

Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie

Ministère du Logement et de l'Egalité des territoires

VALORISATION DE L'ACCESSIBILITE

AUX TERRITOIRES

GROUPE DE REFLEXION

présidé par

Jean POULIT

RAPPORT

31 juillet 2014

GROUPE DE REFLEXION SUR LA VALORISATION DE L'ACCESSIBILITE AUX TERRITOIRES

Le présent rapport résulte des travaux d'un groupe de réflexion sur la valorisation de l'accessibilité aux territoires

qui a été créé, en Juillet 2012 à l'initiative de **Jean Poulit**, ingénieur général honoraire des ponts et chaussées, conseiller du directeur de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages, à la direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature, au ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. **Jean Poulit** approfondit depuis 40 ans la notion de valorisation économique de l'accessibilité aux territoires. Il a publié des rapports de synthèse sur le sujet en 1973, 1974, 1994 et 2005 et dirigé de très nombreuses études d'évaluation réalisées par des bureaux d'études sur la base de ces analyses (Confer références bibliographiques).

L'objectif était, en parallèle aux travaux conduits sur l'évaluation socioéconomique des investissements publics dans le cadre d'une mission confiée à **Émile Quinet** par le Centre d'analyse stratégique, d'approfondir la notion d'accessibilité aux territoires qui prend le relais des gains de temps à la mise en service d'une infrastructure de transport et de déterminer les facteurs économiques et environnementaux associés à cette notion.

Le groupe de réflexion s'est réuni 15 fois entre le mois de décembre 2012 et le mois de juillet 2014.

Ont activement participé à ces échanges la direction générale des infrastructures, des transports et de la mer, la direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature, le commissariat général au développement durable, le conseil général de l'environnement et du développement durable, la direction régionale et interdépartementale de l'équipement et de l'aménagement d'Île de France, la Société du Grand Paris, les services d'études techniques (Setra, Certu, et désormais Cerema) du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie ainsi que du ministère du logement et de l'égalité des territoires, concernés par le thème de l'accessibilité et celui des facteurs économiques et environnementaux associés.

Ont également été associés à cette réflexion des chercheurs reconnus sur le thème traité, appartenant à des instituts de recherche publics (Ifsttar) ou à des bureaux d'études de grande réputation (Setec, Artelia).

Ont ainsi assisté régulièrement aux réunions les experts et responsables suivants :

Chercheurs :

Marc Gaudry, professeur d'économie à l'université de Montréal

Matthieu de Lapparent, chargé de recherche à l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux

Jacques Pavaux, ingénieur général des ponts et chaussées honoraire, ancien directeur général de l'Institut du transport aérien

Bureaux d'études spécialisés :

Didier Révillon, directeur d'études au département Etudes générales de transport à Setec International

Pierre Laborde, directeur d'études chez Artelia Ville et Transport

Jean Delons, chef du département Economie Trafic Cofiroute

Société du grand Paris :

Jean-Claude Prager, directeur des études économiques de la Société du Grand Paris

Commissariat général au développement durable :

Jean-Jacques Becker, sous-directeur de la mobilité et de l'aménagement, service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable (CGDD)

Nicolas Wagner, chef du bureau de l'analyse économique des transports, sous-direction de la mobilité et de l'aménagement (CGDD)

Gilles Orzoni, chef du bureau de l'évaluation économique de l'aménagement et des territoires, sous-direction de la mobilité et de l'aménagement (CGDD)

Conseil général de l'environnement et du développement durable :

Marc Sandrin, membre du Conseil général de l'environnement et du développement durable, 2^{ème} section

Services d'études techniques du ministère :

François Combes, Ingénieur chercheur au LVMT, qui a rejoint le SETRA (désormais CEREMA) à dater du mois de Janvier 2014

Nicolas Gillio, chef de projet "études économiques et développement des territoires" au CERTU (désormais CEREMA)

Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer :

Jean-Bernard Kovarik, adjoint au directeur général des Infrastructures, des transports et de la mer (DGITM)

Olivier Gavaud, chef du bureau des études économiques générales, à la sous-direction des études et de la prospective, service de l'administration générale et de la stratégie, DGITM

Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature :

Philippe Guillard, directeur général adjoint à la Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature (DGALN)

Rémi Costantino, puis **Nicolas Naville**, chef du bureau des grandes opérations d'urbanisme à la sous-direction de l'aménagement durable (DHUP/DGALN)

Anthony Briant, chef du bureau des opérations d'aménagement à la sous-direction de l'aménagement durable (DHUP/DGALN)

Frédérique Bénizé, chargée de mission auprès du chef du bureau des grandes opérations d'urbanisme à la sous-direction de l'aménagement durable (DHUP/DGALN)

Direction régionale et interdépartementale de l'équipement et de l'aménagement d'Île-de-France :

Adrien Kippelen, adjoint au chef du Service de la Connaissance, des Études et de la Prospective, à la Direction régionale et Interdépartementale de l'équipement et de l'aménagement d'Île de France (DRIEA),

La rédaction du rapport a été assuré par **Jean Poulit** qui a repris des travaux antérieurs conduits par ses soins, les a soumis à la critique des membres du groupe de réflexion et qui a, sur la base de ces observations et de ces discussions, procédé à l'adaptation du texte ainsi qu'à la refonte de son organisation lorsque cela apparaissait nécessaire. Il a été secondé dans cet effort de rédaction par **Matthieu de Lapparent** qui a rédigé la partie relative à la présentation de la théorie des choix discrets de Daniel McFadden.

L'objectif principal était de faire prendre conscience aux représentants des différentes directions et services techniques du ministère du contenu de la notion de valorisation de l'accessibilité aux territoires et de mettre sous une forme cohérente les informations et données disponibles à ce jour sur le sujet. Les membres du groupe de réflexion estiment que les éléments contenus dans le présent rapport constituent un socle de référence permettant d'organiser de façon constructive des débats contradictoires et de procéder à des approfondissements.

Le document est loin d'être exhaustif. Il sera enrichi dans le cadre d'échanges approfondis à venir avec les responsables du monde académique, spécialistes de l'économie géographique. Ont été ainsi identifiés en conclusion les thèmes méritant débats complémentaires et effort de concertation.

Un rapport définitif intégrant le résultat de ces échanges sera établi à l'issue de cette période de concertation.

Le présent rapport est diffusé au conseil général de l'environnement et du développement durable, au commissariat général au développement durable et aux directions générales du ministère concernés par le sujet ainsi qu'aux directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement et aux directions départementales des territoires et de la mer. Il est également diffusé au Cerema, à l'Ifsttar, à l'Enpc, aux bureaux d'études privés œuvrant dans le domaine des transports et de l'aménagement ainsi qu'aux principaux laboratoires de recherche académique ou privée spécialisés dans l'économie géographique. Il est enfin diffusé aux établissements publics ou privés gestionnaires de grandes infrastructures de transport ou de projets d'aménagement.

Les auteurs de la présente réflexion espèrent que ces travaux permettront de mieux faire comprendre le concept d'accessibilité aux territoires qui est l'un de ceux qui permet d'établir une relation fructueuse entre les responsables de la conception et de la réalisation des infrastructures de transport et les responsables de l'élaboration et de la conduite des politiques d'urbanisme et d'aménagement du territoire.

Plan du rapport

Le présent rapport comporte **4 parties** :

La première partie est consacrée à l'approche méthodologique de la valorisation économique de l'accessibilité aux territoires.

Sont en introduction présentés les 3 temps des interactions qui existent entre les territoires et les transports :

- celui des gains de temps à l'ouverture d'une infrastructure nouvelle,
- celui de l'appariement entre les compétences des actifs et des activités qu'ils sont susceptibles d'occuper, séquence qui dure en moyenne 4 ans et qui conduit à la disparition des gains de temps au profit de la création de richesse et de bien-être,
- celui enfin de l'implantation de nouveaux emplois et de nouvelles résidences, qui n'intervient généralement qu'au bout de 5 à 7 ans après l'ouverture d'une infrastructure structurante majeure.

Le présent rapport est consacré à l'analyse du 2^e temps, celui du brassage des résidents et des emplois qu'ils occupent ou qu'ils fréquentent pour effectuer des achats ou acquérir des services. Il ne traite pas des modèles de développement urbain, dénommés également Luti (land use transport interaction), c'est-à-dire de ceux que l'on met en œuvre pour simuler les évolutions du patrimoine résidentiel ou d'activité (troisième temps des interactions). Ce deuxième temps se déroule à **patrimoine résidentiel et d'activité donné**.

Cette séquence, très généralement méconnue, est essentielle pour bien comprendre les interactions qui s'établissent entre les occupants d'un territoire donné et les infrastructures de transport qui desservent ce territoire.

Est ensuite présentée la formulation du surplus lié à l'accessibilité en application de la théorie des choix discrets de Daniel McFadden, prix Nobel d'économie.

Le domaine des transports et des relations qui s'établissent entre les résidents et les activités qu'ils convoient pour créer de la richesse ou pour effectuer des achats de biens et services est un cas particulier, très important, d'application de la théorie des choix discrets de Daniel McFadden. Le rapport permet d'établir la correspondance entre les facteurs utilisés traditionnellement dans la modélisation des déplacements et les facteurs mis en évidence dans la théorie des choix discrets de Daniel McFadden.

Est enfin abordé le cas très général des systèmes de transport arrivés à maturité, qui ont comme caractéristique que les dépenses monétaires qu'y consacrent les usagers sont une part constante de la valeur attribuée au temps de déplacement. Dans cette hypothèse, il y a proportionnalité entre le coût généralisé de déplacement et le temps de ce déplacement.

On peut, des lors, illustrer les notions d'accessibilité sous la forme de zones de chalandise accessibles dans un temps de transport donné. Ces zones de chalandise et les valeurs économiques ou de bien-être qui leur sont associées, ont comme principal avantage de permettre des illustrations cartographiques d'une très haute qualité pédagogique.

La deuxième partie du rapport est consacrée à la présentation des études de corrélations entre l'utilité des déplacements au sens de la valorisation économique de l'accessibilité et des données économiques telles que des suppléments de salaire ou de valeur ajoutée.

Deux études font l'objet d'une présentation approfondie :

- celle des corrélations observées dans le cas de 16 agglomérations de taille croissante allant de Guéret à l'Île-de-France,
- celle des corrélations observées dans le cas des territoires entourant les 36 000 communes de France.

Cette 2^e partie du rapport est également consacrée à la présentation d'études a posteriori réalisées à la mise en service d'infrastructures nouvelles et qui font apparaître des relations de cause à effet entre la possibilité pour les usagers d'utiliser ces infrastructures et la création de valeur ajoutée.

Sont ainsi présentées les études a posteriori réalisées sur les autoroutes A 87 et A 89 ainsi que celles réalisées sur les 3 lignes de tramway de Bordeaux. Ces études a posteriori confortent les relations de causalité identifiées dans la première partie du rapport.

La troisième partie du rapport est consacrée à l'application de la méthode de valorisation économique de l'accessibilité à l'évaluation d'un projet d'infrastructure de transport.

On peut, selon les moyens et le temps dont on dispose, faire appel à une approche à vocation opérationnelle simple et pédagogique ou à une approche plus affinée au plan de l'évaluation des coûts généralisés de déplacement.

Dans le premier cas, celui d'une approche à vocation opérationnelle simple et pédagogique, sont traités le cas des déplacements à dominante urbaine qui peuvent se satisfaire d'une solution « plancher » et le cas des déplacements urbains et interurbains qui reposent sur une solution « optimisée ».

Dans le deuxième cas, celui d'une approche plus affinée au plan de l'évaluation des coûts généralisés de déplacement, sont définis les principes qui permettent de respecter la valorisation économique de l'accessibilité tout en portant une attention plus grande à l'évaluation approfondie des coûts généralisés de déplacement, tant dans le domaine des déplacements à dominante urbaine que dans le domaine des déplacements à dominante urbaine et interurbaine.

La quatrième partie du rapport est consacrée à l'illustration des résultats grâce à des représentations cartographiques particulièrement pédagogiques.

Une première série de représentations illustre les performances économiques et naturelles des territoires et les améliorations induites par les infrastructures évaluées.

Une deuxième série de représentations illustre les nuisances au sein des territoires et les améliorations induites ou susceptibles de l'être par les infrastructures projetées.

Ces quatre parties peuvent comporter quelques redites.

Elles ont été considérées comme le prix à payer pour assurer à chaque partie du rapport une certaine autonomie de lecture et permettre ainsi aux **différents thèmes d'être abordés séparément**.

1 PREMIERE PARTIE : APPROCHE METHODOLOGIQUE **13**

1.1 Introduction : les 3 temps des interactions entre les territoires et les transports. La valorisation de l'accessibilité au cœur du 2^e temps des interactions. **14**

1.2 Formulation du surplus lié à l'accessibilité en application de la théorie des choix discrets de Daniel McFadden, prix Nobel d'économie **17**

- 1.2.1 Introduction générale à la théorie des choix discrets 17
- 1.2.2 Présentation d'exemples simples de choix discrets au sens de Daniel McFadden 17
 - 1.2.2.1 Cas de quatre itinéraires rejoignant une zone i à une zone j 17
 - 1.2.2.2 Cas de 100 biens convoités implantés dans une zone j reliée à une zone de résidence i par un seul mode de transport et un seul itinéraire, de coût généralisé C_{ij} 18
- 1.2.3 Justification de la formule de l'utilité préconisée par Daniel McFadden : 19
- 1.2.4 Cas des modalités de choix emboîtés : 21

1.3 Equivalence entre le facteur σ de la formule de Daniel McFadden et le facteur C_{oi}/α des modèles traditionnels de distribution des déplacements **27**

- 1.3.1 Analyse des modèles de génération et de distribution reconstituant avec fidélité les résultats des enquêtes globales de transport : 27
 - 1.3.1.1 La génération des déplacements 27
 - 1.3.1.2 La distribution spatiale des déplacements 28
- 1.3.2 Signification économique du terme C_{oi} et détermination de la valeur du facteur α^z par motif de déplacement : 29
 - 1.3.2.1 Détermination de C_{oi} pour le motif de déplacement domicile travail 29
 - 1.3.2.2 Détermination des coefficients α par motif de déplacement 31
- 1.3.3 Equivalence entre le facteur σ de la formule de Daniel McFadden et le facteur C_{oi}/α des modèles traditionnels de distribution des déplacements : 33
 - 1.3.3.1 Analyse de la formule donnant la probabilité, pour un résident localisé en i, d'effectuer un choix entre des biens convoités localisés en j. 33
 - 1.3.3.2 Utilité associée aux déplacements issus d'une zone i. 34
 - 1.3.3.3 Induction du nombre des déplacements ou induction de la portée des déplacements 42
 - 1.3.3.4 Rentabilité marginale d'une infrastructure de transport et rentabilité globale d'un projet d'aménagement 50
 - 1.3.3.5 Valeurs tutélaires du temps de déplacement ou valeurs réelles 51
 - 1.3.3.6 Intérêt d'évaluer l'utilité brute des destinations convoitées et de la dissocier des coûts généralisés de transport 53
- 1.3.4 Comparaison des méthodes d'évaluation d'une infrastructure de transport reposant sur la théorie des choix discrets de Daniel McFadden et sur celle des gains de coûts généralisés 55
 - 1.3.4.1 L'autoroute A16 au nord de l'île de France 55
 - 1.3.4.2 L'autoroute A65 Langon Pau 56

1.4 Valorisation de l'accessibilité aux territoires dans le cas d'une approche à vocation opérationnelle et pédagogique reposant sur la seule prise en compte du temps de déplacement et des zones de chalandise associées **58**

- 1.4.1 Déplacements urbains. Explication de la stabilité globale des temps de transport observés sur longue période, de la part de l'ensemble des usagers fréquentant un territoire à dominante urbaine 58

1.4.1.1	Les faits : les résultats des enquêtes globales de transport. Résultats des enquêtes globales de transport en Île de France de 1976 à 2011.	58
1.4.1.2	La prise en compte du facteur temps dans la distribution spatiale des déplacements et les calculs de l'accessibilité.	59
1.4.1.3	La stabilité du temps moyen de déplacement en milieu isotrope.	61
1.4.1.4	La stabilité du temps moyen de déplacement en milieu anisotrope.	63
1.4.2	Décomposition de l'utilité nette au sens de Daniel McFadden en une utilité brute mettant en évidence l'effet positif de la diversité des biens accessibles et un coût généralisé moyen de déplacement issu de la zone de résidence i dans le cas des déplacements urbains	64
1.4.2.1	L'intérêt de la décomposition de l'utilité nette en une utilité brute et un coût généralisé moyen de déplacement	64
1.4.2.2	L'évaluation du coût généralisé moyen d'un déplacement issu de la zone i.	64
1.4.2.3	L'évaluation de l'utilité brute associée à la possibilité d'effectuer un choix entre les biens convoités commodément accessibles à partir de la zone de résidence i.	64
1.4.2.4	L'utilité nette, l'utilité brute et les coûts généralisés de déplacement associés à N déplacements	70
1.4.3	Déplacements urbains et interurbains. Explication de la stabilité globale des temps de transport observés sur longue période de la part de l'ensemble des usagers fréquentant un territoire à dominante urbaine et interurbaine. Prise en compte du temps ressenti	70
1.4.3.1	Les faits : les résultats des enquêtes globales de transport. L'impact des déplacements à moyenne et longue distance	70
1.4.3.2	La prise en compte du facteur temps ressenti dans la distribution spatiale des déplacements et les calculs de l'accessibilité en milieu urbain et interurbain	70
1.4.3.3	La stabilité du temps moyen de déplacement ressenti et réel en milieu isotrope	71
1.4.4	Décomposition de l'utilité nette en une utilité brute et un coût généralisé moyen de déplacement issu de la zone de résidence i dans le cas des déplacements urbains et interurbains	73
1.4.4.1	L'intérêt de la décomposition de l'utilité nette des déplacements urbains et interurbains en une utilité brute et un coût généralisé moyen de déplacement	73
1.4.4.2	L'évaluation du coût généralisé moyen d'un déplacement de courte, moyenne et longue portée issu de la zone i	73
1.4.4.3	L'évaluation de l'utilité brute associée à la possibilité d'effectuer un choix entre les biens convoités commodément accessibles en urbain et en interurbain à partir de la zone de résidence i	74
1.4.4.4	L'utilité nette, l'utilité brute et les coûts généralisés de déplacement associés à N déplacements urbains et interurbains	79

2 DEUXIEME PARTIE : CORRELATIONS ET RELATIONS DE CAUSE A EFFET 81

2.1 Corrélations entre l'utilité brute des déplacements et des données économiques telles que des suppléments de salaire ou de valeur ajoutée 83

2.1.1	Les corrélations observées sur les territoires desservis par des infrastructures de transport en service : cas de 16 agglomérations de taille croissante. Le point de vue des actifs et des membres du ménage associés	83
2.1.1.1	Le cas des déplacements domicile travail	83
2.1.1.2	Le cas des déplacements pour tous motifs économiques	89
2.1.2	Les corrélations observées sur les territoires desservis par des infrastructures de transport en service : cas des 36 000 communes de France.	95
2.1.2.1	Les performances économiques sur les 36 000 communes de France	95
2.1.2.2	Les performances économiques des différents territoires européens	108

2.1.2.3	Les performances naturelles des différents territoires français	110
2.1.2.4	Complément d'information	114
2.2	Relations de cause à effet observées à la mise en service d'infrastructures nouvelles	115
2.2.1	Les relations de cause à effet observées à la mise en service des deux autoroutes A 87 et A 89	115
2.2.1.1	Principe de l'évaluation ex post de l'impact d'une infrastructure de transport	115
2.2.1.2	Résultats obtenus dans le cas de l'autoroute A87 Angers La Roche sur Yon	119
2.2.1.3	Résultats obtenus dans le cas de l'autoroute A89 Bordeaux Clermont-Ferrand	126
2.2.1.4	Commentaires	133
2.2.2	Les relations de cause à effet observées à la mise en service de trois lignes de tramway à Bordeaux	133
2.2.2.1	Méthodologie	134
2.2.2.2	Résultats observés : Evolution du prix des maisons (corrigé des fluctuations régionales)	134
2.2.2.3	Résultats observés : Evolution du prix des appartements (corrigé des fluctuations régionales)	137
3	TROISIEME PARTIE : APPLICATION A L'EVALUATION D'UN PROJET D'INFRASTRUCTURE DE TRANSPORT	139
3.1	Stratégie à vocation opérationnelle simple et pédagogique et stratégie plus affinée au plan de l'évaluation des coûts généralisés de déplacement	140
3.1.1	L'approche à vocation opérationnelle simple et pédagogique	142
3.1.2	L'approche plus affinée au plan de l'évaluation des coûts généralisés de déplacement	143
3.2	L'approche simple et pédagogique « plancher » : le cas des déplacements à dominante urbaine	147
3.2.1	Les performances économiques et naturelles des territoires	147
3.2.1.1	Le principe de l'évaluation des performances des territoires à dominante urbaine. Rappel du chapitre 1.4 et des sous chapitres 1.4.1 et 1.4.2 applicables aux déplacements urbains	147
3.2.1.2	Les déplacements pour motif domicile travail	147
3.2.1.3	Les déplacements pour tous motifs à vocation économique	154
3.2.1.4	Les déplacements pour motif loisirs verts	162
3.2.2	Les coûts généralisés de transport	166
3.2.2.1	Le principe de l'évaluation des coûts généralisés des déplacements	166
3.2.2.2	L'évaluation de l'évolution des coûts généralisés des déplacements domicile travail	166
3.2.2.3	L'évaluation de l'évolution des coûts généralisés des déplacements à vocation économique	168
3.2.2.4	L'évaluation des coûts généralisés des déplacements à vocation naturelle (ou loisirs verts)	170
3.2.3	Les nuisances induites	171
3.2.3.1	Le principe de l'évaluation des nuisances	171
3.2.3.2	L'insécurité routière	173
3.2.3.3	Le bruit	174
3.2.3.4	La pollution atmosphérique	174
3.2.3.5	L'effet de serre	174
3.3	L'approche simple et pédagogique « optimisée » : le cas des déplacements urbains et interurbains	176
3.3.1	Les performances économiques et naturelles des territoires	176

3.3.1.1	Le principe du calcul des performances des territoires à dominante urbaine et rurale : temps réel et temps ressenti. Rappel du chapitre 1.4 et des sous chapitres 1.4.3 et 1.4.4 applicables aux déplacements urbains et interurbains	176
3.3.1.2	Les déplacements pour motif domicile travail	176
3.3.1.3	Les déplacements pour tous motifs à vocation économique	183
3.3.1.4	Les déplacements pour motif loisirs verts	192
3.3.2	Les coûts généralisés de transport	196
3.3.2.1	Le principe de l'évaluation des coûts généralisés des déplacements	196
3.3.2.2	L'évaluation des coûts généralisés des déplacements domicile travail	197
3.3.2.3	L'évaluation des coûts généralisés des déplacements à vocation économique	198
3.3.2.4	L'évaluation des coûts généralisés des déplacements à vocation naturelle (ou loisirs verts)	201
3.3.3	Les nuisances induites	202
3.3.3.1	Le principe de l'évaluation des nuisances	202
3.3.3.2	L'insécurité routière	204
3.3.3.3	Le bruit	205
3.3.3.4	La pollution atmosphérique	205
3.3.3.5	L'effet de serre	206
3.4	Une approche affinée au plan de l'évaluation des coûts généralisés de déplacement « plancher »: le cas des déplacements à dominante urbaine	207
3.4.1	Les performances économiques et naturelles des territoires	207
3.4.1.1	Le principe de l'évaluation des performances des territoires, l'utilité brute. Rappel du chapitre 2	207
3.4.1.2	Les déplacements pour motif domicile travail	207
3.4.1.3	Les déplacements pour tous motifs à vocation économique	207
3.4.1.4	Les déplacements pour motif loisirs verts	207
3.4.2	Les coûts généralisés de transport	207
3.4.2.1	Le principe de l'évaluation des coûts généralisés des déplacements	207
3.4.2.2	L'évaluation de l'évolution des coûts généralisés des déplacements domicile travail	208
3.4.2.3	L'évaluation de l'évolution des coûts généralisés des déplacements à vocation économique	208
3.4.2.4	L'évaluation des coûts généralisés des déplacements à vocation naturelle (ou loisirs verts)	208
3.4.3	Les nuisances induites	208
3.4.3.1	Le principe de l'évaluation des nuisances	208
3.4.3.2	L'insécurité routière	208
3.4.3.3	Le bruit	208
3.4.3.4	La pollution atmosphérique	208
3.4.3.5	L'effet de serre	208
3.5	Une approche affinée au plan de l'évaluation des coûts généralisés de déplacement « optimisée »: le cas des déplacements urbains et interurbains	209
3.5.1	Les performances économiques et naturelles des territoires	209
3.5.1.1	Le principe de l'évaluation des performances des territoires, temps réel et temps ressenti, l'utilité brute. Rappel du chapitre 2	209
3.5.1.2	Les déplacements pour motif domicile travail	209
3.5.1.3	Les déplacements pour tous motifs à vocation économique	209
3.5.1.4	Les déplacements pour motif loisirs verts	209
3.5.2	Les coûts généralisés de transport	209
3.5.2.1	Le principe de l'évaluation des coûts généralisés des déplacements	209
3.5.2.2	L'évaluation de l'évolution des coûts généralisés des déplacements domicile travail	209

3.5.2.3	L'évaluation de l'évolution des coûts généralisés des déplacements à vocation économique	209
3.5.2.4	L'évaluation des coûts généralisés des déplacements à vocation naturelle (ou loisirs verts)	210
3.5.3	Les nuisances induites	210
3.5.3.1	Le principe de l'évaluation des nuisances	210
3.5.3.2	L'insécurité routière	210
3.5.3.3	Le bruit	210
3.5.3.4	La pollution atmosphérique	210
3.5.3.5	L'effet de serre	210
4	QUATRIEME PARTIE : REPRESENTATIONS CARTOGRAPHIQUES DES EVALUATIONS	211
4.1	Représentation cartographique des performances économiques et naturelles des territoires	213
4.1.1	Des exemples d'illustrations des performances obtenues en approche « plancher » (isochrone de 40 minutes)	214
4.1.1.1	La quatrième rocade d'Île de France	214
4.1.1.2	L'élargissement à 2 fois 4 voies de la Francilienne	219
4.1.1.3	La variante Rive gauche de la LGV Paris Normandie	224
4.1.1.4	La variante Rive droite de la LGV Paris Normandie	231
4.1.2	Des exemples d'illustrations des performances obtenues en approche « optimisée » (10 couronnes concentriques de 20 minutes de pas)	238
4.1.2.1	L'évaluation des lignes aériennes domestiques françaises	238
4.1.2.2	L'évaluation de 7 lignes nouvelles au départ de Marseille	250
4.2	Représentation cartographique des nuisances induites au sein des territoires	255
4.2.1	L'insécurité routière	256
4.2.1.1	La quatrième rocade autoroutière d'Île de France	256
4.2.1.2	L'élargissement à 2 fois 4 voies de la Francilienne	258
4.2.2	La pollution atmosphérique	260
4.2.2.1	La quatrième rocade autoroutière d'Île de France	260
4.2.2.2	L'élargissement à 2 fois 4 voies de la Francilienne	262
4.2.3	L'effet de serre	264
4.2.3.1	La quatrième rocade autoroutière d'Île de France	264
4.2.3.2	L'élargissement à 2 fois 4 voies de la Francilienne	266
5	EN GUISE DE CONCLUSION	269

1 Première partie : Approche méthodologique

1.1 Introduction : les 3 temps des interactions entre les territoires et les transports. La valorisation de l'accessibilité au cœur du 2^e temps des interactions.

Les territoires et les transports s'inscrivent dans une approche en trois temps qu'il convient de bien comprendre pour construire des raisonnements cohérents :

- **Premier temps** : à l'ouverture d'une infrastructure nouvelle, on gagne du temps et on valorise ces gains de temps.

C'est la tradition du ministère de l'équipement, et désormais celle du ministère de l'écologie, de valoriser ainsi l'impact des grandes infrastructures de transport qui desservent notre territoire.

La méthode correspondante est décrite dans l'annexe 1 de l'instruction cadre du 25 mars 2004, signée par Gilles de Robien.

L'annexe 1 introduit la notion, bien connue, de coût généralisé de transport, combinaison de la valorisation du temps de transport et des dépenses monétaires associées. Elle définit également les valeurs tutélaires qu'il convient d'appliquer aux nuisances induites à l'occasion de ces déplacements.

- **Deuxième temps** : dès l'ouverture de l'infrastructure nouvelle, du fait de l'apparition d'univers de choix élargis, le phénomène de l'appariement entre actifs et emplois se manifeste, de même que le phénomène de l'appariement entre résidents et services commodément accessibles ou encore entre résidents et espaces naturels.

Les actifs, lorsqu'ils changent d'activité, recherchent un emploi mieux adapté à leurs compétences. Les employeurs recherchent, de leur côté, des actifs mieux adaptés aux spécificités des postes de travail qu'ils développent.

Ce phénomène crée une amélioration de la productivité, dont la valeur est supérieure aux gains de temps observés à la mise en service de l'infrastructure nouvelle.

Les gains de temps observés à l'ouverture de la voie disparaissent ainsi progressivement au profit de l'appariement des actifs et des emplois. Le phénomène met en moyenne 3 à 4 ans à s'épanouir puis à se stabiliser. Au bout de 3 à 4 ans, en effet, la grande majorité des actifs a changé d'emploi. Les gains de temps ont disparu.

L'appariement s'applique également, de façon plus rapide, aux conditions d'accès aux différents commerces et services entourant le lieu de résidence, ou de travail, des actifs et des membres du ménage associé.

Dès l'ouverture d'une infrastructure nouvelle, les résidents recherchent les commerces et les services leur offrant les conditions de satisfaction les plus élevées. Le phénomène crée une amélioration du service rendu dont la valeur est supérieure aux gains de temps observés à l'ouverture de l'infrastructure.

Les gains de temps disparaissent ainsi rapidement au profit d'une amélioration de l'accessibilité aux commerces et services entourant les lieux de résidences et d'activité.

L'appariement s'applique enfin, dans une formulation similaire, aux conditions d'accès à la nature et au sentiment de bien-être environnemental qui en découle. Dès l'ouverture d'une infrastructure nouvelle, les résidents peuvent accéder à des espaces naturels et récréatifs plus abondants. Il en découle une amélioration du sentiment de bien-être environnemental dont la valeur est supérieure aux gains de temps observés à la mise en service de l'infrastructure nouvelle. Les gains de temps disparaissent ainsi au profit d'un meilleur appariement des résidents avec les espaces naturels auxquels ils peuvent plus commodément accéder.

L'instruction cadre du 25 mars 2004 définit, dans son annexe 2, la façon de calculer ce triple effet, économique, de service, et environnemental, qui découle directement de l'application au domaine des transports de la théorie des choix discrets de Daniel McFadden, prix Nobel d'économie.

Daniel McFadden considère que, lorsque des choix doivent être effectués entre différentes opportunités (les choix discrets), l'évaluateur donne des valeurs strictes à chacun de ces choix, à l'aune des connaissances qu'il en a. Mais l'usager, plus subtil que cela, attribue à chaque choix possible une valeur qui lui est spécifique. Cela le conduit à attribuer aux biens ou services, entre lesquels il peut effectuer un choix, une valeur supérieure ou inférieure à la valeur stricte attribuée par l'évaluateur. Il effectuera bien entendu le choix qui maximise sa satisfaction. La valeur sélectionnée sera donc supérieure à la valeur stricte attribuée par l'évaluateur. Cette appréciation personnelle donne naissance, au-delà de la valeur stricte donnée par l'évaluateur, à un terme « ϵ » que l'évaluateur ne connaît pas mais dont il connaît par contre la distribution statistique, qui, elle, est très générale, et qui a été observée dans de nombreux cas de choix discrets.

C'est ce phénomène qui sera approfondi dans le présent rapport car il est au cœur des relations entre les territoires et les transports.

Dans la pratique, l'étape numéro 2 donne naissance à une méthode d'évaluation qui repose sur l'identification, à partir de chaque lieu de résidence, des territoires accessibles dans un temps de transport donné, territoires au sein desquels on identifie les biens convoités dont la quantité a une valeur. Plus la quantité de biens convoités est élevée, plus le choix est important et plus le terme « ϵ » identifié par Daniel McFadden prend du poids. C'est le phénomène de l'appariement qui est ainsi déterminé. Il a des conséquences importantes.

La valeur calculée a des propriétés très concrètes.

Pour les déplacements domicile travail, elle est strictement corrélée aux suppléments de salaires nets des actifs résidant au sein des territoires qui font l'objet de l'évaluation par rapport aux salaires observés au sein des territoires isolés.

Pour les déplacements à fonction économique et de service, qui incluent à la fois les déplacements domicile travail, les affaires, l'éducation, les achats et services, elle est strictement corrélée aux suppléments de valeur ajoutée des territoires qui font l'objet de l'évaluation par rapport aux valeurs ajoutées observées dans les territoires isolés.

Pour les déplacements à fonction d'accès à la nature, elle permet d'identifier une valorisation du sentiment de bien-être environnemental qui découle de cette proximité de la nature.

Pour l'ensemble des déplacements, elle est corrélée à la valeur foncière du territoire étudié, qui peut donc être reconstituée de façon logique et cohérente.

Le temps s'est ainsi transformé en surplus économique ou de bien-être. On ne dit plus, à ce stade : « combien de temps ai-je gagné ? » mais « qu'ai-je fait de mon temps ? ». C'est ce qui permet d'établir le lien entre les transports et les territoires, alors que l'étape 1, celle des gains de temps, ne permet pas d'effectuer cette synthèse. Il s'agit tout simplement, dans cette deuxième approche, d'appliquer aux territoires les techniques du géo marketing qui se répandent actuellement dans toutes les sphères professionnelles.

On n'observe pas toutefois, à ce stade, la création de postes de travail supplémentaires ou de résidences nouvelles, comme en témoigne l'étude a posteriori réalisée par l'Institut géographique national, département IGN Conseil, publiée le 17 janvier 2010, et portant sur les autoroutes A87 Angers La Roche-sur-Yon et A89 Bordeaux Clermont-Ferrand. Le phénomène de l'appariement est bien détecté au sein des territoires proches soumis à l'influence bénéfique de ces autoroutes. Par contre, le taux de progression de l'emploi au cours des 4 années qui suivent l'ouverture de l'autoroute est le même que le résident se situe dans un territoire proche de l'autoroute ou éloigné. L'appariement ne concerne en réalité que les changements de lieu d'emploi ou de résidence, à patrimoine bâti invariant. Il est bien distinct temporellement du phénomène de création d'un patrimoine résidentiel ou d'activité nouveau qui constitue le troisième temps des interactions.

- **Troisième temps :** Un troisième temps se dessine alors, celui de la création de postes de travail nouveaux et de résidences nouvelles, c'est-à-dire celui de la création d'un patrimoine nouveau résidentiel ou d'activité. Cette étape ne se concrétise qu'au bout d'une période de 5 à 8 ans après l'ouverture d'une infrastructure majeure, comme en témoigne l'étude réalisée par Thierry Mayer, Sciences Po, et Corentin Trévien, Insee Sciences Po, pour le compte de la Société du Grand Paris, publiée le 12 avril 2012, et portant sur l'impact en matière de création d'emploi des lignes du RER en Île de France. Dans le sous chapitre 4-2, consacré à l'évolution temporelle de l'effet du RER, il est précisé : « L'impact du RER est tardif et stable dans le long terme. En effet, on ne détecte pas d'effet significatif avant huit ans pour l'ensemble des entreprises. Concernant les entreprises à capitaux étrangers, les effets sont significatifs moins tardivement, c'est-à-dire à partir de 5 ans et se stabilisent ensuite. »

Cette étape plus tardive est celle des modèles de développement urbain (en termes anglo-saxons, modèles Land Use Transportation Interaction, LUTI).

Dans ce cas-là, il y a une confrontation entre une demande globale de mètres carrés de planchers et une offre locale de mètres carrés autorisés inscrite dans les documents d'urbanisme locaux, qu'il s'agisse de communes relevant du règlement national d'urbanisme, de communes relevant des cartes communales ou de communes relevant des plans locaux d'urbanisme.

La confrontation donne naissance à des tendances d'urbanisation dont le moteur est la qualité de l'appariement des zones ouvertes à l'urbanisation (résultats de l'étape numéro 2 des évaluations) et dont le frein est le coût de viabilisation de ces zones.

On applique de fait une formule découlant de la théorie des choix discrets, les choix portant sur les différentes zones d'offre d'urbanisation, disposant d'une utilité positive, au sens de la qualité de l'appariement dont elles sont le siège, et assujetties à un coût, le coût de viabilisation destiné à les rendre urbanisables.

Ce modèle élaboré par Jean Poulit a été évalué par Setec International en Octobre 2013 au sein des régions Aquitaine et Midi Pyrénées. Il donne des résultats positifs. On a pu ainsi, sur les 5000 communes de ces deux régions, reconstituer les tendances d'urbanisation au cours des 10 dernières années.

Dans ce troisième temps, celui de l'évaluation des tendances d'urbanisation, on peut déterminer les emplois et les résidences supplémentaires créés ainsi que les évolutions spatiales de ces implantations. Ces créations d'emplois et de résidences vont conduire à des appariements plus nombreux et donc à des résultats économiques supérieurs mais il faudra alors, si on souhaite réaliser une évaluation des investissements à réaliser, placer au dénominateur non seulement le coût des infrastructures de transport mais celui de toutes les infrastructures d'accompagnement d'une urbanisation nouvelle (réseaux de toutes natures).

Une bonne évaluation des interactions entre territoires et transports consiste en fait à enchaîner les étapes 2 et 3, à calculer l'utilité au sens de l'appariement à une date donnée T0, d'appliquer un modèle LUTI pour déterminer l'évolution du patrimoine entre le temps T0 et le temps T1 puis de refaire un calcul d'utilité par voie d'appariement au temps T1 et ainsi de suite. On peut ainsi détecter si les évolutions du patrimoine résidentiel et d'activité vont dans le bon sens ou non.

A patrimoine résidentiel et d'activité donné, il faut être conscient que l'évaluation d'une infrastructure donnée par la méthode de l'appariement (étape 2) aussi bien d'ailleurs que par la méthode des gains de temps (étape 1) est une évaluation marginaliste, c'est-à-dire toutes autres données invariantes par ailleurs.

Lorsque le patrimoine résidentiel et d'activité évolue (étape 3), la comparaison des résultats obtenus par la méthode de l'appariement (étape 2), avant et après évolution de ce patrimoine, permet d'identifier des évolutions moyennes et non plus marginales.

On dispose, dès lors, **d'une chaîne complète des interactions** qui existent entre les transports et les territoires :

- le stade 1 de l'ouverture d'une voie nouvelle au cours duquel se manifestent les gains de temps,
- le stade 2 de l'appariement qui apparaît, à patrimoine résidentiel et d'activité inchangé, dès l'ouverture de la voie mais qui arrive à maturité à échéance de trois ou quatre ans,
- et enfin le stade 3 de la création d'un patrimoine résidentiel et d'activité nouveau qui, lui, apparaît plus tardivement, à un horizon de cinq à huit ans.

Les résultats des évaluations associées aux étapes 2 et 3 peuvent être illustrés par des cartes qui ont un grand pouvoir d'évocation et qui font clairement apparaître les relations profondes qui existent entre les territoires et les transports, au regard notamment des critères de création de richesse économique et de bien-être environnemental.

L'objet du présent rapport sur la valorisation de l'accessibilité est d'analyser le 2^e temps des interactions entre les territoires et les transports, celui qui succède au premier temps, reposant sur les gains d'heures ou de minutes à l'ouverture d'une infrastructure. Il ne contredit pas ce premier temps mais montre comment il lui succède de façon harmonieuse, en mettant en évidence le phénomène de valorisation des biens convoités commodément accessibles qui se substitue aux gains de temps.

Le rapport met également en exergue des outils d'évaluation adaptés à ce 2^e temps des interactions entre les territoires et les transports. Ces outils font appel à des notions simples de « territoires accessibles dans un temps de transport donné », concept que les urbanistes et les aménageurs maîtrisent parfaitement, ce qui permet d'établir des relations fructueuses entre les responsables des infrastructures de transport et ceux qui conçoivent les projets d'urbanisme et d'aménagement. Ils permettent enfin d'établir un dialogue de qualité avec les élus qui sont directement impliqués dans les choix à effectuer.

1.2 Formulation du surplus lié à l'accessibilité en application de la théorie des choix discrets de Daniel McFadden, prix Nobel d'économie

1.2.1 Introduction générale à la théorie des choix discrets

Daniel McFadden a effectué d'importants travaux sur la théorie des choix discrets dont le principe consiste à évaluer l'intérêt économique lié à la possibilité d'effectuer un choix parmi M modalités de choix possibles.

Le nombre de choix possibles (choix discrets) a un effet sur l'utilité du choix effectué.

Comme la distribution des déplacements est liée à des choix discrets tels que des biens convoités au sein de destinations multiples accessibles, grâce à des systèmes de transport diversifiés, offrant chacun des itinéraires différenciés, il est utile de bien approfondir la théorie des choix discrets dont le monde des transports est un sous-ensemble particulièrement important.

Comme on l'a déjà dit en introduction, Daniel McFadden considère que, lorsque des choix doivent être effectués entre différentes opportunités, l'évaluateur donne des valeurs strictes à chacun de ces choix, à l'aune des connaissances qu'il en a. Mais l'utilisateur, plus subtil que cela, attribue à chaque choix possible une valeur qui lui est spécifique. Cela le conduit à attribuer aux biens ou services, entre lesquels il peut effectuer un choix, une valeur supérieure ou inférieure à la valeur stricte attribuée par l'évaluateur. Il effectuera bien entendu le choix qui maximise sa satisfaction. La valeur sélectionnée sera donc supérieure à la valeur stricte attribuée par l'évaluateur.

Par exemple, si l'utilisateur a à choisir entre quatre itinéraires, de coût généralisé identique, il prendra celui qui est bordé d'une rivière s'il apprécie la présence de l'eau, ou celui qui est bordé de plantations s'il apprécie l'existence d'arbres. Cette appréciation personnelle donne naissance, au-delà de la valeur stricte donnée par l'évaluateur, à un terme « ϵ » que l'évaluateur ne connaît pas mais dont il connaît par contre la distribution statistique, qui, elle, est très générale, et qui a été observée dans de nombreux cas de choix discrets.

Cette distribution respecte une loi de Gumbel (double exponentielle de la valeur stricte des biens convoités). À partir de cette loi de Gumbel, Daniel McFadden donne une formulation de la probabilité d'effectuer le choix d'un bien ou d'un service et une formulation de la valeur que l'on peut attribuer au système constitué par l'ensemble des choix qui se présentent à l'utilisateur.

La probabilité d'effectuer le choix d'un bien ou service est de la forme : « $e^{V_j/\sigma} / \sum_j e^{V_j/\sigma}$ »

La valeur du système constitué par l'ensemble des choix possibles est, de son côté, de la forme : « $\sigma \text{Log} \sum_j e^{V_j/\sigma}$ », ou en termes littéraires, « Logarithme de la somme des exponentielles des valeurs strictes des biens convoités entre lesquels un choix peut être effectué ». C'est cette formule qui a valu à Daniel McFadden le prix Nobel d'économie. C'est cette formule qui est inscrite dans l'annexe 2 de l'instruction cadre du 25 mars 2004, qui repose donc sur des fondements théoriques solides. Dans l'annexe 2, la formule de l'utilité découle directement de l'analyse de la probabilité d'accès aux biens convoités, qui est précisément de la forme : $e^{V_j/\sigma} / \sum_j e^{V_j/\sigma}$.

1.2.2 Présentation d'exemples simples de choix discrets au sens de Daniel McFadden

1.2.2.1 Cas de quatre itinéraires rejoignant une zone i à une zone j

Traisons tout d'abord l'exemple de quatre itinéraires rejoignant une zone i à une zone j, de coûts généralisés identiques C_{ij} . Il s'agit en l'occurrence de 4 choix discrets.

Daniel McFadden, dans un cas de cette nature, apporte deux réponses :

- La probabilité d'emprunter l'un des itinéraires est égale à :

$$p_{ij} = e^{V_{ij}/\mu} / \sum_{1 \leq a \leq 4} e^{V_{ij}/\mu}, \text{ soit } 1/4.$$

- L'utilité du système composé de quatre itinéraires est égale à :

$$\begin{aligned} U_{ij} &= \mu \log \sum_{1 \leq a \leq 4} e^{V_{ij}/\mu} \\ &= \mu \log 4 e^{V_{ij}/\mu} \\ &= \mu \log 4 + \mu \log e^{V_{ij}/\mu} \\ &= \mu \log 4 + \mu V_{ij}/\mu \\ &= \mu \log 4 + V_{ij} \end{aligned}$$

Si C_{ij} est le coût généralisé, négatif, entre i et j correspondant à $-C_{ij}$, on obtient :

$$U_{ij} = \mu \log 4 - C_{ij}.$$

On constate que la probabilité d'emprunt d'un itinéraire est homogène aux résultats obtenus dans le cas des pratiques traditionnelles des services du ministère de l'écologie.

Par contre, en termes d'utilité, le résultat est différent puisque l'utilité comporte bien un terme négatif $-C_{ij}$, celui qui est pris traditionnellement en compte par les services du ministère de l'écologie, mais également un terme positif, $\mu \log 4$, qui traduit l'intérêt économique lié à la possibilité de pouvoir effectuer un choix entre quatre itinéraires.

Le fait de disposer d'un système composé de 4 itinéraires offre un intérêt positif, une utilité au sens économique, qui est attachée à la multiplicité des solutions offertes

1.2.2.2 Cas de 100 biens convoités implantés dans une zone j reliée à une zone de résidence i par un seul mode de transport et un seul itinéraire, de coût généralisé C_{ij}

Traisons ensuite l'exemple de 100 biens convoités implantés dans une zone j dont l'utilité stricte de chacun d'entre eux pour l'usager accédant à la zone j est égale à W_j^0 et dont l'utilité stricte pour un résident en provenance de i et ne disposant pour se rendre en j que d'un seul mode de transport et d'un seul itinéraire, de coût généralisé $-C_{ij}$, est égale à $V_{ij}^n = W_j^0 - C_{ij}$.

Daniel McFadden, dans un cas de cette nature, apporte également deux réponses :

- La probabilité d'accéder à l'un des biens convoités en j est égale à :

$$p_{ij}^n = e^{V_{ij}^n/\lambda} / \sum_{1 \leq a \leq 100} e^{V_{ij}^n/\lambda}, \text{ soit } 1/100.$$

- L'utilité associée à la possibilité de pouvoir accéder à l'un ou l'autre des 100 biens implantés en j est égale à :

$$\begin{aligned} U_{ij} &= \lambda \log \sum_{1 \leq a \leq 100} e^{V_{ij}^n/\lambda} \\ &= \lambda \log 100 e^{V_{ij}^n/\lambda} \\ &= \lambda \log 100 + \lambda \log e^{V_{ij}^n/\lambda} \\ &= \lambda \log 100 + \lambda V_{ij}^n/\lambda \\ &= \lambda \log 100 + V_{ij}^n \end{aligned}$$

Si on considère que $V_{ij}^n = W_j^0 - C_{ij}$, on obtient :

$$U_{ij} = \lambda \log 100 + W_j^0 - C_{ij}.$$

On retrouve le terme négatif $-C_{ij}$ traditionnellement pris en considération dans les évaluations de l'utilité effectuée par les services du ministère de l'écologie.

Par contre, on trouve également deux termes positifs,
- d'une part la valeur stricte, W_j^0 , de l'un quelconque des biens convoités dans la zone j,
- d'autre part la valeur $\lambda \text{ Log } 100$, terme positif qui traduit l'intérêt économique lié à la possibilité de pouvoir effectuer un choix entre 100 biens, de nature équivalente, accessibles en j.

On voit bien comment la théorie des choix discrets met en évidence l'intérêt de la diversité des choix que peut effectuer un usager.

1.2.3 Justification de la formule de l'utilité préconisée par Daniel McFadden :

On peut retrouver la formule de l'utilité préconisée par Daniel McFadden en partant de l'hypothèse faite que le terme « ε », qui traduit la différence entre la perception réelle qu'a l'utilisateur du bien convoité et la valeur stricte donnée par l'évaluateur, respecte une loi de Gumbel.

Est reproduite ci-après la démonstration faite par Matthieu de Lapparent.

Une fonction valeur (ou fonction d'utilité) U est associée à chaque modalité m d'un ensemble discret $\mathcal{M}$. Les modalités sont mutuellement exclusives. Elle se compose d'une partie déterministe (i.e. partie modélisée par l'observateur) et d'une partie aléatoire (noter ici que l'aléa est celui du modélisateur: le décideur à une information parfaite):

$$\forall m \in \mathcal{M}, U_m = V_m + \epsilon_m. \quad (1)$$

Chaque terme d'erreur est distribué indépendamment des autres (et aussi des parties déterministes des fonctions d'utilité) selon une loi de Gumbel de paramètre d'échelle σ .

$$\forall m \in \mathcal{M}, \epsilon_m \xrightarrow{iid} F_{\epsilon_m}(x) = \exp\left(-\exp\left(-\frac{x}{\sigma}\right)\right), \sigma > 0, x \in \mathbb{R} \quad (2)$$

L'espérance d'une telle distribution est $\mathbb{E}(\epsilon_m) = \sigma\gamma$, où γ est la constante d'Euler (0.57772...). L'objectif est ici de caractériser la distribution du maximum des niveaux d'utilité

$$W = \max(U_1, \dots, U_M) \quad (3)$$

$$\begin{aligned} G_W(z) &= \Pr(\max(U_1, \dots, U_M) \leq z) \\ &= \Pr(U_1 \leq z, \dots, U_M \leq z) \\ &= \prod_{m=1}^M \Pr(U_m \leq z) \\ &= \prod_{m=1}^M \Pr(\epsilon_m \leq z - V_m) \\ &= \prod_{m=1}^M \exp\left(-\exp\left(-\frac{z - V_m}{\sigma}\right)\right) \\ &= \exp\left(-\sum_{m=1}^M \exp\left(-\frac{z - V_m}{\sigma}\right)\right) \\ &= \exp\left(-\exp\left(-\frac{z}{\sigma}\right) \sum_{m=1}^M \exp\left(\frac{V_m}{\sigma}\right)\right) \\ &= \exp\left(-\exp\left(-\frac{z}{\sigma}\right) \exp\left(\ln\left(\sum_{m=1}^M \exp\left(\frac{V_m}{\sigma}\right)\right)\right)\right) \\ &= \exp\left(-\exp\left(-\frac{z - \sigma \ln\left(\sum_{m=1}^M \exp\left(\frac{V_m}{\sigma}\right)\right)}{\sigma}\right)\right) \end{aligned} \quad (4)$$

La variable W peut s'écrire:

$$W - \sigma \ln\left(\sum_{m=1}^M \exp\left(\frac{V_m}{\sigma}\right)\right) = \eta \quad (5)$$

où η suit la loi donnée par l'équation 2, avec une espérance égale à $\mathbb{E}(\eta) = \sigma\gamma$. W est aussi une loi de Gumbel, dont l'espérance est donnée par:

$$\mathbb{E}(W) = \mathbb{E}(\max(U_1, \dots, U_M)) = \sigma\gamma + \sigma \ln\left(\sum_{m=1}^M \exp\left(\frac{V_m}{\sigma}\right)\right) \quad (6)$$

L'espérance du maximum de l'utilité est bien égale, à une constante près, $\sigma\gamma$, à :

$$E(W) = \sigma \ln (\sum_{m=1}^M \exp (V_m/\sigma))$$

1.2.4 Cas des modalités de choix emboîtés :

La théorie des choix discrets s'applique à des cas plus complexes que celui d'une situation dans laquelle se présente une seule famille de choix à effectuer.

On peut en effet se trouver en présence de situations où plusieurs choix multiples s'enchaînent avant que l'utilisateur soit conduit à effectuer le choix définitif.

On évoque, dans ce cas, une situation de choix emboîtés.

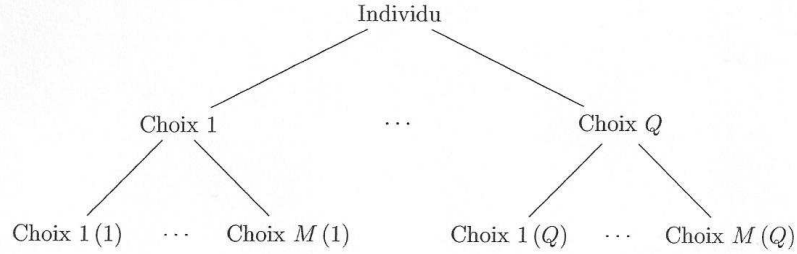
On peut déterminer l'utilité associée à ces choix emboîtés.

Est reproduite ci-après, la formulation préconisée par Matthieu de Lapparent dans le cas d'un individu devant faire un choix parmi un ensemble de modalités, construit par l'emboîtement de 2 sous-ensembles constitués le premier, par une quantité, Q , de biens convoités, chacun des biens convoités étant accessible, grâce à M modalités d'accès, $M(q)$, constituant le deuxième sous ensemble de choix emboîtés.

1 Logit emboîté: formulation générale

1.1 Ensemble de choix et fonction d'utilité

Considérons un individu devant faire un choix parmi un ensemble $\mathcal{C}$ de modalités. Cet ensemble est construit par l'emboîtement de plusieurs sous-ensembles, $\mathcal{Q}$ et $\mathcal{M}(q)$. $\mathcal{Q}$ contient Q possibilités, notées $q = 1, \dots, Q$. Il y a Q sous-ensembles $\mathcal{M}(q)$, $q = 1, \dots, Q$. Chacun contient $M(q)$ possibilités, notées $m(q) = 1(q), \dots, M(q)$. Chaque possibilité $m(q) \in \mathcal{M}(q)$ ne peut être associée qu'à la seule possibilité $q \in \mathcal{Q}$. Une modalité de $\mathcal{C}$ est donc une paire $(q, m(q))$. La figure ci-après donne une représentation de l'emboîtement.



L'utilité U associée à un choix $(q, m(q))$ s'écrit:

$$U_{q,m(q)} = V_{q,m(q)} + \epsilon_{q,m(q)}. \quad (1)$$

Elle est définie comme la somme d'une composante observable $V_{q,m(q)}$ et d'un terme aléatoire $\epsilon_{q,m(q)}$, lequel est indépendant de tous les $V_{j,k(j)}$, $(j, k(j)) \in \mathcal{C}$.

1.2 Distribution des termes d'erreurs

La fonction de répartition des termes d'erreurs est définie par

$$F_{\epsilon}(\mathbf{x}) = \exp \left(- \sum_{q=1}^Q \left(\sum_{m(q)=1}^{M(q)} \exp \left(- \frac{x_{q,m(q)}}{\mu_q} \right) \right)^{\frac{\mu_q}{\lambda}} \right) \quad (2)$$

où $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^{\text{card}(\mathcal{C})}$, $\lambda > 0$, $\forall q, \mu_q > 0, \mu_q \leq \lambda$. $\forall q, \mu_q$ et λ modélisent la structure de la partie non observable des préférences (variance et covariances des termes

d'erreur). λ modélise la dispersion des préférences. μ_q jouent aussi ce rôle mais modélisent plus précisément le degré de substituable des modalités appartenant à un même sous-ensemble $\mathcal{M}(q)$. Si $\forall q, \mu_q = \lambda$, nous retrouvons la fonction de répartition d'un modèle Logit.

1.3 Probabilités de choix

L'individu choisit la paire $(j, k(j))$ qui lui assure le niveau d'utilité le plus grand. La probabilité de choix associée s'écrit:

$$\Pr(l, k(l)) = \frac{\exp\left(\frac{V_{l,k(l)}}{\mu_l}\right) \left(\sum_{m(l)=1}^{M(l)} \exp\left(\frac{V_{l,m(l)}}{\mu_l}\right)\right)^{\frac{\mu_l}{\lambda}-1}}{\sum_{q=1}^Q \left(\sum_{m(q)=1}^{M(q)} \exp\left(\frac{V_{q,m(q)}}{\mu_q}\right)\right)^{\frac{\mu_q}{\lambda}}} \quad (3)$$

1.4 Fonction logsum

L'utilité maximale espérée sur l'ensemble des possibles est définie par:

$$\mathbb{E}(\max_{q,m(q)} (U_{1,1(1)}, \dots, U_{q,m(q)}, \dots, U_{Q,M(Q)})) = \gamma\lambda + \lambda \ln \left(\sum_{q=1}^Q \left(\sum_{m(q)=1}^{M(q)} \exp\left(\frac{V_{q,m(q)}}{\mu_q}\right) \right)^{\frac{\mu_q}{\lambda}} \right) \quad (4)$$

où γ est la constante d'Euler.

2 Fonctions d'utilité séparables

La plupart du temps, il est supposé que la partie observable de la fonction d'utilité est la somme d'une partie (observable) propre à d et d'une partie (observable) propre à $m(q)$. Cette hypothèse de séparabilité est la clé de l'obtention des formules présentées ci-après. Convenons dès lors:

2.1 Formulation

$$V_{q,m(q)} = W_q + Z_{q,m(q)} \quad (5)$$

2.2 Probabilités de choix

La probabilité qu'un individu choisisse une paire $(l, k(l))$ est alors donnée par

$$\Pr(l, k(l)) = \Pr(l) \Pr(k(l)|l) \quad (6)$$

où

$$\Pr(l) = \frac{\exp\left(\frac{W_l + \mu_l \ln\left(\sum_{m(l)=1}^{M(l)} \exp\left(\frac{Z_{l,m(l)}}{\mu_l}\right)\right)}{\lambda}\right)}{\sum_{q=1}^Q \exp\left(\frac{W_q + \mu_q \ln\left(\sum_{m(q)=1}^{M(q)} \exp\left(\frac{Z_{q,m(q)}}{\mu_q}\right)\right)}{\lambda}\right)} \quad (7)$$

et

$$\Pr(k(l) | l) = \frac{\exp\left(\frac{Z_{l,k(l)}}{\mu_l}\right)}{\sum_{m(l)=1}^{M(l)} \exp\left(\frac{Z_{l,m(l)}}{\mu_l}\right)} \quad (8)$$

2.3 Fonction logsum

L'utilité maximale espérée sur l'ensemble des possibles prend une forme plus simple:

$$\mathbb{E}(\max_{q,m(q)} (U_{1,1(1)}, \dots, U_{q,m(q)}, \dots, U_{Q,M(Q)})) = \gamma\lambda + \lambda \ln\left(\sum_{q=1}^Q \exp\left(\frac{W_q + \mu_q \ln\left(\sum_{m(q)=1}^{M(q)} \exp\left(\frac{Z_{q,m(q)}}{\mu_q}\right)\right)}{\lambda}\right)\right) \quad (9)$$

3 Application: le cas des M itinéraires et des Q "biens convoités"

3.1 Hypothèses

Imaginons la situation suivante: pour une paire origine-destination donnée, $\mathcal{C}$ est l'ensemble des paires "biens - itinéraire". Dans la zone destination, il y a Q biens (par exemple, un bien=un emploi). M itinéraires sont disponibles pour circuler entre l'origine et la destination. Pour simplifier, supposons que l'ensemble des itinéraires ne dépendent pas de la localisation exacte de ces Q biens au sein de la zone destination. Ceci implique

$$U_{q,m} = V_{q,m} + \epsilon_{q,m}. \quad (10)$$

avec

$$V_{q,m} = W_q + Z_m \quad (11)$$

et

$$\mu_q = \mu \quad (12)$$

3.2 Résultats

$$\mathbb{E}(\max_{q,m}(U_{1,1}, \dots, U_{i,q,m}, \dots, U_{Q,M})) = \gamma\lambda + \lambda \ln \left(\sum_{q=1}^Q \exp \left(\frac{W_q + \mu \ln \left(\sum_{m=1}^M \exp \left(\frac{Z_m}{\mu} \right) \right)}{\lambda} \right) \right) \quad (13)$$

Admettons aussi, toujours pour simplifier:

$$Z_m = -CG, \quad (14)$$

i.e. le coût généralisé de transport est le même pour tous les itinéraires.
Dans ce cas:

$$\begin{aligned} \mathbb{E}(\max_{q,m}(U_{1,1}, \dots, U_{d,m}, \dots, U_{Q,M})) &= \\ \gamma\lambda + \lambda \ln \left(\sum_{q=1}^Q \exp \left(\frac{W_q + \mu \ln \left(\sum_{m=1}^M \exp \left(\frac{-CG}{\mu} \right) \right)}{\lambda} \right) \right) &= \\ \gamma\lambda + \lambda \ln \left(\sum_{q=1}^Q \exp \left(\frac{W_q + \mu \ln(M \exp(\frac{-CG}{\mu}))}{\lambda} \right) \right) &= \\ \gamma\lambda + \lambda \ln \left(\sum_{q=1}^Q \exp \left(\frac{W_q + \mu \ln(M) - CG}{\lambda} \right) \right) \end{aligned} \quad (15)$$

Admettons enfin que l'utilité attendue de la consommation d'un bien q soit la même pour tous les biens:

$$W_q = W \quad (16)$$

Dans ce cas:

$$\begin{aligned} \mathbb{E}(\max_{q,m}(U_{1,1}, \dots, U_{q,m}, \dots, U_{Q,M})) &= \\ \gamma\lambda + \lambda \ln \left(\sum_{q=1}^Q \exp \left(\frac{W + \mu \ln(M) - CG}{\lambda} \right) \right) &= \\ \gamma\lambda + \lambda \ln \left(Q \exp \left(\frac{W + \mu \ln(M) - CG}{\lambda} \right) \right) \end{aligned} \quad (17)$$

En reprenant les exemples où $Q = 100$ et $M = 4$:

$$\begin{aligned} \mathbb{E}(\max_{q,m}(U_{1,1}, \dots, U_{q,m}, \dots, U_{100,4})) &= \\ \gamma\lambda + \lambda \ln \left(100 \exp \left(\frac{W + \mu \ln(4) - CG}{\lambda} \right) \right) &= \\ \gamma\lambda + \lambda \ln(100) + \mu \ln(4) + W - CG \end{aligned} \quad (18)$$

On observe que, dans le cas de choix emboîtés comportant 100 destinations convoitées accessibles par 4 itinéraires différents entre la zone de résidence i et la zone de destination j où se trouvent localisés les biens convoités, l'espérance du maximum d'utilité s'exprime sous la forme :

$$E(\max_{q,m}(U_{1,1}, \dots, U_{q,m}, \dots, U_{100,4})) = \gamma\lambda + \lambda \ln(100) + \mu \ln(4) + W - CG.$$

L'espérance du maximum de l'utilité comporte bien le terme négatif traditionnel $-CG$ (coût généralisé entre i et j). Mais il comporte également trois termes positifs, W , la valeur stricte moyenne du bien convoité à la destination, $\mu \ln(4)$, facteur lié à la diversité des itinéraires permettant d'accéder aux biens convoités et $\lambda \ln(100)$, facteur lié à la diversité des biens convoités à la destination.

Dans les grandes agglomérations, le terme positif, $\lambda \ln(Q)$, peut dépasser, en poids, le facteur négatif $-CG$. On voit bien toute l'importance qui s'attache à cette analyse.

Il convient de préciser que François Combes et Matthieu de Lapparent, membres du groupe de réflexion, enseignent tous deux la théorie des choix discrets à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

1.3 Equivalence entre le facteur σ de la formule de Daniel McFadden et le facteur C_{oi}/α des modèles traditionnels de distribution des déplacements

1.3.1 Analyse des modèles de génération et de distribution reconstituant avec fidélité les résultats des enquêtes globales de transport :

Pour apprécier les équivalences entre les facteurs « σ » de la formule de Daniel McFadden et les facteurs intervenant dans les modèles traditionnels de génération et de distribution de déplacement, il convient notamment d'analyser la formulation qui permet de caractériser la probabilité qu'un déplacement issu d'une zone i se dirige vers une zone j .

Si cette probabilité est de la même forme que celle recommandée par Daniel McFadden pour évaluer la probabilité qu'un usager opte pour une modalité de choix discret comportant une valeur de référence et une partie aléatoire de cette valeur respectant une fonction de répartition de type loi de Gumbel, on est assuré que les choix effectués par les usagers dans la recherche des destinations qu'ils convoient répondent bien à la théorie des choix discrets élaborée par Daniel McFadden.

Il convient donc d'analyser attentivement les deux premières phases des modèles de génération et de distribution de trafic communément utilisés, les phases de génération et de distribution des déplacements, qui jouent un rôle déterminant dans la création de valeur.

Ces modèles comportent quatre phases :

- une phase de génération de déplacements,
- une phase de distribution spatiale de ces déplacements,
- une phase de répartition des déplacements entre modes de transport,
- une phase d'affectation des déplacements au sein d'un mode donné entre itinéraires offrant des caractéristiques différentes.

Les phases de génération et de distribution de déplacement sont les plus importantes. Ce sont elles qui permettent de déterminer la façon dont les usagers se comportent à l'égard des choix qui leur sont offerts, principalement des choix de biens convoités au sein des zones de destination.

1.3.1.1 La génération des déplacements

Il convient de distinguer les déplacements engendrés (émis ou attirés) quotidiennement, hebdomadairement ou annuellement par les résidents composés des actifs et des autres membres du ménage associés et les déplacements engendrés (émis ou attirés) quotidiennement, hebdomadairement ou annuellement par les lieux d'activité ou de services qui répondent aux attentes des résidents.

Le nombre de déplacements engendrés (émis et attirés) par les résidents d'une zone i est proportionnel au nombre d'habitants P_i (ou d'actifs P_{ai} et des membres du ménage associés), résidant dans cette zone i .

À chaque motif de déplacement, domicile travail, domicile affaires, domicile éducation, domicile achat, domicile loisirs verts, déplacements sans extrémité au domicile, est associé un taux de génération de déplacement.

$$N_i^h = g_i \cdot P_i = g_{ai} \cdot P_{ai}$$

Pour un motif de déplacement donné z , on a :

$$N_i^{hz} = g_i^z \cdot P_i = g_{ai}^z \cdot P_{ai}$$

Le nombre de déplacements engendrés (émis et attirés) par les activités de différentes natures d'une zone i est proportionnel au nombre d'activités ou de services A_i existant dans cette zone i .

À chaque motif de déplacement est associé un attracteur donné. Ainsi, au motif travail, est associé le nombre d'emplois totaux, au motif affaires est associé le nombre d'emplois tertiaires, au motif éducation est associé le nombre d'emplois d'enseignants, au motif achat est associé le nombre d'emplois de vente, au motif loisirs verts est associé la quantité d'espaces naturels.

$$N_i^a = m_i \cdot A_i$$

Pour un motif de déplacement donné z , on a :

$$N_i^{az} = m_i^z \cdot A_i^z$$

Sur un territoire d'études suffisamment étendu, la somme des N_i^h est égale à la somme des N_i^a alors qu'au sein d'une zone donnée, le nombre de déplacements émis et attirés liés aux résidents est différent du nombre de déplacements émis et attirés liés aux activités et aux services.

Les taux de génération de déplacement sont déterminés périodiquement à l'occasion de la réalisation des enquêtes globales de transport qui permettent d'identifier tous les déplacements effectués par les membres d'un ménage la veille du jour de l'enquête.

A titre d'exemple, les résultats de l'enquête globale de transport de 2001 en Île de France sont les suivants :

Si on adopte les moyennes observées, le nombre de déplacements annuels par ménage effectués en jour ouvrable pour motifs économiques est de 1432 :

- 396 pour le motif travail,
- 214,6 pour le motif affaires professionnelles,
- 222 pour le motif éducation
- 599 pour le motif achats de biens, services et loisirs urbains.

Il faut y ajouter :

- 88 déplacements pour motif loisirs verts effectués en jour ouvrable portant le nombre de déplacements totaux annuels par ménage en jour ouvrable à 1520.

(Si on tient compte des 132 déplacements pour motif loisirs verts effectués en week-ends, on obtient 220 déplacements annuels pour motif loisirs verts).

1.3.1.2 La distribution spatiale des déplacements

On peut illustrer cette distribution en prenant en considération les déplacements N_i^h émis ou attirés par les résidents. On peut de la même façon procéder à une formulation de la distribution spatiale des déplacements en prenant en considération les déplacements N_i^a émis ou attirés par les activités et les services.

Les déplacements N_i^h engendrés (émis ou attirés) par les résidents de la zone i pour un motif de déplacement donné se distribuent spatialement selon deux facteurs :

- un facteur qui traduit l'abondance des biens convoités Q_j dans chaque zone d'attraction j pour le motif considéré,
- un facteur qui traduit la difficulté d'accéder depuis i à la zone j où se trouvent localisés les biens convoités.

Le premier facteur est proportionnel à la quantité Q_j de biens convoités en j pour le motif étudié.

Le deuxième facteur est proportionnel à une fonction très rapidement décroissante d'un terme qui illustre le temps qui sépare la zone i de la zone j . On peut adopter conventionnellement pour ce terme deux définitions qui se déduisent l'une de l'autre :

- celle d'un temps « généralisé », C_{ij}/C_{0i} , rapport du coût généralisé de transport C_{ij} entre i et j , c'est-à-dire du coût intégrant la valorisation du temps de transport et la prise en compte des dépenses monétaires effectives, et de la valeur attribuée à une heure de transport C_{0i} par l'utilisateur résidant en i , hors dépenses monétaires.
- celle d'un temps « équivalent réel », C_{ij}/C_{0i}° , rapport du coût généralisé de transport C_{ij} entre i et j et de la valeur C_{0i}° attribuée au coût moyen généralisé d'une heure de transport, c'est-à-dire intégrant dans cette référence horaire, la part moyenne des dépenses monétaires dont les enquêtes montrent qu'elle représente 50% de la valeur de l'heure de déplacement de l'utilisateur résidant en i au sein des territoires comportant des transports arrivés à maturité. Cela revient à adopter une référence C_{0i}° égale à $1,5 C_{0i}$. Dans ce cas, le rapport C_{ij}/C_{0i}° est bien assimilable à un temps de transport. Il l'est strictement lorsque C_{ij} comporte lui-même une dépense monétaire égale à la moitié de la valeur du temps de déplacement.

Dans le cadre de ces définitions, le temps « généralisé » est égal à 1,5 fois le temps « équivalent réel ».

La fonction qui donne les meilleurs résultats, au sein des territoires à dominante urbaine, est la fonction exponentielle décroissante du temps « généralisé » : $e^{-\alpha (C_{ij}/C_{0i})}$ ou du temps « équivalent réel » : $e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)}$, dans laquelle α (ou α°) est un invariant qui traduit la rapidité de décroissance de la fonction de conductance, fonction qui illustre le poids ressenti en i du bien convoité en j compte tenu de son éloignement. Compte tenu des définitions adoptées pour le temps « généralisé » et le temps « équivalent réel » : α° est égal à $1,5\alpha$, ce qui conduit à des distributions des déplacements identiques, que l'on adopte, pour qualifier l'heure moyenne de déplacement, C_{0i} , valeur d'une heure moyenne de temps de déplacement, hors dépenses monétaires, ou C_{0i}° , valeur d'une heure moyenne de coût généralisé, donc y compris une part forfaitaire de dépenses monétaires estimée à 50% de la valeur d'une heure de temps de déplacement.

La probabilité qu'un déplacement issu de i atteigne la destination j , pour le motif domicile travail, est ainsi de la forme :

$$p_{ij} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} / \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} / A_i,$$

avec $A_i = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)}$.

A_i est un facteur de normalisation permettant d'obtenir que la somme des probabilités soit égale à 1.

$A_i = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)}$ est traditionnellement dénommé Accessibilité aux biens convoités j autour de la zone i.

La probabilité attachée à un déplacement entre i et j peut également s'écrire, si on prend en considération pour C_{0i} la seule valorisation d'une heure de déplacement, exclusion faite donc des dépenses monétaires moyennes associées à cette heure de transport:

$$p_{ij} = Q_j \cdot e^{-\alpha (C_{ij}/C_{0i})} / \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha (C_{ij}/C_{0i})}$$

On pourra de ce fait adopter indifféremment l'expression:

$$p_{ij} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} / \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} / A_i$$

$$\text{ou : } p_{ij} = Q_j \cdot e^{-\alpha (C_{ij}/C_{0i})} / \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha (C_{ij}/C_{0i})} = Q_j \cdot e^{-\alpha (C_{ij}/C_{0i})} / A_i$$

La formule qui caractérise la probabilité d'un déplacement entre i et j pour un motif z donné autre que le domicile travail, est égale de son côté à.

$$p_{ij}^z = Q_j^z \cdot e^{-\alpha^z (C_{ij}/C_{0i}^z)} / \sum_j Q_j^z \cdot e^{-\alpha^z (C_{ij}/C_{0i}^z)} = Q_j^z \cdot e^{-\alpha^z (C_{ij}/C_{0i}^z)} / A_i^z$$

$$\text{ou : } p_{ij}^z = Q_j^z \cdot e^{-\alpha^z (C_{ij}/C_{0i})} / \sum_j Q_j^z \cdot e^{-\alpha^z (C_{ij}/C_{0i})} = Q_j^z \cdot e^{-\alpha^z (C_{ij}/C_{0i})} / A_i^z$$

Seul le facteur α^z (ou α^{oz}) varie d'un motif à l'autre (ainsi bien entendu que la nature des biens convoités Q_j^z), C_{0i} (ou C_{0i}°) représentant toujours la valeur d'une heure de déplacement de l'actif, référent, chef de famille (valorisation stricte d'une heure de déplacement pour C_{0i} ou valorisation d'une heure moyenne de coût généralisé, donc y compris une part forfaitaire de dépenses monétaires estimée à 50% de la valeur d'une heure de temps de déplacement, pour C_{0i}°).

On pourrait conventionnellement adopter pour α^z (ou α^{oz}) une valeur qui soit indépendante du motif et retenir ainsi un coefficient unique α (ou α°). Dans ce cas, c'est la valeur attribuée à une heure de déplacement pour le motif concernée, C_{0i}^z (ou C_{0i}^{oz}), qui varierait selon le motif de déplacement.

En termes de distribution des déplacements, le résultat obtenu resterait le même, puisque :

$$\alpha / C_{0i}^z = \alpha^z / C_{0i} \text{ ou } \alpha^\circ / C_{0i}^{oz} = \alpha^z / C_{0i}^\circ.$$

Dans le présent document, c'est la valeur de l'heure de déplacement, C_{0i} (ou C_{0i}°), celle de l'actif référent, chef de famille, qui est prise comme identifiant, le coefficient α^z (ou α^{oz}) variant selon le motif de déplacement.

1.3.2 Signification économique du terme C_{0i} et détermination de la valeur du facteur α^z par motif de déplacement :

Le terme C_{0i} joue un rôle pivot. Il est donc nécessaire de bien le caractériser. Ce n'est qu'après avoir qualifié C_{0i} qu'on pourra aborder les valeurs à attribuer à α^z en fonction du motif de déplacement, C_{0i} restant, d'après le choix conventionnel adopté, invariant quel que soit le motif de déplacement, seul variant, d'après ce choix conventionnel, le coefficient α^z par motif de déplacement.

1.3.2.1 Détermination de C_{0i} pour le motif de déplacement domicile travail

Dans le cas d'un déplacement domicile travail, il s'agit de déterminer la valeur, C_{0i} , que l'actif, se rendant sur le lieu de travail ou en revenant, attribue à une heure de son déplacement.

Cette valeur est déterminée à partir des résultats des enquêtes globales de transport effectuées périodiquement dans les principales agglomérations françaises.

La méthode consiste à pondérer de façon différenciée la valeur du temps dans l'expression donnant le coût généralisé d'un déplacement domicile travail, qui comporte un terme de valorisation du temps T_{ij} et un terme de dépenses monétaires C_{ij}^m .

On écrit :

$$C_{ij} = \lambda T_{ij} + C_{ij}^m.$$

C_{ij}^m est le montant de la dépense monétaire pour se rendre de i en j, T_{ij} le temps de déplacement entre i et j exprimé en heures, et λ la valeur monétaire recherchée de l'heure de déplacement.

D'autre part, par définition, C_{0i} est la valeur stricte d'une heure de déplacement. C_{0i} est donc égal à λ , valeur recherchée.

On a ainsi :

$$C_{ij}/C_{0i} = (\lambda T_{ij} + C_{ij}^m)/(\lambda \times 1)$$

On détermine par le calcul, pour chaque valeur de λ testée, la distribution des déplacements entre toutes les zones i et toutes les zones j du territoire qui a fait l'objet de l'enquête globale de transport et on compare la matrice des résultats obtenus avec les résultats observés.

En utilisant la méthode de minimisation de la somme des carrés des différences entre les valeurs calculées et les valeurs observées, on peut déterminer la valeur de λ qui minimise cette somme, c'est-à-dire celle qui reconstitue avec le plus de fidélité la matrice des déplacements observés. On peut également utiliser la méthode dite du « maximum de vraisemblance pondérée » qui n'est qu'une variante de la précédente.

C'est la valeur ainsi trouvée qui détermine la valeur que l'actif attribue à une heure de son temps de déplacement pour se rendre au travail et pour en revenir.

Dans la pratique, pour obtenir les régressions les plus pertinentes, le terme C_{ij} est remplacé par une valeur $U_{ij} = k.C_{ij} = a.T_{ij} + b.C_{ij}^m$. C'est le rapport a/b , à l'optimum des moindres carrés ou du maximum de vraisemblance pondérée, qui permet d'obtenir la valeur recherchée λ .

Dans le cas de grandes agglomérations, comme notamment dans le cas de la métropole d'Île de France, on peut sophistication l'approche en procédant à une analyse portant sur quatre modes de transport :

- le transport des conducteurs de véhicules particuliers, dénommés vpc,
- le transport des passagers de véhicules particuliers, dénommés vpp,
- le transport des usagers empruntant des modes collectifs, dénommés, tc,
- le transport des usagers utilisant des moyens pédestres, dénommés, map.

Si on prend 2 de ces modes, mais on peut étendre l'analyse aux 4 modes, on obtient, sur chaque liaison ij, l'expression de la part du mode 1 par rapport à la part du mode 2 sous la forme :

$$\text{Part Mode 1} = e^{V1/\sigma} / (e^{V1/\sigma} + e^{V2/\sigma})$$

$$\text{Part Mode 2} = e^{V2/\sigma} / (e^{V1/\sigma} + e^{V2/\sigma})$$

Le rapport entre la part Mode 1 et la part Mode 2 s'écrit, dès lors :

$$\text{Part Mode 1} / \text{Part Mode 2} = p1/p2 = e^{V1/\sigma} / e^{V2/\sigma}$$

$$\text{Log } p1/p2 = \text{Log } (e^{V1/\sigma} / e^{V2/\sigma}) = V1/\sigma - V2/\sigma.$$

En posant :

$V_{ij1} = a T_{ij1} + b C_{ij1}$, à une constante près,

$V_{ij2} = a T_{ij2} + b C_{ij2}$, à une constante près,

on obtient : $\text{Log } p1/p2 = V_{ij1}/\sigma - V_{ij2}/\sigma = [a (T_{ij1} - T_{ij2}) + b (C_{ij1} - C_{ij2})]/\sigma$ à une constante près.

En faisant varier les termes a et b, on détermine par la méthode des moindres carrés ou par celle du maximum de vraisemblance pondérée appliquée à l'ensemble des liaisons ij, les termes a et b optimaux dont le rapport a/b donne la valeur monétaire de l'heure de déplacement.

Cette procédure est dénommée : méthode d'estimation des parts modales de Bergson-Thiel.

En appliquant ces méthodes d'analyse aux résultats des enquêtes globales de transport comportant des échantillonnages importants (sur l'Île de France, l'enquête globale de transport de 2001 a porté sur 16 000 ménages), on peut déterminer avec une précision tout-à-fait satisfaisante, la valeur qu'un actif attribue à une heure de son temps de déplacement pour se rendre au travail et pour en revenir.

On peut procéder à ce type d'étude de corrélation en identifiant également dans les enquêtes globales de transport les déplacements par catégorie socioprofessionnelle. Cela permet de déterminer la relation entre la valeur de λ et le salaire horaire de l'actif appartenant à une catégorie socioprofessionnelle donnée.

L'étude de corrélation a été réalisée notamment par la Direction régionale de l'Équipement d'Île de France en analysant les résultats de l'enquête globale de transport réalisée en 2001.

Elle a été également réalisée par le chef de la division économie trafic de Cofiroute.

Les résultats font clairement apparaître que C_{0i} est strictement proportionnel au salaire horaire net de l'actif se déplaçant. La valeur trouvée est 0,7 fois le salaire horaire net.

Des enquêtes spécifiques réalisées par Cofiroute en 1995 pour l'évaluation de l'opération Prado Carénage ont donné des résultats identiques : 0,7.

Au cours d'enquêtes antérieures, remontant notamment à 1973, il y a donc 40 ans, la division urbaine du Setra, devenu le Certu, avait trouvé 0,67 fois le salaire horaire net, soit 2/3 du salaire horaire net. On voit ainsi la constance dans le temps de cette proportionnalité de la valeur d'une heure de déplacement pour se rendre au travail et en revenir par rapport au salaire horaire net d'un actif.

En adoptant 2/3 du salaire horaire net, on choisit ainsi une valeur correspondant, à 5% près, à la valeur observée.

On voit donc que C_{0i} n'est pas une valeur arbitraire mais bien une donnée économique précise, représentant une part constante (les 2/3) du salaire de l'actif, C_{0i}^0 , se rendant à son travail et en en revenant.

Ce résultat est particulièrement important. Lorsqu'on identifiera au sous chapitre suivant l'utilité d'un déplacement, c'est ce terme qui apparaîtra en facteur multiplicatif de la formule liée à l'accessibilité. L'utilité du déplacement domicile travail apparaîtra linéairement liée au salaire horaire de l'actif. Toute variation du salaire fera varier linéairement l'utilité. On aura identifié, par définition même de l'utilité, une relation de causalité entre le salaire et l'utilité.

1.3.2.2 Détermination des coefficients α par motif de déplacement

Le coefficient α^z est spécifique à chaque motif de déplacement z, dès lors que le choix a été fait que l'identifiant de l'heure de déplacement, C_{0i} , est celui de l'actif, chef de famille se rendant à son travail ou en en revenant

On identifiera donc le coefficient α pour le motif domicile travail, puis les différents coefficients α^z pour les autres motifs de déplacement.

Rappelons que lorsqu'on adopte pour C_{0i} la valeur d'une heure de déplacement domicile travail, hors dépenses monétaires associées, soit les 2/3 du salaire horaire net, on dénomme α (ou α^z) le coefficient qualifiant la rapidité de décroissance de la fonction de conductance.

Lorsqu'on adopte pour C_{0i}° la valeur d'une heure de déplacement domicile travail, dépenses monétaires forfaitaires incluses, soit le salaire horaire net lui-même, C_{0i}° , on dénomme α° (ou α^{z°) le coefficient qualifiant la rapidité de décroissance de la fonction de conductance, qui est donc égal à $3/2 \alpha$ (ou α^z).

Dans la suite de la présentation, on adoptera de préférence la définition C_{0i}° et α° . C_{0i} et α se déduiront ainsi de C_{0i}° et α° en appliquant le coefficient de pondération 2/3.

Tous les membres de la famille rattachés à l'actif de référence adoptent comme valeur de l'heure de déplacement, hors dépenses monétaires associées, les 2/3 du salaire horaire net de cet actif, ou, avec les dépenses monétaires forfaitaires associées, le salaire horaire net de cet actif. Seul le coefficient α (ou α°) varie d'un motif à l'autre de déplacement. Moins le motif de déplacement est attractif, plus le coefficient α (ou α°) est élevé.

Pour un motif donné, α (ou α°) est invariant par catégorie socioprofessionnelle.

Pour déterminer les coefficients α ou α° , on procède comme pour la détermination de la valeur du temps.

On adopte, pour un motif de déplacement donné, plusieurs valeurs du coefficient α ou α° . On détermine, par le calcul, les matrices de déplacement qui en résultent. On les compare aux matrices des résultats des enquêtes globales de transport en déterminant la somme des carrés des écarts. La solution optimale est celle qui minimise cet écart quadratique ou qui maximise la vraisemblance pondérée.

Ce travail d'analyse a été effectué par la Direction régionale de l'Île de France après l'enquête globale de transport réalisée en l'an 2001 en Île de France.

Elle a donné les résultats suivants:

Le facteur α° est de :

- 6 pour le motif travail,
- 7 (7,02) pour le motif affaires professionnelles,
- 10 (10,02) pour le motif enseignement,
- 10,9 (10,86) pour le motif achats, services et loisirs urbains
- (9,54 pour la moyenne harmonique de ces trois motifs),
- 8,76 pour le motif loisirs verts.

L'ensemble de ces facteurs sont à multiplier par 2/3 si on adopte $C_{0i} = 2/3 C_{0i}^\circ$.

Le facteur α est ainsi de :

- 4 pour le motif travail,
- 4,7 (4,68) pour le motif affaires professionnelles,
- 6,7 (6,68) pour le motif enseignement,
- 7,25 (7,24) pour le motif achats, services et loisirs urbains
- (6,36 pour la moyenne harmonique de ces trois motifs),
- 5,84 pour le motif loisirs verts.

Un travail d'analyse similaire a été réalisé par le département économie trafic de Cofiroute en fixant comme coefficient de référence α celui du déplacement domicile travail supposé invariant et en déterminant comment varie la valeur horaire de déplacement.

Le rapport entre la valeur de l'heure de déplacement pour motif domicile travail et celle pour autres motifs trouvé est de 1,59, valeur identique à celle du rapport entre le facteur α^z pour la moyenne harmonique des trois motifs affaires professionnelles, enseignement et achats, services et loisirs urbains et le facteur α pour le motif domicile travail ($9,54/6 = 6,36/4 = 1,59$). La cohérence est parfaite.

La direction régionale et interdépartementale de l'équipement et d'aménagement d'Île-de-France a indiqué qu'elle ne pouvait pas établir les valeurs correspondant aux résultats de l'enquête globale de transport 2010 du fait de la modification de la définition des motifs de déplacement au cours de cette dernière enquête.

Le groupe de réflexion considère qu'il convient de ce fait de confier au Certu le soin de procéder, en liaison avec la DRIEA Île de France, à l'exploitation de cette enquête ainsi qu'à celle d'enquêtes globales de transport effectuées dans les principales métropoles régionales françaises en homogénéisant les motifs de déplacement dans le temps et en procédant à des exploitations qui prennent en considération les définitions antérieurement utilisées pour qualifier ces motifs de déplacement.

Des réunions de travail ont été organisées par la direction générale de l'aménagement, du logement et la nature, sous-direction de l'aménagement durable, avec le Certu (constituant, depuis le 1^{er} janvier 2014, la direction technique Territoires et Ville du Cerema) pour arrêter le programme de l'année 2014 dans le domaine de l'aménagement et des transports

Le Certu inscrira dans son programme de travail de l'année 2014 l'établissement des valeurs des C_{0i}/α° pour les différents motifs de déplacement en exploitant les enquêtes de transport réalisées au cours des dernières décennies.

Il convient toutefois de signaler que le département économie trafic de Cofiroute a recomposé les résultats de l'enquête globale de transport 2010 de l'Île de France en adoptant la même définition des déplacements que celle adoptée en 2001 tant en précision de localisation (300 mètres en 2001 contre 100 mètres en 2010) qu'en définition des motifs. Il a pu obtenir des résultats qui corroborent ceux de l'enquête globale de 2001.

1.3.3 Equivalence entre le facteur σ de la formule de Daniel McFadden et le facteur C_{0i}/α des modèles traditionnels de distribution des déplacements :

1.3.3.1 Analyse de la formule donnant la probabilité, pour un résident localisé en i, d'effectuer un choix entre des biens convoités localisés en j.

La distribution des déplacements entre les différentes zones j où se trouvent les biens convoités Q_j s'exprime, on l'a vu, sous la forme suivante :

$$p_{ij} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} / \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} / A_i,$$

$$\text{avec } A_i = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)}.$$

A_i est un facteur de normalisation permettant d'obtenir que la somme des probabilités soit égale à 1.

$A_i = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)}$ est traditionnellement dénommé Accessibilité aux biens convoités j autour de la zone i.

L'accessibilité est en fait la somme des biens Q_j entourant une zone donnée i, chaque bien étant pondéré par l'effet décroissant du coût généralisé de la liaison entre la zone i de référence et chacune des zones j qui l'entoure.

Cette formulation est strictement identique à celle que Daniel McFadden obtient pour identifier la probabilité de choisir une modalité parmi un ensemble de modalités discrètes j dont la valeur stricte (partie observable) est égale à V_j :

$$p_j = e^{V_j/\sigma} / \sum_j e^{V_j/\sigma}$$

La formulation de Daniel McFadden s'applique à une modalité de choix.

Dans le cas de la formule de distribution des déplacements,

$$p_{ij} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} / \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)},$$

les Q_j biens situés en j sont considérés comme autant de modalités de choix entre biens de valeur de référence identique.

On est donc bien dans une situation de choix respectant les critères de choix discrets de Daniel McFadden, avec comme valeur observable C_{ij} , coût généralisée de déplacement entre i et j , et comme facteur σ le terme C_{0i}/α° .

1.3.3.2 Utilité associée aux déplacements issus d'une zone i .

En appliquant la formule de l'utilité telle que préconisée par Daniel McFadden dans le cas de choix discrets, on obtient le résultat suivant :

$$S_i = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} (\text{Somme des } Q_j e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)}) = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} (A_i),$$

avec A_i = Accessibilité aux biens convoités Q_j .

Cette formulation est celle qui est inscrite dans l'annexe 2 de l'instruction cadre du 25 mars 2004.

- Rappel de la démonstration produite par Jean Poulit en Janvier et Novembre 1973

On peut retrouver ce résultat en procédant à l'interprétation économique directe de la loi de distribution des déplacements. C'est cette interprétation que Jean Poulit, lorsqu'il était responsable de la division urbaine du Setra en charge d'analyser, avec son équipe, l'approche économique de l'accessibilité, a développée en Janvier et Novembre 1973.

La démonstration en est reproduite dans une note de synthèse éditée en Novembre 1973, intitulée « Approche économique de l'accessibilité ».

Elle est reprise dans le document de synthèse en date du 20 septembre 1974, intitulé, « Urbanisme et Transport : les critères d'accessibilité et de développement urbain ».

La formulation qui permet d'évaluer la probabilité qu'un résident de la zone i se rende dans l'une ou l'autre des zones j qui l'entourent **comporte en effet la notion même de valeur** associée à la possibilité d'effectuer un choix entre les différents biens convoités auxquels il peut commodément accéder.

Est reproduite ci-après l'annexe 1 de la note de synthèse du 20 septembre 1974, intitulée : « Démonstration de la signification économique de l'accessibilité » qui reprend la démonstration de la note de Novembre 1973.

ANNEXE 1

DEMONSTRATION DE LA SIGNIFICATION ECONOMIQUE DE L'ACCESSIBILITE

La distribution des échanges dans l'espace est significative de l'intérêt que les usagers résidant en i attribuent aux différentes destinations possibles en j , h , k , etc...

Deux distributions identiques révèlent deux situations de satisfaction identiques.

Interpréter la loi de distribution des déplacements revient donc à préciser la signification économique des déplacements urbains.

Formulation de la loi de distribution :

La loi de distribution des déplacements en milieu urbain s'énonce de la façon suivante :

La probabilité d'un déplacement à destination d'une zone j pour un motif donné (travail, loisirs, achats, etc...) est proportionnelle à la quantité de biens disponibles en j (emplois, loisirs, commerces, etc...) et à une fonction très rapidement décroissante (exponentielle décroissante) du coût généralisé de transport (C_{ij}) entre la zone d'émission i et la zone de destination j . On a :

$$p_{ij} = K Q_j e^{-\alpha \frac{C_{ij}}{C_0}} \quad (1)$$

(C_0 représente le coût unitaire de l'heure de déplacement et α un facteur constant qui caractérise la rapidité de la décroissance de l'intérêt des destinations potentielles en fonction de leur éloignement de la zone origine i).

COMMENT S'EFFECTUE LA DISTRIBUTION DES DEPLACEMENTS ?

PROPORTIONNELLEMENT AU NOMBRE DE BIENS DES ZONES RECEPTRICES
PROPORTIONNELLEMENT A UNE FONCTION TRES RAPIDEMENT DECROISSANTE
DU CÔÛT GENERALISE DE DEPLACEMENT ENTRE i ET j

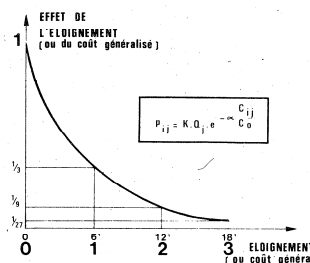
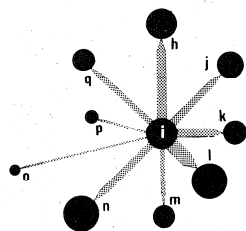
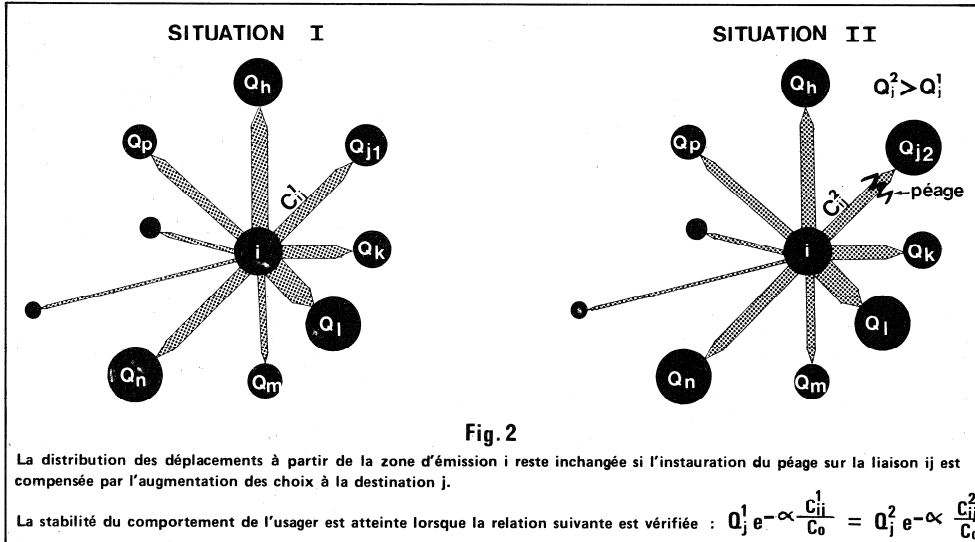


Fig.1

La loi de distribution des déplacements à partir de la zone émettrice i à destination de toutes les zones réceptrices j , h , k , etc. qui l'entourent est à la base même de l'interprétation économique de l'accessibilité.

Interprétation de la loi de distribution

■ Considérons deux structures urbaines qui ne diffèrent que par le nombre de biens de la zone j (Q_j^1 dans le premier cas, Q_j^2 dans le deuxième cas) et par le coût généralisé d'accès à la zone j (C_{ij}^1 d'une part, C_{ij}^2 de l'autre ; la différence s'expliquant par exemple par l'instauration d'un péage à l'entrée de la zone j).



La distribution des déplacements entre les différentes zones j, h, k , etc... n'a aucune raison d'être identique dans les deux cas, l'augmentation des choix offerts par la zone j n'étant pas exactement compensée par la dégradation de ses conditions d'accès.

Pour qu'il n'y ait pas modification du comportement de l'utilisateur, il faut en réalité que la probabilité de déplacement vers j dans les deux cas soit identique ou encore que $P_{ij}^1 = P_{ij}^2$

$$\text{C'est-à-dire que : } Q_j^1 e^{-\alpha \frac{C_{ij}^1}{C_0}} = Q_j^2 e^{-\alpha \frac{C_{ij}^2}{C_0}} \quad (2)$$

Cette expression peut également s'écrire en prenant le logarithme :

$$\frac{C_0}{\alpha} (\log Q_j^2 - \log Q_j^1) = C_{ij}^2 - C_{ij}^1 \quad (3)$$

$$\text{Soit } \frac{C_0}{\alpha} \Delta(\log Q) = \Delta C \quad (4)$$

Ainsi pour que le comportement de l'utilisateur ne change pas, il suffit que l'augmentation des coûts de transport ΔC soit compensée par une augmentation corrélatrice de l'indice de choix représenté par la valeur $\frac{C_0}{\alpha} \Delta(\log Q)$.

■ L'expression (4) peut s'écrire sous une forme encore plus concise.

$$\text{Posons : } S_{ij} = \frac{C_0}{\alpha} \log A_{ij} \quad (5)$$

expression dans laquelle A_{ij} représente (au coefficient k près) la probabilité de déplacement de i vers j ($Q_j e^{-\alpha \frac{C_{ij}}{C_0}}$).

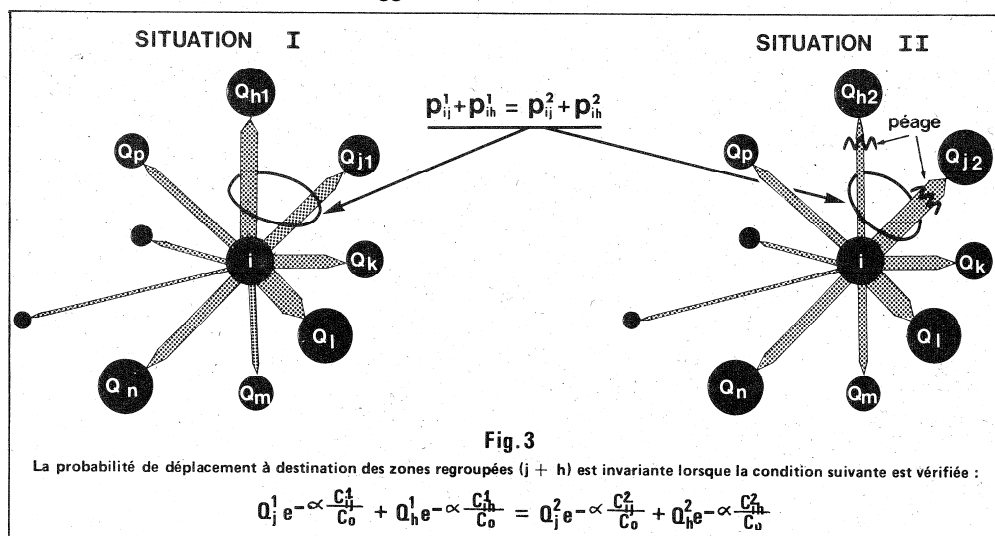
$$\text{On a : } S_{ij} = \frac{C_0}{\alpha} \log Q_j - C_{ij} \quad (6)$$

L'expression (4) devient alors : $\Delta S_{ij} = 0$ (7)

S_{ij} est ainsi une grandeur homogène à un coût - ou inversement à un bénéfice - qui est invariante lorsque le comportement de l'utilisateur ne change pas.

Elle caractérise donc bien, à une constante près, l'utilité que l'utilisateur issu de i attribue à son déplacement à destination de j , (ou encore la satisfaction qu'il en retire).

■ L'analyse qui précède peut être étendue à l'évaluation de l'utilité des déplacements à destination de deux zones j et h dont on modifierait les caractéristiques d'urbanisation et les conditions d'accès sans apporter de changement aux autres zones de l'agglomération.



On constate dans ce cas que la probabilité de déplacement à destination des zones regroupées ($j+h$) est invariante lorsque la somme des probabilités de déplacements à destination de j et de h est elle-même invariante, c'est-à-dire lorsque :

$$Q_j e^{-\alpha \frac{C_{ij}}{C_0}} + Q_h e^{-\alpha \frac{C_{ih}}{C_0}} = \text{Constante} \quad (8)$$

Appelons $A_{i(j+h)}$ cette expression.

$\frac{C_0}{\alpha} \log A_{i(j+h)}$ est la seule grandeur homogène à un coût qui soit, comme

$A_{i(j+h)}$, invariante lorsque la probabilité des déplacements à destination des zones regroupées ($j+h$) est inchangée. Elle représente donc bien l'utilité que l'utilisateur attribue aux déplacements à destination de $j+h$.

■ Par additions successives, on peut ainsi montrer que l'utilité qu'un usager résidant en i attribue à ses déplacements à destination de l'ensemble des zones qui l'entourent est égale à :

$$S_i = \frac{C_0}{\alpha} \log A_i \quad (\text{à une constante près}) \quad (9)$$

expression dans laquelle : $A_i = \sum_{j=1}^n Q_j e^{-\alpha \frac{C_{ij}}{C_0}}$ (10)

.../...

Rappelons que : Q_j représente le nombre de biens (emplois, commerces, etc..., suivant les motifs considérés) compris dans la zone j et que C_{ij} représente le coût généralisé de déplacement entre le lieu de résidence i et le point de destination j (1).

■ Cette valeur caractérise l'utilité moyenne d'un déplacement issu de i .

Elle peut être traduite en utilité annuelle, en multipliant S_i par le nombre de déplacements annuels effectués : N

On a : $\boxed{\bar{S}_i = NS_i}$

Cette multiplication se justifie par le fait que S_i est homogène à un coût et que les coûts de déplacement sont effectivement additifs. Il n'en serait pas, par contre, de même si on avait considéré les accessibilités A_i qui, elles, ne peuvent pas être multipliées par le nombre de déplacements effectués.

- *Présentation plus intuitive*

On peut, de façon plus intuitive, parvenir à ce résultat, en analysant successivement :

- le cas d'un résident effectuant un déplacement entre la zone de résidence i et une zone de destination j,
- le cas du même résident effectuant un déplacement entre la zone de résidence i et une zone de destination k,
- le cas du même résident effectuant un déplacement entre la zone de résidence i et une zone de destination j ou une zone de destination k
- et enfin le cas général du même résident effectuant un déplacement entre la zone de résidence i et une quelconque des zones de destination entourant cette zone i.

- **Première étape** : utilité d'un déplacement entre la zone de résidence i et la zone de destination j pour un résident qui n'a connaissance que des biens localisés en j.

La probabilité de déplacement pour aller de i en j s'écrit sous la forme :

$$p_{ij} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} / \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} / A_i$$

En prenant le logarithme de cette probabilité, on trouve :

$$\text{Log } p_{ij} = \text{Log } (Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} / A_i) = \text{Log } Q_j - \text{Log } e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} - \text{Log } A_i$$

$$= \text{Log } Q_j - \alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ) - \text{Log } A_i$$

On peut identifier une valeur de même nature qu'un coût généralisé en multipliant $\text{Log } p_{ij}$ par C_{0i}/α° .

D'où :

$$S_{ij} = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } p_{ij} = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } Q_j - C_{ij} - (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } A_i$$

$$S_{ij} = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } p_{ij} = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } Q_j - C_{ij},$$

$$\text{à une constante près : } - (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } A_i.$$

S_{ij} est bien homogène à un coût généralisé, donc à une utilité. Quand on augmente linéairement le coût généralisé du déplacement entre i et j, le service rendu est stable si le nombre de biens à la destination croît multiplicativement.

$U_{ij} = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } Q_j$ est la partie positive de l'utilité, dénommée utilité brute. C_{ij} en est la partie négative. S_{ij} est dénommée utilité nette, différence entre l'utilité brute et le coût généralisé de déplacement.

- **Deuxième étape** : utilité d'un déplacement entre la zone de résidence i et la zone de destination k pour un résident qui n'a connaissance que des biens localisés en k.

Dans les mêmes conditions que pour la première étape, on trouve :

$$p_{ik} = Q_k \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ik}/C_{0i}^\circ)} / \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} = Q_k \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ik}/C_{0i}^\circ)} / A_i$$

$$\text{Log } p_{ik} = \text{Log } (Q_k \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ik}/C_{0i}^\circ)} / A_i) = \text{Log } Q_k - \text{Log } e^{-\alpha^\circ (C_{ik}/C_{0i}^\circ)} - \text{Log } A_i$$

$$= \text{Log } Q_k - \alpha^\circ (C_{ik}/C_{0i}^\circ) - \text{Log } A_i$$

D'où :

$$S_{ik} = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } p_{ik} = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } Q_k - C_{ik} - (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } A_i,$$

$$S_{ik} = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } p_{ik} = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } Q_k - C_{ik},$$

$$\text{à une constante près : } - (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } A_i.$$

S_{ik} est bien homogène à un coût généralisé, donc à une utilité. Quand on augmente linéairement le coût généralisé du déplacement entre i et k, le service rendu est stable si le nombre de biens à la destination croît multiplicativement.

- **Troisième étape** : utilité d'un déplacement entre la zone de résidence i et la zone de destination j ou la zone de destination k pour un résident qui n'a connaissance que des biens localisés en j ou en k.

La probabilité de déplacement pour aller de i en j est égale à :

$$p_{ij} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} / \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} / A_i$$

La probabilité de déplacement pour aller de i en k est égale à :

$$p_{ik} = Q_k \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ik}/C_{0i}^\circ)} / \sum_k Q_k \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ik}/C_{0i}^\circ)} = Q_k \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ik}/C_{0i}^\circ)} / A_i$$

La satisfaction du résident est stable si la somme des probabilités pour aller de i en j et pour aller de i en k est stable. On peut faire croître p_{ij} en augmentant Q_j ou en baissant C_{ij} à condition de faire baisser d'une quantité équivalente p_{ik} en diminuant Q_k ou en augmentant C_{ik} .

$(C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} (Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} + Q_k \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ik}/C_{0i}^\circ)})$ est la seule expression homogène à un coût, donc à une utilité, qui est stable lorsque la probabilité d'aller de i en j ou en k ne varie pas, c'est-à-dire lorsque la satisfaction du résident est constante. C'est bien l'expression qui caractérise la satisfaction du résident.

On trouve ainsi que :

$$S_{i(j+k)} = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} (p_{ij} + p_{ik}) = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} (Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} + Q_k \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ik}/C_{0i}^\circ)}),$$

à une constante près : $-(C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} A_i$

Cette valeur ne peut pas être mathématiquement décomposée en un terme positif et un coût généralisé moyen de transport.

- **Quatrième étape** : utilité d'un déplacement entre la zone de résidence i et l'une quelconque des zones de destination entourant la zone i pour un résident ayant connaissance de l'ensemble des biens localisés dans l'une quelconque de ces zones j.

Par application de la troisième étape à tous les biens entourant i, on obtient l'utilité nette suivante :

$$S_i = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} (\text{Somme des } Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)}) = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} (A_i),$$

avec A_i = Accessibilité aux biens convoités Q_j .

On retrouve la fonction d'utilité de Daniel McFadden dans laquelle le coefficient σ est remplacé par le facteur $C_{0i}^\circ / \alpha^\circ$.

- *Approfondissements réalisés par Jean-Gérard Koenig*

Jean Poulit, lorsqu'il était responsable de la division urbaine du Setra, était secondé par Jean Gérard Koenig, ingénieur d'arrondissement, auquel il avait confié le soin d'identifier les racines économiques les plus profondes de l'accessibilité.

Jean Gérard Koenig a considéré que les utilités brutes des biens convoités, Q_j , n'avaient pas des valeurs U_j uniformes.

La probabilité qu'elles aient des utilités de valeur croissante devait, de toute évidence, s'amoinrir au fur et à mesure de la croissance de la valeur brute du bien convoité.

Il a fait l'hypothèse, intuitive, que la densité de probabilité $f(x)$ en fonction de l'utilité brute (x) du bien convoité était, pour les utilités les plus élevées, de la forme : $f(x) = k e^{-x/x_0}$, c'est-à-dire une exponentielle décroissante de l'utilité brute.

La répartition de la probabilité (intégrale de la densité de probabilité) en fonction de l'utilité brute était, dans cette hypothèse, de la forme :

$$F(x) = 1 - k x_0 e^{-x/x_0}$$

L'utilité nette, par définition, était égale à : $R_j - C_j$, expression dans laquelle R_j était le revenu brut du bien convoité en j (par exemple un salaire dans le cas d'un déplacement domicile travail) et C_j le coût généralisé pour se rendre de i en j .

L'utilité nette respectait, de par sa définition, une densité de probabilité $f(x)$ de la forme $f(x) = k e^{-(x + C_j)/x_0}$, avec x représentant désormais l'utilité nette.

La répartition de la probabilité pour chaque bien convoité j en fonction de l'utilité nette était, dès lors, égale à :

$$F(x) = 1 - k x_0 e^{-(x + C_j)/x_0}.$$

Pour obtenir la fonction de répartition de l'utilité nette finale, il convenait de multiplier les fonctions de répartition de chaque bien convoité, donc de 1 à Q , zone j après zone j .

$F(x) = \prod_{j=1}^Q (1 - k x_0 e^{-(x + C_j)/x_0})$, x étant l'utilité nette générale associée à la possibilité de pouvoir effectuer un choix entre l'ensemble des biens Q accessibles, l'utilisateur adoptant à chaque fois la solution maximisant son utilité.

L'espérance de l'utilité nette finale était égale à :

$$E(S) = \int_{-\infty}^{+\infty} x \cdot dF(x).$$

Pour déterminer cette espérance et devant la complexité des calculs, une hypothèse dite réduite a été prise en considération admettant que tous les emplois étaient implantés à un iso coût généralisé de la zone de référence i .

On pouvait montrer alors que l'espérance maximale de l'utilité nette était égale à :

$$S_i = x_0 (\text{Log } A_i + C_E), \text{ avec :}$$

$$A_i = \sum_j Q_j e^{-C_j/x_0}$$

et $C_E = \text{Constante d'Euler} = 0,577$.

Puis on faisait apparaître que l'hypothèse réduite donnait des résultats très peu différents de la distribution générale des biens convoités.

On retrouvait ainsi la formule générale de l'utilité nette associée à un ensemble de biens convoités Q_j reliés à la zone de référence i par des liaisons de coût généralisé C_{ij} .

On constate que cette démonstration est très proche de la théorie des choix discrets de Daniel McFadden.

Jean-Gérard Koenig a publié ses réflexions sous la forme d'articles :

- 1974 : Théorie économique de l'accessibilité urbaine. Revue économique.

- Juin 1974 : La théorie de l'accessibilité urbaine, un nouvel outil au service de l'aménageur. Revue générale des routes.

On doit noter que les travaux de Jean Poulit et de Jean-Gérard Koenig datent de 1973 et 1974, ce qui témoigne d'une belle précocité dans l'élaboration de la théorie économique de l'accessibilité, désormais reconnue par le monde scientifique et universitaire.

1.3.3.3 Induction du nombre des déplacements ou induction de la portée des déplacements

Le deuxième temps des interactions entre les territoires et les transports, qui apparaît durant les premières années qui suivent l'ouverture d'une infrastructure de transport, voit éclore le phénomène de l'appariement entre les hommes et les activités qu'ils occupent ou qu'ils convoient ou les espaces naturels auxquels ils peuvent commodément accéder. Alors que l'accessibilité augmente, ce deuxième temps des interactions se caractérise par la stabilité du nombre des déplacements issus de chaque zone i et également par la stabilité du temps consacré à ces déplacements à la mise en service de l'infrastructure.

Le facteur qui change est celui de l'amélioration des vitesses de déplacement. La distribution des déplacements évolue de ce fait aux dépens des courtes portées et au profit des longues portées. Le temps total reste inchangé, de même que le nombre de déplacements. Il y a induction de la portée des déplacements, ce qui explique que le trafic exprimé en personnes kilomètres augmente, mais il n'y a pas augmentation du nombre de déplacements émis ou attirés par une zone ni évolution du temps de déplacement.

Les traditions du ministère en matière d'évaluation des déplacements interurbains reposent sur des concepts différents qu'il est utile de présenter pour bien montrer où se trouvent les différences, différences qui sont d'ailleurs largement à l'origine des difficultés que les services ressentent à admettre le concept d'amélioration de l'accessibilité à temps de transport invariant et à nombre de déplacements également invariant, résultats que toutes les enquêtes globales de transport depuis des dizaines d'années font clairement apparaître.

1.3.3.3.1 Méthode d'évaluation traditionnelle reposant sur la valorisation des gains de temps associée à la prise en compte de l'induction des déplacements

Les principes de l'évaluation traditionnelle mise en œuvre au sein du Ministère se réfèrent à l'exemple symbolique de la réalisation d'un ouvrage de franchissement d'une rivière (exemple décrit par Jules Dupuit) qui améliore les conditions d'échanges entre les deux rives par rapport aux services rendus par un ouvrage existant.

Le raisonnement comporte deux temps :

- Premier temps : à la mise en service du nouveau pont, les usagers qui, sur une période de temps donné (un jour, un mois, une année) se rendent d'un point A situé sur l'une des rives à un point B situé sur l'autre rive en effectuant N_{AB} déplacements, gagnent du temps et réduisent également leur dépense monétaire. Pour le nombre N_{AB} des déplacements effectués sur la période considérée, un bénéfice B_{AB} est ainsi identifié qui est évalué sous la forme de la multiplication du nombre N_{AB} de déplacements effectués par l'économie réalisée sur chaque déplacement E_{AB} .

On a: $B_{AB} = N_{AB} \times E_{AB}$

- Deuxième temps : après la mise en service de l'ouvrage, compte tenu des facilités améliorées ainsi offertes, des déplacements supplémentaires ΔN_{AB} par rapport à la situation de référence apparaissent. Les économies de temps permettent en effet, d'après cette analyse, d'induire de nouveaux déplacements entre A et B. Il s'agit de ce qui est traditionnellement dénommé induction de nouveaux déplacements ΔN_{AB} . On applique à ces déplacements supplémentaires ΔN_{AB} les économies de temps et les économies monétaires observées entre A et B, E_{AB} , en en divisant toutefois l'effet par deux, car l'économie liée aux déplacements induits résulte d'un phénomène d'intégration depuis l'ancienne situation observée jusqu'à la nouvelle situation observée.

L'économie liée aux déplacements induits est ainsi égale à :

$$\Delta B_{AB} = \Delta N_{AB} \times E_{AB}/2$$

L'économie globale obtenue s'exprime, dès lors, sous la forme suivante :

$$B_{AB} + \Delta B_{AB} = N_{AB} \times E_{AB} + \Delta N_{AB} \times E_{AB}/2.$$

On obtient le même résultat en calculant les économies avant induction puis les économies après induction et en divisant la somme des deux résultats par 2 :

$$\text{En effet: } B_{AB} + \Delta B_{AB} = N_{AB} \times E_{AB} + \Delta N_{AB} \times E_{AB}/2 = [N_{AB} \times E_{AB} + (N_{AB} + \Delta N_{AB}) \times E_{AB}]/2$$

$$\text{car } [N_{AB} \times E_{AB} + N_{AB} \times E_{AB}]/2 = N_{AB} \times E_{AB}.$$

Appliquons ces principes au cas d'un territoire composé de 6 zones reliées par un réseau d'infrastructures de transport permettant les échanges entre chacune de ces 6 zones, ce qui conduit à 36 combinaisons.

Dénotons par :

- F0, F1 et F2 les tableaux des flux de déplacements entre ces six zones, avant la réalisation d'une nouvelle infrastructure de transport (F0), à l'ouverture de cette infrastructure (F1) ou quelques années après l'ouverture (F2)
- T0, T1, T2 les tableaux des temps de parcours entre ces 6 zones, avant la réalisation d'une nouvelle infrastructure de transport (T0), à l'ouverture de cette infrastructure (T1) ou quelques années après l'ouverture (T2).

Dans l'approche traditionnelle, la structure des résultats obtenus évolue comme suit en fonction des étapes 0 (avant la réalisation de l'infrastructure), 1 (à la mise en service de l'infrastructure) et 2 (quelques années après la mise en service).

Etape 0 : Avant réalisation de l'infrastructure

Tableau F0 : distribution spatiale du nombre de déplacements par liaison ij avant réalisation d'une nouvelle infrastructure de transport

D O	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Toutes zones
Zone 1	F 11	F 12	F 13	F 14	F 15	F 16	F O1
Zone 2	F 21	F 22	F 23	F 24	F 25	F 26	F O2
Zone 3	F 31	F 32	F 33	F 34	F 35	F 36	F O3
Zone 4	F 41	F 42	F 43	F 44	F 45	F 46	F O4
Zone 5	F 51	F 52	F 53	F 54	F 55	F 56	F O5
Zone 6	F 61	F 62	F 63	F 64	F 65	F 66	F O6
Toutes zones	F D1	F D2	F D3	F D4	F D5	F D6	F Total

Tableau T0 : distribution spatiale des temps de déplacement par liaison ij avant réalisation d'une nouvelle infrastructure de transport

D O	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Toutes zones
Zone 1	T 11	T 12	T 13	T 14	T 15	T 16	T O1
Zone 2	T 21	T 22	T 23	T 24	T 25	T 26	T O2
Zone 3	T 31	T 32	T 33	T 34	T 35	T 36	T O3
Zone 4	T 41	T 42	T 43	T 44	T 45	T 46	T O4
Zone 5	T 51	T 52	T 53	T 54	T 55	T 56	T O5
Zone 6	T 61	T 62	T 63	T 64	T 65	T 66	T O6
Toutes zones	T D1	T D2	T D3	T D4	T D5	T D6	T Total

A chaque liaison $O_m D_n$ est attaché un temps de transport (ou un coût généralisé de transport). Le temps moyen d'un déplacement issu de O_m est la pondération, sur l'ensemble des liaisons $O_m D_n$, de la probabilité d'accéder à chaque zone D_n à partir de O_m multipliée par le temps de déplacement (ou le coût généralisé de déplacement) attaché à la liaison $O_m D_n$. Le temps total des déplacements issus de i est obtenu en multipliant le temps associé à un déplacement par le nombre de déplacements issus de i , N_i , (ou $F O_i$).

Etape 1 : A la mise en service de l'infrastructure

Tableau F1 : distribution spatiale du nombre de déplacements par liaison ij à l'ouverture d'une nouvelle infrastructure de transport

$\begin{matrix} D \\ O \end{matrix}$	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Toutes zones
Zone 1	F 11	F 12	F 13	F 14	F 15	F 16	F O1
Zone 2	F 21	F 22	F 23	F 24	F 25	F 26	F O2
Zone 3	F 31	F 32	F 33	F 34	F 35	F 36	F O3
Zone 4	F 41	F 42	F 43	F 44	F 45	F 46	F O4
Zone 5	F 51	F 52	F 53	F 54	F 55	F 56	F O5
Zone 6	F 61	F 62	F 63	F 64	F 65	F 66	F O6
Toutes zones	F D1	F D2	F D3	F D4	F D5	F D6	F Total

Le jour de l'ouverture de l'infrastructure, la distribution des déplacements ne varie pas. Le volume des déplacements par liaison est donc inchangé.

Tableau T1 : distribution spatiale des temps de déplacement par liaison ij à l'ouverture d'une nouvelle infrastructure de transport

$\begin{matrix} D \\ O \end{matrix}$	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Toutes zones
Zone 1	T 11 -	T 12 -	T 13 -	T 14 -	T 15 -	T 16 -	T O1 -
Zone 2	T 21 -	T 22 -	T 23 -	T 24 -	T 25 -	T 26 -	T O2 -
Zone 3	T 31 -	T 32 -	T 33 -	T 34 -	T 35 -	T 36 -	T O3 -
Zone 4	T 41 -	T 42 -	T 43 -	T 44 -	T 45 -	T 46 -	T O4 -
Zone 5	T 51 -	T 52 -	T 53 -	T 54 -	T 55 -	T 56 -	T O5 -
Zone 6	T 61 -	T 62 -	T 63 -	T 64 -	T 65 -	T 66 -	T O6 -
Toutes zones	T D1 -	T D2 -	T D3 -	T D4 -	T D5 -	T D6 -	T Total -

A chaque liaison $O_m D_n$, est attaché un temps de transport (ou un coût généralisé de transport) qui est plus faible le jour de l'ouverture de l'infrastructure qu'avant cette ouverture, si cette infrastructure est pertinente, c'est-à-dire si elle offre des vitesses de déplacement améliorées. Le temps moyen d'un déplacement issu de O_m , pondération sur l'ensemble des liaisons $O_m D_n$, de la probabilité d'accéder à chaque zone D_n à partir de O_m multipliée par le temps de déplacement ou le coût généralisé de déplacement attaché à la liaison $O_m D_n$, est ainsi plus faible en situation 1 qu'en situation 0 puisque la distribution des déplacements, à la mise en service de l'infrastructure, ne change pas. Le temps total des déplacements issus de i est obtenu en multipliant le temps

associé à un déplacement par le nombre de déplacements issus de i , N_i , (ou F_{O_i}). Le temps total est donc lui-même plus faible puisque le temps de chaque déplacement a diminué.

Etape 2 : Quelques années après la mise en service de l'infrastructure

Tableau F2 : distribution spatiale du nombre de déplacements par liaison ij quelques années après la mise en service d'une nouvelle infrastructure de transport

$\begin{smallmatrix} D \\ O \end{smallmatrix}$	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Toutes zones
Zone 1	F 11 +	F 12 +	F 13 +	F 14 +	F 15 +	F 16 +	F O1 +
Zone 2	F 21 +	F 22 +	F 23 +	F 24 +	F 25 +	F 26 +	F O2 +
Zone 3	F 31 +	F 32 +	F 33 +	F 34 +	F 35 +	F 36 +	F O3 +
Zone 4	F 41 +	F 42 +	F 43 +	F 44 +	F 45 +	F 46 +	F O4 +
Zone 5	F 51 +	F 52 +	F 53 +	F 54 +	F 55 +	F 56 +	F O5 +
Zone 6	F 61 +	F 62 +	F 63 +	F 64 +	F 65 +	F 66 +	F O6 +
Toutes zones	F D1 +	F D2 +	F D3 +	F D4 +	F D5 +	F D6 +	F Total +

Dans le contexte de l'évaluation reposant sur l'approche traditionnelle, l'amélioration des conditions de déplacement entre chaque zone i et chaque zone j conduit à l'apparition de déplacements supplémentaires sur chaque liaison (induction du nombre de déplacements). Qu'il s'agisse des liaisons elles-mêmes ou du total, le nombre de déplacements est ainsi supérieur au bout de quelques années à celui observé avant la mise en service de l'infrastructure de transport ou le jour de son ouverture.

Tableau T2 : distribution spatiale des temps de déplacement par liaison ij quelques années après la mise en service d'une nouvelle infrastructure de transport

$\begin{smallmatrix} D \\ O \end{smallmatrix}$	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Toutes zones
Zone 1	T 11 --	T 12 --	T 13 --	T 14 --	T 15 --	T 16 --	T O1 --
Zone 2	T 21 --	T 22 --	T 23 --	T 24 --	T 25 --	T 26 --	T O2 --
Zone 3	T 31 --	T 32 --	T 33 --	T 34 --	T 35 --	T 36 --	T O3 --
Zone 4	T 41 --	T 42 --	T 43 --	T 44 --	T 45 --	T 46 --	T O4 --
Zone 5	T 51 --	T 52 --	T 53 --	T 54 --	T 55 --	T 56 --	T O5 --
Zone 6	T 61 --	T 62 --	T 63 --	T 64 --	T 65 --	T 66 --	T O6 --
Toutes zones	T D1 --	T D2 --	T D3 --	T D4 --	T D5 --	T D6 --	T Total --

A chaque liaison $O_m D_n$, est attaché un temps de transport (ou un coût généralisé de transport) qui est le même, dans l'approche traditionnelle, que celui observé le jour de l'ouverture, c'est-à-dire qui reste plus faible quelques années après l'ouverture de l'infrastructure qu'avant cette ouverture. Le temps moyen d'un déplacement issu de O_m , pondération sur l'ensemble des liaisons $O_m D_n$, de la probabilité d'accéder à chaque zone D_n à partir de O_m multipliée par le temps de déplacement ou le coût généralisé de déplacement attaché à la liaison $O_m D_n$, est ainsi plus faible en situation 2 qu'en situation 0 puisque la distribution des déplacements, après la mise en service de l'infrastructure, est supposée ne pas changer. Seul augmente le nombre de déplacements sur

chaque liaison. Le temps total des déplacements issus de i est obtenu en multipliant le temps associé à un déplacement par le nombre de déplacements issus de i , N_i , (ou F_{O_i}). Le temps total est donc lui-même encore plus faible en situation 2 qu'en situation 1 puisque le nombre de déplacements concernés a augmenté (induction).

La valorisation de l'infrastructure de transport est obtenue en faisant la demi-somme des gains de temps (ou plus généralement de coût généralisé) obtenus en situation 1 (le jour de l'ouverture de l'infrastructure de transport) et en situation 2 (après quelques années de mise en service avec prise en compte de l'induction du nombre de déplacements).

Discussion :

La méthode d'évaluation préconisée dans l'approche traditionnelle se heurte à une difficulté sérieuse. Aucune enquête globale de transport effectuée en Île de France ou dans les principales métropoles françaises n'a fait apparaître d'augmentation du nombre de déplacements par personne sur de très longues périodes d'observation. En Île de France, la période d'observation va de 1973 à 2010. Le nombre de déplacements par personne est de 3,49 en 1973, 3,47 en 1983, 3,49 en 1991, 3,50 en 2001 et 3,53 en 2010. La variation est d'à peine 1%. Pourtant au cours de cette période, tout le réseau du RER a été créé. Les aéroports ont été étendus. Des lignes ferrées à grande vitesse ont été mises en service. Un puissant réseau autoroutier a été construit. Ces observations ont été faites non seulement au cœur de la capitale à Paris mais également dans les zones les plus rurales de la Seine et Marne, au sein de territoires à dominante agricole qui ont même tendance à se dépeupler.

Le temps par personne consacré aux déplacements est également d'une constance remarquable. La durée moyenne d'un déplacement motorisé est de 29 minutes en 1973, 28 minutes en 1983, 29 minutes en 1991, 29 minutes en 2001 et 31 minutes en 2010.

Le département économie trafic de Cofiroute qui a analysé l'évolution du nombre de déplacements par personne à l'ouverture d'autoroutes interurbaines n'a, de son côté, jamais détecté de création de déplacements supplémentaires.

Le principe de l'induction d'un nombre de déplacements supplémentaires à l'ouverture d'une infrastructure de transport appliqué par les services d'évaluation du ministère de l'équipement et des transports et désormais du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, est ainsi mis en défaut quand on analyse les résultats des enquêtes de transport effectuées depuis plus de 30 ans. Il en est de même pour le principe de la réduction des durées de déplacement.

Il convient donc de se poser la question : pourquoi en est-il ainsi ? Peut-on expliquer les phénomènes observés ? Peut-on trouver une méthode d'évaluation compatible avec les résultats des enquêtes ?

Indépendamment de cette interrogation et pour en conforter la nécessité, il faudrait que les services du ministère engagent des analyses des résultats des enquêtes nationales transport et communication effectuées en 1967, 1974, 1982, 1994 et 2008, pour s'assurer que les observations faites par les responsables des enquêtes globales de transport au sein des grandes régions métropolitaines et par le département économie trafic de Cofiroute sur des autoroutes interurbaines sont bien conformes à leurs propres analyses.

1.3.3.3.2 Méthode d'évaluation reposant sur la méthode de valorisation de l'accessibilité aux territoires associée à la prise en compte de l'induction des portées de déplacement

On peut reprendre l'exemple de la réalisation d'un ouvrage de franchissement d'une rivière qui améliore les conditions d'échanges entre les deux rives par rapport aux services rendus par un ouvrage existant et identifier comment la méthode de valorisation de l'accessibilité s'applique dans ce cas de figure.

Le raisonnement comporte également deux temps :

- Premier temps : la méthode d'évaluation au moment de l'ouverture de l'ouvrage est identique à celle appliquée traditionnellement.

A la mise en service du nouveau pont, les usagers qui, sur une période de temps donné (un jour, un mois, une année) se rendent d'un point A situé sur l'une des rives à un point B situé sur l'autre rive en effectuant N_{AB} déplacements, gagnent du temps et réduisent également leur dépense monétaire. Pour le nombre N_{AB} des déplacements effectués sur la période considérée, un bénéfice B_{AB} est ainsi identifié qui est évalué sous la forme de la multiplication du nombre N_{AB} de déplacements effectués par l'économie réalisée sur chaque déplacement E_{AB} .

On a: $B_{AB} = N_{AB} \times E_{AB}$

- Deuxième temps : la méthode d'évaluation au cours du deuxième temps est profondément différente de celle appliquée traditionnellement. Cette méthode est conforme aux observations faites au cours des enquêtes de transport.

Quelques mois, quelques années après la mise en service de l'ouvrage, compte tenu des facilités de déplacement améliorées offertes, l'usager va avoir la possibilité, à temps de transport invariant, d'effectuer de nouveaux choix de destinations. L'existence du pont va lui permettre d'accéder, dans le temps de transport qui était le sien avant la mise en service de l'ouvrage, à de nouvelles destinations plus lointaines en distance mais identiques en temps de déplacement. Le nombre de déplacements entre le point A et le point B ne va pas augmenter. Tout au contraire, il va baisser au profit de nouveaux déplacements qui vont apparaître entre le point A et un point C plus éloigné où l'usager pourra atteindre une destination lui offrant plus de satisfaction.

Au total, le bénéfice de temps B_{AB} qu'il avait enregistré à la mise en service de l'ouvrage va disparaître au profit d'un phénomène nouveau, celui de l'induction de portées de déplacement améliorées conduisant à des portées de déplacement plus élevées dans le temps 2 que dans le temps 1 permettant au résident de satisfaire, dans un temps de transport donné, des attentes mieux adaptées à ses besoins.

On ne pourra plus tenir un raisonnement portant sur des gains de temps E_{AB} ou des déplacements nouveaux ΔN_{AB} , entre A et B, éléments qu'aucune enquête de transport n'a observés mais sur un concept lié à la satisfaction que le résident retire d'une meilleure adéquation des biens auxquels il peut accéder par rapport à ses attentes dans un temps de transport donné.

A économie de temps E_{AB} invariant, il bénéficiera d'une utilité supplémentaire U_A associée au nombre de biens et services entre lesquels il pourra effectuer un choix à partir de son lieu de départ A.

L'utilité qu'il aura retirée de ce meilleur appariement aura purement et simplement remplacé le bénéfice du temps gagné observé au moment de la mise en service du pont. Cette utilité liée à l'appariement sera d'ailleurs supérieure à la valeur des gains de temps observés à la mise en service du pont. C'est ce qui explique qu'il donnera la priorité à l'appariement aux dépens des gains de temps. Il n'aura pas besoin, pour effectuer ce transfert, de prendre en considération d'éventuelles activités supplémentaires qui se seraient implantées après la mise en service du pont. Ce type d'implantations nouvelles n'interviendra que bien plus tard. L'appariement dont il tirera avantage dès l'ouverture de l'ouvrage est celui s'appliquant aux activités existantes.

Pour bien comprendre le phénomène à l'œuvre, il faut alors raisonner sur plusieurs zones au sein desquelles sont localisés les biens et services existants convoités.

Nous allons illustrer les phénomènes à l'œuvre en prenant le cas précédemment traité de 6 zones reliées par un réseau d'infrastructures de transport permettant les échanges entre chacune de ces 6 zones, ce qui conduit à 36 combinaisons.

Dénotons, comme précédemment, par :

- F0, F1 et F2 les tableaux des flux de déplacements entre ces six zones, avant la réalisation d'une nouvelle infrastructure de transport (F0), à l'ouverture de cette infrastructure (F1) ou quelques années après l'ouverture (F2)
- T0, T1, T2 les tableaux des temps de parcours entre ces 6 zones, avant la réalisation d'une nouvelle infrastructure de transport (T0), à l'ouverture de cette infrastructure (T1) ou quelques années après l'ouverture (T2).

Dans l'approche de la valorisation de l'accessibilité aux biens et services convoités au sein des 6 zones, la structure des résultats obtenus évolue comme suit en fonction des étapes 0 (avant la réalisation de l'infrastructure), 1 (à l'ouverture de l'infrastructure) et 2 (quelques années après l'ouverture).

Etape 0 : Avant réalisation de l'infrastructure et Etape 1 : A la mise en service de l'infrastructure

Au cours des étapes 0 et 1, les valeurs obtenues sont identiques à celles résultant de l'application de la méthode traditionnelle. On ne reproduira donc pas ici les tableaux correspondants F0, T0, F1, T1 qui sont les mêmes.

Etape 2 : Quelques années après la mise en service de l'infrastructure

Par contre, au cours de l'étape 2, la distribution spatiale des déplacements par liaison ij et la distribution spatiale des temps de déplacement est profondément différente. Les déplacements, à nombre total identique et à temps de transport identique, se reconfigurent, les déplacements de faible portée s'atténuant au profit des déplacements de longue portée.

Tableau F2 : distribution spatiale du nombre de déplacements par liaison ij quelques années après la mise en service d'une nouvelle infrastructure de transport.

$\begin{matrix} D \\ O \end{matrix}$	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Toutes zones
Zone 1	F 11 - -	F 12 -	F 13 +	F 14 ++	F 15 +++	F 16 ++++	F O1
Zone 2	F 21 -	F 22 - -	F 23 -	F 24 +	F 25 ++	F 26 +++	F O2
Zone 3	F 31 +	F 32 -	F 33 - -	F 34 -	F 35 +	F 36 ++	F O3
Zone 4	F 41 ++	F 42 +	F 43 -	F 44 - -	F 45 -	F 46 +	F O4
Zone 5	F 51 +++	F 52 ++	F 53 +	F 54 -	F 55 - -	F 56 -	F O5
Zone 6	F 61 ++++	F 62 +++	F 63 ++	F 64 +	F 65 -	F 66 - -	F O6
Toutes zones	F D1	F D2	F D3	F D4	F D5	F D6	F Total

Dans le contexte de la valorisation de l'accessibilité aux biens et services, les déplacements à très faible portée de type $O_1 D_1$, $O_2 D_2$, $O_3 D_3$, $O_4 D_4$, $O_5 D_5$, $O_6 D_6$, c'est-à-dire situés sur la diagonale 1-1 à 6-6 baissent fortement, ceux à faible portée de type $O_1 D_2$, $O_2 D_3$, $O_3 D_4$, $O_4 D_5$, $O_5 D_6$ ou $O_2 D_1$, $O_3 D_2$, $O_4 D_3$, $O_5 D_4$, $O_6 D_5$, c'est-à-dire encadrant la diagonale 1-1 à 6-6, baissent plus modérément, les déplacements à moyenne portée de type $O_1 D_3$, $O_2 D_4$, $O_3 D_5$, $O_4 D_6$ ou $O_3 D_1$, $O_4 D_2$, $O_5 D_3$, $O_6 D_4$ ne varient pas ou peu, les déplacements à plus grande portée de type $O_1 D_4$, $O_2 D_5$, $O_3 D_6$ ou $O_4 D_1$, $O_5 D_2$, $O_6 D_3$ augmentent en volume, les déplacements de grande portée de type $O_1 D_5$, $O_2 D_6$ ou $O_5 D_1$, $O_6 D_2$ augmentent fortement en volume et enfin les déplacements de très grande portée de type $O_1 D_6$ ou $O_6 D_1$ augmentent très fortement. Au total le nombre de déplacements issus de chaque zone origine O_i ne varie pas. Il en est de même pour le nombre de déplacements ayant comme destination une zone j . On retrouve bien en dernière colonne et en dernière ligne du tableau les valeurs observées au temps 1 ainsi d'ailleurs qu'au temps 0. Il n'y a donc pas d'induction de déplacements. Le contenu de ce tableau est ainsi très différent de celui pris en considération dans l'approche traditionnelle car il respecte le principe observé dans les enquêtes de transport de la stabilité du nombre de déplacements émis ou attirés par zone et donc également le principe de la stabilité du nombre de déplacements émis ou attirés totaux.

Tableau T2 : distribution spatiale des temps de déplacement par liaison ij quelques années après la mise en service d'une nouvelle infrastructure de transport

$\begin{matrix} D \\ O \end{matrix}$	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Toutes zones
Zone 1	T 11 - - -	T 12 - -	T 13 -	T 14 +	T 15 ++	T 16 +++	T O1
Zone 2	T 21 - -	T 22 - - -	T 23 - -	T 24 -	T 25 +	T 26 ++	T O2
Zone 3	T 31 -	T 32 - -	T 33 - - -	T 34 - -	T 35 -	T 36 +	T O3
Zone 4	T 41 +	T 42 -	T 43 - -	T 44 - - -	T 45 - -	T 46 -	T O4
Zone 5	T 51 ++	T 52 +	T 53 -	T 54 - -	T 55 - - -	T 56 - -	T O5
Zone 6	T 61 +++	T 62 ++	T 63 +	T 64 -	T 65 - -	T 66 - - -	T O6
Toutes zones	T D1	T D2	T D3	T D4	T D5	T D6	T Total

Les temps de déplacement sur les liaisons à très faible portée s'atténuent fortement du fait de la réduction du nombre de déplacements et également de la réduction du temps consacré à chaque déplacement, les temps de déplacement sur les liaisons à faible portée s'atténuent assez fortement du fait de ce double effet, les

temps de déplacement sur les liaisons à moyenne portée baissent encore en dépit de la stabilité du nombre de déplacements car chaque déplacement est plus rapide, les temps de déplacement sur les liaisons à plus grande portée augmentent car la baisse du temps de déplacement unitaire est plus que compensé par l'augmentation du nombre de déplacements. Le phénomène d'augmentation des temps de déplacement s'accroît dans le cas des déplacements de grande et très grande portée en dépit de la réduction du temps de déplacement unitaire.

Au total, la durée totale des déplacements retrouve sa valeur d'origine, celle d'avant la mise en service de l'infrastructure nouvelle.

Par zone d'origine aussi bien que par zone de destination, le temps total de déplacement est également invariant. On trouve les mêmes valeurs dans la colonne de droite et dans la ligne du bas du tableau T2 que dans celles du tableau T0.

Les modèles d'évaluation de la distribution des déplacements récents respectent cette stabilité du nombre de déplacements et celle des durées de déplacement par personne.

Il n'existe donc aucun bénéfice à comptabiliser au titre des économies de temps (ou plus généralement de coût généralisé de déplacement) car il n'y en a pas, ce que confirment les enquêtes de transport.

L'utilité créée provient d'un phénomène différent. Elle provient de l'impact positif découlant des relations d'appariement qui progressent et que l'on sait évaluer en appliquant la théorie des choix discrets aux biens convoités plus nombreux auquel l'utilisateur peut accéder quelques mois ou quelques années après la mise en service de l'infrastructure de transport aux dépens des gains de temps observés à l'ouverture de l'infrastructure.

C'est bien la valorisation de l'accessibilité qui explique le comportement de l'utilisateur. La valorisation de l'accessibilité ne peut pas être déterminée liaison par liaison. Elle ne peut l'être que par zone émettrice ou par zone réceptrice.

Le tableau T2, dont les gains de temps s'effacent, laisse ainsi la place à un tableau U2, celui de l'utilité liée à l'amélioration de l'accessibilité dont les valeurs liées à chaque zone origine ou à chaque zone de destination des déplacements peuvent être calculées.

Tableau U2 : utilité des destinations convoitées après la mise en service d'une infrastructure de transport structurante

D O	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Toutes zones
Zone 1							U2 O1
Zone 2							U2 O2
Zone 3							U2 O3
Zone 4							U2 O4
Zone 5							U2 O5
Zone 6							U2 O6
Toutes zones	U2 D1	U2 D2	U2 D3	U2 D4	U2 D5	U2 D6	U2 Total

Pour obtenir l'augmentation d'utilité vis-à-vis de la situation où l'infrastructure nouvelle n'est pas réalisée, il faut comparer l'utilité calculée après mise en service de l'infrastructure, zone d'origine par zone d'origine ou zone de destination par zone de destination, à l'utilité calculée, également zone d'origine par zone d'origine ou zone de destination par zone de destination, en situation U0 avant mise en service de l'infrastructure.

Tableau U0 : utilité des destinations convoitées avant la mise en service d'une infrastructure de transport structurante

D O	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Toutes zones
Zone 1							U0 O1
Zone 2							U0 O2
Zone 3							U0 O3
Zone 4							U0 O4
Zone 5							U0 O5
Zone 6							U0 O6
Toutes zones	U0 D1	U0 D2	U0 D3	U0 D4	U0 D5	U0 D6	U0 Total

La différence entre la dernière colonne du tableau U2 et la dernière colonne du tableau U0 donne la création de valeur associée à la réalisation de l'infrastructure nouvelle quelques années après sa mise en service. On trouve un résultat équivalent en calculant la différence entre la dernière ligne du tableau U2 et la dernière ligne du tableau U0.

Le nombre de déplacements totaux par zone émettrice ou par zone de destination reste inchangé de même que les temps de déplacement par zone émettrice ou par zone de destination. On observe transitoirement des gains de temps à l'ouverture de l'infrastructure, gains qui disparaissent au profit de l'appariement et des gains d'utilité qui y sont associés que l'on peut calculer grâce à la théorie des choix discrets. De fait, les résidents mettent en pratique la théorie des choix discrets en élargissant leurs univers de choix, à nombre de déplacements et temps de déplacement inchangés.

Discussion :

La méthode d'évaluation reposant sur la valorisation de l'accessibilité aux territoires, associée à l'induction des portées de déplacement, est totalement compatible avec les observations faites au cours des enquêtes de transport.

Il n'y a pas induction de déplacements nouveaux mais induction de portées améliorées, ce qui explique l'augmentation du nombre de personnes kilomètres enregistrés à l'ouverture d'une infrastructure nouvelle.

De plus, le temps de transport ne varie pas, ce qui est également un des grands résultats observés lorsqu'on exploite les enquêtes globales de transport telles que celles effectuées en Île de France qui sont les plus emblématiques.

L'appariement entre les résidents et les activités qu'ils convoient pour produire des biens ou pour en consommer de même que l'appariement entre les résidents et les zones naturelles diversifiées auxquelles ils peuvent accéder dans un temps de transport donné expliquent les augmentations de productivité et celles de bien-être observées. Ce concept qui relève très largement du bon sens permet d'introduire des évaluations respectant les comportements observés des résidents. Il constitue de ce fait un précieux facteur de cohérence.

1.3.3.4 Rentabilité marginale d'une infrastructure de transport et rentabilité globale d'un projet d'aménagement

Dès qu'on évoque la méthode d'évaluation d'une infrastructure de transport grâce à la valorisation de l'accessibilité aux biens convoités, la question que se posent de nombreux observateurs est la suivante :

Quelle est la part de cette évaluation qui revient à l'infrastructure de transport elle-même et quelle la part qui revient à d'autres infrastructures que l'on réalise lorsqu'on développe un projet d'aménagement comportant les biens convoités pris en considération dans l'évaluation de l'infrastructure de transport ?

En fait, ce type de questionnement provient du fait que l'on confond souvent le temps 2 des interactions entre les territoires et les transports, celui des appariements entre compétences des résidents et activités ou entre résidents et espaces naturels, et le temps 3 de ces interactions, celui visant à déterminer les tendances d'urbanisation, les évolutions du patrimoine bâti résidentiel ou d'activité.

1.3.3.4.1 Rentabilité marginale d'une infrastructure de transport

Lorsqu'on évalue une infrastructure de transport, on se situe exclusivement dans le temps 1, celui des gains de temps, en approche traditionnelle, ou dans le temps 2, celui de l'appariement économique ou environnemental, en approche valorisation de l'accessibilité.

Dans les deux cas, l'évaluation s'effectue à patrimoine résidentiel et d'activité donné.

On se place de ce fait dans un contexte d'évaluation marginaliste.

Seul le réseau d'infrastructures de transport évolue. Aucun emploi nouveau n'est créé, aucune résidence nouvelle n'est bâtie. Aucun réseau d'assainissement, de fibre optique ou de tout ce qui est nécessaire à la desserte d'un patrimoine urbain nouveau n'est réalisé. Seuls varient dans l'étape 1, les gains de temps, et dans l'étape 2, les gains d'accessibilité qui prennent le relais des gains de temps, sans qu'aucun autre facteur évolue. On évalue bien l'infrastructure de transport et elle seule. C'est une situation classique d'évaluation à la « marge ». Dans ce contexte, l'utilité liée à l'accessibilité ne bénéficie pas d'un régime différent de celui des gains de temps.

C'est bien la totalité de l'amélioration de l'utilité liée à l'accessibilité qui est à prendre en considération, tous autres facteurs étant égaux par ailleurs.

1.3.3.4.2 Rentabilité globale d'un projet d'aménagement

Si par contre on souhaite comparer deux situations, la première comportant une situation patrimoniale donnée au temps T0 et la deuxième comportant une situation patrimoniale différente au temps T1, avec des emplois nouveaux, des résidences nouvelles et les infrastructures d'eau, d'assainissement, d'énergie, de communications qui leur sont associés, il faut procéder différemment. On n'est plus en situation d'évaluation marginale mais en situation d'évaluation moyenne.

Il faut alors associer l'étape 2, celle de l'appariement économique et environnemental à patrimoine donné, c'est-à-dire à emplois et résidences donnés, à l'étape 3, celle de la détermination de l'évolution du patrimoine résidentiel et d'activité lui-même. On fait pour cela appel aux modèles Luti (Land use transport interaction) qui permettent de déterminer les tendances d'urbanisation.

On peut dès lors calculer l'utilité liée à l'accessibilité au temps T0, puis appliquer un modèle Luti pour déterminer la situation des emplois et des résidences au temps T1 et déterminer l'utilité liée à l'accessibilité dans cette nouvelle configuration T1. On peut ainsi évaluer la différence entre l'utilité calculée au temps T0 et celle calculée au temps T1 mais il faut, dans ce cas de figure, comparer la progression de l'utilité à l'ensemble des investissements réalisés, non seulement ceux des infrastructures de transport mais également ceux relatifs à tous les types de réseaux nécessaires à la satisfaction des besoins des nouveaux emplois et de la nouvelle population. On est dans une structure d'évaluation globale et non plus marginale.

C'est à ce deuxième cas de figure que pensent les responsables qui évoquent la part de l'utilité revenant à l'infrastructure de transport proprement dite et celle revenant aux autres infrastructures de viabilisation d'un territoire en vue de son urbanisation. On n'est plus alors dans le cadre de l'évaluation marginaliste d'une infrastructure de transport, tous autres facteurs étant constants par ailleurs, mais dans celle d'une évaluation globale d'un projet d'aménagement comportant d'autres investissements que ceux strictement de transport.

1.3.3.5 Valeurs tutélaires du temps de déplacement ou valeurs réelles

Lorsqu'une infrastructure de transport est mise en service, l'utilité :

$$U = E(W) = C_{0i}/\alpha \text{ Log } \sum_j e^{-\alpha C_{ij}/C_{0i}},$$

telle que définie en application de la théorie des choix discrets de Daniel McFadden, évolue.

Rappelons que, dans le libellé précédent, C_{0i} est la valeur stricte d'une heure de déplacement, c'est-à-dire hors dépenses monétaires associées. Dans le cas des déplacements domicile travail, C_{0i} est égal à $2/3$ de W_{0i} , salaire horaire de l'actif se rendant sur son lieu de travail et en en revenant.

Précisons également que l'utilité peut s'écrire :

$$U = E(W) = C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ} \text{Log} \sum_j e^{-\alpha^{\circ} C_{ij}/C_{0i}^{\circ}},$$

formule dans laquelle C_{0i}° représente la valeur généralisée d'une heure de déplacement de l'actif se rendant au travail et en revenant, c'est-à-dire dépenses monétaires moyennes incluses. C_{0i}° est égal en moyenne à $3/2 C_{0i}$. Comme C_{0i} est de son côté égal à $2/3$ du salaire horaire de l'actif, C_{0i}° est en fait égal au salaire horaire de l'actif, W_{0i} . Il y a ainsi identité entre C_{0i}° et W_{0i} .

Lorsque le temps est caractérisé par $C_{0i}^{\circ} = W_{0i}$, α prend la valeur $\alpha^{\circ} = 3/2 \alpha$. Le rapport $C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}$ est donc égal à C_{0i}/α .

La formule de l'utilité :

$$U = E(W) = C_{0i}/\alpha \text{Log} \sum_j e^{-\alpha C_{ij}/C_{0i}} \text{ ou } U = E(W) = C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ} \text{Log} \sum_j e^{-\alpha^{\circ} C_{ij}/C_{0i}^{\circ}} \text{ comporte deux termes :}$$

$$X = C_{0i}/\alpha = C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ} \text{ et } Y = \text{Log} \sum_j e^{-\alpha C_{ij}/C_{0i}} = \text{Log} \sum_j e^{-\alpha^{\circ} C_{ij}/C_{0i}^{\circ}}$$

Si on fait l'hypothèse que chacun de ces deux termes varie lorsqu'on met en service l'infrastructure, le produit lui-même varie, selon l'algorithme suivant :

$$\Delta(X.Y) = X.\Delta Y + Y.\Delta X.$$

Cette formulation conduit à un débat qui fait apparaître un clivage entre deux stratégies : la stratégie des responsables qui affirment : C_{0i} , valeur stricte d'une heure de temps de déplacement pour aller au travail ou en revenir (soit $2/3$ du salaire horaire de l'actif), est invariante, quelle que soit la localisation i de l'actif, et la stratégie des responsables (plutôt des économistes) qui disent que la valeur de C_{0i} (soit $2/3$ du salaire horaire de l'actif) dépend de la localisation de l'actif.

On peut transposer ce clivage en disant, dans le cas de la prise en compte de C_{0i}° , valeur généralisée d'une heure de déplacement : le débat fait apparaître un clivage entre deux stratégies : la stratégie des responsables qui affirment : C_{0i}° , valeur généralisée d'une heure de temps de déplacement pour aller au travail ou en revenir (équivalent au salaire horaire de l'actif), est invariante, quelle que soit la localisation i de l'actif, et la stratégie des responsables (plutôt des économistes) qui disent que la valeur de C_{0i}° (équivalent au salaire horaire de l'actif) dépend de la localisation de l'actif.

1.3.3.5.1 Stratégie des valeurs tutélaires des temps de déplacement

Les tenants de la première approche développent l'argumentation suivante: pour des raisons politiques, on attribue une même valeur au temps de transport, quel que soit le territoire concerné. Dans ce cas, le coefficient C_{0i} ou C_{0i}° étant invariant, seul le terme $X.\Delta Y$ doit être pris en considération dans l'évaluation marginaliste d'une infrastructure de transport. Le terme $Y.\Delta X$ n'existe pas par suite de la décision politique prise de la stabilité de la valeur horaire du déplacement. La politique prévaut sur l'économique. Mais dans ce cas, on fait abstraction du terme $Y.\Delta X$ qui pèse en moyenne la moitié du terme $X.\Delta Y$. L'évaluation obtenue est de ce fait inférieure d'environ un tiers à celle que donnent les gains de temps à l'issue de l'étape 1. (On peut toutefois faire remarquer qu'une exception est faite pour l'Île de France qui dispose d'une valeur tutélaire spécifique. Est-il cohérent de prévoir cette exception, si la stratégie de l'équité territoriale est celle qui prévaut politiquement sur tout le territoire ?)

1.3.3.5.2 Stratégie des valeurs réelles des temps de déplacement

Les tenants de la deuxième approche développent l'argumentation suivante : toutes les observations de l'Insee montrent que le salaire horaire de l'actif est fortement lié à sa localisation géographique. On dispose d'algorithmes validés depuis 40 ans qui permettent de reconstituer et donc de prévoir, à 10% près, les valeurs de ces salaires horaires en fonction de la localisation de l'actif concerné et des conditions d'accessibilité de l'actif aux emplois convoités. Ces algorithmes sont de plus validés par des études ex post qui permettent, à l'ouverture d'une infrastructure nouvelle, de retrouver les augmentations salariales annoncées. Il n'est donc pas économiquement justifié de se priver de cette information permettant de donner une valeur au terme $Y.\Delta X$.

L'équité territoriale, qui est un choix politique, tout-à-fait légitime, relève en fait d'une deuxième étape dans l'évaluation, celle qui vise à déterminer le montant et les modalités des transferts financiers à mettre en œuvre pour satisfaire la recherche de l'équité territoriale ?

Il convient, dans cette deuxième approche, de considérer que le facteur C_{0i} (ou C_{0i}°), qui est proportionnel (ou identique) à un salaire, varie avec la localisation de l'actif concerné et varie lui-même en fonction de la mise en service de l'infrastructure étudiée. Il y a bien un terme $Y.\Delta X$ qu'il est nécessaire de prendre en considération. Supposer que C_{0i} (ou C_{0i}°) est constant revient dans la pratique à nier toute réalité à l'économie géographique et à figer les recherches dans un domaine en plein épanouissement au plan international.

1.3.3.6 Intérêt d'évaluer l'utilité brute des destinations convoitées et de la dissocier des coûts généralisés de transport

L'utilité nette, telle qu'obtenue, en appliquant au domaine des transports la théorie des choix discrets définie par Daniel McFadden, est tout à fait pertinente.

Elle est toutefois le résultat de la conjugaison de deux phénomènes, l'utilité brute associée aux biens convoités Q_j à la destination j , qui est le moteur du déplacement, et le coût généralisé du déplacement C_{ij} pour se rendre de i en j qui est l'effort, en temps et en argent, à accomplir pour se rendre en j .

Il n'y aurait pas d'utilité nette sans utilité brute. Il y a donc tout intérêt à individualiser, dans l'utilité nette, sa composante utilité brute.

Dans les cas simples présentés au sous chapitre 1.2.2, relatifs d'une part au cas de 4 itinéraires de coût généralisé identique, d'autre part au cas de 100 biens convoités situés dans une zone de destination j , reliée à une zone résidentielle i par un seul itinéraire de coût généralisé C_{ij} , on peut clairement identifier le facteur positif lié à la valorisation des choix potentiels d'itinéraires ou de biens convoités, et le facteur négatif lié au coût généralisé de transport.

On a, dans le premier cas :

$$S_{ij} = \mu \text{ Log } 4 - C_{ij}$$

$$S_{ij} = \mu \text{ Log } 4 \text{ (utilité brute)} - C_{ij} \text{ (coût généralisé de déplacement)}$$

On a, dans le deuxième cas :

$$S_{ij} = \lambda \text{ Log } 100 + W_j^{\circ} - C_{ij}$$

$$S_{ij} = (\lambda \text{ Log } 100 + W_j^{\circ}) \text{ (utilité brute)} - C_{ij} \text{ (coût généralisé de déplacement)}$$

Le terme positif est, pour les 4 itinéraires : $\mu \text{ Log } 4$, et, pour les 100 biens convoités, $\lambda \text{ Log } 100 + W_j^{\circ}$.

On peut donc, dans ces cas simples, isoler le « bon grain de l'ivraie ».

Le bon grain, ou utilité brute, est égal à la somme de l'utilité nette et du coût généralisé de transport. L'utilité nette est la différence entre l'utilité brute et le coût généralisé de transport.

En général, l'utilité nette comporte, sauf dans les cas simples comme ceux présentés en 1.2.2, un mélange étroitement imbriqué d'appariements économiques et de coûts généralisés de déplacement. On ne peut donc isoler simplement « le positif du négatif ».

On peut toutefois identifier une utilité brute (le positif), nécessaire à la bonne compréhension des conditions de fonctionnement des réseaux de transport desservant des territoires, en ajoutant à l'utilité nette des déplacements effectués par un résident à partir d'une zone i , calculée selon la formule de Daniel McFadden, le coût généralisé de déplacement (le négatif) associé à ce résident pour ses différents motifs de déplacement.

Il faut, dans ce cas, procéder séparément, pour chaque zone émettrice, au calcul de l'utilité nette induite par l'accessibilité aux biens convoités et au calcul du coût généralisé de déplacement lié à cette accessibilité.

Lorsqu'on dispose d'outils d'évaluation puissants, on peut procéder à ce double calcul et en déduire l'utilité brute sans faire d'hypothèse préalable sur la stabilité moyenne des temps de déplacement.

Les modèles reposent sur le calcul d'une probabilité de déplacement de type :

$$p_{ij} = Q_j e^{-\alpha C_{ij}/C_{0i}} / \sum_j Q_j e^{-\alpha C_{ij}/C_{0i}} = Q_j e^{-\alpha^\circ C_{ij}/C_{0i}^\circ} / \sum_j Q_j e^{-\alpha^\circ C_{ij}/C_{0i}^\circ},$$

Ils permettent de calculer les tableaux des probabilités de déplacement entre toute zone émettrice m et toute zone de destination n avant la mise en service d'une infrastructure de transport aussi bien qu'après sa mise en service.

Lorsqu'on se situe dans une optique d'évaluation à destinations inchangées, du type premier temps des interactions entre les territoires et les transports, les probabilités de déplacement entre origines et destinations sont bloquées et seules sont calculées les variations de coûts généralisés (ou de temps) de transport entre origines et destinations.

Lorsqu'on se situe dans une optique d'évaluation à probabilités de liaisons variables entre zones m et n et à temps de transport par zone inchangé, du type deuxième temps des interactions entre territoires et transports, les destinations sont laissées libres. On constate dans ce cas que les temps de déplacement « avant » et « après » mise en service d'une infrastructure de transport évalués par les modèles récents sont très stables. C'est notamment ce qui a été observé dans le cas de l'évaluation du projet Eole en Île de France.

Dans ce cas, on peut calculer les coûts généralisés de déplacement entre toute zone origine et toute zone de destination, ce qui conduit à déterminer un coût généralisé moyen C_i d'un déplacement issu de chaque zone origine i et à évaluer simultanément l'utilité nette S_i d'un déplacement issu de chaque zone émettrice i .

En additionnant S_i et C_i , on obtient l'utilité brute U_i d'un déplacement issu de chaque zone émettrice i , ce qui permet d'identifier l'intérêt que représentent les biens et services convoités dans les zones de destination j entourant la zone origine i .

C'est cette utilité brute qui, nous le verrons au chapitre 2.1, est corrélée à des données économiques profondes telles que des suppléments de salaire par rapport aux territoires isolés, pour les déplacements domicile travail, ou à des suppléments de valeur ajoutée, pour tous les déplacements à vocation économique.

Cette approche enrichit beaucoup l'approche traditionnelle de l'évaluation des infrastructures de transport, en ne se limitant pas à l'évaluation des facteurs négatifs, temps et dépenses monétaires associés aux déplacements, mais en introduisant l'aspect positif, celui de l'intérêt spécifique des biens et services recherchés à l'occasion de ces déplacements. Il s'agit des aspects moteurs, ceux qui, faute de méthodes d'évaluation adaptées, sont traditionnellement passés sous silence, ce qui affaiblit les justifications des grandes infrastructures de transport.

Il est recommandé aux services d'études du ministère et aux bureaux d'études privés d'élargir ainsi l'approche qu'ils mettent en œuvre pour justifier les projets d'infrastructures de transport.

Dans la suite de la présente réflexion, l'accent sera mis également, pour évaluer l'utilité brute des déplacements, sur une approche plus simplifiée, reposant principalement sur le concept de nombre de biens et services accessibles dans un temps de transport donné.

Cela implique de passer du concept de coût généralisé de transport à celui de temps de transport au sein des territoires desservis par des systèmes de transport arrivés à maturité.

Cette méthode a l'avantage de mettre en évidence la stabilité moyenne des temps de déplacement, largement observée dans les enquêtes globales de transport.

Elle présente de plus l'intérêt d'introduire la notion de zone de chalandise, très bien ressentie par les architectes urbanistes et les aménageurs ainsi que par les élus responsables du développement de leurs territoires. Cela permet également de procéder à des visualisations dont le caractère pédagogique est évident.

Cela facilite enfin les échanges d'information entre les responsables de la direction générale des infrastructures, des transports et de la mer et celle de l'aménagement, du logement et de la nature.

C'est sur cette approche que l'accent sera principalement mis dans les sous chapitres suivants, tout en se rappelant qu'on peut toujours, en fonction des moyens dont on dispose, recourir aux calculs les plus complets.

1.3.4 Comparaison des méthodes d'évaluation d'une infrastructure de transport reposant sur la théorie des choix discrets de Daniel McFadden et sur celle des gains de coûts généralisés

On peut légitimement se poser la question de savoir si l'application de la théorie des choix discrets de Daniel McFadden donne, lorsqu'on évalue une infrastructure de transport, des résultats différents ou non de ceux obtenus en calculant les gains de coûts généralisés de transport à l'ouverture de l'infrastructure, complétés par les gains de coûts généralisés appliqués, quelques temps après l'ouverture, aux déplacements induits selon l'approche traditionnelle.

Il est certain qu'en application de la théorie des choix discrets, les gains de temps observés à l'ouverture d'une voie disparaissent au bout de 3 à 4 ans au profit des fonctions d'appariement. Les fonctions d'appariement induisent des augmentations de portées de déplacement, à nombre de déplacements et temps de déplacement inchangés, et non des augmentations du nombre des déplacements, à portées de déplacement inchangées et temps de déplacement améliorés.

Mais l'évaluation des fonctions d'appariement selon la théorie des choix discrets donne-t-elle ou non des résultats proches de ceux que donne l'approche traditionnelle ? Y-a-t'il en fait transformation d'un phénomène qui a ses propres règles d'évaluation au profit d'un deuxième phénomène qui a également ses règles d'évaluation ? Y-a-t-il une forme de cohérence du type : rien ne se crée, rien ne se perd.

Les caractéristiques de la méthode d'évaluation traditionnelle reposant sur la valorisation des gains de temps ou de coûts généralisés de déplacement et celles de la méthode reposant sur la valorisation de l'accessibilité aux territoires ont été décrites dans le sous-chapitre 1.3.3.3.

Deux comparaisons des résultats obtenus selon les deux approches ont été effectuées :

- par la direction régionale de l'équipement d'Île de France en 1994, sur le projet d'autoroute A16,
- par le Centre d'études technique de l'équipement du Sud-ouest en 2011 sur l'autoroute A65 entre Langon et Pau,

Les résultats de la comparaison sont donnés ci-après :

1.3.4.1 L'autoroute A16 au nord de l'Île de France

Une comparaison a été effectuée par la direction régionale de l'équipement d'Île de France au moment de l'évaluation de l'autoroute A16 au nord-est de l'Île de France.

1 : Dans la méthode d'évaluation reposant sur les coûts généralisés de transport, une première étape du calcul a porté sur les gains conventionnels de coûts généralisés, en appliquant la réduction des coûts unitaires kilométriques induits par le projet d'autoroute aux flux des déplacements avant l'ouverture de l'autoroute qui étaient supposés ne pas changer à la mise en service de l'infrastructure. Puis une deuxième étape du calcul a porté sur les gains conventionnels de coûts généralisés en appliquant la réduction des coûts unitaires kilométriques induits par le projet d'autoroute aux flux des déplacements quelque temps après l'ouverture de l'autoroute, c'est-à-dire en tenant compte de l'induction des portées de déplacement liées à la nouvelle

infrastructure. Il s'agit donc d'une comparaison ne prenant pas en considération strictement l'induction du nombre de déplacements supplémentaires car le modèle de simulation des déplacements utilisé conduisait par construction à un nombre de déplacements stable dans le temps. Toutefois en situation au moment de l'ouverture de l'autoroute et après mise en service de cette autoroute, seul le concept de gains de coûts généralisés de transport a été pris en considération.

Le résultat obtenu est le suivant :

Gains de coût généralisés par rapport aux flux de déplacement prévus à l'ouverture de l'autoroute (identiques aux flux observés avant l'ouverture de l'autoroute) : 2,117 MF/Jour

Gains de coût généralisés par rapport aux flux de déplacement prévus après l'ouverture de l'autoroute (tenant compte de l'augmentation des portées de déplacement à nombre de déplacements inchangé) : 4,195 MF/Jour

Moyenne : 3,156 MF/Jour

2 : Dans la méthode d'évaluation reposant sur la théorie des choix discrets de Daniel McFadden, on calcule directement l'utilité nette avant l'ouverture de l'autoroute et l'utilité nette après l'ouverture de l'autoroute. On en déduit la variation de l'utilité nette. On évalue séparément la variation des coûts généralisés de déplacement en comparant la situation de ces coûts après l'ouverture de l'autoroute et la situation avant l'ouverture. On en déduit la variation de l'utilité brute en additionnant la variation de l'utilité nette et celle des coûts généralisés.

Le résultat obtenu est le suivant :

Gains d'utilité nette : $S^2 - S^1 = 2,905 \text{ MF/Jour}$

Augmentation des coûts généralisés de déplacement : $C^2 - C^1 = 0,858 \text{ MF/Jour}$

Gains d'utilité brute : $U^2 - U^1 = 3,763 \text{ MF/Jour}$

On constate que la moyenne des gains conventionnels de coûts généralisés par rapport aux flux de déplacement avant l'ouverture de l'autoroute et après l'ouverture est très proche des gains d'utilité nette calculés directement en application de la théorie des choix discrets.

Mais il faut remarquer que les gains de coûts généralisés sont réellement conventionnels car, dans la réalité, les coûts généralisés de déplacement augmentent à l'ouverture de l'autoroute. C'est bien la théorie des choix discrets qui explique la croissance de l'utilité liée à la mise en service de l'ouvrage. C'est la croissance des appariements qui induit un gain d'utilité brute de 3763 MF/Jour. En retirant les 0,858 MF/Jour de croissance des coûts généralisés de déplacement, le solde net s'établit à 2,905MF/Jour.

On justifie l'infrastructure par ses effets réels et non par des gains de coûts généralisés de transport découlant d'une simple méthode de calcul. Dans la réalité, les coûts généralisés ne varient que très faiblement ou peuvent même légèrement augmenter.

L'appariement entre les compétences des actifs et les spécificités des emplois de même que l'appariement entre les consommateurs et les fournisseurs de biens et services et enfin l'appariement entre les résidents et les espaces naturels auxquels ils peuvent accéder sont les vrais moteurs des déplacements et les vraies justifications des infrastructures de transport qui les améliorent.

1.3.4.2 L'autoroute A65 Langon Pau

Le Centre d'études techniques du Sud-Ouest, sur demande de la Direction générale des Infrastructures, des transports et de la mer, a procédé en août 2012 à une comparaison de la méthode d'évaluation de l'autoroute A65 sur la base des principes d'évaluation traditionnelle reposant sur le calcul des gains de temps ou de coûts généralisés de déplacement et sur la base de la méthode de valorisation de l'accessibilité aux territoires.

Dans le premier cas, le Centre d'études techniques de l'Equipeement a établi les gains de coûts généralisés à la mise en service de l'autoroute puis déterminé les gains de coûts généralisés quelque temps après sa mise en service en évaluant les déplacements supplémentaires induits, à matrice invariante des temps de déplacement (ou de coûts généralisés) entre zones. Puis la demi-somme des résultats obtenus à l'ouverture de l'autoroute et quelque temps après sa mise en service a été établie.

La méthode de valorisation de l'accessibilité aux territoires avait déjà été mise en œuvre par l'Institut géographique national dans une étude réalisée pour le compte de la Chambre de commerce et d'industrie Pau Béarn, la Direction régionale de l'équipement Aquitaine et la Sanef, étude publiée le 16 mai 2011.

Les résultats obtenus sont les suivants :

1 : Le CETE du Sud-ouest trouve, à un horizon d'étude qui n'est pas indiqué dans l'étude produite, sans doute au moment de l'enquête publique, la valeur suivante pour les avantages annuels : 88 millions d'euros.

2 : L'IGN donne, de son côté, les résultats suivants :

Horizon d'évaluation : 2000, résultats exprimés en euros 2000 : 52 millions d'euros,

Horizon d'évaluation : 2010
(date de mise en service de l'autoroute), résultats exprimés en euros 2000 : 65 millions d'euros

Horizon d'évaluation : 2020, résultats exprimés en euros 2000 : 82 millions d'euros

On sait que les évaluations reposant sur les méthodes planchers qui sont celles appliquées au sein des territoires à dominante urbaine, sous-estiment de l'ordre de 7% les résultats obtenus dans le cas des déplacements à courte, moyenne et longue portée, qui sont ceux notamment concernant l'autoroute A65, autoroute desservant un territoire très peu urbanisé.

Les résultats si on tient compte de ce correctif s'élèvent respectivement à :

Horizon d'évaluation : 2000, résultats exprimés en euros 2000 : 56 millions d'euros,

Horizon d'évaluation 2010
(date de mise en service de l'autoroute), résultats exprimés en euros 2000 : 70 millions d'euros

Horizon d'évaluation : 2020, résultats exprimés en euros 2000 : 88 millions d'euros

La méthode de valorisation de l'accessibilité aux territoires donne ainsi des résultats légèrement plus faibles que ceux de l'évaluation des gains de coûts généralisés de déplacement selon la méthode traditionnelle, tout en restant dans des ordres de grandeur semblables.

Il faut remarquer que le cas de l'A65 est le cas ultime d'une autoroute interurbaine desservant un territoire très peu urbanisé.

1.4 Valorisation de l'accessibilité aux territoires dans le cas d'une approche à vocation opérationnelle et pédagogique reposant sur la seule prise en compte du temps de déplacement et des zones de chalandise associées

1.4.1 Déplacements urbains. Explication de la stabilité globale des temps de transport observés sur longue période, de la part de l'ensemble des usagers fréquentant un territoire à dominante urbaine

1.4.1.1 Les faits : les résultats des enquêtes globales de transport. Résultats des enquêtes globales de transport en Île de France de 1976 à 2011.

La région Île de France a fait l'objet d'enquêtes globales de transport très exhaustives depuis 35 ans. On dispose là d'une série chronologique de qualité exceptionnelle qui permet d'identifier des phénomènes de fond s'exprimant sur de longues durées. Pour des raisons d'homogénéité, les résultats de l'enquête globale de 2010 qui a adopté une définition du déplacement différente de celle adoptée au cours des enquêtes antérieures (carroyage de 100 mètres contre 300 mètres antérieurement, population de plus de 5 ans d'âge contre 6 ans dans les enquêtes antérieures) ont été redressés. Sont présentés ici les résultats établis en 2010 par le département économie trafic de Cofiroute.

Les résultats de 1976 à 2010 font apparaître des phénomènes remarquables.

- Nombre de déplacements quotidiens par personne : on observe une stabilité impressionnante : 3,49, 3,47, 3,49, 3,50, 3,53 déplacements quotidiens au cours des cinq enquêtes globales de transport allant de 1976 à 2010.

- Temps consacré aux déplacements par personne et par jour : ce temps a légèrement augmenté entre 1983 et 1991 du fait de l'érosion des déplacements à pied qui durent en moyenne 14 minutes, au profit des déplacements motorisés qui durent en moyenne 29 minutes. Stabilité remarquable à hauteur de 1 heure 24 minutes à 1 heure 25 depuis 1991.

- Durée moyenne des déplacements tous modes : 22 minutes, 22 minutes, 24 minutes, 24 minutes et 25 minutes entre 1976 et 2010. Ces durées de déplacements tous modes sont respectivement de : 22, 22, 24, 24 et 25 minutes à Paris, de 23, 23, 25, 24 et 26 minutes en Petite couronne et de 21, 22, 23, 24 et 25 minutes en Grande couronne.

- Durée moyenne des déplacements motorisés : 29 minutes, 28 minutes, 29 minutes, 29 minutes et 31 minutes entre 1976 et 2010. Ces durées de déplacements motorisés sont respectivement de : 32, 30, 33, 32, 35 minutes à Paris, de 31, 29, 31, 30, 35 minutes en Petite couronne et de 26, 26, 27, 27, 28 en Grande couronne.

- Distribution des durées des déplacements tous modes et motorisés selon les classes de durée : la distribution des durées déplacement est d'une stabilité quasi parfaite. Cela signifie que la cohorte des franciliens observe une distribution des temps de déplacement totalement stable au cours des années. La stabilité n'est ainsi pas uniquement observée sur le temps moyen de déplacement mais également sur la distribution de ces temps.

- Vitesse moyenne des déplacements en porte-à-porte : on observe au cours des années 1976 à 2001 une progression régulière de la vitesse moyenne des déplacements au fur et à mesure des investissements en faveur d'infrastructures nouvelles performantes. En 2010, on constate par rapport à 2001, une baisse des vitesses moyennes de 7%, ce qui témoigne de la faiblesse des investissements d'infrastructures réalisés au cours des dix dernières années.

- Portée moyenne des déplacements : on observe entre 1976 et 2001, une croissance des portées, à due proportion, de façon stricte, de l'augmentation des vitesses de déplacement, ce qui explique la stabilité des temps de transport. Le phénomène est observé à la fois dans les transports collectifs et dans les transports individuels.

En fait, entre 1976 et 2001, au fur et à mesure que des infrastructures nouvelles performantes sont mises en service, on observe un épanouissement des territoires accessibles dans un temps de transport invariant, c'est-à-dire à effort biologique constant.

Il ne faut pas confondre cet épanouissement des territoires commodément accessibles avec le concept d'étalement urbain.

L'étalement urbain ne peut être contrôlé que par le droit, c'est-à-dire par l'interdiction de construire dans des espaces protégés, réservés notamment à la nature.

L'épanouissement des territoires commodément accessibles est un facteur bénéfique au profit des échanges économiques entre espaces urbanisés et au profit du bien-être environnemental lié à l'amélioration des conditions d'accès aux espaces naturels.

C'est ce qui explique pourquoi les solutions multipolaires et multi spatiales sont celles qui permettent de concilier à la fois la performance économique des territoires et la préservation du bien-être environnemental.

Entre 2001 et 2010, la portée des déplacements a diminué de 2% par suite de la réduction des vitesses de déplacement. L'épanouissement des territoires a donc regressé, ce qui témoigne, semble-t-il, de moins bonnes conditions de fonctionnement de la région, liées à la réduction du niveau des investissements dans les infrastructures de transport.

Il serait souhaitable d'établir des statistiques de même nature dans les principales agglomérations de province et de recouper ces informations avec celles publiées périodiquement par l'Insee. Ce devrait être une des tâches que la Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature confiera en 2014 au Certu (désormais direction Territoires et Ville du Cerema), en liaison avec le Commissariat général au développement durable et avec la Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer.

Les enquêtes disponibles montrent que le nombre de déplacements journaliers est très stable.

Le temps moyen de déplacement est plus faible qu'en Île de France mais en progression régulière depuis 30 ans au fur et à mesure que la taille des métropoles croît.

1.4.1.2 La prise en compte du facteur temps dans la distribution spatiale des déplacements et les calculs de l'accessibilité.

Coût généralisé de déplacement et temps de déplacement

Le coût généralisé d'un déplacement est composé de deux termes. Le premier valorise le temps de déplacement lui-même, le second prend en compte les dépenses monétaires.

$$\text{On a : } C_{ij} = C_{ij}^t + C_{ij}^m$$

Les enquêtes globales de transport permettent d'observer que les systèmes de transport arrivés à maturité offrent des services tels que les usagers consacrent des dépenses monétaires égales environ à la moitié de la valorisation de leur temps de transport. C'est notamment le cas du transport individuel où chaque catégorie socioprofessionnelle peut accéder à un mode de transport offrant des caractéristiques de vitesse de déplacement homogène à des prix adaptés à leurs revenus, qui peut varier de 1 à 10.

On peut, dès lors, écrire : $C_{ij} = C_{0i} \cdot (2/3 t_{ij} + 1/3 t_{ij}) = C_{0i} \cdot t_{ij}$,

t_{ij} étant le temps de déplacement entre i et j .

Il existe dans ce cas un rapport de proportionnalité entre le coût généralisé et le temps de déplacement.

C'est le résultat qui apparaît dans les enquêtes globales de transport lorsqu'on valorise le temps strict qui est égal, pour les déplacements domicile travail, aux 2/3 du salaire horaire net et la dépense monétaire engagée par l'actif se déplaçant, telle qu'elle ressort des enquêtes globales de transport elles-mêmes.

La Direction régionale de l'équipement d'Île de France procédait, dans les années 90, à ce type de comparaison et publiait les résultats observés dans des plaquettes annuelles consacrées à l'analyse des caractéristiques des transports de voyageurs en Île de France.

C'est ainsi que dans la plaquette intitulée : les transports de voyageurs en Île de France en 1994, on peut constater qu'en 1993, la dépense monétaire d'un utilisateur de voiture individuelle, exprimée en francs par kilomètre voyageur et sur la base d'une moyenne journalière, s'élevait à 1,79 francs alors que la valeur du temps passé au cours de ce déplacement kilométrique était estimée à 3,65 francs. Le rapport était de 0,49, soit effectivement très proche de 0,5. Le coût pour la collectivité s'élevait à 1,93 francs pour une valeur du temps de 4,82, soit un rapport de 0,53.

Temps de déplacement total, temps de déplacement efficient et temps de déplacement terminal à pied

Le temps de déplacement total, t_{ij} , entre la zone i et la zone j est décomposable en un temps de déplacement efficient, t_{ij}^1 , correspondant à un déplacement avec progression physique de l'utilisateur, généralement un

déplacement motorisé, et un temps de déplacement terminal (somme des temps de déplacements terminaux), t_{ij}^2 , n'ayant pratiquement pas d'effet sur la progression physique de l'utilisateur, c'est-à-dire sur l'accessibilité, trajets terminaux souvent effectués à pied entre un domicile et une station de transport collectif ou entre un parking et un emploi. Dans le cas d'une urbanisation homogène indéfinie, les trajets terminaux, quel que soit la zone i, ou la zone j, considérée, sont constants. Ils sont égaux à t_0 .

Probabilité de déplacement en fonction du temps de déplacement total et en fonction du temps de déplacement efficient

La probabilité de déplacement entre une zone i et une zone j est égale à :

$$p_{ij} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} / \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} / A_i,$$

$$\text{avec } A_i = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)}.$$

Exprimée en temps de déplacement total, cette probabilité devient :

$$p_{ij} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{0i}^\circ \cdot t_{ij}/C_{0i}^\circ)} / \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{0i}^\circ \cdot t_{ij}/C_{0i}^\circ)} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{0i}^\circ \cdot t_{ij}/C_{0i}^\circ)} / A_i,$$

$$p_{ij} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}} / \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}} / A_i,$$

$$\text{avec } A_i = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}}.$$

Exprimée en temps de déplacement efficient, t_{ij}^1 , la probabilité s'écrit :

$$p_{ij} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (t_{ij}^1 + t_0)} / \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (t_{ij}^1 + t_0)} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (t_{ij}^1 + t_0)} / A_i,$$

$$\text{avec } A_i = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (t_{ij}^1 + t_0)}.$$

$$p_{ij} = e^{-\alpha^\circ t_0} \cdot Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}^1} / e^{-\alpha^\circ t_0} \cdot \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}^1}$$

$$p_{ij} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}^1} / A_i^1,$$

$$\text{avec } A_i^1 = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}^1}.$$

La probabilité de déplacement entre i et j est fonction de la quantité de biens convoités en j et de l'exponentielle décroissante du temps de déplacement efficient entre i et j, sous réserve que le facteur de normalisation A_i^1 soit lui-même fonction du seul temps de déplacement efficient. Le temps de déplacement total est simplement remplacé par le temps de déplacement efficient.

On constate ainsi que le temps de déplacement efficient a la même pertinence que le temps de déplacement total, c'est-à-dire marche à pied incluse, pour qualifier la distribution spatiale des déplacements.

Accessibilité nette totale et Accessibilité nette efficiente. Utilité nette totale et utilité nette efficiente

L'accessibilité totale A_i , qu'on dénommera également accessibilité nette par opposition à l'accessibilité brute définie ci-après, associée à l'ensemble des temps totaux de déplacement t_{ij} , est directement corrélée à l'accessibilité nette efficiente, A_i^1 , associée aux seuls temps de déplacement utiles, t_{ij}^1 , par un coefficient multiplicatif constant f, inférieur à 1, égal à $e^{-\alpha^\circ t_0}$.
 t_0 est le temps des trajets terminaux à pied.

On a en effet:

$$A_i = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ C_{ij}/C_{0i}^\circ} = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}} = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (t_{ij}^1 + t_0)} = e^{-\alpha^\circ t_0} \cdot \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}^1}$$

$$A_i = e^{-\alpha^\circ t_0} \cdot A_i^1 = f \cdot A_i^1, \text{ avec } A_i^1 = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}^1} \text{ et } f = e^{-\alpha^\circ t_0}$$

L'accessibilité nette totale A_i est ainsi inférieure à l'accessibilité nette correspondant aux seuls déplacements efficaces, A_i^1 , car elle est pénalisée par les trajets terminaux à pied qui augmentent les coûts généralisés de transport sans augmenter la quantité de biens accessibles.

$$\begin{aligned} \text{L'utilité nette totale de son côté est égale à : } S_i &= (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } A_i \\ &= (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } A_i^1 + (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } f \\ &= (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } A_i^1 + (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot (-\alpha^\circ t_0) = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } A_i^1 - C_{0i}^\circ \cdot t_0 \end{aligned}$$

L'utilité nette liée aux emplois commodément accessibles dans le temps de déplacement total se déduit de l'utilité nette liée aux emplois accessibles dans le seul temps efficace, découlant principalement de l'emploi des modes de transport rapides, en retirant de cette utilité nette efficace le coût généralisé des trajets terminaux à pied. Ainsi les deux utilités nettes, totale et efficace, S_i et S_i^1 , se déduisent l'une de l'autre par une constante qui est le coût généralisé des trajets terminaux à pied.

$$\text{On a } S_i = S_i^1 - C_{0i}^\circ \cdot t_0.$$

1.4.1.3 La stabilité du temps moyen de déplacement en milieu isotrope.

La loi de distribution des déplacements libellée à partir des temps efficaces t_{ij}^1 a une propriété mathématique remarquable. Lorsque l'occupation du territoire est homogène et indéfinie, le temps moyen des déplacements efficaces issus de i , $t_i = C_i^1 / C_{0i}^\circ$ est invariant et égal à $2/\alpha^\circ$.

La stabilité s'applique à un déplacement moyen, c'est-à-dire au temps moyen de déplacement de l'ensemble de la cohorte des résidents occupant un territoire. Les modèles de déplacement ne peuvent en effet prétendre prévoir les caractéristiques physiques des déplacements de chaque résident et notamment les temps individuels pratiqués. C'est hors de leur portée. Ils déterminent par contre les temps moyens applicables à la cohorte des résidents occupant un territoire ainsi que la distribution de ces temps en fonction de leur durée.

Distribution spatiale des déplacements et loi de probabilité de Daniel McFadden applicable au choix des biens convoités à la destination de ces déplacements

La formule qui permet de déterminer la distribution spatiale des déplacements découle directement de l'application aux biens et services convoités Q_j , à la destination j de ces déplacements, la loi de probabilité d'occurrence des choix discrets de Daniel McFadden. Cette probabilité s'exprime sous la forme :

$$p_{ij} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} / \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)} / A_i,$$

$$\text{avec } A_i = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{ij}/C_{0i}^\circ)}.$$

C'est bien celle qui est utilisée pour évaluer la distribution spatiale des déplacements.

Or cette loi de distribution comporte la stabilité moyenne du temps des déplacements issus de i .

En effet, exprimée en temps de déplacement total, t_{ij} , dans un territoire desservi par un réseau de transport arrivé à maturité, c'est-à-dire qui respecte la proportionnalité entre C_{ij} et t_{ij} , cette probabilité devient, comme on l'a vu :

$$p_{ij} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{0i}^\circ \cdot t_{ij}/C_{0i}^\circ)} / \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{0i}^\circ \cdot t_{ij}/C_{0i}^\circ)} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (C_{0i}^\circ \cdot t_{ij}/C_{0i}^\circ)} / A_i,$$

$$p_{ij} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}} / \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}} / A_i,$$

$$\text{avec } A_i = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}}.$$

Exprimée en temps de déplacement efficace, t_{ij}^1 et en temps terminal à pied t_0 , constant en milieu isotrope, la probabilité s'écrit :

$$p_{ij} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (t_{ij1} + t_0)} / \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (t_{ij1} + t_0)} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (t_{ij1} + t_0)} / A_i,$$

$$\text{avec } A_i = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (t_{ij1} + t_0)}.$$

$$p_{ij} = e^{-t_0} \cdot Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij1}} / e^{-t_0} \cdot \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij1}}$$

$$p_{ij} = Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij1}} / A_i^1,$$

$$\text{avec } A_i^1 = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij1}}.$$

Cette formulation a la propriété mathématique, en milieu isotrope, de conduire à la stabilité du temps moyen de déplacement efficient, avec $\underline{t_i^1} = 2/\alpha^\circ$.

Le temps moyen total, t_i , s'obtient alors en ajoutant le temps terminal à pied, t_0 , au temps moyen de déplacement efficient, $\underline{t_i^1} = 2/\alpha^\circ$.

Démonstration de la stabilité du temps moyen de déplacement efficient en milieu isotrope

Il suffit pour obtenir ce résultat de procéder par intégration des valeurs élémentaires obtenues le long de couronnes concentriques d'urbanisation autour du point de référence i.

V_o . On fait l'hypothèse que la vitesse moyenne du système de transport efficient desservant ce territoire isotrope est stable et égale à

Soit d_0 la densité moyenne uniforme des biens convoités, par exemple des emplois.

Le nombre d'emplois dans la couronne d'urbanisation dr située à la distance r de i est égal à :

$$E_r = d_0 \cdot 2 \pi r dr = 2 \pi d_0 V_o^2 t^1 dt^1, \text{ en posant : } r = V_o t^1$$

Le temps moyen de déplacement efficient $\underline{t_i^1}$ est égal à :

$\sum_j t_{ij}^1 T_{ij} / T_i$, avec T_{ij} nombre de déplacements entre i et la couronne j et T_i nombre de déplacements totaux issu de i.

$$\underline{t_i^1} = \sum_j t_{ij}^1 E_j e^{-\alpha^\circ t_{ij1}} / \sum_j E_j e^{-\alpha^\circ t_{ij1}}$$

$$= \int_0^{\infty} t^1 \cdot 2 \pi d_0 V_o^2 t^1 e^{-\alpha^\circ t^1} dt / \int_0^{\infty} 2 \pi d_0 V_o^2 t^1 e^{-\alpha^\circ t^1} dt^1$$

$$= \int_0^{\infty} t^1 \cdot t^1 e^{-\alpha^\circ t^1} dt / \int_0^{\infty} t^1 e^{-\alpha^\circ t^1} dt^1$$

$$= (1/\alpha^{\circ 3}) \int_0^{\infty} x^2 e^{-x} dx / (1/\alpha^{\circ 2}) \int_0^{\infty} x e^{-x} dx, \text{ avec } x = \alpha^\circ t^1$$

$$= (1/\alpha^\circ) [(2 - e^{-x} (x^2 + 2x + 2)) / (1 - e^{-x} (x + 1))].$$

Si t^1 tend vers ∞ , $\underline{t_i^1} = 2/\alpha^\circ$.

Pour les déplacements domicile travail et travail domicile, dont le coefficient α° est égal à 6, cela conduit à un temps moyen t_i^1 de 1/3 d'heure, soit 20 minutes, hors trajets terminaux à pied. Pour les déplacements à vocation économique autres que les déplacements domicile travail ou travail domicile tels qu'affaires professionnelles, enseignement, achats, services, dont le coefficient moyen harmonique $\alpha_{\text{harm}}^\circ$ est égal à 9,54, cela conduit à un temps utile t_i^1 de 12,6 minutes. Pour tous les déplacements à vocation économique (domicile travail et autres motifs économiques), dont le coefficient moyen pondéré harmonique $\alpha_{\text{moy harm}}^\circ$ est égal à 8,206, cela conduit à un temps moyen utile t_i^1 de 14,6 minutes.

Cela valide bien ce que les enquêtes globales de transport font apparaître, la stabilité des temps moyens de déplacement.

NB :

1 : La dérivée de $2 - e^{-x} (x^2 + 2x + 2)$ est bien égale à :

$$\begin{aligned} & 0 - [e^{-x} (x^2 + 2x + 2)]' \\ &= 0 - [(e^{-x})' (x^2 + 2x + 2) + e^{-x} (x^2 + 2x + 2)'] \\ &= - [(-e^{-x}) (x^2 + 2x + 2) + e^{-x} (2x + 2)] \\ &= - [-e^{-x} x^2] = e^{-x} x^2 \end{aligned}$$

2 : La dérivée de $1 - e^{-x} (x + 1)$ est bien égale à :

$$\begin{aligned} & 0 - [e^{-x} (x + 1)]' \\ &= 0 - [(e^{-x})' (x + 1) + e^{-x} (x + 1)'] \\ &= - [(-e^{-x}) (x + 1) + e^{-x} (1)] \end{aligned}$$

$$= - [-e^{-x}] = e^{-x} x$$

Marc Gaudry a fait état d'études dont il a eu connaissance dans le passé et qui arrivent aux conclusions que les coûts généralisés moyens de déplacement doivent être nécessairement stables pour qu'on puisse retrouver le modèle de distribution des déplacements de type :

$$p_{ij} = Q_j e^{-\alpha C_{ij}/C_{0i}}.$$

Ces documents conforteraient la démonstration que la stabilité du temps de transport découle de la probabilité des déplacements exprimée sous la forme d'une exponentielle décroissante du temps, elle-même résultat de l'application des choix discrets aux biens convoités accessibles grâce aux déplacements.

Plusieurs chercheurs font souvent référence à un phénomène de type « entropie ».

1.4.1.4 La stabilité du temps moyen de déplacement en milieu anisotrope.

Au sein des milieux anisotropes, il convient d'identifier les zones j dont le facteur $d_{0j}.V_{0j}^2$ est égal ou très proche du facteur $d_0.V_0^2$ moyen de l'agglomération

Dans le cas de ce sous ensemble de zones respectant la stabilité du facteur $d_0.V_0^2$, le temps moyen de déplacement $\underline{t_i}^1$ est effectivement égal à $2/\alpha^\circ$, comme dans le cas des milieux isotropes, puisque $d_0.V_0^2$ apparaît au numérateur et au dénominateur du calcul du temps moyen de déplacement.

C'est le cas de la majorité des agglomérations françaises dont la décroissance de la densité d'urbanisation est quasiment compensée par une croissance de la vitesse moyenne respectant la stabilité du facteur $d_0.V_0^2$ (avec en fait une très légère décroissance en fonction de l'éloignement au centre).

On peut citer le cas de l'Île-de-France.

Au sein de la capitale, on observe 200 emplois à l'hectare et une vitesse moyenne de déplacement de 9 km à l'heure, ce qui conduit à 2 500 000 emplois accessibles dans une heure.

À Marne-la-Vallée, la densité est 20 fois plus faible (10 emplois à l'hectare), la vitesse moyenne de déplacement est de 36 km à l'heure. La portée est 4 fois plus forte qu'à Paris, le territoire accessible dans un temps de transport donné est 16 fois plus important, le nombre d'emplois dans l'heure atteint 1 600 000 unités. C'est plus faible qu'à Paris, tout en restant excellent.

On constate ainsi que la stabilité des temps moyens de déplacement est un phénomène très général qui n'est pas uniquement lié à l'isotropie des territoires mais qui apparaît dans la plupart des configurations spatiales d'une urbanisation.

Lorsque la stabilité du facteur $d_0.V_0^2$ n'est pas respectée, on observe effectivement des différences entre le temps moyen de déplacement à destination de la zone de réception j et le temps moyen observé au niveau de l'agglomération toute entière : $\underline{t_i}^1 = 2/\alpha^\circ$. Mais, dans la pratique, les variations sont relativement modérées.

Les évaluateurs qui procèdent aux calculs de la distribution des déplacements pour le motif domicile travail ont pour objectif d'obtenir qu'en toute zone de destination, le nombre de déplacements reçus soit égal au nombre d'emplois localisés dans cette zone. Lorsque les emplois dans une zone de destination j sont très nombreux et que $d_{0j}.V_{0j}^2$ est supérieur au $d_0.V_0^2$ moyen de l'agglomération, le nombre de déplacements d'actifs que la zone attire est inférieur au nombre d'emplois disponibles. Pour que tous les emplois soient occupés, il convient d'attribuer un coefficient de pondération supérieur à 1 à chacun de ces emplois. Dans ce cas, le temps moyen de déplacement à destination de j est supérieur à $2/\alpha^\circ$. A contrario, lorsque les emplois dans une zone de destination j sont peu nombreux et que $d_{0j}.V_{0j}^2$ est inférieur au $d_0.V_0^2$ moyen de l'agglomération, le nombre de déplacements d'actifs que la zone attire est supérieur au nombre d'emplois disponibles. Pour que seuls les emplois disponibles soient occupés, il convient d'attribuer un coefficient de pondération inférieur à 1 à chacun de ces emplois. Dans ce cas, le temps moyen de déplacement à destination de j est inférieur à $2/\alpha^\circ$. Ces coefficients sont effectivement calculés par les modèles de simulation des déplacements. On constate en fait qu'ils sont assez peu différents de 1 dans la mesure où, dans une version multipolaire de l'organisation d'un territoire à dominante urbaine, les valeurs de $d_{0j}.V_{0j}^2$ sont très peu différentes des valeurs moyennes $d_0.V_0^2$.

1.4.2 Décomposition de l'utilité nette au sens de Daniel McFadden en une utilité brute mettant en évidence l'effet positif de la diversité des biens accessibles et un coût généralisé moyen de déplacement issu de la zone de résidence i dans le cas des déplacements urbains

1.4.2.1 L'intérêt de la décomposition de l'utilité nette en une utilité brute et un coût généralisé moyen de déplacement

L'utilité nette est constituée par un ensemble étroitement imbriqué de destinations et de coûts généralisés de transport. On ne peut donc pas mathématiquement séparer le positif du négatif. Et pourtant, cette séparation serait très utile.

A défaut d'une séparation mathématique de l'utilité nette en une utilité brute et un coût généralisé de transport, on peut calculer séparément, à partir de chaque origine i, le coût généralisé de déplacement moyen, C_i , et rajouter ce coût à l'utilité nette, pour définir une utilité brute, celle qui est attachée aux destinations convoitées.

On a :

$$U_i = S_i + C_i.$$

Le but est de définir, dans le cas d'une approche opérationnelle et pédagogique reposant sur la seule prise en compte du temps de déplacement pour déterminer la valeur de l'accessibilité aux territoires, une accessibilité brute permettant de calculer aisément l'utilité brute associée, le moteur du déplacement. Nous allons essayer de définir une méthode simplifiée pour parvenir à ce résultat.

1.4.2.2 L'évaluation du coût généralisé moyen d'un déplacement issu de la zone i.

L'exponentielle décroissante du temps efficient qui caractérise la distribution spatiale des déplacements issus de i possède, comme on l'a vu, dans le cas d'un territoire isotrope ou dans le cas de territoires anisotropes respectant la stabilité du facteur $d_0 \cdot V_0^2$, une propriété mathématique remarquable, celle de conduire à un temps moyen de déplacement efficient, t_i^1 invariant.

Dans le cas des déplacements à dominante urbaine, qui prennent en considération les déplacements à courte et moyenne distance, ce qui conduit de fait à une approche « plancher » par opposition à l'approche « optimisée » qui intègre, comme on le verra plus loin, les déplacements à courte, moyenne et longue distances, le temps moyen efficient réel est égal à : $t_{ij} = 2/\alpha^\circ$.

Il convient d'ajouter à ce temps efficient la durée des trajets terminaux à pied, $t_i^2 = t_0$ pour retrouver le temps moyen total. Ce résultat est conforme aux observations des enquêtes globales de transport.

Le coût généralisé moyen efficient réel d'un déplacement issu de i, hors trajets terminaux à pied, est ainsi égal à :

$$C_i^1 = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot 2 / \alpha^\circ = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot 2.$$

Avec les trajets terminaux à pied, on trouve :

$$C_i^1 = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot 2 + C_{0i}^\circ \cdot t_0.$$

1.4.2.3 L'évaluation de l'utilité brute associée à la possibilité d'effectuer un choix entre les biens convoités commodément accessibles à partir de la zone de résidence i.

L'utilité brute U_i est, comme on l'a vu, définie par la relation conventionnelle : $U_i = S_i + C_i$, formule dans laquelle S_i est l'utilité nette strictement définie, celle de la théorie des choix discrets, et C_i le coût généralisé moyen de la cohorte des résidents occupant le territoire étudié, coût généralisé moyen déterminé dans l'hypothèse approchée d'une densité homogène du territoire en biens convoités (ou plus généralement d'une densité respectant la stabilité de $d_0 V_0^2$).

$$S_i = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j e^{-\alpha^\circ t_{ij}} = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} (A_i).$$

$$A_i = \sum_j Q_j e^{-\alpha^\circ t_{ij}} \text{ est dénommé Accessibilité aux biens convoités.}$$

On dénommera également cette accessibilité, accessibilité nette par opposition à l'accessibilité brute définie ci-après.

Comme on l'a vu, l'accessibilité nette totale A_i , associée à l'ensemble des temps totaux de déplacement t_{ij} , est directement corrélée à l'accessibilité nette efficiente, A_i^1 , associée aux seuls temps de déplacement utiles, t_{ij}^1 , par un coefficient multiplicatif constant f , inférieur à 1, égal à $e^{-\alpha^0 t_0}$, t_0 étant le temps constant des trajets terminaux à pied.

On a en effet:

$$A_i = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^0 C_{ij}/C_{0i}^0} = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^0 t_{ij}} = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^0 (t_{ij}^1 + t_0)} = e^{-\alpha^0 t_0} \cdot \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^0 t_{ij}^1}$$

$$A_i = e^{-\alpha^0 t_0} \cdot A_i^1 = f \cdot A_i^1, \text{ avec } A_i^1 = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^0 t_{ij}^1} \text{ et } f = e^{-\alpha^0 t_0}$$

L'accessibilité nette totale A_i est ainsi inférieure à l'accessibilité nette correspondant aux seuls déplacements efficients, A_i^1 , car elle est pénalisée par les trajets terminaux à pied qui augmentent les coûts généralisés de transport sans augmenter significativement la quantité de biens accessibles.

L'utilité nette totale de son côté est égale à :

$$\begin{aligned} S_i &= (C_{0i}^0/\alpha^0) \cdot \text{Log } A_i = (C_{0i}^0/\alpha^0) \cdot \text{Log } A_i^1 + (C_{0i}^0/\alpha^0) \cdot \text{Log } f \\ &= (C_{0i}^0/\alpha^0) \cdot \text{Log } A_i^1 + (C_{0i}^0/\alpha^0) \cdot (-\alpha^0 t_0) = (C_{0i}^0/\alpha^0) \cdot \text{Log } A_i^1 - C_{0i}^0 \cdot t_0 \end{aligned}$$

L'utilité nette liée aux biens commodément accessibles dans le temps de déplacement total se déduit de l'utilité nette liée aux biens accessibles dans le seul temps efficient, découlant principalement de l'emploi des modes de transport rapides, en retirant de cette utilité nette efficiente le coût généralisé des trajets terminaux à pied. Ainsi les deux utilités nettes, totale et efficiente, S_i et S_i^1 , se déduisent l'une de l'autre par une constante qui est le coût généralisé des trajets terminaux à pied.

$$\text{On a : } S_i = S_i^1 - C_{0i}^0 \cdot t_0.$$

Dans la suite du raisonnement, on prendra en considération l'accessibilité nette efficiente et l'utilité nette efficiente.

Précisons que l'utilité brute totale U_i est, de son côté, égale à l'utilité brute efficiente U_i^1 . Les trajets terminaux à pied n'ont en effet qu'un impact très marginal sur la quantité de biens accessibles dans un temps de déplacement donné. Seuls les trajets efficients, à base essentiellement de transports motorisés, ont un impact réel sur le nombre de biens accessibles.

$$\text{On a ainsi : } U_i = U_i^1.$$

La définition de l'utilité nette efficiente, S_i^1 , étant acquise et celle du coût généralisé moyen efficient d'un déplacement issu de i , C_i^1 , étant également déterminée, la méthode mise en œuvre pour déterminer l'utilité brute efficiente, U_i^1 , vise à identifier dans l'utilité nette d'un système de transport desservant un territoire la part positive, ou utilité brute, illustrant l'impact positif du phénomène de l'appariement au sens de la théorie des choix discrets de Daniel McFadden. La part négative est celle du coût généralisé moyen de déplacement de la cohorte des résidents occupant ce territoire.

$$\text{On a : } U_i^1 = S_i^1 + C_i^1$$

Comment calculer U_i^1 ?

Peut-on associer U_i^1 à une accessibilité brute, B_i^1 , calculable selon une méthode rigoureuse ?

Peut-on calculer U_i^1 sous une forme approchée à l'aide du concept de zone de chalandise autour du lieu de résidence i ?

1.4.2.3.1 Définition rigoureuse de l'utilité brute efficiente « plancher » et de l'accessibilité brute efficiente « plancher »

En approche « plancher », l'utilité nette efficiente est égale à $S_i^1 = (C_{0i}/\alpha^\circ) \text{Log } A_i^1$, avec $A_i^1 = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}}$

En approche « plancher », au sein d'un territoire isotrope (ou dont $d_0 V_0^2$ est stable), le temps efficient moyen des déplacements issus de i est égal à $2/\alpha^\circ$.

La définition conventionnelle de U_i^1 , utilité brute efficiente, est telle que l'utilité brute efficiente est égale à la somme de l'utilité nette efficiente et du coût généralisé moyen de déplacement : $C_{0i} (2/\alpha^\circ)$.

Par définition, $U_i^1 = S_i^1 + C_{0i} (2/\alpha^\circ)$.

On a donc: $U_i^1 = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } A_i^1 + 2) = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } e^2 A_i^1) = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } B_i^1)$,

avec B_i^1 , accessibilité brute efficiente « plancher », égale à : $e^2 \times$ Accessibilité nette efficiente « plancher ».

Pour obtenir l'accessibilité brute efficiente « plancher », B_i^1 , il suffit donc de multiplier l'accessibilité nette efficiente « plancher », A_i^1 , par e^2 .

On peut ainsi procéder au calcul complet de l'accessibilité brute efficiente « plancher » à partir de la formule de l'accessibilité nette efficiente « plancher » appliquée à chacune des zones composant l'aire d'études.

On a ainsi :

$$B_i^1 = e^2 \cdot A_i^1$$

$$U_i^1 = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } B_i^1)$$

C'est une définition formelle donc on ne retire aucune conclusion dans l'immédiat. C'est dans l'étape suivante, celle des corrélations entre l'utilité et des données économiques telles que des suppléments de salaire ou de valeur ajoutée qu'elle s'avérera très utile.

$$U_i^1 = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } e^2 A_i^1) = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } A_i^1 + 2)$$

On retrouve bien :

$$S_i^1 = U_i^1 - C_i^1 = U_i^1 - C_{0i} (2/\alpha^\circ) = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } A_i^1 + 2) - C_{0i} (2/\alpha^\circ) = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } A_i^1).$$

Dans le cas de territoires très anisotropes, ou la stabilité du facteur $d_0 V_0^2$ n'est pas totalement respectée, le temps moyen d'un déplacement issu de i peut être légèrement supérieur ou inférieur à $2/\alpha^\circ$. Dans ce cas le coefficient par lequel il faut multiplier l'accessibilité nette A_i^1 pour obtenir l'accessibilité brute B_i^1 est égale à e^{2a} , a étant le coefficient par lequel il faut multiplier $2/\alpha^\circ$ pour obtenir le temps moyen d'un déplacement issu de i .

1.4.2.3.2 Définition approchée de l'utilité brute efficiente plancher et de l'accessibilité brute efficiente plancher grâce au concept de zone de chalandise autour de la zone de résidence i

On peut également, et ce sera le cas pour les études réalisées au sein de territoires à dominante urbaine dont les déplacements sont principalement à courte et moyenne portées, identifier une accessibilité brute efficiente « plancher » approchée en dénombrant les biens convoités au sein d'un territoire délimité par une isochrone pertinente à partir du lieu de résidence étudié.

On montre que, dans le cas d'une urbanisation homogène indéfinie, le territoire pertinent, en approche « plancher », est celui qui n'est dépassé, en termes de déplacements efficients, que par 10% des résidents de la zone i .

Ce 90^{ème} percentile correspond à un éloignement en temps efficient depuis la zone de résidence de : 1,9222 (2/α°).

Dans le cas des déplacements domicile travail, le coefficient α° est égal à 6. Le temps moyen de déplacement efficient est de 2/6 = 1/3 d'heure = 20 minutes. Le temps du 90^{ème} percentile est de 38,44 minutes, très proches de 40 minutes efficientes.

On pourra donc en première approximation pour déterminer l'accessibilité brute efficiente « plancher », B_i¹, délimiter un territoire correspondant à 38,5 minutes, soit en valeur approchée, 40 minutes, et dénombrer à l'intérieur de ce territoire les biens convoités.

L'accessibilité brute efficiente « plancher » sera désignée : B_i¹ = Q_i⁹⁰

On aura : U_i¹ = (C_{0i}°/α°). Log B_i¹ = (C_{0i}°/α°). Log Q_i⁹⁰.

et : S_i¹ = (C_{0i}°/α°). Log B_i¹ - (C_{0i}°/α°) 2 = (C_{0i}°/α°). Log Q_i⁹⁰ - (C_{0i}°/α°) 2.

Dans le cas de territoires anisotropes respectant la stabilité du facteur d₀ V₀², l'accessibilité brute efficiente « plancher » est bien égale à Q_i⁹⁰.

Dans le cas de territoires très anisotropes ne respectant pas totalement la stabilité du facteur d₀ V₀², l'accessibilité brute efficiente « plancher » est légèrement différente de Q_i⁹⁰. Elle en reste toutefois très proche. Dans le cas d'une urbanisation très rapidement croissante, l'accessibilité brute efficiente « plancher » est égale à Q_i⁸⁸. Le territoire pertinent n'est dépassé que par 12% des résidents de la zone i. Dans le cas d'une urbanisation très rapidement décroissante, l'accessibilité brute efficiente « plancher » est égale à Q_i⁹⁴. Le territoire pertinent n'est dépassé que par 6% des résidents de la zone i.

1.4.2.3.3 Démonstration de l'identification du territoire pertinent Q_i⁹⁰ en méthode approchée

Le but est de déterminer, dans le cas d'un territoire homogène indéfini, la zone de chalandise autour de la zone de résidence i ayant la propriété de supporter un nombre de biens convoités égal à l'accessibilité brute B_i¹ = e². A_i¹, A_i¹ étant l'accessibilité efficiente nette : ∑_j Q_j . e^{-α° tij1}.

Problème posé :

1 : Déterminer le nombre de biens convoités N_i tel que :

$$N_i \cdot e^{-\alpha^\circ \sum_j Q_j} = A_i^1 = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}^1}$$

$$N_i \cdot e^{-\alpha^\circ \sum_j Q_j} = N_i \cdot e^{-\alpha^\circ 2/\alpha^\circ} = N_i \cdot e^{-2} = A_i^1.$$

$$N_i = e^2 \cdot A_i^1 = e^2 \cdot \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}^1}$$

2 : Déterminer l'isochrone (définie par le pourcentage k_i d'usagers issus de i qui la dépassent) à l'intérieur de laquelle on peut décompter N_i biens convoités.

Pour mettre en évidence les relations recherchées, on calcule successivement les valeurs de A_i¹, t_{ij}¹ N_i et k_i en procédant par intégration des valeurs élémentaires obtenues le long des couronnes concentriques d'urbanisation autour du point de référence i.

On suppose que le milieu est isotrope. Soit d₀ la densité homogène du territoire et V₀ la vitesse moyenne du système de transport efficient qui le dessert (mode principalement motorisé, hors marche à pied terminale).

Valeur de A_i¹ :

Le nombre de biens convoités dans la couronne d'urbanisation dr située à la distance r de i est égal à :

$$Q_r = d_0 \cdot 2 \pi r dr = 2 \pi d_0 V_0^2 t^1 dt^1, \text{ en posant : } r = V_0 \cdot t^1.$$

On en déduit :

$$A_i^1 = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}^1} = \int_0^\infty 2 \pi d_0 V_0^2 t^1 e^{-\alpha^\circ t^1} dt^1 = 2 \pi d_0 V_0^2 \int_0^\infty t^1 e^{-\alpha^\circ t^1} dt^1$$

$$= 2 \pi d_0 V_0^2 / \alpha^{\circ 2} \int_0^\infty x e^{-x} dx, \text{ avec } x = \alpha^\circ t^1$$

$$= 2 \pi d_0 V_0^2 / \alpha^{\circ 2} [1 - e^{-x} (x + 1)]_0^x$$

$$\text{Si } x \rightarrow \infty, \quad A_i^1 = 2 \pi d_0 V_0^2 / \alpha^{\circ 2}.$$

Valeur de t_i^1 :

Le temps moyen de déplacement efficient a déjà été calculé.

Il est égal à :

$$t_i^1 = 2 / \alpha^{\circ}$$

Valeur de N_i :

$$N_i = e^2 \cdot A_i^1 = e^2 \cdot 2 \pi d_0 V_0^2 / \alpha^{\circ 2} = 2 \pi d_0 V_0^2 e^2 / \alpha^{\circ 2}$$

$$N_i = 2 \pi d_0 V_0^2 e^2 / \alpha^{\circ 2}$$

Valeur de k_i :

Soit Q_{iki} le nombre de biens décomptés à l'intérieur de l'isochrone dépassée par $(100 - K_i)\%$ de résidents issus de i.

$$\text{On a : } Q_{iki1} = \int_0^{t_{ki}^1} 2 \pi d_0 V_0^2 t^1 dt^1 = 2 \pi d_0 V_0^2 (t_{ki}^1)^2 / 2.$$

Pour que $Q_{iki1} = N_i$, il faut que :

$$2 \pi d_0 V_0^2 (t_{ki}^1)^2 / 2 = 2 \pi d_0 V_0^2 e^2 / \alpha^{\circ 2}$$

$$\text{Soit : } (t_{ki}^1)^2 / 2 = e^2 / \alpha^{\circ 2}$$

$$(t_{ki}^1)^2 = 2 \cdot e^2 / \alpha^{\circ 2}$$

$$t_{ki}^1 = \sqrt{2 \cdot e^2 / \alpha^{\circ 2}}$$

Or, par définition,

$$K_i = \sum_{j=0}^n T_{ij} / T_i = \sum_{j=0}^n Q_j e^{-\alpha^{\circ} t_{ij}^1} / \sum_{j=0}^{\infty} Q_j e^{-\alpha^{\circ} t_{ij}^1} = \int_0^{t_{ki}^1} 2 \pi d_0 V_0^2 t^1 e^{-\alpha^{\circ} t^1} dt^1 / \int_0^{\infty} 2 \pi d_0 V_0^2 t^1 e^{-\alpha^{\circ} t^1} dt^1$$

$$= [1 - e^{-x} (x + 1)] / [1 - e^{-\infty} (\infty + 1)] = 1 - e^{-x} (x + 1) = 1 - e^{-\alpha^{\circ} t_{ki}^1} (\alpha^{\circ} t_{ki}^1 + 1)$$

$$\text{D'où : } K_i = 1 - e^{-e^{\sqrt{2}}} (e^{\sqrt{2}} + 1)$$

$$K_i = 1 - e^{-2,718281828.1,414213562} \cdot (2,718281828.1,414213562 + 1)$$

$$= 1 - e^{-3,844231028} \cdot (3,844231028 + 1)$$

$$= 1 - 0,02140285343 \cdot 4,844231028$$

$$= 1 - 0,1036803667 = 0,8963196333 \approx \mathbf{0,90}$$

Autres relations :

Rapport entre t_{ki1}^{90} et t_i^1

$$t_{ki1}^{90} = \sqrt{2 \cdot e^2 / \alpha^{\circ 2}}$$

$$t_i^1 = 2 / \alpha^{\circ}$$

$$t_{ki1}^{90} / t_i^1 = e^{\sqrt{2}} = 2,718281828 / 1,414213562 = 1,922251438 \approx \mathbf{1,92}$$

Rapport entre N_i et Q_{i1}

Soit Q_{i1} le nombre de biens accessibles dans le temps moyen t_i^1 .

$$\text{On a : } Q_{i1} = 2 \pi d_0 V_0^2 t_i^1^2 / 2 = 2 \pi d_0 V_0^2 (2 / \alpha^{\circ})^2 / 2 = 2 \pi d_0 V_0^2 2 / \alpha^{\circ 2}$$

$$\text{Or : } N_i = Q_i^{90} = 2 \pi d_0 V_0^2 e^2 / \alpha^{\circ 2}$$

$$\text{D'où : } N_i / Q_{i1} = Q_i^{90} / Q_{i1} = e^2 / 2 = 7,389056099 / 2 = 3,694528049 \approx \mathbf{3,69}$$

1.4.2.3.4 En résumé

L'utilité brute efficiente moyenne (création de valeur brute), U_i^1 , associée à un déplacement moyen efficient issu de i , peut être obtenue en additionnant une utilité nette efficiente, S_i^1 , (la création de valeur nette), et un coût généralisé efficient moyen de déplacement, C_i^1 .

$$U_i^1 = S_i^1 + C_i^1.$$

En méthode **rigoureuse** et en approche « **plancher** »

L'accessibilité brute est égale à : $B_i^1 = e^2 \cdot A_i^1$, avec $A_i^1 = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^0 t_{ij}^1}$.

L'utilité brute est égale à :

$$U_i^1 = (C_{0i}/\alpha^0) (\text{Log } B_i^1)$$

$$U_i^1 = (C_{0i}/\alpha^0) (\text{Log } e^2 A_i^1) = (C_{0i}/\alpha^0) (\text{Log } A_i^1 + 2)$$

$$\begin{aligned} S_i^1 &= U_i^1 - C_i^1 = U_i^1 - C_{0i}^0 (2/\alpha^0) \\ &= (C_{0i}/\alpha^0) \cdot \text{Log } B_i^1 - (C_{0i}^0/\alpha^0) 2 \\ &= (C_{0i}/\alpha^0) (\text{Log } e^2 A_i^1) - (C_{0i}^0/\alpha^0) 2 \\ &= (C_{0i}/\alpha^0) (\text{Log } A_i^1 + 2) - C_{0i}^0 (2/\alpha^0) \\ &= (C_{0i}/\alpha^0) (\text{Log } A_i^1). \end{aligned}$$

En méthode **approchée** et en approche « **plancher** »,

L'accessibilité brute est égale à :

$$B_i^1 = Q_i^{90},$$

avec Q_i^{90} représentant le nombre de biens décomptés à l'intérieur de l'isochrone 90, c'est-à-dire de l'isochrone qui n'est dépassée que par 10% des usagers issus de i (en pratique, 40 minutes).

L'utilité brute est égale à :

$$U_i^1 = (C_{0i}/\alpha^0) (\text{Log } Q_i^{90})$$

$$S_i^1 = U_i^1 - C_i^1 = U_i^1 - C_{0i} (2/\alpha^0) = (C_{0i}/\alpha^0) \cdot \text{Log } Q_i^{90} - (C_{0i}^0/\alpha^0) 2.$$

Cette expression, pertinente lorsque l'urbanisation est homogène indéfinie, l'est également lorsque $d_0 V_0^2$ est invariant. C'est pratiquement le cas de toutes les agglomérations dont la densité décroît au fur et à mesure qu'on s'éloigne du centre et dont la vitesse de déplacement augmente en respectant quasiment une stabilité du facteur $d_0 V_0^2$.

La stabilité du temps de déplacement évalué à $2/\alpha^0$ est donc très générale.

Lorsqu'on prend en considération des urbanisations très anisotropes dont la vitesse de déplacement n'augmenterait pas au fur et à mesure que la densité baisse, l'isochrone pertinente pour définir le territoire commodément accessible varie de 0,88 à 0,94 suivant qu'on est en densité d'urbanisation croissante ou décroissante. On peut donc adopter un coefficient de 0,90 en première approximation, sans commettre d'erreur significative.

U_i^1 représente la valeur d'utilité que l'on peut attribuer à la notion d'accessibilité au territoire commodément accessible à partir de i . Il s'agit là du caractère positif du déplacement, le coût du déplacement lui-même étant caractérisé par le coût généralisé de transport C_i^1 incluant la valorisation du temps de déplacement et les dépenses monétaires effectuées.

1.4.2.4 L'utilité nette, l'utilité brute et les coûts généralisés de déplacement associés à N déplacements

Les utilités brutes ou nettes enregistrées au cours de plusieurs déplacements sont additives au même titre que le sont les coûts généralisés de déplacement.

On peut évaluer les utilités brutes ou nettes annuelles enregistrées par un résident pour un motif donné en multipliant l'utilité d'un déplacement moyen par le nombre de déplacements annuels effectués pour ce motif.

On a ainsi :

$$\underline{S}_i = N_i \cdot S_i, \quad \underline{U}_i = N_i \cdot U_i, \quad \underline{C}_i = N_i \cdot C_i$$

$$\underline{S}_i^1 = N_i \cdot S_i^1, \quad \underline{U}_i^1 = N_i \cdot U_i^1, \quad \underline{C}_i^1 = N_i \cdot C_i^1$$

1.4.3 Déplacements urbains et interurbains. Explication de la stabilité globale des temps de transport observés sur longue période de la part de l'ensemble des usagers fréquentant un territoire à dominante urbaine et interurbaine. Prise en compte du temps ressenti

1.4.3.1 Les faits : les résultats des enquêtes globales de transport. L'impact des déplacements à moyenne et longue distance

Les enquêtes globales de transport font apparaître que les durées moyennes des déplacements efficients aussi bien que totaux sont supérieures à celles résultant des évaluations « plancher » reposant sur la seule prise en considération des déplacements de courte et moyenne portée.

Ces durées sont en moyenne plus élevées d'environ 50%. C'est ainsi que, pour les déplacements domicile travail, le temps moyen de déplacement efficient t_i^1 est de 30 minutes. Il atteint 36 minutes avec les trajets terminaux à pied, le temps $t_i^2 = t_0$ étant d'environ 6 minutes.

En fait, pour retrouver les temps observés, il faut tenir compte des déplacements à courte, moyenne et longue portée et d'un phénomène que les enquêtes effectuées auprès des usagers empruntant des modes de transport motorisés, du type TGV ou avions, font clairement apparaître : les longues durées des déplacements effectués à bord de ces modes sont perçues de façon proportionnellement moins pénalisante que les courtes durées. A l'heure de déplacement, les trajets longs pèsent moins que les trajets courts. Le temps « ressenti » s'atténue ainsi avec la durée du déplacement.

Dans le temps ressenti t_{ir} , on distingue le temps efficient ressenti, t_i^1 , essentiellement la part motorisée du déplacement, sensible à ce phénomène d'atténuation de l'effet des trajets longs, et le temps des trajets terminaux à pied, $t_i^2 = t_0$, supposé constant.

C'est le temps efficient ressenti t_i^1 (aussi bien d'ailleurs que le temps total ressenti t_{ir} , en rajoutant les trajets terminaux à pied t_0) qui détermine la distribution spatiale des déplacements.

1.4.3.2 La prise en compte du facteur temps ressenti dans la distribution spatiale des déplacements et les calculs de l'accessibilité en milieu urbain et interurbain

C'est pour cette raison qu'il convient, pour caractériser le « temps efficient ressenti », t_{ij}^1 , d'atténuer le temps de déplacement efficient réel, t_{ij}^1 , par un facteur dégressif en fonction de sa durée.

La fonction qui permet de retrouver la distribution spatiale des déplacements que les enquêtes globales de transport enregistrent effectivement est de la forme :

$$e^{-\alpha^{\circ} t_{ij}^1 r}, \text{ avec } t_{ij}^1 = t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^{\circ} t_{ij}^1})$$

Cela signifie, dans la pratique, que lorsque la durée de déplacement augmente, l'effet de décroissance de l'intérêt porté aux biens convoités s'atténue. Les biens convoités deviennent proportionnellement plus attractifs.

Entre les déplacements de courte portée où la fonction $e^{-\alpha^{\circ} t_{ij}^1}$ s'applique et les déplacements de longue portée où c'est la fonction $e^{-0,5(\alpha^{\circ} t_{ij}^1)}$ qui s'applique, existe une fonction d'atténuation progressive de l'effet durée de déplacement, de la forme :

$$e^{-\alpha^{\circ} t_{ij}^1 (0,5 + 0,5(e^{-\gamma \alpha^{\circ} t_{ij}^1}))}$$

On constate bien que, pour les déplacements proches de 0, on trouve $e^{-\alpha^{\circ} t_{ij}^1}$ et, pour les déplacements de très longue portée, tendant vers l'infini, $e^{-0,5 \alpha^{\circ} t_{ij}^1}$.

Le facteur γ qui détermine la rapidité de prise en compte de l'effet atténuateur de la durée de déplacement joue un rôle important. C'est ce facteur qui permet de retrouver la distribution spatiale des déplacements issus d'une zone de résidence i .

Pour le motif travail, les enquêtes globales de transport font apparaître un pourcentage de déplacements effectués au-delà d'une heure totale, $t_i^1 + t_i^2$, incluant donc la marche à pied terminale t_i^2 , de **13%** et au-delà d'une heure efficiente, t_i^1 , impliquant, avec la marche à pied t_i^2 un temps total, $t_i^1 + t_i^2$, supérieur à une heure, de **10,5%**.

Si on prend en considération tous les motifs de déplacement, y compris ceux qui ont des portées moyennes nettement plus faibles que les portées des déplacements domicile travail, tels que les motifs relevant des achats ou de l'éducation, on trouve un pourcentage de déplacements au-delà d'une heure totale, y compris marche à pied terminale, de 6%, et au-delà d'une heure efficiente, impliquant avec la marche à pied un temps total supérieur à une heure, de 5%.

En adoptant comme référence les déplacements domicile travail, dont le coefficient α° est égal à 6, la mise en œuvre de la formule élargie de pondération des déplacements, $e^{-(\alpha t_{ij}^1)(0,5 + 0,5(e^{-\gamma \alpha t_{ij}^1}))}$, fait apparaître l'effet suivant du coefficient γ sur le taux de déplacements au-delà d'une heure:

Facteur γ	0,10	0,11	0,15	0,20	0,30
Déplacements dépassant une heure, hors marche à pied terminale	9,75%	10,5%	15%	18,9%	22,8%
Déplacements dépassant une heure, y compris marche à pied terminale	12,25%	13%	17,5%	21,4%	25,3%

Dans la pratique, on adoptera donc un coefficient de **0,11** considéré comme optimum puisqu'il conduit à un pourcentage de déplacements dépassant une heure, hors marche à pied terminale, de 10,5% et dépassant une heure, y compris marche à pied terminale, de 13%.

1.4.3.3 La stabilité du temps moyen de déplacement ressenti et réel en milieu isotrope

Avec ce coefficient γ de 0,11, le temps moyen de déplacement efficient **ressenti** à partir de la zone i est égal à $2/\alpha^{\circ}$. (1,2).

Le temps moyen de déplacement efficient **réel** est de son côté égal à $2/\alpha^{\circ}$. (1,5).

Pour un coefficient $\alpha^\circ = 6$ correspondant aux déplacements domicile travail, on trouve ainsi 24 minutes de temps moyen ressenti, hors trajets terminaux à pied, et 30 minutes de temps moyen réel, hors trajets terminaux à pied, ce qui est bien conforme aux observations résultant des enquêtes globales de transport.

Démonstration de la stabilité du temps moyen de déplacement efficient ressenti et réel en milieu isotrope

Il suffit pour obtenir ces résultats de procéder par intégration des valeurs élémentaires obtenues le long de couronnes concentriques d'urbanisation autour du point de référence i.

On fait l'hypothèse que la vitesse moyenne du système de transport efficient desservant ce territoire isotrope est stable et égale à V_o .

Soit d_o la densité moyenne uniforme des biens convoités, par exemple des emplois.

Le nombre d'emplois dans la couronne d'urbanisation dr située à la distance r de i est égal à :
 $Q_r = d_o \cdot 2 \pi r \cdot dr = 2 \pi d_o V_o^2 t^1 dt^1$, en posant : $r = V_o t^1$

Détermination du temps moyen efficient réel

Le temps moyen de déplacement efficient réel $\underline{t_i^1}$ est égal à :

$\sum_j t_{ij}^1 T_{ij} / T_i$, avec T_{ij} nombre de déplacements entre i et la couronne j et T_i nombre de déplacements totaux issu de i.

$$\begin{aligned} \underline{t_i^1} &= \sum_j t_{ij}^1 Q_j e^{-\alpha^\circ t_{ij}^1 (0,5 + 0,5(e^{-0,11\alpha^\circ t_{ij}^1}))} / \sum_j Q_j e^{-\alpha^\circ t_{ij}^1 (0,5 + 0,5(e^{-0,11\alpha^\circ t_{ij}^1}))} \\ &= \int_0^\infty t^1 \cdot 2 \pi d_o V_o^2 t^1 e^{-\alpha^\circ t^1 (0,5 + 0,5(e^{-0,11\alpha^\circ t^1}))} dt^1 / \int_0^\infty 2 \pi d_o V_o^2 t^1 e^{-\alpha^\circ t^1 (0,5 + 0,5(e^{-0,11\alpha^\circ t^1}))} dt^1 \\ &= \int_0^\infty t^1 \cdot t^1 e^{-\alpha^\circ t^1 (0,5 + 0,5(e^{-0,11\alpha^\circ t^1}))} dt^1 / \int_0^\infty t^1 e^{-\alpha^\circ t^1 (0,5 + 0,5(e^{-0,11\alpha^\circ t^1}))} dt^1 \\ &= (1/\alpha^{\circ 3}) \int_0^\infty x^2 e^{-x(0,5 + 0,5(e^{-0,11x}))} dx / (1/\alpha^{\circ 2}) \int_0^\infty x e^{-x(0,5 + 0,5(e^{-0,11x}))} dx, \text{ avec } x = \alpha^\circ t^1 \\ &= (1/\alpha^\circ)(4,380937683/1,462832122) = (1/\alpha^\circ) \cdot 2,994832843 \approx (1/\alpha^\circ) \cdot 3 \end{aligned}$$

$$\underline{t_i^1} = 3/\alpha^\circ.$$

Pour les déplacements domicile travail et travail domicile, dont le coefficient α° est égal à 6, cela conduit à un temps moyen t_i^1 de 1/2 d'heure, soit 30 minutes, hors trajets terminaux à pied. Pour les déplacements à vocation économique autres que les déplacements domicile travail ou travail domicile tels qu'affaires professionnelles, enseignement, achats, services, dont le coefficient moyen harmonique $\alpha_{\text{harm}}^\circ$ est égal à 9,54, cela conduit à un temps utile t_i^1 de 18,9 minutes. Pour tous les déplacements à vocation économique (domicile travail et autres motifs économiques), dont le coefficient moyen pondéré harmonique $\alpha_{\text{moy harm}}^\circ$ est égal à 8,206, cela conduit à un temps moyen utile t_i^1 de 21,9 minutes.

Cela valide bien ce que les enquêtes globales de transport font apparaître.

Détermination du temps moyen efficient ressenti

Le temps moyen de déplacement efficient ressenti $\underline{t_{i,r}^1}$ est égal à :

$\sum_j t_{ij,r}^1 T_{ij} / T_i$, avec T_{ij} nombre de déplacements entre i et la couronne j et T_i nombre de déplacements totaux issu de i.

$$\begin{aligned} \underline{t_{i,r}^1} &= \sum_j t_{ij,r}^1 (0,5 + 0,5 e^{-0,11\alpha^\circ t_{ij,r}^1}) \cdot Q_j e^{-\alpha^\circ t_{ij,r}^1 (0,5 + 0,5(e^{-0,11\alpha^\circ t_{ij,r}^1}))} / \sum_j Q_j e^{-\alpha^\circ t_{ij,r}^1 (0,5 + 0,5(e^{-0,11\alpha^\circ t_{ij,r}^1}))} \\ &= \int_0^\infty t^1 (0,5 + 0,5 e^{-0,11\alpha^\circ t^1}) \cdot 2 \pi d_o V_o^2 t^1 e^{-\alpha^\circ t^1 (0,5 + 0,5(e^{-0,11\alpha^\circ t^1}))} dt^1 / \int_0^\infty 2 \pi d_o V_o^2 t^1 e^{-\alpha^\circ t^1 (0,5 + 0,5(e^{-0,11\alpha^\circ t^1}))} dt^1 \\ &= \int_0^\infty t^1 (0,5 + 0,5 e^{-0,11\alpha^\circ t^1}) \cdot t^1 e^{-\alpha^\circ t^1 (0,5 + 0,5(e^{-0,11\alpha^\circ t^1}))} dt^1 / \int_0^\infty t^1 e^{-\alpha^\circ t^1 (0,5 + 0,5(e^{-0,11\alpha^\circ t^1}))} dt^1 \\ &= (1/\alpha^{\circ 3}) \int_0^\infty x^2 (0,5 + 0,5 e^{-0,11x}) \cdot e^{-x(0,5 + 0,5(e^{-0,11x}))} dx / (1/\alpha^{\circ 2}) \int_0^\infty x e^{-x(0,5 + 0,5(e^{-0,11x}))} dx, \text{ avec } x = \alpha^\circ t^1 \\ &= (1/\alpha^\circ)(3,518212970/1,462832122) = (1/\alpha^\circ) \cdot 2,405069534 \approx (1/\alpha^\circ) \cdot 2,40 \end{aligned}$$

$$t_{i,r}^1 = 2,4/\alpha^\circ.$$

Pour les déplacements domicile travail et travail domicile, dont le coefficient α° est égal à 6, cela conduit à un temps moyen $t_{i,r}^1$ de 0,40 heure, soit 24 minutes, hors trajets terminaux à pied. Pour les déplacements à vocation économique autres que les déplacements domicile travail ou travail domicile tels qu'affaires professionnelles, enseignement, achats, services, dont le coefficient moyen harmonique $\alpha_{\text{harm}}^\circ$ est égal à 9,54, cela conduit à un temps utile $t_{i,r}^1$ de 15,1 minutes. Pour tous les déplacements à vocation économique (domicile travail et autres motifs économiques), dont le coefficient moyen pondéré harmonique $\alpha_{\text{moy harm}}^\circ$ est égal à 8,206, cela conduit à un temps moyen utile $t_{i,r}^1$ de 17,5 minutes.

1.4.4 Décomposition de l'utilité nette en une utilité brute et un coût généralisé moyen de déplacement issu de la zone de résidence i dans le cas des déplacements urbains et interurbains

1.4.4.1 L'intérêt de la décomposition de l'utilité nette des déplacements urbains et interurbains en une utilité brute et un coût généralisé moyen de déplacement

La décomposition de l'utilité nette associée à la possibilité de choisir entre plusieurs biens convoités accessibles à partir de i grâce à un réseau de transport à courte, moyenne et longue portée (la création de valeur nette), S_i , en une utilité brute (la création de valeur brute), U_i , et un coût généralisé moyen de déplacement, C_i , a pour objet de mettre en évidence le rôle moteur de la diversité des destinations accessibles et le rôle de frein constitué par le coût généralisé de transport.

Comme l'expression : $S_i = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j e^{-\alpha^\circ C_{ij}/C_{0i}} = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j e^{-\alpha^\circ (t_{ij}1 (0,5+0,5(e^{-\gamma\alpha^\circ t_{ij}1}) + t_0))} = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} (A_i)$ ne peut pas être mathématiquement décomposée en deux termes, un terme positif illustrant l'utilité brute du choix effectué à la destination au départ d'une zone de résidence i et un coût généralisé moyen issu de i, on peut procéder de façon approchée, en déterminant :

- d'une part le coût généralisé moyen d'un déplacement issu de i, C_i , dans une hypothèse de référence, donnant déjà une bonne idée de ce coût généralisé moyen de déplacement, celui d'un territoire isotrope, de densité d'occupation en biens convoités homogène, d_0 ,
- d'autre part une utilité dénommée brute, illustrant la partie positive de l'utilité nette, obtenue en additionnant à l'utilité nette strictement définie, ce coût généralisé moyen de déplacement calculé dans le cas d'une densité homogène d'occupation du territoire en biens convoités.

C'est cette partie positive de l'utilité qui, même si elle répond à une définition conventionnelle, a toutes les chances d'être corrélée avec des données économiques traditionnelles telles que des suppléments de salaires ou de valeur ajoutée. La différence par rapport à la définition qui serait mathématiquement pure de la partie positive de l'utilité nette est en effet très faible, d'où l'intérêt de cette approche.

Ayant ainsi défini cette utilité brute, on peut également en rechercher une identification géographique en se référant à la notion de territoire accessible dans un temps de déplacement donné et au décompte des biens convoités au sein de ce territoire. On établit ainsi un rapprochement très intéressant avec le concept de zone de chalandise qui est au cœur des conditions de fonctionnement d'un territoire.

On définit de la sorte conventionnellement l'utilité brute U_i par la relation : $U_i = S_i + C_i$, formule dans laquelle S_i est l'utilité nette strictement définie, celle de la théorie des choix discrets, et C_i le coût généralisé moyen de la cohorte des résidents occupant le territoire étudié, coût généralisé moyen déterminé dans l'hypothèse approchée d'une densité homogène du territoire en biens convoités.

Le but est alors de définir une accessibilité brute B_i dont on pourra extraire une utilité brute U_i , telle que : $U_i = S_i + C_i$.

1.4.4.2 L'évaluation du coût généralisé moyen d'un déplacement de courte, moyenne et longue portée issu de la zone i

L'exponentielle décroissante du temps efficient **ressenti** qui caractérise la distribution spatiale des déplacements issus de i, aussi bien à courte qu'à moyenne ou longue portée, possède, dans le cas d'un territoire isotrope, une propriété mathématique remarquable, celle de conduire à un temps moyen de déplacement efficient, t_i^1 , invariant.

Dans le cas d'une **approche « optimisée »** (qui prend donc en considération les déplacements à courte, moyenne et longue portées, par opposition à l'approche « plancher » qui n'intègre que les déplacements à courte et moyenne portées),

le temps moyen efficient ressenti t_i^1 , qui est calculé par intégration de 0 à l'infini de $t_i^1 (0,5 + 0,5 e^{-0,11 \alpha^\circ t_{ij}^1})$ pondéré, sous forme de couronnes concentriques autour de i, par $Q_j e^{-(\alpha^\circ t_{ij}^1) (0,5+0,5(e^{-0,11\alpha^\circ t_{ij}^1}))}$, est égal à $2/\alpha^\circ$. (1,2)

et le temps moyen efficient réel t_i^1 , qui est calculé par intégration de 0 à l'infini de t_i^1 , pondéré, sous forme de couronnes concentriques autour de i, par $Q_j e^{-(\alpha^\circ t_{ij}^1) (0,5+0,5(e^{-0,11\alpha^\circ t_{ij}^1}))}$, est égal à $2/\alpha^\circ$. (1,5).

Il convient d'ajouter à ce temps efficient la durée des **trajets terminaux à pied**, $t_i^2 = t_0$ pour retrouver le temps moyen total. Ce résultat est conforme aux observations des enquêtes globales de transport.

En **approche « optimisée »**, le **temps moyen ressenti total** est ainsi égal à : $2/\alpha^\circ$. (1,2) + t_0

et le temps moyen réel total à : $2/\alpha^\circ$. (1,5) + t_0 .

En **approche « optimisée »**, le **coût généralisé moyen efficient ressenti** est égal à :

$$C_{io}^1 = (C_{0i}^\circ) \cdot 2/\alpha^\circ \cdot (1,2) = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot (2,4).$$

Avec les **trajets terminaux à pied**, c'est-à-dire en **coût généralisé moyen ressenti total**, on trouve :

$$C_{io} = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot 2,4 + C_{0i}^\circ \cdot t_0$$

1.4.4.3 L'évaluation de l'utilité brute associée à la possibilité d'effectuer un choix entre les biens convoités commodément accessibles en urbain et en interurbain à partir de la zone de résidence i

L'utilité brute U_i est, comme on l'a vu, définie par la relation conventionnelle : $U_i = S_i + C_i$, formule dans laquelle S_i est l'utilité nette strictement définie, celle de la théorie des choix discrets, et C_i le coût généralisé moyen de la cohorte des résidents occupant le territoire étudié, coût généralisé moyen déterminé dans l'hypothèse approchée d'une densité homogène du territoire en biens convoités.

En **approche « optimisée »**, $S_{io} = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j e^{-\alpha^\circ (t_{ij}^1 (0,5+0,5(e^{-0,11\alpha^\circ t_{ij}^1})) + t_0)} = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} (A_{io})$.

$A_{io} = \sum_j Q_j e^{-\alpha^\circ (t_{ij}^1 (0,5+0,5(e^{-0,11\alpha^\circ t_{ij}^1})) + t_0)}$ est dénommé Accessibilité aux biens convoités « optimisée ».

On dénommera également cette accessibilité, accessibilité nette par opposition à l'accessibilité brute définie ci-après.

Comme on l'a vu, l'accessibilité nette totale optimisée A_{io} , associée à l'ensemble des temps totaux de déplacement t_{ij} , est directement corrélée à l'accessibilité nette efficiente optimisée, A_{io}^1 , associée aux seuls temps de déplacement utiles, t_{ij}^1 , par un coefficient multiplicatif constant f , inférieur à 1, égal à $e^{-\alpha^\circ t_0}$, t_0 étant le temps constant des trajets terminaux à pied.

On a en effet:

$$A_{io} = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ C_{ij}/C_{0i}^\circ} = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}^r} = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ (t_{ij}^1 (0,5+0,5(e^{-0,11\alpha^\circ t_{ij}^1})) + t_0)} = e^{-\alpha^\circ t_0} \cdot \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}^1 (0,5+0,5(e^{-0,11\alpha^\circ t_{ij}^1}))}$$

$$A_{io} = e^{-\alpha^\circ t_0} \cdot A_{io}^1 = f \cdot A_{io}^1, \text{ avec } A_{io}^1 = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}^1 (0,5+0,5(e^{-0,11\alpha^\circ t_{ij}^1}))} \text{ et } f = e^{-\alpha^\circ t_0}$$

L'accessibilité nette totale « optimisée » A_{io} est ainsi inférieure à l'accessibilité nette « optimisée » correspondant aux seuls déplacements efficaces, A_{io}^1 , car elle est pénalisée par les trajets terminaux à pied qui augmentent les coûts généralisés de transport sans augmenter significativement la quantité de biens accessibles.

L'utilité nette totale « optimisée » de son côté est égale à : $S_{io} = (C_{oi}^\circ/\alpha^\circ) \cdot \text{Log } A_{io} = (C_{oi}^\circ/\alpha^\circ) \cdot \text{Log } A_{io}^1 + (C_{oi}^\circ/\alpha^\circ) \cdot \text{Log } f$

$$= (C_{oi}^\circ/\alpha^\circ) \cdot \text{Log } A_{io}^1 + (C_{oi}^\circ/\alpha^\circ) \cdot (-\alpha^\circ t_0) = (C_{oi}^\circ/\alpha^\circ) \cdot \text{Log } A_{io}^1 - C_{oi}^\circ \cdot t_0$$

L'utilité nette « optimisée » liée aux biens commodément accessibles dans le temps de déplacement total se déduit de l'utilité nette « optimisée » liée aux biens accessibles dans le seul temps efficace, découlant principalement de l'emploi des modes de transport rapides, en retirant de cette utilité nette efficace « optimisée » le coût généralisé des trajets terminaux à pied. Ainsi les deux utilités nettes, totale et efficace, S_{io} et S_{io}^1 , se déduisent l'une de l'autre par une constante qui est le coût généralisé des trajets terminaux à pied.

$$\text{On a : } S_{io} = S_{io}^1 - C_{oi}^\circ \cdot t_0.$$

Dans la suite du raisonnement, on prendra en considération l'accessibilité nette efficace « optimisée » et l'utilité nette efficace « optimisée ».

Précisons que l'utilité brute totale « optimisée » U_{io} est, de son côté, égale à l'utilité brute efficace « optimisée » U_{io}^1 . Les trajets terminaux à pied n'ont en effet qu'un impact très marginal sur la quantité de biens accessibles dans un temps de déplacement donné. Seuls les trajets efficaces, à base essentiellement de transports motorisés, ont un impact réel sur le nombre de biens accessibles.

$$\text{On a ainsi : } U_{io} = U_{io}^1.$$

La définition de l'utilité nette efficace « optimisée », S_{io}^1 , étant acquise et celle du coût généralisé moyen efficace ressenti d'un déplacement issu de i , C_{io}^1 , étant également déterminée, la méthode mise en œuvre pour déterminer l'utilité brute efficace « optimisée », U_{io}^1 , vise à identifier dans l'utilité nette d'un système de transport desservant un territoire la part positive, ou utilité brute, illustrant l'impact positif du phénomène de l'appariement au sens de la théorie des choix discrets de Daniel McFadden. La part négative est celle du coût généralisé moyen de déplacement de la cohorte des résidents occupant ce territoire.

$$\text{On a : } U_{io}^1 = S_{io}^1 + C_{io}^1$$

Comment calculer U_{io}^1 ?

Peut-on associer U_{io}^1 à une accessibilité brute B_{io}^1 calculable selon une méthode rigoureuse ?

Peut-on calculer U_{io}^1 sous une forme approchée à l'aide du concept de zone de chalandise autour du lieu de résidence i ?

1.4.4.3.1 Définition rigoureuse de l'utilité brute efficace « optimisée » et de l'accessibilité brute efficace « optimisée »

En approche « optimisée », l'utilité nette efficace est égale à $S_{io}^1 = (C_{oi}^\circ/\alpha^\circ) \text{Log } A_{io}^1$,

$$\text{avec } A_{io}^1 = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}1(0,5+0,5(e-0,11\alpha^\circ t_{ij}1))}$$

En approche « optimisée », au sein d'un territoire isotrope, le temps efficace moyen ressenti des déplacements issus de i est égal à $2,4/\alpha^\circ$.

La définition conventionnelle de U_{io}^1 , utilité brute efficace ressentie, est telle que cette utilité brute efficace ressentie est égale à la somme de l'utilité nette efficace ressentie et du coût généralisé moyen de déplacement ressenti : $C_{io} = C_{oi} (2,4/\alpha^\circ)$.

Par définition, $U_{io}^1 = S_{io}^1 + C_{0i} (2,4/ \alpha^\circ)$.

On a donc: $U_{io}^1 = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } A_{io}^1 + 2,4) = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } e^{2,4} A_{io}^1) = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } B_{io}^1)$,

avec B_{io}^1 , accessibilité brute efficiente « optimisée », égale à : $e^{2,4} \times$ Accessibilité nette efficiente « optimisée ».

Pour obtenir l'accessibilité brute efficiente « optimisée », B_{io}^1 , il suffit donc de multiplier l'accessibilité nette efficiente « optimisée », A_{io}^1 , par $e^{2,4}$.

On peut ainsi procéder au calcul complet de l'accessibilité brute efficiente « optimisée » à partir de la formule de l'accessibilité nette efficiente « optimisée » appliquée à chacune des zones composant l'aire d'études.

C'est la méthode rigoureuse qui permet de retrouver, en retirant le coût généralisé moyen ressenti issu de i, $C_{io} = C_{0i} \cdot 2,4/\alpha^\circ$, l'utilité nette découlant de la théorie des choix discrets de Daniel McFadden.

On a ainsi :

$$B_{io}^1 = e^{2,4} \cdot A_{io}^1$$

$$U_{io}^1 = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } B_{io}^1)$$

$$U_{io}^1 = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } e^{2,4} A_{io}^1) = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } A_{io}^1 + 2,4)$$

On retrouve bien:

$$S_{io}^1 = U_{io}^1 - C_{io}^1 = U_{io}^1 - C_{0i} (2,4/ \alpha^\circ) = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } A_{io}^1 + 2,4) - C_{0i} (2,4/ \alpha^\circ) = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } A_{io}^1).$$

1.4.4.3.2 Définition approchée de l'utilité brute efficiente « optimisée » et de l'accessibilité brute efficiente « optimisée » grâce au concept de zone de chalandise autour de la zone de résidence i

On peut également, et ce sera le cas pour les études réalisées au sein de territoires à dominante urbaine et interurbaine dont les déplacements sont à la fois à courte, moyenne et longue portées, identifier une accessibilité brute efficiente « optimisée » approchée en dénombrant les biens convoités au sein d'un territoire délimité par une isochrone pertinente à partir du lieu de résidence étudié.

On montre que, dans le cas d'une urbanisation homogène indéfinie, le territoire pertinent, en approche « optimisée », est celui qui n'est dépassé, en termes de déplacements efficients, que par 12% des résidents de la zone i.

Ce 88^{ème} percentile correspond à un éloignement en temps efficient depuis la zone de résidence de : $1,9011 \cdot 2,9948/\alpha^\circ \approx 1,90 \cdot 3/\alpha^\circ$.

Dans le cas des déplacements domicile travail, le coefficient α° est égal à 6. Le temps moyen de déplacement efficient est de 2/6. $1,4974 = (1/3 \text{ d'heure})$. $1,4974 = (20 \text{ minutes})$. $1,4974 = 29,95 \text{ minutes}$, très proches de 30 minutes efficients. Le temps du 88^{ème} percentile est de $29,95 \cdot 1,9011 = 56,94 \text{ minutes}$, très proches de 60 minutes efficients.

On pourra donc en première approximation pour déterminer l'accessibilité brute efficiente « optimisée », B_{io}^1 , délimiter un territoire correspondant à 56,94 minutes, soit en valeur approchée, 60 minutes, et dénombrer à l'intérieur de ce territoire les biens convoités.

L'accessibilité brute efficiente « optimisée » sera désignée : $B_{io}^1 = Q_i^{88}$

On aura : $U_{io}^1 = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } B_{io}^1 = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } Q_i^{88}$.

et : $S_{io}^{-1} = (C_{0i}^{\circ} / \alpha^{\circ}) \cdot \text{Log } B_{io}^{-1} - (C_{0i}^{\circ} / \alpha^{\circ}) \cdot 2,4 = (C_{0i}^{\circ} / \alpha^{\circ}) \cdot \text{Log } Q_i^{88} - (C_{0i}^{\circ} / \alpha^{\circ}) \cdot 2,4$.

1.4.4.3.3 Démonstration de l'identification du territoire pertinent Q_i^{88} en méthode approchée

Le but est de déterminer, dans le cas d'un territoire homogène indéfini, la zone de chalandise autour de la zone de résidence i ayant la propriété de supporter un nombre de biens convoités égal à l'accessibilité brute $B_{io}^{-1} = e^{2,4} \cdot A_{io}^{-1}$, A_{io}^{-1} étant l'accessibilité efficiente nette : $\sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^{\circ} t_{ij}^{1(0,5+0,5(e-0,11\alpha^{\circ} t_{ij}^1))}}$.

Problème posé :

1 : Déterminer le nombre de biens convoités N_{io}^{-1} tel que :

$$N_{io}^{-1} \cdot e^{-\alpha^{\circ} t_{io}^{1(0,5+0,5(e-0,11\alpha^{\circ} t_{ij}^1))}} = A_{io}^{-1} = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^{\circ} t_{ij}^{1(0,5+0,5(e-0,11\alpha^{\circ} t_{ij}^1))}}$$

$$N_{io}^{-1} \cdot e^{-\alpha^{\circ} t_{io}^{1(0,5+0,5(e-0,11\alpha^{\circ} t_{ij}^1))}} = N_{io} \cdot e^{-\alpha^{\circ} 2,4/\alpha^{\circ}} = N_{io} \cdot e^{-2,4} = A_{io}^{-1}.$$

$$N_{io}^{-1} = e^{2,4} \cdot A_{io}^{-1} = e^{2,4} \cdot \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^{\circ} t_{ij}^{1(0,5+0,5(e-0,11\alpha^{\circ} t_{ij}^1))}}$$

2 : Déterminer l'isochrone (définie par le pourcentage k_{io}^{-1} d'usagers issus de i qui la dépassent) à l'intérieur de laquelle on peut décompter N_{io}^{-1} biens convoités.

Pour mettre en évidence les relations recherchées, on calcule successivement les valeurs de A_{io}^{-1} , t_{io}^{-1} , N_{io}^{-1} et k_{io}^{-1} en procédant par intégration des valeurs élémentaires obtenues le long des couronnes concentriques d'urbanisation autour du point de référence i .

On suppose que le milieu est isotrope. Soit d_0 la densité homogène du territoire et V_0 la vitesse moyenne du système de transport efficient qui le dessert (mode principalement motorisé, hors marche à pied terminale).

Valeur de A_{io}^{-1}

Le nombre de biens convoités dans la couronne d'urbanisation dr située à la distance r de i est égal à :

$$Q_r = d_0 \cdot 2 \pi r dr = 2 \pi d_0 V_0^{-2} t^1 dt^1, \text{ en posant : } r = V_0 \cdot t^1.$$

On en déduit :

$$A_{io}^{-1} = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^{\circ} t_{ij}^{1(0,5+0,5(e-0,11\alpha^{\circ} t_{ij}^1))}} = \int_0^{\infty} 2 \pi d_0 V_0^{-2} t^1 e^{-\alpha^{\circ} t^{1(0,5+0,5(e-0,11\alpha^{\circ} t^1))}} dt^1$$

$$= 2 \pi d_0 V_0^{-2} \int_0^{\infty} t^1 e^{-\alpha^{\circ} t^{1(0,5+0,5(e-0,11\alpha^{\circ} t^1))}} dt^1$$

$$= 2 \pi d_0 V_0^{-2} / \alpha^{\circ 2} \int_0^{\infty} x e^{-x(0,5+0,5(e-0,11x))} dx, \text{ avec } x = \alpha^{\circ} t^1$$

$$A_{io}^{-1} = 2 \pi d_0 V_0^{-2} / \alpha^{\circ 2} \cdot 1,462832122$$

Valeur de t_{io}^{-1} :

Le temps moyen de déplacement efficient « optimisé » réel a déjà été calculé.

Il est égal à :

$$t_{io}^{-1} = (1/\alpha^{\circ}) \cdot (4,380937683/1,462832122) = (1/\alpha^{\circ}) \cdot (2,9948322843) \approx 3/\alpha^{\circ}$$

Valeur de N_{io}^{-1} :

$$N_{io}^{-1} = e^{2,405069534} \cdot A_{io}^{-1} = e^{2,405069534} \cdot 2 \pi d_0 V_0^{-2} / \alpha^{\circ 2} \cdot 1,462832122 = 2 \pi d_0 V_0^{-2} / \alpha^{\circ 2} \cdot 11,07920064 \cdot 1,462832122 = 16,20701058$$

$$N_{io}^{-1} = 2 \pi d_0 V_0^{-2} / \alpha^{\circ 2} \cdot 16,20701058$$

Valeur de k_{io}^{-1} :

Soit Q_{tkio1} le nombre de biens décomptés à l'intérieur de l'isochrone dépassée par $(100 - K_{io})\%$ de résidents issus de i .

$$\text{On a : } Q_{tkio1} = \int_0^{t_{kio1}} 2 \pi d_0 V_0^{-2} t^1 dt^1 = 2 \pi d_0 V_0^{-2} (t_{kio1})^2 / 2.$$

Pour que $Q_{tkio1} = N_{io}^{-1}$, il faut que :

$$2 \pi d_0 V_0^{-2} (t_{kio1})^2 / 2 = 2 \pi d_0 V_0^{-2} / \alpha^{\circ 2} \cdot 16,20701058$$

$$\text{Soit : } (t_{kio1})^2 / 2 = 16,20701058 / \alpha^{\circ 2}$$

$$(t_{kio1})^2 = 2 \cdot 16,20701058 / \alpha^{\circ 2} = 32,41402115 / \alpha^{\circ 2}$$

$$t_{kio}^{-1} = 5,693331288/\alpha^\circ$$

Or, par définition,

$$\begin{aligned} K_{io}^{-1} &= \sum_0^n T_{ij}/T_i = \sum_0^n Q_i e^{-\alpha^\circ t_{ij}1(0,5+0,5(e-0,11\alpha^\circ t_{ij}1))/\sum_0^\infty Q_j e^{-\alpha^\circ t_{ij}1(0,5+0,5(e-0,11\alpha^\circ t_{ij}1))} \\ &= \int_0^{t_{kio}1} 2\pi d_0 V_0^2 t^1 e^{-\alpha^\circ t1(0,5+0,5(e-0,11\alpha^\circ t1))} dt / \int_0^\infty 2\pi d_0 V_0^2 t^1 e^{-\alpha^\circ t1(0,5+0,5(e-0,11\alpha^\circ t1))} dt^1 \\ &= \int_0^{t_{kio}1} t^1 e^{-\alpha^\circ t1(0,5+0,5(e-0,11\alpha^\circ t1))} dt^1 / \int_0^\infty t^1 e^{-\alpha^\circ t1(0,5+0,5(e-0,11\alpha^\circ t1))} dt^1 \\ &= (1/\alpha^\circ)^2 \int_0^{\alpha^\circ t_{kio}1} x e^{-x(0,5+0,5(e-0,11x))} dx / (1/\alpha^\circ)^2 \int_0^\infty x e^{-x(0,5+0,5(e-0,11x))} dx, \text{ avec } x = \alpha^\circ t^1 \\ &= \int_0^{\alpha^\circ t_{kio}1} x e^{-x(0,5+0,5(e-0,11x))} dx / \int_0^\infty x e^{-x(0,5+0,5(e-0,11x))} dx \end{aligned}$$

$$\text{Or : } \alpha^\circ t_{kio}^{-1} = 5,693331288$$

$$\text{D'où : } K_{io}^{-1} = \int_0^{5,693331288} x e^{-x(0,5+0,5(e-0,11x))} dx / \int_0^\infty x e^{-x(0,5+0,5(e-0,11x))} dx$$

$$K_{io}^{-1} = 1,283450812/1,462832122 = 0,8773739602 \approx \mathbf{0,88}$$

Autres relations :

Rapport entre t_{kio1}^{88} et $\underline{t_{io}^{-1}}$

$$t_{kio1}^{88} = 5,693331288/\alpha^\circ$$

$$\underline{t_{io}^{-1}} = 2,9948322843/\alpha^\circ$$

$$t_{kio1}^{88}/\underline{t_{io}^{-1}} = 5,693331288/2,9948322843 = 1,901051794 \approx \mathbf{1,90}$$

Rapport entre N_{io}^{-1} et $Q_{\underline{io}1}$

Soit $Q_{\underline{io}1}$ le nombre de biens accessibles dans le temps moyen $\underline{t_{io}^{-1}}$.

$$\text{On a : } Q_{\underline{io}1} = 2\pi d_0 V_0^2 (t_{io1})^2/2 = 2\pi d_0 V_0^2 \cdot (2,9948322843/\alpha^\circ)^2/2 = 2\pi d_0 V_0^2 \cdot 8,969020411/\alpha^{\circ 2}/2$$

$$= 2\pi d_0 V_0^2 \cdot 4,484510206$$

$$\text{Or : } N_{io}^{-1} = Q_{io}^{88} = 2\pi d_0 V_0^2/\alpha^{\circ 2} \cdot 16,20701058$$

$$\text{D'où : } N_{io}^{-1}/Q_{\underline{io}1} = Q_{io}^{88}/Q_{\underline{io}1} = 16,20701058/4,484510206 = 3,613997925 \approx \mathbf{3,60}$$

1.4.4.3.4 En résumé

L'utilité brute efficiente moyenne (création de valeur brute), U_i^{-1} , associée à un déplacement moyen efficient issu de i, peut être obtenue en additionnant une utilité nette efficiente, S_i^{-1} , (la création de valeur nette), et un coût généralisé efficient moyen de déplacement, C_i^{-1} .

$$U_i^{-1} = S_i^{-1} + C_i^{-1}.$$

En méthode **rigoureuse** et en approche « **optimisée** »

L'accessibilité brute est égale à : $B_{io}^{-1} = e^{2,4} \cdot A_{io}^{-1}$, avec $A_{io}^{-1} = \sum_j Q_j \cdot e^{-\alpha^\circ t_{ij}1(0,5+0,5(e-0,11\alpha^\circ t_{ij}1))}$.

L'utilité brute est égale à :

$$U_{io}^{-1} = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } B_{io}^{-1})$$

$$U_{io}^{-1} = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } e^{2,4} A_{io}^{-1}) = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } A_{io}^{-1} + 2,4)$$

$$S_{io}^{-1} = U_{io}^{-1} - C_{io}^{-1} = U_{io}^{-1} - C_{0i} (2,4/\alpha^\circ) = (C_{0i}^\circ/\alpha^\circ) \cdot \text{Log } B_{io}^{-1} - (C_{0i}^\circ/\alpha^\circ) 2,4 = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } e^{2,4} A_{io}^{-1}) - (C_{0i}^\circ/\alpha^\circ) 2,4 =$$

$$(C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } A_{io}^{-1} + 2,4) - C_{0i} (2,4/\alpha^\circ) = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } A_{io}^{-1}).$$

En méthode **approchée** et en approche « **optimisée** »,

L'accessibilité brute est égale à :

$$B_{io}^1 = Q_i^{88},$$

avec Q_i^{88} représentant le nombre de biens décomptés à l'intérieur de l'isochrone 88, c'est-à-dire de l'isochrone qui n'est dépassée que par 12% des usagers issus de i (en pratique, 60 minutes).

L'utilité brute est égale à :

$$U_{io}^1 = (C_{0i}/\alpha^\circ) (\text{Log } Q_i^{88})$$

$$S_{io}^1 = U_{io}^1 - C_{io}^1 = U_{io}^1 - C_{0i} (2,4/\alpha^\circ) = (C_{0i}^\circ/\alpha^\circ) \cdot \text{Log } Q_i^{88} - (C_{0i}^\circ/\alpha^\circ) 2,4.$$

Cette expression, pertinente lorsque l'urbanisation est homogène indéfinie, constitue une très bonne approximation lorsque l'urbanisation est hétérogène. Les isochrones pertinentes varient en effet, en approche « optimisée », entre la valeur 86 dans le cas d'urbanisations très rapidement croissantes et la valeur 92 dans le cas d'urbanisations très rapidement décroissantes.

U_{io}^1 représente la valeur d'utilité que l'on peut attribuer à la notion d'accessibilité au territoire commodément accessible à partir de i. Il s'agit là du caractère positif du déplacement, le coût du déplacement lui-même étant caractérisé par le coût généralisé de transport C_{io}^1 incluant la valorisation du temps de déplacement et les dépenses monétaires effectuées.

1.4.4.4 L'utilité nette, l'utilité brute et les coûts généralisés de déplacement associés à N déplacements urbains et interurbains

Les utilités brutes ou nettes enregistrées au cours de plusieurs déplacements sont additives au même titre que le sont les coûts généralisés de déplacement.

On peut évaluer les utilités brutes ou nettes annuelles enregistrées par un résident pour un motif donné en multipliant l'utilité d'un déplacement moyen par le nombre de déplacements annuels effectués pour ce motif.

On a ainsi :

$$\underline{S}_{io} = N_i \cdot S_{io}, \quad \underline{U}_{io} = N_i \cdot U_{io}, \quad \underline{C}_{io} = N_i \cdot C_{io}$$

$$\underline{S}_{io}^1 = N_i \cdot S_{io}^1, \quad \underline{U}_{io}^1 = N_i \cdot U_{io}^1, \quad \underline{C}_{io}^1 = N_i \cdot C_{io}^1$$

2 Deuxième partie : Corrélations et relations de cause à effet

L'approche méthodologique développée dans la première partie du rapport a fait apparaître un clivage entre la stratégie des responsables qui attribuent des valeurs tutélaires aux temps de déplacement des résidents, quel que soit leur localisation, et celle des responsables qui considèrent que les valeurs des temps de déplacement sont liées à la localisation de ces résidents.

Du fait que, pour les déplacements domicile travail, la valeur généralisée de l'heure de déplacement de l'actif se rendant sur son lieu de travail ou en revenant est égale à son salaire, la première stratégie conduit à considérer que le salaire est indépendant de la localisation de l'actif alors que la deuxième stratégie tient compte au contraire de la dépendance du salaire à la localisation de l'actif, dépendance illustrée par les nombreuses publications de l'Insee sur le sujet.

Le présent chapitre est consacré à deux grandes familles d'analyses a posteriori :

- l'analyse des corrélations observées entre l'utilité brute des déplacements et des données économiques telles que des suppléments de salaire ou de valeur ajoutée au niveau de 16 agglomérations de taille croissante et au niveau de l'ensemble des 36 000 communes de France,

Ces corrélations du fait de leur grande stabilité dans le temps et de leur valeur prédictive au sein de territoires extrêmement diversifiés peuvent-elles être considérées comme ayant valeur d'anticipation et possédant de ce fait des caractéristiques de relations de cause à effet ?

- les relations de cause à effet identifiées dans le cas de la mise en service d'infrastructures nouvelles, autoroutes A87 et A89 et trois lignes de tramway de Bordeaux,

Les exemples présentés montrent l'impact de la mise en service d'infrastructures autoroutières ou de transports collectifs sur des données économiques telles que la TVA par emploi payée par les entreprises ou la valeur foncière des terrains desservis. Les relations de cause à effet semblent clairement identifiées.

2.1 Corrélations entre l'utilité brute des déplacements et des données économiques telles que des suppléments de salaire ou de valeur ajoutée

2.1.1 Les corrélations observées sur les territoires desservis par des infrastructures de transport en service : cas de 16 agglomérations de taille croissante. Le point de vue des actifs et des membres du ménage associés

Une étude très vaste portant sur 16 agglomérations de référence, de taille croissante, a été réalisée en 1994 par Jean Poulit et publiée le 1^{er} septembre 1994 sous la forme d'un rapport remis au conseil général des ponts et chaussées.

Ce rapport est intitulé :

« Cercle de réflexion Infrastructures et aménagement :
Evaluation de l'efficacité économique et environnementale des infrastructures de transport desservant des bassins de vie économiques et récréatifs.
Influence de la taille des agglomérations. ».

N'est reprise ici que la partie de ce rapport relatif à l'évaluation de l'efficacité économique des infrastructures de transport desservant des territoires.

L'utilité économique des déplacements est calculée pour tous les déplacements à vocation économique (travailler, acheter, s'instruire, effectuer des affaires). Chaque motif individuel peut faire l'objet d'une évaluation spécifique, le résultat global étant obtenu par addition de ces résultats individuels. On peut également procéder de façon plus synthétique en calculant l'effet cumulé de l'ensemble des motifs individuels. Il est utile dans ce cas de donner, dans un premier temps, la formulation utilisée pour calculer les performances associées aux seuls déplacements domicile travail (travailler) et, dans un deuxième temps, de préciser comment on peut prendre globalement en considération l'ensemble des déplacements à vocation économique (travailler, acheter, s'instruire, effectuer des affaires).

Comme on va le voir, lorsqu'on prend en considération les seuls déplacements domicile travail, les performances sont corrélées au supplément de salaire net observé entre le salaire net délivré dans la zone étudiée et celui délivré dans une zone rurale isolée. Lorsqu'on prend en compte tous les déplacements qui ont une fonction économique, les performances sont corrélées au supplément de PIB observé entre le PIB délivré dans la zone étudiée et celui délivré dans une zone rurale isolée.

2.1.1.1 Le cas des déplacements domicile travail

2.1.1.1.1 Le libellé de l'utilité économique brute annuelle des déplacements domicile travail

L'utilité économique annuelle liée à la possibilité d'effectuer un choix pertinent entre les différents emplois commodément accessibles à partir de la zone de résidence i , c'est-à-dire la performance économique annuelle liée aux déplacements domicile travail et travail domicile d'un actif de la zone i , s'exprime sous la forme :

$U_i^t = U_i^{1t} = N_i^t \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } E_i^{90}$, en approche « plancher »

et $N_i^t \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } E_{i0}^{88}$, en approche « optimisée »,

avec N_i^t nombre de déplacements domicile travail et travail domicile totaux annuels d'un actif de la zone i , C_{0i}° coût de l'heure travaillée de l'actif résidant en i , α° coefficient fixant le rythme de décroissance de l'exponentielle décroissante du temps de transport pour le motif domicile travail et travail domicile, E_i^{90} nombre d'emplois décomptés à l'intérieur de l'isochrone 90 (c'est-à-dire de l'isochrone qui n'est dépassée que par 10% des actifs issus de i) en approche « plancher » et E_{io}^{88} nombre d'emplois décomptés à l'intérieur de l'isochrone 88 (c'est-à-dire de l'isochrone qui n'est dépassée que par 12% des actifs issus de i) en approche « optimisée ».

Dans la suite de la présentation, n'est identifiée que l'accessibilité brute en approche optimisée, E_{io}^{88} , car c'est elle qui donne les meilleures corrélations avec les suppléments de salaire net et les suppléments de produits intérieurs bruts et c'est, de plus, celle qui est conforme aux temps moyens de déplacement observés.

L'accessibilité brute en approche « plancher » conduit, en Île de France, à une utilité brute moyenne inférieure de 7,3% à celle à laquelle conduit l'accessibilité brute en approche « optimisée ».

Dans une agglomération millionnaire comme celle de Lyon, la réduction est de 6,4%.

Dans une agglomération d'environ 100 000 habitants, comme l'agglomération d'Agén, la réduction est de 5,3%.

Les différences restent donc relativement modérées.

Le nombre N_i^t de déplacements annuels pour le motif domicile travail et travail domicile est égal à 396.

Le coefficient α° pour les déplacements domicile travail et travail domicile est égal à 6.

On obtient donc :

$$U_i = U_i^1 = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } E_{io}^{88} = (C_{0i}^\circ / 6) \cdot \text{Log } E_{io}^{88}.$$

$$U_i^t = U_i^{1t} = N_i^t \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } E_{io}^{88} = 396 \cdot (C_{0i}^\circ / 6) \cdot \text{Log } E_{io}^{88} = 66 \cdot C_{0i}^\circ \cdot \text{Log } E_{io}^{88}.$$

2.1.1.1.2 La comparaison de l'utilité économique brute annuelle des déplacements domicile travail ajoutée aux salaires annuels nets observés dans les zones isolées et de la valeur des salaires observés dans les zones étudiées

L'étude publiée le 1^{er} septembre 1994 portant sur 16 agglomérations de taille croissante allant de Guéret à l'Île de France fait apparaître une parfaite concordance entre les salaires annuels moyens nets observés dans ces 16 agglomérations et le cumul des salaires observés dans les zones isolées et de l'utilité annuelle brute des déplacements domicile travail effectués dans ces agglomérations.

La comparaison des graphiques ci-dessous en témoigne.

Le premier graphique représente les salaires annuels nets d'un actif, exprimés en francs, monnaie en vigueur à la date de réalisation de l'étude.

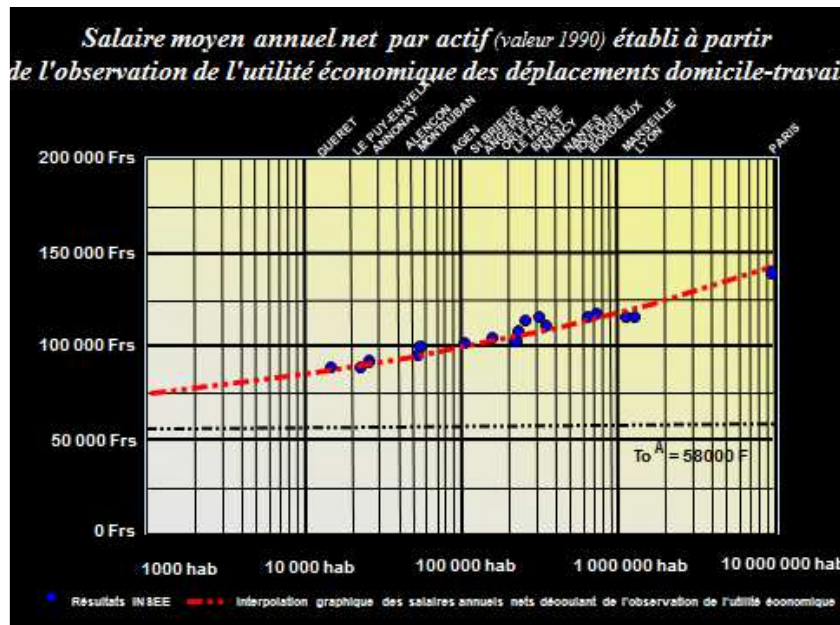
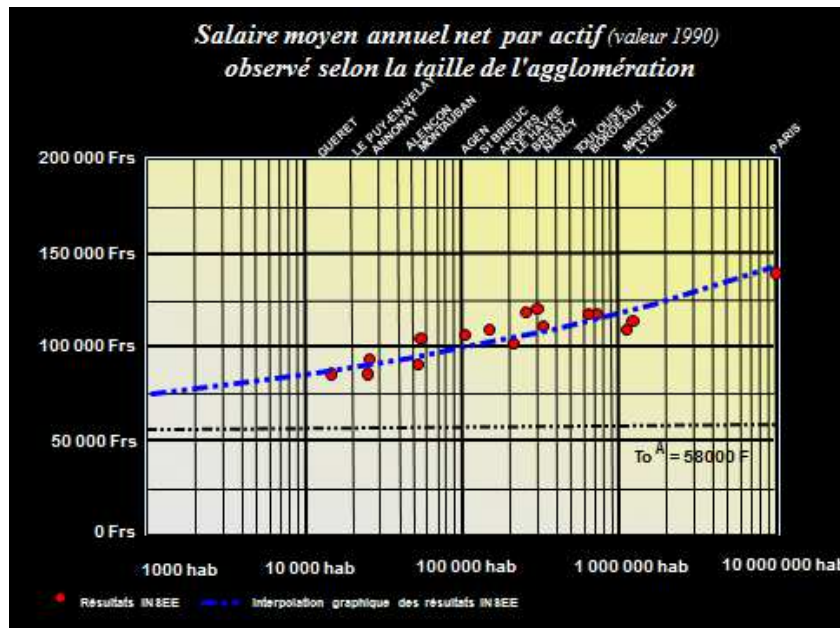
Le deuxième graphique représente les résultats obtenus en additionnant aux salaires annuels nets des zones isolées (58 000 Francs en 1990) la valeur de l'utilité annuelle brute résultant de l'application de la formule :

$$U_i^t = U_i^{1t} = N_i^t \cdot U_i = N_i^t \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } E_{io}^{88} = 396 \cdot (C_{0i}^\circ / 6) \cdot \text{Log } E_{io}^{88}, \text{ avec:}$$

- C_{0i}° le salaire horaire net publié par l'Insee

- $\text{Log } E_{io}^{88}$ l'accessibilité ordinaire moyenne observée dans chacune des agglomérations étudiées en fonction des résultats des enquêtes globales de transport effectuées.

On voit apparaître une concordance parfaite entre les deux graphiques, ce qui laisse présumer une corrélation entre utilités annuelles brutes découlant des déplacements domicile travail et salaires observés.



2.1.1.1.3 La variation de l'utilité brute des déplacements domicile travail en fonction de la variation de l'accessibilité brute ordinale et de la variation de la valeur du salaire horaire net lié à l'accessibilité brute ordinale du territoire étudié

Lorsqu'une infrastructure nouvelle est mise en service, l'augmentation de l'utilité économique annuelle associée aux déplacements domicile travail de l'actif résidant dans la zone i est égale à :

$$U_i^{t-2} - U_i^{t-1} = U_i^{1t-2} - U_i^{1t-1} = N_i^t [(C_{0i}^{o-1}/6) \cdot (\text{Log } E_{io}^{88-2} - \text{Log } E_{io}^{88-1}) + \text{Log } E_{io}^{88-1} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})/6]$$

$$U_i^{t-2} - U_i^{t-1} = U_i^{1t-2} - U_i^{1t-1} = 396 \cdot [(C_{0i}^{o-1}/6) \cdot (\text{Log } E_{io}^{88-2} - \text{Log } E_{io}^{88-1}) + \text{Log } E_{io}^{88-1} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})/6]$$

$$U_i^{t-2} - U_i^{t-1} = U_i^{1t-2} - U_i^{1t-1} = 66 \cdot [C_{0i}^{o-1} \cdot (\text{Log } E_{io}^{88-2} - \text{Log } E_{io}^{88-1}) + \text{Log } E_{io}^{88-1} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})]$$

La valeur de l'heure travaillée C_{0i}° est celle de l'actif résidant dans la zone i. Lorsque l'infrastructure testée est implantée dans un espace homogène au plan de la densité de la population, de celle de l'emploi et des conditions de desserte, la valeur de l'heure travaillée est-elle même homogène. On adopte donc dans ce cas pour effectuer l'étude d'évaluation en situation de référence, avant réalisation de l'infrastructure projetée, la valeur moyenne $C_0^{\circ-1}$ de l'heure travaillée au sein de l'espace servant de support à l'étude. Toutefois, la valeur de l'heure travaillée évolue elle-même avec la mise en place de la nouvelle infrastructure. On ne peut donc, sauf à ignorer le deuxième terme de la formule de création de valeur, considérer que la valeur horaire C_{0i}° ne varie pas au moment de l'ouverture de la nouvelle voie.

De plus, si le territoire est fortement hétérogène, et encore plus si on procède à des évaluations portant sur l'ensemble du territoire français ou européen, on ne peut pas considérer que la valeur de l'heure travaillée avant réalisation de l'infrastructure, $C_{0i}^{\circ-1}$, est constante. Elle est elle-même fonction du nombre d'emplois auquel un résident peut commodément accéder, comme le montre clairement l'étude publiée le 1^{er} septembre 1994, portant sur 16 agglomérations de taille croissante.

2.1.1.1.4 La recherche d'une formulation permettant de calculer les salaires observés en fonction des salaires des zones isolées et des accessibilités ordinales des zones étudiées

On peut rechercher une formulation qui permette de calculer les salaires observés dans les territoires étudiés en fonction de critères simples tels que l'accessibilité ordinale des zones étudiés.

L'objectif est d'obtenir une valeur bien corrélée aux observations de l'Insee en tout point du territoire national, de la zone rurale isolée à la zone urbaine dense.

Il suffit pour parvenir à ce résultat et obtenir les corrélations recherchées de considérer que l'utilité liée aux déplacements domicile travail et travail domicile annuels d'un actif résidant dans la zone i est égale au *supplément* de salaire entre une zone rurale isolée où le choix d'emplois est extrêmement réduit et la zone i où vit le résident. Cette seule hypothèse conduit à une formulation du salaire annuel net délivré à l'actif résidant en i dont la traduction numérique est strictement conforme aux statistiques publiées par l'INSEE, ce qui valide totalement l'hypothèse faite. C'est même la seule hypothèse qui permette de retrouver avec un très faible écart quadratique les résultats de l'INSEE.

Le nombre d'heures travaillées annuelles étant égal à 1650 et le nombre de déplacements domicile travail étant égal à 396, le nombre d'heures travaillées correspondant à un déplacement domicile travail est égal à $1650/396 = 4,16666$.

Or l'utilité économique brute d'un déplacement domicile travail, au sens du surplus brut produit, est égale à :

$$U_i^t = (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}). \text{Log } E_{io}^{88}$$

L'hypothèse faite implique que :

$$(C_{0i}^{\circ}/6). \text{Log } E_{io}^{88} = 4,16666 (C_{0i}^{\circ} - C_{0r}^{\circ})$$

$$(C_{0i}^{\circ}/25). \text{Log } E_{io}^{88} = C_{0i}^{\circ} - C_{0r}^{\circ}$$

$$C_{0i}^{\circ} (1 - (1/25). \text{Log } E_{io}^{88}) = C_{0r}^{\circ}$$

$$C_{0i}^{\circ} = C_{0r}^{\circ} / (1 - (1/25). \text{Log } E_{io}^{88}),$$

avec C_{0i}° salaire horaire net d'un actif de la zone i et C_{0r}° salaire horaire net d'un actif dans une zone rurale isolée.

Cette formule s'écrit également:

$$C_{0i}^{\circ} = C_{0r}^{\circ} / (1 - \text{Log } E_{io}^{88}/25) = C_{0r}^{\circ} \cdot [1 + (1/25). \text{Log } E_{io}^{88} + ((1/25). \text{Log } E_{io}^{88})^2 + ((1/25). \text{Log } E_{io}^{88})^3 + \dots].$$

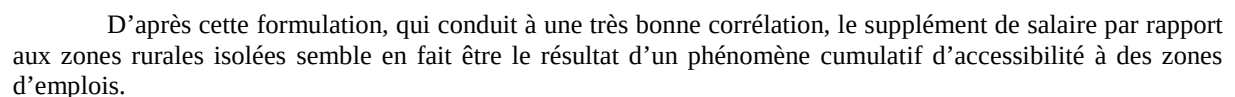
Exprimée en valeur annuelle, elle s'écrit :

Le salaire annuel net s'obtient en effet en multipliant par 1650 le salaire horaire net.

On obtient ainsi :

$$R_i^t = R_r^t.[1+(1/25).\text{Log } E_{i_0}^{88} + ((1/25).\text{Log } E_{i_0}^{88})^2 + ((1/25).\text{Log } E_{i_0}^{88})^3 + \dots],$$

Cette formule a la propriété d'être strictement superposable à celle résultant des publications de l'INSEE dans les 16 agglomérations de référence étudiées. Elle permet donc de déterminer très commodément les salaires horaires ou annuels nets dont on a besoin pour déterminer les utilités brutes et nettes associées aux déplacements domicile travail en tout point du territoire.



On peut, en appliquant la formule précédente, calculer le salaire annuel net d'un actif avant et après la mise en service d'un ouvrage. La formulation du salaire annuel net permet dans ce cas de calculer directement la variation d'utilité brute liée aux déplacements domicile travail et travail domicile au moment de la mise en service de l'infrastructure nouvelle.

Il convient de vérifier que la variation des salaires $R_i^{t-2} - R_i^{t-1}$ est égale à la variation d'utilité brute $U_i^{t-2} - U_i^{t-1}$.

$$U_i^{t-2} - U_i^{t-1} = N_i^t (C_{0i}^{\circ-2}/\alpha^\circ) \text{Log } E_i^{88-2} - N_i^t (C_{0i}^{\circ-1}/\alpha^\circ) \text{Log } E_i^{88-1}$$

Soit, sur la base de la relation: $\Delta(a.b) = a(\Delta b) + b(\Delta a)$,

$$U_i^{t-2} - U_i^{t-1} = N_i^t/\alpha^\circ [C_{0i}^{\circ-2}/\alpha^\circ (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1} (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})],$$

$$R_i^t = 1650 C_{0i}^\circ$$

$$R_r^t = 1650 C_{0r}^\circ$$

On a:

$$R_i^{t-2} - R_i^{t-1} = R_r^t (1/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25))$$

$$= R_r^t ((1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25 + \text{Log } E_i^{88-2}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - (1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25 + \text{Log } E_i^{88-1}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25))$$

$$= R_r^t [(1 + (\text{Log } E_i^{88-2}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - (1 + (\text{Log } E_i^{88-1}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25))]$$

$$= R_r^t [(\text{Log } E_i^{88-2}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - (\text{Log } E_i^{88-1}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)]$$

Soit, sur la base de la relation $\Delta(a.b) = (\Delta a)b + a(\Delta b)$,

$$= R_r^t [((\text{Log } E_i^{88-2}/25 - (\text{Log } E_i^{88-1})/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25) + (\text{Log } E_i^{88-1}/25)(1/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25))]$$

$$= (R_r^t/25) [(\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1})/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25) + \text{Log } E_i^{88-1}(1/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25))]$$

$$= (R_i^{t-1}/25)(\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1}((R_i^{t-2}/25) - (R_i^{t-1}/25))$$

$$= (1650 C_{0i}^{\circ-1}/25)(\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1}(1650 C_{0i}^{\circ-2}/25 - 1650 C_{0i}^{\circ-1}/25)$$

$$= 66 [C_{0i}^{\circ-1}(\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1} (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

$$= U_i^{t-2} - U_i^{t-1}.$$

On obtient bien le résultat recherché.

Pour déterminer la progression de l'utilité économique annuelle brute associée aux déplacements domicile travail de l'actif résidant dans la zone i, $U_i^{t-2} - U_i^{t-1}$, au moment de la mise en service d'une infrastructure nouvelle, on peut donc adopter la formule générale permettant de calculer la variation de salaire annuel net :

$$R_i^{t-2} - R_i^{t-1} = R_r^t \cdot [1/(1 - \text{Log } E_{io}^{88-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_{io}^{88-1}/25)]$$

ou la formule qui en découle donnant la variation de l'utilité brute incluse dans ce salaire:

$$U_i^{t-2} - U_i^{t-1} = R_r^t \cdot [(\text{Log } E_{io}^{88-2}/25)/(1 - \text{Log } E_{io}^{88-2}/25) - (\text{Log } E_{io}^{88-1}/25)/(1 - \text{Log } E_{io}^{88-1}/25)],$$

Mais on peut également, ne serait-ce que pour contrôler que le résultat obtenu est bien le même, calculer le salaire horaire de référence en toute zone i avant réalisation de l'infrastructure nouvelle, $C_{0i}^{\circ-1}$, et après réalisation de l'infrastructure, $C_{0i}^{\circ-2}$, en adoptant la formule générale :

$$C_{0i}^{\circ-1} = C_{0r}^\circ \cdot 1/(1 - \text{Log } E_{io}^{86-1}/25)$$

$$C_{0i}^{\circ-2} = C_{0r}^\circ \cdot 1/(1 - \text{Log } E_{io}^{86-2}/25)$$

et appliquer ensuite ces valeurs à la formule de base $U_i^t = N_i^t \cdot (C_{0i}^\circ/\alpha^\circ) \cdot \text{Log } E_{io}^{88} = 66 \cdot C_{0i}^\circ \cdot \text{Log } E_{io}^{88}$:

$$U_i^{t-2} - U_i^{t-1} = 66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_{io}^{88-2} - \text{Log } E_{io}^{88-1}) + \text{Log } E_{io}^{88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

En 1990, le salaire horaire net dans les zones rurales isolées C_{0r}° était de $58\,000 \text{ F}/1650 = 35,1515 \text{ F}$.

En 2000, il est de $35,1515.1,34 = 47,1030 \text{ F}$, soit en euros $7,1803 \text{ €}$.

En 2000, la formulation permettant de calculer le salaire annuel net en tout point i du territoire s'exprime de ce fait ainsi :

$$C_{0i}^{\circ-1} = 7,1803 \text{ €} \cdot 1 / (1 - \text{Log } E_{io}^{88-1} / 25)$$

En 1990, le salaire annuel net dans les zones rurales isolées R_i^t était de 58 000 F.

En 2000, il est de 58 000.1, 34 = 77 720 F, soit en euros 11 847,5 €.

En 2000, la formulation permettant de calculer le salaire annuel net en tout point i du territoire s'exprime de ce fait ainsi :

$$R_i^t = 11\,847,5 \text{ €} \cdot 1 / (1 - \text{Log } E_{io}^{88} / 25)$$

Dans les formules qui précèdent, le nombre d'emplois E_{io}^{88} correspond aux emplois dénombrables à l'intérieur du territoire qui est délimité par l'isochrone 88^{ème} percentile, c'est-à-dire l'isochrone qui n'est dépassé que par 12% des actifs de la zone i , en approche optimisée. Les percentiles s'appliquent aux temps utiles t_i^1 , c'est-à-dire exclusion faite des trajets terminaux qui n'ont pas d'effet sur les univers de choix des destinations commodément accessibles. Le temps correspondant au 88^{ème} percentile est de 56,94 minutes, très proches de 60 minutes.

2.1.1.2 Le cas des déplacements pour tous motifs économiques

2.1.1.2.1 Le libellé de l'utilité économique brute annuelle des déplacements pour tous motifs économiques

La performance économique liée à tous les déplacements à vocation économique s'exprime sous la forme :

$$U_i^{te} = U_i^{1te} = N_i^t \cdot (C_{0i}^{\circ} / \alpha^{\circ}) \cdot \text{Log } E_{io}^{88} + N_i^m \cdot (C_{0i}^{\circ} / \alpha_m^{\circ}) \cdot \text{Log } E_{io}^{88}_m + N_i^n \cdot (C_{0i}^{\circ} / \alpha_n^{\circ}) \cdot \text{Log } E_{io}^{88}_n + \dots$$

Pour chaque motif de déplacement, il existe un nombre de déplacements annuels, un coefficient α spécifique et un nombre d'emplois adapté à l'intérieur de l'isochrone 88 (emplois tertiaires pour le motif affaires, emplois d'enseignants pour le motif instruction, emplois de vendeurs pour le motif achat, ...). On peut toutefois simplifier fortement les calculs en déterminant un nombre moyen annuel de déplacements équivalents N_i^{te} qui, appliqué à $(C_{0i}^{\circ} / \alpha^{\circ}) \cdot \text{Log } E_{io}^{88}$, permet de retrouver une valeur très proche du résultat obtenu par addition des utilités de chacun des motifs de déplacement à vocation économique. Ce nombre de déplacements annuels équivalent est égal à 964.

A titre de comparaison, le nombre de déplacements totaux annuels à vocation économique est de 1432. Il est composé de 396 déplacements domicile travail et travail domicile et de 1036 déplacements à vocation économique de type affaires, enseignement, achats, services. Les 1036 déplacements à vocation économique autres que domicile travail donnent naissance à 651 déplacements équivalents, en maintenant les attracteurs originaux $E_{io}^{88}_m$, $E_{io}^{88}_n$..., et en adoptant $\alpha^{\circ} = 6$, et à 568 déplacements équivalents, en adoptant, de plus, comme attracteur de référence, le nombre d'emplois totaux E_{io}^{88} .

Le nombre de déplacements annuels équivalent, en maintenant les attracteurs originaux $E_{io}^{88}_m$, $E_{io}^{88}_n$..., et en adoptant $\alpha^{\circ} = 6$, est ainsi de $396 + 651 = 1047$. En se référant à l'attracteur E_{io}^{88} et en adoptant $\alpha^{\circ} = 6$, il est de $396 + 568 = 964$.

Le rapport entre ce dernier nombre et celui des déplacements pour le motif domicile travail et travail domicile est égal à 2,4343, soit exactement le rapport moyen entre le supplément de salaire annuel net et le supplément de PIB par actif par rapport aux zones rurales isolées effectivement observé (2,4310 : la différence est de 1,25 pour mille).

On obtient ainsi pour l'ensemble des déplacements à vocation économique (domicile travail et autres déplacements à vocation économique) :

$$U_i^{te} = U_i^{1te} = N_i^{te} \cdot (C_{0i}^{\circ} / \alpha^{\circ}) \cdot \text{Log } E_{io}^{88} = 964 (C_{0i}^{\circ} / 6) \cdot \text{Log } E_{io}^{88} = 160,66 \cdot C_{0i}^{\circ} \cdot \text{Log } E_{io}^{88}$$

2.1.1.2.2 La comparaison de l'utilité économique brute annuelle des déplacements pour tous motifs économiques ajoutée aux PIB observés dans les zones isolées et de la valeur des PIB observés dans les zones étudiées

L'étude effectuée le 1er septembre 1994 sur 16 agglomérations de taille croissante allant de Guéret à l'Île de France fait apparaître une parfaite concordance entre les PIB annuels moyens nets observés dans ces 16 agglomérations et le cumul des PIB observés dans les zones isolées et de l'utilité annuelle brute des déplacements pour tous motifs économiques effectués dans ces agglomérations.

La comparaison des graphiques ci-dessous en témoigne.

Le premier graphique représente les PIB annuels par actif, exprimés en francs, monnaie en vigueur à la date de réalisation de l'étude.

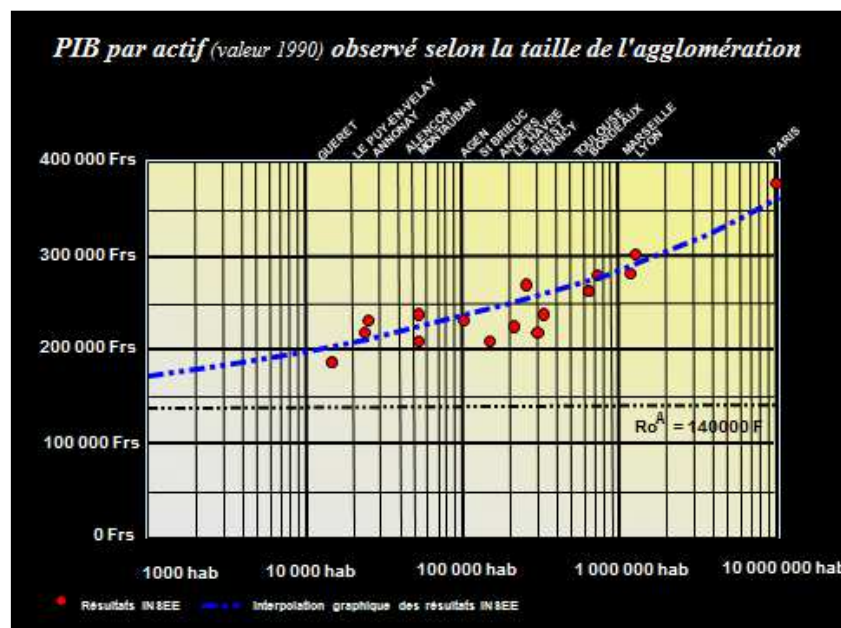
Le deuxième graphique représente les résultats obtenus en additionnant aux PIB annuels nets des zones isolées (58 000 Francs en 1990) la valeur de l'utilité annuelle brute résultant de l'application de la formule :

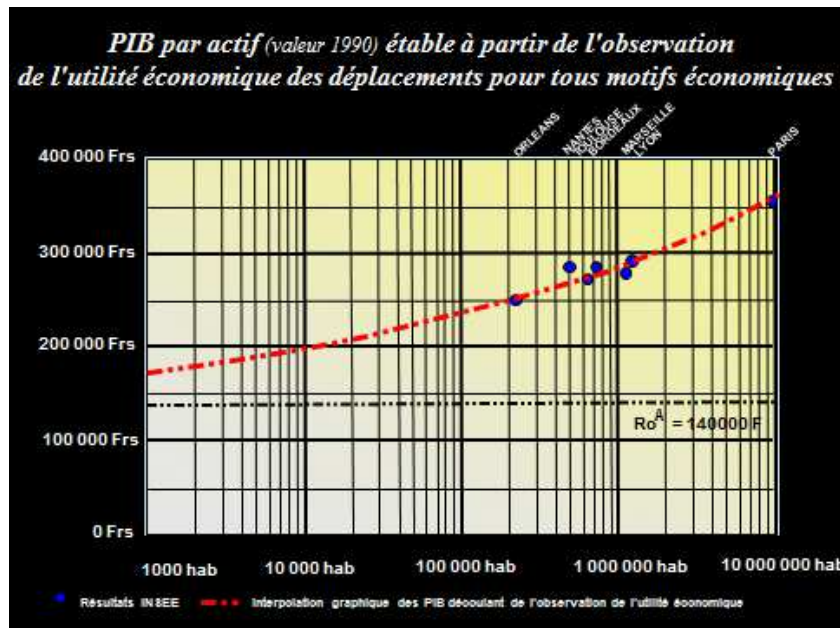
$$U_i^{te} = U_i^{1te} = N_i^{te} \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } E_{io}^{88} = 964(C_{0i}^\circ / 6) \cdot \text{Log } E_{io}^{88} = 160,66 \cdot C_{0i}^\circ \cdot \text{Log } E_{io}^{88}, \text{ avec:}$$

- C_{0i}° le salaire horaire net publié par l'Insee

- $\text{Log } E_{io}^{88}$ l'accessibilité ordinale moyenne observée dans chacune des agglomérations étudiées en fonction des résultats des enquêtes globales de transport effectuées.

On voit apparaître une concordance parfaite entre les deux graphiques, ce qui laisse présumer une corrélation entre utilités annuelles brutes découlant des déplacements pour tous motifs économiques et PIB observés.





2.1.1.2.3 La variation de la valeur du produit intérieur brut en fonction de l'utilité brute des déplacements pour tous motifs économiques au sein du territoire étudié

Lorsqu'une infrastructure nouvelle est mise en service, l'augmentation de l'utilité économique associée à tous les déplacements à vocation économique rattachés à un actif résidant dans la zone i , soit en pratique à un ménage (le rapport entre le nombre d'actifs et le nombre de ménages étant voisin de 1), est égale à :

$$U_i^{te-2} - U_i^{te-1} = U_i^{1te-2} - U_i^{1te-1} = 160,66. [C_{0i}^{o-1} \cdot (\text{Log } E_{io}^{88-2} - \text{Log } E_{io}^{88-1}) + \text{Log } E_{io}^{88-1} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})]$$

La valeur de l'heure travaillée C_{0i}^o est celle de l'actif résidant dans la zone i . Lorsque l'infrastructure testée est implantée dans un espace homogène au plan de la densité de la population, de celle de l'emploi et des conditions de desserte, la valeur de l'heure travaillée est elle-même homogène. On adopte donc dans ce cas pour effectuer l'étude d'évaluation en situation de référence avant réalisation de l'infrastructure projetée, la valeur moyenne C_0^{o-1} de l'heure travaillée au sein de l'espace servant de support à l'étude. Toutefois, la valeur de l'heure travaillée évolue elle-même avec la mise en place de la nouvelle infrastructure. On ne peut donc, sauf à ignorer le deuxième terme de la formule de création de valeur, considérer que la valeur horaire C_{0i}^o ne varie pas au moment de l'ouverture de la nouvelle voie.

De plus, si le territoire est fortement hétérogène, et encore plus si on procède à des évaluations portant sur l'ensemble du territoire français ou européen, on ne peut pas considérer que la valeur de l'heure travaillée avant réalisation de l'infrastructure, C_0^{o-1} , est constante. Elle est elle-même fonction du nombre d'emplois auquel un résident peut commodément accéder comme le montre clairement l'étude publiée le 1^{er} septembre 1994, portant sur 16 agglomérations de taille croissante.

2.1.1.2.4 La recherche d'une formulation permettant de calculer les PIB observés en fonction des PIB des zones isolées et des accessibilités ordinales des zones étudiées

Comme pour les salaires, on peut rechercher une formulation qui permette de calculer les PIB observés dans les territoires étudiés en fonction de critères simples tels que l'accessibilité ordinale des zones étudiées.

L'objectif est d'obtenir une valeur bien corrélée aux observations de l'Insee en tout point du territoire national, de la zone rurale isolée à la zone urbaine dense.

On observe en fait un strict parallélisme entre le salaire annuel net d'un actif et le PIB induit. Le rapport est de 2,4343, qui est également le rapport entre le nombre de déplacements équivalents domicile travail annuels pour tous motifs économiques et le nombre de déplacements annuels pour le motif domicile travail et travail domicile.

On peut donc faire découler la formulation de la valeur du PIB annuel de celle du salaire annuel net.

Il suffit pour parvenir au résultat et aux corrélations recherchées de considérer que l'utilité liée aux déplacements pour tous motifs économiques d'un actif résidant dans la zone i (et des membres du ménage associés) est égale au *supplément* de PIB entre une zone rurale isolée où le choix d'emplois est extrêmement réduit et la zone i où vit l'actif. Cette seule hypothèse conduit à une formulation du PIB induit par l'actif résidant en i dont la traduction numérique est conforme aux statistiques publiées par l'INSEE, ce qui valide totalement l'hypothèse faite. C'est même la seule hypothèse qui permette de retrouver avec un faible écart quadratique les résultats de l'INSEE.

Le nombre d'heures travaillées annuelles étant égal à 1650 et le nombre de déplacements domicile travail étant égal à 396, le nombre d'heures travaillées correspondant à un déplacement domicile travail est égal à 1650/396 = 4,16666.

Or l'utilité économique brute d'un déplacement domicile travail, au sens du surplus brut produit, est égale à :

$$U_i^t = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } E_{io}^{88}$$

L'hypothèse faite implique que :

$$(C_{0i}^\circ / 6) \cdot \text{Log } E_{io}^{88} = 4,16666 (C_{0i}^\circ - C_{0r}^\circ)$$

$$(C_{0i}^\circ / 25) \cdot \text{Log } E_{io}^{88} = C_{0i}^\circ - C_{0r}^\circ$$

$$C_{0i}^\circ (1 - (1/25) \cdot \text{Log } E_{io}^{88}) = C_{0r}^\circ$$

$$C_{0i}^\circ = C_{0r}^\circ / (1 - (1/25) \cdot \text{Log } E_{io}^{88}),$$

avec C_{0i}° salaire horaire net d'un actif de la zone i et C_{0r}° salaire horaire net d'un actif dans une zone rurale isolée.

Cette formule s'écrit également, comme on l'a déjà vu:

$$C_{0i}^\circ = C_{0r}^\circ / (1 - \text{Log } E_{io}^{88} / 25) = C_{0r}^\circ \cdot [1 + (1/25) \cdot \text{Log } E_{io}^{88} + ((1/25) \cdot \text{Log } E_{io}^{88})^2 + ((1/25) \cdot \text{Log } E_{io}^{88})^3 + \dots].$$

Exprimée en valeur annuelle, elle s'écrit :

$$R_i^t = 1650 C_{0i}^\circ = 1650 C_{0r}^\circ / (1 - (1/25) \text{Log } E_{io}^{88}) = R_r^t / (1 - (1/25) \text{Log } E_{io}^{88})$$

On obtient ainsi :

$$R_i^t = R_r^t / (1 - (1/25) \cdot \text{Log } E_{io}^{88}),$$

$$R_i^t = R_r^t \cdot [1 + (1/25) \cdot \text{Log } E_{io}^{88} + ((1/25) \cdot \text{Log } E_{io}^{88})^2 + ((1/25) \cdot \text{Log } E_{io}^{88})^3 + \dots],$$

avec R_i^t salaire annuel net d'un actif de la zone i et R_r^t salaire annuel net d'un actif dans une zone rurale isolée.

Pour le PIB annuel, il suffit de multiplier le salaire annuel net par le coefficient 2,4343.

On obtient ainsi :

$$R_i^{te} = R_r^{te} \cdot 1 / (1 - (1/25) \text{Log } E_{io}^{88})$$

avec R_i^{te} égal au PIB de la zone étudiée i, soit 2,4343 R_i^t et R_r^{te} égal au PIB des zones rurales isolées, soit 2,4343 R_r^t .

PIB par actif (valeur 1990) établi à partir de la formulation de l'utilité économique des déplacements pour tous motifs économiques

400 000 Frs
300 000 Frs
200 000 Frs
100 000 Frs
0 Frs

1000 hab 10 000 hab 100 000 hab 1 000 000 hab 10 000 000 hab

QUERRET
LE PUY EN VELAY
ANNONAY
ALBION
MONTAUBAN
AGEN
ST BENEVE
NIMES
LE PUY LA VIE
TOULOUSE
BOULOGNE
LYON
PARIS

$Ro^A = 140\,000\text{ F}$

**** Courbe : $140\,000 \left(1 + \frac{\log E^{90}}{26 - \log E^{90}} \right)$

2.1.1.2.5 L'augmentation du PIB lié à un actif, déterminée par la formule précédente, est égale, lorsqu'une infrastructure nouvelle est mise en service, à l'augmentation de l'utilité brute des déplacements pour tous motifs économiques liés à cet actif.

On peut, en appliquant la formule précédente, calculer l'augmentation du PIB lié à un actif avant et après la mise en service d'un ouvrage. La formulation du PIB permet dans ce cas de calculer directement la variation d'utilité brute liée aux déplacements pour tous motifs économiques au moment de la mise en service de l'infrastructure nouvelle.

$$= R_r^{te} ((1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25 + \text{Log } E_i^{88-2}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - (1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25 + \text{Log } E_i^{88-1}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25))$$

$$\begin{aligned}
&= R_r^{te} [(1 + (\text{Log } E_i^{88-2}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - (1 + (\text{Log } E_i^{88-1}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25))] \\
&= R_r^{te} [(\text{Log } E_i^{88-2})/25/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - (\text{Log } E_i^{88-1})/25/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)] \\
&\text{Soit, sur la base de la relation } \Delta(a.b) = (\Delta a)b + a(\Delta b), \\
&= R_r^{te} [((\text{Log } E_i^{88-2})/25 - (\text{Log } E_i^{88-1})/25) / (1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25) + (\text{Log } E_i^{88-1}/25)(1/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25))] \\
&= (R_r^{te}/25) [(\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) / (1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25) + \text{Log } E_i^{88-1}(1/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25))] \\
&= (R_i^{te-2}/25)(\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1}((R_i^{te-2}/25) - (R_i^{te-1}/25)) \\
&= (2,4343 \times 1650 C_{0i}^{\circ-1}/25)(\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1}(2,4343 \times 1650 C_{0i}^{\circ-2}/25 - 2,4343 \times 1650 C_{0i}^{\circ-1}/25) \\
&= 2,4343 \times 66 [C_{0i}^{\circ-1}(\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1}(C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \\
&= 160,66 [C_{0i}^{\circ-1}(\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1}(C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \\
&= U_i^{te-2} - U_i^{te-1}.
\end{aligned}$$

On obtient bien le résultat recherché.

Pour déterminer la progression de l'utilité économique annuelle brute associée aux déplacements pour tous motifs économiques de l'actif résidant dans la zone i (et des membres du ménage associés), $U_i^{te-2} - U_i^{te-1}$, au moment de la mise en service d'une infrastructure nouvelle, on peut donc adopter la formule générale permettant de calculer la variation du PIB :

$$R_i^{te-2} - R_i^{te-1} = R_r^{te} \cdot [1/(1 - \text{Log } E_{io}^{88-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_{io}^{88-1}/25)]$$

ou la formule qui en découle donnant la variation de l'utilité brute incluse dans le PIB:

$$U_i^{te-2} - U_i^{te-1} = R_r^{te} \cdot [(\text{Log } E_{io}^{88-2}/25)/(1 - \text{Log } E_{io}^{88-2}/25) - (\text{Log } E_{io}^{88-1}/25)/(1 - \text{Log } E_{io}^{88-1}/25)],$$

Mais on peut également, ne serait-ce que pour contrôler que le résultat obtenu est bien le même, calculer le salaire horaire de référence en toute zone i avant réalisation de l'infrastructure nouvelle, $C_{0i}^{\circ-1}$, et après réalisation de l'infrastructure, $C_{0i}^{\circ-2}$, en adoptant la formule générale :

$$C_{0i}^{\circ-1} = C_{0r}^{\circ} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_{io}^{88-1}/25)$$

$$C_{0i}^{\circ-2} = C_{0r}^{\circ} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_{io}^{88-2}/25)$$

et appliquer ensuite ces valeurs à la formule de base $U_i^{te} = N_i^{te} \cdot (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ})$. $\text{Log } E_{io}^{88} = 160,66$. $C_{0i}^{\circ} \cdot \text{Log } E_{io}^{88}$:

$$U_i^{te-2} - U_i^{te-1} = 160,66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_{io}^{88-2} - \text{Log } E_{io}^{88-1}) + \text{Log } E_{io}^{88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

En 1990, le salaire horaire net dans les zones rurales isolées C_{0r}° était de $58\,000 \text{ F}/1650 = 35,1515 \text{ F}$.

En 2000, il est de $35,1515 \cdot 1,34 = 47,1030 \text{ F}$, soit en euros $7,1803 \text{ €}$.

En 2000, la formulation permettant de calculer le salaire annuel net en tout point i du territoire s'exprime de ce fait ainsi :

$$C_{0i}^{\circ-1} = 7,1803 \text{ €} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_{io}^{88-1}/25)$$

En 1990, le PIB dans les zones rurales isolées R_r^{te} était de $141\,000 \text{ F}$.

En 2000, il est de $141\,000 \cdot 1,34 = 188\,940 \text{ F}$, soit, en euros, $28\,802$, arrondis à $28\,800 \text{ €}$.

En 2000, la formulation permettant de calculer le PIB en tout point i du territoire s'exprime de ce fait ainsi :

$$R_i^{te} = 28\,800 \text{ €} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_{io}^{88}/25)$$

NB : dans la publication de septembre 1994 adressée au CGPC, le PIB des zones rurales isolées a été arrondi pour des raisons de commodité à 140 000 F, conduisant à un PIB en 2000 de 187 600 F, soit, en euros, 28 578, arrondis à 28 600 €. Mais c'est la valeur 141 000 F en 1990, 188 940 F en 2000, soit, en euros, 28 800 € qui est la plus pertinente et la plus cohérente. Si on adopte la valeur de 140 000 F en 1990, soit 187 600 F en 2000 ou encore 28 600 €, le rapport moyen entre le PIB et le salaire annuel net est alors de 2,4135 et non de 2,4343, le nombre de déplacements équivalents pour tous motifs économiques est de 956 et non de 964 et le coefficient applicable à la formule de base du calcul de la valeur pour tous les déplacements à vocation économique de 159,29 en non de 160,66.

Les corrélations observées sont de très bonne qualité, quoique un peu inférieure à celle observée dans le cas des déplacements domicile travail.

2.1.2 Les corrélations observées sur les territoires desservis par des infrastructures de transport en service : cas des 36 000 communes de France.

Les résultats obtenus en 1994 sur 16 agglomérations de référence, la parfaite corrélation observée pour les déplacements à vocation économique entre les créations de valeur obtenues par la méthode des univers de choix et les suppléments de Produit intérieur brut par rapport aux zones rurales isolées, observés au sein des agglomérations étudiées, conduisent Jean Poulit à poursuivre cette même approche sur l'ensemble des territoires français et d'étendre si possible l'application de la méthode à l'ensemble des territoires européens, ceux en tout cas des pays voisins de la France.

L'étude est réalisée par l'Institut géographique national en 2003 et délivrée le 25 juin 2003.

L'objectif est de déterminer l'utilité économique (appelée également performance économique) des déplacements domicile travail et l'utilité économique des déplacements pour tous motifs économiques issus de chaque commune de France.

2.1.2.1 Les performances économiques sur les 36 000 communes de France

2.1.2.1.1 Les formulations employées : les déplacements à vocation économique (les performances économiques)

Les formulations employées sont les suivantes :

Déplacements domicile travail

- Utilité nette d'un déplacement domicile travail :

$S_i = U_i - C_i = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \log E_i^{88} - C_{0i}^{2,4/\alpha^\circ}$, formule dans laquelle :

- E_i^{88} est la quantité d'emplois dénombrable dans le territoire qui n'est dépassé que par 12 % des résidents de la zone i , correspondant, en solution optimisée, à une heure de déplacement, hors trajets terminaux à pied

- C_{0i}° est le coût généralisé d'une heure de temps de transport,

- α° est le coefficient de l'exponentielle décroissante de temps de transport dans les modèles de distribution des déplacements entre i et j ,

- $2,4/\alpha^\circ$ représente le temps moyen ressenti d'un déplacement issu de i , exprimé en heures, $3/\alpha^\circ$ représentant le temps moyen réel observé.

C_{0i}° inclue la valorisation du temps et les dépenses monétaires moyennes qui représentent, dans les systèmes de transport arrivés à maturité, la moitié de la valorisation du temps de déplacement. C_{0i}° a également la propriété d'être égal au salaire horaire net de l'actif se déplaçant pour se rendre à son travail ou en revenir.

Dans certaines présentations, C_{0i} représente la valeur attribué à une heure de déplacement, hors dépenses monétaires. Dans les systèmes de transport arrivés à maturité, C_{0i} est alors égal aux $2/3$ du coût généralisé C_{0i}° d'une heure de transport.

Lorsque C_{0i} est égal aux $2/3$ du coût généralisé d'une heure de déplacement, α est égal à 4.

Lorsqu'on prend en considération C_{0i}° , coût généralisé d'une heure de déplacement, équivalent au salaire horaire net de l'actif se déplaçant, α est remplacé par α° égal à 6.

Les évaluations ont bien été réalisées en prenant en considération les territoires accessibles en 60 minutes, hors trajets terminaux à pied, et non 40 minutes, hors trajets terminaux à pied. Cela signifie que l'étude correspond à la mise en œuvre de la solution dite « optimisée » tenant compte des déplacements à courte, moyenne et longue portée.

- Utilité brute d'un déplacement domicile travail :

$$U_i = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \text{Log } E_i^{88\%}$$

L'hypothèse faite, vérifiée sur 16 agglomérations de référence (étude du 1^{er} septembre 1994), est que l'utilité brute d'un déplacement pour domicile travail est égale au supplément de salaire net perçu par l'actif durant les 4,1666 heures de travail correspondant à un déplacement domicile travail par rapport au salaire C_{0r}° qu'il percevrait au sein d'un territoire n'offrant qu'un emploi ou très peu d'emplois, ce qui est le cas des zones rurales isolées.

On a dans cette hypothèse :

U_i correspondant à un déplacement domicile travail $= (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \text{Log } E_i^{88\%} = N$ heures travaillées/an/N déplacements DT/an x $(C_{0i}^\circ - C_{0r}^\circ) = 1650/396$ $(C_{0i}^\circ - C_{0r}^\circ) = 4,1666$ $(C_{0i}^\circ - C_{0r}^\circ)$

$$U_i = (C_{0i}^\circ / 6) \text{Log } E_i^{88\%} = 4,1666 (C_{0i}^\circ - C_{0r}^\circ).$$

$$(C_{0i}^\circ - C_{0r}^\circ) = (C_{0i}^\circ / 25) \text{Log } E_i^{88\%}$$

$$C_{0i} = C_{0r} (1 / (1 - (1/25) \text{Log } E_i^{88\%})) = C_{0r} (25 / (25 - \text{Log } E_i^{88\%}))$$

Cette formule s'écrit également :

$$C_{0i} = C_{0r} [1 + (1/25) \text{Log } E_i^{88\%} + ((1/25) \text{Log } E_i^{88\%})^2 + ((1/25) \text{Log } E_i^{88\%})^3 + \dots]$$

Le supplément de salaire par rapport aux zones rurales isolées est en fait le résultat d'un phénomène cumulatif d'accessibilité à des zones d'emplois.

En euros 2000, à l'horizon 2000, le salaire horaire net C_{0r} dans les zones rurales isolées est de 7,1803 €.

$$C_{0i} = 7,1803 (1 / (1 - (1/25) \text{Log } E_i^{88\%})) = 7,1803 (25 / (25 - \text{Log } E_i^{88\%}))$$

En valeur annuelle, on obtient, en multipliant par 1650 heures travaillées,

$$R_i^t = 1650 C_{0r} ((1 / (1 - (1/25) \text{Log } E_i^{88\%})) = 11\,847,5 ((1 / (1 - (1/25) \text{Log } E_i^{88\%}))$$

$$R_i^t = 11\,847,5 (25 / (25 - \text{Log } E_i^{88\%}))$$

$$U_i^t = \Delta R_{it} = R_{it} - 11\,847,5 = 11\,847,5 ((25 / (25 - \text{Log } E_i^{88\%})) - 1) = 11\,847,5 ((25 / (25 - \text{Log } E_i^{88\%})) - (25 - \text{Log } E_i^{88\%}) / (25 - \text{Log } E_i^{88\%}))$$

$$U_i^t = 11\,847,5 (\text{Log } E_i^{88\%}) / (25 - \text{Log } E_i^{88\%}).$$

Comme on l'a signalé, dans plusieurs pays européens, les données sur les emplois par commune ne sont pas disponibles alors que les données sur les actifs par commune le sont.

C'est pour cette raison que l'évaluation des performances économiques est faite en se référant au nombre d'actifs auxquels un employeur peut accéder dans un temps de transport donné à partir du poste de travail à occuper. Si de légères différences apparaissent localement, au niveau global, les résultats obtenus sont les mêmes.

Dans les formules employées, le facteur $E_i^{88\%}$ est donc à remplacer par $A_i^{88\%}$

Déplacements pour tous motifs économiques (travail, éducation, achats, affaires) (performances économiques)

Chaque motif de déplacement à vocation économique engendre sa propre valeur avec ses propres emplois spécifiques (emplois totaux pour les déplacements domicile travail, emplois tertiaires de différentes natures pour les autres motifs), son propre coefficient α° et son nombre de déplacements spécifiques annuels.

Ainsi le coefficient α° pour le motif affaires professionnelles est égal à 1,17 $\alpha^{\circ 1}$, $\alpha^{\circ 1}$ étant le coefficient α° applicable au motif domicile travail, soit 6. Pour le motif éducation, il est de 1,67 $\alpha^{\circ 1}$. Pour les motifs achats, services et loisirs urbains, il est égal à 1,81 $\alpha^{\circ 1}$. Compte tenu du poids des différents motifs autres que le motif travail, le coefficient α° moyen applicable à l'ensemble de ces motifs est voisin de 1,6 (valeur calculée en moyenne harmonique).

Le poids moyen des différents motifs est le suivant : Travail : 24%, affaires professionnelles : 14,5%, éducation : 15%, achats, services et loisirs urbains : 40,5 %.

Les loisirs verts traités séparément (performances naturelles) représentent 6% en moyenne de jour ouvrable et 15% en moyenne annuelle, compte tenu de la contribution des week-ends et jours de fête. Le coefficient α° applicable aux loisirs verts est égal à 1,46 $\alpha^{\circ 1}$

Le nombre de déplacements totaux annuels pour motifs économiques est de 1432 dont 396 pour le domicile travail.

Mais lorsque, pour des raisons de simplification et de réduction des temps de calcul, on cherche à ramener ces différents motifs économiques à des déplacements domicile travail équivalents en prenant en considération la totalité des emplois dans les zones de destination et non plus chaque famille d'emplois spécifiques, on trouve un nombre de déplacements annuels équivalents de 964 (396 + 568 autres motifs économiques) dont le rapport au nombre de déplacements domicile travail est de 2,4343, c'est-à-dire le rapport moyen observé entre le supplément de PIB par actif par rapport aux zones rurales isolées et le supplément de salaire annuel net.

On dispose dès lors d'une méthode simple pour déterminer la valeur associée à l'ensemble des déplacements qui ont une fonction économique.

$$U_i^{te} = 11\,847,5 \times 2,4343 (\text{Log } E_i^{88\%}) / (25 - \text{Log } E_i^{88\%})$$

$$U_i^{te} = 28\,840 (\text{Log } E_i^{88\%}) / (25 - \text{Log } E_i^{88\%}).$$

Cette valeur est supposée être équivalente au supplément de PIB entre la zone étudiée et les zones rurales isolées.

L'objet de l'étude est de vérifier que cette formulation reconstitue bien ce supplément de PIB.

Le PIB équivalent est égal dans cette hypothèse à :

$$R_i^{te} = U_i^{te} + 28\,840 = 28\,840 ((\text{Log } E_i^{88\%}) / (25 - \text{Log } E_i^{88\%}) + 1) = 28\,840 ((\text{Log } E_i^{88\%}) / (25 - \text{Log } E_i^{88\%}) + (25 - \text{Log } E_i^{88\%}) / (25 - \text{Log } E_i^{88\%}))$$

$$R_i^{te} = 28\,840 (25 / (25 - \text{Log } E_i^{88\%}))$$

Ce sont les formules :

$$U_i^{te} = 28\,840 (\text{Log } E_i^{88\%}) / (25 - \text{Log } E_i^{88\%})$$

$$\text{et } R_i^{te} = 28\,840 (25 / (25 - \text{Log } E_i^{88\%}))$$

qui sont utilisées pour évaluer l'utilité des déplacements pour tous motifs économiques et l'équivalent PIB associé.

Comme dans le cas des déplacements pour domicile travail, le facteur $E_i^{88\%}$ est à remplacer par $A_i^{88\%}$, nombre d'actifs accessibles dans un temps de transport donné à partir de chaque commune. Dans plusieurs pays européens en effet, le nombre d'emplois par commune n'est pas connu alors que le nombre d'actifs par commune l'est toujours.

Pour des raisons d'ajustements antérieurs, le coefficient adopté dans les calculs est de 28 600 au lieu de 28 840. Cette différence, de moins de 1%, n'a pas de réel impact sur les résultats.

2.1.2.1.2 L'emploi des systèmes d'information géographique :

Les systèmes d'information géographique sont les outils idéaux pour évaluer les performances économiques et naturelles des territoires. La méthode consiste à associer des bases de données géographiques, comportant la description numérique des communes et les attributs qui en relèvent, à des bases de données géographiques décrivant les réseaux supportant les échanges entre ces communes. Les premières bases servent de support à des attributs socioéconomiques tels qu'habitants, actifs, emplois ou à des attributs environnementaux tels que superficies d'espaces naturels de différentes catégories (espaces aquatiques, espaces agricoles, espaces forestiers). Les deuxièmes bases servent de support aux attributs qui caractérisent les déplacements entre communes. Elles permettent d'identifier les vitesses de déplacement et par voie de conséquence de calculer les territoires accessibles dans un temps donné à partir du centre de toute commune. En combinant communes accessibles dans un temps donné et attributs socioéconomiques ou environnementaux liés à ces communes, on dispose de tous les éléments pour calculer de façon automatique les performances économiques et naturelles des territoires.

2.1.2.1.3 Les données sur les actifs, les emplois et les différentes catégories d'espaces naturels par commune au sein des différents pays d'Europe

La base servant de support aux données socioéconomiques ou environnementales est la base SABE élaborée par la Fédération européenne des Instituts nationaux d'information géographique, Eurogeographics. Elle décrit les limites de toutes les communes des différents pays d'Europe. Elle présente l'avantage de respecter des spécifications homogènes sur l'ensemble de l'Europe.

Les données de population et d'emploi sont celles d'EUROSTAT, l'institut européen des statistiques socioéconomiques, données bien entendu homogènes, pour ce qui concerne la France, avec les données de l'INSEE. Il faut signaler que, si les données sont complètes, en termes de population et de population active, il n'en est pas toujours de même pour des données comme l'emploi. C'est pour cette raison que les évaluations des

performances économiques s'effectuent prioritairement en tenant compte des actifs accessibles dans un temps donné à partir du centre de chaque commune et non des emplois.

2.1.2.1.4 Les données sur les vitesses de déplacement des résidents sur l'ensemble des pays d'Europe

La base servant de support au calcul des vitesses de déplacement et qui permet de ce fait de déterminer les territoires accessibles dans un temps donné est la base de la société Navigation Technologies. Cette base couvre tous les pays européens (à l'exception de la Grèce et en 2003 de l'Irlande). Au niveau mondial, elle couvre la plupart des continents. Elle répond à des spécifications homogènes. Sa précision est décimétrique, ce qui est largement suffisant pour répondre à l'objectif poursuivi.

Son établissement a demandé des efforts considérables. Il a fallu en effet reprendre l'intégralité des données élaborées par les Instituts nationaux de géographie, les fusionner dans une base unique respectant des spécifications homogènes et tenir à jour les données ainsi produites. Les équipes de mise à jour de la base représentent, au seul niveau européen, plusieurs centaines de personnes, travaillant à temps plein.

La base décrit l'intégralité du réseau routier européen, depuis le réseau autoroutier jusqu'à la moindre voie communale. Elle comporte des indications de vitesse de déplacement. Chaque segment de réseau se voit attribuer un niveau de vitesse selon une gamme comportant neuf échelons.

Code Fluidité	Vitesse (km/h)
0	5
1	20
2	20
3	30
4	40
5	60
6	70
7	90
8	120

Les vitesses sont les vitesses qui ne sont dépassées en moyenne journalière que par 15% des usagers. Il s'agit donc d'une vitesse réaliste qui tient compte des contraintes géométriques spécifiques à chaque type de réseau et des conditions habituelles d'usage de ces infrastructures.

Bien qu'il s'agisse de réseaux routiers, les vitesses de déplacement tiennent compte de l'existence de réseaux de transports collectifs, souvent puissants dans les grandes agglomérations. Ainsi, en Ile de France, les vitesses de référence tiennent compte de l'existence des lignes de RER ou de celles du métropolitain parisien. Si ces réseaux de transport collectifs n'existaient pas, les vitesses qui seraient observées seraient bien inférieures à celles indiquées dans les attributs de la base de Navigation Technologies. On peut donc dire que les évaluations effectuées avec cette base sont bien des évaluations tenant compte de réseaux de transport multimodaux.

La base possède des propriétés de cohérence topologique de haut niveau. Tous les carrefours sont codés avec les mouvements autorisés et les mouvements interdits. Les sens uniques sont indiqués. Les échangeurs et diffuseurs autoroutiers sont décrits avec précision. On comprend que la tenue à jour de tous ces attributs représente une importante activité.

2.1.2.1.5 La cartographie des résultats. Les gammes chromatiques ordonnées

Les résultats des évaluations des performances économiques et naturelles des communes font l'objet d'illustrations cartographiques extrêmement pédagogiques. Ces illustrations permettent d'identifier d'un seul coup d'œil l'importance des créations de valeur en tout point d'un territoire étudié. On n'apprécie plus désormais une situation de façon globale mais bien dans sa diversité géographique. L'illustration cartographique des résultats constitue un puissant instrument d'aménagement du territoire.

Pour les performances économiques des différentes communes de France et d'Europe, on utilise par exemple une échelle chromatique ordonnée comportant seize postes, le premier poste comportant les résultats compris entre 0 et 15 400 € de création de valeur, le poste médian, les résultats compris entre 24 900 € et 25 900 € et le poste le plus élevé, les résultats compris entre 43 400 et 49 500 €. Exprimées en équivalents Produit

intérieur brut, valeurs qui s'obtiennent en ajoutant aux utilités économiques, le Produit intérieur brut des zones rurales les plus isolées, le premier poste de la gamme comporte les résultats compris entre 28 600 € et 44 000 €, le poste médian, les résultats compris entre 53 500 € et 54 300 € et le poste le plus élevé, les résultats compris entre 72 000 € et 78 100 €. La gamme des couleurs adoptées va du bleu foncé pour les valeurs les plus modestes au rouge soutenu pour les valeurs les plus élevées. Les résultats visuels sont saisissants.

2.1.2.1.6 Les résultats obtenus sur les territoires français. L'effet positif des polarisations métropolitaines. L'effet bénéfique des infrastructures de transport

PERFORMANCE ECONOMIQUE DES TERRITOIRES FRANCAIS

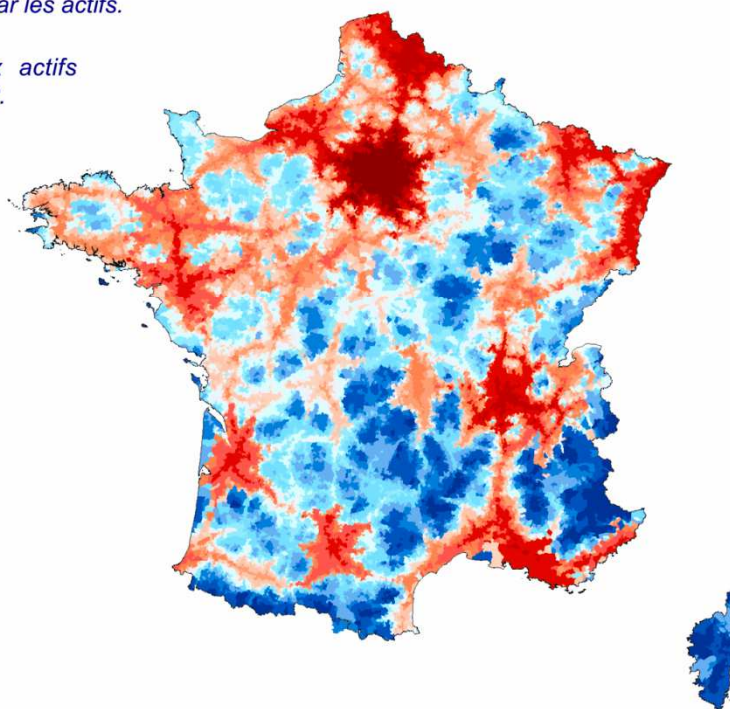
Supplément de valeur annuelle créée par les actifs.

(en euros 2000 par emploi occupé)

Valeur basée sur l'accessibilité aux actifs situés à moins d'une heure de transport.

(à partir du centre de chaque commune)

Supp. de valeur créée	Equivalent P.I.B.	Communes
$R = 28\ 600 \times$ ($\text{Log}(\text{Actifs}60mn) / (25 - \text{Log}(\text{Actifs}60mn))$)	$PIB = 28\ 600 + R$	Nbre de communes concernées
43 400 - 49 500	72 000 - 78 100	886
35 400 - 43 400	64 000 - 72 000	1125
31 400 - 35 400	60 000 - 64 000	3180
29 900 - 31 400	58 500 - 60 000	2820
28 400 - 29 900	57 000 - 58 500	3455
27 400 - 28 400	56 000 - 57 000	2754
26 400 - 27 400	55 000 - 56 000	2937
25 700 - 26 400	54 300 - 55 000	1964
24 900 - 25 700	53 500 - 54 300	2042
23 900 - 24 900	52 500 - 53 500	2916
22 900 - 23 900	51 500 - 52 500	2956
21 400 - 22 900	50 000 - 51 500	3551
19 900 - 21 400	48 500 - 50 000	2731
18 400 - 19 900	47 000 - 48 500	1647
15 400 - 18 400	44 000 - 47 000	1315
0 - 15 400	28 600 - 44 000	447



Données : NAVTEQ® et EUROSTAT®
© IGN 2003

Les résultats obtenus sont très illustratifs du concept de création de valeur associé à la possibilité pour les hommes d'échanger leur savoir-faire avec d'autres hommes, disposant de formations diversifiées, accessibles dans des temps de transport raisonnables.

A la lecture de la carte de France, le premier sentiment est celui de la beauté et en même temps de la rationalité. On voit réellement vivre les territoires, avec leurs zones d'intensité économique, ou a contrario de moindre vitalité, et leurs relations avec les territoires voisins.

On est tout d'abord frappé par la puissance économique de l'Ile de France qui résulte de sa grande densité d'occupation et de la diversité et de la performance de ses infrastructures de transport. L'équivalent PIB calculé est, en 2000, de 400 milliards d'euros (395 publiés par l'Insee). Pour donner une idée de cette puissance, avec ses 11 millions d'habitants, l'Ile de France produit en l'an 2000 autant de richesses que la moitié de la population chinoise, dont l'effectif est 118 fois supérieur. La production de richesse par habitant est ainsi 50 fois supérieure à celle d'un habitant de la Chine d'aujourd'hui qui est encore profondément rurale.

Cette proportion devrait au demeurant baisser très rapidement au fur et à mesure de l'urbanisation du continent chinois. Il y a dix ans, la richesse produite par l'Ile de France atteignait l'équivalent de celle de la Chine. Tous les dix ans, le rapport devrait baisser d'au moins moitié. L'Ile de France reste cependant l'exemple de l'efficacité des grandes métropoles mondiales dont il faut préserver la vitalité en augmentant de façon

régulière la puissance de leurs infrastructures de transport. L'Ile de France est un des piliers de la puissance économique de la France.

Les régions autour de l'Ile de France s'organisent autour de leurs chefs lieu de région : Rouen pour la Haute Normandie, Amiens pour la Picardie, Reims pour la Champagne Ardenne, Orléans pour le Centre. Les infrastructures de transport, qu'elles soient autoroutières ou ferroviaires, créent des synergies positives avec la région capitale. Apparaissent également les bienfaits des rocade autoroutières qui relient ces métropoles entre elles.

La région du Nord Pas de Calais présente également une belle vitalité économique. L'autoroute A1 et le TGV Paris Lille constituent un véritable cordon entre la région d'Ile de France et la région Nord Pas de Calais. De même, le réseau des infrastructures ferroviaires ou routières en direction d'une part de la Belgique et de la Hollande, d'autre part de Calais Dunkerque et de l'Angleterre crée un ensemble d'une belle facture économique.

La Bretagne et les Pays de la Loire font clairement apparaître l'intérêt d'un réseau de villes très bien reliées entre elles. Chacune de ces régions pèse 80% de la région Nord Pas de Calais. L'effet du plan routier breton se dessine sur la carte des performances économiques de la Bretagne. Quand on examine la carte détaillée des Pays de la Loire, on voit « jaillir du sol » les valeurs économiques créées par des agglomérations comme Nantes, Angers, Le Mans, Tours, reliées plus au nord à Rennes et plus au sud à Poitiers Niort et La Rochelle. Ces régions de France constituent une partie de l'arc atlantique en plein développement.

Plus au sud, la valeur économique se polarise au sein et autour des métropoles de Bordeaux et de Toulouse, d'environ 1 million d'habitants chacune. Elle se dessine également clairement le long de la Côte Basque et se prolonge en direction du Pays basque espagnol, qui comporte deux millions d'habitants. Les liaisons autoroutières créent des synergies entre Bordeaux et Toulouse ainsi qu'entre Bordeaux et le Pays Basque. La Pyrénéenne, ouverte récemment entre Toulouse et Bayonne, est un facteur de désenclavement du sud-ouest aquitain.

Dans la partie orientale de la France, on trouve, au nord-est, la région Lorraine qui est en synergie de plus en plus affirmée avec le Luxembourg et, plus généralement, avec le Benelux. On trouve également la région Alsace, dense et bien reliée aux zones les plus dynamiques de l'Allemagne. La Bourgogne s'affirme autour de la métropole dijonnaise.

Puis se dessine clairement l'axe rhodanien, avec l'agglomération de Lyon et celle de Marseille, dépassant toutes deux 1 million d'habitants. Les réseaux autoroutiers et plus récemment la ligne à grande vitesse, Lyon Marseille créent de puissantes synergies entre ces pôles régionaux. Au sud-est de l'agglomération lyonnaise, apparaît la force du réseau des villes telles que Grenoble, Chambéry Annecy, reliées entre elles par un puissant réseau autoroutier et raccordées plus au nord à Genève et aux principales agglomérations suisses. A l'ouest se trouve l'agglomération de Clermont Ferrand qui est désormais proche de l'agglomération lyonnaise grâce aux infrastructures récemment mises en service.

Enfin la région Provence Alpes Côte d'Azur reliée à l'ouest à la région Languedoc Roussillon dessine l'arc sud qui se prolonge de façon très naturelle en direction de Toulouse et la Côte Basque. La densité de population et l'amélioration constante des infrastructures en font un territoire en plein développement.

Entre ces deux grandes parties, occidentale et orientale, du territoire national où se concentre plus de 80% de la population française, existe une diagonale peu dense, de faible vitalité économique, allant de la Champagne au Sud-ouest rural en passant par le Limousin et l'Auvergne. Ce territoire, disposant de peu de ressources humaines et de ce fait peu urbanisé, ne crée pas de fortes valeurs économiques.

Au total, on constate que la France, qui est un pays relativement peu dense, s'est organisée de façon très intelligente en une structure de réseaux d'agglomérations bien reliées entre elles afin de tirer le meilleur parti des talents que recèle l'ensemble de sa population.

La polarisation que l'on observe est au cœur de la vitalité économique du pays. Un tiers des zones rurales tire bénéfice des univers de choix que leur offre la ville, devenue toute proche grâce à la performance des réseaux de transport. C'est le phénomène, en fait très bénéfique, de la « rurbanisation ». C'est celui qui explique également qu'alors que les univers de choix économiques croissent grâce à la performance des infrastructures de transport, les agglomérations tendent à voir leur densité légèrement baisser pour bénéficier de meilleures conditions d'accès aux espaces naturels.

L'image que la carte des performances économiques des territoires donne de la France est conforme au sentiment qu'en ont les responsables politiques et économiques consultés. Il y a cohérence entre l'évaluation technique et la perception politique du territoire.

La cohérence apparaît encore plus forte lorsque l'on compare les évaluations des performances économiques aux Produits intérieurs bruts publiés par l'INSEE (ou plus exactement aux suppléments de produits intérieurs bruts par rapport à ceux observés au sein des territoires ruraux les plus isolés, suppléments qui illustrent les créations de valeur effectivement observées).

2.1.2.1.7 Les produits intérieurs bruts des vingt-deux régions de France sont corrélés aux performances économiques des territoires

Dans les seize agglomérations de référence étudiées au cours des années 1990, une excellente corrélation est apparue entre les suppléments de création de valeur liés aux déplacements domicile travail et les suppléments de salaire nets délivrés aux actifs vivant et travaillant au sein de ces agglomérations en adoptant comme référence les zones rurales isolées n'offrant que des choix d'emplois extrêmement réduits. De même, une excellente corrélation est apparue entre les suppléments de création de valeur liés à tous les déplacements à fonction économique, travailler, faire des affaires, s'instruire, acheter, bénéficier de services et les suppléments de PIB enregistrés au sein de ces agglomérations par rapport à la situation observée dans les zones rurales isolées.

L'étude effectuée sur l'ensemble des territoires entourant les 36 000 communes de France confirme-t-elle cette excellente corrélation ?

On dispose des résultats du calcul de la valeur associée à l'ensemble des déplacements à vocation économique commune par commune. L'information est donc géographiquement très finement référencée.

Par contre les données publiées par l'INSEE le sont à une échelle beaucoup plus globale. En 2000, l'INSEE publie les produits intérieurs bruts à l'échelle de chaque région.

Au niveau du département, elle a cessé de publier ce type d'information depuis 1996. Pour établir une comparaison qui soit plus détaillée que celle d'une région, la solution consiste à adopter les résultats publiés par l'INSEE en 1996 et à multiplier ces résultats départementaux par le coefficient de progression du PIB national entre 1996 et 2000, soit 1,158557546, effet du cumul du glissement des prix et de l'augmentation du PIB en volume.

Bien entendu, au niveau communal, toute comparaison est impossible.

Les résultats obtenus au niveau régional sont excellents.

Ils sont présentés dans le tableau ci-après :

N° région	Nom région	PIB INSEE 2000 (M€)	PIB calculé (M€)
R242	Alsace	41 670	45 411
R261	Aquitaine	61 264	54 513
R272	Auvergne	25 726	31 043
R225	Basse-Normandie	27 886	33 132
R226	Bourgogne	33 823	38 059
R252	Bretagne	56 692	66 665
R224	Centre	50 546	59 792
R221	Champagne-Ardenne	29 249	32 336
R283	Corse	4 862	4 697
R243	Franche-Comté	22 715	26 413
R223	Haute-Normandie	40 938	46 701
R210	Ile-de-France	395 228	399 249
R281	Languedoc-Roussillon	41 546	48 741
R263	Limousin	13 400	16 473
R241	Lorraine	44 307	55 520
R262	Midi-Pyrénées	52 047	72 293
R230	Nord-Pas-de-Calais	75 974	97 919
R251	Pays de Loire	66 496	76 131
R222	Picardie	35 498	47 882
R253	Poitou Charente	30 459	37 132
R282	Provence-Alpes-Côte-d'azur	95 675	108 912
R271	Rhône-Alpes	137 354	146 320

Total

1 383 353

1 545 335

Coefficients de corrélation

	PIB calculé - PIB INSEE
Toutes régions	1,00
Pente :	0,99
PIB à l'origine :	- 6 749

Le coefficient de corrélation est de 1. La pente entre le PIB observé et le PIB calculé est de 0,99. Les valeurs calculées sont légèrement supérieures aux valeurs publiées par l'INSEE.

On observe ainsi en Ile de France un résultat annoncé de 399,249 milliards d'euros et une valeur publiée par l'INSEE de 395,228 milliards. En Région Rhône Alpes, les résultats sont respectivement de 146,320 milliards d'euros annoncés et 137,354 publiés par l'INSEE. En Alsace, ils atteignent 45,411 milliards d'euros pour 41 670 milliards observés.

L'ajustement serait sans doute meilleur si la valeur de référence R0 applicable aux zones rurales isolées, utilisée dans la détermination de la richesse produite, était légèrement plus faible, de l'ordre de 10%. Mais, dans ce cas, ce serait l'Ile de France qui se verrait créditée d'une création de valeur légèrement inférieure à la réalité observée. Cette situation est tout à fait normale dans la mesure où la formulation employée pour le calcul de la valeur est une forme légèrement approchée du calcul complet de la valeur reposant sur les observations découlant des enquêtes de transport. La formulation simplifiée avantage légèrement les petites agglomérations et à tendance à progressivement défavoriser les grandes agglomérations.

L'illustration des résultats obtenus comparés aux valeurs publiées par l'INSEE donne une image tout à fait convaincante de la qualité de la corrélation.

Il convient de remarquer que la corrélation n'est observée que si les paramètres employés dans la formulation des performances économiques des territoires sont ceux qui résultent des enquêtes globales de transport.

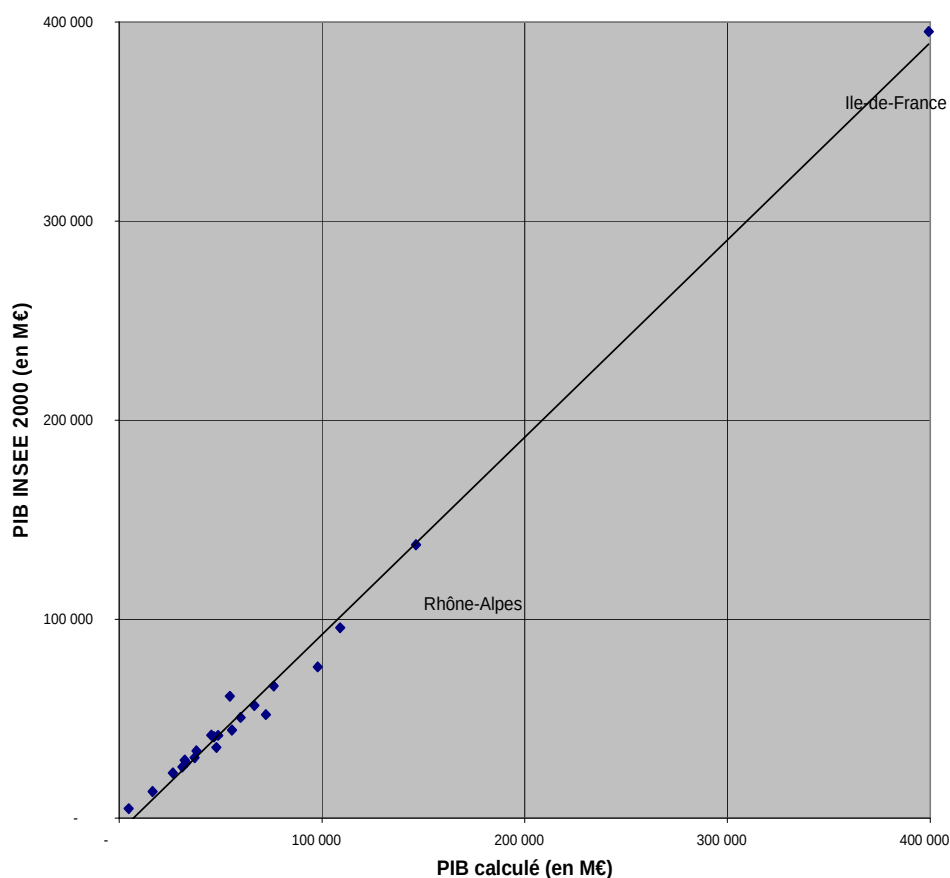
Si par exemple le coefficient α° pris en considération était de 3 au lieu de 6, le facteur 25 dans la formulation des performances deviendrait 12,5, et la croissance de l'utilité en fonction du nombre d'emplois accessibles dans un temps de transport donné serait bien plus rapide que celle observée.

Pour une valeur de 5 au lieu de 6, la divergence serait déjà notable.

Avec un coefficient de 7, la croissance ne serait pas assez rapide.

La corrélation ne résulte donc pas de coefficients d'ajustement destinés à établir une bonne concordance mais de facteurs exogènes qui ont comme propriété de conduire aux données statistiques publiées par l'INSEE.

Corrélation PIB calculé et PIB INSEE 2000 par région



2.1.2.1.8 Les produits intérieurs bruts des 96 départements français sont corrélés aux performances économiques des territoires

Les résultats obtenus au niveau des départements corroborent ceux obtenus au niveau des régions, avec toutefois le besoin d'une explication spécifique en Ile de France où Paris et Les Hauts de Seine enregistrent des niveaux de PIB publiés par l'INSEE sensiblement supérieurs aux PIB calculés alors que l'inverse se produit dans les autres départements franciliens.

Les comparaisons département par département apparaissent dans le tableau ci-après :

Nom département	No Départ	No Région	PIB INSEE 1996 (M€)	PIB INSEE 2000 (M€)	PIB calculé (M€)
Ain	01	R271	8 994	10 420	12 895
Aisne	02	R222	8 863	10 268	12 855
Allier	03	R272	5 576	6 461	8 020
Alpes-de-Haute-Provence	04	R282	2 289	2 652	2 841
Alpes-Maritimes	06	R282	18 862	21 853	24 665
Ardèche	07	R271			6

			4 209	4 876	201
Ardennes	08	R221	4 625	5 359	6 426
Ariège	09	R262	2 044	2 368	2 709
Aube	10	R221	5 239	6 070	7 105
Aude	11	R281	4 416	5 116	6 525
Aveyron	12	R262	4 243	4 916	5 495
Bas-Rhin	67	R242	22 611	26 197	27 030
Bouches-du-Rhône	13	R282	35 451	41 073	47 023
Calvados	14	R225	11 274	13 062	15 617
Cantal	15	R272	2 164	2 507	3 260
Charente	16	R253	6 164	7 142	8 125
Charente-Maritime	17	R253	8 184	9 482	11 866
Cher	18	R224	5 438	6 300	7 459
Corrèze	19	R263	3 729	4 320	5 232
Corse-du-Sud	2A	R283	1 906	2 208	2 229
Côte-d'Armor	22	R252	7 947	9 207	11 989
Côte-d'Or	21	R226	11 276	13 064	12 503
Creuse	23	R263	1 673	1 939	2 745
Deux-Sèvres	79	R253	5 688	6 590	8 150
Dordogne	24	R261	5 326	6 170	8 220
Doubs	25	R243	9 717	11 258	11 968
Drôme	26	R271	8 380	9 709	10 365
Essonne	91	R210	24 770	28 698	40 175
Eure	27	R223	8 875	10 283	14 416
Eure-et-Loir	28	R224	7 203	8 345	10 698
Finistère	29	R252	14 850	17 205	19 144
Gard	30	R281	9 816	11 373	14 166
Gers	32	R262	2 668	3 091	3 867
Gironde	33	R261	25 923	30 034	32 262
Haute-Corse	2B	R283	2 025	2 346	2 469
Haute-Garonne	31	R262	21 446	24 847	25 073
Haute-Loire	43	R272	2 996	3 472	4 690

Haute-Marne	52	R221	3 371	3 906	4 503
Hautes-Alpes	05	R282	2 168	2 512	2 449
Haute-Saône	70	R243	3 219	3 730	5 155
Haute-Savoie	74	R271	12 769	14 794	15 862
Hautes-Pyrénées	65	R262	3 670	4 252	5 314
Haute-Vienne	87	R263	6 419	7 437	8 496
Haut-Rhin	68	R242	13 921	16 128	18 381
Hauts-de-Seine	92	R210	66 620	77 185	53 250
Hérault	34	R281	14 212	16 466	18 857
Ille-et-Vilaine	35	R252	15 618	18 095	20 861
Indre	36	R224	3 851	4 462	5 379
Indre-et-Loire	37	R224	10 021	11 610	13 463
Isère	38	R271	22 131	25 640	27 886
Jura	39	R243	4 407	5 105	5 787
Landes	40	R261	5 502	6 374	7 099
Loire	42	R271	12 240	14 181	19 132
Loire Atlantique	44	R251	21 041	24 377	27 220
Loiret	45	R224	13 233	15 332	15 180
Loir-et-Cher	41	R224	5 519	6 394	7 614
Lot	46	R262	2 375	2 752	3 270
Lot-et-Garonne	47	R261	4 725	5 474	6 932
Lozère	48	R281	1 002	1 161	1 443
Maine-et-Loire	49	R251	12 145	14 071	17 486
Manche	50	R225	8 474	9 817	10 662
Marne	51	R221	11 975	13 874	14 303
Mayenne	53	R251	5 076	5 881	6 958
Meurthe-et-Moselle	54	R241	12 760	14 783	17 499
Meuse	55	R241	3 096	3 587	4 179
Morbihan	56	R252	10 367	12 011	14 672
Moselle	57	R241	17 269	20 008	24 855
Nièvre	58	R226	3 612	4 185	4 951
Nord	59	R230			

			43 697	50 626	64 386
Oise	60	R222	13 282	15 388	21 781
Orne	61	R225	4 903	5 680	6 853
Paris	75	R210	123 189	142 723	84 755
Pas-de-Calais	62	R230	20 866	24 175	33 533
Puy-de-Dôme	63	R272	11 179	12 952	15 074
Pyrénées-Atlantiques	64	R261	10 388	12 035	13 902
Pyrénées-Orientales	66	R281	5 692	6 594	7 750
Rhône	69	R271	38 498	44 603	44 727
Saône-et-Loire	71	R226	9 203	10 662	13 114
Sarthe	72	R251	9 233	10 697	12 881
Savoie	73	R271	7 951	9 212	9 251
Seine-et-Marne	77	R210	21 218	24 582	37 362
Seine-Maritime	76	R223	24 466	28 346	32 285
Seine-Saint-Denis	93	R210	28 602	33 138	51 961
Somme	80	R222	9 596	11 117	13 247
Tarn	81	R262	4 979	5 769	7 778
Tarn-et-Garonne	82	R262	3 192	3 698	4 886
Territoire de Belfort	90	R243	2 412	2 795	3 502
Val-de-Marne	94	R210	27 069	31 361	46 441
Val-d'Oise	95	R210	20 786	24 082	38 465
Var	83	R282	15 351	17 785	19 932
Vaucluse	84	R282	8 549	9 904	12 001
Vendée	85	R251	8 734	10 119	11 587
Vienne	86	R253	6 734	7 802	8 991
Vosges	88	R241	6 687	7 747	8 987
Yonne	89	R226	5 574	6 458	7 492
Yvelines	78	R210	32 313	37 437	46 839

Total

1194012 1383353 1545335

Coefficients de corrélation	de PIB calculé - PIB INSEE
Tous départements	

Le simple parcours du tableau montre que la reconstitution des PIB est effectivement très satisfaisante.

Les seuls cas qui dérogent sensiblement à cette corrélation sont les départements de Paris et des Hauts de Seine dont les PIB observés sont nettement supérieurs aux PIB calculés :

- 142,723 milliards d'euros observés contre 84,755 dans le premier cas,
- 77,185 milliards d'euros observés contre 53,250 dans le deuxième cas.

A contrario, les autres départements de l'Ile de France se voient crédités de valeurs observées inférieures aux valeurs calculées :

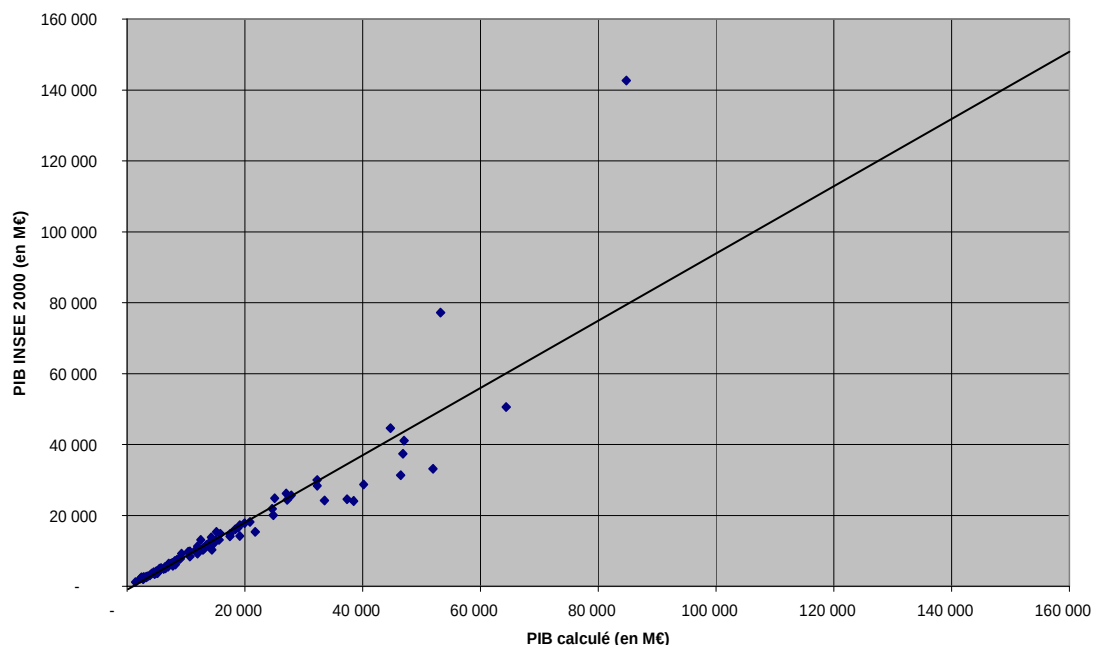
- 33,138 milliards d'euros observés contre 51,961 en Seine Saint Denis,
- 31,361 milliards d'euros observés contre 46,441 dans le Val de Marne
- 24,082 milliards d'euros observés contre 38,465 dans le Val d'Oise
- 37,437 milliards d'euros observés contre 46,839 dans les Yvelines
- 28,698 milliards d'euros observés contre 40,175 dans l'Essonne
- 24,582 milliards d'euros observés contre 37,362 en Seine et Marne.

Ce phénomène est sûrement lié au fait que de nombreux établissements implantés dans ces départements dépendent de grands groupes dont la production intérieure brute est recensée au siège. Comme les départements de Paris et des Hauts de Seine comportent un très grand nombre de sièges sociaux, il est logique que les PIB enregistrés dans ces départements soient sensiblement supérieurs à ceux des autres départements franciliens. Ce phénomène est très connu mais n'est pas chiffré avec précision par l'INSEE. Il est ainsi difficile de connaître les vraies valeurs des PIB produits par chaque département francilien. Il semble toutefois que les valeurs calculées soient plus proches de la réalité que les PIB officiels, exclusivement rattachés aux sièges sociaux.

L'illustration graphique des comparaisons entre PIB observés et PIB calculés illustre la très grande qualité de la corrélation dans tous les départements autres que ceux de l'Ile de France et la cohérence de la reconstitution en Ile de France par suite du phénomène décrit ci-dessus.

Il convient de rappeler que sur l'ensemble de l'Ile de France, le PIB calculé cumulé est, à 1% près, identique au PIB observé.

Corrélation PIB calculé PIB INSEE 2000 par département



2.1.2.2 Les performances économiques des différents territoires européens

Simultanément à l'étude portant sur les 36 000 communes de France a été réalisée l'étude portant sur les 45 000 communes de 9 pays voisin d'Europe.

2.1.2.2.1 Les résultats obtenus. L'effet de la densité d'occupation des territoires. La comparaison des résultats obtenus dans les pays nordiques et les pays méridionaux

Les résultats obtenus dans les neuf pays voisins d'Europe donnent une image très contrastée selon que l'on étudie les pays limitrophes implantés au nord et au nord-est de la France ou que l'on se penche sur les pays implantés au sud. La raison principale en est une différence de densité d'occupation du territoire extrêmement forte. Les pays situés dans l'arc nord-est ont une densité moyenne d'occupation du sol 3 à 4 fois supérieure à celle de la France et des pays tels que l'Espagne situés au sud.

PERFORMANCE ECONOMIQUE DES TERRITOIRES EUROPEENS

Supplément de valeur annuelle créée par les actifs.

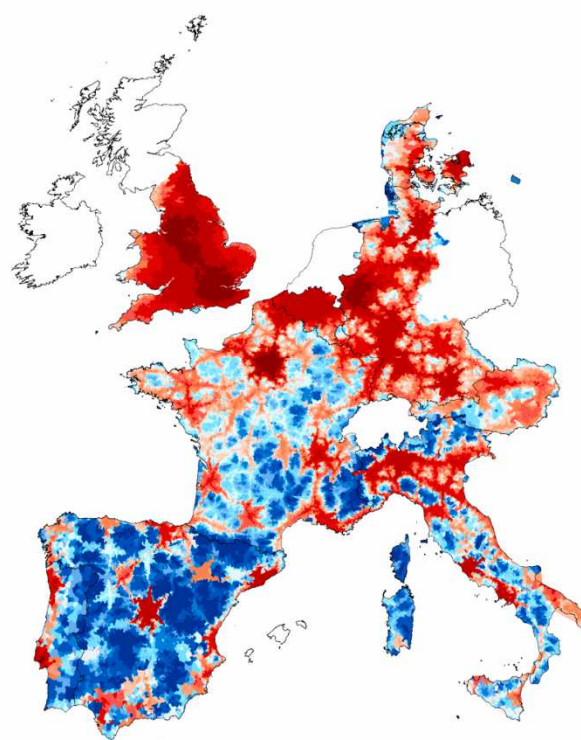
(en euros 2000 par emploi occupé)

Valeur basée sur l'accessibilité aux actifs situés à moins d'une heure de transport.

(à partir du centre de chaque commune)

Supp. de valeur créée	Equivalent P.I.B.	Communes
$R = 28\ 600 \times$ $(\text{LogActfs50m} / (25 - \text{LogActfs60m}))$	$\text{PIB} = 28\ 600 + R$	Nbre de communes concernées
43 400 - 49 500	72 000 - 78 100	4798
35 400 - 43 400	64 000 - 72 000	9453
31 400 - 35 400	60 000 - 64 000	8352
29 900 - 31 400	58 500 - 60 000	5758
28 400 - 29 900	57 000 - 58 500	6416
27 400 - 28 400	56 000 - 57 000	4542
26 400 - 27 400	55 000 - 56 000	4747
25 700 - 26 400	54 300 - 55 000	3044
24 900 - 25 700	53 500 - 54 300	3291
23 900 - 24 900	52 500 - 53 500	4373
22 900 - 23 900	51 500 - 52 500	4335
21 400 - 22 900	50 000 - 51 500	5033
19 900 - 21 400	48 500 - 50 000	4129
18 400 - 19 900	47 000 - 48 500	2959
15 400 - 18 400	44 000 - 47 000	3393
0 - 15 400	28 600 - 44 000	2334

Données : NAVTEQ® et EUROSTAT®
© IGN 2003



Les calculs n'ont pas été effectués dans certains pays ou parties de pays où les données étaient incomplètes.

La Belgique, avec ses pôles urbains répartis de façon équilibrée : Bruxelles, la capitale, siège des Instances Européennes, Gand, au cœur de la Flandre, Liège, au cœur de la Wallonie, est composée de territoires denses qui développent une forte activité économique.

Bien que n'ayant pas été étudiés, par suite de l'absence de données homogènes sur une partie de leur sol, les Pays Bas sont également le siège d'une activité extrêmement soutenue. Les Pays Bas sont le pays le plus dense au monde. Ils dépassent la Chine en population au kilomètre carré. Leurs puissants réseaux de transport routier et ferroviaire y créent toutes les conditions d'un échange intense de savoir-faire entre les résidents. Le niveau de PIB par actif est l'un des plus élevés d'Europe.

L'Allemagne est un pays dont la densité moyenne au kilomètre carré dépasse 250 habitants. La structure fédérale illustre bien le rôle équilibré que jouent les lands, dotés de puissantes capitales régionales, jalouses de leurs prérogatives. Munich, au cœur de la Bavière, Francfort, au cœur de la Sarre, Berlin, nouvelle capitale fédérale, sont représentatifs de ces puissances régionales. Les réseaux de transport aussi bien ferroviaires

qu'autoroutiers, extrêmement développés, ouvrent des univers de choix de très haut niveau. Les PIB par actif y sont parmi les plus élevés d'Europe. La Sarre, à elle seule, avec ses 10 millions d'habitants, crée une richesse qui s'approche de celle de l'Île de France.

Au nord de l'Allemagne, le Danemark comporte également une forte densité d'urbanisation, avec notamment sa capitale, Copenhague. En dépit de son territoire morcelé par de nombreux bras de mer, le pays a réussi à implanter un puissant réseau maillé d'infrastructures de transport. On peut citer la liaison routière et ferroviaire ouverte récemment entre Copenhague et Malmö qui est un exemple des efforts déployés pour relier les hommes entre eux. Le PIB y est très élevé, ce que le calcul des univers de choix permet de retrouver effectivement.

Au nord-ouest, en position d'Île, désormais reliée par le lien transmanche au continent, on trouve le Royaume Uni. Son territoire est trois fois plus réduit que celui de la France. Mais, grâce à une densité moyenne trois fois plus élevée et à des infrastructures ferroviaires et autoroutières reliant entre eux les pôles urbains, il crée une richesse équivalente ou même légèrement supérieure à celle de la France. Entre Londres et Manchester, on observe un axe urbain quasi continu dont la densité de production de richesse est équivalente à celle de l'Île de France. On a là l'exemple du puissant effet économique d'une intense urbanisation.

A l'est, l'Autriche comporte un double visage, une urbanisation de vallée, dense, siège d'une activité économique en plein développement, établissant de fortes synergies avec l'Allemagne fédérale et des territoires montagneux ouverts au tourisme, principalement hivernal, dont la densité d'activité économique est plus modeste.

Dans la continuité, au sud-est, l'Italie, sur un territoire deux fois plus modeste que celui de la France, fait vivre une population d'un poids équivalent. La densité d'urbanisation y est relativement élevée. Le nord, très dense et largement pourvu en infrastructures autoroutières, est le siège d'une très forte activité économique que le calcul de la valeur par l'estimation du nombre d'actifs commodément accessibles permet de retrouver effectivement. Le sud comporte des pôles urbains tels que ceux de Rome et de Naples qui sont source d'une bonne vitalité économique.

Au sud du territoire français, se trouvent la France et le Portugal. La densité moyenne de l'Espagne est comparable à celle de la France. Il s'agit d'une faible densité. L'activité économique se déploie autour des pôles urbains, Barcelone, Saragosse, Bilbao au Nord, Valence, Madrid, Valladolid au Centre Séville au Sud. 80% du PIB du pays se concentre dans un rayon de 300 kilomètres autour de Saragosse, c'est-à-dire dans la moitié Nord. Entre les pôles urbains, la densité est très faible et l'activité économique réduite. L'étude de la création de valeur permet de retrouver exactement la distribution de la richesse par territoire. La structure du territoire, très comparable à celle de la France, explique le succès du TGV qui a la propriété de réunir, par des liens à très grande vitesse, des pôles urbains qui, sans ce type de liaison, vivraient de façon quasi autonome.

Au sud-ouest, le Portugal concentre le long de la côte atlantique une population qui s'urbanise rapidement. Les deux principales agglomérations, Lisbonne et Porto, sont au cœur de l'activité économique du pays.

La lecture des cartes qui illustrent les créations de valeur témoigne du très grand intérêt de cette notion. La perception qui en découle est bien celle que ressentent les responsables politiques.

Au plan technique, il aurait été intéressant d'étudier la corrélation entre les PIB calculés et le PIB mesurés. Malheureusement, les PIB observés ne sont pas disponibles par région ou par département dans la plupart des pays étudiés. On ne peut donc procéder aux mêmes études de corrélation que celles réalisées en France. Toutefois, la structure géographique des résultats donne le sentiment, unanimement partagé, d'une grande cohérence.

2.1.2.2.2 L'organisation multipolaire et « multispatiale » de l'Europe. La création de richesse à long terme.

L'organisation spatiale de l'Europe est l'illustration même de l'effet bienfaisant de la polarisation des activités humaines dans le domaine économique.

Lorsque la densité d'occupation d'un pays est faible, ce qui est le cas notamment de la France et de l'Espagne, les habitants se regroupent très intelligemment autour de métropoles urbaines, irriguées par de puissantes infrastructures de transport. Ces aires urbaines sont de plus reliées entre elles par des réseaux autoroutiers et ferrés performants. C'est grâce à cette organisation que les résidents peuvent échanger efficacement leur savoir-faire avec leurs voisins, ce qu'une organisation homogène de faible densité n'autoriserait pas, sauf à développer une grande quantité d'infrastructures maillées et très rapides dont le coût deviendrait vite exorbitant.

Un calcul rapide montre que, si la densité de la France était homogène, avec une occupation moyenne du territoire d'un habitant à l'hectare, et une irrigation du pays par des infrastructures de transport inchangée par rapport à la situation actuelle, la production intérieure brute serait réduite de 45%. Notre pays ne serait plus compétitif par rapport à nos voisins.

L'organisation du territoire espagnol relève de la même approche. La faiblesse de la densité moyenne est compensée par la polarisation des activités avec la présence de métropoles régionales puissantes.

La rapide implantation d'un réseau de trains à grande vitesse reliant les métropoles régionales entre elles en supprimant l'effet distance des zones faiblement peuplées s'explique pour cette raison, tant en France qu'en Espagne.

La polarisation ne signifie pour autant l'augmentation de la densité des aires déjà urbanisées. Ce sont les zones rurales, de faible densité, qui alimentent les aires urbaines. Mais les nouveaux arrivants qui souhaitent bénéficier des univers de choix de la ville ne veulent pas pour autant perdre le bénéfice des zones rurales, en termes d'accès commode aux espaces naturels. Ils privilégient donc les territoires périphériques de densité modérée, phénomène qui conduit à une légère perte de densité moyenne de l'agglomération toute entière. Il y a donc apparition d'un double phénomène simultané: une polarisation globale, source de performance économique, une légère perte de densité moyenne des aires urbanisées, source de bien-être spatial.

Dans les pays de forte densité, que l'on rencontre principalement au sein de l'arc nord et est de l'Europe qui va du Royaume Uni à l'Italie du Nord en passant par le Benelux, le Danemark, l'Allemagne et l'Autriche, la forte présence humaine conduit à l'absence de territoires réellement vides d'urbanisation. On observe des zones métropolitaines presque continues qui comportent des alternances de polarisations locales sous forme de centres urbains organisés en grappes et d'espaces naturels de dimensions modérées destinées aux activités agricoles et à la satisfaction des besoins d'épanouissement des résidents. Les pôles urbains sont reliés entre eux par des réseaux de transport maillés, composés de transports individuels et collectifs étroitement imbriqués.

Les performances économiques de ces territoires sont très élevées, compte tenu des grands univers de choix accessibles. La Ruhr en Allemagne, la grande conurbation allant de Londres à Manchester en Angleterre sont des exemples de tels univers de choix, facteurs de vitalité économique.

Les réseaux ferrés à grande vitesse ont plus de difficulté à faire leur apparition au sein de telles structures car les transports ferrés de type « inter cités » assurant des déplacements à 160 kilomètres à l'heure atteignent une efficacité économique équivalente à celles des trains à grande vitesse se déplaçant à 300 kilomètres à l'heure dans des pays de beaucoup plus faible densité.

La polarisation existe bien toujours mais elle se situe davantage au niveau des centres urbains, laissant entre eux des espaces naturels de respiration, qu'au niveau d'aires métropolitaines toutes entières laissant entre elles de vastes régions peu peuplées.

La densité moyenne d'urbanisation d'un pays constitue ainsi un facteur qui détermine largement son organisation territoriale et sa vitalité économique. La carte des performances économiques des différents pays d'Europe illustre, de ce point de vue, ce phénomène de façon saisissante. Le phénomène de polarisation est toujours à l'œuvre mais il l'est au niveau des aires métropolitaines régionales dans les pays de faible densité et au niveau des centres urbains plus uniformément répartis, dans les pays de forte densité.

2.1.2.3 Les performances naturelles des différents territoires français

Les déplacements à vocation « loisirs verts » n'ont pas d'effet économique de premier degré. Ils ont principalement pour objet de créer du bien-être et du ressourcement par accès aux espaces naturels. On sait identifier l'utilité de ce type de déplacement en appliquant la théorie des choix discrets aux biens convoités, en l'occurrence ici les espaces naturels déterminés par leur superficie. Ce sont ces biens qui sont pris en considération dans les modèles de déplacement pour déterminer la probabilité d'accès à une zone j aux fins de « loisirs verts ». L'utilité associée à l'accès aux espaces naturels illustre le sentiment de bien-être. Elle est également dénommée performance « naturelle ».

2.1.2.3.1 Les formulations employées : les déplacements pour loisirs verts (performances naturelles)

Dans le cas des déplacements pour motif loisirs verts, les biens convoités Q_n sont les espaces naturels.

Ce type de déplacement conduit à un sentiment de bien-être.

Le coefficient α_n correspondant est égal à $1,46 \times 6 = 8,76$

L'utilité nette d'un déplacement pour motifs loisirs verts est égale à :

$$S_i = U_i - C_i = (C_{0i}/\alpha_n) \text{Log } Q_{ni}^{88\%} - C_{0i} 2,4/\alpha_n$$

$$S_i = (C_{0i}/\alpha_n) (\text{Log } Q_{ni}^{88\%} - 2,4)$$

Dans cette formule, la quantité de biens convoités Q_{ni} est la quantité d'espaces naturels exprimés en ares dénombrables au sein du territoire délimité par l'isochrone qui n'est dépassée que par 12% des résidents de la zone i pour le motif loisirs.

Les espaces naturels ont des attractivités différentes selon leur nature comme le montre une étude récente réalisée par la DREIF. Toutefois dans la présente évaluation, cette pondération n'est pas introduite du fait du caractère exploratoire de la perception du sentiment de bien-être environnemental associé à l'accès aux espaces naturels.

L'utilité brute d'un déplacement pour motifs loisirs verts est égale à :

$$U_{ni} = (C_{0i}/\alpha_n) \text{Log } Q_{ni}^{88\%}$$

C'est elle qui exprime le sentiment de bien-être associé à la possibilité de pouvoir choisir un espace naturel de qualité au sein d'une quantité d'espaces naturels donnée.

L'utilité brute annuelle des déplacements pour motifs verts est le produit de l'utilité brute d'un déplacement par le nombre de déplacements annuels effectués pour ce motif.

$$U_{ni} = N_{ni} (C_{0i}/\alpha_n) \text{Log } Q_{ni}^{88\%}$$

Le nombre de déplacements annuels pour motifs loisirs verts est égal à 220.

L'utilité brute annuelle de ce type de déplacements est donc égale à :

$$U_{ni} = 220 (C_{0i}/\alpha_n) \text{Log } Q_{ni}^{88\%}$$

$$\text{Soit : } U_{ni} = 25,11 C_{0i} \text{Log } Q_{ni}^{88\%}$$

C_{0i} est le salaire horaire net de l'actif, chef de famille.

Comme on l'a vu, il est égal à :

$$C_{0i} = C_{0r} (1/(1-(1/25) \text{Log } E_i^{88\%})) = C_{0r} (25/(25 - \text{Log } E_i^{88\%})), \text{ avec } C_{0r} = 7,1803 \text{ € nets en valeur 2000.}$$

$$C_{0i} = 7,1803 (1/(1-(1/25) \text{Log } E_i^{88\%})) = 7,1803 (25/(25 - \text{Log } E_i^{88\%}))$$

Le territoire accessible autour de chaque commune i est celui qui n'est dépassé que par 12% des résidents issus de i pour le motif loisirs verts.

Le temps moyen de déplacement pour loisirs verts est égal à $3/8,76 = 0,3425$ heures = 20,54 minutes, hors trajets terminaux à pied.

Le temps qui n'est dépassé que par 12% des résidents pour ce motif est égal au double du temps moyen, ce qui conduit à 41,09 minutes, soit environ 40 minutes.

Afin d'obtenir un aperçu des résultats potentiels avec des dépenses d'études marginales, les isochrones 60 minutes sont réutilisées avec identification des surfaces d'espaces naturels au sein des espaces ainsi délimités, exprimées en unités de 100 mètres carrés, c'est-à-dire en ares.

L'effet de la variation de C_{0i} en fonction de la localisation du résident est également supprimé en adoptant 1,6666 fois la valeur de C_{0r} soit 11,9666, conduisant à la formule simplifiée suivante :

$$U_{ni} = 25,11 C_{0i} \text{Log } Q_{ni}^{88\%} = 25,11 \times 11,9666 \text{Log } Q_{ni}^{88\%}$$

$$U_{ni} = 300 \text{Log } Q_{ni}^{88\%}$$

2.1.2.3.2 Les résultats obtenus. L'effet positif des infrastructures de transport performantes.

La belle résistance des métropoles urbaines

Par suite de la limitation des moyens financiers susceptibles d'être consacrés aux études des performances naturelles des territoires, seuls sont évalués en 2003 les performances des territoires entourant les communes de France. De plus, en l'absence d'analyses détaillées des attractivités des différentes natures d'espaces naturels, un seul facteur d'attractivité est utilisé, celui, moyen, attaché aux espaces naturels qu'ils soient aquatiques, agricoles ou forestiers. Ce n'est qu'en 2006 qu'une exploitation spécifique de l'enquête transport de l'Île de France permet d'identifier les facteurs d'attractivité relatifs aux espaces aquatiques intérieurs, aux espaces agricoles et aux espaces forestiers. L'analyse reste encore à faire pour les espaces aquatiques maritimes et pour les espaces de montagne, notamment les champs skiables.

Avec une définition simplifiée de l'utilité associée aux espaces naturels, c'est-à-dire en traitant de façon identique les espaces aquatiques intérieurs, les espaces agricoles ou les espaces forestiers et en n'affectant pas de coefficients spécifiques aux littoraux maritimes, ni aux espaces de montagne, les résultats obtenus sont déjà très intéressants. Ils confirment ce que l'analyse des seize agglomérations témoins avait déjà identifié : la très bonne résistance des aires urbanisées. Les grandes agglomérations françaises obtiennent des performances naturelles qui les situent dans une gamme de 5000 € à 7500 € par an alors que des zones rurales isolées, a priori mieux

intégrés dans le milieu naturel, atteignent des performances légèrement plus faibles, de l'ordre de 4500 € à 5500 €.

Ce résultat s'explique par le cumul de trois facteurs :

- Les aires urbanisées, lorsque les schémas d'urbanisme sont bien étudiés, comportent de vastes espaces naturels préservés. L'interdiction de construire est même le premier acte fondateur d'un urbanisme de qualité. Pour prendre un exemple, au sein de l'agglomération parisienne, la ville nouvelle de Marne la Vallée comporte 4000 hectares de forêts, 36 plans d'eau, 20 kilomètres de bord de Marne aménagés. Les espaces naturels représentent plus de 40% de la superficie de la ville. La région Ile de France dont la population atteint 11 millions d'habitants comporte, sur 12 000 kilomètres carrés, 7200 kilomètres carrés de forêts, plans d'eau et espaces agricoles. On a de la peine à imaginer que, sur un territoire aussi modeste, 2% de la superficie du territoire national, des espaces naturels de cette importance sont effectivement préservés. On observe des situations comparables dans les principales aires urbaines françaises.
- Les réseaux de transport des grandes agglomérations sont très puissants. Ils permettent dans des temps donnés d'accéder à de vastes espaces urbanisés ou naturels. Ainsi, en Ile de France, les résidents de l'agglomération parisienne, en dépit d'une très forte densité d'urbanisation, peuvent accéder en une heure à 12 000 hectares d'espaces naturels, les habitants de l'agglomération marseillaise à 248 000, ceux de l'agglomération bordelaise à 338 000, ceux de l'agglomération de Montpellier à 153 000 alors que les habitants d'agglomérations plus modestes comme Bourges ou Agen accèdent respectivement à 111 000 et 112 000 hectares. L'accessibilité aux espaces naturels en dehors des cœurs urbains les plus denses est ainsi relativement homogène sur tout le territoire.
- Le niveau de vie des habitants des aires métropolitaines est bien plus élevé que celui des zones rurales isolées. Or, en stricte orthodoxie économique, la valorisation de l'intérêt porté aux espaces naturels doit être pondérée par le niveau de vie, c'est-à-dire par la valeur de l'heure travaillée. Au sein de l'agglomération parisienne, le salaire horaire net est, en l'an 2000, de 17,11 €, à Marseille il est de 13,61 €, à Bordeaux de 14,46 €, à Montpellier de 13,25 €. A Agen, il descend à 12,26 € et à Agen à 12,94 €. Dans les zones rurales les plus isolées, il ne dépasse pas 7,18 €, soit une valeur 2,4 fois inférieure à celle de l'heure travaillée en Ile de France.

On comprend dès lors que la combinaison de ces trois facteurs donne, en termes de performances naturelles, une vision de la France relativement homogène. Les grandes agglomérations atteignent des niveaux d'accessibilité aux espaces naturels du même ordre de grandeur que les zones rurales isolées. Comme le niveau de vie des habitants y est sensiblement plus élevé, les performances naturelles y sont globalement légèrement plus élevées.

Entre les aires urbaines, les grandes infrastructures de transport, notamment les autoroutes interurbaines, dessinent des zones d'accessibilité privilégiées aux espaces naturels, ce qui, à la réflexion, se comprend aisément.

Le fait de ne pas avoir individualisé, dans une première phase d'étude, les attractivités spécifiques des littoraux maritimes ou des espaces de montagne explique que leur intérêt en termes de performances naturelles n'apparaisse pas. Ce sera l'objet des études ultérieures que de mettre en évidence ce phénomène important d'attractivité des espaces côtiers et des massifs montagneux.

La carte des performances naturelles de la France montre en définitive la situation très équilibrée des conditions d'accès aux espaces naturels, quelle que soit la région considérée. La France est un pays peu dense qui dispose de vastes espaces naturels, de très haute qualité paysagère. Elle permet d'offrir aux citoyens des lieux de ressourcement diversifiés. La tendance à l'extension des aires urbaines associée à une légère diminution de la densité moyenne de ces aires et à la préservation des vastes espaces naturels permet ainsi de concilier durablement vitalité économique et bien-être.

2.1.2.3.3 Les améliorations à apporter à la valorisation des différentes catégories d'espaces naturels.

Une étude récente de la Direction Régionale de l'Équipement d'Ile de France portant sur les niveaux d'attractivité des différentes catégories d'espaces naturels, effectuée à ma demande et éditée le 13 février 2003, apporte un éclairage très intéressant. Cette étude repose sur l'analyse de l'enquête globale de transport réalisée en 2001 en Ile de France. Elle consiste à exploiter le motif de déplacement promenade. La corrélation du nombre de déplacements avec la superficie des espaces naturels est très élevée, ce qui confirme la validité de la méthode d'évaluation des performances naturelles.

Le niveau d'attractivité varie sensiblement suivant la catégorie de l'espace naturel considéré. Si on adopte le facteur 1 pour la moyenne régionale, on trouve les valeurs suivantes :

- Espaces aquatiques : 9,2048
- Espaces agricoles : 1,1395
- Espaces forestiers : 0,1794

Si l'attractivité très élevée des espaces aquatiques se comprend bien, il est plus étonnant d'observer une attractivité plus élevée pour les espaces agricoles que pour les espaces forestiers. Cela provient en fait du statut privé de beaucoup de forêts ou de parcs. Cela provient également du fait que les promenades quotidiennes s'effectuent plus fréquemment au sein d'espaces découverts, proches du lieu de résidence, qu'au sein de massifs forestiers plus éloignés et d'accès moins commode.

Ces pondérations s'appliquent aux différents espaces naturels traditionnels proches des zones d'urbanisation intérieures. Il reste à déterminer les attractivités spécifiques des espaces côtiers et des espaces de montagne. Une exploitation spécifique des enquêtes de transport sera demandée au CETE de l'Ouest pour la détermination de l'attractivité des espaces côtiers et au CETE de Lyon pour la détermination de l'attractivité des espaces de montagne.

Doté de ces informations, une nouvelle évaluation des performances économiques des territoires pourra être réalisée sur l'ensemble du territoire français et si possible européen. On disposera, à ce moment-là, d'une image fidèle des performances naturelles associées aux lieux de résidence de l'ensemble des Français, et plus généralement des Européens.

2.1.2.3.4 Le rôle des déplacements pour loisirs verts effectués entièrement en dehors du territoire habituel de résidence. L'amélioration des méthodes d'évaluation des performances naturelles

Une autre voie d'amélioration de l'évaluation des performances associées aux déplacements pour « loisirs verts », qui constituent l'essentiel des déplacements touristiques, est de prendre en considération avec tout le soin nécessaire l'ensemble des déplacements touristiques qui n'ont aucune extrémité au domicile du résident et qui ne s'effectuent pas au sein du territoire fréquenté quotidiennement. Comme on l'a vu, lorsqu'on prend en considération les déplacements pour loisirs verts qui ont une extrémité au domicile, on ne reconstitue qu'une partie des déplacements de week-end, de petites et de grandes vacances. Les déplacements qui n'ont aucune extrémité au sein du territoire enquêté ne sont pas pris en considération dans les enquêtes globales de transport effectuées au domicile des résidents. On délaisse ainsi traditionnellement les déplacements qui sont effectués entièrement en dehors du lieu de résidence et sur des territoires qui ne sont pas celui de la vie quotidienne. Pour le calcul des performances des déplacements à vocation économique, cet aspect a été pris en compte forfaitairement sous la forme d'un coefficient multiplicateur appliqué aux déplacements pour « motifs économiques autres que les déplacements domicile travail ». Pour les déplacements à vocation de "loisirs verts », par contre le phénomène est pour le moment ignoré. Or il présente une grande importance puisqu'il explique l'essor des maisons de campagne, celui des gîtes ruraux et celui de l'hôtellerie de vacances.

Il conviendrait en fait à l'occasion des prochaines enquêtes globales de transport d'interroger les résidents sur les déplacements aussi bien pour motif économique que pour motif touristique qu'ils effectuent entièrement en dehors du territoire sur lequel porte l'enquête, territoire qui constitue principalement le lieu de vie attaché à la résidence. On déterminerait de la sorte les niveaux de génération de déplacement liés à ce type de situation et les coefficients caractérisant l'effet distance associés à ces échanges. On pourrait pour les motifs économiques déterminer les performances liées à l'hôtellerie d'affaires ou aux déplacements en « ricochet » effectués en dehors du lieu d'enquête et donner ainsi une vision plus précise de la création de valeur qui en découle, valeur qui est actuellement prise en compte simplement de façon forfaitaire. On pourrait surtout déterminer les performances naturelles associées aux territoires comportant des maisons secondaires, des gîtes ruraux et de l'hôtellerie de vacance. Les niveaux de vie associés à ces valeurs seraient ceux des touristes occupant ce type de résidence de week-end ou de vacances. On dégagerait ainsi une image très précise du phénomène touristique qui se développe rapidement. On pourrait de plus déterminer si les performances naturelles sont reliées ou non aux PIB résultant spécifiquement de cette activité touristique tels que chiffres d'affaires liés à l'hôtellerie, la restauration et les services associés.

Dans l'immédiat, il serait utile d'apprécier si les enquêtes globales de transport effectuées au niveau national ne permettent pas déjà d'identifier les principaux paramètres liés à ces déplacements qui n'ont aucune extrémité au sein du territoire quotidiennement fréquenté. Il y a là un champ de recherche intéressant pour les prochaines années.

2.1.2.4 Complément d'information

Setec International a retrouvé sur 5000 communes la corrélation entre les performances économiques au titre des déplacements domicile travail et les salaires nets.

L'utilité économique des déplacements pour le domicile travail, ajoutée au salaire net des zones isolées, permet de calculer les salaires des zones étudiées avec un très bon taux de précision.

La corrélation est de très bonne qualité lorsqu'on prend en considération les régions ou les agglomérations.

Au sein des agglomérations, des dispersions existent entre communes.

Il est nécessaire d'introduire alors un coefficient dit local qualifiant la qualité environnementale de la commune considérée. Ce coefficient, une fois établi, reste ensuite très stable dans le temps.

Il paraît, dans ces conditions, difficile, comme on le pratique dans les évaluations traditionnelles, de prendre en considération une valeur de référence pour l'une heure de déplacement en Île de France et une deuxième valeur de référence pour l'heure de déplacement hors Île de France.

La réalité, comme en témoigne les cartes illustrant les performances économiques des territoires, est beaucoup plus nuancée.

2.2 Relations de cause à effet observées à la mise en service d'infrastructures nouvelles

2.2.1 Les relations de cause à effet observées à la mise en service des deux autoroutes A 87 et A 89

Deux études ex post ont été réalisées et publiées le 17 janvier 2010 par l'Institut géographique national portant sur les autoroutes :

- A87 Angers La Roche-sur-Yon (tronçons Angers – Cholet Sud ; Cholet Sud – Les Essarts ; Les Essarts – La Roche-sur-Yon)

- A89 Bordeaux Clermont Ferrand (tronçons Ussel Ouest – St Julien-Puy-Lavèze ; Libourne Ouest – Mussidan ; Tulle Est – Saint-Germain-les-Vergnes ; Tulle Est – Ussel Ouest ; Mussidan – Thenon).

Ces études ont été financées par la Société des Autoroutes du Sud de la France (ASF).

Le principe consistait à exploiter les statistiques de TVA par emploi payées par les entreprises dans les zones d'influence proche, médiane et lointaine des autoroutes évaluées et à détecter si ces ouvrages avaient eu pour effet d'induire une croissance significative de TVA par emploi, donc une croissance de valeur ajoutée à l'ouverture des ouvrages.

L'étude sur A87 a fait l'objet d'une évaluation séparée par le Centre d'études techniques de l'Ouest, sur demande de la Direction générale des Infrastructures, des transports et de la mer. Cette étude a été éditée le 22 mars 2012 par le Cete de l'Ouest et reprise sous forme synthétique par le Setra en août 2012.

2.2.1.1 Principe de l'évaluation ex post de l'impact d'une infrastructure de transport

La démarche générale repose sur une accumulation d'observations statistiques ex-post recueillies auprès de la Direction Générale des Impôts pour la période 1999-2006.

L'évaluation de la création de valeur implique bien évidemment d'avoir recours à un indicateur qui doit permettre d'estimer l'impact occasionné par l'ouverture de l'ouvrage à sa date de mise en service.

2.2.1.1.1 La pertinence du critère de la TVA acquittée par les entreprises

La TVA qui est directement rattachée à l'activité économique permet d'étudier aussi bien son évolution à partir des **montants de TVA brute**, que de calculer une approximation de la **Valeur Ajoutée**. La VA d'une entreprise ne correspond pas au prix de sa production vendue. Pour produire, elle a acheté des matières premières, des biens et services à d'autres entreprises fournisseurs. Pour évaluer sa production réelle, elle doit alors déduire de ses ventes ce qu'elle a acheté et ce qui donnera la véritable richesse créée, c'est-à-dire la VA. C'est la raison pour laquelle, nous pouvons calculer une « sorte de VA », une indication sur la valeur apportée par l'entreprise à l'économie du territoire, en l'occurrence le canton qui est le découpage administratif retenu, à partir du rapport :

$$VA = (TVA \text{ brute} - TVA \text{ achats}) / \tau$$

$\tau = 0.206$ pour 1999 et 0.196 pour les années suivantes.

Même si l'indicateur TVA comporte des limites dont les principales sont :

1. la TVA ne concerne que le secteur marchand, or le PIB agrège les VAB de toutes les unités institutionnelles versant ou non de la TVA
2. aucune information n'est disponible concernant les activités non imposables à la TVA ou franchisées en base
3. il peut exister une distinction entre le lieu d'activité de l'entreprise et celui correspondant à ses obligations fiscales en matière de TVA
4. les informations sont restituées sous réserve du respect des règles du secret statistique. Ainsi, toute donnée agrégée concernant moins de trois unités ou comprenant un élément dominant représentant plus de 85% du montant agrégé présentera la mention « ND »

Il demeure toutefois un assez bon indicateur, capable de donner des tendances, compte tenu du nombre important de données collectées et dépouillées, et au final d'évaluer en quelque sorte la pertinence de l'approche théorique du calcul de la performance économique des territoires en lien avec l'accessibilité à l'ouvrage routier ou autoroutier.

Les montants de TVA sont exprimés en euros constants, base 100 en 2000. Le déflateur utilisé est l'indice INSEE des prix à la consommation hors tabac pour l'ensemble des ménages.

Le calcul de la VA montre qu'il existe de fortes variations d'une année sur l'autre selon les cantons. Ces variations sont dues à une forte variabilité de la TVA achat, les variations de TVA brute étant moins sujettes à ces variations.

Aussi pour se ramener à des valeurs qui présentent mieux la tendance d'évolution, nous étudierons la variation de la TVA brute, en faisant l'hypothèse que le passage de la TVA à la VA se fait grâce à un simple coefficient K.

En prenant en compte cette hypothèse, les variations de VA stabilisée sont donc identiques aux variations de TVA.

2.2.1.1.2 L'estimation de la richesse induite par une infrastructure grâce à la comparaison de droites de régression avant après mise en service de l'ouvrage

L'approche retenue repose sur l'idée d'une comparaison entre deux situations et deux tendances, l'une qui résume le nuage de points postérieur à l'ouverture du nouveau tronçon et qui est décrite par une droite de régression, l'autre, antérieure à la mise en service de l'infrastructure et qui en prolongeant le trend, estimée également par une droite, donne, toutes choses égales par ailleurs, une indication sur « ce qu'il se serait passé » sans cette ouverture. La simple différence entre « ce qui est » et « ce qui aurait pu être » paraît être une assez bonne appréciation du supplément de performance économique des territoires concernés induit par l'infrastructure.

Cette comparaison peut être effectuée canton par canton. Mais afin de déterminer l'influence de l'accessibilité à l'infrastructure mise en service, il est significatif de regrouper les cantons par temps d'accès à l'échangeur le plus proche de l'ouvrage évalué.

Ont été déterminées et retenues trois classes :

- la classe 0 à 20 minutes, qui regroupe les cantons situés à moins de 20 minutes d'un échangeur autoroutier. Nous appelons cette zone, le domaine D1.
- La classe 20 à 40 minutes qui rassemble l'ensemble des cantons situés entre 20 et 40 minutes : domaine D2.
- Enfin la zone 3 qui regroupe les cantons situés entre 40 et 80 minutes : domaine D3.

Dans ces conditions, sont considérées les VA totales par année pour les cantons situés au sein des domaines D1, D2 et D3.

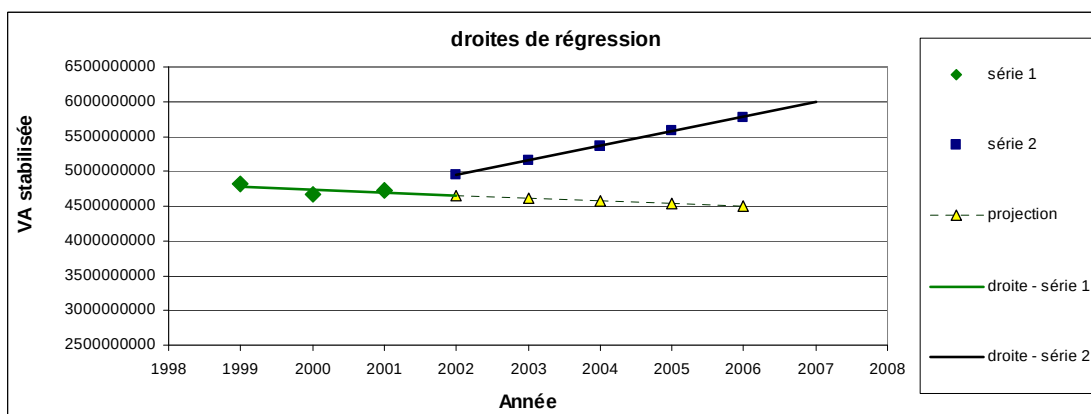
2.2.1.1.3 Méthodologie des droites de régression :

L'exemple qui suit a simplement pour objet de présenter la méthode d'évaluation de la richesse créée en détaillant à l'aide de tableaux la démarche poursuivie. Le graphique joint à ces calculs visualise par la simple importance de l'angle formé par les deux droites de régression l'impact de la mise en service du nouvel axe dès la date t d'ouverture.

Pour un canton donné, 2 séries appelées *série 1* et *série 2* sont retenues.

La série 1 porte sur les années précédant l'ouverture de l'infrastructure et la série 2 sur les années postérieures à cette ouverture.

Pour chacune de ces séries, nous déterminons l'équation de la droite de régression correspondante. Ce calcul peut être représenté par un graphique de ce type :



Les valeurs des pentes des droites donnent l'augmentation annuelle de valeur ajoutée avant et après l'ouverture du premier tronçon de la séquence. La création de valeur supplémentaire annuelle entre les deux périodes est donc la différence algébrique entre a_2 , pente de la droite après l'ouverture, et a_1 pente de la droite avant.

C'est cette valeur qui est cartographiée afin de représenter spatialement le phénomène.

Pour chacun des domaines nous calculons également la valeur totale de ces variations.

Cette méthode ne permet cependant pas de conclure que les variations de TVA observées sont bien liées à l'ouverture de l'infrastructure et non pas à une variation globale et générale liée à la progression nationale.

Nous allons donc comparer ces variations avec les variations constatées sur une aire de référence. L'aire de référence choisie sera l'ensemble des régions traversées par l'infrastructure.

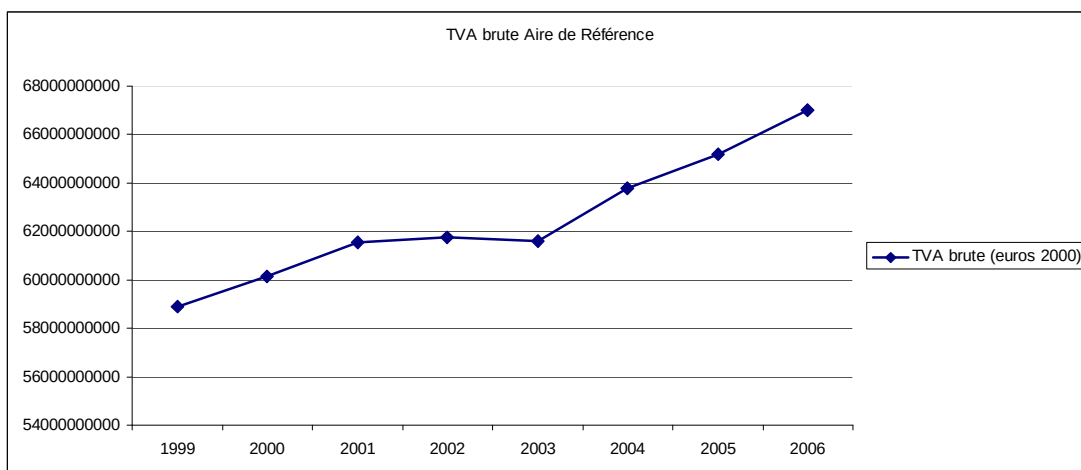
2.2.1.1.4 Aire de référence :

Par exemple, si nous prenons comme aire de référence l'ensemble des régions du quart Sud-Ouest de la France :

Les TVA brutes ont été ramenées en euros 2000 en prenant l'indice des prix à la consommation hors tabac :

Région	TVA brute 1999 (€ 2000)	TVA brute 2000 (€ 2000)	TVA brute 2001 (€ 2000)	TVA brute 2002 (€ 2000)	TVA brute 2003 (€ 2000)	TVA brute 2004 (€ 2000)	TVA brute 2005 (€ 2000)	TVA brute 2006 (€ 2000)
Aquitaine	10999782787	11292047734	11665880425	11785164194	11740270186	12120759299	12445966220	12971396902
Auvergne	4645408287	4703713611	4773826335	4730830204	4749969308	4924391204	4969507030	5129499956
Centre	10131252702	10238212795	10215609714	10019711047	9821868356	10121177186	10232567940	10515069358
Limousin	2365584789	2371401102	2401106082	2358461443	2370752755	2479389022	2538510598	2621532773
Midi Pyrénées	9394741767	9569726960	10047579987	10415223593	10456204382	10824624867	11142102973	11323206088
Pays de la Loire	15463647991	16002942000	16427626804	16463580835	16364855568	17033706048	17440387896	17941474772
Poitou Charente	5906939666	5954560205	6004429972	5979800956	6073162436	6297101803	6421814716	6514832394
Total aire de référence	58907357990	60132604407	61536059317	61752772272	61577082991	63801149429	65190857373	67017012244

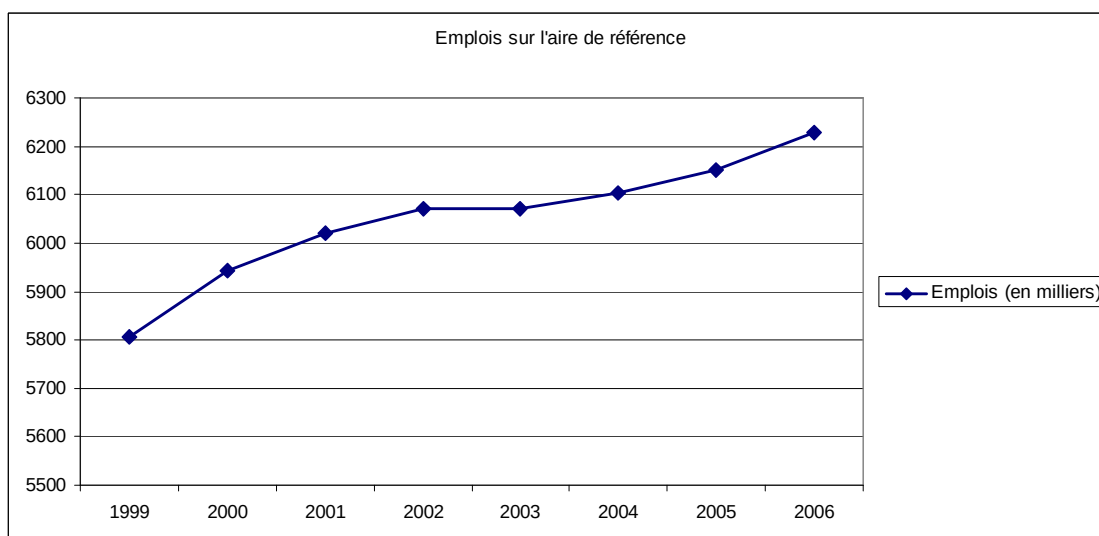
La représentation graphique de la variation de la TVA Brute sur l'aire de référence est la suivante :



Nous pouvons également regarder l'évolution des emplois sur l'aire de référence à partir du tableau suivant (source INSEE en milliers) :

Région	Emplois 1999	Emplois 2000	Emplois 2001	Emplois 2002	Emplois 2003	Emplois 2004	Emplois 2005	Emplois 2006
Aquitaine	1 128,1	1 153,4	1 164,3	1 178,5	1 176,9	1 184,3	1 195,5	1 215,8
Auvergne	508,5	519,2	523,1	526,2	526,1	524,9	524,5	526,9
Centre	955,9	980,1	986,5	988,6	982,7	984,3	986,9	993,0
Limousin	277,7	283,0	285,0	285,9	283,1	283,8	285,4	287,5
Midi Pyrénées	1 000,5	1 019,0	1 044,3	1 059,5	1 069,0	1 079,0	1 095,3	1 112,1
Pays de la Loire	1 310,0	1 347,5	1 365,6	1 378,8	1 383,2	1 391,5	1 405,9	1 427,5
Poitou Charente	625,7	641,6	650,2	653,5	651,4	655,7	656,8	665,7
Total aire de référence	5806,4	5943,8	6019	6071	6072,4	6103,5	6150,3	6228,5

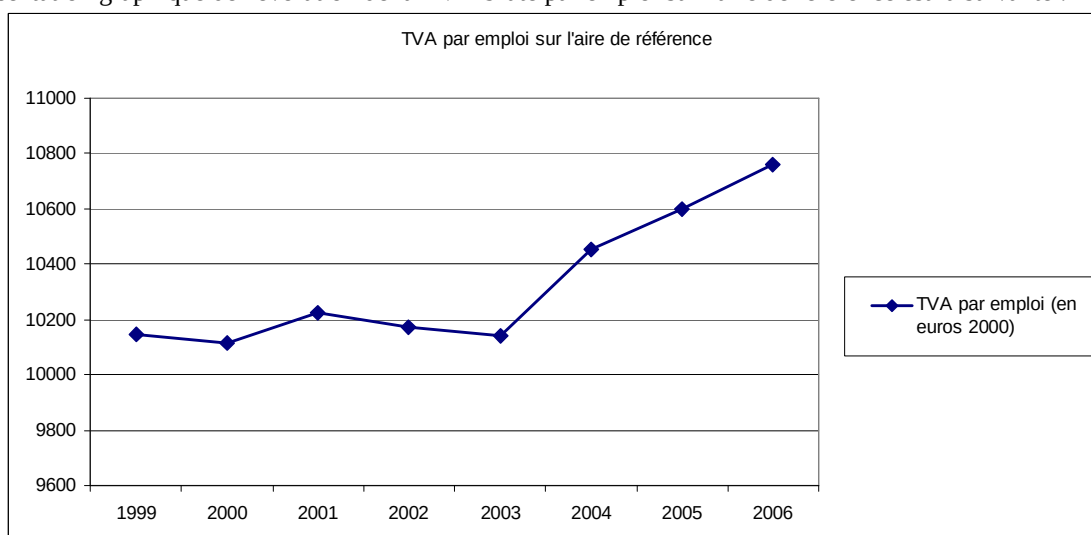
La représentation graphique de l'évolution des emplois sur l'aire de référence est la suivante :



Nous calculons ensuite pour chaque année la TVA brute par emploi sur l'aire de référence :

Année	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
TVA par emploi en euros 2000 sur l'aire de référence	10145,2	10116,9	10223,6	10171,8	10140,5	10453,2	10599,6	10759,7
Valeur indicée base 100 en 2000	100,3	100	101,1	100,5	100,2	103,3	104,8	106,4

La représentation graphique de l'évolution de la TVA brute par emploi sur l'aire de référence est la suivante :



TVA nette exempte de tout phénomène conjoncturel :

Toute TVA identifiée sur un canton sera divisée par la valeur indicée base 100 sur l'aire de référence adoptée pour supprimer tous les effets conjoncturels liés à l'économie générale et ne faire ainsi apparaître que l'impact strict de l'infrastructure.

2.2.1.2 Résultats obtenus dans le cas de l'autoroute A87 Angers La Roche sur Yon

2.2.1.2.1 Description des tronçons étudiés :

Tronçon 1 : **Angers – Cholet Sud**

Longueur : 55,2 km

Date d'ouverture : 22/01/2002

Tronçon 2 : **Cholet Sud – Les Essarts**

Longueur : 36,1 km

Date d'ouverture : 30/06/2003

Tronçon 3 : **Les Essarts – La Roche-sur-Yon**

Longueur : 19,9 km

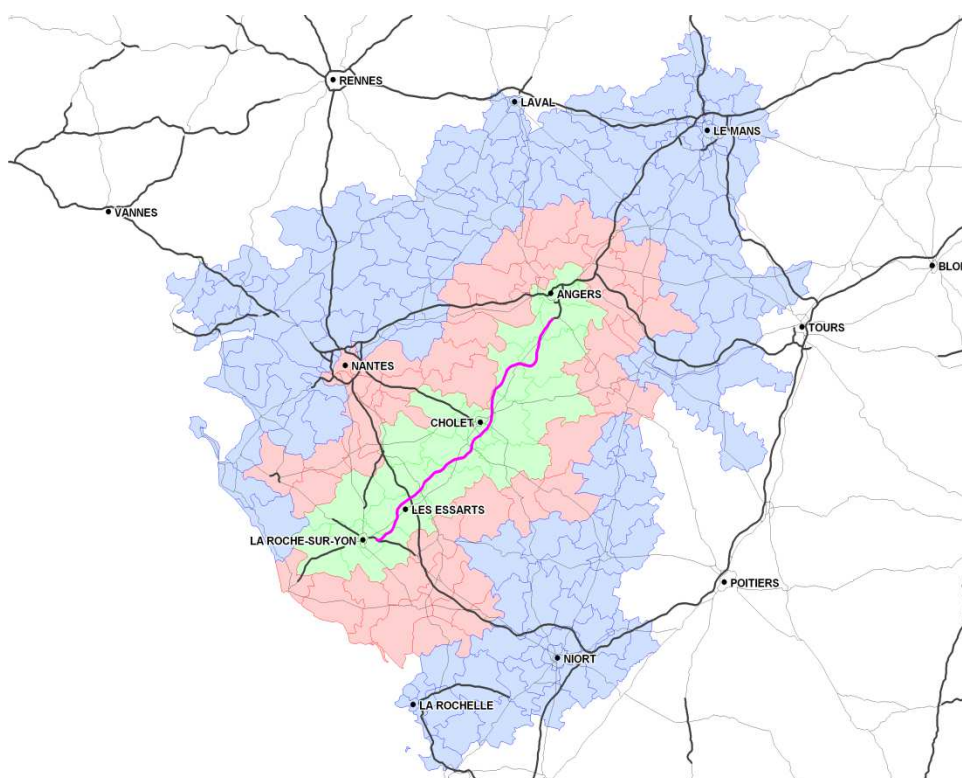
Date d'ouverture : 14/01/2005

2.2.1.2.2 Domaines D1, D2, D3

Autour des tronçons précédemment cités (en rose), sont représentés :

- en vert, les cantons du domaine 1, dont le chef-lieu est situé entre 0 et 20 mn d'un échangeur autoroutier

- en rouge, les cantons du domaine 2, dont le chef-lieu est situé entre 20 et 40 mn d'un échangeur autoroutier.
- en bleu, les cantons du domaine 3, dont le chef-lieu est situé entre 40 et 80 mn d'un échangeur autoroutier



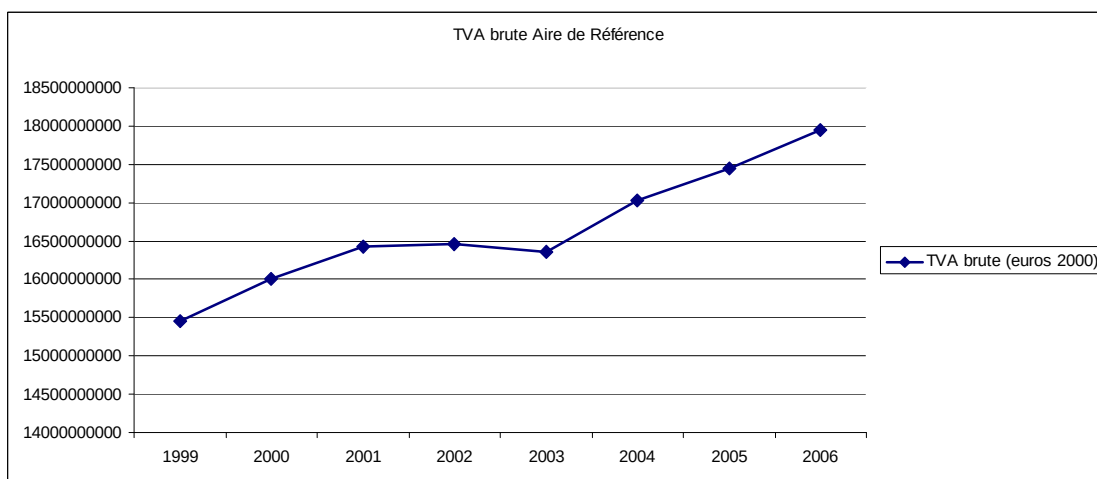
2.2.1.2.3 Aire de référence

Pour cette autoroute nous prendrons comme aire de référence la région Pays-de-la-Loire.

Les TVA brutes ont été ramenées en euros 2000 en prenant l'indice des prix à la consommation hors tabac :

Région	TVA brute 1999 (€ 2000)	TVA brute 2000 (€ 2000)	TVA brute 2001 (€ 2000)	TVA brute 2002 (€ 2000)	TVA brute 2003 (€ 2000)	TVA brute 2004 (€ 2000)	TVA brute 2005 (€ 2000)	TVA brute 2006 (€ 2000)
Pays de la Loire	15463647991	16002942000	16427626804	16463580835	16364855568	17033706048	17440387896	17941474772

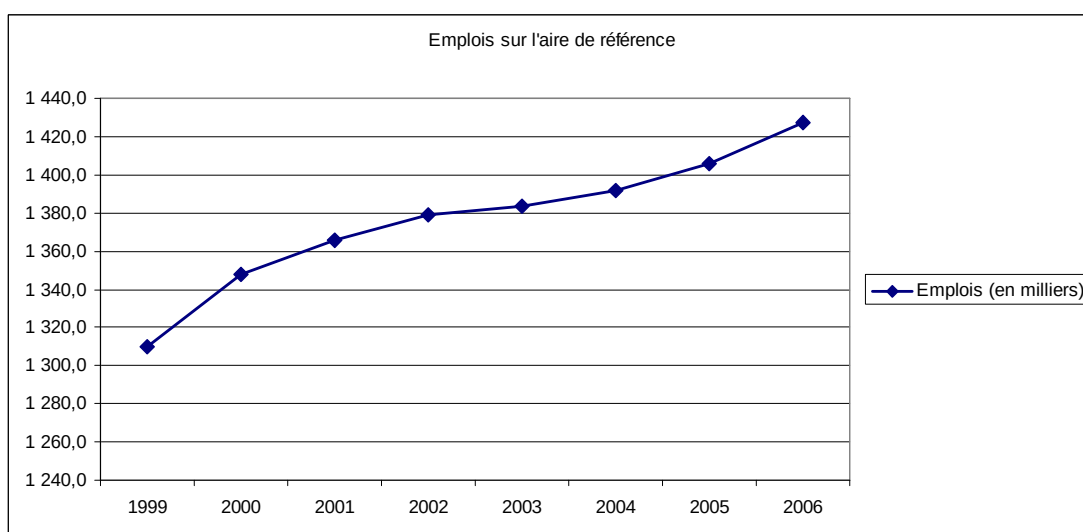
La représentation graphique de la variation de la TVA Brute sur l'aire de référence est la suivante :



Nous pouvons également regarder l'évolution des emplois sur l'aire de référence à partir du tableau suivant (source INSEE en milliers) :

Région	Emplois 1999	Emplois 2000	Emplois 2001	Emplois 2002	Emplois 2003	Emplois 2004	Emplois 2005	Emplois 2006
Pays de la Loire	1 310,0	1 347,5	1 365,6	1 378,8	1 383,2	1 391,5	1 405,9	1 427,5

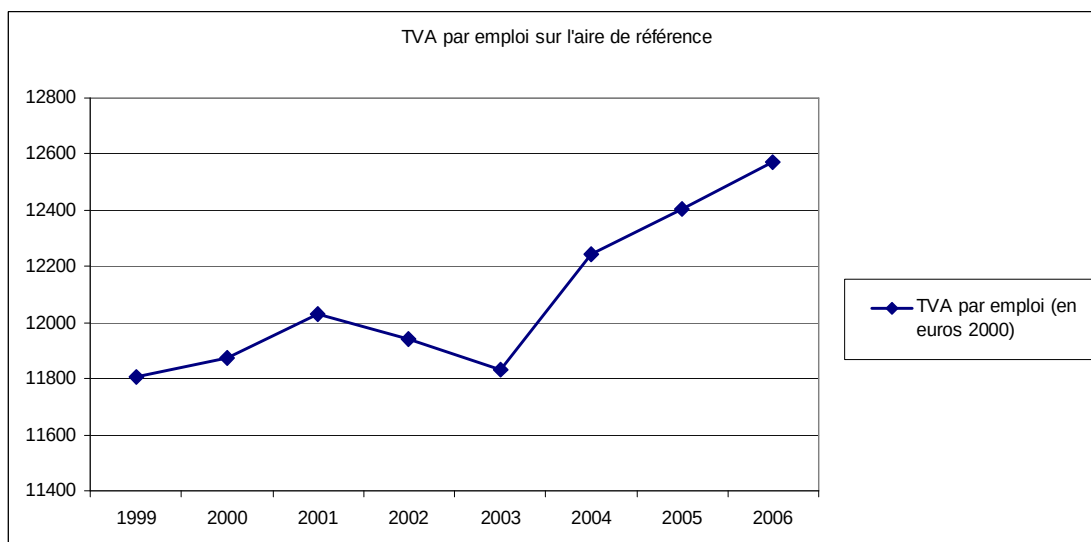
La représentation graphique de l'évolution des emplois sur l'aire de référence est la suivante :



Nous calculons ensuite pour chaque année la TVA brute par emploi sur l'aire de référence :

Année	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
TVA par emploi en euros 2000 sur l'aire de référence	11804	11876	12030	11941	11831	12241	12405	12568
Valeur indexée base 100 en 2000	994	100	101,3	100,5	996	103,1	104,5	105,8

La représentation graphique de l'évolution de la TVA brute par emploi sur l'aire de référence est la suivante :



2.2.1.2.4 Résultats sur l'évolution de la TVA

Ne disposant pas de statistique par canton du nombre d'emploi après 1999, nous avons considéré que l'évolution du nombre d'emploi sur chacun des domaines étudiés était identique à l'évolution sur l'aire de référence. Les valeurs 1999 et 2006 sont les valeurs des emplois par canton donnés par l'INSEE.

Pour calculer la TVA par emploi corrigée de l'aire de référence on ramène à la valeur indicée base 100 en 2000 de la TVA par emploi sur l'aire de référence

Domaine 1

Données de base

A87 - Domaine 1 (cantons situés entre 0 et 20 minutes de l'infrastructure Angers – Cholet – Les Essarts – La Roche-sur-Yon)

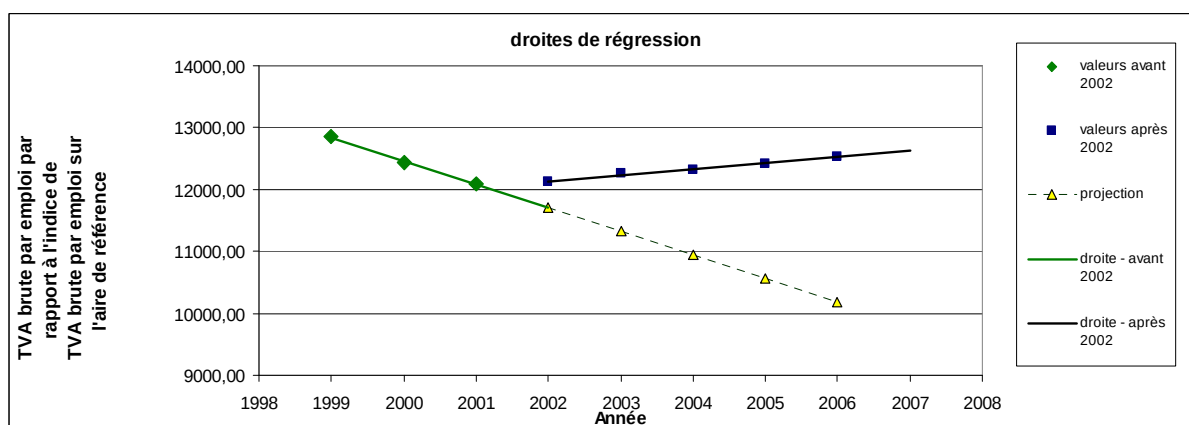
Nombre de cantons : **26** Nombre d'emplois 1999 : **280349**

Année	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Tva brute	3581829224	3651540543	3674466042	3711830707	3737283228	3923462275	4074612970	4268149231
Emplois (*)	280349	293543	299911	304555	306103	309023	314089	321689
TVA / emploi	12776	12440	12252	12188	12209	12696	12973	13268
TVA / emploi corrigé de l'aire de référence	12854	12440	12095	12122	12256	12318	12419	12537

(*) Estimation à partir de l'évolution des emplois sur l'aire de référence pour les années 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005

Calculs et représentation graphique des droites de régression

TVA brute par emploi corrigé de l'aire de référence :



Augmentation annuelle moyenne avant 2002 : a_1	-379,25€
Augmentation annuelle moyenne après 2002 : a_2	99,40 €
Création de valeur annuelle : $a_2 - a_1$	478,65 €
Pourcentage d'augmentation (valeur 2002)	3,95%

Domaine 2

Données de base

A87 - Domaine 2 (cantons situés entre 20 et 40 minutes de l'infrastructure Angers – Cholet – Les Essarts – La Roche-sur-Yon)

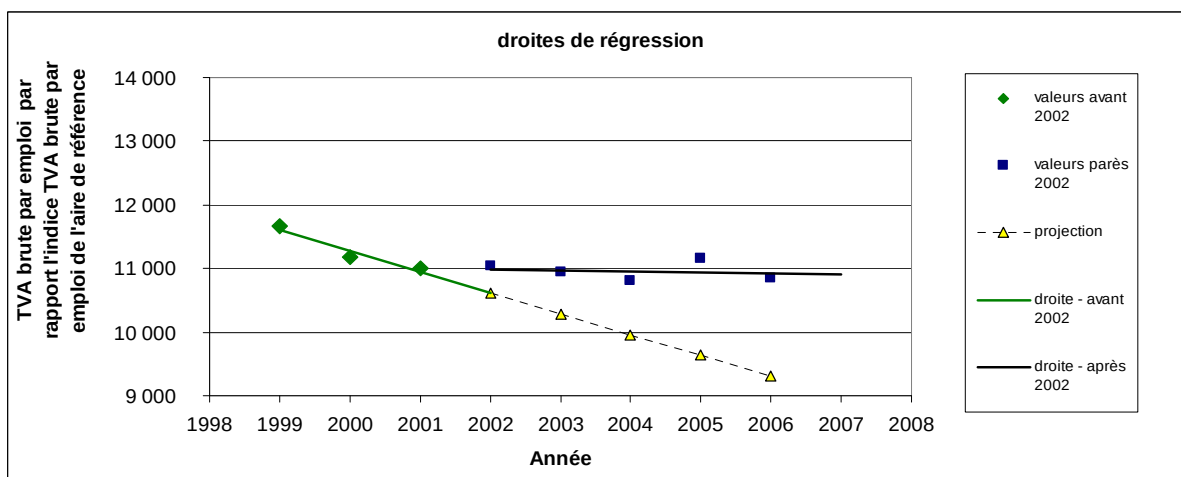
Nombre de cantons : **48** Nombre d'emplois 1999 : **382894**

Année	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Tva brute	4438891463	4451116746	4518006804	4557135075	4496815092	4629628754	4912032404	4940475226
Emplois (*)	382894	398051	405367	410702	412481	415835	421656	430386
TVA / emploi	11593	11182	11145	11096	10902	11133	11649	11479
TVA / emploi corrigé de l'aire de référence	11663	11182	11003	11036	10943	10801	11153	10847

(*) Estimation à partir de l'évolution des emplois sur l'aire de référence pour les années 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005

Calculs et représentation graphique des droites de régression

TVA brute par emploi corrigé de l'aire de référence :



Augmentation annuelle moyenne avant 2002 : a_1	-330,12
Augmentation annuelle moyenne après 2002 : a_2	-16,93
Différence de création de valeur annuelle : $a_2 - a_1$	313,19
Pourcentage d'augmentation (valeur 2002)	2,84%

Domaine 3

Données de base

A87 - Domaine 3 (cantons situés entre 40 et 80 minutes de l'infrastructure Angers – Cholet – Les Essarts – La Roche-sur-Yon)

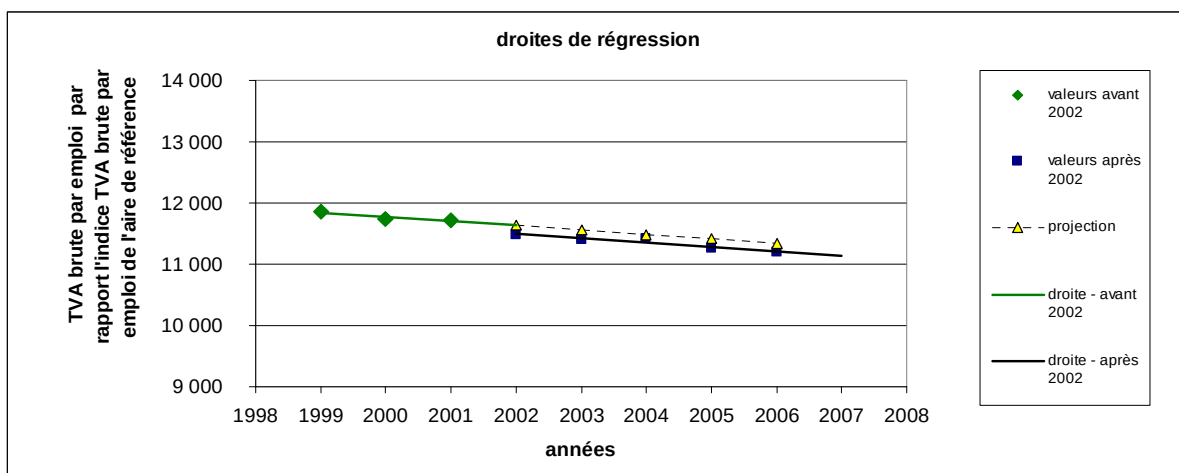
Nombre de cantons : **125** Nombre d'emplois 1999 : **717 387**

Année	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Tva brute	8453089662	8816434586	9098675060	8991778162	8886166250	9290262618	9447071201	9746099234
Emplois (*)	717387	750725	766817	778552	782463	789842	802644	821847
TVA / emploi	11783	11744	11866	11549	11357	11762	11770	11859
TVA / emploi corrigé de l'aire de référence	11855	11744	11714	11487	11400	11411	11268	11205

(*) Estimation à partir de l'évolution des emplois sur l'aire de référence pour les années 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005

Calculs et représentation graphique des droites de régression

TVA brute par emploi corrigé de l'aire de référence :



Augmentation annuelle moyenne avant 2002 : a_1	-70,36
Augmentation annuelle moyenne après 2002 : a_2	-69,49
Différence de création de valeur annuelle : $a_2 - a_1$	0,87€
Pourcentage d'augmentation (valeur 2002)	0,01%

Récapitulatif des pourcentages d'augmentation entre les droites de régression

Autoroute A87	Domaine 1	Domaine 2	Domaine 3	Aire de référence
Variation TVA brute	2,66	1,73	-1,29	-0,48
Variation TVA par emploi	3,75	2,89	-0,22	0,59
Variation TVA par emploi corrigée de l'influence générale régionale	3,95	2,84	0,01	0

L'étude réalisée par le Cete de l'Ouest a confirmé ces résultats. Comme les statistiques disponibles portaient sur trois années supplémentaires (2007, 2008, 2009), le Cete a pu identifier l'inflexion qui se produit au bout de 4 à 5 ans. La progression de la TVA par emploi retrouve les tendances d'avant la mise en service de l'ouvrage mais le gain de TVA par emploi, donc le gain de valeur ajoutée, observé au cours des 4 à 5 premières années, est définitivement acquis.

Marc Sandrin fait remarquer qu'il conviendrait de s'assurer que des investissements exceptionnels n'ont pas été réalisés, pendant cette période, à Angers, Cholet et la Roche sur Yon, ce qui pourrait expliquer la forte création de richesse au sein du domaine 1. Mais comment alors expliquer que rien de tel n'ait été observé au sein du domaine 3 qui comporte de grandes agglomérations dynamiques comme Le Mans et La Rochelle ?

2.2.1.2.5 Résultats sur l'évolution de l'emploi

Etude de l'influence de l'autoroute sur l'augmentation du nombre d'emploi

Sur le **domaine 3** la variation du nombre d'emploi est la suivante :

Nb emplois	717387	750724	766815	778551	782464	789842	802644	821847
R3 = évolution Base 1 en 1999	1,00	1,05	1,07	1,09	1,09	1,10	1,12	1,15

Sur le **domaine 1** la variation du nombre d'emploi est la suivante :

Nb emplois	280349	293542	299910	304555	306103	309023	314089	321689
R1 = évolution Base 1 en 1999	1,00	1,05	1,07	1,09	1,09	1,10	1,12	1,15
Rapport R1/ R3	1	1,000563354	1,000817745	1,000996654	1,001055112	1,001163761	1,001347543	1,001612481

Entre 1999 et 2002, le rapport entre la variation du nombre d'emplois dans le domaine 1 et dans le domaine 3 est de 1,00099. Entre 2002 et 2006, il est de 1,00061.

Sur le **domaine 2** la variation du nombre d'emploi est la suivante :

Nb emplois	382894	398050	405366	410702	412481	415835	421655	430386
R2 = évolution Base 1 en 1999	1,00	1,04	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,12
Rapport R2/ R3	1	0,993419636	0,99044818	0,988358404	0,98767557	0,986406483	0,984259781	0,981165125

Entre 1999 et 2002, le rapport entre la variation du nombre d'emplois dans le domaine 2 et dans le domaine 3 est de 0,98836. Entre 2002 et 2006, il est de 0,99272.

Ainsi, que ce soit au sein du domaine 1 ou sein du domaine 2, on constate une quasi-stabilité de l'évolution du nombre d'emplois quand on adopte comme référence l'évolution des emplois dans le domaine 3.

2.2.1.3 Résultats obtenus dans le cas de l'autoroute A89 Bordeaux Clermont-Ferrand

2.2.1.3.1 Description des tronçons étudiés :

Les données de TVA pendant les années précédant l'ouverture des tronçons 1 et 2 n'étant pas disponibles, ces tronçons n'ont pas été pris en compte dans l'étude.

Tronçon 3 : **Tulle Est – Ussel Ouest**

Longueur : 47 km

Date d'ouverture : 22 février 2002

Tronçon 4 : **Saint-Germain-des-Vergnes - Tulle Est**

Longueur : 22 km

Date d'ouverture : 21 février 2003

Tronçon 5 : **Thenon – Périgueux Est - Mussidan**

Longueur : 32 + 33 km

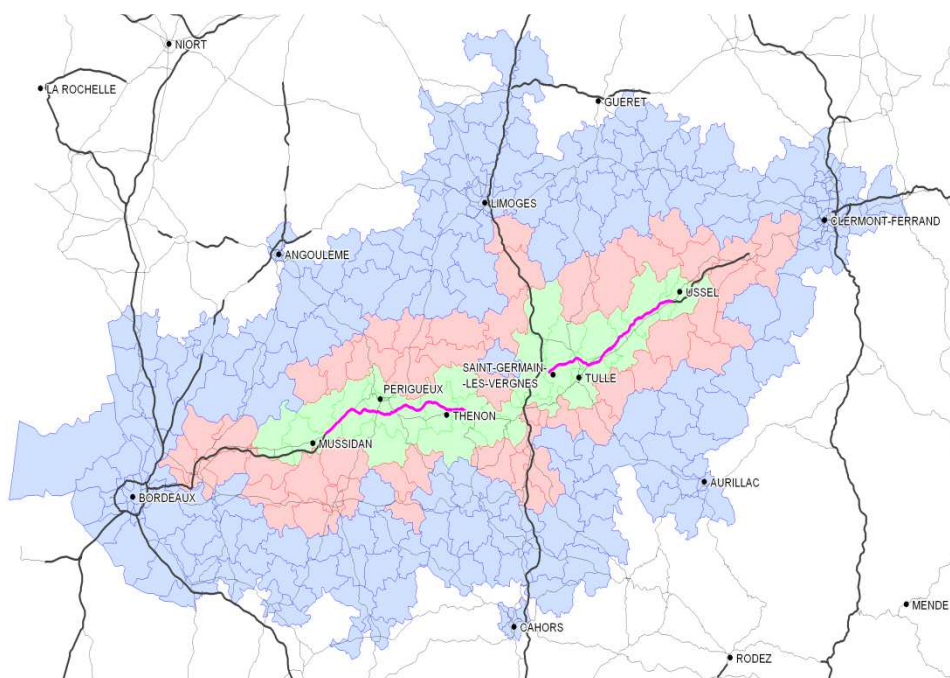
Date d'ouverture : 9 janvier 2004, 28 octobre 2004

2.2.1.3.2 Domaines D1, D2, D3

Autour des tronçons précédemment cités (en rose), sont représentés :

- en vert, les cantons du domaine 1, dont le chef-lieu est situé entre 0 et 20 mn d'un échangeur autoroutier
- en rouge, les cantons du domaine 2, dont le chef-lieu est situé entre 20 et 40 mn d'un échangeur autoroutier

- en bleu, les cantons du domaine 3, dont le chef-lieu est situé entre 40 et 80 mn d'un échangeur autoroutier.



2.2.1.3.3 Aire de référence

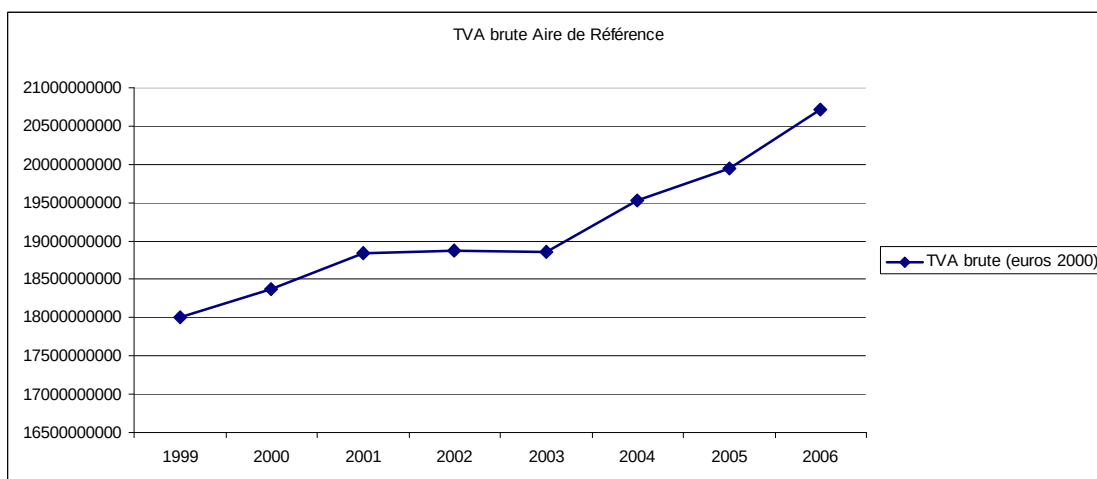
Pour cette autoroute, nous prendrons comme aire de référence l'ensemble des régions Auvergne, Limousin, Aquitaine.

Les TVA brutes ont été ramenées en euros 2000 en prenant l'indice des prix à la consommation hors tabac :

Région	TVA brute 1999 (€ 2000)	TVA brute 2000 (€ 2000)	TVA brute 2001 (€ 2000)	TVA brute 2002 (€ 2000)	TVA brute 2003 (€ 2000)	TVA brute 2004 (€ 2000)	TVA brute 2005 (€ 2000)	TVA brute 2006 (€ 2000)
Aquitaine	10999782787	11292047734	11665880425	11785164194	11740270186	12120759299	12445966220	12971396902
Auvergne	4645408287	4703713611	4773826335	4730830204	4749969308	4924391204	4969507030	5129499956
Limousin	2365584789	2371401102	2401106082	2358461443	2370752755	2479389022	2538510598	2621532773

Total aire de référence	18010775863	18367162447	18840812841	18874455841	18860992249	19524539525	19953983848	20722429631
-------------------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

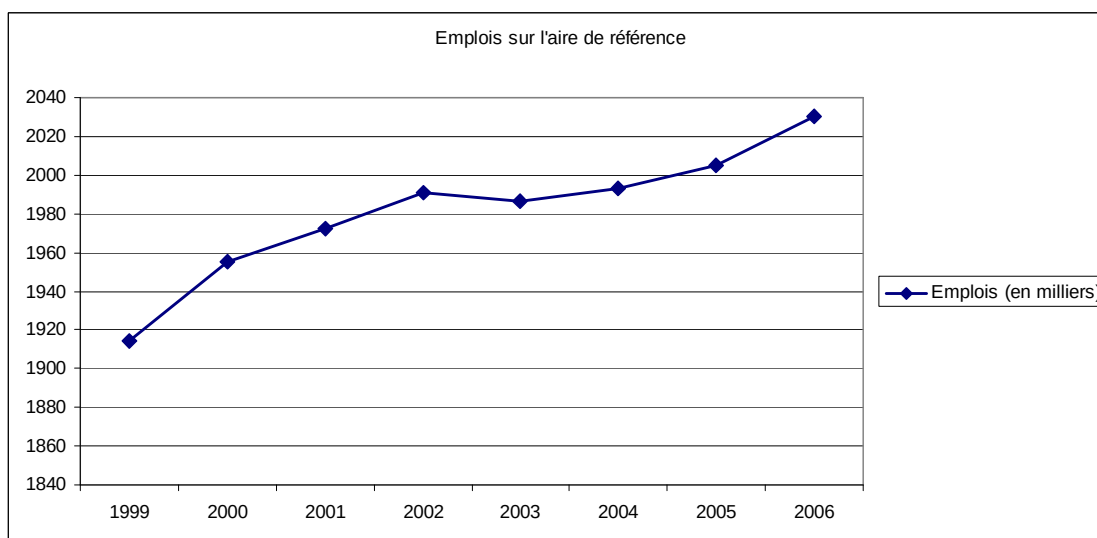
La représentation graphique de la variation de la TVA Brute sur l'aire de Référence est la suivante :



Nous pouvons également regarder l'évolution des emplois sur l'aire de référence à partir du tableau suivant (source INSEE en milliers) :

Région	Emplois 1999	Emplois 2000	Emplois 2001	Emplois 2002	Emplois 2003	Emplois 2004	Emplois 2005	Emplois 2006
Aquitaine	1 128,1	1 153,4	1 164,3	1 178,5	1 176,9	1 184,3	1 195,5	1 215,8
Auvergne	508,5	519,2	523,1	526,2	526,1	524,9	524,5	526,9
Limousin	277,7	283,0	285,0	285,9	283,1	283,8	285,4	287,5
Total aire de référence	1914,3	1955,6	1972,4	1990,6	1986,1	1993	2005,4	2030,2

La représentation graphique de l'évolution des emplois sur l'aire de référence est la suivante :

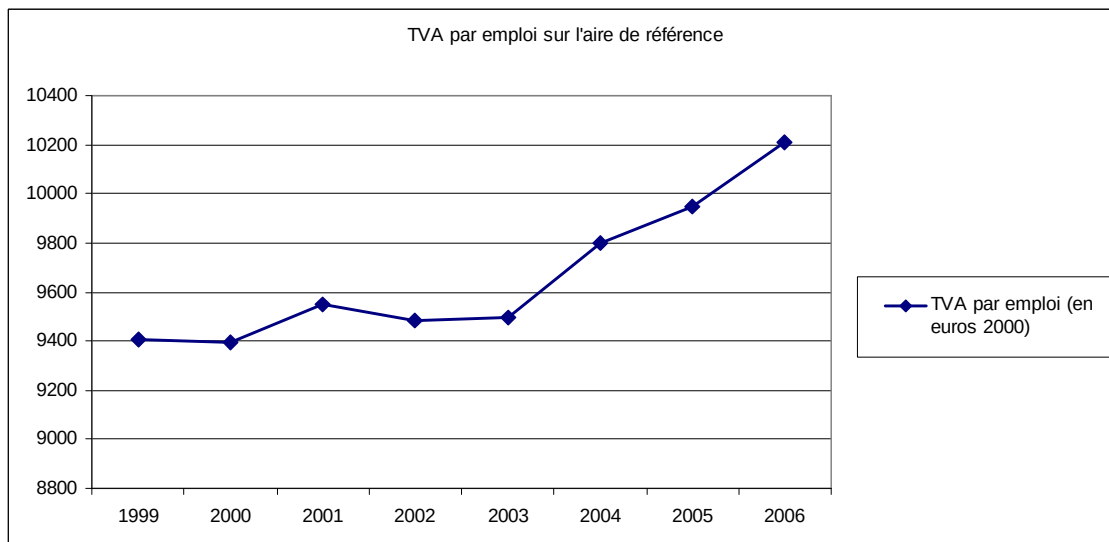


Nous calculons ensuite pour chaque année la TVA brute par emploi sur l'aire de référence :

Année	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
TVA par emploi en euros 2000 sur l'aire de référence	9408	9392	9552	9482	9496	9797	9950	10207

Valeur indicée base 100 en 2000	100,2	100,0	101,7	101,0	101,1	104,3	105,9	108,7
--	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

La représentation graphique de l'évolution de la TVA brute par emploi sur l'aire de référence est la suivante :



2.2.1.3.4 Résultats sur l'évolution de la TVA

Ne disposant pas de statistique par canton du nombre d'emploi après 1999, nous avons considéré que l'évolution du nombre d'emploi sur chacun des domaines étudiés était identique à l'évolution sur l'aire de référence. Les valeurs 1999 et 2006 sont les valeurs des emplois par canton donnés par l'INSEE.

Pour calculer la TVA par emploi corrigée de l'aire de référence on ramène à la valeur indicée base 100 en 2000 de la TVA par emploi sur l'aire de référence

Domaine 1

Données de base

A89 - Domaine 1 (cantons situés entre 0 et 20 minutes des infrastructures Ussel – Tulle – Saint-Germain-les-Vergnes et Thenon – Périgueux – Mussidan)

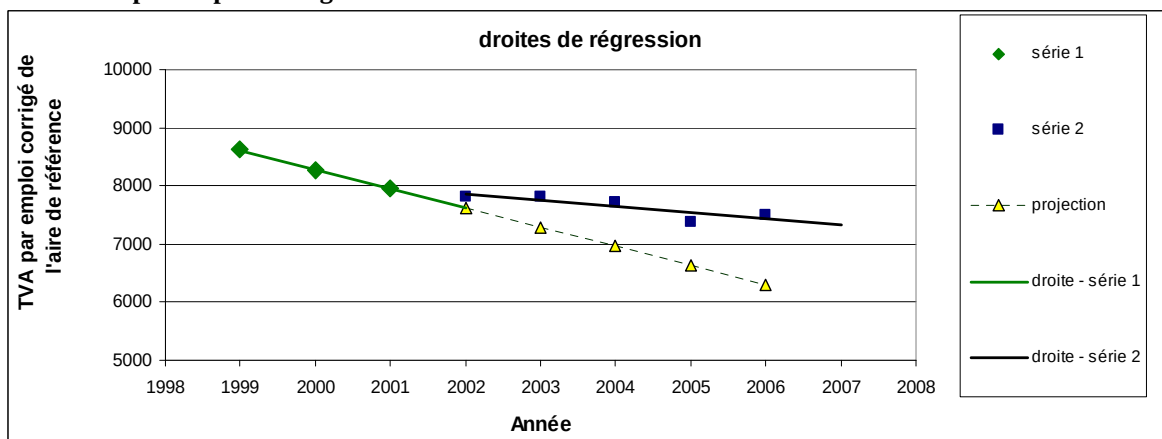
Nombre de cantons : **28** Nombre d'emplois : **98828**

Année	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Tva brute	853198378	852908929	848180344	840010628	840039420	861349156	846409521	903595463
Emplois (*)	98828	103063	104786	106652	106191	106898	108170	110713
TVA / emploi	8633	8276	8094	7876	7911	8058	7825	8162
TVA / emploi corrigé de l'aire de référence	8618	8276	7959	7802	7824	7725	7386	7510

(*) Estimation à partir de l'évolution des emplois sur l'aire de référence pour les années 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005

Calculs et représentation graphique des droites de régression

TVA brute par emploi corrigé de l'aire de référence :



Augmentation annuelle moyenne avant 2002 : a_1	-329,67
Augmentation annuelle moyenne après 2002 : a_2	-102,12
Création de valeur annuelle : $a_2 - a_1$	227,56€
Pourcentage d'augmentation (valeur 2002)	2,92%

Domaine 2

Données de base

A89 - Domaine 2 (cantons situés entre 20 et 40 minutes des infrastructures Ussel – Tulle – Saint-Germain-les-Vergnes et Thenon – Périgueux – Mussidan)

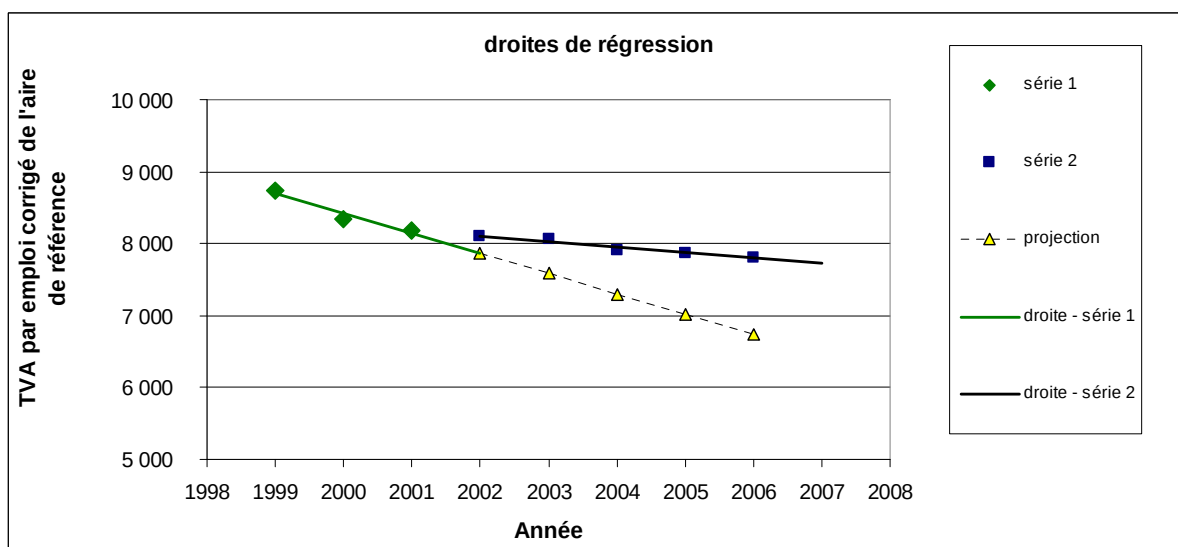
Nombre de cantons : 50 Nombre d'emplois : 148512

Année	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Tva brute	1299475675	1275019116	1284599626	1278050987	1271032012	1291276036	1316143097	1362071188
Emplois (*)	148512	152767	154497	156372	155909	156620	157897	160452
TVA / emploi	8750	8346	8315	8173	8152	8245	8335	8489
TVA / emploi corrigé de l'aire de référence	8735	8346	8175	8096	8063	7904	7868	7811

(*) Estimation à partir de l'évolution des emplois sur l'aire de référence

Calculs et représentation graphique des droites de régression

TVA brute par emploi corrigé de l'aire de référence



Augmentation annuelle moyenne avant 2002 : a_1	-279,68
Augmentation annuelle moyenne après 2002 : a_2	-76,41
Différence de création de valeur annuelle : $a_2 - a_1$	203,27€
Pourcentage d'augmentation (valeur 2002)	2,49%

Domaine 3

Données de base

A89 - Domaine 3 (cantons situés entre 40 et 80 minutes des infrastructures Ussel – Tulle – Saint-Germain-les-Vergnes et Thenon – Périgueux – Mussidan)

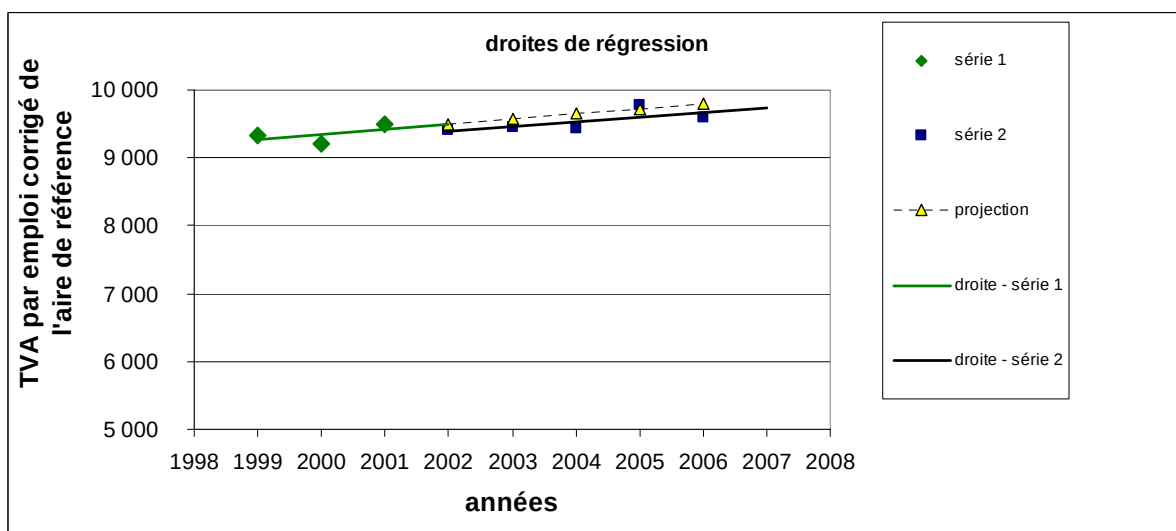
Nombre de cantons : **174** nombre d'emplois : **935084**

Année	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Tva brute	8747766126	8984128928	9584684421	9614202311	9616786372	9962630814	10634444425	10953876595
Emplois (*)	935084	976265	993017	1011164	1006677	1013557	1025921	1050650
TVA / emploi	9355	9203	9652	9508	9553	9829	10366	10426
TVA / emploi corrigé de l'aire de référence	9339	9203	9490	9418	9448	9424	9784	9593

(*) Estimation à partir de l'évolution des emplois sur l'aire de référence

Calculs et représentation graphique des droites de régression

TVA brute par emploi corrigé de l'aire de référence



Augmentation annuelle moyenne avant 2002 : a_1	75,79
Augmentation annuelle moyenne après 2002 : a_2	68,69
Différence de création de valeur annuelle : $a_2 - a_1$	-7,10€
Pourcentage d'augmentation (valeur 2002)	-0,07%

Récapitulatif des pourcentages d'augmentation entre les droites de régression

Autoroute A89	Domaine 1	Domaine 2	Domaine 3	Aire de référence
Variation TVA brute	1,89	2,24	-0,51	0,16
Variation TVA par emploi	4,04	3,60	1,21	1,22
Variation TVA par emploi corrigée de l'influence générale régionale (3 régions)	2,92	2,49	-0,07	0

2.2.1.3.5 Résultats sur l'évolution de l'emploi

Etude de l'influence de l'augmentation du nombre d'emploi

Sur le **domaine 3** la variation du nombre d'emploi est la suivante :

NB emplois	935084	976265	993017	1011164	1006677	1013557	1025921	1050650
R3 = évolution Base 1 en 1999	1	1,044039874	1,0619544	1,081361802	1,076563268	1,08392102	1,097143645	1,123588897

Sur le **domaine 1** la variation du nombre d'emploi est la suivante :

Nb emplois	98828	103063	104786	106652	106191	106898	108170	110713
------------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

R1 = évolution Base 1 en 1999	1	1,0428534	1,06028536	1,07916993	1,07450067	1,08166020	1,09452661	1,12025944
Rapport R1/ R3	1	0,99886362	0,99842833	0,99797304	0,99808409	0,99791422	0,9976146	0,99703676

Entre 1999 et 2002, le rapport entre la variation du nombre d'emplois dans le domaine 1 et dans le domaine 3 est de 0,99843. Entre 2002 et 2006, il est de 0,99906.

Sur le **domaine 2** la variation du nombre d'emploi est la suivante :

Nb emplois	148512	152767	154497	156372	155909	156620	157897	160452
R2 = évolution Base 1 en 1999	1	1,02864899	1,04030282	1,05292780	1,04980624	1,05459263	1,06319427	1,08039754
Rapport R2/ R3	1	0,98525834	0,97961157	0,97370538	0,97514588	0,97294232	0,96905658	0,9615594

Entre 1999 et 2002, le rapport entre la variation du nombre d'emplois dans le domaine 1 et dans le domaine 3 est de 0,97961. Entre 2002 et 2006, il est de 0,98753.

Ainsi, que ce soit au sein du domaine 1 ou sein du domaine 2, on constate une quasi-stabilité de l'évolution du nombre d'emplois quand on adopte comme référence l'évolution des emplois dans le domaine 3.

2.2.1.4 Commentaires

Les résultats obtenus sur les autoroutes A87 et A89 font clairement apparaître la création de valeur endogène. Il y a unanimité du groupe de réflexion sur cette interprétation.

Or certains responsables du ministère pensent que les effets positifs observés à proximité des autoroutes sont compensés par des effets négatifs dans les territoires plus éloignés, le cumul des deux effets conduisant à un résultat global nul.

En fait, les zones éloignées ne sont pas pénalisées par l'amélioration de l'accessibilité des zones proches.

Les responsables qui tiennent ce type de raisonnement ont tendance à confondre le deuxième temps et le troisième temps des relations qui s'établissement entre les territoires et les réseaux de transport qui les desservent. Le deuxième temps est celui de l'appariement des compétences des actifs et des spécificités des emplois qu'ils occupent, à patrimoine résidentiel et d'activité donné. L'appariement s'établit dans les toutes premières années de la mise en service d'une infrastructure pertinente et a toujours des effets positifs. Le deuxième temps, beaucoup plus tardif, est celui de la création d'un patrimoine nouveau qui n'apparaît qu'au bout de 5 à 7 ans. Ce sont les modèles de développement urbain qui permettent d'évaluer les tendances d'urbanisation et donc de prévoir s'il y aura ou non à moyen et long terme des effets pénalisants dans les zones éloignées de l'infrastructure structurante.

On sait très bien évaluer les déséquilibres intervenant ultérieurement dans le cadre d'une confrontation entre la demande exogène de mètres carrés de planchers et l'offre locale d'urbanisation autorisée qui comporte, en facteur positif, l'utilité liée à l'accessibilité et, en facteur négatif, le coût de viabilisation des zones ouvertes à l'urbanisation.

Les petites agglomérations peuvent résister par rapport aux grosses si elles offrent des zones urbanisables abondantes à des prix de viabilisation favorables, tout en étant correctement desservies.

Ce sont ces tests que l'on a récemment effectué dans le Piémont pyrénéen, territoire qui, après avoir franchi l'étape 2 des évaluations, a abordé avec succès l'étape 3.

2.2.2 Les relations de cause à effet observées à la mise en service de trois lignes de tramway à Bordeaux

Une étude réalisée par la Setec en 2010 sur les agglomérations de Bordeaux et d'Orléans pour le compte du Ministère de l'Ecologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature, a mis en évidence une corrélation entre les accessibilités TC et VP et les valeurs foncières.

Au-delà de cette approche globale, l'étude visait également à identifier l'impact en termes fonciers de l'ouverture de lignes de transport collectifs.

Cette approche a été couronnée de succès à Bordeaux qui a conduit un politique ambitieuse d'implantations de lignes de tramway. En 2003, une première ligne, la ligne A a été mise en service. En 2004, deux autres lignes, les lignes B et C l'ont été. Compte tenu de l'ampleur de ce programme, l'impact sur les valeurs foncières a clairement été identifié.

2.2.2.1 Méthodologie

Elle repose sur une analyse comparée de l'évolution des prix du foncier d'une part et de l'évolution de l'accessibilité d'autre part. L'évolution de l'accessibilité repose sur l'utilisation des modèles de trafic. Il faut être en mesure de disposer ou de codifier les réseaux de TC et de VP des différents horizons sur lesquels est effectuée l'analyse. L'évolution des prix du foncier est plus délicate sur le plan méthodologique et est détaillée ci-après.

- Définition d'une année charnière

Pour mettre en œuvre l'analyse sur les flux, il est nécessaire de commencer par étudier l'évolution du prix du foncier dans l'agglomération étudiée. L'objectif de cette analyse est d'identifier s'il existe des tendances différentes d'évolution des prix du foncier avant et après la mise en service des lignes de tramway. Pour procéder à cette analyse, on définit tout d'abord une année « charnière » permettant de faire la distinction avant / après.

Pour Bordeaux, on considère comme année charnière 2003 avec la mise de la ligne A, les mises en service des lignes B et C intervenant l'année suivante.

- Correction de l'évolution générale des prix

Il est ensuite nécessaire d'identifier la tendance générale d'évolution des prix qui ne peut être mise sur le compte de l'évolution de l'accessibilité. L'évolution des prix par commune devra être corrigée de cette tendance générale.

Différentes méthodes de correction peuvent être utilisées. On a tout d'abord essayé de corriger l'évolution du prix du foncier par l'indice des prix de la construction : c'est la méthode retenue par la loi pour le calcul de la plus-value mais elle n'est pas suffisante dans le cas présent.

En effet, sur la période 1996-2002, le prix des appartements de l'agglomération de Bordeaux et du reste de l'Aquitaine ont connu des évolutions quasiment identiques. Après 2002, il s'est produit une augmentation plus rapide des prix que sur la période précédente qui a affecté à la fois les prix dans l'agglomération et les prix dans le reste de la région. Après 2002, on observe cependant une différence entre la croissance des prix dans l'agglomération et à l'extérieur et c'est cette différence que l'on veut pouvoir analyser en détail sans que l'effet soit masqué par le renchérissement global des prix observés après cette date.

En conclusion, les prix du foncier pour une année « n » seront donc corrigés de l'évolution des prix observée sur les communes de la région à l'extérieur de l'agglomération (donc dans des zones où les TCSP n'ont peu ou pas d'effet) entre 1996 et l'année « n ». Tous les graphiques qui suivent intègrent donc des prix corrigés de cette manière.

- Regroupement par type de commune

Les différentes communes de l'analyse sont ensuite regroupées en trois catégories par rapport au temps nécessaire pour accéder à l'une des stations du TCSP étudié :

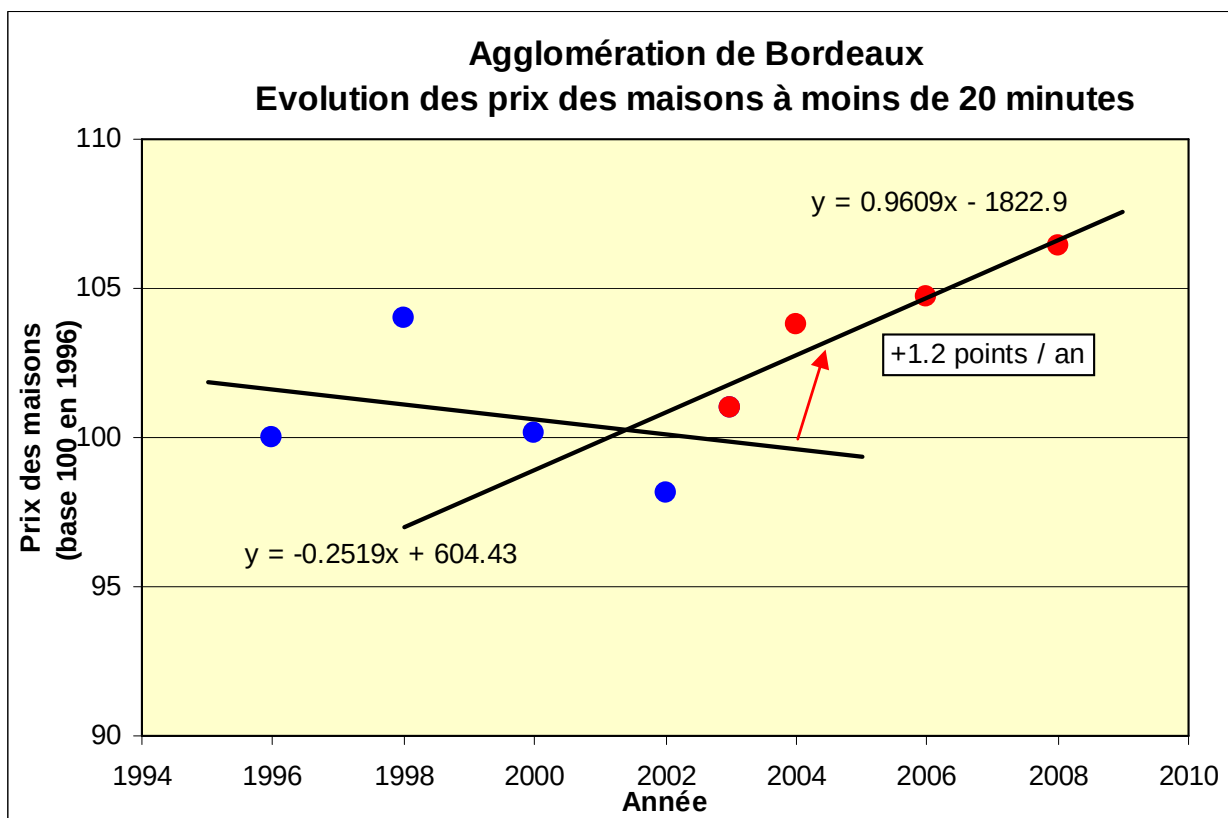
- Les communes de l'agglomération à moins de 20 minutes du TCSP,
- Les communes de l'agglomération entre 20 et 40 minutes du TCSP,
- Les communes de l'agglomération à plus de 40 minutes du TCSP.

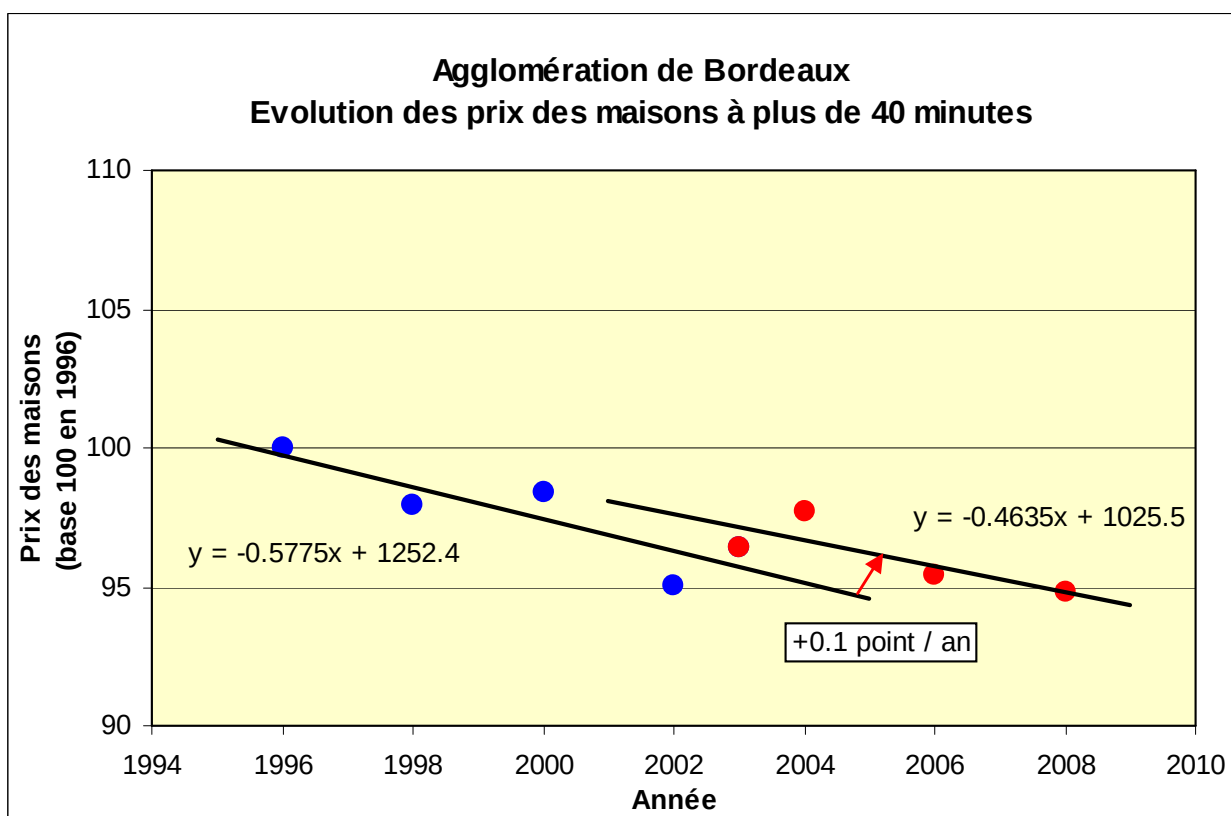
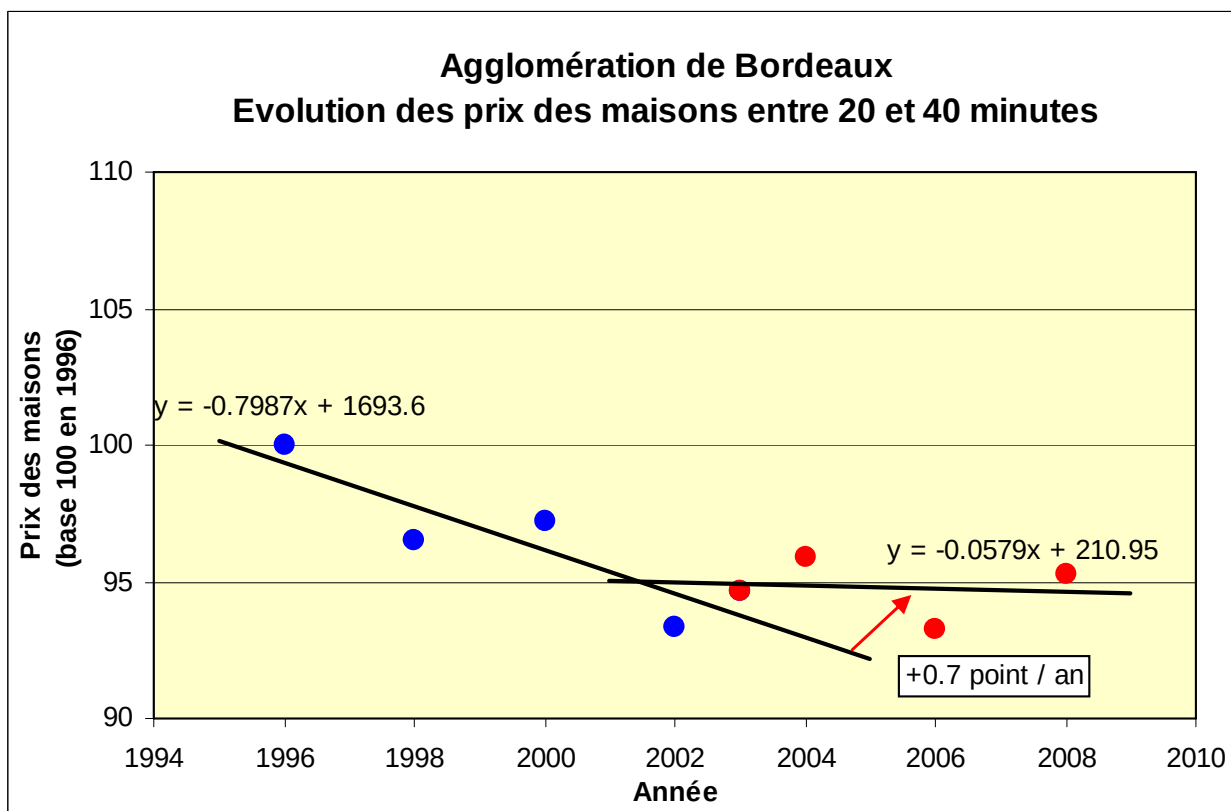
2.2.2.2 Résultats observés : Evolution du prix des maisons (corrigé des fluctuations régionales)

Les graphiques ci-après présentent l'évolution des prix des maisons à Bordeaux corrigée des fluctuations régionales. Chaque graphique présente le niveau des prix en ordonnée (en base 100 pour l'année 1996) avec les points avant la mise en service figurés en bleu et les points après la mise en service figurés en rouge. Des droites de régression correspondant aux deux périodes sont également tracées.

Sur les trois graphiques, on constate une rupture de pente après la mise en service du tramway correspondant à un différentiel positif variable selon la proximité au TSCP :

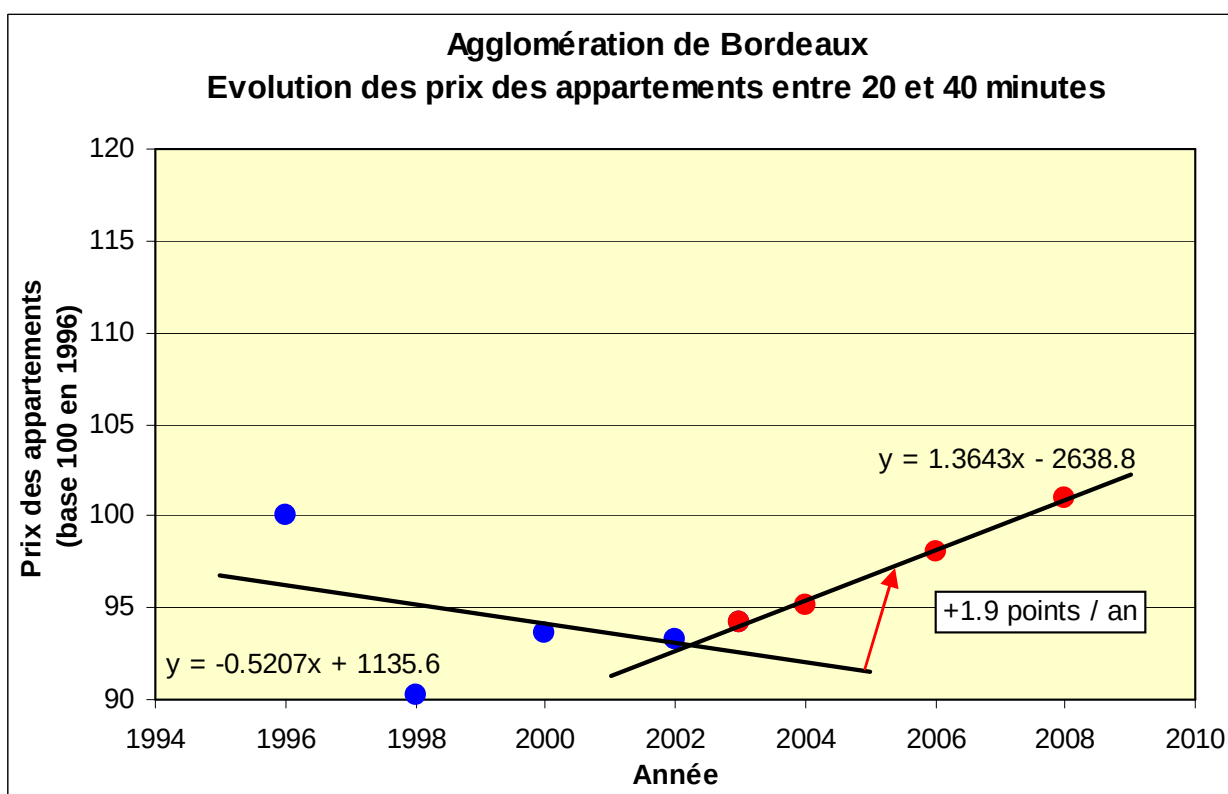
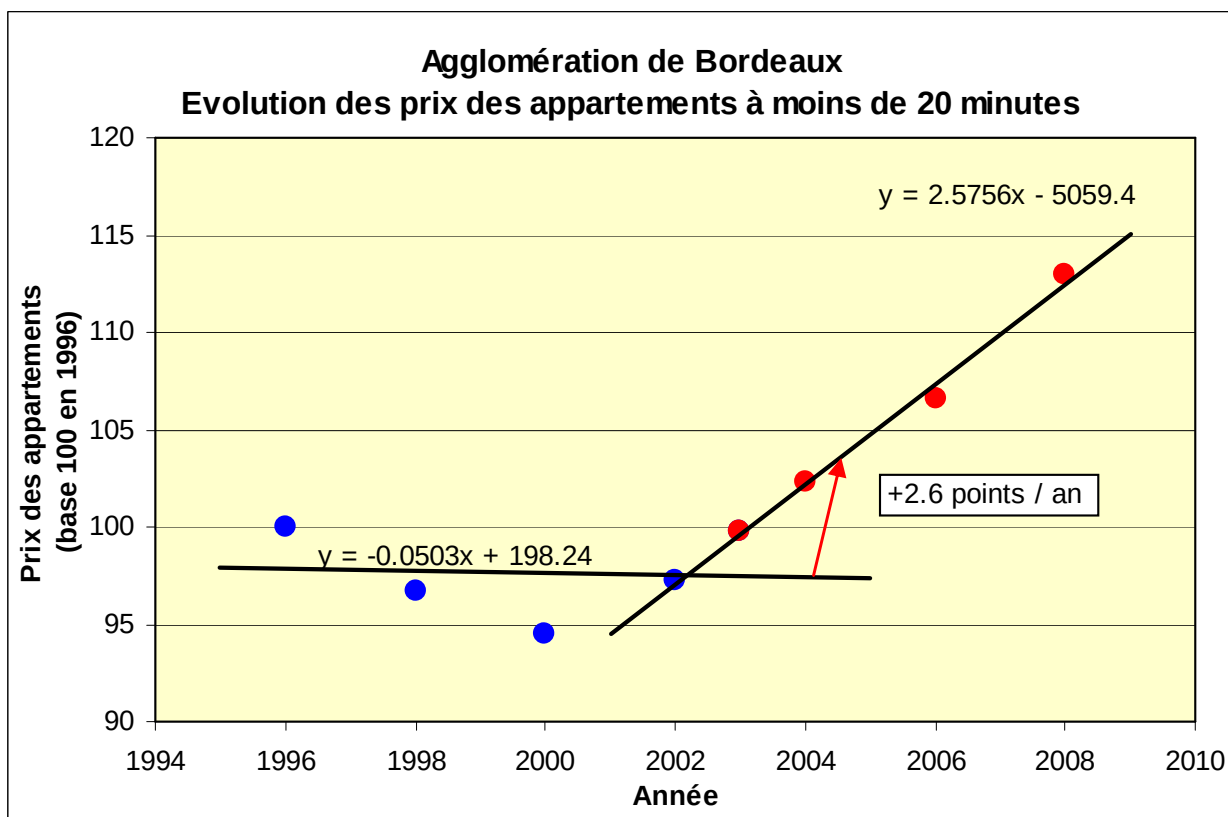
- pour les communes à moins de 20 minutes, le différentiel est de +1.2 points par an,
- pour les communes entre 20 et 40 minutes, l'effet est atténué et estimé à +0.7 point par an,
- enfin pour les communes au-delà de 40 minutes, il n'y a quasiment plus d'effet (+0.1 point par an).

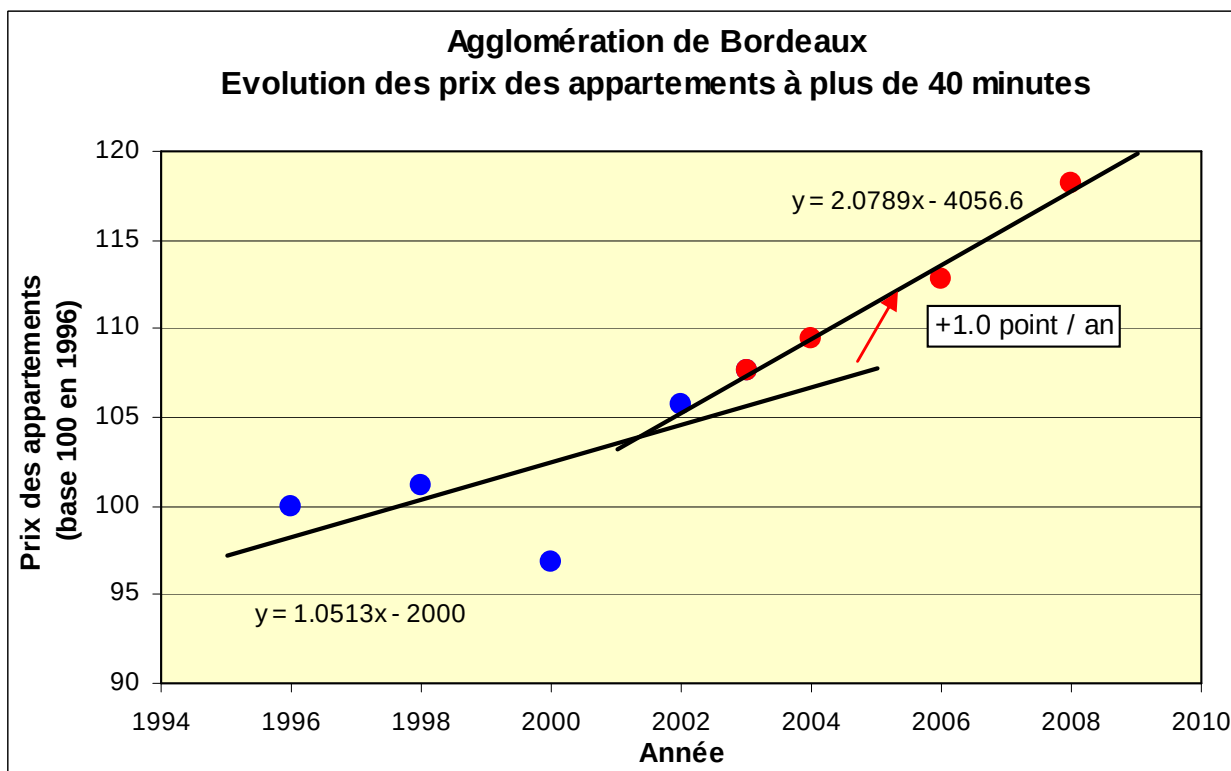




2.2.2.3 Résultats observés : Evolution du prix des appartements (corrigé des fluctuations régionales)

Les mêmes graphiques sont élaborés pour le prix des appartements.





Dans le cas des appartements, l'effet est nettement plus sensible que dans le cas des maisons :

- pour les communes à moins de 20 minutes, on observe ainsi un différentiel est de +2.6 points par an,
- pour les communes entre 20 et 40 minutes, l'effet est un peu moins sensible mais encore important et est estimé à +1.9 points par an,
- enfin pour les communes au-delà de 40 minutes, on observe encore un effet mais nettement moins important (+1.0 point par an).

Dans le cas de Bordeaux, la mise en service du tramway a clairement eu un effet positif sur la valeur foncière notamment dans le cas des appartements.

3 Troisième partie : Application à l'évaluation d'un projet d'infrastructure de transport

3.1 Stratégie à vocation opérationnelle simple et pédagogique et stratégie plus affinée au plan de l'évaluation des coûts généralisés de déplacement

Le groupe de réflexion a reconnu la pertinence de la notion d'utilité nette associée aux conditions d'accès aux biens et services convoités résultant de l'application au domaine des transports de la théorie des choix discrets de Daniel McFadden :

$$S_i = C_{0i}^{\circ} / \alpha^{\circ} \text{Log} \sum_j Q_j e^{-\alpha^{\circ} C_{ij} / C_{0i}^{\circ}}$$

De façon plus précise, l'utilité annuelle nette S_i^z associée à la possibilité d'effectuer un choix pertinent entre les différents biens ou services convoités Q_j^z , disponibles en j, accessibles à partir de la zone de résidence i, c'est-à-dire la performance annuelle nette liée aux déplacements effectués pour un motif donné « z », s'exprime, comme on l'a vu dans le présent rapport, sous la forme :

$$S_i^z (\text{utilité annuelle nette}) = N_i^z \cdot (C_{0i}^{\circ} / \alpha^{\circ}) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j^z e^{-\alpha^{\circ} z C_{ij} / C_{0i}^{\circ}},$$

avec :

- N_i^z , nombre de déplacements totaux annuels effectués par un résident de la zone i pour un motif de déplacement « z » donné,
- C_{0i}° , salaire horaire net de l'actif, référent de la famille, résidant en i,
- $\alpha^{\circ} z$, coefficient fixant le rythme de décroissance de l'exponentielle décroissante du temps de transport pour le motif « z » considéré,
- Q_j^z , nombre de biens convoités à l'intérieur de la zone j correspondant au motif de déplacement « z »,
- C_{ij} , coût généralisé de déplacement entre i et j.

Cette formulation associe étroitement et de façon entièrement imbriquée l'utilité brute liée aux biens convoités et les coûts généralisés de déplacement qui qualifient la difficulté de se rendre du point i d'origine de l'usager au point j où se trouvent les biens convoités.

Or, dans des cas simples tels que ceux exposés dans le présent rapport, celui de 4 itinéraires, de coût généralisé identique, ou celui de 100 biens convoités dans une zone de destination j séparée d'une zone origine i par un itinéraire de coût généralisé C_{ij} , l'utilité nette peut être décomposée en un terme positif associé à l'utilité des biens convoités et un terme négatif, celui du coût généralisé de déplacement.

On a par exemple, dans le cas de 4 itinéraires de coût identique C_{ij} , le résultat suivant :

$$S_{ij} = \mu \text{Log} 4 - C_{ij}.$$

On a, dans les mêmes conditions, dans le cas de 100 biens convoités situés dans une zone j reliée à une zone origine i par un itinéraire de coût C_{ij} :

$$S_{ij} = W_j^0 + \lambda \text{Log} 100 - C_{ij}.$$

Dans ces cas simples, on distingue ainsi clairement l'utilité associée à la diversité des biens convoités qui constitue le facteur positif lié aux choix possibles et la « désutilité » associée aux coûts généralisés de déplacement.

Dans le cas général de biens convoités situés dans des zones différentes reliées à la zone origine par des itinéraires de coûts généralisés différents, l'utilité nette n'a pas cette propriété de conduire à une dissociation simple entre l'utilité brute associée aux biens convoités et les coûts généralisés de déplacement.

Cette complexité apparaît notamment lorsqu'une infrastructure nouvelle est mise en service.

L'augmentation de l'utilité annuelle nette associée aux déplacements pour le motif « z » considéré est égale à :

$$S_i^{z-2} - S_i^{z-1} =$$

$$N_i^z / \alpha^{\circ z} \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log} \sum_j Q_j^z e^{-\alpha^{\circ z} C_{ij} 2 / C_{0i}^{\circ 2}} - \text{Log} \sum_j Q_j^z e^{-\alpha^{\circ z} C_{ij} 1 / C_{0i}^{\circ 1}}) + \text{Log} \sum_j Q_j^z e^{-\alpha^{\circ z} C_{ij} 1 / C_{0i}^{\circ}} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

On constate que cette augmentation varie en fonction de deux facteurs très difficiles à dissocier, les coûts généralisés de transport C_{ij} entre la zone de résidence i et chacune des zones de destination j et la valeur de l'heure travaillée de l'actif résidant en i , C_{0i}° , qui est, elle aussi, sensible à la mise en service de l'infrastructure et qu'on ne peut donc ignorer.

D'où l'intérêt de séparer, dans l'expression de l'utilité nette, comme dans le cas des exemples simples de 4 itinéraires, de coût généralisé identique, ou de 100 biens convoités, de valeur identique, localisés en j , la partie relative aux coûts généralisés de transport et la partie relative à l'utilité brute des biens convoités.

Cette séparation n'est possible, dans le cas général de plusieurs zones de destination ou de plusieurs itinéraires différents, qu'en faisant l'hypothèse de proportionnalité des coûts généralisés de déplacement et des temps de déplacement ainsi que de la stabilité globale des temps de déplacement moyens. On peut, dans ce cas, comme on l'a vu dans le présent rapport, définir de façon simple, un temps moyen de déplacement t_i à partir de chaque zone de résidence i , et définir également un territoire pertinent entourant la zone i à l'intérieur duquel on peut identifier les biens convoités Q_i^z pour le motif de déplacement donné « z ». On définit ainsi une utilité brute liée aux biens convoités sous la forme du logarithme du nombre de biens dénombrables au sein d'un territoire accessible dans un temps de déplacement donné à partir de i .

La proportionnalité entre les coûts généralisés et les temps de déplacement repose en fait sur des hypothèses très simples correspondant à des situations très souvent observées :

Le coût généralisé de déplacement est la somme de la valorisation du temps de déplacement et des dépenses monétaires associées. Il est de la forme : $C_{ij} = C_{ij}^t + C_{ij}^m$, avec C_{ij}^t , valorisation du temps de déplacement, et C_{ij}^m , dépenses monétaires associées.

La valorisation du temps de déplacement découle de l'analyse des enquêtes globales de transport et notamment du calage des modèles reconstituant avec fidélité la distribution des déplacements. D'après ces analyses, pour un actif ou pour les membres du ménage qui lui sont rattachés, « une heure de déplacement est égale aux 2/3 du salaire horaire net, C_{0i}° , de l'actif de référence. ».

$$C_{ij}^t = (2/3 C_{0i}^{\circ}) t_{ij}$$

On a donc :

$$C_{ij} = C_{ij}^t + C_{ij}^m = (2/3 C_{0i}^{\circ}) t_{ij} + C_{ij}^m.$$

Les enquêtes font par ailleurs apparaître que, dans le cas des modes de transport arrivés à maturité, tels que les transports collectifs de proximité ou les transports individuels, les dépenses monétaires associées à une heure de déplacement sont très proches de la moitié de la valorisation de l'heure de déplacement de l'usager, soit à $1/3 C_{0i}^{\circ}$. Les usagers ne dépensent que ce qu'ils sont aptes à dépenser.

$$\text{On obtient dans ce cas : } C_{ij} = C_{ij}^t + C_{ij}^m = (2/3 C_{0i}^{\circ}) t_{ij} + (1/3 C_{0i}^{\circ}) t_{ij} = C_{0i}^{\circ} t_{ij}.$$

La relation de proportionnalité est donc très simple.

On sait, sur cette base, définir un temps moyen de déplacement et une utilité brute des biens commodément accessibles à partir de chaque zone i .

C'est ce qui a conduit le groupe de réflexion, dans le cas des études opérationnelles simples ou des études préliminaires à vocation pédagogique, à recommander l'adoption d'une proportionnalité simple entre les coûts généralisés de transport et les temps de transport et également l'adoption de temps de déplacement stables, observés dans les enquêtes globales de transport et explicables théoriquement, avec comme conséquence positive de permettre de définir une utilité brute clairement dissociée des coûts généralisés de transport.

Cette approche constitue bien entendu une approximation. Elle peut de ce fait s'exposer à quelques critiques de la part des responsables attachant une très grande importance à l'évaluation très précise des coûts généralisés de déplacement.

C'est cette observation qui a incité le groupe de réflexion à préconiser, au plan pratique, deux stratégies complémentaires :

- **une stratégie à vocation opérationnelle simple et également pédagogique** reposant sur la proportionnalité entre coûts généralisés de déplacement et temps de déplacement et mettant l'accent sur l'utilité brute des déplacements associés aux zones de chalandise des biens convoités accessibles dans un temps de déplacement donné,

- **une stratégie plus affinée au plan de l'évaluation des coûts généralisés de déplacement** mais perdant de ce fait sa vertu pédagogique par suite de l'impossibilité de faire appel à la notion de zones de chalandise.

Dans les présentes préconisations pratiques, seront donc présentées successivement les 2 stratégies :
 - en commençant par la stratégie à vocation opérationnelle simple et également pédagogique qui permet de bien mettre en valeur le concept de valorisation de l'accessibilité aux territoires,
 - en complétant cette approche pédagogique par la stratégie plus affinée mettant l'accent sur les évaluations quantitatives fines des coûts généralisés de transport et les utilités nettes, conduisant par addition à déterminer les utilités brutes.

Cette distinction, qui s'applique à l'analyse de l'évaluation de l'utilité des destinations convoitées, est également applicable aux coûts généralisés de déplacement de même qu'aux nuisances induites.

On retrouvera donc dans chaque stratégie d'évaluation les trois rubriques qui suivent :

- les performances économiques et naturelles des déplacements,
- les coûts généralisés de transport,
- les nuisances induites.

3.1.1 L'approche à vocation opérationnelle simple et pédagogique

L'approche « opérationnelle simple et pédagogique » est caractérisée par le fait que le coût généralisé de déplacement est proportionnel au temps de parcours.

On a : $C_{ij} = C_{0i} \cdot t_{ij}$.

L'utilité nette associée à un motif de déplacement « z »,

$$S_i^z = N_i^z \cdot (C_{0i} / \alpha^z) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j^z e^{-\alpha^z C_{ij} / C_{0i}}$$

devient, dès lors :

$$S_i^z = N_i^z \cdot (C_{0i} / \alpha^z) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j^z e^{-\alpha^z t_{ij}}$$

Lorsqu'une infrastructure nouvelle est mise en service, l'augmentation de l'utilité annuelle associée aux déplacements pour le motif « z » :

$$S_i^{z-2} - S_i^{z-1} =$$

$$N_i^z / \alpha^z \cdot [C_{0i}^{\alpha^z-1} \cdot (\text{Log} \sum_j Q_j^z e^{-\alpha^z C_{ij} / C_{0i}^{\alpha^z-2}} - \text{Log} \sum_j Q_j^z e^{-\alpha^z C_{ij} / C_{0i}^{\alpha^z-1}}) + \text{Log} \sum_j Q_j^z e^{-\alpha^z C_{ij} / C_{0i}^{\alpha^z-1}} \cdot (C_{0i}^{\alpha^z-2} - C_{0i}^{\alpha^z-1})]$$

devient, de son côté :

$$S_i^{z-2} - S_i^{z-1} =$$

$$N_i^z / \alpha^{\circ z} \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log} \sum_j Q_j^z e^{-\alpha^{\circ z} t_{ij}^2} - \text{Log} \sum_j Q_j^z e^{-\alpha^{\circ z} t_{ij}^1}) + \text{Log} \sum_j Q_j^z e^{-\alpha^{\circ z} t_{ij}^1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

L'hypothèse de proportionnalité des coûts généralisés de déplacement et des temps de déplacement permet de déterminer des temps moyens de déplacement à partir de chaque zone i et ouvre la possibilité de définir l'utilité brute des biens convoités comme étant proportionnelle au logarithme du nombre de biens dénombrables au sein d'un territoire accessible dans un temps de déplacement donné à partir de i .

C'est cette utilité brute qui est corrélée à des données économiques telles que des suppléments de salaires entre les zones étudiées et les zones isolées ou des suppléments de valeur ajoutée. Les raisonnements sur les temps de transport laissent alors la place aux raisonnements sur la valorisation de l'accessibilité aux biens convoités.

D'où l'intérêt de faire appel à la notion d'utilité brute qui permet de clairement identifier la valeur du choix possible entre les biens convoités.

Les performances peuvent être évaluées dans deux configurations complémentaires,
- celle des **territoires à dominante urbaine** où l'on met l'accent sur les déplacements à courte portée,
- celle, plus complète, des **territoires à dominante urbaine et rurale** où l'on prend en considération l'ensemble des déplacements à courte, moyenne et longue portée.

Dans le **premier cas**, le plus simple, les coûts généralisés de déplacement sont composés d'une valorisation linéaire du temps réel de déplacement : $C_{ij} = C_{0i}^{\circ} t_{ij} = C_{0i}^{\circ} (t_{ij}^1 + t_0)$, avec t_{ij}^1 , temps de déplacement efficient, généralement motorisé, et t_0 , temps terminal à pied. Cette méthode, dénommée approche « plancher » conduit à légèrement sous-estimer les temps de parcours et se traduit par des évaluations d'utilité inférieures d'environ 7% aux évaluations optimisées.

Dans le **deuxième cas**, plus complexe et plus complet, les coûts généralisés de déplacement sont composés d'une valorisation du temps ressenti, t_{ijr} , somme du temps efficient ressenti, t_{ijr}^1 , et du temps terminal à pied, t_0 :

$$C_{ij} = C_{0i}^{\circ} t_{ijr} = C_{0i}^{\circ} (t_{ijr}^1 + t_0).$$

Le temps efficient ressenti, t_{ijr}^1 , est une fonction décroissante du temps réel, de type :

$$t_{ijr}^1 = t_{ij}^1 (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^{\circ z} t_{ij}^1}).$$

Cette méthode, dénommée approche « optimisée » permet de reconstituer les temps de déplacement effectivement observés et se traduit par des évaluations considérées comme pleinement justifiées, notamment dans le cas des déplacements de moyenne et longue portée (cas par exemple des lignes ferrées à grande vitesse ou des lignes aériennes).

3.1.2 L'approche plus affinée au plan de l'évaluation des coûts généralisés de déplacement

L'approche affinée au plan de l'évaluation des coûts généralisés de déplacement abandonne le principe de la proportionnalité entre les coûts généralisés de déplacement et les temps de parcours.

On renonce donc à l'idée qu'il y ait un rapport linéaire stable entre les dépenses monétaires engagées pour se déplacer et la valorisation du temps consacré aux déplacements.

On pose: $C_{ij} = C_{ij}^t + C_{ij}^m = C_{0i}^{\circ} \frac{2}{3} t_{ij} + C_{ij}^m$, C_{ij}^m étant indépendant de $C_{0i}^{\circ} \frac{2}{3} t_{ij}$

Le modèle des choix discrets qui est le socle des présentes réflexions implique toutefois que le modèle de distribution des déplacements utilisé pour procéder aux prévisions des échanges soit du type :

$$p_{ij} = Q_j^z e^{-\alpha^{\circ z} C_{ij} / C_{0i}^{\circ}} / \sum_j Q_j^z e^{-\alpha^{\circ z} C_{ij} / C_{0i}^{\circ}}$$

$A_i^z = \sum_j Q_j^z e^{-\alpha^{\circ z} C_{ij} / C_{0i}^{\circ}}$ est l'accessibilité aux biens convoités Q_j^z pour le motif de déplacement « z ».

L'utilité nette associée à un déplacement moyen issu de i pour le motif de déplacement « z » est, en application de la théorie des choix discrets, égale à :

$$s_i^z = (C_{0i}^o / \alpha_z^o) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j^z e^{-\alpha_z^o C_{ij} / C_{0i}^o} = (C_{0i}^o / \alpha_z^o) \cdot \text{Log} A_i^z$$

Etendue aux N_i^z déplacements annuels effectués pour ce motif, l'utilité nette est égale à :

$$S_i^z = N_i^z \cdot (C_{0i}^o / \alpha_z^o) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j^z e^{-\alpha_z^o C_{ij} / C_{0i}^o}$$

Le coût généralisé d'un déplacement moyen issu de i est, de son côté, égal à :

$$c_i^z = c_i^{tz} + c_i^{mz} = (C_{0i}^o / 2/3) t_i^z + c_i^{mz}$$

Appliqué aux N_i^z déplacements effectués pour le motif « z », le coût généralisé est égal à :

$$C_i^z = N_i^z c_i^z = N_i^z \cdot (c_i^{tz} + c_i^{mz}) = N_i^z \cdot ((C_{0i}^o / 2/3) t_i^z + c_i^{mz})$$

En prenant en considération la forme $C_{ij} = C_{ij}^t + C_{ij}^m = C_{0i}^o / 2/3 t_{ij} + C_{ij}^m$ du coût généralisé, l'utilité nette associée à un déplacement moyen issu de i pour le motif de déplacement « z »,

$$S_i^z = N_i^z \cdot (C_{0i}^o / \alpha_z^o) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j^z e^{-\alpha_z^o C_{ij} / C_{0i}^o}$$

devient :

$$S_i^z = N_i^z \cdot (C_{0i}^o / \alpha_z^o) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j^z e^{-\alpha_z^o (C_{0i}^o / 2/3 t_{ij} + C_{ij}^m) / C_{0i}^o}$$

$$= N_i^z \cdot (C_{0i}^o / \alpha_z^o) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j^z e^{-\alpha_z^o [(2/3 t_{ij}) + C_{ij}^m / C_{0i}^o]}$$

Il n'y a plus proportionnalité entre le coût généralisé et le temps de déplacement, ce qui interdit de faire appel au concept d'isochrone et d'accessibilité aux territoires par couronne d'iso temps pour définir une utilité brute, illustrant l'intérêt des choix de biens et services accessibles à la destination des déplacements.

On peut toutefois définir cette utilité brute, u_i^z , en additionnant directement l'utilité nette, s_i^z , et le coût généralisé moyen d'un déplacement issu de i pour ce motif, c_i^z .

$$\text{On a : } u_i^z = s_i^z + c_i^z$$

La méthode d'évaluation recommandée consiste donc à :

- procéder à l'évaluation de l'utilité nette d'un déplacement moyen pour le motif « z » à partir de toute zone de résidence i, s_i^z , en faisant reposer l'évaluation sur les coûts généralisés de déplacement entre i et j, C_{ij} , addition des valorisations des temps et des dépenses monétaires,

- calculer séparément le coût généralisé d'un déplacement moyen pour le motif « z » issu de toute zone i, c_i^z , découlant de l'emploi du modèle de simulation des déplacements de type :

$$p_{ij} = Q_j^z e^{-\alpha_z^o C_{ij} / C_{0i}^o} / \sum_j Q_j^z e^{-\alpha_z^o C_{ij} / C_{0i}^o}$$

- et, par voie d'addition de l'utilité nette moyenne et du coût généralisé d'un déplacement moyen issu de i, déterminer l'utilité brute du déplacement moyen issu de i, u_i^z , pour le motif « z ».

L'utilité brute, u_i^z , est elle-même reliée à l'accessibilité brute à partir de i pour le motif « z », B_i^z , par la relation : $u_i^z = C_{0i}^o / \alpha_z^o \text{Log } B_i^z$. On pourra donc déterminer ainsi une accessibilité brute B_i^z , associée à une zone i pour un motif de déplacement « z ».

Etendue aux N_i^z déplacements annuels effectués pour ce motif à partir de la zone i, l'utilité brute est égale à :

$$U_i^z = N_i^z \cdot u_i^z = N_i^z \cdot C_{0i}^o / \alpha_z^o \text{Log } B_i^z$$

On pourra notamment utiliser cette approche pour l'évaluation de l'utilité brute associée à un déplacement moyen domicile travail issu de $i : u_i^t$

$$u_i^t = s_i^t + c_i^t = C_{0i}^\circ / \alpha_i^\circ \text{ Log } B_i^t.$$

C'est cette utilité brute, u_i^t , d'un déplacement moyen domicile travail et l'accessibilité brute qui lui est associée, B_i^t , qui permettront de déterminer le salaire horaire net d'un actif au sein de la zone où il réside.

$$C_{0i}^\circ = C_{0r}^\circ \cdot 1/(1 - \text{Log } B_i^t / 25)$$

$$= C_{0r}^\circ \cdot [1 + (1/25) \cdot \text{Log } B_i^t + ((1/25) \cdot \text{Log } B_i^t)^2 + ((1/25) \cdot \text{Log } B_i^t)^3 + \dots].$$

Lorsqu'une nouvelle infrastructure sera mise en service, la variation de l'utilité nette efficiente s'exprimera sous la forme :

$$\Delta S_i^{1z} = S_i^{1z-2} - S_i^{1z-1} = N_i^z (\Delta u_i^z - \Delta c_i^z) = N_i^z \Delta [(C_{0i}^\circ / \alpha_z^\circ) (\text{Log } B_i^z - 2 h^z)],$$

h^z étant le rapport entre le coût généralisé complet calculé et la valeur de référence du coût généralisé en approche « opérationnelle simple et pédagogique » : $(C_{0i}^\circ / \alpha_z^\circ) \times 2$.

$$\text{On a : } \Delta S_i^{1z} = S_i^{1z-2} - S_i^{1z-1}$$

$$= N_i^z / \alpha_z^\circ \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } B_i^{z2} - \text{Log } B_i^{z1}) + (\text{Log } B_i^{z1} - 2 h^z) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

$$= N_i^z / \alpha_z^\circ \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } B_i^{z2} - \text{Log } B_i^{z1}) + \text{Log } B_i^{z1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) - 2 h^z \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

Pour déterminer l'utilité nette, il faudra faire une hypothèse sur le salaire horaire net de l'actif de référence vivant en i .

La méthode recommandée est de procéder par itérations. La première évaluation reposera sur une valorisation de l'heure de déplacement égale aux deux tiers du salaire horaire net d'un actif vivant au sein d'une zone rurale isolée, C_{0r}° .

Le calcul de l'utilité nette, du coût généralisé de transport et de l'utilité brute qui en découle étant réalisé sur cette base de coût horaire, on pourra déterminer une première estimation du salaire horaire net dans la zone de résidence i de l'actif en appliquant la corrélation :

$$C_{0i}^\circ = C_{0r}^\circ \cdot 1/(1 - \text{Log } B_i^t / 25)$$

On pourra alors procéder à une deuxième, troisième puis nième itération jusqu'à ce que le salaire horaire net de l'actif résidant dans la zone i se stabilise.

C'est la dernière itération qui donnera le résultat pertinent de l'évaluation de l'utilité nette, du coût généralisé moyen et de l'utilité brute des déplacements domicile travail et également celle des déplacements pour autres motifs associés aux coefficients α_z° correspondants.

La procédure est donc plus complexe que celle reposant sur l'approche « opérationnelle simple et pédagogique ».

Elle pourrait être simplifiée en attribuant aux salaires horaires nets des actifs résidant en i des valeurs tutélaires, ce qui reviendrait à nier tout impact du territoire et de ses conditions de desserte sur la productivité des emplois et donc sur les salaires.

Cette solution n'est donc pas acceptable car elle nie les différentes salariales qui vont du simple à plus du double suivant que l'actif est situé dans une zone rurale isolée ou dans une très grande agglomération.

La méthode affinée sera notamment utilisée pour évaluer l'impact d'une tarification sur le taux d'utilisation d'un mode de transport. Elle permettra ainsi d'évaluer cet impact par catégorie socio professionnelle. Elle sera en particulier bien adaptée aux modes de transport n'ayant pas atteint leur maturité.

Les utilités nettes aussi bien que brutes seront évaluées dans deux configurations complémentaires,
- celle des **territoires à dominante urbaine** où l'on met l'accent sur les déplacements à courte portée,
- celle, plus complète, des **territoires à dominante urbaine et rurale** où l'on prend en considération l'ensemble des déplacements à courte, moyenne et longue portée.

Dans le **premier cas**, le plus simple, la part du coût généralisé de déplacement associée à la valorisation du temps de déplacement repose sur une valorisation linéaire de ce temps réel de déplacement : $C_{ij}^t = C_{0i} \cdot 2/3 \cdot t_{ij} = C_{0i} \cdot 2/3 \cdot (t_{ij}^1 + t_0)$, avec t_{ij}^1 , temps de déplacement efficient, généralement motorisé, et t_0 , temps terminal à pied. Cette méthode, dénommée approche « plancher » conduit à légèrement sous-estimer les temps de parcours et se traduit par des évaluations d'utilité inférieures d'environ 7% aux évaluations optimisées.

Dans le **deuxième cas**, plus complexe et plus complet, la part du coût généralisé de déplacement associée à la valorisation du temps de déplacement repose sur une valorisation du temps ressenti, t_{ijr} , somme du temps efficient ressenti, t_{ijr}^1 , et du temps terminal à pied, t_0 :

$$C_{ij}^t = C_{0i} \cdot 2/3 \cdot t_{ijr} = C_{0i} \cdot 2/3 \cdot (t_{ijr}^1 + t_0).$$

Le temps efficient ressenti, t_{ijr}^1 , est une fonction décroissante du temps réel, de type :

$$t_{ijr}^1 = t_{ij}^1 (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^2 z t_{ij}^1}).$$

Cette méthode, dénommée approche « optimisée » permet de reconstituer les temps de déplacement effectivement observés et se traduit par des évaluations considérées comme pleinement justifiées, notamment dans le cas des déplacements de moyenne et longue portée (cas par exemple des lignes ferrées à grande vitesse ou des lignes aériennes).

L'adoption de l'approche méthodologique affinée au plan du calcul des coûts généralisés de déplacement, bien que plus lourde que l'approche à vocation opérationnelle simple et pédagogique, s'inscrit dans les principes de la présente réflexion. Cette approche introduit en effet la notion d'utilité brute, somme de l'utilité nette d'un déplacement moyen issu d'une zone i et du coût généralisé de déplacement moyen issu de cette zone, et prend en considération l'évolution du salaire horaire net de l'actif concerné en fonction de la variation de l'utilité brute d'un déplacement moyen pour le motif domicile travail. Elle renonce en fait à adopter des valeurs tutélaires, insensibles aux performances des réseaux de transport desservant un territoire.

On peut donc transposer simplement les orientations décrites dans les chapitres et sous chapitres relatifs aux évaluations à vocation opérationnelle simple et pédagogique, que ce soit dans une approche « plancher » ou dans une approche « optimisée », à celles qui s'appliquent aux évaluations affinées au plan du calcul des coûts généralisés de déplacement et de celui des utilités nettes.

On évitera ainsi des redites n'apportant que peu d'éléments d'informations supplémentaires réellement utiles pour la compréhension de la méthode.

3.2 L'approche simple et pédagogique « plancher » : le cas des déplacements à dominante urbaine

3.2.1 Les performances économiques et naturelles des territoires

3.2.1.1 Le principe de l'évaluation des performances des territoires à dominante urbaine. Rappel du chapitre 1.4 et des sous chapitres 1.4.1 et 1.4.2 applicables aux déplacements urbains

La méthode d'application de la valorisation de l'accessibilité dans le cas des déplacements à dominante urbaine se réfère aux fondements théoriques décrits dans le chapitre 1.4 du présent rapport et notamment dans les sous chapitres 1.4.1 et 1.4.2 qui caractérisent les déplacements à dominante urbaine, c'est-à-dire ceux qui concernent les déplacements à courte portée. Il est donc recommandé de se reporter à ces deux sous chapitres pour bien saisir le contenu des développements ci-après qui décrivent les différentes étapes de l'évaluation d'une infrastructure nouvelle en approche « plancher ».

Chapitre 1.4 : Valorisation de l'accessibilité aux territoires dans le cas d'une approche à vocation opérationnelle et pédagogique reposant sur la seule prise en compte du temps de déplacement et des zones de chalandise associées

Sous-chapitre 1.4.1 : Déplacements urbains. Explication de la stabilité globale des temps de transport observés sur longue période, de la part de l'ensemble des usagers fréquentant un territoire à dominante urbaine

Sous-chapitre 1.4.2 : Décomposition de l'utilité nette au sens de Daniel McFadden en une utilité brute mettant en évidence l'effet positif de la diversité des biens accessibles et un coût généralisé moyen de déplacement issu de la zone de résidence i dans le cas des déplacements urbains.

3.2.1.2 Les déplacements pour motif domicile travail

Il s'agit d'évaluer le surplus induit annuellement par une infrastructure nouvelle au bénéfice d'un actif au titre de ses **déplacements domicile travail**.

Evaluation de l'utilité nette et de l'utilité brute

L'utilité économique annuelle nette liée à la possibilité d'effectuer un choix pertinent entre les différents emplois commodément accessibles à partir de la zone de résidence i , c'est-à-dire la performance économique annuelle liée aux déplacements domicile travail et travail domicile d'un actif de la zone i , s'exprime sous la forme :

$$S_i^t (\text{utilité économique annuelle nette pour le travail}) = N_i^t \cdot (C_{0i}^\alpha / \alpha^\alpha) \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^\alpha C_{ij} / C_{0i}^\alpha},$$

Avec :

- N_i^t nombre de déplacements domicile travail et travail domicile totaux annuels d'un actif de la zone i ,
- C_{0i}^α salaire horaire net de l'actif résidant en i ,
- α^α coefficient fixant le rythme de décroissance de l'exponentielle décroissante du temps de transport pour le motif domicile travail et travail domicile,
- E_j nombre d'emplois décomptés à l'intérieur de la zone j ,
- C_{ij} coût généralisé de déplacement entre i et j .

Le nombre N_i^t de déplacements annuels pour le motif domicile travail et travail domicile est stable dans le temps. Il est très proche de 396.

Le coefficient α^α pour les déplacements domicile travail et travail domicile est égal à 6.

L'approche « plancher » est caractérisée par le fait que le coût généralisé de déplacement est proportionnel au temps de parcours réel.

On a $C_{ij} = C_{0i}^\circ t_{ij}$.

Le temps total de parcours, t_{ij} , est composé en fait d'un temps efficient, t_{ij}^1 , correspondant principalement aux trajets motorisés, et d'un temps supposé constant, t_0 , qui n'a que très peu d'effet sur les univers de choix accessibles et qui correspond aux trajets terminaux à pied.

$$C_{ij} = C_{0i}^\circ (t_{ij}^1 + t_0)$$

L'utilité annuelle nette :

$$S_i^t = N_i^t \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^\circ C_{ij} / C_{0i}^\circ} = 396 \cdot C_{0i}^\circ / 6 \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-6C_{ij} / C_{0i}^\circ}$$

devient ainsi :

$$\begin{aligned} S_i^t &= N_i^t \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^\circ t_{ij}} = 396 \cdot C_{0i}^\circ / 6 \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-6t_{ij}} \\ &= 396 \cdot C_{0i}^\circ / 6 \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-6(t_{ij}^1 + t_0)} = 396 \cdot C_{0i}^\circ / 6 \cdot \text{Log} e^{-6t_0} \sum_j E_j e^{-6(t_{ij}^1)} \\ &= 396 \cdot C_{0i}^\circ / 6 \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-6(t_{ij}^1)} - 396 \cdot C_{0i}^\circ \cdot t_0. \end{aligned}$$

On observe que l'utilité annuelle nette, S_i^t , s'obtient en retirant de l'utilité annuelle nette efficiente, S_i^{1t} , le coût généralisé des déplacements à pied, $N_i^t \cdot C_{0i}^\circ \cdot t_0$.

$$S_i^t = S_i^{1t} - N_i^t \cdot C_{0i}^\circ \cdot t_0.$$

Comme les trajets terminaux sont supposés invariants, lorsqu'une infrastructure nouvelle est mise en service, l'augmentation de l'utilité économique annuelle nette provient de l'augmentation de l'utilité économique nette efficiente.

L'augmentation de l'utilité économique annuelle efficiente associée aux déplacements domicile travail de l'actif résidant dans la zone i s'écrit :

$$\begin{aligned} S_i^{1t-2} - S_i^{1t-1} &= \\ 66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log} \sum_j E_j e^{-6t_{ij}^{1-2}} - \text{Log} \sum_j E_j e^{-6t_{ij}^{1-1}}) + \text{Log} \sum_j E_j e^{-6t_{ij}^{1-1}} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \end{aligned}$$

Le temps moyen d'un déplacement efficient issu de i est égal, comme on l'a vu dans le présent rapport, à $t_{ij}^1 = 2/\alpha^\circ$.

Le coût généralisé d'un déplacement moyen efficient issu de i est ainsi égal à : $c_i^{1t} = C_{0i}^\circ \cdot 2/\alpha^\circ$

Approche intégrée du calcul de l'accessibilité

L'utilité brute d'un déplacement efficient moyen ressenti issu de i s'exprime sous la forme: $u_i^{1t} = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) (\text{Log } B_i^1)$, formule dans laquelle $B_i^1 = e^2 A_i^1$ représente l'accessibilité brute efficiente « plancher » aux emplois à partir de la zone i.

$A_i^1 = \sum_j E_j e^{-\alpha^\circ t_{ij}^1}$ représente l'accessibilité nette.

$\alpha^\circ = 6$ dans le cas des déplacements domicile travail.

Le calcul de l'accessibilité nette, A_i^1 , peut être effectué de façon relativement précise.

On peut calculer directement : $A_i^1 = \sum_j E_j e^{-\alpha^\circ t_{ij}^1}$ en déterminant, pour chaque zone j, le temps t_{ij}^1 qui la sépare de la zone origine i. On fait appel traditionnellement pour cela à un système d'information géographique.

Du fait qu'en approche opérationnelle simple et pédagogique, le coût généralisé est proportionnel au temps de parcours, on peut également, grâce au système d'information géographique, identifier à partir de chaque zone i des couronnes concentriques dont le pas est une valeur de temps convenue, telle par exemple que $2/\alpha^\circ$, ce qui, pour les déplacements domicile travail, représente une valeur de 2/6 heure, soit 20 minutes.

Au sein de chaque couronne, on dénombre les emplois. Ces emplois doivent être multipliés par un facteur qui représente le poids intégré, au sein de la couronne considérée, du coefficient : $e^{-\alpha^\circ t_{ij1}}$

Couronnes	Pondération
$0/\alpha^\circ$ à $2/\alpha^\circ$	0,29699708
$2/\alpha^\circ$ à $4/\alpha^\circ$	0,05240461
$4/\alpha^\circ$ à $6/\alpha^\circ$	0,00742269
$6/\alpha^\circ$ à $8/\alpha^\circ$	0,00102372
$8/\alpha^\circ$ à $10/\alpha^\circ$	0,00013999
$10/\alpha^\circ$ à $12/\alpha^\circ$	0,00001907
$12/\alpha^\circ$ à $14/\alpha^\circ$	0,00000259
$14/\alpha^\circ$ à $16/\alpha^\circ$	0,00000035
$16/\alpha^\circ$ à $18/\alpha^\circ$	0,00000005
$18/\alpha^\circ$ à $20/\alpha^\circ$	0,00000001

L'identification de couronnes concentriques liées aux temps de parcours présente un réel caractère pédagogique sans altérer significativement la qualité des résultats de calcul par rapport à une évaluation directe de l'accessibilité, $A_i^1 = \sum_j E_j e^{-\alpha^\circ t_{ij1}}$. On s'inscrit alors dans une approche de géomarketing qui fait appel à la visualisation de territoires pertinents autour d'une zone de résidence i .

Pour trouver B_i^1 , on multiplie A_i^1 par e^2 .

Approche simplifiée du calcul de l'accessibilité

Dans le cas d'évaluations préliminaires, notamment lorsque l'analyse porte en priorité sur les déplacements à courte portée, on peut adopter une seule couronne de référence autour de chaque zone i .

Cette couronne a comme propriété que le nombre d'emplois que l'on y dénombre est très proche de la valeur de l'accessibilité brute efficiente « plancher », B_i^1

La couronne est définie comme le territoire délimité par l'isochrone qui n'est dépassée que par 10% des résidents de la zone i , d'où sa dénomination, E_i^{90} .

Le 90^{ème} percentile correspond à un éloignement en temps efficient depuis la zone de résidence de : 1,92225. $2/\alpha^\circ \approx 1,90$. $2/\alpha^\circ$.

Dans le cas des déplacements domicile travail, le coefficient α° est égal à 6. Le temps moyen de déplacement efficient est de $2/6 = (20 \text{ minutes})$. Le temps du 90^{ème} percentile est de $20 \times 1,92225 = 38,445$ minutes, très proches de 40 minutes efficientes.

En approche simplifiée, on détermine ainsi l'isochrone de 40 minutes et on dénombre les emplois au sein du territoire ainsi délimité.

Au degré de précision près, on a : $B_i^1 = E_i^{90}$

On utilisera donc indifféremment la terminologie : B_i^1 ou E_i^{90} pour dénommer l'accessibilité brute. Dans la suite du texte, on adoptera le terme E_i^{90} qui évoque la notion de territoire accessible dans un temps donné.

Utilité nette, utilité brute et coût généralisé

Compte tenu des analyses précédentes, l'utilité nette peut être reliée à l'utilité brute par la relation simple suivante:

s_i^{1t} (utilité nette efficiente liée à un déplacement moyen) = u_i^t (utilité brute liée à un déplacement moyen) – c_i^{1t} (coût généralisé d'un déplacement moyen efficient issu de i).

$$s_i^{1t} = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) (\text{Log } E_i^{90}) - (C_{0i}^\circ) 2 / \alpha^\circ$$

A noter que lorsqu'on prend en considération les trajets terminaux à pied, l'univers de choix des destinations ne varie pratiquement pas. On a donc : $u_i^t = u_i^{1t}$

L'utilité nette efficiente est clairement décomposée en une utilité brute qui caractérise l'intérêt attaché à la diversité des emplois commodément accessibles et un coût généralisé de déplacement efficient qui caractérise l'effort moyen à déployer pour accéder à ces emplois.

L'utilité brute est égale à : u_i^t (utilité brute) = $(C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } E_i^{90} = 1/6 \cdot C_{0i}^\circ \cdot \text{Log } E_i^{90}$

$$\Delta u_i^t = u_i^{t-2} - u_i^{t-1} = 1/6 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

L'utilité nette efficiente s'en déduit :

$$s_i^{1t} = u_i^t - c_i^{1t} = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) (\text{Log } E_i^{90} - 2)$$

$$\Delta s_i^{1t} = s_i^{1t-2} - s_i^{1t-1} = \Delta u_i^t - \Delta c_i^{1t} = \Delta [(C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) (\text{Log } E_i^{90} - 2)]$$

$$\Delta s_i^{1t} = s_i^{1t-2} - s_i^{1t-1} = \Delta u_i^t - \Delta c_i^{1t} = \Delta [1/6 \cdot C_{0i}^\circ (\text{Log } E_i^{90} - 2)]$$

$$= 1/6 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + (\text{Log } E_i^{90-1} - 2) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

$$= 1/6 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) - 2 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

Transposé à l'ensemble des déplacements annuels pour le motif domicile travail (396 en moyenne), on trouve :

$$U_i^t = N_i^t \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } E_i^{90} = 396/6 \cdot C_{0i}^\circ \cdot \text{Log } E_i^{90} = 66 \cdot C_{0i}^\circ \cdot \text{Log } E_i^{90}$$

$$\Delta U_i^t = U_i^{t-2} - U_i^{t-1} = 66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

$$\Delta S_i^{1t} = S_i^{1t-2} - S_i^{1t-1} = N_i^t (\Delta U_i^t - \Delta C_i^{1t}) = N_i^t \Delta [(C_{0i}^\circ / \alpha) (\text{Log } E_i^{90} - 2)]$$

$$= 66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + (\text{Log } E_i^{90-1} - 2) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

$$= 66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) - 2 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

La valeur de l'heure travaillée C_{0i}° est celle de l'actif résidant dans la zone i. Lorsque l'infrastructure testée est implantée dans un espace homogène au plan de la densité de la population, de celle de l'emploi et des conditions de desserte, la valeur de l'heure travaillée est elle-même homogène. On adopte donc dans ce cas pour effectuer l'étude d'évaluation en situation de référence avant réalisation de l'infrastructure projetée, la valeur moyenne $C_0^{\circ-1}$ de l'heure travaillée au sein de l'espace servant de support à l'étude. Toutefois, la valeur de l'heure travaillée évolue elle-même avec la mise en place de la nouvelle infrastructure. On ne peut donc, sauf à ignorer le deuxième terme de la formule de création de valeur, considérer que la valeur horaire C_0° ne varie pas au moment de l'ouverture de la nouvelle voie.

De plus, si le territoire est fortement hétérogène, et, encore plus, si on procède à des évaluations portant sur l'ensemble du territoire français ou européen, on ne peut pas considérer que la valeur de l'heure travaillée avant réalisation de l'infrastructure, $C_{0i}^{\circ-1}$, est constante. Elle est elle-même fonction du nombre d'emplois auquel un résident peut commodément accéder.

Rappelons la corrélation observée entre le salaire horaire net de l'actif résidant dans la zone i, C_{0i}° , le salaire horaire net des zones isolées, C_{0r}° , et les emplois commodément accessibles à partir de la zone i, E_i^{90} :

$$C_{0i}^\circ = C_{0r}^\circ \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{90}/25)$$

$$= C_{0r}^{\circ} \cdot [1 + (1/25) \cdot \text{Log } E_i^{90} + ((1/25) \cdot \text{Log } E_i^{90})^2 + ((1/25) \cdot \text{Log } E_i^{90})^3 + \dots].$$

Cette corrélation, parfaitement vérifiée sur 16 agglomérations de référence de taille croissante, peut être formalisée, comme on l'a vu dans le présent rapport, en faisant la simple hypothèse que l'utilité brute d'un déplacement domicile travail est égale à la différence du salaire horaire net observé dans la zone étudiée par rapport au salaire horaire net délivré dans les zones isolées, multipliée par le nombre d'heures travaillées liées à un déplacement domicile travail, soit 4,16. Toute autre hypothèse affaiblit puis fait disparaître la corrélation.

$$\text{On a: } 4,16 (C_{0i}^{\circ} - C_{0r}^{\circ}) = (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}) \text{Log } E_i^{90} = (C_{0i}^{\circ}/6) \text{Log } E_i^{90}$$

$$\text{D'où: } C_{0i}^{\circ} - C_{0r}^{\circ} = (C_{0r}^{\circ}/25) \text{Log } E_i^{90}$$

$$C_{0i}^{\circ} (1 - \text{Log } E_i^{90}/25) = C_{0r}^{\circ}$$

$$C_{0i}^{\circ} = C_{0r}^{\circ} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{90}/25)$$

On dispose là d'une façon très pertinente d'évaluer les performances économiques brutes des déplacements pour motif domicile travail.

Il est à noter que cette méthode d'évaluation, même si elle présente l'inconvénient d'une approximation liée à la prise en compte du caractère stable du déplacement moyen de la cohorte des actifs de la zone i se rendant sur leur lieu de travail et en revenant, offre le grand intérêt de se référer au salaire horaire net de l'actif résidant en i et non à une valeur tutélaire uniforme sur l'ensemble du territoire, solution qui constitue une transgression très forte de la réalité observée. La méthode est donc clairement en parfaite conformité avec la réalité profonde de fonctionnement des territoires et des systèmes de transport associés.

Notons que la corrélation entre le salaire horaire net de l'actif résidant dans la zone i, le salaire horaire net des zones isolées et les emplois commodément accessibles, E_i^{90} , est transposable au salaire annuel net, en multipliant simplement le salaire horaire net par le nombre d'heures travaillées annuellement, soit environ 1650.

On obtient ainsi:

$$R_i^t = R_r^t \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{90}/25)$$

avec R_i^t , salaire annuel net de l'actif résidant en i, R_r^t , salaire annuel net d'un actif résidant dans une zone isolée et E_i^{90} nombre d'emplois commodément accessibles à partir de la zone i.

La variation du salaire annuel net, indicateur pertinent de la variation de l'utilité des déplacements

La formulation du salaire annuel net permet d'ailleurs de calculer directement la variation d'utilité brute liée aux déplacements domicile travail et travail domicile au moment de la mise en service d'une infrastructure nouvelle. Il y a identité entre la variation du salaire net et la variation de l'utilité brute pour les déplacements domicile travail.

Il suffit, pour s'assurer de cette identité, de montrer que le supplément de salaire annuel net obtenu en multipliant par 1650 le supplément de salaire horaire net induit par la mise en service de l'infrastructure nouvelle est bien identique à l'augmentation de l'utilité brute découlant de l'application de la formule de base: $\Delta_1 \text{ à } 2 \cdot 396 (C_{0i}^{\circ}/6 \text{Log } E_i^{90})$,

$$\text{c'est-à-dire à : } U_i^{t-2} - U_i^{t-1} = 396/6 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] =$$

$$66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

$$\text{On a: } R_i^{t-2} - R_i^{t-1} = 1650 (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) =$$

$$= 1650 \cdot C_{0r}^{\circ} \cdot [1/(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)]$$

$$= 1650 \cdot C_{0r}^{\circ} \cdot [(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25 + \text{Log } E_i^{90-2}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25) - (1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25 + \text{Log } E_i^{90-1}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)]$$

$$\begin{aligned}
& E_i^{90-1}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)] \\
& = 1650.C_{0r}^{\circ} \cdot [(1+ (\text{Log } E_i^{90-2}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25)) - (1+ (\text{Log } E_i^{90-1}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25))] \\
& = 1650.C_{0r}^{\circ} \cdot [(\text{Log } E_i^{90-2}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25) - (\text{Log } E_i^{90-1}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)] \\
& = 1650.C_{0r}^{\circ} \cdot [\Delta ((\text{Log } E_i^{90}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{90}/25))]
\end{aligned}$$

En vertu de $\Delta (a.b) = (\Delta a).b + a.(\Delta b)$, on a :

$$\begin{aligned}
R_i^{t-2} - R_i^{t-1} &= 1650.C_{0r}^{\circ} \cdot [(\text{Log } E_i^{90-2}/25 - \text{Log } E_i^{90-1}/25) \cdot (1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)) + (\text{Log } E_i^{90-1}/25) \cdot (1/(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25))] \\
&= 1650.(C_{0r}^{\circ}/25) \cdot [(\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) \cdot (1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (1/(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25))] \\
&= 1650/25 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \\
&= 66 [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})].
\end{aligned}$$

On retrouve bien l'expression:

$$U_i^{t-2} - U_i^{t-1} = 66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] = 396 \Delta_1 \text{ à } 2 (C_{0i}^{\circ}/6 \text{ Log } E_i^{90}),$$

dans laquelle le coût de l'heure travaillée est celle, $C_{0i}^{\circ-1}$, de l'actif avant réalisation de l'infrastructure nouvelle et celle, $C_{0i}^{\circ-2}$, de l'actif après réalisation de l'infrastructure.

La méthode simplifiée permet ainsi de calculer la variation annuelle d'utilité brute induite par un projet d'infrastructure en calculant directement la variation du salaire net annuel, ce qui est tout-à-fait remarquable. On voit apparaître l'impact direct de la mise en service d'une infrastructure de transport sur la création de richesse.

$$\text{On a : } U_i^{t-2} - U_i^{t-1} = R_i^{t-2} - R_i^{t-1} = R_r^t \cdot [1/(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)].$$

Modalités pratiques d'évaluation

Pour déterminer la progression de l'utilité économique annuelle associée aux déplacements domicile travail de l'actif résidant dans la zone i, $U_i^{t-2} - U_i^{t-1}$, au moment de la mise en service d'une infrastructure nouvelle, on peut ainsi adopter la formule générale de calcul de l'évolution salariale en fonction du salaire des zones rurales isolées, R_r^t , et écrire :

$$R_i^{t-2} - R_i^{t-1} = R_r^t \cdot [1/(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)]$$

ou encore:

$$U_i^{t-2} - U_i^{t-1} = R_r^t \cdot [\text{Log } E_i^{90-2}/(25 - \text{Log } E_i^{90-2}) - \text{Log } E_i^{90-1}/(25 - \text{Log } E_i^{90-1})],$$

Mais on peut également, ne serait-ce que pour contrôler que le résultat obtenu est bien le même, calculer le salaire horaire de référence en toute zone i avant réalisation de l'infrastructure nouvelle, $C_{0i}^{\circ-1}$, et après réalisation de l'infrastructure, $C_{0i}^{\circ-2}$, en adoptant la formule générale :

$$C_{0i}^{\circ-1} = C_{0r}^{\circ} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)$$

$$C_{0i}^{\circ-2} = C_{0r}^{\circ} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25)$$

et appliquer ensuite ces valeurs à la formule de base :

$$U_i^{t-2} - U_i^{t-1} = 66. [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

En 1990, le salaire annuel net dans les zones rurales isolées R_i^t était de 58 000 F. En 2000, il était de 58 000.1, 34 = 77 720 F, soit en euros 11 847,5 €.

En 2000, la formulation permettant de calculer le salaire annuel net en tout point i du territoire s'exprime de ce fait ainsi :

$$R_i^t = 11\,847,5 \text{ €} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{90}/25)$$

En 1990, le salaire horaire net dans les zones rurales isolées C_{0r}° était de 58 000 F/1650 = 35,1515 F. En 2000, il était de 35,1515.1, 34 = 47,1030 F, soit en euros 7,1803 €.

En 2000, la formulation permettant de calculer le salaire annuel net en tout point i du territoire s'exprime de ce fait ainsi :

$$C_{0i}^{\circ-1} = 7,1803 \text{ €} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)$$

Si on souhaite vérifier que cette formule permet de retrouver la valeur tutélaire de l'heure de déplacement retenue par l'instruction cadre du 25 mars 2004, hors Île de France, il suffit d'effectuer le calcul de la valeur du salaire horaire net dans le cas d'une agglomération de 800 000 habitants, bassin de vie médian entre de grandes agglomérations régionales comme Marseille ou Lyon et des agglomérations de petites dimensions.

Le nombre d'emplois E_i^{90-1} correspondant à un bassin de vie de 800 000 habitants est égal à : $800\,000 \times 0,450 \times 0,300 = 108\,000$ emplois (0,450 étant le taux d'activité moyen d'un bassin de vie de 800 000 habitants et 0,300 le rapport entre E^{90} et E).

On trouve : $C_{0fr}^{\circ-1} = 7,1803 \text{ €} \times 1/(1 - 11,589886/25) = 7,1803 \text{ €} \times 1/(1 - 0,463595) = 7,1803 \text{ €} \times 1/0,536405 = 7,1803 \text{ €} \times 1,864264 = 13,3858 \text{ €}$.

La valorisation du temps consacré à une heure de transport est égale aux 2/3 de l'heure travaillée. On obtient ainsi pour cette valorisation : 8,9239 €.

L'instruction cadre du ministre de l'Équipement et des Transports en date du 25 mars 2004 donne pour les déplacements domicile travail, hors Ile de France, à l'horizon 2000, la valeur de 10,0 € qui est ainsi très légèrement supérieure. Il faut noter que dans l'approche « optimisée », tenant compte des déplacements à courte, moyenne et longue portée, le calcul donne 14,2393 € pour la valeur du salaire horaire net et 9,4928 € pour la valorisation d'une heure de transport. Il y a donc parfaite concordance.

Dans les formules qui précèdent, le nombre d'emplois E_i^{90} correspond aux emplois dénombrables à l'intérieur du territoire qui est délimité par l'isochrone 90^{ème} percentile, c'est-à-dire l'isochrone qui n'est dépassé que par 10% des actifs de la zone i . Les percentiles s'appliquent aux temps efficaces t_i^1 , c'est-à-dire exclusion faite des trajets terminaux qui n'ont pas d'effet sur les univers de choix des destinations commodément accessibles. Le temps correspondant au 90^{ème} percentile est très proche du double du temps moyen. Le temps moyen efficace étant égal à $2/\alpha^{\circ} = 2/6 = 1/3$ d'heure = 20 min, on adoptera donc comme temps de référence pour la détermination de l'isochrone 90^{ème} percentile, la valeur de 40 minutes utiles.

Notons que le temps moyen d'un déplacement domicile travail, avec les trajets terminaux à pied (6 minutes cumulés à l'origine et à la destination) est de 36 minutes. Ce temps est donc légèrement supérieur à celui qui résulte de l'application de la formule précédente qui conduirait à un temps moyen de $20 + 6 = 26$ minutes. Il s'agit en fait ici du résultat obtenu dans le cas de l'évaluation « plancher », acceptable au sein des territoires à dominante urbaine. On verra ci-après comment les évaluations peuvent être optimisées, en tenant compte du fait que le temps ressenti n'est pas proportionnel au temps réel mais est, en réalité, une fonction décroissante de ce temps réel. Cette approche, dite optimisée, permet de retrouver le temps moyen observé de $30 + 6 = 36$ minutes.

Enfin pour calculer l'utilité des destinations commodément accessibles par commune, il convient de multiplier les résultats obtenus par actif par le nombre d'actifs résidant dans la commune.

3.2.1.3 Les déplacements pour tous motifs à vocation économique

On peut dans les mêmes conditions évaluer le surplus induit annuellement par une infrastructure nouvelle au bénéfice d'un actif et des membres de sa famille au titre de **l'ensemble des déplacements qui ont une fonction économique** : travailler, faire des affaires, s'instruire, faire des achats. Il s'agit en fait de procéder à une évaluation mixte de déplacements ayant pour objet de produire et de capter des ressources (salaires nets associés aux déplacements domicile travail) et de déplacements ayant pour objet de procéder à des consommations de biens et de services (affaires, éducation, achats de biens et services ...).

Evaluation de l'utilité nette et de l'utilité brute

La performance économique annuelle nette liée à tous les déplacements à vocation économique s'exprime sous la forme :

$$S_i^{te} = N_i^t \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o) \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^o C_{ij} / C_{0i}^o} + N_i^u \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o_u) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^o_u C_{ij} / C_{0i}^o} \\ + N_i^v \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o_v) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^o_v C_{ij} / C_{0i}^o} + N_i^w \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o_w) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^w e^{-\alpha^o_w C_{ij} / C_{0i}^o} + \dots,).$$

Pour chaque motif de déplacement, t, u, v, w ..., il existe un nombre de déplacements annuels, un coefficient α^o spécifique et un nombre d'emplois adapté à l'intérieur de l'isochrone 90 (emplois totaux pour le motif travail, emplois tertiaires pour le motif affaires, emplois d'enseignants pour le motif éducation, emplois de vendeurs pour le motif achat de biens et services, ...).

Les coefficients α^o découlent de l'analyse des enquêtes globales de transport. Le coefficient α^o est d'environ 6 pour le motif travail. Il est d'environ 7 (7,02) pour le motif affaires professionnelles, 10 (10,02) pour le motif éducation, 10,9 (10,86) pour le motif achats de biens, services et loisirs urbains.

Le nombre moyen de déplacements annuels par motif découle également de l'analyse des enquêtes globales de transport.

Si on adopte des moyennes observées, il est de 396 pour le motif travail (27,7%), 214,6 pour le motif affaires professionnelles (15,0%), 222 pour le motif éducation (15,5%) et 599 (41,8%) pour le motif achats de biens, services et loisirs urbains. Le total des déplacements pour motifs économiques est de 1432, dont 396 pour le motif travail et 1036 pour les autres déplacements à vocation économique.

Si on prend en considération, comme base de calcul des pourcentages, les déplacements totaux, donc y compris les déplacements pour loisirs verts qui, en jour ouvrable, représentent environ 6% du total, on trouve respectivement : 26,0%, 14,1%, 14,6% et 39,3%, soit un total de 94%.

L'approche « plancher » est caractérisée par le fait que le coût généralisé de déplacement est proportionnel au temps de parcours réel.

On a $C_{ij} = C_{0i} t_{ij}$.

Le temps de parcours, t_{ij} , est composé en fait d'un temps efficient, t_{ij}^1 , correspondant principalement aux trajets motorisés, et d'un temps supposé constant, t_0 , qui n'a que très peu d'effet sur les univers de choix accessibles et qui correspond aux trajets terminaux à pied.

$$C_{ij} = C_{0i} (t_{ij} + t_0)$$

L'utilité annuelle nette :

$$S_i^{te} = N_i^t \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o) \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^o C_{ij} / C_{0i}^o} + N_i^u \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o_u) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^o_u C_{ij} / C_{0i}^o} \\ + N_i^v \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o_v) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^o_v C_{ij} / C_{0i}^o} + \dots,)$$

devient ainsi :

$$S_i^{te} = N_i^t \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o) \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^o t_{ij}} + N_i^u \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o_u) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^o_u t_{ij}}$$

$$\begin{aligned}
& + N_i^v \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o_v) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^o_v t_{ij}} + \dots, \\
& = N_i^t \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o) \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^o(t_{ij1} + t_{0t})} + N_i^u \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o_u) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^o_u(t_{ij1} + t_{0u})} \\
& + N_i^v \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o_v) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^o_v(t_{ij1} + t_{0v})} + \dots, \\
& = N_i^t \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o) \cdot \text{Log} e^{-\alpha^o t_{0t}} \sum_j E_j e^{-\alpha^o(t_{ij1})} + N_i^u \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o_u) \cdot \text{Log} e^{-\alpha^o_u t_{0u}} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^o_u(t_{ij1})} \\
& + N_i^v \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o_v) \cdot \text{Log} e^{-\alpha^o_v t_{0v}} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^o_v(t_{ij1})} + \dots, \\
& = N_i^t \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o) \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^o(t_{ij1})} - N_i^t \cdot C_{0i}^o \cdot t_0^t + N_i^u \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o_u) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^o_u(t_{ij1})} - \\
& N_i^u \cdot C_{0i}^o \cdot t_0^u + N_i^v \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o_v) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^o_v(t_{ij1})} - N_i^v \cdot C_{0i}^o \cdot t_0^v + \dots,
\end{aligned}$$

On observe que l'utilité nette, S_i^{1te} , s'obtient en retirant de l'utilité annuelle nette efficiente, S_i^{1te} , le coût généralisé des déplacements à pied associés à chacun des motifs de déplacement.

$$S_i^{te} = S_i^{1te} - N_i^t \cdot C_{0i}^o \cdot t_0^t - N_i^u \cdot C_{0i}^o \cdot t_0^u - N_i^v \cdot C_{0i}^o \cdot t_0^v - \dots$$

Comme les trajets terminaux sont supposés invariants, lorsqu'une infrastructure nouvelle est mise en service, l'augmentation de l'utilité économique annuelle nette provient de l'augmentation de l'utilité économique nette efficiente associée à chaque motif de déplacement.

L'augmentation de l'utilité économique annuelle associée à l'ensemble des déplacements à vocation économique (travail, affaires, éducation, achats de biens et services) est égale à :

$$\begin{aligned}
S_i^{te-2} - S_i^{te-1} &= N_i^t / \alpha^o \cdot [C_{0i}^{o-1} \cdot (\text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^o C_{ij2} / C_{0i}^{o2}} - \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^o C_{ij1} / C_{0i}^{o1}}) \\
& + \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^o C_{ij1} / C_{0i}^{o1}} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})] + N_i^u / \alpha^o_u \cdot [C_{0i}^{o-1} (\text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^o_u C_{ij2} / C_{0i}^{u2}} - \text{Log} \sum_j E_j^u \\
& e^{-\alpha^o_u C_{ij1} / C_{0i}^{u1}}) + \text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^o_u C_{ij1} / C_{0i}^{u1}} \cdot (C_{0i}^{u-2} - C_{0i}^{u-1})] + N_i^v / \alpha^o_v \cdot [C_{0i}^{o-1} (\text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^o_v C_{ij2} / C_{0i}^{v2}} \\
& - \text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^o_v C_{ij1} / C_{0i}^{v1}}) + \text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^o_v C_{ij1} / C_{0i}^{v1}} \cdot (C_{0i}^{v-2} - C_{0i}^{v-1})] + \dots
\end{aligned}$$

L'augmentation de l'utilité économique annuelle efficiente associée à l'ensemble des déplacements à vocation économique (travail, affaires, éducation, achats de biens et services) s'écrit :

$$\begin{aligned}
S_i^{1te-2} - S_i^{1te-1} &= N_i^t / \alpha^o \cdot [C_{0i}^{o-1} \cdot (\text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^o t_{ij1-2}} - \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^o t_{ij1-1}}) \\
& + \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^o t_{ij1-1}} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})] + N_i^u / \alpha^o_u \cdot [C_{0i}^{o-1} (\text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^o_u t_{ij1-2}} - \text{Log} \sum_j E_j^u \\
& e^{-\alpha^o_u t_{ij1-1}}) + \text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^o_u t_{ij1-1}} \cdot (C_{0i}^{u-2} - C_{0i}^{u-1})] + N_i^v / \alpha^o_v \cdot [C_{0i}^{o-1} (\text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^o_v t_{ij1-2}} \\
& - \text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^o_v t_{ij1-1}}) + \text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^o_v t_{ij1-1}} \cdot (C_{0i}^{v-2} - C_{0i}^{v-1})] + \dots
\end{aligned}$$

On peut, pour chaque motif, procéder au calcul du temps moyen de déplacement efficient à partir de chaque zone i : t_{iZ}^{1Z} : $2/\alpha^o_z$ et déterminer le nombre d'emplois convoités dans le territoire pertinent : $E_i^{90_z}$ qui permet de calculer l'utilité brute associée à ce déplacement.

Approche intégrée du calcul de l'accessibilité

L'utilité brute d'un déplacement efficient moyen ressenti issu de i s'exprime sous la forme : $u_i^{1z} = (C_{0i}^o / \alpha^o_z) (\text{Log } B_i^{1z})$, formule dans laquelle $B_i^{1z} = e^2 A_i^{1z}$ représente l'accessibilité brute efficiente « plancher » aux emplois pertinents convoités, E_j^z , pour un motif donné z à vocation économique à partir de la zone i .

$$A_i^{1z} = \sum_j E_j^z e^{-\alpha^o_z t_{ij1}}$$

Le calcul de l'accessibilité, A_i^{1z} , peut être effectué de façon relativement précise.

On peut calculer directement : $A_i^{1z} = \sum_j E_j^z e^{-\alpha^z t_{ij}^1}$ en déterminant, pour chaque zone j, le temps t_{ij}^1 qui la sépare de la zone origine i. On fait appel traditionnellement pour cela à un système d'information géographique.

Du fait qu'en approche opérationnelle simple et pédagogique, le coût généralisé est proportionnel au temps de parcours, on peut également, grâce au système d'information géographique, identifier à partir de chaque zone i des couronnes concentriques dont le pas est une valeur de temps convenue, telle par exemple que $2/\alpha^z$, ce qui, pour les déplacements domicile travail, représente une valeur de 2/6 heure, soit 20 minutes, pour les déplacements d'affaires, une valeur de 2/7,02, soit 17,09 minutes, pour les déplacements d'éducation, une valeur de 2/10,02, soit 11,98 minutes, pour les déplacements d'achats de biens et services, une valeur de 2/10,86, soit 11,05 minutes.

Au sein de chaque couronne, on dénombre les emplois pertinents. Ces emplois doivent être multipliés par un facteur qui représente le poids intégré, au sein de la couronne considérée de pas $2/\alpha^z$, du coefficient : $e^{-\alpha^z z_{ij}^1}$

Couronnes	Pondération
$0/\alpha^z$ à $2/\alpha^z$	0,29699708
$2/\alpha^z$ à $4/\alpha^z$	0,05240461
$4/\alpha^z$ à $6/\alpha^z$	0,00742269
$6/\alpha^z$ à $8/\alpha^z$	0,00102372
$8/\alpha^z$ à $10/\alpha^z$	0,00013999
$10/\alpha^z$ à $12/\alpha^z$	0,00001907
$12/\alpha^z$ à $14/\alpha^z$	0,00000259
$14/\alpha^z$ à $16/\alpha^z$	0,00000035
$16/\alpha^z$ à $18/\alpha^z$	0,00000005
$18/\alpha^z$ à $20/\alpha^z$	0,00000001

L'identification de couronnes concentriques liées aux temps de parcours présente un réel caractère pédagogique sans altérer significativement la qualité des résultats de calcul par rapport à une évaluation directe de l'accessibilité, $A_i^{1z} = \sum_j E_j^z e^{-\alpha^z z_{ij}^1}$. On s'inscrit alors dans une approche de géomarketing qui fait appel à la visualisation de territoires pertinents autour d'une zone de résidence i.

Pour trouver B_i^{1z} , on multiplie A_i^{1z} par e^2

Approche simplifiée du calcul de l'accessibilité

Dans le cas d'évaluations préliminaires, notamment lorsque l'analyse porte en priorité sur les déplacements à courte portée, on peut adopter une seule couronne de référence autour de chaque zone i.

Cette couronne a comme propriété que le nombre d'emplois que l'on y dénombre est très proche de la valeur de l'accessibilité brute efficiente « optimisée », B_i^1

La couronne est définie comme le territoire délimité par l'isochrone qui n'est dépassée que par 10% des résidents de la zone i, d'où sa dénomination, E_i^{90} .

Le 90^{ème} percentile correspond à un éloignement en temps efficient depuis la zone de résidence de : 1,92225. $2/\alpha^z \approx 1,90$. $2/\alpha^z$.

Dans le cas des déplacements pour motif travail, le coefficient α^z est égal à 6. Le temps moyen de déplacement efficient est de $2/6 = 20$ minutes. Le temps du 90^{ème} percentile est de $20 \cdot 1,92225 = 38,445$ minutes, très proches de 40 minutes efficientes.

Dans le cas des déplacements pour motif affaires professionnelles, le coefficient α^z est égal à 7,02. Le temps moyen de déplacement efficient est de $2/7,02 = 0,2849$ heure x 60 = 17,0940 minutes, très proches de 17,1 minutes efficientes. Le temps du 90^{ème} percentile est de $17,0940 \times 1,92225 = 32,86$ minutes, très proches de 33 minutes efficientes.

Dans le cas des déplacements pour motif éducation, le coefficient α_v est égal à 10,02. Le temps moyen de déplacement efficient est de $2/10,02 = 0,1996$ heure $\times 60 = 11,9760$ minutes, très proches de 12 minutes efficientes. Le temps du 90^{ème} percentile est de $11,9760 \times 1,92225 = 23,02$ minutes, très proches de 23 minutes efficientes.

Dans le cas des déplacements pour motif achats de biens et services, le coefficient α_w est égal à 10,86. Le temps moyen de déplacement efficient est de $2/10,86 = 0,1842$ heure $\times 60 = 11,0497$ minutes, très proches de 11 minutes efficientes. Le temps du 90^{ème} percentile est de $11,0497 \times 1,92225 = 21,24$ minutes, très proches de 21 minutes efficientes.

En approche simplifiée, on détermine ainsi l'isochrone du 90^{ème} percentile pour le motif considéré et on dénombre les emplois pertinents, E_i^{90z} , au sein du territoire ainsi délimité.

Au degré de précision près, on a : $B_i^{1z} = E_i^{90z}$

On utilisera donc indifféremment la terminologie : B_i^{1z} ou E_i^{90z} pour dénommer l'accessibilité brute. Dans la suite du texte, on adoptera le terme E_i^{90z} qui évoque la notion de territoire accessible dans un temps donné.

Utilité nette, utilité brute et coût généralisé

Compte tenu des analyses précédentes, pour chaque motif de déplacement, l'utilité nette peut être reliée à l'utilité brute par la relation simple suivante:

On a ainsi, pour un déplacement moyen domicile travail:

$$\begin{aligned} s_i^{1t} &= u_i^t - c_i^{1t} = (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) (\text{Log } E_i^{90} - 2) \\ \Delta s_i^{1t} &= \Delta u_i^t - \Delta c_i^{1t} = \Delta [(C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) (\text{Log } E_i^{90} - 2)] \\ u_i^t &= (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } E_i^{90} = 1/6 \cdot C_{0i}^\circ \cdot \text{Log } E_i^{90} \\ \Delta u_i^t &= u_i^{t-2} - u_i^{t-1} = 1/\alpha^\circ \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \\ &= 1/6 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \end{aligned}$$

De même, on a, pour un déplacement moyen d'affaires :

$$\begin{aligned} s_i^{1u} &= u_i^u - c_i^{1u} = (C_{0i}^\circ / \alpha_u^\circ) (\text{Log } E_i^{u90} - 2) \\ \Delta s_i^{1u} &= \Delta u_i^u - \Delta c_i^{1u} = \Delta [(C_{0i}^\circ / \alpha_u^\circ) (\text{Log } E_i^{u90} - 2)] \\ u_i^u &= (C_{0i}^\circ / \alpha_u^\circ) \cdot \text{Log } E_i^{u90} = 1/7 (C_{0i}^\circ) \cdot \text{Log } E_i^{u90} \\ \Delta u_i^u &= u_i^{u-2} - u_i^{u-1} = 1/\alpha_u^\circ \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{u90-2} - \text{Log } E_i^{u90-1}) + \text{Log } E_i^{u90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \\ &= 1/7 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{u90-2} - \text{Log } E_i^{u90-1}) + \text{Log } E_i^{u90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \end{aligned}$$

Pour un déplacement moyen d'éducation, on obtient :

$$\begin{aligned} s_i^{1v} &= u_i^v - c_i^{1v} = (C_{0i}^\circ / \alpha_v^\circ) (\text{Log } E_i^{v90} - 2) \\ \Delta s_i^{1v} &= \Delta u_i^v - \Delta c_i^{1v} = \Delta [(C_{0i}^\circ / \alpha_v^\circ) (\text{Log } E_i^{v90} - 2)] \\ u_i^v &= (C_{0i}^\circ / \alpha_v^\circ) \cdot \text{Log } E_i^{v90} \\ \Delta u_i^v &= u_i^{v-2} - u_i^{v-1} = 1/\alpha_v^\circ \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{v90-2} - \text{Log } E_i^{v90-1}) + \text{Log } E_i^{v90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \\ &= 1/10 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{v90-2} - \text{Log } E_i^{v90-1}) + \text{Log } E_i^{v90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \end{aligned}$$

Enfin, pour un déplacement moyen d'achat, le résultat est le suivant :

$$s_i^{1w} = u_i^w - c_i^{1w} = (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}) (\text{Log } E_i^{w90} - 2)$$

$$\Delta s_i^{1w} = \Delta u_i^w - \Delta c_i^{1w} = \Delta [(C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}) (\text{Log } E_i^{w90} - 2)]$$

$$u_i^w = (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}) \cdot \text{Log } E_i^{w90}$$

$$\Delta u_i^w = u_i^{w-2} - u_i^{w-1} = 1/\alpha^{\circ} \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{w90-2} - \text{Log } E_i^{w90-1}) + \text{Log } E_i^{w90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

$$1/10,9 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{w90-2} - \text{Log } E_i^{w90-1}) + \text{Log } E_i^{w90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

On obtient en définitive, en valeur d'utilité annuelle brute pour tous les motifs à vocation économique:

$$U_i^{te} = N_i^t \cdot (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}) \cdot \text{Log } E_i^{90} + N_i^u \cdot (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}_u) \cdot \text{Log } E_i^{u90} + N_i^v \cdot (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}_v) \cdot \text{Log } E_i^{v90} +$$

$$N_i^o \cdot (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}_w) \cdot \text{Log } E_i^{w90}$$

$$\Delta U_i^{te} = U_i^{te-2} - U_i^{te-1} = N_i^t/\alpha^{\circ} \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] +$$

$$N_i^u/\alpha^{\circ}_u \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{u90-2} - \text{Log } E_i^{u90-1}) + \text{Log } E_i^{u90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] + N_i^v/\alpha^{\circ}_v \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{v90-2} -$$

$$\text{Log } E_i^{v90-1}) + \text{Log } E_i^{v90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] + N_i^w/\alpha^{\circ}_w \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{w90-2} -$$

$$\text{Log } E_i^{w90-1}) + \text{Log } E_i^{w90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

Dans le cadre d'études approfondies, on peut procéder, pour chaque motif de déplacement, à la détermination du nombre des attracteurs (emplois, emplois tertiaires, emplois d'enseignants, emplois de vendeurs) identifiables au sein des territoires qui ne sont dépassés, pour chaque motif, que par 10% des résidents, et multiplier l'utilité brute d'un déplacement moyen ainsi calculée pour le motif considéré, par le nombre de déplacements annuels correspondant à ce motif.

On peut toutefois simplifier fortement les calculs en déterminant un nombre moyen annuel de déplacements équivalents domicile travail N_i^{te} qui, appliqué à $(C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}) \cdot \text{Log } \sum_j E_j e^{-\alpha^{\circ} C_{ij}/C_{0i}^{\circ}}$, permet de retrouver une valeur très proche du résultat obtenu par addition des utilités de chacun des motifs de déplacement à vocation économique. Ce nombre de déplacements annuels équivalents domicile travail et travail domicile est égal à 964.

A titre de comparaison, le nombre de déplacements totaux annuels à vocation économique est de 1432. Il est composé de 396 déplacements domicile travail et travail domicile et de 1036 déplacements à vocation économique de type affaires, enseignement, achats, services. Les 1036 déplacements à vocation économique autres que domicile travail donnent naissance à 651 déplacements équivalents, en maintenant les attracteurs originaux E_j^u , E_j^v , E_j^w , et en adoptant $\alpha^{\circ} = 6$, et à 568 déplacements équivalents, en adoptant, de plus, comme attracteur de référence, le nombre d'emplois totaux E_j .

Le nombre de déplacements annuels équivalents, en maintenant les attracteurs originaux E_j^u , E_j^v , E_j^w , et en adoptant $\alpha^{\circ} = 6$, est ainsi de $396 + 651 = 1047$. En se référant à l'attracteur E_j et en adoptant $\alpha^{\circ} = 6$, il est de $396 + 568 = 964$.

Le rapport entre ce dernier nombre et celui des déplacements pour le motif domicile travail et travail domicile est égal à 2,4343, soit exactement le rapport moyen entre le supplément de salaire annuel net et le supplément de valeur ajoutée par actif par rapport aux zones rurales isolées, effectivement observé (2,4310).

On obtient ainsi pour l'ensemble des déplacements à vocation économique (domicile travail et autres déplacements à vocation économique) :

$$U_i^{te} = N_i^{te} \cdot (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}) \cdot \text{Log } E_i^{90} = 964 \cdot (C_{0i}^{\circ}/6) \cdot \text{Log } E_i^{90} = 160,66 \cdot C_{0i}^{\circ} \cdot \text{Log } E_i^{90}$$

$$S_i^{te} = N_i^{te} \cdot (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}) \cdot (\text{Log } E_i^{90} - 2) = 964 \cdot (C_{0i}^{\circ}/6) \cdot (\text{Log } E_i^{90} - 2)$$

$$= 160,66 \cdot C_{0i}^{\circ} \cdot (\text{Log } E_i^{90} - 2).$$

Lorsqu'une infrastructure nouvelle est mise en service, l'augmentation de l'utilité économique brute associée à tous les déplacements à vocation économique rattachés à un actif résidant dans la zone i, (c'est-à-dire à l'actif et aux membres du ménage associés), est égale à :

$$\begin{aligned}
 U_i^{te-2} - U_i^{te-1} &= 964/6. [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \\
 &160,66. [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \\
 S_i^{1te-2} - S_i^{1te-1} &= N_i^{te} (\Delta U_i - \Delta C_i^1) = N_i^{te} \Delta [(C_{0i}^{\circ}/\alpha) (\text{Log } E_i^{90} - 2)] \\
 &= 160,66. [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) - 2 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]
 \end{aligned}$$

La valeur de l'heure travaillée C_{0i}° est celle de l'actif résidant dans la zone i. Lorsque l'infrastructure testée est implantée dans un espace homogène au plan de la densité de la population, de celle de l'emploi et des conditions de desserte, la valeur de l'heure travaillée est elle-même homogène. On adopte donc dans ce cas pour effectuer l'étude d'évaluation en situation de référence avant réalisation de l'infrastructure projetée, la valeur moyenne $C_0^{\circ-1}$ de l'heure travaillée au sein de l'espace servant de support à l'étude. Toutefois, la valeur de l'heure travaillée évolue elle-même avec la mise en place de la nouvelle infrastructure. On ne peut donc, sauf à ignorer le deuxième terme de la formule de création de valeur, considérer que la valeur horaire C_0° ne varie pas au moment de l'ouverture de la nouvelle voie.

De plus, si le territoire est fortement hétérogène, et encore plus si on procède à des évaluations portant sur l'ensemble du territoire français ou européen, on ne peut pas considérer que la valeur de l'heure travaillée avant réalisation de l'infrastructure, $C_{0i}^{\circ-1}$, est constante. Elle est elle-même fonction du nombre d'emplois auquel un résident peut commodément accéder.

Comme pour les déplacements domicile travail et travail domicile, la corrélation observée entre le salaire horaire net de l'actif, C_{0i}° , et l'utilité brute ordinale liée à l'accessibilité aux emplois, $\text{Log } E_i^{90}$ s'applique :

$$\begin{aligned}
 C_{0i}^{\circ} &= C_{0r}^{\circ} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{90}/25) \\
 &= C_{0r}^{\circ} \cdot [1 + (1/25) \cdot \text{Log } E_i^{90} + ((1/25) \cdot \text{Log } E_i^{90})^2 + ((1/25) \cdot \text{Log } E_i^{90})^3 + \dots]
 \end{aligned}$$

On dispose là d'une façon très pertinente d'évaluer les performances économiques brutes des déplacements pour l'ensemble des motifs à vocation économique.

Il est à noter que cette méthode d'évaluation, même si elle présente l'inconvénient d'une approximation liée à la prise en compte du caractère stable des déplacements moyens de la cohorte des actifs et des résidents de la zone i se rendant sur leur lieu de travail et en revenant, ou effectuant des déplacements d'affaires, d'éducation, d'achats ou de services, offre le grand intérêt de se référer au salaire horaire net de l'actif résidant en i et non à une valeur tutélaire uniforme sur l'ensemble du territoire, solution qui constitue une transgression très forte de la réalité observée. La méthode est donc clairement en synergie avec la réalité profonde de fonctionnement des territoires et des systèmes de transport associés.

Notons que la corrélation entre le salaire horaire net de l'actif résidant dans la zone i, le salaire horaire net des zones isolées et les emplois commodément accessibles, E_i^{90} , est transposable à la valeur ajoutée associée à l'activité déployée, en multipliant simplement le salaire horaire net par le nombre d'heures travaillées annuellement, soit environ 1650, et par le coefficient 2,4343, rapport entre la valeur ajoutée créée par un actif et son salaire horaire net.

On obtient ainsi:

$$R_i^{te} = R_r^{te} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{90}/25)$$

avec R_i^{te} , valeur ajoutée annuelle nette créée par l'actif résidant en i, R_r^{te} , valeur ajoutée annuelle nette créée par un actif résidant dans une zone isolée et E_i^{90} nombre d'emplois commodément accessibles à partir de la zone i.

La variation de la valeur ajoutée, indicateur pertinent de la variation de l'utilité associée à l'ensemble des déplacements à vocation économique

La formulation de la valeur ajoutée permet d'ailleurs de calculer directement la variation d'utilité brute liée à l'ensemble des déplacements à vocation économique (travailler, faire des affaires, s'instruire, acheter des biens et services) au moment de la mise en service d'une infrastructure nouvelle. Il y a identité entre la variation de la valeur ajoutée et la variation de l'utilité brute pour l'ensemble des déplacements à vocation économique.

Il suffit, pour s'assurer de cette identité, de montrer que le supplément de valeur ajoutée annuelle obtenue en multipliant par 1650 et par 2,4343 le supplément de salaire horaire net induit par la mise en service de l'infrastructure nouvelle est bien identique à l'augmentation de l'utilité brute découlant de l'application de la formule de base: $\Delta_1 \text{ à } 2 \text{ } 964 (C_{0i}^{\circ}/6 \text{ Log } E_i^{90})$,

$$\text{c'est-à-dire à: } U_i^{te-2} - U_i^{te-1} = 964/6. [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

$$= 160,66. [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

$$\text{On a: } R_i^{te-2} - R_i^{te-1} = 1650. 2,4343. (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) =$$

$$= 1650. 2,4343. C_{0r}^{\circ} \cdot [1/(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)]$$

$$= 1650. 2,4343. C_{0r}^{\circ} \cdot [(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25 + \text{Log } E_i^{90-2}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25) - (1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25 +$$

$$\text{Log } E_i^{90-1}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)]$$

$$= 1650. 2,4343. C_{0r}^{\circ} \cdot [(1 + (\text{Log } E_i^{90-2}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25)) - (1 + (\text{Log } E_i^{90-1}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25))]$$

$$= 1650. 2,4343. C_{0r}^{\circ} \cdot [(\text{Log } E_i^{90-2}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25) - (\text{Log } E_i^{90-1}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)]$$

$$= 1650. 2,4343. C_{0r}^{\circ} \cdot [\Delta ((\text{Log } E_i^{90}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{90}/25))]$$

En vertu de $\Delta(a.b) = (\Delta a).b + a.(\Delta b)$, on a :

$$R_i^{te-2} - R_i^{te-1} = 1650. 2,4343. C_{0r}^{\circ} \cdot [(\text{Log } E_i^{90-2}/25 - \text{Log } E_i^{90-1}/25) \cdot (1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)) +$$

$$(\text{Log } E_i^{90-1}/25) \cdot (1/(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25))]$$

$$= 1650. 2,4343. (C_{0r}^{\circ}/25) \cdot [(\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) \cdot (1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (1/(1 -$$

$$\text{Log } E_i^{90-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25))]$$

$$= 1650. 2,4343 / 25 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

$$= 160,66 [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})].$$

On retrouve bien l'expression:

$$U_i^{t-2} - U_i^{t-1} = 160,66. [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] = 964 \Delta_1 \text{ à } 2$$

$$(C_{0i}^{\circ}/6 \text{ Log } E_i^{90}),$$

dans laquelle le coût de l'heure travaillée est celle, $C_{0i}^{\circ-1}$, de l'actif avant réalisation de l'infrastructure nouvelle et celle, $C_{0i}^{\circ-2}$, de l'actif après réalisation de l'infrastructure.

La méthode simplifiée permet ainsi de calculer la variation annuelle d'utilité brute induite par un projet d'infrastructure en calculant directement la variation de la valeur ajoutée annuelle, ce qui est tout-à-fait

remarquable. On voit apparaître l'impact direct de la mise en service d'une infrastructure de transport sur la création de richesse.

$$\text{On a : } U_i^{te-2} - U_i^{te-1} = R_i^{te-2} - R_i^{te} = R_r^{te} \cdot [1/(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)].$$

Modalités pratiques d'évaluation

Pour déterminer la progression de l'utilité économique annuelle associée à l'ensemble des déplacements à vocation économique de l'actif résidant dans la zone i et des membres du ménage associé, $U_i^{te-2} - U_i^{te-1}$, au moment de la mise en service d'une infrastructure nouvelle, on peut ainsi adopter la formule générale de calcul de l'évolution de la valeur ajoutée en fonction de la valeur ajoutée des zones rurales isolées, R_r^{te} , et écrire :

$$R_i^{te-2} - R_i^{te-1} = R_r^{te} \cdot [1/(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)]$$

ou encore:

$$U_i^{te-2} - U_i^{te-1} = R_r^{te} \cdot [\text{Log } E_i^{90-2}/(25 - \text{Log } E_i^{90-2}) - \text{Log } E_i^{90-1}/(25 - \text{Log } E_i^{90-1})],$$

Mais on peut également, ne serait-ce que pour contrôler que le résultat obtenu est bien le même, calculer le salaire horaire de référence en toute zone i avant réalisation de l'infrastructure nouvelle, $C_{0i}^{\circ-1}$, et après réalisation de l'infrastructure, $C_{0i}^{\circ-2}$, en adoptant la formule générale :

$$C_{0i}^{\circ-1} = C_{0r}^{\circ} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)$$

$$C_{0i}^{\circ-2} = C_{0r}^{\circ} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25)$$

et appliquer ensuite ces valeurs à la formule de base :

$$U_i^{te-2} - U_i^{te-1} = 160,66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

En 1990, la valeur ajoutée par actif dans les zones rurales isolées était de 141 000 F. En 2000, il est de 141 000. $1,34 = 188\,940$ F, soit, en euros, 28 802, arrondis à 28 800 €.

En 2000, la formulation permettant de calculer la valeur ajoutée par actif en tout point i du territoire s'exprime de ce fait ainsi :

$$R_i^{te} = 28\,800 \text{ €} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{90}/25).$$

En 1990, comme on l'a vu, le salaire horaire net dans les zones rurales isolées C_{0r}° était de $58\,000 / 1650 = 35,1515$ F. En 2000, il était de $35,1515 \cdot 1,34 = 47,1030$ F, soit en euros 7,1803 €.

En 2000, la formulation permettant de calculer le salaire annuel net en tout point i du territoire s'exprime de ce fait ainsi :

$$C_{0i}^{\circ-1} = 7,1803 \text{ €} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)$$

Si on cherche à déterminer le salaire horaire *moyen* d'un actif résidant hors Île de France, par exemple dans une agglomération de 800 000 habitants il suffit d'appliquer la formule :

$$C_{0i}^{\circ-1} = 7,1803 \text{ €} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)$$

dans laquelle E_i^{90-1} est égal à $800\,000 \times 0,450 \times 0,300 = 108\,000$ emplois.

On trouve, comme déjà indiqué : $C_{0i}^{\circ-1} = 13,3858 \text{ €}$.

Comme pour les déplacements domicile travail, le nombre d'emplois E_i^{90} à prendre en considération est celui des emplois dénombrables à l'intérieur du territoire qui est délimité par l'isochrone 90^{ème} percentile. Le temps pris en considération est le temps utile, c'est-à-dire celui excluant les trajets terminaux qui n'ont pas d'effet sur les univers de choix des destinations commodément accessibles. Le temps correspondant au 90^{ème} percentile est très proche du double du temps moyen. Le temps moyen utile étant égal à $2/\alpha^{\circ} = 2/6 = 1/3$ d'heure

= 20 min, on adoptera donc comme temps de référence pour la détermination de l'isochrone 90^{ème} percentile, la valeur de 40 minutes utiles.

Enfin, le résultat par actif sera multiplié par le nombre d'actifs résidant dans une commune pour obtenir le résultat par commune.

3.2.1.4 Les déplacements pour motif loisirs verts

Une partie des déplacements n'a pas de fonction économique de premier rang. Il s'agit des déplacements qui ont pour but d'assurer le ressourcement des résidents grâce principalement à l'accès aux espaces naturels.

On peut évaluer le surplus de bien-être induit annuellement par une infrastructure nouvelle au bénéfice d'un actif et des membres du ménage qui lui sont associés du fait d'un meilleur accès aux espaces naturels.

Evaluation de l'utilité nette et de l'utilité brute

La performance annuelle nette liée aux déplacements pour motif loisirs verts s'exprime sous la forme :

$$S_i^n = N_i^n \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha_n^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha_n^\circ C_{ij} / C_{0i}^\circ} = N_i^n \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha_n^\circ) \cdot \text{Log} A_i^n$$

expression dans laquelle Q_j^n représente le nombre d'ares d'espaces naturels décomptés au sein de la zone j, N_i^n le nombre de déplacements annuels pour le motif loisirs verts et α_n° le coefficient spécifique applicable aux loisirs verts.

Le nombre N_i^n de déplacements annuels pour le motif loisirs verts effectués par un actif et les membres de la famille qui lui sont rattachés est égal, en jours ouvrables, à 88, et, en jours non ouvrables, à 132, portant à 220 le nombre de déplacements pour loisirs verts effectués au cours de l'année.

Le coefficient α_n° pour les déplacements loisirs verts est égal à 8,76.

Si on adoptait formellement le coefficient α° associé aux déplacements domicile travail, soit 6, le nombre de déplacements équivalents serait de $220 \cdot (6/8,76) = 150,68$.

L'approche « plancher » est caractérisée par le fait que le coût généralisé de déplacement est proportionnel au temps de parcours réel.

On a $C_{ij} = C_{0i} t_{ij}$.

Le temps de parcours, t_{ij} , est composé en fait d'un temps efficient, t_{ij}^1 , correspondant principalement aux trajets motorisés, et d'un temps supposé constant, t_0 , qui n'a que très peu d'effet sur les univers de choix accessibles et qui correspond aux trajets terminaux à pied.

$$C_{ij} = C_{0i} (t_{ij} + t_0)$$

L'utilité annuelle nette :

$$S_i^n = N_i^n \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha_n^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha_n^\circ C_{ij} / C_{0i}^\circ}$$

devient ainsi :

$$\begin{aligned} S_i^n &= N_i^n \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha_n^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha_n^\circ t_{ij}} \\ &= N_i^n \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha_n^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha_n^\circ (t_{ij}^1 + t_0)} \\ &= N_i^n \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha_n^\circ) \cdot \text{Log} e^{-\alpha_n^\circ t_0} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha_n^\circ t_{ij}^1} \\ &= N_i^n \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha_n^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha_n^\circ t_{ij}^1} - N_i^n \cdot C_{0i}^\circ \cdot t_0 \end{aligned}$$

On observe que l'utilité nette, S_i^n , s'obtient en retirant de l'utilité annuelle nette efficiente, S_i^{1n} , le coût généralisé des déplacements à pied associés au motif de déplacement loisirs verts.

$$S_i^n = S_i^{1n} - N_i^n \cdot C_{0i}^\circ \cdot t_0^n$$

Comme les trajets terminaux sont supposés invariants, lorsqu'une infrastructure nouvelle est mise en service, l'augmentation de l'utilité annuelle nette provient de l'augmentation de l'utilité nette efficiente associée au motif de déplacement loisirs verts.

L'augmentation de l'utilité annuelle associée au motif de déplacement loisirs verts d'un actif et des membres du ménage qui lui sont rattachés résidant en i est égale à :

$$S_i^{n-2} - S_i^{n-1} = N_i^n / \alpha_n^\circ \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ C_{ij} 2 / C_{0i}^{\circ 2}} - \text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ C_{ij} 1 / C_{0i}^{\circ 1}}) + \text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ C_{ij} 1 / C_{0i}^\circ} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

L'augmentation de l'utilité économique annuelle efficiente associée au motif de déplacement loisirs verts d'un actif et des membres du ménage qui lui sont rattachés résidant en i s'écrit:

$$S_i^{1n-2} - S_i^{1n-1} = N_i^n / \alpha_n^\circ \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ t_{ij} 1-2} - \text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ t_{ij} 1-1}) + \text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ t_{ij} 1-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

On peut, pour le motif loisirs verts, procéder au calcul du temps moyen de déplacement efficient à partir de chaque zone i : $t_i^{1n} : 2 / \alpha_n^\circ$.

Le coût généralisé d'un déplacement efficient issu de i est ainsi égal à : $c_{ir}^1 = C_{0i}^\circ \cdot 2 / \alpha_n^\circ$.

Approche intégrée du calcul de l'accessibilité

L'utilité brute d'un déplacement efficient moyen issu de i s'exprime sous la forme: $u_i^{1n} = (C_{0i}^\circ / \alpha_n^\circ) (\text{Log } B_i^{1n})$, formule dans laquelle $B_i^{1n} = e^2 A_i^{1n}$ représente l'accessibilité brute efficiente « plancher » aux espaces naturels convoités, Q_j^n , pour le motif loisirs verts à partir de la zone i.

$$A_i^{1n} = \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ n t_{ij} 1}$$

Le calcul de l'accessibilité, A_i^{1n} , peut être effectué de façon relativement précise.

On peut calculer directement : $A_i^{1n} = \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ n t_{ij} 1}$ en déterminant, pour chaque zone j, le temps t_{ij}^1 qui la sépare de la zone origine i. On fait appel traditionnellement pour cela à un système d'information géographique.

Du fait qu'en approche opérationnelle simple et pédagogique, le coût généralisé est proportionnel au temps de parcours, on peut également, grâce au système d'information géographique, identifier à partir de chaque zone i des couronnes concentriques dont le pas est une valeur de temps convenue, telle par exemple que $2 / \alpha_n^\circ$, ce qui, pour les déplacements loisirs verts, représente une valeur de 2/8,76 heure, soit 13,70 minutes, que l'on peut arrondir à 14 minutes.

Au sein de chaque couronne, on dénombre les ares d'espaces naturels. Ces ares d'espaces naturels doivent être multipliés par un facteur qui représente le poids intégré, au sein de la couronne considérée de pas $2 / \alpha_n^\circ$, du coefficient : $e^{-\alpha^\circ n t_{ij} 1}$

Couronnes	Pondération
$0 / \alpha_n^\circ$ à $2 / \alpha_n^\circ$	0,29699708
$2 / \alpha_n^\circ$ à $4 / \alpha_n^\circ$	0,05240461
$4 / \alpha_n^\circ$ à $6 / \alpha_n^\circ$	0,00742269
$6 / \alpha_n^\circ$ à $8 / \alpha_n^\circ$	0,00102372
$8 / \alpha_n^\circ$ à $10 / \alpha_n^\circ$	0,00013999

10/ α_n° à 12/ α_n°	0,00001907
12/ α_n° à 14/ α_n°	0,00000259
14/ α_n° à 16/ α_n°	0,00000035
16/ α_n° à 18/ α_n°	0,00000005
18/ α_n° à 20/ α_n°	0,00000001

L'identification de couronnes concentriques liées aux temps de parcours présente un réel caractère pédagogique sans altérer significativement la qualité des résultats de calcul par rapport à une évaluation directe de l'accessibilité, $A_i^{1n} = \sum_j Q_j^n e^{-\alpha_{ij}^{1n}}$. On s'inscrit alors dans une approche de géomarketing qui fait appel à la visualisation de territoires pertinents autour d'une zone de résidence i.

Pour trouver B_i^{1n} , on multiplie A_i^{1n} par e^2

Approche simplifiée du calcul de l'accessibilité

Dans le cas d'évaluations préliminaires, notamment lorsque l'analyse porte en priorité sur les déplacements à courte portée, on peut adopter une seule couronne de référence autour de chaque zone i.

Cette couronne a comme propriété que le nombre d'ares d'espaces naturels que l'on y dénombre est très proche de la valeur de l'accessibilité brute efficiente « optimisée », B_i^{1n}

La couronne est définie comme le territoire délimité par l'isochrone qui n'est dépassée que par 10% des résidents de la zone i, pour le motif de déplacement considéré, d'où sa dénomination, E_i^{90n} .

Le 90^{ème} percentile correspond à un éloignement en temps efficient depuis la zone de résidence de : 1,92225. $2/\alpha_n^\circ \approx 1,90$. $2/\alpha_n^\circ$.

Dans le cas des déplacements pour le motif loisirs verts, le coefficient α_n° est égal à 8,76. Le temps moyen de déplacement efficient est de $2/8,76 = 0,2283$ heure x 60 = 13,6986 minutes, très proches de 13,5 minutes efficientes. Le temps du 90^{ème} percentile est de 13,6986. $1,92225 = 26,3321$ minutes, très proches de 26,5 minutes efficientes.

En approche simplifiée, on détermine ainsi l'isochrone de 26,5 minutes pour le motif loisirs verts et on dénombre les ares d'espaces naturels, Q_i^{90} , au sein du territoire ainsi délimité.

Au degré de précision près, on a : $B_i^{1n} = Q_i^{90}$

On utilisera donc indifféremment la terminologie : B_i^{1n} ou Q_i^{90} pour dénommer l'accessibilité brute. Dans la suite du texte, on adoptera le terme Q_i^{90} qui évoque la notion de territoire accessible dans un temps donné.

Utilité nette, utilité brute et coût généralisé

Compte tenu des analyses précédentes, pour un déplacement moyen loisirs verts, l'utilité nette peut être reliée à l'utilité brute par la relation simple suivante:

On a :

$$s_i^{1n} = u_i^n - c_i^{1n} = (C_{0i}^\circ / \alpha_n^\circ) (\text{Log } Q_i^{90} - 2)$$

$$\Delta s_i^{1n} = \Delta u_i^n - \Delta c_i^{1n} = \Delta [(C_{0i}^\circ / \alpha_n^\circ) (\text{Log } Q_i^{90} - 2)]$$

$$u_i^n = (C_{0i}^\circ / \alpha_n^\circ) \cdot \text{Log } Q_i^{90} = 1/\alpha_n^\circ \cdot C_{0i}^\circ \cdot \text{Log } Q_i^{90}$$

$$\Delta u_i^n = u_i^{n-2} - u_i^{n-1} = 1/\alpha_n^\circ \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } Q_i^{90-2} - \text{Log } Q_i^{90-1}) + \text{Log } Q_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

$$= 1/\alpha_n^\circ \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } Q_i^{90-2} - \text{Log } Q_i^{90-1}) + \text{Log } Q_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

Transposé au nombre de déplacements annuels pour loisirs verts, 220, on trouve :

$$U_i^n = N_i^n \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha_n) \cdot \text{Log } Q_i^{n90} = 220 \cdot (C_{0i}^\circ / 8,76) \cdot \text{Log } Q_i^{n90}$$

$$= 150,68 \cdot (C_{0i}^\circ / 6) \cdot \text{Log } Q_i^{n90} = 25,11 \cdot C_{0i}^\circ \cdot \text{Log } Q_i^{n90}.$$

Lorsqu'une infrastructure nouvelle est mise en service, l'augmentation de l'utilité annuelle attachée aux déplacements pour loisirs verts d'un actif de la zone i et des membres de la famille qui lui sont rattachés est égale à :

$$U_i^{n-2} - U_i^{n-1} = 25,11 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } Q_i^{n90-2} - \text{Log } Q_i^{n90-1}) + \text{Log } Q_i^{n90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})].$$

Le coût horaire C_{0i}° à prendre en considération aussi bien avant la mise en service de l'infrastructure nouvelle, $C_{0i}^{\circ-1}$, qu'après la mise en service, $C_{0i}^{\circ-2}$, est celui de l'actif résidant dans la zone i. Il s'agit donc du coût qui se calcule selon la formule :

$$C_{0i}^\circ = C_{0r}^\circ \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{90}/25).$$

On a ainsi :

$$C_{0i}^{\circ-1} = C_{0r}^\circ \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)$$

$$C_{0i}^{\circ-2} = C_{0r}^\circ \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25).$$

Modalités pratiques d'évaluation

Dans la formule qui précède, la quantité d'espaces naturels Q_i^{n90} correspond à la superficie des espaces naturels, exprimée en ares, dénombrables à l'intérieur du territoire qui est délimité par l'isochrone 90^{ème} percentile, c'est-à-dire l'isochrone qui n'est dépassé, pour le motif loisirs verts, que par 10% des actifs et des membres du ménage qui leur sont associés de la zone i. Les percentiles s'appliquent aux temps utiles t_i^1 des déplacements pour motif loisirs verts, c'est-à-dire exclusion faite des trajets terminaux qui n'ont pas d'effet sur les univers de choix des destinations naturelles commodément accessibles. Le temps correspondant au 90^{ème} percentile est égal à 1,92225 fois le temps moyen, proche donc de 2 fois ce temps.

Le temps moyen utile pour les déplacements répondant au motif loisirs verts est égal à $2/\alpha_n^\circ = 13,70$ minutes.

On prendra donc comme temps de référence pour la détermination de l'isochrone 90^{ème} percentile, la valeur de $1,92225 \times 13,70 \text{ min} = 26,33$ minutes. En prenant le double, on trouve 27,4 minutes, très proches de 28 minutes.

Les espaces naturels n'ont pas tous le même pouvoir d'attraction. Une étude du 13 février 2006 de la Direction régionale de l'équipement d'Ile de France, reposant sur l'analyse des résultats de l'enquête globale de transport de 2001, fait apparaître le besoin de pondérer de la façon suivante les surfaces d'espaces naturels aquatiques, agricoles et forestiers :

Espaces aquatiques :	9,2048
Espaces agricoles :	1,1395
Espaces forestiers :	0,1794

On multipliera donc les surfaces aquatiques, agricoles et forestières, exprimées en ares, par ces coefficients respectifs pour déterminer le nombre d'ares d'espaces naturels équivalents, à introduire dans la quantité Q_i^{n88} servant à la formulation de l'utilité des espaces naturels.

L'unité représentée par un are correspond à la situation de référence où le choix du ménage est réduit à celle de l'accès à son logement (en moyenne un are), ce qui est l'illustration d'un choix d'espace limité au minimum fonctionnel.

Enfin pour obtenir le résultat par commune, on multipliera le résultat par actif et membres du ménage associés, par le nombre d'actifs de la commune.

3.2.2 Les coûts généralisés de transport

3.2.2.1 Le principe de l'évaluation des coûts généralisés des déplacements

Les enquêtes globales de transport font apparaître, comme on l'a vu, une stabilité remarquable du temps consacré par les résidents à leurs déplacements. Les observations portent désormais sur une période de plus de 25 ans. Les modèles de trafic qui reproduisent fidèlement ces comportements incorporent donc la notion de stabilité des temps de déplacement à la mise en service d'une infrastructure nouvelle. Une nouvelle infrastructure performante n'a pas d'effet sur les temps de parcours des usagers.

Les modèles de distribution des déplacements qui comportent structurellement la stabilité des temps de transport sont de la forme « exponentielle décroissante des temps de déplacement qui séparent les zones origine des zones de destination ».

Pour un motif donné, l'analyse de la formule de distribution des déplacements dans l'espace, qui reproduit fidèlement le résultat des enquêtes de transport, fait apparaître, dans sa version « plancher », que le temps moyen d'un déplacement issu d'une zone i , exprimé en heures et hors trajets terminaux à pied, est égal à $t_{iz} = 2 / \alpha_z^\circ$. Pour le motif travail, dont le coefficient α° est égal à 6, le temps moyen est ainsi de $2/6^{\text{ème}}$ d'heure, soit 20 minutes, hors trajets terminaux à pied, et de 26 minutes, y compris trajets terminaux à pied.

Pour les déplacements domicile travail, la valorisation de ce temps de transport se fait sur la base, observée également dans les enquêtes, de $2/3$ du salaire horaire net.

Les enquêtes globales de transport font de plus apparaître que les dépenses monétaires consacrées par les usagers à leurs déplacements domicile travail représentent $1/3$ du salaire horaire net, soit la moitié de la valorisation de leur temps de déplacement. Le coût généralisé d'une heure de déplacement pour le motif domicile travail est ainsi équivalent au salaire horaire net de l'actif se déplaçant. Ce coût généralisé horaire de déplacement suit de ce fait strictement le niveau de vie de l'actif.

Exprimés en unités de niveau de vie, les coûts généralisés de transport sont donc insensibles à la mise en service d'un ouvrage nouveau performant, du fait que le temps de transport est invariant.

Toutefois, comme le coût généralisé est le produit du temps de déplacement, exprimé par exemple en heures, et du coût généralisé d'une heure de déplacement, soit $C_i = C_{0i}^\circ t_i$, la valeur des coûts généralisés de déplacement va progresser avec l'augmentation du salaire horaire net, même si le temps de parcours, lui, ne varie pas.

On sait déterminer la progression du salaire horaire net à partir de la progression des utilités des déplacements associés aux univers de choix d'emplois, comme on l'a vu dans le paragraphe consacré à l'évaluation des utilités économiques brutes des destinations économiques commodément accessibles.

On peut dès lors calculer globalement l'effet de cette progression salariale sur les coûts généralisés de transport, en multipliant la durée annuelle des déplacements d'un actif et des membres du ménage associés, qui lui ne varie pas, par la progression du salaire horaire dans la commune étudiée à l'ouverture de l'infrastructure projetée.

Le calcul peut être effectué comme suit.

3.2.2.2 L'évaluation de l'évolution des coûts généralisés des déplacements domicile travail

Pour les déplacements domicile travail, le nombre de déplacements effectués par un actif résidant en i est de 396 par an. On a : $N_i^t = 396$.

La durée moyenne d'un déplacement issu de i est composée de deux termes, la durée du trajet efficient, essentiellement motorisé, t_i^1 , et le trajet terminal à pied, t_0 .

En approche « plancher », la durée moyenne de la partie efficiente, t_i^1 , d'un déplacement domicile travail, est égale à $2/\alpha^\circ$ heure, soit $2/6$ heure = 20 minutes. La durée du trajet terminal à pied, t_0 , est de $1/10$ heure = 6 minutes. La durée totale d'un déplacement moyen domicile travail, t_i , est ainsi de 26 minutes.

Un actif effectue ainsi : $26/60 \times 396 = 171,6$ heures de déplacement par an pour le motif domicile travail, dont $20/60 \times 396 = 1/3 \times 396 = 132$ heures de trajets efficients et $1/10 \times 396 = 39,6$ heures de trajets terminaux à pied.

Le coût généralisé annuel des déplacements domicile travail d'un actif résidant en i , C_i^t , est ainsi égal, en approche plancher, à : $C_i^t = (132 + 39,6) \cdot C_{0i}^\circ$.

C_{0i}° est le salaire horaire net de l'actif.

Ce salaire peut être calculé en fonction de l'accessibilité aux emplois en appliquant la formule : $C_{0i}^\circ = C_{0r}^\circ \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{90}/25)$

A l'ouverture d'une infrastructure nouvelle, le salaire horaire net de l'individu varie du fait de la variation de l'accessibilité E_i^{90} .

On a donc :

$$C_i^{t-2} - C_i^{t-1} = (132 + 40) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) = 132 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) \text{ pour les trajets efficients} + 39,6 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) \text{ pour les trajets terminaux à pied.}$$

$$= (132 + 39,6) \cdot C_{0r}^\circ \cdot [1/(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)]$$

Dans le cas de la réalisation d'infrastructures pertinentes, l'accessibilité E_i^{90} , liée à la partie efficiente du trajet, est améliorée et le salaire horaire net de l'actif croît.

Comme le nombre d'heures de déplacement pour se rendre au travail et en revenir ne varie pas, il y a ainsi augmentation du coût généralisé annuel de déplacement pour le motif domicile travail, essentiellement du fait de la croissance de la valeur horaire du coût généralisé de déplacement qui n'est autre que le salaire horaire net de l'actif, influencé positivement par l'ouverture de la voie.

Connaissant l'utilité brute associée aux déplacements domicile travail et le coût généralisé des déplacements, on peut en déduire la variation de l'utilité nette, en se rappelant que l'utilité nette totale, S_i , se déduit de l'utilité efficiente, S_i^1 , en retirant de l'utilité nette efficiente le coût généralisé des trajets terminaux à pied : $N_i^t \cdot C_{0i}^\circ \cdot t_0$.

$$\text{On a pour les déplacements domicile travail: } S_i^t = S_i^{1t} - N_i^t \cdot C_{0i}^\circ \cdot t_0$$

Variation de l'utilité nette efficiente :

$$\begin{aligned} \Delta S_i^{1t} &= S_i^{1t-2} - S_i^{1t-1} = N_i^t (\Delta U_i^t - \Delta C_i^{1t}) = N_i^t \Delta (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) (\text{Log } E_i^{90}) - N_i^t \Delta ((C_{0i}^\circ \cdot 2 / \alpha^\circ)) \\ &= 396/6 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + (\text{Log } E_i^{90-1}) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 396/6 [2 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \\ &= 66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 66 [2 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \end{aligned}$$

Variation de l'utilité nette totale:

$$\Delta S_i^t = S_i^{t-2} - S_i^{t-1} = N_i^t (\Delta U_i^t - \Delta C_i^t) = N_i^t \Delta (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) (\text{Log } E_i^{90}) - N_i^t \Delta ((C_{0i}^\circ \cdot 2 / \alpha^\circ) + C_{0i}^\circ \cdot 1/10)$$

$$\begin{aligned}
&= 396/6. [C_{0i}^{\alpha-1}.(\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + (\text{Log } E_i^{90-1}).(C_{0i}^{\alpha-2} - C_{0i}^{\alpha-1})] - 396/6 [(2 + 6/10).(C_{0i}^{\alpha-2} - C_{0i}^{\alpha-1})] \\
&= 66. [C_{0i}^{\alpha-1}.(\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1}.(C_{0i}^{\alpha-2} - C_{0i}^{\alpha-1})] - 66 [(2 + 6/10).(C_{0i}^{\alpha-2} - C_{0i}^{\alpha-1})]
\end{aligned}$$

On retrouve bien dans cette expression : $66 \times 2 = 132$ heures de trajets efficaces et $66 \times 6/10 = 39,6$ heures de trajets terminaux à pied.

3.2.2.3 L'évaluation de l'évolution des coûts généralisés des déplacements à vocation économique

Les déplacements à vocation économique répondent à plusieurs motifs de déplacement : travailler (t), faire des affaires (u), s'instruire (v), procéder à des achats de biens et services (w).

Chaque motif t, u, v, w, a ses caractéristiques : nombre de déplacements annuels, coefficients α° spécifiques, nombre d'emplois adaptés (emplois totaux pour le motif travail, emplois tertiaires pour le motif affaires, emploi d'enseignants pour le motif éducation, emplois de vendeurs pour le motif achat de biens ou services).

La durée moyenne d'un déplacement issu de i est composée de deux termes, la durée du trajet efficace, essentiellement motorisé, t_i^1 , et le trajet terminal à pied, t_0 .

On peut admettre que le rapport entre le temps du trajet terminal à pied et le temps du trajet efficace est stable. Pour le motif travail, il est de l'ordre de 30%. C'est ce pourcentage qu'on appliquera à tous les motifs.

Le temps efficace, t_i^{1z} , consacré à un déplacement pour un motif donné z est inversement proportionnel au facteur α_z° . Exprimé en heures, en approche « plancher », il est égal à $2/\alpha_z^\circ$.

On peut donc déterminer le temps efficace d'un déplacement pour chaque motif et multiplier cette durée unitaire par le nombre de déplacements annuels pour déterminer le temps consacré à chaque motif de déplacement.

Les coefficients α_z° découlent de l'analyse des enquêtes globales de transport. Le coefficient α_z° est d'environ 6 pour le motif travail. Il est d'environ 7 (7,02) pour le motif affaires professionnelles, 10 (10,02) pour le motif éducation, 10,9 (10,86) pour le motif achats, services et loisirs urbains.

Le nombre moyen de déplacements par motif découle également de l'analyse des enquêtes globales de transport.

Le nombre de déplacements totaux annuels à vocation économique est de 1432.

Il est composé de 396 déplacements domicile travail et travail domicile et de 1036 déplacements à vocation économique de type affaires, éducation, achats, services.

Les 1036 déplacements à vocation économique autres que domicile travail donnent naissance à 651 déplacements équivalents, en maintenant les attracteurs originaux E_j^u , E_j^v , E_j^w , et en adoptant $\alpha^\circ = 6$, et à 568 déplacements équivalents, en adoptant, de plus, comme attracteur de référence, le nombre d'emplois totaux E_j .

Le nombre de déplacements annuels équivalents, en maintenant les attracteurs originaux E_j^u , E_j^v , E_j^w , et en adoptant $\alpha^\circ = 6$, est ainsi de $396 + 651 = 1047$.

En se référant à l'attracteur E_j et en adoptant $\alpha^\circ = 6$, il est de $396 + 568 = 964$.

En approche « plancher », la durée moyenne de la partie efficace, t_i^1 , d'un déplacement domicile travail, est égale à $2/\alpha^\circ$ heure, soit $2/6$ heure = 20 minutes. La durée du trajet terminal à pied, t_0 , est de $1/10$ heure = 6 minutes. La durée totale d'un déplacement moyen domicile travail, t_i , est ainsi de 26 minutes.

Le temps total consacré par un actif et les membres de la famille qui lui sont rattachés est ainsi, pour les déplacements à vocation économique, de : $26/60 \times 964 = 417,7333$ heures par an, dont $20/60 \times 964 = 1/3 \times 396 = 321,3333$ heures de trajets efficaces et $1/10 \times 964 = 96,4$ heures de trajets terminaux à pied.

Le coût généralisé annuel des déplacements pour tous motifs économiques d'un actif résidant en i et des membres du ménage qui lui sont rattachés, C_i^{te} , est ainsi égal, en approche plancher, à : $C_i^{te} = (321,3333 + 96,4) \cdot C_{0i}^{\circ}$.

C_{0i}° est le salaire horaire net de l'actif de référence de la famille.

Ce salaire peut être calculé en fonction de l'accessibilité aux emplois en appliquant la formule : $C_{0i}^{\circ} = C_{0r}^{\circ} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{90}/25)$

A l'ouverture d'une infrastructure nouvelle, le salaire horaire net de l'individu varie du fait de la variation de l'accessibilité E_i^{90} .

On a donc :

$$C_i^{te-2} - C_i^{te-1} = (321,3333 + 96,4) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) = 321,3333 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) \text{ pour les trajets efficaces} + 96,4 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) \text{ pour les trajets terminaux à pied,}$$

$$= (321,3333 + 96,4) \cdot C_{0r}^{\circ} \cdot [1/(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)]$$

Dans le cas de la réalisation d'infrastructures pertinentes, l'accessibilité E_i^{90} , liée à la partie efficace du trajet, est améliorée et le salaire horaire net de l'actif croît.

Comme le nombre d'heures de déplacement pour produire des activités économiques ne varie pas, il y a ainsi augmentation du coût généralisé annuel de déplacement pour ces motifs économiques (travail, affaires, éducation, achats et services), essentiellement du fait de la croissance de la valeur horaire du coût généralisé de déplacement qui n'est autre que le salaire horaire net de l'actif, influencé positivement par l'ouverture de la voie.

Connaissant l'utilité brute associée aux déplacements à vocation économique et le coût généralisé des déplacements, on peut en déduire la variation de l'utilité nette, en se rappelant que l'utilité nette totale, S_i , se déduit de l'utilité efficace, S_i^1 , en retirant de l'utilité nette efficace le coût généralisé des trajets terminaux à pied : $N_i^{te} \cdot C_{0i}^{\circ} \cdot t_0$.

$$\text{On a pour les déplacements à vocation économique: } S_i^{te} = S_i^{1te} - N_i^{te} \cdot C_{0i}^{\circ} \cdot t_0,$$

N_i^{te} étant le nombre de déplacements équivalents domicile travail.

Variation de l'utilité nette efficace :

$$\Delta S_i^{1te} = S_i^{1te-2} - S_i^{1te-1} = N_i^{te} (\Delta U_i^{te} - \Delta C_i^{1te}) = N_i^{te} \Delta (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}) (\text{Log } E_i^{90}) - N_i^{te} \Delta ((C_{0i}^{\circ} \cdot 2/\alpha^{\circ}))$$

$$= 964/6 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + (\text{Log } E_i^{90-1}) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 964/6 [2 \cdot ($$

$$C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

$$= 160,66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 160,66 [2 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} -$$

$$C_{0i}^{\circ-1})]$$

Variation de l'utilité nette totale:

$$\Delta S_i^{te} = S_i^{te-2} - S_i^{te-1} = N_i^{te} (\Delta U_i^{te} - \Delta C_i^{te}) = N_i^{te} \Delta (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}) (\text{Log } E_i^{90}) - N_i^{te} \Delta ((C_{0i}^{\circ} \cdot 2/\alpha^{\circ}) +$$

$$C_{0i}^{\circ} \cdot 1/10)$$

$$= 964/6 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + (\text{Log } E_i^{90-1}) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 964/6 [(2 + 6/10) \cdot ($$

$$C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}]]$$

$$= 160,66. [C_{0i}^{\circ-1}.(\text{Log } E_i^{90-2} - \text{Log } E_i^{90-1}) + \text{Log } E_i^{90-1}.(C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 160,66 [(2 + 6/10).(C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

On retrouve bien dans cette expression : $160,666 \times 2 = 321,333$ heures de trajets efficaces et $160,66 \times 6/10 = 96,4$ heures de trajets terminaux à pied.

3.2.2.4 L'évaluation des coûts généralisés des déplacements à vocation naturelle (ou loisirs verts)

Pour les déplacements à vocation « loisirs verts », le nombre de déplacements à prendre en considération effectués par un actif résidant en i et par les membres du ménage qui lui sont rattachés est de 88 en jours ouvrables et de 132 en jours non ouvrables, portant à 220 le nombre de déplacements pour loisirs verts effectués au cours de l'année. On a : $N_i^n = 220$.

Le coefficient α_n° applicable aux loisirs verts est égal à 8,76.

La durée moyenne d'un déplacement issu de i , t_i^n , est composée de deux termes, la durée du trajet efficace, essentiellement motorisé, t_i^{1n} , et le trajet terminal à pied, t_0^n .

On peut admettre que le rapport entre le temps du trajet terminal à pied et le temps du trajet efficace est stable. Pour le motif travail, il est, en approche « plancher », de l'ordre de 30%. C'est ce pourcentage qu'on appliquera au motif de déplacement « loisirs verts ».

En approche « plancher », la durée moyenne de la partie efficace, t_i^{1n} , d'un déplacement pour motif « loisirs verts », est égale à $2/\alpha_n^\circ$ heures, soit $2/8,76$ heures = $2/8,76 \times 60 = 13,70$ minutes. La durée du trajet terminal à pied, t_0^n , est de $(6/60)(6/8,76)$ heure = $0,06849 \times 60 = 4,11$ minutes. La durée totale d'un déplacement moyen domicile travail, t_i^n , est ainsi de 17,81 minutes.

Un actif et les membres du ménage qui lui sont rattachés effectuent de ce fait : $17,8/60 \times 220 = 65,30$ heures de déplacement par an pour le motif loisirs verts, dont $13,70/60 \times 220 = 50,23$ heures de trajets efficaces et $4,11/60 \times 220 = 15,07$ heures de trajets terminaux à pied.

On pourrait formellement évoquer des déplacements équivalant à un déplacement domicile travail correspondant à un coefficient α° de 6 au lieu du coefficient α_n° de 8,76. Le nombre de déplacements équivalents serait de $220 \times 6/8,76 = 150,68$, avec une durée moyenne unitaire du déplacement de 26 minutes, dont 20 minutes de trajet efficace et 6 minutes de trajets terminaux à pied. La durée totale de déplacement serait bien de $26/60 \times 150,68 = 65,30$ heures, dont $20/60 \times 150,68 = 50,23$ heures de trajets efficaces et $6/60 \times 150,68 = 15,07$ heures de trajets terminaux à pied.

Le coût généralisé annuel des déplacements pour loisirs verts d'un actif résidant en i et des membres du ménage qui lui sont rattachés, C_i^n , est ainsi égal, en approche plancher, à : $C_i^n = (50,23 + 15,07) \cdot C_{0i}^\circ$.

C_{0i}° est le salaire horaire net de l'actif référent de la famille.

Ce salaire peut être calculé en fonction de l'accessibilité aux emplois en appliquant la formule : $C_{0i}^\circ = C_{0r}^\circ \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{90}/25)$

A l'ouverture d'une infrastructure nouvelle, le salaire horaire net de l'actif varie du fait de la variation de l'accessibilité E_i^{90} .

On a donc :

$C_i^{t-2} - C_i^{t-1} = (50, 23 + 15, 07) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) = 50, 23 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})$ pour les trajets efficients + 15,07. $(C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})$ pour les trajets terminaux à pied.

$$= (50, 23 + 15, 07) \cdot C_{0r}^{\circ} \cdot [1/(1 - \text{Log } E_i^{90-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)]$$

Dans le cas de la réalisation d'infrastructures pertinentes, l'accessibilité E_i^{90} , liée à la partie efficiente du trajet, est améliorée et le salaire horaire net de l'actif croît.

Comme le nombre d'heures de déplacement pour le motif « loisirs verts » ne varie pas, il y a ainsi augmentation du coût généralisé annuel de déplacement pour ce motif, essentiellement du fait de la croissance de la valeur horaire du coût généralisé de déplacement qui n'est autre que le salaire horaire net de l'actif référent, influencé positivement par l'ouverture de la voie.

Connaissant l'utilité brute associée aux déplacements pour « loisirs verts » et le coût généralisé des déplacements, on peut en déduire la variation de l'utilité nette, en se rappelant que l'utilité nette totale, S_i^n , se déduit de l'utilité efficiente, S_i^{1n} , en retirant de l'utilité nette efficiente le coût généralisé des trajets terminaux à pied : $N_i^n \cdot C_{0i}^{\circ} \cdot t_0^n$.

$$\text{On a pour les déplacements à vocation « loisirs verts » : } S_i^n = S_i^{1n} - N_i^n \cdot C_{0i}^{\circ} \cdot t_0^n$$

Variation de l'utilité nette efficiente :

$$\begin{aligned} \Delta S_i^{1n} &= S_i^{1n-2} - S_i^{1n-1} = N_i^n (\Delta U_i^n - \Delta C_i^{1n}) = N_i^n \Delta (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}) (\text{Log } Q_i^{n90}) - N_i^n \Delta ((C_{0i}^{\circ} \cdot 2/\alpha_n^{\circ})) \\ &= 220/8,76 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } Q_i^{n90-2} - \text{Log } Q_i^{n90-1}) + (\text{Log } Q_i^{n90-1}) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 220/8,76 [2 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \\ &= 25,114 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } Q_i^{n90-2} - \text{Log } Q_i^{n90-1}) + \text{Log } Q_i^{n90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 25,114 [2 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \end{aligned}$$

Variation de l'utilité nette totale:

$$\begin{aligned} \Delta S_i^n &= S_i^{n-2} - S_i^{n-1} = N_i^n (\Delta U_i^n - \Delta C_i^n) = N_i^n \Delta (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}) (\text{Log } Q_i^{n90}) - N_i^n \Delta ((C_{0i}^{\circ} \cdot 2/\alpha_n^{\circ}) + C_{0i}^{\circ} \cdot (6/60)(\alpha^{\circ}/\alpha_n^{\circ})) \\ &= 220/8,76 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } Q_i^{n90-2} - \text{Log } Q_i^{n90-1}) + (\text{Log } Q_i^{n90-1}) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 220/8,76 [(2 + 36/60) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \\ &= 25,114 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } Q_i^{n90-2} - \text{Log } Q_i^{n90-1}) + \text{Log } Q_i^{n90-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 25,114 [(2 + 6/10) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \end{aligned}$$

On retrouve bien dans cette expression : $25,114 \times 2 = 50,23$ heures de trajets efficients et $25,114 \times 6/10 = 15,07$ heures de trajets terminaux à pied.

3.2.3 Les nuisances induites

3.2.3.1 Le principe de l'évaluation des nuisances

Les nuisances sont sensiblement différentes selon le mode de transport utilisé. Leur évaluation est donc conditionnée par la connaissance des kilomètres parcourus par mode de transport et par usager pour un motif de déplacement donné.

Connaissant les kilomètres parcourus, on multiplie ces parcours par des valeurs tutélaires qualifiant les différentes nuisances : insécurité routière, bruit, pollution, effet de serre dont les niveaux kilométriques sont différents selon la nature des voies empruntées.

On peut, en première approximation, déterminer un niveau de nuisance en utilisant la méthode simplifiée suivante qui s'applique principalement aux modes de transport routier.

Pour chaque type de nuisance une valeur en euro par km parcouru, par véhicule et par type de voie permet de calculer le coût de la nuisance induite par un résident utilisant par exemple une voiture particulière (on peut transposer au cas d'un deux-roues motorisé) sur chaque branche de l'arborescence des déplacements compris entre 0 et 40 minutes en approche « plancher ». Pour déterminer le coût de la nuisance rapportée à un usager et non à un véhicule, il faut diviser la valeur tutélaire de nuisance kilométrique attachée à un véhicule par le taux d'occupation du véhicule.

Pour chaque commune située dans la zone de l'étude, il s'agit ensuite de calculer quel est le coût **moyen** de la nuisance induite par un résident à l'occasion d'un déplacement moyen lié au motif domicile travail. Ce résultat s'obtient en pondérant la valeur obtenue sur chaque branche de l'arborescence par la probabilité d'emploi de cette branche et en additionnant les coûts élémentaires ainsi déterminés.

On peut, dès lors, évaluer le coût des nuisances induites par l'ensemble des déplacements à vocation économique qui sont rapportés à un nombre de déplacements équivalents domicile travail. On peut dans les mêmes conditions évaluer les nuisances induites par les déplacements à vocation de loisirs verts qui sont rapportés, en termes de kilomètres parcourus, également à un nombre de déplacements équivalents domicile travail.

Pour effectuer le calcul de la nuisance induite par un déplacement moyen domicile travail effectué par un résident, on découpe en approche « plancher » le territoire qui n'est dépassé que par 10% des résidents (40 minutes) en 4 couronnes : 0 à 10 minutes, 10 à 20 minutes, 20 à 30 minutes et 30 à 40 minutes. A chaque couronne est attribué un poids de fréquentation identique, soit 0,25. Les arborescences qui ont une destination à l'intérieur de la couronne 0-10 minutes se voient affecter une probabilité de fréquentation proportionnelle aux biens convoités Q_i au sein de chacune des communes situées à l'intérieur de cette couronne 0-10 minutes. De même, les arborescences qui ont une destination à l'intérieur de la couronne 10-20 minutes se voient affecter une probabilité de fréquentation proportionnelle aux biens convoités Q_j au sein de chacune des communes de cette couronne 10-20 minutes. Et ainsi de suite pour les deux dernières couronnes. On peut vérifier que le temps moyen de parcours est bien dans ce cas de 20 minutes (5 minutes + 15 minutes + 25 minutes + 35 minutes, divisés par 4 = 20 minutes).

Les valeurs des coûts pondérés des différentes nuisances induites à l'occasion d'un déplacement domicile travail sont alors multipliées par le nombre de déplacements annuels équivalents domicile travail (964 pour les déplacements à vocation économique et 150 pour les déplacements à vocation de loisirs verts). On peut, sur ces bases, calculer le coût des nuisances induites annuellement par un actif (et membres du ménage associés) pour chaque commune de la zone de l'étude au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels.

Comme l'évaluation porte sur les déplacements effectués en transport individuel, il convient de multiplier le résultat précédent par le taux d'utilisation du transport individuel. Ce taux, par exemple en Île de France, est différent selon que le résident habite Paris, en petite couronne ou en grande couronne ou encore, hors Île de France.

Le taux à prendre en considération est celui qui se réfère aux déplacements motorisés et non aux déplacements totaux, motorisés et à pied.

En effet, les déplacements à pied tirent bénéfice de la mise en service de l'ouvrage. Lorsqu'une nouvelle infrastructure de transport individuelle ou collective est mise en service, on constate qu'une partie des usagers effectuant leurs déplacements à pied se reporte sur le mode de transport motorisé amélioré. La courbe de distribution des temps retrouve sa forme initiale. L'augmentation des portées des déplacements s'établit ainsi non seulement au bénéfice des usagers motorisés mais également au profit des usagers effectuant antérieurement leurs déplacements à pied. Compte tenu de cette observation, on multipliera les résultats du calcul des trajets adossé à la totalité des déplacements, motorisés et non motorisés, par les coefficients d'emploi des transports individuels rapportés aux seuls déplacements motorisés.

Au demeurant, si le poids en nombre des déplacements à pied est relativement élevé (34%), en kilomètres parcourus, il est très faible (4,366%). La portée moyenne à vol d'oiseau d'un déplacement à pied est de 0,63 kilomètres alors qu'elle est de 7,1 kilomètres pour un déplacement motorisé. Ainsi, alors que le poids du kilométrage parcouru à pied est de $0,34 \times 0,63 = 0,214$, celui du kilométrage parcouru en moyens motorisés est de $0,66 \times 7,1 = 4,687$. Le poids relatif des kilomètres parcourus à pied et de ceux effectués par tous modes (à pied et motorisés) est à peine de $0,214/4,901 = 4,366\%$. Dans ces conditions, pour déterminer les kilométrages effectués en déplacements individuels, il faut bien prendre en considération les arborescences des déplacements effectués à pied et en moyens motorisés et les multiplier par le taux d'usage du transport individuel rapporté aux seuls transports motorisés. A supposer qu'il n'y ait pas de transfert de la marche à pied vers le transport

individuel à l'occasion de la mise en service d'une infrastructure nouvelle, ce qui n'est pas le cas (cf. paragraphe précédent), on surestimerait ainsi les déplacements individuels de 4,5%. Si on adoptait le taux d'emploi du transport individuel par rapport aux transports totaux, à pied et motorisés, on commettrait par contre une sous-estimation de $34 - 4,4 = 29,6\%$.

Exemple des Territoires franciliens	Taux d'usage des transports individuels par rapport aux déplacements motorisés
Paris	0.3368
Petite Couronne	0.6425
Grande Couronne	0.7969
Hors Ile de France	1

Sources : Enquêtes globales de transport

3.2.3.2 L'insécurité routière

La circulaire d'application de l'instruction cadre du 25 mars 2004 explicite la méthode à employer pour caractériser cette nuisance. Un tableau donne par catégorie de route empruntée (2 voies, 3 voies, 4 voies, 2x2 voies avec carrefour, autoroutes) le nombre de tués, de blessés graves, de blessés légers par km parcouru en zone interurbaine, et ce dans les zones urbaines, et les zones rurales.

Extrait de la circulaire d'application :

Les coûts d'insécurité figurant dans les tableaux ci-après sont évalués à partir des valeurs tutélaires suivantes (en euros 2000) pour l'année 2000 :

- Tué : 1 000 000
- Blessé grave : 150 000
- Blessé léger : 22 000
- Dégâts matériels : 3 400

	Nombre d'accidents pour 10 ⁸ véh x km	Tués pour 100 accidents	Blessés graves pour 100 accidents	Blessés légers pour 100 accidents	Coût d'insécurité en centimes d'euros 2000 par véh x km
< 7 m (1)	9,4	17,2	47,3	107,7	2,54
7 m	7,8	21,5	46,1	112,8	2,44
3 voies 9 m (1)	7,8	24,8	35,6	108,9	2,57
3 voies 10,50 m	6,3	24,5	46,6	108,8	2,16
4 voies 14 m (1)	6,1	19,6	41,8	121,8	1,77
2 x 2 voies	4,8	13,2	27,1	115,7	0,97
7 m express	6,6	25	50	125	2,35
autoroute (2)	3,8	8,8	21,8	123,5	0,58

(1) ces profils de route concernent le réseau existant, ils ne doivent plus être proposés en situation d'aménagement.

(2) urbaine et interurbaine.

Paramètres de calcul à l'horizon 2020

Les taux d'insécurité ci-dessus résultent d'une moyenne sur les années 2002 à 2004. On fera croître les coûts d'insécurité des VL comme la Consommation Finale des Ménages (CFM) par tête jusqu'à la dernière année d'exploitation correspondant à la durée de vie du projet.

Dans le cadre du scénario avec PIB à 2,3 % la CFM par tête croît comme suit :

- 1,8 % par an (taux géométrique) de 2000 à 2025
- 1,8 % par an (taux géométrique) de 2025 à 2050
- 0 % au-delà de 2050.

Soit un coefficient de 1.4287 à appliquer pour l'horizon 2020

3.2.3.3 Le bruit

Les méthodes données par l'instruction cadre sont complexes à mettre en œuvre car basées sur les hauteurs de façades et les valeurs locatives des bâtiments.

L'évaluation économique des impacts sonores du projet consiste à étudier les variations de trafic qu'il provoquerait aux alentours sur le réseau préexistant et à valoriser la modification des nuisances subies par les populations riveraines.

Le modèle de parcours de graphe utilisé pour la caractérisation des autres nuisances ne permet pas d'affecter des trafics à des tronçons. On ne peut donc pas utiliser de méthode simplifiée pour évaluer les nuisances sonores.

3.2.3.4 La pollution atmosphérique

L'instruction cadre donne directement une valeur en euro par véhicule.km.

Valeurs 2000 en véh.km (Euro/100 véh.km)				
	Urbain dense	Urbain diffus	Rase campagne	Moyenne
VP	2,9	1,0	0,1	0.9
PL	28,2	9,9	0,6	6.2

Le coût de la pollution peut être estimé pour chaque tronçon en fonction de la densité des territoires traversés, ce que la base Corine land Cover permet d'identifier

Paramètres de calcul à l'horizon 2020

Les paramètres à prendre en compte pour calculer l'effet de la pollution à l'horizon 2020 sont mentionnés dans l'instruction cadre. Ils prévoient :

- une diminution de 5.5% par an sur la période 2000-2020 (0.3246)
- une augmentation de 1.8% par an du coût de la vie humaine (1.4287)

Soit un coefficient 0.4638 à appliquer.

3.2.3.5 L'effet de serre

L'instruction cadre donne une valeur de la tonne de carbone. Les valeurs moyennes d'émission de CO2 des véhicules sont de 150g par km parcouru en France. (164g en UE).

Paramètres de calcul à l'horizon 2020

Le calcul est à effectuer en tenant compte des recommandations fixées dans le document de synthèse du Groupe 1 : «Lutter contre les changements climatiques et maîtriser la demande d'énergie» du Grenelle de l'environnement :

"Rationaliser l'usage de l'automobile et amener les émissions moyennes de CO2 des véhicules automobiles en circulation de 176 g CO2/km à 130 g CO2/km en 2020 en combinant réglementation et incitation".

L'évaluation doit donc être effectuée avec les paramètres suivants :

- Emission de CO2 : 130g/km
- Prix de la tonne de carbone : 100€ en 2000 et 134;39€ en 2020¹
- Pour l'équivalent carbone, on part du fait qu'un kg de CO2 contient 0,2727 kg de carbone. L'émission d'un kg de CO2 vaut donc 0.03665 € en 2020 et le km parcouru équivaut à 0.004765 € à l'horizon 2020.

Prix de la tonne de carbone :

2000-2010	après 2010
100 €/tonne de carbone, soit 6,6 centimes d'€ par litre d'essence et 7,3 centimes d'€ par litre de diesel	+ 3 %/an

¹ +3% an à partir de 2010

3.3 L'approche simple et pédagogique « optimisée » : le cas des déplacements urbains et interurbains

3.3.1 Les performances économiques et naturelles des territoires

3.3.1.1 Le principe du calcul des performances des territoires à dominante urbaine et rurale : temps réel et temps ressenti. Rappel du chapitre 1.4 et des sous chapitres 1.4.3 et 1.4.4 applicables aux déplacements urbains et interurbains

La méthode d'application de la valorisation de l'accessibilité dans le cas des déplacements à dominante urbaine et rurale se réfère aux fondements théoriques décrits dans le chapitre 1.4 du présent rapport et notamment dans les chapitres 1.4.3 et 1.4.4 qui caractérisent les déplacements à dominante urbaine et interurbaine, c'est-à-dire ceux qui concernent les déplacements à courte, moyenne et longue portée. Il est donc recommandé de se reporter à ces deux sous chapitres pour bien saisir le contenu des développements ci-après qui décrivent les différentes étapes de l'évaluation d'une infrastructure nouvelle en approche « optimisée ». Ce sera le cas notamment de l'évaluation des lignes ferrées à grande vitesse ou de celle des lignes aériennes.

Chapitre 1.4 : Valorisation de l'accessibilité aux territoires dans le cas d'une approche à vocation opérationnelle et pédagogique reposant sur la seule prise en compte du temps de déplacement et des zones de chalandise associées

Sous-chapitre 1.4.3 : Déplacements urbains et interurbains. Explication de la stabilité globale des temps de transport observés sur longue période, de la part de l'ensemble des usagers fréquentant un territoire à dominante urbaine et rurale. Prise en compte du temps ressenti.

Sous-chapitre 1.4.4 : Décomposition de l'utilité nette au sens de Daniel McFadden en une utilité brute mettant en évidence l'effet positif de la diversité des biens accessibles et un coût généralisé moyen de déplacement issu de la zone de résidence i dans le cas des déplacements urbains et interurbains.

3.3.1.2 Les déplacements pour motif domicile travail

Il s'agit d'évaluer le surplus induit annuellement par une infrastructure nouvelle au bénéfice d'un actif au titre de ses **déplacements domicile travail**.

Par rapport à l'approche plancher, l'adoption de l'approche « optimisée » conduit tout simplement à remplacer, dans l'ensemble des formulations :

t_{ij}^1 , temps efficient, par : t_{ij}^1 , temps efficient ressenti, $= t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}^1})$,

t_{ij} , temps total, $= t_{ij}^1 + t_0$, par t_{ij} , temps total ressenti $= t_{ij}^1 + t_0$,

$t_{ir}^1 = 2/\alpha^\circ$ par $2,4/\alpha^\circ$,

$t_{i-}^1 = 2/\alpha^\circ$ par $3/\alpha^\circ$,

$B_i^1 = e^2 A_i^1$, accessibilité brute efficiente "plancher", par $B_{io}^1 = e^{2,4} A_{io}^1$, accessibilité brute efficiente "optimisée", ou, ce qui est équivalent dans le cas du calcul de l'accessibilité reposant sur une seule couronne, E^{90} par E^{88} .

Cela se traduit par les résultats suivants :

Evaluation de l'utilité nette et de l'utilité brute

L'utilité économique annuelle nette liée à la possibilité d'effectuer un choix pertinent entre les différents emplois commodément accessibles à partir de la zone de résidence i , c'est-à-dire la performance économique annuelle liée aux déplacements domicile travail et travail domicile d'un actif de la zone i , s'exprime sous la forme :

$$S_i^t (\text{utilité économique annuelle nette}) = N_i^t \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^\circ C_{ij} / C_{0i}^\circ}$$

$$= N_i^t \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log } A_i$$

Avec :

- N_i^t nombre de déplacements domicile travail et travail domicile totaux annuels d'un actif de la zone i,
- C_{0i}° salaire horaire net de l'actif résidant en i,
- α° coefficient fixant le rythme de décroissance de l'exponentielle décroissante du temps de transport pour le motif domicile travail et travail domicile,
- E_j nombre d'emplois décomptés à l'intérieur de la zone j,
- C_{ij} coût généralisé de déplacement entre i et j.

Le nombre N_i^t de déplacements annuels pour le motif domicile travail et travail domicile est stable dans le temps. Il est très proche de 396.

Le coefficient α° pour les déplacements domicile travail et travail domicile est égal à 6.

L'approche « optimisée » est caractérisée par le fait que le coût généralisé de déplacement est proportionnel au temps de parcours ressenti, qui est de la forme :

$$t_{ijr} = t_{ijr}^1 + t_0 = t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}^1}) + t_0$$

$$\text{On a : } C_{ij} = C_{0i} t_{ijr} = C_{0i} (t_{ijr}^1 + t_0) = C_{0i} (t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}^1}) + t_0) = C_{0i} (t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}^1}) + C_{0i} t_0$$

L'utilité annuelle nette :

$$S_i^t = N_i^t \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^\circ C_{ij} / C_{0i}^\circ} = 396/6 \cdot C_{0i}^\circ \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-6 C_{ij} / C_{0i}^\circ}$$

$$= 66 \cdot C_{0i}^\circ \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-6 C_{ij} / C_{0i}^\circ}$$

devient ainsi :

$$S_i^t = N_i^t \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^\circ (t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}^1}) + t_0)} = 396/6 \cdot C_{0i}^\circ \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-6(t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}^1}) + t_0)}$$

$$= 396/6 \cdot C_{0i}^\circ \cdot \text{Log} e^{-6t_0} \sum_j E_j e^{-6t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}^1})}$$

$$= 396/6 \cdot [C_{0i}^\circ \cdot \text{Log} e^{-6t_0} + C_{0i}^\circ \text{Log} \sum_j E_j e^{-6t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}^1})}]$$

$$= -396 C_{0i}^\circ \cdot t_0 + 396/6 C_{0i}^\circ \text{Log} \sum_j E_j e^{-6t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}^1})}$$

$$= -396 C_{0i}^\circ \cdot t_0 + 396/6 C_{0i}^\circ \text{Log} \sum_j E_j e^{-6t_{ij}^1}$$

$$S_i^t = S_i^{1t} - 396 C_{0i}^\circ \cdot t_0$$

Lorsqu'une infrastructure nouvelle est mise en service, l'augmentation de l'utilité économique annuelle nette associée aux déplacements domicile travail de l'actif résidant dans la zone i :

$$S_i^{t-2} - S_i^{t-1} =$$

$$66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log} \sum_j E_j e^{-6C_{ij}2/C_{0i}^{\circ2}} - \text{Log} \sum_j E_j e^{-6C_{ij}1/C_{0i}^{\circ1}}) + \text{Log} \sum_j E_j e^{-6C_{ij}1/C_{0i}^{\circ}} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

devient, de son côté :

$$S_i^{t-2} - S_i^{t-1} = S_i^{1t-2} - S_i^{1t-1} - 396 (C_{0i}^{\circ-2} \cdot C_{0i}^{\circ-1}) \cdot t_0$$

$$396/6 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log} \sum_j E_j e^{-6t_{ij}1-2 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}1-2})} - \text{Log} \sum_j E_j e^{-6t_{ij}1-1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}1-1})}) + \text{Log} \sum_j$$

$$E_j e^{-6t_{ij}1-1.(0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^{\circ} t_{ij}1-1)} .(C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 396 (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) t_0$$

$$= 396/6. [C_{0i}^{\circ-1} .(\text{Log} \sum_j E_j e^{-6t_{ij}1-2} - \text{Log} \sum_j E_j e^{-6t_{ij}1-1}) + \text{Log} \sum_j E_j e^{-6t_{ij}1-1} .(C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] -$$

$$396/6 (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) t_0$$

Le temps moyen d'un déplacement efficient ressenti issu de i est égal, comme on l'a vu dans le présent rapport, à $t_{ir}^1 = 2,4/\alpha^{\circ}$.

Le coût généralisé d'un déplacement efficient moyen ressenti issu de i est ainsi égal à : $c_{ir}^{1t} = C_{0i}^{\circ} . 2,4/\alpha^{\circ}$.

Approche intégrée du calcul de l'accessibilité

L'utilité brute d'un déplacement efficient moyen ressenti issu de i s'exprime sous la forme: $u_i^{1t} = (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}) (\text{Log } B_{io}^1)$, formule dans laquelle $B_{io}^1 = e^{2,4} A_{io}^1$, représente l'accessibilité brute efficiente « optimisée » aux emplois à partir de la zone i.

$A_{io}^1 = \sum_j E_j e^{-\alpha^{\circ} t_{ij}1.(0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^{\circ} t_{ij}1)}$ représente l'accessibilité nette.

$\alpha^{\circ} = 6$ dans le cas des déplacements domicile travail.

Le calcul de l'accessibilité, A_{io}^1 , peut être effectué de façon relativement précise.

On peut calculer directement : $A_{io}^1 = \sum_j E_j e^{-\alpha^{\circ} t_{ij}1.(0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^{\circ} t_{ij}1)}$ en déterminant, pour chaque zone j, le temps t_{ij}^1 qui la sépare de la zone origine i. On fait appel traditionnellement pour cela à un système d'information géographique.

Du fait qu'en approche opérationnelle simple et pédagogique, le coût généralisé est proportionnel au temps de parcours, on peut également, grâce au système d'information géographique, identifier à partir de chaque zone i des couronnes concentriques dont le pas est une valeur de temps convenue, telle par exemple que $2/\alpha^{\circ}$, ce qui, pour les déplacements domicile travail, représente une valeur de 2/6 heure, soit 20 minutes.

Au sein de chaque couronne, on dénombre les emplois. Ces emplois doivent être multipliés par un facteur qui représente le poids intégré, au sein de la couronne considérée, du coefficient : $e^{-\alpha^{\circ} t_{ij}1.(0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^{\circ} t_{ij}1)}$

Le résultat dépend de la valeur attribuée au coefficient γ fixant la rapidité de décroissance de l'exponentielle décroissante du temps. Le coefficient permettant de retrouver les temps moyens de parcours observés est, rappelons-le, $\gamma = 0,11$. C'est cette valeur qu'il convient de prendre en considération.

Couronnes	$\gamma = 0,10$	$\gamma = 0,11$	$\gamma = 0,15$	$\gamma = 0,20$	$\gamma = 0,30$
$0/\alpha^{\circ}$ à $2/\alpha^{\circ}$	0,31803168	0,32008483	0,32819130	0,33806741	0,35687012
$2/\alpha^{\circ}$ à $4/\alpha^{\circ}$	0,07494883	0,07730156	0,08676448	0,09853638	0,12097988
$4/\alpha^{\circ}$ à $6/\alpha^{\circ}$	0,01865157	0,02002191	0,02576061	0,03319535	0,04727212
$6/\alpha^{\circ}$ à $8/\alpha^{\circ}$	0,00548808	0,00615322	0,00906030	0,01292913	0,01987314
$8/\alpha^{\circ}$ à $10/\alpha^{\circ}$	0,00183615	0,00214344	0,00352838	0,00536397	0,00833375
$10/\alpha^{\circ}$ à $12/\alpha^{\circ}$	0,00067278	0,00081234	0,00144905	0,00226157	0,00340268
$12/\alpha^{\circ}$ à $14/\alpha^{\circ}$	0,00026215	0,00032480	0,00060838	0,00094664	0,00134969
$14/\alpha^{\circ}$ à $16/\alpha^{\circ}$	0,00010626	0,00013400	0,00025630	0,00038995	0,00052275
$16/\alpha^{\circ}$ à $18/\alpha^{\circ}$	0,00004409	0,00005616	0,00010720	0,00015771	0,00019895
$18/\alpha^{\circ}$ à $20/\alpha^{\circ}$	0,00001850	0,00002366	0,00004428	0,00006221	0,00007481

L'identification de couronnes concentriques liées aux temps de parcours présente un réel caractère pédagogique sans altérer significativement la qualité des résultats de calcul par rapport à une évaluation directe de l'accessibilité, $A_{io}^1 = \sum_j E_j e^{-\alpha^{\circ} t_{ij}1.(0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^{\circ} t_{ij}1)}$. On s'inscrit alors dans une approche de géomarketing qui fait appel à la visualisation de territoires pertinents autour d'une zone de résidence i.

Pour trouver B_{io}^1 , on multiplie A_{io}^1 par $e^{2,4}$ (dans le cas de $\gamma = 0,11$, solution optimale)

Approche simplifiée du calcul de l'accessibilité

Dans le cas d'évaluations préliminaires, notamment lorsque l'analyse porte en priorité sur les déplacements à courte portée, on peut adopter une seule couronne de référence autour de chaque zone i.

Cette couronne a comme propriété que le nombre d'emplois que l'on y dénombre est très proche de la valeur de l'accessibilité brute efficiente « optimisée », B_{io}^1

La couronne est définie comme le territoire délimité par l'isochrone qui n'est dépassée que par 12% des résidents de la zone i, d'où sa dénomination, E_i^{88} .

Le 88^{ème} percentile correspond à un éloignement en temps efficient depuis la zone de résidence de : $1,9011. 2,9948/\alpha^\circ \approx 1,90. 3/\alpha^\circ$.

Dans le cas des déplacements domicile travail, le coefficient α° est égal à 6. Le temps moyen de déplacement efficient est de $2/6. 1,4974 = (1/3 \text{ d'heure}) \times 1,4974 = (20 \text{ minutes}) \times 1,4974 = 29,95 \text{ minutes}$, très proches de 30 minutes efficientes. Le temps du 88^{ème} percentile est de $29,95. 1,9011 = 56,94 \text{ minutes}$, très proches de 60 minutes efficientes.

En approche simplifiée, on détermine ainsi l'isochrone de 60 minutes et on dénombre les emplois au sein du territoire ainsi délimité.

Au degré de précision près, on a : $B_{io}^1 = E_i^{88}$

On utilisera donc indifféremment la terminologie : B_{io}^1 ou E_i^{88} pour dénommer l'accessibilité brute. Dans la suite du texte, on adoptera le terme E_i^{88} qui évoque la notion de territoire accessible dans un temps donné.

Utilité nette, utilité brute et coût généralisé

Compte tenu des analyses précédentes, l'utilité nette peut être reliée à l'utilité brute par la relation simple suivante:

s_i^{1t} (utilité nette efficiente liée à un déplacement moyen) = u_i^t (utilité brute liée à un déplacement moyen) – c_i^{1t} (coût généralisé ressenti d'un déplacement moyen efficient issu de i).

$$s_i^{1t} = (C_{0i}^\circ/\alpha^\circ) (\text{Log } E_i^{88}) - (C_{0i}^\circ) 2,4/\alpha^\circ$$

L'utilité nette efficiente est clairement décomposée en une utilité brute efficiente qui caractérise l'intérêt attaché à la diversité des emplois commodément accessibles et un coût généralisé de déplacement efficient ressenti qui caractérise l'effort moyen à déployer pour accéder à ces emplois.

L'utilité brute efficiente est égale à : u_i^{1t} (utilité brute) = $(C_{0i}^\circ/\alpha^\circ). \text{Log } E_i^{88} = 1/6. C_{0i}^\circ. \text{Log } E_i^{88}$

$$\Delta u_i^{1t} = u_i^{1t-2} - u_i^{1t-1} = 1/6. [C_{0i}^{\circ-1}.(\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1}.(C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

L'utilité nette efficiente s'en déduit:

$$s_i^{1t} = u_i^{1t} - c_i^{1t} = (C_{0i}^\circ/\alpha^\circ) (\text{Log } E_i^{88} - 2,4)$$

$$\Delta s_i^{1t} = \Delta u_i^{1t} - \Delta c_i^{1t} = \Delta [(C_{0i}^\circ/\alpha^\circ) (\text{Log } E_i^{88} - 2,4)]$$

$$\Delta s_i^{1t} = s_i^{1t-2} - s_i^{1t-1} = \Delta u_i^{1t} - \Delta c_i^{1t} = \Delta [1/6.C_{0i}^\circ (\text{Log } E_i^{88} - 2,4)]$$

$$= 1/6. [C_{0i}^{\circ-1}.(\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + (\text{Log } E_i^{88-1} - 2,4).(C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

$$= 1/6. [C_{0i}^{\circ-1}.(\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1}.(C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) - 2,4.(C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

Transposé à l'ensemble des déplacements annuels pour le motif domicile travail (396 en moyenne), on trouve :

$$\begin{aligned}
 U_i^{1t} &= N_i^t \cdot (C_{0i}^{\circ} / \alpha^{\circ}) \cdot \text{Log } E_i^{88} = 396/6 \cdot C_{0i}^{\circ} \cdot \text{Log } E_i^{88} = 66 \cdot C_{0i}^{\circ} \cdot \text{Log } E_i^{88} \\
 \Delta U_i^{1t} &= U_i^{1t-2} - U_i^{1t-1} = 66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \\
 \Delta S_i^{1t} &= S_i^{1t-2} - S_i^{1t-1} = N_i^t (\Delta U_i^{1t} - \Delta C_i^{1t}) = N_i^t \Delta [(C_{0i}^{\circ} / \alpha) (\text{Log } E_i^{88} - 2,4)] \\
 &= 66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + (\text{Log } E_i^{88-1} - 2) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \\
 &= 66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) - 2,4 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]
 \end{aligned}$$

La valeur de l'heure travaillée C_{0i}° est celle de l'actif résidant dans la zone i. Lorsque l'infrastructure testée est implantée dans un espace homogène au plan de la densité de la population, de celle de l'emploi et des conditions de desserte, la valeur de l'heure travaillée est elle-même homogène. On adopte donc dans ce cas pour effectuer l'étude d'évaluation en situation de référence avant réalisation de l'infrastructure projetée, la valeur moyenne $C_0^{\circ-1}$ de l'heure travaillée au sein de l'espace servant de support à l'étude. Toutefois, la valeur de l'heure travaillée évolue elle-même avec la mise en place de la nouvelle infrastructure. On ne peut donc, sauf à ignorer le deuxième terme de la formule de création de valeur, considérer que la valeur horaire C_0° ne varie pas au moment de l'ouverture de la nouvelle voie.

De plus, si le territoire est fortement hétérogène, et, encore plus, si on procède à des évaluations portant sur l'ensemble du territoire français ou européen, on ne peut pas considérer que la valeur de l'heure travaillée avant réalisation de l'infrastructure, $C_{0i}^{\circ-1}$, est constante. Elle est elle-même fonction du nombre d'emplois auquel un résident peut commodément accéder.

Rappelons la corrélation observée entre le salaire horaire net de l'actif résidant dans la zone i, C_{0i}° , le salaire horaire net des zones isolées, C_{0r}° , et les emplois commodément accessibles à partir de la zone i, E_i^{88} :

$$\begin{aligned}
 C_{0i}^{\circ} &= C_{0r}^{\circ} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{88}/25) \\
 &= C_{0r}^{\circ} \cdot [1 + (1/25) \cdot \text{Log } E_i^{88} + ((1/25) \cdot \text{Log } E_i^{88})^2 + ((1/25) \cdot \text{Log } E_i^{88})^3 + \dots]
 \end{aligned}$$

Cette corrélation, parfaitement vérifiée sur 16 agglomérations de référence de taille croissante, peut être formalisée, comme on l'a vu dans le présent rapport, en faisant la simple hypothèse que l'utilité brute d'un déplacement domicile travail est égale à la différence du salaire horaire net observé dans la zone étudiée par rapport au salaire horaire net délivré dans les zones isolées, multipliée par le nombre d'heures travaillées liées à un déplacement domicile travail, soit 4,16. Toute autre hypothèse affaiblit puis fait disparaître la corrélation.

$$\text{On a: } 4,16 (C_{0i}^{\circ} - C_{0r}^{\circ}) = (C_{0i}^{\circ} / \alpha^{\circ}) \text{Log } E_i^{88} = (C_{0i}^{\circ} / 6) \text{Log } E_i^{88}$$

$$\text{D'où: } C_{0i}^{\circ} - C_{0r}^{\circ} = (C_{0i}^{\circ} / 25) \text{Log } E_i^{88}$$

$$C_{0i}^{\circ} (1 - \text{Log } E_i^{88}/25) = C_{0r}^{\circ}$$

$$C_{0i}^{\circ} = C_{0r}^{\circ} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{88}/25)$$

On dispose là d'une façon très pertinente d'évaluer les performances économiques brutes des déplacements pour motif domicile travail.

Il est à noter que cette méthode d'évaluation, même si elle présente l'inconvénient d'une approximation liée à la prise en compte du caractère stable du déplacement moyen de la cohorte des actifs de la zone i se rendant sur leur lieu de travail et en revenant, offre le grand intérêt de se référer au salaire horaire net de l'actif résidant en i et non à une valeur tutélaire uniforme sur l'ensemble du territoire, solution qui constitue une transgression très forte de la réalité observée. La méthode est donc clairement en parfaite conformité avec la réalité profonde de fonctionnement des territoires et des systèmes de transport associés.

Notons que la corrélation entre le salaire horaire net de l'actif résidant dans la zone i, le salaire horaire net des zones isolées et les emplois commodément accessibles, E_i^{88} , est transposable au salaire annuel net, en multipliant simplement le salaire horaire net par le nombre d'heures travaillées annuellement, soit environ 1650.

On obtient ainsi:

$$R_i^t = R_r^t \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{88}/25)$$

avec R_i^t , salaire annuel net de l'actif résidant en i, R_r^t , salaire annuel net d'un actif résidant dans une zone isolée et E_i^{88} nombre d'emplois commodément accessibles à partir de la zone i.

La variation du salaire annuel net, indicateur pertinent de la variation de l'utilité des déplacements

La formulation du salaire annuel net permet d'ailleurs de calculer directement la variation d'utilité brute liée aux déplacements domicile travail et travail domicile au moment de la mise en service d'une infrastructure nouvelle. Il y a identité entre la variation du salaire net et la variation de l'utilité brute pour les déplacements domicile travail.

Il suffit, pour s'assurer de cette identité, de démontrer que le supplément de salaire annuel net obtenu en multipliant par 1650 le supplément de salaire horaire net induit par la mise en service de l'infrastructure nouvelle donne bien le même résultat que l'augmentation de l'utilité brute découlant de l'application de la formule de base:

$$\Delta_{1 \text{ à } 2} 396 (C_{0i}^{\circ}/6 \text{ Log } E_i^{88}),$$

$$\text{c'est-à-dire : } U_i^{t-2} - U_i^{t-1} = 396/6 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] =$$

$$66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

$$\begin{aligned} \text{On a: } R_i^{t-2} - R_i^{t-1} &= 1650 (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) = \\ &= 1650 \cdot C_{0r}^{\circ} \cdot [1/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25))] \\ &= 1650 \cdot C_{0r}^{\circ} \cdot [(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25 + \text{Log } E_i^{88-2}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - (1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25 + \text{Log } \\ &E_i^{88-1}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)] \\ &= 1650 \cdot C_{0r}^{\circ} \cdot [(1 + (\text{Log } E_i^{88-2}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25)) - (1 + (\text{Log } E_i^{88-1}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25))] \\ &= 1650 \cdot C_{0r}^{\circ} \cdot [(\text{Log } E_i^{88-2}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - (\text{Log } E_i^{88-1}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)] \end{aligned}$$

En vertu de $\Delta(a.b) = (\Delta a).b + a.(\Delta b)$, on a :

$$\begin{aligned} R_i^{t-2} - R_i^{t-1} &= 1650 \cdot C_{0r}^{\circ} \cdot [(\text{Log } E_i^{88-2}/25 - \text{Log } E_i^{88-1}/25) \cdot (1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)) + (\text{Log } E_i^{88-1}/25) \cdot (1/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25))] \\ &= 1650 \cdot (C_{0r}^{\circ}/25) \cdot [(\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) \cdot (1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)) + \text{Log } E_i^{88-1} \cdot (1/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25))] \\ &= 1650/25 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \\ &= 66 [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]. \end{aligned}$$

On retrouve bien l'expression:

$$U_i^{t-2} - U_i^{t-1} = 66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] = 396 \Delta_{1 \text{ à } 2} (C_{0i}^{\circ}/6)$$

$\text{Log } E_i^{88-1})$,

dans laquelle le coût de l'heure travaillée est celle, $C_{0i}^{\circ-1}$, de l'actif avant réalisation de l'infrastructure nouvelle et celle, $C_{0i}^{\circ-2}$, de l'actif après réalisation de l'infrastructure.

La méthode simplifiée permet ainsi de calculer la variation annuelle d'utilité brute induite par un projet d'infrastructure en calculant directement la variation du salaire net annuel, ce qui est tout-à-fait remarquable. On voit apparaître l'impact direct de la mise en service d'une infrastructure de transport sur la création de richesse.

On a : $U_i^{t-2} - U_i^{t-1} = R_i^{t-2} - R_i^{t-1} = R_i^t \cdot [1/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)]$.

Modalités pratiques d'évaluation

Pour déterminer la progression de l'utilité économique annuelle associée aux déplacements domicile travail de l'actif résidant dans la zone i , $U_i^{t-2} - U_i^{t-1}$, au moment de la mise en service d'une infrastructure nouvelle, on peut ainsi adopter la formule générale de calcul de l'évolution salariale en fonction du salaire des zones rurales isolées, R_i^t , et écrire :

$$R_i^{t-2} - R_i^{t-1} = R_i^t \cdot [1/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)]$$

ou encore :

$$U_i^{t-2} - U_i^{t-1} = R_i^t \cdot [\text{Log } E_i^{88-2}/(25 - \text{Log } E_i^{90-2}) - \text{Log } E_i^{88-1}/(25 - \text{Log } E_i^{88-1})],$$

Mais on peut également, ne serait-ce que pour contrôler que le résultat obtenu est bien le même, calculer le salaire horaire de référence en toute zone i avant réalisation de l'infrastructure nouvelle, $C_{0i}^{\circ-1}$, et après réalisation de l'infrastructure, $C_{0i}^{\circ-2}$, en adoptant la formule générale :

$$C_{0i}^{\circ-1} = C_{0r}^{\circ} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)$$

$$C_{0r}^{\circ-2} = C_{0r}^{\circ} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25)$$

et appliquer ensuite ces valeurs à la formule de base :

$$U_i^{t-2} - U_i^{t-1} = 66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

En 1990, le salaire annuel net dans les zones rurales isolées R_i^t était de 58 000 F. En 2000, il était de 58 000.1, 34 = 77 720 F, soit en euros 11 847,5 €.

En 2000, la formulation permettant de calculer le salaire annuel net en tout point i du territoire s'exprime de ce fait ainsi :

$$R_i^t = 11\,847,5 \text{ €} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{88}/25)$$

En 1990, le salaire horaire net dans les zones rurales isolées C_{0r}° était de 58 000 F/1650 = 35,1515 F. En 2000, il était de 35,1515.1, 34 = 47,1030 F, soit en euros 7,1803 €.

En 2000, la formulation permettant de calculer le salaire annuel net en tout point i du territoire s'exprime de ce fait ainsi :

$$C_{0i}^{\circ-1} = 7,1803 \text{ €} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)$$

Si on souhaite vérifier que cette formule permet de retrouver la valeur tutélaire de l'heure de déplacement retenue par l'instruction cadre du 25 mars 2004, hors Île de France, il suffit d'effectuer le calcul de la valeur du salaire horaire net dans le cas d'une agglomération de 800 000 habitants, bassin de vie médian entre de grandes agglomérations régionales comme Marseille ou Lyon et des agglomérations de petites dimensions.

Le nombre d'emplois E_i^{88-1} correspondant à un bassin de vie de 800 000 habitants est égal à : $800\,000 \times 0,450 \times 0,670 = 241\,200$ emplois (0,450 étant le taux d'activité moyen d'un bassin de vie de 800 000 habitants et 0,670 le rapport entre E^{88} et E).

On trouve : $C_{ofr}^{\circ-1} = 7,1803 \text{ €} \times 1/(1 - 12,393381/25) = 7,1803 \text{ €} \times 1/(1 - 0,495735) = 7,1803 \text{ €} \times 1/0,504265 = 7,1803 \text{ €} \times 1,9831 = 14,2393 \text{ €}$.

La valorisation du temps consacré à une heure de transport est égale au 2/3 de l'heure travaillée. On obtient ainsi pour cette valorisation : 9,4928 €.

L'instruction cadre du ministre de l'Equipeement et des Transports en date du 25 mars 2004 donne pour les déplacements domicile travail, hors Ile de France, à l'horizon 2000, la valeur de 10,0 € qui est ainsi très peu différente. Il y a donc parfaite concordance.

Dans les formules qui précèdent, le nombre d'emplois E_i^{88} correspond aux emplois dénombrables à l'intérieur du territoire qui est délimité par l'isochrone 88^{ème} percentile, c'est-à-dire l'isochrone qui n'est dépassé que par 12% des actifs de la zone i. Les percentiles s'appliquent aux temps utiles t_i^1 , c'est-à-dire exclusion faite des trajets terminaux qui n'ont pas d'effet sur les univers de choix des destinations commodément accessibles. Le temps correspondant au 88^{ème} percentile est très proche du double du temps moyen. Le temps moyen utile étant égal à $3/\alpha^\circ = 13/6 = 1/2$ d'heure = 30 min, on adoptera donc comme temps de référence pour la détermination de l'isochrone 88^{ème} percentile, la valeur de 60 minutes utiles.

Notons que le temps moyen d'un déplacement domicile travail, avec les trajets terminaux à pied (6 minutes cumulés à l'origine et à la destination) est, d'après les enquêtes globales de transport, de 36 minutes. Ce temps est donc bien égal à celui qui résulte de l'application de la formule précédente qui conduit à un temps moyen de $30 + 6 = 36$ minutes.

Enfin pour calculer l'utilité des destinations commodément accessibles par commune, il convient de multiplier les résultats obtenus par actif par le nombre d'actifs résidant dans la commune.

3.3.1.3 Les déplacements pour tous motifs à vocation économique

On peut dans les mêmes conditions évaluer le surplus induit annuellement par une infrastructure nouvelle au bénéfice d'un actif et des membres de sa famille au titre de **l'ensemble des déplacements qui ont une fonction économique** : travailler, faire des affaires, s'instruire, faire des achats. Il s'agit en fait de procéder à une évaluation mixte de déplacements ayant pour objet de produire et de capter des ressources (salaires nets associés aux déplacements domicile travail) et de déplacements ayant pour objet de procéder à des consommations de biens et de services (affaires, éducation, achats de biens et services, ...).

Par rapport à l'approche plancher, l'adoption de l'approche « optimisée » conduit tout simplement à remplacer, dans l'ensemble des formulations :

t_{ij}^1 , temps efficient, par : t_{ij}^1 , temps efficient ressenti, $= t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}^1})$,

t_{ij} , temps total, $= t_{ij}^1 + t_0$, par t_{ij} , temps total ressenti $= t_{ij}^1 + t_0$,

$t_{ir}^1 = 2/\alpha^\circ$ par $2,4/\alpha^\circ$,

$t_i^1 = 2/\alpha^\circ$ par $3/\alpha^\circ$,

$B_i^1 = e^2 A_i^1$, accessibilité brute efficiente "plancher", par $B_{io}^1 = e^{2,4} A_{io}^1$, accessibilité brute efficiente "optimisée", ou, ce qui est équivalent dans le cas du calcul de l'accessibilité reposant sur une seule couronne, E^{90} par E^{88} .

Cela se traduit par les résultats suivants :

Evaluation de l'utilité nette et de l'utilité brute

La performance économique annuelle nette liée à tous les déplacements à vocation économique s'exprime sous la forme :

$$S_i^{te} = N_i^t \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^\circ C_{ij} / C_{0i}^\circ} + N_i^u \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^\circ C_{ij} / C_{0i}^\circ}$$

$$\begin{aligned}
& + N_i^v \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ_v) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^\circ_v C_{ij} / C_{0i}^\circ} + N_i^w \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ_w) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^w e^{-\alpha^\circ_w C_{ij} / C_{0i}^\circ} \dots\dots, \\
& = N_i^t \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} A_i^t + N_i^u \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ_u) \cdot \text{Log} A_i^u + N_i^v \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ_v) \cdot \text{Log} A_i^v + N_i^w \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ_w) \cdot \text{Log} A_i^w \dots\dots,
\end{aligned}$$

Pour chaque motif de déplacement, t, u, v, w..., il existe un nombre de déplacements annuels, un coefficient α° spécifique et un nombre d'emplois adapté (emplois totaux pour le motif travail, emplois tertiaires pour le motif affaires, emplois d'enseignants pour le motif éducation, emplois de vendeurs pour le motif achat de biens et services, ...).

Les coefficients α° découlent de l'analyse des enquêtes globales de transport. Le coefficient α° est d'environ 6 pour le motif travail. Il est d'environ 7 (7,02) pour le motif affaires professionnelles, 10 (10,02) pour le motif éducation, 10,9 (10,86) pour le motif achats de biens, services et loisirs urbains.

Le nombre moyen de déplacements par motif découle également de l'analyse des enquêtes globales de transport.

Si on adopte des moyennes observées, il est de 396 pour le motif travail (27,7%), 214,6 pour le motif affaires professionnelles (15,0%), 222 pour le motif éducation (15,5%) et 599 (41,8%) pour le motif achats de biens, services et loisirs urbains. Le total des déplacements pour motifs économiques est de 1432, dont 396 pour le motif travail et 1036 pour les autres déplacements à vocation économique.

Si on prend en considération, comme base de calcul des pourcentages, les déplacements totaux, donc y compris les déplacements pour loisirs verts qui, en jour ouvrable, représentent environ 6% du total, on trouve respectivement : 26,0%, 14,1%, 14,6% et 39,3%, soit un total de 94%.

L'approche « optimisée » est caractérisée par le fait que le coût généralisé de déplacement est proportionnel au temps de parcours ressenti, qui est de la forme : $t_{ijr} = t_{ijr}^1 + t_0 = t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}^1}) + t_0$

$$\text{On a : } C_{ij} = C_{0i} t_{ijr} = C_{0i} (t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}^1}) + t_0) = C_{0i} (t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}^1}) + C_{0i} t_0$$

L'utilité annuelle nette :

$$\begin{aligned}
S_i^{te} &= N_i^t \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^\circ C_{ij} / C_{0i}^\circ} + N_i^u \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ_u) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^\circ_u C_{ij} / C_{0i}^\circ} \\
&+ N_i^v \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ_v) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^\circ_v C_{ij} / C_{0i}^\circ} + \dots\dots,
\end{aligned}$$

devient ainsi :

$$\begin{aligned}
S_i^{te} &= N_i^t \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^\circ t_{ijr}} + N_i^u \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ_u) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^\circ_u t_{ijr}} \\
&+ N_i^v \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ_v) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^\circ_v t_{ijr}} + \dots\dots, \\
&= N_i^t \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^\circ (t_{ijr}^1 + t_0)} + N_i^u \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ_u) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^\circ_u (t_{ijr}^1 + t_0)} \\
&+ N_i^v \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ_v) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^\circ_v (t_{ijr}^1 + t_0)} + \dots\dots, \\
&= N_i^t \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^\circ (t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}^1}) + t_0)} + N_i^u \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ_u) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^\circ_u (t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ_u t_{ij}^1}) + t_0)} \\
&+ N_i^v \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ_v) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^\circ_v (t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ_v t_{ij}^1}) + t_0)} + \dots\dots, \\
&= N_i^t \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} e^{-\alpha^\circ t_0} \sum_j E_j e^{-\alpha^\circ (t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}^1}))} + N_i^u \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ_u) \cdot \text{Log} e^{-\alpha^\circ_u t_0} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^\circ_u (t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ_u t_{ij}^1}))} \\
&+ N_i^v \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ_v) \cdot \text{Log} e^{-\alpha^\circ_v t_0} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^\circ_v (t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ_v t_{ij}^1}))} + \dots\dots, \\
&= N_i^t \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^\circ (t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}^1}))} - N_i^t \cdot C_{0i}^\circ \cdot t_0 + N_i^u \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ_u) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^\circ_u (t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ_u t_{ij}^1}))} \\
&- N_i^u \cdot C_{0i}^\circ \cdot t_0 + N_i^v \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha^\circ_v) \cdot \text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^\circ_v (t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ_v t_{ij}^1}))} - N_i^v \cdot C_{0i}^\circ \cdot t_0 + \dots\dots,
\end{aligned}$$

On observe que l'utilité nette, S_i^{te} , s'obtient en retirant de l'utilité annuelle nette efficiente,

S_i^{1te} , le coût généralisé des déplacements à pied associés à chacun des motifs de déplacement.

$$S_i^{te} = S_i^{1te} - N_i^t \cdot C_{0i}^o \cdot t_0^t - N_i^u \cdot C_{0i}^o \cdot t_0^u - N_i^v \cdot C_{0i}^o \cdot t_0^v - \dots$$

Comme les trajets terminaux sont supposés invariants, lorsqu'une infrastructure nouvelle est mise en service, l'augmentation de l'utilité économique annuelle nette provient de l'augmentation de l'utilité économique nette efficiente associée à chaque motif de déplacement.

L'augmentation de l'utilité économique annuelle associée à l'ensemble des déplacements à vocation économique (travail, affaires, éducation, achat de biens et services) d'un actif et des membres du ménage qui lui sont rattachés résidant en i est égale à :

$$\begin{aligned} S_i^{te-2} - S_i^{te-1} &= N_i^t / \alpha^o \cdot [C_{0i}^{o-1} \cdot (\text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^o C_{ij2}/C_{0i}^{o2}} - \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^o C_{ij1}/C_{0i}^{o1}}) \\ &+ \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^o C_{ij1}/C_{0i}^{o1}} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})] + N_i^u / \alpha^o_u \cdot [C_{0i}^{o-1} (\text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^o_u C_{ij2}/C_{0i}^{o2}} - \text{Log} \sum_j E_j^u \\ &e^{-\alpha^o_u C_{ij1}/C_{0i}^{o1}}) + \text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^o_u C_{ij1}/C_{0i}^{o1}} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})] + N_i^v / \alpha^o_v \cdot [C_{0i}^{o-1} (\text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^o_v C_{ij2}/C_{0i}^{o2}} \\ &- \text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^o_v C_{ij1}/C_{0i}^{o1}}) + \text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^o_v C_{ij1}/C_{0i}^{o1}} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})] + \dots \end{aligned}$$

L'augmentation de l'utilité économique annuelle efficiente associée à l'ensemble des déplacements à vocation économique (travail, affaires, éducation, achat de biens et services) d'un actif et des membres du ménage qui lui sont rattachés résidant en i s'écrit:

$$\begin{aligned} S_i^{1te-2} - S_i^{1te-1} &= N_i^t / \alpha^o \cdot [C_{0i}^{o-1} \cdot (\text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^o_{tijr1-2}} - \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^o_{tijr1-1}}) \\ &+ \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^o_{tijr1-1}} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})] + N_i^u / \alpha^o_u \cdot [C_{0i}^{o-1} (\text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^o_{utijr1-2}} - \text{Log} \sum_j E_j^u \\ &e^{-\alpha^o_{utijr1-1}}) + \text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^o_{utijr1-1}} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})] + N_i^v / \alpha^o_v \cdot [C_{0i}^{o-1} (\text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^o_{vtijr1-2}} \\ &- \text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^o_{vtijr1-1}}) + \text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^o_{vtijr1-1}} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})] + \dots \\ S_i^{1te-2} - S_i^{1te-1} &= N_i^t / \alpha^o \cdot [C_{0i}^{o-1} \cdot (\text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^o_{tij1} \cdot (0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^o_{tij1})^{-2}} - \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^o_{tij1} \cdot (0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^o_{tij1})^{-1}}) \\ &+ \text{Log} \sum_j E_j e^{-\alpha^o_{tij1} \cdot (0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^o_{tij1})^{-1}} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})] + N_i^u / \alpha^o_u \cdot [C_{0i}^{o-1} (\text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^o_{utij1} \cdot (0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^o_{utij1})^{-2}} \\ &- \text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^o_{utij1} \cdot (0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^o_{utij1})^{-1}}) + \text{Log} \sum_j E_j^u e^{-\alpha^o_{utij1} \cdot (0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^o_{utij1})^{-1}} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})] \\ &+ N_i^v / \alpha^o_v \cdot [C_{0i}^{o-1} (\text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^o_{vtij1} \cdot (0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^o_{vtij1})^{-2}} - \text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^o_{vtij1} \cdot (0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^o_{vtij1})^{-1}}) \\ &+ \text{Log} \sum_j E_j^v e^{-\alpha^o_{vtij1} \cdot (0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^o_{vtij1})^{-1}} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})] + \dots \end{aligned}$$

On peut, pour chaque motif, procéder au calcul du temps moyen de déplacement efficient ressenti à partir de chaque zone i : $\underline{t}_{ir}^{1z} : 2,4/\alpha^o_z$.

Le coût généralisé d'un déplacement efficient ressenti issu de i est ainsi égal à : $c_{ir}^1 = C_{0i}^o \cdot 2,4/\alpha^o_z$.

Approche intégrée du calcul de l'accessibilité

L'utilité brute d'un déplacement efficient moyen ressenti issu de i s'exprime sous la forme: $u_i^{1z} = (C_{0i}^o / \alpha^o_z) (\text{Log } B_{io}^{1z})$, formule dans laquelle $B_{io}^{1z} = e^{2,4} A_{io}^{1z}$, représente l'accessibilité brute efficiente « optimisée » aux emplois pertinents convoités, E_j^z , pour un motif donné z à vocation économique à partir de la zone i.

$$A_{io}^{1z} = \sum_j E_j^z e^{-\alpha^o_{ztij1} \cdot (0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^o_{ztij1})}$$

Le calcul de l'accessibilité, A_{io}^{1z} , peut être effectué de façon relativement précise.

On peut calculer directement : $A_{io}^{1z} = \sum_j E_j^z e^{-\alpha^z z_{ij} 1. (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^z z_{ij} 1})}$ en déterminant, pour chaque zone j, le temps t_{ij}^1 qui la sépare de la zone origine i. On fait appel traditionnellement pour cela à un système d'information géographique.

Du fait qu'en approche opérationnelle simple et pédagogique, le coût généralisé est proportionnel au temps de parcours, on peut également, grâce au système d'information géographique, identifier à partir de chaque zone i des couronnes concentriques dont le pas est une valeur de temps convenue, telle par exemple que $2/\alpha^z$, ce qui, pour les déplacements domicile travail, représente une valeur de 2/6 heure, soit 20 minutes, pour les déplacements d'affaires, une valeur de 2/7,02, soit 17,09 minutes, pour les déplacements d'éducation, une valeur de 2/10,02, soit 11,98 minutes, pour les déplacements d'achats de biens et services, une valeur de 2/10,86, soit 11,05 minutes.

Au sein de chaque couronne, on dénombre les emplois pertinents. Ces emplois doivent être multipliés par un facteur qui représente le poids intégré, au sein de la couronne considérée de pas $2/\alpha^z$, du coefficient : $e^{-\alpha^z z_{ij} 1. (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^z z_{ij} 1})}$

Le résultat dépend de la valeur attribuée au coefficient γ fixant la rapidité de décroissance de l'exponentielle décroissante du temps. Le coefficient permettant de retrouver les temps moyens de parcours observés est, rappelons-le, $\gamma = 0,11$. C'est cette valeur qu'il convient de prendre en considération.

Couronnes	$\gamma = 0,10$	$\gamma = 0,11$	$\gamma = 0,15$	$\gamma = 0,20$	$\gamma = 0,30$
$0/\alpha^z$ à $2/\alpha^z$	0,31803168	0,32008483	0,32819130	0,33806741	0,35687012
$2/\alpha^z$ à $4/\alpha^z$	0,07494883	0,07730156	0,08676448	0,09853638	0,12097988
$4/\alpha^z$ à $6/\alpha^z$	0,01865157	0,02002191	0,02576061	0,03319535	0,04727212
$6/\alpha^z$ à $8/\alpha^z$	0,00548808	0,00615322	0,00906030	0,01292913	0,01987314
$8/\alpha^z$ à $10/\alpha^z$	0,00183615	0,00214344	0,00352838	0,00536397	0,00833375
$10/\alpha^z$ à $12/\alpha^z$	0,00067278	0,00081234	0,00144905	0,00226157	0,00340268
$12/\alpha^z$ à $14/\alpha^z$	0,00026215	0,00032480	0,00060838	0,00094664	0,00134969
$14/\alpha^z$ à $16/\alpha^z$	0,00010626	0,00013400	0,00025630	0,00038995	0,00052275
$16/\alpha^z$ à $18/\alpha^z$	0,00004409	0,00005616	0,00010720	0,00015771	0,00019895
$18/\alpha^z$ à $20/\alpha^z$	0,00001850	0,00002366	0,00004428	0,00006221	0,00007481

L'identification de couronnes concentriques liées aux temps de parcours présente un réel caractère pédagogique sans altérer significativement la qualité des résultats de calcul par rapport à une évaluation directe de l'accessibilité, $A_{io}^{1z} = \sum_j E_j^z e^{-\alpha^z z_{ij} 1. (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^z z_{ij} 1})}$. On s'inscrit alors dans une approche de géomarketing qui fait appel à la visualisation de territoires pertinents autour d'une zone de résidence i.

Pour trouver B_{io}^{1z} , on multiplie A_{io}^{1z} par $e^{2,4}$ (dans le cas de $\gamma = 0,11$, solution optimale)

Approche simplifiée du calcul de l'accessibilité

Dans le cas d'évaluations préliminaires, notamment lorsque l'analyse porte en priorité sur les déplacements à courte portée, on peut adopter une seule couronne de référence autour de chaque zone i.

Cette couronne a comme propriété que le nombre d'emplois que l'on y dénombre est très proche de la valeur de l'accessibilité brute efficiente « optimisée », B_{io}^1

La couronne est définie comme le territoire délimité par l'isochrone qui n'est dépassée que par 12% des résidents de la zone i, d'où sa dénomination, E_i^{88} .

Le 88^{ème} percentile correspond à un éloignement en temps efficient depuis la zone de résidence de : $1,9011. 2,9948/\alpha^z \approx 1,90. 3/\alpha^z$.

Dans le cas des déplacements pour motif travail, le coefficient α^z est égal à 6. Le temps moyen de déplacement efficient est de 2/6. $1,4974 = (1/3 \text{ d'heure}) \times 1,4974 = (20 \text{ minutes}) \times 1,4974 = 29,95 \text{ minutes}$, très proches de 30 minutes efficientes. Le temps du 88^{ème} percentile est de $29,95. 1,9011 = 56,94 \text{ minutes}$, très proches de 60 minutes efficientes.

Dans le cas des déplacements pour motif affaires professionnelles, le coefficient α_v est égal à 7,02. Le temps moyen de déplacement efficient est de 2/7,02. $1,4974 = (0,2849 \text{ heure}) \times 1,4974 = (17,0940 \text{ minutes}) \times 1,4974 = 25,60 \text{ minutes}$, très proches de 25,5 minutes efficientes. Le temps du 88^{ème} percentile est de 29,95. $1,9011 = 48,66 \text{ minutes}$, très proches de 49 minutes efficientes.

Dans le cas des déplacements pour motif éducation, le coefficient α_v est égal à 10,02. Le temps moyen de déplacement efficient est de 2/10,02. $1,4974 = (0,1996 \text{ heure}) \times 1,4974 = (11,9760 \text{ minutes}) \times 1,4974 = 17,93 \text{ minutes}$, très proches de 18 minutes efficientes. Le temps du 88^{ème} percentile est de 17,93. $1,9011 = 34,09 \text{ minutes}$, très proches de 34 minutes efficientes.

Dans le cas des déplacements pour motif achats de biens et services, le coefficient α_w est égal à 10,86. Le temps moyen de déplacement efficient est de 2/10,86. $1,4974 = (0,1842 \text{ heure}) \times 1,4974 = (11,0497 \text{ minutes}) \times 1,4974 = 16,55 \text{ minutes}$, très proches de 16,5 minutes efficientes. Le temps du 88^{ème} percentile est de 16,55. $1,9011 = 31,46 \text{ minutes}$, très proches de 31,5 minutes efficientes.

En approche simplifiée, on détermine ainsi l'isochrone du 88^{ème} percentile pour le motif considéré et on dénombre les emplois pertinents, E_i^{88z} , au sein du territoire ainsi délimité.

Au degré de précision près, on a : $B_{io}^{1z} = E_i^{88z}$

On utilisera donc indifféremment la terminologie : B_{io}^{1z} ou E_i^{88z} pour dénommer l'accessibilité brute. Dans la suite du texte, on adoptera le terme E_i^{88z} qui évoque la notion de territoire accessible dans un temps donné.

Utilité nette, utilité brute et coût généralisé

Compte tenu des analyses précédentes, pour chaque motif de déplacement, l'utilité nette peut être reliée à l'utilité brute par la relation simple suivante:

On a ainsi, pour un déplacement moyen domicile travail:

$$s_i^{1t} = u_i^t - c_i^{1t} = (C_{0i}^o / \alpha^o) (\text{Log } E_i^{88} - 2,4)$$

$$\Delta s_i^{1t} = \Delta u_i^t - \Delta c_i^{1t} = \Delta [(C_{0i}^o / \alpha^o) (\text{Log } E_i^{88} - 2,4)]$$

$$u_i^t = (C_{0i}^o / \alpha^o) \cdot \text{Log } E_i^{88} = 1/6 \cdot C_{0i}^o \cdot \text{Log } E_i^{88}$$

$$\Delta u_i^t = u_i^{t-2} - u_i^{t-1} = 1/\alpha^o \cdot [C_{0i}^{o-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})]$$

$$= 1/6 \cdot [C_{0i}^{o-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})]$$

De même, on a, pour un déplacement moyen d'affaires :

$$s_i^{1u} = u_i^u - c_i^{1u} = (C_{0i}^o / \alpha_u^o) (\text{Log } E_i^{88u} - 2,4)$$

$$\Delta s_i^{1u} = \Delta u_i^u - \Delta c_i^{1u} = \Delta [(C_{0i}^o / \alpha_u^o) (\text{Log } E_i^{88u} - 2,4)]$$

$$u_i^u = (C_{0i}^o / \alpha_u^o) \cdot \text{Log } E_i^{88u} = 1/7 (C_{0i}^o) \cdot \text{Log } E_i^{88u}$$

$$\Delta u_i^u = u_i^{u-2} - u_i^{u-1} = 1/\alpha_u^o \cdot [C_{0i}^{o-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88u-2} - \text{Log } E_i^{88u-1}) + \text{Log } E_i^{88u-1} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})]$$

$$= 1/7 \cdot [C_{0i}^{o-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88u-2} - \text{Log } E_i^{88u-1}) + \text{Log } E_i^{88u-1} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})]$$

Pour un déplacement moyen d'éducation, on obtient :

$$s_i^{1v} = u_i^v - c_i^{1v} = (C_{0i}^o / \alpha_v^o) (\text{Log } E_i^{88v} - 2,4)$$

$$\Delta s_i^{1v} = \Delta u_i^v - \Delta c_i^{1v} = \Delta [(C_{0i}^o / \alpha_v^o) (\text{Log } E_i^{88v} - 2,4)]$$

$$u_i^v = (C_{0i}^o / \alpha^o_v) \cdot \text{Log } E_i^{88v}$$

$$\begin{aligned} \Delta u_i^v &= u_i^{v-2} - u_i^{v-1} = 1/\alpha^o_v \cdot [C_{0i}^{o-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88v-2} - \text{Log } E_i^{88v-1}) + \text{Log } E_i^{88v-1} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})] \\ &= 1/10 \cdot [C_{0i}^{o-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88v-2} - \text{Log } E_i^{88v-1}) + \text{Log } E_i^{88v-1} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})] \end{aligned}$$

Enfin, pour un déplacement moyen d'achat, le résultat est le suivant :

$$s_i^{1w} = u_i^w - c_i^{1w} = (C_{0i}^o / \alpha^o_w) (\text{Log } E_i^{88w} - 2,4)$$

$$\Delta s_i^{1w} = \Delta u_i^w - \Delta c_i^{1w} = \Delta [(C_{0i}^o / \alpha^o_w) (\text{Log } E_i^{88w} - 2,4)]$$

$$u_i^w = (C_{0i}^o / \alpha^o_w) \cdot \text{Log } E_i^{88w}$$

$$\begin{aligned} \Delta u_i^w &= u_i^{w-2} - u_i^{w-1} = 1/\alpha^o_w \cdot [C_{0i}^{o-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88w-2} - \text{Log } E_i^{88w-1}) + \text{Log } E_i^{88w-1} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})] \\ &= 1/10,9 \cdot [C_{0i}^{o-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88w-2} - \text{Log } E_i^{88w-1}) + \text{Log } E_i^{88w-1} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})] \end{aligned}$$

On obtient en définitive, en valeur d'utilité annuelle brute pour tous les motifs à vocation économique:

$$\begin{aligned} U_i^{te} &= N_i^t \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o) \cdot \text{Log } E_i^{88} + N_i^u \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o_u) \cdot \text{Log } E_i^{88u} + N_i^v \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o_v) \cdot \text{Log } E_i^{88v} + \\ &N_i^w \cdot (C_{0i}^o / \alpha^o_w) \cdot \text{Log } E_i^{88w} \\ \Delta U_i^{te} &= U_i^{te-2} - U_i^{te-1} = N_i^t / \alpha^o \cdot [C_{0i}^{o-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})] + \\ &N_i^u / \alpha^o_u \cdot [C_{0i}^{o-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88u-2} - \text{Log } E_i^{88u-1}) + \text{Log } E_i^{88u-1} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})] + N_i^v / \alpha^o_v \cdot [C_{0i}^{o-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88v-2} - \\ &\text{Log } E_i^{88v-1}) + \text{Log } E_i^{88v-1} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})] + N_i^w / \alpha^o_w \cdot [C_{0i}^{o-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88w-2} - \\ &\text{Log } E_i^{88w-1}) + \text{Log } E_i^{88w-1} \cdot (C_{0i}^{o-2} - C_{0i}^{o-1})] \end{aligned}$$

Dans le cadre d'études approfondies, on peut procéder, pour chaque motif de déplacement, à la détermination du nombre des attracteurs (emplois, emplois tertiaires, emplois d'enseignants, emplois de vendeurs) identifiables au sein des territoires qui ne sont dépassés, pour chaque motif, que par 12% des résidents, et multiplier l'utilité brute d'un déplacement moyen ainsi calculée pour le motif considéré, par le nombre de déplacements annuels correspondant à ce motif.

On peut toutefois simplifier fortement les calculs en déterminant un nombre moyen annuel de déplacements équivalents domicile travail N_i^{te} qui, appliqué à $(C_{0i}^o / \alpha^o) \cdot \text{Log } \sum_j E_j e^{-\alpha^o C_{ij} / C_{0i}^o}$, permet de retrouver une valeur très proche du résultat obtenu par addition des utilités de chacun des motifs de déplacement à vocation économique. Ce nombre de déplacements annuels équivalents domicile travail et travail domicile est égal à 964.

A titre de comparaison, le nombre de déplacements totaux annuels à vocation économique est de 1432. Il est composé de 396 déplacements domicile travail et travail domicile et de 1036 déplacements à vocation économique de type affaires, enseignement, achats, services. Les 1036 déplacements à vocation économique autres que domicile travail donnent naissance à 651 déplacements équivalents, en maintenant les attracteurs originaux E_j^u , E_j^v , E_j^w , et en adoptant $\alpha^o = 6$, et à 568 déplacements équivalents, en adoptant, de plus, comme attracteur de référence, le nombre d'emplois totaux E_j .

Le nombre de déplacements annuels équivalents, en maintenant les attracteurs originaux E_j^u , E_j^v , E_j^w , et en adoptant $\alpha^o = 6$, est ainsi de $396 + 651 = 1047$. En se référant à l'attracteur E_j et en adoptant $\alpha^o = 6$, il est de $396 + 568 = 964$.

Le rapport entre ce dernier nombre et celui des déplacements pour le motif domicile travail et travail domicile est égal à 2,4343, soit exactement le rapport moyen entre le supplément de salaire annuel net et le supplément de valeur ajoutée par actif par rapport aux zones rurales isolées, effectivement observé (2,4310).

On obtient ainsi pour l'ensemble des déplacements à vocation économique (domicile travail et autres déplacements à vocation économique) :

$$U_i^{te} = N_i^{te} \cdot (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}). \text{Log } E_i^{88} = 964 \cdot (C_{0i}^{\circ}/6). \text{Log } E_i^{88} = 160,66. C_{0i}^{\circ}. \text{Log } E_i^{88}.$$

$$S_i^{te} = N_i^{te} \cdot (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}). (\text{Log } E_i^{88} - 2,4) = 964 \cdot (C_{0i}^{\circ}/6). (\text{Log } E_i^{88} - 2,4)$$

$$= 160,66. C_{0i}^{\circ}. (\text{Log } E_i^{88} - 2,4).$$

Lorsqu'une infrastructure nouvelle est mise en service, l'augmentation de l'utilité économique brute associée à tous les déplacements à vocation économique rattachés à un actif résidant dans la zone i, (c'est-à-dire à l'actif et aux membres du ménage associés), est égale à :

$$U_i^{te-2} - U_i^{te-1} = 964/6. [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

$$160,66. [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

$$S_i^{1te-2} - S_i^{1te-1} = N_i^{te} (\Delta U_i - \Delta C_i^1) = N_i^{te} \Delta [(C_{0i}^{\circ}/\alpha) (\text{Log } E_i^{88} - 2,4)]$$

$$= 160,66. [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) - 2 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

La valeur de l'heure travaillée C_{0i}° est celle de l'actif résidant dans la zone i. Lorsque l'infrastructure testée est implantée dans un espace homogène au plan de la densité de la population, de celle de l'emploi et des conditions de desserte, la valeur de l'heure travaillée est elle-même homogène. On adopte donc dans ce cas pour effectuer l'étude d'évaluation en situation de référence avant réalisation de l'infrastructure projetée, la valeur moyenne $C_0^{\circ-1}$ de l'heure travaillée au sein de l'espace servant de support à l'étude. Toutefois, la valeur de l'heure travaillée évolue elle-même avec la mise en place de la nouvelle infrastructure. On ne peut donc, sauf à ignorer le deuxième terme de la formule de création de valeur, considérer que la valeur horaire C_0° ne varie pas au moment de l'ouverture de la nouvelle voie.

De plus, si le territoire est fortement hétérogène, et encore plus si on procède à des évaluations portant sur l'ensemble du territoire français ou européen, on ne peut pas considérer que la valeur de l'heure travaillée avant réalisation de l'infrastructure, $C_{0i}^{\circ-1}$, est constante. Elle est elle-même fonction du nombre d'emplois auquel un résident peut commodément accéder.

Comme pour les déplacements domicile travail et travail domicile, la corrélation observée entre le salaire horaire net de l'actif, C_{0i}° , et l'utilité brute ordinale liée à l'accessibilité aux emplois, $\text{Log } E_i^{88}$ s'applique :

$$C_{0i}^{\circ} = C_{0r}^{\circ} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{88}/25)$$

$$= C_{0r}^{\circ} \cdot [1 + (1/25) \cdot \text{Log } E_i^{88} + ((1/25) \cdot \text{Log } E_i^{88})^2 + ((1/25) \cdot \text{Log } E_i^{88})^3 + \dots].$$

On dispose là d'une façon très pertinente d'évaluer les performances économiques brutes des déplacements pour l'ensemble des motifs à vocation économique.

Il est à noter que cette méthode d'évaluation, même si elle présente l'inconvénient d'une approximation liée à la prise en compte du caractère stable des déplacements moyens de la cohorte des actifs et des résidents de la zone i se rendant sur leur lieu de travail et en revenant, ou effectuant des déplacements d'affaires, d'éducation, d'achats ou de services, offre le grand intérêt de se référer au salaire horaire net de l'actif résidant en i et non à une valeur tutélaire uniforme sur l'ensemble du territoire, solution qui constitue une transgression très forte de la réalité observée. La méthode est donc clairement en synergie avec la réalité profonde de fonctionnement des territoires et des systèmes de transport associés.

Notons que la corrélation entre le salaire horaire net de l'actif résidant dans la zone i, le salaire horaire net des zones isolées et les emplois commodément accessibles, E_i^{88} , est transposable à la valeur ajoutée associée à l'activité déployée, en multipliant simplement le salaire horaire net par le nombre d'heures travaillées annuellement, soit environ 1650, et par le coefficient 2,4343, rapport entre la valeur ajoutée créée par un actif et son salaire horaire net.

On obtient ainsi:

$$R_i^{te} = R_r^{te} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{88}/25)$$

avec R_i^{te} , valeur ajoutée annuelle nette créée par l'actif résidant en i, R_r^{te} , valeur ajoutée annuelle nette créée par un actif résidant dans une zone isolée et E_i^{88} nombre d'emplois commodément accessibles à partir de la zone i.

La variation de la valeur ajoutée, indicateur pertinent de la variation de l'utilité associée à l'ensemble des déplacements à vocation économique

La formulation de la valeur ajoutée permet d'ailleurs de calculer directement la variation d'utilité brute liée à l'ensemble des déplacements à vocation économique (travailler, faire des affaires, s'instruire, acheter des biens et services) au moment de la mise en service d'une infrastructure nouvelle. Il y a identité entre la variation de la valeur ajoutée et la variation de l'utilité brute pour l'ensemble des déplacements à vocation économique.

Il suffit, pour s'assurer de cette identité, de montrer que le supplément de valeur ajoutée annuelle obtenue en multipliant par 1650 et par 2,4343 le supplément de salaire horaire net induit par la mise en service de l'infrastructure nouvelle est bien identique à l'augmentation de l'utilité brute découlant de l'application de la formule de base: $\Delta_1 \text{ à } 2 \text{ } 964 (C_{0i}^{\circ}/6 \text{ Log } E_i^{88})$,

$$\text{c'est-à-dire à: } U_i^{te-2} - U_i^{te-1} = 964/6. [C_{0i}^{\circ-1}.(\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1}.(C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

$$= 160,66. [C_{0i}^{\circ-1}.(\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1}.(C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

$$\text{On a: } R_i^{te-2} - R_i^{te-1} = 1650. 2,4343. (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) =$$

$$= 1650. 2,4343. C_{0r}^{\circ}. [1/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)]$$

$$= 1650. 2,4343. C_{0r}^{\circ}. [(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25 + \text{Log } E_i^{88-2}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - (1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25 + \text{Log } E_i^{88-1}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)]$$

$$= 1650. 2,4343. C_{0r}^{\circ}. [(1 + (\text{Log } E_i^{88-2}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25)) - (1 + (\text{Log } E_i^{88-1}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25))]$$

$$= 1650. 2,4343. C_{0r}^{\circ}. [(\text{Log } E_i^{88-2}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - (\text{Log } E_i^{88-1}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)]$$

$$= 1650. 2,4343. C_{0r}^{\circ}. [\Delta ((\text{Log } E_i^{88}/25)/(1 - \text{Log } E_i^{88}/25))]$$

En vertu de $\Delta(a.b) = (\Delta a).b + a.(\Delta b)$, on a :

$$R_i^{te-2} - R_i^{te-1} = 1650. 2,4343. C_{0r}^{\circ}. [(\text{Log } E_i^{88-2}/25 - \text{Log } E_i^{88-1}/25).(1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)) +$$

$$(\text{Log } E_i^{88-1}/25). (1/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25))]$$

$$= 1650. 2,4343. (C_{0r}^{\circ}/25). [(\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}).(1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)). + \text{Log } E_i^{88-1}. (1/(1 -$$

$$\text{Log } E_i^{88-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25))]$$

$$= 1650. 2,4343 / 25. [C_{0i}^{\circ-1}. (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1}. (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

$$= 160,66 [C_{0i}^{\circ-1}. (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1}.(C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})].$$

On retrouve bien l'expression:

$$U_i^{t-2} - U_i^{t-1} = 160,66. [C_{0i}^{\circ-1}.(\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1}.(C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] = 964 \Delta_1 \text{ à } 2 (C_{0i}^{\circ}/6 \text{ Log } E_i^{88}),$$

dans laquelle le coût de l'heure travaillée est celle, $C_{0i}^{\circ-1}$, de l'actif avant réalisation de l'infrastructure nouvelle et celle, $C_{0i}^{\circ-2}$, de l'actif après réalisation de l'infrastructure.

La méthode simplifiée permet ainsi de calculer la variation annuelle d'utilité brute induite par un projet d'infrastructure en calculant directement la variation de la valeur ajoutée annuelle, ce qui est tout-à-fait

remarquable. On voit apparaître l'impact direct de la mise en service d'une infrastructure de transport sur la création de richesse.

$$\text{On a : } U_i^{te-2} - U_i^{te-1} = R_i^{te-2} - R_i^{te} = R_r^{te} \cdot [1/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)].$$

Modalités pratiques d'évaluation

Pour déterminer la progression de l'utilité économique annuelle associée à l'ensemble des déplacements à vocation économique de l'actif résidant dans la zone i et des membres du ménage associé, $U_i^{te-2} - U_i^{te-1}$, au moment de la mise en service d'une infrastructure nouvelle, on peut ainsi adopter la formule générale de calcul de l'évolution de la valeur ajoutée en fonction de la valeur ajoutée des zones rurales isolées, R_r^{te} , et écrire :

$$R_i^{te-2} - R_i^{te-1} = R_r^{te} \cdot [1/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)]$$

ou encore:

$$U_i^{te-2} - U_i^{te-1} = R_r^{te} \cdot [\text{Log } E_i^{88-2}/(25 - \text{Log } E_i^{88-2}) - \text{Log } E_i^{88-1}/(25 - \text{Log } E_i^{88-1})],$$

Mais on peut également, ne serait-ce que pour contrôler que le résultat obtenu est bien le même, calculer le salaire horaire de référence en toute zone i avant réalisation de l'infrastructure nouvelle, $C_{0i}^{\circ-1}$, et après réalisation de l'infrastructure, $C_{0i}^{\circ-2}$, en adoptant la formule générale :

$$C_{0i}^{\circ-1} = C_{0r}^{\circ} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)$$

$$C_{0i}^{\circ-2} = C_{0r}^{\circ} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25)$$

et appliquer ensuite ces valeurs à la formule de base :

$$U_i^{te-2} - U_i^{te-1} = 160,66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

En 1990, la valeur ajoutée par actif dans les zones rurales isolées était de 141 000 F. En 2000, il est de 141 000. 1,34 = 188 940 F, soit, en euros, 28 802, arrondis à 28 800 €.

En 2000, la formulation permettant de calculer la valeur ajoutée par actif en tout point i du territoire s'exprime de ce fait ainsi :

$$R_i^{te} = 28\,800 \text{ €} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{88}/25).$$

En 1990, comme on l'a vu, le salaire horaire net dans les zones rurales isolées C_{0r}° était de 58 000 F/1650 = 35,1515 F. En 2000, il était de 35,1515. 1,34 = 47,1030 F, soit en euros 7,1803 €.

En 2000, la formulation permettant de calculer le salaire annuel net en tout point i du territoire s'exprime de ce fait ainsi :

$$C_{0i}^{\circ-1} = 7,1803 \text{ €} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)$$

Si on cherche à déterminer le salaire horaire *moyen* d'un actif résidant hors Île de France, par exemple dans une agglomération de 800 000 habitants il suffit d'appliquer la formule :

$$C_{0i}^{\circ-1} = 7,1803 \text{ €} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{90-1}/25)$$

dans laquelle E_i^{90-1} est égal à $800\,000 \times 0,450 \times 0,670 = 241\,200$ emplois.

On trouve, comme déjà indiqué : $C_{0i}^{\circ-1} = 14,2393 \text{ €}$.

Comme pour les déplacements domicile travail, le nombre d'emplois E_i^{88} à prendre en considération est celui des emplois dénombrables à l'intérieur du territoire qui est délimité par l'isochrone 88^{ème} percentile. Le temps pris en considération est le temps utile, c'est-à-dire celui excluant les trajets terminaux qui n'ont pas d'effet sur les univers de choix des destinations commodément accessibles. Le temps correspondant au 88^{ème} percentile est très proche du double du temps moyen. Le temps moyen utile étant égal à $3/\alpha^{\circ} = 3/6 = 1/2$ heure =

30 min, on adoptera donc comme temps de référence pour la détermination de l'isochrone 88^{ème} percentile, la valeur de 60 minutes utiles.

Notons que le temps moyen ressenti utile pour un déplacement domicile travail est égal à $2,4/\alpha^\circ = 2,4/6 = 0,4$ heure = 24 minutes.

Enfin, le résultat par actif sera multiplié par le nombre d'actifs résidant dans une commune pour obtenir le résultat par commune.

3.3.1.4 Les déplacements pour motif loisirs verts

Une partie des déplacements n'a pas de fonction économique de premier rang. Il s'agit des déplacements qui ont pour but d'assurer le ressourcement des résidents grâce principalement à l'accès aux espaces naturels.

On peut évaluer le surplus de bien-être induit annuellement par une infrastructure nouvelle au bénéfice d'un actif et des membres du ménage qui lui sont associés du fait d'un meilleur accès aux espaces naturels.

Par rapport à l'approche plancher, l'adoption de l'approche « optimisée » conduit tout simplement à remplacer, dans l'ensemble des formulations :

t_{ij}^1 , temps efficient, par : t_{ij}^1 , temps efficient ressenti, $= t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}^1})$,

t_{ij}^n , temps total, $= t_{ij}^1 + t_0^n$, par t_{ijr}^n , temps total ressenti $= t_{ijr}^1 + t_0^n$,

$t_{ir}^{1n} = 2/\alpha_n^\circ$ par $2,4/\alpha_n^\circ$,

$t_{i}^{1n} = 2/\alpha_n^\circ$ par $3/\alpha_n^\circ$,

$B_i^{1n} = e^2 A_i^{1n}$, accessibilité brute efficiente "plancher", par $B_{io}^{1n} = e^{2,4} A_{io}^{1n}$, accessibilité brute efficiente "optimisée", ou, ce qui est équivalent dans le cas du calcul de l'accessibilité reposant sur une seule couronne, E^{90n} par E^{88n} .

Cela se traduit par les résultats suivants :

Evaluation de l'utilité nette et de l'utilité brute

La performance annuelle nette liée aux déplacements pour motif loisirs verts s'exprime sous la forme :

$$S_i^n = N_i^n \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha_n^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha_n^\circ C_{ij} / C_{0i}^\circ} = N_i^n \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha_n^\circ) \cdot \text{Log} A_i^n$$

expression dans laquelle Q_j^n représente le nombre d'ares d'espaces naturels décomptés au sein de la zone j, N_i^n le nombre de déplacements annuels pour le motif loisirs verts et α_n° le coefficient spécifique applicable aux loisirs verts.

Le nombre N_i^n de déplacements annuels pour le motif loisirs verts effectués par un actif et les membres de la famille qui lui sont rattachés est égal, en jours ouvrables, à 88, et, en jours non ouvrables, à 132, portant à 220 le nombre de déplacements pour loisirs verts effectués au cours de l'année.

Le coefficient α_n° pour les déplacements loisirs verts est égal à 8,76.

Si on adoptait formellement le coefficient α° associé aux déplacements domicile travail, soit 6, le nombre de déplacements équivalents serait de $220 \cdot (6/8,76) = 150,68$.

L'approche « optimisée » est caractérisée par le fait que le coût généralisé de déplacement est proportionnel au temps de parcours ressenti, qui est de la forme :

$$t_{ijr} = t_{ijr}^1 + t_0^n = t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}^1}) + t_0^n$$

$$\text{On a : } C_{ij} = C_{0i} t_{ijr}^n = C_{0i} (t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}^1}) + t_0^n) = C_{0i} t_{ij}^1 \cdot (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha^\circ t_{ij}^1}) + C_{0i} t_0^n$$

L'utilité annuelle nette :

$$S_i^n = N_i^n \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha_n^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ C_{ij} / C_{0i}^\circ}$$

devient ainsi :

$$\begin{aligned} S_i^n &= N_i^n \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha_n^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ t_{ijr}} \\ &= N_i^n \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha_n^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ n(t_{ijr1} + t_{0n})} \\ &= N_i^n \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha_n^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ n(t_{ij1} \cdot (0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^\circ n t_{ij1}) + t_{0n})} \\ &= N_i^n \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha_n^\circ) \cdot \text{Log} e^{-\alpha^\circ n t_{0n}} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ (t_{ij1} \cdot (0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^\circ n t_{ij1}))} \\ &= N_i^n \cdot (C_{0i}^\circ / \alpha_n^\circ) \cdot \text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ (t_{ij1} \cdot (0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^\circ n t_{ij1}))} - N_i^n \cdot C_{0i}^\circ \cdot t_0^n. \end{aligned}$$

On observe que l'utilité nette, S_i^n , s'obtient en retirant de l'utilité annuelle nette efficiente, S_i^{1n} , le coût généralisé des déplacements à pied associés au motif de déplacement loisirs verts.

$$S_i^n = S_i^{1n} - N_i^n \cdot C_{0i}^\circ \cdot t_0^n$$

Comme les trajets terminaux sont supposés invariants, lorsqu'une infrastructure nouvelle est mise en service, l'augmentation de l'utilité annuelle nette provient de l'augmentation de l'utilité nette efficiente associée au motif de déplacement loisirs verts.

L'augmentation de l'utilité annuelle associée au motif de déplacement loisirs verts d'un actif et des membres du ménage qui lui sont rattachés résidant en i est égale à :

$$\begin{aligned} S_i^{n-2} - S_i^{n-1} &= N_i^n / \alpha_n^\circ \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ C_{ij} 2 / C_{0i}^{\circ 2}} - \text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ C_{ij} 1 / C_{0i}^{\circ 1}}) \\ &+ \text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ C_{ij} 1 / C_{0i}^{\circ}} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \end{aligned}$$

L'augmentation de l'utilité économique annuelle efficiente associée au motif de déplacement loisirs verts d'un actif et des membres du ménage qui lui sont rattachés résidant en i s'écrit :

$$\begin{aligned} S_i^{1n-2} - S_i^{1n-1} &= N_i^n / \alpha_n^\circ \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ t_{ijr1-2}} - \text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ t_{ijr1-1}}) \\ &+ \text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ t_{ijr1-1}} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \\ S_i^{1n-2} - S_i^{1n-1} &= N_i^n / \alpha_n^\circ \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ n t_{ij1} \cdot (0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^\circ n t_{ij1}) - 2} - \text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ n t_{ij1} \cdot (0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^\circ n t_{ij1}) - 1}) \\ &+ \text{Log} \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ n t_{ij1} \cdot (0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^\circ n t_{ij1}) - 1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] . \end{aligned}$$

On peut, pour le motif loisirs verts, procéder au calcul du temps moyen de déplacement efficient ressenti à partir de chaque zone i : $t_{ir}^{1n} : 2,4 / \alpha_n^\circ$.

Le coût généralisé d'un déplacement efficient ressenti issu de i est ainsi égal à : $c_{ir}^{1n} = C_{0i}^\circ \cdot 2,4 / \alpha_n^\circ$.

Approche intégrée du calcul de l'accessibilité

L'utilité brute d'un déplacement efficient moyen ressenti issu de i s'exprime sous la forme: $u_i^{1n} = (C_{0i}^\circ / \alpha_n^\circ) (\text{Log } B_{io}^{1n})$, formule dans laquelle $B_{io}^{1n} = e^{2,4} A_{io}^{1n}$, représente l'accessibilité brute efficiente « optimisée » aux espaces naturels convoités, Q_j^n , pour le motif loisirs verts à partir de la zone i.

$$A_{io}^{1n} = \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ n t_{ij1} \cdot (0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^\circ n t_{ij1})}$$

Le calcul de l'accessibilité, A_{io}^{1n} , peut être effectué de façon relativement précise.

On peut calculer directement : $A_{io}^{1n} = \sum_j Q_j^n e^{-\alpha^\circ t_{ij1} \cdot (0,5 + 0,5 e - \gamma \alpha^\circ n t_{ij1})}$ en déterminant, pour chaque zone j, le temps t_{ij}^1 qui la sépare de la zone origine i. On fait appel traditionnellement pour cela à un système d'information géographique.

Du fait qu'en approche opérationnelle simple et pédagogique, le coût généralisé est proportionnel au temps de parcours, on peut également, grâce au système d'information géographique, identifier à partir de chaque zone i des couronnes concentriques dont le pas est une valeur de temps convenue, telle par exemple que $2/\alpha_n^\circ$, ce qui, pour les déplacements loisirs verts, représente une valeur de 2/8,76 heure, soit 13,70 minutes, que l'on peut arrondir à 14 minutes.

Au sein de chaque couronne, on dénombre les ares d'espaces naturels. Ces ares d'espaces naturels doivent être multipliés par un facteur qui représente le poids intégré, au sein de la couronne considérée de pas $2/\alpha_n^\circ$, du coefficient : $e^{-\alpha_n^\circ \text{ntij} 1. (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha_n^\circ \text{ntij} 1})}$

Le résultat dépend de la valeur attribuée au coefficient γ fixant la rapidité de décroissance de l'exponentielle décroissante du temps. Le coefficient permettant de retrouver les temps moyens de parcours observés est, rappelons-le, $\gamma = 0,11$. C'est cette valeur qu'il convient de prendre en considération.

Couronnes	$\gamma = 0,10$	$\gamma = 0,11$	$\gamma = 0,15$	$\gamma = 0,20$	$\gamma = 0,30$
$0/\alpha_n^\circ$ à $2/\alpha_n^\circ$	0,31803168	0,32008483	0,32819130	0,33806741	0,35687012
$2/\alpha_n^\circ$ à $4/\alpha_n^\circ$	0,07494883	0,07730156	0,08676448	0,09853638	0,12097988
$4/\alpha_n^\circ$ à $6/\alpha_n^\circ$	0,01865157	0,02002191	0,02576061	0,03319535	0,04727212
$6/\alpha_n^\circ$ à $8/\alpha_n^\circ$	0,00548808	0,00615322	0,00906030	0,01292913	0,01987314
$8/\alpha_n^\circ$ à $10/\alpha_n^\circ$	0,00183615	0,00214344	0,00352838	0,00536397	0,00833375
$10/\alpha_n^\circ$ à $12/\alpha_n^\circ$	0,00067278	0,00081234	0,00144905	0,00226157	0,00340268
$12/\alpha_n^\circ$ à $14/\alpha_n^\circ$	0,00026215	0,00032480	0,00060838	0,00094664	0,00134969
$14/\alpha_n^\circ$ à $16/\alpha_n^\circ$	0,00010626	0,00013400	0,00025630	0,00038995	0,00052275
$16/\alpha_n^\circ$ à $18/\alpha_n^\circ$	0,00004409	0,00005616	0,00010720	0,00015771	0,00019895
$18/\alpha_n^\circ$ à $20/\alpha_n^\circ$	0,00001850	0,00002366	0,00004428	0,00006221	0,00007481

L'identification de couronnes concentriques liées aux temps de parcours présente un réel caractère pédagogique sans altérer significativement la qualité des résultats de calcul par rapport à une évaluation directe de l'accessibilité, $A_{io}^{1n} = \sum_j Q_j^n e^{-\alpha_n^\circ \text{ntij} 1. (0,5 + 0,5 e^{-\gamma \alpha_n^\circ \text{ntij} 1})}$. On s'inscrit alors dans une approche de géomarketing qui fait appel à la visualisation de territoires pertinents autour d'une zone de résidence i .

Pour trouver B_{io}^{1n} , on multiplie A_{io}^{1n} par $e^{2,4}$ (dans le cas de $\gamma = 0,11$, solution optimale)

Approche simplifiée du calcul de l'accessibilité

Dans le cas d'évaluations préliminaires, notamment lorsque l'analyse porte en priorité sur les déplacements à courte portée, on peut adopter une seule couronne de référence autour de chaque zone i .

Cette couronne a comme propriété que le nombre d'ares d'espaces naturels que l'on y dénombre est très proche de la valeur de l'accessibilité brute efficiente « optimisée », B_{io}^{1n}

La couronne est définie comme le territoire délimité par l'isochrone qui n'est dépassée que par 12% des résidents de la zone i , pour le motif de déplacement considéré, d'où sa dénomination, Q_i^{n88} .

Le 88^{ème} percentile correspond à un éloignement en temps efficient depuis la zone de résidence de : 1,9011. 2,9948/ $\alpha_n^\circ \approx 1,90$. 3/ α_n° .

Dans le cas des déplacements pour le motif loisirs verts, le coefficient α_n° est égal à 8,76. Le temps moyen de déplacement efficient est de 2/8,76. 1,4974 = (0,2283 heure) x 1,4974 = (13,6986 minutes) x 1,4974 = 20,51 minutes, très proches de 21 minutes efficientes. Le temps du 88^{ème} percentile est de 20,5123. 1,9011 = 38,9959 minutes, très proches de 39 minutes efficientes.

En approche simplifiée, on détermine ainsi l'isochrone de 39 minutes pour le motif loisirs verts et on dénombre les ares d'espaces naturels, Q_i^{n88} , au sein du territoire ainsi délimité.

Au degré de précision près, on a : $B_{io}^{1n} = Q_i^{n88}$

On utilisera donc indifféremment la terminologie : B_{io}^{1n} ou Q_i^{n88} pour dénommer l'accessibilité brute. Dans la suite du texte, on adoptera le terme Q_i^{n88} qui évoque la notion de territoire accessible dans un temps donné.

Utilité nette, utilité brute et coût généralisé

Compte tenu des analyses précédentes, pour un déplacement moyen loisirs verts, l'utilité nette peut être reliée à l'utilité brute par la relation simple suivante:

On a :

$$s_i^{1n} = u_i^n - c_i^{1n} = (C_{0i}^{\circ}/\alpha_n^{\circ}) (\text{Log } Q_i^{n88} - 2,4)$$

$$\Delta s_i^{1n} = \Delta u_i^n - \Delta c_i^{1n} = \Delta [(C_{0i}^{\circ}/\alpha_n^{\circ}) (\text{Log } Q_i^{n88} - 2,4)]$$

$$u_i^n = (C_{0i}^{\circ}/\alpha_n^{\circ}) \cdot \text{Log } Q_i^{n88} = 1/\alpha_n^{\circ} \cdot C_{0i}^{\circ} \cdot \text{Log } Q_i^{n88}$$

$$\Delta u_i^n = u_i^{n-2} - u_i^{n-1} = 1/\alpha_n^{\circ} \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } Q_i^{n88-2} - \text{Log } Q_i^{n88-1}) + \text{Log } Q_i^{n88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

$$= 1/\alpha_n^{\circ} \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } Q_i^{n88-2} - \text{Log } Q_i^{n88-1}) + \text{Log } Q_i^{n88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

Transposé au nombre de déplacements annuels pour loisirs verts, 220, on trouve :

$$U_i^n = N_i^n \cdot (C_{0i}^{\circ}/\alpha_n^{\circ}) \cdot \text{Log } Q_i^{n88} = 220 \cdot (C_{0i}^{\circ}/8,76) \cdot \text{Log } Q_i^{n88}$$

$$= 150,68 \cdot (C_{0i}^{\circ}/6) \cdot \text{Log } Q_i^{n88} = 25,11 \cdot C_{0i}^{\circ} \cdot \text{Log } Q_i^{n88}$$

Lorsqu'une infrastructure nouvelle est mise en service, l'augmentation de l'utilité annuelle attachée aux déplacements pour loisirs verts d'un actif de la zone i et des membres de la famille qui lui sont rattachés est égale à :

$$U_i^{n-2} - U_i^{n-1} = 25,11 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } Q_i^{n88-2} - \text{Log } Q_i^{n88-1}) + \text{Log } Q_i^{n88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})]$$

Le coût horaire C_{0i}° à prendre en considération aussi bien avant la mise en service de l'infrastructure nouvelle, $C_{0i}^{\circ-1}$, qu'après la mise en service, $C_{0i}^{\circ-2}$, est celui de l'actif résidant dans la zone i. Il s'agit donc du coût qui se calcule selon la formule :

$$C_{0i}^{\circ} = C_{0r}^{\circ} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{88}/25).$$

On a ainsi :

$$C_{0i}^{\circ-1} = C_{0r}^{\circ} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)$$

$$C_{0i}^{\circ-2} = C_{0r}^{\circ} \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25).$$

Modalités pratiques d'évaluation

Dans la formule qui précède, la quantité d'espaces naturels Q_i^{n88} correspond à la superficie des espaces naturels, exprimée en ares, dénombrables à l'intérieur du territoire qui est délimité par l'isochrone 88^{ème} percentile, c'est-à-dire l'isochrone qui n'est dépassé, pour le motif loisirs verts, que par 12% des actifs et des membres du ménage qui leur sont associés de la zone i. Les percentiles s'appliquent aux temps utiles t_i^1 des déplacements pour motif loisirs verts, c'est-à-dire exclusion faite des trajets terminaux qui n'ont pas d'effet sur les univers de choix des destinations naturelles commodément accessibles. Le temps correspondant au 88^{ème} percentile est égal à 1,9011 fois le temps moyen, proche donc de 2 fois ce temps.

Le temps moyen utile pour les déplacements répondant au motif loisirs verts est égal à $2,9948/\alpha_n^{\circ} = 20,51$ minutes. En adoptant $3/\alpha_n^{\circ} = 3/8,76$, on trouve 20,55 min.

On prendra donc comme temps de référence pour la détermination de l'isochrone 88^{ème} percentile, la valeur de $1,9011 \times 20,51 \text{ min} = 39 \text{ minutes}$. En prenant le double, on trouve 41 minutes.

Les espaces naturels n'ont pas tous le même pouvoir d'attraction. Une étude du 13 février 2006 de la Direction régionale de l'équipement d'Ile de France, reposant sur l'analyse des résultats de l'enquête globale de transport de 2001, fait apparaître le besoin de pondérer de la façon suivante les surfaces d'espaces naturels aquatiques, agricoles et forestiers :

Espaces aquatiques :	9,2048
Espaces agricoles :	1,1395
Espaces forestiers :	0,1794

On multipliera donc les surfaces aquatiques, agricoles et forestières, exprimées en ares, par ces coefficients respectifs pour déterminer le nombre d'ares d'espaces naturels équivalents, à introduire dans la quantité $Q_i^{n.88}$ servant à la formulation de l'utilité des espaces naturels.

L'unité représentée par un are correspond à la situation de référence où le choix du ménage est réduit à celle de l'accès à son logement (en moyenne un are), ce qui est l'illustration d'un choix d'espace limité au minimum fonctionnel.

Notons que le temps moyen ressenti utile pour un déplacement loisirs verts est égal à $2,4 / \alpha_n = 2,4/8,76 = 0,274$ heure = 16,44 minutes.

Enfin pour obtenir le résultat par commune, on multipliera le résultat par actif et membres du ménage associés, par le nombre d'actifs de la commune.

3.3.2 Les coûts généralisés de transport

3.3.2.1 Le principe de l'évaluation des coûts généralisés des déplacements

Les enquêtes globales de transport font apparaître, comme on l'a vu, une stabilité remarquable du temps consacré par les résidents à leurs déplacements. Les observations portent désormais sur une période de plus de 25 ans. Les modèles de trafic qui reproduisent fidèlement ces comportements incorporent donc la notion de stabilité des temps de déplacement à la mise en service d'une infrastructure nouvelle. Une nouvelle infrastructure performante n'a pas d'effet sur les temps de parcours des usagers.

Pour un motif donné, l'analyse de la formule de distribution des déplacements dans l'espace, qui reproduit fidèlement le résultat des enquêtes de transport, fait apparaître, dans sa version optimisée, que le temps moyen d'un déplacement issu d'une zone i , exprimé en heures et hors trajets terminaux à pied, est égal à $t_{iz} = 3 / \alpha_z$. Pour le motif travail, dont le coefficient α_z est égal à 6, le temps moyen est ainsi de $3/6^{\text{ème}}$ d'heure, soit 30 minutes, hors trajets terminaux à pied, et de 36 minutes, y compris trajets terminaux à pied. On retrouve bien les résultats donnés par les enquêtes globales de transport.

Il convient de préciser que le temps moyen ressenti n'est pas identique au temps réel car la valeur du temps s'atténue avec la durée des trajets. Le temps moyen ressenti est égal à $t_{irz} = 2,4 / \alpha_z$. Pour le motif travail, le temps moyen ressenti est ainsi de $2,4/6^{\text{ème}}$ d'heure, soit 24 minutes, hors trajets terminaux à pied, et de 30 minutes, y compris trajets terminaux à pied.

Pour les déplacements domicile travail, la valorisation de ce temps de transport se fait sur la base, observée également dans les enquêtes, de $2/3$ du salaire horaire net.

Les enquêtes globales de transport font de plus apparaître que les dépenses monétaires consacrées par les usagers à leurs déplacements domicile travail représentent $1/3$ du salaire horaire net, soit la moitié de la valorisation de leur temps de déplacement. Le coût généralisé d'une heure de déplacement pour le motif domicile travail est ainsi équivalent au salaire horaire net de l'actif se déplaçant. Ce coût généralisé horaire de déplacement suit de ce fait strictement le niveau de vie de l'actif.

Exprimés en unités de niveau de vie, les coûts généralisés de transport sont donc insensibles à la mise en service d'un ouvrage nouveau performant, du fait que le temps de transport est invariant.

Toutefois, comme le coût généralisé est le produit du temps de déplacement, exprimé par exemple en heures, et du coût généralisé d'une heure de déplacement, soit $C_i = C_{0i}^\circ t_i$, la valeur des coûts généralisés de déplacement va progresser avec l'augmentation du salaire horaire net, même si le temps de parcours, lui, ne varie pas.

On sait déterminer la progression du salaire horaire net à partir de la progression des utilités des déplacements associés aux univers de choix d'emplois, comme on l'a vu dans le paragraphe consacré à l'évaluation des utilités économiques brutes des destinations économiques commodément accessibles.

On peut dès lors calculer globalement l'effet de cette progression salariale sur les coûts généralisés de transport, en multipliant la durée annuelle des déplacements d'un actif et des membres du ménage associés, qui lui ne varie pas, par la progression du salaire horaire dans la commune étudiée à l'ouverture de l'infrastructure projetée.

Le calcul peut être effectué comme suit.

3.3.2.2 L'évaluation des coûts généralisés des déplacements domicile travail

Pour les déplacements domicile travail, le nombre de déplacements effectués par un actif résidant en i est de 396 par an. On a : $N_i^t = 396$.

La durée moyenne d'un déplacement issu de i est composée de deux termes, la durée du trajet efficient, essentiellement motorisé, t_i^1 , et le trajet terminal à pied, t_0 .

En approche « optimisée », la durée moyenne de la partie efficiente, t_i^1 , d'un déplacement domicile travail, est égale à $3/\alpha^\circ$ heure, soit $3/6$ heure = 30 minutes. La durée du trajet terminal à pied, t_0 , est de $1/10$ heure = 6 minutes. La durée totale d'un déplacement moyen domicile travail, t_i , est ainsi de 36 minutes.

Un actif effectue ainsi : $36/60 \times 396 = 237,6$ heures de déplacement par an pour le motif domicile travail, dont $30/60 \times 396 = 1/2 \times 396 = 198$ heures de trajets efficients et $1/10 \times 396 = 39,6$ heures de trajets terminaux à pied.

En approche « optimisée », la durée moyenne ressentie de la partie efficiente, t_{ir}^1 , d'un déplacement domicile travail, est égale à $2,4/\alpha^\circ$ heure, soit $2,4/6$ heure = 24 minutes. La durée du trajet terminal à pied, t_0 , est de $1/10$ heure = 6 minutes. La durée totale ressentie d'un déplacement moyen domicile travail, t_{ir} , est ainsi de 30 minutes.

Un actif effectue ainsi : $30/60 \times 396 = 198$ heures ressenties de déplacement par an pour le motif domicile travail, dont $24/60 \times 396 = 0,4 \times 396 = 158,4$ heures de trajets efficients ressentis et $1/10 \times 396 = 39,6$ heures de trajets terminaux à pied.

Le coût généralisé annuel des déplacements domicile travail d'un actif résidant en i , C_i^t , est ainsi égal, en approche optimisée, à : $C_i^t = (158,4 + 39,6) \cdot C_{0i}^\circ$.

C_{0i}° est le salaire horaire net de l'actif.

Ce salaire peut être calculé en fonction de l'accessibilité aux emplois en appliquant la formule : $C_{0i}^\circ = C_{0r}^\circ \cdot 1/(1 - \text{Log } E_i^{88}/25)$

A l'ouverture d'une infrastructure nouvelle, le salaire horaire net de l'individu varie du fait de la variation de l'accessibilité E_i^{88} .

On a donc :

$C_i^{t-2} - C_i^{t-1} = (158,4 + 39,6) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) = 158,4 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})$ pour les trajets efficients + $39,6 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})$ pour les trajets terminaux à pied.

$$= (158,4 + 39,6) \cdot C_{0r}^{\circ} \cdot [1/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)]$$

Dans le cas de la réalisation d'infrastructures pertinentes, l'accessibilité E_i^{88} , liée à la partie efficiente du trajet, est améliorée et le salaire horaire net de l'actif croît.

Comme le nombre d'heures de déplacement pour se rendre au travail et en revenir ne varie pas, il y a ainsi augmentation du coût généralisé annuel de déplacement pour le motif domicile travail, essentiellement du fait de la croissance de la valeur horaire du coût généralisé de déplacement qui n'est autre que le salaire horaire net de l'actif, influencé positivement par l'ouverture de la voie.

Connaissant l'utilité brute associée aux déplacements domicile travail et le coût généralisé des déplacements, on peut en déduire la variation de l'utilité nette, en se rappelant que l'utilité nette totale, S_i , se déduit de l'utilité efficiente, S_{io}^1 , en retirant de l'utilité nette efficiente le coût généralisé des trajets terminaux à pied : $N_i^t \cdot C_{0i}^{\circ} \cdot t_0$.

$$\text{On a pour les déplacements domicile travail: } S_{io}^t = S_{io}^{1t} - N_i^t \cdot C_{0i}^{\circ} \cdot t_0$$

Variation de l'utilité nette efficiente :

$$\begin{aligned} \Delta S_{io}^{1t} &= S_{io}^{1t-2} - S_{io}^{1t-1} = N_i^t (\Delta U_i^t - \Delta C_i^{1t}) = N_i^t \Delta (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}) (\text{Log } E_i^{88}) - N_i^t \Delta ((C_{0i}^{\circ} \cdot 2,4/\alpha^{\circ}) \\ &= 396/6 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + (\text{Log } E_i^{88-1}) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 396/6 [2,4 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \\ &= 66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 66 [2,4 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \end{aligned}$$

Variation de l'utilité nette totale:

$$\begin{aligned} \Delta S_{io}^t &= S_{io}^{t-2} - S_{io}^{t-1} = N_i^t (\Delta U_i^t - \Delta C_i^t) = N_i^t \Delta (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}) (\text{Log } E_i^{88}) - N_i^t \Delta ((C_{0i}^{\circ} \cdot 2,4/\alpha^{\circ}) + C_{0i}^{\circ} \cdot 1/10) \\ &= 396/6 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + (\text{Log } E_i^{88-1}) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 396/6 [(2,4 + 6/10) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \\ &= 66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 66 [(2,4 + 6/10) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \end{aligned}$$

On retrouve bien dans cette expression : $66 \times 2,4 = 158,4$ heures ressenties de trajets efficaces et $66 \times 6/10 = 39,6$ heures de trajets terminaux à pied.

3.3.2.3 L'évaluation des coûts généralisés des déplacements à vocation économique

Les déplacements à vocation économique répondent à plusieurs motifs de déplacement : travailler (t), faire des affaires (u), s'instruire (v), procéder à des achats de biens et services (w).

Chaque motif t, u, v, w, a ses caractéristiques : nombre de déplacements annuels, coefficients α° spécifiques, nombre d'emplois adaptés (emplois totaux pour le motif travail, emplois tertiaires pour le motif affaires, emploi d'enseignants pour le motif éducation, emplois de vendeurs pour le motif achat de biens et services).

La durée moyenne d'un déplacement issu de i est composée de deux termes, la durée du trajet efficient, essentiellement motorisé, t_i^1 , et le trajet terminal à pied, t_0 .

On peut admettre que le rapport entre le temps du trajet terminal à pied et le temps du trajet efficient est stable. Pour le motif travail, en approche « optimisée », il est de l'ordre de 20%. C'est ce pourcentage qu'on appliquera à tous les motifs.

Le temps efficient réel, t_i^{1z} , consacré à un déplacement pour un motif donné z est inversement proportionnel au facteur α_z° . Exprimé en heures, en approche « optimisée », il est égal à $3/\alpha_z^\circ$.

Le temps efficient ressenti, t_{ir}^{1z} , consacré à un déplacement pour un motif donné z est également inversement proportionnel au facteur α_z° . Exprimé en heures, en approche « optimisée », il est égal à $2,4/\alpha_z^\circ$.

On peut donc déterminer le temps efficient réel ou ressenti d'un déplacement pour chaque motif et multiplier cette durée unitaire par le nombre de déplacements annuels pour déterminer le temps consacré à chaque motif de déplacement.

Les coefficients α_z° découlent de l'analyse des enquêtes globales de transport. Le coefficient α_z° est d'environ 6 pour le motif travail. Il est d'environ 7 (7,02) pour le motif affaires professionnelles, 10 (10,02) pour le motif éducation, 10,9 (10,86) pour le motif achats, services et loisirs urbains.

Le nombre moyen de déplacements par motif découle également de l'analyse des enquêtes globales de transport.

Le nombre de déplacements totaux annuels à vocation économique est de 1432.

Il est composé de 396 déplacements domicile travail et travail domicile et de 1036 déplacements à vocation économique de type affaires, éducation, achats, services.

Les 1036 déplacements à vocation économique autres que domicile travail donnent naissance à 651 déplacements équivalents, en maintenant les attracteurs originaux E_j^u , E_j^v , E_j^w , et en adoptant $\alpha^\circ = 6$, et à 568 déplacements équivalents, en adoptant, de plus, comme attracteur de référence, le nombre d'emplois totaux E_j .

Le nombre de déplacements annuels équivalents, en maintenant les attracteurs originaux E_j^u , E_j^v , E_j^w , et en adoptant $\alpha^\circ = 6$, est ainsi de $396 + 651 = 1047$.

En se référant à l'attracteur E_j et en adoptant $\alpha^\circ = 6$, il est de $396 + 568 = 964$.

En approche « optimisée », la durée moyenne de la partie efficiente, t_i^1 , d'un déplacement domicile travail, est égale à $3/\alpha^\circ$ heure, soit $3/6$ heure = 30 minutes. La durée du trajet terminal à pied, t_0 , est de $1/10$ heure = 6 minutes. La durée totale d'un déplacement moyen domicile travail, t_i , est ainsi de 36 minutes.

Le temps total consacré par un actif et les membres de la famille qui lui sont rattachés est ainsi, pour les déplacements à vocation économique, de : $36/60 \times 964 = 578,4$ heures par an, dont $30/60 \times 964 = 1/2 \times 964 = 482$ heures de trajets efficients et $1/10 \times 964 = 96,4$ heures de trajets terminaux à pied.

En approche « optimisée », la durée moyenne ressentie de la partie efficiente, t_{ir}^1 , d'un déplacement domicile travail, est égale à $2,4/\alpha^\circ$ heure, soit $2,4/6$ heure = 24 minutes. La durée du trajet terminal à pied, t_0 , est de $1/10$ heure = 6 minutes. La durée totale ressentie d'un déplacement moyen domicile travail, t_{ir} , est ainsi de 30 minutes.

Le temps total ressenti consacré par un actif et les membres de la famille qui lui sont rattachés est ainsi, pour les déplacements à vocation économique, de : $30/60 \times 964 = 482$ heures par an, dont $24/60 \times 964 = 0,4 \times 964 = 385,6$ heures ressenties de trajets efficients et $1/10 \times 964 = 96,4$ heures de trajets terminaux à pied.

Le coût généralisé annuel des déplacements pour tous motifs économiques d'un actif résidant en i et des membres du ménage qui lui sont rattachés, C_i^{te} , est ainsi égal, en approche optimisée, à : $C_i^{te} = (385,6 + 96,4) \cdot C_{0i}^\circ$.

C_{0i}° est le salaire horaire net de l'actif de référence de la famille.

Ce salaire peut être calculé en fonction de l'accessibilité aux emplois en appliquant la formule : $C_{0i}^\circ = C_{0r}^\circ \cdot 1/(1 - \log E_i^{88}/25)$

A l'ouverture d'une infrastructure nouvelle, le salaire horaire net de l'individu varie du fait de la variation de l'accessibilité E_i^{88} .

On a donc :

$$C_i^{te-2} - C_i^{te-1} = (385,6 + 96,4) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) = 385,6 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) \text{ pour les trajets efficients} + 96,4 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) \text{ pour les trajets terminaux à pied,}$$

$$= (385,6 + 96,4) \cdot C_{0i}^{\circ} \cdot [1/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)]$$

Dans le cas de la réalisation d'infrastructures pertinentes, l'accessibilité E_i^{88} , liée à la partie efficiente du trajet, est améliorée et le salaire horaire net de l'actif croît.

Comme le nombre d'heures de déplacement pour produire des activités économiques ne varie pas, il y a ainsi augmentation du coût généralisé annuel de déplacement pour ces motifs économique (travail, affaires, éducation, achats et services), essentiellement du fait de la croissance de la valeur horaire du coût généralisé de déplacement qui n'est autre que le salaire horaire net de l'actif, influencé positivement par l'ouverture de la voie.

Connaissant l'utilité brute associée aux déplacements à vocation économique et le coût généralisé des déplacements, on peut en déduire la variation de l'utilité nette, en se rappelant que l'utilité nette totale, S_i , se déduit de l'utilité efficiente, S_i^1 , en retirant de l'utilité nette efficiente le coût généralisé des trajets terminaux à pied : $N_i^{te} \cdot C_{0i}^{\circ} \cdot t_0$.

$$\text{On a pour les déplacements à vocation économique: } S_{io}^{te} = S_{io}^{1te} - N_i^{te} \cdot C_{0i}^{\circ} \cdot t_0$$

Variation de l'utilité nette efficiente :

$$\begin{aligned} \Delta S_{io}^{1te} &= S_{io}^{1te-2} - S_{io}^{1te-1} = N_i^{te} (\Delta U_i^{te} - \Delta C_i^{1te}) = N_i^{te} \Delta (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}) (\text{Log } E_i^{88}) - N_i^{te} \Delta \\ &((C_{0i}^{\circ} \cdot 2,4/\alpha^{\circ}) \\ &= 964/6 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + (\text{Log } E_i^{88-1}) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 964/6 [2,4 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \\ &= 160,66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 160,66 [2,4 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \end{aligned}$$

Variation de l'utilité nette totale:

$$\begin{aligned} \Delta S_{io}^{te} &= S_{io}^{te-2} - S_{io}^{te-1} = N_i^{te} (\Delta U_i^{te} - \Delta C_i^{te}) = N_i^{te} \Delta (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}) (\text{Log } E_i^{88}) - N_i^{te} \Delta ((C_{0i}^{\circ} \cdot 2,4/\alpha^{\circ}) \\ &+ C_{0i}^{\circ} \cdot 1/10) \\ &= 964/6 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + (\text{Log } E_i^{88-1}) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 964/6 [(2,4 + 6/10) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \\ &= 160,66 \cdot [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } E_i^{88-2} - \text{Log } E_i^{88-1}) + \text{Log } E_i^{88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 160,66 [(2,4 + 6/10) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \end{aligned}$$

On retrouve bien dans cette expression : $160,666 \times 2,4 = 385,6$ heures de trajets efficients et $160,66 \times 6/10 = 96,4$ heures de trajets terminaux à pied.

3.3.2.4 L'évaluation des coûts généralisés des déplacements à vocation naturelle (ou loisirs verts)

Pour les déplacements à vocation « loisirs verts », le nombre de déplacements à prendre en considération effectués par un actif résidant en i et par les membres du ménage qui lui sont rattachés est de 88 en jours ouvrables et de 132 en jours non ouvrables, portant à 220 le nombre de déplacements pour loisirs verts effectués au cours de l'année. On a : $N_i^n = 220$.

Le coefficient α_n° applicable aux loisirs verts est égal à 8,76.

La durée moyenne d'un déplacement issu de i , t_i^{1n} , est composée de deux termes, la durée du trajet efficient, essentiellement motorisé, t_i^{1n} , et le trajet terminal à pied, t_0^n .

On peut admettre que le rapport entre le temps du trajet terminal à pied et le temps du trajet efficient est stable. Pour le motif travail, il est, en approche « optimisée », de l'ordre de 20%. C'est ce pourcentage qu'on appliquera au motif de déplacement « loisirs verts ».

En approche « optimisée », la durée moyenne de la partie efficiente, t_i^{1n} , d'un déplacement pour motif « loisirs verts », est égale à $3/\alpha_n^\circ$ heures, soit $3/8,76$ heures = $3/8,76 \times 60 = 20,55$ minutes. La durée du trajet terminal à pied, t_0^n , est de $(6/60)/(6/8,76)$ heure = $0,06849 \times 60 = 4,11$ minutes. La durée totale d'un déplacement moyen « loisirs verts », t_i^n , est ainsi de 24,66 minutes.

Un actif et les membres du ménage qui lui sont rattachés effectuent de ce fait : $24,66/60 \times 220 = 90,42$ heures de déplacement par an pour le motif loisirs verts, dont $20,55/60 \times 220 = 75,35$ heures de trajets efficients et $4,11/60 \times 220 = 15,07$ heures de trajets terminaux à pied.

On pourrait formellement évoquer des déplacements équivalant à un déplacement domicile travail correspondant à un coefficient α° de 6 au lieu du coefficient α_n° de 8,76. Le nombre de déplacements équivalents serait de $220 \times 6/8,76 = 150,68$, avec une durée moyenne unitaire du déplacement de 36 minutes, dont 30 minutes de trajet efficient et 6 minutes de trajets terminaux à pied. La durée totale de déplacement serait bien de $36/60 \times 150,68 = 90,41$ heures, dont $30/60 \times 150,68 = 75,34$ heures de trajets efficients et $6/60 \times 150,68 = 15,07$ heures de trajets terminaux à pied.

En approche « optimisée », la durée moyenne ressentie de la partie efficiente, t_{ir}^{1n} , d'un déplacement « loisirs verts », est égale à $2,4/\alpha_n^\circ$ heures, soit $2,4/8,76$ heure = $2,4/8,76 \times 60 = 16,44$ minutes. La durée du trajet terminal à pied, t_0^n , est de $(6/60)/(6/8,76)$ heure = $0,06849 \times 60 = 4,11$ minutes. La durée totale ressentie d'un déplacement moyen « loisirs verts », t_{ir}^n , est ainsi de 20,55 minutes.

Le temps total ressenti consacré par un actif et les membres de la famille qui lui sont rattachés est ainsi, pour les déplacements « loisirs verts », de : $20,55/60 \times 220 = 75,35$ heures par an, dont $16,44/60 \times 220 = 0,274 \times 220 = 60,28$ heures ressenties de trajets efficients et $4,11/60 \times 220 = 15,07$ heures de trajets terminaux à pied.

Le coût généralisé annuel des déplacements pour loisirs verts d'un actif résidant en i et des membres du ménage qui lui sont rattachés, C_i^n , est ainsi égal, en approche optimisée, à : $C_i^n = (60,28 + 15,07)$. C_{0i}° .

C_{0i}° est le salaire horaire net de l'actif référent de la famille.

Ce salaire peut être calculé en fonction de l'accessibilité aux emplois en appliquant la formule : $C_{0i}^\circ = C_{0r}^\circ \cdot 1/(1 - \log E_i^{88}/25)$

A l'ouverture d'une infrastructure nouvelle, le salaire horaire net de l'actif varie du fait de la variation de l'accessibilité E_i^{88} .

On a donc :

$C_i^{t-2} - C_i^{t-1} = (60,28 + 15,07)$. $(C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1}) = 60,28$. $(C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})$ pour les trajets efficients + 15,07. $(C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})$ pour les trajets terminaux à pied.

$$= (60, 28 + 15, 07). C_{0r}^{\circ} \cdot [1/(1 - \text{Log } E_i^{88-2}/25) - 1/(1 - \text{Log } E_i^{88-1}/25)]$$

Dans le cas de la réalisation d'infrastructures pertinentes, l'accessibilité E_i^{88} , liée à la partie efficiente du trajet, est améliorée et le salaire horaire net de l'actif croît.

Comme le nombre d'heures de déplacement pour le motif « loisirs verts » ne varie pas, il y a ainsi augmentation du coût généralisé annuel de déplacement pour ce motif, essentiellement du fait de la croissance de la valeur horaire du coût généralisé de déplacement qui n'est autre que le salaire horaire net de l'actif référent, influencé positivement par l'ouverture de la voie.

Connaissant l'utilité brute associée aux déplacements pour « loisirs verts » et le coût généralisé des déplacements, on peut en déduire la variation de l'utilité nette, en se rappelant que l'utilité nette totale, S_i^n , se déduit de l'utilité efficiente, S_i^{1n} , en retirant de l'utilité nette efficiente le coût généralisé des trajets terminaux à pied : $N_i^n \cdot C_{0i}^{\circ} \cdot t_0^n$.

$$\text{On a pour les déplacements à vocation « loisirs verts »: } S_{io}^n = S_{io}^{1n} - N_i^n \cdot C_{0i}^{\circ} \cdot t_0^n$$

Variation de l'utilité nette efficiente :

$$\begin{aligned} \Delta S_{io}^{1n} &= S_{io}^{1n-2} - S_{io}^{1n-1} = N_i^n (\Delta U_i^n - \Delta C_i^{1n}) = N_i^n \Delta (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}) (\text{Log } Q_i^{n88}) - N_i^n \Delta \\ &((C_{0i}^{\circ} \cdot 2,4/\alpha_n^{\circ})) \\ &= 220/8,76. [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } Q_i^{n88-2} - \text{Log } Q_i^{n88-1}) + (\text{Log } Q_i^{n88-1}) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 220/8,76 [2,4 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \\ &= 25,114. [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } Q_i^{n88-2} - \text{Log } Q_i^{n88-1}) + \text{Log } Q_i^{n88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 25,114 [2,4 \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \end{aligned}$$

Variation de l'utilité nette totale:

$$\begin{aligned} \Delta S_{io}^n &= S_{io}^{n-2} - S_{io}^{n-1} = N_i^n (\Delta U_i^n - \Delta C_i^n) = N_i^n \Delta (C_{0i}^{\circ}/\alpha^{\circ}) (\text{Log } Q_i^{n88}) - N_i^n \Delta ((C_{0i}^{\circ} \cdot 2,4/\alpha_n^{\circ}) + C_{0i}^{\circ} (6/60)(\alpha^{\circ}/\alpha_n^{\circ})) \\ &= 220/8,76. [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } Q_i^{n88-2} - \text{Log } Q_i^{n88-1}) + (\text{Log } Q_i^{n88-1}) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 220/8,76 [(2 + 36/60) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \\ &= 25,114. [C_{0i}^{\circ-1} \cdot (\text{Log } Q_i^{n88-2} - \text{Log } Q_i^{n88-1}) + \text{Log } Q_i^{n88-1} \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] - 25,114 [(2,4 + 6/10) \cdot (C_{0i}^{\circ-2} - C_{0i}^{\circ-1})] \end{aligned}$$

On retrouve bien dans cette expression : $25,114 \times 2,4 = 60,27$ heures de trajets efficients et $25,114 \times 6/10 = 15,07$ heures de trajets terminaux à pied.

3.3.3 Les nuisances induites

3.3.3.1 Le principe de l'évaluation des nuisances

L'évaluation des nuisances repose sur des ratios appliqués aux kilomètres parcourus par les véhicules polluants.

Alors que les utilités brutes de déplacement et les coûts généralisés de déplacement sont, en approche « optimisée », sensibles aux temps de déplacement ressentis, les nuisances sont directement reliées aux temps de déplacement réels et aux kilomètres parcourus réels associés à ces temps de parcours.

Les principes de l'évaluation des nuisances dans l'approche « plancher » peuvent donc être transposés à l'évaluation des nuisances dans l'approche « optimisée » en prenant bien soin de tenir compte, dans cette phase de l'évaluation des nuisances, des temps de déplacement réels et des kilométrages parcourus correspondants.

Nonobstant cette précision, les principes d'évaluation sont les mêmes. Ils sont simplement reproduits ci-après :

Les nuisances sont sensiblement différentes selon le mode de transport utilisé. Leur évaluation est donc conditionnée par la connaissance des kilomètres parcourus par mode de transport et par usager pour un motif de déplacement donné.

Connaissant les kilomètres parcourus, on multiplie ces parcours par des valeurs tutélaires qualifiant les différentes nuisances : insécurité routière, bruit, pollution, effet de serre dont les niveaux kilométriques sont différents selon la nature des voies empruntées.

On peut, en première approximation, déterminer un niveau de nuisance en utilisant la méthode simplifiée suivante qui s'applique principalement aux modes de transport routier.

Pour chaque type de nuisance une valeur en euro par km parcouru, par véhicule et par type de voie permet de calculer le coût de la nuisance induite par un résident utilisant par exemple une voiture particulière (on peut transposer au cas d'un deux-roues motorisé) sur chaque branche de l'arborescence des déplacements compris entre 0 et 60 minutes en approche « optimisée ». Pour déterminer le coût de la nuisance rapportée à un usager et non à un véhicule, il faut diviser la valeur tutélaire de nuisance kilométrique attachée à un véhicule par le taux d'occupation du véhicule.

Pour chaque commune située dans la zone de l'étude, il s'agit ensuite de calculer quel est le coût **moyen** de la nuisance induite par un résident à l'occasion d'un déplacement moyen lié au motif domicile travail. Ce résultat s'obtient en pondérant la valeur obtenue sur chaque branche de l'arborescence par la probabilité d'emploi de cette branche et en additionnant les coûts élémentaires ainsi déterminés.

On peut, dès lors, évaluer le coût des nuisances induites par l'ensemble des déplacements à vocation économique qui sont rapportés à un nombre de déplacements équivalents domicile travail. On peut dans les mêmes conditions évaluer les nuisances induites par les déplacements à vocation de loisirs verts qui sont rapportés, en termes de kilomètres parcourus, également à un nombre de déplacements équivalents domicile travail.

Pour effectuer le calcul de la nuisance induite par un déplacement moyen domicile travail effectué par un résident, on découpe en approche « optimisé » le territoire qui n'est dépassé que par 12% des résidents (60 minutes) en 6 couronnes : 0 à 10 minutes, 10 à 20 minutes, 20 à 30 minutes, 30 à 40 minutes, 40 à 50 minutes et 50 à 60 minutes. A chaque couronne est attribué un poids de fréquentation identique, soit 1/6. Les arborescences qui ont une destination à l'intérieur de la couronne 0-10 minutes se voient affecter une probabilité de fréquentation proportionnelle aux biens convoités Q_i au sein de chacune des communes situées à l'intérieur de cette couronne 0-10 minutes. De même, les arborescences qui ont une destination à l'intérieur de la couronne 10-20 minutes se voient affecter une probabilité de fréquentation proportionnelle aux biens convoités Q_j au sein de chacune des communes de cette couronne 10-20 minutes. Et ainsi de suite pour les quatre dernières couronnes. On peut vérifier que le temps moyen de parcours est bien dans ce cas de 30 minutes (5 minutes + 15 minutes + 25 minutes + 35 minutes + 45 minutes + 55 minutes, divisés par 6 = 30 minutes).

Les valeurs des coûts pondérés des différentes nuisances induites à l'occasion d'un déplacement domicile travail sont alors multipliées par le nombre de déplacements annuels équivalents domicile travail (964 pour les déplacements à vocation économique et 150 pour les déplacements à vocation de loisirs verts). On peut, sur ces bases, calculer le coût des nuisances induites annuellement par un actif (et membres du ménage associés) pour chaque commune de la zone de l'étude au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels.

Comme l'évaluation porte sur les déplacements effectués en transport individuel, il convient de multiplier le résultat précédent par le taux d'utilisation du transport individuel. Ce taux, par exemple en Île de France, est différent selon que le résident habite Paris, en petite couronne ou en grande couronne ou encore, hors Île de France.

Le taux à prendre en considération est celui qui se réfère aux déplacements motorisés et non aux déplacements totaux, motorisés et à pied.

En effet, les déplacements à pied tirent bénéfice de la mise en service de l'ouvrage. Lorsqu'une nouvelle infrastructure de transport individuelle ou collective est mise en service, on constate qu'une partie des usagers effectuant leurs déplacements à pied se reporte sur le mode de transport motorisé amélioré. La courbe de

distribution des temps retrouve sa forme initiale L'augmentation des portées des déplacements s'établit ainsi non seulement au bénéfice des usagers motorisés mais également au profit des usagers effectuant antérieurement leurs déplacements à pied. Compte tenu de cette observation, on multipliera les résultats du calcul des trajets adossé à la totalité des déplacements, motorisés et non motorisés, par les coefficients d'emploi des transports individuels rapportés aux seuls déplacements motorisés.

Au demeurant, si le poids en nombre des déplacements à pied est relativement élevé (34%), en kilomètres parcourus, il est très faible (4,366%). La portée moyenne à vol d'oiseau d'un déplacement à pied est de 0,63 kilomètres alors qu'elle est de 7,1 kilomètres pour un déplacement motorisé. Ainsi, alors que le poids du kilométrage parcouru à pied est de $0,34 \times 0,63 = 0,214$, celui du kilométrage parcouru en moyens motorisés est de $0,66 \times 7,1 = 4,687$. Le poids relatif des kilomètres parcourus à pied et de ceux effectués par tous modes (à pied et motorisés) est à peine de $0,214/4,901 = 4,366\%$. Dans ces conditions, pour déterminer les kilométrages effectués en déplacements individuels, il faut bien prendre en considération les arborescences des déplacements effectués à pied et en moyens motorisés et les multiplier par le taux d'usage du transport individuel rapporté aux seuls transports motorisés. A supposer qu'il n'y ait pas de transfert de la marche à pied vers le transport individuel à l'occasion de la mise en service d'une infrastructure nouvelle, ce qui n'est pas le cas (cf. paragraphe précédent), on surestimerait ainsi les déplacements individuels de 4,5%. Si on adoptait le taux d'emploi du transport individuel par rapport aux transports totaux, à pied et motorisés, on commettrait par contre une sous-estimation de $34 - 4,4 = 29,6\%$.

Exemple des Territoires franciliens	Taux d'usage des transports individuels par rapport aux déplacements motorisés
Paris	0.3368
Petite Couronne	0.6425
Grande Couronne	0.7969
Hors Ile de France	1

Sources : Enquêtes globales de transport

3.3.3.2 L'insécurité routière

La circulaire d'application de l'instruction cadre du 25 mars 2004 explicite la méthode à employer pour caractériser cette nuisance. Un tableau donne par catégorie de route empruntée (2 voies, 3 voies, 4 voies, 2x2 voies avec carrefour, autoroutes) le nombre de tués, de blessés graves, de blessés légers par km parcouru en zone interurbaine, et ce dans les zones urbaines, et les zones rurales.

Extrait de la circulaire d'application :

Les coûts d'insécurité figurant dans les tableaux ci-après sont évalués à partir des valeurs tutélaires suivantes (en euros 2000) pour l'année 2000 :

- Tué : 1 000 000
- Blessé grave : 150 000
- Blessé léger : 22 000
- Dégâts matériels : 3 400

	Nombre d'accidents pour 10 ⁸ véh x km	Tués pour 100 accidents	Blessés graves pour 100 accidents	Blessés légers pour 100 accidents	Coût d'insécurité en centimes d'euros 2000 par véh x km
< 7 m (1)	9,4	17,2	47,3	107,7	2,54
7 m	7,8	21,5	46,1	112,8	2,44
3 voies 9 m (1)	7,8	24,8	35,6	108,9	2,57
3 voies 10,50 m	6,3	24,5	46,6	108,8	2,16
4 voies 14 m (1)	6,1	19,6	41,8	121,8	1,77
2 x 2 voies	4,8	13,2	27,1	115,7	0,97
7 m express	6,6	25	50	125	2,35
autoroute (2)	3,8	8,8	21,8	123,5	0,58

(1) ces profils de route concernent le réseau existant, ils ne doivent plus être proposés en situation d'aménagement.

(2) urbaine et interurbaine.

Paramètres de calcul à l'horizon 2020

Les taux d'insécurité ci-dessus résultent d'une moyenne sur les années 2002 à 2004. On fera croître les coûts d'insécurité des VL comme la Consommation Finale des Ménages (CFM) par tête jusqu'à la dernière année d'exploitation correspondant à la durée de vie du projet.

Dans le cadre du scénario avec PIB à 2,3 % la CFM par tête croît comme suit :

- 1,8 % par an (taux géométrique) de 2000 à 2025
- 1,8 % par an (taux géométrique) de 2025 à 2050
- 0 % au-delà de 2050.

Soit un coefficient de 1.4287 à appliquer pour l'horizon 2020

3.3.3.3 Le bruit

Les méthodes données par l'instruction cadre sont complexes à mettre en œuvre car basées sur les hauteurs de façades et les valeurs locatives des bâtiments.

L'évaluation économique des impacts sonores du projet consiste à étudier les variations de trafic qu'il provoquerait aux alentours sur le réseau préexistant et à valoriser la modification des nuisances subies par les populations riveraines.

Le modèle de parcours de graphe utilisé pour la caractérisation des autres nuisances ne permet pas d'affecter des trafics à des tronçons. On ne peut donc pas utiliser de méthode simplifiée pour évaluer les nuisances sonores.

3.3.3.4 La pollution atmosphérique

L'instruction cadre donne directement une valeur en euro par véhicule.km.

Valeurs 2000 en véh.km (Euro/100 véh.km)

	Urbain dense	Urbain diffus	Rase campagne	Moyenne
VP	2,9	1,0	0,1	0.9
PL	28,2	9,9	0,6	6.2

Le coût de la pollution peut être estimé pour chaque tronçon en fonction de la densité des territoires traversés, ce que la base Corine land Cover permet d'identifier

Paramètres de calcul à l'horizon 2020

Les paramètres à prendre en compte pour calculer l'effet de la pollution à l'horizon 2020 sont mentionnés dans l'instruction cadre. Ils prévoient :

- une diminution de 5.5% par an sur la période 2000-2020 (0.3246)
- une augmentation de 1.8% par an du coût de la vie humaine (1.4287)

Soit un coefficient 0.4638 à appliquer.

3.3.3.5 L'effet de serre

L'instruction cadre donne une valeur de la tonne de carbone. Les valeurs moyennes d'émission de CO2 des véhicules sont de 150g par km parcouru en France. (164g en UE).

Paramètres de calcul à l'horizon 2020

Le calcul est à effectuer en tenant compte des recommandations fixées dans le document de synthèse du Groupe 1 : «Lutter contre les changements climatiques et maîtriser la demande d'énergie» du Grenelle de l'environnement :

"Rationaliser l'usage de l'automobile et amener les émissions moyennes de CO2 des véhicules automobiles en circulation de 176 g CO2/km à 130 g CO2/km en 2020 en combinant réglementation et incitation".

L'évaluation doit donc être effectuée avec les paramètres suivants :

- Emission de CO2 : 130g/km
- Prix de la tonne de carbone : 100€ en 2000 et 134;39€ en 2020
- Pour l'équivalent carbone, on part du fait qu'un kg de CO2 contient 0,2727 kg de carbone. L'émission d'un kg de CO2 vaut donc 0.03665 € en 2020 et le km parcouru équivaut à 0.004765 € à l'horizon 2020.

Prix de la tonne de carbone :

2000-2010	après 2010
100 €/tonne de carbone, soit 6,6 centimes d'€ par litre d'essence et 7,3 centimes d'€ par litre de diesel	+ 3 %/an

² +3% an à partir de 2010

3.4 Une approche affinée au plan de l'évaluation des coûts généralisés de déplacement « plancher »: le cas des déplacements à dominante urbaine

L'approche affinée au plan de l'évaluation des coûts généralisés de déplacement abandonne le principe de la proportionnalité entre les coûts généralisés de déplacement et les temps de parcours.

On renonce donc à l'idée qu'il y ait un rapport linéaire stable entre les dépenses monétaires engagées pour se déplacer et la valorisation du temps consacré aux déplacements.

On pose: $C_{ij} = C_{ij}^t + C_{ij}^m = C_{0i} \circ 2/3 t_{ij} + C_{ij}^m$, C_{ij}^m étant indépendant de $C_{0i} \circ 2/3 t_{ij}$

Comme on l'a dit, l'adoption de l'approche méthodologique affinée au plan du calcul des coûts généralisés de déplacement, bien que plus lourde que l'approche à vocation opérationnelle simple et pédagogique, s'inscrit dans les principes de la présente réflexion. Cette approche introduit en effet la notion d'utilité brute, somme de l'utilité nette d'un déplacement moyen issu d'une zone i et du coût généralisé de déplacement moyen issu de cette zone, et prend en considération l'évolution du salaire horaire net de l'actif concerné en fonction de la variation de l'utilité brute d'un déplacement moyen pour le motif domicile travail. Elle renonce en fait à adopter des valeurs tutélaires, insensibles aux performances des réseaux de transport desservant un territoire.

On peut donc transposer simplement les orientations décrites dans les chapitres et sous chapitres relatifs aux évaluations à vocation opérationnelle simple et pédagogique, en approche « plancher », à celles qui s'appliquent aux évaluations affinées au plan du calcul des coûts généralisés de déplacement et de celui des utilités nettes.

On évitera ainsi des redites n'apportant que peu d'éléments d'informations supplémentaires réellement utiles pour la compréhension de la méthode.

Ces transcriptions concernent les chapitres et sous chapitres suivants qui sont identiques à ceux relevant de la méthode à vocation opérationnelle simple et pédagogique:

3.4.1 Les performances économiques et naturelles des territoires

3.4.1.1 Le principe de l'évaluation des performances des territoires, l'utilité brute.

Rappel du chapitre 2

3.4.1.2 Les déplacements pour motif domicile travail

3.4.1.3 Les déplacements pour tous motifs à vocation économique

3.4.1.4 Les déplacements pour motif loisirs verts

3.4.2 Les coûts généralisés de transport

3.4.2.1 Le principe de l'évaluation des coûts généralisés des déplacements

3.4.2.2 L'évaluation de l'évolution des coûts généralisés des déplacements domicile travail

3.4.2.3 L'évaluation de l'évolution des coûts généralisés des déplacements à vocation économique

3.4.2.4 L'évaluation des coûts généralisés des déplacements à vocation naturelle (ou loisirs verts)

3.4.3 Les nuisances induites

3.4.3.1 Le principe de l'évaluation des nuisances

3.4.3.2 L'insécurité routière

3.4.3.3 Le bruit

3.4.3.4 La pollution atmosphérique

3.4.3.5 L'effet de serre

3.5 Une approche affinée au plan de l'évaluation des coûts généralisés de déplacement « optimisée »: le cas des déplacements urbains et interurbains

L'adoption de l'approche méthodologique affinée au plan du calcul des coûts généralisés de déplacement, bien que plus lourde que l'approche à vocation opérationnelle simple et pédagogique, s'inscrit dans les principes de la présente réflexion. Cette approche introduit en effet la notion d'utilité brute, somme de l'utilité nette d'un déplacement moyen issu d'une zone i et du coût généralisé de déplacement moyen issu de cette zone, et prend en considération l'évolution du salaire horaire net de l'actif concerné en fonction de la variation de l'utilité brute d'un déplacement moyen pour le motif domicile travail. Elle renonce en fait à adopter des valeurs tutélaires, insensibles aux performances des réseaux de transport desservant un territoire.

On peut donc transposer simplement les orientations décrites dans les chapitres et sous chapitres relatifs aux évaluations à vocation opérationnelle simple et pédagogique, en approche « optimisée », à celles qui s'appliquent aux évaluations affinées au plan du calcul des coûts généralisés de déplacement et de celui des utilités nettes.

On évitera ainsi des redites n'apportant que peu d'éléments d'informations supplémentaires réellement utiles pour la compréhension de la méthode.

Ces transcriptions concernent les chapitres et sous chapitres suivants qui sont identiques à ceux relevant de la méthode à vocation opérationnelle simple et pédagogique:

3.5.1 Les performances économiques et naturelles des territoires

3.5.1.1 Le principe de l'évaluation des performances des territoires, temps réel et temps ressenti, l'utilité brute. Rappel du chapitre 2

3.5.1.2 Les déplacements pour motif domicile travail

3.5.1.3 Les déplacements pour tous motifs à vocation économique

3.5.1.4 Les déplacements pour motif loisirs verts

3.5.2 Les coûts généralisés de transport

3.5.2.1 Le principe de l'évaluation des coûts généralisés des déplacements

3.5.2.2 L'évaluation de l'évolution des coûts généralisés des déplacements domicile travail

3.5.2.3 L'évaluation de l'évolution des coûts généralisés des déplacements à vocation économique

3.5.2.4 *L'évaluation des coûts généralisés des déplacements à vocation naturelle (ou loisirs verts)*

3.5.3 Les nuisances induites

3.5.3.1 *Le principe de l'évaluation des nuisances*

3.5.3.2 *L'insécurité routière*

3.5.3.3 *Le bruit*

3.5.3.4 *La pollution atmosphérique*

3.5.3.5 *L'effet de serre*

4 Quatrième partie : Représentations cartographiques des évaluations

4.1 Représentation cartographique des performances économiques et naturelles des territoires

Sont illustrés, en matière autoroutière, les résultats obtenus :

- dans le cas de la mise en service de la 4ème rocade autoroutière de l'Île de France,
- dans le cas de l'élargissement à 2 fois 4 voies de la Francilienne entre l'autoroute A1 et l'autoroute A6.

Sont illustrés, en matière de ligne ferrée à grande vitesse, de portée régionale, les résultats obtenus :

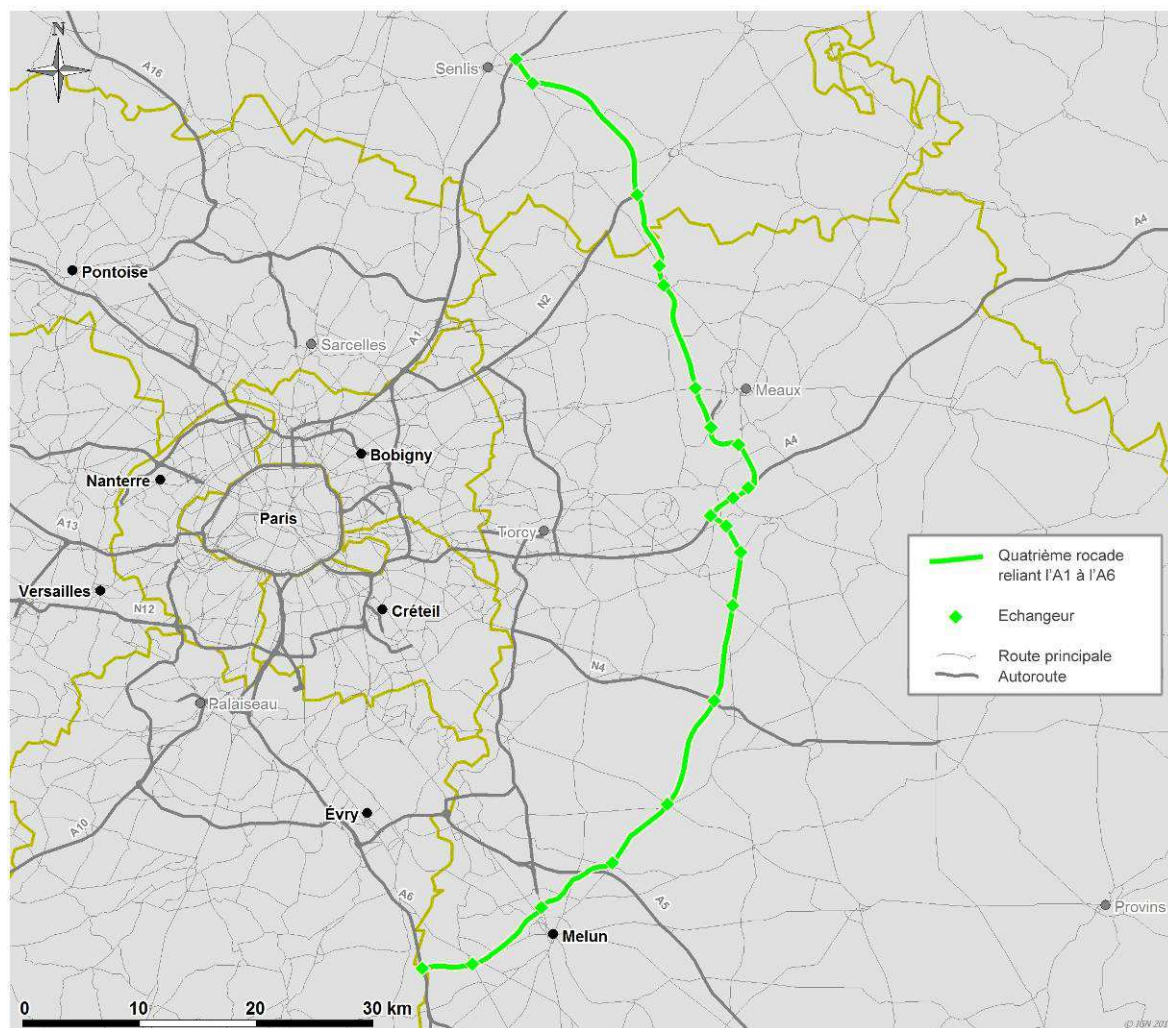
- dans le cas de la mise en service d'une variante rive gauche de la Seine de la liaison Paris Normandie,
- dans le cas de la mise en service d'une variante rive droite de la Seine de la liaison Paris Normandie.

Dans ce cas, a été identifié à partir de chaque commune les territoires accessibles en 60 minutes, l'effectif des biens convoités identifiés étant divisés par le rapport de surface entre des zones de chalandise à 60 minutes et à 40 minutes, soit 2,25, ce qui ramène l'évaluation à une approche « plancher ».

4.1.1 Des exemples d'illustrations des performances obtenues en approche « plancher » (isochrone de 40 minutes)

4.1.1.1 La quatrième rocade d'Île de France

4.1.1.1.1 Le projet évalué





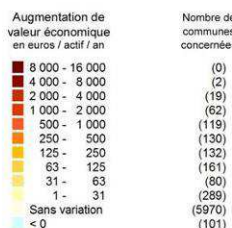
QUATRIEME ROCADE AUTOROUTIERE D'ILE DE FRANCE (DE L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6)

AUGMENTATION DE VALEUR PAR ACTIF
A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA QUATRIEME ROCADE
RELIANT L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6

Augmentation de valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux emplois situés
à moins de 40 min de transport, hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)



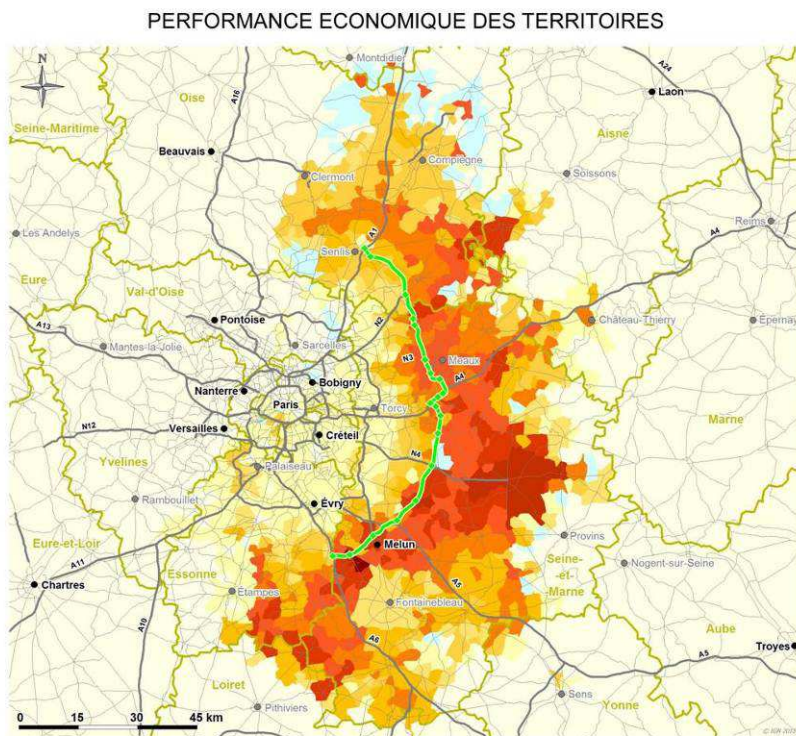
Augmentation totale : 273,9 millions € par an

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure, échangeur

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2012

rocade 4 / eco1



QUATRIEME ROCADE AUTOROUTIERE D'ILE DE FRANCE (DE L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6)

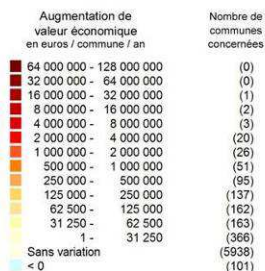
AUGMENTATION DE VALEUR PAR COMMUNE
A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA QUATRIEME ROCADE
RELIANT L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6

Augmentation de valeur annuelle par commune
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité de l'ensemble des actifs
(et des membres des ménages associés) d'une commune
aux emplois situés à moins de 40 min de transport*,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

* VP, hors transport en commun



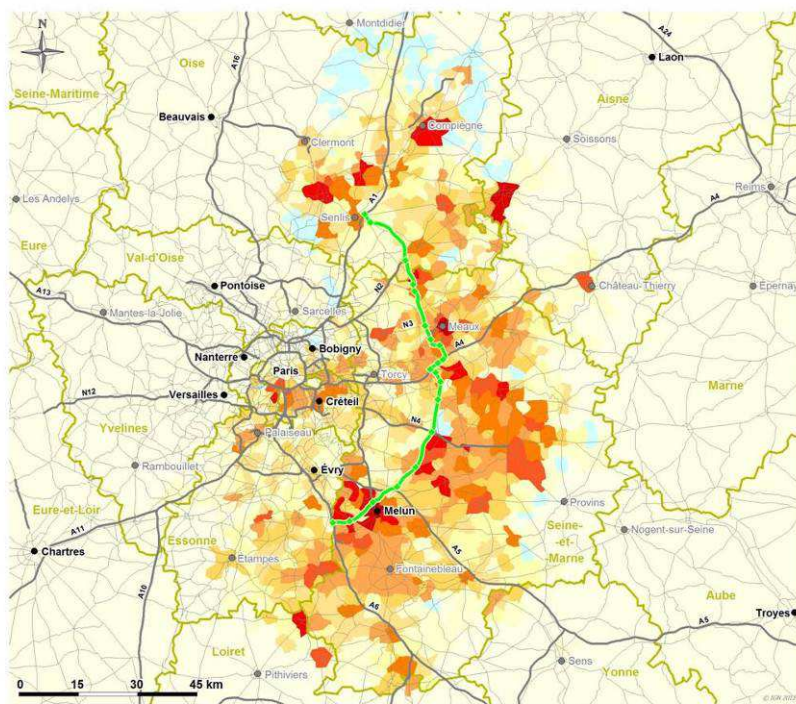
Augmentation totale : 273,9 millions € par an

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure, échangeur

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2012

rocade 4 / eco2



QUATRIEME ROCADE AUTOROUTIERE D'ILE DE FRANCE (DE L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6)

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

AVANT REALISATION DE LA QUATRIEME ROCADE RELIANT L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux emplois situés
à moins de 40 min de transport, hors trajets terminaux à pied,
(à partir du centre de chaque commune)

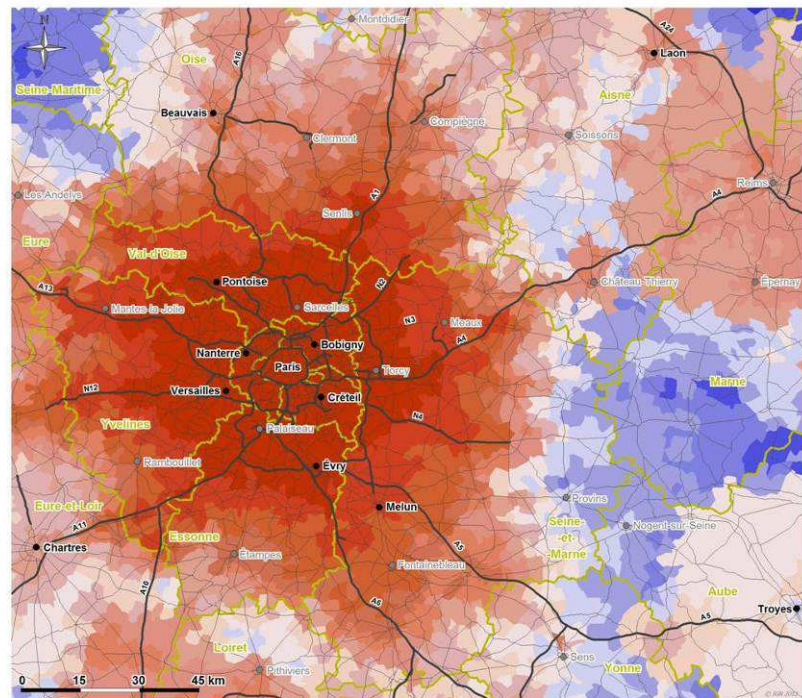
Valeur économique annuelle	Equivalent PIB	Nombre de communes concernées
$U = 1,5758 \times 28800 \times$ $(Ln(Empl40mn) / (25 - Ln(Empl40mn)))$	$PIB = 1,5758 \times 28800$ $+ U$	
68 000 - 80 500	113 400 - 125 900	(536)
55 400 - 68 000	100 800 - 113 400	(321)
49 100 - 55 400	94 500 - 100 800	(463)
46 700 - 49 100	92 100 - 94 500	(417)
44 400 - 46 700	89 800 - 92 100	(419)
42 800 - 44 400	88 200 - 89 800	(732)
41 200 - 42 800	86 600 - 88 200	(762)
40 100 - 41 200	85 500 - 86 600	(615)
38 800 - 40 100	84 200 - 85 500	(587)
37 300 - 38 800	82 700 - 84 200	(701)
35 700 - 37 300	81 100 - 82 700	(434)
33 300 - 35 700	78 700 - 81 100	(411)
31 000 - 33 300	76 400 - 78 700	(287)
28 600 - 31 000	74 000 - 76 400	(247)
23 900 - 28 600	69 300 - 74 000	(126)
0 - 23 900	45 300 - 69 300	(7)

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2012

rocade 4 / eco3



QUATRIEME ROCADE AUTOROUTIERE D'ILE DE FRANCE (DE L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6)

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA QUATRIEME ROCADE RELIANT L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux emplois situés
à moins de 40 min de transport, hors trajets terminaux à pied,
(à partir du centre de chaque commune)

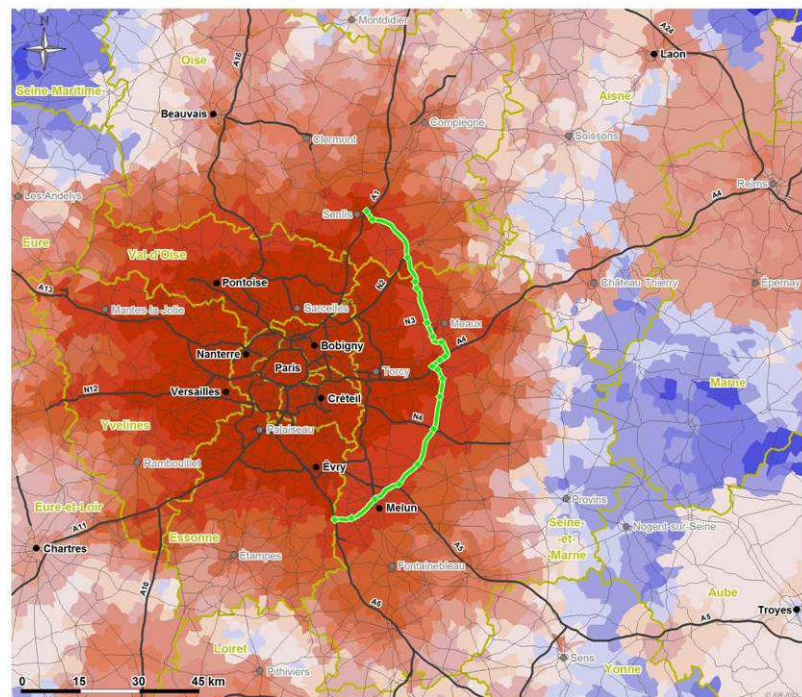
Valeur économique annuelle	Equivalent PIB	Nombre de communes concernées
$U = 1,5758 \times 28800 \times$ $(Ln(Empl40mn) / (25 - Ln(Empl40mn)))$	$PIB = 1,5758 \times 28800$ $+ U$	
68 000 - 80 500	113 400 - 125 900	(537)
55 400 - 68 000	100 800 - 113 400	(332)
49 100 - 55 400	94 500 - 100 800	(466)
46 700 - 49 100	92 100 - 94 500	(420)
44 400 - 46 700	89 800 - 92 100	(413)
42 800 - 44 400	88 200 - 89 800	(732)
41 200 - 42 800	86 600 - 88 200	(755)
40 100 - 41 200	85 500 - 86 600	(622)
38 800 - 40 100	84 200 - 85 500	(583)
37 300 - 38 800	82 700 - 84 200	(696)
35 700 - 37 300	81 100 - 82 700	(431)
33 300 - 35 700	78 700 - 81 100	(411)
31 000 - 33 300	76 400 - 78 700	(287)
28 600 - 31 000	74 000 - 76 400	(247)
23 900 - 28 600	69 300 - 74 000	(126)
0 - 23 900	45 300 - 69 300	(7)

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure, échangeur

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2012

rocade 4 / eco4

4.1.1.1.3

Les performances naturelles



QUATRIEME ROCADE AUTOROUTIERE D'ILE DE FRANCE (DE L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6)

AUGMENTATION DE VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA QUATRIEME ROCADE RELIANT L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6

Augmentation de valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces naturels,
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux espaces naturels
situés à moins de 28 min de transport,
hors trajets terminaux à pied,
(à partir du centre de chaque commune)

Augmentation de valeur naturelle en euros / actif / an	Nombre de communes concernées
500 - 1 000	(2)
250 - 500	(27)
125 - 250	(131)
63 - 125	(131)
31 - 63	(155)
16 - 31	(109)
8 - 16	(137)
1 - 8	(190)
Sans variation	(6071)
< 0	(112)

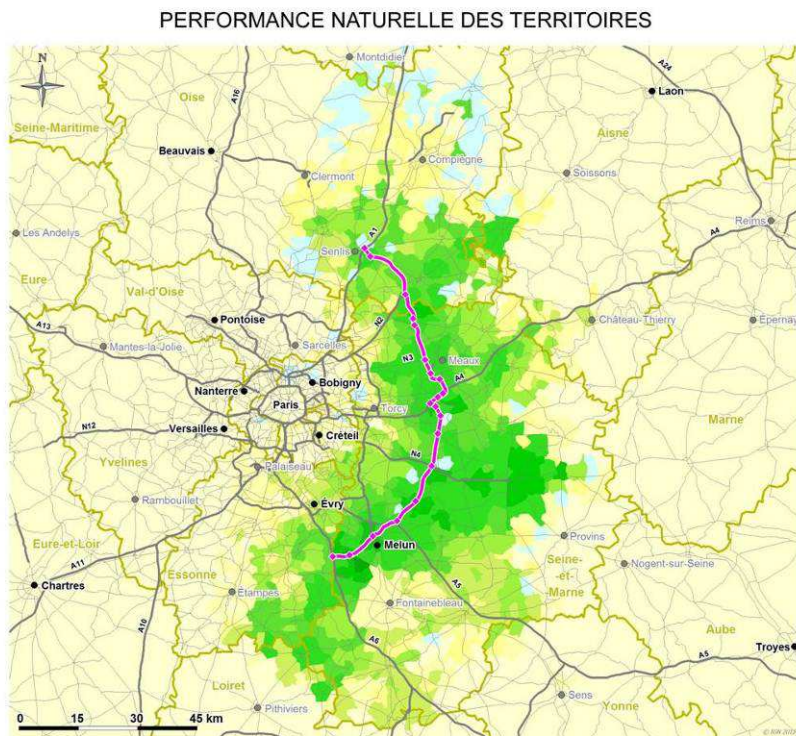
Augmentation totale : 68,9 millions € par an

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure, échangeur

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOES, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2012

rocade 4 / nat1



QUATRIEME ROCADE AUTOROUTIERE D'ILE DE FRANCE (DE L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6)

AUGMENTATION DE VALEUR PAR COMMUNE A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA QUATRIEME ROCADE RELIANT L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6

Augmentation de valeur annuelle par commune
au titre de l'accès aux espaces naturels,
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité de l'ensemble des actifs
(et des membres des ménages associés) d'une commune,
aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport*,
hors trajets terminaux à pied,
(à partir du centre de chaque commune)

* VP, hors transport en commun

Augmentation de valeur naturelle en euros / commune / an	Nombre de communes concernées
8 000 000 - 16 000 000	(0)
4 000 000 - 8 000 000	(1)
2 000 000 - 4 000 000	(2)
1 000 000 - 2 000 000	(3)
500 000 - 1 000 000	(18)
250 000 - 500 000	(47)
125 000 - 250 000	(50)
62 500 - 125 000	(88)
31 250 - 62 500	(126)
16 000 - 31 250	(130)
8 000 - 16 000	(119)
4 000 - 8 000	(115)
1 - 4 000	(319)
Sans variation	(5935)
< 0	(112)

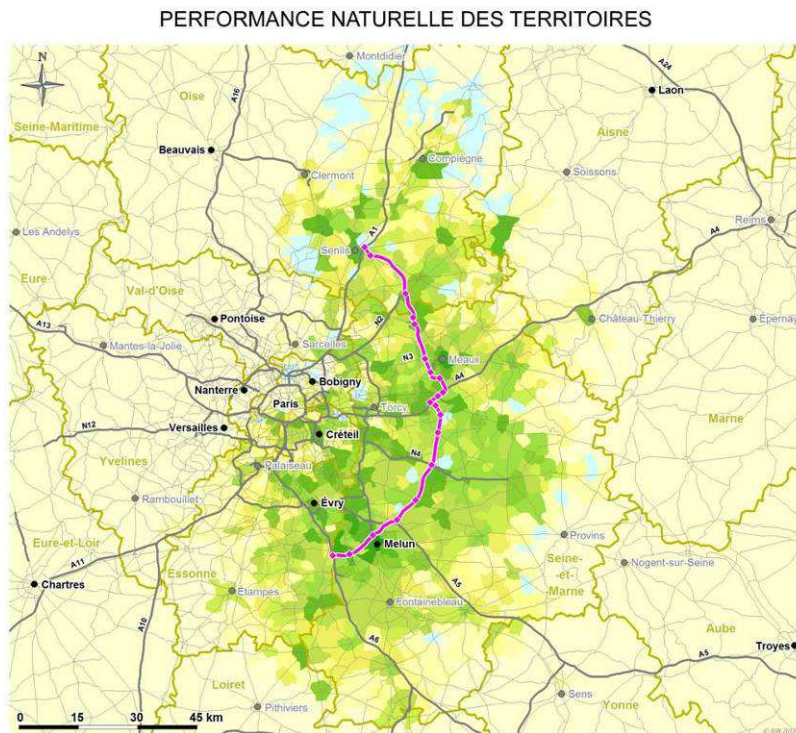
Augmentation totale : 68,9 millions € par an

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure, échangeur

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOES, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2012

rocade 4 / nat2



QUATRIEME ROCADE AUTOROUTIERE D'ILE DE FRANCE (DE L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6)

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

AVANT REALISATION DE LA QUATRIEME ROCADE RELIANT L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces naturels,
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux espaces naturels
situés à moins de 28 min de transport,
hors trajets terminaux à pied,
(à partir du centre de chaque commune)

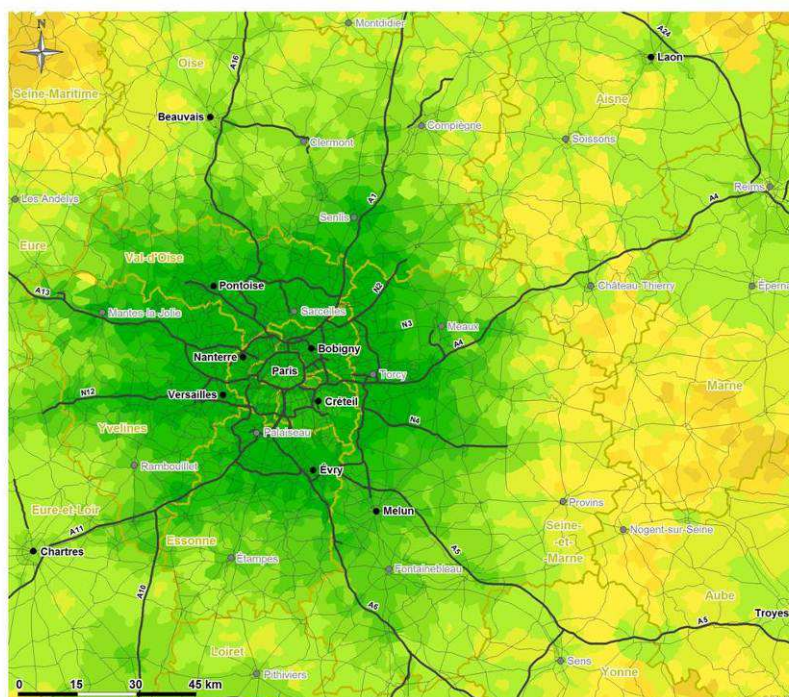
Valeur naturelle annuelle $U = 1,5758 \times 25,11 \times$ $Coi \times Ln(SurfNat28min)$	Nombre de communes concernées
11 500 - 12 400	(482)
10 800 - 11 500	(234)
10 200 - 10 800	(154)
9 600 - 10 200	(513)
9 100 - 9 600	(1109)
8 600 - 9 100	(2083)
8 300 - 8 600	(1073)
8 000 - 8 300	(599)
7 800 - 8 000	(270)
7 500 - 7 800	(269)
7 200 - 7 500	(157)
6 700 - 7 200	(110)
6 200 - 6 700	(11)
5 700 - 6 200	(0)
4 700 - 5 700	(0)
0 - 4 700	(0)

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2012

rocade 4 / nat3



QUATRIEME ROCADE AUTOROUTIERE D'ILE DE FRANCE (DE L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6)

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA QUATRIEME ROCADE RELIANT L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces naturels,
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux espaces naturels
situés à moins de 28 min de transport,
hors trajets terminaux à pied,
(à partir du centre de chaque commune)

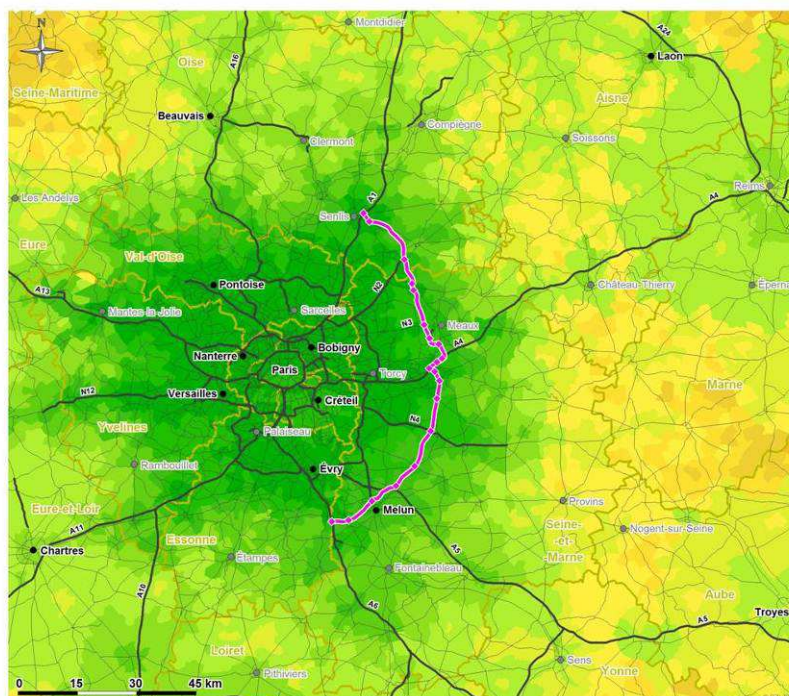
Valeur naturelle annuelle $U = 1,5758 \times 25,11 \times$ $Coi \times Ln(SurfNat28min)$	Nombre de communes concernées
11 500 - 12 400	(496)
10 800 - 11 500	(239)
10 200 - 10 800	(154)
9 600 - 10 200	(513)
9 100 - 9 600	(1105)
8 600 - 9 100	(2075)
8 300 - 8 600	(1067)
8 000 - 8 300	(598)
7 800 - 8 000	(270)
7 500 - 7 800	(269)
7 200 - 7 500	(157)
6 700 - 7 200	(110)
6 200 - 6 700	(11)
5 700 - 6 200	(0)
4 700 - 5 700	(0)
0 - 4 700	(0)

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure, échangeur

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2012

rocade 4 / nat4

4.1.1.2 L'élargissement à 2 fois 4 voies de la Francilienne

4.1.1.2.1

Le projet évalué





ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

AUGMENTATION DE VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

APRES L'ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

Augmentation de valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux emplois situés
à moins de 40 min de transport, hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

Augmentation de valeur économique en euros / actif / an	Nombre de communes concernées
8 000 - 16 000	(0)
4 000 - 8 000	(3)
2 000 - 4 000	(16)
1 000 - 2 000	(49)
500 - 1 000	(50)
250 - 500	(65)
125 - 250	(131)
63 - 125	(154)
31 - 63	(158)
1 - 31	(291)
Sans variation	(6148)
< 0	(0)

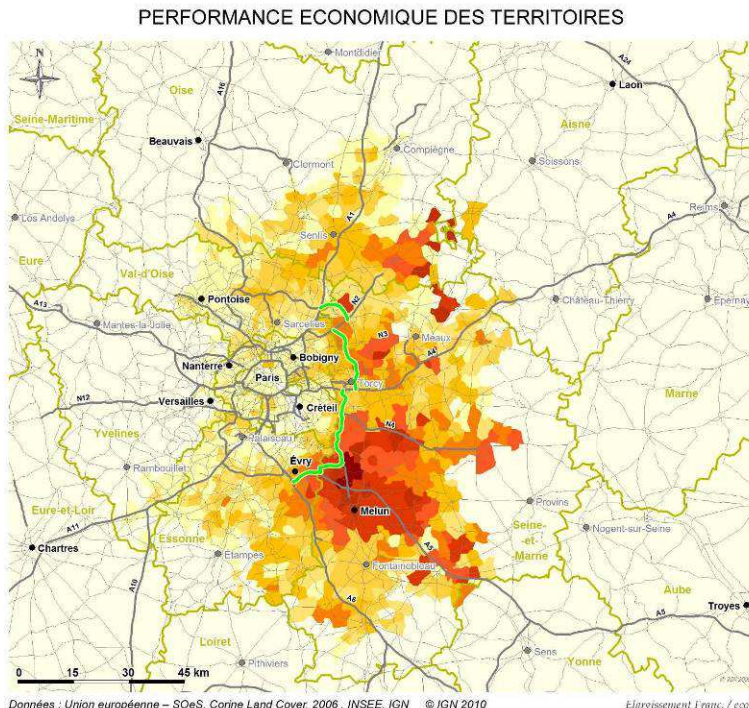
Augmentation totale : 449,7 millions € par an

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOEs, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2010

Elargissement Franc./eco1



ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

AUGMENTATION DE VALEUR PAR COMMUNE A L'HORIZON 2020

APRES L'ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

Augmentation de valeur annuelle par commune
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité de l'ensemble des actifs
(et des membres des ménages associés) d'une commune
aux emplois situés à moins de 40 min de transport*,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

* VR, hors transport en commun

Augmentation de valeur économique en euros / commune / an	Nombre de communes concernées
64 000 000 - 128 000 000	(0)
32 000 000 - 64 000 000	(1)
16 000 000 - 32 000 000	(2)
8 000 000 - 16 000 000	(4)
4 000 000 - 8 000 000	(14)
2 000 000 - 4 000 000	(16)
1 000 000 - 2 000 000	(42)
500 000 - 1 000 000	(96)
250 000 - 500 000	(93)
125 000 - 250 000	(103)
62 500 - 125 000	(134)
31 250 - 62 500	(121)
1 - 31 250	(315)
Sans variation	(6124)
< 0	(0)

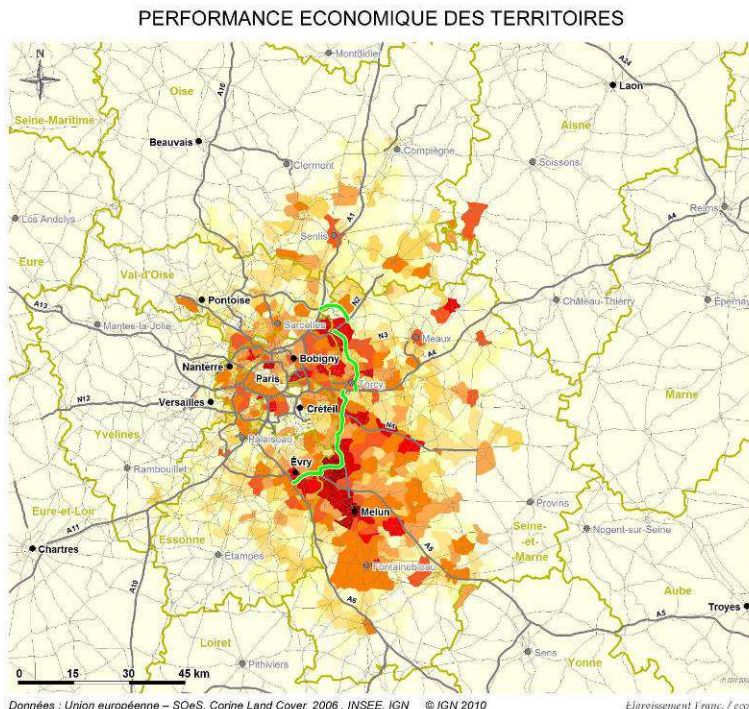
Augmentation totale : 449,7 millions € par an

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOEs, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2010

Elargissement Franc./eco2



ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

PERFORMANCE ECONOMIQUE DES TERRITOIRES

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

AVANT L'ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux emplois situés
à moins de 40 min de transport, hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

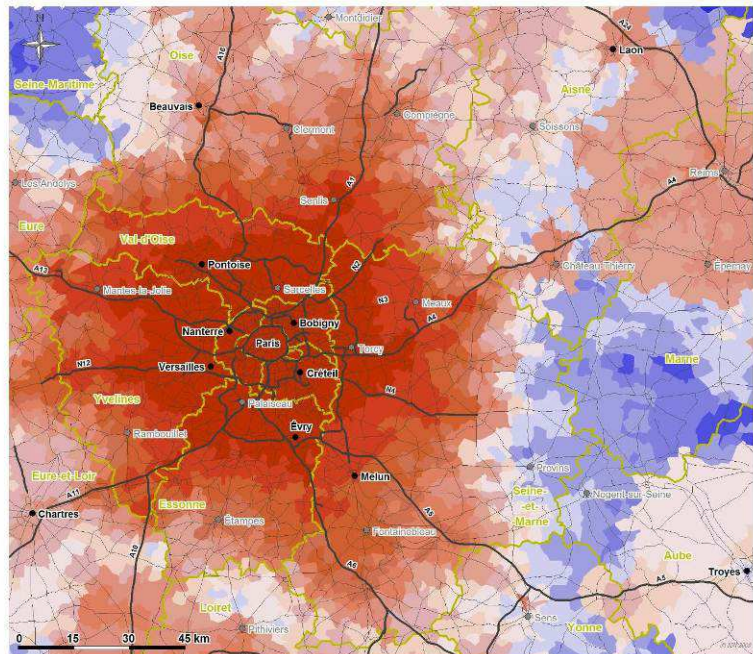
Valeur économique annuelle	Equivalent PIB	Nombre de communes concernées
$U = 1,5758 \times 28800 \times (\ln(\text{Emp}40\text{mn}) / 25 - \ln(\text{Emp}40\text{mn})) \times 0,2232 \times (U/2000)$	$\text{PIB} = 1,5758 \times 28800 \times U$	
68 000 - 80 500	113 400 - 125 900	(534)
55 400 - 68 000	100 800 - 113 400	(319)
49 100 - 55 400	94 500 - 100 800	(460)
46 700 - 49 100	92 100 - 94 500	(421)
44 400 - 46 700	89 800 - 92 100	(420)
42 800 - 44 400	88 200 - 89 800	(732)
41 200 - 42 800	86 600 - 88 200	(763)
40 100 - 41 200	85 500 - 86 600	(615)
38 800 - 40 100	84 200 - 85 500	(588)
37 300 - 38 800	82 700 - 84 200	(701)
35 700 - 37 300	81 100 - 82 700	(434)
33 300 - 35 700	78 700 - 81 100	(411)
31 000 - 33 300	76 400 - 78 700	(287)
28 600 - 31 000	74 000 - 76 400	(247)
23 900 - 28 600	69 300 - 74 000	(126)
0 - 23 900	45 300 - 69 300	(7)

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOEs, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2010

Elargissement Franc./ec03



ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

PERFORMANCE ECONOMIQUE DES TERRITOIRES

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

APRES L'ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux emplois situés
à moins de 40 min de transport, hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

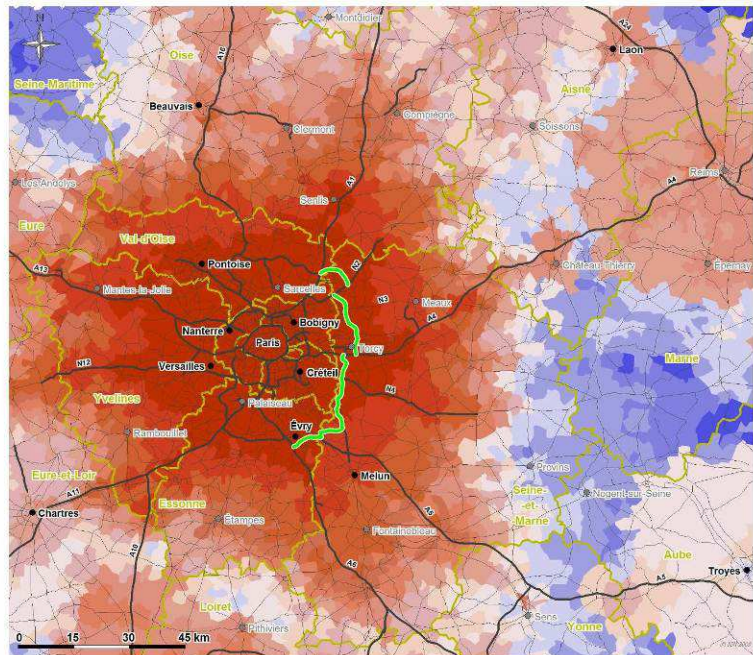
Valeur économique annuelle	Equivalent PIB	Nombre de communes concernées
$U = 1,5758 \times 28800 \times (\ln(\text{Emp}40\text{mn}) / 25 - \ln(\text{Emp}40\text{mn})) \times 0,2232 \times (U/2000)$	$\text{PIB} = 1,5758 \times 28800 \times U$	
68 000 - 80 500	113 400 - 125 900	(537)
55 400 - 68 000	100 800 - 113 400	(321)
49 100 - 55 400	94 500 - 100 800	(463)
46 700 - 49 100	92 100 - 94 500	(420)
44 400 - 46 700	89 800 - 92 100	(420)
42 800 - 44 400	88 200 - 89 800	(726)
41 200 - 42 800	86 600 - 88 200	(764)
40 100 - 41 200	85 500 - 86 600	(614)
38 800 - 40 100	84 200 - 85 500	(587)
37 300 - 38 800	82 700 - 84 200	(701)
35 700 - 37 300	81 100 - 82 700	(434)
33 300 - 35 700	78 700 - 81 100	(411)
31 000 - 33 300	76 400 - 78 700	(287)
28 600 - 31 000	74 000 - 76 400	(247)
23 900 - 28 600	69 300 - 74 000	(126)
0 - 23 900	45 300 - 69 300	(7)

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOEs, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2010

Elargissement Franc./ec04



ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

AUGMENTATION DE VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

APRES L'ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

Augmentation de valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces naturels.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux espaces naturels
situés à moins de 28 min de transport,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

Augmentation de valeur naturelle en euros / actif / an	Nombre de communes concernées
500 - 1 000	(1)
250 - 500	(13)
125 - 250	(48)
63 - 125	(93)
31 - 63	(141)
16 - 31	(163)
8 - 16	(145)
1 - 8	(280)
Sans variation	(6201)
< 0	(0)

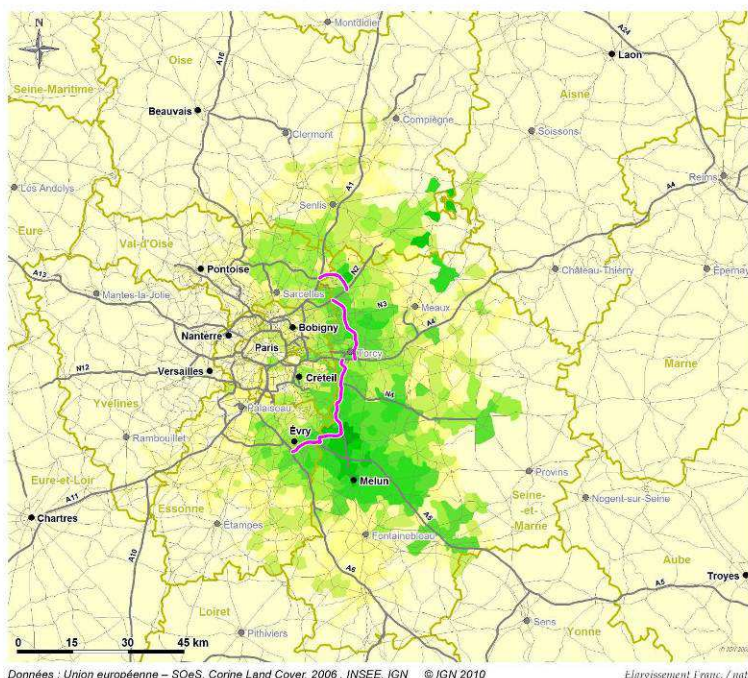
Augmentation totale : 123,4 millions € par an

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOEs, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2010

Elargissement Franc./nat1



ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

AUGMENTATION DE VALEUR PAR COMMUNE A L'HORIZON 2020

APRES L'ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

Augmentation de valeur annuelle par commune
au titre de l'accès aux espaces naturels.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité de l'ensemble des actifs
(et des membres des ménages associés) d'une commune,
aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport*,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

* VR, hors transport en commun

Augmentation de valeur naturelle en euros / commune / an	Nombre de communes concernées
8 000 000 - 16 000 000	(0)
4 000 000 - 8 000 000	(1)
2 000 000 - 4 000 000	(5)
1 000 000 - 2 000 000	(23)
500 000 - 1 000 000	(38)
250 000 - 500 000	(62)
125 000 - 250 000	(69)
62 500 - 125 000	(80)
31 250 - 62 500	(94)
16 000 - 31 250	(79)
8 000 - 16 000	(106)
4 000 - 8 000	(99)
1 - 4 000	(289)
Sans variation	(6120)
< 0	(0)

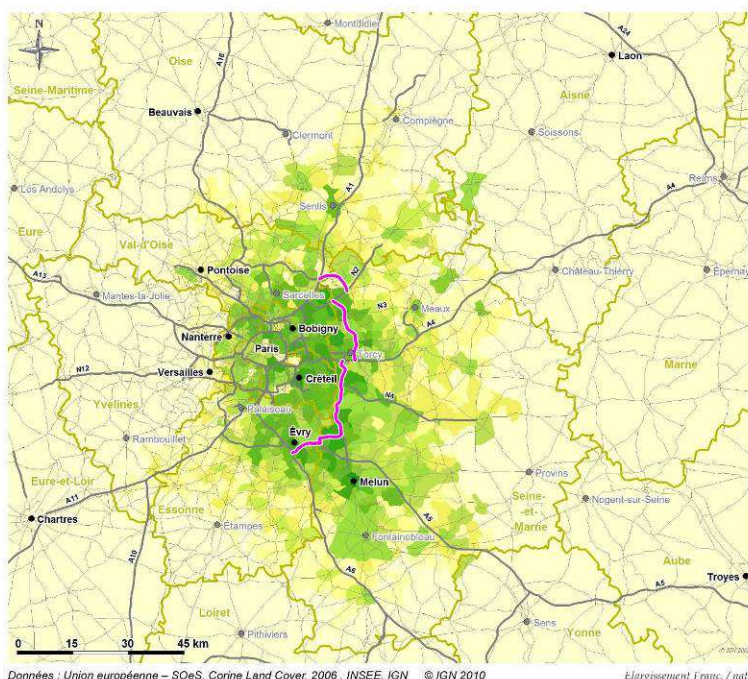
Augmentation totale : 123,4 millions € par an

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOEs, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2010

Elargissement Franc./nat2



ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

AVANT L'ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces naturels.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux espaces naturels
situés à moins de 28 min de transport,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

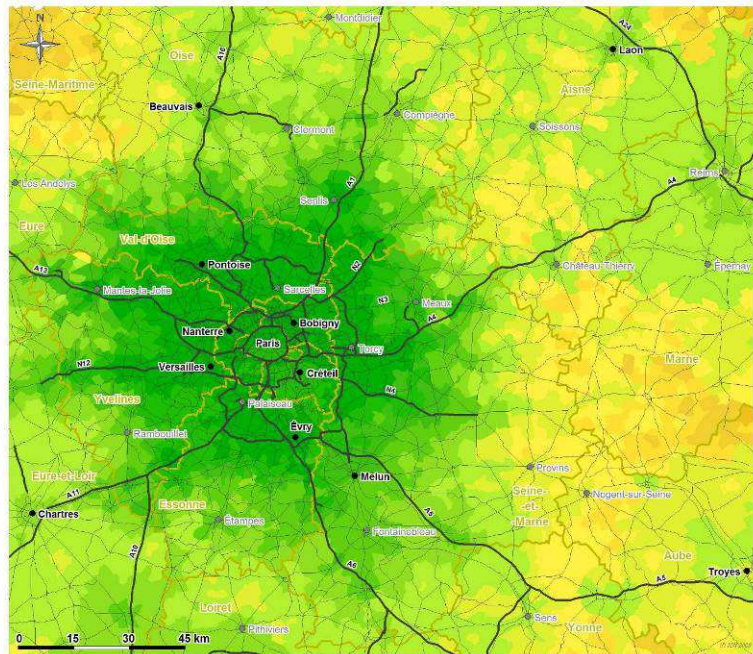
Valeur naturelle annuelle $U = 1,5758 \times 25,11 \times$ $Col \times Ln(SurfNat28min)$	Nombre de communes concernées
11 500 - 12 400	(471)
10 800 - 11 500	(233)
10 200 - 10 800	(160)
9 600 - 10 200	(512)
9 100 - 9 600	(1111)
8 600 - 9 100	(2088)
8 300 - 8 600	(1073)
8 000 - 8 300	(599)
7 800 - 8 000	(270)
7 500 - 7 800	(269)
7 200 - 7 500	(157)
6 700 - 7 200	(110)
6 200 - 6 700	(11)
5 700 - 6 200	(1)
4 700 - 5 700	(0)
0 - 4 700	(0)

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOEs, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2010

Elargissement Franc./nat3



ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

PERFORMANCE NATURELLE DES TERRITOIRES

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

APRES L'ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces naturels.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux espaces naturels
situés à moins de 28 min de transport,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

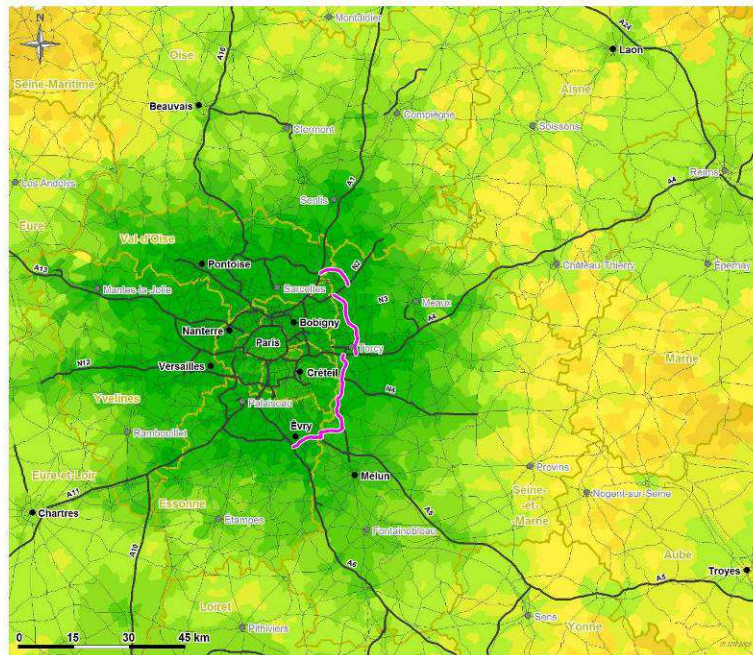
Valeur naturelle annuelle $U = 1,5758 \times 25,11 \times$ $Col \times Ln(SurfNat28min)$	Nombre de communes concernées
11 500 - 12 400	(482)
10 800 - 11 500	(234)
10 200 - 10 800	(156)
9 600 - 10 200	(510)
9 100 - 9 600	(1112)
8 600 - 9 100	(2081)
8 300 - 8 600	(1073)
8 000 - 8 300	(599)
7 800 - 8 000	(270)
7 500 - 7 800	(269)
7 200 - 7 500	(157)
6 700 - 7 200	(110)
6 200 - 6 700	(11)
5 700 - 6 200	(1)
4 700 - 5 700	(0)
0 - 4 700	(0)

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOEs, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2010

Elargissement Franc./nat4

4.1.1.3 La variante Rive gauche de la LGV Paris Normandie

4.1.1.3.1

Le projet évalué



4.1.1.3.2

Les performances économiques



LIGNE A GRANDE VITESSE NORMANDIE : VARIANTE RIVE GAUCHE

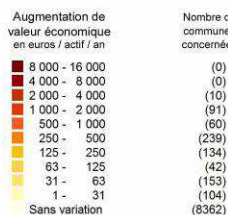
AUGMENTATION DE VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA VARIANTE RIVE GAUCHE

Augmentation de valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux emplois situés
à moins de 40 min de transport*, hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

* en fait, emplois situés à moins de 1 heure, divisés par 2,25



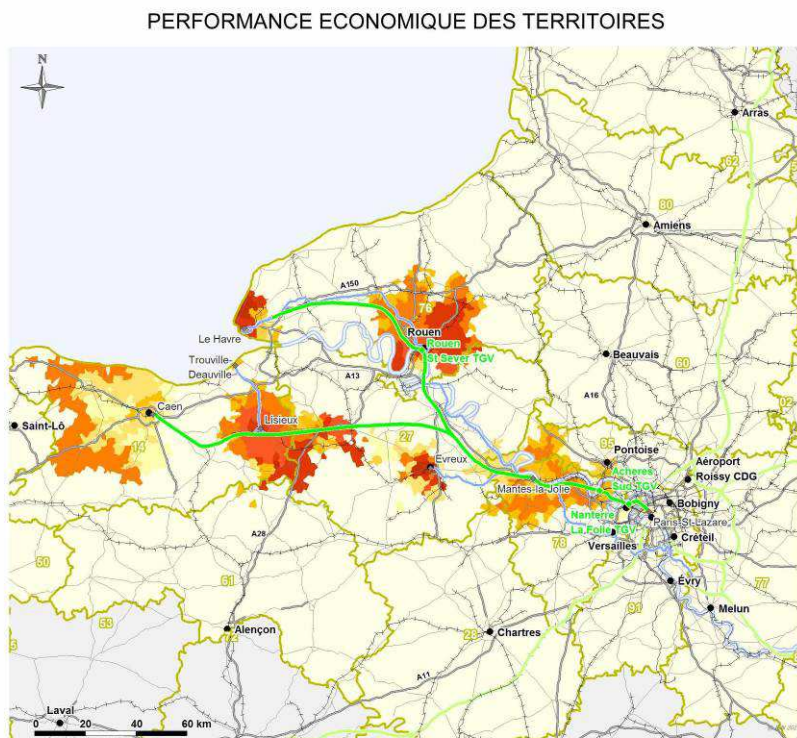
Augmentation totale : 598 millions € par an

Classement des réseaux

- Réseau routier : principal / secondaire
- Réseau ferré : LGV / TGV / normal
- Gare existante
- Nouvelle infrastructure / nouvelle gare

Limites administratives

Limite départementale



Données : Union européenne – SOEs, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2011

Variante Rive Gauche / eco1



LIGNE A GRANDE VITESSE NORMANDIE : VARIANTE RIVE GAUCHE

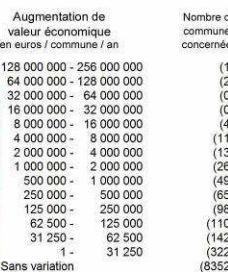
AUGMENTATION DE VALEUR PAR COMMUNE A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA VARIANTE RIVE GAUCHE

Augmentation de valeur annuelle par commune
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité de l'ensemble des actifs
(et des membres des ménages associés) d'une commune
aux emplois situés à moins de 40 min de transport*,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

* en fait, emplois situés à moins de 1 heure, divisés par 2,25



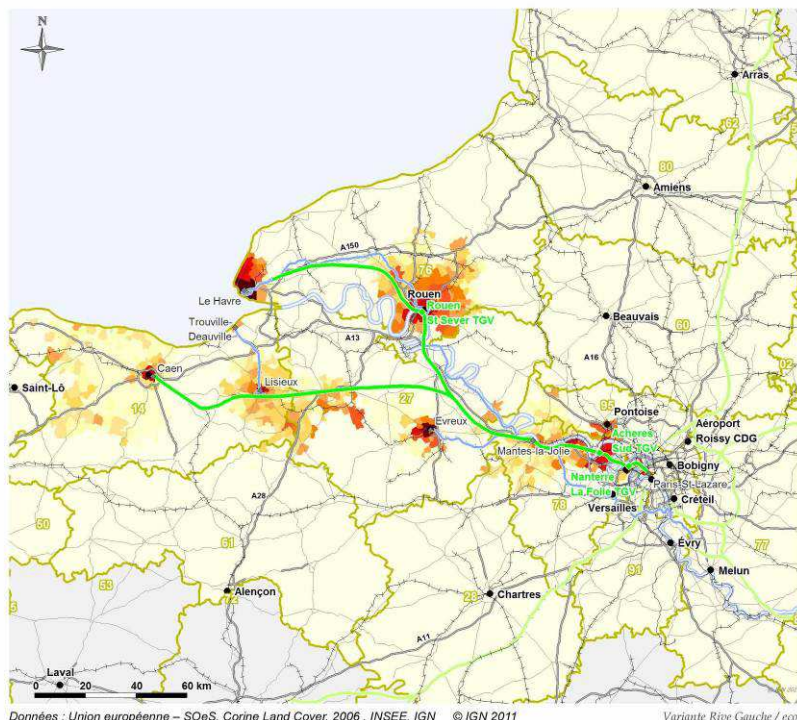
Augmentation totale : 598 millions € par an

Classement des réseaux

- Réseau routier : principal / secondaire
- Réseau ferré : LGV / TGV / normal
- Gare existante
- Nouvelle infrastructure / nouvelle gare

Limites administratives

Limite départementale



Données : Union européenne – SOEs, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2011

Variante Rive Gauche / eco2

LIGNE A GRANDE VITESSE NORMANDIE : VARIANTE RIVE GAUCHE

PERFORMANCE ECONOMIQUE DES TERRITOIRES

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

AVANT REALISATION DE LA VARIANTE RIVE GAUCHE

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux emplois situés
à moins de 40 min de transport*, hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

* en fait, emplois situés à moins de 1 heure, divisés par 2,25

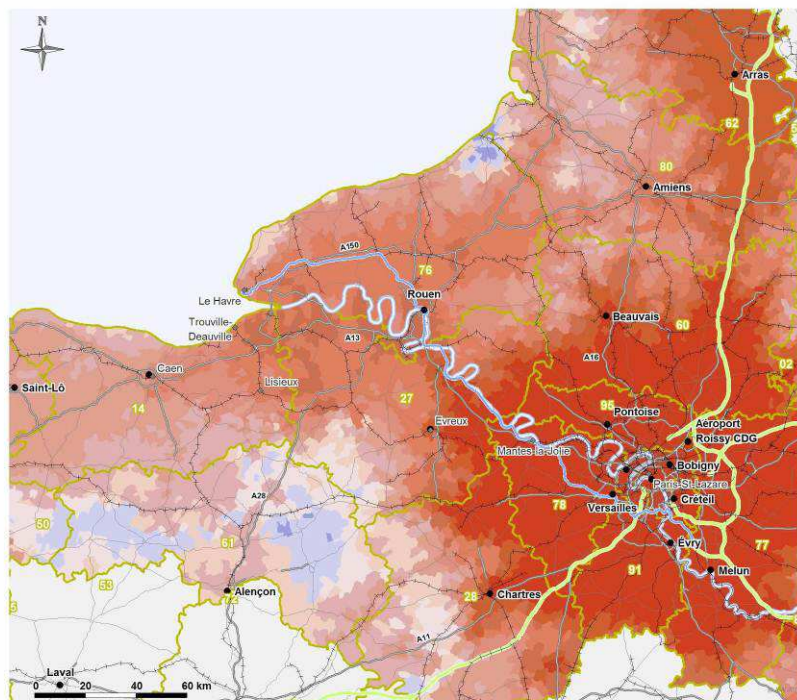
Valeur économique annuelle	Equivalent PIB	Nombre de communes concernées
$U = 1,5758 \times 28800 \times (LnEmpl40mn / (25 - LnEmpl40mn))$	$PIB = 1,5758 \times 28800 \times U$	
68 000 - 80 500	113 400 - 125 900	(0)
55 400 - 68 000	100 800 - 113 400	(1614)
49 100 - 55 400	94 500 - 100 800	(831)
46 700 - 49 100	92 100 - 94 500	(608)
44 400 - 46 700	89 800 - 92 100	(1196)
42 800 - 44 400	88 200 - 89 800	(965)
41 200 - 42 800	86 600 - 88 200	(1297)
40 100 - 41 200	85 500 - 86 600	(893)
38 800 - 40 100	84 200 - 85 500	(605)
37 300 - 38 800	82 700 - 84 200	(373)
35 700 - 37 300	81 100 - 82 700	(454)
33 300 - 35 700	78 700 - 81 100	(321)
31 000 - 33 300	76 400 - 78 700	(38)
28 600 - 31 000	74 000 - 76 400	(0)
23 900 - 28 600	69 300 - 74 000	(0)
0 - 23 900	45 300 - 69 300	(0)

Classement des réseaux

- Réseau routier : principal / secondaire
- Réseau ferré : LGV / TGV / normal
- Gare existante
- Lisieux

Limites administratives

- Limite départementale



Données : Union européenne - SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2011

Variante Rive Gauche / eco3

LIGNE A GRANDE VITESSE NORMANDIE : VARIANTE RIVE GAUCHE

PERFORMANCE ECONOMIQUE DES TERRITOIRES

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA VARIANTE RIVE GAUCHE

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux emplois situés
à moins de 40 min de transport*, hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

* en fait, emplois situés à moins de 1 heure, divisés par 2,25

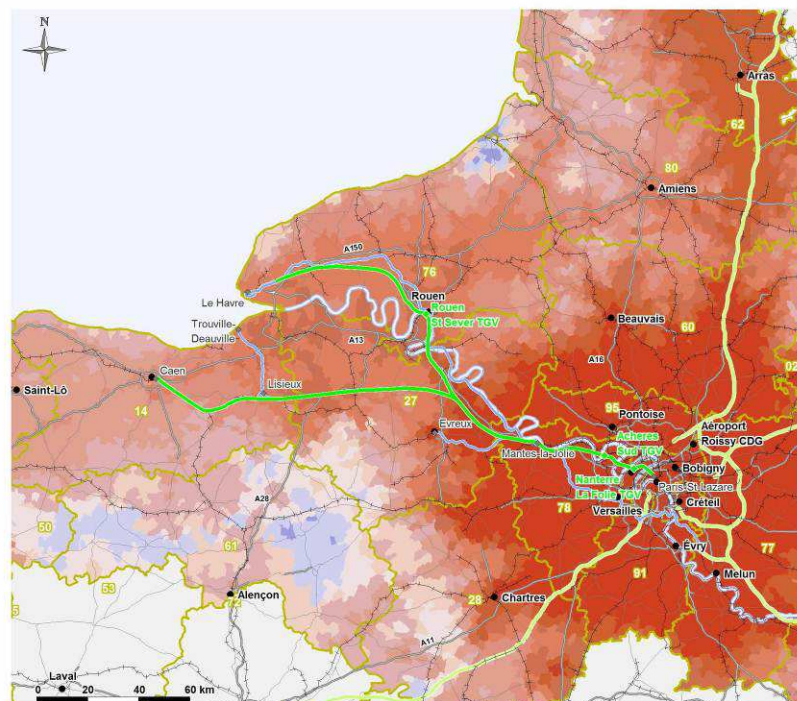
Valeur économique annuelle	Equivalent PIB	Nombre de communes concernées
$U = 1,5758 \times 28800 \times (LnEmpl40mn / (25 - LnEmpl40mn))$	$PIB = 1,5758 \times 28800 \times U$	
68 000 - 80 500	113 400 - 125 900	(0)
55 400 - 68 000	100 800 - 113 400	(1615)
49 100 - 55 400	94 500 - 100 800	(832)
46 700 - 49 100	92 100 - 94 500	(668)
44 400 - 46 700	89 800 - 92 100	(1173)
42 800 - 44 400	88 200 - 89 800	(943)
41 200 - 42 800	86 600 - 88 200	(1309)
40 100 - 41 200	85 500 - 86 600	(871)
38 800 - 40 100	84 200 - 85 500	(598)
37 300 - 38 800	82 700 - 84 200	(373)
35 700 - 37 300	81 100 - 82 700	(454)
33 300 - 35 700	78 700 - 81 100	(321)
31 000 - 33 300	76 400 - 78 700	(38)
28 600 - 31 000	74 000 - 76 400	(0)
23 900 - 28 600	69 300 - 74 000	(0)
0 - 23 900	45 300 - 69 300	(0)

Classement des réseaux

- Réseau routier : principal / secondaire
- Réseau ferré : LGV / TGV / normal
- Gare existante
- Nouvelle infrastructure / nouvelle gare
- Lisieux

Limites administratives

- Limite départementale



Données : Union européenne - SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2011

Variante Rive Gauche / eco4

4.1.1.3.3

Les performances naturelles



LIGNE A GRANDE VITESSE NORMANDIE : VARIANTE RIVE GAUCHE

AUGMENTATION DE VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA VARIANTE RIVE GAUCHE

Augmentation de valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces naturels,
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux espaces naturels
situés à moins de 28 min de transport*,
hors trajets terminaux à pied,
(à partir du centre de chaque commune)

* en fait, espaces naturels situés à moins de 42 minutes, divisés par 2,25

Augmentation de valeur naturelle en euros / actif / an	Nombre de communes concernées
500 - 1 000	(0)
250 - 500	(7)
125 - 250	(62)
63 - 125	(88)
31 - 63	(184)
16 - 31	(176)
8 - 16	(58)
1 - 8	(227)
Sans variation	(8393)

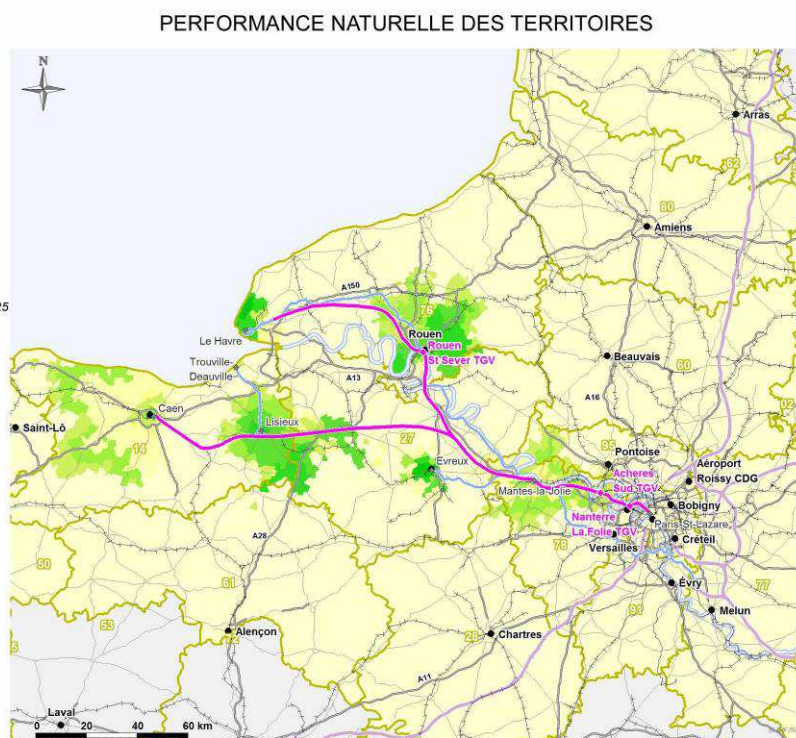
Augmentation totale : 66,7 millions € par an

Classement des réseaux

- Réseau routier : principal / secondaire
- Réseau ferré : LGV / TGV / normal
- Gare existante
- Nouvelle infrastructure / nouvelle gare

Limites administratives

Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2011

Variante Rive Gauche / nat1



LIGNE A GRANDE VITESSE NORMANDIE : VARIANTE RIVE GAUCHE

AUGMENTATION DE VALEUR PAR COMMUNE A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA VARIANTE RIVE GAUCHE

Augmentation de valeur annuelle par commune
au titre de l'accès aux espaces naturels,
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité de l'ensemble des actifs
(et des membres des ménages associés) d'une commune,
aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport*,
hors trajets terminaux à pied,
(à partir du centre de chaque commune)

* en fait, espaces naturels situés à moins de 42 minutes, divisés par 2,25

Augmentation de valeur naturelle en euros / commune / an	Nombre de communes concernées
8 000 000 - 16 000 000	(2)
4 000 000 - 8 000 000	(1)
1 000 000 - 2 000 000	(4)
500 000 - 1 000 000	(7)
250 000 - 500 000	(15)
125 000 - 250 000	(23)
62 500 - 125 000	(40)
31 250 - 62 500	(68)
16 000 - 31 250	(78)
8 000 - 16 000	(118)
4 000 - 8 000	(130)
1 - 4 000	(357)
Sans variation	(8352)

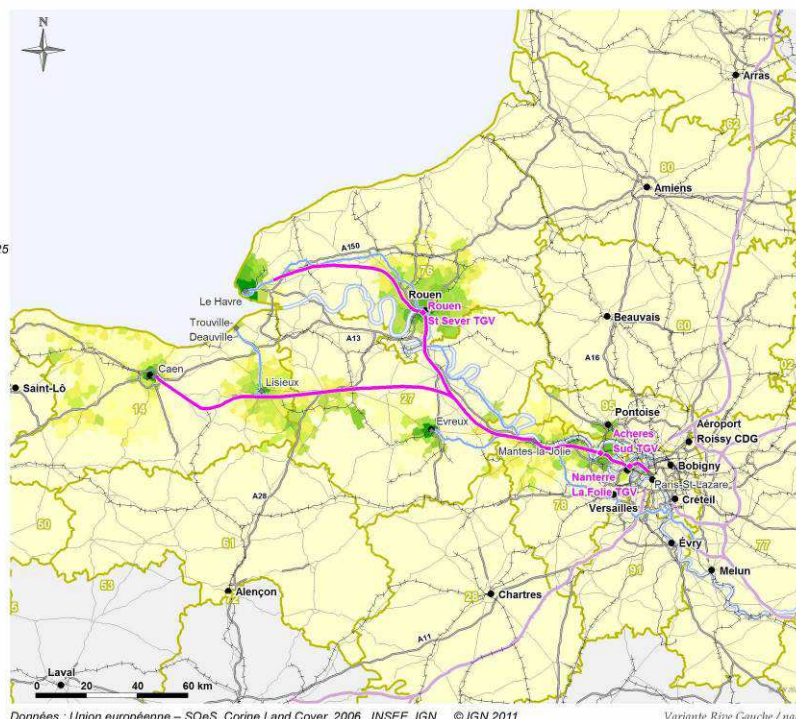
Augmentation totale : 66,7 millions € par an

Classement des réseaux

- Réseau routier : principal / secondaire
- Réseau ferré : LGV / TGV / normal
- Gare existante
- Nouvelle infrastructure / nouvelle gare

Limites administratives

Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2011

Variante Rive Gauche / nat2

LIGNE A GRANDE VITESSE NORMANDIE : VARIANTE RIVE GAUCHE

PERFORMANCE NATURELLE DES TERRITOIRES

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

AVANT REALISATION DE LA VARIANTE RIVE GAUCHE

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces naturels.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux espaces naturels
situés à moins de 28 min de transport*,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

* en fait, espaces naturels situés à moins de 42 minutes, divisés par 2,25

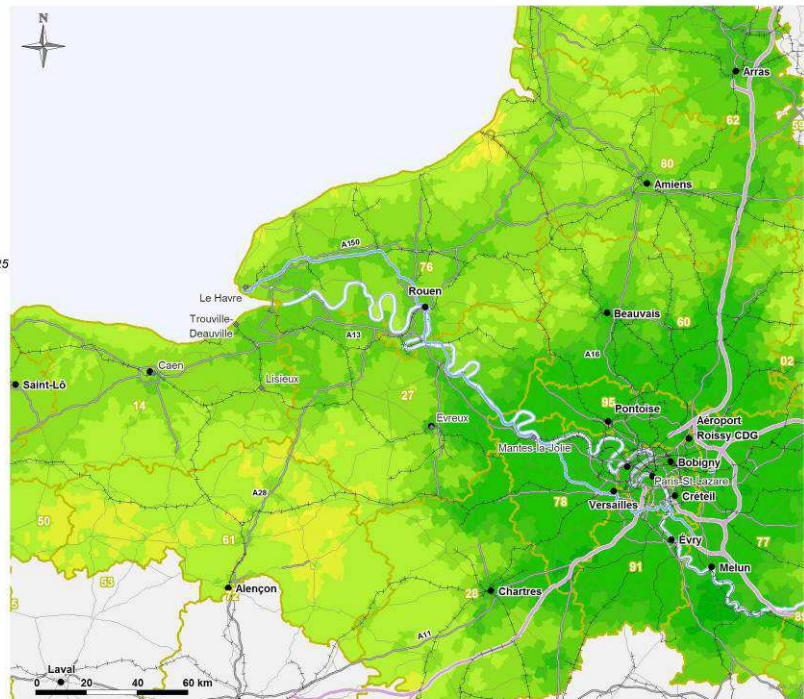
Valeur naturelle annuelle	Nombre de communes concernées
$U = 1,5758 \times 25,11 \times$ $Co \times Ln(SurfNat/28min)$	
11 500 - 12 400	(28)
10 800 - 11 500	(1388)
10 200 - 10 800	(441)
9 600 - 10 200	(1383)
9 100 - 9 600	(2512)
8 600 - 9 100	(2498)
8 300 - 8 600	(600)
8 000 - 8 300	(262)
7 800 - 8 000	(75)
7 500 - 7 800	(8)
7 200 - 7 500	(0)
6 700 - 7 200	(0)
6 200 - 6 700	(0)
5 700 - 6 200	(0)
4 700 - 5 700	(0)
0 - 4 700	(0)

Classement des réseaux

— Réseau routier : principal / secondaire
— Réseau ferré : LGV / TGV / normal
◆ Liseux
◆ Gare existante

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2011

Variante Rive Gauche / nat3

LIGNE A GRANDE VITESSE NORMANDIE : VARIANTE RIVE GAUCHE

PERFORMANCE NATURELLE DES TERRITOIRES

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA VARIANTE RIVE GAUCHE

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces naturels.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux espaces naturels
situés à moins de 28 min de transport*,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

* en fait, espaces naturels situés à moins de 42 minutes, divisés par 2,25

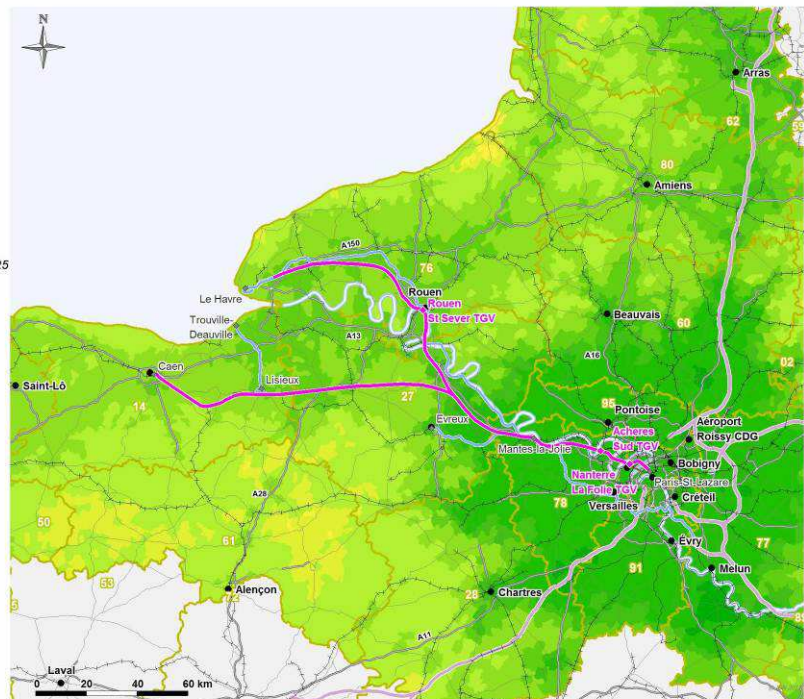
Valeur naturelle annuelle	Nombre de communes concernées
$U = 1,5758 \times 25,11 \times$ $Co \times Ln(SurfNat/28min)$	
11 500 - 12 400	(29)
10 800 - 11 500	(1387)
10 200 - 10 800	(441)
9 600 - 10 200	(1414)
9 100 - 9 600	(2509)
8 600 - 9 100	(2471)
8 300 - 8 600	(599)
8 000 - 8 300	(262)
7 800 - 8 000	(75)
7 500 - 7 800	(8)
7 200 - 7 500	(0)
6 700 - 7 200	(0)
6 200 - 6 700	(0)
5 700 - 6 200	(0)
4 700 - 5 700	(0)
0 - 4 700	(0)

Classement des réseaux

— Réseau routier : principal / secondaire
— Réseau ferré : LGV / TGV / normal
◆ Liseux
◆ Nouvelle infrastructure / nouvelle gare

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2011

Variante Rive Gauche / nat4

4.1.1.3.4

Les performances économiques et naturelles par commune

Horizon 2020 (euros 2000)	Performances économiques par commune	Performances naturelles par commune	Somme des performances économiques et naturelles
LE HAVRE	135 608 495,99	14 292 039,83	149 900 535,82
ROUEN	110 276 095,00	13 362 811,44	123 638 906,44
EVREUX	73 502 080,75	7 775 393,46	81 277 474,21
LISIEUX	15 370 530,41	1 921 443,45	17 291 973,86
LE PETIT-QUEVILLY	15 056 245,63	1 637 515,20	16 693 760,83
NANTERRE	10 744 804,72	1 107 346,89	11 852 151,61
SAINTE-ADRESSE	8 386 912,87	868 333,91	9 255 246,78
DARNETAL	7 686 084,91	821 541,25	8 507 626,16
OCTEVILLE-SUR-MER	7 581 151,68	780 954,00	8 362 105,68
SAINT-SEBASTIEN-DE-MORSENT	6 813 690,72	706 851,27	7 520 541,99
MONT-SAINT-AIGNAN	5 590 046,75	607 987,79	6 198 034,55
CAEN	5 347 651,17	1 586 377,40	6 934 028,57
BONSECOURS	5 043 826,33	536 396,27	5 580 222,60
POISSY	4 790 313,55	493 527,15	5 283 840,70
SOTTEVILLE-LES-ROUEN	4 641 788,96	519 159,55	5 160 948,51
ASNIERES-SUR-SEINE	4 546 536,97	469 744,91	5 016 281,88
CANTELEU	4 538 961,40	493 824,57	5 032 785,96
BOIS-GUILLAUME	4 097 117,26	444 466,88	4 541 584,13
MAROMME	3 820 780,25	402 861,20	4 223 641,45
LES MUREAUX	3 506 595,28	363 189,45	3 869 784,73
LE GRAND-QUEVILLY	3 376 520,67	381 725,26	3 758 245,93
LA GARENNE-COLOMBES	3 303 021,28	340 704,84	3 643 726,12
ACHERES	3 282 911,49	334 811,78	3 617 723,28
CLICHY	3 195 713,72	331 768,36	3 527 482,08
DEVILLE-LES-ROUEN	3 115 950,95	338 948,12	3 454 899,06
SAINT-GERMAIN-EN-LAYE	2 759 437,64	282 761,43	3 042 199,07
BIHOREL	2 567 775,55	279 665,22	2 847 440,77
FONTAINE-LA-MALLET	2 468 328,39	256 564,82	2 724 893,22
CONFLANS-SAINT-HONORINE	2 380 067,09	243 760,63	2 623 827,71
PARIS-17E--ARRONDISSEMENT	2 164 358,39	223 238,45	2 387 596,84
CAUVILLE-SUR-MER	2 119 360,18	217 174,47	2 336 534,66
QUINCAMPOIX	1 998 899,10	208 564,28	2 207 463,38
SAINT-JACQUES-SUR-DARNETAL	1 782 827,50	185 803,01	1 968 630,52
CERGY	1 764 832,92	180 329,76	1 945 162,67
MONTIVILLIERS	1 740 960,34	182 290,47	1 923 250,81
BEZONS	1 691 771,88	174 965,25	1 866 737,13
MANTES-LA-JOLIE	1 677 107,03	279 277,99	1 956 385,02
ERAGNY	1 628 832,27	167 398,20	1 796 230,47
ISNEAUVILLE	1 627 162,78	170 866,36	1 798 029,14

BARENTIN	1 606 871,97	169 146,19	1 776 018,15
NOTRE-DAME-DE-BONDEVILLE	1 512 347,13	158 974,95	1 671 322,08
ORBEC	1 485 867,55	157 230,30	1 643 097,85
GUICHAINVILLE	1 365 785,64	141 776,50	1 507 562,14
MAISONS-LAFFITTE	1 359 326,30	138 183,46	1 497 509,76
LE MESNIL-ESNARD	1 352 583,88	142 317,03	1 494 900,91
BOOS	1 348 597,04	140 340,11	1 488 937,15
BEAUMONT-LE-ROGER	1 337 466,90	139 415,60	1 476 882,49
CARRIERES-SOUS-POISSY	1 299 412,04	132 522,15	1 431 934,18
VILLENEUVE-LA-GARENNE	1 222 330,54	126 429,77	1 348 760,31
PREAUX	1 205 954,56	123 701,07	1 329 655,64
Total 50 1ères communes (euros 2000)	496 692 093,33	55 542 421,72	552 234 515,05
Total 50 communes (millions euros 2000)	496,69	55,54	552,23
Total toutes communes (millions euros 2000)	598,41	66,71	665,12

4.1.1.4 La variante Rive droite de la LGV Paris Normandie

4.1.1.4.1

Le projet évalué



4.1.1.4.2 Les performances économiques



LIGNE A GRANDE VITESSE PARIS - NORMANDIE : VARIANTE RIVE DROITE

AUGMENTATION DE VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA VARIANTE RIVE DROITE

Augmentation de valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux emplois situés
à moins de 40 min de transport*, hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

* en fait, emplois situés à moins de 1 heure, divisés par 2,25

Augmentation de valeur économique en euros / actif / an	Nombre de communes concernées
8 000 - 16 000	(37)
4 000 - 8 000	(70)
2 000 - 4 000	(113)
1 000 - 2 000	(237)
500 - 1 000	(144)
250 - 500	(280)
125 - 250	(139)
63 - 125	(160)
31 - 63	(142)
1 - 31	(450)
Sans variation	(7423)

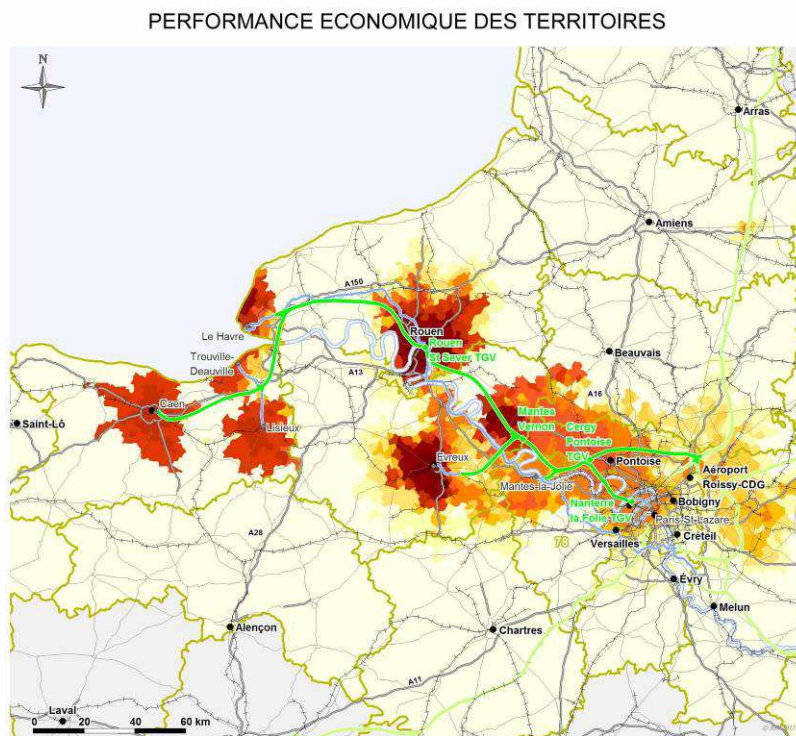
Augmentation totale : 4 383 millions € par an

Classement des réseaux

- Réseau routier : principal / secondaire
- Réseau ferré : LGV / TGV / normal
- Gare existante
- Nouvelle infrastructure / nouvelle gare

Limites administratives

- Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2011

Variante Rive Droite / eco1



LIGNE A GRANDE VITESSE PARIS - NORMANDIE : VARIANTE RIVE DROITE

AUGMENTATION DE VALEUR PAR COMMUNE A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA VARIANTE RIVE DROITE

Augmentation de valeur annuelle par commune
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité de l'ensemble des actifs
(et des membres des ménages associés) d'une commune
aux emplois situés à moins de 40 min de transport*,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

* en fait, emplois situés à moins de 1 heure, divisés par 2,25

Augmentation de valeur économique en euros / commune / an	Nombre de communes concernées
128 000 000 - 900 000 000	(7)
64 000 000 - 128 000 000	(5)
32 000 000 - 64 000 000	(8)
16 000 000 - 32 000 000	(18)
8 000 000 - 16 000 000	(31)
4 000 000 - 8 000 000	(69)
2 000 000 - 4 000 000	(93)
1 000 000 - 2 000 000	(109)
500 000 - 1 000 000	(125)
250 000 - 500 000	(158)
125 000 - 250 000	(187)
62 500 - 125 000	(207)
31 250 - 62 500	(165)
1 - 31 250	(754)
Sans variation	(7263)

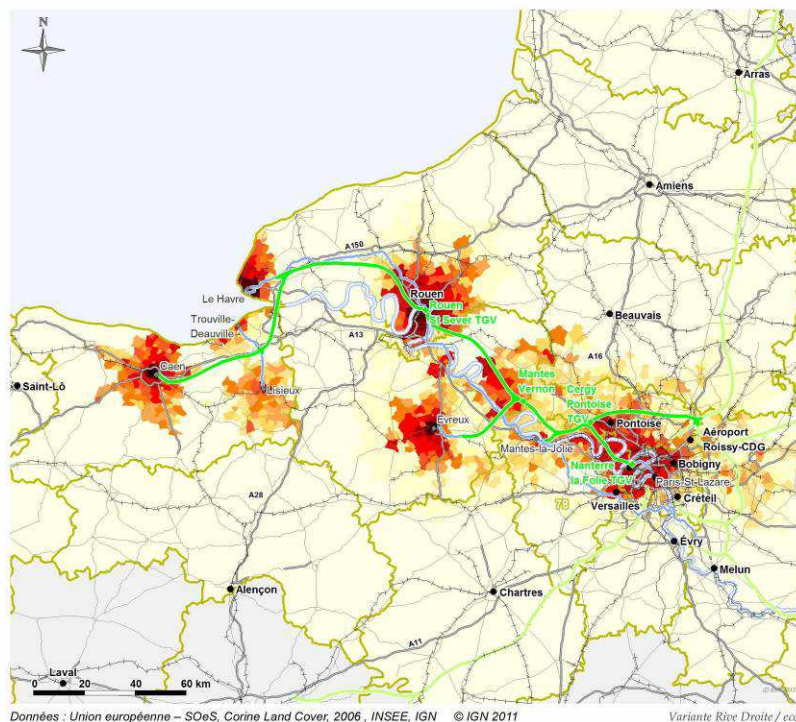
Augmentation totale : 4 383 millions € par an

Classement des réseaux

- Réseau routier : principal / secondaire
- Réseau ferré : LGV / TGV / normal
- Gare existante
- Nouvelle infrastructure / nouvelle gare

Limites administratives

- Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2011

Variante Rive Droite / eco2

LIGNE A GRANDE VITESSE PARIS - NORMANDIE : VARIANTE RIVE DROITE

PERFORMANCE ECONOMIQUE DES TERRITOIRES

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

AVANT REALISATION DE LA VARIANTE RIVE DROITE

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux emplois situés
à moins de 40 min de transport*, hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

* en fait, emplois situés à moins de 1 heure, divisés par 2,25

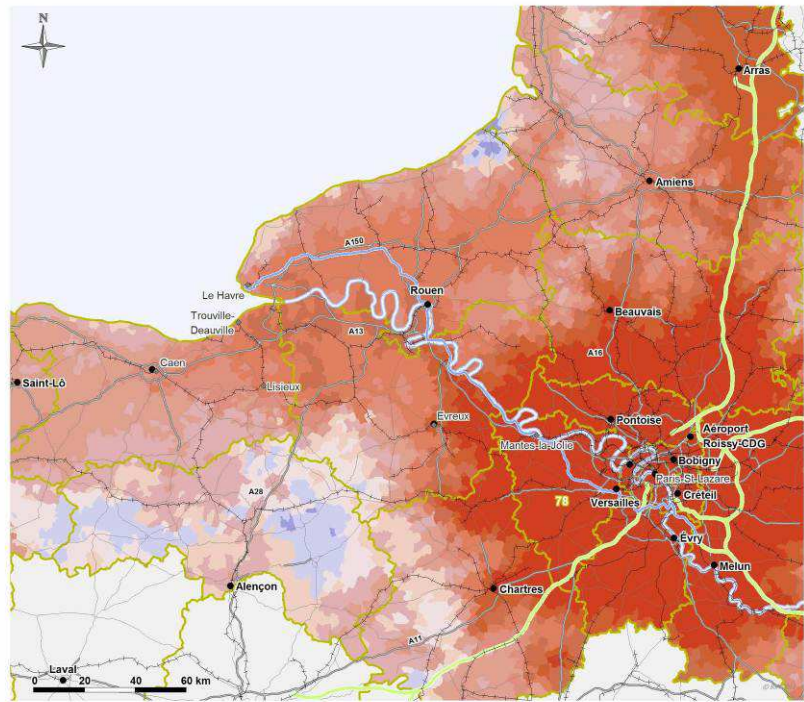
Valeur économique annuelle	Equivalent PIB	Nombre de communes concernées
$U = 1,5758 \times 28800 \times$ (LnEmp40mn / (25 - LnEmp40mn))	$PIB = 1,5758 \times 28800 \times U$	
68 000 - 80 500	113 400 - 125 900	(0)
55 400 - 68 000	100 800 - 113 400	(1614)
49 100 - 55 400	94 500 - 100 800	(831)
46 700 - 49 100	92 100 - 94 500	(608)
44 400 - 46 700	89 800 - 92 100	(1196)
42 800 - 44 400	88 200 - 89 800	(965)
41 200 - 42 800	86 600 - 88 200	(1297)
40 100 - 41 200	85 500 - 86 600	(893)
38 800 - 40 100	84 200 - 85 500	(605)
37 300 - 38 800	82 700 - 84 200	(373)
35 700 - 37 300	81 100 - 82 700	(454)
33 300 - 35 700	78 700 - 81 100	(321)
31 000 - 33 300	76 400 - 78 700	(38)
28 600 - 31 000	74 000 - 76 400	(0)
23 900 - 28 600	69 300 - 74 000	(0)
0 - 23 900	45 300 - 69 300	(0)

Classement des réseaux

- Réseau routier : principal / secondaire
- Réseau ferré : LGV / TGV / normal
- Gare existante
- Lieux

Limites administratives

- Limite départementale



Données : Union européenne – SOEs, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2011

Variante Rive Droite / eco3

LIGNE A GRANDE VITESSE PARIS - NORMANDIE : VARIANTE RIVE DROITE

PERFORMANCE ECONOMIQUE DES TERRITOIRES

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA VARIANTE RIVE DROITE

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux emplois situés
à moins de 40 min de transport*, hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

* en fait, emplois situés à moins de 1 heure, divisés par 2,25

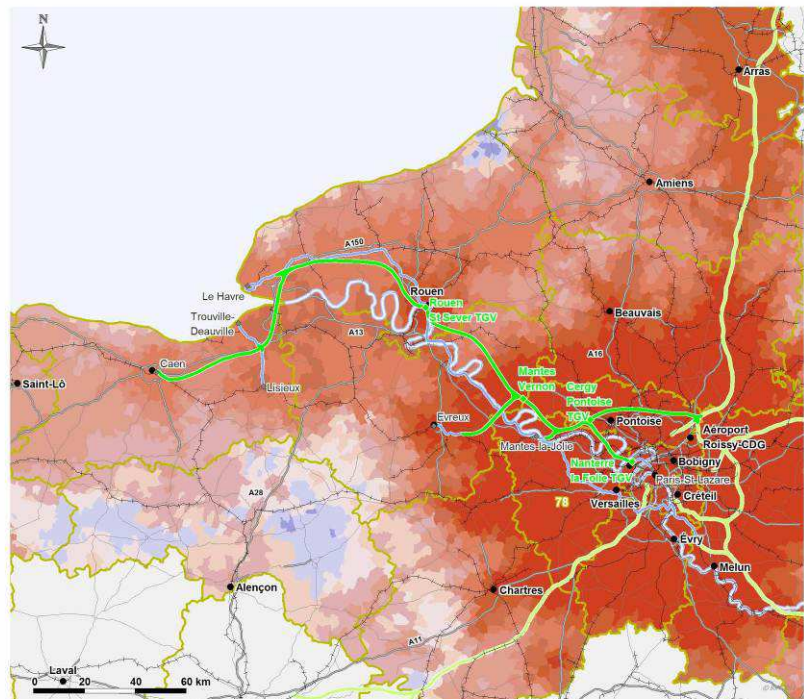
Valeur économique annuelle	Equivalent PIB	Nombre de communes concernées
$U = 1,5758 \times 28800 \times$ (LnEmp40mn / (25 - LnEmp40mn))	$PIB = 1,5758 \times 28800 \times U$	
68 000 - 80 500	113 400 - 125 900	(0)
55 400 - 68 000	100 800 - 113 400	(1659)
49 100 - 55 400	94 500 - 100 800	(890)
46 700 - 49 100	92 100 - 94 500	(623)
44 400 - 46 700	89 800 - 92 100	(1212)
42 800 - 44 400	88 200 - 89 800	(934)
41 200 - 42 800	86 600 - 88 200	(1230)
40 100 - 41 200	85 500 - 86 600	(862)
38 800 - 40 100	84 200 - 85 500	(599)
37 300 - 38 800	82 700 - 84 200	(373)
35 700 - 37 300	81 100 - 82 700	(454)
33 300 - 35 700	78 700 - 81 100	(321)
31 000 - 33 300	76 400 - 78 700	(38)
28 600 - 31 000	74 000 - 76 400	(0)
23 900 - 28 600	69 300 - 74 000	(0)
0 - 23 900	45 300 - 69 300	(0)

Classement des réseaux

- Réseau routier : principal / secondaire
- Réseau ferré : LGV / TGV / normal
- Gare existante
- Nouvelle infrastructure / nouvelle gare
- Lieux

Limites administratives

- Limite départementale



Données : Union européenne – SOEs, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2011

Variante Rive Droite / eco4

4.1.1.4.3

Les performances naturelles



LIGNE A GRANDE VITESSE PARIS - NORMANDIE : VARIANTE RIVE DROITE

AUGMENTATION DE VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA VARIANTE RIVE DROITE

Augmentation de valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces naturels.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux espaces naturels
situés à moins de 28 min de transport*,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

* en fait, espaces naturels situés à moins de 42 minutes, divisés par 2,25

Augmentation de valeur naturelle en euros / actif / an	Nombre de communes concernées
1 000 - 2 000	(33)
500 - 1 000	(54)
250 - 500	(89)
125 - 250	(261)
63 - 125	(148)
31 - 63	(266)
16 - 31	(133)
8 - 16	(140)
1 - 8	(406)
Sans variation	(7665)

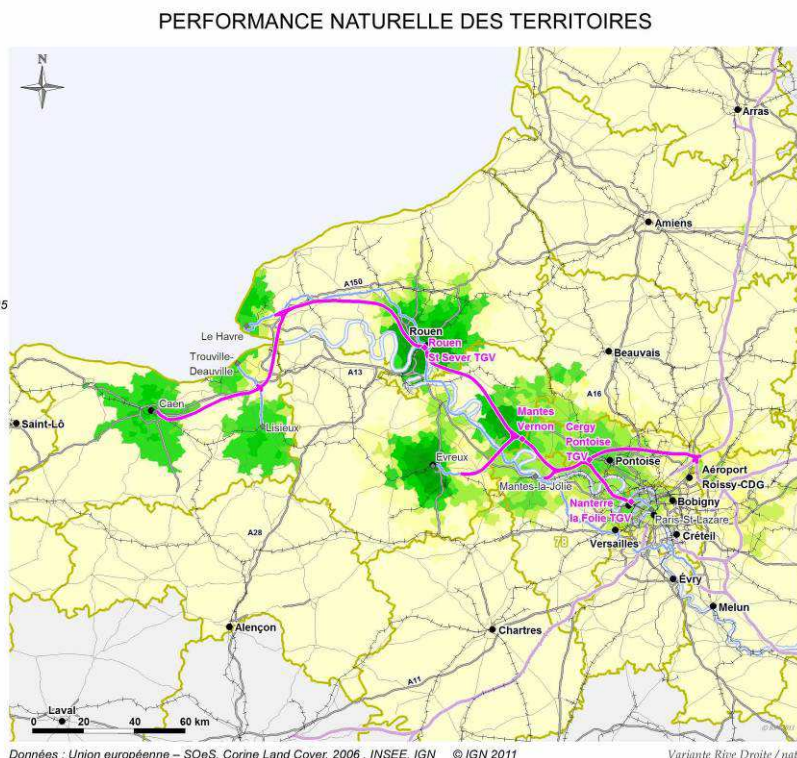
Augmentation totale : 503 millions € par an

Classement des réseaux

- Réseau routier : principal / secondaire
- Réseau ferré : LGV / TGV / normal
- Gare existante
- Nouvelle infrastructure / nouvelle gare

Limites administratives

Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2011

Variante Rive Droite / nat1



LIGNE A GRANDE VITESSE PARIS - NORMANDIE : VARIANTE RIVE DROITE

AUGMENTATION DE VALEUR PAR COMMUNE A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA VARIANTE RIVE DROITE

Augmentation de valeur annuelle par commune
au titre de l'accès aux espaces naturels.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité de l'ensemble des actifs
(et des membres des ménages associés) d'une commune,
aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport*,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

* en fait, espaces naturels situés à moins de 42 minutes, divisés par 2,25

Augmentation de valeur naturelle en euros / commune / an	Nombre de communes concernées
16 000 000 - 100 000 000	(5)
8 000 000 - 16 000 000	(5)
4 000 000 - 8 000 000	(11)
2 000 000 - 4 000 000	(19)
1 000 000 - 2 000 000	(31)
500 000 - 1 000 000	(63)
250 000 - 500 000	(84)
125 000 - 250 000	(96)
62 500 - 125 000	(120)
31 250 - 62 500	(159)
16 000 - 31 250	(180)
8 000 - 16 000	(200)
4 000 - 8 000	(168)
1 - 4 000	(790)
Sans variation	(7264)

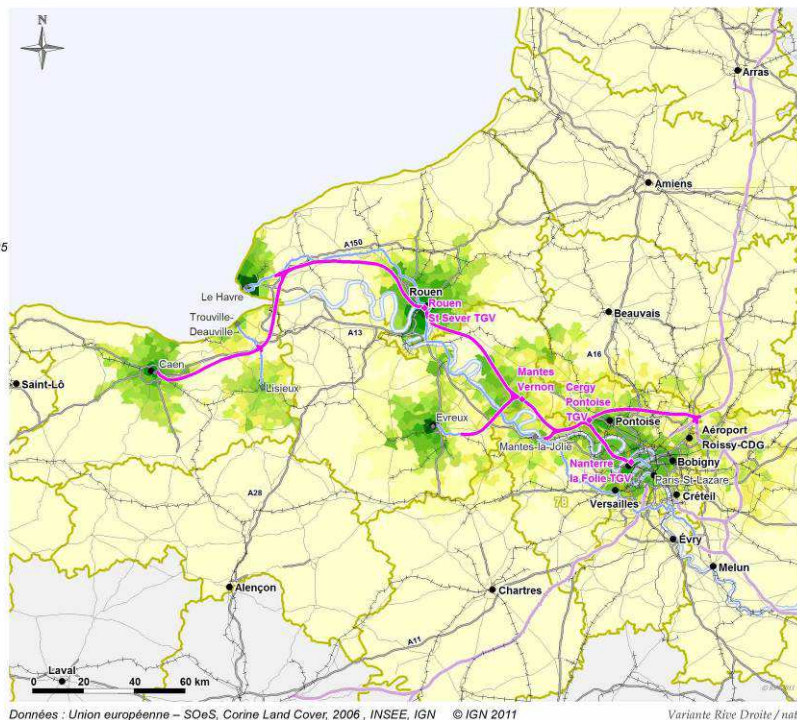
Augmentation totale : 503 millions € par an

Classement des réseaux

- Réseau routier : principal / secondaire
- Réseau ferré : LGV / TGV / normal
- Gare existante
- Nouvelle infrastructure / nouvelle gare

Limites administratives

Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2011

Variante Rive Droite / nat2



LIGNE A GRANDE VITESSE PARIS - NORMANDIE : VARIANTE RIVE DROITE

PERFORMANCE NATURELLE DES TERRITOIRES

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

AVANT REALISATION DE LA VARIANTE RIVE DROITE

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces naturels.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux espaces naturels
situés à moins de 28 min de transport*,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)
* en fait, espaces naturels situés à moins de 42 minutes, divisés par 2,25

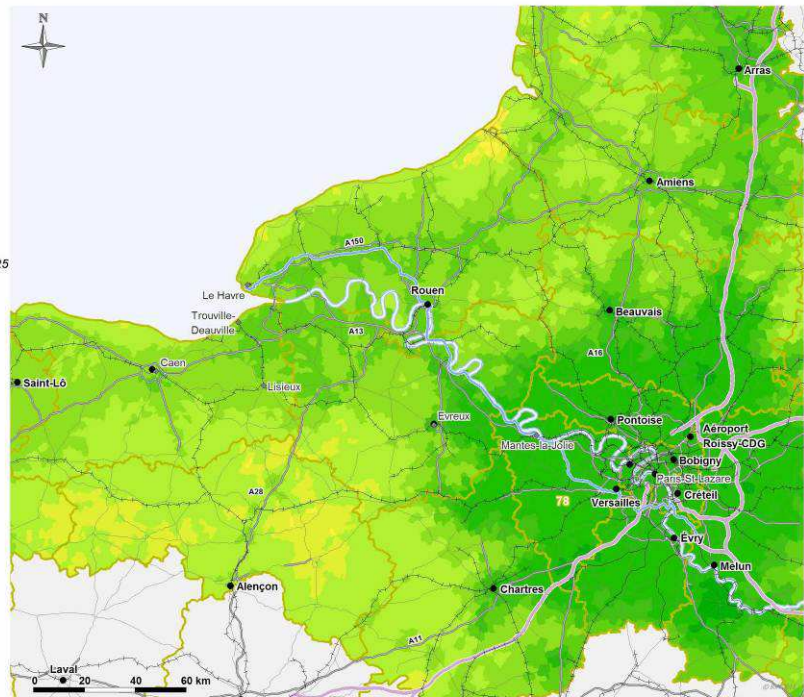
Valeur naturelle annuelle	Nombre de communes concernées
$U = 1,5758 \times 25,11 \times \text{Coi} \times \text{Ln}(\text{SurfNat}/28\text{min})$	
11 500 - 12 400	(28)
10 800 - 11 500	(1388)
10 200 - 10 800	(441)
9 600 - 10 200	(1383)
9 100 - 9 600	(2512)
8 600 - 9 100	(2498)
8 300 - 8 600	(600)
8 000 - 8 300	(262)
7 800 - 8 000	(75)
7 500 - 7 800	(8)
7 200 - 7 500	(0)
6 700 - 7 200	(0)
6 200 - 6 700	(0)
5 700 - 6 200	(0)
4 700 - 5 700	(0)
0 - 4 700	(0)

Classement des réseaux

— Réseau routier : principal / secondaire
— Réseau ferré : LGV / TGV / normal
◆ Liseux
◆ Gare existante

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2011

Variante Rive Droite / nat3



LIGNE A GRANDE VITESSE PARIS - NORMANDIE : VARIANTE RIVE DROITE

PERFORMANCE NATURELLE DES TERRITOIRES

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA VARIANTE RIVE DROITE

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces naturels.
(en euros 2000 par an)

Valeur basée sur l'accessibilité d'un actif
(et des membres du ménage associé), aux espaces naturels
situés à moins de 28 min de transport*,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)
* en fait, espaces naturels situés à moins de 42 minutes, divisés par 2,25

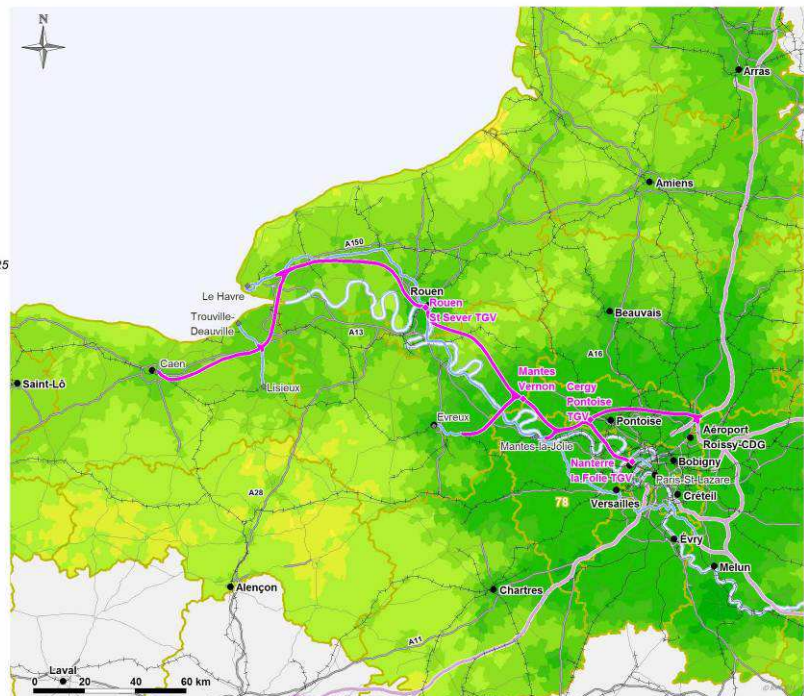
Valeur naturelle annuelle	Nombre de communes concernées
$U = 1,5758 \times 25,11 \times \text{Coi} \times \text{Ln}(\text{SurfNat}/28\text{min})$	
11 500 - 12 400	(58)
10 800 - 11 500	(1401)
10 200 - 10 800	(462)
9 600 - 10 200	(1457)
9 100 - 9 600	(2416)
8 600 - 9 100	(2458)
8 300 - 8 600	(598)
8 000 - 8 300	(262)
7 800 - 8 000	(75)
7 500 - 7 800	(8)
7 200 - 7 500	(0)
6 700 - 7 200	(0)
6 200 - 6 700	(0)
5 700 - 6 200	(0)
4 700 - 5 700	(0)
0 - 4 700	(0)

Classement des réseaux

— Réseau routier : principal / secondaire
— Réseau ferré : LGV / TGV / normal
◆ Liseux
◆ Nouvelle infrastructure / nouvelle gare

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2011

Variante Rive Droite / nat4

4.1.1.4.4

Les performances économiques et naturelles par commune

Horizon 2020 (euros 2000)	Performances économiques par commune	Performances naturelles par commune	Somme des performances économiques et naturelles
ROUEN	825 168 477,27	91 282 698,98	916 451 176,25
EVREUX	225 841 752,02	24 596 907,35	250 438 659,37
LE HAVRE	171 733 030,05	18 670 942,53	190 403 972,58
SOTTEVILLE-LES-ROUEN	165 136 010,83	17 683 846,56	182 819 857,40
LE PETIT-QUEVILLY	149 034 785,28	16 399 055,90	165 433 841,18
LE GRAND-QUEVILLY	140 551 938,88	15 069 672,45	155 621 611,33
CAEN	134 412 876,98	15 486 848,66	149 899 725,64
SAINT-ETIENNE-DU-ROUVRAY	113 237 887,38	12 123 388,53	125 361 275,91
MONT-SAINT-AIGNAN	101 051 326,09	11 052 370,40	112 103 696,49
CANTELEU	81 561 432,95	8 923 929,76	90 485 362,71
BOIS-GUILLAUME	71 061 022,67	7 761 520,94	78 822 543,60
MAROMME	65 976 622,52	7 019 187,27	72 995 809,79
DEVILLE-LES-ROUEN	60 979 745,63	6 499 983,78	67 479 729,41
DARNETAL	58 390 264,42	6 377 282,29	64 767 546,72
BIHOREL	47 841 957,13	5 242 287,86	53 084 244,99
BONSECOURS	42 559 899,39	4 514 741,25	47 074 640,64
PETIT-COURONNE	42 316 661,19	4 541 195,08	46 857 856,26
NOTRE-DAME-DE-BONDEVILLE	38 353 381,89	4 055 292,12	42 408 674,01
BARENTIN	36 119 048,98	3 816 511,10	39 935 560,08
LE MESNIL-ESNARD	32 713 672,76	3 473 344,07	36 187 016,83
SAINT-DENIS	27 762 157,13	3 170 506,93	30 932 664,06
BOULOGNE-BILLANCOURT	27 396 287,46	3 433 682,69	30 829 970,16
ASNIERES-SUR-SEINE	27 049 462,75	3 731 778,92	30 781 241,67
NANTERRE	26 842 641,61	6 180 466,77	33 023 108,38
COURBEVOIE	26 579 928,01	4 598 242,42	31 178 170,43
OISSEL	25 467 880,65	2 724 927,74	28 192 808,39
COLOMBES	23 176 579,96	3 784 069,99	26 960 649,95
SAINT-SEBASTIEN-DE-MORSENT	23 105 772,41	2 424 692,69	25 530 465,10
GRAND-COURONNE	22 921 395,34	2 460 444,59	25 381 839,93
HEROUVILLE-SAINT-CLAIR	22 823 833,43	2 437 953,79	25 261 787,22
RUEIL-MALMAISON	22 493 328,24	4 940 346,64	27 433 674,88
LISIEUX	20 448 910,19	2 465 334,32	22 914 244,51
SAINT-LEGER-DU-BOURG-DENIS	20 304 415,46	2 224 749,16	22 529 164,62
CLICHY	18 218 527,42	2 230 785,22	20 449 312,64
ISSY-LES-MOULINEAUX	17 381 929,22	1 850 155,87	19 232 085,09
LEVALLOIS-PERRET	17 302 039,72	2 409 169,69	19 711 209,41
GRAVIGNY	17 239 365,90	1 848 806,15	19 088 172,05
MALAUNAY	16 607 615,79	1 757 117,48	18 364 733,27
AUBERVILLIERS	15 928 613,84	1 706 099,65	17 634 713,49
FRANQUEVILLE-SAINT-PIERRE	15 769 527,74	1 658 726,26	17 428 254,00

NEUILLY-SUR-SEINE	15 110 397,31	2 417 407,74	17 527 805,05
ARGENTEUIL	15 073 397,80	2 198 492,07	17 271 889,87
SAINTE-ADRESSE	13 772 384,79	1 449 769,07	15 222 153,86
CERGY	13 591 202,52	2 790 982,95	16 382 185,48
PUTEAUX	13 403 678,19	2 599 165,55	16 002 843,74
ISNEAUVILLE	13 321 943,51	1 406 375,58	14 728 319,10
PARIS-18E--ARRONDISSEMENT	13 220 796,49	1 407 124,81	14 627 921,30
GUICHAINVILLE	13 041 215,39	1 363 663,17	14 404 878,56
SURESNES	12 660 142,05	2 428 374,37	15 088 516,42
LE HOULME	12 475 915,95	1 313 153,78	13 789 069,74
Total 50 1ères communes (euros 2000)	3 174 533 080,60	362 003 572,93	3 536 536 653,53
Total 50 communes (millions euros 2000)	3 174,53	362,00	3 536,54
Total toutes communes (millions euros 2000)	4 383,28	502,73	4 886,00

4.1.2 Des exemples d'illustrations des performances obtenues en approche « optimisée » (10 couronnes concentriques de 20 minutes de pas)

Sont illustrés les résultats obtenus dans le cas de l'évaluation des lignes aériennes domestiques françaises, avec deux volets :

- l'évaluation de l'ensemble des lignes en service en France métropolitaine,
- l'évaluation de 7 lignes nouvelles au départ de Marseille (principe d'une base de province pour Air France)

4.1.2.1 L'évaluation des lignes aériennes domestiques françaises

4.1.2.1.1 Le réseau des lignes aériennes retenues pour l'étude d'évaluation (été 2011)

Ligne	Code compagnie	Nom compagnie	Code Depart	Code Arrivée	Ville départ	Ville Arrivée
50 MPLCFE	50	Europe Airpost	MPL	CFE	Montpellier	Clermont Ferrand
A5 AGFORY	A5	Airlinair	AGF	ORY	Agen	Paris
A5 BVEAJA	A5	Airlinair	BVE	AJA	Brive	Ajaccio
A5 DCMORY	A5	Airlinair	DCM	ORY	Castres	Paris
A5 LIGNCE	A5	Airlinair	LIG	NCE	Limoges	Nice
A5 LRHORY	A5	Airlinair	LRH	ORY	La Rochelle	Paris
A5 LYSPIS	A5	Airlinair	LYS	PIS	Lyon	Poitiers
A5 ORYEUR	A5	Airlinair	ORY	EUR	Paris	Aurillac
A5 ORYBVE	A5	Airlinair	ORY	BVE	Paris	Brive
A5 ORYCFR	A5	Airlinair	ORY	CFR	Paris	Caen
A5 ORYLAI	A5	Airlinair	ORY	LAI	Paris	Lannion
A5 ORYLIG	A5	Airlinair	ORY	LIG	Paris	Limoges
A5 SNRTLS	A5	Airlinair	SNR	TLS	Saint Nazaire	Toulouse
AF AJABOD	AF	Air France	AJA	BOD	Ajaccio	Bordeaux
AF AJACFE	AF	Air France	AJA	CFE	Ajaccio	Clermont Ferrand
AF AJAETZ	AF	Air France	AJA	ETZ	Ajaccio	Metz
AF AJAGVA	AF	Air France	AJA	GVA	Ajaccio	Genève
AF AJALIL	AF	Air France	AJA	LIL	Ajaccio	Lille
AF AJAMLI	AF	Air France	AJA	MLI	Ajaccio	Euroairport
AF AJAMPL	AF	Air France	AJA	MPL	Ajaccio	Montpellier
AF AJANTE	AF	Air France	AJA	NTE	Ajaccio	Nantes
AF AJAORY	AF	Air France	AJA	ORY	Ajaccio	Paris
AF AJASXB	AF	Air France	AJA	SXB	Ajaccio	Strasbourg
AF AJATLS	AF	Air France	AJA	TLS	Ajaccio	Toulouse
AF AJAUIP	AF	Air France	AJA	UIP	Ajaccio	Quimper
AF BESCDG	AF	Air France	BES	CDG	Brest	Paris
AF BESLYS	AF	Air France	BES	LYS	Brest	Lyon
AF BESNCE	AF	Air France	BES	NCE	Brest	Nice
AF BESORY	AF	Air France	BES	ORY	Brest	Paris

AF BIABOD	AF	Air France	BIA	BOD	Bastia	Bordeaux
AF BIACFE	AF	Air France	BIA	CFE	Bastia	Clermont Ferrand
AF BIAETZ	AF	Air France	BIA	ETZ	Bastia	Metz
AF BIALIL	AF	Air France	BIA	LIL	Bastia	Lille
AF BIAMPL	AF	Air France	BIA	MPL	Bastia	Montpellier
AF BIANTE	AF	Air France	BIA	NTE	Bastia	Nantes
AF BIAORY	AF	Air France	BIA	ORY	Bastia	Paris
AF BIASXB	AF	Air France	BIA	SXB	Bastia	Strasbourg
AF BIATLS	AF	Air France	BIA	TLS	Bastia	Toulouse
AF BIQGVA	AF	Air France	BIQ	GVA	Biarritz	Genève
AF BIQLYS	AF	Air France	BIQ	LYS	Biarritz	Lyon
AF BIQNCE	AF	Air France	BIQ	NCE	Biarritz	Nice
AF BIQORY	AF	Air France	BIQ	ORY	Biarritz	Paris
AF BODCDG	AF	Air France	BOD	CDG	Bordeaux	Paris
AF BODLIL	AF	Air France	BOD	LIL	Bordeaux	Lille
AF BODLYS	AF	Air France	BOD	LYS	Bordeaux	Lyon
AF BODMRS	AF	Air France	BOD	MRS	Bordeaux	Marseille
AF BODNCE	AF	Air France	BOD	NCE	Bordeaux	Nice
AF BODNTE	AF	Air France	BOD	NTE	Bordeaux	Nantes
AF BODORY	AF	Air France	BOD	ORY	Bordeaux	Paris
AF BODSXB	AF	Air France	BOD	SXB	Bordeaux	Strasbourg
AF BSLCDG	AF	Air France	BSL	CDG	Euroairport	Paris
AF BSLLYS	AF	Air France	BSL	LYS	Euroairport	Lyon
AF CDGCFE	AF	Air France	CDG	CFE	Paris	Clermont Ferrand
AF CDGGVA	AF	Air France	CDG	GVA	Paris	Genève
AF CDGLYS	AF	Air France	CDG	LYS	Paris	Lyon
AF CDGMPL	AF	Air France	CDG	MPL	Paris	Montpellier
AF CDGMRS	AF	Air France	CDG	MRS	Paris	Marseille
AF CDGNCE	AF	Air France	CDG	NCE	Paris	Nice
AF CDGNTE	AF	Air France	CDG	NTE	Paris	Nantes
AF CDGPUF	AF	Air France	CDG	PUF	Paris	Pau
AF CDGRNS	AF	Air France	CDG	RNS	Paris	Rennes
AF CDGSXB	AF	Air France	CDG	SXB	Paris	Strasbourg
AF CDGTLS	AF	Air France	CDG	TLS	Paris	Toulouse
AF CFELYS	AF	Air France	CFE	LYS	Clermont Ferrand	Lyon
AF CFENCE	AF	Air France	CFE	NCE	Clermont Ferrand	Nice
AF CFENTE	AF	Air France	CFE	NTE	Clermont Ferrand	Nantes
AF CFEORY	AF	Air France	CFE	ORY	Clermont Ferrand	Paris
AF CFRLYS	AF	Air France	CFR	LYS	Caen	Lyon
AF CFRNCE	AF	Air France	CFR	NCE	Caen	Nice
AF CLYLIL	AF	Air France	CLY	LIL	Calvi	Lille
AF CLYNTE	AF	Air France	CLY	NTE	Calvi	Nantes
AF CLYORY	AF	Air France	CLY	ORY	Calvi	Paris
AF CLYSXB	AF	Air France	CLY	SXB	Calvi	Strasbourg

AF CLYTLS	AF	Air France	CLY	TLS	Calvi	Toulouse
AF ETZLYS	AF	Air France	ETZ	LYS	Metz	Lyon
AF ETZNCE	AF	Air France	ETZ	NCE	Metz	Nice
AF FSC LIL	AF	Air France	FSC	LIL	Figari	Lille
AF FSCNTE	AF	Air France	FSC	NTE	Figari	Nantes
AF FSCORY	AF	Air France	FSC	ORY	Figari	Paris
AF FSCRNS	AF	Air France	FSC	RNS	Figari	Rennes
AF FSCSXB	AF	Air France	FSC	SXB	Figari	Strasbourg
AF LDEORY	AF	Air France	LDE	ORY	Lourdes	Paris
AF LIGLYS	AF	Air France	LIG	LYS	Limoges	Lyon
AF LILLYS	AF	Air France	LIL	LYS	Lille	Lyon
AF LILMRS	AF	Air France	LIL	MRS	Lille	Marseille
AF LILNCE	AF	Air France	LIL	NCE	Lille	Nice
AF LILNTE	AF	Air France	LIL	NTE	Lille	Nantes
AF LILSXB	AF	Air France	LIL	SXB	Lille	Strasbourg
AF LILTLS	AF	Air France	LIL	TLS	Lille	Toulouse
AF LRTLYS	AF	Air France	LRT	LYS	Lorient	Lyon
AF LRTORY	AF	Air France	LRT	ORY	Lorient	Paris
AF LYSMPL	AF	Air France	LYS	MPL	Lyon	Montpellier
AF LYSMRS	AF	Air France	LYS	MRS	Lyon	Marseille
AF LYSNCE	AF	Air France	LYS	NCE	Lyon	Nice
AF LYSNTE	AF	Air France	LYS	NTE	Lyon	Nantes
AF LYSORY	AF	Air France	LYS	ORY	Lyon	Paris
AF LYSPUF	AF	Air France	LYS	PUF	Lyon	Pau
AF LYSRNS	AF	Air France	LYS	RNS	Lyon	Rennes
AF LYSSXB	AF	Air France	LYS	SXB	Lyon	Strasbourg
AF LYSTLS	AF	Air France	LYS	TLS	Lyon	Toulouse
AF MLHORY	AF	Air France	MLH	ORY	Euroairport	Paris
AF MPLNTE	AF	Air France	MPL	NTE	Montpellier	Nantes
AF MPLORY	AF	Air France	MPL	ORY	Montpellier	Paris
AF MPLRNS	AF	Air France	MPL	RNS	Montpellier	Rennes
AF MRSNTE	AF	Air France	MRS	NTE	Marseille	Nantes
AF MRSORY	AF	Air France	MRS	ORY	Marseille	Paris
AF MRSRNS	AF	Air France	MRS	RNS	Marseille	Rennes
AF MRSSXB	AF	Air France	MRS	SXB	Marseille	Strasbourg
AF MRSTLS	AF	Air France	MRS	TLS	Marseille	Toulouse
AF NCENTE	AF	Air France	NCE	NTE	Nice	Nantes
AF NCEORY	AF	Air France	NCE	ORY	Nice	Paris
AF NCERNS	AF	Air France	NCE	RNS	Nice	Rennes
AF NCESXB	AF	Air France	NCE	SXB	Nice	Strasbourg
AF NCETLS	AF	Air France	NCE	TLS	Nice	Toulouse
AF NCYORY	AF	Air France	NCY	ORY	Annecy	Paris
AF NTEORY	AF	Air France	NTE	ORY	Nantes	Paris
AF NTESXB	AF	Air France	NTE	SXB	Nantes	Strasbourg

AF NTETLS	AF	Air France	NTE	TLS	Nantes	Toulouse
AF ORYPGF	AF	Air France	ORY	PGF	Paris	Perpignan
AF ORYPUF	AF	Air France	ORY	PUF	Paris	Pau
AF ORYRDZ	AF	Air France	ORY	RDZ	Paris	Rodez
AF ORYSXB	AF	Air France	ORY	SXB	Paris	Strasbourg
AF ORYTLN	AF	Air France	ORY	TLN	Paris	Toulon
AF ORYTLS	AF	Air France	ORY	TLS	Paris	Toulouse
AF ORYUIP	AF	Air France	ORY	UIP	Paris	Quimper
AF RNSTLS	AF	Air France	RNS	TLS	Rennes	Toulouse
AF SXBTLS	AF	Air France	SXB	TLS	Strasbourg	Toulouse
CAIMRSLYS	CAI	Corendon	MRS	LYS	Marseille	Lyon
CE BESBOD	CE	Chalair	BES	BOD	Brest	Bordeaux
CE BESLIL	CE	Chalair	BES	LIL	Brest	Lille
CE BODRNS	CE	Chalair	BOD	RNS	Bordeaux	Rennes
CE LILRNS	CE	Chalair	LIL	RNS	Lille	Rennes
DO ANEDLE	DO	Air Vallée	ANE	DLE	Angers	Dole
DO DLENCE	DO	Air Vallée	DLE	NCE	Dole	Nice
DX MRSPUF	DX	Danish Air	MRS	PUF	Marseille	Pau
F7 GVABIQ	F7	Flybaboo	GVA	BIQ	Genève	Biarritz
F7 GVALTT	F7	Flybaboo	GVA	LTT	Genève	Saint Tropez
F7 GVANCE	F7	Flybaboo	GVA	NCE	Genève	Nice
FR BESMRS	FR	Ryanair	BES	MRS	Brest	Marseille
FR BVABZR	FR	Ryanair	BVA	BZR	Paris	Beziers
FR LILMRS	FR	Ryanair	LIL	MRS	Lille	Marseille
FR NTEMRS	FR	Ryanair	NTE	MRS	Nantes	Marseille
FR TUFMRS	FR	Ryanair	TUF	MRS	Tours	Marseille
GY CDGMRS	GY	Gabon Airlines	CDG	MRS	Paris	Marseille
JAFBESTLN	JAF	Jet AirFly	BES	TLN	Brest	Toulon
LG BIAEBU	LG	Luxair	BIA	EBU	Bastia	Saint etienne
SE AJACDG	SE	XL Airways	AJA	CDG	Ajaccio	Paris
SE CDGFSC	SE	XL Airways	CDG	FSC	Paris	Figari
T3 DIJNTE	T3	Eastern airways	DIJ	NTE	Dijon	Nantes
T3 DIJTLS	T3	Eastern airways	DIJ	TLS	Dijon	Toulouse
T7 BYFTLS	T7	Twin jet	BYF	TLS	Albert	Toulouse
T7 ETZMRS	T7	Twin jet	ETZ	MRS	Metz	Marseille
T7 ETZTLS	T7	Twin jet	ETZ	TLS	Metz	Toulouse
T7 GVAMRS	T7	Twin jet	GVA	MRS	Genève	Marseille
T7 MLHTLS	T7	Twin jet	MLH	TLS	Euroairport	Toulouse
T7 MRSMLH	T7	Twin jet	MRS	MLH	Marseille	Euroairport
T7 ORYPGX	T7	Twin jet	ORY	PGX	Paris	Périgueux
TO LYSNTE	TO	Transavia France	LYS	NTE	Lyon	Nantes
U2 AJABSL	U2	Easyjet	AJA	BSL	Ajaccio	Euroairport
U2 AJACDG	U2	Easyjet	AJA	CDG	Ajaccio	Paris
U2 AJAGVA	U2	Easyjet	AJA	GVA	Ajaccio	Genève

U2 BESLYS	U2	Easyjet	BES	LYS	Brest	Lyon
U2 BIACDG	U2	Easyjet	BIA	CDG	Bastia	Paris
U2 BIAGVA	U2	Easyjet	BIA	GVA	Bastia	Genève
U2 BIALYS	U2	Easyjet	BIA	LYS	Bastia	Lyon
U2 BODLYS	U2	Easyjet	BOD	LYS	Bordeaux	Lyon
U2 BSLBOD	U2	Easyjet	BSL	BOD	Euroairport	Bordeaux
U2 BSLNTE	U2	Easyjet	BSL	NTE	Euroairport	Nantes
U2 CDGBES	U2	Easyjet	CDG	BES	Paris	Brest
U2 CDGBIQ	U2	Easyjet	CDG	BIQ	Paris	Biarritz
U2 GVABOD	U2	Easyjet	GVA	BOD	Genève	Bordeaux
U2 GVANCE	U2	Easyjet	GVA	NCE	Genève	Nice
U2 LYSNTE	U2	Easyjet	LYS	NTE	Lyon	Nantes
U2 NCEBSL	U2	Easyjet	NCE	BSL	Nice	Euroairport
U2 NCECDG	U2	Easyjet	NCE	CDG	Nice	Paris
U2 NCELYS	U2	Easyjet	NCE	LYS	Nice	Lyon
U2 NCEORY	U2	Easyjet	NCE	ORY	Nice	Paris
U2 NTEGVA	U2	Easyjet	NTE	GVA	Nantes	Genève
U2 ORYGVA	U2	Easyjet	ORY	GVA	Paris	Genève
U2 TLSCDG	U2	Easyjet	TLS	CDG	Toulouse	Paris
U2 TLSGVA	U2	Easyjet	TLS	GVA	Toulouse	Genève
U2 TLSLYS	U2	Easyjet	TLS	LYS	Toulouse	Lyon
U2 TLSNTE	U2	Easyjet	TLS	NTE	Toulouse	Nantes
U2 TLSORY	U2	Easyjet	TLS	ORY	Toulouse	Paris
UD LYSRDZ	UD	Hexair	LYS	RDZ	Lyon	Rodez
UD ORYLPY	UD	Hexair	ORY	LPY	Paris	Le Puy
VY NCETLS	VY	Vueling airlines	NCE	TLS	Nice	Toulouse
XK AJALYS	XK	Air Corsica	AJA	LYS	Ajaccio	Lyon
XK AJAMRS	XK	Air Corsica	AJA	MRS	Ajaccio	Marseille
XK AJANCE	XK	Air Corsica	AJA	NCE	Ajaccio	Nice
XK BIALYS	XK	Air Corsica	BIA	LYS	Bastia	Lyon
XK BIAMRS	XK	Air Corsica	BIA	MRS	Bastia	Marseille
XK BIANCE	XK	Air Corsica	BIA	NCE	Bastia	Nice
XK CLYLYS	XK	Air Corsica	CLY	LYS	Calvi	Lyon
XK CLYMRS	XK	Air Corsica	CLY	MRS	Calvi	Marseille
XK CLYNCE	XK	Air Corsica	CLY	NCE	Calvi	Nice
XK FSCLYS	XK	Air Corsica	FSC	LYS	Figari	Lyon
XK FSCMRS	XK	Air Corsica	FSC	MRS	Figari	Marseille
XK FSCNCE	XK	Air Corsica	FSC	NCE	Figari	Nice

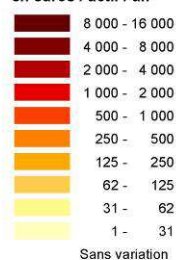
4.1.2.1.2 Les performances économiques

AUGMENTATION DE VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2010

APRES MISE EN SERVICE DES LIGNES AERIENNES

Augmentation de valeur annuelle
par actif au sein de chaque canton
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2010 par an)

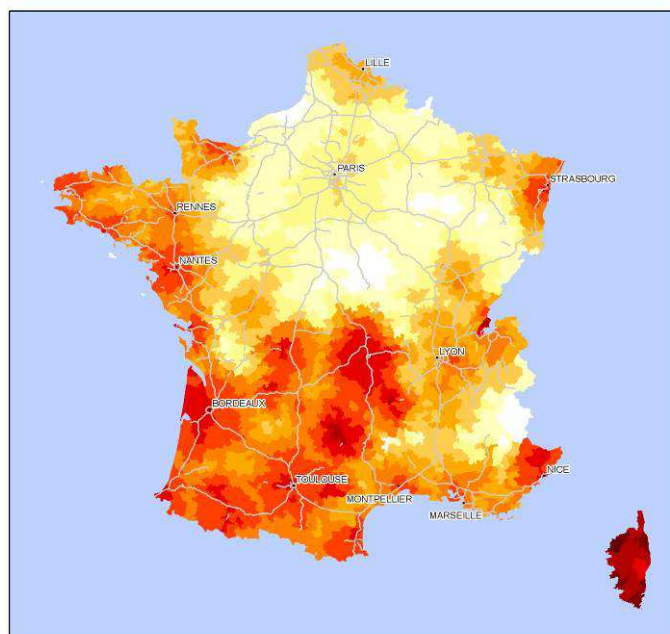
Augmentation de valeur économique en euros / actif / an



Augmentation totale : 8 613 945 443 euros par an

EVALUATION DU RESEAU AERIEN DOMESTIQUE

PERFORMANCE ECONOMIQUE DES TERRITOIRES



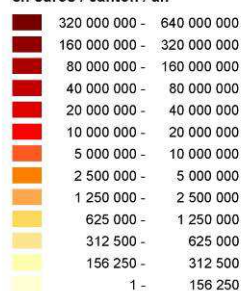
Données : Corine Land Cover, INSEE, IGN Route 500
Application : Esri ArcGis - Contrôle qualité : Setec International
Réalisation : Maporama Solutions

AUGMENTATION DE VALEUR PAR CANTON A L'HORIZON 2010

APRES MISE EN SERVICE DES LIGNES AERIENNES

Augmentation de valeur annuelle par canton
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2010 par an)

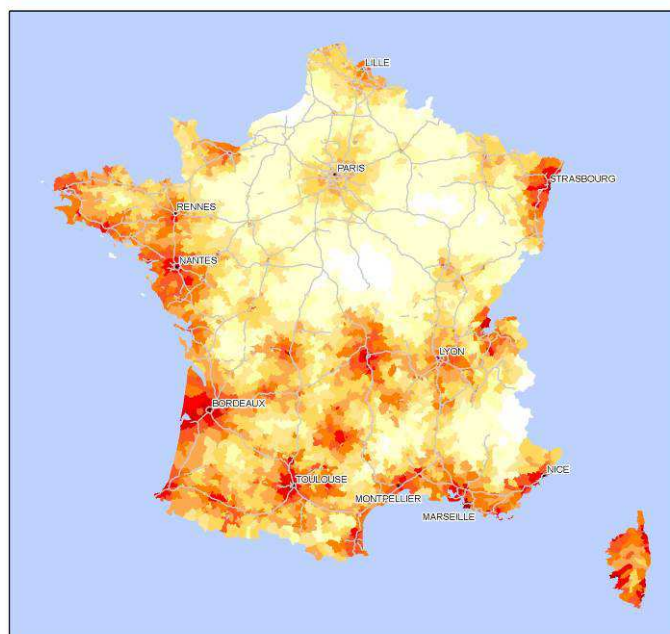
Augmentation de valeur économique en euros / canton / an



Augmentation totale: 8 613 945 443 euros par an

EVALUATION DU RESEAU AERIEN DOMESTIQUE

PERFORMANCE ECONOMIQUE DES TERRITOIRES



Données : Corine Land Cover, INSEE, IGN Route 500
Application : Esri ArcGis - Contrôle qualité : Setec International
Réalisation : Maporama Solutions

EVALUATION DU RESEAU AERIEN DOMESTIQUE

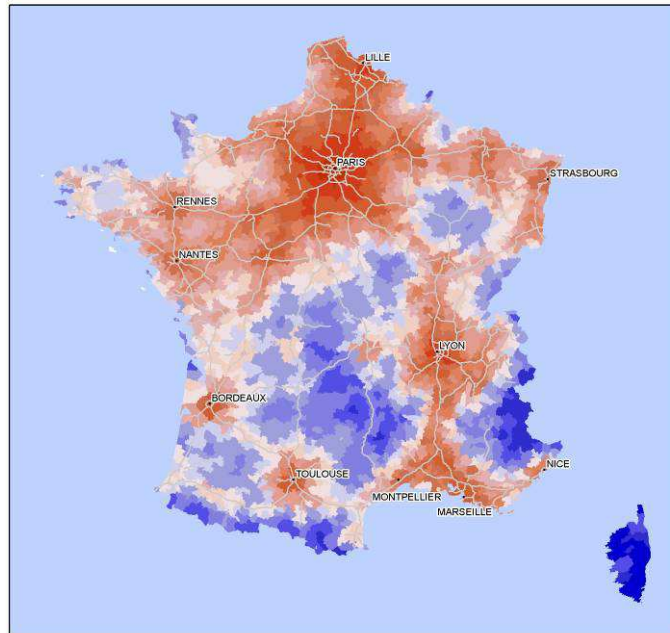
PERFORMANCE ECONOMIQUE DES TERRITOIRES

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2010

AVANT MISE EN SERVICE DES LIGNES AERIENNES

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque canton
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2010 par an)

Valeur économique annuelle	Equivalent P.I.B.
67 300 - 80 150	112 150 - 125 000
54 850 - 67 300	99 700 - 112 150
48 600 - 54 850	93 450 - 99 700
46 250 - 48 600	91 100 - 93 450
43 900 - 46 250	88 750 - 91 100
42 301 - 43 900	87 150 - 88 750
40 700 - 42 300	85 550 - 87 150
39 750 - 40 700	84 600 - 85 550
38 450 - 39 750	83 300 - 84 600
36 850 - 38 450	81 700 - 83 300
35 400 - 36 850	80 250 - 81 700
33 000 - 35 400	77 850 - 80 250
30 650 - 33 000	75 500 - 77 850
28 250 - 30 650	73 100 - 75 500
23 600 - 28 250	68 450 - 73 100
0 - 23 600	44 850 - 68 450



Données : Corine Land Cover, INSEE, IGN Route 500
Application : Esri ArcGis Contrôle qualité : Setec International
Réalisation : Maporama Solutions

EVALUATION DU RESEAU AERIEN DOMESTIQUE

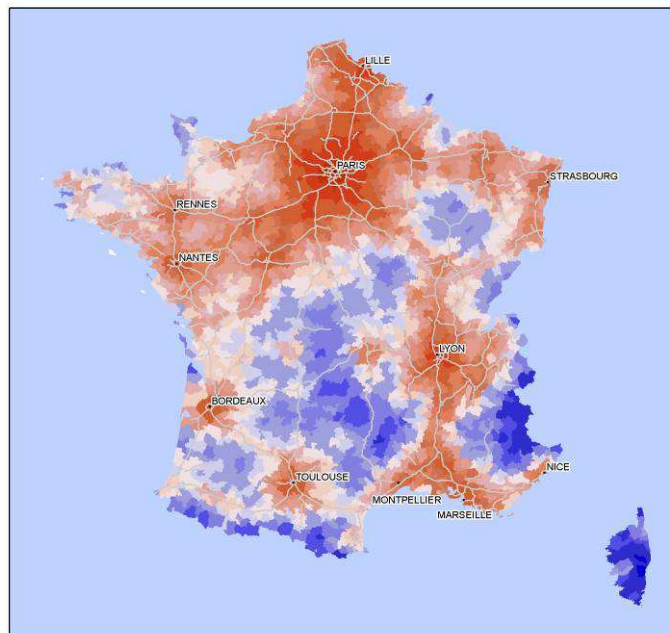
PERFORMANCE ECONOMIQUE DES TERRITOIRES

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2010

APRES MISE EN SERVICE DES LIGNES AERIENNES

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque canton
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2010 par an)

Valeur économique annuelle	Equivalent P.I.B.
67 300 - 80 150	112 150 - 125 000
54 850 - 67 300	99 700 - 112 150
48 600 - 54 850	93 450 - 99 700
46 250 - 48 600	91 100 - 93 450
43 900 - 46 250	88 750 - 91 100
42 301 - 43 900	87 150 - 88 750
40 700 - 42 300	85 550 - 87 150
39 750 - 40 700	84 600 - 85 550
38 450 - 39 750	83 300 - 84 600
36 850 - 38 450	81 700 - 83 300
35 400 - 36 850	80 250 - 81 700
33 000 - 35 400	77 850 - 80 250
30 650 - 33 000	75 500 - 77 850
28 250 - 30 650	73 100 - 75 500
23 600 - 28 250	68 450 - 73 100
0 - 23 600	44 850 - 68 450



Données : Corine Land Cover, INSEE, IGN Route 500
Application : Esri ArcGis Contrôle qualité : Setec International
Réalisation : Maporama Solutions

4.1.2.1.3

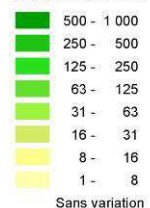
Les performances naturelles

AUGMENTATION DE VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2010

APRES MISE EN SERVICE DES LIGNES AERIENNES

Augmentation de valeur annuelle
par actif au sein de chaque canton
au titre de l'accès aux espaces naturels.
(en euros 2010 par an)

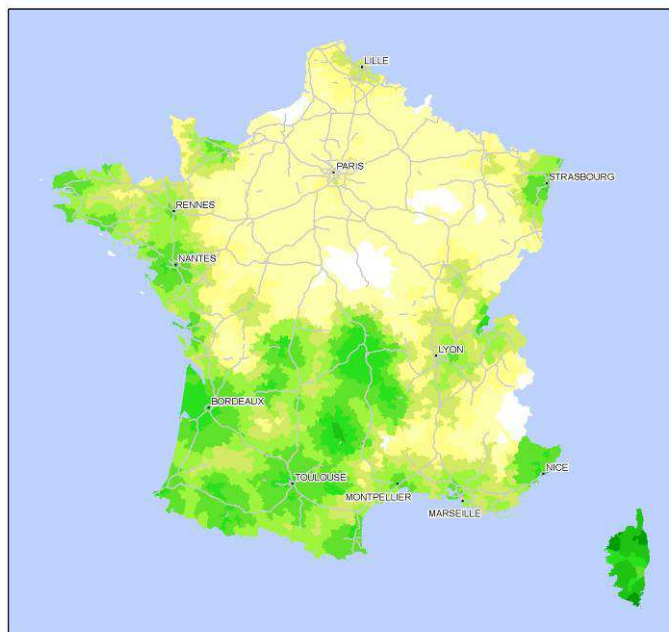
Augmentation de valeur naturelle en euros / actif / an



Augmentation totale : 1 081 271 362 euros par an

EVALUATION DU RESEAU AERIEN DOMESTIQUE

PERFORMANCE NATURELLE DES TERRITOIRES



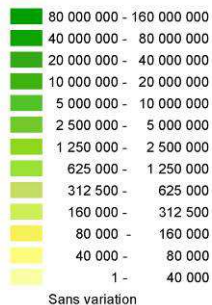
Données : Corine Land Cover, INSEE, IGN Route 500
Application : Esri ArcGis - Contrôle qualité : Setec International
Réalisation : Maporama Solutions

AUGMENTATION DE VALEUR PAR CANTON A L'HORIZON 2010

APRES MISE EN SERVICE DES LIGNES AERIENNES

Augmentation de valeur annuelle par canton
au titre de l'accès aux espaces naturels.
(en euros 2010 par an)

Augmentation de valeur naturelle en euros / canton / an



Augmentation totale: 1 081 271 362 euros par an

EVALUATION DU RESEAU AERIEN DOMESTIQUE

PERFORMANCE NATURELLE DES TERRITOIRES



Données : Corine Land Cover, INSEE, IGN Route 500
Application : Esri ArcGis - Contrôle qualité : Setec International
Réalisation : Maporama Solutions

EVALUATION DU RESEAU AERIEN DOMESTIQUE

PERFORMANCE NATURELLE DES TERRITOIRES

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2010

AVANT MISE EN SERVICE DES LIGNES AERIENNES

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque canton
au titre de l'accès aux espaces naturels.
(en euros 2010 par an)



Données : Corine Land Cover, INSEE, IGN Route 500
Application : Esri ArcGis - Contrôle qualité : Setec International
Réalisation : Maporama Solutions

EVALUATION DU RESEAU AERIEN DOMESTIQUE

PERFORMANCE NATURELLE DES TERRITOIRES

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2010

APRES MISE EN SERVICE DES LIGNES AERIENNES

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque canton
au titre de l'accès aux espaces naturels.
(en euros 2010 par an)



Données : Corine Land Cover, INSEE, IGN Route 500
Application : Esri ArcGis - Contrôle qualité : Setec International
Réalisation : Maporama Solutions

La méthode d'évaluation des performances économiques et naturelles des territoires vise à identifier à partir de toute zone de résidence les biens convoités au sein de territoires accessibles dans un temps de déplacement donné.

La représentation des territoires délimités par des isochrones de taille croissante a un pouvoir d'évocation extrêmement fort. Elle explique de façon intuitive l'apport des projets nouveaux d'infrastructure.

Dans des cas complexes comme ceux de projets de liaisons ferroviaires à grande vitesse ou de lignes aériennes, on peut illustrer la progression de l'accessibilité induite par un projet à partir de toute zone de résidence en délimitant les territoires accessibles par paliers de temps croissant,

- d'une part dans l'hypothèse de l'emploi du réseau routier qui constitue la desserte de base du territoire,
- d'autre part dans l'hypothèse de l'emploi de l'emploi du réseau routier et ferroviaire connecté
- enfin dans le cas de l'emploi du réseau routier et ferroviaire associé au projet de ligne ferrée à grande vitesse ou de ligne aérienne envisagé.

L'étendue croissante du territoire accessible dans un temps de transport donné fait clairement apparaître les fonctionnalités de l'infrastructure projetée.

Les représentations obtenues à partir de zones caractéristiques de résidence des usagers permettent de comprendre intuitivement les caractéristiques fondamentales des projets étudiés et l'intérêt qu'ils présentent.

TERRITOIRES ACCESSIBLES DEPUIS MARSEILLE EN VOITURE, TRAIN ET AVION



200 minutes
voiture
15% du territoire



200 minutes
+ train
27% du territoire



200 minutes
+ avion
72% du territoire

TERRITOIRES ACCESSIBLES DEPUIS BORDEAUX EN VOITURE, TRAIN ET AVION



200 minutes
voiture
25% du territoire



200 minutes
+ train
26% du territoire



200 minutes
+ avion
73% du territoire

TERRITOIRES ACCESSIBLES DEPUIS NICE EN VOITURE, TRAIN ET AVION



200 minutes
voiture
6% du territoire



200 minutes
+ train
8% du territoire



200 minutes
+ avion
79% du territoire

TERRITOIRES ACCESSIBLES DEPUIS TOULOUSE EN VOITURE, TRAIN ET AVION



200 minutes
voiture
24,8% du territoire



200 minutes
+ train
25,2% du territoire



200 minutes
+ avion
80% du territoire

4.1.2.2 L'évaluation de 7 lignes nouvelles au départ de Marseille

4.1.2.2.1 Les sept lignes aériennes évaluées

Au moment de la réalisation de l'étude, le programme définitif au départ de Marseille n'étant pas public, le choix d'évaluation suivant est effectué.

Il est décidé d'évaluer l'effet négatif de la suppression de 7 lignes existantes à partir de l'aéroport de Marseille ce qui, a contrario, permet de déterminer l'effet positif du rétablissement de ces 7 lignes. On peut ainsi calculer l'impact positif que pourra avoir la mise en service de lignes nouvelles du même type.

La simulation porte sur la suppression des lignes suivantes au départ de Marseille: Toulouse, Bordeaux, Nantes, Rennes, Brest, Lille, Strasbourg.

4.1.2.2.2 Les performances économiques

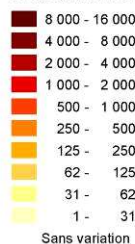
IMPACT DU RETABLISSEMENT DE 7 LIGNES AU DEPART DE MARSEILLE

AUGMENTATION DE VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2010

APRES RETABLISSEMENT DE 7 LIGNES AERIENNES AU DEPART DE L'AEROPORT DE MARSEILLE

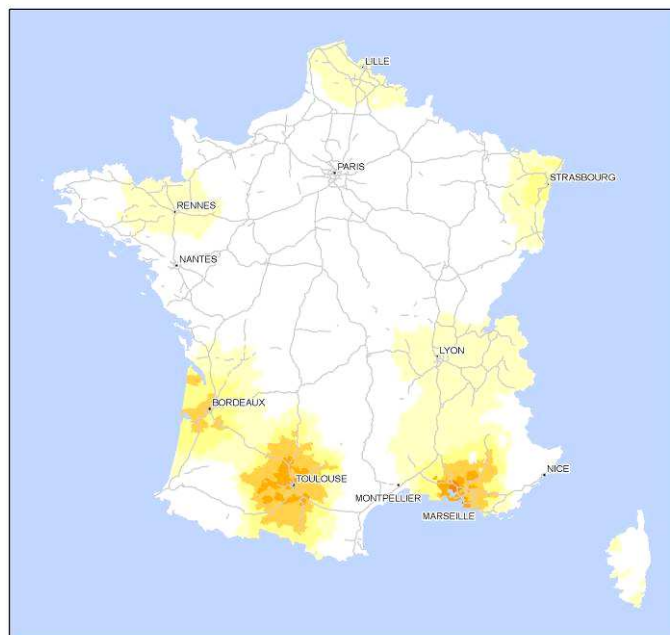
Augmentation de valeur annuelle
par actif au sein de chaque canton
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2010 par an)

Augmentation de valeur économique en euros / actif / an



Augmentation totale : 371 960 447 euros par an

PERFORMANCE ECONOMIQUE DES TERRITOIRES



Données : Corine Land Cover, INSEE, IGN Route 500
Application : Esri ArcGis Contrôle qualité : Setec International
Réalisation : Maporama Solutions

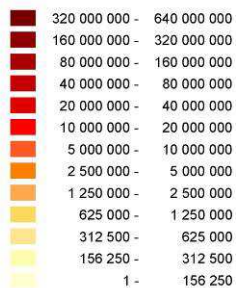
IMPACT DU RETABLISSEMENT DE 7 LIGNES AU DEPART DE MARSEILLE

AUGMENTATION DE VALEUR PAR CANTON A L'HORIZON 2010

APRES RETABLISSEMENT DE 7 LIGNES AERIENNES AU DEPART DE L'AEROPORT DE MARSEILLE

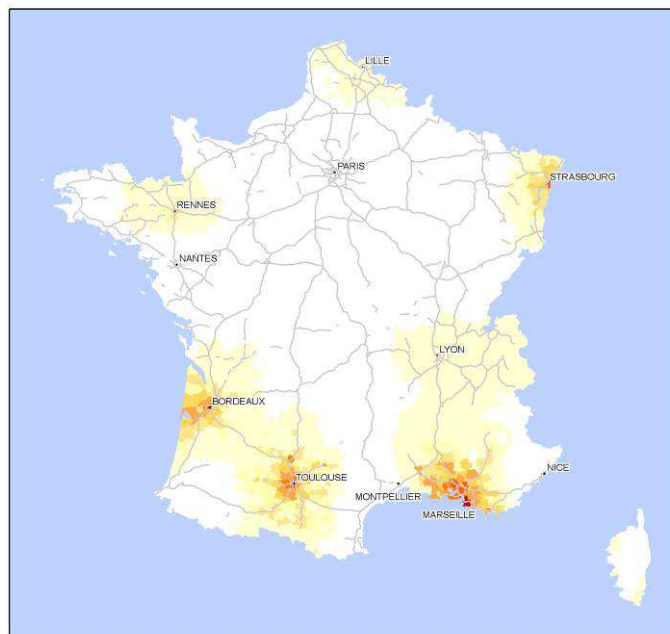
Augmentation de valeur annuelle par canton
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2010 par an)

Augmentation de valeur économique en euros / canton / an



Augmentation totale : 371 960 447 euros par an

PERFORMANCE ECONOMIQUE DES TERRITOIRES



Données : Corine Land Cover, INSEE, IGN Route 500
Application : Esri ArcGis Contrôle qualité : Setec International
Réalisation : Maporama Solutions

IMPACT DU RETABLISSEMENT DE 7 LIGNES AU DEPART DE MARSEILLE

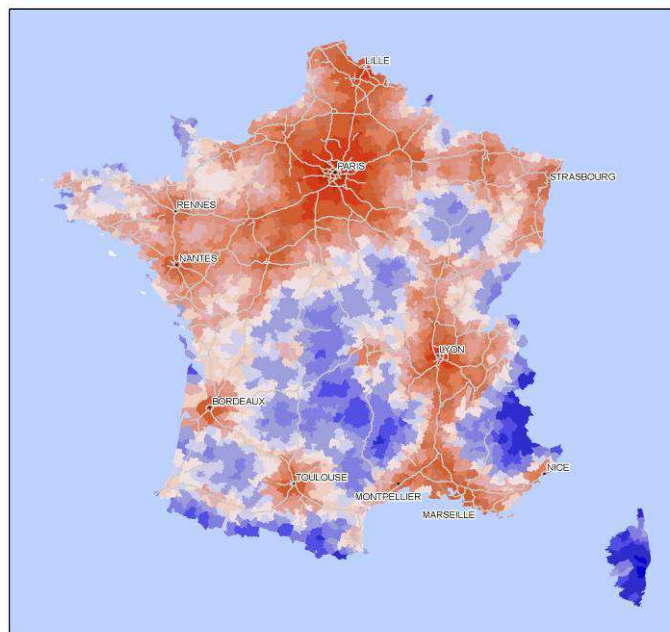
VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2010

AVANT RETABLISSEMENT DE 7 LIGNES AERIENNES AU DEPART DE L'AEROPORT DE MARSEILLE

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque canton
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2010 par an)

Valeur économique annuelle	Equivalent P.I.B.
67 300 - 80 150	112 150 - 125 000
54 850 - 67 300	99 700 - 112 150
48 600 - 54 850	93 450 - 99 700
46 250 - 48 600	91 100 - 93 450
43 900 - 46 250	88 750 - 91 100
42 301 - 43 900	87 150 - 88 750
40 700 - 42 300	85 550 - 87 150
39 750 - 40 700	84 600 - 85 550
38 450 - 39 750	83 300 - 84 600
36 850 - 38 450	81 700 - 83 300
35 400 - 36 850	80 250 - 81 700
33 000 - 35 400	77 850 - 80 250
30 650 - 33 000	75 500 - 77 850
28 250 - 30 650	73 100 - 75 500
23 600 - 28 250	68 450 - 73 100
0 - 23 600	44 850 - 68 450

PERFORMANCE ECONOMIQUE DES TERRITOIRES



Données : Corine Land Cover, INSEE, IGN Route 500
Application : Esri ArcGis Contrôle qualité : Setec International
Réalisation : Maporama Solutions

IMPACT DU RETABLISSEMENT DE 7 LIGNES AU DEPART DE MARSEILLE

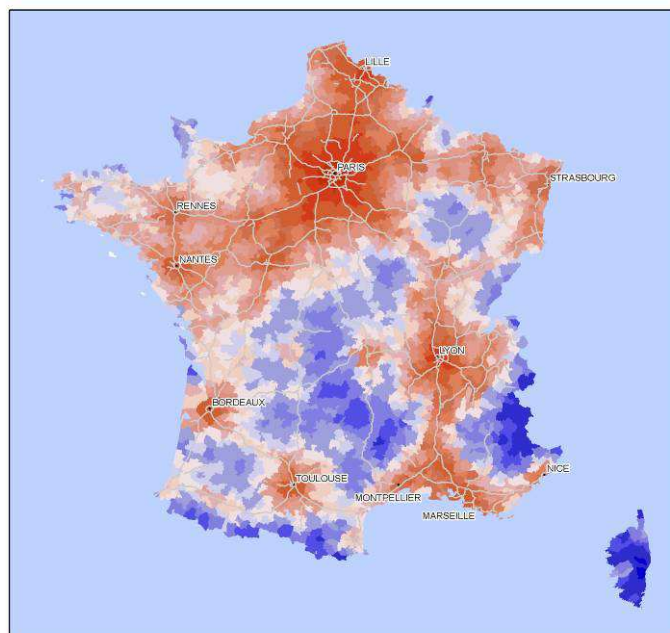
VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2010

APRES RETABLISSEMENT DE 7 LIGNES AERIENNES AU DEPART DE L'AEROPORT DE MARSEILLE

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque canton
au titre de l'accès aux espaces économiques.
(en euros 2010 par an)

Valeur économique annuelle	Equivalent P.I.B.
67 300 - 80 150	112 150 - 125 000
54 850 - 67 300	99 700 - 112 150
48 600 - 54 850	93 450 - 99 700
46 250 - 48 600	91 100 - 93 450
43 900 - 46 250	88 750 - 91 100
42 301 - 43 900	87 150 - 88 750
40 700 - 42 300	85 550 - 87 150
39 750 - 40 700	84 600 - 85 550
38 450 - 39 750	83 300 - 84 600
36 850 - 38 450	81 700 - 83 300
35 400 - 36 850	80 250 - 81 700
33 000 - 35 400	77 850 - 80 250
30 650 - 33 000	75 500 - 77 850
28 250 - 30 650	73 100 - 75 500
23 600 - 28 250	68 450 - 73 100
0 - 23 600	44 850 - 68 450

PERFORMANCE ECONOMIQUE DES TERRITOIRES



Données : Corine Land Cover, INSEE, IGN Route 500
Application : Esri ArcGis Contrôle qualité : Setec International
Réalisation : Maporama Solutions

4.1.2.2.3

Les performances naturelles

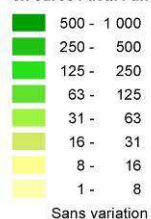
IMPACT DU RETABLISSEMENT DE 7 LIGNES AU DEPART DE MARSEILLE

AUGMENTATION DE VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2010

APRES RETABLISSEMENT DE 7 LIGNES AERIENNES AU DEPART DE L'AEROPORT DE MARSEILLE

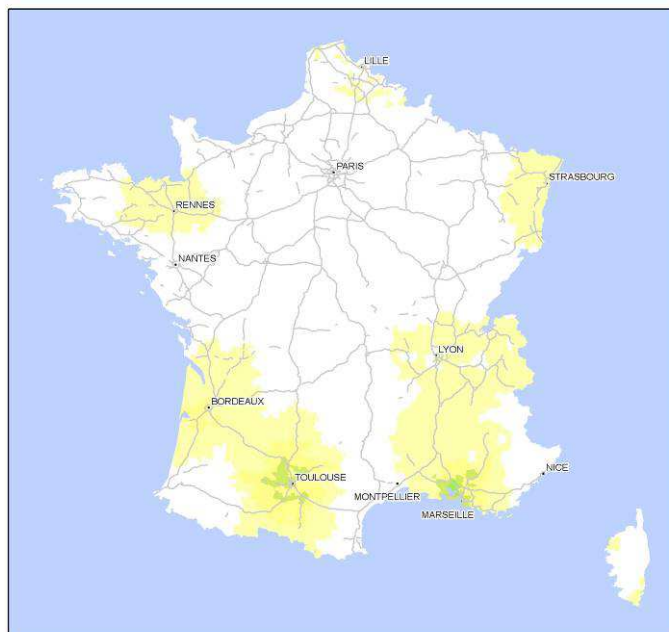
Augmentation de valeur annuelle
par actif au sein de chaque canton
au titre de l'accès aux espaces naturels.
(en euros 2010 par an)

Augmentation de valeur naturelle en euros / actif / an



Augmentation totale : 48 422 357 euros par an

PERFORMANCE NATURELLE DES TERRITOIRES



Données : Corine Land Cover, INSEE, IGN Route 500
Application : Esri ArcGis Contrôle qualité : Setec International
Réalisation : Maporama Solutions

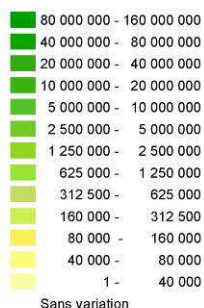
IMPACT DU RETABLISSEMENT DE 7 LIGNES AU DEPART DE MARSEILLE

AUGMENTATION DE VALEUR PAR CANTON A L'HORIZON 2010

APRES RETABLISSEMENT DE 7 LIGNES AERIENNES AU DEPART DE L'AEROPORT DE MARSEILLE

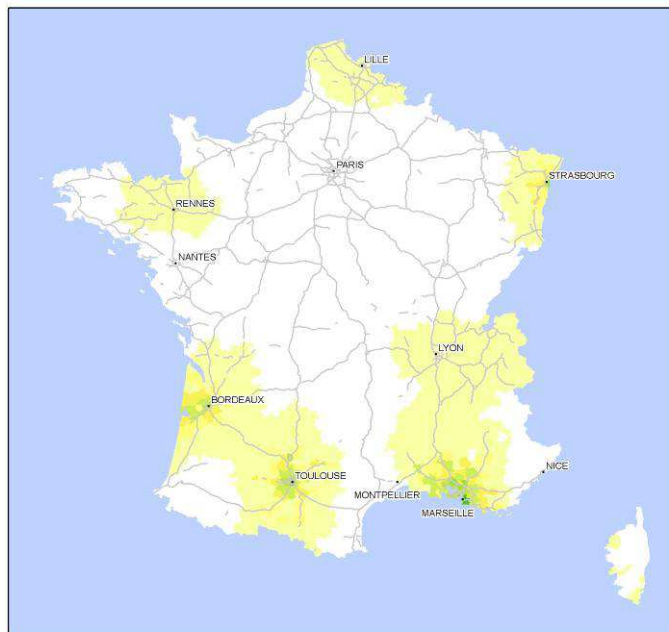
Augmentation de valeur annuelle par canton
au titre de l'accès aux espaces naturels.
(en euros 2010 par an)

Augmentation de valeur naturelle en euros / canton / an



Augmentation totale : 48 422 357 euros par an

PERFORMANCE NATURELLE DES TERRITOIRES



Données : Corine Land Cover, INSEE, IGN Route 500
Application : Esri ArcGis Contrôle qualité : Setec International
Réalisation : Maporama Solutions

IMPACT DU RETABLISSEMENT DE 7 LIGNES AU DEPART DE MARSEILLE

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2010

AVANT RETABLISSEMENT DE 7 LIGNES AERIENNES AU DEPART DE L'AEROPORT DE MARSEILLE

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque canton
au titre de l'accès aux espaces naturels.
(en euros 2010 par an)

Valeur économique annuelle



PERFORMANCE NATURELLE DES TERRITOIRES



Données : Corine Land Cover, INSEE, IGN Route 500
Application : Esri ArcGis Contrôle qualité : Setec International
Réalisation : Maporama Solutions

IMPACT DU RETABLISSEMENT DE 7 LIGNES AU DEPART DE MARSEILLE

VALEUR PAR ACTIF A L'HORIZON 2010

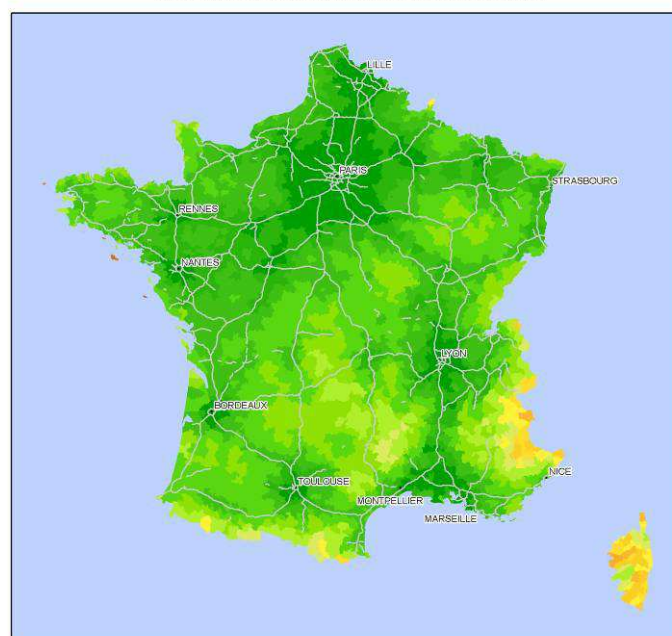
APRES RETABLISSEMENT DE 7 LIGNES AERIENNES AU DEPART DE L'AEROPORT DE MARSEILLE

Valeur annuelle par actif
au sein de chaque canton
au titre de l'accès aux espaces naturels.
(en euros 2010 par an)

Valeur économique annuelle



PERFORMANCE NATURELLE DES TERRITOIRES



Données : Corine Land Cover, INSEE, IGN Route 500
Application : Esri ArcGis Contrôle qualité : Setec International
Réalisation : Maporama Solutions

4.2 Représentation cartographique des nuisances induites au sein des territoires

Les nuisances induites peuvent être illustrées par des cartes identifiant le risque d'exposition à ces nuisances des membres d'un ménage en fonction de leur localisation géographique. Lorsqu'une infrastructure nouvelle est mise en service, on peut illustrer ainsi son impact en matière de nuisances au sein d'une commune donnée. Il s'agit par exemple de représenter la réduction du niveau d'accidentologie induite par une infrastructure selon la localisation géographique du ménage.

Sont présentés ci-après les effets en matière de nuisances :

- de la quatrième rocade autoroutière d'Île de France,
- de l'élargissement à 4 voies de la Francilienne entre l'autoroute A1 et l'autoroute A6.

4.2.1 L'insécurité routière

4.2.1.1 La quatrième rocade autoroutière d'Île de France



QUATRIEME ROCADÉ AUTOROUTIERE D'ÎLE DE FRANCE (DE L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6)

REDUCTION DE COUT PAR ACTIF
A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA QUATRIEME ROCADÉ
RELIANT L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6

Réduction du coût annuel par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels
(en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements d'un actif
(et des membres du ménage associé) accédant
aux emplois situés à moins de 40 min de transport et
aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

Réduction du coût de l'insécurité routière en euros / actif / an	Nombre de communes concernées
166 - 200	(0)
133 - 166	(1)
100 - 133	(1)
66 - 100	(12)
33 - 66	(52)
1 - 33	(551)
-1 - 1	(6429)
-33 - -1	(19)
-66 - -33	(0)
-121 - -66	(0)

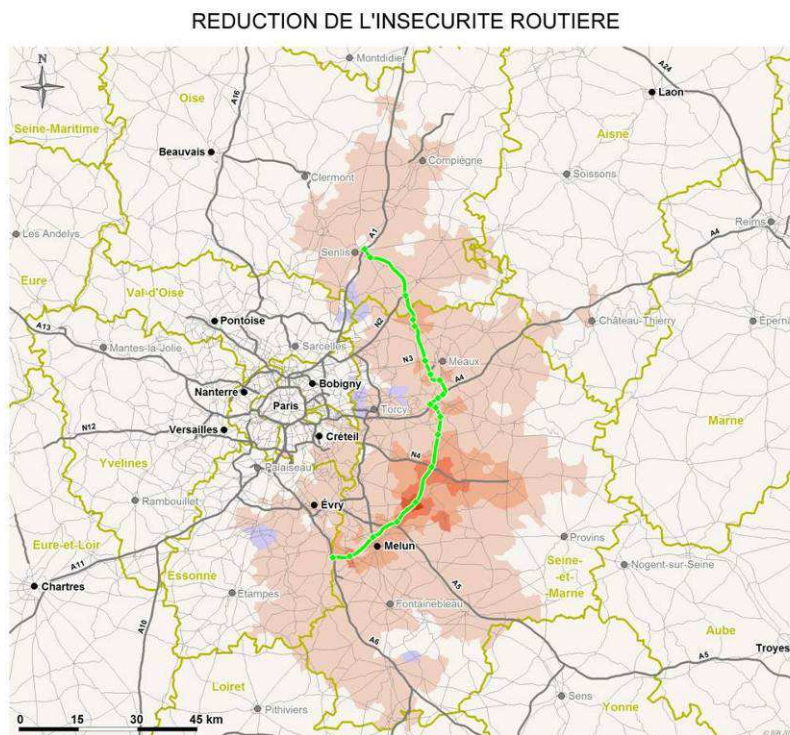
Amélioration totale : + 10,1 million € par an

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure, échangeur

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2012

rocade 4 / acc1



QUATRIEME ROCADÉ AUTOROUTIERE D'ÎLE DE FRANCE (DE L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6)

REDUCTION DE COUT PAR COMMUNE
A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA QUATRIEME ROCADÉ
RELIANT L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6

Réduction du coût annuel par commune
au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels
(en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements de l'ensemble des actifs
(et des membres du ménage associé) d'une commune
accédant aux emplois situés à moins de 40 min de transport
et aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

Réduction du coût de l'insécurité routière en euros / commune / an	Nombre de communes concernées
120 000 - 2 000 000	(14)
18 000 - 120 000	(113)
3 000 - 18 000	(291)
400 - 3 000	(288)
-400 - 400	(6298)
-3 000 - 400	(28)
-18 000 - 3 000	(27)
-120 000 - 18 000	(6)
-2 000 000 - 120 000	(0)

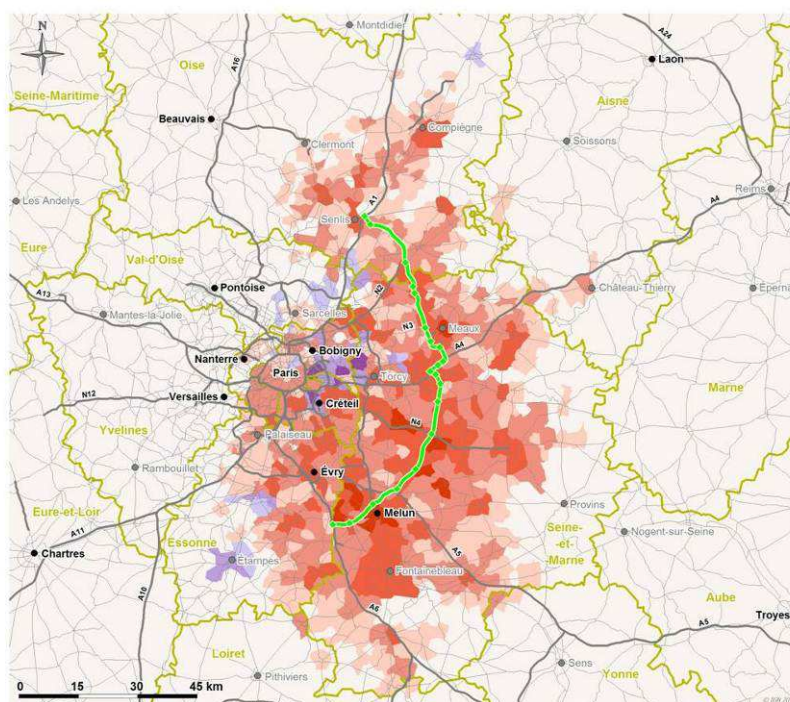
Amélioration totale : + 10,1 million € par an

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure, échangeur

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2012

rocade 4 / acc2

QUATRIEME ROCADE AUTOROUTIERE D'ILE DE FRANCE (DE L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6)

INSECURITE ROUTIERE

COUT PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

AVANT REALISATION DE LA QUATRIEME ROCADE RELIANT L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6

Coût annuel par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels
(en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements d'un actif
(et des membres du ménage associé) accédant
aux emplois situés à moins de 40 min de transport et
aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

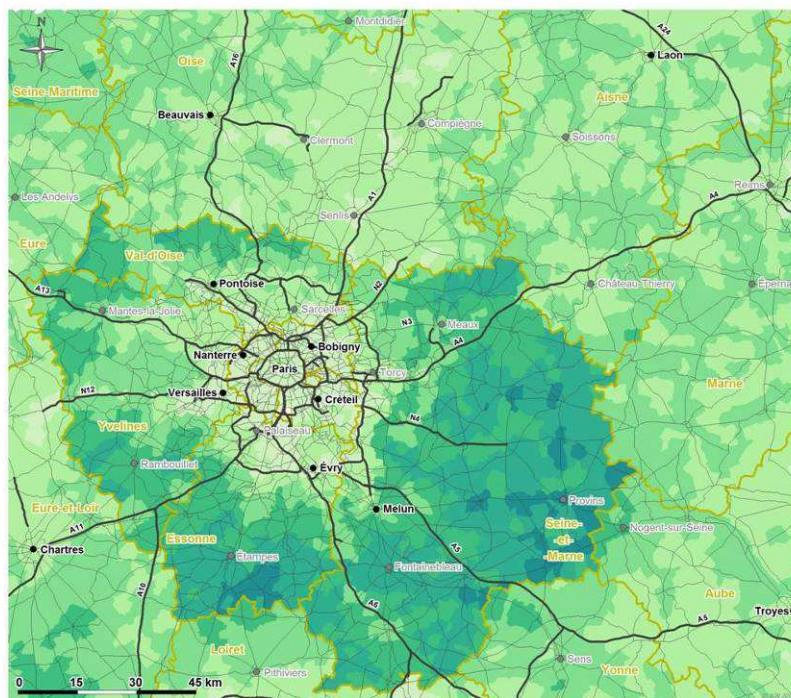
Coût de l'insécurité routière en euros / actif / an	Nombre de communes concernées
200 - 250	(12)
250 - 300	(733)
300 - 350	(3493)
350 - 400	(2075)
400 - 450	(476)
450 - 500	(231)
500 - 550	(45)
550 - 600	(0)
600 - 650	(0)

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2012

rocade 4 / acc3

QUATRIEME ROCADE AUTOROUTIERE D'ILE DE FRANCE (DE L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6)

INSECURITE ROUTIERE

COUT PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA QUATRIEME ROCADE RELIANT L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6

Coût annuel par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels
(en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements d'un actif
(et des membres du ménage associé) accédant
aux emplois situés à moins de 40 min de transport et
aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

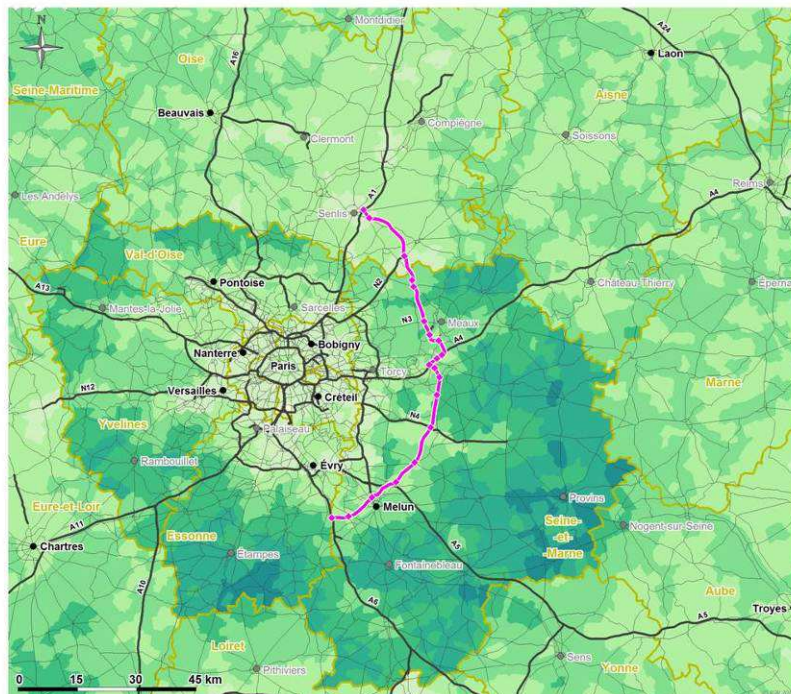
Coût de l'insécurité routière en euros / actif / an	Nombre de communes concernées
200 - 250	(12)
250 - 300	(745)
300 - 350	(3511)
350 - 400	(2124)
400 - 450	(438)
450 - 500	(196)
500 - 550	(39)
550 - 600	(0)
600 - 650	(0)

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure, échangeur

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2012

rocade 4 / acc4

4.2.1.2 L'élargissement à 2 fois 4 voies de la Francilienne



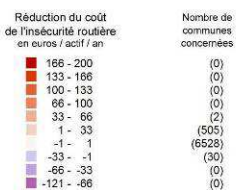
ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

REDUCTION DE COUT PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

APRES L'ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

Réduction du coût annuel par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels
(en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements d'un actif
(et des membres du ménage associé) accédant
aux emplois situés à moins de 40 min de transport et
aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)



Amélioration totale : + 7,36 million € par an

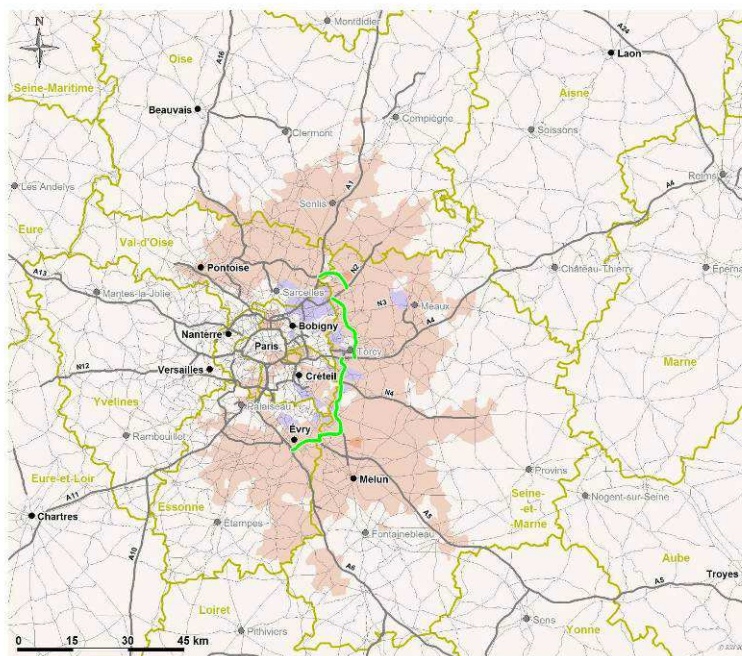
Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure

Limites administratives

— Limite départementale

REDUCTION DE L'INSECURITE ROUTIERE



Données : Union européenne – SOEs, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2010

Elargissement Franc. / acc1



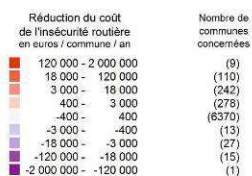
ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

REDUCTION DE COUT PAR COMMUNE A L'HORIZON 2020

APRES L'ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

Réduction du coût annuel par commune
au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels
(en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements de l'ensemble des actifs
(et des membres du ménage associé) d'une commune
accédant aux emplois situés à moins de 40 min de transport
et aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)



Amélioration totale : + 7,36 million € par an

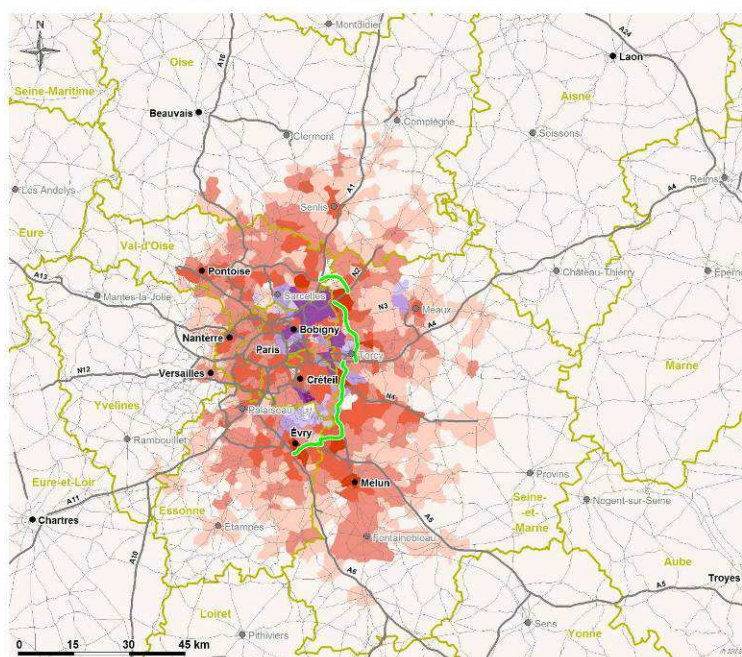
Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure

Limites administratives

— Limite départementale

REDUCTION DE L'INSECURITE ROUTIERE



Données : Union européenne – SOEs, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2010

Elargissement Franc. / acc2



ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

INSECURITE ROUTIERE

COUT PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

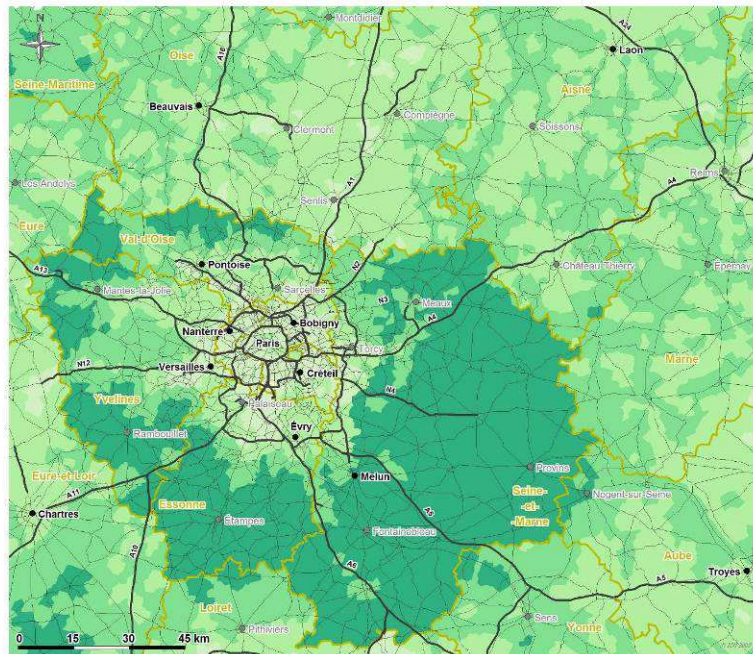
AVANT L'ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

Coût annuel par actif au sein de chaque commune au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels (en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements d'un actif (et des membres du ménage associé) accédant aux emplois situés à moins de 40 min de transport et aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport, hors trajets terminaux à pied, (à partir du centre de chaque commune)

Coût de l'insécurité routière en euros / actif / an	Nombre de communes concernées
200 - 250	(12)
250 - 300	(726)
300 - 350	(3491)
350 - 400	(2074)
400 - 550	(762)
550 - 600	(0)
600 - 650	(0)

Classement des routes
Réseau principal
Réseau secondaire
Limites administratives
Limite départementale



Données : Union européenne - SOES, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2010

Elargissement Franc./acc3



ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

INSECURITE ROUTIERE

COUT PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

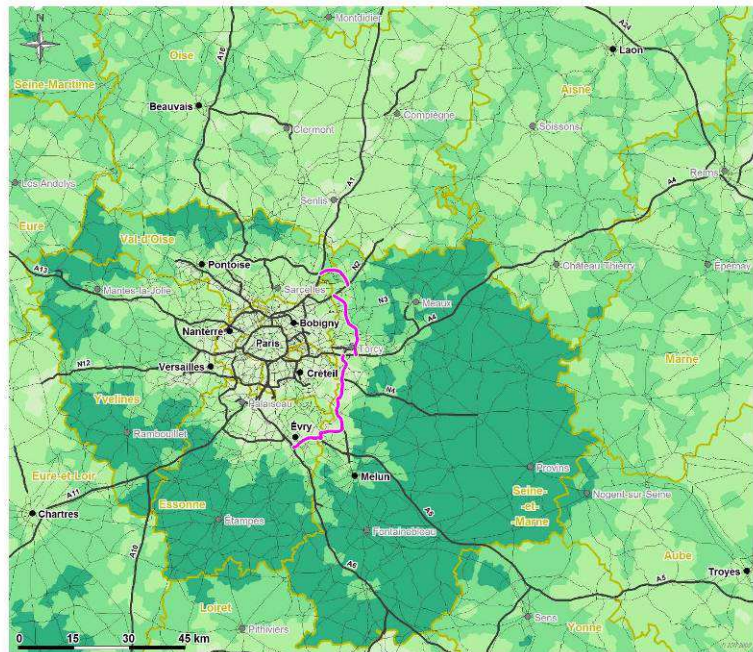
APRES L'ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

Coût annuel par actif au sein de chaque commune au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels (en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements d'un actif (et des membres du ménage associé) accédant aux emplois situés à moins de 40 min de transport et aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport, hors trajets terminaux à pied, (à partir du centre de chaque commune)

Coût de l'insécurité routière en euros / actif / an	Nombre de communes concernées
200 - 250	(13)
250 - 300	(736)
300 - 350	(3501)
350 - 400	(2070)
400 - 550	(743)
550 - 600	(0)
600 - 650	(0)

Classement des routes
Réseau principal
Réseau secondaire
Nouvelle infrastructure
Limites administratives
Limite départementale



Données : Union européenne - SOES, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2010

Elargissement Franc./acc4

4.2.2 La pollution atmosphérique

4.2.2.1 La quatrième rocade autoroutière d'Île de France



QUATRIEME ROCADÉ AUTOROUTIERE D'ÎLE DE FRANCE (DE L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6)

REDUCTION DE COUT PAR ACTIF
A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA QUATRIEME ROCADÉ
RELIANT L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6

Réduction du coût annuel par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels
(en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements d'un actif
(et des membres du ménage associé) accédant
aux emplois situés à moins de 40 min de transport et
aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

Réduction du coût de la pollution atmosphérique en euros / actif / an	Nombre de communes concernées
60 - 130	(0)
30 - 60	(0)
15 - 30	(0)
7 - 15	(1)
1 - 7	(171)
-1 - 1	(6890)
-7 - -1	(3)
-15 - -7	(0)
-30 - -15	(0)
-60 - -30	(0)
-120 - -60	(0)

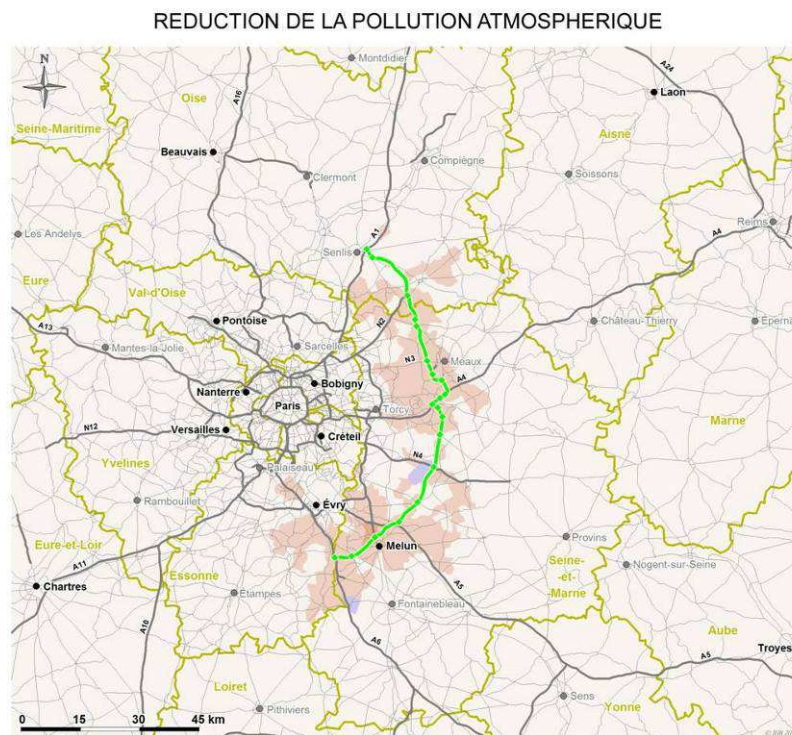
Amélioration totale : + 1,06 million € par an

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure, échangeur

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2012

rocade 4 / pol1



QUATRIEME ROCADÉ AUTOROUTIERE D'ÎLE DE FRANCE (DE L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6)

REDUCTION DE COUT PAR COMMUNE
A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA QUATRIEME ROCADÉ
RELIANT L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6

Réduction du coût annuel par commune
au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels
(en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements de l'ensemble des actifs
(et des membres du ménage associé) d'une commune
accédant aux emplois situés à moins de 40 min de transport
et aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

Réduction du coût de la pollution atmosphérique en euros / commune / an	Nombre de communes concernées
18 000 - 441 000	(8)
3 000 - 18 000	(87)
1 200 - 3 000	(93)
200 - 1 200	(218)
-200 - 200	(6605)
-1 200 - -200	(41)
-3 000 - -1 200	(9)
-18 000 - -3 000	(4)
-140 000 - -18 000	(0)

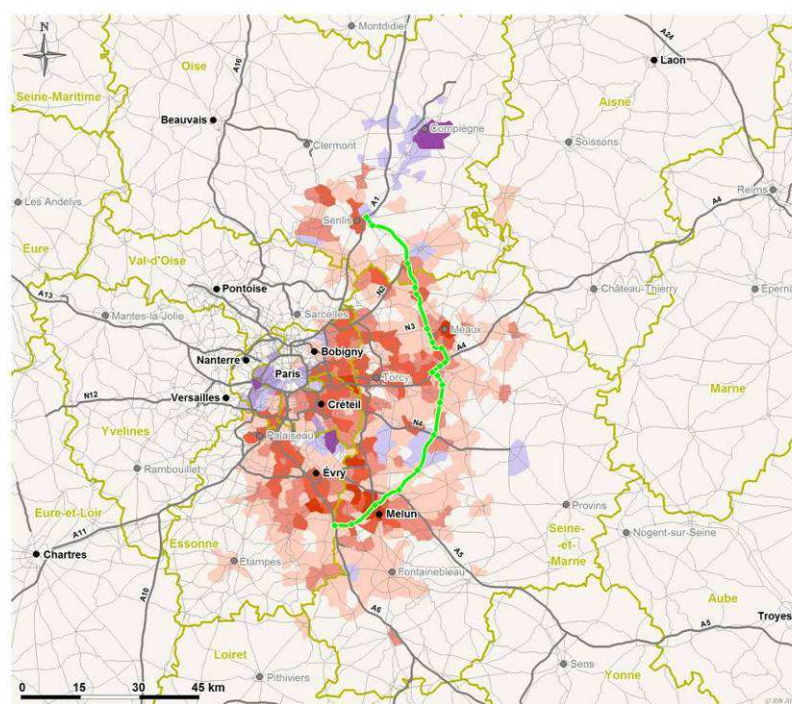
Amélioration totale : + 1,06 million € par an

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure, échangeur

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2012

rocade 4 / pol2



QUATRIEME ROCADE AUTOROUTIERE D'ILE DE FRANCE (DE L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6)

POLLUTION ATMOSPHERIQUE

COUT PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

AVANT REALISATION DE LA QUATRIEME ROCADE RELIANT L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6

Coût annuel par actif au sein de chaque commune au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels (en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements d'un actif (et des membres du ménage associé) accédant aux emplois situés à moins de 40 min de transport et aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport, hors trajets terminaux à pied, (à partir du centre de chaque commune)

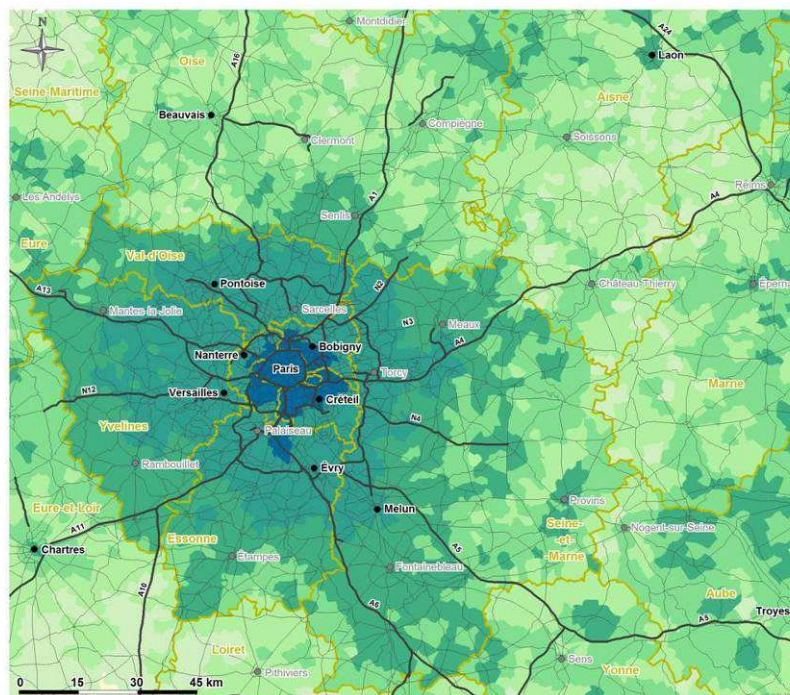
Coût de la pollution atmosphérique en euros / actif / an	Nombre de communes concernées
0 - 10	(4)
10 - 15	(553)
15 - 20	(2197)
20 - 25	(2646)
25 - 35	(1044)
35 - 60	(534)
60 - 100	(87)

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2012

rocade 4 / pol3



QUATRIEME ROCADE AUTOROUTIERE D'ILE DE FRANCE (DE L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6)

POLLUTION ATMOSPHERIQUE

COUT PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA QUATRIEME ROCADE RELIANT L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6

Coût annuel par actif au sein de chaque commune au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels (en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements d'un actif (et des membres du ménage associé) accédant aux emplois situés à moins de 40 min de transport et aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport, hors trajets terminaux à pied, (à partir du centre de chaque commune)

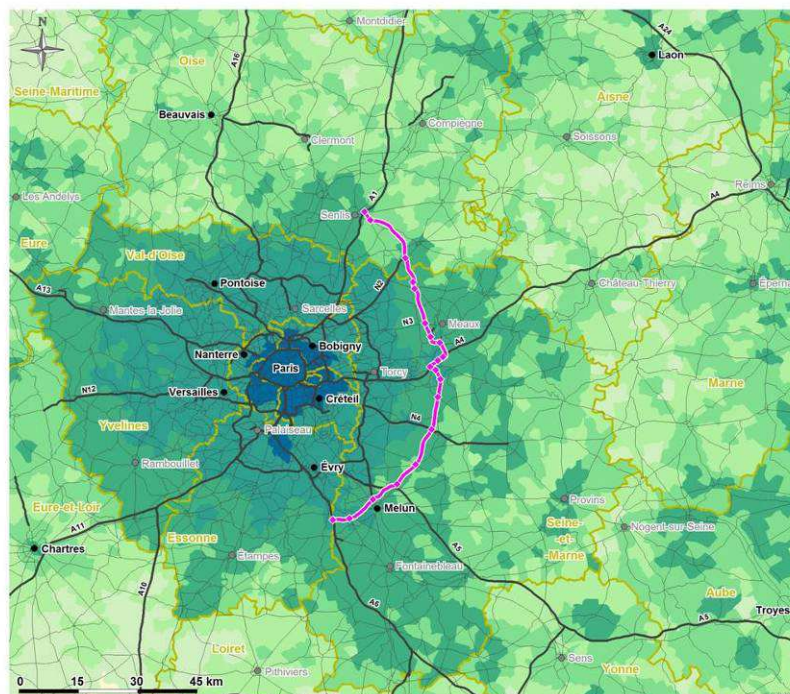
Coût de la pollution atmosphérique en euros / actif / an	Nombre de communes concernées
0 - 10	(4)
10 - 15	(555)
15 - 20	(2198)
20 - 25	(2655)
25 - 35	(1060)
35 - 60	(508)
60 - 100	(85)

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure, échangeur

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2012

rocade 4 / pol4

4.2.2.2 L'élargissement à 2 fois 4 voies de la Francilienne



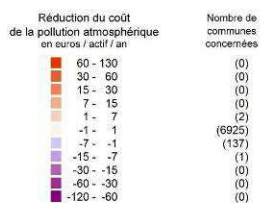
ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

REDUCTION DE COUT PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

APRES L'ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

Réduction du coût annuel par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels
(en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements d'un actif
(et des membres du ménage associé) accédant
aux emplois situés à moins de 40 min de transport et
aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)



Amélioration totale : - 1,50 million € par an

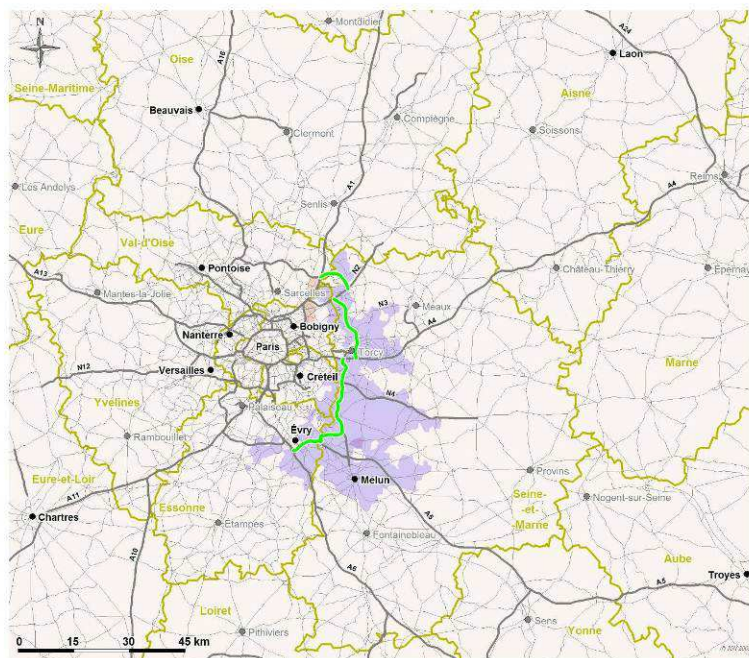
Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure

Limites administratives

— Limite départementale

REDUCTION DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE



Données : Union européenne – SOEs, Corine Land Cover, 2006 ; INSEE, IGN © IGN 2010

Elargissement Franc. / poi2



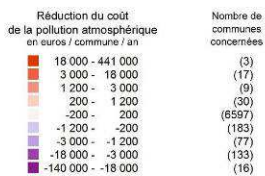
ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

REDUCTION DE COUT PAR COMMUNE A L'HORIZON 2020

APRES L'ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

Réduction du coût annuel par commune
au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels
(en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements de l'ensemble des actifs
(et des membres du ménage associé) d'une commune
accédant aux emplois situés à moins de 40 min de transport
et aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)



Amélioration totale : - 1,50 million € par an

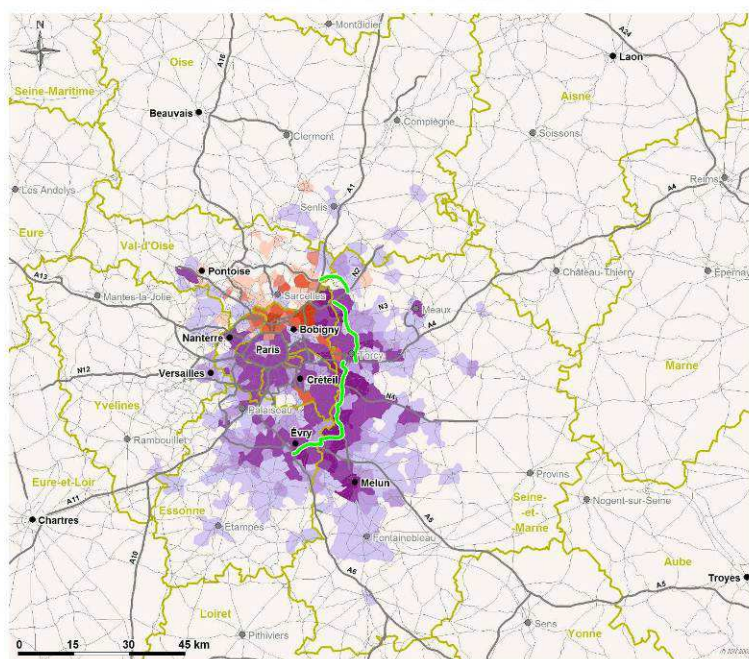
Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure

Limites administratives

— Limite départementale

REDUCTION DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE



Données : Union européenne – SOEs, Corine Land Cover, 2006 ; INSEE, IGN © IGN 2010

Elargissement Franc. / poi2



ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

POLLUTION ATMOSPHERIQUE

COUT PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

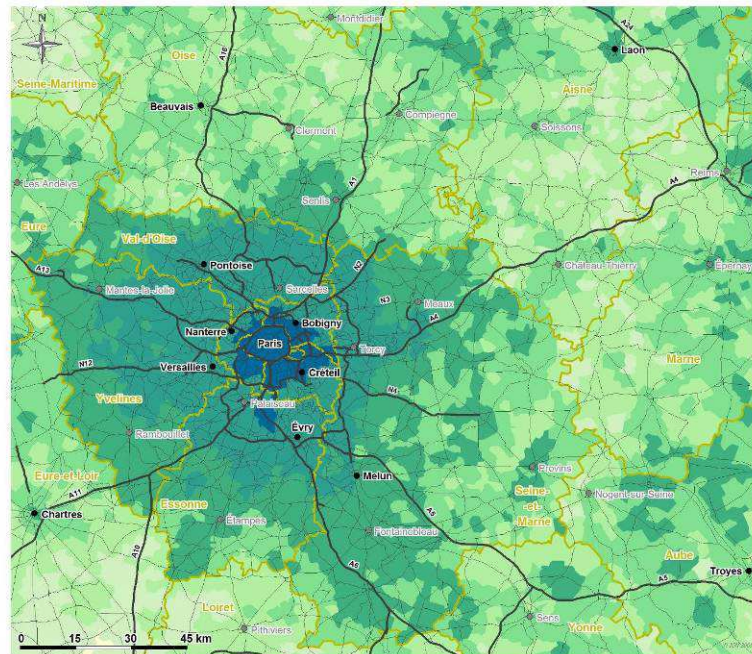
AVANT L'ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

Coût annuel par actif au sein de chaque commune au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels (en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements d'un actif (et des membres du ménage associé) accédant aux emplois situés à moins de 40 min de transport et aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport, hors trajets terminaux à pied, (à partir du centre de chaque commune)

Coût de la pollution atmosphérique en euros / actif / an	Nombre de communes concernées
0 - 10	(4)
10 - 15	(553)
15 - 20	(2197)
20 - 25	(2656)
25 - 35	(1052)
35 - 60	(514)
60 - 100	(89)

Classement des routes
Réseau principal
Réseau secondaire
Limites administratives
Limite départementale



Données : Union européenne - SOEs, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2010

Elargissement Franc. / poi3



ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

POLLUTION ATMOSPHERIQUE

COUT PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

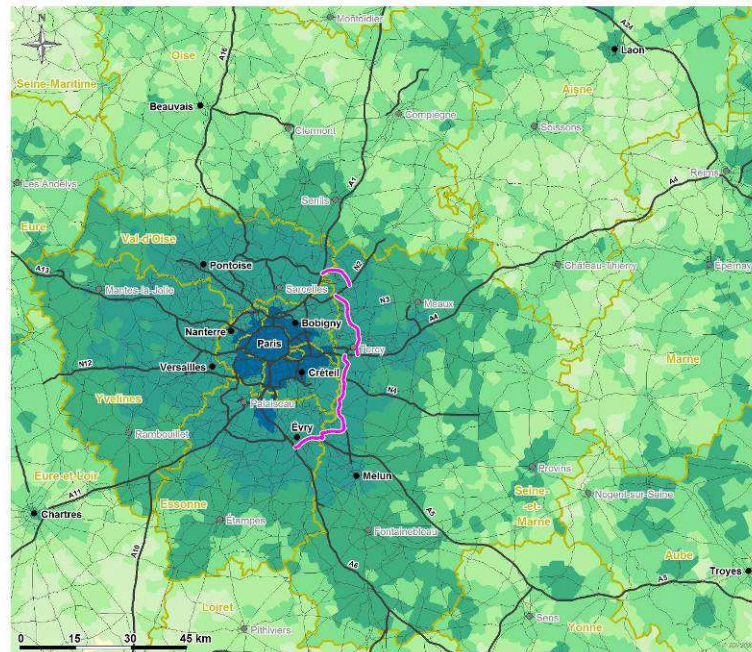
APRES L'ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

Coût annuel par actif au sein de chaque commune au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels (en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements d'un actif (et des membres du ménage associé) accédant aux emplois situés à moins de 40 min de transport et aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport, hors trajets terminaux à pied, (à partir du centre de chaque commune)

Coût de la pollution atmosphérique en euros / actif / an	Nombre de communes concernées
0 - 10	(4)
10 - 15	(553)
15 - 20	(2197)
20 - 25	(2644)
25 - 35	(1041)
35 - 60	(537)
60 - 100	(89)

Classement des routes
Réseau principal
Réseau secondaire
Nouvelle infrastructure
Limites administratives
Limite départementale



Données : Union européenne - SOEs, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2010

Elargissement Franc. / poi4

4.2.3 L'effet de serre

4.2.3.1 La quatrième rocade autoroutière d'Île de France



QUATRIEME ROCADÉ AUTOROUTIERE D'ÎLE DE FRANCE (DE L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6)

REDUCTION DE COUT PAR ACTIF
A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA QUATRIEME ROCADÉ
RELIANT L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6

Réduction du coût annuel par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels
(en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements d'un actif
(et des membres du ménage associé) accédant
aux emplois situés à moins de 40 min de transport et
aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

Réduction du coût de l'effet de serre en euros / actif / an	Nombre de communes concernées
60 - 120	(0)
30 - 60	(0)
15 - 30	(0)
7 - 15	(0)
1 - 7	(1)
-1 - 1	(6617)
-7 - -1	(375)
-15 - -7	(66)
-30 - -15	(6)
-60 - -30	(0)
-120 - -60	(0)

Amélioration totale : - 3,13 million € par an

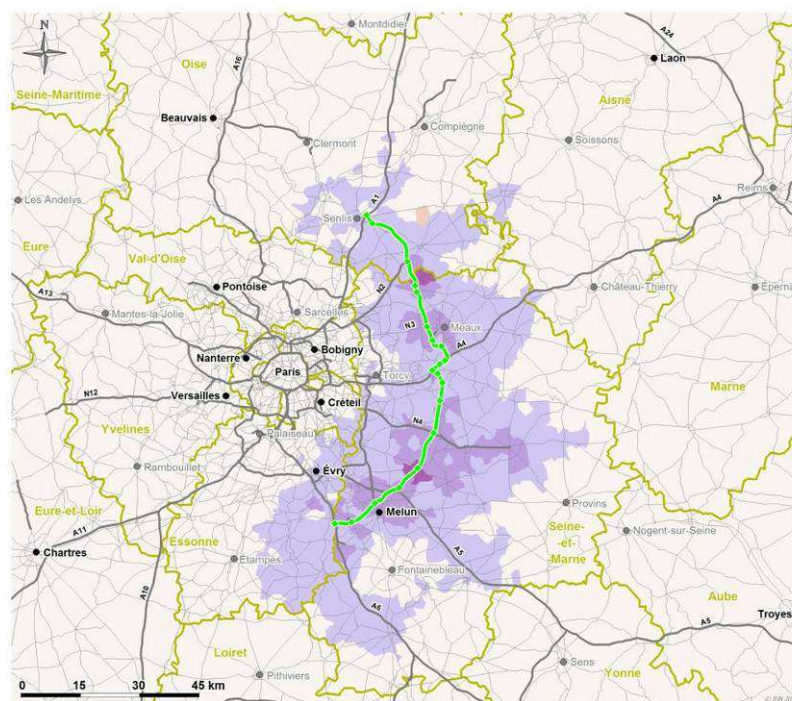
Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure, échangeur

Limites administratives

— Limite départementale

REDUCTION DE L'EFFET DE SERRE



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2012

rocade 4 / ser1



QUATRIEME ROCADÉ AUTOROUTIERE D'ÎLE DE FRANCE (DE L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6)

REDUCTION DE COUT PAR COMMUNE
A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA QUATRIEME ROCADÉ
RELIANT L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6

Réduction du coût annuel par commune
au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels
(en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements de l'ensemble des actifs
(et des membres du ménage associé) d'une commune
accédant aux emplois situés à moins de 40 min de transport
et aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)

Réduction du coût de l'effet de serre en euros / commune / an	Nombre de communes concernées
18 000 - 180 000	(0)
3 000 - 18 000	(0)
1 200 - 3 000	(0)
200 - 1 200	(7)
-200 - 200	(6371)
-1 200 - -200	(314)
-3 000 - -1 200	(143)
-18 000 - -3 000	(201)
-180 000 - -18 000	(29)

Amélioration totale : - 3,13 million € par an

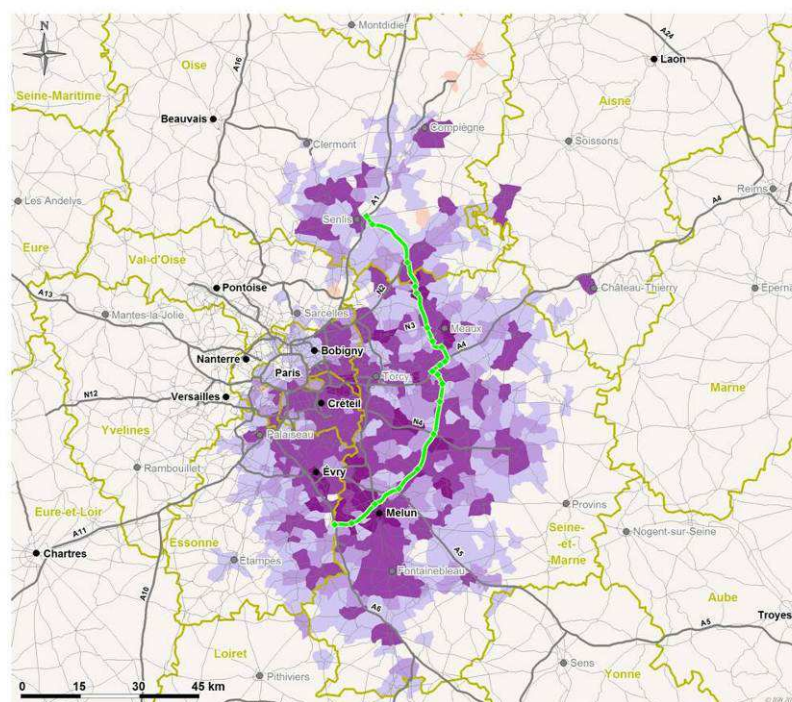
Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure, échangeur

Limites administratives

— Limite départementale

REDUCTION DE L'EFFET DE SERRE



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2012

rocade 4 / ser2

QUATRIEME ROCADE AUTOROUTIERE D'ILE DE FRANCE (DE L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6)

EFFET DE SERRE

COUT PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

AVANT REALISATION DE LA QUATRIEME ROCADE RELIANT L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6

Coût annuel par actif au sein de chaque commune au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels (en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements d'un actif (et des membres du ménage associé) accédant aux emplois situés à moins de 40 min de transport et aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport, hors trajets terminaux à pied, (à partir du centre de chaque commune)

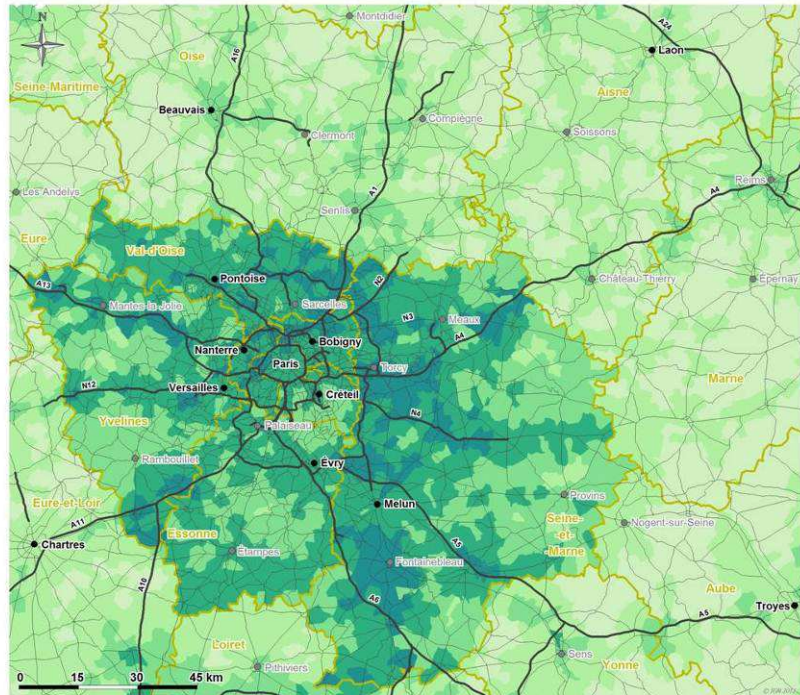
Coût de l'effet de serre en euros / actif / an	Nombre de communes concernées
30 - 40	(33)
40 - 50	(2243)
50 - 60	(2816)
60 - 70	(1051)
70 - 80	(736)
80 - 90	(186)
90 - 100	(0)

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2012

rocade 4 / ser3

QUATRIEME ROCADE AUTOROUTIERE D'ILE DE FRANCE (DE L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6)

EFFET DE SERRE

COUT PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

APRES REALISATION DE LA QUATRIEME ROCADE RELIANT L'A1 A L'A4, L'A5 ET L'A6

Coût annuel par actif au sein de chaque commune au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels (en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements d'un actif (et des membres du ménage associé) accédant aux emplois situés à moins de 40 min de transport et aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport, hors trajets terminaux à pied, (à partir du centre de chaque commune)

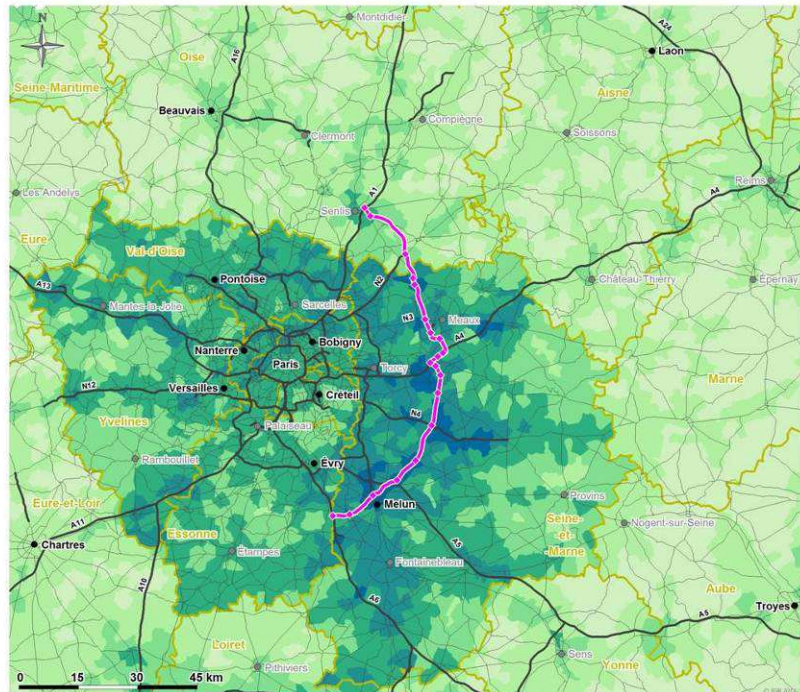
Coût de l'effet de serre en euros / actif / an	Nombre de communes concernées
30 - 40	(33)
40 - 50	(2239)
50 - 60	(2805)
60 - 70	(1010)
70 - 80	(704)
80 - 90	(242)
90 - 100	(32)

Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure, échangeur

Limites administratives

— Limite départementale



Données : Union européenne – SOeS, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2012

rocade 4 / ser4

4.2.3.2 L'élargissement à 2 fois 4 voies de la Francilienne



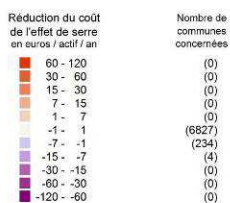
ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

REDUCTION DE COUT PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

APRES L'ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

Réduction du coût annuel par actif
au sein de chaque commune
au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels
(en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements d'un actif
(et des membres du ménage associé) accédant
aux emplois situés à moins de 40 min de transport et
aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)



Amélioration totale : - 3,57 million € par an

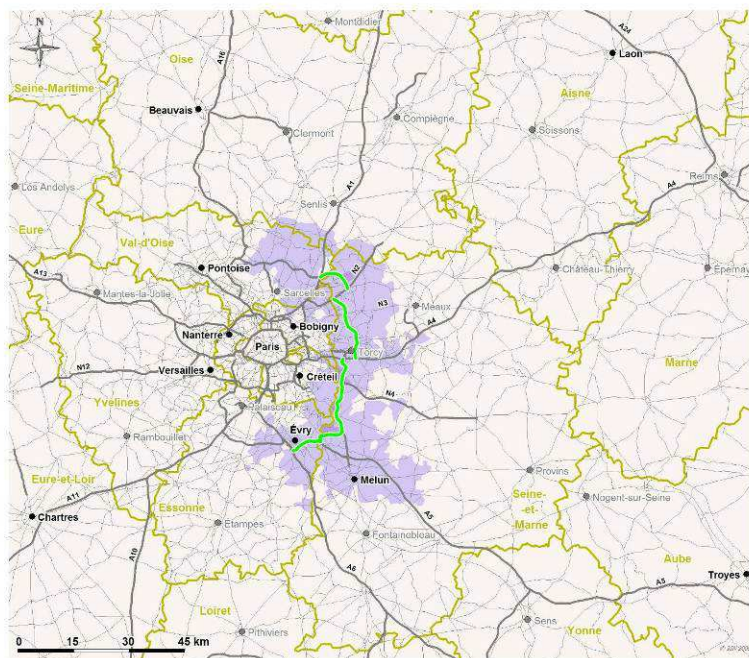
Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure

Limites administratives

— Limite départementale

REDUCTION DE L'EFFET DE SERRE



Données : Union européenne – SOEs, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2010

Elargissement Franc./ser1



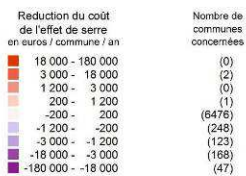
ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

REDUCTION DE COUT PAR COMMUNE A L'HORIZON 2020

APRES L'ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

Réduction du coût annuel par commune
au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels
(en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements de l'ensemble des actifs
(et des membres du ménage associé) d'une commune
accédant aux emplois situés à moins de 40 min de transport
et aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport,
hors trajets terminaux à pied.
(à partir du centre de chaque commune)



Amélioration totale : - 3,57 million € par an

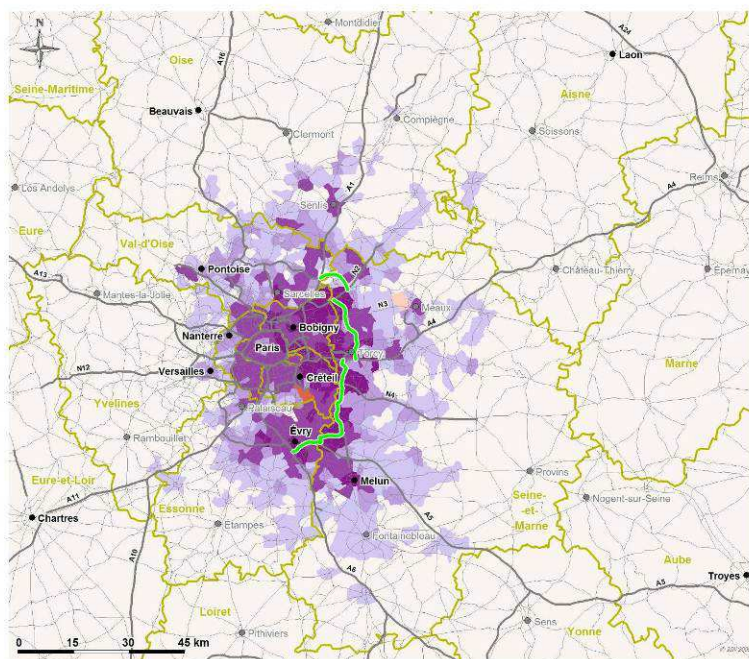
Classement des routes

— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure

Limites administratives

— Limite départementale

REDUCTION DE L'EFFET DE SERRE



Données : Union européenne – SOEs, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2010

Elargissement Franc./ser2



ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

EFFET DE SERRE

COUT PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

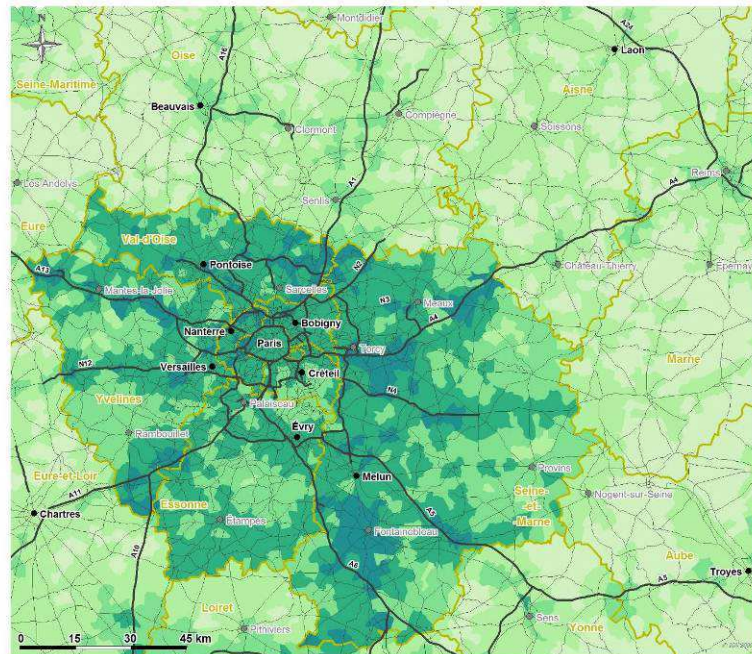
AVANT L'ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

Coût annuel par actif au sein de chaque commune au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels (en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements d'un actif (et des membres du ménage associé) accédant aux emplois situés à moins de 40 min de transport et aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport, hors trajets terminaux à pied, (à partir du centre de chaque commune)

Coût de l'effet de serre en euros / actif / an	Nombre de communes concernées
30 - 40	(33)
40 - 50	(2242)
50 - 60	(2821)
60 - 70	(1064)
70 - 80	(755)
80 - 90	(150)
90 - 100	(0)

Classement des routes
— Réseau principal
— Réseau secondaire
Limites administratives
— Limite départementale



Données : Union européenne – SOES, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2010

Elargissement Franc./ ser3



ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

EFFET DE SERRE

COUT PAR ACTIF A L'HORIZON 2020

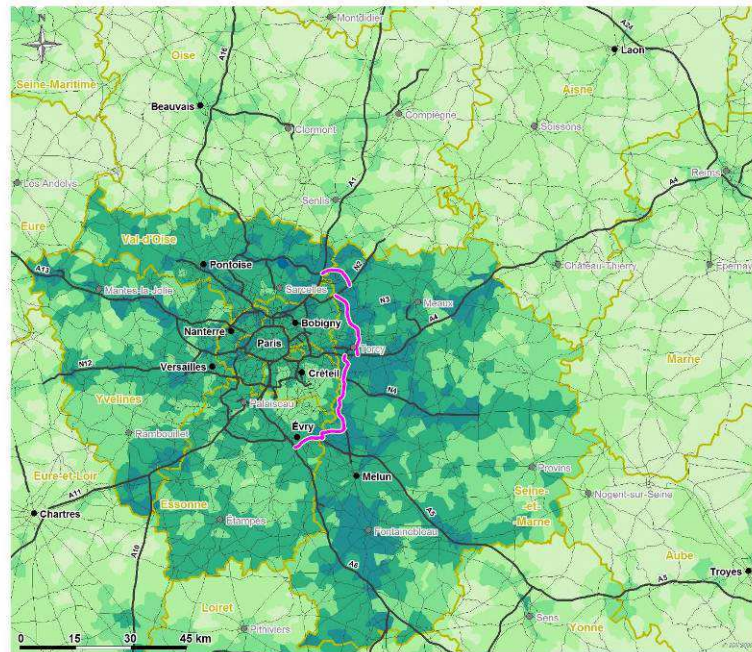
APRES L'ELARGISSEMENT DE LA FRANCILIENNE RELIANT L'A1 A L'A6

Coût annuel par actif au sein de chaque commune au titre de l'accès aux espaces économiques et naturels (en euros 2000 par an)

Coût lié aux déplacements d'un actif (et des membres du ménage associé) accédant aux emplois situés à moins de 40 min de transport et aux espaces naturels situés à moins de 28 min de transport, hors trajets terminaux à pied, (à partir du centre de chaque commune)

Coût de l'effet de serre en euros / actif / an	Nombre de communes concernées
30 - 40	(33)
40 - 50	(2241)
50 - 60	(2820)
60 - 70	(1044)
70 - 80	(740)
80 - 90	(186)
90 - 100	(1)

Classement des routes
— Réseau principal
— Réseau secondaire
— Nouvelle infrastructure
Limites administratives
— Limite départementale



Données : Union européenne – SOES, Corine Land Cover, 2006, INSEE, IGN © IGN 2010

Elargissement Franc./ ser4

5 En guise de conclusion

Le présent rapport constitue un exercice de concertation sur un sujet qui est au cœur des politiques des Ministères de l'environnement, du développement durable et de l'énergie ainsi que du Logement et de l'égalité des territoires.

Il explore les interactions qui existent entre les territoires et les transports.

Ces interactions sont traditionnellement illustrées par le concept de gains de temps ou de coûts généralisés de déplacement induits par des infrastructures de transport destinées à satisfaire les besoins de mobilité des résidents.

Mais cette notion ne constitue qu'une première étape dans les relations très riches que les territoires établissent avec les réseaux de transport qui les desservent.

Après la mise en service d'infrastructures structurantes, un puissant phénomène se met en œuvre, celui de l'amélioration de l'appariement entre les compétences des actifs et les emplois qu'ils convoient, celui de l'amélioration de l'appariement entre les besoins de consommation des résidents et les biens et services auxquels ils souhaitent accéder, celui enfin de l'appariement entre les besoins de ressourcement des résidents et la diversité des espaces naturels qui leur sont ouverts.

Cet effet d'appariement peut être quantifié en termes économiques en mettant en œuvre la théorie des choix discrets de Daniel McFadden, prix Nobel d'économie. Le domaine des transports et des territoires qu'ils desservent constitue l'un des grands domaines de l'application de cette théorie. La valorisation de l'accessibilité aux territoires qui est l'objet du présent groupe de réflexion relève de cette approche, reconnue désormais par le monde économique et académique.

L'évaluation des infrastructures de transport dans ce cadre relèvent d'évaluations de forme marginaliste, c'est-à-dire tous autres facteurs donnés par ailleurs.

Si on souhaite accéder au troisième niveau des interactions entre les territoires et les transports, celui de la création d'un patrimoine résidentiel ou d'activité nouveau, il faut faire appel à des modèles qui relèvent également de la théorie des choix discrets mais qui s'appliquent à une confrontation d'une demande globale de mètres carrés de planchers et d'une offre locale d'espaces ouverts à l'urbanisation. Le moteur de cette confrontation est l'utilité des zones ouvertes à l'urbanisation résultant de la valorisation de l'accessibilité aux biens et services de ces zones ouvertes à l'urbanisation. Le frein en est le coût de viabilisation de ces zones. Ces modèles sont dénommés modèles LUTI (land use transport interaction). Ils ne font pas l'objet des travaux du présent groupe de réflexion mais il faut prendre conscience de leur existence pour comprendre le sens profond du phénomène de l'appariement qui n'est évalué qu'à patrimoine résidentiel et d'activité donné.

L'objectif à terme est de pouvoir enchaîner l'emploi des méthodes d'évaluation de l'appariement et celui des méthodes de détermination des tendances d'urbanisation. Au temps T0, on détermine les conditions d'appariement économique et environnemental, entre T0 et T1, on détermine les tendances d'urbanisation, puis on évalue, au temps T1, les conditions d'appariement économique et environnemental et ainsi de suite. On sait déterminer dès lors s'il a progressé ou non dans la qualité de l'aménagement des territoires étudiés.

Pour parvenir à cet enchaînement vertueux, il faut déjà bien maîtriser le phénomène de l'appariement, à patrimoine résidentiel et d'activité donné.

L'objet du présent groupe de réflexion a été de collecter et de présenter sous une forme cohérente et logique les éléments constitutifs de cette fonction d'appariement entre territoires et transports. Ces sont les travaux de Jean Poulit, conduits depuis plus de 40 ans, qui ont servi de fil directeur.

Ils ont été soumis à la critique constructive des membres du groupe de réflexion.

Ils constituent une étape importante de la recherche de cohérence. Les membres du groupe de réflexion estiment que les éléments contenus dans le présent rapport constituent un socle de référence permettant d'organiser de façon constructive des débats contradictoires et de procéder à des approfondissements.

Ils pensent utile, dans cet esprit d'échange, que plusieurs des thèmes abordés fassent l'objet de discussions ouvertes avec l'ensemble des membres du monde scientifique et académique, spécialistes de l'économie géographique.

Les chercheurs, membres du groupe de réflexion, ont proposé le contenu de 4 ateliers portant sur les thèmes suivants :

- 1 : Les temps de l'ajustement spatial,
- 2 : La demande de transport, les fonctions d'utilité et les paramètres des déplacements,
- 3 : Les transports, l'appariement spatial et la productivité des activités,
- 4 : Les calculs de surplus : coûts généralisés et logsum.

Ces ateliers se réuniront au cours du deuxième semestre 2014. Ils mobiliseront les experts les plus reconnus sur les sujets traités au plan international.

Un rapport définitif incluant le résultat de ces échanges sera établi à l'issue de cette période de concertation.

Annexe 1:

Bibliographie des articles, communications et ouvrages publiés par Jean Poulit

- 8 janvier 1973 : note de travail : critères d'accessibilité : indices de choix de l'utilisateur et indices de satisfaction. SETRA
- 26 avril 1973 : note de travail : indices de développement urbain : relations avec les indices de satisfaction de l'utilisateur, les charges d'urbanisation et les facteurs d'environnement. SETRA
- Novembre 1973 : document de synthèse : Approche économique de l'accessibilité : 36 pages. SETRA
- 20 novembre 1974 : document de synthèse : Urbanisme et Transport : les critères d'accessibilité et de développement urbain : 55 pages. SETRA
- 1^{er} septembre 1994 : Evaluation de l'efficacité économique et environnementale des infrastructures de transport. Influence de la taille des agglomérations : 36 pages, 4 annexes et des graphiques illustratifs. Rapport adressé au Conseil général des Ponts et Chaussées. DREIF
- 19 et 20 juin 1996 : colloque sur les enjeux de la mobilité urbaine placé sous la présidence du Préfet, Directeur régional de l'équipement d'Île de France (Jean Poulit) et du Président de la section des Affaires économiques du Conseil général des Ponts et Chaussées (Christian Brossier). Actes du colloque publiés
- 25 juin 2003 : Performances économiques et naturelles des territoires accessibles à partir des 36 000 communes de France. Corrélations avec les suppléments de PIB. Performances des territoires accessibles à partir des 50 000 communes de neuf pays voisins d'Europe. Réalisation et édition IGN, sur méthode d'évaluation définie par Jean Poulit
- 25 mars 2004 : rédaction de l'annexe II de l'instruction cadre sur l'harmonisation des méthodes d'évaluations des grands projets d'infrastructure de transport, intitulée : Annexe II relative à la définition, l'évaluation et à la représentation de l'utilité des destinations accessibles au sein d'un territoire (accessibilité au territoire). Ministère de l'Équipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer
- Mai 2005 : Publication de l'ouvrage : Le Territoire des Hommes : 349 pages. Bourin Editeur
- Octobre 2007 : Publication de l'édition en anglais de l'ouvrage: Le territoire des Hommes, sous le titre: Connecting People while Preserving the Planet : Essays on Sustainable Development. 209 pages. Esri Press
- 17 janvier 2010 : Etude ex-post des impacts des autoroutes A89 et A87. Evaluation de la méthode de calcul des performances économiques et naturelles par comparaison avec les variations de TVA par emploi observées. Réalisation et édition IGN, sur méthode définie par Jean Poulit. Maître d'ouvrage : ASF
- Octobre 2010 : Etude sur la valorisation foncière résultant des infrastructures de transport collectif à Orléans et à Bordeaux: détermination des corrélations entre les utilités liées à l'accessibilité et les valeurs foncières en stock et en flux (cas des lignes de tramway d'Orléans et de Bordeaux). Setec International, sur cahier des charges établi par Jean Poulit. Maître d'ouvrage : Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature

- Avril 2011 : Etude sur la valorisation foncière résultant d'infrastructures de transport collectif projetées : prévision de l'impact sur les valeurs foncières de la mise en service de la deuxième ligne de tramway d'Orléans et de la Ligne à grande vitesse Tours Bordeaux à Bordeaux. Setec International, sur cahier des charges établi par Jean Poulit. Maître d'ouvrage : Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature

Lorsque Jean Poulit a créé la Division urbaine du SETRA en 1972, Jean Gérard Koenig était son proche collaborateur. Jean Gérard Koenig l'a activement secondé dans l'approfondissement de l'approche économique de l'accessibilité et a publié les articles suivants sur le sujet :

- 1974 : Théorie économique de l'accessibilité urbaine. Revue économique.
- Juin 1974 : La théorie de l'accessibilité urbaine, un nouvel outil au service de l'aménageur. Revue générale des routes.
- Avril 1976 : Les indicateurs d'accessibilité dans les études urbaines : de la théorie à la pratique. Revue générale des routes.

Etudes mettant en œuvre la méthode de valorisation de l'accessibilité aux territoires, initiées et suivies par Jean Poulit.

- 15 décembre 2006 : Impact de la ligne à grande vitesse Bordeaux Espagne. Calcul des performances économiques et naturelles de 4 variantes de tracé. IGN. Maîtres d'ouvrage : Municipalité de Pau, CCI Pau Béarn, Conseil Régional d'Aquitaine, FRTA Aquitaine
- 30 mars 2007 : Impact de l'amélioration de la liaison Lyon Saint-Etienne A45/A47. Calcul des performances économiques et naturelles de 2 variantes. IGN. Maître d'ouvrage : FNTA
- 30 mars 2007 : Impact du prolongement de la rocade sud et de la construction du contournement ouest de Strasbourg. Calcul des performances économiques et naturelles. IGN. Maître d'ouvrage : DRE Alsace
- 3 décembre 2007 : N7. Impact de l'aménagement de la RN7-RN 82 à 2 fois 2 voies entre Cosne sur Loire et Balbigny. IGN : Maître d'ouvrage : DRE Auvergne
- 8 octobre 2009 : Projet de dénivellation et de couverture de la RN13 à Neuilly sur Seine. Calcul des performances économiques et naturelles et des nuisances associées. IGN. Maître d'ouvrage : DRE Île de France
- Novembre 2010 : Etude d'évaluation socio-économique dans le cadre de la préparation du débat public sur le Grand Paris. Mise en œuvre de la méthodologie élargie d'évaluation socio-économique. Application de l'annexe II de l'instruction cadre du 25 mars 2004. Setec International. Maître d'ouvrage : DRE Île de France
- 12 janvier 2011 : Projet de réalisation de la quatrième rocade autoroutière d'Île de France reliant l'A1 à l'A4, l'A5 et l'A6. Calcul des performances économiques et naturelles et des nuisances associées. IGN. Maître d'ouvrage : CCI Seine et Marne
- 16 mai 2011 : Projet de liaison autoroutière A65 entre Langon et Lescar. Calcul des performances économiques et naturelles et des nuisances associées. IGN. Maître d'ouvrage : CCI Pau Béarn
- 16 mai 2011 : Projet de liaison autoroutière A650 entre Pau et Oloron. Calcul des performances économiques et naturelles et des nuisances associées. IGN. Maître d'ouvrage : CCI Pau Béarn

- 13 juillet 2011 : Projet de desserte ferroviaire du Béarn et de la Bigorre par une ligne à grande vitesse. Calcul des performances économiques et naturelles de quatre variantes de tracé. IGN. Maître d'ouvrage : CCI Pau Béarn.
- 20 septembre 2011 : Projet de ligne à grande vitesse Paris Normandie : Calcul des performances économiques et naturelles de trois variantes de tracé. IGN. Maître d'ouvrage : Ardies 95
- 17 octobre 2011 : Lignes aériennes du réseau domestique français. Evaluation des performances économiques et naturelles. Maporama Solutions. Maître d'ouvrage : Air-France
- 25 novembre 2011 : Projet d'élargissement de la Francilienne entre l'A1 et l'A6. Calcul des performances économiques et naturelles et des nuisances associées. IGN. Maître d'ouvrage : CCI Seine et Marne
- 18 septembre 2012 : Lignes aériennes domestiques de l'aéroport Pau-Pyrénées. Evaluation des performances économiques et naturelles. Maporama Solutions. Maître d'ouvrage : CCI Pau Pyrénées
- 19 novembre 2012 : Projet d'interconnexion des lignes à grande vitesse dans le sud-est de l'Île de France. Calcul des performances économiques et naturelles. IGN. Maître d'ouvrage : CCI Seine et Marne

Etude d'évaluation des tendances d'urbanisation : modèle LUTI simplifié prenant en compte les performances économiques et naturelles des territoires ouverts à l'urbanisation. Méthode proposée par Jean Poulit.

- Septembre 2013 : Evaluation du développement urbain des territoires d'Aquitaine et de Midi-Pyrénées et, de façon plus approfondie, des agglomérations paloise et tarbaise au cours des 20 prochaines années, en interaction avec les infrastructures de transport.
Tranche ferme : reconstitution des tendances observées au cours des années 2000 à 2010. Setec International, sur cahier des charges établi par Jean Poulit. Maître d'ouvrage : CCI Pau Béarn.
- Mars 2014 : Evaluation du développement urbain des territoires d'Aquitaine et de Midi-Pyrénées et, de façon plus approfondie, des agglomérations paloise et tarbaise au cours des 20 prochaines années, en interaction avec les infrastructures de transport.
Tranche conditionnelle : évaluation de deux stratégies d'offres d'espaces urbanisables associées à des infrastructures adaptées en 2020 et 2030. Setec International, sur cahier des charges établi par Jean Poulit. Maître d'ouvrage : CCI Pau Béarn.

Annexe 2:

Bibliographie et références :

Ouvrages (ordre chronologique)

- MUTH Richard F.: Cities and housing, the spatial pattern of urban residential land use, 1969
- MILLS Edwin S. : Studies in the structure of the urban economy, 1972
- HURIOT Jean-Marie : Von Thünen : Economie et espace, Economica, 1994
- DERYCKE Pierre-Henri, HURIOT Jean-Marie, PUMAIN Denise : Penser la Ville, Théories et modèles, Anthropos, 1996
- QUINET Emile : Principes d'économie des transports, Economica, Paris, 1998
- BEAUMONT Catherine et al. : Economie géographique, Les théories à l'épreuve des faits, Economica, 2000
- QUINET Emile, VICKERMAN Roger : Principles of Transport Economics, Edward Elgar, London, 2004
- QUINET Emile, DE PALMA André: La tarification des transports : problèmes et enjeux, Economica, Paris, 2005
- POULIT Jean : Le territoire des hommes, Bourin Editeur, 2005
- POULIT Jean : Connecting people while preserving the planet: Essays on Sustainable Development, Esri Press, 2007
- ANTONI Jean-Philippe et al. : Modéliser la Ville, Formes urbaines et politiques de transport, Economica, 2011
- ORFEUIL Jean-Pierre et WIEL Marc : Grand Paris, Sortir des illusions, approfondir les ambitions, Scrineo, 2012
- BRUN Gérard (sous la direction de) : Ville et mobilité, Nouveaux regards, Economica, 2013

Articles, communications, mémoires, thèses (ordre alphabétique des auteurs)

1. ANAS Alex, ARNOTT Richard and SMALL Kenneth : Urban spatial structure, Journal of Economic Literature, 1998
2. AVELINE Natacha : Les marchés fonciers à l'épreuve de la mondialisation, 2009
3. BEN-AKIVA Moshe, LERMAN Steven, Discrete choice analysis, The MIT Press, Cambridge Massachusetts, 1985
4. BOUTEILLE Arnaud : Les déterminants économiques de la densité parcellaire, Etudes foncières n°135, septembre-octobre 2008
5. BRUECKNER Jan K. : A note on sufficient conditions for negative exponential population densities, Journal of regional science, 1982
6. BUREAU Dominique: « Public transport infrastructure, urban sprawl, and post- carbon cities », 2011.
7. CASTEL Jean-Charles et JARDINIER Laurent: La densité au pluriel, Un apport à la recherche sur les coûts d'urbanisation, Etudes foncières n°152, juillet-août 2011
8. CHOREN Thomas : Vitesse et accessibilité, 2008
9. Commissariat général au développement durable : Le prix des terrains en France : la localisation, encore la localisation, toujours la localisation, « Le point sur » n°74, février 2011
10. Commissariat général au développement durable : Le prix des terrains à bâtir en 2012, « Le point sur » n°473, décembre 2013
11. CROZET Yves : Le temps et les transports de voyageurs, 2005
12. COMBES Pierre-Philippe, DURANTON Gilles et GOBILLON Laurent : « The costs of

agglomeration : land prices in french cities », Novembre 2012

13. COULOMBEL Nicolas : “Toward a better representation of housing demand”, Thèse de doctorat, 2011
14. COULOMBEL Nicolas et LEURENT Fabien : Les ménages arbitrent-ils entre coût du logement et coût du transport : une réponse dans le cas francilien, *Economie et statistique* N° 457-458, 2012
15. DE PALMA André , PICARD Nathalie et WADDELL Paul (2007), Accessibility and environmental quality: inequality in the Paris housing market, *European Transport*, 36, 47-74
16. DE PALMA André et KILANI K. (2011). Transition choice probabilities and welfare analysis in additive random utility models, *Economic Theory*, Vol. 46, 3, 427-464.
17. DEYMIER Ghislaine : Capitalisation immobilière des gains d’accessibilité : étude de cas de l’agglomération lyonnaise
18. ENAULT Cyril : Densité, population cumulée et temps d’accès, 2003
19. GAUDRY Marc : « The Inverse Power Transformation Logit and Dogit Choice Models », *Transportation Research B* 15, 2, 97-103, 1981
20. GAUDRY Marc: Structure de la modélisation du trafic et théorie économique, Ch.1 dans Maurice, J. et Y. Crozet, (dir.) *Le calcul économique dans le processus de choix collectif des investissements de transport*, 6-97, *Economica* 2007
21. GAUDRY Marc et QUINET Emile: « Shannon’s measure of information, path averages and the origins of random utility models in transport itinerary mode choice analysis”. Publication AJD-142, Agora Jules Dupuit, Université de Montréal, 32 p., Avril 2012
22. GERARD-VARET Louis-André et MOUGEOT Michel : l’Etat et l’aménagement du territoire, dans *Conseil d’analyse économique : Aménagement du territoire*, 2001
23. GOFFETTE-NAGOT Florence : Prix fonciers et demande de sol à usage résidentiel en France (1975-2000), in *Revue économique*, mai 2009
24. HERAN Frédéric : Vitesse, densité et accessibilité urbaine, Communication au séminaire Transports et territoires du Réseau des économistes transport et aménagement, 9 mai 2012
25. KOENIG Jean-Gérard : Théorie économique de l’accessibilité urbaine, *Revue économique*, 1974
26. KOENIG Jean-Gérard : La théorie de l’accessibilité urbaine, un nouvel outil au service de l’aménageur, *Revue générale des routes*, 1974
27. KOENIG Jean-Gérard : Les indicateurs d’accessibilité dans les études urbaines : de la théorie à la pratique, *Revue générale des routes*, 1976
28. LAPPARENT Matthieu (de) : Latent class and mixed Logit models with endogenous choice set formation based on compensatory screening rules, in Hess, S. et A. Daly, eds., *Choice Modelling : the state-of-the- art and the state-of-practice* , Emerald, chapter 17, 2009
29. LAPPARENT Matthieu (de), AXHAUSEN Kay W. and FREI A. : Long distance mode choice and distributions of values of travel time savings in three European countries, *European Transport*, Vol.53, pp.1-31, 2013
30. MCFADDEN Daniel : Modelling the choice of residential location, Cowles Foundation Discussion Papers 477, Cowles Foundation for Research in Economics, Yale University, 1977
31. MILLS Edwin S. : Transportation and patterns of urban development, 1967
32. MORLET Olivier: Marché du logement et ségrégation spatiale : analyse statistique du cas parisien, *Etudes foncières* - n°85, hiver 1999-2000
33. ORZONI Gilles : Dans quelle mesure les transports dimensionnent-ils les villes ? Pour une modélisation mono centrique alternative de la ville, *Transport Research Arena*, avril 2014
34. POLACCHINI Annarita et ORFEUIL Jean-Pierre : Les dépenses pour le logement et pour les transports des ménages franciliens, *Recherche Transport Sécurité* n°63, 1998
35. POULIT Jean : Approche économique de l’accessibilité, SETRA, novembre 1973
36. POULIT Jean : Urbanisme et Transport : les critères d’accessibilité et de développement urbain, SETRA, novembre 1974
37. POULIT Jean : Evaluation de l’efficacité économique et environnementale des infrastructures de transport. Influence de la taille des agglomérations, DREIF, septembre 1994
38. PRAGER Jean-Claude et QUINET Emile : Les effets des infrastructures sur la répartition spatiale des populations et des emplois, Contribution au Rapport « L’évaluation socio-économique en période de transition » du Commissariat général à la stratégie et à la prospective, avril 2013

- 39.** QUINET Emile : L'évaluation socioéconomique des investissements publics ; Rapport de la mission présidée par Emile Quinet. Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective, septembre 2013
- 40.** RENARD Vincent : Les enjeux urbains des prix fonciers et immobiliers, 2003
- 41.** ROUCHAUD Didier, SAUVANT Alain : Prix des logements et coûts de transports : un modèle global d'équilibre en Ile-de-France, Notes de synthèse du SES N°154, 2004
- 42.** TRAIN Kenneth : Discrete Choice Methods with Simulation, Online economics textbooks, SUNY-Oswego, Department of Economics, number emetr2, Spring, 2003
- 43.** VIGUIE Vincent : Modélisation des dynamiques urbaines, Thèse, 2012
- 44.** VIGUIE Vincent, HALLEGATTE Stéphane : The impact of a carbon tax on Paris metropolitan area and its population, 2011