Munich nécessite au préalable de définir les périmètres d'étude pour chacun des deux territoires. Les périmètres retenus doivent ainsi être cohérents avec ceux des bases de données administratives ou issues d'enquêtes mais également avec les réseaux de transports en commun, qui en fonction de l'étendue du périmètre, ne relèvent pas tous de la même autorité organisatrice. Pour chacune des deux études, trois périmètres ont été retenus dans un premier temps. Ils sont présentés, avec leurs principales caractéristiques socio-économiques (Tableau 1).

	Grand Lyon	Aire Urbaine de Lyon	Région Rhône Alpes	Munich	Région de Munich (MVV)	Région métropolitaine de Munich
Superficie (en km²)	510	3 356	43 698	311	5 470	24 094
Population (en millions)	1,25	1,75	6,16	1,36	2,6	5.5
Densité de population (hab/km²)	2 455	509	141	4 400	494	282
PIB (mds d'€)	52	N.C	188	73,8	N.C	209,48
Revenu moyen par an et par hab.	18 280 € (par ménage)	N.C	18 997 €	23 145 €	39 172 € (revenu brut)	21 518 €
Taux de chômage	11.40 %	8.8 %	9 %	5,0 %	2,12 %	N.C
Longueur du réseau de transports en commun	1 232 km	N.C	2 660 km (réseau TER)	625 km	5 377km	N.C

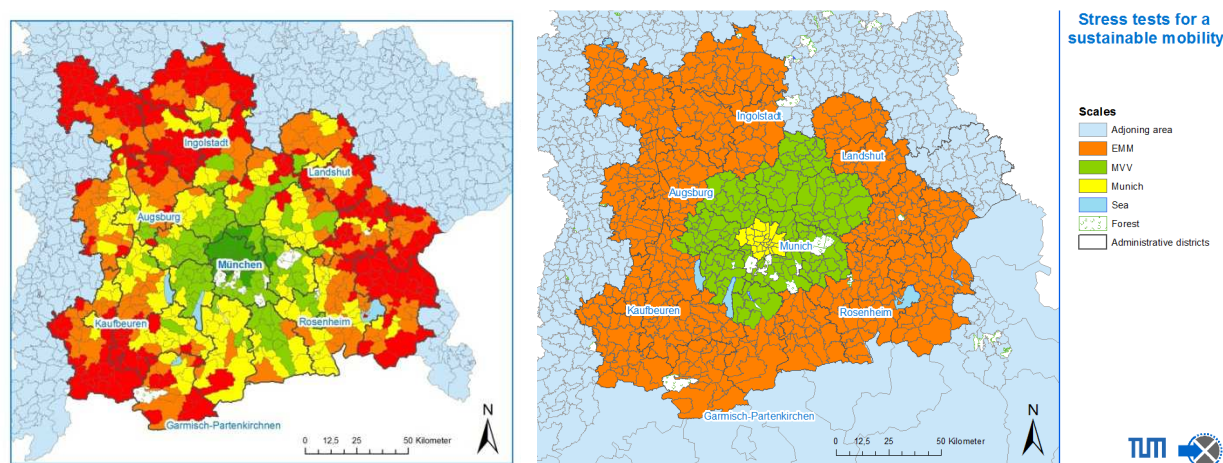
Tableau 1 : Caractéristiques socio-économiques des différents périmètres envisagés

Le Tableau 1 illustre les différences de tailles pour un même niveau administratif entre les deux aires d'études et les problèmes de comparabilité qui en résulte. Ainsi l'échelon intercommunal du Grand Lyon se rapproche davantage de la municipalité de Munich que de la Région de Munich (MVV) en termes de superficie et de population. De même, sur ces derniers critères, l'aire urbaine de Lyon pourrait être comparée à la Région de Munich et la Région Rhône-Alpes à la Région métropolitaine de Munich. Toutefois, au-delà des éléments de comparaison démographique, la question des périmètres de compétence en termes de politique de transport mérite d'être considéré. Pour le cas lyonnais, nous distinguons deux échelons politiques : le Grand Lyon, autorité organisatrice des transports urbains par le biais du SYTRAL, et la Région Rhône-Alpes, organisatrice des services de transports régionaux. Aucune responsabilité politique n'incombe à l'Aire Urbaine de Lyon qui est un périmètre statistique défini par l'INSEE. D'un point de vue économique, quel que soit le découpage considéré, on observe un revenu moyen par habitant supérieur en Allemagne qu'en France. Il convient de rester prudent face à ces chiffres qui peuvent recouvrir des réalités différentes selon la prise en compte du revenu net

ou brut. Le taux de chômage est quant à lui très inférieur en Allemagne qu'en France. La meilleure situation économique et financière des ménages munichois pourra impacter leurs niveaux de sensibilité et, plus généralement, de résilience.



Carte 1 : Les différents périmètres lyonnais et leurs « emboîtements »



Carte 2 : De la région de Munich (MVV) à la région métropolitaine (EMM)- représentations cartographiques

Au-delà des compétences en termes de politiques de transport, le principal critère avancé pour choisir les périmètres d'études pour les deux régions est la disponibilité des données.

Pour l'étude de cas allemande, le périmètre de la région de Munich (MVV) a été retenu. La MVV, avec ses 5,5 millions d'habitants représente plus de 6.5% de la population de l'Allemagne. Localisée dans la partie sud de l'Allemagne elle regroupe, outre Munich, de grandes villes telles Ingolstadt et Augsburg et des destinations touristiques comme Garmisch-Partenkirchen.

Le Grand Lyon est le périmètre retenu pour l'étude de cas lyonnaise. Cette zone d'étude regroupe 1,2 million d'habitants répartis sur 58 communes et s'étendant sur 52 715 hectares. Le Grand Lyon regroupe 1.8% de la population française (France métropolitaine + DOM), autour des communes de Lyon et Villeurbanne, au centre de l'agglomération.

3. Résultats

a. Mesure de l'exposition aux chocs

L'exposition mesure le degré ou la force du contact entre le système et le(s) choc(s), Kasperson et *al.* (2006). Traduite en termes de pratiques de mobilité, l'exposition mesure le contact d'un individu (ou groupe d'individus) avec le coût de transport automobile. Autrement dit, plus un individu supporte un coût de transport élevé, en situation de référence, plus il est exposé à une hausse potentielle du coût de la mobilité. Dans cette section, on cherche ainsi à mettre en lumière différents degrés d'exposition en fonction de la localisation des individus. La segmentation des niveaux d'exposition se fait à partir de la zone de résidence et non des caractéristiques socio-économiques des ménages.

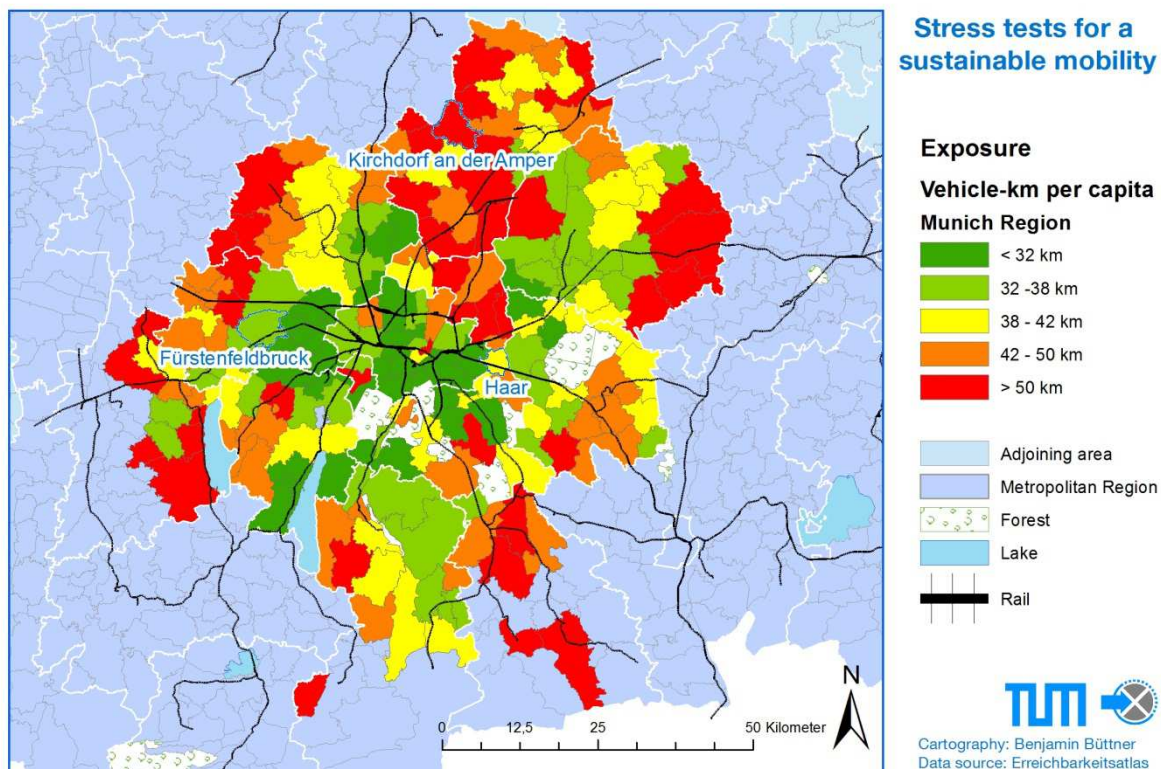
L'adaptation de la méthode de mesure de l'exposition à la spécificité de chacune des deux régions a été nécessaire en fonction des bases de données disponibles. Les niveaux d'exposition ont ainsi été calculés à partir d'indicateurs différents dans les deux études de cas. Toutefois les indicateurs utilisés satisfont tous deux l'hypothèse commune selon laquelle, plus un individu (ou ménage) se déplace en voiture, plus il est exposé à des chocs éventuels sur le prix du carburant.

Exposition aux chocs : le cas de Munich

Dans le cas de Munich, l'exposition est mesurée en considérant le nombre de véhicule kilomètre par habitant et par jour. Les résultats sont ensuite agrégés par commune. Cet indicateur traduit ainsi directement la consommation de carburant par un individu ou ménage.

Les données utilisées sont issues du modèle de transport régional, établi conjointement par la ville de Munich, l'autorité organisatrice de transport régional et l'opérateur de transport de la ville de Munich (MVG), intégrant l'ensemble des réseaux de la région de Munich (MVG). Les données de population par commune proviennent par la base de données nationale de statistiques régionales (GENESIS), construite par l'agence allemande de statistique).

Les niveaux d'exposition sont représentés Figure 2. Plus le nombre de véhicule kilomètre par habitant est élevé, plus les zones sont exposées. Les zones les plus exposées sont localisées dans des zones rurales ou périurbaines sans réseau de transports collectifs à proximité, d'où une forte dépendance à l'automobile. Les habitants de ces zones les plus exposées utilisent leur voiture sur une distance supérieure à 50 kilomètres par jour.



Carte 3 : Nombre moyen de véhicule kilomètre par habitant de l'agglomération de Munich , à l'échelle municipale

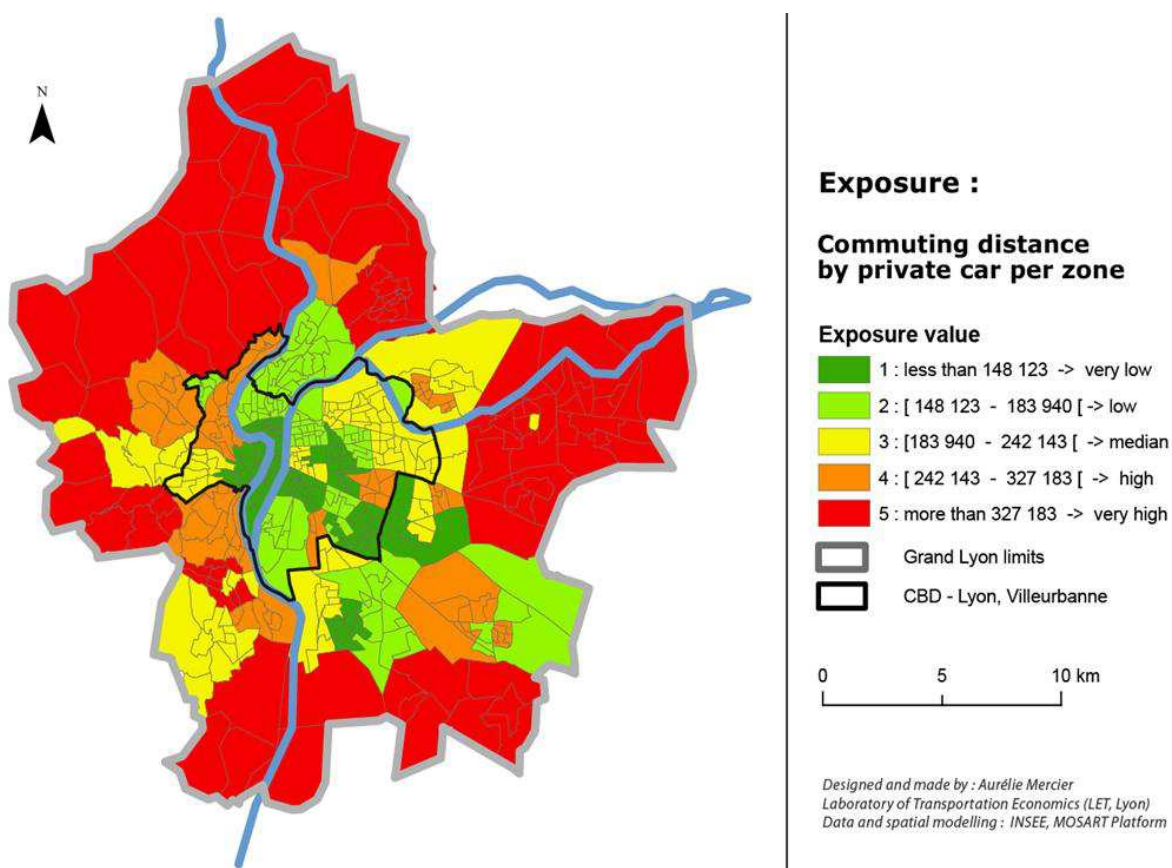
Exposition aux chocs : le cas de Lyon

Dans le cas de Lyon, le niveau d'exposition est calculé en considérant les distances domicile-travail réalisées en voiture particulière conducteur, par actif. Les résultats sont ensuite agrégés par commune (et par zone Iris pour les communes du centre de l'agglomération). Cet indicateur rend compte de l'utilisation de la voiture pour les déplacements contraints.

Les données utilisées sont issues de l'Enquête Ménages Déplacements réalisée en 2006 sur l'agglomération lyonnaise. L'agrégation des résultats à l'échelle des communes et zones IRIS est permis grâce à une table de concordance entre les différents périmètres considérés.

Les zones les plus exposées, illustrées en rouge Carte 4, sont localisées à l'extérieur du périmètre Lyon-Villeurbanne, principalement en 2^{ème} couronne. L'usage de la voiture pour les déplacements domicile-travail peut relever de différents facteurs qu'ils soient socio-économiques (la valeur du temps des actifs, leur niveau de revenu ou le chainage des déplacements pour des motifs d'accompagnement), ou relatifs aux caractéristiques de l'emploi occupé (localisation de l'emploi, horaires de travail...). Toutefois, dans une optique plus générale, deux explications sont avancées pour expliquer la localisation périphérique des zones les plus exposées. Les distances plus importantes s'expliquent d'une part par la géographie de l'agglomération. La majorité des emplois du Grand Lyon étant localisée au centre (dans le périmètre Lyon-Villeurbanne), les actifs résidant en 2^{ème} couronne doivent parcourir des distances plus importantes que ceux localisés dans le centre, pour se rendre au travail. Toutefois, la distance physique séparant les actifs de leur emploi n'est pas la seule explication. De fait, les actifs localisés à Saint-Priest, à 10 kilomètres de la Part-Dieu au sud-est du Grand Lyon, sont

faiblement exposés tandis que ceux localisés à Champagne-au-Mont-d'Or, également à 10 kilomètres de la Part-Dieu au Nord-Ouest de Lyon, sont très fortement exposés. Contrairement à Champagne-au-Mont-d'Or, la commune de Saint-Priest est desservie par un réseau de transports en commun en site propre (le tramway, en l'occurrence). Le niveau d'exposition d'une commune est ainsi, d'autre part, corrélé à sa desserte en transport en commun. Un actif sera d'autant moins enclin à utiliser sa voiture qu'il aura à « disposition » un mode compétitif alternatif à la voiture. L'impact des transports en commun en site propre se retrouve également en Presqu'île (entre Rhône et Saône) et dans certains quartiers de Vénissieux, tous desservis par le métro.



Carte 4 : Distance moyenne en voiture conducteur pour les déplacements domicile-travail par actif

b. Mesure de la sensibilité

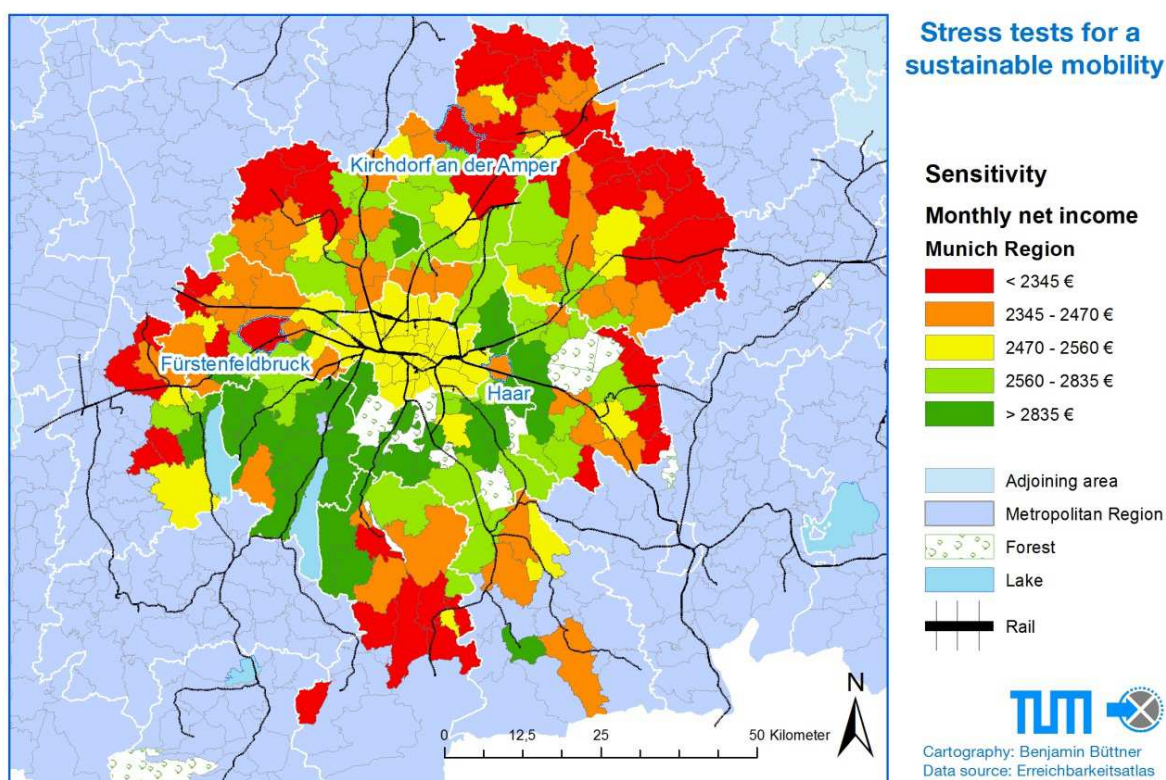
La sensibilité traduit le degré avec lequel un individu (ou groupe) est affecté par un choc. La sensibilité se différencie de l'exposition dans la mesure où un individu peut être exposé à un choc mais ne pas y être sensible. Cette section illustre ainsi l'intensité avec laquelle un groupe d'individus, regroupés dans une même commune, serait affecté par un choc éventuel sur le prix du carburant.

De même que précédemment pour la mesure de l'exposition, la sensibilité est mesurée au travers d'indicateurs différents pour les agglomérations de Lyon et Munich. Toutefois, les deux indicateurs utilisés satisfont pour chaque commune l'idée selon laquelle plus le revenu d'un individu (ou groupe) est élevé, moins ce dernier est sensible à un éventuel accroissement des coûts de mobilité.

Sensibilité aux chocs : le cas de Munich

La sensibilité est déterminée à partir du revenu net moyen par ménage et par commune. Les niveaux de revenu mensuels par classe sont obtenus, pour l'année 2010, à partir de la base GENESIS présentées dans la section précédente. Ils sont disponibles à l'échelle communale.

Le revenu moyen mensuel par ménage et par commune est représenté Carte 5. De façon schématique on observe une représentation du revenu par cercles concentriques autour de la ville de Munich. Le revenu moyen des ménages à Munich se situe dans la classe médiane entre 2470€ et 2560€ mensuels. En première couronne de Munich, le revenu est plus élevé que dans la ville centre, atteignant plus de 2835€ dans la partie sud-ouest de la MVV. Les communes de la deuxième couronne présentent quant à elles les revenus les plus faibles de toute la « région ». Les municipalités les plus sensibles sont ainsi localisées en périphérie de l'aire d'étude. Nombre de leurs habitants cumulent une forte sensibilité avec une exposition élevée liée au nombre de kilomètres réalisés en voiture. A l'inverse, les communes du sud-ouest de la MVV bénéficient, grâce à leur revenu élevé, d'une faible sensibilité. En dépit d'un fort usage de la voiture, ces communes sont peu sensibles à un éventuel choc sur le prix du carburant.



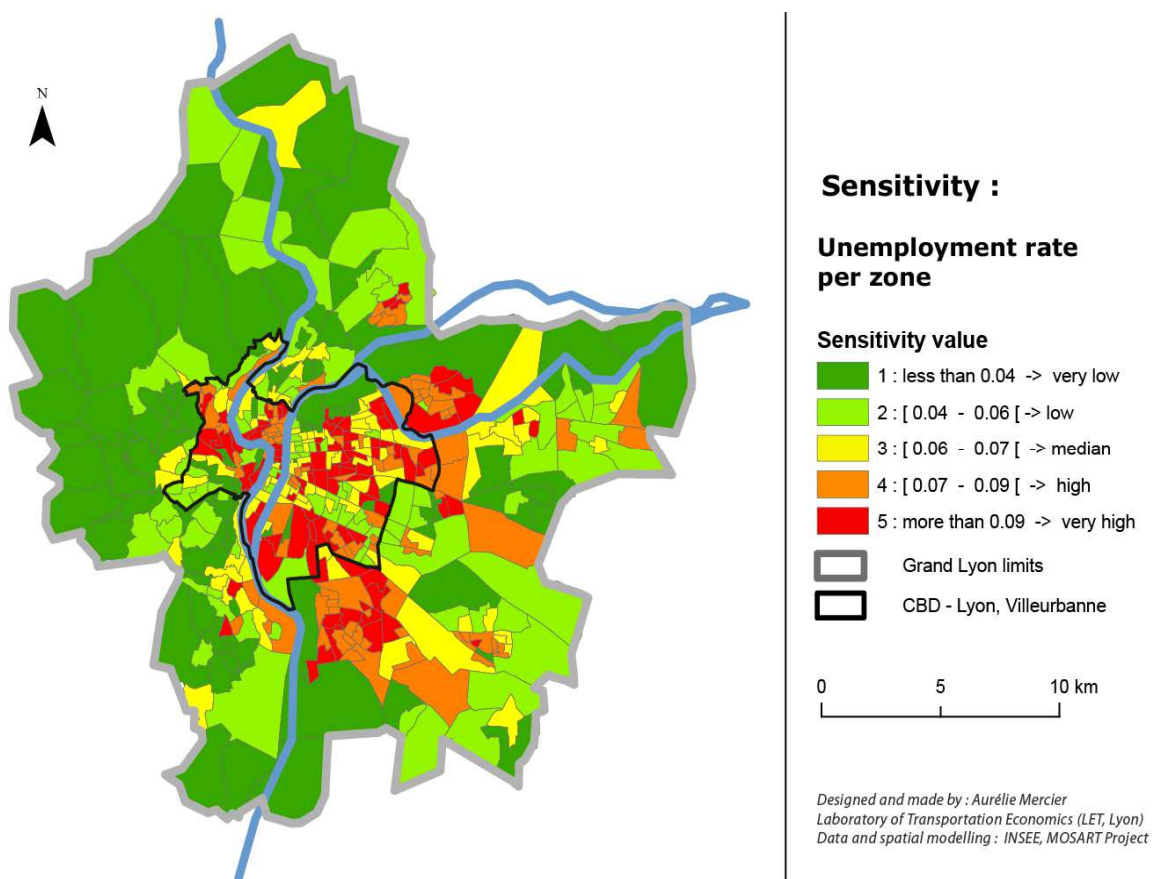
Carte 5 : Revenu moyen par habitant et par commune (année 2010)

Sensibilité aux chocs : le cas de Lyon

Dans le cas lyonnais, la sensibilité est mesurée à partir du taux de chômage par zone Iris. Le taux de chômage est ainsi calculé à partir du nombre de demandeurs d'emplois inscrits à Pôle Emploi en 2009 divisé par la population active totale (au sens de l'INSEE, pour l'année 2008).

Le taux de chômage par zone Iris est représenté Carte 6. On identifie clairement de fortes disparités en fonction de la localisation des zones. L'ouest de l'agglomération et, dans une moindre mesure, le nord présentent des taux de chômage inférieurs à 6% (voire 4%) de la

population active. Les quartiers et communes situés dans l'est de l'agglomération sont davantage touchés par le chômage avec une proportion de chômeurs pouvant avoisiner 10% de la population active. Ceci est particulièrement marqué pour les communes de la banlieue est, telles Valux-en-Velin, Bron ou Vénissieux, limitrophes de Lyon ou Villeurbanne. La situation au centre de l'agglomération est plus disparate. Les 8^{ème} et 5^{ème} arrondissements sont les plus touchés par le chômage ainsi que la commune de Villeurbanne, bien que l'on observe également des disparités au sein de chaque arrondissement.



Carte 6 : Taux de chômage par zone Iris en 2009

En superposant la Carte 5 et la Carte 6, on observe que les zones les plus exposées sont les moins sensibles à une hausse du prix du carburant car potentiellement peu touchées par le chômage. A l'inverse les zones qui seraient les plus sensibles à un accroissement du prix y sont assez peu exposées en raison de leur bonne desserte par les transports en commun.

c. Mesure de la résilience

La résilience traduit la possibilité pour un individu (ou groupe) affecté par un choc d'avoir des solutions « alternatives » lui permettant d'absorber les perturbations sans changer de façon profonde ses pratiques de mobilité ou de localisation. A l'échelle communale (ou infra-communale), cette section illustre ainsi les possibilités offertes aux individus qui seraient affectés par une forte hausse des prix du carburant de se reporter sur d'autres modes. Elle repose sur l'idée selon laquelle le niveau de vulnérabilité d'une zone est inversement corrélé à sa desserte en transports en commun.

Contrairement aux sections précédentes, un indicateur commun est utilisé pour chacune des deux études de cas. Le nombre d'emplois accessibles en transports en commun en 60 minutes, en heure de pointe.

Les mesures isochrones déterminent généralement l'accessibilité d'une zone en décomptant le nombre d'opportunités atteintes, depuis cette zone, sous une contrainte de temps, de distance ou de coût. Ces mesures associent le coût du déplacement et les opportunités. L'accessibilité s'écrit alors :

$$A_i = \sum_j W_j a_j$$

Avec

A_i l'accessibilité depuis la zone i

a_j les opportunités présentes dans la zone j

W_j un paramètre : $W_j = 1$ si $c_{ij} \leq c_{ij}^*$ et $W_j = 0$ sinon, avec

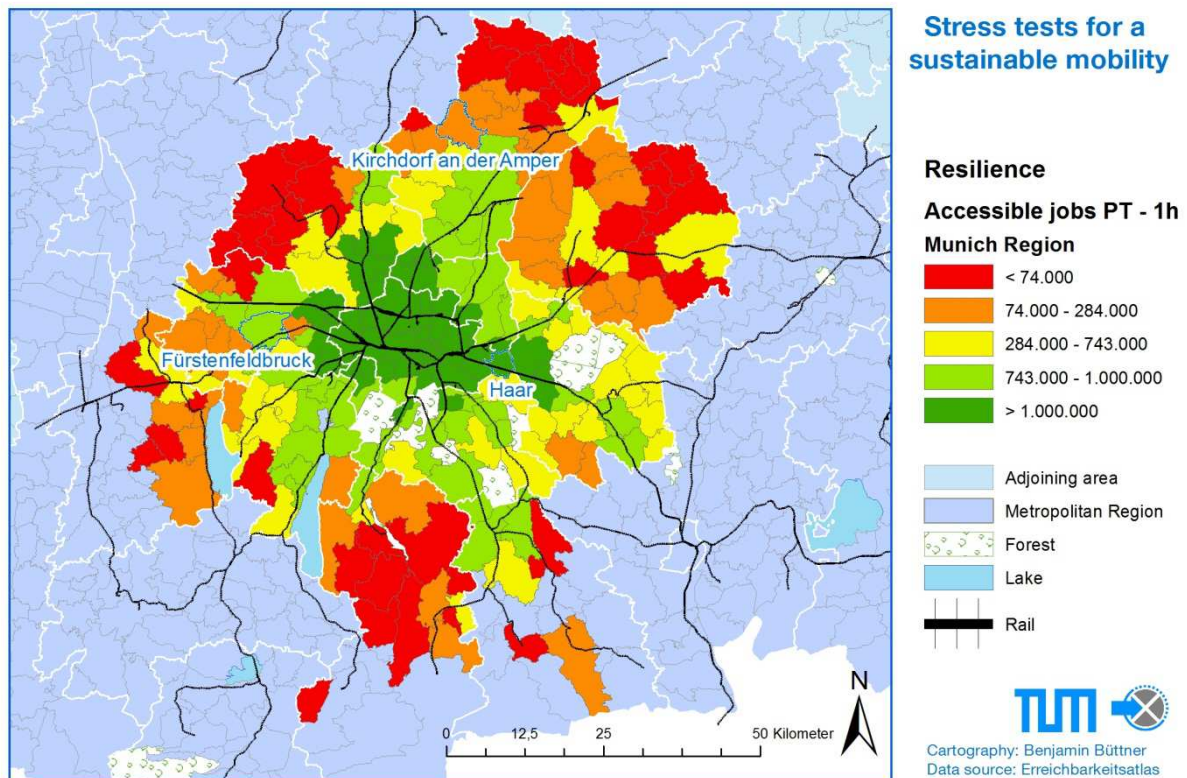
c_{ij} une mesure de coût entre les zones i et j

c_{ij}^* le seuil de coût au-delà duquel les opportunités ne sont plus comptabilisées

Ces mesures d'accessibilité présentent plus d'inconvénients (Pirié, 1979). En particulier le seuil de la contrainte étant généralement fixé arbitrairement, la mesure de l'accessibilité ne différencie pas les opportunités présentes à proximité de la zone origine de celles se trouvant à la limite de l'isochrone (Ben-Akiva, M., Lerman, S. R., 1979). Par ailleurs, les mesures isochrones attribuent une pondération identique à toutes les opportunités d'une zone (Vickerman, 1974). Elles ne différencient pas les emplois en fonction de leur qualification ou de leur secteur d'activité. Toutefois, dans le cadre de notre travail, cette mesure gravitaire nous offre une vision globale des alternatives possibles à l'automobile. Le seuil de 60 minutes correspond au budget temps médian à Lyon en 2006 (Raux et al., 2010). Il peut dès lors sembler élevé pour un déplacement domicile-travail dans une ville de province française ou allemande. Toutefois, nous l'envisageons comme un seuil « limite » au-delà duquel il n'est plus concevable de se déplacer.

Résilience : le cas de Munich

La Carte 7 illustre, sans surprise, une accessibilité meilleure pour les résidents de Munich que pour les « périurbains ». Ce résultat s'explique d'une part par le bon maillage du réseau de transports en commun urbain et périurbain dans la ville de Munich. D'autre part, la forte concentration d'emplois dans la ville centre de l'agglomération réduit de fait les distances-temps de déplacement pour les résidents de Munich et ce, quel que soit le mode utilisé. On observe également l'impact des lignes ferroviaires périurbaines qui offrent, à distance égale du centre-ville, une meilleure accessibilité aux zones qu'elles desservent. Ainsi, un résident d'une zone directement reliée à Munich par le train peut avoir accès à plus de 700 000 emplois en 60 minutes, contre moins de 300 000 pour un résident d'une zone non desservie.

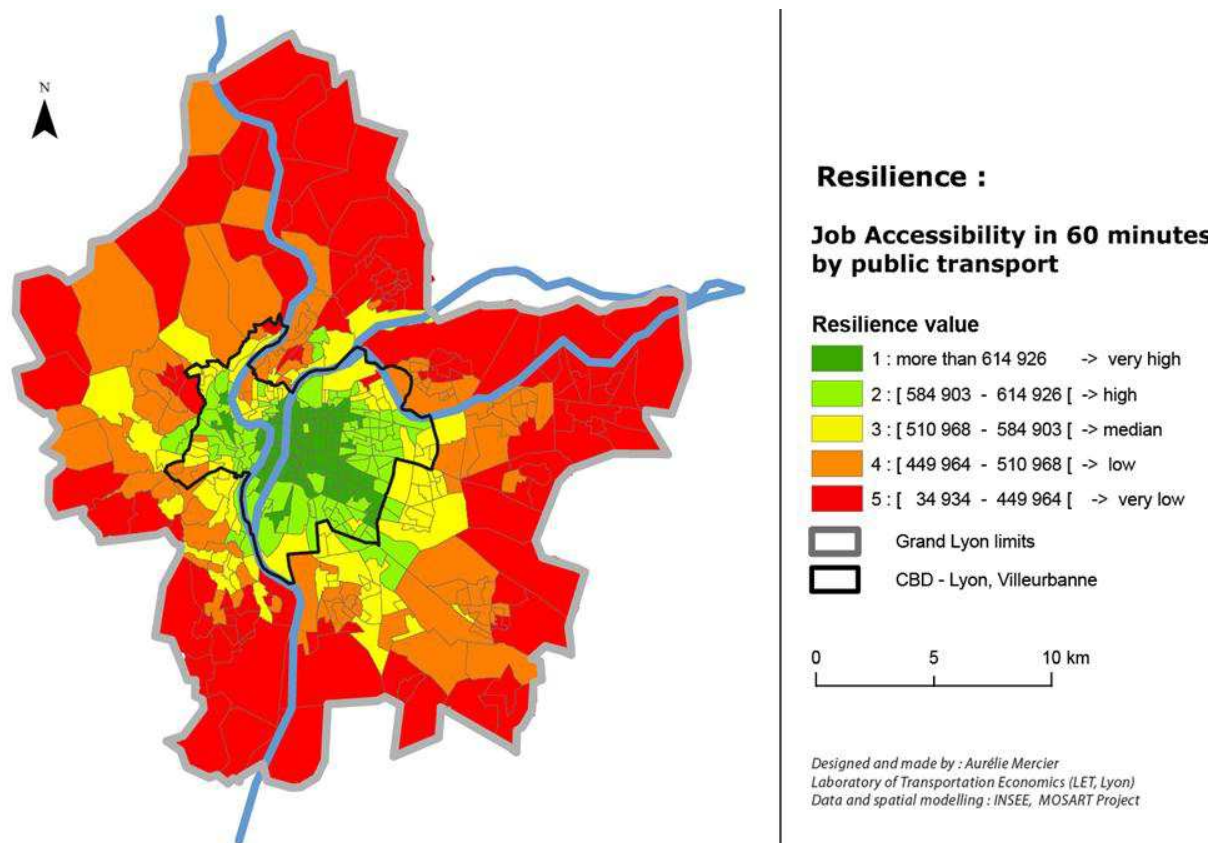


Carte 7 : Nombre d'emplois accessibles en 60 minutes en transports en commun dans l'agglomération de Munich

Résilience : le cas de Lyon

Carte 8, on retrouve dans l'agglomération lyonnaise la même représentation de l'accessibilité que pour Munich, bien que plus marquée encore en raison de sa superficie plus faible. Ainsi plus on s'éloigne du centre de l'agglomération, plus le nombre d'emplois accessibles en 60 minutes est faible. On constate d'ailleurs une analogie entre la Carte 7 et la Carte 8. L'usage de la voiture particulière pour les déplacements domicile-travail est ainsi inversement corrélé avec l'accessibilité aux emplois en transports en commun.

Les commentaires de la Carte 8 sont sensiblement similaires à ceux de la figure précédente. L'accessibilité est représentée sous forme de cercles concentriques autour du centre-ville. Plus la distance au centre-ville est élevée, moins l'accessibilité est bonne. Le niveau d'accessibilité d'une zone, et donc de résilience, dépend fortement de sa desserte par les transports en commun en site propre, en particulier métros et tramways qui offrent des fréquences élevées et des vitesses peu/pas impactées par la congestion automobile. Bien que n'apparaissant pas sur la carte en raison de leur faible pertinence à l'échelle du Grand Lyon, les trains régionaux influencent également positivement l'accessibilité en transports en commun en période de pointe.



Carte 8: Nombre d'emplois accessibles en 60 minutes en transports en commun dans l'agglomération lyonnaise

d. Mesure de la vulnérabilité

La vulnérabilité, concept non observable, complexe et multidimensionnel (Leary and Beresford, 2007) est envisagée comme un indicateur « composite » mêlant les différentes « couches d'information » de l'exposition, de la sensibilité et de la résilience. De façon « caricaturale » et pour un choc considéré, un niveau élevé d'exposition et de sensibilité associé à un faible niveau de résilience génère une forte vulnérabilité au choc. La réalité n'est pas aussi contrastée, il convient de s'interroger sur la manière la plus pertinente et lisible de mesurer la vulnérabilité et représenter ses différents niveaux.

Eléments méthodologiques

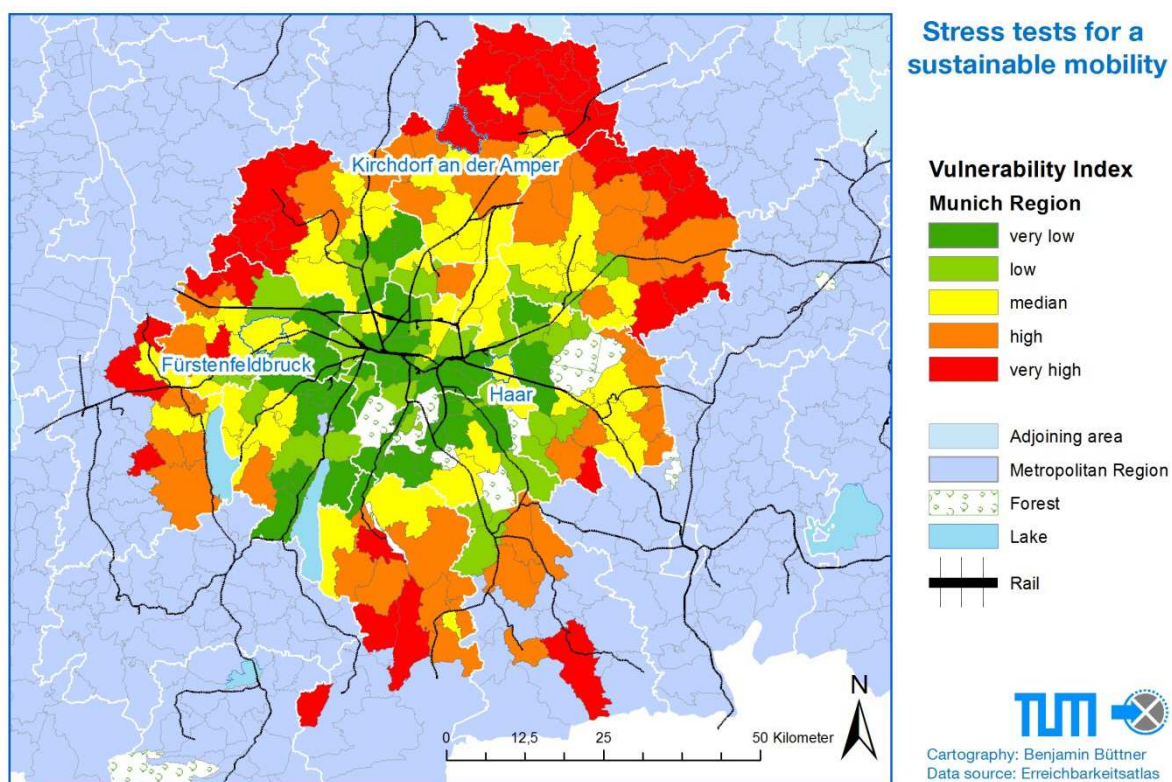
Le niveau de vulnérabilité est calculé sur la base des trois indicateurs d'exposition, de sensibilité et de résilience exposés ci-dessus. Pour chacun de ces trois indicateurs une classification en quintiles a été adoptée. Afin de rendre comparables ces indicateurs, on attribue une valeur de 1 à 5 pour chacun des quintiles selon le niveau des différentes composantes de la vulnérabilité : l'indice 1 correspondant au 1^{er} quintile et l'indice 5 au dernier. La vulnérabilité est alors calculée à partir de la formule suivante :

$$Vul_{index} = (Exp_{index} * Sen_{index} * Res_{index}) / 125$$

Vulnérabilité : le cas de Munich

Les communes représentées en vert sur la Carte 9 sont les moins vulnérables à un choc tel que l'augmentation du prix des carburants. Celles situées au centre de l'agglomération (et

notamment Munich) « cumulent » des faibles niveaux d'exposition, sensibilité associés à une bonne résilience. Les communes du sud-ouest et à proximité de Haar (au nord-ouest) compensent des niveaux d'exposition élevés par une faible sensibilité et une résilience médiane. Les municipalités les plus vulnérables, principalement situées au nord et à l'extrême sud de l'agglomération, sont fortement exposées et sensibles à une hausse du prix du carburant alors qu'elles disposent d'aucune alternative réelle à la voiture. Ces communes souffrent ainsi d'une dépendance très forte à l'automobile sans avoir les ressources financières suffisantes pour faire face à une éventuelle hausse du coût du carburant. Pour maintenir une qualité de vie dans ces communes vulnérables, il est urgent de mettre en place des solutions alternatives à la voiture combinées à une offre plus importante de services ou commerce de proximité.

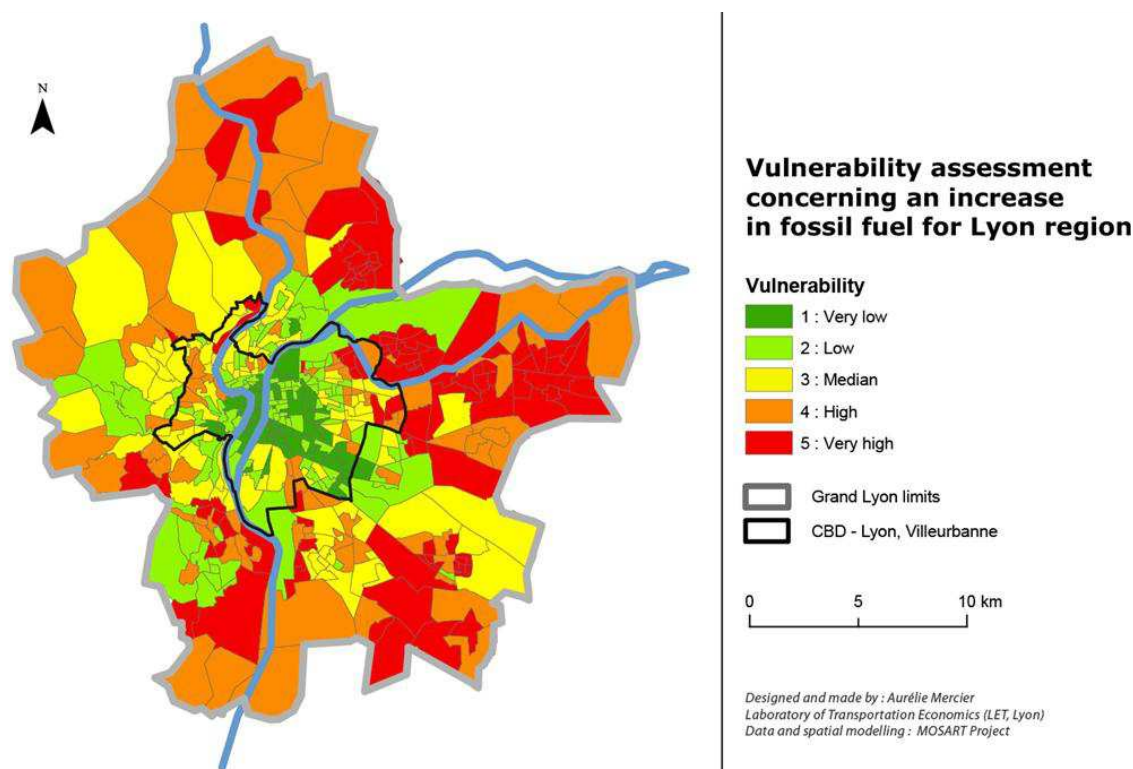


Carte 9 : Représentation cartographique de la vulnérabilité dans l'agglomération de Munich

Vulnérabilité : le cas de Lyon

Il n'est pas surprenant d'observer, à partir de la Carte 10, que les zones du centre de l'agglomération sont les moins vulnérables. En dépit d'une sensibilité potentiellement élevée (pour certaines zones du centre seulement), les résidents de ces zones ne sont pas réellement exposés à une hausse du prix du carburant grâce au maillage et à la performance du réseau de transports en commun. En dehors du centre-ville, les municipalités situées au nord-ouest, à l'est ou au sud de l'agglomération sont assez vulnérables. Leur vulnérabilité ne tient pas tant à leur sensibilité au coût qu'à leur mauvaise desserte en transports en commun. C'est notamment pour ces communes que la Région Rhône-Alpes a développé un ambitieux programme de réhabilitation des trains express régionaux (TER) en améliorant le confort à bord des trains mais aussi les fréquences et la ponctualité. A terme toutefois, si ce programme fonctionne,

l'attractivité renforcée des TER pourrait créer une nouvelle forme de congestion, dans les transports en commun, et générer par conséquent une nouvelle forme de vulnérabilité.



Carte 10 : Représentation cartographique de la vulnérabilité dans l'agglomération lyonnaise

4. Conclusion

En proposant une méthode pour évaluer la vulnérabilité d'une commune ou d'un quartier, cette première partie nous a permis de mettre en lumière l'impact d'une hausse des prix du carburant sur les différentes zones des agglomérations de Lyon et de Munich. L'association de différentes variables socio-économiques, de pratiques de mobilité et de localisation des réseaux de transports en commun met en évidence les degrés d'exposition, de sensibilité et de résilience pour chaque zone des territoires considérés. Différents enseignements de ce travail peuvent être tirés tant sur l'aspect méthodologique que dans l'analyse des résultats.

Au niveau méthodologique, la principale difficulté rencontrée réside dans la comparabilité des terrains d'étude de Lyon et de Munich. De fait, les découpages géographiques, administratifs et politiques sont difficilement comparables. En dépit d'une forte disparité tant en termes de superficie que de population, nous avons choisi de travailler sur le Grand Lyon d'une part et sur l'agglomération de Munich (MVV) d'autre part, en raison d'une bonne disponibilité des données à ces deux échelles. Toutefois, les disparités mentionnées ne nous permettent pas de comparer les deux territoires et ce, d'autant plus, que le panel des données disponibles ou leur mode de recueil varie entre les deux terrains d'étude. Par exemple, les Enquêtes Ménages Déplacements (EMD) françaises n'ont pas de symétrique en Allemagne. La comparabilité des territoires et des résultats nous a conduits à opter pour des analyses parallèles mais non croisées.

De même, le choix des indicateurs utilisés pour mesurer les niveaux d'exposition, de sensibilité et de résilience a été nécessairement impacté par la disponibilité des données dans chacune des deux régions. Notre souci était d'utiliser les indicateurs les plus pertinents pour mesurer les

différents critères tout en gardant une cohérence et une comparabilité possible entre les deux terrains d'études. Si, à plusieurs reprises, aucun indicateur « commun » n'a pu être trouvé nous sommes efforcés d'utiliser des indicateurs reflétant la même « réalité ». La question de la comparaison des résultats et des cartographies a également fait l'objet de nombreux « débats » au cours des différentes présentations du projet. La classification des municipalités en quintiles, déterminée à partir d'indicateurs différents mais proches, offre des éléments de comparaison globaux mais en aucun cas elle ne permet une comparaison fine entre les deux aires d'études.

Les résultats mettent en évidence le rôle important joué par la desserte en transports en commun dans le niveau de vulnérabilité. La desserte d'une zone en TC impacte davantage le niveau de vulnérabilité que ne le fait le niveau de revenu. C'est en effet l'offre de transport en commun qui impacte notamment l'usage quotidien de la voiture (niveau d'exposition) et un éventuel report modal vers les modes collectifs (résilience). Le revenu n'affecte « que » le degré de sensibilité au coût. Dès lors, il n'est surprenant de constater que les zones de centre-ville sont moins vulnérables à un accroissement des coûts du carburant que les zones périphériques.

Il convient dès lors de s'interroger sur la transférabilité de ce résultat à l'échelle individuelle. Une analyse de la vulnérabilité à l'échelle des ménages permettrait de mettre en lumière les difficultés auxquelles peuvent être confrontés les individus, quelle que soit leur zone de résidence.

III. Des stress-tests pour évaluer la résistance aux chocs sur la mobilité urbaine

1. Contexte et problématique

S'appuyant sur les conclusions de la première partie qui met en lumière les territoires vulnérables en raison de leur niveau d'exposition, de sensibilité et/ou de résilience, cette seconde partie s'intéresse à la vulnérabilité des ménages. En effet, dans un contexte de crise économique associée à une raréfaction des ressources naturelles, la part des dépenses de mobilité dans le budget des ménages ne cesse d'augmenter (Buettner et al., 2013). Si les ménages connaissent bien leurs dépenses associées au logement, les coûts liés à la mobilité sont souvent sous-estimés, voire ignorés (Büttner et al. 2012). Tandis que les transports (et services associés représentaient 13% de la dépense des ménages en valeur en 1980, ils en représentent plus de 20% en 2005 (INSEE, 2009). Nombre de ménages se retrouvent aujourd'hui proche du seuil de vulnérabilité. Si l'on dénombre actuellement 17% de ménages vulnérables sur l'agglomération lyonnaise (Nicolas et al., 2012), la hausse des prix du carburant pourrait faire augmenter sensiblement ce taux.

L'objectif de cette partie vise ainsi d'illustrer l'impact d'une hausse des contraintes sur la mobilité quotidienne sur le budget des ménages, d'une part, et sur leurs pratiques de mobilité et de localisation, d'autre part. Pour ce faire, la méthodologie s'appuie sur la mise en place de stress-tests. Les « stress tests » sont habituellement employés pour déterminer la stabilité d'un système ou d'une entité au regard de différents chocs. Souvent appliqués dans le secteur financier, ces « stress tests » posent la question : « Que se passerait-il pour une banque X si le taux de chômage augmentait de X% ou bien si le PIB diminuait de Y% ? ». Dans ce travail, notre

objectif est d'adapter ces stress tests pour répondre aux questions de chocs en termes de prix ou de quantités affectant la mobilité quotidienne.

2. Données et méthodologie

Cette section développe les choix méthodologiques et hypothèses sous-jacents à la mise en place des stress-tests. Dans la mesure du possible et des données existantes, des hypothèses communes ont été prises pour les exemples lyonnais et munichois. Toutefois, certaines spécificités propres à chacun des deux terrains d'étude ont parfois été conservées. L'un des objectifs du projet est en effet que les stress-tests « collent » au plus près à la réalité et puissent être représentatifs de la situation vécue par certains ménages, en tenant compte des spécificités françaises ou allemandes.

a. Détermination et choix des ménages considérés

Huit catégories de ménages ont été identifiées au regard des différentes composantes de leur niveau de vulnérabilité. Ces catégories sont présentées en colonne dans la Table 1. On constate toutefois, à partir des ménages résidant dans l'agglomération lyonnaise en 2006, que seulement 4 catégories représentent plus de 5% des ménages. On ne travaille donc que sur ces 4 catégories.

	Catégorie 1 Forte exposition Forte sensibilité Faible résilience	Catégorie 2 Forte exposition Forte sensibilité Forte résilience	Catégorie 3 Forte exposition Faible sensibilité Forte résilience	Catégorie 4 Forte exposition Faible sensibilité Faible résilience
% de ménages	4%	2%	0%	9%

	Catégorie 5 Faible exposition Forte sensibilité Forte résilience	Catégorie 6 Faible exposition Forte sensibilité Faible résilience	Catégorie 7 Faible exposition Faible sensibilité Forte résilience	Catégorie 8 Faible exposition Faible sensibilité Faible résilience
% de ménages	29%	26%	0%	31%

Table 1 : Répartition des ménages enquêtés dans l'EMD 2006 sur l'agglomération lyonnaise en fonction des différents composantes du niveau de vulnérabilité

Pour chacune des quatre catégories retenues, on définit les caractéristiques « dominantes », en termes de :

- Occupation de la personne de référence
- Nombre de personnes de 5 ans et +
- Age de la personne répondant au questionnaire
- Nombre de VP disponibles
- Zone de résidence

Les caractéristiques « dominantes » de chacune des catégories sont élaborées à partir de l'EMD 2006 réalisée dans l'agglomération lyonnaise.

Si les quatre catégories de ménages retenus sont communes aux deux terrains d'étude, le choix des ménages types, au sein de chacune des catégories, relève de deux méthodes différentes pour Lyon et Munich. Les ménages étudiés sur le terrain lyonnais font partie de ceux enquêtés dans l'EMD réalisée en 2006 sur l'agglomération lyonnaise. Ils ne sont pas fictifs, ni dans leur composition et caractéristiques socio-professionnelle, ni dans leur type d'activité et la localisation de ces dernières. Dans le cas de Munich, en l'absence d'une enquête de type EMD, différentes bases de données régionales ont été analysées pour « re-créeer » des ménages

représentatifs de ceux existant réellement. La localisation et les lieux d'activité des ménages proviennent de la base Wanderungsmotivuntersuchung II (WMU). L'étude "Mobility in Germany on the level of the region of Munich" (MiDMUC) apporte des données socio-démographiques sur les individus et leurs pratiques de mobilité. De nombreuses données proviennent également du Land de Bavière et complètent l'étude sur la mobilité, à un niveau communal. L'ensemble des données mentionnées ci-dessus est intégré dans l'atlas de l'accessibilité créé par l'équipe TUM (voir référence). Outre la représentation de la localisation des ménages et leur programme d'activité, cet atlas permet également d'évaluer les aménités et opportunités accessibles pour les ménages pour une localisation résidentielle donnée.

Les stress-tests seront ainsi menés en considérant les types de ménages suivants :

- Un ménage de 4 personnes (2 parents et deux enfants) résidant en zone périurbaine, pour Lyon et Munich ;
- Un couple d'âge intermédiaire résidant en 1^{ère} couronne, pour Lyon ;
- Un jeune couple résidant en 1^{ère} couronne, pour Lyon ;
- Un jeune ménage individuel résidant au centre-ville, pour Lyon et Munich ;
- Un ménage retraité vivant en périphérie, pour Lyon.

b. Caractéristiques et coûts associés au logement

Le type de logement (maison individuelle, appartement..) occupé par les ménages et le nombre de pièces associé nous sont transmis par différentes bases de données (EMD 2006 pour Lyon et WMU pour Munich). La superficie et le coût du loyer (ou remboursement pour les accédants à la propriété) ne sont pas fournies par les différentes enquêtes. Dès lors, on considère une superficie proportionnelle au nombre de pièce au regard d'une surface de 22 à 25m² par pièce et de 30m² pour un studio. Par ailleurs, on suppose que le niveau de remboursement mensuel des accédants à propriété équivaut au montant d'un loyer mensuel. Le niveau du loyer est estimé à partir de site de petites annonces (<http://www.seloger.com/> et <http://www.paruvendu.fr/>, par exemple pour Lyon) en considérant le type de bien correspondant à celui du ménage étudié.

Les coûts associés au logement correspondent aux dépenses de chauffage, d'eau et d'électricité. Les dépenses de chauffage sont estimées sur la base d'une consommation annuelle de 16€ par m² (source : IAU, 2009). La consommation d'électricité (hors chauffage) est estimée à 1200 kWh par habitant et par an (source : Ademe, repris dans http://www.clg-silve.ac-aix-marseille.fr/spip/IMG/pdf/DIAP0_DP3.pdf), avec un prix de 0,11€ par kWh.

c. Pratiques de mobilité et programme d'activité

La localisation des ménages et de leurs activités est, dans la plupart des cas, déterminée à partir des enquêtes EMD, pour Lyon, et WMU, pour Munich. A partir de la localisation à l'échelle du découpage des enquêtes EMD et WMU, et du type d'habitat ou d'activité, nous choisissons une adresse cohérente. Les origines et destinations des déplacements sont géo-référencées.

Estimation des temps, distances et coûts de déplacement automobiles

Les temps de déplacement en voiture particulière sont estimés à partir du site mappy (<http://fr.mappy.com/>), pour Lyon, et de MVV WoMo, pour Munich. Ce sont des temps de parcours moyen, qui ne prennent pas en compte la congestion. Le choix d'utiliser un outil « grand public » s'explique par deux raisons. Tout d'abord, notre objectif n'est pas dans ce travail d'estimer précisément les temps de parcours mais de connaître des temps de déplacement moyens. D'autre part, les outils scientifiques dont nous disposons au LET (en particulier la

plateforme MOSART) sont calibrés en heure de pointe. Or de nombreux déplacements sont réalisés en dehors des heures de pointe, en journée ou le week-end.

Nous considérons le coût marginal d'un déplacement automobile. Le coût marginal intègre les coûts de carburant, les coûts relatifs à l'entretien et les coûts d'assurance. Le coût marginal se décompose de la façon suivante, en fonction des scénarios

Coûts (en € par Km)	Situation initiale	Choc n°1	Choc n°2
Carburant	0.12	0.24	0.37
Entretien	0.06	0.06	0.06
Assurance	0.02	0.01	0.01
Total	0.19 (arrondi à 0.2)	0.31 (arrondi à 0.3)	0.44 (arrondi à 0.45)

Source : ADETEC déplacements, 2012 pour la situation initiale et calculs des auteurs pour les situations de chocs

Estimation des temps, distances et coûts de déplacement en transports en commun

Les estimations des coûts généralisés des déplacements en transports en commun diffèrent entre les deux terrains d'étude. Pour le cas lyonnais, les simulations de parcours en transport en commun sont réalisées à partir de l'outil Multitud', développé par la région Rhône-Alpes (<http://www.multitud.org/>). Le principal intérêt de cet outil réside dans sa prise en compte des différents réseaux de transport en commun présents dans la région, et pas uniquement les transports en commun urbains lyonnais. Il nous offre ainsi un éventail de possibilités (et d'alternatives) intéressant à considérer dans notre travail, notamment en alternative à l'automobile.

Le calcul du coût des déplacements en commun est établi à partir des hypothèses suivantes :

- Dans le cadre de déplacements sur le réseau de transports urbains (réseau TCL), le prix d'un ticket s'élève à 1.60€ en tarif plein et à 1.25€ en tarif étudiant ;
- Si un étudiant réalise plus de 20 déplacements dans le mois sur le réseau de transports urbains, on suppose qu'il dispose d'un abonnement au réseau pour un coût de 26.30€ ;
- Si un actif réalise plus de 30 déplacements dans le mois sur le réseau de transports urbains, on suppose qu'il dispose d'un abonnement au réseau pour un coût de 52.60€ ;
- Les déplacements réalisés sur les réseaux de transports en commun du Rhône ou de l'Ain font l'objet d'une tarification unique de 2€ ;
- Si un actif réalise plus de 30 déplacements dans le mois sur le réseau de transports du Rhône ou de l'Ain, on suppose qu'il dispose d'un abonnement au réseau pour un coût de 35€ ou de 65€ si l'abonnement est couplé avec le réseau urbain lyonnais (sources : http://www.rhone.fr/amenagement_du_territoire/infrastructures_deplacements/transport/cars_du_rhone/les_conditions_tarifaires et http://www.ain.fr/jcms/int_60205/tarifs).

Pour l'étude de cas allemande, les coûts généralisés des ménages synthétiques sont déterminés à partir du calculateur WoMo, développé par MVV.

Hypothèses sur les pratiques de mobilité

Pour les actifs travaillant à temps plein et les scolaires (ou étudiants), nous considérons que les déplacements pour motif domicile-travail ou domicile-école sont quotidiens (en semaine). Nous posons l'hypothèse que les actifs (et étudiants) réalisent leur activité professionnelle (resp. scolaire) 4 semaines par mois, tandis que les enfants scolarisés n'effectuent de trajets à destination de l'école ou d'activités sportives ou culturelles que 3 semaines par mois, en raison de vacances scolaires. On considère également une semaine d'école de 4 jours. Les activités

hebdomadaires et mensuelles, et les activités quotidiennes des inactifs ont été planifiées en considérant les déplacements mentionnés dans l'enquête ne relevant pas des déplacements pour motifs de travail ou d'accompagnement. Toutefois certaines activités, notamment mensuelles, sont fictives. Elles ont toutefois été « créées » dans un souci de cohérence avec la structure du ménage et un programme d'activité type.

3. Présentation des stress-tests

En préambule à la présentation des scénarios de stress-tests, les hypothèses sous-jacentes à notre travail sont les suivantes :

- Ces chocs sont soudains et n'ont pu être anticipés par les ménages
- On considère que la société n'a pu mettre en place des solutions alternatives : c'est aux seuls ménages que revient la décision de trouver une solution alternative
- Ces chocs ne s'accompagnent d'aucune mesure de la puissance publique permettant de les absorber, ne serait-ce que partiellement, telles des réductions d'impôts ou bons de carburant....
- Ces chocs ne concernent que la mobilité quotidienne. Autrement dit, les déplacements longues distances, quel que soit le motif, sont supposés ne pas être affectés par ces chocs.

Pour résumer, l'objectif de notre travail étant principalement d'analyser l'impact de chocs sur la mobilité quotidienne, nous considérons une approche *ceteris paribus* en supposant que le stress-test ne s'accompagne d'aucune autre mesure ou modification dans le comportement ou le niveau de vie des individus.

a. Stress-test n°1 : prix du baril de pétrole à 200\$

On simule dans un premier temps que le prix du baril de pétrole passe à 200\$. Si l'on considère un prix maximal de 120\$ sur l'année 2011 (la moyenne sur l'année atteignant 107\$), cette hausse se traduit par une hausse de 50% des prix du carburant. Dans ce premier choc, les ménages se voient ainsi confronté à un prix du carburant passant à 2.50€/l.

b. Stress-test n°2 : multiplication du prix du litre de carburant par 3

Le second stress-test envisage une multiplication par trois du prix du litre de carburant à la pompe. Le prix que doivent supporter les ménages pour l'achat d'un litre de carburant s'élève à 4.50€.

c. Stress-test n°3 : contrainte sur l'émission de CO2

Après deux stress-tests envisageant une régulation par les prix, ce troisième stress-test envisage une régulation par les quantités. Il pose ainsi la question suivante : que se passerait-il si les ménages avait un « budget distance automobile » mensuel de 42 km par personne, pour leur mobilité quotidienne ? Dans quelle mesure devraient-ils faire évoluer leur programme d'activité quotidien ou bien leurs pratiques de mobilité ?

Nous considérons que la consommation en France est de 8 à 9 tonnes de CO2 par personne et par an (8.28 tonnes pour un habitant d'Europe de l'Ouest selon l'ADEME) dont 2 tonnes pour les déplacements (Longuar et al., 2010). L'objectif est alors de réduire cette consommation à 500 kg par an, dont 200 kg pour la mobilité quotidienne. Ce budget émission de 200 kg de CO2 correspond à 120 litres de carburant, soit 500 km annuels (avec une consommation de 5l pour 100 km) et 42 km mensuels.

La Figure 3 résume ainsi les trois stress-tests envisagés.

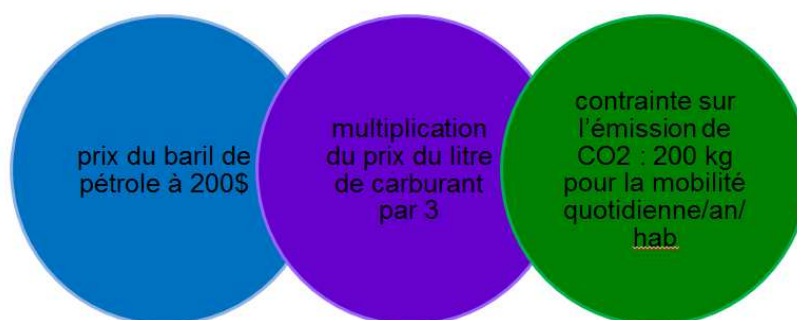


Figure 3 : Les scénarios de stress-tests

d. Alternatives envisagées pour répondre aux chocs

Face à de tels chocs nous considérons, au-delà de leur impact sur le budget des ménages, les alternatives possibles pour les ménages afin d'y faire face. En fonction des caractéristiques des ménages et du « champ des possibles », nous envisageons différentes alternatives. Toutefois, notre travail ne prétend pas faire une liste exhaustive des alternatives possibles mais vise plutôt à montrer dans quelle mesure les ménages disposent ou non d'alternatives et quelles sont leurs répercussions sur les coûts et temps de déplacement. Parmi les alternatives possibles, nous envisagerons celles présentées ci-dessous :

- Report modal et intermodalité
- Changement de localisation
- Changement d'activité
- Changement techniques avec l'acquisition d'une voiture à faible émission

Les modalités des alternatives et de leur mise en place par les ménages pouvant varier en fonction des ménages, elles seront expliquées avec la présentation des ménages.

4. Réaction des ménages aux chocs sur la mobilité

Comme expliqué dans la section « Détermination et choix des ménages considérés » les stress-tests ont été appliqués sur 4 types de ménages tant sur le terrain lyonnais que munichois. Au total, 8 ménages ont ainsi été soumis aux trois chocs sur la mobilité.

a. L'impact des stress-tests sur un ménage de 4 personnes vivant en périphérie de Munich

Présentation du ménage et de ses activités

Ce ménage représente une famille type de quatre personnes, comme définie dans l'enquête WMU. La famille, qui habitait avant à Munich, vient de déménager à Aubing, le « district » le plus à l'ouest de l'agglomération. Elle bénéficie d'un espace de vie, au calme, plus grand avec un loyer plus faible qu'en centre-ville.

Statut	Age	Occupation principale	Adresse	Superficie (m²)	Loyer (€/Mois)	Revenu du foyer (€/Mois)	Nombre de voitures
Personne de référence	40	Travail à temps plein	Industriestraße 61	120	1 400	3 750	2
Conjointe	39	Travail à temps partiel	Aubing				
Fils	9	Scolarisé en école primaire					
Fille	5	Scolarisée en école maternelle					

Activités professionnelles

Le père de famille travaille à Karlsfeld où il se rend en voiture par l'autoroute A 89, en 14 minutes. La mère de famille travaille pour sa part à mi-temps, et se rend quatre jours par semaine à proximité du centre-ville de Munich (Kapuzinerplatz 1). Elle utilise également la voiture pour aller travailler. Le temps de déplacement de 24 minutes est acceptable. L'utilisation de la voiture particulière lui permet également plus de flexibilité dans ses horaires et activités. Le domicile est également accessible en S-Bahn, qui propose un trajet direct jusqu'au centre-ville de Munich. La station se situe à 1.5 km du domicile. Enfin, les écoles des enfants sont localisées à proximité du domicile.

Activités de loisirs

Tous les mardis soirs, le père de famille se rend au parc olympique (Connollystraße 32) pour jouer au football. Il utilise pour ce faire sa voiture, même si le déplacement pourrait être réalisé en transports en commun. La mère de famille retrouve ses amies au centre-ville un jour par semaine (Hohenzollernstraße 25). Elle s'y rend la plupart du temps en transports en commun. Toutefois elle envisage de combiner cette sortie à d'autres déplacements réalisés en voiture. La localisation centrale de la résidence du ménage permet aux enfants de se rendre à pied à leurs activités sportives et musicales.

Activités occasionnelles

Les achats alimentaires se font à proximité du domicile, dans la cadre d'autres déplacements. Toutefois, la famille se rend régulièrement le week-end dans un grand centre commercial en périphérie de Munich (Thomas-Dehler-Straße 12) pour y réaliser des achats mais aussi des activités de loisirs telles le bowling ou le cinéma. Ce déplacement aller-retour se fait en voiture. Une fois par mois, la famille quitte l'agglomération de Munich pour se promener ou visiter la famille (Beccostraße 12, Pöcking). Ces déplacements se font également en voiture. Les autres activités occasionnelles de la famille se font principalement en transports en commun, sauf lorsqu'elles concernent les enfants (fêtes d'anniversaires, rendez-vous médicaux...)

Situation initiale

Activité	Activité quotidienne Personne de Ref.	Activité quotidienne Conjointe	Chaine d'activité de loisirs Conjointe	Activités de loisirs hebdomadaires de la famille	Activités de loisirs mensuelles de la famille
Temps de déplacement VP (min)	14	24	70*	59	102
Temps de déplacement TC (min)			110*	112	
Temps de déplacement P+R (min)			118*	74	
Fréquence	5j/semaine	4j/semaine	1j/semaine	1j/semaine	1j/mois
Temps de déplacement mensuel VP	9h20min	12h50min	4h40min	7h50min	3h20
Temps de déplacement mensuel TC			3h40	15h	
Temps de déplacement mensuel P+R				10h	

* la chaine de déplacement inclut le retour au domicile

Le ménage passe plus de 65h par mois dans les transports, dont plus de 60% en voiture. Le budget « temps de déplacement VP » est essentiellement consommé par la mère de famille qui passe 17h30 dans sa voiture. On remarque également que les déplacements familiaux pour loisirs sont de gros consommateurs de temps et représentent environ 50% du temps de déplacement total. Notons que le temps de déplacement pour les activités familiales n'est pas imputé à l'un ou l'autre des membres du ménage et n'est ainsi comptabilisé qu'une seule fois et ce, bien que les quatre personnes du foyer réalisent ce déplacement.

				Total
Coût(€)	Coût du logement par mois	Loyer net	1100	1400
		Coûts associés au logement	300	
	Coûts mensuels liés à la mobilité	Km mensuels en VP	1899	350
		Coût d'utilisation de la VP	0,185	
		Coûts liés à l'usage des TC	35	35
		Coût total d'utilisation VP	350	375
	Coût total TC	25		
	COUT TOTAL VP+TC	375		
	Temps de déplacement VP		38h	
	Temps de déplacement TC		18h40	
	Temps de déplacement Total		66h40	

Revenu net (€/Mois)	3750
Coûts de la mobilité et du logement (€/Mois)	1775,0
Ratio (coût/revenu)	47%
Revenu disponible (€/Mois)	1975,0

Le logement et ses coûts associés (chauffage, eau, électricité) représentent 38% des revenus nets du ménage. Si l'on ajoute les coûts de mobilité, la part des dépenses atteint alors 47% du revenu. Le revenu disponible après dépenses de logement et de transport est de 1965 pour l'ensemble du ménage. Les dépenses de mobilité du ménage atteignent 10% du revenu total.

Choc n°1 : prix du baril de pétrole à 200\$

Impact du choc sur la situation de référence

L'accroissement du prix du baril de pétrole et la hausse du prix du carburant qui en résulte n'impacte pas fortement le budget du ménage. En gardant un programme d'activité et des pratiques de mobilité inchangées, le ménage doit déboursier 77€ de plus qu'en situation de référence pour ses déplacements.

Cette hausse modérée du budget déplacement n'incite pas le ménage à faire évoluer ses pratiques de mobilité et activités.

Les alternatives possibles

En dépit de l'impact limité d'une hausse du prix du carburant, deux suggestions peuvent toutefois être faites au ménage afin qu'il conserve constant son budget mobilité. La première concerne les déplacements de la mère de famille. Ainsi, pour ses déplacements domicile-travail, au lieu d'utiliser sa voiture sur l'intégralité du trajet, elle pourrait se rendre au centre-ville de Munich en transports en commun en accédant à la station la proche de chez elle et utiliser ainsi le parc relais existant. Elle continuerait à utiliser sa voiture lors de chaînes d'activités, en particulier pour ses activités de loisirs (visites aux amies, par exemple).

La seconde suggestion concerne l'itinéraire emprunté par la mère de famille pour accompagner son fils aux activités de loisirs (musique). Alors qu'elle emprunte actuellement l'A89 sur 35 km, une alternative consisterait à utiliser une route nationale, certes moins rapide, mais plus directe pour une distance totale de 22 km.

L'adoption de ces deux solutions permet au ménage d'économiser 144€. La contrepartie de ce gain financier étant un allongement du temps de parcours mensuel de près de 8 heures.

		Référence		Choc n°1		Choc n°1 avec alternative P+R et changement d'itinéraire	
			Total		Total		Total
Coût du logement par mois	Loyer net	1100	1400	1100	1400	1100	1400
	Coûts associés au logement	300		300		300	
Coûts mensuels liés à la mobilité	Km mensuels en VP	1899	350	1899	427	1260	283
	Coût d'utilisation de la VP	0,185		0,225		0,225	
	Coûts liés à l'usage des TC	25	25	25	25	25	25
	Coût total d'utilisation VP	350	375	427	452	284	375
	Coût total TC	25		25		91	
	COUT TOTAL VP+TC	375		452		375	
Temps de déplacement VP		38h		38h		38h	36h
Temps de déplacement TC		18h40		18h40		18h40	38h40
Temps de déplacement Total		66h40		66h40		66h40	74h40

	Choc n°1	Choc n°1 avec alternative
Revenu net (€/Mois)	3750	3750
Coûts de la mobilité et du logement (€/Mois)	1852,0	1775,0
Ratio (coût/revenu)	49%	47%
Revenu disponible (€/Mois)	1898,0	1975,0

Choc n°2 : prix du litre de carburant fixé à 4.65€

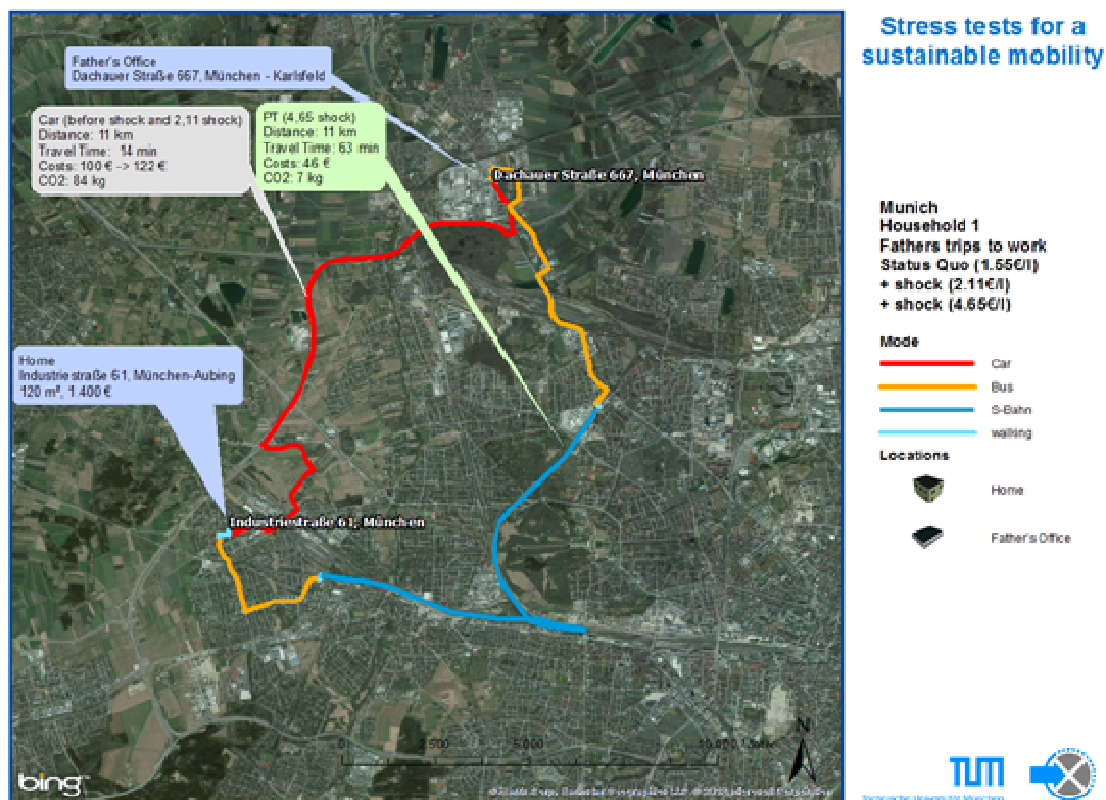
Impact du choc sur la situation de référence

Contrairement au choc précédent, le triplement du prix du litre de carburant à la pompe a un impact très fort sur le budget des ménages. Dans le cas étudié, la famille doit déboursier 430€ de plus chaque mois pour réaliser ses activités en conservant des pratiques de mobilité identiques. Dans de telles conditions, il semble difficile à la famille de pouvoir assumer cette hausse de coût. En effet, avec plus de 58% du budget consacré aux dépenses de transport et de logement, ce ménage ne dispose plus que de 1500€ mensuels. Ce ménage franchit également le seuil de vulnérabilité (Vanco et Verry, 2009) puisque la part des dépenses de mobilité quotidienne dans son revenu atteint 20%.

Les alternatives possibles

Le ménage, dans l'impossibilité d'assumer une telle hausse des coûts de mobilité automobile, va mettre en place de nouvelles stratégies en faisant évoluer ses pratiques de mobilité pour conserver un budget mobilité constant.

L'ensemble des membres du ménage vont ainsi devoir faire évoluer leurs habitudes en utilisant, pour la plupart des déplacements, les transports en commun. La mère de famille va emprunter le S-Bahn pour ses déplacements domicile-travail, malgré un temps de déplacement allongé de 20 minutes. Elle continue en revanche à utiliser sa voiture pour les chaînes de déplacements combinant plusieurs motifs. Le fils va également devoir se rendre à l'école de musique en transports en commun et consacrer ainsi 10 minutes de plus par déplacement. C'est le père qui souffre le plus de cette hausse du prix du carburant. En effet, l'accessibilité de son lieu de travail depuis son domicile est très mauvaise en transports en commun, comparée à la voiture particulière. L'accroissement du temps de parcours est estimé à 50 minutes avec les transports collectifs, par rapport à la voiture. Notons que le ménage a fait le choix de conserver la voiture comme mode de déplacement pour les activités familiales mensuelles et hebdomadaires. Les itinéraires les plus courts seront empruntés et ce, même s'ils ne sont pas les plus rapides, pour minimiser la consommation de carburant.



Ces changements de pratiques de mobilité ont pour conséquence un allongement des temps de déplacement. Ainsi, au vu des alternatives évoquées ci-dessus, le ménage doit faire face à une hausse de son budget temps déplacement de plus de 50 heures par mois. Toutefois, allongement des temps de parcours permet en contrepartie d'économiser 70€ par rapport à la situation de référence et 500€ par rapport à la situation de choc.

		Référence		Choc n°2		Choc n°2 avec utilisation des TC	
			Total		Total		Total
Coût du logement par mois	Loyer net	1100	1400	1100	1400	1100	1400
	Coûts associés au logement	300		300		300	
Coûts mensuels liés à la mobilité	Km mensuels en VP	1899	350	1899	777	656	164
	Coût d'utilisation de la VP	0,185		0,4		0,4	
	Coûts liés à l'usage des TC	25	25	25	25	138	138
	Coût total d'utilisation VP	350	375	777	802	164	302
	Coût total TC	25		25		138	
	COÛT TOTAL VP+TC	375		802		302	
Temps de déplacement VP		38h		38h		13h	
Temps de déplacement TC		18h40		18h40		80h	
Temps de déplacement Total		66h40		66h40		93h	

	Choc n°2	Choc n°2 avec utilisation des TC
Revenu net (€/Mois)	3750	3750
Coûts de la mobilité et du logement (€/Mois)	2202,0	1702,0
Ratio (coût/revenu)	59%	45%
Revenu disponible (€/Mois)	1548,0	2048,0

b. Un jeune couple résidant dans les quartiers périphériques de Munich

Présentation du ménage et de ses activités

Ce ménage est un jeune couple. Le jeune homme travaille en tant qu'ingénieur dans une entreprise aéronautique, en périphérie de Munich. La jeune femme travaille à mi-temps dans une entreprise localisée à Bogenhausen. Elle s'y rend toutefois 5 jours par semaine.

Adresse	Superficie	Loyer (€/Mois)	Revenu du foyer (€/Mois)	Nombre de voitures
Frankfurter Ring 12	70	960	2 500	1
Milertshofeb				

Les revenus du couple lui permettent de conserver une voiture particulière. La voiture permet ainsi au jeune homme de se rendre au travail en 35 minutes, au lieu de 70 minutes en transports en commun. La jeune femme emprunte les transports en commun pour ses déplacements domicile-travail. Le temps de transport en bus est estimé à 35 minutes.

Les activités de loisirs consistent principalement en des visites aux amis localisés à Freising.

Situation initiale

Activité	Activité quotidienne Conjoint	Activité quotidienne Conjointe	Activités de loisirs du couple
Temps de déplacement VP (min)	35		30
Temps de déplacement TC (min)		35	
Temps de déplacement P+R (min)			
Fréquence	5j/semaine	5j/semaine	1j/semaine
Temps de déplacement mensuel VP	23h20min		4h
Temps de déplacement mensuel TC		23h20min	
Temps de déplacement mensuel P+R			

Le ménage consacre une cinquantaine d'heures par mois à se déplacer. Les deux conjoints ont un budget temps de transport strictement identique avec 27h20 minutes. La seule différence réside dans les modes de transport utilisés : tandis que le jeune homme n'utilise que la voiture, la jeune femme utilise les transports collectifs pour se rendre sur son lieu de travail.

			Total
Coût(€)	Coût du logement par mois	Loyer net	762
			960
	Coûts mensuels liés à la mobilité	Coûts associés au logement	198
		Km mensuels en VP	1668
		Coût d'utilisation de la VP	0,185
		Coûts liés à l'usage des TC	25
		Coût total d'utilisation VP	309
		Coût total TC	25
		COUT TOTAL VP+TC	334
	Temps de déplacement VP	27h20	
	Temps de déplacement TC	23h20	
	Temps de déplacement Total	50h40	

Revenu net (€/Mois)	2500
Coûts de la mobilité et du logement (€/Mois)	1294
Ratio (coût/revenu)	52%
Revenu disponible (€/Mois)	1206

Choc n°1 : prix du baril de pétrole à 200\$

La hausse du prix du baril de pétrole incite le couple à se lancer dans le co-voiturage, en particulier le jeune homme pour ses déplacements domicile-travail. Nombre de ses collègues ne disposent en effet pas de voiture et rejoignent l'entreprise aéronautique en transports en commun depuis Munich. Afin de couvrir les coûts additionnels liés à la hausse du prix du carburant, le jeune homme fait payer à ses collègues la moitié du prix du carburant. En échange, il les véhicule et adapte son itinéraire pour passer par le centre de Munich en allant travailler. Ce changement d'itinéraire ne modifie pas la distance domicile-travail du jeune homme. Grâce à ce

supplément de revenu, le couple peut ainsi compenser la hausse des prix sans changer ses activités.

		Référence		Choc n°1		Choc n°1 avec co-voiturage	
			Total		Total		Total
Coût du logement par mois	Loyer net	762	960	762	960	762	960
	Coûts associés au logement	198		198		198	
Coûts mensuels liés à la mobilité	Km mensuels en VP	1668	309	1899	427	1899	284
	Coût d'utilisation de la VP	0,185		0,225		0,15	
	Coûts liés à l'usage des TC	25	25	25	25	25	
	Coût total d'utilisation VP	309	334	427	452	284	309
	Coût total TC	25		25		25	
	COUT TOTAL VP+TC	334		452		309	
Temps de déplacement VP		27h20		27h20		27h20	
Temps de déplacement TC		23h20		23h20		23h20	
Temps de déplacement Total		50h40		50h40		50h40	

	Choc n°1	Choc n°1 avec alternative
Revenu net (€/Mois)	2500	2500
Coûts de la mobilité et du logement (€/Mois)	1412	1269
Ratio (coût/revenu)	56%	51%
Revenu disponible (€/Mois)	1088	1231

Choc n°2 : prix du litre de carburant fixé à 4.65€

Dans le cas d'une hausse du prix du litre de carburant à 4.65€, le schéma d'activité et les pratiques de mobilité du ménage ne sont plus soutenables. Cette augmentation des prix se fait particulièrement sentir pour les déplacements domicile-travail du jeune homme. Des changements drastiques en termes de mobilité quotidienne doivent être opérés.

Une première solution (partielle) serait de ne plus utiliser la voiture pour les déplacements de loisirs. La visite aux amis habitant à Freising se ferait alors en transports en commun (S-Bahn). L'allongement du temps de déplacement de 30 minutes ne pose pas de problème particulier au couple dans la mesure où ce déplacement est réalisé le week-end. Les gains financiers sont ainsi supérieurs à la perte de temps.

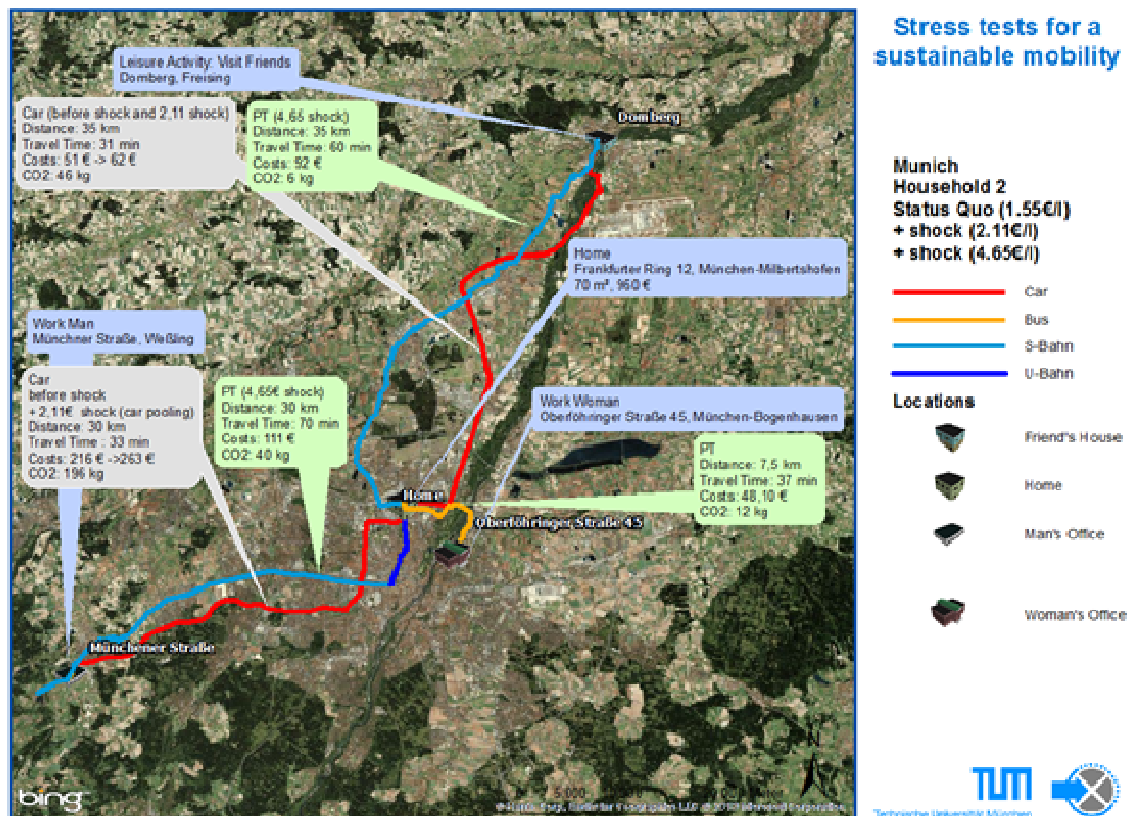


Figure 4: Household 2 shock scenarios and alternatives

En outre, deux possibilités sont offertes pour réduire les coûts relatifs aux déplacements domicile-travail du jeune homme. La première serait de continuer la pratique du co-voiturage avec les collègues de travail aux mêmes conditions tarifaires. Toutefois, étant donnée la hausse des prix du carburant, il n'est certains qu'ils acceptent. La seconde option serait alors de laisser la voiture au profit des transports en commun. Ce choix entraînerait un accroissement du temps de déplacement de 35 minutes, soit plus de 23 heures mensuelles. Le point positif de ce changement modal est une économie mensuelle de 250€ par rapport à la situation de référence.

		Référence		Choc n°2		Choc n°2 avec usage des TC	
			Total		Total		Total
Coût du logement par mois	Loyer net	762	960	762	960	762	960
	Coûts associés au logement	198		198		198	
Coûts mensuels liés à la mobilité	Km mensuels en VP	1668	309	1899	760	80	32
	Coût d'utilisation de la VP	0,185		0,4		0,4	
	Coûts liés à l'usage des TC	25	25	25	25	50	50
	Coût total d'utilisation VP	309	334	760	785	32	82
	Coût total TC	25		25		50	
	COÛT TOTAL VP+TC	334		785		82	
Temps de déplacement VP		27h20		27h20		1h	
Temps de déplacement TC		23h20		23h20		70h	
Temps de déplacement Total		50h40		50h40		71h	

	Choc n°2	Choc n°2 avec alternative
Revenu net (€/Mois)	2500	2500
Coûts de la mobilité et du logement (€/Mois)	1745	1042
Ratio (coût/revenu)	70%	42%
Revenu disponible (€/Mois)	755	1458

c. Un jeune homme vivant à Munich

Présentation du ménage et de ses activités

Dans cet exemple, nous considérons un ménage individuel composé d'un jeune actif vivant dans la ville de Munich. Son revenu est de 2000€ mensuels.

Son lieu de travail est localisé à Holzkirchen, à 30 km au sud de Munich. Son domicile, localisé à proximité de la voie rapide A8, lui permet d'être à moins de 30 minutes en voiture de son entreprise, et à plus d'une heure (64 minutes) en transports en commun.

En plus de son activité professionnelle, le jeune homme pratique différents sports. Pour ce faire, il se rend deux fois par semaine, en voiture, dans le district de Sendling.

Activité	Activité professionnelle	Activités de loisirs
Temps de déplacement VP (min)	28	23
Fréquence	5j/semaine	2j/semaine
Temps de déplacement mensuel VP	18h40	6h10

				Total
Coût(€)	Coût du logement par mois	Loyer net	698	879
		Coûts associés au logement	181	
	Coûts mensuels liés à la mobilité	Km mensuels en VP	1505	278
		Coût d'utilisation de la VP	0,185	
		Coûts liés à l'usage des TC	0	35
		Coût total d'utilisation VP	278	278,425
		Coût total TC	0	
	COUT TOTAL VP+TC	278		
	Temps de déplacement VP	28h		
	Temps de déplacement TC	0		
	Temps de déplacement Total	28h		

Choc n°1 : prix du baril de pétrole à 200\$

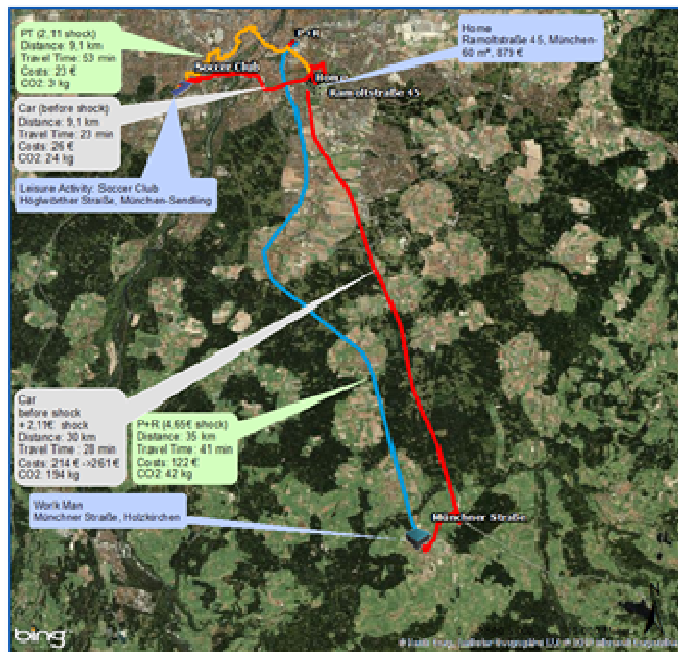
L'impact d'une hausse modérée du prix du carburant dans le budget de ce ménage reste limité. Le passage du prix du litre de carburant à plus de 2€ entraîne pour le ménage une hausse de son budget mobilité quotidienne de 22% (passant de 278€ à 339€). Bien que la hausse du budget soit limitée (61€, soit 3% de son revenu), elle lui fait prendre conscience de la possibilité de faire des économies en empruntant les transports en commun pour se rendre à ses loisirs. Cette alternative présente toutefois un bilan mitigé. En effet, l'usage des TC permet au jeune homme d'économiser 35€ par mois par rapport à la situation de choc sans usage des TC. Toutefois elle génère une hausse du budget temps mensuel de 9h.

		Référence		Choc n°1		Choc n°1 avec TC pour les loisirs	
			Total		Total		Total
Coût du logement par mois	Loyer net	698	879	698	879	698	879
	Coûts associés au logement	181		181		181	
Coûts mensuels liés à la mobilité	Km mensuels en VP	1505	278	1505	339	1350	304
	Coût d'utilisation de la VP	0,185		0,225		0,225	
	Coûts liés à l'usage des TC	0	0	0		23	
	Coût total d'utilisation VP	278	278	339		281	
	Coût total TC	0		0		23	
	COUT TOTAL VP+TC	278		339		304	
Temps de déplacement VP		28h		28h		22h	
Temps de déplacement TC		0		0		15h	
Temps de déplacement Total		28h		28h		37h	

	Choc n°1	Choc n°1 avec alternative TC pour les loisirs
Revenu net (€/Mois)	2000	2000
Coûts de la mobilité et du logement (€/Mois)	1218	1160
Ratio (coût/revenu)	61%	58%
Revenu disponible (€/Mois)	782	840

Choc n°2 : prix du litre de carburant fixé à 4.65€

Le triplement du prix du carburant grève très fortement le budget du ménage individuel. La distance séparant son domicile de son lieu de travail le rend très vulnérable à « l'explosion » des prix du carburant. Ne souhaitant pas pour autant déménager en périphérie, le jeune homme choisit l'intermodalité pour ses déplacements domicile-travail avec l'utilisation successive de la voiture jusqu'au parc relais puis les transports en commun (S-Bahn). Bien qu'il doive s'abonner au S-Bahn au tarif de 122€ par mois, le jeune homme économise plus de 500€ sur ses déplacements automobiles par mois, par rapport à la situation de choc sans alternative. Ces économies plus permettent de conserver la voiture pour les déplacements de loisirs. L'inconvénient principal de l'intermodalité réside dans l'allongement des temps de parcours estimé à 10h environ pour l'ensemble des déplacements domicile-travail.



		Référence		Choc n°2		Choc n°2 avec intermodalité	
			Total		Total		Total
Coût du logement par mois	Loyer net	698	879	698	879	698	879
	Coûts associés au logement	181		181		181	
Coûts mensuels liés à la mobilité	Km mensuels en VP	1505	278	1505	777	360	144
	Coût d'utilisation de la VP	0,185		0,4		0,4	
	Coûts liés à l'usage des TC	0	0	0	0	122	122
	Coût total d'utilisation VP	278	278	777	777	144	266
	Coût total TC	0		0		122	
	COUT TOTAL VP+TC	278		777		266	
Temps de déplacement VP		28h		28h		10h	
Temps de déplacement TC		0		0		27h	
Temps de déplacement Total		28h		28h		37h	

	Choc n°2	Choc n°2 avec intermodalité
Revenu net (€/Mois)	2000	2000
Coûts de la mobilité et du logement (€/Mois)	1656	1145,0
Ratio (coût/revenu)	83%	57%
Revenu disponible (€/Mois)	344,0	855,0

d. Une famille vivant en « grande couronne » de Lyon

Présentation du ménage et de ses activités

Cette famille de 4 personnes vit à 25km environ du centre de Lyon, dans une maison (en accession à la propriété). Les deux parents travaillent et le ménage dispose d'un revenu mensuel de 3000€ et de deux voitures.

Statut	Age	Occupation principale	Adresse	Superficie	Loyer (€/Mois)	Revenu du foyer (€/Mois)	Nombre de voitures
Personne de référence	43	Travail à temps plein	Promenade des Tilleuls	Maison individuelle accolée - 4 pièces - 90 m ²	Propriétaire - remboursement 600	3000	2
Conjointe	38	Travail à temps partiel	01120 Montluel				
Fille 1	11	Scolarisée au collège					
Fille 2	8	Scolarisée en école primaire					

Activités professionnelles

L'ensemble des personnes du ménage est mobile. Les activités quotidiennes se résument aux déplacements domicile-travail pour les parents (notons que la mère ne travaille que 3 jours par semaine) et aux déplacements domicile-école pour les enfants. Les déplacements de la fille aînée, scolarisée au collège, sont réalisés par l'un ou l'autre des parents, dans le cadre d'un déplacement spécifique ayant pour seule motif l'accompagnement. Notons que la 2^{ème} fille est déposée le matin et récupérée le soir par l'un ou l'autre de ses parents dans le cadre d'un autre déplacement dit principal (par exemple, déplacement domicile-travail le matin ou supermarché-domicile, le soir). Seul le père quitte Montluel (ou les communes avoisinantes) dans le cadre de sa mobilité quotidienne.

Activités de loisirs et/ou occasionnelles

Les activités hebdomadaires et mensuelles génèrent des déplacements de plus longue distance, à destination de Lyon ou de communes proches telles Caluire ou Vaulx-en-Velin. Deux fois par semaine, le père de famille se rend dans le 1^{er} arrondissement pour faire du sport, la mère dans le 8^{ème} arrondissement pour réaliser des achats en supermarché, la fille aînée à Montluel pour des activités artistiques.

De façon plus occasionnelle, le père se rend à Caluire pour un entraînement de sport 2 fois par mois. La fille aînée pratique également une activité sportive bimensuelle à Vaulx-en-Velin. Enfin, trois fois par mois, la mère visite ses parents à Francheville.

Les déplacements de la benjamine sont systématiquement réalisés dans le cadre d'un déplacement principal et ne génèrent pas de distance supplémentaire parcourue, contrairement à l'aînée.

Situation initiale

Les déplacements sont tous et intégralement réalisés en voiture particulière. Chacun des parents dispose de son propre véhicule. Pour le chef de famille, ce sont les déplacements domicile-travail qui génèrent les plus longues distances. A l'inverse pour la conjointe et les enfants, les déplacements quotidiens étant de courte distance, ce sont les activités hebdomadaires (de loisirs pour les enfants) ou mensuelles, telles les visites, qui augmentent les distances parcourues.

Personne	Déplacements VP (par mois)	
	Temps	Distance (en km)
Personne de référence	27h35min	1712
Conjointe	10h40min	690
Fille 1	4h55min	164
Fille 2	0	0
TOTAL MENAGE	43h10min	2566

Le logement et ses coûts associés représentent 30% des revenus nets du ménage. Si l'on ajoute les coûts de mobilité, la part des dépenses atteint alors 44% du revenu. Les dépenses de mobilité du ménage atteignent 17% du revenu total. Ce ménage est à la limite du seuil de vulnérabilité, fixé à 18%, « à partir duquel la situation est jugée sensible pour les ménages » (Vanco et Verry, 2009). Selon ces auteurs, pour comparaison, la part moyenne –et médiane- du revenu des ménages consacré aux dépenses de mobilité urbaine est comprise entre 9% et 10%. Ce ménage dépendant de l'automobile, notamment en raison de sa localisation périphérique, est ainsi face à une vulnérabilité possible en cas de crise énergétique qui viendrait à accroître le prix du carburant ou bien celui du chauffage domestique.

				Total
Coût(€)	Coût du logement par mois	Loyer net	600	811
		Coûts associés au logement	211	
	Coûts mensuels liés à la mobilité	Nombre de Km VP	2566	513
		Coût d'utilisation marginal de la VP	0,2	
		Abonnement TCU	0	0
		Economie réalisée par l'utilisation des TC	0	
		Coût total VP	513	
		Coût total TC	0	513
		COUT TOTAL VP+TC	513	
	Temps de déplacement VP		43h10	
	Temps de déplacement TC		0	
	Temps de déplacement Total		43h10	

Revenu net (€/Mois)	3000
Coûts de la mobilité et du logement (€/Mois)	1324
Ratio (coût/revenu)	44%
Revenu disponible (€/Mois)	1675,7

Choc n°1 : prix du baril de pétrole à 200\$

Impact du choc sur la situation de référence

Avec la fixation du prix du baril de pétrole à 200\$ ce ménage franchit alors le seuil de vulnérabilité puisque la part des dépenses de mobilité quotidienne dans son revenu atteint 25%. Le ménage ne dispose plus alors que 1400€ pour subvenir à l'ensemble des dépenses, hors logement et mobilité quotidienne mais incluant les impôts.

On peut dès lors s'interroger sur les alternatives qui s'offrent au ménage pour conserver un budget mobilité constant malgré la hausse du prix du baril de pétrole.

Les alternatives possibles

La première possibilité qui s'offre au ménage consiste à changer (partiellement ou totalement) de mode de transport, toutes choses égales par ailleurs. Pour conserver un « budget mobilité »

quasi-constant, proche de 500€, il faudrait réduire le nombre de kilomètres automobiles à 1600, et plus si un abonnement ou des tickets de transports en commun doivent être financés.

Le report modal pour les activités quotidiennes de la conjointe et des enfants n'est pas possible en raison de l'absence de solution de transports en commun. Il est en revanche théoriquement possible pour le père, pour ses déplacements domicile-travail. Ce trajet du domicile vers le lieu de travail nécessite de prendre successivement 3 cars ou bus. Le temps de parcours est estimé à 1heure 42 (soit 3h20 minutes aller-retour). En supposant que ce déplacement soit régulier, le coût avoisine 90€ par mois. Le kilométrage réalisé en voiture est alors estimé à 1326 km. Si un tel report modal permet au ménage de retrouver un niveau de dépenses de mobilité comparable à la situation de référence, le temps de déplacement du chef de famille augmente de plus de 30h par mois.

Une alternative à ce report modal qui est contraignant consisterait à réaliser en transport en commun les visites, et déplacements à destination des activités sportives. Notons qu'il n'existe pas de solution de transports en commun pour effectuer les déplacements au supermarché. Le report modal pour les activités de loisirs est principalement possible en journée, un jour de semaine.

			Référence		Choc n°1		Choc n°1 avec alternative TC pour le père		Choc n°1 avec alternative TC pour les loisirs	
				Total		Total		Total		Total
Coût(€)	Coût du logement par mois	Loyer net	600	811	600	811	600	811	600	811
		Coûts associés au logement	211		211		211		211	
	Coûts mensuels liés à la mobilité	Nombre de Km VP	2566	513	3566	769	1326	398	1840	552
		Coût d'utilisation marginal de la VP	0,2		0,3		0,3		0,3	
		Abonnement TCU	0	0	0	0	90	90	43	43
		Economie réalisée par l'utilisation des TC	0		0		282		174	
		Coût total VP	513	513	769	769	398	488	552	595
		Coût total TC	0		0		90		43	
		COUT TOTAL VP+TC			513		769		488	
	Temps de déplacement VP		43h10		43h10		16h30		30h	
	Temps de déplacement TC		0		0		60h		34h10	
	Temps de déplacement Total		43h10		43h10		76h30		64h10	

	Choc n°1	Choc n°1 avec alternative TC pour le père	Choc n°1 avec alternative TC pour les loisirs
Revenu net (€/Mois)	3000	3000	3000
Coûts de la mobilité et du logement (€/Mois)	1580	1299	1406
Ratio (coût/revenu)	53%	43%	47%
Revenu disponible (€/Mois)	1420	1701	1594

Ces deux scénarios alternatifs pour maintenir un budget mobilité constant malgré la hausse du prix du pétrole soulignent la difficulté de se reporter systématiquement sur les modes collectifs (qui ne desservent pas l'ensemble des zones de destination des membres du ménage), même en journée, un jour de semaine. Par ailleurs, si les « gains » financiers sont réels par rapport à des déplacements automobiles, le temps passé dans les transports peut sembler rédhibitoire pour de nombreux ménages. Ce ménage est ainsi confronté aux limites de sa localisation périurbaine qui n'offre pas ou peu d'alternative à la voiture.

Choc n°2 : prix du litre de carburant fixé à 4.65€

Impact du choc sur la situation de référence

Ce second choc s'inscrit dans la lignée du précédent avec une hausse plus forte du prix du litre de carburant. Les résultats soulignent une forte hausse du budget mobilité qui fait plus que doubler. Dans ce contexte, les coûts de la mobilité et du logement représentent plus des 2/3 du revenu net, la mobilité en représentant à elle seule plus d'1/3. Une telle situation confirme la vulnérabilité de ce ménage. Le choc précédent, d'une amplitude mois importante, souligne la difficulté pour un tel ménage, localisé en zone périurbaine de reporter systématiquement ses déplacements sur les transports collectifs. Dans le meilleur des cas, seuls quelques déplacements peuvent faire l'objet d'un transfert modal, acceptable en termes de temps de transport, s'ils s'effectuent en journée, un jour de semaine. Si le prix du carburant venait à tripler, comme dans ce second choc, un changement de localisation ou d'activité serait à envisager, pour maintenir constant le ratio coût logement+ mobilité sur revenu.

Une alternative possible en terme de relocalisation de l'habitat

Nous considérons uniquement une relocalisation de l'habitat, en considérant que le lieu de travail « s'impose » aux membres du ménage. La relocation de ce ménage est envisagée de telle sorte à réduire la distance des déplacements domicile-travail du chef de famille, principale source de dépenses automobiles, sans pour autant trop augmenter les distances de déplacement à destination de Montluel et ses environs où sont localisés le travail de la conjointe ainsi que l'école et certaines activités des enfants.

Supposons une relocation du ménage à Rillieux-la-Pape (28 300 habitants), commune du Rhône située à 16 kilomètres de Montluel et à 14 kilomètres de saint Germain au Mont d'Or. On conserve l'hypothèse que la fille cadette reste véhiculée dans le cadre de déplacements réalisés par les parents. En revanche, les horaires de la fille aînée ne permettent pas ce genre de pratique et nécessitent toujours des déplacements propres.

La relocalisation de ce ménage à équidistance du lieu de travail de chacun des deux parents ne lui permet pas de réduire son ratio coût/revenu. Tout d'abord, les coûts mensuels liés à la mobilité diminuent très légèrement (-5%). Si la distance parcourue par le père est divisée par 2.3, celle parcourue par la mère augmente de 75% passant de 690 km à 715 km mensuels. Toutefois ce sont les déplacements automobiles occasionnés par la fille aînée qui augmentent le plus passant de 165 km à 800 km mensuels. Cet accroissement de 635 km coûte ainsi aux parents près de 300€ par mois. Les éviter (en les combinant avec ceux de la mère, par exemple) permettrait au ménage d'avoir un ratio « coût/revenu » de 56%, plus confortable. Toutefois, l'accroissement des distances de déplacement n'est pas le seul facteur explicatif à prendre en compte. En se rapprochant du lieu de travail du père, le ménage augmente son loyer de 100€ par mois pour une superficie équivalente (nous faisons l'hypothèse que le loyer se substitue au remboursement du prêt du précédent logement).

		Référence		Choc n°2		Choc n°2 avec alternative de relocalisation	
			Total				
Coût du logement par mois	Loyer net	600	811	600	811	700	911
	Coûts associés au logement	211		211		211	
Coûts mensuels liés à la mobilité	Nombre de Km VP	2566	513	2566	1154	2332	1094
	Coût d'utilisation marginal de la VP	0,2		0,45		0,45	
	Abonnement TCU	0	0	0	0	0	0
	Economie réalisée par l'utilisation des TC	0		0		0	
	Coût total VP	513	513	1155	1155	1094	1094
	Coût total TC	0		0		0	
COUT TOTAL VP+TC		513		1155		1094	
Temps de déplacement VP		43h10		43h10		49h30	
Temps de déplacement TC		0		0		0	
Temps de déplacement Total		43h10		43h10		49h30	

	Choc n°2	Choc n°2 avec alternative de relocalisation
Revenu net (€/Mois)	3000	3000
Coûts de la mobilité et du logement (€/Mois)	1966	2005
Ratio (coût/revenu)	66%	67%
Revenu disponible (€/Mois)	1034	995

Dans le cas d'un ménage bi-actif dont les deux parents travaillent dans des communes distantes l'une de l'autre de plusieurs kilomètres, la relocalisation n'apparaît pas comme une alternative pertinente, notamment lorsqu'elle s'accompagne d'une hausse du coût du logement. Afin de conserver un budget disponible (après dépenses de logement et de transport) proche de 1600€ mensuels et la même localisation des activités de ses différents membres, le ménage devrait consacrer environ 100€ pour se loger !

Choc n°3 : contrainte sur l'émission de CO2

Ce troisième choc est celui qui a le plus d'impact. En limitant le nombre de kilomètres à 42 par personne, cette contrainte drastique impose à ce ménage de 4 personnes d'effectuer au maximum 168 kilomètres par mois, en voiture. Cette distance correspond à 4 kilomètres près à celle effectuée pour les activités de la fille aînée, en situation de référence. Face à un tel choc, le ménage dispose d'une marge de manœuvre très limitée, toutes choses égales par ailleurs. Nous avons vu dans le 1^{er} choc que l'alternative des transports en commun n'est possible que pour les déplacements du père de famille. De même déménager, ou réduire les activités des membres du ménage, pour limiter les déplacements automobiles ne suffit pas. Il convient alors de combiner simultanément les schémas de localisation et d'activité du ménage. Nous considérons ainsi les changements suivants :

1/ Déménagement du ménage à Saint Germain au Mont d'Or qui permet au père de famille de faire les déplacements domicile-travail à pied, et d'économiser 1240 km. En revanche ce déménagement s'accompagne d'une hausse de loyer de 200€.

2/ Utilisation des transports en commun par la mère pour se rendre sur son lieu de travail trois fois par semaine avec un temps total quotidien estimé à 3h20 (voir les hypothèses mentionnées dans le « choc n°1 »). Ce sont ainsi 540 kilomètres qui sont transférés de la voiture vers les transports en commun.

3/ Un tel temps de déplacement ne pouvant pas être supporté par des enfants, nous supposons que les deux filles sont désormais scolarisées à St Germain au mont d'Or et rejoignent leur école à pied. Ce changement d'établissement permet au ménage d'économiser 540 kilomètres.

4/ L'ensemble des activités de loisirs du père sont désormais réalisées en transports en commun.

5/ Les déplacements au supermarché sont remplacés par de l'achat en ligne. Nous supposons que la livraison de ces achats sur le lieu d'habitation du ménage s'effectue dans des véhicules non polluants.

6/ les activités hebdomadaires et mensuelles de la fille ainée sont respectivement réduites à 1 jour par semaine et à 1 par mois (au lieu de 2). L'activité mensuelle de la mère (et de la fille cadette qui l'accompagne sans occasionner de déplacement supplémentaire) est réduite à 1 jour par mois (au lieu de 3).

			Référence		Choc n°3	
				Total		
Coût(€)	Coût du logement par mois	Loyer net	600	811	600	811
		Coûts associés au logement	211		211	
	Coûts mensuels liés à la mobilité	Nombre de Km VP	2566	513	161	32
		Coût d'utilisation marginal de la VP	0,2		0,2	
		Abonnement TCU	0	0	145	145
		Economie réalisée par l'utilisation des TC	0		336	
		Coût total VP	513	513	32	177
		Coût total TC	0		145	
	COUT TOTAL VP+TC	513		177		
	Temps de déplacement VP	43h10		6h		
	Temps de déplacement TC	0		61h		
	Temps de déplacement Total	43h10		67h		

Choc n°3

Revenu net (€/Mois)	3000
Coûts de la mobilité et du logement (€/Mois)	988
Ratio (coût/revenu)	33%
Revenu disponible (€/Mois)	2012

Ce choc, s'il permet au ménage de disposer désormais d'un revenu disponible de 2200€ mensuels, lui impose des contraintes drastiques tant en termes de temps de déplacement, notamment pour la conjointe qui passe plus de 40h par mois dans les transports en commun, que de relocalisation - voire de suppression- des activités.

e. Un jeune homme vivant à Lyon intra muros

Présentation du ménage et de ses activités

Ce second ménage est composé d'un étudiant célibataire, de 25 ans. Il vit dans un studio de 30 m², dans le 5^{ème} arrondissement de Lyon, qu'il loue pour 400€ par mois.

Cet étudiant ne possède pas de voiture et dispose d'un revenu de 800€ par mois, pour l'ensemble de ses dépenses.

Statut	Âge	Occupation principale	Adresse	Superficie	Loyer (€/Mois)	Revenu du foyer (€/Mois)	Nombre de voitures
Personne de référence	25	Etudiant	Quai Pierre Size 69005 Lyon	Habitat collectif - 1 pièce - 30m ²	400	800	0

Situation initiale

L'étudiant est mobile tant pour réaliser ses activités quotidiennes (il est étudiant dans le 4^{ème} arrondissement de Lyon) qu'hebdomadaires ou exceptionnelles. Les déplacements sont tous internes à la ville de Lyon.

Les déplacements sont tous réalisés par des « modes » alternatifs à l'automobile. Les déplacements quotidiens domicile-école sont réalisés à pied malgré la distance de 2 km qui séparent l'origine de la destination, de même que les déplacements hebdomadaires pour les visites ou les déplacements mensuels liés aux sorties entre amis. Notons que les sorties entre amis se font depuis le lieu d'étude mais le retour a lieu au domicile. Les transports en commun ne sont utilisés que pour une dizaine de déplacements (aller-retour) dans le mois, pour des distances dépassant les 2 kilomètres.

L'utilisation de modes dits « doux » explique ainsi les 28 heures mensuelles passées dans les déplacements pour parcourir 158 kilomètres. La vitesse relativement faible des déplacements en transports en commun est à relier avec l'absence de desserte du domicile de l'étudiant par des modes lourds tels le métro ou le tramway.

Personne	Déplacements TC (données mensuelles)	
	Temps	Distance
Personne de référence	10h12min	74
TOTAL MENAGE	10h12min	74

La part importante des déplacements réalisés à pied associée à un usage limité des transports en commun se traduisent par un budget transport mensuel inférieur à 30€. Les 26,3€ correspondent ainsi au prix de l'abonnement mensuel de transport en commun urbain pour les étudiants. Malgré un budget transport relativement faible, l'étudiant consacre plus de 77% de son budget aux dépenses de logement et de transport. Dans l'arbitrage coût du logement-coût de la mobilité, l'étudiant semble avoir préféré une localisation centrale génératrice de faibles coûts de déplacements plutôt qu'à une localisation périphérique, moins onéreuse mais à laquelle il aurait fallu associer des coûts généralisés de déplacement plus élevés.

				Total
Coût(€)	Coût du logement par mois	Loyer net	400	588
		Coûts associés au logement	188	
	Coûts mensuels liés à la mobilité	Nombre de Km VP	0	0
		Coût d'utilisation marginal de la VP	0,2	
		Abonnement TCU	26,3	
		Economie réalisée par l'utilisation des TC	0	
		Coût total VP	0	
		Coût total TC	26,3	
		COUT TOTAL VP+TC	26	
	Temps de déplacement VP			
	Temps de déplacement TC			10h15
	Temps de déplacement Total			17h30

Revenu net (€/Mois)	800
Coûts de la mobilité et du logement (€/Mois)	614
Ratio (coût/revenu)	77%
Revenu disponible (€/Mois)	185,7

Les chocs n°1 et 2 sur les prix du carburant

De telles pratiques de mobilité permettent à ce ménage de ne pas être impacté par la hausse des prix du carburant. Soulignons que cet étudiant, de par ses coûts de logement élevés, dispose d'un revenu disponible (après dépenses de logement et de transport) très faible même sans choc tarifaire externe.

Choc n°3 sur la contrainte d'émission de CO2

L'étudiant ne faisant aucun usage de la voiture particulière, il fait partie des rares ménages satisfaisant la contrainte d'un niveau d'émission de CO2 inférieur à 200 kg par an.

Dans un marché de permis négociables d'émission, on pourrait supposer qu'il « vende » son permis de 42 km mensuel. A un prix plancher de 6€ la tonne (cours très bas, en avril 2012), la vente des quotas d'émission de ce ménage pourrait ne lui rapporter 1.2€ !

f. Ménage en couple vivant à Mions

Présentation du ménage et de ses activités

Ce ménage étudié est un couple d'une soixantaine d'années dont le conjoint est à la retraite et la conjointe encore en activité. Ce couple vit à Mions, une commune située à 20 kilomètres de Lyon mais intégrée au Grand Lyon, dans une maison individuelle. Le couple est propriétaire et dispose d'une voiture. Pour financer l'achat de la maison, il a contracté un prêt qu'il rembourse à hauteur de 200€ par mois. Les revenus du couple s'élèvent à 4200€ mensuels.

Statut	Age	Occupation principale	Adresse	Superficie	Loyer (€/Mois)	Revenu du foyer (€/Mois)	Nombre de voitures
Personne de référence	62	Retraité	Rue Maurice Ravel 69780 Mions	Habitat individuel isolé - 4 pièces 90m ²	Propriétaire - remboursement 200	4200	1
Conjointe	55	Travail à temps plein					

Situation initiale

Les deux conjoints sont mobiles. Malgré son statut de retraité, le conjoint réalise quasiment autant de déplacement que sa conjointe. Les déplacements de semaine de la personne de référence sont exclusivement pour le motif achats excepté pour une activité culturelle une fois par mois (aller-retour). Les déplacements quotidiens et hebdomadaires du conjoint ont une portée de 12 kilomètres autour du domicile. La conjointe réalise elle aussi ses déplacements quotidiens à moins de 15 kilomètres de son domicile. Elle tend toutefois à allonger la portée de ses déplacements ne relevant du motif travail et se rend dans le 2^{ème} arrondissement de Lyon 6 fois par mois.

Les deux membres du ménage opèrent des choix modaux différents (pour des raisons choisies ou contraintes). En effet tandis que la personne de référence ne se déplace qu'en voiture (en tant que conducteur), sa conjointe utilise systématiquement les transports en commun pour sa mobilité quotidienne et hebdomadaire. Elle n'utilise la voiture (en tant que conducteur) que pour deux déplacements aller-retour mensuels.

Personne	Déplacements VP (données mensuelles)		Déplacements TC (données mensuelles)	
	Temps	Distance	Temps	Distance
Personne de référence	7h32min	300	0	0
Conjointe	1h20min	68	28h	640
TOTAL MENAGE	8h52min	368	28h	640

La personne de référence réalise ainsi plus de 80% des déplacements automobiles du couple. Au total le couple parcourt mensuellement 368 kilomètres en voiture pour une durée totale avoisinant de 9h. La conjointe qui se déplace essentiellement en transports en commun y passe plus de 28h mensuelles dont 22h pour des déplacements liés au motif travail.

Les revenus confortables du ménage, associés à une mobilité automobile qui reste limitée, lui permettent de ne consacrer que 12% des ressources financières mensuelles aux dépenses de mobilité et de logement. Si l'utilisation des transports en commun pour les déplacements quotidiens de la conjointe permettent au couple d'économiser environ 75€ par mois par rapport à l'utilisation de la voiture, c'est essentiellement le revenu confortable et les faibles coûts associés au logement qui lui permettent de bénéficier d'un revenu disponible (après dépenses de logement et de transport) de plus de 3700€.

Notons que si la conjointe réalisait également tous ses déplacements en voiture, la part des dépenses de transport et de logement dans le revenu total resterait inférieure à 16%. Le ménage consacrerait alors 5% de son revenu à la mobilité quotidienne, ce qui le place loin d'une situation de vulnérabilité.

				Total
Coût(€)	Coût du logement par mois	Loyer net	200	368
		Coûts associés au logement	168	
	Coûts mensuels liés à la mobilité	Nombre de Km VP	368	74
		Coût d'utilisation marginal de la VP	0,2	
		Abonnement TCU	52,6	52,6
		Economie réalisée par l'utilisation des TC	75,4	
		Coût total VP	74	126
		Coût total TC	52,6	
		COUT TOTAL VP+TC	126	
	Temps de déplacement VP		8h52	
	Temps de déplacement TC		28h	
	Temps de déplacement Total		37h	

Revenu net (€/Mois)	4200
Coûts de la mobilité et du logement (€/Mois)	495
Ratio (coût/revenu)	12%
Revenu disponible (€/Mois)	3705

Les chocs n°1 et 2 sur les prix du carburant

Dans de telles conditions, l'impact d'une hausse du prix du carburant dans le budget du ménage reste limité. Le passage du prix du litre de carburant à 3€ entraine pour le ménage une hausse de son budget mobilité quotidienne de 30% (passant de 126€ à 163€) tandis qu'une hausse à 4.65€ génère un accroissement de 73%, par rapport à la situation initiale. Ces chocs ont des répercussions limitées dans le budget des ménages puisque le revenu disponible après dépenses de logement et de transport quotidien reste supérieur à 85% du revenu initial. Le ménage « amorti » relativement bien ces chocs car il est simultanément peu exposé et peu sensible. L'exposition limitée à la hausse du prix du carburant s'explique par l'usage des transports en commun par la conjointe pour ses déplacements quotidiens, par un usage limité de la voiture (en nombre de déplacements et en distance parcourue) et de façon plus générale par une « aire de chalandise » qui reste limitée dans un rayon de 15-20 kilomètres autour du domicile. La faible exposition est renforcée par une sensibilité limitée au choc en raison du revenu du couple dépassant les 4000€ par mois.

		Référence		Choc n°1		Choc n°2	
			Total		Total		Total
Coût du logement par mois	Loyer net	200	368	200	368	200	368
	Coûts associés au logement	168		168		168	
Coûts mensuels liés à la mobilité	Nombre de Km VP	368	74	368	110	368	166
	Coût d'utilisation marginal de la VP	0,2		0,3		0,45	
	Abonnement TCU	52,6	52,6	52,6	52,6	52,6	52,6
	Economie réalisée par l'utilisation des TC	75,4		75,4		75,4	
	Coût total VP	74	126	110	163	166	218
	Coût total TC	52,6		52,6		52,6	
COUT TOTAL VP+TC		136		163		218	
Temps de déplacement VP		8h52		8h52		8h52	
Temps de déplacement TC		28h		28h		28h	
Temps de déplacement Total		37h		37h		37h	

	Référence	Choc n°1	Choc n°2
Revenu net (€/Mois)	4200	4200	4200
Coûts de la mobilité et du logement (€/Mois)	495	531	586
Ratio (coût/revenu)	12%	13%	14%
Revenu disponible (€/Mois)	3705	3669	3614

Choc sur la contrainte d'émission de CO2

Impact du choc sur la situation de référence

Si un choc sur les prix a peu de répercussions sur le budget du ménage, il n'en va pas de même dans le cas d'un choc sur les quantités. Ainsi le ménage dispose d'un crédit déplacements automobile de 84 kilomètres mensuels. En situation de référence, le ménage réalise 368 kilomètres en voiture. Il doit donc diviser ses distances de déplacement en voiture par plus de 4.

Une alternative grâce au co-voiturage

L'analyse des activités du ménage nous montre que les déplacements automobiles sont réalisés pour des activités d'achats, soit de proximité, soit en supermarché. Une possibilité pour réduire ce kilométrage serait de réaliser ces déplacements en covoiturage. En supposant d'une part que les contraintes associées à ce type de déplacement (rigidité sur les horaires, détours éventuels nécessaires, ...) soient levées sans générer de coût supplémentaire et, d'autre part, que le nombre d'occupants du véhicule est limité à trois, on considère que les coûts monétaires et les distances sont divisés par trois.

La mise en place du co-voiturage pour les déplacements, si elle permet de réduire les distances de déplacement, n'est pas encore suffisante pour respecter les contraintes d'émission en gardant un programme d'activité identique à la situation de référence. A eux seuls, les déplacements en co-voiturage pour motifs achats consomment la totalité du « crédit déplacements ». Pour

satisfaire la contrainte d'émission, une possibilité serait de coupler cette pratique du co-voiturage avec l'usage des transports en commun pour les activités mensuelles des conjoints. Les simulations montrent que le ménage, desservi par le réseau de transport en commun urbain lyonnais (réseau TCL) peut se rendre à Lyon en utilisant les transports collectifs. Les relations sont toutefois plus faciles pour la personne de référence du ménage qui se rend dans 8^{ème} arrondissement que pour la conjointe dont le temps de déplacement aller-retour passe de 40min à 2h30. Il est toutefois envisageable pour elle de se rendre dans d'autres surfaces commerciales plus proches de son lieu d'habitat (ou mieux desservies).

Une alternative par l'achat en ligne

Une alternative à la réalisation de déplacements automobiles pour motifs achats consiste à effectuer tout ou partie des achats en ligne, par le biais de site web dédiés. Si le développement du e-commerce génère des déplacements supplémentaires pour la livraison, on suppose qu'ils sont réalisés grâce à des véhicules propres et qu'ils ne génèrent pas d'émission de Co2. On considère que les achats en ligne du couple permettent :

- De limiter à 1 déplacement A/R hebdomadaire les déplacements pour achats de proximité (réalisés quotidiennement en situation de référence) réalisé par la personne de référence ;
- De supprimer le déplacement hebdomadaire à destination de Saint Priest réalisé par la personne de référence
- De limiter à 1 déplacement mensuel A/R les déplacements vers Lyon 2^{ème}, réalisés par la conjointe.

			Référence		Choc n°3 avec alternative en co-voiturage		Choc n°3 avec alternative par l'achat en ligne	
				Total		Total		Total
Coût(€)	Coût du logement par mois	Loyer net	200	368	200	368	200	368
		Coûts associés au logement	168		168		168	
	Coûts mensuels liés à la mobilité	Nombre de Km VP	368	74	190	13	79	16
		Coût d'utilisation marginal de la VP	0,2		0,07		0,2	
		Abonnement TCU	52,6	52,6	52,6	52,6	52,6	52,6
		Economie réalisée par l'utilisation des TC	75,4					
		Coût total VP	74	127	13	66	16	68
		Coût total TC	52,6		52,6		52,6	
		COUT TOTAL VP+TC	127		66		68	
	Temps de déplacement VP		8h52		8h52		1h40	
	Temps de déplacement TC		28h		28h		28h	
	Temps de déplacement Total		37h		37h		37h	

	Référence	Choc n°3 avec alternative en co-voiturage	Choc n°3 avec alternative par l'achat en ligne
Revenu net (€/Mois)	4200	4200	4200
Coûts de la mobilité et du logement (€/Mois)	495	434	436
Ratio (coût/revenu)	12%	10%	10%
Revenu disponible (€/Mois)	3705	3766	3764

g. Ménage 4 : couple vivant au Nord-Ouest de Lyon

Présentation du ménage et de ses activités

Nous étudions, dans cette section, la situation d'un couple de retraités vivant à Dommartin, une commune de 2 662 habitants localisée à 18km au Nord-Ouest de Lyon. Le ménage réside dans un pavillon de 120 m² dont il est propriétaire.

Statut	Age	Occupation principale	Adresse	Superficie	Loyer (€/Mois)	Revenu du foyer (€/Mois)	Nombre de voitures
Personne de référence	68	Retraité	Rue des Verchères	Habitat individuel isolé	Propriétaire - remboursement	6000	2
Conjointe	69	Retraitée	69380 Dommartin	- 5 pièces 120m ²	0		

Situation initiale

Les deux membres du ménages se déplacements exclusivement en voiture particulière (en tant que conducteur). Notons que le chef de ménage, en réalisant 950 kilomètres annuels pour sa mobilité quotidienne, passe plus de 17h en voiture tandis que sa compagne y consacre moins de 5 heures par mois pour une distance de 220 kilomètres. Cette différence de « budget temps » de déplacement quotidien s'explique non pas par la fréquence des déplacements mais par leur longueur. Ainsi la conjointe parcourt en moyenne 4.5 kilomètres par déplacement tandis que son mari en parcourt plus de 19 kilomètres. Ce sont ainsi les activités quotidiennes, réalisées 4 fois par semaines, localisées à 18 kilomètres du domicile qui génèrent la plus forte part des déplacements.

Personne	Déplacements VP (données mensuelles)	
	Temps	Distance
Personne de référence	17h22min	948
Conjointe	4h42min	220
TOTAL MENAGE	22h04min	1168

L'absence de loyer (ou équivalent en termes de remboursement d'emprunt immobilier) associée à un revenu de 6000€, explique que le ménage ne consacre que 7% de son budget aux coûts de logement (électricité, eau...) et de transport. Chaque mois, le couple dépense plus de 230€ pour se déplacer « au quotidien ».

			Référence	
				Total
Coût(€)	Coût du logement par mois	Loyer net	0	208
		Coûts associés au logement	208	
	Coûts mensuels liés à la mobilité	Nombre de Km VP	1168	234
		Coût d'utilisation marginal de la VP	0,2	
		Abonnement TCU	0	0
		Economie réalisée par l'utilisation des TC	0	
		Coût total VP	234	
		Coût total TC	0	234
		COUT TOTAL VP+TC	234	
	Temps de déplacement VP		22h15	
	Temps de déplacement TC		0	
	Temps de déplacement Total		22h15	

Revenu net (€/Mois)	6000
Coûts de la mobilité et du logement (€/Mois)	442
Ratio (coût/revenu)	7%
Revenu disponible (€/Mois)	5558

Chocs n°1 et 2 sur le prix du carburant

Etant donnée la faible part du revenu consacrée au transport (moins de 4%) et au coût du logement (3.4%), le ménage ne se retrouve pas en situation de vulnérabilité malgré une hausse du prix du litre de carburant à 3€ puis 4.65€. Ainsi dans le cas d'un prix du baril de pétrole à 200\$, le ménage se verrait « contraint » de consacrer 9% de son budget aux dépenses de logement et de mobilité quotidienne. Dans la cas d'un triplement du prix d'un litre de carburant, ce ratio passerait à 12%. Le revenu disponible du couple (après dépenses de logement et de mobilité quotidienne) resterait confortable avec plus de 5200€ mensuels.

Choc n°3 : contrainte sur l'émission de CO2

Impact du choc sur la situation de référence

Si la contrainte tarifaire n'amène pas nécessairement le ménage à repenser sa mobilité ou envisager des solutions alternatives en termes de programme d'activité ou de localisation, la contrainte sur la quantité de CO2 émise s'avère plus pénalisante. En effet, le couple dispose d'un « budget mobilité » de 84 kilomètres mensuels, il en réalise 13 fois plus en parcourant 1168 kilomètres.

Une alternative grâce à la voiture électrique

Une possibilité pour s'affranchir de cette contrainte kilométrique et, plus généralement, des « quotas » d'émission de Co2, une possibilité serait pour le ménage d'investir dans une voiture électrique. Nous supposons, dans ce cas, que le ménage acquiert une voiture de type Zoé de Renault (véhicule qui ne rejette aucune émission ni Co², ni particules nocives (<http://www.renault-ze.com/fr-fr/ma-vie-electrique/video-ecologie-81445.html>)). Le choix de ce type de véhicule s'expliquant principalement par les données sur les coûts d'achats et d'entretien mis à disposition sur le site internet de Renault (voir <http://www.renault-ze.com/fr-fr/ma-vie-electrique/prix-voiture-electrique-81443.html>). On ne considère pas les coûts d'achat de la voiture.

Les coûts de la voiture électrique sont reportés dans le tableau ci-dessous

Coûts	
Batterie (€ par mois)	79 (source : www.cfpelec.fr)
Carburant (€ par Km)	0.02 (source : Hadi Zabliti in : www.cfpelec.fr)
Entretien (€ par Km)	0.042 (source : http://www.voiture-electrique-populaire.fr/enjeux/economie/cout-usage)
Assurance (€ par Km)	0.02
Total (€ par Km)	0.082 (sans la batterie)

Les tableaux ci-dessous soulignent que dans le cadre de l'utilisation d'une voiture électrique une mobilité quotidienne avoisinant les 1000 kilomètres mensuels, les frais liés à la localisation de la batterie sont quasiment égaux au coût d'utilisation de la voiture. Pour ce couple ne se déplaçant qu'en voiture, la voiture électrique se révèle meilleur marché que l'utilisation d'une voiture thermique, y compris avec un prix du litre de carburant à 1.5€, si l'on excepte les coûts d'achat du véhicule. L'alternative électrique apparaît donc une bonne opportunité pour ce ménage de conserver ses pratiques de déplacement tout en satisfaisant aux contraintes sur les émissions de CO2.

		Référence		Choc n°3 avec alternative voiture électrique	
			Total		Total
Coût du logement par mois	Loyer net	0	208	0	208
	Coûts associés au logement	208		208	
Coûts mensuels liés à la mobilité	Nombre de Km VP	1168	234	1168	96
	Coût d'utilisation marginal de la VP	0,2		0,08	
	Coût batterie	0	0	79	79
	Economie réalisée par l'utilisation des TC	0		0	
	Coût total VP	234	234	175	175
	Coût total TC	0		0	
	COÛT TOTAL VP+TC	234		175	
Temps de déplacement VP		22h15		22h15	
Temps de déplacement TC		0		0	
Temps de déplacement Total		22h15		22h15	

	Référence	Choc n°3 avec alternative voiture électrique
Revenu net (€/Mois)	6000	6000
Coûts de la mobilité et du logement (€/Mois)	442	383
Ratio (coût/revenu)	7%	6%
Revenu disponible (€/Mois)	5558	5617

5. Conclusions et recommandations

Les différents ménages présentés ci-dessus sont tous potentiellement vulnérables, en raison de leur niveau d'exposition, de sensibilité et/ou de résilience. L'analyse de leur(s) réponse(s) possible(s) face aux différents chocs sur la mobilité met en évidence les trois principales causes de la vulnérabilité.

L'une des causes réside dans la composition du ménage. Ainsi, la taille du ménage peut impacter les distances parcourues par le nombre d'enfants et des déplacements qui leur sont liés, d'une part, et surtout de la bi-activité des parents, d'autre part. En effet, les enfants génèrent des déplacements supplémentaires, en raison des déplacements pour motifs d'école ou de loisirs. L'accompagnement des enfants se fait de plus en plus fréquemment en voiture (Vandersmissen, 2011). Dans l'agglomération lyonnaise, 60% des déplacements d'accompagnement sont réalisés en voiture (EMD 1995). Toutefois, les déplacements liés aux enfants peuvent être réalisés dans le cadre de chaînes de déplacements (ADETEC, 2000) ou dans le cadre d'un déplacement principal et ainsi ne pas générer un fort accroissement de distance parcourue. En 1995, dans l'agglomération lyonnaise, 20% des déplacements d'accompagnement à l'école se faisaient à l'occasion d'un trajet domicile-travail. De plus, les déplacements liés aux enfants ne nécessitent pas de longs trajets : moins de 30% des enfants résident à plus d'1.5 km de leur école (ADETEC, 2000). Au-delà de la taille du ménage, c'est davantage la bi-activité au sein de la famille qui favorise la vulnérabilité, certes parce qu'elle accroît les distances parcourues mais surtout car elle limite le « champ des alternatives possibles » à une hausse des contraintes sur la mobilité.

La vulnérabilité des familles bi-actives est d'autant plus importante que le ménage réside en zone périphérique peu ou mal desservie par les transports en commun. La localisation est ainsi une variable primordiale qui fait appel aux questions d'accessibilité tant en voiture particulière qu'en transports en commun ou modes doux. L'exemple de la famille vivant à 25 kilomètres de Lyon est représentatif. La vulnérabilité de cette famille ne tient pas principalement du revenu mais de deux phénomènes couplés que sont une localisation résidentielle dans une commune périphérique peu ou mal desservie par les transports collectifs, d'une part et d'une localisation différenciée du lieu de travail des deux parents. Dans ce contexte, l'automobile est indispensable, si ce n'est pour tous les déplacements, au moins pour les déplacements domicile-travail des parents. Face aux chocs, même la relocalisation à proximité du lieu de travail de l'un des conjoints ne parvient pas à offrir une réponse convenable. Notons que la question de la localisation différenciée est aussi valable pour d'autres activités (école/université, par exemple, pour les enfants).

Enfin, la variable revenu semble être la cause principale de la vulnérabilité. Prenons l'exemple du jeune étudiant vivant à Lyon. En dépit de son faible budget transport, cet étudiant n'en reste pas moins un ménage « précaire » vivant avec moins de 200€ par mois, une fois les dépenses de logements et de transport réglées. A l'inverse, bien que se déplaçant exclusivement en voiture, le ménage de retraité n'est pas vulnérable face aux chocs tarifaires sur la mobilité. En effet, disposant d'un revenu confortable, ce couple peut largement faire face aux hausses des prix des carburants sans entraver son niveau de vie. Même si l'on impose une contrainte sur les émissions de Co2 (le ménage effectue 13 fois plus de kilomètres qu'il n'est autorisé), le ménage

remplacera son véhicule thermique par un véhicule électrique, pour ses trajets inférieurs à 200 kilomètres, et conservera ainsi ses pratiques de mobilité quotidienne.

Les ménages peuvent « diminuer » leur niveau de vulnérabilité en utilisant un certain nombre de « stratégies ». Les activités telles le travail ou les activités de shopping (au sens large) peuvent être combinées et des déplacements ainsi économisés. Les chaînes de déplacement offrent des gains temporels et monétaires intéressants. De plus des choix de localisation « intelligents » peuvent être opérés pour les destinations non contraintes ou l'usage des nouvelles technologies pour réaliser des activités à distance (travail, achats, ...).

En outre, le report modal vers les modes collectifs, lorsqu'il est possible, permet de diminuer les coûts monétaires et réduire ainsi la vulnérabilité face à la hausse des prix du carburant. Cette option requiert toutefois des transports en commun attractifs et déployés sur le territoire. Le report modal vers les modes doux est également soumis aux mêmes conditions d'attractivités (éclairage, pistes cyclables...). La mise à disposition de parcs-relais permet de combiner différents modes de déplacement. Les parcs-relais, souvent localisés à proximité de gare ou de stations de métro, offrent de la flexibilité aux périurbains et permettent de réduire la congestion en limitant les déplacements automobiles en ville.

Une alternative aux transports en commun réside dans le co-voiturage ou l'auto-partage : il s'agit alors d'utiliser un mode individuel de façon collective en le partageant. Elle nécessite là encore des infrastructures physiques (lieux de rendez-vous pour le co-voiturage) ou bien informationnelles (sites internet, par exemple).

IV. Conclusion : recommandations en termes de politiques publiques

L'accessibilité, concept qui apparaît pour la première fois dans la littérature en 1959 dans un article de Hansen, n'est pas un concept nouveau. Il a été toutefois « redécouvert » depuis une vingtaine d'année afin d'éclairer les choix de politiques urbaines. En associant l'élément moteur du déplacement (le nombre d'opportunités accessibles) à un élément résistant (le coût généralisé du déplacement), l'accessibilité reflète l'organisation spatiale et la qualité du système de transport qui offrent aux individus la possibilité de participer à des activités localisées en différents points du territoire (Geurs et Wee, 2004).

L'amélioration de l'accessibilité peut passer par plusieurs canaux, parfois contradictoires tels qu'illustré Figure 5. Le premier choix s'inscrit dans une logique « expansive » en améliorant l'accessibilité grâce à un accroissement de l'offre. Une hausse des vitesses de déplacements associée à une densification de la ville permet de diminuer le coût généralisé du déplacement tout en offrant plus d'opportunités à destination. L'accroissement de la vitesse peut se limiter à un mode ou bien concerner aussi bien les transports individuels que collectifs. Par exemple, dans les années 60-70 avec la création concomitante d'infrastructures routières et autoroutières en périphérie des villes et du développement des réseaux métro et RER dans les grandes villes. En cherchant à faire « gagner du temps » à l'utilisateur, ces politiques d'accroissement de vitesse lui ont en réalité permis d'aller plus loin en conservant un budget temps de transport quotidien constant (Raux, C et *al.*, 2010) : c'est « l'effet rebond ». Le second choix répond à une logique plus « restrictive ». L'accessibilité est ainsi améliorée en baissant le coût généralisé, par le biais du coût monétaire essentiellement. Parallèlement la vitesse, elle aussi réduite, est compensée par une hausse des densités. Contrairement un 1er choix dit « expansif », l'accroissement des densités se fait uniquement au centre, dans des quartiers desservis par les modes lents et peu coûteux. Le développement du tramway en France depuis la fin des années 90 s'inscrit dans cette logique.

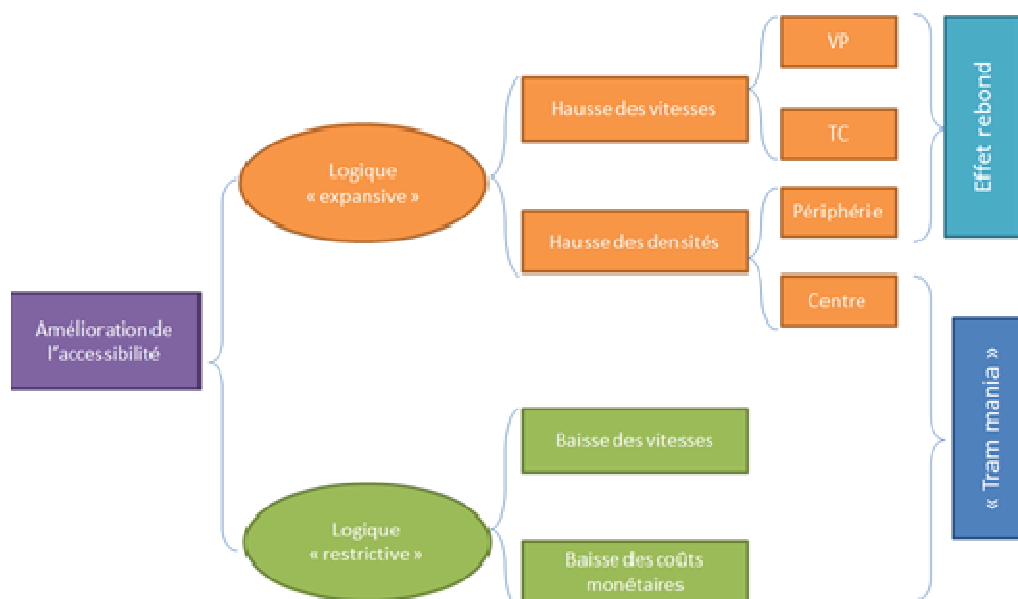


Figure 5 : Les logiques d'amélioration de l'accessibilité (d'après Yves Crozet)

La Figure 5 illustre bien les différentes options qui s'offrent au décideur public pour améliorer l'accessibilité. Il laisse également entrevoir les « menaces » qui planent sur chacune des alternatives tant pour le décideur public que pour le décideur privé. Ce sont ces « menaces », en lien avec une raréfaction des ressources fossiles ou un accroissement des émissions de gaz à effet de serre, et leurs impacts sur les pratiques de mobilités à l'échelle individuelle et collective qui sont à l'origine de ce travail de recherche. A partir des différentes approches de l'accessibilité, ce projet met en évidence les interactions entre mobilité et vulnérabilité dans une double dimension collective et individuelle, sous l'hypothèse d'une augmentation des coûts de carburant ou encore une restriction de l'émission de Co2. Si la première partie dresse une typologie des communes vulnérables en fonction des indicateurs composites de la vulnérabilité, la seconde impose des chocs drastiques et soudains en termes de hausse du coût de la mobilité automobile ou de plafond d'émission de Co2 pour les ménages.

De ces deux parties, il convient tout d'abord de tirer des enseignements en se plaçant du côté du décideur public. Les recommandations qui peuvent être faites au décideur public s'inscrivent dans une analyse « régionale », à l'échelle métropolitaine, et doivent prendre en compte les développements futurs du territoire en termes de localisation (ménages, commerces, entreprises,...) et de réseaux de transport.

Il apparaît qu'une hausse du prix du carburant équivalente à 200\$ le baril de pétrole n'impacte que très marginalement les pratiques de mobilité individuelles. A ce stade, ce choc modéré peut être absorbé par les ménages. Par ailleurs, on peut supposer que le développement des véhicules hybrides ou plus économes en carburant permettra à lui seul d'amortir, à court terme, cet accroissement du prix du carburant. Parallèlement, l'offre existante de transports en commun constitue une alternative intéressante dans le cas d'un choc modéré même si le report modal vers les transports collectifs en cas de hausse du prix du baril de pétrole reste limité. Cette demande supplémentaire, notamment en heure de pointe, pourrait être absorbée malgré une congestion croissante. A l'échelle collective, les transports en commun apparaissent comme la clé pour prévenir ou limiter la vulnérabilité et répondre à une hausse soudaine du coût des modes de déplacements individuels. L'analyse de la vulnérabilité dans les régions métropolitaines de Lyon et Munich souligne que c'est l'offre défaillante de transports en commun, ainsi que la localisation du quartier par rapport au centre métropolitain, plus que le faible niveau de revenu, qui génère la vulnérabilité. Un quartier « pauvre » mais desservi par le réseau de transports en commun serait ainsi moins vulnérable à une hausse du prix du carburant qu'un quartier plus riche mais ne bénéficiant pas de lignes de transports en commun à proximité. Il convient toutefois de garder à l'esprit que l'accessibilité aux emplois en transports en commun ne prend pas en compte ni le type d'emploi accessible (secteur d'activité, qualification ou encore niveau de rémunération) ni la contrainte sur les horaires de travail (avec notamment les horaires décalés). Dans une optique d'aide à la décision publique, il faut également souligner les difficultés et limites inhérentes au développement du maillage de transports en commun, aux échelles urbaine et périurbaine. Si les transports en commun peuvent absorber une hausse modérée de la demande, ils ne pourraient répondre à un report modal massif des automobilistes. D'une part, le réseau de transports en commun n'a pas vocation à individualiser les déplacements. Ainsi les ménages localisés hors du périmètre des transports urbains se trouvent fortement contraints par les horaires de passage et les zones

desservies. Le cas de la famille habitant en grande couronne de Lyon présenté dans la partie III souligne l'impossibilité pour les parents d'utiliser les transports en commun en gardant un budget-temps de transports quotidien inférieur à 3 heures. Par ailleurs, l'absorption d'une hausse de demande massive n'est envisageable qu'avec un accroissement de l'offre passant notamment par une hausse des matériels roulants en circulation et, de fait, des coûts d'exploitation. La situation financière actuelle des réseaux de transport urbains de province en France nous amène à douter de la faisabilité d'un tel choix politique. Face à ce constat, les solutions « transports » sont en partie à rechercher en se tournant vers les modes dits doux ou vers le partage des modes individuels. Les initiatives grandissantes d'auto partage ou de co-voiturage dans les grandes agglomérations permettrait d'offrir une alternative à la voiture individuelle, pour une partie des déplacements. Il reste alors à étudier l'impact réel de ces « nouveaux modes », tant en termes de report modal, que de performance ou de coût pour la collectivité.

Si le décideur public dispose d'outils pour favoriser la résilience face aux chocs sur la mobilité quotidienne, il revient aux ménages de s'en emparer. Dans la plupart des cas, les ménages ne peuvent changer leurs pratiques de mobilités que si des alternatives leur sont offertes. Si l'on se place du point de vue du ménage, ce travail met en évidence trois principales causes de la vulnérabilité. Comme présenté dans la partie III, la vulnérabilité d'un ménage face aux chocs est fonction 1/ de sa taille, 2/ de sa location et 3/ de son revenu. Un ménage sera d'autant plus vulnérable qu'il sera de taille importante, bi-actif mais à « faible revenu » et localisé en périphérie. De fait, le nombre d'enfants peut impacter le nombre de déplacements du ménage avec, notamment des trajets d'accompagnement, bien que ceux-ci soient réalisés dans un périmètre restreint et de proximité. Par ailleurs, il contraint les modes de déplacements utilisés en particulier lorsque le ménage réside en périphérie et ne dispose pas de transports en commun en site propre. Toutefois, contrairement aux observations à l'échelle communale, un revenu confortable permet au ménage d'absorber une hausse des coûts des déplacements automobiles. Finalement, l'un des paramètres qui « affecte » le plus les ménages relève de l'incertitude. Au-delà des aspirations individuelles qui déterminent les choix de localisation et de mobilité, c'est le fait de ne pas pouvoir anticiper des chocs soudains qui rend les ménages vulnérables. De fait, en choisissant une localisation, ils opèrent un arbitrage entre coût(s) généralisé(s) de transport et coût du loyer rapporté à la surface disponible, sans pour autant pouvoir anticiper l'évolution de chacun de ces postes budgétaires. Dans un tel contexte, et d'autant plus lorsqu'il s'accompagne d'un choc sur le prix de la mobilité automobile, se pose la question de la compensation sociale. Il revient ainsi au décideur public non pas uniquement la tâche de mettre en place des politiques publiques de transport ou d'habitat mais au-delà de limiter les effets de l'incertitude pour les ménages.

La question de la compensation sociale fait intervenir différents acteurs « de la société » en plus du décideur public. De fait cette compensation nécessite un couplage et une harmonisation des politiques fiscales, sociales et énergétiques qui ne peuvent se faire sans l'intervention des banques, industriels de l'automobile ou plus généralement acteurs économiques. C'est précisément ces interactions et la nécessaire mise en place de mécanismes de compensation qu'il conviendra d'étudier dans une optique de transition énergétique réussie face aux chocs sur la mobilité.

V. Bibliographie

ADETEC, 2012, Le coût réel de la voiture.

http://www.adetec-deplacements.com/cout_reel_voiture_8p.pdf

ADETEC, 2000, La part des boucles de déplacements dans l'accompagnement des enfants ; le potentiel de report vers les modes non motorisés, rapport pour le PREDIT II- ADEME.

Ben-Akiva, M., Lerman, S. R., 1979. Behavioural Travel Modeling, chapter Disaggregate travel and mobility-choice models and measures of accessibility, pages 654-679. D. A. Hensher and P.R. Stopher (eds.), London, Croom-Helm edition.

Büttner, B., Franz, S., Reutter, U., Wulfhorst, G., 2012, MOR€CO – Mobility and Residential Costs: Improving the Settlement Development in the Transnational Alpine Space Region, Vienna.

Buettner, B., Wulfhorst, G., Crozet, Y., Mercier, A., 2013, The impact of sharp increases in mobility costs analysed by means of the Vulnerability Assessment, WCTR, Rio de Janeiro.

Earth Policy Institute (Ed.), 2012: Search | Earth Policy Institute. Online: <http://www.earth-policy.org/search?q=oil%20prices>, 31.10.2012.

Geurs K. T., Van Wee G. P., 2004. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions, *Journal of Transport Geography* 12, pp. 127-140.

IAU, 2009, La facture énergétique des ménages franciliens, Note rapide Habitat n°485, août 2009. http://www.iau-idf.fr/fileadmin/Etudes/etude_614/NR_485_web.pdf

INSEE, 2009, Cinquante ans de consommation en France. <http://www.insee.fr/fr/publications-et-services/sommaire.asp?codesage=CONSO09>

Kasperson, J.X, Kasperson, R.E, Turner, B.L., Hsieh, W., Schiller, A., 2006: Vulnerability to global environmental change. In: Rosa, E. et al. (eds.): The Human dimension of Global Environmental Change. Cambridge, MA: MIT Press.

Kelly, P.M., Adger, W.N., 2000: Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation", In: Climatic change 47, 325-352.

Leary, N., Beresford, S., 2007. Vulnerability of people, places, and systems to environmental change. In: Knight, G. and Jaeger, J. (eds): Integrated regional assessment. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Longuar, Z., Nicolas, J-P. , Very D., 2010, Chaque Français émet en moyenne deux tonnes de CO2 par an pour effectuer ses déplacements, RevueCGDD. http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/_shared/pdf/9_RevueCGDD-ENTD-article_9_CO2_-_13_12_10_cle67215c.pdf

Nicolas, J-P., Vanco, F., Verry, D., 2012, Utiliser la voiture pour se déplacer au quotidien: taux d'effort et vulnérabilité des ménages face à l'augmentation du prix des carburants, *RERU* n°1, pp 5-30.

Pirie, G.H., 1979. Measuring accessibility : a review and proposal. *Environment and Planning A*, Vol. 11 :299-312.

Raux, C et *al.*, 2010. La croissance des budget-temps de transport. Approfondissement. Rapport pour le PREDIT, 131 p.

The World Bank (Ed.), 2012: GDP growth (annual %) | Data | Table. Online: <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG/countries>, 31.10.2012.

Vandersmissen, M-H., 2011, Déplacements d'accompagnement d'enfants en milieu urbain au Québec. Une expérience pénible ? », *Journal of Urban Research* , vol. 7 .
<http://articulo.revues.org/1824> ; DOI : 10.4000/articulo.1824

Vickerman, R.W., 1974. Accessibility, attraction and potential : a review of some concepts and their use in determining mobility. *Environment and Planning A*, Vol. 6 :675-691.

Wilbanks, T. J. and R. W. Kates, 1999. Global Change in Local Places: How Scale Matters, *Climatic Change* 43(3):601-628.