



HAL
open science

Calcul a posteriori des distances dans les enquêtes ménages déplacements

Marie-Odile Gascon, Bernard Quetelard, Christian Patiès, Jean-Louis Valgalier

► **To cite this version:**

Marie-Odile Gascon, Bernard Quetelard, Christian Patiès, Jean-Louis Valgalier. Calcul a posteriori des distances dans les enquêtes ménages déplacements. [Rapport de recherche] Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU). 2009, 44 p., tableaux, graphiques, 5 références bibliographiques. hal-02150414v2

HAL Id: hal-02150414

<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-02150414v2>

Submitted on 27 Jun 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Calcul a posteriori des distances dans les enquêtes ménages déplacements

Marie-Odile Gascon, Bernard Quetelard, Christian Patiès, Jean-Louis Valgalier

► To cite this version:

Marie-Odile Gascon, Bernard Quetelard, Christian Patiès, Jean-Louis Valgalier. Calcul a posteriori des distances dans les enquêtes ménages déplacements. [Rapport de recherche] Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU). 2009, 44 p., tableaux, références bibliographiques. hal-02150443

HAL Id: hal-02150443

<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-02150443>

Submitted on 7 Jun 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Calcul a posteriori des distances dans les enquêtes ménages déplacements

Certu

centre d'Études sur les réseaux,
les transports, l'urbanisme
et les constructions publiques
9, rue Juliette Récamier
69456 Lyon Cedex 06
téléphone: 04 72 74 58 00
télécopie: 04 72 74 59 00
www.certu.fr

Avis aux lecteurs

La collection Rapports d'étude du Certu se compose de publications proposant des informations inédites, analysant et explorant de nouveaux champs d'investigation. Cependant l'évolution des idées est susceptible de remettre en cause le contenu de ces rapports.

Le Certu publie aussi les collections :

Dossiers: Ouvrages faisant le point sur un sujet précis assez limité, correspondant soit à une technique nouvelle, soit à un problème nouveau non traité dans la littérature courante. Le sujet de l'ouvrage s'adresse plutôt aux professionnels confirmés. Le Certu s'engage sur le contenu mais la nouveauté ou la difficulté des sujets concernés implique un certain droit à l'erreur.

Références: Cette collection comporte les guides techniques, les ouvrages méthodologiques et les autres ouvrages qui, sur un champ donné assez vaste, présentent de manière pédagogique ce que le professionnel courant doit savoir. Le Certu s'engage sur le contenu.

Débats: Publications recueillant des contributions d'experts d'origines diverses, autour d'un thème spécifique. Les contributions présentées n'engagent que leurs auteurs.

Catalogue des publications disponible sur : <http://www.certu.fr>

NOTICE ANALYTIQUE

Organisme commanditaire : DGMT, ADEME			
Titre : Calcul a posteriori des distances dans les enquêtes ménages déplacements			
Sous-titre :	Date d'achèvement : octobre 2005 Modifié en janvier 2009	Langue : français	
Organisme auteur : CERTU	Rédacteurs ou coordonnateurs : Marie-Odile Gascon, CERTU, Bernard Quetelard, CETE Nord- Picardie, Christian Patiès, CETE du Sud- Ouest, antenne de Toulouse, Jean-Louis Valgalier, CETE Médi- terranée,	Relecteur assurance qualité : Benoît Ferry (alors à la DREIF), Jane Noppe (alors à l'ADEME)	
<p>Résumé :</p> <p>Les enquêtes ménages déplacements ne recueillent pas directement de données chiffrées sur les distances des déplacements. En effet, si les distances de déplacements peuvent être correctement estimées par les enquêtés, il est fréquent que les personnes interrogées ne connaissent pas ces distances lorsqu'elles se sont déplacées à pied ou surtout en transports collectifs. Mais les données présentes dans les fichiers de résultats des enquêtes ménages déplacements permettent de calculer ces distances.</p> <p>Ce document donne les méthodes possibles pour effectuer ce calcul, selon les outils disponibles, que ce soit pour les distances « réellement parcourues » ou les distances « à vol d'oiseau ».</p> <p>Les annexes détaillent les pistes explorées et non retenues pour les calculs. La sensibilité des méthodes aux différents paramètres a été testée et a servi à faire le choix de la « meilleure » méthode. Sont également données des recommandations pour disposer de bases fiables pour les calculs en termes de zonages, des données de cadrage permettant de valider les résultats, des informations sur les déplacements non retenus ainsi que les définitions utilisées.</p> <p>La modification apportée en janvier 2009 concerne le coefficient relatif au calcul des distances relatives aux déplacements à vélo. Le reste du guide est inchangé.</p>			
Mots clés : distances, déplacements, enquêtes ménages déplacements, méthode, vol d'oiseau		Diffusion :	
Nombre de pages : 44		Confidentialité :	Bibliographie : oui

Avertissement

Ce document de méthode permet de calculer a posteriori les distances des déplacements à partir des données issues des enquêtes ménages déplacements. Cette méthode est également intégrée dans le nouveau guide méthodologique des enquêtes ménages déplacements, paru en mai 2008.

Sommaire

I - La méthode	7
1. Préambule : rappel du contexte	8
2. Objectif	10
3. Déclaration à la CNIL	11
4. Les modes opératoires pour l'estimation des distances de déplacements	11
5. Le calcul des distances à vol d'oiseau entre zones fines	12
6. Reconstitution des distances réellement parcourues entre zones fines	12
7. L'estimation des distances de déplacements intra zones	16
8. Eléments de coûts et prise en charge des calculs	17
II – Annexes	19
Annexe 1. Les déplacements non retenus	20
Annexe 2. Les pistes explorées pour calculer les déplacements internes aux zones fines	23
Annexe 3. Recommandations pour réaliser le zonage fin	25
Annexe 4. Recommandations pour localiser les centroïdes	26
Annexe 5. Quelques données de cadrage pour valider les résultats	27
Annexe 6. Sensibilité des méthodes de calcul appliquées aux différents modes et types de déplacements	28
Annexe 7. Sensibilité aux méthodes ou aux différents paramètres	30
Annexe 8. Les déplacements d'échange	35
Annexe 9. Définitions	38
Annexe 10. Sigles utilisés	41
Annexe 11. Bibliographie	42
Table des matières	43

I - LA MÉTHODE

1. Préambule : rappel du contexte

L'analyse de la mobilité des personnes peut s'effectuer à l'aide de différents indicateurs :

- le nombre quotidien moyen d'activités hors du domicile, qui traduit l'insertion sociale de l'individu et les possibilités qui lui sont offertes de réaliser certaines activités sans se déplacer (courrier, téléphone, Minitel, Internet, fax, vente par correspondance, téléachat, télétravail, téléconférence, etc.) ;
- le nombre quotidien moyen de déplacements, indicateur proche du précédent mais qui traduit l'enchaînement des activités de l'individu dans la journée (avec ou sans passage par le domicile). Toutes les activités n'engendrent pas de la mobilité : certaines peuvent être réalisées au domicile, plusieurs activités peuvent se dérouler au même endroit ;
- la durée quotidienne moyenne de déplacements qui indique le temps que l'individu accepte de consacrer (ou est contraint de supporter) en déplacement pour réaliser ses activités ;
- la distance quotidienne moyenne parcourue, critère d'interaction spatiale très lié à l'organisation de l'espace et à la localisation respective des emplois, des équipements et des résidences ;
- la vitesse moyenne des déplacements quotidiens, quotient des deux précédents indicateurs, qui est un indicateur global de la qualité de service du système de transport que la collectivité met à la disposition des individus.

Les enquêtes ménages déplacements (EMD), méthode « standard CERTU », fournissent le dénombrement des activités hors du domicile, des déplacements et de leur durée mais le questionnaire standard ne permet pas de connaître directement la longueur des déplacements, aucune question n'étant posée sur cette variable.

Seules les Enquêtes Nationales Transports de 1982 et 1994 et l'enquête Globale Transport de la région Ile-de-France comportent un (ou deux) volet(s) relatif(s) aux distances.

Enquête Nationale Transports

Dans l'échantillon de l'Enquête Nationale Transports qui recueille, entre autres, des informations sur les déplacements quotidiens, les origines et destinations sont codées au niveau communal. Les distances déclarées sont comparées aux distances calculées à vol d'oiseau et éventuellement corrigées, d'autres corrections étant faites par mode de déplacement en comparant les vitesses issues de l'enquête avec une plage de valeurs réalistes selon les modes. Si la distance n'est pas déclarée, on multiplie par un coefficient correcteur la distance calculée à vol d'oiseau (1,3 pour la voiture par exemple).

Par ailleurs, pour un véhicule particulier choisi dans le ménage enquêté, ses usagers remplissent un carnet pendant une semaine, sur lequel ils notent tous leurs trajets, avec les origines, les destinations, les temps de parcours, les distances, etc. Les résultats bruts de cette partie de l'enquête sont corrigés de la même manière que ceux relatifs aux déplacements quotidiens.

Enquête Globale Transports Ile-de-France

L'enquête porte sur les déplacements quotidiens de semaine. Les distances sont calculées à partir d'un carroyage de 300 m de côté.

On évalue d'abord la distance à vol d'oiseau à partir des carroyages de l'origine et de la destination. Cette distance est ensuite redressée afin de tenir compte de la sinuosité du réseau. Le coefficient de redressement généralement utilisé est égal à 1,3. Afin de tenir compte du fait que l'ampleur de la correction doit être d'autant plus faible que la distance parcourue est longue, le coefficient de correction dépend de la portée du déplacement : égal à 1,4 pour les trajets les plus courts, il décroît exponentiellement de 1,4 à 1,1 pour les trajets dont la portée varie entre 0 et 20 km et sa valeur est de 1,1 au-delà. Enfin, pour les trajets internes à chaque carreau, la distance est fixée à 140 mètres. Cette valeur est proche du résultat que donnerait l'utilisation de la formule usuelle appliquée au calcul des distances intra zones, à savoir la moitié de la racine carrée de la surface de la zone.

Autres méthodes d'obtention des distances

Des calculs de distances ont été déjà réalisés par des Centres d'Études Techniques de l'Équipement pour certaines agglomérations à partir des enquêtes ménages déplacements, méthode « standard CERTU ». C'est notamment le cas pour les agglomérations de Bordeaux, Lille, l'aire métropolitaine de Marseille et Toulouse. Ces calculs ont été réalisés à partir de l'utilisation d'un modèle de prévision de trafic comportant un réseau modélisé, d'un Système d'Informations Géographiques ou de lectures de cartes (dans ce cas, les distances sont calculées à vol d'oiseau). Dans tous les cas, les résultats obtenus sont confrontés aux vitesses qui en résultent afin d'en vérifier la cohérence (les temps de trajet sont recueillis lors des enquêtes ménages déplacements).

De plus en plus d'utilisateurs potentiels des distances regrettent l'absence d'une telle information dans les enquêtes ménages déplacements, en particulier, l'ADEME, pour évaluer les impacts du transport sur l'environnement et la consommation énergétique dans le calcul des « diagnostics énergie environnement des déplacements » (DEED), appelés précédemment « budgets énergie environnement des déplacements » (BEED).

Plus généralement, des critiques sont faites par les chercheurs, les collectivités locales et les bureaux d'études sur l'absence de variables relatives aux distances dans le questionnaire standard des enquêtes ménages déplacements .

Certains souhaitent également pouvoir faire des comparaisons internationales, plusieurs pays européens collectant ou calculant cette donnée dans leurs enquêtes.

Enfin, la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie impose certaines orientations aux Plans de Déplacements Urbains (PDU), dont « la réduction du trafic automobile ». La connaissance de la longueur des déplacements réalisés en voiture est indispensable pour suivre l'évolution de ce trafic.

1.1 Etapes suivantes

Le CERTU poursuit le travail dans deux directions :

- Il travaille avec un bureau d'études privé qui dispose de données relatives aux itinéraires empruntés lors des déplacements quotidiens. Une comparaison avec les données d'une enquête ménages déplacements sur la même ville permettra de contrôler la pertinence de la méthode proposée ici ;
- Il pilote une étude sur l'analyse des écarts entre distances calculées a posteriori à partir de la méthode proposée dans ce document et distances déclarées à partir des résultats d'une enquête dans laquelle les distances ont été collectées. L'objectif est de valider la méthode proposée ici.

2. Objectif

Si, jusqu'à maintenant, il a été décidé de ne pas inclure de question sur la longueur des déplacements dans les enquêtes ménages déplacements, c'est parce qu'il a été considéré que les personnes enquêtées ont de grandes difficultés pour estimer de manière fiable la longueur de leurs déplacements, en particulier pour les moins réguliers.

Mais une estimation a posteriori des distances est possible puisque dans les enquêtes ménages déplacements, l'on dispose pour chaque déplacement enquêté, du temps mis pour le réaliser, du mode de transport utilisé et des zones, relativement fines, entre lesquelles il a été effectué.

L'objectif est donc, à partir des données disponibles dans les enquêtes ménages déplacements, éventuellement enrichies de données externes, de proposer une méthode harmonisée de cette estimation, à l'aide de plusieurs modes opératoires en fonction des outils disponibles. Les préconisations qui sont faites visent à rendre les comparaisons possibles, dans l'espace et dans le temps.

La proposition repose sur une analyse critique et une évaluation des différentes méthodes et modes opératoires déjà utilisés par les CETE qui ont réalisé ce type de calculs. Des tests ont été réalisés au regard de plusieurs critères (disponibilité des outils, simplicité, efficacité, sensibilité des méthodes, etc.). En tenant compte des conclusions de ces tests, une méthode est proposée et ses différentes étapes sont décrites dans ce document. Les différentes pistes explorées sont exposées en annexes, les recommandations spécifiques également.

Cette méthode sera intégrée dans le document de référence sur la méthodologie des enquêtes ménages déplacements après un test sur une ou plusieurs enquêtes. Les distances ainsi calculées constitueront des variables du fichier standard des enquêtes ménages déplacements à venir, qui pourront être exploitées, croisées avec d'autres variables, comme les autres données du fichier. Elles constitueront un élément nouveau de l'analyse que l'on pourra croiser avec d'autres critères comme les motifs ou les modes de déplacements, la localisation du domicile, le sexe, l'âge de la personne, la motorisation, etc.

Il a paru nécessaire d'uniformiser les pratiques en la matière et de définir un ou plusieurs modes opératoires permettant de calculer les distances pour faciliter notamment les comparaisons entre agglomérations. Seuls sont présentés ici des modes opératoires dont les données d'entrée sont fournies par les enquêtes ménages déplacements.

Les modes opératoires proposés ne concernent que les déplacements internes à l'aire d'étude effectués par les résidents. Les déplacements de transit ne sont pas abordés, n'étant pas recueillis dans les enquêtes ménages déplacements. Les déplacements d'échange, eux, sont recueillis pour les seuls résidents mais leur prise en compte pose un certain nombre de problèmes et ont une influence sur les résultats, éléments détaillés en [Annexe 8](#).

3. Déclaration à la CNIL

La longueur des déplacements constituera une variable supplémentaire du fichier standard des enquêtes ménages déplacements, au même titre que les autres. Elle sera donc soumise aux mêmes conditions en matière de diffusion (anonymisation des fichiers en particulier). La déclaration à la CNIL devra inclure cette variable, même si elle ne figure pas dans le questionnaire, puisque les calculs sur les distances nécessiteront l'utilisation des fichiers complets.

4. Les modes opératoires pour l'estimation des distances de déplacements

Pour chaque déplacement, on peut distinguer :

- sa distance « à vol d'oiseau », égale à la longueur du segment de droite reliant son point origine et son point destination ;
- la distance réellement parcourue par la personne le réalisant.

Ces deux types de distance permettent de réaliser des analyses différentes et complémentaires. Par exemple, l'étude de la compétitivité en temps de déplacement des différents modes se fera à partir des distances à vol d'oiseau : combien de temps faut-il pour se rendre d'un point A à un point B distants de X kilomètres (à vol d'oiseau) à pied, à vélo, en voiture, en transport en commun ? Par contre, les analyses portant sur les coûts, les consommations énergétiques ou les émissions de polluants se référeront aux distances réellement parcourues.

C'est pourquoi, nous proposons d'introduire dans les fichiers des enquêtes ménages déplacements les deux types de distance : distance à vol d'oiseau et distance réellement parcourue.

4.1 Quels déplacements retenir ?

On prendra en compte l'ensemble des déplacements internes à l'aire d'étude à l'exception de ceux réalisés pour les motifs « promenade, lèche vitrine » et « tournées professionnelles » et de ceux de plus de deux heures (cf. [Annexe 1](#)).

4.2 Une méthode différente pour les déplacements internes aux zones fines et entre zones fines

Dans les enquêtes ménages déplacements, les secteurs utilisés pour le tirage des échantillons sont divisés en « zones fines ». Ces zones fines permettent le repérage des déplacements recensés. Pour chacun de ces déplacements, on recueille notamment :

- la zone fine dont il est issu ;
- la zone fine où est située sa destination ;
- la succession des modes utilisés avec, pour chaque mode mécanisé, la zone fine origine et la zone fine destination.

Même si le découpage « fin » est très détaillé, on ne connaît ni l'origine, ni la destination précise du déplacement. On ne dispose donc pas de tous les éléments nécessaires pour calculer la longueur **exacte** de chaque déplacement et il est donc nécessaire d'avoir recours à des approximations pour estimer la longueur des déplacements.

En pratique, la longueur d'un déplacement sera supposée égale à la distance entre ses zones fines origine et destination en considérant que les extrémités précises de ce déplacement sont situées en un point unique par zone : leur centroïde.

Cela ne fonctionne que lorsque les zones fines d'origine et de destination sont distinctes. Le calcul se fera donc de manière différente selon que le déplacement est réalisé à l'intérieur de la zone fine ou entre zones fines.

5. Le calcul des distances à vol d'oiseau entre zones fines

Le calcul d'une distance à vol d'oiseau d'une zone fine à une autre s'effectue selon la méthode usuelle :

$$\text{Distance (Zone fine A à Zone fine B)} = \sqrt{(X_b - X_a)^2 + (Y_b - Y_a)^2}$$

où les centroïdes des zones fines A et B ont respectivement pour coordonnées (X_a, Y_a) et (X_b, Y_b) .

Une fois le découpage fin digitalisé, les distances à vol d'oiseau peuvent être calculées à l'aide d'un Système d'Informations Géographiques (SIG) de façon automatique si un utilitaire de ce SIG le permet ou en récupérant les coordonnées des centroïdes pour appliquer la formule précédente en dehors du SIG.

Notons, en dernier lieu, que la localisation des centroïdes peut être effectuée manuellement par l'exploitation et la lecture de cartes de l'Institut Géographique National, des Plans d'Occupation des Sols, des Plans Locaux d'Urbanisme ou de plans des communes de l'aire d'étude. Cette méthode peut s'avérer la seule possible pour les enquêtes ménages déplacements les plus anciennes, pour lesquelles le découpage n'est pas numérisé.

6. Reconstitution des distances réellement parcourues entre zones fines

Lorsque l'on considère les distances réellement parcourues, pour les déplacements réalisés à l'aide de modes mécanisés, la distance est égale à la somme des distances des trajets qui la composent, somme à laquelle il faut ajouter les distances parcourues à pied pour atteindre le véhicule de transport et pour atteindre la destination finale après avoir quitté le véhicule. Les distances parcourues à pied entre les différents véhicules de transport ne seront pas prises en compte : elles sont en règle générale de très faible longueur (inférieure à 100 mètres le plus souvent) et leur impact sur la longueur du déplacement peut être négligé. Elles n'ont par ailleurs pas d'influence sur le coût du déplacement, la consommation énergétique ni sur les émissions de polluants.

En pratique, la longueur d'un trajet sera supposée égale à la distance entre les zones fines origine et destination du trajet en considérant que les extrémités de ce déplacement sont situées en un point unique par zone : leur centroïde.

L'estimation des distances réellement parcourues peut être réalisée selon plusieurs modes opératoires qui donnent des résultats légèrement différents :

- si les distances sont estimées à partir des longueurs à vol d'oiseau, les réseaux de communication réels ne sont pas pris en compte : le passage aux distances parcourues se fait à l'aide de coefficients correcteurs forfaitaires voisins de 1,3 (voir plus loin) ;

- si les distances sont estimées à partir de l'utilisation d'un Système d'Informations Géographiques (comprenant des recherches d'itinéraires) et d'une base de données routières, les résultats obtenus sont plus proches des distances réellement parcourues car la méthode intègre directement les réseaux de voirie ;
- dans le cas où un modèle de prévision de trafic est utilisé, les résultats sont les plus proches de la réalité car les réseaux de voirie et le comportement des usagers sont pris en compte.

Pour un même déplacement, la distance parcourue par une personne sera différente selon le ou les moyens de transport qu'elle utilisera. Dans certains cas, les écarts peuvent être très importants : en centre ville, les distances parcourues pour réaliser un déplacement peuvent varier de un à quatre selon le mode utilisé.

6.1 Cas particulier des déplacements à pied

Quelle que soit la méthode retenue, on calculera les distances parcourues à pied en se basant sur le temps déclaré et en prenant une vitesse égale à 4 km/h.

6.2 Reconstitution à partir des distances calculées à vol d'oiseau

Il convient d'abord, si possible, d'intégrer dans le calcul des distances les contraintes physiques principales qui induisent des allongements de parcours significatifs (passage obligatoire par certains points) : lignes écrans telles que fleuves, reliefs, voies ferrées notamment.

Dans ce cas, la distance entre deux zones fines situées de part et d'autre de la ligne écran est égale à la somme des distances entre le centroïde de la zone d'origine et le point de passage obligé (pont par exemple) et entre ce point de passage et le centroïde de la zone de destination.

Le passage aux distances réellement parcourues est effectué à l'aide d'un coefficient d'ajustement multiplicateur. Le mode de calcul est donné ci-après. Il est rappelé que plus les distances sont courtes, plus la dispersion des données est forte.

Méthode de reconstitution des distances entre zones fines à partir des distances à vol d'oiseau

Si $DIST_d$ désigne la distance du déplacement d entre la zone fine d'origine et celle de destination, $DIST_t$ la distance de chaque trajet t avec le mode de déplacement inclus dans le déplacement d et DVO_t la distance à vol d'oiseau de ce même trajet, alors on écrit :

$$DIST_d = \sum_t DIST_t$$

et

1. pour les trajets en voiture et en deux roues motorisés

Si $DVO_t \leq 1$ km, alors $DIST_t = (2,2 - 0,72 * DVO_t) * DVO_t$

Si $DVO_t > 1$ km, alors $DIST_t = DVO_t * 1,4$

2. pour les trajets en transports collectifs

$DIST_t = 1,50 * DVO_t$

3. pour les trajets en vélo

$DIST_t = 1,35 * DVO_t$

Ces formules sont provisoires. Des tests permettront de les préciser et d'ajuster les coefficients.

Note : toutes les distances sont mesurées en kilomètres et il convient d'ajouter, à la distance ainsi calculée, la distance d'accès au réseau à partir du centroïde origine et de diffusion au centroïde destination.

6.3 Utilisation de modèles de prévision de trafic

L'existence de modèles de prévision de trafic développés sur l'agglomération peut permettre d'améliorer la reconstitution des longueurs des déplacements.

Le recours à de tels modèles ne s'avérera réellement intéressant que s'ils décrivent de manière suffisamment fine et précise les différents réseaux de transport. Comme la finesse de description des réseaux est directement liée à la finesse du zonage utilisé pour la modélisation, l'idéal est que le zonage sur lequel le modèle est bâti soit identique à celui utilisé pour le repérage des origines et destinations dans l'enquête ménages déplacements.

Lorsque le découpage utilisé dans le modèle est sensiblement plus grossier que le découpage fin de l'EMD, on peut néanmoins l'utiliser pour estimer les distances parcourues en affectant à un déplacement entre deux zones fines de l'EMD la distance calculée par le modèle entre les deux zones du modèle qui contiennent ces zones fines. Il n'est pas évident que l'on arrive alors à un résultat meilleur que celui obtenu avec la méthode proposée à partir des distances à vol d'oiseau.

Deux types de modèles peuvent exister sur l'agglomération :

- un modèle routier : le réseau pris en compte comprend les principales voies routières de l'agglomération, au moins l'ensemble des voies structurantes. Ces voies sont décrites de manière précise tronçon par tronçon : longueur, sens de circulation, type de voie (VRU, boulevards, rues commerçantes), capacité, vitesse, etc. Les carrefours (en totalité ou en partie) sont également décrits ;

- un modèle transports collectifs : le réseau comprend l'ensemble des lignes, que celles-ci soient de surface ou non, en site propre ou non. Les stations de métro ou de tramway, les arrêts de bus (en totalité ou en partie), les vitesses commerciales, les fréquences en période de pointe et parfois en heure creuse sont également renseignées.

Dans certaines agglomérations, un seul modèle inclut à la fois le réseau routier et le réseau de transports collectifs.

La méthode de reconstitution des longueurs de déplacements varie selon le mode de déplacements utilisé :

- **pour les déplacements réalisés en voiture**, la distance d'une zone fine à une autre est calculée directement par le modèle et correspond au plus court chemin entre les deux centroïdes des zones considérées en coût généralisé à vide ;
- **pour les déplacements réalisés en transports collectifs**, la distance d'une zone fine à une autre est calculée à partir du modèle transport collectif lorsqu'il en existe un. Elle correspond, comme pour le modèle routier, au plus court chemin entre les deux zones en coût généralisé. En l'absence de modèle spécifique, on utilisera les distances fournies par le modèle routier corrigées de manière forfaitaire par un coefficient multiplicateur car le réseau de transports collectifs est moins dense que le réseau accessible aux véhicules particuliers. Ce coefficient dépend du maillage du réseau, très différent selon les agglomérations. A titre d'exemple, ce coefficient est de 1,18 à Lille ;
- **pour les déplacements à vélo**, la distance entre deux zones fines est égale au plus court chemin **en distance** (et non en coût généralisé) sur le réseau routier hors autoroutes et voies rapides, sans tenir compte des sens interdits. Pour les vélos, il est en effet préférable de recourir à cette méthode et de ne pas intégrer les sens de circulation car les cyclistes les respectent peu et empruntent souvent les trottoirs (notamment en centre ville, où les sens interdits sont les plus nombreux). Les distances ainsi calculées sont donc plus proches de la réalité.

6.4 Utilisation d'un Système d'Informations Géographiques et d'une base de données routières

En premier lieu, il convient de préciser que le Système d'Informations Géographiques utilisé doit permettre la recherche d'itinéraires afin de déterminer les distances parcourues, directement ou grâce à des modules spécifiques créés et intégrés à cet effet. Il est également nécessaire de créer un tronçon fictif de voie reliant chaque centroïde de zones au réseau ou de projeter le centroïde sur le tronçon de réseau le plus proche (des outils sont disponibles pour effectuer cette opération dans les Systèmes d'Informations Géographiques les plus usités).

Pour que l'utilisation d'un SIG soit pertinente, il faut que la base de données routières intègre les sens de circulation.

On fera quelques recommandations pour le calcul selon les modes :

- **pour la voiture particulière**, si l'on utilise un SIG, il est préférable de travailler en coût généralisé à vide. Par défaut, si l'on ne peut travailler que « en plus court chemin en longueur », on appliquera un coefficient multiplicateur de 1,1 pour passer du « plus court chemin en longueur » au « plus court chemin en coût généralisé » à vide ;
- **pour le vélo**, la distance sera prise égale au « plus court chemin en longueur », sans prise en compte des sens interdits ;

- **pour les transports collectifs**, il convient d'effectuer la recherche du plus court chemin sur les arcs constituant le réseau. Il sera souvent nécessaire de compléter les réseaux de voirie utilisés, notamment par les lignes de transport collectif en site propre (métro, tramway, etc.), qui ne sont pas toujours intégrées a priori.

Comme pour les autres méthodes, la longueur du déplacement est égale à la somme des longueurs des trajets composant ce déplacement et de celles des parcours d'accès et de diffusion (distances entre les centroïdes et les points d'accès au réseau).

Attention !

Les résultats du calcul des distances entre deux zones fines, obtenus à partir de l'utilisation d'un modèle ou d'un Système d'Informations Géographiques, peuvent intégrer déjà les distances d'accès au réseau et celles de diffusion au centroïde de destination.

Les modèles, notamment, affectent une matrice de déplacements zone à zone sur un réseau. Les déplacements sont supposés être émis et reçus par les centroïdes de zones. Les centroïdes sont reliés au réseau par des « arcs d'injection », tronçons fictifs dont la capacité n'est pas limitée. Généralement, la longueur de ces « arcs d'injection » est fixée de manière uniforme à un niveau peu élevé, sans rapport avec la réalité. Les distances fournies par le modèle comprennent la longueur des « arcs d'injection », il faudra en tenir compte pour les corriger et donner des distances réalistes.

Il convient donc de veiller à ce que ces distances ne soient pas prises en compte deux fois. Pour cela, soit on donnera une longueur nulle aux arcs d'injection (dans le cas des modèles) ou aux tronçons de voies fictifs qui auraient été éventuellement créés entre le centroïde et le réseau (dans le cas d'un Système d'Informations Géographiques), soit on renseignera précisément l'arc ou le tronçon de voie avec la valeur souhaitée. Les distances d'accès au réseau peuvent être estimées forfaitairement, leur valeur dépendant du mode de transport, de la taille et de la structure urbaine des zones fines en question (dans ce cas, on n'ajoute évidemment pas aux résultats obtenus les distances d'accès au réseau ou de diffusion à la destination).

7. L'estimation des distances de déplacements intra zones

On traitera différemment les déplacements entièrement réalisés à pied et les déplacements effectués en modes mécanisés.

7.1 Calcul des distances parcourues pour les déplacements internes aux zones et réalisés entièrement à pied

Quelle que soit la méthode retenue, on calculera les distances parcourues à pied en se basant sur le temps déclaré et en prenant une vitesse égale à 4 km/h.

7.2 Calcul des distances parcourues pour les déplacements internes aux zones et réalisés en modes mécanisés

Après avoir testé plusieurs méthodes (cf. [Annexe 2](#)), nous proposons une méthode simple s'appuyant sur la surface de la zone : la distance du déplacement est prise égale à la moitié de la racine carrée de la surface de la zone.

$$\text{Distance} = \frac{1}{2} \sqrt{\text{surface de la zone}}$$

7.3 Calcul des distances à vol d'oiseau pour les déplacements internes aux zones

Pour les distances à vol d'oiseau, on partira du calcul des distances parcourues que l'on divisera par un coefficient forfaitaire de 1,8.

8. Éléments de coûts et prise en charge des calculs

8.1 Éléments de coûts

L'estimation des distances à vol d'oiseau des déplacements nécessite une numérisation du découpage fin de l'enquête ménages déplacements. Cette tâche peut s'avérer assez longue donc d'un coût relativement élevé. Il faut cependant souligner que cette numérisation est utile pour bien d'autres tâches que le calcul des distances et que la plupart des agglomérations réalisant des enquêtes ménages déplacements effectuent cette numérisation aujourd'hui.

Une fois le zonage numérisé, le calcul des distances à vol d'oiseau est très rapide et demande moins d'un jour de travail (y compris le calcul des distances intra zones).

De même, lorsqu'un modèle existe, la sortie des distances fournie par ce modèle est très rapide. Par contre, l'éventuelle mise en cohérence des découpages de l'enquête et du modèle peut prendre plus de temps.

Une fois les distances obtenues, leur introduction dans les fichiers d'enquête ne prend pas plus d'une journée de travail.

Estimation du coût d'introduction des distances	Nombre de jours
Saisie du découpage	8 à 15 jours
Calcul des distances à vol d'oiseau sur le découpage numérisé	1 jour
Calcul des distances à partir des modèles hors mise en cohérence éventuelle des découpages	0,5 jour par modèle
Introduction des distances dans le fichier des enquêtes ménages déplacements	1 jour

Ces estimations ont été réalisées à partir des travaux d'introduction des distances effectués à Lille, Toulouse et sur l'Aire métropolitaine de Marseille.

8.2 Réalisation des calculs

La prise en charge des calculs de distances doit se faire au niveau local sous la responsabilité du maître d'ouvrage de l'enquête ménages déplacements. C'est en effet au niveau local que sont le mieux connus et maîtrisés les zonages, les bases de données géographiques et les modèles de prévision de trafic.

Le travail peut être réalisé en régie ou être confié à un prestataire (maître d'œuvre de l'enquête ménages déplacements, Centre d'Études Techniques de l'Équipement ou autre bureau d'études).

Les résultats relatifs aux deux distances estimées (vol d'oiseau, distance parcourue) seront intégrés dans les fichiers standards d'enquête qui sont remis au CERTU.

II – ANNEXES

Annexe 1. Les déplacements non retenus

Pour le calcul des distances, l'ensemble des déplacements a été pris en compte à l'exception de ceux réalisés pour les motifs « promenade, lèche vitrine » et « tournées professionnelles » et de ceux de plus de deux heures. On explique ci-après pourquoi ces déplacements n'ont pas été retenus.

Annexe 1.1 Promenade, lèche vitrine et tournées professionnelles

Dans la méthodologie des enquêtes ménages déplacements, certains déplacements sont recensés différemment des autres :

- les déplacements pour motif « promenade, lèche-vitrines » : ils sont difficiles à repérer géographiquement. La promenade est, par définition, une action diffuse, où la personne va « où bon lui semble », en partant d'un lieu géographique pour revenir à ce même lieu géographique. Aussi, le déplacement occasionné est alors assimilé à un déplacement en boucle, constitué d'un aller et d'un retour avec une destination au point le plus éloigné. On recense donc deux déplacements de durées égales ;
- les tournées professionnelles : elles sont constituées d'une succession d'arrêts dans le cadre d'une activité professionnelle (médecin, livreur, facteur, etc.), arrêts parfois difficiles à appréhender ;

Pour six déplacements ou moins effectués en continuité pour le même motif professionnel, chacun de ces déplacements est renseigné. Au-delà de six, la tournée est assimilée à un « déplacement en boucle ». Pour cela, on retient un premier déplacement aller, ayant comme lieu de destination le lieu géographique le plus éloigné de son point de départ et on indique un deuxième déplacement retour. La durée totale de ces déplacements est également « coupée » en deux durées égales, pour l'aller et le retour.

Dans ces deux types de déplacements, la durée recensée inclut l'activité. La longueur du déplacement, telle qu'il est proposé de la calculer dans cet ouvrage, ne correspondrait donc pas à la réalité.

Cette manière de recenser les tournées professionnelles et les promenades entraînerait, si l'on calculait la longueur de ces déplacements en fonction des éléments recueillis, des erreurs d'interprétation dans des ratios tels que la vitesse de déplacement. On peut le vérifier sur le tableau ci-après qui présente, selon quelques motifs, la longueur, la durée et la vitesse moyennes de tous les déplacements internes à l'aire d'étude de Lille en 1998. Les cases correspondant à des vitesses jugées « anormalement » basses ont été grisées. Elles concernent la promenade et les tournées professionnelles, ce qui est logique puisque, dans ces deux cas, le cheminement précis n'est pas décrit et le temps de déplacement inclut en fait une activité (professionnelle pour la tournée, de loisir pour la promenade).

Tous déplacements	Nombre brut	Nombre redressé	Longueur en km	Durée en minutes	Vitesse en km/h
Motif à la destination					
Domicile	18 720	1 704 804	4,012	15,180	15,9
Travail sur lieu d'emploi déclaré	4 573	412 991	6,483	16,941	23,0
Travail sur un autre lieu	1 427	125 800	6,473	17,432	22,3
Nourrice, crèche	104	8 464	2,376	9,042	15,8
Ecole maternelle ou primaire	1 392	126 092	1,518	8,375	10,9
Collège	1 082	101 213	2,501	15,182	9,9
Lycée	795	73 377	5,272	22,786	13,9
Université ou grande école	732	58 250	6,706	22,002	18,3
Multi-motifs en centre commercial	74	6 704	4,824	11,977	24,2
Magasin traditionnel	1 912	172 202	2,086	9,134	13,7
Supermarché de proximité	621	55 797	2,266	10,259	13,3
Supermarché de grande taille	628	56 780	3,109	11,769	15,9
Grand magasin	38	2 807	6,208	15,946	23,4
Hypermarché et galerie d'hypermarché	747	69 570	5,042	13,844	21,9
Galerie marchande	36	3 321	6,859	15,903	25,9
Grande surface spécialisée	313	27 797	5,236	13,569	23,2
Magasin d'usine	27	2 818	5,298	16,475	19,3
Marché couvert ou de plein vent	132	11 929	3,160	14,294	13,3
Santé	552	52 023	3,789	13,114	17,3
Démarches	1 443	130 488	3,583	13,810	15,6
Recherche d'emploi	125	11 933	4,216	19,525	13,0
Loisirs, activités sportives, culturelles ou associatives	1 611	145 557	3,713	12,770	17,4
Promenade, lèche vitrines	1 348	123 106	2,096	24,643	5,1
Restauration hors domicile	1 034	88 018	2,686	10,738	15,0
Visite à des parents ou amis	3 150	288 478	3,907	12,589	18,6
Accompagner quelqu'un	2 806	261 965	3,453	10,409	19,9
Aller chercher quelqu'un	56	5 485	2,990	9,856	18,2
Accompagner quelqu'un à vide	45	4 144	3,773	14,517	15,6
Aller chercher quelqu'un à vide	2 218	205 239	3,422	10,683	19,2
Dépose à un autre lieu	125	8 904	4,738	10,272	27,7
Dépose à un autre lieu à vide	8	483	9,441	22,447	25,2
Reprise à un autre lieu à vide	121	8 667	5,416	11,972	27,1
Tournée professionnelle	102	9 528	8,209	149,087	3,3
Autre motif	638	59 172	3,469	12,174	17,1
Ensemble	48 735	4 423 903	4,012	14,649	16,4

Annexe 1.2 Déplacements de plus de deux heures

Dans les enquêtes ménages déplacements, on observe parfois des déplacements de plus de deux heures. Ce sont le plus souvent des tournées ou des promenades. Les autres déplacements de plus de deux heures sont marginaux et relèvent le plus souvent d'erreurs, sauf si le périmètre étudié est très grand. C'est pourquoi les déplacements de plus de deux heures, tout comme ceux pour motif « tournée professionnelle », « promenade, lèche-vitrine » ont été éliminés du calcul des distances proposé dans cet ouvrage.

Remarques :

- pour les déplacements de plus de deux heures, on pourra les conserver, après vérifications, dans le cas où la grande taille du périmètre étudié le justifie ;
- dans les enquêtes ménages déplacements ultérieures, les promenades non exclusivement réalisées à pied seront prises en compte selon un procédé un peu différent mais ne remettant pas en cause la comparabilité des données.

Annexe 2. Les pistes explorées pour calculer les déplacements internes aux zones fines

Annexe 2.1 Calcul des distances parcourues pour les déplacements internes aux zones et réalisés à pied

Différentes méthodes de calcul des longueurs des déplacements internes aux zones ont été testées lors de l'exploitation de l'enquête ménages déplacements réalisée dans l'arrondissement de Lille en 1998 pour estimer la longueur des déplacements internes aux zones et effectués à pied. Elles sont présentées ci-dessous à titre d'illustration :

- **D1** : la moitié de la moyenne géométrique des distances entre la zone et les trois zones les plus proches. Les distances inter zones sont calculées à l'aide du modèle ; ce sont des distances « plus court chemin en coût généralisé à vide » sans sens interdits ; pour tenir compte de la distance entre l'origine du déplacement et le point d'injection sur le réseau modélisé et celle entre la destination du déplacement et le point de sortie du réseau, on ajoute une longueur forfaitaire de 200 mètres ;
- **D2** : méthode D1 en retirant 180 mètres. Le résultat obtenu est ramené à un seuil minimum de 100 mètres. Ceci revient sensiblement à éliminer la longueur forfaitaire supplémentaire de 200 mètres. Le chiffre de 180 mètres a été calé de manière à retrouver une vitesse moyenne d'environ 4,3 km/h (estimation de la vitesse moyenne des piétons retenue en 1998 par les services de la communauté urbaine de Lille) ;
- **D3** : ajustement de la méthode D1 en fonction de la vitesse du déplacement. Si la vitesse est comprise entre 3 km/h et 6 km/h, on garde D1 ; si la vitesse est inférieure à 3 km/h, la distance est corrigée de manière à obtenir une vitesse de 3 km/h ; si la vitesse est supérieure à 6 km/h, la distance est corrigée de manière à obtenir une vitesse de 6 km/h. Dans ce cas, on fait plus confiance à la durée déclarée des déplacements qu'à leur distance estimée ;
- **D4** : moitié de la racine carrée de la surface de la zone ;
- **D4b** : moitié de la racine carrée de la surface de la zone avec ajustement identique à D3 ;
- **D5** : moitié de la racine carrée de la surface bâtie de la zone.
- **D5b** : moitié de la racine carrée de la surface bâtie de la zone avec ajustement identique à D3.

Le tableau ci-dessous fournit les résultats obtenus sur l'enquête ménages déplacements de Lille en 1998.

La durée moyenne des déplacements internes aux zones et réalisés à pied est de 7,13 minutes, calculée à partir des résultats de l'enquête.

Unité : km

	D1	D2	D3	D4	D4b	D5	D5b
Longueur	0,69	0,51	0,47	0,67	0,55	0,46	0,47
Vitesse	5,78	4,32	3,93	5,64	4,60	3,86	3,94
Écart type	7,00	6,30	1,10	5,90	1,20	2,00	1,10
Maximum	66,00	55,20	6,00	50,00	6,00	16,50	6,00
Minimum	1,00	0,40	3,0	0,60	3,00	0,40	3,00

La méthode D2 fournit une vitesse moyenne proche de 4,3 km/h, ce qui est normal puisqu'elle est construite de manière à aboutir à ce résultat.

Par rapport à l'hypothèse retenue de 4,3 km/h de vitesse moyenne des piétons, les méthodes D1 et D4 surestiment les vitesses et donc sous estiment les distances, les méthodes D3 et D5 les sous estiment très légèrement.

L'ajustement sur D4 et D5 provoque des effets opposés : diminution des vitesses et donc augmentation de la longueur, pour D4b, augmentation pour D5b.

Par zone, les variations sont fortes, notamment pour les méthodes D1, D2, D4. Les variations les plus faibles sont obtenues par les méthodes D3 et D5 et pour les ajustements D4b et D5b. En fin de compte, comme le principal critère pour juger de la qualité des estimations est celui de la vitesse moyenne obtenue, il a été jugé plus simple de proposer la méthode de calcul à partir de la durée déclarée du déplacement et de la vitesse moyenne des déplacements piétons. Après consultation de différents experts, la vitesse moyenne de 4 km/h a été retenue.

Annexe 2.2 Calcul des distances parcourues pour les déplacements internes aux zones et réalisés en modes mécanisés

Trois méthodes ont été testées :

- utilisation d'un modèle : moitié de la moyenne géométrique des distances entre la zone et les trois zones les plus proches. Les distances inter zones sont calculées à l'aide du modèle ;
- moitié de la racine carrée de la surface de la zone ;
- moitié de la racine carrée de la surface bâtie de la zone.

Le tableau ci-dessous fournit les résultats obtenus sur l'enquête ménages déplacements de Lille de 1998.

Mode	Nombre brut de déplacements ⁽¹⁾	Durée moyenne en minutes	Modèle		Moitié de la racine carrée de la surface de la zone		Moitié de la racine carrée de la surface bâtie de la zone	
			Longueur (km)	Vitesse (km/h)	Longueur (km)	Vitesse (km/h)	Longueur (km)	Vitesse (km/h)
Voiture	5 104	5,9	1,09	11,1	0,97	9,8	0,52	5,2
TC	63	15,3	1,04	4,1	1,04	4,0	0,53	2,1
Deux-Roues	459	7,4	1,08	8,8	1,04	8,5	0,51	4,2

(1) dans l'échantillon interrogé, avant re-pondération

Les résultats sur les vitesses amènent à éliminer le calcul à partir de la surface bâtie qui donne des vitesses de déplacements manifestement trop faibles.

Dans un souci d'homogénéisation des méthodes, nous recommandons d'utiliser plutôt celle s'appuyant sur la surface de la zone car elle est utilisable dans tous les cas. Les écarts entre cette méthode et celle obtenue à partir d'un modèle sont, en valeur absolue, assez faibles.

Annexe 3. Recommandations pour réaliser le zonage fin

L'influence du zonage a été mesurée afin de déterminer la solution optimale à retenir eu égard aux coûts de calculs et aux enjeux quant à la précision des données obtenues.

Le zonage fin utilisé dans le calcul de la distance des déplacements provient de découpages élaborés lors de la préparation de l'enquête ménages déplacements.

Une attention particulière sera apportée à sa définition car les réponses des personnes enquêtées étant codifiées par l'enquêteur lors de l'interview effectuée au domicile, une mise à niveau éventuelle de la finesse du zonage, prenant en compte les pôles ponctuels générateurs de trafic ou l'environnement des lignes de transport en commun, apparaît impossible a posteriori. Les recommandations présentées ne concernent donc que le cas où une nouvelle enquête ménages déplacements va être réalisée sur l'aire d'études et complètent celles du guide méthodologique.

Nous rappelons toutefois que, lors de la préparation d'une enquête ménages déplacements, il est impératif que le zonage fin soit compatible avec les éventuelles enquêtes antérieures (par regroupement des nouvelles ou anciennes zones fines), sinon cela limitera fortement les possibilités de comparaisons entre les enquêtes.

Les secteurs périurbains comportent en général plusieurs communes, comprenant de l'habitat dense (cœur de ville, zones pavillonnaires, etc.) mais également de l'habitat diffus ou des espaces non bâtis. Ils devront, si possible, faire l'objet d'un découpage en zones fines qui distinguera les différents modes d'occupation du sol. Par exemple, une zone fine ne devra pas comporter à la fois une zone d'habitat dense et des secteurs non bâtis.

La liste des générateurs de trafic à identifier en tant que zone fine, présentée dans le guide, peut être utilement complétée par la prise en compte :

- des multiplex cinématographiques ;
- des établissements scolaires importants ;
- des cités administratives ;
- des principaux parcs de stationnement ;
- des principales zones d'activité ;
- des pôles d'échanges multimodaux (aéroports, gares routières ou ferroviaires, parcs relais, stations de métro ou de tramway, principaux arrêts de bus, notamment ceux circulant en site propre).

Le zonage fin devra être également précis sur les secteurs les plus denses situés en centre ville, et plus généralement sur les secteurs où marche à pied et usage des deux-roues constituent des modes de transport particulièrement utilisés. On a constaté qu'une superficie de neuf hectares pour ces zones paraît être une surface adéquate mais il pourra être quelquefois utile que la zone fine ait une superficie inférieure. Ces neuf hectares correspondent au carroyage de 300 mètres de côté adopté dans les enquêtes déplacements de la région Ile-de-France.

Le zonage à retenir doit être aussi fin que possible, sinon les distances seront, d'une manière générale, surestimées par rapport aux distances « réelles ». C'est sur les distances à vélo que les écarts sont les plus forts car les distances parcourues sont souvent courtes. Les écarts sont, en revanche, plus faibles pour les transports collectifs parce que les déplacements courts sont moins fréquents avec ce mode.

En conclusion, plus le découpage sera fin, meilleure sera la précision sur l'estimation de la longueur du déplacement entre deux zones fines.

Annexe 4. Recommandations pour localiser les centroïdes

L'influence de la localisation des centroïdes a été mesurée afin de déterminer la solution optimale à retenir eu égard aux coûts de calculs et aux enjeux quant à la précision des données obtenues.

Les coordonnées des centroïdes servent à reconstituer les distances de zone fine à zone fine uniquement dans le cas du calcul de la distance à vol d'oiseau.

- si la finesse du découpage permet d'avoir une structure urbaine homogène sur l'ensemble de la zone, le centroïde sera localisé en positionnant sur le support cartographique un point correspondant au centre géométrique de la zone fine. Si un Système d'Informations Géographiques est utilisé, cette localisation peut être effectuée automatiquement ;
- dans le cas où la structure de la zone fine est hétérogène (si, par exemple, la zone fine comporte une partie urbanisée et une partie non bâtie), le centroïde devra être localisé au centre de la partie urbanisée, celle-ci étant l'origine ou la destination de la majorité des déplacements recensés dans l'enquête ménages déplacements.

Une précision complémentaire peut être apportée en positionnant manuellement le centroïde, en fonction de la localisation précise des populations, des emplois ou des équipements.

La précision relative à la localisation des centroïdes est d'autant plus secondaire que le découpage en zones fines sera détaillé.

Il vaut mieux, en termes de moyens à mobiliser pour le calcul des distances, privilégier le découpage (en particulier, compléter le zonage du modèle ou du Système d'Informations Géographiques) que s'attacher à localiser précisément les centroïdes.

Annexe 5. Quelques données de cadrage pour valider les résultats

Les données de cadrage sont utilisées pour vérifier que les distances reconstituées sont cohérentes. Elles concernent la vitesse propre à chaque mode de déplacement.

Pour les différents modes, les distances moyennes sur l'aire d'étude issues des calculs peuvent être confrontées aux temps de trajets moyens correspondants qui sont obtenus par exploitation de l'enquête ménages déplacements.

Ainsi, pour la marche à pied, la vitesse moyenne devrait être de l'ordre de 3,5 km/h à 4,5 km/h. En vélo, en particulier pour les zones urbaines, la vitesse moyenne devrait être comprise entre 10 km/h et 15 km/h.

Pour les transports collectifs urbains, les vitesses obtenues peuvent être confrontées aux vitesses commerciales de circulation qu'il est possible d'obtenir auprès des sociétés exploitantes, sans toutefois négliger les temps d'attente et de correspondance. La vitesse moyenne obtenue devrait toutefois être proche de 10 km/h, pour les transports collectifs ne circulant pas en site propre.

Pour les véhicules particuliers, les vitesses dépendent beaucoup de la structure urbaine et des voies du secteur étudié : une bonne connaissance du terrain est alors nécessaire afin d'évaluer la pertinence des résultats obtenus. Toutefois, sur l'ensemble de l'aire d'étude, la vitesse moyenne devrait être comprise entre 20 km/h et 25 km/h.

Il conviendra de vérifier les longueurs de chaque déplacement qui, confrontées aux temps déclarés, induisent des vitesses trop élevées ou trop faibles et de les éliminer.

A titre indicatif, le tableau ci-dessous donne les vitesses minimum, maximum et médiane, utilisées par l'INRETS pour le redressement des données de l'enquête nationale transport de 1994. Cette enquête porte sur les déplacements quotidiens de jour ouvrable à courte distance mais aussi sur les déplacements de week-end et à plus longue distance.

Valeurs utilisées pour le contrôle des données par mode de déplacements

Enquête nationale transports, INSEE – INRETS, 1994

Vitesse en km/h

	Minimum	Médiane	Maximum
Marche à pied	1	2	10
Vélo	1	8	30
Deux-roues à moteur	2	15	130 ⁽¹⁾
Voiture, VUL, taxi	2	24	130
Autobus, autocar	2	12	110 ⁽²⁾
Transport urbain ferré	3	12	75

⁽¹⁾ 70 km/h pour les vélomoteurs

⁽²⁾ 70 km/h pour les autobus urbains

Annexe 6. Sensibilité des méthodes de calcul appliquées aux différents modes et types de déplacements

Les modes opératoires proposés sont différents selon les types de déplacements (intra zones et inter zones) et les modes de transport (voiture, transport collectif, vélo, marche, etc.). Il est intéressant de regarder l'impact d'une éventuelle incertitude induite par ces modes opératoires sur le calcul de la longueur moyenne de l'ensemble des déplacements.

Annexe 6.1 Déplacements inter zones

Si l'on fait une erreur sur la distance inter zones calculée pour un mode donné, cela induit une erreur sur la distance moyenne de l'ensemble des déplacements. Mais les effets sont très variables selon les modes de déplacements.

Le tableau ci-dessous donne un exemple de l'impact sur la longueur moyenne de déplacement de chaque mode lorsque l'on fait varier de 10 % (25 % pour la marche) l'estimation de la longueur des déplacements inter zones.

Enquête ménages déplacements, Toulouse, 1996

	Distance à vol d'oiseau brute	Distance du plus court chemin en coût généralisé
Voiture (VP conducteur et passager)	7,5 %	7,3 %
TCU	1,1 %	1,1 %
Autres TC	0,1 %	0,1 %
Vélo	0,1 %	0,1 %
Deux-roues à moteur	0,1 %	0,1 %
Autres	0,1 %	0,1 %
Marche à pied	0,6 %	0,5 %

Lecture : lorsque l'on fait une erreur de 10 % sur la distance inter-zone calculée pour les déplacements en voiture, l'erreur relative sur la longueur moyenne de l'ensemble des déplacements est de 7,5 % s'il s'agit de la distance à vol d'oiseau et de 7,3 % s'il s'agit du plus court chemin en coût généralisé.

Seuls les déplacements en voiture ont un impact important sur la distance moyenne, l'erreur relative est de l'ordre de 7,1 %. Pour les autres modes, l'effet est minime.

En particulier, les déplacements à pied jouent peu sur le résultat final malgré leur nombre (25 % à 30 % des déplacements environ), car leur longueur est courte par rapport à la longueur moyenne de la totalité des déplacements. Une erreur de 25 % (soit 250 mètres pour une distance moyenne de 1000 m) sur la longueur moyenne des déplacements à pied entraîne une erreur de moins de 1 % sur la longueur moyenne de l'ensemble des déplacements.

Annexe 6.2 Déplacements intra zones

Les déplacements intra zones ont un faible impact sur la distance moyenne des déplacements : avec les découpages actuellement utilisés pour les modèles de prévision de trafic : ils représentent 6 % à 10 % du total des déplacements x kilomètres et sont en grande partie effectués à pied.

Le tableau ci-dessous donne un exemple de l'impact de l'erreur pour chaque mode de déplacements lorsque l'on fait une erreur relative de 10 % (25 % pour la marche) dans l'estimation de la longueur des déplacements inter zones.

Enquête ménages déplacements, Toulouse, 1996

	Distance à vol d'oiseau	Distance du plus court chemin en coût généralisé
Voiture (VP conducteur et passager)	0,51 %	0,70 %
TCU	0,01 %	0,01 %
Autres TC	0,02 %	0,03 %
Vélo	0,04 %	0,05 %
Deux-roues à moteur	0,01 %	0,02 %
Autres	0,01 %	0,01 %
Marche à pied	0,36 %	0,40 %

Lecture : lorsque l'on fait une erreur de 10 % sur la distance intra zone calculée pour les déplacements en voiture, l'erreur relative sur la longueur moyenne de l'ensemble des déplacements est de 0,9 % s'il s'agit de la distance à vol d'oiseau et de 0,7 % s'il s'agit du plus court chemin en coût généralisé.

Dans l'enquête ménages déplacements de Toulouse en 1996, l'impact d'une erreur de 10 % sur la distance intra zone calculée pour chacun des modes (25 % pour la marche) induit une erreur relative sur l'estimation de la longueur moyenne de l'ensemble des déplacements inférieure à 1 %.

Annexe 7. Sensibilité aux méthodes ou aux différents paramètres

Les modes opératoires préconisés dans ce guide conduisent à une valeur approchée de la longueur moyenne des déplacements et induisent donc une incertitude sur les résultats. Pour en évaluer l'importance, nous avons, chaque fois que possible, estimé la sensibilité du résultat aux modes opératoires et aux différents paramètres.

Annexe 7.1 Sensibilité aux méthodes

Sur un exemple issu de l'enquête ménages déplacements de Toulouse, le tableau ci-dessous récapitule les différences obtenues dans le calcul des distances entre zones fines selon les modes opératoires utilisés. La marche à pied a été exclue du tableau car la distance parcourue est estimée en fonction de la durée déclarée du déplacements et la vitesse prise égale à 4 km/h.

Distances inter zones

Enquête ménages déplacements, Toulouse 1996

MODE	Nombre	Durée en minutes	Distance « vol d'oiseau » en km	Distance parcourue avec la méthode « plus court chemin en distance » en km	Distance parcourue avec la méthode « plus court chemin en coût généralisé à vide » en km	Vitesse « vol d'oiseau » en km/h	Vitesse « plus court chemin en distance » en km/h	Vitesse « plus court chemin en coût généralisé à vide » en km/h
VP conducteur et passager	1 100 793	17,6	5,8	6,7	7,4	19,8	23,1	25,2
TCU	191 215	30,1	4,8	6,2	6,2	9,6	12,3	12,3
Autres TC	17 602	29,4	6,6	7,5	7,9	13,5	15,3	16,2
Vélo	36 396	14,7	2,4	3,0	3,0	9,6	12,3	12,3
Deux-roues à moteur	21 251	15,6	5,2	6,0	6,6	19,9	23,0	25,3
Autres	12 293	25,1	7,4	8,5	9,5	17,8	20,4	22,7
Ensemble	1 588 680	18,9	5,0	5,8	6,3	15,8	18,6	20,1

Lecture : la distance calculée par la méthode « à vol d'oiseau » est de 5,0 km pour l'ensemble des modes, de 5,8 km par la méthode « plus court chemin en distance » et de 6,3 km par la méthode « plus court chemin en coût généralisé ».

Pour les distances parcourues, le choix de la méthode a une influence forte sur le résultat. La méthode du coût généralisé, qui prend en compte les vitesses de circulation sur les réseaux, est celle qui reflète le mieux la réalité du terrain, c'est pourquoi c'est celle qui est préconisée.

Annexe 7.2 Sensibilité au périmètre d'enquête

Le périmètre d'enquête a une influence dans le calcul des distances. Par exemple, dans le cas de l'Aire Métropolitaine Marseillaise (AMM), le périmètre d'enquête s'est agrandi au cours des vingt dernières années pour tenir compte de l'évolution de l'aire urbaine.

De 1988 à 1990, trois enquêtes séparées ont été réalisées sur les trois bassins suivants : Marseille, Aix-en-Provence et Etang-de-Berre. En 1997, une seule enquête a été faite, portant sur l'ensemble de ces trois bassins, appelé Aire Métropolitaine Marseillaise (AMM). Mais les résultats de cette dernière enquête permettent aussi de distinguer les différents déplacements effectués par les résidents à l'intérieur des anciens bassins et entre eux.

L'augmentation entre 1990 et 1997 du nombre de déplacements entre les trois bassins explique la moitié de la croissance des déplacements x km des résidents de l'AMM et donc une grande partie de l'évolution de la distance moyenne des déplacements. Pour une comparaison dans le temps, il est donc nécessaire de travailler avec le même périmètre d'étude.

Enquête ménages déplacements, AMM, 1997

Type de déplacements	Nombre de déplacements	Distance moyenne	Nombre de déplacements*km
Déplacements internes à l'AMM	5 085 278 (100 %)	5,8 km	29 883 460 (100 %)
<i>Dont :</i>			
• <i>déplacements internes à chacun des trois bassins</i>	4 800 737 (94,4 %)	4,5 km	21 603 317 (72,3 %)
• <i>déplacements entre les trois bassins de Marseille, d'Aix-en-Provence et de l'Etang-de-Berre</i>	284 541 (5,6 %)	29,1 km	8 280 143 (27,7 %)

Une variation de l'enveloppe de l'aire d'étude entraîne une variation importante de la distance moyenne calculée pour les déplacements pris en considération. Par exemple, lorsque l'on considère les déplacements internes au bassin restreint de Marseille (agglomération au sens INSEE de 1982), la distance moyenne de ces déplacements est de 4,2 km. Lorsque l'on considère les déplacements internes à l'AMM (territoire un peu supérieur à celui de l'agglomération INSEE de 1999), cette distance passe à 5,8 km.

Il est donc souhaitable que toute comparaison sur une même agglomération à des périodes différentes avec une enveloppe en évolution comporte également une mesure de l'évolution à enveloppe constante.

Annexe 7.3 Sensibilité liée au découpage (nombre de zones et surface)

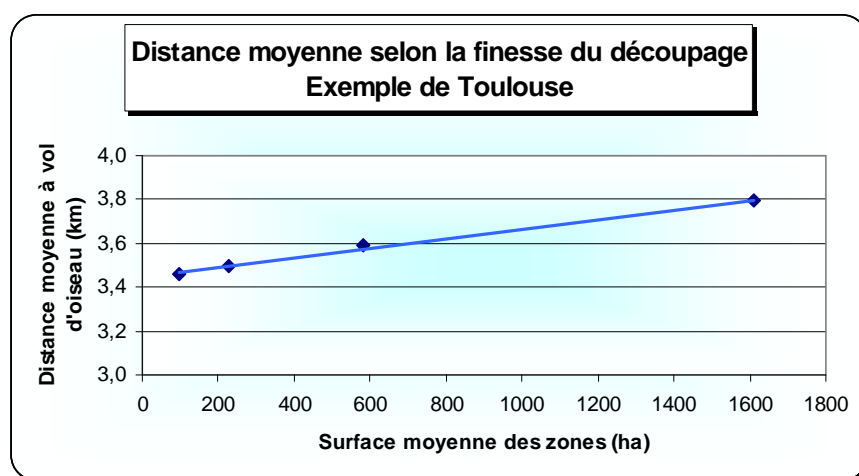
Le découpage des modèles de prévision de trafic est souvent plus grossier que celui des enquêtes ménages déplacements. Cela a des conséquences sur les distances calculées :

- plus le découpage est grossier, plus importante est la part des déplacements intra zones, pour lesquels l'estimation des longueurs est approchée par une formule forfaitaire ;
- plus le découpage est grossier, plus la détermination géographique d'un centroïde est difficile et plus la zone rassemble des situations différentes qu'il est hasardeux d'assimiler à un seul point.

Aussi, il est conseillé de rechercher un découpage fin dans lequel les déplacements intra zones ne représentent pas plus d'un quart de l'ensemble des déplacements, proportion que l'on trouve avec les découpages fins utilisés dans les enquêtes ménages déplacements récentes.

A titre d'illustration, des comparaisons ont été réalisées sur la zone d'étude de l'enquête ménages déplacements de Toulouse avec quatre découpages.

Agglomération de Toulouse	Distance à vol d'oiseau calculée à partir du zonage fin en 821 zones	Distance à vol d'oiseau calculée à partir d'un zonage en 344 zones	Distance à vol d'oiseau calculée à partir du zonage du modèle en 136 secteurs	Distance à vol d'oiseau calculée à partir du zonage en 49 secteurs de tirage
Tous déplacements	3,46 km	3,49 km	3,59 km	3,79 km
Rapport à la distance calculée à partir du zonage fin	1	1,01	1,04	1,09
Surface moyenne des zones	96,1 ha	229,3 ha	580,7 ha	1609,6 ha



Plus le découpage est fin, moins la distance moyenne est sur estimée. Si l'emploi du découpage en secteurs de tirage entraîne une erreur non négligeable de 9 %, l'erreur est faible (1 %) avec l'utilisation du zonage en 344 zones.

Annexe 7.4 Sensibilité liée à la prise en compte des parcours terminaux à pied

Dans les enquêtes ménages déplacements, les temps et donc les vitesses de déplacements sont estimés de porte à porte et un mode principal est affecté à chaque déplacement. Par conséquent, les temps d'accès à pied aux modes mécanisés ont un impact sur la vitesse estimée des différents modes mécanisés. Cet impact est différent selon le mode : les écarts sont faibles pour la VP, plus importants pour les TC.

Les modes opératoires préconisés pour évaluer les distances parcourues ne prennent pas en compte ces parcours terminaux. On a donc cherché à évaluer l'impact de cette non prise en compte afin de vérifier qu'il reste faible.

Les tableaux suivants présentent les écarts obtenus selon que l'on prend en compte ou non les temps correspondants à ces parcours terminaux, appelés temps d'accès et de diffusion à pied.

Enquête ménages déplacements de Lille, 1998

Mode	Durée totale en minutes	Temps de marche en %	Distance totale	Distance de marche en %
Voiture	13,5	4,4	5 341	0,8
TCU	34,1	30,5	7 794	9,8
Autres TC	33,4	18,9	10 017	4,2
Deux-roues	13,6	0,7	2 809	0,3
Autres	25,1	2,0	7 533	0,4
Ensemble	15,6	9,6	5 599	1,8

Enquête ménages déplacements de l'AMM, 1997

Mode	Durée totale en minutes	Temps de marche en %	Distance totale	Distance de marche en %
Voiture	16,3	4,9	8 256	0,7
TCU	31,5	21,3	5 443	8,1
Autres TC	33,8	13,6	13 106	2,3
Deux-roues	14,6	2,7	5 329	0,5
Autres	31,0	6,5	16 636	0,8
Ensemble	18,4	9,2	8 215	1,4

Enquête ménages déplacements de Toulouse, 1996

Mode	Durée totale en minutes	Temps de marche en %	Distance totale	Distance de marche en %
Voiture	15,4	4,5	5 944	0,7
TCU	38,5	21,8	6 660	8,4
Autres TC	28,8	12,8	5 840	4,1
Deux-roues	12,9	1,6	3 311	0,3
Autres	24,0	4,2	7 368	0,9
Ensemble	17,0	8,8	5 900	1,7

La longueur des trajets d'accès et de diffusion à pied est négligeable pour tous les modes sauf pour les transports collectifs, surtout les transports collectifs urbains.

Annexe 7.5 Autres sources d'imprécision

Pour les déplacements en VP, il n'est pas possible d'évaluer précisément l'allongement de la distance du à la recherche de stationnement. Cet allongement est différent d'une zone d'étude à une autre mais aussi d'un quartier à l'autre, en fonction de l'offre globale de places de stationnement ou des politiques de gestion des déplacements par exemple. Il n'est donc pas possible de mesurer l'impact de ce temps de recherche sur la longueur du déplacement.

Annexe 8. Les déplacements d'échange

Dans les enquêtes ménages déplacements, les déplacements collectés sont ceux effectués par les seuls résidents de l'aire d'enquête, soit à l'intérieur de l'aire d'enquête, soit en échange entre cette aire et les zones extérieures.

Ne sont donc pas recueillis :

- les trajets des résidents réalisés en dehors de l'aire d'étude après le premier arrêt, c'est-à-dire ceux effectués entièrement dans les zones extérieures à l'aire d'enquête ;
- les déplacements des non-résidents effectués à l'intérieur de l'aire d'enquête ;
- les déplacements d'échange des non-résidents entre les zones extérieures et l'aire d'enquête.

La prise en compte des déplacements d'échange a un impact important sur l'estimation de la distance moyenne parcourue par les résidents d'une zone d'étude. En effet, si les déplacements effectués par les résidents à l'intérieur de l'aire d'enquête sont majoritaires en nombre, le poids des déplacements d'échange est important en termes de longueur.

Il est bon de rappeler que les enquêtes ménages déplacements sont des outils visant à mieux connaître les pratiques de déplacements à l'intérieur d'un périmètre, on pourrait donc, pour les déplacements d'échange, ne s'intéresser qu'à la partie interne à l'aire d'enquête. Le calcul de la longueur de cette partie peut s'avérer assez difficile, c'est pourquoi il n'est pas proposé dans la méthode « standard » exposée dans cet ouvrage.

Annexe 8.1 Les difficultés liées à la prise en compte des déplacements d'échange à partir des enquêtes ménages déplacements

Dans les enquêtes ménages déplacements, les déplacements qui s'effectuent à l'intérieur de l'aire d'enquête sont décrits de manière assez précise en distance grâce au découpage en zones fines et grâce au temps pour les déplacements à pied. La taille des échantillons permet d'avoir également une bonne précision sur leur nombre.

A l'inverse, ceux qui entrent ou sortent de l'aire d'enquête sont connus avec moins de précision statistique compte tenu de leur faible nombre. De même, leur longueur ne peut pas être reconstituée avec la même précision car le découpage externe de l'aire d'enquête n'est pas aussi fin que le découpage interne à la zone d'étude.

De plus, pour ces déplacements d'échange, les données en temps et en distance reconstituées ne seront pas toujours cohérentes. Dans les enquêtes ménages déplacements, seuls sont enregistrés les trajets ayant au moins une extrémité dans l'aire d'étude. Mais le temps de déplacement déclaré n'est pas celui de ces seuls trajets, il correspond à la totalité du déplacement. Il peut donc y avoir « incohérence » entre temps et distance de déplacement pour certains déplacements d'échange si la méthode utilisée pour calculer les distances s'appuie sur les trajets.

Pour le calcul des distances, si l'on souhaite s'en tenir à la seule partie du déplacement réalisée à l'intérieur de la zone d'étude, la durée de déplacement correspondante reste celle qui a été déclarée et qui inclut la partie du déplacement réalisée à l'extérieur de l'aire d'étude.

Annexe 8.2 Recommandations pour la prise en compte des déplacements d'échange

De ce qui précède, il ressort que l'enquête ménages déplacements n'est pas le meilleur outil pour la prise en compte des déplacements d'échange. L'enquête cordon pour les déplacements en voiture et les enquêtes embarquées pour les déplacements en TC

apparaissent comme des outils bien mieux adaptés à l'étude de ce type de déplacements.

Faute de mieux, on peut toutefois être amené à utiliser les données fournies par les enquêtes ménages déplacements et nous présentons ci-après quelques recommandations.

Annexe 8.2.1 Prise en compte de la seule distance des déplacements d'échange effectuée dans l'aire d'étude

Pour estimer cette distance, il est d'abord nécessaire d'identifier les points d'entrée ou de sortie de l'aire d'étude, ce qui peut être difficile et fastidieux à partir des données d'une enquête ménages déplacements. A chaque OD est affecté un point d'entrée ou de sortie. Les distances des déplacements d'échange sont alors calculées automatiquement entre la zone interne d'origine ou de destination et le point d'entrée ou de sortie de l'aire d'étude concernée.

Annexe 8.2.2 Prise en compte de toute la distance des déplacements d'échange

Dans ce cas, la longueur des déplacements d'échange prend en compte à la fois la partie effectuée à l'intérieur de l'aire d'étude et la partie effectuée hors de l'aire d'étude. Les données correspondantes sont disponibles dans les enquêtes ménages déplacements mais, compte tenu du nombre relativement faible de ces déplacements et de la moindre précision éventuelle quant à la localisation de la destination, les résultats sont beaucoup moins précis.

Ce calcul nécessiterait un travail très important si l'on voulait utiliser un modèle de prévision de trafic dans le calcul des distances. Il faudrait en effet décrire les principaux axes routiers à l'extérieur de l'aire d'étude en cohérence avec le découpage externe de l'enquête ménages déplacements. Ceci n'est guère envisageable car il faudrait étendre la portée du modèle beaucoup trop loin.

Dans le cas de l'utilisation d'un SIG, il existe des bases de données permettant de réaliser ces calculs.

Un calcul à vol d'oiseau ne présentera aucune difficulté particulière.

Annexe 8.3 La sensibilité des résultats liée à la prise en compte des déplacements d'échange

Dans l'Aire Métropolitaine Marseillaise, les calculs ont montré une sensibilité certaine de la longueur moyenne des déplacements effectués par les résidants à la prise en compte des déplacements d'échange. Cette sensibilité met en évidence deux difficultés : la détermination précise du nombre de déplacements d'échange, ce nombre étant relativement faible, et la détermination précise de leur longueur.

Deux méthodes ont été proposées pour approcher une prise en compte des déplacements d'échange dans le calcul de la distance moyenne des déplacements effectués par les résidants : la prise en compte de la seule distance des déplacements d'échange effectuée dans l'aire d'enquête et la prise en compte de toute la longueur des déplacements d'échange.

Prise en compte de la seule distance des déplacements d'échange effectuée dans l'aire d'enquête

Enquête ménages déplacements de l'AMM, 1997

	Nombre de déplacements	Distance moyenne tous modes
Déplacements internes au bassin de Marseille	2 967 316 95,7 %	4,15 km
Déplacements sortants du bassin de Marseille	133 463 4,3 %	16,40 km
Total des déplacements des résidents	3 100 779 100,0 %	4,72 km
Variation de la distance moyenne [tous déplacements / déplacements internes]		+ 14 %

Prise en compte de toute la longueur des déplacements d'échange

Enquête ménages déplacements de l'AMM, 1997

	Nombre de déplacements	Distance moyenne tous modes
Déplacements internes au bassin de Marseille	2 967 316 95,7 %	4,15 km
Déplacements sortants du bassin de Marseille	133 463 4,3 %	40,50 km
Total des déplacements des résidents	3 100 779 100,0 %	5,85 km
Variation de la distance moyenne [tous déplacements / déplacements internes]		+ 41,0 %

Cet exemple sur l'AMM montre que la prise en compte des déplacements d'échange des résidents entraîne une augmentation de la distance moyenne parcourue de 14 % si l'on retient la seule partie parcourue dans l'aire d'enquête et de 41 % si l'on prend en compte la longueur totale parcourue.

Annexe 9. Définitions

Découpage

- **découpage de tirage** : l'aire de l'enquête ménages déplacements est découpée en « secteurs de tirage » homogènes utilisés pour la constitution de l'échantillon d'enquête ;
- **découpage fin** : à l'intérieur de l'aire d'enquête, les secteurs de tirage sont découpés en « zones fines » utilisées pour le repérage géographique des origines et destinations des déplacements ; de même, l'extérieur de l'aire d'enquête est découpé en zones pour ce même repérage. Ce dernier zonage est plus grossier : au mieux, la commune pour les départements les plus proches, le département au-delà, le pays pour l'étranger (sauf si l'aire d'enquête est proche de la frontière).

Centroïde

Point fictif situé au centre géométrique de la partie urbanisée de la zone. Dans beaucoup de cas, on pourra se contenter du centre géométrique de la zone, ce qui revient à considérer que la population et les emplois sont répartis de manière uniforme dans la zone.

Déplacement

Mouvement sur la voie publique d'une origine à une destination pour réaliser une activité (travail, loisirs, achats, affaires personnelles, etc.), en utilisant un ou plusieurs modes de transport (marche à pied, vélo, métro, bus, voiture, etc.).

- **déplacements « intra zones »** : ce sont les déplacements dont l'origine et la destination sont situées à l'intérieur d'une même zone. Leur nombre est différent selon le découpage et d'autant plus grand que ce découpage est grossier ;
- **déplacements « inter zones »** : ce sont les déplacements dont l'origine et la destination sont situées dans deux zones différentes. Leur nombre est différent selon le découpage et d'autant plus grand que ce découpage est fin ;
- **déplacements d'échange** : ce sont les déplacements qui ont une extrémité située dans l'aire d'enquête et l'autre extrémité située en dehors de l'aire d'enquête.

Longueur d'un déplacement

Un déplacement s'effectue d'un point A à un point B. On peut distinguer deux longueurs pour le déplacement :

- la longueur obtenue par la distance à vol d'oiseau entre les points A et B, calculable directement et indépendante des moyens de transport utilisés pour effectuer le déplacement,
- la longueur correspondant à la distance réellement parcourue par la personne.

Pour les déplacements effectués entièrement à pied, la distance parcourue est calculable à partir du temps déclaré.

Pour les déplacements composés d'un trajet mécanisé, la distance parcourue est la somme de la distance parcourue à pied pour atteindre le véhicule de transport, de la distance parcourue dans le véhicule de transport et de la distance parcourue après avoir quitté le véhicule de transport pour atteindre la destination finale.

Pour les déplacements composés de plusieurs trajets mécanisés, outre les distances parcourues dans ces véhicules et les parcours d'accès et de diffusion à pied, il faudrait également comptabiliser la longueur des parcours réalisés à pied entre les différents véhicules de transport. Dans la pratique, compte tenu de la faible longueur de ces parcours, ces distances sont négligées.

Trajet mécanisé

Parcours élémentaire réalisé à l'aide d'un seul véhicule de transport, aussi distingue-t-on :

- les déplacements réalisés uniquement à pied : ils ne comprennent aucun trajet mécanisé ;
- les déplacements réalisés à l'aide d'un seul véhicule de transport : ils sont composés d'un seul trajet mécanisé ;
- les déplacements réalisés à l'aide de plusieurs véhicules de transport : ils sont composés d'autant de trajets mécanisés que de véhicules utilisés.

Durée d'un déplacement

Dans les enquêtes ménages déplacements, on recense la durée du déplacement porte à porte. Pour les déplacements composés d'un ou de plusieurs trajets mécanisés, cette durée inclut celle des parcours à pied pour accéder aux véhicules de transport ou pour atteindre la destination finale après avoir quitté le dernier véhicule de transport.

Les enquêtes réalisées depuis 1996 fournissent la durée de ces parcours à pied. Pour ces enquêtes, la durée des trajets mécanisés peut donc être isolée. Dans les enquêtes plus anciennes, seule la durée totale du déplacement est connue.

Vitesse

La vitesse est, par définition, le rapport entre la distance parcourue et la durée du déplacement. On peut distinguer la vitesse moyenne du déplacement porte à porte de la vitesse des trajets mécanisés.

Il faut souligner que l'efficacité d'un mode sur un déplacement donné n'est pas directement liée à la vitesse moyenne porte à porte. En effet, pour se rendre d'un point A à un point B, « meilleure vitesse » (calculée en fonction de la distance réelle parcourue) n'est pas synonyme de « durée de déplacement plus faible » si ce gain de vitesse est lié à un allongement de parcours.

Pour l'utilisateur, ce qui compte le plus, c'est la durée et le coût de son déplacement. Un mode de transport sera plus performant qu'un autre mode si sa vitesse est supérieure à la vitesse du second, ces vitesses virtuelles étant calculées à partir de la distance à vol d'oiseau entre le point d'origine et le point de destination du déplacement effectué.

Pour certains modes (marche à pied, TCU avec tarif unique par exemple), le coût financier du déplacement est indépendant de la distance parcourue pour le réaliser mais ce n'est pas le cas pour la voiture notamment.

Pour le mode automobile, la connaissance des distances réelles parcourues est indispensable pour travailler sur les problèmes de congestion, de pollution, de bruit et de consommation énergétique alors que cette connaissance peut être moins capitale pour des transports collectifs comme le métro et le tramway.

Véhicule de transport

Tout moyen de locomotion différent de la marche à pied : vélo, métro, bus, train, voiture, etc.

Coût généralisé

La recherche d'un itinéraire pour se rendre d'un point A à un point B peut se faire en minimisant :

- soit la longueur du déplacement, on parle alors de « plus court chemin en distance » ;
- soit la durée du déplacement, on parle alors de « plus court chemin en temps » ;
- soit le « **coût généralisé** » du déplacement, on parle alors de « plus court chemin en coût généralisé ».

Ce coût généralisé est composé de deux types de coûts :

- les coûts monétarisables, par exemple le prix d'utilisation d'une voiture particulière ou le prix du billet pour un transport collectif ;
- les coûts non directement monétarisables comme celui du temps passé dans le déplacement (concept de « valeur du temps »).

Annexe 10. Sigles utilisés

ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
AMM	Aire métropolitaine marseillaise
BEED	Bilans énergie, environnement, déplacements
CERTU	Centre d'Études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques
CETE	Centre d'Études techniques de l'Équipement
CNIL	Commission nationale informatique et libertés
DEED	Diagnostics énergie, environnement, déplacements
DTT	Direction des Transports Terrestres
EGT	Enquête globale transports (Ile-de-France)
EMD	Enquête ménages déplacements
ENT	Enquête Nationale Transports
IGN	Institut géographique national
INRETS	Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité
INSEE	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
OD	Origine - destination
PDU	Plan de déplacements urbain
PLU	Plan local d'urbanisme
POS	Plan d'occupation des sols
SIG	Système d'informations géographiques
TC	Transports collectifs
TCU	Transports collectifs urbains
VP	Voiture particulière
VRU	Voie rapide urbaine

Annexe 11. Bibliographie

- C. Gallez et L. Hivert, BEED , *mode d'emploi*, rapport de convention ADEME - INRETS, 1998.

- C. Gallez, *Systèmes d'indicateurs pour l'évaluation de scénarios d'évolution de la mobilité urbaine - Méthode de calcul des distances (redressement des distances à vol d'oiseau) utilisée pour l'Enquête Globale Transport d'Ile-de-France*, rapport de convention DTT - INRETS, 2000.

- Commissariat Général du Plan, *Transports : choix des investissements et coût des nuisances*, rapport du groupe présidé par Marcel Boiteux, Paris, La Documentation Française, juin 2001.

- *Guide méthodologique des enquêtes ménages déplacements, méthode standard*, CERTU, octobre 1998.

- *L'enquête ménages déplacements « standard Certu » - guide méthodologique*, CERTU, juin 2008.

Évaluation de l'effet des coupures urbaines sur les déplacements des piétons et des cyclistes, recherche Predit, Frédéric Héran, Institut fédératif de recherche sur les Économies, 1999.

Table des matières

I - La méthode	7
1. Préambule : rappel du contexte	8
1.1 Etapes suivantes	10
2. Objectif	10
3. Déclaration à la CNIL	11
4. Les modes opératoires pour l'estimation des distances de déplacements	11
4.1 Quels déplacements retenir ?	11
4.2 Une méthode différente pour les déplacements internes aux zones fines et entre zones fines	11
5. Le calcul des distances à vol d'oiseau entre zones fines	12
6. Reconstitution des distances réellement parcourues entre zones fines	12
6.1 Cas particulier des déplacements à pied	13
6.2 Reconstitution à partir des distances calculées à vol d'oiseau	13
6.3 Utilisation de modèles de prévision de trafic	14
6.4 Utilisation d'un Système d'Informations Géographiques et d'une base de données routières	15
7. L'estimation des distances de déplacements intra zones	16
7.1 Calcul des distances parcourues pour les déplacements internes aux zones et réalisés entièrement à pied	16
7.2 Calcul des distances parcourues pour les déplacements internes aux zones et réalisés en modes mécanisés	16
7.3 Calcul des distances à vol d'oiseau pour les déplacements internes aux zones	17
8. Éléments de coûts et prise en charge des calculs	17
8.1 Éléments de coûts	17
8.2 Réalisation des calculs	17
II – Annexes	19
Annexe 1. Les déplacements non retenus	20
Annexe 1.1 Promenade, lèche vitrine et tournées professionnelles	20
Annexe 1.2 Déplacements de plus de deux heures	22
Annexe 2. Les pistes explorées pour calculer les déplacements internes aux zones fines	23
Annexe 2.1 Calcul des distances parcourues pour les déplacements internes aux zones et réalisés à pied	23
Annexe 2.2 Calcul des distances parcourues pour les déplacements internes aux zones et réalisés en modes mécanisés	24

Annexe 3. Recommandations pour réaliser le zonage fin	25
Annexe 4. Recommandations pour localiser les centroïdes	26
Annexe 5. Quelques données de cadrage pour valider les résultats	27
Annexe 6. Sensibilité des méthodes de calcul appliquées aux différents modes et types de déplacements	28
Annexe 6.1 Déplacements inter zones	28
Annexe 6.2 Déplacements intra zones	28
Annexe 7. Sensibilité aux méthodes ou aux différents paramètres	30
Annexe 7.1 Sensibilité aux méthodes	30
Annexe 7.2 Sensibilité au périmètre d'enquête	30
Annexe 7.3 Sensibilité liée au découpage (nombre de zones et surface)	31
Annexe 7.4 Sensibilité liée à la prise en compte des parcours terminaux à pied	32
Annexe 7.5 Autres sources d'imprécision	34
Annexe 8. Les déplacements d'échange	35
Annexe 8.1 Les difficultés liées à la prise en compte des déplacements d'échange à partir des enquêtes ménages déplacements	35
Annexe 8.2 Recommandations pour la prise en compte des déplacements d'échange	35
Annexe 8.2.1 Prise en compte de la seule distance des déplacements d'échange effectuée dans l'aire d'étude	36
Annexe 8.2.2 Prise en compte de toute la distance des déplacements d'échange	36
Annexe 8.3 La sensibilité des résultats liée à la prise en compte des déplacements d'échange	36
Annexe 9. Définitions	38
Annexe 10. Sigles utilisés	41
Annexe 11. Bibliographie	42
Table des matières	43

© ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire
centre d'Études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Certu est illicite (loi du 11 mars 1957).
Cette reproduction par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

Dépôt légal: 1^{er} trimestre 2009
ISSN: 1263-2570
ISRN: Certu/RE -- 09-02 -- FR

Certu
9, rue Juliette-Récamier
69456 Lyon cedex 06
☎ (+33) (0) 4 72 74 59 59
Internet <http://www.certu.fr>