



Vulnérabilités, mobilités et inégalités dans les métropoles d'Amérique latine - Approche socio-spatiale

Florent Demoraes

► To cite this version:

Florent Demoraes. Vulnérabilités, mobilités et inégalités dans les métropoles d'Amérique latine - Approche socio-spatiale. Géographie. Université Rennes 2, 2015. <tel-01273100>

HAL Id: tel-01273100

<https://hal.science/tel-01273100v1>

Submitted on 23 Feb 2016

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.



HAL Authorization

Volume 1

Position et projet scientifique

Approche socio-spatiale



Université Rennes 2
UMR CNRS 6590 - ESO-Rennes

Membres du jury :

Mme. Françoise Dureau, Directrice de Recherche Honoraire à l'IRD (Rapporteuse)

M. Thierry Joliveau, Professeur à l'Université de Saint-Etienne (Rapporteur)

M. Marc Souris, Directeur de Recherche à l'IRD (Examineur)

11 décembre 2015





Résumé

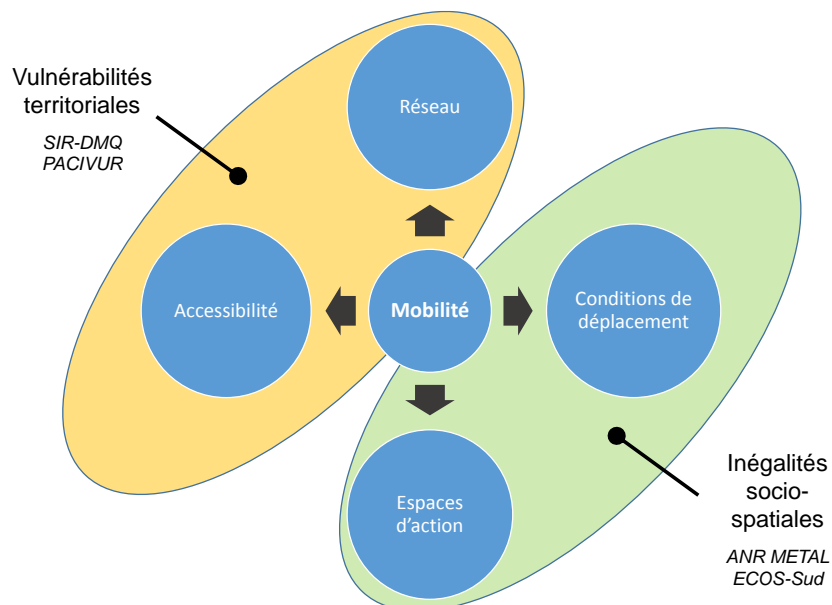
Ce volume « Position et projet scientifique » est le premier de mon Habilitation à Diriger des Recherches, qui en comporte trois au total. Il met en perspective une sélection de résultats parmi les plus significatifs auxquels j'ai abouti ces quinze dernières années. Ces travaux menés dans une démarche géographique, représentent un apport à la production de connaissances sur le fonctionnement actuel des territoires urbains latino-américains et sur les défis contemporains qui se posent à eux. Les mobilités ont été choisies comme prisme central de lecture.

La première partie renvoie à mon orientation scientifique initiale. Elle montre la pertinence de s'intéresser aux réseaux, supports des mobilités quotidiennes, et à la notion d'accessibilité afin d'apporter des éclairages sur les vulnérabilités territoriales. La démonstration se fonde sur un cadre analytique en cinq étapes mis au point dans ma recherche doctorale à Quito à l'occasion du programme SIR-DMQ¹ au début des années 2000 et dont je propose dans cette HDR une lecture renouvelée. Dans cette optique, les grandes étapes et les principaux résultats issus de ma thèse sont repris et confrontés avec ceux obtenus avec un décalage dans le temps, grâce à ma participation directe ou indirecte dans le programme PACIVUR², sur deux autres agglomérations (La Paz et Lima).

La deuxième partie reflète des activités plus récentes initiées à partir de 2008, suite à mon intégration à l'UMR ESO à Rennes, principalement dans le cadre du programme de l'ANR METAL³ et secondairement sur un appel à projets franco-chilien (ECOS-Sud). Ces recherches développées sur trois autres métropoles d'Amérique latine (Bogotá, Santiago du Chili et São Paulo) sont centrées sur les inégalités socio-spatiales appréhendées à travers deux entrées. Dans la première entrée, les inégalités sont interrogées à une échelle infra-métropolitaine à l'aune des conditions de mobilité quotidienne que l'on confronte à la hiérarchie sociale. Dans la deuxième entrée, les inégalités sont questionnées à travers la variabilité des espaces d'action (ensemble de lieux fréquentés pour les études et le travail) différenciés suivant le profil sociodémographique et le lieu de résidence des individus. Je livre aussi dans cette deuxième partie ma contribution à l'analyse de l'évolution dans l'espace et le temps de la ségrégation mesurée à partir de l'indice de condition sociale.

Ces recherches reposent sur l'exploitation d'un corpus de matériaux variés (recensements, grandes enquêtes de mobilité, enquêtes conduites lors d'un programme, recueils de données sur le terrain). Elles ont en outre nécessité la mise au point de méthodes d'analyse reproductibles et transposables que je restitue dans ce volume en discutant leurs intérêt et limites. Les techniques employées renvoient essentiellement à de l'analyse spatiale, à de la statistique factorielle et, de façon exploratoire et plus récente, à de la simulation.

Mots-clefs : vulnérabilités territoriales, mobilités quotidiennes, réseaux, accessibilité, ségrégation, inégalités, approche biographique, analyses spatiale et typologique, métropoles d'Amérique latine.



¹ Système d'Information et Risque dans le District Métropolitain de Quito.

² Programme andin de formation et de recherche sur la vulnérabilité et les risques en milieu urbain.

³ Métropoles d'Amérique latine dans la mondialisation : reconfigurations territoriales, mobilité spatiale, action publique.





Sommaire

Résumé	3
Sommaire.....	5
Remerciements	7
Préambule.....	9
Le projet d'Habilitation à Diriger des Recherches.....	9
Organisation du volume.....	9
Choix des contenus présentés, productions réalisées aux fins de l'HDR et angles adoptés pour la rédaction.....	10
1 - Introduction générale	13
1.1 - L'inscription disciplinaire de mes travaux et les diversifications thématiques opérées ...	13
1.2 - Vulnérabilités et mobilités : deux objets de recherche centraux dans mes travaux	14
1.3 - Les métropoles d'Amérique latine comme terrains d'étude.....	15
1.4 - Le défi de la comparaison et le développement de méthodes reproductibles	16
2 - L'approche des vulnérabilités territoriales par les réseaux supports des mobilités quotidiennes dans les métropoles andines	17
2.1 - Problématique générale, programmes de réalisation de la recherche et présentation des trois terrains d'étude.....	17
2.2 - Cadre conceptuel et théorique	31
2.3 - Démarche globale et questionnements de la recherche	37
2.4 - Identification des infrastructures-clefs de la mobilité : application au District Métropolitain de Quito et transposition à l'agglomération de La Paz / El Alto.....	40
2.5 - Evaluation de la vulnérabilité des infrastructures-clefs de la mobilité : application au District Métropolitain de Quito et transposition à l'agglomération de La Paz / El Alto.....	43
2.6 - De la vulnérabilité des réseaux à la vulnérabilité des lieux : regard croisé sur les trois agglomérations.....	55
2.7 - Perte d'accessibilité et déséquilibres spatiaux : une grille géographique de compréhension des vulnérabilités territoriales : les exemples de Quito et de Lima.....	65
2.8 - Conclusion	77
3 - L'approche des inégalités socio-spatiales par les mobilités quotidiennes dans les métropoles d'Amérique latine.....	81
3.1 - Introduction	81
3.2 - Programme de réalisation de la recherche : l'ANR METAL	82
3.3 - Cadres conceptuel et théorique.....	83
3.4 - Questionnements de la recherche.....	86
3.5 - Les terrains d'étude : Bogotá, Santiago du Chili et São Paulo.....	87
3.6 - Les conditions de mobilités quotidiennes comme révélatrices d'inégalités socio-spatiales : approche infra-métropolitaine sur la base d'un découpage territorial.....	102
3.7 - Mobilités quotidiennes et inégalités socio-spatiales : approche par les espaces d'action	113
3.8 - Conclusion	138



4 - Conclusion et perspectives.....	141
4.1 - Retour sur les objets de recherche investis et sur leurs articulations	141
4.2 - Bilan sur les méthodes de traitements de données mobilisées.....	142
4.3 - Les perspectives de recherches à venir	143
5 - Références bibliographiques (par thème)	147
5.1 - Références générales (approche macro sur l'Amérique latine, fondements de la géographie, géographie de la population, géographie urbaine)	147
5.2 - Risques et vulnérabilités des territoires et des sociétés	148
5.3 - Vulnérabilités et fiabilité des réseaux routiers et de transport	150
5.4 - Transports, mobilités	152
5.5 - Inégalités, inégalités dans les mobilités, ségrégation	154
5.6 - Références à caractère méthodologique	156
5.7 - Autres	157
6 - Références bibliographiques (par ordre alphabétique)	159
6.1 - Toutes les références.....	159
6.2 - Les références dont je suis auteur ou co-auteur (triées sur leur acronyme)	169
7 - Annexes	171
8 - Liste des illustrations.....	177
8.1 - Liste des cartes.....	177
8.2 - Liste des graphiques.....	178
8.3 - Liste des tableaux	178
8.4 - Liste des figures.....	179
8.5 - Liste des photos.....	180
8.6 - Liste des encarts.....	180
9 - Table des matières.....	181



Remerciements

Avant de présenter les résultats de ce travail, je tiens à exprimer ma reconnaissance à tous celles et ceux qui l'ont rendu possible, par leur collaboration scientifique, leurs conseils et encouragements, leur amitié, et qui m'ont permis de le mener à son terme. La liste est longue. Que ceux que j'oublie me pardonnent.

Je remercie en premier lieu Vincent Gouëset qui, malgré ses 50 tiroirs déjà ouverts -dont le dossier de renouvellement de notre UMR ESO- a accepté d'assumer la responsabilité d'être mon garant et d'ouvrir un 51^{ème} tiroir pour me guider dans la rédaction. J'ai beaucoup apprécié ses conseils, sa clairvoyance, son esprit critique, sa grande connaissance du fait métropolitain latino-américain et sa disponibilité.

Par ordre chronologique, je rends tout d'abord un vif hommage à Robert D'Ercole, dont les cours à l'Université de Savoie ont suscité plus d'une vocation (dont la mienne !) et grâce à qui j'ai eu l'opportunité d'intégrer l'équipe de recherche dans le cadre du programme SIR-DMQ « Système d'information et risques dans le District Métropolitain de Quito » en 2000. Je lui adresse ma plus profonde reconnaissance pour les méthodes de travail qu'il m'a enseignées et pour m'avoir fait découvrir la thématique des risques. Je le remercie pour son inconditionnel soutien et pour avoir eu la patience, en bon pédagogue, de m'expliquer et de me guider dans ma recherche pendant plus de 7 ans, depuis la maîtrise en 1997.

Je me dois également de remercier Pascale Metzger, pour m'avoir obligé pendant ma thèse « à me poser des questions », pour ses orientations au sujet de ma problématique, pour ses incitations à confronter les concepts afin d'ouvrir de nouvelles voies de recherche.

Ma gratitude va aussi à Marc Souris, dont j'ai fait la connaissance à Quito en 2000 et aux côtés de qui j'ai effectué mon Post-Doc pendant deux ans à Bangkok, à l'Université Mahidol, de 2004 à 2006. Je salue ici son aptitude à expliquer simplement des choses telles que les systèmes géodésiques et les statistiques spatiales, qui sont généralement présentées dans les livres comme compliquées et je lui suis reconnaissant des très riches échanges sur les méthodes d'analyse spatiale et sur le développement du logiciel SavGIS, que nous entretenons ensemble depuis près de 15 ans maintenant.

Je sais gré également à Alain Marnézy, mon directeur de thèse et aux directeurs des deux laboratoires dans lesquels j'ai effectué ma recherche doctorale, Dominique Couret (UR029 « Environnement Urbain » - IRD), et Jean-Jacques Delannoy (Laboratoire EDYTEM - UMR 5204 CNRS - Université de Savoie) de leur inconditionnel soutien pendant et après ma thèse.

A partir de 2007, suite à mon recrutement sur un poste de maître de conférences à l'Université Rennes 2, d'autres personnes ont influencé mon parcours et m'ont permis de découvrir de nouveaux objets de recherche et de nouvelles méthodes. Je leur suis largement redevable aujourd'hui. Je pense en particulier à Françoise Dureau qui m'a donné la chance d'intégrer cette grande aventure humaine et scientifique qu'a représentée le programme de l'ANR METAL. Ce programme a été l'occasion de découvrir tout l'intérêt de l'approche biographique et d'explorer de nouveaux terrains d'étude. J'adresse aussi un témoignage particulier à Marie Piron pour sa grande pédagogie et pour m'avoir inoculé le virus de l'analyse typologique. Ma gratitude va pareillement à Jean-Marc Fournier grâce à qui j'ai pu effectuer une mission à Santiago en 2012 dans le cadre d'un appel à projets franco-chilien (ECOS-Sud).

Je remercie les collègues qui m'ont facilité la rédaction de cette HDR ou qui ont contribué à ce qu'elle se déroule dans de bonnes conditions : Sébastien Hardy pour la mise à disposition des bases de données SIG sur La Paz, Pauline Gluski pour ses explications concernant les rouages géomatiques du projet SIRAD⁴ à Lima, mes collègues du département de géographie et du master SIGAT, Nadia Dupont et Erwan Quesseveur qui ont repris les missions transversales que j'occupais avant mon CRCT (Congé pour recherches ou conversions thématiques), et Christophe Berthelot pour son aide dans la recherche de certaines références bibliographiques à la bibliothèque universitaire.

4 Système d'information sur les ressources de gestion de crise dans l'agglomération de Lima et Callao.



J'exprime aussi une profonde reconnaissance envers nos partenaires latino-américains, grâce à la complicité et à l'engagement desquels ces recherches ont été possibles. A Quito, je remercie nos partenaires de deux institutions alors dénommées la *Dirección Metropolitana de Territorio y Vivienda* et la *Dirección Metropolitana de Transporte y Vialidad*. Je pense tout spécialement à Nury Bermúdez, Hidalgo Núñez, René Vallejo, Patricia Mena, et à l'administrateur du SIG municipal de l'époque Don Joé (Ing. Tupiza), qui a eu la gentillesse (à défaut de patience !) de m'initier dès 2000 au maniement des SIG dans le cadre d'un transfert de compétences Sud-Nord ! A Bogotá, je remercie tout particulièrement Thierry Lulle (*Universidad Externado de Colombia*) pour son accueil et son aide sur place et Philippe Chenut (*Universidad Externado de Colombia*) pour son aide dans la compréhension de l'imbroglio géodésique colombien. A Santiago, j'adresse ma gratitude à Yasna Contreras (*Universidad de Chile*) et à Oscar Figueroa (*Pontificia Universidad Católica de Chile*). Ma pensée aussi va à Silvana Zioni (*Universidade Federal do ABC*) à São Paulo.

Je pense enfin à mes proches et plus particulièrement à Tania, pour avoir su m'encourager, me réconforter, prendre patience et accepté ces derniers mois de donner, plus souvent que moi, le biberon à nos fistons, la nuit. Je remercie aussi mes parents qui ont toujours été là en cas de nécessité.



*Ce n'est pas parce que les choses sont difficiles que nous n'osons pas,
c'est parce que nous n'osons pas qu'elles sont difficiles.*

Sénèque

Lettre à Lucilius, numéro 104, 26, livre XVII

Préambule

Le projet d'Habilitation à Diriger des Recherches

Les trois premières questions que je me suis posées avant de me lancer dans la rédaction de cette HDR -et que tous les candidats doivent se poser également- ont été les suivantes : suis-je prêt, autrement dit, ai-je un bagage scientifique suffisant ? En quoi consiste une HDR, qu'est-ce qui est attendu ? Vais-je avoir assez de temps à y consacrer ?

Pour répondre à la première question, j'ai sollicité l'avis de notre directeur d'UMR, Vincent Gouëset qui connaît bien mes travaux du fait de notre étroite collaboration depuis mon arrivée à Rennes en 2007, dans le cadre du programme de l'ANR METAL notamment, et j'ai échangé avec plusieurs collègues ayant récemment soutenu leur HDR. Pour répondre à la deuxième question, j'ai pris connaissance des recommandations formulées par le Conseil National des Universités (CNU) et compulsé plusieurs mémoires d'HDR récents. La hauteur de la marche ayant été jaugée et au vu du nombre de mes publications, des reconversions thématiques opérées depuis l'obtention de mon doctorat en 2004 et de mon engagement depuis, dans la formation doctorale, j'ai pris la décision de tenter l'aventure. Ceci étant, il fallait que je réponde encore à la troisième question. Il fallait impérativement que j'arrive à dégager du temps, car cela me semblait difficilement concevable d'entreprendre ce projet en plus de mes missions quotidiennes d'enseignant-chercheur. La fin de mes trois années de responsabilité du master SIGAT approchant, j'ai constitué au printemps 2014 une demande de CRCT au titre du CNU. Cette demande a été l'opportunité d'amorcer la réflexion sur la façon dont j'allais élaborer l'HDR. Mon dossier ayant été accepté, j'ai ainsi bénéficié d'une décharge de mon service d'enseignements au deuxième semestre de l'année 2014-2015. Ce CRCT a représenté un cadre de réalisation idéal pour mener à bien ce projet d'HDR dont la rédaction s'est échelonnée sur 9 mois de janvier à septembre 2015.

Organisation du volume

Ce volume « Position et projet scientifiques » est le premier d'une Habilitation à Diriger des Recherches qui en comporte trois au total. Les volumes deux et trois correspondent respectivement au parcours (CV détaillé) et au recueil des publications. Les volumes 2 et 3 ont été conçus afin d'apporter des éclairages pour la lecture de ce premier volume.

Les références appelées tout au long du texte renvoient vers des figures ou sections qui sont pour la plupart incluses dans ce volume. Lorsque ce n'est pas le cas, le volume dans lequel elles se trouvent, est précisé. Les acronymes (ACL, ACLN, AP, C-ACTI, C-COM, COS et MDU) des travaux dont je suis auteur ou co-auteur et auxquels je fais référence dans ce premier volume, correspondent à ceux présentés dans la section 10 du volume 2. Pour des questions de commodité, ils sont également listés à la fin de ce volume (section 6.2).

La première partie (section 2) questionne la notion de vulnérabilité territoriale, appréhendée à travers les réseaux, supports des mobilités quotidiennes, dans trois métropoles andines (Quito, La Paz et Lima). Pour mener à bien la démonstration, je propose un cadre analytique en cinq étapes dont les bases ont été définies au début des années 2000, dans ma recherche doctorale réalisée dans le programme SIR-DMQ⁵ à Quito, bases qui ont ensuite été en partie transposées dans le programme PACIVUR⁶. Ces travaux correspondent aux premiers stades de mes recherches dont les dernières publications sont parues en 2009⁷ et dont je propose dans cette HDR une relecture.

5 Système d'Information et Risques dans le District Métropolitain de Quito piloté par P. Metzger et R. D'Ercole (UR029 Environnement Urbain – IRD) entre 1999 et 2004.

6 Programme andin de formation et de recherche sur la vulnérabilité et les risques en milieu urbain, dirigé successivement par R. D'Ercole et P. Metzger (IRD / UMR PRODIG) entre 2006 et 2014.

7 Mon implication dans le programme PACIVUR s'est cependant prolongée au-delà jusqu'en 2013, à travers l'organisation d'ateliers et l'encadrement d'un stage de M2 (voir section suivante et section 3.2.1, volume 2).



La deuxième partie (section 3) traite des inégalités socio-spatiales à travers deux entrées (par les conditions de mobilité et par les espaces d'action). Cette deuxième partie reflète des travaux plus récents menés à partir de 2008 suite à mon recrutement à l'Université Rennes 2 et à mon intégration à l'UMR ESO à Rennes, principalement dans le programme de l'ANR METAL⁸ et secondairement dans le cadre d'un appel à projets franco-chilien (ECOS-Sud). Elles portent sur trois autres métropoles d'Amérique latine que sont Bogotá, Santiago du Chili et São Paulo. Ce programme s'est officiellement terminé fin 2012, et nous poursuivons aujourd'hui l'exploitation des résultats d'enquête.

Choix des contenus présentés, productions réalisées aux fins de l'HDR et angles adoptés pour la rédaction

Dans chacune des deux grandes parties (section 2 et section 3), je présente tout d'abord des éléments de contexte (problématique, programme de réalisation de la recherche, terrains d'étude) et le cadre conceptuel dans lequel mes travaux s'inscrivent. J'explicite ensuite l'acception des notions que j'ai retenue pour mes analyses. Enfin, je livre les principaux résultats obtenus que je confronte sur plusieurs terrains d'étude et dont je propose une lecture renouvelée à l'occasion de cette HDR. Tout au long de ce volume, j'ai inclus des sections intitulées « Éléments de discussion » dans lesquelles je propose de revenir sur les apports et les limites de mes recherches, sur l'intérêt de confronter plusieurs terrains d'études, sur les pistes d'amélioration possibles. Enfin, dernière précision, j'emploie de façon équivalente les termes de métropoles, agglomérations et villes pour désigner les six aires urbaines sur lesquelles ont porté mes travaux.

Dans la première partie (section 2), j'ai pris le parti de reprendre le cadre analytique mis au point à Quito dans ma thèse (Demoraes, 2004 - MDU1) à l'occasion du programme SIR-DMQ au début des années 2000 et d'analyser a posteriori la façon dont il a été en partie remobilisé avec un décalage dans le temps, grâce à ma participation directe ou indirecte dans le programme PACIVUR, sur deux autres terrains d'étude (La Paz et Lima).

Ma participation a pris différentes formes que je présente suivant un ordre croissant d'engagement de ma part ci-après :

- Echanges réguliers en 2009 avec les collègues du programme PACIVUR à Lima (P. Metzger, P. Gluski, J. Robert) pour l'adaptation et l'implémentation du cadre mis au point à Quito (discussions sur le contexte d'utilisation des méthodes, aide concernant le choix des indicateurs, explicitation des manipulations dans le SIG). Les résultats présentés dans les sections 2.6.2 et 2.6.3 sont en partie issus de ces échanges.
- Accompagnement à distance en 2008 d'un jeune Bolivien (J. Núñez) tuteuré par S. Hardy à La Paz, pour la mise en œuvre pratique de certaines étapes du cadre. Les résultats restitués dans les sections 2.4 et 2.5 sont le fruit de cet accompagnement.
- Co-écriture d'un article (Núñez et Demoraes, 2009 - ACL7) illustrant les résultats de la transposition méthodologique. Les résultats des sections 2.4, 2.5 et 2.6.5 sont extraits de cet article.
- Organisation et co-encadrement avec P. Metzger en 2012 de trois ateliers méthodologiques dans le cadre de la formation des étudiants du M2 SIGAT. Les travaux livrés en section 2.7.2 découlent de ces ateliers.

Dans la première partie, j'utilise ainsi à la fois des matériaux de recherche que j'ai produits personnellement, des matériaux coproduits avec d'autres collègues et des matériaux inspirés de mes travaux et élaborés par d'autres. Cette HDR est l'occasion de confronter ces trois ensembles de travaux. Dans cette perspective, je dresse pour la première fois un parallèle entre les critères utilisés d'une ville à l'autre (**Tableau 6, Tableau 7, Tableau 8**) pour illustrer la façon dont le cadre analytique peut être transposé moyennant bien sûr adaptation en fonction du contexte local et des objectifs à atteindre. Cet exercice permet rétrospectivement de valider le caractère opérationnel et reproductible du cadre et d'observer les améliorations ou simplifications qui lui ont été apportées. Cette question fait l'objet d'un développement spécifique dans la section 2.8.1. Toujours pour la section 2, il m'est apparu important aussi d'effectuer une mise à jour bibliographique rétroactive sur le thème de la vulnérabilité des réseaux de voirie et de transport (section 2.2.3) afin d'étoffer celle présentée dans ma thèse. En effet, l'accès aux ressources à travers les moteurs de recherche

⁸ Métropoles d'Amérique latine dans la mondialisation : reconfigurations territoriales, mobilité spatiale, action publique », financé par l'ANR et piloté par F. Dureau (IRD – Equipe MIGRINTER, UMR 7301 CNRS - Université de Poitiers) entre 2008 et 2012.



bibliographique au début des années 2000 était beaucoup plus limité qu'aujourd'hui. J'ai ainsi enrichi cet état de l'art avec des références antérieures à 2004 (année de soutenance). La présentation plus complète de ce contexte scientifique sur le thème de la vulnérabilité des réseaux de voirie et de transport qui prévalait à l'époque, confirme le caractère original de mon positionnement. Enfin, la confrontation des résultats d'une ville à l'autre a aussi supposé, à l'occasion de cette HDR, la mise en forme de plusieurs figures et graphiques ainsi qu'un travail d'homogénéisation des productions cartographiques⁹.

Dans la deuxième partie, je livre en section 3.6 une lecture renouvelée d'une série de résultats qui ont été valorisés dans un article (Demoraes et al., 2010 - ACL4)¹⁰ et qui questionnent les inégalités à l'aune des conditions de mobilité (première entrée) à l'intérieur des trois métropoles étudiées dans le programme de l'ANR METAL. Dans le cadre de l'HDR, j'ai choisi des résultats qui portent plus spécifiquement sur les extrêmes (comparaison des conditions de déplacement dans les zones les plus défavorisées au regard des zones les plus aisées). Dans la section 3.7, je livre des travaux inédits sur Santiago qui interrogent les inégalités à travers la variabilité des espaces d'action (deuxième entrée) suivant le profil sociodémographique et le lieu de résidence des individus. Ces résultats font suite à une étude menée sur São Paulo sur des questions similaires (Demoraes et al., 2012 - ACL3), et suite à une réflexion initiée lors d'une mission à Santiago en 2012 effectuée dans le cadre d'un appel à projets franco-chilien (ECOS-Sud). Une partie de ce matériau de recherche fera l'objet à très court terme d'une publication dans la revue hispanophone *Eure*¹¹ (Demoraes et al., ACL1). Je présente en section 3.7.2 certaines expérimentations menées à titre exploratoire et les résultats associés qui en sont encore à un stade préliminaire (notamment ceux obtenus par la simulation de Monte Carlo). Cette HDR est l'occasion de confronter l'intérêt et les limites de chacune des deux entrées (par les conditions de mobilité et par les espaces d'action) que nous discutons dans la section 3.8.1. Mes perspectives de recherche (section 4.3) s'insèrent pour partie dans la continuité de ces travaux.

9 Mise à l'échelle, application d'une même charte graphique, traduction vers le français dans certains cas.

10 Cet article partiellement réécrit et traduit ensuite en portugais a donné lieu à une deuxième publication (Demoraes et al., 2013 - ACL2).

11 *Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales*.





1 - Introduction générale

1.1 - L'inscription disciplinaire de mes travaux et les diversifications thématiques opérées

Mes recherches s'inscrivent dans différentes branches de la géographie et ont été influencées tout au long de mon parcours par d'autres disciplines.

Mes premiers travaux (maîtrise, DEA) menés à partir de 1997 (section 2, volume 2), tout comme ma recherche doctorale (programme SIR-DMQ) et son prolongement dans le programme PACIVUR (section 2), trouvent leur affiliation principale dans la géographie des risques. D'autres disciplines (sciences de l'ingénieur, géosciences) ont influencé mes approches scientifiques pendant cette première période (voir Figure 4, volume 2). Les publications ACL14 (Demoraes et al., 2005), ACL15 (Demoraes et al., 2004) et AP8 (Atiaga, Demoraes 2002) illustrent ces influences. Un tiré-à-part de l'article ACL14 est livré dans le volume 3 (Réf. 2).

Le Post-Doctorat (2004-2006) a été l'occasion d'une première diversification thématique dans un nouveau champ disciplinaire, à savoir l'épidémiologie spatiale. Je me suis intéressé aux relations entre la santé et l'environnement et familiarisé avec des méthodes d'analyse spatiale et statistique appliquées à ce domaine d'étude. Certaines apparaissent a posteriori particulièrement intéressantes pour appréhender des questions traitées par les sciences sociales. Je propose à titre exploratoire un exemple de transposition d'une de ces méthodes (la simulation) en section 3.7.2.5. Plusieurs publications ont été produites sur cette période (voir notamment dans le volume 2, les références ACL9, ACL10, ACL12, ACL13) dont deux sont présentées en texte intégral dans le volume 3 (Réf. 6 et Réf. 7). Ces travaux, qui représentent une diversification thématique relativement ponctuelle dans mon parcours, ne sont pas repris dans ce volume.

Mon intégration à l'UMR ESO (Espaces et Sociétés) en septembre 2007, a été l'occasion d'une deuxième diversification thématique en investissant de nouveaux objets de recherche (inégalités, ségrégation), abondamment traités en géographie sociale. Mes travaux dans ce domaine qui explorent ces deux objets plus spécifiquement dans leur dimension spatiale, sont développés en section 3. Depuis mon implication dans l'ANR METAL en 2008, d'autres disciplines et courants de notre discipline ont également contribué à orienter mes recherches. Je pense en premier à la démographie qui propose des méthodes éprouvées pour appréhender finement les mobilités spatiales dans une perspective biographique et secondairement à la *Time-Geography*, qui fournit un cadre de pensée pour l'analyse des mobilités dans le temps et l'espace à une échelle individuelle, tout en tenant compte des contraintes de l'environnement et du contexte de vie des individus.

Enfin, la géomatique a occupé une place centrale dès 1999 dans le cadre de ma thèse et dans mes recherches ultérieures. Au-delà de la structuration de bases de données géographiques qui m'a mobilisé dans les programmes de recherche SIR-DMQ et METAL (section 2.2.2 et section 3.1.4, volume 2), je me suis investi dans la mise au point de méthodes d'analyse spatiale *ad hoc* pour vérifier différentes hypothèses, en les combinant parfois à des méthodes statistiques telles que l'analyse typologique (section 2.7.2, section 3.6.1, section 3.7.1) ou les simulations (sections 3.7.2.5). La géomatique est également une matière très présente dans mes enseignements au titre du master SIGAT dont j'ai été responsable de 2011 à 2014. Les ateliers des M2 que j'ai encadrés (voir section 6.2.2, volume 2) ont été directement arimés à mes activités de recherche en 2012 et en 2013. Les expérimentations méthodologiques produites par les étudiants m'ont permis en retour d'avancer sur certaines analyses, que je réutilise en partie dans cette HDR (section 2.7.2).

Le principal outil SIG que j'ai utilisé pour mes recherches est le logiciel SavGIS¹² dont je contribue au développement depuis une douzaine d'années (voir section 5.4.2, volume 2).

¹² Ce logiciel entièrement gratuit est développé principalement aujourd'hui par Marc Souris (IRD). Il est téléchargeable à l'adresse suivante : <http://www.savgis.org/SavGIS/accueil.html>



1.2 - Vulnérabilités et mobilités : deux objets de recherche centraux dans mes travaux

Pour des questions de commodité et de facilité de lecture, je présente dans cette section, de façon séparée, deux principaux objets que j'ai traités dans mes recherches, même s'ils vont de pair dans mes travaux.

1.2.1 - Le traitement des vulnérabilités dans mes travaux de recherche : aperçu général et principales inflexions

Dans mes premières études (1997-1999)¹³, la vulnérabilité est considérée essentiellement comme une résultante de l'exposition globale d'une ville ou d'un pays andins à des aléas d'origine naturelle (aléas hydro-morpho-climatiques).

A partir de 2000, dans le cadre de ma thèse, je me suis tout d'abord orienté vers des analyses de vulnérabilité sectorielle, axées sur la voirie et les transports. Ces travaux ne considéraient dans un premier temps qu'un seul aléa. Plus précisément, je me suis intéressé à la vulnérabilité du réseau routier de l'agglomération de Quito face aux lahars¹⁴ que pourrait engendrer le volcan *Cotopaxi*¹⁵ (Demoraes, 2002d - AP7), à la vulnérabilité d'un service de transport en commun (le trolleybus) liée aux inondations (Demoraes, 2002b - C-ACTI4) et à la vulnérabilité des ponts face à l'aléa sismique (Atiaga et Demoraes, 2002 - AP8).

Ces premières approches ont ensuite été approfondies et élargies pour étudier de façon plus globale les vulnérabilités urbaines, comme je le montre dans la section 2. D'une seule forme de vulnérabilité (l'exposition aux aléas), je suis passé à six formes reflétant aussi bien les faiblesses des réseaux que leurs capacités à se rétablir d'une défaillance (ou à l'éviter). Connaissant la vulnérabilité des réseaux, qui renseigne sur leur prédisposition à se retrouver inopérants, je me suis attaché à évaluer les problèmes d'accessibilité qui peuvent en découler. Comme je le montre dans ma thèse et dans trois publications (Demoraes et al., 2006 - ACL11 ; Demoraes, 2009 - ACL5 ; Demoraes et D'Ercole, 2009 - ACL6), l'analyse de l'altération de l'accessibilité des lieux offre un angle de lecture pertinent pour comprendre les vulnérabilités d'un territoire et les risques encourus. Certains de ces développements méthodologiques ont ensuite fait l'objet d'une transposition à deux autres villes andines (Lima et La Paz) avec ma participation au programme PACIVUR comme je le présente dans les sections 2.4, 2.5, 2.6 et 2.7.

En parallèle, mais dans une moindre mesure, j'ai eu l'occasion d'explorer d'autres dimensions de la vulnérabilité. Je pense en particulier à la dimension institutionnelle des vulnérabilités (D'Ercole, Demoraes, 2003 - ACLN2 ; Serrano, Demoraes, 2007 - C-ACTI2 et Salazar, Demoraes, et al., 2009 - ACL8).

1.2.2 - Le traitement des mobilités dans mes travaux de recherche : aperçu général et principales inflexions

Les mobilités constituent un objet de recherche que j'ai analysé tout au long de ces quinze dernières années¹⁶. Sur l'ensemble de cette période, compte tenu des problématiques traitées, l'acception du terme de mobilité a cependant beaucoup évolué dans mes travaux.

Dans le cadre de ma thèse (2000-2004) et dans mes activités liées au programme PACIVUR à partir de 2006, la mobilité se rapporte avant tout à des capacités (ou incapacités, en situation perturbée) de déplacement, de circulation dans une logique de flux qui reposent sur des réseaux physiques. Cette mobilité appréhendée à l'échelle d'une agglomération est mesurée à partir de comptages de véhicules, d'enquêtes Origine-Destination. Dans ces travaux, je me suis intéressé en outre aux caractéristiques du substrat spatial sur lequel les déplacements reposent, en particulier le degré d'accessibilité des lieux (voir section 2.6), paramètre essentiel pour mesurer la vulnérabilité d'un territoire.

¹³ Voir section 2.1, volume 2.

¹⁴ Lahar est un terme indonésien générique décrivant un écoulement rapide saturé en débris rocheux et en eau en provenance d'un volcan attribuable à la fonte d'un glacier.

¹⁵ Ce volcan situé à une cinquantaine de kilomètres du centre de Quito a enregistré une reprise d'activité en août 2015 (voir Photo 3).

¹⁶ Sauf pendant mon Post-Doc.



Par la suite, dans le cadre du programme de l'ANR METAL, j'ai abordé les mobilités quotidiennes afin de faire ressortir des formes d'inégalités. Dans la section 3.6, l'accent porte sur les conditions (appréciées à l'aune des durées de déplacement, des modes de transport utilisés, des distances parcourues, etc.) dans lesquelles sont effectuées les navettes quotidiennes. Ces analyses reposent sur l'exploitation des recensements et d'enquêtes Origine-Destination. Dans la section 3.7, les espaces d'action des individus sont étudiés afin de mettre en exergue des disparités d'accès à la ville et questionner les niveaux de *découplage spatial* entre lieux de résidence et lieux d'activité. Cette dernière section repose sur l'exploitation de données recueillies par le biais d'enquêtes auprès de ménages dans le programme de l'ANR METAL, enquêtes conçues dans une perspective biographique.

1.3 - Les métropoles d'Amérique latine comme terrains d'étude

Les recherches que je présente dans ce volume portent sur six métropoles d'Amérique latine (voir **Tableau 1**).

Les périodes correspondent aux années au cours desquelles j'ai :

- réalisé des sorties sur le terrain, assuré des formations, participé à des colloques sur place ou,
- exploité en France le matériel collecté pour mes mémoires de diplômes universitaires ou,
- valorisé ces travaux au travers d'articles, de chapitres d'ouvrages, etc. ou,
- organisé des ateliers méthodologiques (M2 SIGAT)¹⁷ ou,
- encadré un stagiaire travaillant sur place¹⁸.

Le temps que j'ai passé sur place n'est pas égal d'un terrain à l'autre : une semaine à Lima, une quinzaine de jours à Bogotá et São Paulo, un mois (cumulé) à Santiago¹⁹, six mois à La Paz et deux ans et demi au total à Quito. Mon degré de connaissance de ces ensembles urbains n'est donc pas équivalent. Ceci étant, la collaboration avec des partenaires locaux ou des collègues français travaillant sur ces agglomérations depuis de nombreuses années permet de pallier en partie ce problème. De même, les lectures et l'exploitation à distance des bases de données (recensements, enquêtes OD, enquêtes METAL) permettent de comprendre finalement assez finement le fonctionnement de ces métropoles.

Métropoles	Poids démographique (ordre de grandeur)*	Fonction	Cadre de la recherche	Périodes
Bogotá	8 millions (2012)	Capitale nationale	ANR METAL	Depuis 2008
La Paz / El Alto	1,6 million (2012)	Siège de gouvernement	Maîtrise et PACIVUR	1997-1998 et 2007-2009
Lima / Callao	9,5 millions (2012)	Capitale nationale	PACIVUR	2012-2013
Quito	1,7 million (2010)	Capitale nationale	Thèse (SIR-DMQ) et PACIVUR	2000-2009
Santiago du Chili	6 millions (2012)	Capitale nationale	ANR METAL et projet ECOS-Sud	Depuis 2008
São Paulo	20 millions (2012)	Capitale de l'état du même nom	ANR METAL	Depuis 2008

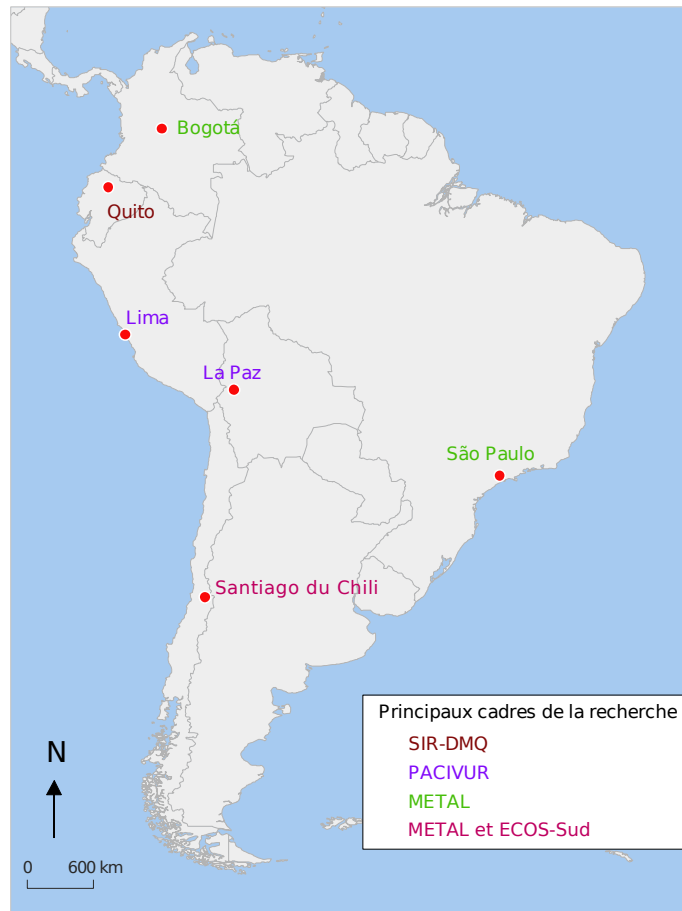
* d'après les instituts nationaux de recensement (DANE, INE-Bolivia, INEI, INEC, INE-Chile, IBGE)
Elaboration : Demoraes, 2015

Tableau 1 - Les métropoles d'Amérique latine sur lesquelles reposent mes recherches depuis 1997

17 Voir section 6.2.2, volume 2, pour plus de détails.

18 Voir section 6.2.1, volume 2.

19 Voir section 3.1.3, volume 2.



Carte 1 - Mes terrains d'études par programme en Amérique latine (Demoraes, 2015)

Mes travaux sur La Paz, Quito et Lima renvoient essentiellement à des analyses de vulnérabilités territoriales appréhendées sous l'angle des réseaux et des transports. Ceux sur Bogotá, Santiago et São Paulo portent sur les inégalités socio-spatiales d'accès à la ville et sur la ségrégation socio-résidentielle.

1.4 - Le défi de la comparaison et le développement de méthodes reproductibles

Depuis 2007, le cadre de réalisation de mes recherches a toujours impliqué une dimension comparative, dans la mesure où les questionnements développés dans les programmes PACIVUR et METAL (comme nous le verrons dans les sections 2 et 3) portaient de façon transversale sur plusieurs terrains d'étude.

La mise en œuvre pratique de cette approche comparative a cependant différé d'un programme à l'autre. Cela tient à plusieurs facteurs, qu'on peut lister de façon simplifiée comme suit :

- le nombre de chercheurs impliqués, ainsi que leur degré et durée d'implication,
- leurs compétences et répartition géographique,
- la taille des agglomérations à étudier,
- la disponibilité des données et leur accessibilité,
- le recours ou non à un recueil standardisé d'informations sur les terrains étudiés dans le programme.

Au-delà de ces facteurs, la comparaison suppose de mettre au point des méthodes d'analyse spécifiques, de les tester sur une zone d'étude et de les appliquer ensuite sur d'autres zones, moyennant le plus souvent des adaptations en fonction du contexte local. Je livre dans ce volume les principaux apports de mes recherches en confrontant les résultats obtenus sur plusieurs agglomérations. J'expose aussi les méthodes développées dans certains contextes et la façon dont je les ai transposées sur d'autres.



2 - L'approche des vulnérabilités territoriales par les réseaux supports des mobilités quotidiennes dans les métropoles andines

Cette première partie est organisée en huit sections. La première (section 2.1) restitue la problématique générale, les deux programmes de réalisation de la recherche et les trois terrains d'étude. La deuxième (section 2.2) présente le cadre conceptuel et la troisième (section 2.3), les questionnements de la recherche et le cadre analytique proposé. Ce cadre analytique en cinq étapes est ensuite détaillé en prenant appui sur différents exemples tout au long des sections 2.4, 2.5, 2.6 et 2.7. Les résultats livrés à chacune des étapes du cadre servent d'entrée à l'étape suivante. La section 2.8 conclut cette première partie.

2.1 - Problématique générale, programmes de réalisation de la recherche et présentation des trois terrains d'étude

2.1.1 - Problématique générale

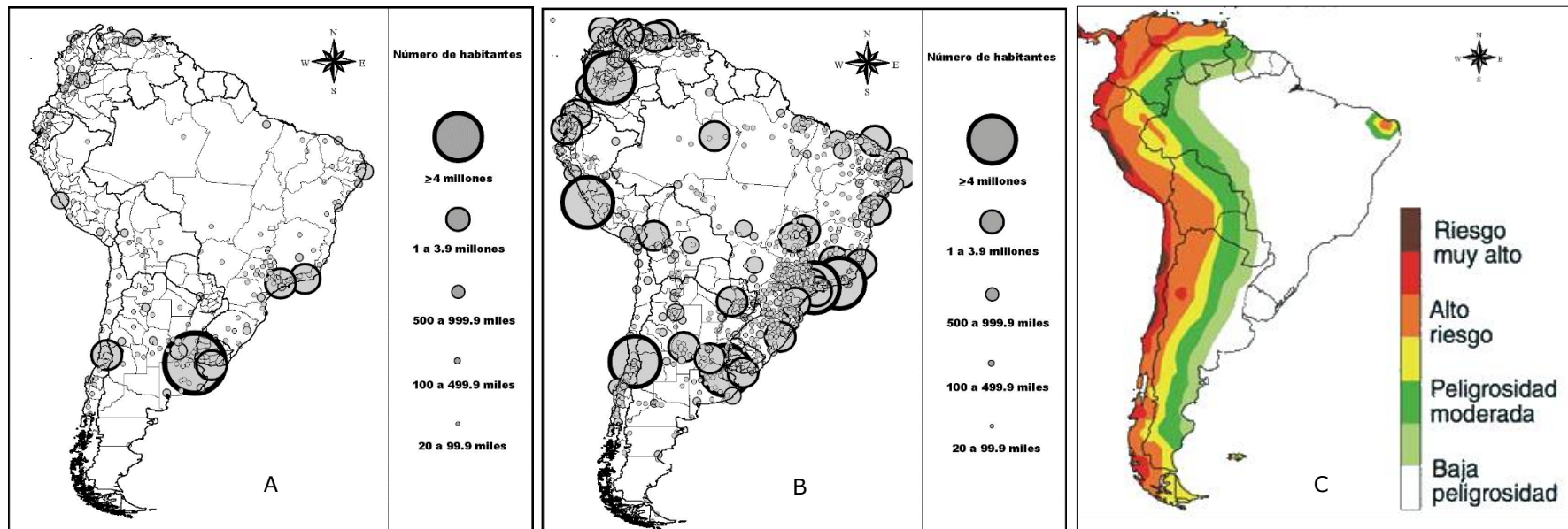
Les pays andins auxquels je me réfère dans cette section correspondent aux quatre membres de la Communauté andine (CAN) que sont la Bolivie, la Colombie, l'Equateur et le Pérou. Je les situe dans des dynamiques qui touchent tantôt les pays du Sud dans leur ensemble, tantôt les pays latino-américains, ou plus spécifiquement les pays andins. Au-delà des éléments contextuels généraux, quelques exemples concernant La Paz, Quito, Lima et dans une moindre mesure Bogotá²⁰ sont fournis.

2.1.1.1 - Etalement urbain et occupation de zones dangereuses : des tendances de fond à l'œuvre dans de nombreuses agglomérations d'Amérique latine

Depuis 1950 les pays du sud et plus particulièrement les pays latino-américains ont connu une profonde mutation socio-territoriale qui s'exprime notamment par une urbanisation massive. Sur le continent latino-américain, d'après les Nations Unies plus de 75 % de la population réside aujourd'hui en ville et près d'un tiers dans une ville de plus d'un million d'habitants (Rodríguez, 2002), où se concentrent emplois et services. Une telle croissance urbaine, fruit de l'exode rural et de l'accroissement démographique naturel, s'est traduite à l'échelle mondiale par une très forte consommation d'espaces ; les surfaces urbanisées ont été multipliées par 100 au cours du XX^e s. à l'échelle mondiale (Moriconi-Ebrard, 1993).

Même si on observe un ralentissement de la croissance démographique des villes latino-américaines sur les quinze dernières années (Dureau, 2006 ; CELADE, 2009 ; Tellier et Normand, 2012), l'évolution de la distribution de la population urbaine à l'échelle du sous-continent (**Carte 2 A et B**) et l'étalement des agglomérations dans un contexte largement informel avec une très faible régulation de l'usage du sol, ont eu pour corolaire l'occupation de zones potentiellement dangereuses : les littoraux et les zones sismiques à l'échelle régionale (**Carte 2 C**), et les lits majeurs des cours d'eau, les flancs des volcans, des secteurs abrupts ou en bordure de ravines, à l'échelle des métropoles. Ce constat est en partie à l'origine d'une exposition croissante des populations urbaines aux aléas d'origine naturelle (tsunamis, séismes, inondations, lahars, glissements de terrain, etc.) comme le soulignaient déjà Havlicks en 1986 et Parker et Mitchell en 1995. Chester (2002) indiquait qu'au niveau mondial, 86 des 100 plus grandes villes des pays du sud étaient exposées à des aléas destructeurs et Pelling (2003) avançait l'idée de co-évolution de l'urbanisation et des risques.

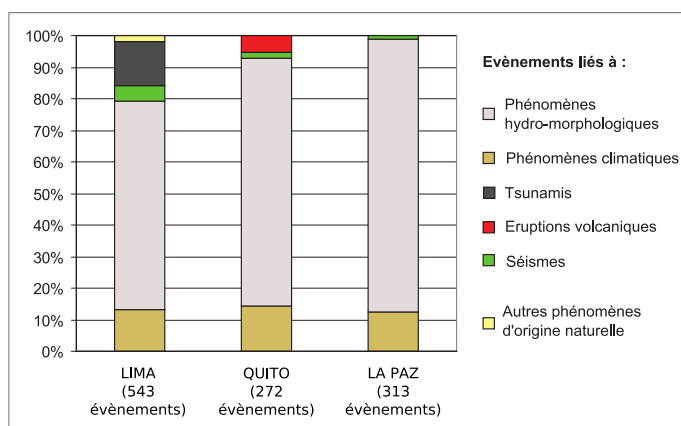
²⁰ En effet, mes recherches sur les vulnérabilités dans le cadre de ma thèse et du programme PACIVUR, objet de cette section, n'ont porté que sur les trois premières agglomérations.



Carte 2 - Répartition des villes de plus de 20 000 habitants en Amérique du Sud en 1950 (A) et 1990 (B) et sismicité (C : accélération maximale attendue au sol en m/s^2) - Sources : CELADE dans Rodríguez, 2002 et USGS



L'exposition des métropoles latino-américaines aux aléas d'origine naturelle est bien sûr fonction de leur site d'implantation. Une étude comparative (D'Ercole, Hardy et al., 2009) portant sur trois agglomérations andines (La Paz / El Alto, Lima et Quito, **Graphique 1**) et reposant sur l'exploitation de la base de données DesInventar²¹ montre par exemple qu'entre 1970 et 2007, ces dernières ont avant tout été touchées, pour ce qui relève des événements d'origine naturelle, par des phénomènes hydro-morpho-climatiques (pluies torrentielles, inondations, coulées de boue, grêle ayant occasionnée des inondations, effondrements de terrain). Logiquement, des différences apparaissent concernant leur exposition aux tsunamis enregistrés uniquement à Lima ou aux éruptions volcaniques qui ne concernent que Quito, dont le centre historique n'est qu'à 5 kilomètres à vol d'oiseau du cratère du volcan *Guagua Pichincha*²² et dont la dernière éruption remonte à octobre 1999 (**Photo 1**). Les auteurs de cette étude rappellent également comme de nombreux autres chercheurs (Dubois-Maury & Chaline, 2002 ; Pelling, 2003 ; Pigeon, 2005), l'épineux problème de distinction entre phénomènes d'origine naturelle et anthropiques en milieu urbain et leur étroite imbrication. Par exemple, un fort orage peut entraîner des inondations dans une partie de la ville (**Photo 1**). Ces inondations peuvent à leur tour provoquer des perturbations de trafic. L'eau peut également être à l'origine de courts-circuits et mettre hors service le système de feux tricolores, augmentant d'autant le chaos circulatoire.



Graphique 1 - L'occurrence d'événements d'origine naturelle à Lima, Quito et La Paz de 1970 à 2007 d'après D'Ercole et al., 2009 (source : base DesInventar)



Photo 1 - A gauche, éruption du Guagua Pichincha à Quito (octobre 1999, cliché : J. Morris) et à droite, inondation dans le secteur El Camal, au sud de Quito (Journal El Comercio 14/04/2000)

21 Cette base contient un inventaire historique des désastres survenus en Amérique latine depuis 1970. Elle a été mise en place par la RED (*Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina*). Dans cette base, les désastres sont définis comme l'ensemble des effets sur les vies humaines, les infrastructures, l'économie que produit un événement sur un espace, qui doit être localisé le plus précisément possible. Jusqu'en 2007, la plupart des données enregistrées provenaient de la presse. Depuis 2007, les défenses civiles nationales l'alimentent également. Dans le cadre de l'étude, les auteurs ont procédé à un profond nettoyage de la base et à un recodage des événements.

22 En Amérique latine, deux autres agglomérations urbaines dépassant le million d'habitants sont situées à moins de 25 km d'un volcan actif (Arequipa au Pérou avec le volcan *Misti* et Managua au Nicaragua avec le volcan *Apoyeque*) d'après Chester, 2001.



2.1.1.2 - Des agglomérations latino-américaines de plus en plus vulnérables compte tenu de leur organisation, de leur configuration et de l'intensification des besoins de mobilité

Blaikie et al. (1994) définissait la vulnérabilité comme la difficulté des sociétés à anticiper et à faire face à des phénomènes susceptibles de causer des dommages, à leur résister et à récupérer après leur survenue. Si l'exposition des pôles urbains aux aléas, largement médiatisée lors des catastrophes, est un des paramètres à prendre en compte pour évaluer leur vulnérabilité, de nombreux autres facteurs, objets d'un nombre grandissant de recherches en sciences sociales depuis une vingtaine d'années, interviennent également. Ces derniers renvoient aux modalités de production des villes, à leur organisation, à leur mode de gouvernance, qui peuvent accroître la magnitude ou les effets des aléas, ou bien en engendrer de nouveaux (D'Ercole, Gluski et al., 2009).

En Amérique latine, dans un contexte d'urbanisation rapide et pas toujours contrôlée, la vulnérabilité urbaine peut résulter, pour ne mentionner que quelques exemples de systèmes de construction inappropriés par rapport au contexte géodynamique local, mais aussi de dispositifs institutionnels, juridiques et organisationnels inadéquats dans les domaines de la prévention et de la gestion des risques (Sierra et al, 2009), ou encore d'une faible culture du risque, d'une perte de mémoire collective sur les catastrophes passées (D'Ercole, 1991), d'une absence de priorité politique sur la question des risques, de problèmes sanitaires liés à la gestion des déchets (Durand, 2010) ou à l'évacuation des eaux usées, de déficiences dans les systèmes d'approvisionnement en eau potable (Hardy, 2009a), etc.

D'autres formes de vulnérabilité découlent plus spécifiquement de la configuration et de l'organisation socio-spatiale des métropoles latino-américaines. Dans un contexte d'étalement du tissu urbain (voir section 2.1.1.1), on observe un renforcement du polycentrisme et une spécialisation fonctionnelle de plus en plus accentuée des quartiers (quartiers d'affaires, zones commerciales, zones exclusivement résidentielles). Ces tendances entraînent un besoin en mobilité motorisée de plus en plus marqué qui apparaît entre autre au travers de l'accroissement du taux de mobilité individuelle (Gouëset, Demoraes, et al., 2014 - COS2). L'intensification des déplacements, accentuée également par la hausse du taux d'équipement automobile des ménages, achoppe cependant sur la capacité des réseaux routiers et des systèmes de transport en commun. Il en résulte de nombreuses difficultés quotidiennes (congestion, problème d'accès à certains quartiers, inégalités socio-spatiales d'accès à la ville, pollution atmosphérique...). Dans les agglomérations andines, cette situation est particulièrement problématique à La Paz et à Quito, villes d'altitude devant composer avec de fortes contraintes de site (relief compartimenté, forte déclivité). A Lima, où la topographie est comparativement moins contraignante, la mise en place en 2010 d'une première tranche d'un BHNS²³ (*Metropolitano*) tarde à donner ses effets sur la fluidité du trafic. A Bogotá, métropole implantée sur un plateau, occasionnellement exposée aux inondations, la mise en service du BHNS *Transmilenio* en 2001 a globalement amélioré les conditions de mobilité des usagers des transports en commun.

2.1.1.3 - Fiabilité des réseaux et sensibilité des flux aux perturbations

Les impératifs de mobilités rendent cruciale l'existence de réseaux routiers et de transports performants et fiables à l'échelle des agglomérations. Or, ces réseaux sont de leur côté très sensibles aux perturbations (Laurentius, 1994). Ces dernières peuvent être occasionnées simplement par la survenue de phénomènes mineurs très fréquents en milieu urbain (accident de la route, manifestation de rue, dérèglement des feux tricolores, chute d'arbre sur la chaussée, pluie modérée...). Par exemple, vingt centimètres d'eau sur la chaussée suffisaient à interrompre le service du trolleybus de Quito qui transportait en 2002 onze pourcents des usagers des transports en commun (voir Demoraes, 2002b, C-ACTI4).

Les perturbations sont aussi occasionnées a fortiori par des événements plus graves. A La Paz, un épisode pluvieux et grêlé intense de 50 minutes survenu le 19 février 2002 et ayant entraîné la chute totale de près de 40 litres d'eau par mètre carré, a été à l'origine d'une paralysie complète de la circulation dans le centre-ville et dans les quartiers sud

23 Réseau de Bus à Haut Niveau de Service (en anglais, *Bus Rapid Transit* - BRT).



pendant plus de six heures. Au cours de cet événement 68 personnes ont péri, 14 ont disparu et le montant des dommages a été estimé à 10 millions de dollars (voir Núñez, Demoraes, 2009 - ACL7). A Quito, l'explosion des volcans *Guagua Pichincha* en octobre 1999 et *El Reventador* en novembre 2002 ont engendré des perturbations notoires de la mobilité (fermeture de l'aéroport, interruption des systèmes de transport en commun) et de lourdes pertes économiques (D'Ercole, Metzger, 2000 ; Estacio, D'Ercole, 2003 ; Demoraes, 2004). La reprise d'activité du volcan *Cotopaxi* en août 2015 a pour l'instant plutôt épargné la capitale, mais l'édifice volcanique reste toujours sous très haute surveillance.

Les difficultés quotidiennes et perturbations épisodiques de la mobilité préoccupent particulièrement les gestionnaires urbains et interpellent le chercheur car ils handicapent ou remettent en cause le fonctionnement même de la ville et son développement. En effet, ces difficultés peuvent avoir des impacts lourds de conséquences dans de nombreux domaines. Il peut s'agir par exemple de perturbations des navettes domicile-travail qui entraînent des désorganisations au sein des entreprises, des manques à gagner, voire des pertes de compétitivité dans certains domaines économiques (tourisme, industrie...) et une baisse d'attractivité du territoire si le phénomène se prolonge. De même, l'altération des communications peut poser le problème de pénuries de certains produits essentiels (alimentaires, médicaments...). Les questions de mobilité sont également centrales pour les périodes de crise (évacuation des zones sinistrées, accès des secours...) et de récupération (acheminement de matériels de construction, déblaiement de gravats...).

Ainsi, s'intéresser à la mobilité et aux problèmes qui la concerne représente une clef de lecture particulièrement adaptée pour comprendre une partie des vulnérabilités qui caractérisent les villes aujourd'hui. Or, les recherches formalisant les liens entre mobilités et vulnérabilités appréhendées à l'échelle d'un territoire faisaient défaut à la fin des années 1990, ce qui justifiait le fait de s'y intéresser. Comme nous le montrons dans ce volume, l'analyse de ce lien a supposé de faire évoluer plusieurs concepts afin de les rendre davantage opératoires (sections 2.1.3) et de définir un cadre analytique spécifique à l'occasion de ma thèse (section 2.3). Ce cadre a ensuite été transposé à d'autres terrains d'études (sections 2.5.2, 2.6.3, 2.6.5) grâce à mon implication dans le programme PACIVUR. Ce cadre a ainsi bénéficié d'un certain nombre d'améliorations (**Carte 10**) et fait l'objet d'approfondissements (section 2.7.2).

Je présente dans la section suivante les deux programmes dans lesquels j'ai mené à partir de 2000, mes recherches sur la question des vulnérabilités territoriales appréhendées sous l'angle des réseaux et des mobilités. Mon implication dans chacun des deux programmes est détaillée dans le volume 2, dans les sections 2.2.1 et 3.2.1. J'en reprends ici quelques éléments.

2.1.2 - Programmes de réalisation de la recherche : SIR-DMQ et PACIVUR

2.1.2.1 - SIR-DMQ : Système d'Informations et Risques dans le District Métropolitain de Quito

Ce premier programme, dans lequel s'est inscrite ma recherche doctorale, a été mis en place à Quito en 1999 et s'est achevé en 2004. Piloté successivement par P. Metzger et R. D'Ercole (UR029 « Environnement Urbain », IRD), le programme SIR-DMQ, mené dans le cadre d'une convention avec la Direction Métropolitaine du Territoire et du Logement²⁴, poursuivait quatre objectifs principaux :

- approfondir la connaissance des vulnérabilités et des risques à Quito,
- mettre au point une méthode d'analyse des risques en milieu urbain,
- développer un outil destiné à appuyer les décisions des pouvoirs locaux dans le cadre d'une politique de prévention des risques et d'actions à mener en période de crise,
- réfléchir sur les liens entre concepts, recherche et applications dans le domaine des risques en milieu urbain.

²⁴ Dirección Metropolitana de Territorio y Vivienda.



La philosophie générale du programme a été de considérer que pour prévenir le risque de façon efficace, au plus faible coût et le plus rapidement possible — en particulier dans les villes, lieu de concentration de populations, de fonctions urbaines et de richesses — il était indispensable de cibler l'analyse ; l'approche a donc été orientée sur les éléments du territoire qui sont essentiels au déroulement des activités socio-économiques quotidiennes, dans la mesure où leur dysfonctionnement ou perte constituerait un lourd handicap pour le territoire urbain (D'Ercole, Metzger, 2002 et D'Ercole, Metzger, 2004). Ainsi, l'accent n'a pas été placé sur les aléas (trop nombreux et présents sur l'ensemble de l'agglomération de Quito) ni sur leur cartographie (incertaine et insuffisamment précise) comme dans les études classiques de risques, mais sur les « enjeux majeurs de fonctionnement et de développement » du District Métropolitain de Quito. Cette approche innovante est apparue d'autant plus adaptée que les enjeux considérés correspondaient à des éléments sur lesquels les gestionnaires municipaux avaient directement prise et sur lesquels des actions ciblées de réduction de vulnérabilité pouvaient être menées, même indépendamment de leur exposition aux aléas.

Cette recherche s'est appuyée sur l'exploitation d'une base de données urbaines géo-référencées, alimentée depuis la fin des années 1980 par le Service Municipal d'Études Métropolitaines en collaboration avec l'ORSTOM (actuel IRD). Cette base avait initialement été mise en place pour la planification et la gestion urbaine quotidienne. Outre un profond travail d'actualisation des données existantes, notamment pour couvrir non plus seulement la ville, mais bien l'ensemble du District Métropolitain de Quito, la base a été enrichie tout au long des cinq années du programme, dans de nombreux domaines. J'ai eu la responsabilité des domaines afférents aux réseaux de voirie et de transport et aux mobilités quotidiennes (intégration des données issues de la grande enquête Origine-Destination de 1998, voir section 2.2.2, volume 2).

Dans ce programme, j'ai été chargé plus spécifiquement du thème des mobilités quotidiennes que j'ai appréhendées comme clef de lecture afin de contribuer à l'évaluation des vulnérabilités du territoire métropolitain de Quito. Pour ce faire, j'ai proposé un cadre analytique en cinq étapes (section 2.3) dont je propose une lecture renouvelée dans ce volume à la lueur d'exemples développés sur La Paz et Lima. Mes partenaires principaux sur place ont été la Direction Métropolitaine du Territoire et du Logement, et la Direction Métropolitaine des Transports et de la Voirie²⁵.

2.1.2.2 - PACIVUR : Programme Andin de Formation et de Recherche sur la Vulnérabilité et les Risques en milieu urbain

Ce programme a été mené entre 2006 et 2014 dans la continuité du programme SIR-DMQ²⁶. Piloté successivement par R. D'Ercole et P. Metzger (IRD UR029 « Environnement Urbain » puis UMR PRODIG), il a porté sur trois pays andins (Pérou, Bolivie, Équateur) et reposé sur de nombreux partenariats avec des organismes locaux²⁷. Nous pouvons mentionner à titre d'exemple au Pérou, l'INDECI (Institut National de Défense Civile²⁸), l'IMP (Institut Métropolitain de Planification²⁹ de Lima), en Bolivie, l'EPSAS (Entreprise d'eau potable et d'assainissement³⁰), le GMLP (Gouvernement Municipal de La Paz), et en Équateur, l'EPMAAP-Q (Entreprise d'eau potable et d'assainissement³¹).

Le programme PACIVUR poursuivait quatre objectifs principaux :

- une meilleure compréhension de la vulnérabilité urbaine d'un point de vue à la fois théorique et pratique,
- la production de connaissances utiles relatives à la prévention des risques et la préparation aux situations de crise,
- la formation de jeunes chercheurs andins et français et le développement de recherches sur la problématique de la vulnérabilité urbaine,
- la diffusion des connaissances produites, tant dans la sphère scientifique qu'auprès des organismes opérationnels.

25 Dirección Metropolitana de Transporte y Vialidad.

26 Ce paragraphe est inspiré de la présentation du programme disponible sur <http://www.prodig.cnrs.fr/spip.php?article1885>

27 La liste complète est indiquée à la page suivante : <http://www.prodig.cnrs.fr/spip.php?article1885>

28 Instituto Nacional de Defensa Civil.

29 Instituto Metropolitano de Planificación.

30 Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento.

31 Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento.



Dans ce programme, la vulnérabilité urbaine a été abordée suivant un positionnement conceptuel ancré du côté des sciences sociales. Les recherches ont porté sur l'organisation territoriale, la gestion urbaine, les modalités de production des espaces à risque et leurs représentations, les politiques de gestion et de prévention des risques, la gestion des situations de crise et la préparation aux catastrophes. Ces recherches ont été conduites sur trois agglomérations urbaines (Lima, La Paz et Quito) considérées dans un premier temps dans leur ensemble. En complément des recherches sur certaines portions du territoire urbain (comme les marges urbaines, les lieux essentiels du fonctionnement urbain...) ou sur certains domaines du fonctionnement urbain (déchets, santé, déplacements, etc.) ont également été menés.

L'analyse des dimensions spatiales et territoriales de la gestion des situations de crise a été un point central et innovant du programme. Partant du principe que la gestion d'une situation de crise consiste à mettre en relation des espaces affectés par un désastre et des espaces sur lesquels se situent les ressources qui permettent de gérer la situation, il a alors été indispensable d'identifier les relations spatiales et fonctionnelles entre ces deux types d'espaces et de localiser les « ressources essentielles de la gestion de crise », ces dernières pouvant elles-mêmes présenter des formes de vulnérabilité. La question éminemment géographique de la distribution des ressources de gestion de crise sur le territoire notamment par rapport à la répartition de la population la plus vulnérable, a rendu nécessaire la construction de données géoréférencées (voir section 3.2.2, volume 2). Les recherches se sont en outre appuyées sur des enquêtes de terrains et des entretiens d'acteurs clés du fonctionnement urbain.

Ma participation dans ce programme que je détaille dans le volume 2 (section 3.2.1), et dont je reprends les grandes lignes ici, peut se décliner en six modalités :

- aide au montage de demandes de financements en 2006 et en 2008,
- organisation de formations à la Mairie de Quito en 2006 et à la Mairie de La Paz en 2007³²,
- accompagnement à distance d'un jeune Bolivien (J. Núñez) tuteuré par S. Hardy à La Paz, pour la mise en œuvre pratique de certaines étapes du cadre analytique mis au point dans ma thèse. Les résultats obtenus ont fait l'objet d'un article (Núñez et Demoraes, 2009 - ACL7) que nous remobilisons en partie dans les sections 2.4, 2.5, et 2.6,
- rédaction d'un deuxième article (Salazar, Demoraes et al., 2009 - ACL8). Cet article s'intéresse d'une part aux conséquences sur la circulation de la fermeture d'un nœud routier à Quito et d'autre part aux modalités de gestion de cet événement par la municipalité,
- co-encadrement avec P. Metzger d'un stagiaire M2 SIGAT (C. Idrovo) sur la définition des centralités à Lima en 2012 (travail non ré-exploité ici),
- co-animation également avec P. Metzger de trois ateliers méthodologiques réalisés par les étudiants du M2 SIGAT en 2012³³ et dont s'inspire la section 2.7.2.

Par ailleurs, comme évoqué en préambule de ce volume, mon implication dans le programme PACIVUR a également pris la forme d'échanges réguliers avec les collègues à Lima (P. Metzger, P. Gluski, J. Robert) pour l'adaptation et l'amélioration du cadre mis au point dans ma thèse (discussions sur le contexte d'utilisation des méthodes, aide concernant le choix des indicateurs, explicitation des manipulations dans le SIG).

Je propose dans la section suivante de présenter les trois terrains d'études sur lesquels ont porté mes recherches. L'objectif est de fournir des éléments relatifs aux contextes locaux. Ces derniers fournissent une première idée des vulnérabilités caractérisant les trois métropoles.

³² Les formations sont détaillées en section 6.4, volume 2.

³³ Les ateliers sont détaillés en section 6.2.2, volume 2.



2.1.3 - Les terrains d'études : La Paz, Lima et Quito

2.1.3.1 - Trois métropoles aux caractéristiques démographiques contrastées

Lima et Quito sont respectivement capitales du Pérou et de l'Equateur. De son côté, La Paz est la capitale politique de la Bolivie et concentre les pouvoirs exécutif et législatif du pays³⁴. Si les agglomérations de La Paz / El Alto et de Quito³⁵ se ressemblent du point de vue de leur évolution démographique et de leur effectif de population actuel (**Tableau 2**), l'agglomération de Lima / Callao a comparativement toujours été beaucoup plus peuplée (cinq fois et demie plus peuplée en 2012). Sur les 40 dernières années, ces métropoles ont enregistré une très forte croissance de leur population. Entre 1981 et 2012, la population de Lima / Callao a été multipliée par 2, celle de La Paz / El Alto par 2,5 entre 1976 et 2012 et celle de Quito par 2,6 entre 1976 et 2010. On note cependant comme partout en Amérique latine un ralentissement du taux de croissance démographique annuel moyen sur les deux dernières décennies pour ces trois aires urbaines.

L'analyse de l'emprise spatiale des trois métropoles (**Carte 3**) et de leur densité moyenne agglomérée nuance un peu cette dichotomie entre Lima / Callao et ses deux petites sœurs andines. Pour un poids démographique équivalent, l'agglomération de Quito est 2,3 fois plus étalée que l'agglomération de La Paz / El Alto (403 km² contre 174)³⁶. Quito est en conséquence de loin l'agglomération la moins densément peuplée avec approximativement 4 200 hab/km² contre 9 200 hab/km² à La Paz / El Alto et 14 600 hab/km² à Lima / Callao.

	Lima / Callao		
	1981-1993	1993-2007	2007-2012
Effectif t₀	4 608 010	6 345 856	8 482 619
Effectif t₁	6 345 856	8 482 619	9 437 493
Taux de croiss. moy/an	2,49	1,95	1,79
	La Paz / El Alto		
	1976-1992	1992-2001	2001-2012
Effectif t₀	635 250	1 118 870	1 436 935
Effectif t₁	1 118 870	1 436 935	1 599 562
Taux de croiss. moy/an	3,39	2,53	0,90
	Agglomération Quito		
	1976-1990	1990-2001	2001-2010
Effectif t₀	637 000	1 136 233	1 456 172
Effectif t₁	1 136 233	1 456 172	1 682 814
Taux de croiss. moy/an	3,93	2,09	1,46

NB : la population de Lima / Callao pour 2012 est une estimation.

Tableau 2 - Effectif de population et taux de croissance démographique intercensitaire annuel moyen (d'après les recensements INEI, INE, INEC) - Demoraes, 2015

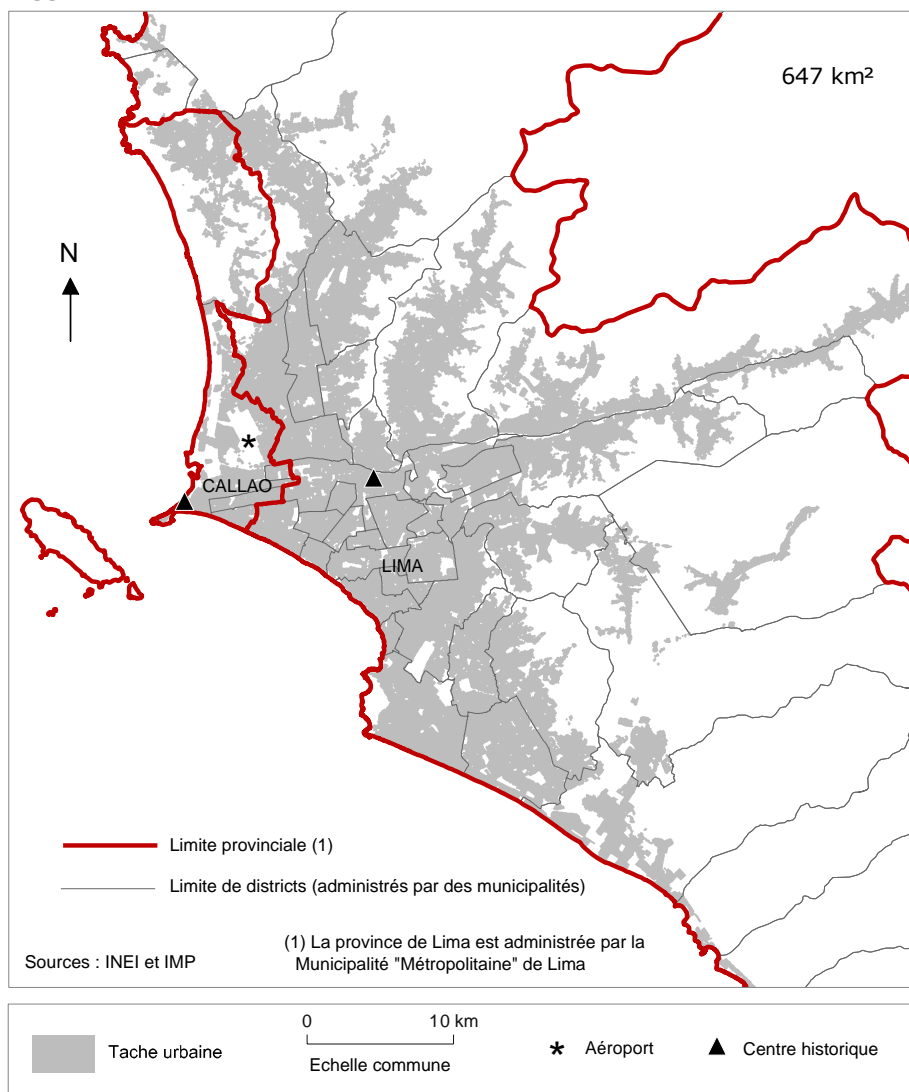
34 La ville de Sucre, siège du pouvoir judiciaire étant la capitale constitutionnelle.

35 L'agglomération de Quito englobe le District Métropolitain de Quito et le canton de Rumiñahui (voir Carte 3).

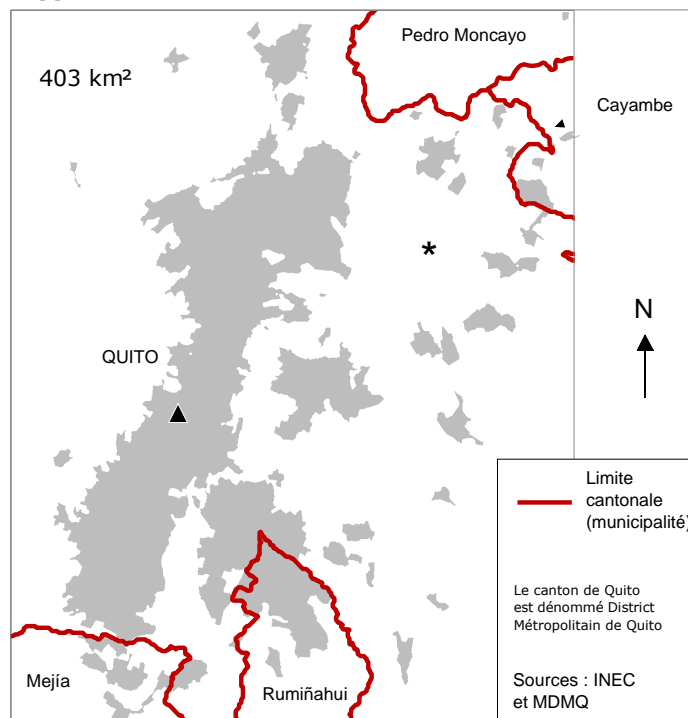
36 Aux fins de l'HDR, j'ai mesuré l'emprise urbaine à l'identique sur les trois agglomérations à partir des îlots urbains construits (manzanas) sur lesquels j'ai appliqué une opération de dilatation-érosion de 100 mètres dans le SIG. Cette opération permet de colmater les espaces interstitiels (voirie) entre îlots tout en maintenant les limites extérieures du tissu urbain aggloméré.



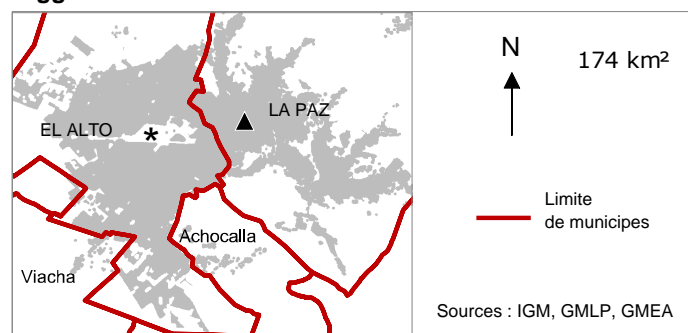
Agglomération de Lima-Callao - 2012



Agglomération de Quito - 2010



Agglomération de La Paz - El Alto - 2010



Carte 3 - Les agglomérations de La Paz-El Alto, Lima-Callao et de Quito (NB : les superficies renvoient à l'emprise de la tache urbaine) - Demoraes, 2015



2.1.3.2 - Découpage politico-administratif, organisation des transports et cadre de la gestion des risques

L'augmentation de la population et l'évolution du découpage politico-administratif ont façonné des agglomérations qui s'étalent aujourd'hui sur plusieurs juridictions et rendent difficile une gestion supra-municipale pourtant nécessaire en particulier dans le domaine des transports et des risques. Je propose dans cette section de présenter de façon succincte les situations propres à chacune des trois métropoles étudiées.

Le cas du District Métropolitain de Quito

A Quito, la gestion et la planification urbaines sont passées dès 1993 d'une logique de ville à une logique de district (*Ley de Regimen del Distrito Metropolitano de Quito*). Le District Métropolitain de Quito (DMQ) englobe la ville consolidée et les parties suburbaines (vallées orientales) à l'exception du canton Rumiñahui, petite enclave de 75 000 habitants en 2010 (**Carte 3**). L'essentiel de l'agglomération fait donc partie d'un même municipe et les transports sont gérés depuis 1993 par la municipalité. Ceci a permis de mettre en place assez tôt un système incluant intégration tarifaire et de service³⁷ avec l'inauguration en 1995 du trolleybus en site propre connecté à des lignes de bus d'alimentation (**Photo 2**)³⁸.



Photo 2 - A gauche, l'axe central du trolleybus sur l'avenue 10 de Agosto dans le centre nord de Quito et à droite, la station Morán Valverde au sud, centre de correspondances entre le trolleybus et les lignes d'alimentation (Clichés : F. Demoraes, 2002)

Néanmoins, les dynamiques urbaines actuelles dépassent largement les limites du DMQ et mettent en jeu d'autres cantons voisins. Il existe, par exemple, des flux commerciaux importants du fait de la commercialisation très lucrative de fleurs ; la plupart des plantations se situent dans les cantons *Pedro Moncayo* et *Cayambe* au Nord-Est du DMQ, mais l'aéroport qui permet leur exportation se trouve dans le DMQ (**Carte 3**). Pour tenir compte de ces dynamiques métropolitaines et des problèmes qu'elle pose, la municipalité de Quito et divers élus locaux des cantons voisins ont engagé dès le début des années 2000, une réflexion sur des mécanismes qui permettraient d'organiser les transports à une échelle supra-municipale (cf. schéma directeur des transports du DMQ de 2002, plan de développement territorial de la province de *Pichincha* de 2002, etc.).

37 L'intégration tarifaire permet de réaliser des correspondances entre deux modes de transport avec le même titre. L'intégration de service indique que les correspondances sont effectuées dans des stations ou à certains arrêts et qu'il n'est donc pas nécessaire de parcourir de grandes distances à pied pour passer d'un mode de transport à l'autre.

38 Le trolleybus circule sur une voie dédiée et comptait 51 stations en 2004 dont quatre permettaient des correspondances avec des bus sur des « lignes d'alimentation » qui desservait des quartiers excentrés. Initialement, les intégrations tarifaires et de service ne concernaient que le trolleybus et ses bus d'alimentation. Depuis, ces intégrations ont été étendues grâce à la généralisation d'un réseau de BHNS sur l'ensemble de l'agglomération, appelé localement *Metrobus*.



En ce qui concerne la gestion des risques, suite à la crise volcanique du volcan *Pichincha* de 1999, la municipalité de Quito a obtenu sur décision présidentielle de vastes compétences en la matière³⁹. Ceci étant, certains aléas ont une emprise qui dépasse les limites du DMQ. C'est le cas des lahars qui pourraient survenir en cas d'éruption du volcan *Cotopaxi* et atteindre la vallée de *Los Chillos*, vallée à cheval sur le canton Rumiñahui et le DMQ et qui rassemble aujourd'hui plus de 200 000 habitants. Malgré quelques tentatives de coopération entre les deux municipalités⁴⁰, force est de constater que les incertitudes liées au zonage de l'aléa et les politiques d'aménagement du territoire menées de part et d'autre des limites municipales ont conduit à une situation augmentant la vulnérabilité des populations résidant dans cette vallée (voir Serrano et Demoraes, 2007, C-ACT12, Réf. 5 dans le volume 3, et Robert et al., 2009). En effet, les deux municipalités ne se réfèrent pas au même zonage pour délimiter les zones à risque. Ainsi, à titre d'exemple, certains établissements choisis pour accueillir des personnes évacuées ne font pas l'unanimité. Une municipalité peut considérer leur localisation comme sûre, l'autre non. Ces discordes rendent difficile l'élaboration de plans de gestion de crise. Ces travaux mériteraient bien sûr aujourd'hui d'être actualisés compte tenu de la reprise d'activité du volcan *Cotopaxi* en août 2015 (**Photo 3**).



Photo 3 - A gauche, cratère du volcan *Cotopaxi* (Cliché : F. Demoraes - décembre 2001) et à droite volcan *Cotopaxi* en éruption vue depuis Quito (Cliché : R. Coronel - août 2015)

Le cas de l'agglomération de La Paz / El Alto

De son côté, l'agglomération de La Paz / El Alto est étalée principalement, comme son nom l'indique, sur deux municipes (**Carte 3**) aux poids démographiques comparables, même si El Alto a dépassé au dernier recensement de 2012 la population de La Paz (842 400 habitants à El Alto contre 757 200 à La Paz) dont elle s'est séparée en 1994 (*Ley de Participación Popular*). Les deux villes présentent des profils socio-économiques très contrastés mais n'en demeurent pas moins très dépendantes l'une de l'autre. De façon schématique, la ville de La Paz concentre encore aujourd'hui l'essentiel des emplois, notamment tertiaires et les grands équipements urbains, tels que les principaux établissements de santé et la plupart des universités. De son côté, El Alto, caractérisée par un habitat populaire est une ville plus industrielle, où réside une bonne part de la main d'œuvre à l'échelle de l'agglomération (Arbona et Khol, 2004). En ce qui concerne l'aéroport, il est implanté à El Alto (**Photo 4**). Les deux villes maintiennent ainsi de fortes relations qui ressortent à travers les mouvements pendulaires. En 2004, plus de 36 000 véhicules et 250 000 personnes circulaient entre les deux villes tous les jours (GMEA et REINGENIERIA, 2004). A noter également que l'accès terrestre à la ville de La Paz depuis le reste du pays ne peut se faire qu'en traversant El Alto⁴¹. Les déplacements sont essentiellement réalisés en transport en commun dont l'offre est assurée par une quarantaine de corporatives artisanales sur lesquelles la municipalité a

39 Jusqu'en 1999, la gestion des risques était une responsabilité de la Direction Nationale de Défense Civile dépendant du gouvernement national.

40 Par exemple, en mars 2002, une cellule de préparation aux risques encourus en cas d'éruption du volcan *Cotopaxi*, impliquant des représentants des deux municipalités, de l'Ecole Polytechnique Nationale et de la Direction Nationale de Défense Civile a été organisée. Pour cette occasion, j'avais élaboré un diagnostic sur les problèmes de circulation auxquels on pourrait s'attendre en période de crise (Demoraes, 2002d, AP7). Une carte réalisée pour cette étude est présentée dans le volume 2 en section 5.3.3 (carte 9).

41 Il existe bien une alternative au Nord via *Coroico*, mais cet axe est très sinueux, étroit, soumis à des éboulements et ne dessert pas les principaux pôles urbains du pays.

peu de pouvoir (Barrientos Zapata, 2012). L'offre se décline en trois modes (les microbus, les minibus et les trufis⁴², voir **Photo 5**).

Compte tenu de la configuration du site (El Alto sur l'altiplano et La Paz dans une cuvette exiguë en contrebas aux versants très pentus et instables, voir **Photo 4** et **Photo 5** et **Photo 6**), c'est essentiellement la ville de La Paz qui est concernée par les aléas d'origine naturelle. Hardy (2009c) indique qu'un peu plus de 7% du tissu urbain pacénien est construit sur des terrains qui avaient été qualifiés d'inconstructibles dans le plan de développement urbain de La Paz élaboré par le BCEOM et le BRGM en 1977, plan dont les lignes directrices n'ont été que très partiellement appliquées compte tenu notamment de la profonde crise des années 1980 qui a touché l'ensemble des économies latino-américaines (Demoraes, 1998 - MDU3)⁴³. Les compétences dans le domaine de la prévention des risques sont réparties entre l'échelon national entre le *Sistema Nacional para la Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias* créé en 2002 et l'échelon municipal. Ceci étant, depuis près d'une trentaine d'années, les politiques municipales de planification préventive achoppent sur des contradictions avec le cadre légal de la gestion de la propriété, prérogative qui relève d'un organisme national (*Derechos Reales*) et sur des incohérences entre ordonnances municipales (voir Hardy, 2009c). La municipalité s'est donc orientée depuis une vingtaine d'années vers des solutions d'ingénierie de protection contre les phénomènes définies par la *Dirección de gestión integral del riesgo* et plus récemment vers l'amélioration de la gestion des situations d'urgence (Hardy, 2013), qui avait montré des failles lors de l'évènement pluvieux et grêléux exceptionnel survenu en février 2002 (voir Núñez et Demoraes, 2009 - ACL7, Réf. 4 dans le volume 3, et Hardy, 2009b).



Photo 4 - Vue aérienne et paysage urbain de El Alto et (Clichés : S. Hardy, 2013)



Photo 5 - A gauche, Sopocachi Alto, un quartier résidentiel de La Paz (Cliché : F. Demoraes, 2007) et à droite l'avenue Perez Velasco, en limite du centre historique de La Paz, et qui monte à El Alto (Cliché : S. Hardy, 2013)

42 Les premiers sont des bus nord-américains des années 1950 et 1960 avec une capacité d'environ 40 passagers, les deuxièmes sont des minibus avec une porte latérale coulissante et une capacité de 14 passagers, les troisièmes sont des voitures assurant un service de taxi collectif sur des itinéraires fixes pouvant transporter 5 passagers.

43 Mes travaux sur cette question à La Paz sont détaillés dans la section 2.1.2 du volume 2.

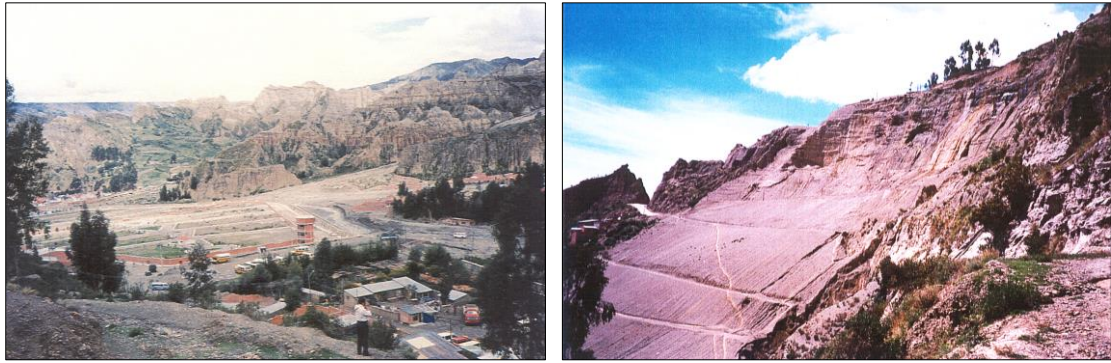


Photo 6 - A gauche, construction d'un lotissement pour classes aisées au sud-est de La Paz dans le lit majeur du Río Achumani, préalablement canalisé, et à droite la trace de l'écroulement survenu en avril 1996 ayant conduit à l'évacuation de 85 familles dans le secteur d'habitat populaire de Cotahuma sur le versant ouest de La Paz (Clichés : F. Demoraes, 1998)

Le cas de l'agglomération de Lima / Callao

L'agglomération de Lima / Callao est à cheval sur deux provinces (qui reprennent les contours des deux régions du même nom) et 49 districts en 2014⁴⁴ administrées par des municipalités autonomes aux ressources financières fort variables à l'origine d'un paysage urbain marqué par de profonds contrastes (**Photo 7**). Comme l'indique A. Sierra dans Metzger P. et al. (2014 : 17) « L'affaiblissement du gouvernement métropolitain par le pouvoir central, en particulier sous la présidence d'Alberto Fujimori (1990 - 2000), a conduit à une affirmation progressive de l'autonomie des districts. Les lois de régionalisation qui visent à une véritable décentralisation vers l'échelon intermédiaire (les provinces) commencent à se mettre en place à partir de 2004. Elles ont été très récemment et timidement appliquées par la Municipalité Métropolitaine de Lima : seules 19 compétences sur 180 sont effectivement transférées en 2013. À la même date, la région Callao avait assumé la compétence de 165 domaines ». Cette fragmentation politico-administrative contrecarre la construction d'une vision commune du fonctionnement et du développement de l'agglomération de Lima.

Si l'on s'intéresse au domaine de la prévention des risques, on constate que plusieurs institutions se partagent les compétences (Sierra et al, 2009). Les municipalités de province élaborent des plans locaux d'aménagement et de développement et ont l'obligation de prendre en compte les risques. Les municipalités de districts conçoivent leurs propres plans sous la tutelle des provinces. L'évaluation des risques dans ces plans est réalisée par les services de Défense Civile des municipalités de district quand ces dernières sont en mesure de s'en charger, et dans la majorité des cas, par la Défense Civile provinciale. La prise en compte des risques dans les documents d'urbanisme municipaux reste cependant assez sommaire et diffère beaucoup d'une municipalité à l'autre. En l'absence d'une instance métropolitaine suffisamment puissante et d'un manque de ressources et de coordination, prédomine une gestion des risques sectorielle et pensée à une échelle locale, que l'on observe au travers d'interventions ponctuelles en fonction de mobilisations locales, de conflits ponctuels ou d'appuis d'institutions extérieures (Sierra et al, 2009).

De son côté, la gestion des transports urbains achoppe également sur le morcellement politico-administratif et la multiplicité des acteurs dans le domaine, ces derniers relevant de plusieurs niveaux (national, régional, provincial et municipal !). A défaut d'une autorité organisatrice unique, les transports en commun fonctionnent suivant un mode d'auto-organisation reposant sur des initiatives individuelles qui ne permettent pas d'assurer un service efficace comme l'indiquent notamment Bielich (2009) et Wester (2014). Dans le même ordre d'idée, le rapport CAF-BDAL (2011) souligne que l'agglomération de Lima/Callao avec près de 10 millions de déplacements motorisés quotidiens est la seule de cette taille dans la sous-région à ne pas s'être encore dotée d'un système de BHNS couvrant l'ensemble de l'aire métropolitaine, ce qui est à l'origine de nombreuses externalités (embouteillages, - **Photo 7**-, accidentalité élevée, pollution atmosphérique, etc.).

44 Contre seulement 12 en 1915.



Photo 7 - En haut à gauche, vue sur Lima depuis El Cerro Augustino, à l'est du centre-ville (Cliché : J. Robert, 2009) ; en haut à droite l'avenue Javier Prado, soumise à des embouteillages chroniques (Cliché : K. Navarro, 2002) et en bas, le quartier des affaires (Cliché : J. Robert, 2010)

Cette rapide présentation du découpage politico-administratif, de l'organisation des transports et du cadre de la gestion des risques dans les trois agglomérations met en lumière plusieurs formes de vulnérabilité institutionnelle et territoriale, avec une situation comparativement plus préoccupante à Lima.



2.2 - Cadre conceptuel et théorique

J'expose tout au long de cette section les notions et concepts tels qu'ils étaient communément utilisés dans le contexte scientifique qui prévalait au moment où la question des risques constituait un axe central de mes recherches, c'est-à-dire avant mon intégration à ESO-Rennes en 2007. Je dresse un état de l'art en m'appuyant sur des références aussi bien françaises, qu'anglophones ou latino-américaines. Cette section montre aussi l'évolution qui a concerné la définition de quelques notions-clefs dans les recherches sur les risques afin de mieux repositionner la façon dont ces notions et concepts ont été mobilisés ou redéfinis dans les programmes SIR-DMQ et PACIVUR et dans mes propres recherches. Je livre ensuite dans les sections 2.2.2.3, 2.4.2 et 2.5.1, les acceptions que j'ai retenues pour mes travaux.

Comme annoncé en préambule de ce volume, il m'est apparu important d'effectuer dans le cadre de la préparation de cette HDR, une mise à jour bibliographique rétroactive sur le thème de la vulnérabilité des réseaux de voirie et de transport (section 2.2.3) afin d'étoffer celle présentée dans ma thèse. En effet, l'accès aux ressources à travers les moteurs de recherche bibliographique au début des années 2000 était beaucoup plus limité qu'aujourd'hui. J'ai ainsi enrichi cet état de l'art avec des références antérieures à 2004 (année de soutenance).

2.2.1 - Appréhender le risque : de l'aléa aux vulnérabilités

Le risque est un concept qui s'est construit progressivement et dont les définitions ont beaucoup évolué. D'abord appréhendé uniquement sous l'angle de l'aléa, principalement par les géosciences, le risque a progressivement été étudié en intégrant les vulnérabilités des éléments exposés, dès les années 1980. A l'époque, la vulnérabilité était évaluée avant tout suivant une approche techniciste (un degré d'endommagement potentiel ou effectif d'une infrastructure, d'un bâtiment) dans une optique assurantielle de quantification financière des dégâts et d'estimation du coût de reconstruction.

La contribution de géographes, notamment, a permis d'élargir cette définition de la vulnérabilité. Ce tournant a été opéré dès le début de la décennie 1990, promulguée Décennie Internationale pour la Prévention des Catastrophes Naturelles par les Nations Unies - DIPCN (Voir notamment D'Ercole, 1991 ; Blaikie et al., 1994 ; D'Ercole, 1994 ; Chardon, 1994 ; Longhurst, 1995 ; Leone 1996 ; Stieltjes et Mirgon, 1998). Dans ces études, la vulnérabilité était généralement appréciée au regard d'un aléa (volcanique, sismique, inondation, mouvement de terrain, etc.) et renvoyait à des faiblesses des éléments et de façon nouvelle à des indicateurs de fragilité des populations exposées. Une excellente synthèse de ces approches est proposée dans Leone et Vinet, 2006.

En Amérique latine, au cours de la DIPCN, de nombreux travaux ont été conduits notamment dans le cadre de *La Red*⁴⁵ à différentes échelles (régionale et urbaine) avec une entrée relevant des sciences sociales (voir notamment Cardona, 1993 ; Lavell Thomas, 1993 ; Maskrey, 1993 ; Wilches-Chaux, 1993 ; Fernandez, 1996). Ces travaux dressaient un état de l'art des approches relatives aux risques incluant un glossaire des termes connexes (désastres, dangers, menaces, incertitude, prévention, mitigation, etc.) qui faisait ressortir un manque d'unanimité sur leur définition et usage. Ces études, si elles présentaient le mérite de mettre à plat les approches de l'époque, ne proposaient en revanche pas de cadre opérationnel d'évaluation des risques sur un territoire donné.

Au début des années 2000, la question du risque était également abordée par plusieurs collègues appartenant aux deux équipes dans lesquelles j'ai réalisé ma thèse (UMR 5204 EDYTEM CNRS - Université de Savoie et UR029 - IRD). Pigeon (2002)⁴⁶ considérait pour sa part le risque comme « *la probabilité d'occurrence de dommages compte tenu des interactions entre processus physiques d'endommagement (aléas) et facteurs de peuplement (vulnérabilité). Les interactions conditionnent l'endommagement, comme les mesures préventives ou correctives qui cherchent à le gérer, et qui sont spatialement observables* ». Tamru (2002)⁴⁷ travaillant sur Addis-Abeba définissait de son côté le risque « *comme la*

⁴⁵ Réseau d'études sociales sur la prévention des désastres.

⁴⁶ Laboratoire EDYTEM.

⁴⁷ Membre à l'époque de l'UR029 « Environnement urbain » - IRD.



représentation d'un danger potentiel » qu'elle analysait à la lecture des transformations de la ville. Elle indiquait que « *L'étude de l'évolution urbaine de la capitale de l'Ethiopie est mobilisée pour éclairer les mécanismes de vulnérabilisation afin de cerner les modes d'émergence du danger...* ».

D'Ercole (2002)⁴⁸ définissait quant à lui le risque de la manière suivante : « *A la différence d'une catastrophe, le risque constitue une potentialité : la possibilité de survenue d'un événement à l'origine de conséquences. Dans certains cas, cette possibilité ou potentialité peut être traduite en probabilités. Le risque réunit donc deux acceptions : une probabilité et des conséquences. Ces dernières peuvent être positives comme négatives, même si ce sont les conséquences négatives qui sont le plus souvent considérées dans les analyses de risque. Transposé à l'espace, le risque est la probabilité pour un élément donné (un hôpital, une route, un quartier, une ville, etc.) d'être affecté par un phénomène donné (un tremblement de terre, une inondation, etc.) et d'en subir des conséquences. Ces dernières dépendent à la fois de la nature, de l'intensité et de l'extension du phénomène, des valeurs que l'on attribue à l'élément exposé, de ses vulnérabilités, de la capacité du groupe humain concerné à affronter le phénomène.* ».

2.2.2 - L'introduction de la notion d'enjeu dans les études de risque

Le risque recouvre donc plusieurs dimensions : des dangers, des probabilités, des éléments exposés, des faiblesses, des conséquences. Ceci dit, parmi les éléments exposés, tous n'ont pas la même importance. C'est ainsi qu'à partir du milieu des années 1990, la notion d'enjeu a fait son apparition dans les analyses de risque. Là-encore, les définitions de cette notion étaient multiples, tout comme la façon de l'aborder dans la pratique.

2.2.2.1 - Une démarche nouvelle à la fin des années 1990

Dans le contexte français, parmi les premiers travaux ayant approfondi la notion d'enjeu dans les analyses de risque en milieu urbain ou sur un territoire organisé autour d'un pôle urbain, figuraient ceux menés par le BRGM (Masure, et al., 1996), par le CEMAGREF (Petin, 1999) et par des géographes de l'Université de Savoie (Lutoff, 2000 ; D'Ercole, et al, 2000).

Masure, et al. (1996) ont proposé pour l'étude « GEMITIS Villes », un cadre méthodologique visant à définir les principes d'une planification urbaine préventive et durable qui reposait en premier lieu sur une caractérisation du système urbain. Cette dernière englobait deux phases : (1) l'évaluation des aléas et la fragilité du milieu et (2) l'analyse de vulnérabilité des enjeux principaux. La méthode préconisait d'aborder les enjeux de la ville en grands domaines (enjeux physiques, humains, fonctionnels, socio-économiques et patrimoniaux). L'analyse de leur vulnérabilité avait pour but de repérer les points faibles du système urbain à prendre en compte pour l'élaboration des politiques de prévention. Une démarche générale a été avancée pour dénombrer et quantifier les enjeux exposés (bâtiments, population, réseaux, réservoirs, économie, paysage urbain) par quartier.

Petin (1999), dans son étude sur les risques d'inondation dans le Pays du Voironnais, en Isère, définissait les enjeux dans une démarche systémique comme « *des interrelations dynamiques entre objets d'un territoire qui entraînent des modifications sur d'autres objets du système* ». « *Un enjeu apparaît comme le fruit d'une interaction entre au moins deux objets, qui devient facteur de structuration du territoire au travers du système de valeurs qui lui est associé par les acteurs. Par exemple, la qualité de l'eau n'est pas un enjeu en soi, c'est une composante du territoire. Par contre, la dégradation de la qualité de l'eau par des rejets industriels peut constituer un enjeu au regard de certains acteurs (agence de l'eau, consommateur, pêcheurs...)* ». Cette auteure considérait que ce système de valeurs était susceptible de s'exprimer au travers de :

- la perception de l'interaction, vécue comme positive (effet dynamisant d'un objet sur un autre) ou négative (problème) ;
- la dynamique des acteurs autour de cette interaction, vécue comme positive (les acteurs s'emparent du constat d'interaction pour y réfléchir, s'organiser, se concerter) ou négative (génération de conflit) ;

⁴⁸ UR029 et Laboratoire EDYTEM.



- les actions visant à modifier l'interaction (aménagement local, procédure réglementaire).

Dans cette étude, les enjeux étaient donc identifiés à partir de la perception qu'avaient les acteurs de certaines interactions se manifestant à l'intérieur d'un système territorial face à un aléa, ici les inondations.

Lutoff (2000), dans un tour d'horizon sur l'utilisation de la notion d'enjeu ou de ses équivalents⁴⁹, dans les pratiques de gestion du risque sismique en France, en Espagne et en Italie, faisait ressortir que les enjeux, même si leur définition juridique restait floue, étaient dans la pratique souvent examinés conjointement à leur exposition à l'aléa. Ces enjeux étaient le plus souvent identifiés suivant une approche sectorielle ; ils étaient d'ordre humain, économique, infrastructurel, patrimonial. Cette auteure faisait ressortir trois notions liées au concept d'enjeu :

- la notion de valeur, exprimée en termes financiers, mais aussi sur d'autres échelles de référence (valeur patrimoniale, fonctionnelle, environnementale, sociale, etc.),
- l'opposition entre pertes possibles et gains supposés : l'enjeu résulte d'une volonté individuelle ou collective mettant en balance ces deux aspects,
- la notion de risque, d'incertitude.

Dans son travail, ayant comme terrain d'étude la ville de Nice, une attention particulière a été portée sur le décryptage des enjeux logistiques et fonctionnels en situation de crise (postes de télécommunication, hôpitaux, centres décisionnels, voies de circulation...) et une cartographie de ces enjeux est présentée.

Dans un contexte latino-américain, les travaux de Sierra (2000) portant sur la gestion et les enjeux des espaces urbains à risque d'origine naturelle à Quito, considéraient la notion d'enjeu dans une perspective politique. *« Enjeu et risque sont deux notions intimement liées, ce qui suggère l'expression courante prendre un risque ; un enjeu politique est donc quelque chose qui à la fois motive et inquiète le politique, puisque c'est ce qui renforcera son crédit ou au contraire le discréditera... Dire que le risque d'origine naturelle est un enjeu politique, c'est considérer que la position qu'aura l'homme politique face au risque naturel l'accréditera ou le discréditera aux yeux de certains groupes ou de l'opinion publique. Or, le bien que le politique risque de perdre en conséquence d'un discrédit, c'est son pouvoir »*. Cet auteur identifiait trois enjeux de pouvoir que sont la responsabilité, la crédibilité et la légitimité. Dans cette étude, les enjeux étaient donc des valeurs et non des objets du territoire, même si les enjeux politiques renvoyaient à un espace donné (les versants du massif du Pichincha, exposés aux coulées de boue).

Ces quelques travaux précurseurs reflètent la polysémie de la notion d'enjeu qui était à l'époque définie selon des systèmes de valeur fort différents et toujours au regard d'un aléa. Au début des années 2000, un des premiers défis a été de renouveler la définition de cette notion afin de la rendre encore plus opératoire. Comme indiqué dans la section suivante, une réflexion en ce sens a été menée dans le cadre du programme SIR-DMQ, mes travaux ayant porté plus spécifiquement sur l'objectivation de la notion d'enjeu au domaine des mobilités quotidiennes (section 2.4.1).

2.2.2.2 - Le recours à la notion d'enjeu dans les programmes SIR-DMQ et PACIVUR

Dans le cadre du programme SIR-DMQ, une nouvelle approche de la notion d'enjeu a été proposée, de façon novatrice, sans référence aucune à l'aléa. Plusieurs facteurs ont contribué à cette orientation :

- la multiplicité des aléas d'origine naturelle auxquels est soumis le District Métropolitain de Quito entraînant un changement incessant des priorités politiques et scientifiques suivant la saison et l'activité géophysique locale (les préoccupations découlaient successivement des inondations, des éruptions volcaniques, du risque sismique, etc.),
- le fait que certains enjeux de fonctionnement de la ville, même non exposés à un aléa puissent se retrouver inopérants en situation de crise, du fait de la défaillance d'un autre enjeu,

49 Le terme d'enjeu n'a pas d'équivalent direct en espagnol ou en italien.



- la faible utilisation par les autorités municipales des zonages d'aléas dans les documents d'urbanisme, zonages considérés comme difficilement intelligibles ou exploitables (exemple du micro-zonage sismique de 1995),
- notre souhait de fournir des résultats de recherche adaptés aux besoins de notre partenaire municipal dans le domaine de la prévention des risques,

Dans le programme SIR-DMQ, les enjeux de fonctionnement et de développement du District ont été analysés suivant trois grands axes :

- *La population urbaine et ses besoins intrinsèques*. Il s'agissait des services de santé et d'éducation, mais également de tout ce qui pouvait contribuer à l'épanouissement de l'individu et de la collectivité (équipements récréatifs, lieux d'expressions identitaire et culturelle, patrimoine).
- *La logistique urbaine*. Cette rubrique renvoyait aux infrastructures et services indispensables : l'approvisionnement en eau et en nourriture, l'alimentation en énergie électrique et en combustibles, les télécommunications et les réseaux de transport, réseaux dont j'ai été chargé d'étudier la vulnérabilité dans le cadre de ma thèse,
- *La capacité de gestion, d'administration ou de production de richesse*. Il s'agissait des particularités de Quito en tant que capitale d'Etat, de ses fonctions administratives à une échelle plus locale, de l'économie urbaine et de la valeur du sol.

L'ouvrage « *Los lugares esenciales del Distrito Metropolitano de Quito* »⁵⁰ livre les résultats de cette analyse. Le chapitre 12 dont je suis l'auteur (Demoraes, 2002a - COS13), aborde plus spécifiquement les enjeux de la mobilité quotidienne, que je reprends en partie dans le présent volume (section 2.4).

Dans le programme PACIVUR, suivant la même logique, les enjeux ont été abordés indépendamment de l'aléa. Ils concernaient également les enjeux de fonctionnement des agglomérations de Lima et de La Paz en période normale, quoique de façon moins exhaustive qu'à Quito, et de façon plus approfondie, les ressources essentielles de la gestion de crise. Les sections 2.4, 2.5, 2.6 et 2.7 proposent quelques résultats de recherches auxquelles j'ai participé et qui illustrent cette orientation.

2.2.2.3 - Les enjeux : une notion toute relative, fonction de l'échelle d'étude

En introduction de leur ouvrage, D'Ercole et Metzger (2002) montrent le gradient croissant qui existe entre d'une part ce qui est important, c'est-à-dire les enjeux à différentes échelles, que ce soit au niveau de l'individu, du ménage, du quartier, et d'autre part, ce qui est enjeu majeur, c'est-à-dire essentiel au fonctionnement du système territorial métropolitain. « *Bien sûr, la notion d'importance est toute relative. En effet, ce qui est important pour un individu ne le sera pas nécessairement pour un autre. Le degré d'importance varie selon deux grands types de logiques : une logique issue du niveau socio-économique de la population, de leurs ambitions, des pratiques sociales et une logique spatiale ou de proximité.* ».

Il ressort donc que « *l'échelle à laquelle se place le chercheur est fondamentale pour déterminer ce qui est important. Se situer à l'échelle d'une agglomération permet d'identifier les éléments d'intérêt commun, qui sont importants pour tout le monde, comme l'approvisionnement en denrées alimentaires, l'emploi ou les axes de circulation, ou pour une grande partie de la population comme un hôpital ou une université. La même procédure appliquée à un quartier ne fournira pas le même résultat. Une association, une petite école, un terrain de sport, un espace vert ou un marché local, de faible importance au niveau de l'agglomération, peut se révéler fondamental pour la vie de ce quartier* ».

Dans mes travaux sur Quito (Demoraes, 2002a - COS13 ; Demoraes, 2002c - C-ACTI5 ; Demoraes, 2004 - MDU1) et dans les recherches auxquelles j'ai contribué à La Paz (Núñez et Demoraes, 2009 - ACL7), les enjeux ont été identifiés à l'échelle de chacune des deux agglomérations comme je l'explicite plus en détails dans la section 2.4.

50 D'ERCOLE R., METZGER P., 2002.



D'Ercole et Metzger (2002) reviennent sur l'idée que « *le risque pour une ville ou pour toute autre entité spatiale est la possibilité de perdre ce qui est essentiel pour son fonctionnement et son développement. C'est avant tout l'enjeu qui fait le risque et qui se situe au cœur de la définition du risque. Le risque est d'autant plus grand que les enjeux de la ville sont vulnérables et la vulnérabilité peut être autant liée à l'exposition à des aléas qu'à des facteurs propres de fonctionnement des enjeux* ».

Les recherches sur les risques que j'ai menées personnellement à Quito et auxquelles j'ai contribué à La Paz et à Lima ont largement été influencées par cette définition du risque.

2.2.3 - La vulnérabilité des réseaux de voirie et de transport

Dans cette section, je dresse un état de l'art que j'ai complété, comme annoncé plus haut, dans le cadre de la préparation de cette HDR, par rapport à celui présenté dans ma thèse. Cet état de l'art intègre des références françaises et étrangères qui permettent de resituer le positionnement que j'ai adopté dans mes recherches et que je développe en section 2.5.

2.2.3.1 - Les années 1980 : quelques rares travaux dans un contexte d'aléa sismique

La question de la sensibilité des réseaux routiers et de transport aux dommages a d'abord été appréhendée dès le début des années 1980 dans un contexte d'exposition à l'aléa sismique, dans la mesure où l'impact d'un tremblement de terre peut être à la fois très sévère et ressenti sur un large espace. Deux approches ont été suivies : tout d'abord les retours d'expériences, puis les études prospectives. Parmi les retours d'expériences, on peut mentionner les travaux de Miklofsky (1982) et de Colonna (1984) qui ont étudié l'impact des séismes passés sur la viabilité. Les travaux du premier dressent un bilan des dégâts subis par les réseaux de transport suite à trois principaux tremblements de terre aux Etats-Unis (Hebgen Lake en 1959, Anchorage en 1964 et San Fernando en 1971). Les travaux du second portent sur la Campanie, la Basilicate et les Pouilles en Italie suite au séisme d'Irpinia de 1980.

Avec l'amélioration du zonage sismique, des études prospectives proposant des scénarii ont vu le jour à partir de la fin des années 1980. Leur finalité était d'estimer les dégâts que les réseaux de transport pourraient subir en cas de séisme et de mieux organiser la gestion de crise et la récupération. En France, dans le cadre de la Délégation aux Risques Majeurs, Durville et Méneroud (1987) du Laboratoire des Ponts et Chaussées, se sont intéressés aux coupures susceptibles de se produire sur le réseau routier de la vallée de la Vésubie en simulant deux tremblements de terre. Aux Etats-Unis, l'*Applied Technology Council* de la *Federal Emergency Management Agency* (ATC, 1991) a publié un diagnostic approfondi fournissant à l'aide de différents scénarii sismiques, des estimations des dégâts potentiels qui concerneraient différentes grandes infrastructures (*lifelines and critical facilities*), dont les réseaux routier et de transport, sur l'ensemble de leur territoire et une estimation des pertes économiques attenantes. Comme le soulignent les auteurs de ces rares travaux, en dépit des enjeux économiques associés, la vulnérabilité sismique des réseaux viaires ressortait à l'époque comme le parent pauvre des études de vulnérabilité sismique dont la plupart portait uniquement sur les bâtiments.

2.2.3.2 - Les années 1990 : accent sur la fiabilité des réseaux et non plus sur leur vulnérabilité

Pendant la décennie 1990, c'est surtout la fiabilité des réseaux, qui peut être vue de façon schématique comme l'inverse de la vulnérabilité, qui a été étudiée, essentiellement sous l'angle de l'ingénierie des transports et du trafic et de l'ingénierie civile. Ces travaux, comptant de nombreuses contributions japonaises, intègrent le plus souvent de la modélisation (Asakura et Kashiwadani, 1991 ; Wakabayashi et Iida, 1993 ; Nicholson et Du, 1994 ; Asakura, 1998 ; Pratt et Lomax, 1996 ; Du et Nicholson, 1997 ; Noland et al., 1998 ; Lam, 1999 ; Chen et al., 1999).

Il est intéressant de noter que la référence à un aléa spécifique n'apparaît pas dans ces travaux. Les éléments perturbateurs du trafic sont considérés comme un élément extérieur qui n'est pas étudié en tant que tel. L'accent est mis sur leur impact par rapport à une



situation de circulation jugée normale. Les dégradations du réseau sont mesurées à l'aide de différents indicateurs (altération de l'accessibilité des nœuds, perte de connectivité, augmentation de la durée des déplacements, baisse de la vitesse de circulation, longueur totale des embouteillages sur le réseau, retards aux lieux de destination, dégradation du niveau de service, etc.) auxquels sont généralement associées des probabilités d'occurrence.

Iida (1999) dans son état des lieux des concepts afférent à la fiabilité des réseaux utilisés dans la littérature des années 1990, évoquait en outre des notions connexes telles que la stabilité, la robustesse, le niveau de service, la capacité ou la performance des réseaux. Cet auteur concluait que les méthodes de mesure de la fiabilité des réseaux restaient encore trop théoriques et pas assez opérationnelles à l'époque, d'autant que dans la très grande majorité de ces travaux, aucune référence à un terrain d'étude n'apparaissait.

2.2.3.3 - Le début des années 2000 : le regain d'intérêt pour les études de vulnérabilité des réseaux

L'intérêt pour la « vulnérabilité des réseaux » n'est réapparu que timidement au début des années 2000 (Berdica, 2000 ; Berdica, 2002 ; Taylor et D'Este, 2003). De façon nouvelle, quelques géographes s'y sont alors intéressés au travers d'études de cas, portant notamment sur des espaces urbains (Appert et Chapelon, 2001 ; Demoraes, 2002b - C-ACTI4 ; Demoraes, 2002d - AP7 ; Gleyze, 2005) et mobilisant l'outil SIG. En parallèle, les recherches sur la fiabilité des réseaux ont été poursuivies avec entre autres, en France, les travaux de Gleyze (2001), Villé (2002) et Appert et Chapelon (2003).

Rétrospectivement, on remarque qu'au début des années 2000 dans la plupart des études, la vulnérabilité des réseaux a de nouveau été appréhendée face à un ou plusieurs types d'aléas. En France, un diagnostic mené à Lyon et à Macon par le Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme (CERTU, 2002) a mis en évidence la vulnérabilité des réseaux urbains (parmi lesquels le système viaire) et des gestions de crises face aux inondations, grâce à une série d'enquêtes réalisées auprès des gestionnaires des réseaux. Ce diagnostic montre une évolution dans la façon d'aborder la vulnérabilité des réseaux, en ne considérant non plus seulement l'exposition des infrastructures routières aux aléas, mais bien la dimension organisationnelle qui leur est liée, notamment en période de crise.

En Amérique Centrale, région régulièrement touchée par des catastrophes d'origine naturelle, l'Organisation des Etats Américains en partenariat avec le CEPREDENAC (Centre pour la Prévention des Désastres Naturels en Amérique latine), a dressé un inventaire des sections de la route Panaméricaine vulnérables face aux inondations, glissements de terrain, ouragans, séismes et éruptions volcaniques (OEA-UDSMA, 2001). Il s'agissait à partir d'expériences passées, de mieux se préparer afin de limiter la fermeture de cet axe de circulation stratégique. En Colombie, Lleras-Echeverri et Sanchez-Silva (2001) ont proposé de leur côté une méthode pour évaluer l'impact de la défaillance de chaque maillon du réseau routier colombien entre Cali et Bogotá. Ils concluaient que cette méthode était très utile pour identifier les liens essentiels du réseau (*critical links*) et pour cibler les études géotechniques de vulnérabilité aux aléas.

Il ressort de ce rapide état de l'art que les vulnérabilités des réseaux routiers et de transport (essentiellement liées à leur exposition aux aléas) et leur fiabilité ont depuis le début des années 1980 fait l'objet d'un nombre grandissant d'études, même si elles restaient encore très peu nombreuses chez les géographes au début des années 2000. On note enfin que la plupart des études restaient très centrées sur la mesure de la dégradation du réseau en lui-même et ne s'attachaient pas à évaluer les conséquences qui en découlaient pour le fonctionnement du territoire dans lequel s'inscrivait le réseau étudié.



2.3 - Démarche globale et questionnements de la recherche

Comme annoncé en préambule de ce volume, les recherches que je livre dans les sections suivantes (de la section 2.4 à la section 2.7) renvoient à une relecture du cadre analytique mis au point dans ma thèse à l'occasion du programme SIR-DMQ au début des années 2000. Pour cette relecture, je reprends les grandes étapes et les principaux résultats obtenus à Quito et je les confronte avec ceux obtenus avec un décalage dans le temps, grâce à ma participation directe ou indirecte dans le programme PACIVUR, sur deux autres terrains d'étude (La Paz et Lima). Cet exercice permet rétrospectivement de valider le caractère opérationnel et reproductible du cadre et d'observer les adaptations et améliorations qui lui ont été apportées.

Mon propos central porte sur la pertinence de s'intéresser aux réseaux sur lesquels reposent les déplacements quotidiens pour contribuer à la compréhension des vulnérabilités territoriales. Cette section est l'occasion de questionner les liens qu'entretiennent les réseaux avec les territoires et de montrer plus précisément en quoi l'analyse de la perte d'intégrité d'un réseau apporte des éclairages pour évaluer la vulnérabilité d'un territoire. La notion de vulnérabilité territoriale et ses différentes facettes sont explicitées tout comme les spécificités d'une lecture géographique de cette notion. On précise également dans quelle mesure l'examen de la vulnérabilité territoriale est utile pour comprendre les risques encourus. On développe en outre les indicateurs retenus pour évaluer la vulnérabilité des réseaux et l'altération de l'accessibilité associée. Tout au long des sections, nous accordons une place importante à l'explicitation des concepts mobilisés et à la façon dont nous les avons confrontés. Nous mettrons aussi en exergue la manière dont les outils de l'analyse spatiale ont été utilisés.

La **Figure 1** fournit une vue synthétique du cadre analytique revisité à l'occasion de cette HDR. Ce cadre est structuré en cinq étapes. Nous le montrons, ces dernières peuvent être menées de façon plus ou moins approfondie, et adaptées en fonction de la finalité recherchée et des données à disposition.

Comme l'indique le **Tableau 3**, les développements relatifs à l'agglomération de Quito sont extraits de mes travaux menés dans le programme SIR-DMQ et son prolongement. Ils ont été valorisés au travers de plusieurs publications qui sont appelées au fil du texte et dont une sélection de cinq références avec tirés-à-parts, est proposée dans le volume 3 (Réf. 2, Réf. 3, Réf. 5, Réf. 12 et Réf. 13).

Les travaux menés sur l'agglomération de Lima ont pour la plupart été produits par l'équipe PACIVUR en particulier dans le cadre du projet SIRAD (D'Ercole et al., 2011 ; Metzger, 2010 ; Metzger et al., 2014)⁵¹. Sur cette même agglomération, les analyses livrées dans la section 2.7.2 sont inspirées d'une étude menée par les étudiants du M2 SIGAT dans le cadre d'un atelier que j'ai co-encadré en 2012 avec P. Metzger (IRD - UMR PRODIG).

De leur côté, les résultats obtenus sur la métropole de La Paz / El Alto sont issus des travaux réalisés par J. Núñez⁵² que j'ai accompagné à distance (échanges réguliers de courriels, mise à disposition de références bibliographiques, orientation dans le choix des indicateurs et dans les traitements SIG à appliquer). Ces travaux ont fait l'objet d'une publication (Núñez et Demoraes, 2009 - ACL7) dont nous reprenons ici les principaux résultats et dont le tiré-à-part est fourni dans le volume 3 (Réf. 4). Les bases de données urbaines sur lesquelles reposent les analyses sont présentées pour les agglomérations de Quito et de Lima dans le volume 2 (sections 2.2.2 et 3.2.2). Les données SIG sur l'agglomération de La Paz ont été collectées, vérifiées et harmonisées par S. Hardy et J. Núñez.

51 Le projet SIRAD (*Sistema de Información sobre Recursos para Atención de Desastre* - Système d'information sur les ressources de gestion de crise dans l'agglomération de Lima et Callao) a été mené par une équipe composée des personnes suivantes : Robert D'Ercole, Pascale Metzger, Jérémie Robert (IFEA), Sébastien Hardy, Pauline Gluski, Pierre Vernier, Alexis Sierra, Hugo Perfettini, Bertrand Guillier.

52 A l'époque, boursier de l'IFEA sous la direction de S. Hardy (IRD - UMR PRODIG), et aujourd'hui enseignant-chercheur à la Universidad Mayor San Andrés à La Paz.

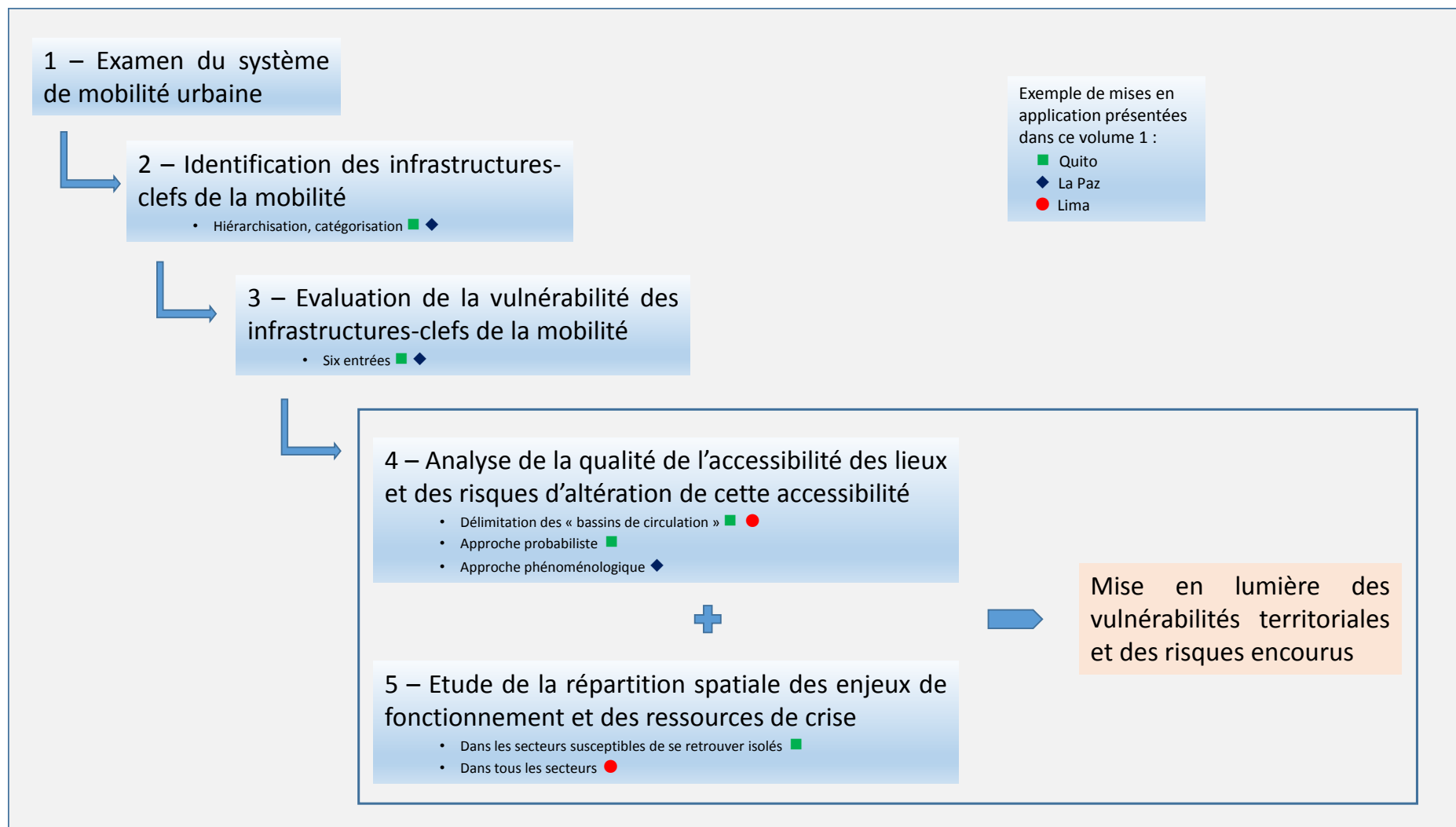


Figure 1 - Les cinq étapes du cadre d’analyse des vulnérabilités territoriales appréhendées à travers l’étude des réseaux supports de la mobilité - Demoraes, 2015 adapté de Demoraes, 2004



Etape du cadre d'analyse	Section	Villes d'exemple**	Principales références mobilisées (par ordre alphabétique)
1 - Examen du système de mobilité urbaine*	2.1.3.2	Quito	Demoraes, 2004 - MDU1 HCCP, 2002 MDMQ-DMT, 2002 Salazar, Demoraes et al., 2009 - ACL8
		La Paz / El Alto	GMEA et REINGENIERIA, 2004 Hardy, 2013 Núñez et Demoraes, 2009, ACL7
		Lima	Bielich, 2009 CAF-BDAL, 2011 Wester, 2014
2 - Identification des infrastructures-clefs de la mobilité	2.4	Quito	Demoraes, 2002a - COS13 Demoraes, 2002c - C-ACTI5 Demoraes, 2004 - MDU1 Demoraes et al., 2006 - ACL11
		La Paz / El Alto	Núñez et Demoraes, 2009, ACL7
3 - Evaluation de la vulnérabilité des infrastructures-clefs de la mobilité	2.5	Quito	Demoraes, 2004 - MDU1 Demoraes et al., 2005 - ACL14 Demoraes et al., 2006 - ACL11
		La Paz / El Alto	Núñez et Demoraes, 2009, ACL7
4 - Analyse de la qualité de l'accessibilité des lieux et des risques d'altération de cette accessibilité	2.6	Quito	Atiaga et Demoraes, 2002 - AP8 Demoraes, 2002d - AP7 Demoraes, 2004 - MDU1 Demoraes, 2009 - ACL5
		La Paz / El Alto	Núñez et Demoraes, 2009, ACL7
		Lima	Metzger, 2010 Metzger et al., 2014
5 - Etude de la répartition spatiale des enjeux de fonctionnement et des ressources de crise	2.7	Quito	D'Ercole et Metzger, 2002 D'Ercole et Metzger, 2004 Demoraes, 2004 - MDU1 Demoraes et D'Ercole, 2009 - ACL6
		Lima	Atelier M2 SIGAT, 2012 D'Ercole et al., 2011 D'Ercole, et al., 2012 Robert, 2012

*Cette étape est présentée de façon très succincte dans ce volume.

** Quito est indiquée en premier, car c'est sur cette métropole que le cadre analytique a d'abord été développé.

Tableau 3 - Exemples choisis et références associées à chaque étape du cadre analytique et correspondance avec les sections

J'utilise ainsi à la fois des matériaux de recherche que j'ai produits personnellement, des matériaux coproduits avec d'autres collègues et des matériaux inspirés de mes travaux et élaborés par d'autres. Cette HDR est l'occasion de confronter ces trois ensembles de travaux. Dans cette perspective, je dresse pour la première fois un parallèle entre les critères utilisés d'une ville à l'autre (**Tableau 6**, **Tableau 7**, **Tableau 8**). Ces regards croisés permettent d'illustrer la façon dont le cadre analytique peut être transposé moyennant bien sûr adaptation en fonction du contexte local et des objectifs à atteindre. La confrontation des résultats d'une ville à l'autre a aussi supposé, à l'occasion de cette HDR, un travail



d'homogénéisation des productions cartographiques⁵³. Sept cartes (**Carte 4, Carte 5, Carte 6, Carte 7, Carte 8, Carte 9, Carte 10**), placées côte-à-côte dans ce volume, n'avaient effectivement pas été conçues dans une optique comparative.

2.4 - Identification des infrastructures-clefs de la mobilité : application au District Métropolitain de Quito et transposition à l'agglomération de La Paz / El Alto

Cette section correspond à la deuxième étape du cadre analytique (**Tableau 3**).

2.4.1 - Le défi initial

L'objectivation spatiale de la notion d'enjeu appliquée au domaine des mobilités quotidiennes dans le cadre d'une recherche sur les risques en milieu urbain, a représenté un réel défi dans la mesure où aucune méthode n'existait pour cerner ces enjeux dans la ville et dans la mesure où la ville est par nature une concentration de réseaux et d'infrastructures dont il n'est pas toujours aisé de saisir le rôle et l'imbrication (voir notamment Dupuy, 1991, chapitre 2 et Rocher, 1998). Ainsi, si la mobilité est en soi un enjeu pour le fonctionnement et le développement d'une ville, il nous est vite apparu qu'il fallait préciser notre objet d'étude en le positionnant dans une dimension territoriale. Nous nous sommes donc intéressés aux enjeux-objets localisables, c'est-à-dire aux supports physiques, aux éléments matériels (infrastructures routières et équipements de transport) assurant un rôle majeur pour les communications à l'échelle d'un territoire, éléments que nous avons appelés « infrastructures-clefs » et dont la perte d'opérationnalité entraînerait une réduction de la connectivité des réseaux et une baisse du « stock d'opportunités de mises en relation »⁵⁴.

2.4.2 - Comment mettre du relief dans un réseau ?

Comme exposé en section 2.2.2.3, toutes les parties d'un réseau ne possèdent pas la même fonction, n'ont pas la même importance. La première question est donc de savoir comment identifier les infrastructures qui jouent un rôle de premier ordre pour les déplacements de personnes à l'échelle d'une ville et dont la fermeture serait en conséquence particulièrement problématique. Cette question suppose au préalable une analyse fonctionnelle de la ville et du système de mobilité (étape 1). Cette première étape, dont nous avons restitué une synthèse en section 2.1.3.2, peut être plus ou moins longue en fonction de notre degré de connaissance de la ville, de la disponibilité d'études préalables sur le sujet à l'échelle souhaitée et de l'accès aux bases de données urbaines.

La deuxième étape, que nous développons ici, s'attache à mettre du relief dans le réseau, en d'autres termes, à identifier les éléments majeurs de la mobilité. Pour ce faire, en m'inspirant des travaux de Lutoff (2000) sur la ville de Nice, j'ai progressivement construit une méthode adaptée au contexte local de Quito (Demoraes, 2002a - COS13 ; Demoraes, 2002c - C-ACT15) que j'ai ensuite affinée dans ma thèse (Demoraes, 2004 - MDU1) et synthétisé dans un article (Demoraes et al., 2006 - ACL11). Cette méthode mise en œuvre à l'aide de l'outil SIG (voir **Tableau 4**), repose sur une hiérarchisation des infrastructures routières et de transport à travers des critères à la fois quantitatifs et qualitatifs (volume et type de déplacements, fréquentation, utilité et importance dans le réseau, dimension des ouvrages, redondance des infrastructures). Par exemple, pour vérifier si un pont est essentiel, on ne peut pas se contenter de considérer uniquement des variables quantitatives comme les dimensions de l'infrastructure (longueur, largeur). À elles seules, elles ne suffisent pas à juger s'il s'agit d'un ouvrage stratégique ou non. Il faut nécessairement avoir recours à d'autres variables (intensité des flux, modes de transport concernés). On pourra ainsi déterminer « l'éligibilité » de l'ouvrage à la catégorie « infrastructure-clef », s'il supporte par exemple un grand nombre de déplacements, qui matérialisent l'importance de l'axe à une échelle donnée, ou s'il est unique, c'est-à-dire s'il n'existe pas d'autres ponts proches permettant la jonction qu'il assure entre les deux secteurs. De plus, une telle approche permet de pallier certaines lacunes dans les données. Ainsi, pour déterminer si un axe est une pièce maîtresse dans le réseau, alors qu'on ne dispose pas de comptages de véhicules, on peut regarder si l'axe fait partie du réseau structurant ou s'il occupe une place centrale dans les réseaux de transport à différentes échelles (urbaine, régionale, nationale). De

⁵³ Mise à l'échelle, application d'une même charte graphique, traduction vers le français dans certains cas.

⁵⁴ Adaptation de l'expression « stock d'opportunités d'usages » associée à la voirie, proposée dans Offner et Pumain, 1996, p. 40.



même, l'évaluation du degré d'interdépendance entre secteurs (à partir de variables socio-économiques) permet de faire ressortir des liens importants (observables par exemple à travers les mouvements pendulaires) et de repérer les infrastructures associées (route, voie ferrée, etc.).

Description des traitements effectués dans le SIG	Applications, résultats cartographiques	Remarques
1 - Sélection d'objets sur un critère numérique.	1 - Repérage des axes les plus empruntés à partir de seuils de trafic.	<i>Ces traitements requièrent au préalable une analyse fonctionnelle détaillée de la ville et du système de mobilité (notamment pour la typologie des axes routiers qui tient compte des différents types de déplacements qu'ils supportent).</i>
2 - Sélection d'objets sur un critère qualitatif (sélection de certaines modalités).	2 - Sélection des axes routiers structurants et principaux uniquement (accès au DMQ, axes centre périphérie, voies de dégagement de l'espace central, couloirs de transport en commun...).	
3 - Sélection multi-critère d'objets en fonction d'une valeur seuil différenciée selon la localisation des objets.	3 - Sélection des axes principalement Nord-Sud en ville (les plus fréquentés compte tenu de la configuration de la ville) et sélection des axes à partir de seuils de trafic différenciés en dehors de la ville (circulation moins dense au sud et en périphérie).	
4 - Synthèse (réaffectation à l'ensemble du réseau des valeurs d'importance assignées aux infrastructures dans les différentes zones du DMQ).	4 - Elaboration d'une carte synoptique d'infrastructures-clefs de la mobilité à l'échelle du District. → Carte 4	
<i>Nota : certains traitements ont été effectués préalablement à l'opération 1 (ex : jointure spatiale des lignes de bus par tronçon viaire, permettant leur dénombrement, pour l'identification des couloirs enjeux du réseau de TC).</i>		

Tableau 4 - Exemple de traitements SIG utilisés pour identifier les infrastructures-clefs parmi les réseaux routier et de transport à l'échelle du District Métropolitain de Quito (Demoraes, 2006)

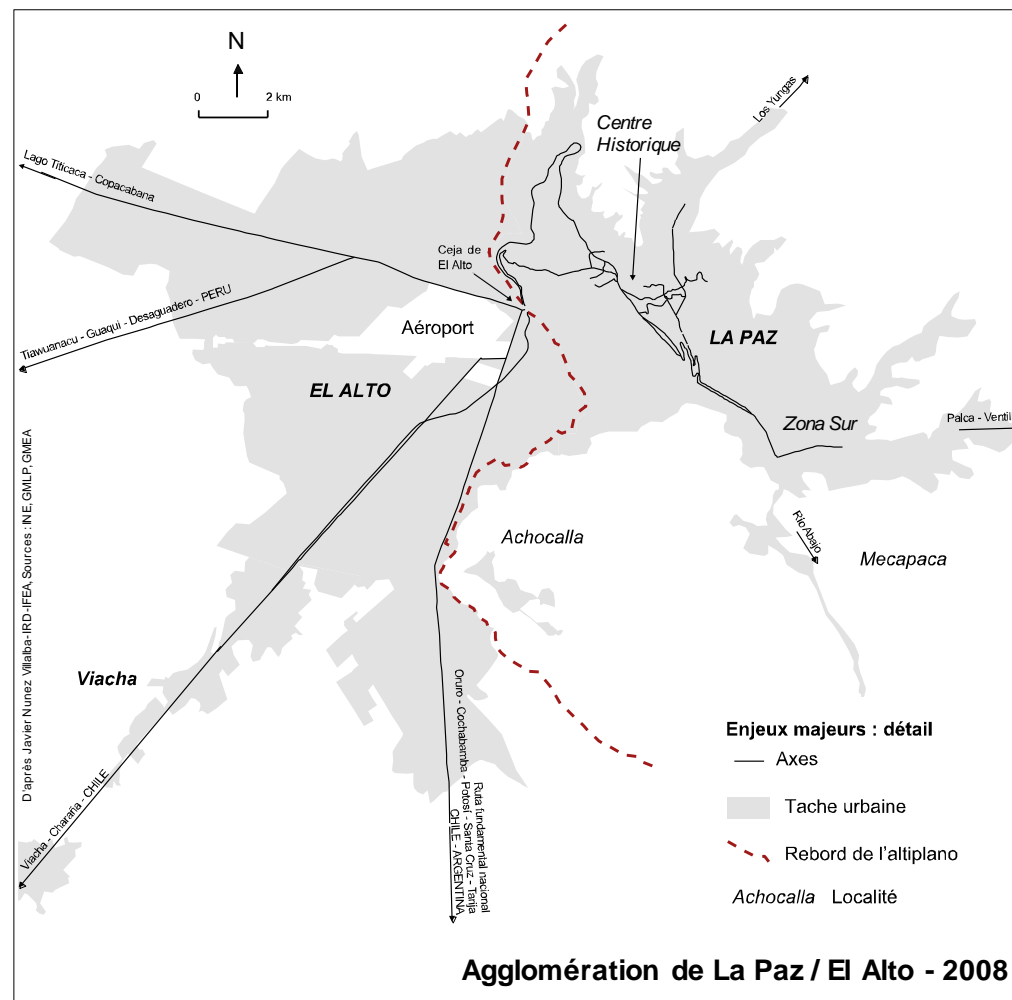
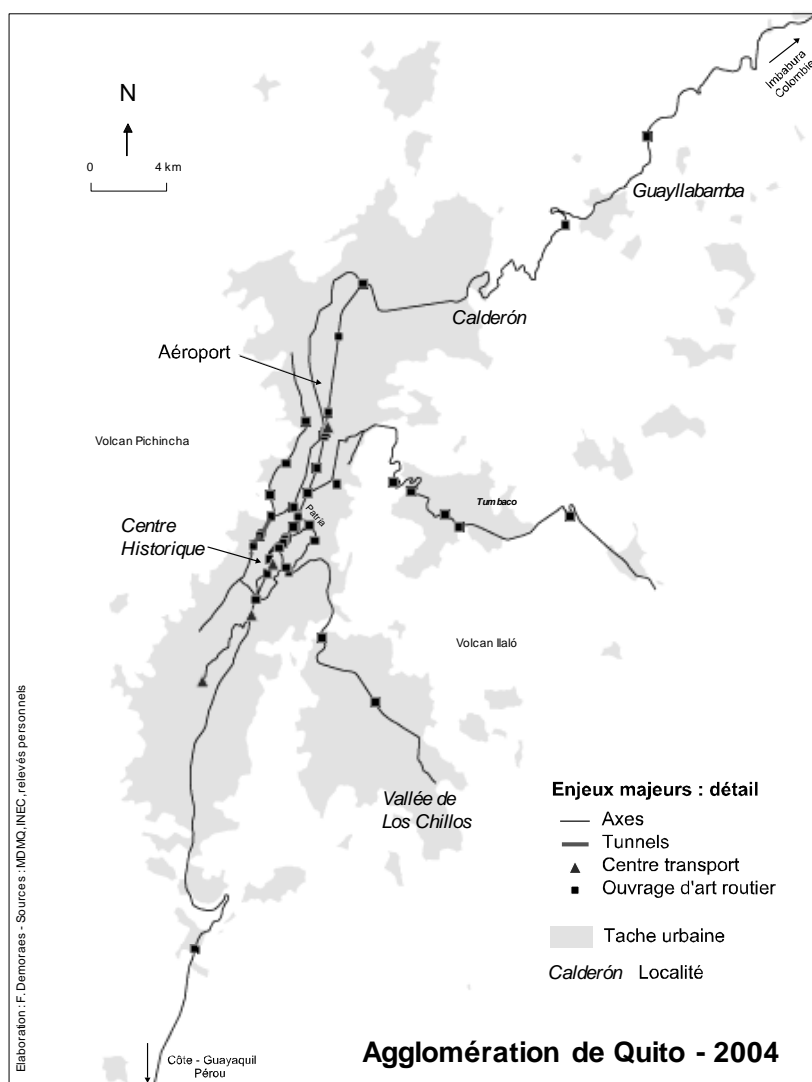
2.4.3 - Les résultats en cartes

La **Carte 4**, mise en forme à l'occasion de cette HDR, donne à voir de façon épurée les piliers sur lesquels repose la mobilité quotidienne à l'échelle des deux agglomérations en 2004 et en 2008⁵⁵. La carte concernant Quito est issue de mes travaux de thèse, celle sur La Paz est extraite de Núñez et Demoraes, 2009 - ACL7.

Dans l'agglomération équatorienne, ont été retenus deux des quatre accès au District (Panaméricaines Sud et Nord), trois des quatre axes centre-périphérie (la route qui mène à *Calderón*, la route qui conduit à *Tumbaco*, l'autoroute qui permet d'accéder à la vallée de *Los Chillos*). En ville, ont été retenus les principaux boulevards nord-sud et certaines artères est-ouest. Les trois tunnels et 43 ponts situés sur les axes-clefs ont aussi été considérés comme des pièces maîtresses pour les communications. Enfin, sept nœuds des réseaux de transports en commun ont été également identifiés comme enjeux. En dehors des axes, la plupart des éléments-clefs de la mobilité sont concentrés dans l'espace central et plus particulièrement en périphérie du centre historique.

Pour l'agglomération bolivienne, seuls ont été identifiés les axes majeurs. Il s'agit des routes qui (1) connectent l'agglomération avec le reste du pays, (2) relient La Paz à El Alto, (3) raccordent les différentes centralités entre elles (centre historique, *Zona Sur*, *La Ceja* de El Alto, etc.), et (4) desservent les différents sous-ensembles de l'agglomération. Ces axes sont pour la plupart relativement larges et goudronnés. Cette carte confirme la situation d'enclave dans laquelle se trouve la ville de La Paz dont les principales voies d'accès traversent toutes la ville de El Alto et confluent en un seul lieu névralgique (*La Ceja* de El Alto).

⁵⁵ Depuis, de nouveaux axes routiers ont été construits dans le District Métropolitain de Quito, notamment pour rejoindre le nouvel aéroport (inauguré en 2012) et pour contourner la ville par l'est. A La Paz, l'inauguration de téléphériques urbains a également quelque peu changé la donne.



Carte 4 - Les infrastructures-clés de la mobilité quotidienne à l'échelle des agglomérations de Quito et de La Paz / El Alto - Demoraes, 2015 d'après Demoraes, 2004 et Núñez et Demoraes, 2009



2.4.4 - Éléments de discussion

La méthode ainsi proposée dans cette deuxième étape (section 2.4) pour identifier les maillons des réseaux et infrastructures considérées comme enjeux majeurs pour la mobilité quotidienne à l'échelle des agglomérations, repose comme nous l'avons vu, sur une analyse initiale, en partie qualitative, du fonctionnement du système urbain. Elle est donc sensible à l'appréciation subjective qui en est faite. En ce sens, pour une même zone d'étude, les enjeux retenus pourront différer d'un chercheur à un autre. En contrepartie, cette méthode, quels que soit les indicateurs objectifs retenus, présente l'intérêt de considérer le rôle et l'utilité des infrastructures dans une perspective territoriale et fournit des renseignements utiles pour les étapes suivantes (sections 2.5, 2.6 et 2.7). Elle est en outre nettement moins subjective que la mobilisation exclusive des « dires d'experts », parfois utilisés pour recenser les éléments-clefs d'un territoire. L'autre direction méthodologique que nous n'avons pas retenue non plus est celle liée à la modélisation des réseaux en graphes. On aurait pu calculer par exemple le degré de centralité d'un nœud ou l'unicité d'un arc (et donc hiérarchiser leur importance), mais cette approche est trop centrée sur les réseaux, trop désincarnée et difficilement restituable à des partenaires opérationnels chargés de l'aménagement urbain ou de la prévention des risques. Par ailleurs, au début des années 2000, les solutions logicielles permettant d'explorer des graphes de façon intuitive et sans recourir à des lignes de commandes, n'étaient pas disponibles sur le marché.

La question que l'on se pose à ce stade est de savoir dans quelle mesure ces infrastructures-clefs pourraient expérimenter des dysfonctionnements ou des défaillances. Pour cela, nous nous sommes attachés à analyser leur vulnérabilité.

2.5 - Evaluation de la vulnérabilité des infrastructures-clefs de la mobilité : application au District Métropolitain de Quito et transposition à l'agglomération de La Paz / El Alto

Cette section correspond à la troisième étape du cadre analytique (**Tableau 3**).

2.5.1 - Une analyse de la vulnérabilité reposant sur six entrées

Pour rendre compte de sa complexité, la vulnérabilité des éléments-clefs des réseaux viaire et de transport a été analysée selon six entrées (voir liste ci-après). Ces six entrées ont été définies au début des années 2000 dans le cadre du programme SIR-DMQ et appliquées à plusieurs domaines (économie, population, réseau électrique, système d'adduction d'eau potable...). Ma recherche a consisté à adapter cette approche et à mettre au point des critères pertinents pour évaluer les vulnérabilités des réseaux et infrastructures de transport (Demoraes, 2004 - MDU1 ; Demoraes et al., 2005 - ACL14 ; Demoraes et al., 2006 - ACL11). Cette méthode prend en considération les facteurs qui accentuent et ceux qui contrebalancent la vulnérabilité. Chacune des six entrées repose sur différents indicateurs auxquels sont affectés des scores qui sont additionnés et qui permettent d'évaluer le degré moyen de fragilité des infrastructures essentielles (section 2.5.4). Les entrées peuvent être étudiées en parallèle ou les unes à la suite des autres. Il n'existe pas d'ordre impératif à respecter. Néanmoins, en fonction des besoins et des priorités locales, il est tout à fait possible d'en définir un. Les six entrées sont :

- la vulnérabilité intrinsèque : cette entrée englobe l'analyse des faiblesses internes, les fragilités propres, les faiblesses structurales de l'élément étudié (par exemple, la sinuosité d'une route et sa pente qui renseignent sur sa dangerosité, l'état d'une infrastructure, la qualité de ses matériaux de construction, sa vétusté ...).
- la dépendance : à travers cette entrée, sont analysées les relations de dépendance d'un élément d'un réseau vis-à-vis d'autres systèmes, relations qui sont nécessaires à son fonctionnement (par exemple, l'électricité pour une ligne de trolleybus). L'analyse des dépendances est fondamentale car un élément peut être vulnérable, sans pour autant être lui-même exposé à un aléa, s'il dépend d'autres sous-systèmes eux-mêmes vulnérables et/ou exposés à un aléa.



- l'exposition aux aléas et la susceptibilité à l'endommagement ou à la défaillance : sont considérés avec cette entrée, tous les types d'aléas d'origine naturelle et anthropique auxquels sont exposés les éléments et les dommages ou dysfonctionnements associés prévisibles. On privilégie ainsi une approche multi-phénomène quelles que soient l'extension, la récurrence et la magnitude des événements.
- la capacité de contrôle : dans cette entrée, on se pose la question de savoir s'il est facile ou non d'intervenir sur une infrastructure ou une partie d'un réseau, directement ou à distance, en cas de problème (par exemple, l'existence d'un système vidéo pour la surveillance routière, la proximité de centres techniques rapidement mobilisables, le degré d'accessibilité d'un équipement, le niveau de sécurisation d'un axe...).
- les alternatives de fonctionnement : il s'agit dans cette entrée de réfléchir sur les possibilités de remplacement, de substitution d'un élément (pont, gare, tunnel...) remplissant une fonction donnée, en cas de défaillance (existence d'itinéraires bis, de voies de délestage, de générateurs pour pallier les coupures électriques...).
- la préparation aux crises : à travers cette entrée on évalue les mesures préventives, les diverses formes de préparation, l'existence de plans prévus par les gestionnaires pour faire face aux perturbations dans les transports.

D'une manière générale, les trois premières entrées renvoient plutôt à un ensemble de fragilités tendant à accentuer la prédisposition des enjeux à se retrouver inopérants alors que les trois dernières correspondent davantage à un ensemble de dispositifs ou de paramètres contextuels qui tendent à contrebalancer les faiblesses. Par exemple, une section d'un réseau peut être fréquemment hors service (à cause de glissements de terrain, d'accidents de la route....), ce qui constitue une faiblesse, mais la circulation peut ne pas en être trop affectée s'il existe à proximité une déviation ou des équipes d'intervention rapide. La méthode proposée va donc bien au-delà de la simple évaluation de l'exposition des réseaux aux aléas ; elle permet en effet d'apprécier la capacité qu'ont les réseaux à se rétablir d'une défaillance (ou à l'éviter).

Une des autres particularités de notre approche est que nous avons considéré l'exposition aux aléas comme une forme de vulnérabilité. En effet, dans les agglomérations urbaines d'Amérique latine qui voient leur population doubler tous les 25-30 ans (voir **Tableau 2**), l'étalement urbain très rapide a rarement respecté les politiques de planification de l'occupation du sol (lorsque ce genre de politiques existait). Par ailleurs, la connaissance scientifique des aléas d'origine naturelle et leur perception par les populations étant souvent partielles, la mise en exposition d'un enjeu à un aléa peut être inconsciente ou résulter d'une absence de choix, ce qui renvoie bien à des formes de vulnérabilité (institutionnelle, organisationnelle, sociétale).

2.5.2 - La mise en œuvre de la méthode à Quito et sa transposition à La Paz / El Alto

A Quito, pour mettre en œuvre la méthode d'évaluation de la vulnérabilité des réseaux, j'ai mobilisé à la fois des traitements SIG (**Tableau 5**), des travaux annexes (rapports, enquêtes, revue de presse), des relevés de terrain et des informations fournies lors d'entretiens par les techniciens et gestionnaires chargés des transports et de la voirie⁵⁶. Les termes employés sont donc les leurs et concernent des infrastructures sur lesquels ils ont directement pris. L'analyse est en ce sens plus facilement appropriée par les intéressés (en tout cas beaucoup plus qu'une étude portant sur la simple exposition de la ville à des aléas). Des critères spécifiques pour rendre compte des vulnérabilités ont été retenus pour chaque catégorie d'éléments supports des mobilités (les axes routiers, les ponts, les tunnels et les centres de transport). L'ensemble de la méthode est présenté en détail dans Demoraes, 2004 - MDU1 (pp. 199-260). Une synthèse est fournie dans Demoraes et al., 2006 - ACL11.

⁵⁶ Le corpus de données constitué et exploité dans ma thèse est détaillé dans le volume 2, section 2.2.2.



Description des traitements effectués dans le SIG	Applications, résultats cartographiques	Remarques
1 - Mesure des caractéristiques des réseaux (opérations de calculs géométriques). Calcul de scores pour chaque objet.	1 - Evaluation de la connexité, de la pente et de la sinuosité des tronçons routiers.	<i>De nombreuses variables ne proviennent pas des traitements SIG. Elles sont issues d'analyses et réflexions connexes.</i>
2 - Superposition des infrastructures-clefs avec d'autres phénomènes ayant une dimension spatiale (jointure spatiale et transfert d'attributs). Calcul de scores pour chaque objet.	2 - Evaluation de l'exposition aux aléas d'origine naturelle et anthropique.	
3 - Mesure de distances, création de zones tampons. Calcul de scores pour chaque objet.	3 - Evaluation de l'éloignement des infrastructures-clefs de la mobilité vis-à-vis des centres d'intervention en période de crise (pompiers).	
4 - Classification, pondération, addition des scores et hiérarchisation.	4 - Elaboration des cartes de vulnérabilité des infrastructures-clefs détaillées pour chaque entrée (Carte 5 et Carte 6) et d'une carte synthétique de vulnérabilité cumulée (Carte 7).	

Tableau 5 - Exemple de traitements SIG utilisés pour identifier les vulnérabilités des infrastructures-clefs de transport à l'échelle de l'agglomération de Quito (Demoraes, 2006)

Cette méthode a ensuite été transposée sur l'agglomération de La Paz / El Alto, moyennant adaptation et simplification et a fait l'objet d'une publication (Núñez et Demoraes, 2009 - ACL7) dont nous reprenons ici les principaux résultats. Les travaux menés à Quito et à La Paz sont confrontés pour la première fois à l'occasion de cette HDR.

L'analyse réalisée à La Paz / El Alto n'a porté que sur les axes-clefs du réseau routier, seule catégorie d'enjeux majeurs considérée, dont les vulnérabilités ont été mesurées à partir d'un nombre de critères globalement plus restreint qu'à Quito (voir **Tableau 6** et **Tableau 7**). Les étendues présentées dans ces tableaux sont explicitées dans la section suivante (2.5.3).

Si l'on retrouve dans chaque entrée bon nombre de critères utilisés à Quito, certains spécifiques à la capitale équatorienne n'y figurent logiquement pas⁵⁷. A l'inverse, de nouveaux critères ont été inclus car spécifiques à La Paz / El Alto, ou seulement à l'une ou l'autre de ces deux villes, et ce à la fois pour des questions de pertinence au regard du contexte local mais aussi d'existence des données. La pente des axes routiers à El Alto n'a par exemple pas été retenue pour évaluer leur vulnérabilité intrinsèque dans la mesure où la ville est plane. A l'inverse, l'exposition des routes aux phénomènes de suffosion, recensés uniquement à La Paz, n'a de façon évidente pas été prise en compte à El Alto. Du reste, certaines informations n'étaient pas disponibles sur l'ensemble de l'agglomération. C'est notamment le cas des accidents de la route qu'aucune base de données ne répertoriait à El Alto.

⁵⁷ Par exemple, à Quito, la permanence d'un double système de feux tricolores (celui de la mairie et celui de la police) hérité du transfert de compétences institutionnelles amorcé en 1993 et non encore totalement abouti au début des années 2000 entravait la gestion de la circulation au sein de la ville. Cette configuration spécifique à Quito ne se retrouve pas dans l'agglomération bolivienne.



DMQ							
1 - INTRINSEQUE				2 - DEPENDANCE		3 - EXPOSITION AUX ALEAS	
variables analysées	étendue	variables analysées	étendue	variables analysées	étendue	aléas analysés	étendue
(voirie)		(transport)					
état du revêtement	0-2	sujet aux embouteillages quotidiens	0-4	électricité (feux tricolores + caténaires du trolleybus)	0-4	coulées boueuses	0-4
état de fonctionnement (écart au service optimal attendu)	0-4	accidentalité	0-4	bitume (entretien)	0-2	inondations	0-4
nombre de systèmes de feux tricolores	0-2	sujet aux perturbations épisodiques (défilés, manif, surcharge de trafic lors des week-ends prolongés, entretien d'ouvrage)	0-2	moyen de communication (radio)	0-4	instabilité des terrains (glissement, éboulement, affaissement)	0-4
pente maximale	0-2	supportant un service de transport en commun fragile	0-2			séismes (amplification des ondes vibratoires et liquéfaction)	0-4
sinuosité	0-2	grand axe de transport de combustible ?	0-2			chute de cendres volcaniques	0-2
nombre de remblais	0-2					lahars, coulées pyroclastiques, gaz, laves	0-4
nombre de parties aériennes (viaduc, ponts)	0-2					inclus dans un périmètre de sécurité d'un site de stockage de produits dangereux	0-4
nombre de parties souterraines (tunnel)	0-2						

LA PAZ / EL ALTO					
1 - INTRINSEQUE		2 - DEPENDANCE		3 - EXPOSITION AUX ALEAS	
variables analysées	étendue	variables analysées	étendue	aléas analysés	étendue
état du revêtement ***	0-2	électricité (feux tricolores) ***	0-2	coulées boueuses **	0-4
état de fonctionnement (écart au service optimal attendu) *	0-4	électricité (éclairage public) ***	0-2	inondations ***	0-4
sujet aux perturbations épisodiques (défilés, manif, surcharge de trafic lors des week-ends prolongés) ***	0-2	entretien de voirie ***	0-2	glissements de terrain ***	0-4
pente maximale **	0-2	présence de collecteurs d'eau pluviale ***	0-2	éboulements, affaissements **	0-4
sinuosité ***	0-2			suffosion ***	0-4
accidentalité **	0-2			cône de décollage et d'atterrissage de l'aéroport *	0-2
sujet aux embouteillages quotidiens ***	0-4			proximité de citernes de stockage de gaz *	0-2

* : variable prise en compte pour El Alto.

** : variable prise en compte pour La Paz.

*** : variable prise en compte pour les deux villes.

Tableau 6 - Critères considérés pour l'analyse de la vulnérabilité des axes routiers dans les agglomérations de Quito (d'après Demoraes, 2004) et de La Paz / El Alto (d'après Núñez et Demoraes, 2009)



DMQ					
4 - CAPACITE DE CONTRÔLE		5 - ALTERNATIVES		6 - PREPARATION AUX CRISES	
variables analysées	étendue	variables analysées	étendue	variables analysées	étendue
personnel affecté pour la gestion du trafic et/ou du transport en commun	0-4	détour nécessaire pour relier les deux extrémités d'un tronçon en ayant recours à un autre itinéraire	0-4	véhicules dédiés	0-4
moyen de communication	0-4	aptitude à la circulation sur les itinéraires de délestage	0-2	zone d'intervention rapide des pompiers	0-4
télécontrôle de la signalisation	0-4	adaptabilité des services de transport	0-4	proximité du SIAT (service d'intervention rapide de la police)	0-4
contrôle par caméra	0-2	alternative énergétique	0-4	les modes de transport en commun ont-ils une autonomie énergétique supérieure à 72 h?	0-4
concession viaire	0-2			plan de délestage balisé en cas de fermeture d'un axe	0-2
degré d'accessibilité du tronçon	0-4			plan prévu de nettoyage des chaussées en cas d'éruption du volcan Pichincha (octobre 1999)	0-2
				surveillance renforcée par des agents du CCO lors de la crise du Pichincha (octobre 1999)	0-2
				nettoyage des chaussées suite à l'éruption du volcan Reventador (novembre 2002)	0-2

LA PAZ / EL ALTO					
4 - CAPACITE DE CONTRÔLE		5 - ALTERNATIVES		6 - PREPARATION AUX CRISES	
variables analysées	étendue	variables analysées	étendue	variables analysées	étendue
télécontrôle de la signalisation **	0-2	zone de circulation limitée **	0-2	Plan de nettoyage des collecteurs d'eau de ruissellement sur la chaussée lors de la saison des pluies **	0-4
degré d'accessibilité du tronçon **	0-2	carrossabilité de l'itinéraire alternatif le plus court **	0-2	zone d'intervention rapide des pompiers ***	0-2
degré d'accessibilité du tronçon *	0-4	carrossabilité de l'itinéraire alternatif le plus court *	0-4	zone d'intervention rapide de la police ***	0-2
				Proximité du COE (Centre d'opération des urgences) **	0-2
				Proximité d'une antenne du réseau de santé et de secours ***	0-2

* : variable prise en compte pour El Alto.

** : variable prise en compte pour La Paz.

*** : variable prise en compte pour les deux villes.

NB : certaines variables ont été prises en compte pour les deux villes mais avec des étendues différentes, ce qui explique qu'elles apparaissent deux fois.

Tableau 7 - Critères considérés pour l'analyse des compensations de la vulnérabilité des axes routiers dans les agglomérations de Quito (d'après Demoraes, 2004) et de La Paz / El Alto (d'après Núñez et Demoraes, 2009)



Comparativement, si l'on s'en tient au nombre de critères retenus (**Tableau 7**), les capacités de contrôle et les alternatives ont été plus difficiles à estimer dans l'agglomération bolivienne qu'à Quito. Cela tient sans doute au fait que ces entrées sont parmi les plus complexes à mesurer, dans la mesure où, en dehors des critères obtenus « assez simplement » par des traitements SIG, elles nécessitent la compilation d'un vaste éventail d'informations issues de rapports techniques (plans de gestion de la voirie, plans d'urgence, etc...), d'observations in situ du fonctionnement des services (de gestion de voirie, de transport, etc.), et d'entretiens auprès des gestionnaires, qui a été menée de façon moins approfondie sur l'agglomération bolivienne compte tenu de la durée d'implication de J. Núñez sur ce projet (un an en tant que boursier de l'IFEA)⁵⁸. Localement, les capacités de contrôle et les alternatives ont été aussi plus difficiles à estimer à El Alto qu'à La Paz. A El Alto, chacune de ces deux entrées ne repose que sur un seul critère. Outre le manque de temps qui a pu en partie réduire la profondeur du diagnostic, c'est surtout et simplement l'absence de dispositifs permettant de contrebalancer les vulnérabilités à El Alto qui peut être avancée comme argument explicatif. Cette absence tient essentiellement à la moindre prégnance des aléas d'origine naturelle susceptibles d'affecter les axes-clefs à El Alto comparativement à La Paz qui rend donc moins impérieuse la nécessité de s'y préparer.

2.5.3 - La logique des calculs sous-jacents et les cartes associées

J'expose dans cette section, la façon dont j'ai calculé à Quito les niveaux de vulnérabilité des infrastructures à Quito. Cette méthode a ensuite été employée à La Paz (Núñez et Demoraes, 2009 - ACL7) moyennant quelques adaptations que nous décrivons ci-après.

Les calculs dans le SIG permettent d'obtenir pour chacune des infrastructures-clefs et pour chacun des critères, des valeurs ayant des unités de mesures par essence très variées. La pente d'un tronçon est exprimée en degrés, son éloignement à une caserne de pompiers en mètres, etc. Ces valeurs ont donc été discrétisées et un score rendant compte du niveau de vulnérabilité des éléments a été calculé⁵⁹. Plus la vulnérabilité est forte, plus le score est élevé. Une vulnérabilité nulle est associée à un score de zéro. Dans la mesure où certains critères n'impliquent qu'une simple réduction de la fluidité du trafic alors que d'autres peuvent aboutir à un blocage total de la circulation, deux étendues de scores ont été retenues :

- de 0 à 2 pour les critères ayant un « potentiel de perturbation » modéré sur la mobilité,
- de 0 à 4 pour les critères ayant un « potentiel de perturbation » élevé.

Pour bien comprendre, voici deux exemples. Le mauvais état du revêtement d'un axe peut, tout au plus, entraîner des ralentissements de circulation mais ne peut pas être à l'origine d'un arrêt total du trafic. Le score maximal associé à ce critère est donc de 2. De son côté, une coulée boueuse sur la chaussée peut aboutir à sa fermeture complète. Le score maximal associé à ce critère est donc de 4.

Les scores calculés par critère et par infrastructure ont ensuite été additionnés. A son tour, ce total a été discrétisé pour obtenir un degré de vulnérabilité synthétique par critère décliné en cinq niveaux dans le DMQ et en trois niveaux à La Paz / El Alto. La méthode de discrétisation a néanmoins différé d'une agglomération à l'autre. Nous présentons succinctement cette différence ci-après afin de guider le lecteur dans l'interprétation qu'il pourra faire des deux cartes proposées (**Carte 5** et **Carte 6**) qui ne sont donc pas directement comparables entre elles.

A Quito, j'ai positionné les infrastructures-clefs par rapport à deux situations extrêmes : une vulnérabilité nulle (= 0) et une vulnérabilité hypothétique maximale. La première est vérifiée lorsque la somme des scores vaut zéro (aucun cas recensé dans la pratique pour les axes à Quito). La deuxième est vérifiée lorsque tous les scores sont maximaux (cas de figure que l'on ne rencontre pas non plus). Par exemple, pour mesurer la capacité de contrôle des axes (**Tableau 7**), nous avons analysé six critères (quatre échelonnées de 0 à 4 et deux de 0 à 2). Le score hypothétique maximal vaut donc 20. L'objectif étant d'aboutir à cinq degrés de

⁵⁸ A titre de comparaison, la collecte de données effectuée à l'occasion de ma thèse à Quito s'est échelonnée sur 2,5 ans.

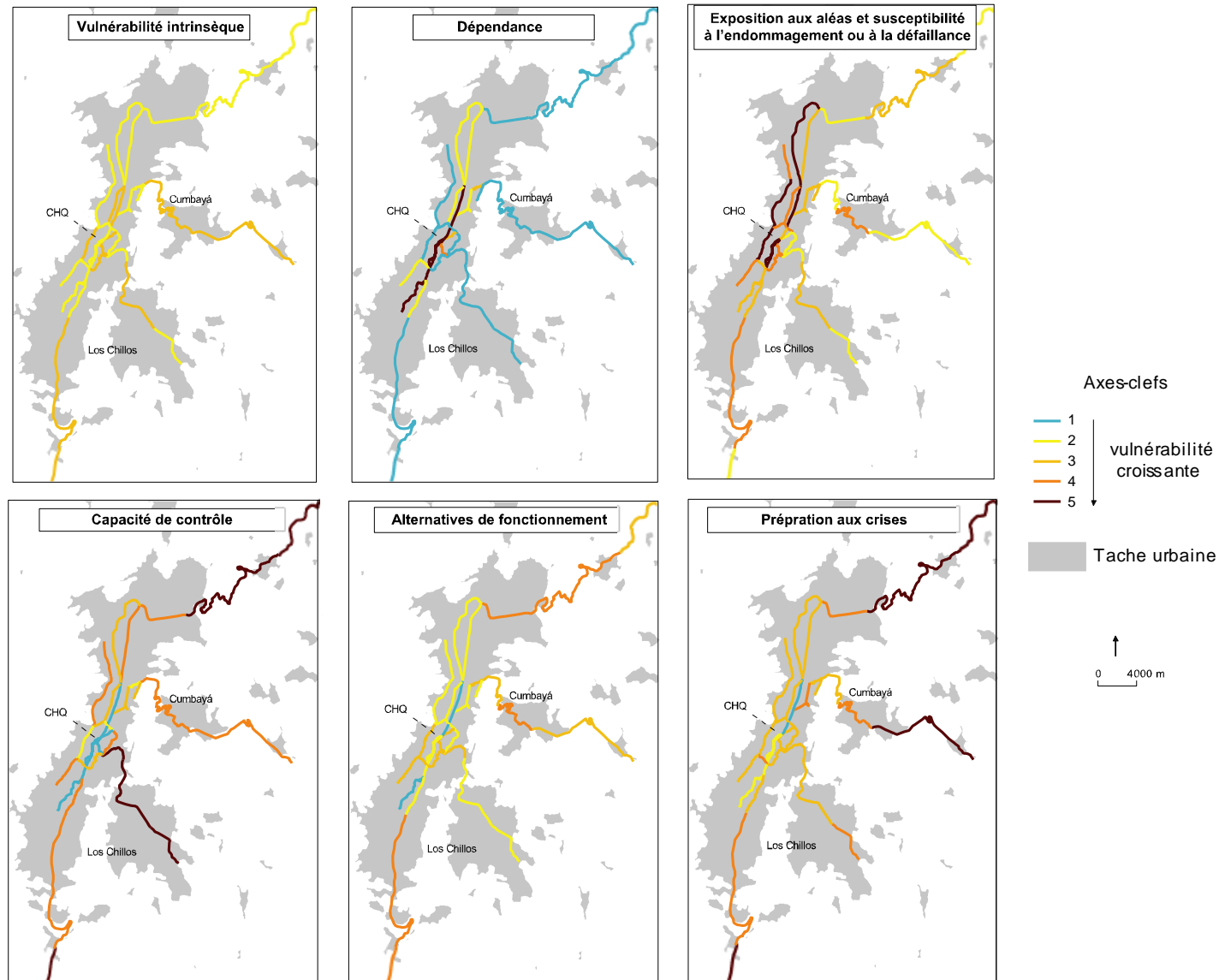
⁵⁹ Pour les critères associés à une caractérisation qualitative, une équivalence entre modalités et scores a été proposée (ex : dépendance faible => 1, dépendance moyenne => 2, dépendance forte => 3, dépendance très forte => 4).



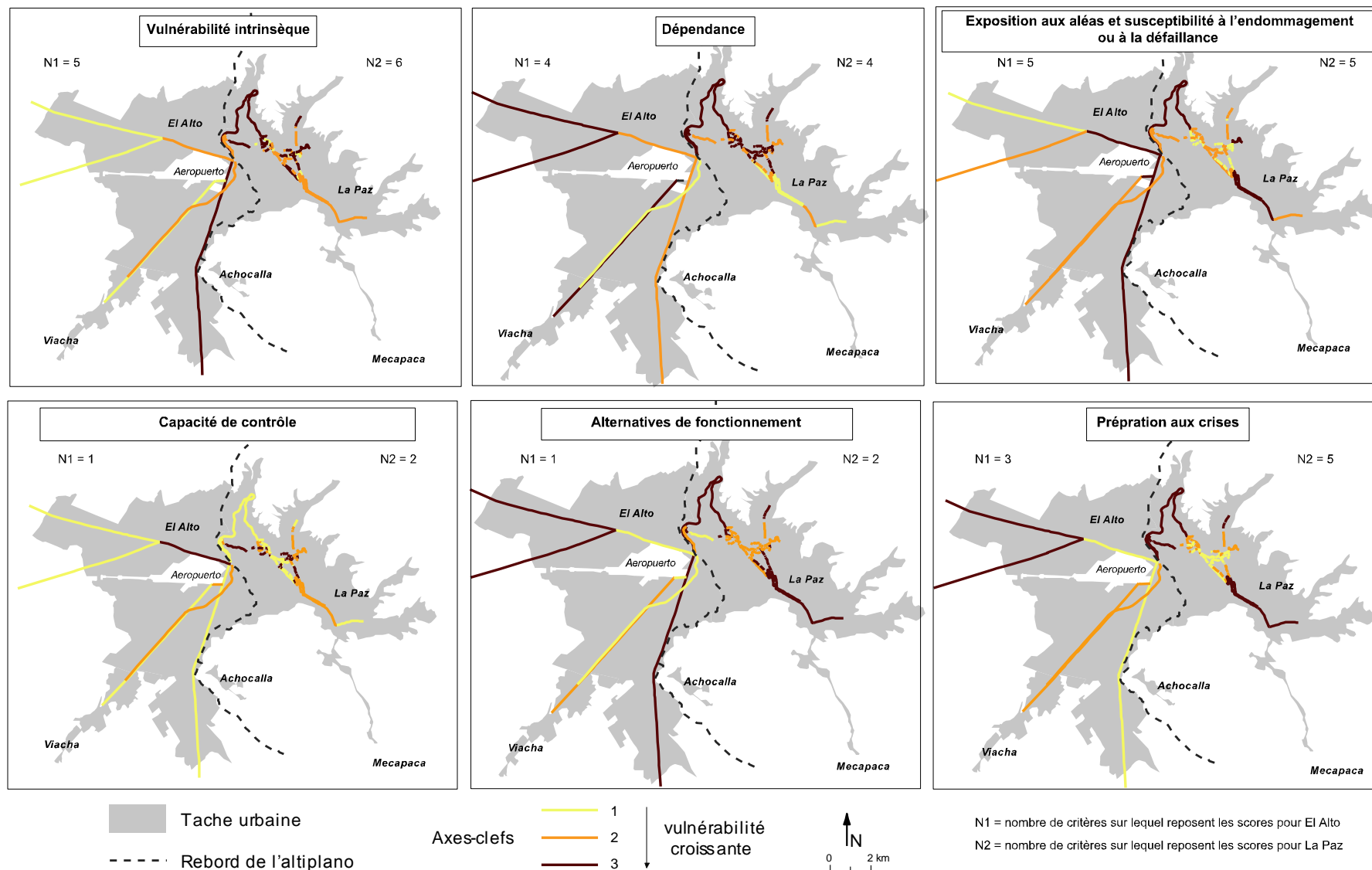
vulnérabilité, nous avons divisé ce score hypothétique maximal par cinq. A partir de là, nous avons déterminé les seuils des classes (d'égales amplitudes). L'intervalle de classe dans l'exemple choisi est de 4 (20 / 5). Cette méthode permet de relativiser les scores synthétiques en fonction du nombre de critères et de leur étendue par entrée.

A La Paz / El Alto, une association directe entre la somme des scores par critère et un niveau de vulnérabilité a été retenue. Le nombre de critères intervient donc directement sur les scores synthétiques. Ceci étant, un faible nombre de critères dans une entrée peut aussi être révélateur d'un faible niveau de vulnérabilité (cf. supra, la capacité de contrôle et les alternatives à El Alto) que le score synthétique retranscrira donc assez fidèlement.

L'appréciation détaillée des vulnérabilités des axes-clefs fournit une première série de résultats directement exploitables par les services de voiries et les organismes de tutelle des transports en commun. Ces résultats permettent en effet de connaître les axes les plus vulnérables dans chacune des six entrées, d'en connaître les causes et donc de réfléchir à des actions pour y remédier. Ce premier diagnostic constitue un des apports de nos recherches. Ceci étant, il nous est apparu indispensable d'aller plus loin et d'analyser la façon dont les différentes entrées peuvent interagir entre elles. Certaines peuvent se cumuler, d'autres se compenser. Nous proposons dans la section suivante (2.5.4) les résultats obtenus dans cette optique et qui ont consisté à calculer un score global de vulnérabilité.



Carte 5 - Les six formes de vulnérabilités des axes-clefs de l'agglomération de Quito en 2004 (d'après Demoraes, 2004)



Carte 6 - Les six formes de vulnérabilités des axes-clefs de l'agglomération de La Paz / El Alto en 2008 - Demoraes, 2015 d'après Núñez et Demoraes, 2009



2.5.4 - Vers un score global de vulnérabilité

Pour obtenir un indicateur synthétisant les différentes formes de vulnérabilité, j'ai proposé dans mes travaux à Quito une méthode simple que je reprends ci-dessous et que nous avons ensuite appliquée à La Paz.

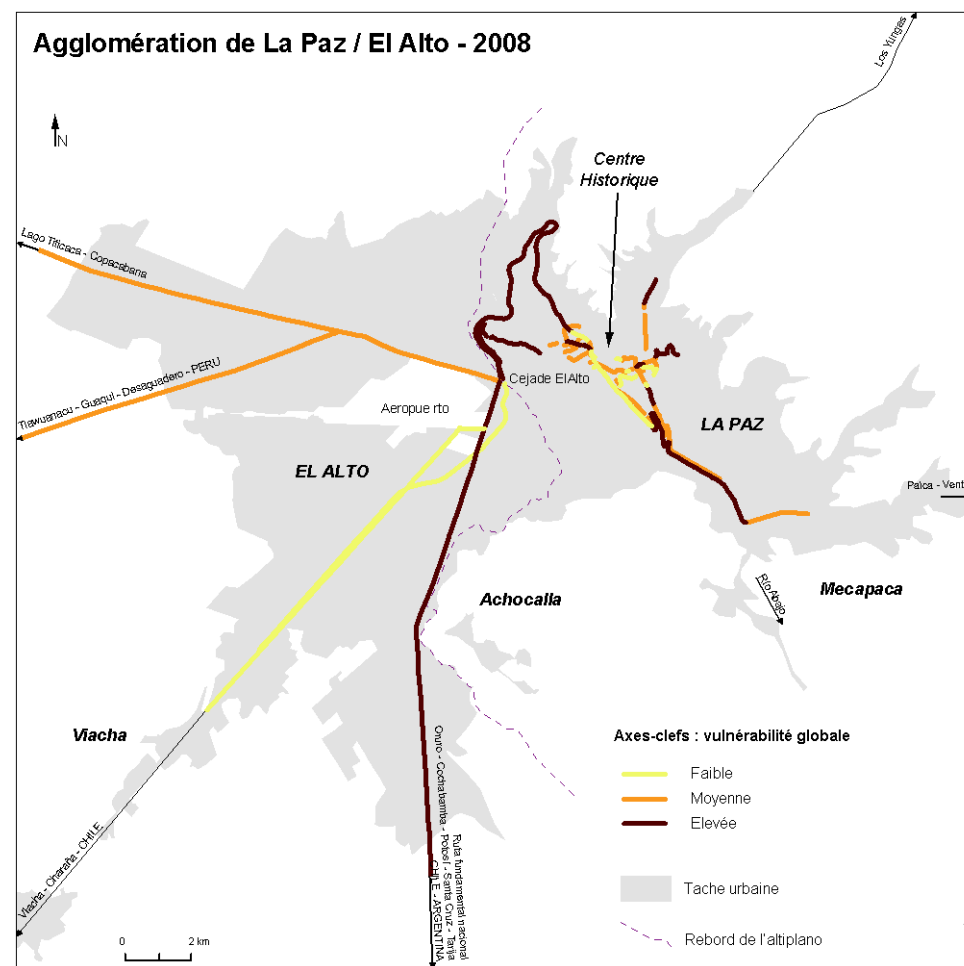
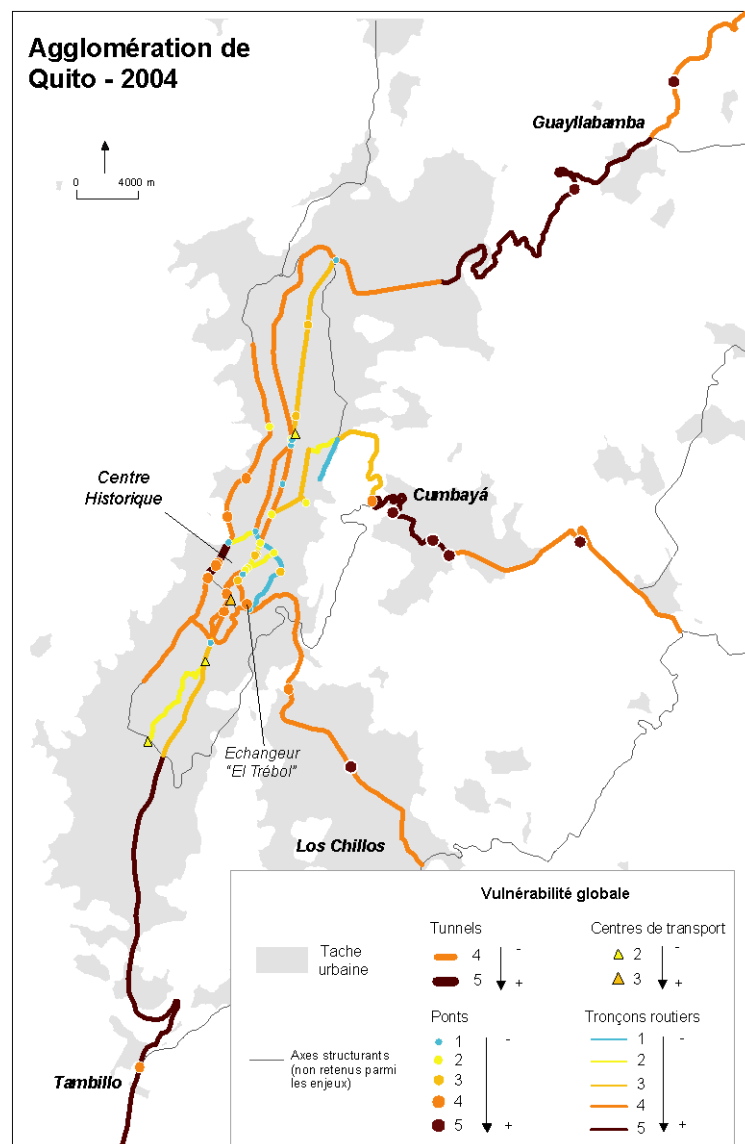
Les scores obtenus dans chacune des six entrées ont été additionnés puis discrétisés afin d'obtenir des scores de vulnérabilité globale que nous avons ensuite cartographiés.

La **Carte 7** met en évidence les éléments-clefs qui sont globalement les plus vulnérables (ceci est le cas lorsque les vulnérabilités sont fortes et faiblement compensées), c'est-à-dire ceux qui sont les plus susceptibles de ne plus fonctionner, de ne plus assurer leur rôle et d'entraîner en conséquence de graves perturbations des mobilités. C'est donc sur cet ensemble d'éléments-clefs particulièrement vulnérables que des actions locales de réduction de vulnérabilité doivent être envisagées en priorité.

Dans le District Métropolitain de Quito, il ressort de cette analyse que la plupart des voies d'accès à la ville et les tunnels atteignent les niveaux « fort » (4) et « très fort » (5) de vulnérabilité cumulée. A La Paz, les deux axes-clefs qui la relient à El Alto et la voie qui connecte son centre historique à la zone sud atteignent un score de vulnérabilité globale maximal. A El Alto, c'est la route en direction du sud qui permet d'accéder aux autres pôles urbains boliviens, au Chili et à l'Argentine qui ressort comme étant la plus vulnérable.

Ce constat fournit un premier éclairage sur les impacts que la fermeture de ces quelques axes-clefs particulièrement vulnérables pourrait avoir sur les conditions de circulation dans les agglomérations. Il faut souligner que ce genre de diagnostic approfondi de vulnérabilité ciblé sur des enjeux ayant une implantation spatiale (les éléments-clefs des réseaux de voirie et de transport) à l'échelle d'une agglomération, a représenté un apport particulièrement novateur à l'époque.

Ceci étant, cette approche reste encore à ce stade très centrée sur les impacts attendus sur le réseau et ne représente qu'une étape intermédiaire dans notre démarche. Nous proposons en section 2.6 de repositionner ces résultats dans une dimension territoriale afin de comprendre les risques encourus pour le fonctionnement des agglomérations. Pour ce faire, nous allons recourir à la notion d'accessibilité.



Carte 7 - La vulnérabilité globale des infrastructures-clefs des réseaux routier et de transport dans l'agglomération de Quito en 2004 et des axes-clefs dans l'agglomération de La Paz / El Alto en 2008 - Demoraes, 2015 d'après Demoraes, 2004 et Núñez et Demoraes, 2009

2.5.5 - Eléments de discussion

Le décryptage des vulnérabilités d'un réseau (routier ou de transport) requiert un travail approfondi, qui ne peut être envisagé que sur un nombre limité d'éléments, ce qui confirme en dehors de sa pertinence scientifique, l'intérêt pratique de cibler l'analyse sur les infrastructures-clefs. La méthode proposée fournit des indicateurs de prédisposition des éléments à se retrouver hors service en croisant à la fois des paramètres qui accentuent et contrebalancent les vulnérabilités. Elle ne propose pas de probabilités, trop complexes (voire impossibles ?) à calculer, sauf pour certains critères. Le concours d'ingénieurs civils nous a par exemple permis d'estimer la probabilité qu'ont les ponts de l'agglomération de Quito de s'effondrer en fonction de l'accélération maximale attendue au sol suivant plusieurs scénarii sismiques (voir Demoraes et al., 2005 - ACL14 - Réf. 2, volume 3).

A posteriori, certains événements donnent (malheureusement pour les populations) raison au chercheur et peuvent valider dans une certaine mesure les résultats de nos recherches. A titre d'exemple, le 31 mars 2008, l'échangeur « El Trebol » (**Carte 7**) construit sur un remblai et que j'avais identifié dans ma thèse en 2004 comme étant à la fois stratégique pour les déplacements dans le DMQ (60 000 véhicules par jour, porte d'accès au centre et point de passage entre les parties nord et sud de la ville) et fortement vulnérable (niveau 4), s'est retrouvé hors service après qu'un phénomène de suffosion a ouvert un creux de 50 mètres de diamètre et de 30 mètres de profondeur (**Photo 8**). Les conséquences sur la circulation de la fermeture de cet échangeur et les modalités de gestion globalement efficace de cet événement par la municipalité sont analysées dans Salazar, Demoraes et al., 2009 (ACL8).



Photo 8 - Effondrement de la voirie à la hauteur de l'échangeur « El Trébol » à Quito (Cliché : Journal El Comercio - 31/03/2008)

Les résultats que je livre dans cette section 2.5 renvoient à des travaux menés en 2004 à Quito et en 2008 à La Paz. Ils donnent à voir un instantané de l'état de vulnérabilité des réseaux dans chacune de ces deux agglomérations, état qui a nécessairement évolué depuis. En effet, si certains scores sont globalement stables d'une année sur l'autre (vulnérabilité sismique des ponts, sinuosité des axes routiers, etc.), d'autres sont beaucoup plus évolutifs (état du revêtement d'une chaussée, état de fonctionnement d'un équipement, etc.). Par ailleurs, la construction de nouvelles voies, de nouvelles infrastructures modifie aussi la composition du réseau et peut en modifier la vulnérabilité. Enfin, aussi minutieuse soit l'exploration de la vulnérabilité d'un réseau, il n'en reste pas moins des incertitudes, liées à la fois au manque de données, à leur imprécision et aux simplifications que nous avons opérées. Sur ce dernier point, et avec du recul, l'addition des scores synthétiques obtenus par entrée pour créer le score global de vulnérabilité a tendance à masquer des situations très contrastées qu'une analyse typologique (AFCM+CAH) dont je ne maîtrisais pas le maniement à l'époque, aurait sans doute permis de mieux faire ressortir. Ceci étant, le va-et-vient entre vulnérabilités synthétiques par entrée et vulnérabilité globale reste bien sûr possible avec la méthode développée à l'époque.



2.6 - De la vulnérabilité des réseaux à la vulnérabilité des lieux : regard croisé sur les trois agglomérations

Cette section correspond à la quatrième étape du cadre analytique (**Tableau 3**).

2.6.1 - Le nécessaire recours à la notion d'accessibilité

Si la fermeture d'un axe ou la suspension d'un service de transport, quelle qu'en soit la cause, entravent les déplacements, elles impliquent également des conséquences directes sur l'accessibilité des sous-secteurs qui composent une agglomération. L'accessibilité, entendue ici comme « *le degré de facilité avec lequel on atteint un lieu* » (Beguin, 1995), est une notion centrale pour le fonctionnement habituel d'une ville et pour la gestion de crise. L'accès à un quartier dans lequel est localisé un CHU est d'une importance capitale pour y acheminer les malades et blessés en temps normal. Il l'est encore plus en situation d'urgence où le nombre de personnes nécessitant des soins peut très vite augmenter. Comme nous le montrons dans la section 2.6.3, l'accessibilité est très hétérogène et limitée dans certains secteurs des agglomérations étudiées, ce qui pose déjà des difficultés au quotidien. Ceci dit, c'est surtout la réduction de l'accessibilité des sous-secteurs à cause de la défaillance de leur voie d'accès, qui laisse présager de graves problèmes compte tenu de l'isolement prévisible de certains sous-secteurs ou de l'ampleur des détours à effectuer pour y accéder. Il importe donc dans un premier temps de qualifier l'accessibilité des sous-secteurs urbains, objet de la section 2.6.3 et d'étudier dans un deuxième temps, le nombre d'habitants, de fonctions urbaines et de ressources pour affronter une crise, que chacun d'eux rassemble (sections 2.6.4, 2.6.5 et 2.7).

2.6.2 - Le choix de l'échelon d'analyse : les « bassins de circulation »

Pour mesurer l'accessibilité des différentes parties d'une agglomération en temps habituel et envisager les altérations possibles d'accessibilité en cas de défaillance d'une partie du réseau routier, j'ai proposé à Quito une méthode qui a d'abord consisté à définir un échelon d'analyse approprié dans la mesure où les différents découpages administratifs reposant sur des caractéristiques historiques, architecturales et socio-économiques propres, se sont vite révélés inadaptés à notre étude (Demoraes, 2004 - MDU1). Cet échelon renvoie à des secteurs qui ont un sens du point de vue de « l'écoulement du trafic » et que j'ai qualifiés de « *bassins de circulation* »⁶⁰. Ces derniers ont été délimités en fonction de l'armature du réseau routier structurant et principal, en partie conditionnée par les discontinuités et barrières identifiées au sein de l'agglomération (elles-mêmes calquées sur la topographie, l'hydrographie et sur certains aménagements urbains) et en tenant compte également du principe de rattachement des secteurs aux axes (logique gravitaire locale).

Cette méthode, transposée ensuite à Lima dans le cadre du projet SIRAD (Metzger, 2010)⁶¹, permet de comprendre l'articulation des différents sous-ensembles à l'intérieur des agglomérations et de repérer les points de passage entre eux, points dont la fermeture entraînerait logiquement une altération de l'accessibilité des sous-ensembles. A Quito comme à Lima, deux niveaux d'analyse ont été proposés. Le premier repose sur une première subdivision grossière (les « grands bassins de circulation » ou « macrozones »), le deuxième sur une subdivision plus fine (les « bassins locaux de circulation » ou « zones »). Ainsi, 14 macrozones subdivisées en 44 zones ont été délimitées à Quito. A Lima se sont 9 macrozones restreintes à la tache urbaine, subdivisées en 34 zones qui ont été définies. Par la suite, des niveaux d'accessibilité pour les macrozones et pour les zones ont été calculés selon des méthodes spécifiques à chacune des deux agglomérations que nous livrons dans la section suivante avec les cartes associées. Concernant Quito, cette phase s'inscrit dans la continuité de l'étape antérieure (évaluation de la vulnérabilité des infrastructures-clefs de la mobilité). A Lima, cette phase a été menée sans les étapes antérieures, ce qui confirme la modularité de la méthode en fonction des objectifs suivis, que nous rappelons dans les paragraphes suivants.

⁶⁰ Cette méthode est inspirée de la logique de délimitation des bassins-versants hydrographiques.

⁶¹ Ma participation à cette analyse à Lima renvoie à sa phase amont et a pris la forme d'échanges par courriel avec P. Metzger, P. Gluski (discussions sur la transposabilité de la méthode, aide concernant la manière de la mettre en œuvre dans le SIG). Le responsable technique du thème était Pierre Vernier, et Rider Navarro, la personne ayant réalisé les traitements.



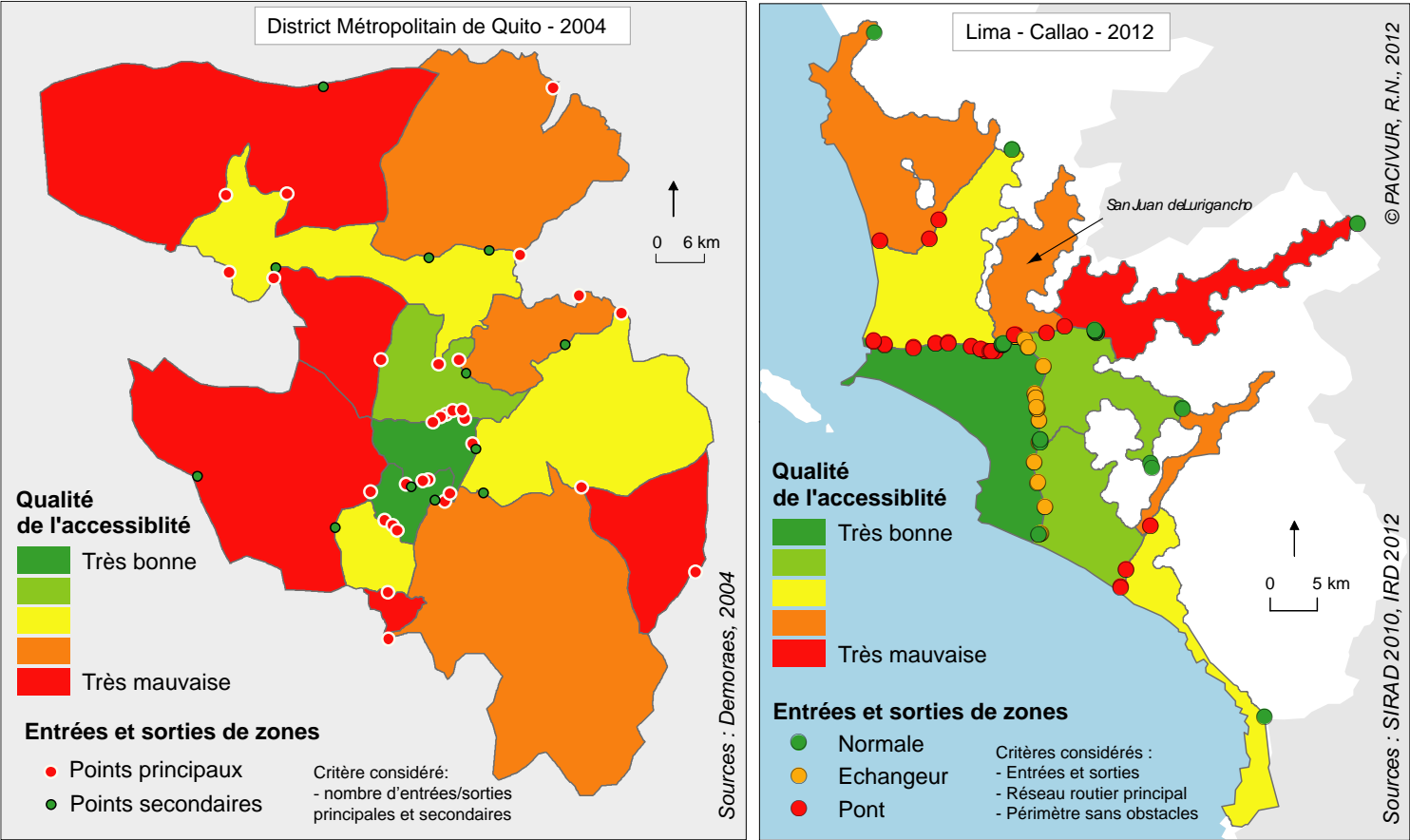
2.6.3 - Qualification de l'accessibilité en période normale à Quito et à Lima

L'idée sous-jacente dans cette section est d'estimer à la fois le degré de facilité avec lequel on peut atteindre les différents sous-secteurs des agglomérations et la facilité de circulation à l'intérieur de chacun des sous-secteurs. Ces différenciations reposent à la fois sur des indicateurs qualitatifs et quantitatifs dont le choix a différé entre Quito et Lima comme nous l'exposons ci-après.

2.6.3.1 - Qualification de l'accessibilité des macrozones

A Quito, j'ai évalué l'accessibilité des macrozones à partir d'un seul critère : le nombre d'entrées/sorties principales et secondaires, qui permet d'apprécier le degré d'interconnexion entre zones contigües. A Lima, trois critères ont été utilisés : le nombre d'entrées/sorties, le pourcentage du périmètre des macrozones sans obstacles (collines, espaces fermés, mer), et la densité du réseau routier principal. A l'aide du SIG, les scores associés aux critères ont été additionnés, classés puis cartographiés (**Carte 8**).

Dans le District Métropolitain de Quito, l'accessibilité est plutôt satisfaisante dans l'espace central. A l'opposé, cinq macrozones, heureusement très peu peuplées, ont une accessibilité très mauvaise. A Lima, le district le plus peuplé de l'agglomération (*San Juan de Lurigancho*, avec près d'un million d'habitants) compte seulement 4 points d'entrée. De son côté, le secteur central est bien accessible et présente de nombreuses connexions avec les autres zones, mais doit faire face à de constants embouteillages (Metzger et al., 2014).



Carte 8 - Niveau d'accessibilité des « grands bassins de circulation » dans les agglomérations de Quito (d'après Demoraes, 2004) et de Lima (Metzger et al, 2014)



2.6.3.2 - Qualification de l'accessibilité des bassins locaux de circulation

Comparativement, un plus grand nombre de critères a été choisi pour qualifier l'accessibilité en temps normal des « bassins locaux de circulation » (**Tableau 8**). Certains critères sont communs aux deux agglomérations. Les scores associés à ces critères ont été additionnés, répartis en 5 classes et cartographiés (**Carte 9** et **Carte 10**).

A Lima, dans le cadre du projet SIRAD, l'accessibilité des zones a été retenue comme une des quatre formes de vulnérabilité des éléments considérés comme ressources essentielles pour la gestion de crise⁶² face à un séisme et/ou à un tsunami. L'efficacité de l'intervention des secours étant très variable en fonction de l'état de la circulation, lui-même très fluctuant par période de 24 heures, l'accessibilité des zones a été qualifiée suivant une distinction entre le jour et la nuit (**Carte 10**). Ce degré d'accessibilité des zones a ensuite été transféré aux ressources essentielles (refuges, hôpitaux, etc.). Cette approche représente une amélioration de la méthode développée à Quito.

L'accessibilité des différents secteurs dans le District Métropolitain de Quito est fort variable en période normale. Elle est globalement bien meilleure dans la moitié orientale et en ville, dans les secteurs plats. Cet ensemble est en effet desservi par un nombre assez élevé d'axes à grand gabarit goudronnés et le réseau innervant y est assez développé. En revanche, le degré d'accessibilité des secteurs à l'Ouest et au Nord de l'agglomération et des flancs Ouest de la ville est bien moindre. Ces secteurs ont une topographie accidentée et un nombre d'accès restreint par des voies pas toujours goudronnées, généralement très sinueuses. Entre la ville et les vallées orientales, un secteur ressort comme étant très peu accessible. Il s'agit du secteur regroupant les localités de *Llano Chico*, *Zámbiza* et *Nayón*. Ce secteur s'apparente à un cul-de-sac desservi par trois axes sans issue, et entre lesquels il n'existe pas de connexions compte tenu de la présence de profonds ravins entre les trois localités.

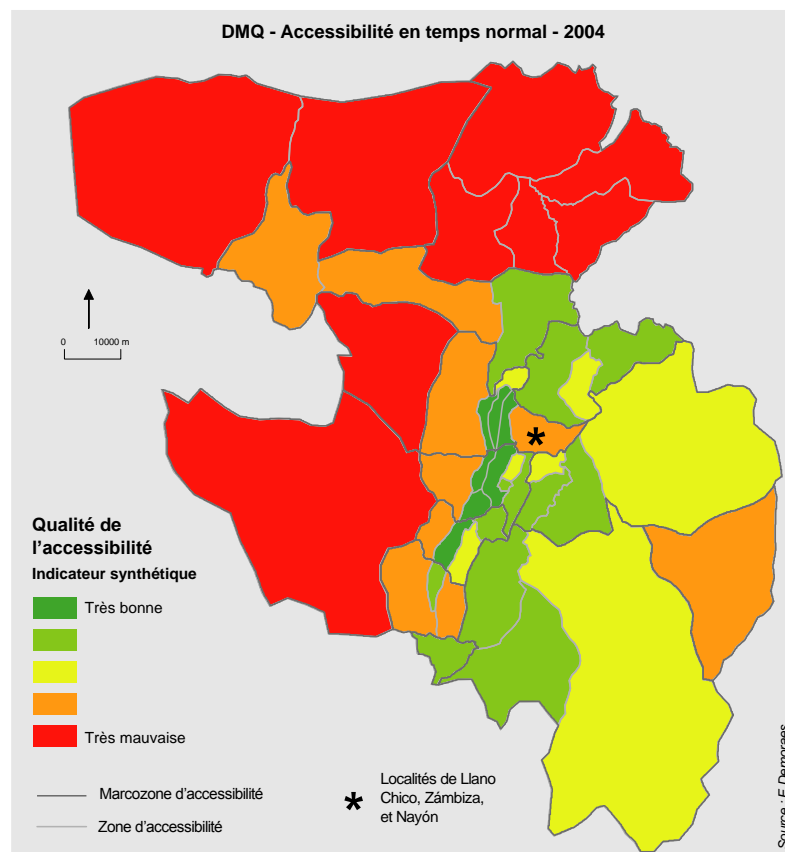
Dans l'agglomération de Lima, 20 zones (sur les 34, soit un peu plus de 50% de l'espace urbanisé) présentent, la nuit, une accessibilité de moyenne à très bonne, principalement dans la partie centrale. Cinq zones se caractérisent par une très mauvaise accessibilité, soit 14% de l'espace urbanisé. Il s'agit des districts (ou d'une partie des districts) de *Santa Rosa*, *Carabayllo*, *San Juan de Lurigancho*, *Pachacamac* et *Cieneguilla*. Le jour, la situation est plus problématique, en particulier dans la partie centrale qui voit son accessibilité se dégrader par rapport à la nuit compte tenu des problèmes d'embouteillages. Ainsi, aucune zone ne présente une bonne accessibilité le jour et seulement 10 (ne représentant que 30% de l'espace urbanisé) possèdent une accessibilité moyenne. Enfin, le nombre de zones ayant une accessibilité très mauvaise passe de 5 à 11.

62 Les trois autres formes sont : (1) – l'exposition des ressources essentielles pour la gestion de crise à l'aléa sismique et aux tsunamis ; (2) – la vulnérabilité structurale de certaines ressources ; (3) – les problèmes d'accès de la population, notamment vulnérable, à ces ressources.

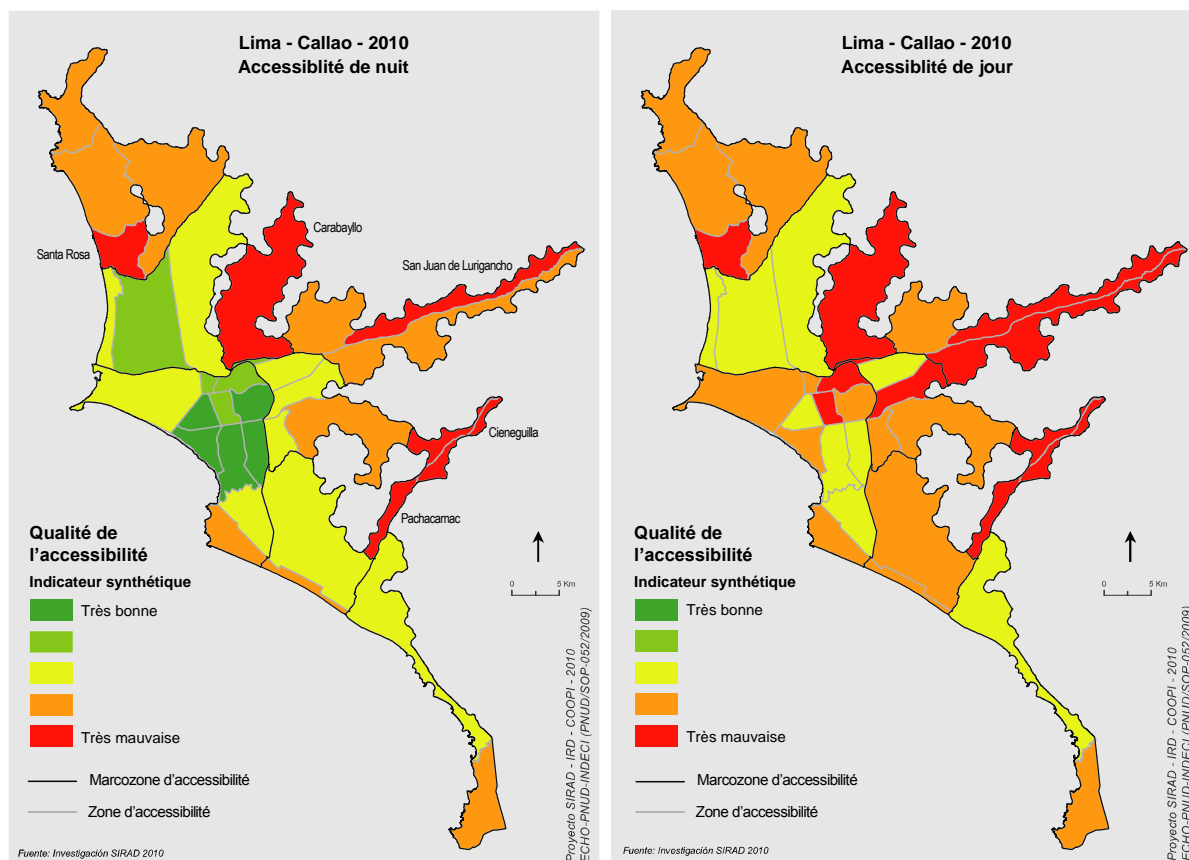


Degré d'accessibilité de la macrozone d'appartenance		Perméabilité des limites extérieures des zones	Caractérisation de l'intérieur des zones
<div>+</div> <div>Qualification de l'accès immédiat aux zones</div> <div>Type de revêtement des voies d'accès</div> <div>Existence d'une pénétrante (axe central à grand gabarit traversant de part en part la zone)</div> <div>DMQ</div>		<div>Nombre d'entrées et de sorties (en dehors des ponts et des échangeurs)</div> <div>Indicateur de perméabilité du périmètre de la zone combinant : --> % du périmètre délimité par des obstacles infranchissables (colines, espaces fermés, mer) --> % du périmètre délimité par des éléments franchissables mais impliquant une rugosité plus ou moins limitante (rivière, échangeur) --> % du périmètre sans obstacle</div> <div>Lima</div>	<div>Densité du réseau --> nb km route / km²</div>
			<div>Densité du réseau principal --> nb km route / km²</div>
			<div>Pourcentage de la surface de la zone située à plus de 500 m du réseau principal --> renseigne sur le caractère enclavé de la zone</div>
			<div>Pourcentage de la zone occupée par des colines --> renseigne sur la connectivité du réseau localement</div>
			<div>Largeur moyenne de la voirie</div>
<div>+</div> <div>Caractérisation de l'intérieur des zones</div> <div>Pourcentage de la surface de la zone située à plus de 1 Km d'un axe majeur --> renseigne sur le caractère enclavé de la zone</div> <div>Sinuosité des axes d'innervation --> rapport entre la longueur d'un axe et la distance à vol d'oiseau entre ses deux extrémités (moyenne)</div> <div>Densité du réseau innervant (capillarité) --> nb km route / km²</div> <div>Connexité du réseau d'innervation --> quantité existante de liens directs entre les noeuds du réseau local par rapport au nombre de liens total maximal dans l'hypothèse d'une connexité optimale.</div> <div>Pente moyenne (°)</div>	<div>+</div>		<div>Nombre de points de congestion du trafic par kilomètre de voie principale --> uniquement pour l'accessibilité de jour</div>

Tableau 8 - Critères retenus pour qualifier l'accessibilité des « bassins locaux de circulation » dans les agglomérations de Quito (d'après Demoraes, 2004) et de Lima (d'après Metzger, 2010)



Carte 9 - Niveau d'accessibilité des « basins locaux de circulation » dans le District Métropolitain de Quito (d'après Demoraes, 2004)



Carte 10 - Niveau d'accessibilité des « basins locaux de circulation » à Lima la nuit et le jour (d'après Metzger, 2010)



Dans la section suivante 2.6.4, je propose d'évaluer la réduction de l'accessibilité des lieux qui pourrait découler d'une détérioration des capacités du réseau routier dans le District Métropolitain de Quito. Les situations dans lesquelles la détérioration pourrait se produire sont analysées dans le cadre de deux scénarii. Dans la section 2.6.5, je présente un exemple de perte d'intégrité effective d'un réseau routier survenue lors d'un mouvement social surnommé « la Guerre du Gaz » à La Paz en 2003 et dont j'analyse rétrospectivement les conséquences sur l'accessibilité des grands secteurs de cette agglomération.

2.6.4 - Réduction possible de l'accessibilité dans le cas d'une perte d'intégrité du réseau routier : méthode d'évaluation et mise à l'épreuve dans le cadre de deux scénarii à Quito

Nous l'avons vu, dans le District Métropolitain de Quito, l'accessibilité en temps normal est très contrastée d'une zone à l'autre (**Carte 9**), ce qui témoigne déjà de difficultés au quotidien. La question que l'on se pose à ce stade est de savoir dans quelle mesure ces différences pourraient se retrouver exacerbées en cas de perte d'intégrité du réseau routier. Pour y répondre, j'ai mobilisé le diagnostic sur la vulnérabilité des infrastructures-clefs (section 2.5) qui nous renseigne sur leur prédisposition à se retrouver hors service. Les résultats présentés dans cette section sont issus de ma thèse (Demoraes, 2004 - MDU1) et ont été valorisés dans un article (Demoraes 2009 - ACL5).

Dans un premier temps, j'ai extrait tous les tronçons-clefs du réseau routier identifiés comme étant fortement ou très fortement vulnérables et qui comportaient au moins un autre type d'infrastructure (tunnels, ponts) fortement ou très fortement vulnérable également. C'est donc l'association des vulnérabilités des trois types d'éléments qui a été prise en compte (effet cumulatif). Cinq axes ressortent comme étant particulièrement vulnérables : la Panaméricaine Nord, la Panaméricaine Sud, les deux axes reliant Quito à sa périphérie orientale et l'axe Nord-Sud de contournement du centre historique comportant les tunnels.

Le degré possible d'altération de l'accessibilité d'une zone a été évalué en suivant une « *logique endotrope*⁶³ de proximité », formulation que j'ai employée pour transcrire l'idée de risque d'isolement au moins partiel de certaines zones vis-à-vis de leurs voisines. Pour évaluer ce degré, deux critères ont été pris en compte :

- Le nombre d'accès principaux susceptibles d'être neutralisés par rapport au nombre total d'accès principaux,
- Le nombre d'accès secondaires susceptibles de rester ouverts à la circulation.

L'accessibilité d'une zone peut être d'autant plus compromise que le nombre d'accès est restreint et que ces derniers sont fortement vulnérables. Les niveaux de réduction possible d'accessibilité des zones ont été évalués et cartographiés (**Carte 11**). Six bassins locaux de circulation (sur 44) représentant 5% de la superficie du District Métropolitain de Quito pourraient voir leur accessibilité fortement ou très fortement réduite⁶⁴.

La question à présent est de savoir dans quelles circonstances cette altération de l'accessibilité pourrait devenir effective. Si on ne peut prévoir avec certitude la survenue d'une défaillance d'un élément-clef du réseau, l'étude du contexte géodynamique local peut donner des indications en ce sens et fournir des pistes pour définir des scénarii qui simuleraient en quelque sorte des situations perturbées à venir, de façon assez plausible.

Par exemple, une forte secousse sismique pourrait entraîner la fermeture des accès principaux, compte tenu de l'effondrement des infrastructures routières comportant un tablier aérien. Nos travaux (Atiaga et Demoraes, 2002 - AP8) ont montré qu'en cas de séisme très sévère (PGA = 0,40 g), un tiers des 90 infrastructures recensées en 2002 dans le district avaient plus de 50 % de probabilité d'expérimenter des dommages modérés, étendus ou complets. Les quatre accès par la Panaméricaine Nord, la route *Interoceánica*, l'autoroute

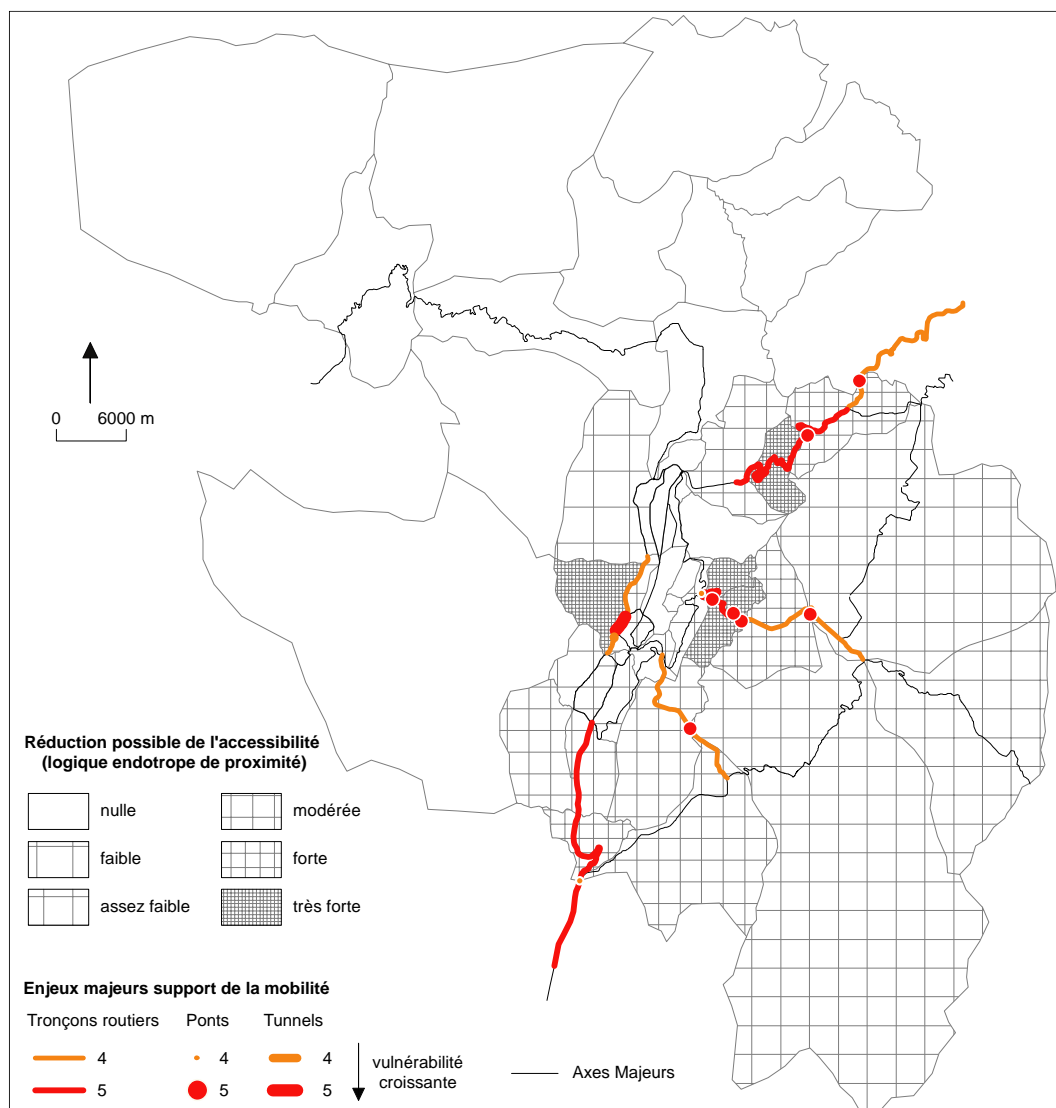
63 Tournée vers l'intérieur.

64 Dans ma recherche doctorale, une deuxième méthode pour évaluer les réductions d'accessibilité, non présentée ici, a été proposée. Elle s'attache à mesurer l'accessibilité des zones depuis l'extérieur du district toujours dans le cas où une partie du réseau routier se retrouverait inopérante. Pour cela, nous avons évalué le détour nécessaire pour accéder à chaque zone en cas de défaillance d'un ou plusieurs axes parmi les 5 identifiés comme étant les plus vulnérables. Ces travaux ont été développés à l'occasion d'une expertise que j'ai menée en 2002 pour le compte de la Direction de Planification de la Mairie de Quito (voir volume 2, section 5.3.3).



Rumiñahui et la Panaméricaine Sud seraient en conséquence très probablement hors service. L'accès serait vraisemblablement maintenu par la route Nord Orientale et par l'ancienne route à *Conocoto* (depuis la vallée de *Los Chillos*).

Toujours en 2002, sur la base des données disponibles à l'époque, mes travaux (Demoraes, 2002d - AP7) avaient fait ressortir qu'en cas de forte éruption du volcan *Cotopaxi*, les lahars associés neutraliseraient trois des cinq principaux accès à la ville en emportant les ponts de la Panaméricaine Nord, de la route *Interocéánica* et l'autoroute *Rumiñahui*. Seuls les accès par la Panaméricaine Sud et par la route Nord Orientale (*La Independencia - Calacalí*) resteraient a priori opérationnelles. Ces travaux mériteraient aujourd'hui d'être actualisés à l'aide des dernières données concernant les volumes de lahars attendus et du dernier zonage d'aléa. Ce sujet préoccupe particulièrement les autorités depuis août 2015 étant donné la reprise d'activité de ce volcan.



Carte 11 - Réduction possible de l'accessibilité des « bassins locaux de circulation » en cas de défaillance des infrastructures-clefs les plus vulnérables du réseau routier de Quito (Demoraes, 2004)

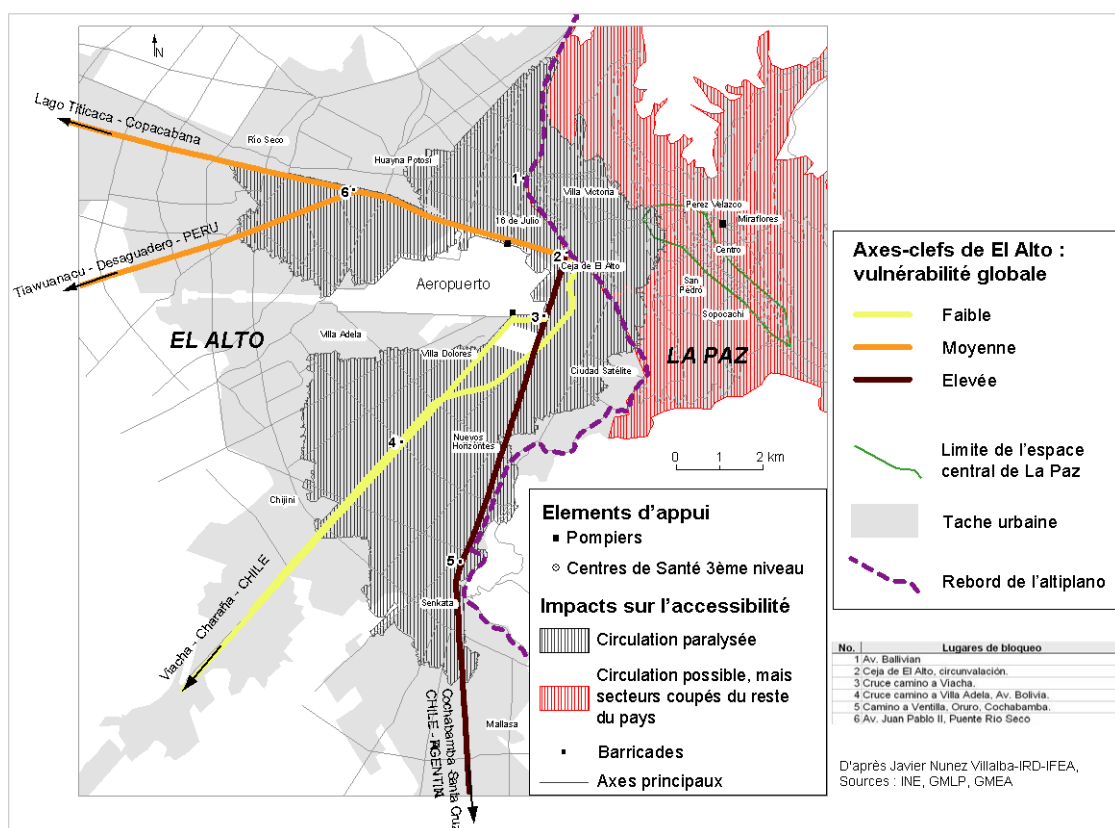
Dans cette section 2.6.4, nous avons analysé la façon dont pourraient « réagir » les différents sous-ensembles de l'agglomération de Quito en cas de perte d'intégrité du réseau routier. Les deux scénarii proposés montrent que le risque de détérioration des infrastructures-clefs existe, et l'actualité rappelle l'acuité du problème. Ces résultats représentent une étape intermédiaire dans notre démarche et seront remobilisés comme nous le verrons dans la section 2.7.1, pour évaluer les vulnérabilités territoriales.



2.6.5 - Réduction effective de l'accessibilité suite à une perte d'intégrité du réseau routier : l'exemple de la Guerre du gaz à La Paz en 2003

En complément de l'approche dite « probabiliste » (reposant sur des scenarii) présentée dans la section précédente 2.6.4, l'approche dite « phénoménologique » (dérivée d'évènements passés) est également très instructive. Elle permet d'observer les pertes effectives d'accessibilité qui ont pu se produire dans certaines situations et d'en comprendre les causes.

On s'intéresse dans cette section à un évènement survenu dans l'agglomération de La Paz / El Alto et qui a été analysé dans Núñez et Demoraes, 2009 (ACL7). En octobre 2003, un mouvement social a vu le jour pour protester contre la politique du gouvernement national dans le secteur des hydrocarbures (un accord relatif à l'exportation de gaz, très désavantageux pour la Bolivie avait été conclu avec le Brésil notamment) et pour protester contre l'instauration d'une nouvelle taxe sur les salaires. Six barricades ont été érigées sur les grands axes de El Alto (**Carte 12**) et ont occasionné en l'absence d'alternatives routières, une paralysie du trafic affectant près des deux-tiers des quartiers de la ville de El Alto. Il est intéressant de noter que le blocage du réseau en seulement 6 endroits à El Alto, a également eu comme corollaire l'isolement total de la ville de La Paz et des répercussions sur le plan national et international (perturbation du trafic aérien). Le conflit, qui a duré 6 jours⁶⁵, a entraîné un vent de panique parmi la population et des débordements collectifs, compte tenu des désapprovisionnements en produits de base (denrées alimentaires, médicaments, combustibles) et des désorganisations dans plusieurs secteurs économiques (Mamani, 2004). Les connexions entre les deux villes étant complètement bloquées, plusieurs dizaines de personnes gravement blessées lors des affrontements à El Alto, n'ont pu être conduites vers La Paz où se trouvaient en 2003 la plupart des établissements de santé ayant des services spécialisés et ont dû être évacuées vers les localités de *Patacamaya* à 100 km et à *Oruro* à 310 km.



Carte 12 - Incidence du blocage des routes à El Alto sur l'accessibilité des lieux dans l'agglomération de La Paz / El Alto lors de la « Guerre du Gaz » en octobre 2003 - Demoraes, 2015, d'après Núñez et Demoraes, 2009

65 Et qui au final a abouti à la démission du président Gonzalo Sánchez de Lozada.



L'altération de l'accessibilité dans l'agglomération de La Paz / El Alto a été appréciée à partir d'une revue de presse et des renseignements fournis par les services d'équipement de chacune des deux villes⁶⁶. L'ensemble des zones dans lesquelles ont été recensées des pertes d'accessibilité ne renvoie pas à un découpage spécifique comme à Quito et à Lima, même si de façon schématique chacune des deux villes s'apparente à un « grand bassin de circulation », compte tenu de leur topographie et morphologie. Si l'on regarde de plus près la localisation des six barricades, on s'aperçoit que cinq d'entre elles ont été érigées sur des axes-clefs pour l'agglomération (identifiés en section 2.4) dont trois sur un axe fortement vulnérable (voir section 2.5). Ce constat confirme d'une part l'intérêt d'identifier à l'échelle d'un territoire les éléments-clefs d'un réseau puisqu'une perte effective de leur opérationnalité ressort bien comme étant fortement pénalisante pour le fonctionnement d'une agglomération dans son ensemble. Il valide d'autre part l'intérêt d'évaluer la vulnérabilité des éléments-clefs d'un réseau car l'axe-clef identifié comme étant le plus vulnérable à El Alto s'est effectivement retrouvé bloqué (avec trois barricades sur les six). Le cas de l'agglomération de La Paz / El Alto est assez exemplaire en ce sens que son organisation se lit assez facilement étant donné qu'elle repose sur un assez faible nombre d'axes-clefs et que la connectivité de son réseau viaire est somme toute très limitée. Cette agglomération est donc particulièrement sensible aux perturbations et les quelques points critiques où ériger des barricades sont bien connus des organisateurs des mouvements sociaux.

2.6.6 - *Éléments de discussion : l'altération de l'accessibilité, une forme de vulnérabilité des lieux*

Dans les sections précédentes, nous nous sommes tout d'abord intéressés aux problèmes d'accessibilité en temps habituel à Quito et à Lima (section 2.6.3). Dans un deuxième temps, nous avons analysé la façon dont *pourraient réagir* les différents sous-ensembles de l'agglomération de Quito en cas de perte d'intégrité du réseau routier que nous avons remis en perspective à l'aune de deux scénarii (section 2.6.4). Dans un troisième temps, nous avons étudié la façon dont *avaient réagi* les différents sous-ensembles de l'agglomération de La Paz / El Alto suite aux blocages de 6 axes-clefs en 2003 (section 2.6.5).

Une des conclusions intermédiaires qui ressort de ces analyses est que la vulnérabilité du réseau routier se transmet aux lieux en compromettant leur accessibilité. À son tour, l'altération de l'accessibilité d'un lieu peut être considérée comme une forme de vulnérabilité du lieu que l'on peut qualifier de « vulnérabilité spatiale »⁶⁷. Cette dernière se transmet in fine aux populations et aux fonctions urbaines présentes localement. L'analyse de cette vulnérabilité induite et l'étude des ruptures dans les relations entre les sous-secteurs d'une agglomération sont instructives en ce sens qu'elles révèlent des configurations susceptibles de compromettre le fonctionnement d'un territoire. Elles permettent également de repérer des formes *d'iniquités spatiales*⁶⁸ qui placent certaines portions du territoire dans une situation particulièrement défavorable pour affronter une crise comme nous le montrons dans la section suivante.

⁶⁶ Ce travail a été réalisé sur place par J. Núñez.

⁶⁷ Cette formulation est proposée dans D'Ercole et Metzger, 2004. Dans leur ouvrage, cette notion repose sur deux composantes : le niveau d'accessibilité des lieux et leur exposition aux aléas. Dans ce volume, la vulnérabilité spatiale ne renvoie qu'au niveau d'accessibilité.

⁶⁸ La notion d'équité, discutée plus en détails en section 3.3.1, renvoie à un principe qui consiste à attribuer des ressources en fonction des besoins. L'iniquité est l'inverse de l'équité.



2.7 - Perte d'accessibilité et déséquilibres spatiaux : une grille géographique de compréhension des vulnérabilités territoriales : les exemples de Quito et de Lima

Cette section dans laquelle nous développons deux exemples, correspond à la cinquième et dernière étape du cadre analytique (**Tableau 3**). Le premier exemple traite des problèmes qui pourraient survenir compte tenu de la présence dans les secteurs susceptibles de se retrouver isolés, d'équipements et d'infrastructures urbaines considérées comme enjeux majeurs pour le fonctionnement du District métropolitain de Quito (section 2.7.1). Ces travaux sont issus de ma thèse et ont fait l'objet d'une publication (Demoraes et D'Ercole, 2009 - ACL6). Le deuxième exemple explore les situations d'iniquités spatiales dans l'agglomération de Lima en comparant la distribution des ressources essentielles de la gestion de crise au regard de la répartition de la population (section 2.7.2). Les analyses livrées dans ce deuxième exemple sont inspirées d'une étude menée par les étudiants du M2 SIGAT dans le cadre d'un atelier que j'ai co-encadré en 2012 avec P. Metzger (IRD - Equipe PACIVUR - UMR PRODIG). Ces analyses sur Lima reposent en partie sur les résultats obtenus dans le cadre du projet SIRAD (D'Ercole, et al., 2011). Comme nous le montrons, les deux exemples fournissent des éclairages pour comprendre les difficultés auxquelles les territoires auraient à faire face pour maintenir leur fonctionnement et gérer une crise.

2.7.1 - Perte d'accessibilité et enjeux de fonctionnement : le cas de Quito

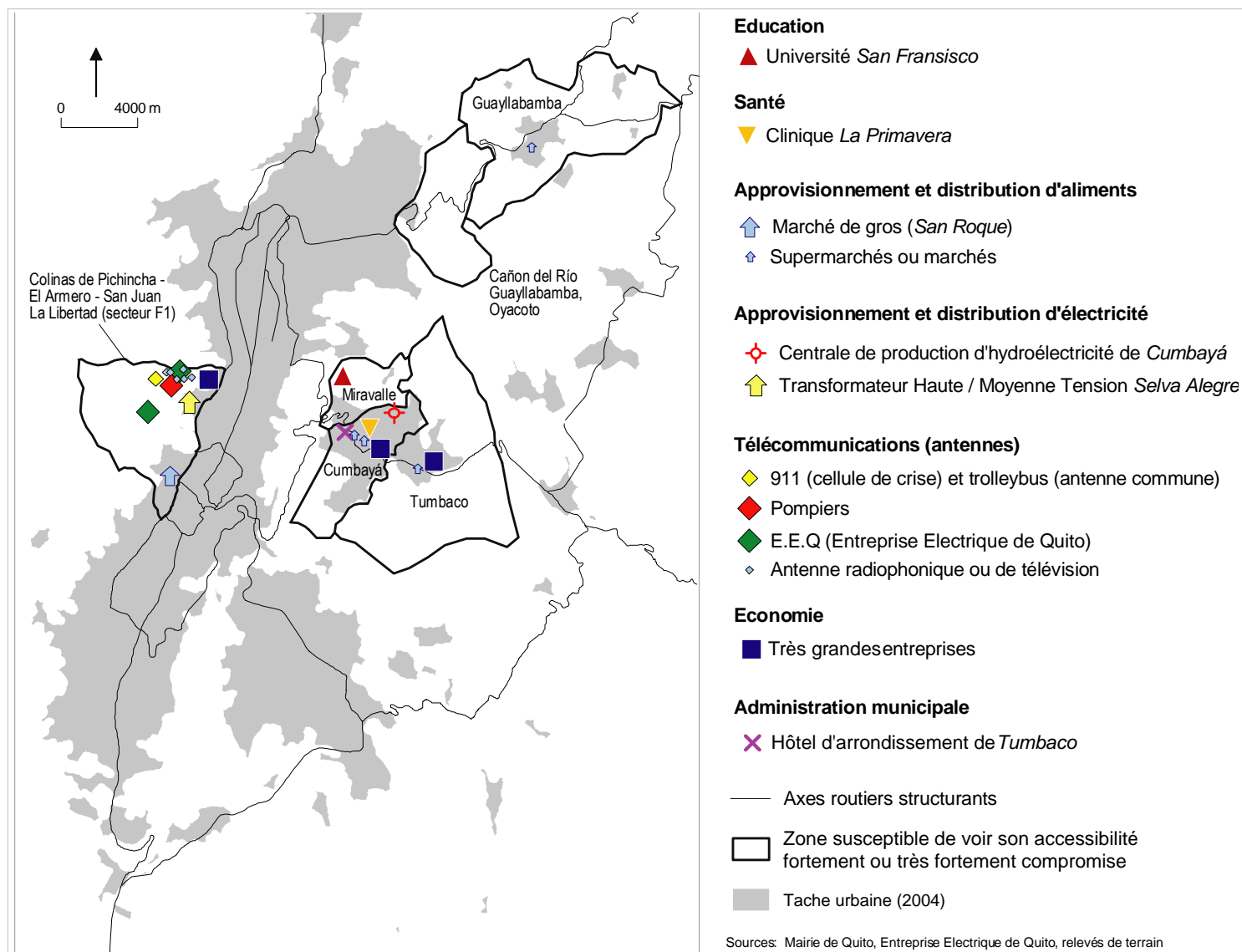
Dans les analyses de risque sont généralement dissociées de façon schématique trois phases : le fonctionnement ordinaire d'un territoire (situation de départ), la gestion de crise suite à la survenue d'un aléa ou au déclenchement d'une alerte (situation perturbée) et la période de récupération (vers un retour à la normale, ou non). A chaque phase sont associés des enjeux. Ces enjeux coexistent au sein d'un système territorial et peuvent être spécifiques d'une phase. Par exemple, un PC de crise est un enjeu pour gérer une situation d'urgence mais n'est pas un enjeu pour le fonctionnement normal. Ceci étant, il n'est pas rare que des éléments puissent être considérés comme des enjeux pour plusieurs phases. C'est le cas des hôpitaux qui constituent des enjeux majeurs pour les soins en temps normal et qui constituent également des enjeux de crise notamment pour la prise en charge des blessés. D'une manière générale, le rattachement des enjeux à une phase n'est pas toujours aisé.

2.7.1.1 - Principe, méthode d'analyse et cartographie

La première phase a consisté à recenser la présence d'enjeux majeurs pour le fonctionnement du district (extraits de D'Ercole et Metzger, 2002) dans des secteurs susceptibles de voir leur accessibilité très fortement compromise (section 2.6.4). Dans cette optique, nous avons retenu sept types d'enjeux majeurs pour le fonctionnement du district répartis dans les domaines suivants :

- l'éducation
- la santé
- l'approvisionnement et la distribution d'aliments
- l'approvisionnement et la distribution d'électricité
- les télécommunications
- l'économie
- l'administration municipale

La **Carte 13** représente l'ensemble de ces enjeux dans les six zones susceptibles de se retrouver isolées (extraits de la **Carte 11**). Certains sont aussi des enjeux de crise dans la mesure où ils permettraient de maintenir un service, une fonction essentielle nécessaire à l'affrontement d'une situation d'urgence. Il s'agit de la clinique *La Primavera*, de certaines infrastructures de distribution d'aliments et d'électricité, et de certaines installations de télécommunications.



Carte 13 - Localisation d'équipements et d'installations urbaines identifiés comme enjeux majeurs à l'échelle du District Métropolitain de Quito dans les zones susceptibles de connaître une forte ou très forte réduction de leur accessibilité (Demoraes, 2004)



2.7.1.2 - Perte d'accessibilité des fonctions urbaines retenues comme enjeux majeurs et risques encourus

L'impossibilité d'accéder à un équipement ou établissement identifié comme enjeu majeur laisse entrevoir plusieurs types de dysfonctionnements d'autant plus graves que « l'inaccès » est total et se prolonge dans le temps. Par exemple, l'impossibilité d'atteindre l'Université *San Francisco* dans laquelle sont inscrits près de 8 000 étudiants engendrerait des perturbations des cursus éducatifs, d'autant que certaines matières ne sont dispensées que dans cet établissement⁶⁹. Dans le même ordre d'idée, une rupture d'accessibilité pourrait affecter l'économie du district compte tenu des problèmes auxquels seraient confrontées les entreprises. En effet, les employés pourraient éprouver des difficultés à se rendre à leur lieu de travail et les matières premières dont certaines entreprises ont besoin, pourraient ne plus être livrées. Elles pourraient, en outre, ne plus pouvoir expédier leurs productions. Les risques induits sont donc des pertes d'emplois, des manques à gagner, une perte de compétitivité. Dans le cas qui nous concerne, trois grandes entreprises regroupant près de 3000 emplois sont recensées dans les six zones les plus vulnérables. On retrouve une logique similaire avec les points de vente d'aliments organisés en flux tendus notamment pour les denrées périssables. Une perte d'accessibilité entraînerait un désapprovisionnement et globalement une baisse de chalandise. Cinq centres principaux de distribution, dont le marché de gros *San Roque*, se trouvent dans les six secteurs problématiques.

2.7.1.3 - Perte d'accessibilité, défaillance de fonctions urbaines retenues comme enjeux majeurs et risques encourus

En fonction du scénario considéré (séisme, chute de cendre, lahar), ce n'est pas seulement l'accessibilité des équipements ou établissements identifiés comme enjeux majeurs qui peut se retrouver altérée. Certains phénomènes peuvent également engendrer des dommages directs à ces équipements ou établissements, en dehors de ceux occasionnés aux infrastructures routières. Dans ce cas, l'accès à ces équipements ou établissements est d'autant plus crucial qu'il faut procéder à leur réparation, afin de réamorcer des systèmes et maintenir des services⁷⁰. Dans les six secteurs retenus, un grand nombre d'antennes de télécommunication et deux équipements névralgiques du système électrique sont répertoriés. Sur les 59 antennes que compte le district, 14 se trouvent sur les hauteurs de la ville dans le secteur F1 (*San Juan, La Libertad*, voir **Carte 13**), secteur habituellement peu accessible et susceptible de se retrouver isolé. Cette situation peut poser des problèmes si des interventions sur les antennes s'avèrent nécessaires pour remédier à des pannes. Ce cas de figure est d'autant plus préoccupant que les installations appartiennent à des gestionnaires de crise (cellule de crise, pompiers) et à certains organismes-clefs tels que l'Entreprise Electrique de Quito (EEQ). L'endommagement des antennes, difficilement remédiable compte tenu de leur faible accessibilité, pourrait perturber les télécommunications, ce qui serait préjudiciable à l'organisation des secours, mais aussi au maintien de certains services. L'EEQ avec deux antennes dans le secteur F1, pourrait éprouver des difficultés à coordonner les interventions de ses équipes de techniciens sur le terrain dans les secteurs privés d'électricité. La mise hors service des antennes radio et de télévision pourrait également empêcher la diffusion des informations à la population sur les mesures et attitudes à suivre pour faire face à la crise. En ce qui concerne les deux équipements du système électrique, d'après D'Ercole et Metzger (2004, chapitre 5), le transformateur haute / moyenne tension de *Selva Alegre*, situé dans la zone F1, ne présente qu'une vulnérabilité cumulée égale au niveau 2 (vulnérabilité assez faible). En revanche, la centrale de production d'hydroélectricité de *Cumbayá* est associée à une vulnérabilité cumulée égale à 4 (forte vulnérabilité). Les risques de défaillance et les pannes électriques induites sont donc comparativement plus élevés dans le deuxième cas.

2.7.1.4 - Perte d'accessibilité et échelles de risque

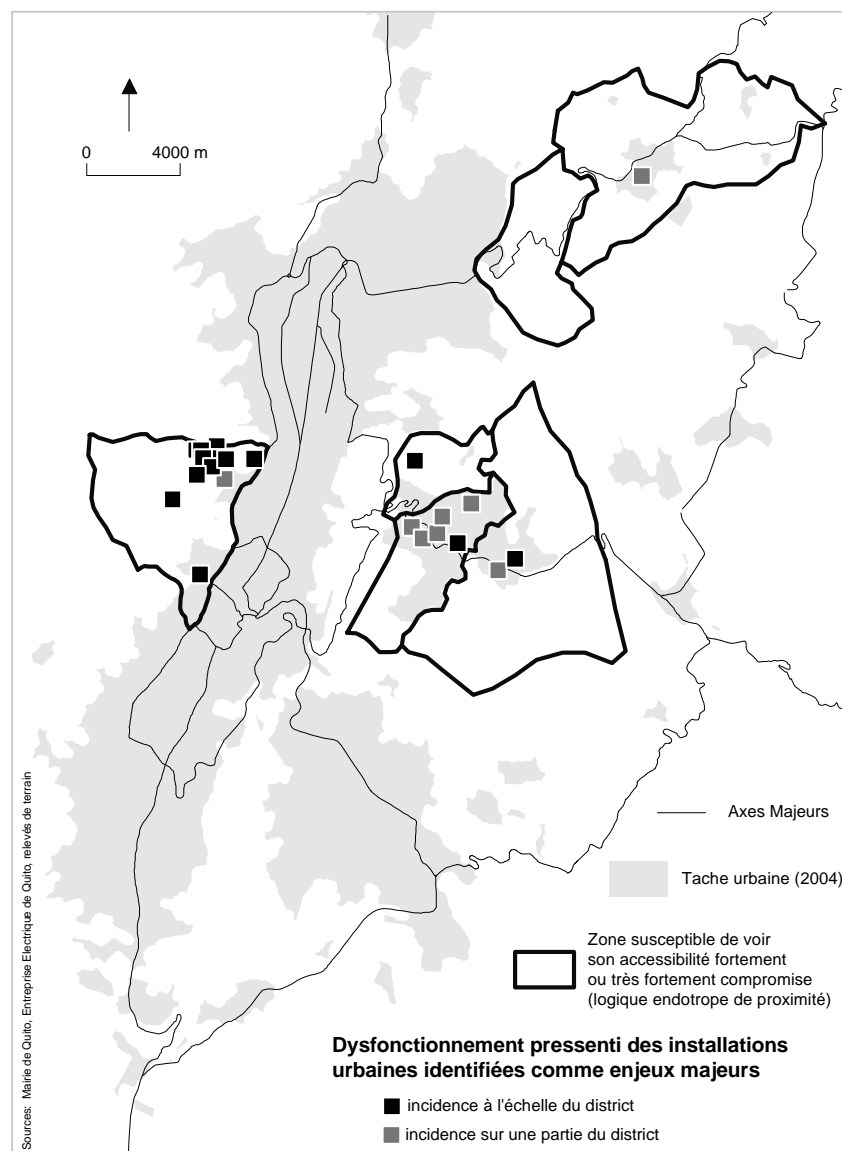
La confrontation préalable des niveaux de réduction possible d'accessibilité des zones avec la localisation des installations urbaines retenues comme enjeux majeurs permet de repérer des configurations à risque et de pressentir des dysfonctionnements prévisibles. Si ces

69 Instrumentation Biomédicale, Microbiologie, Psychologie Transpersonnelle

70 A La Paz, en janvier 2008, l'impossibilité d'accéder à une canalisation d'approvisionnement en eau ayant subi une avarie à la suite d'un glissement de terrain, a conduit 272 000 habitants et de grands équipements urbains dont des établissements de santé et des écoles, à rester sans eau pendant 19 jours (Hardy, 2009d).



connaissances représentent en soi une première base de réflexion pour appréhender les risques encourus, il est possible d'en proposer une lecture encore plus simplifiée en hiérarchisant la portée spatiale des dysfonctionnements associés à chaque installation urbaine revêtant un caractère majeur. En effet, toutes n'ont pas la même échelle d'influence. Certaines installations assurent une fonction sur l'ensemble d'une région métropolitaine ou d'une agglomération, d'autres ont un rayonnement beaucoup plus localisé. Par exemple, certains centres hospitaliers spécialisés ont une zone d'influence très vaste, alors qu'un dispensaire n'assure un rôle que sur le voisinage proche. Dans le même ordre d'idées, certaines infrastructures (télécommunications, électricité) assurent une couverture qui peut aller du quartier à un arrondissement et jusqu'à une ville toute entière. L'attractivité d'une université dépasse bien souvent l'échelle de la ville et l'aire de chalandise des commerces peut être restreinte à un quartier ou s'étendre bien au-delà en fonction de la rareté des produits proposés. Dans notre exemple, nous avons retenu simplement deux échelles de répercussions pressenties ou « échelles de risque ». Ces répercussions ont été définies suivant la place occupée par chacune des installations, à partir de son champ d'action, de sa notoriété ou de son attractivité en temps habituel. Dans la mesure où il était impossible de circonscrire avec précision l'étendue spatiale de ces répercussions, lesquelles auraient d'ailleurs été difficiles à cartographier compte tenu de leur enchevêtrement, nous avons opté pour une représentation simple consistant à choisir deux symboles au droit de chaque installation, différenciés selon l'échelle de risque (**Carte 14**).



Carte 14 - Échelles de risques: incidences pressenties du dysfonctionnement des grandes installations urbaines localisées dans les six secteurs susceptibles de connaître une forte ou très forte réduction de leur accessibilité (Demoraes, 2004)



Ainsi, le dysfonctionnement ou l'impossibilité d'accéder aux installations retenues comme enjeux majeurs et recensées dans les zones dont l'accessibilité peut être la plus gravement altérée, aurait dans plus des deux tiers des cas une ampleur couvrant l'ensemble du district et ceci est d'autant plus marqué dans la zone F1 à l'ouest de la ville.

2.7.1.5 - Éléments de discussion

Nous l'avons vu, l'altération de l'accessibilité d'une zone se répercute de façon descendante, à une échelle plus locale, sur les installations présentes dans la zone. Nous avons aussi mis en évidence que l'inaccès à une installation (éventuellement couplée à une défaillance de l'installation) laisse entrevoir des conséquences directes et indirectes qui dépassent largement le seul périmètre de la zone. La prise en compte des autres formes de vulnérabilité des installations (cf. l'exemple des équipements électriques) permet d'affiner le diagnostic et de mettre en lumière des configurations cyndinogènes qui contribuent à accentuer les conséquences négatives pressenties. Au final, cette analyse permet d'observer que le risque d'isolement d'un nombre restreint de zones (6 sur 44) laisse présager des répercussions pouvant toucher l'ensemble du district dans de nombreux domaines. Ce constat participe sans aucun doute d'une spécificité du District Métropolitain de Quito qui se caractérise par une topographie très compartimentée et par un contexte géodynamique particulièrement défavorable. En effet, de profonds ravins séparent entre eux de nombreux bassins locaux de circulation (surtout dans la vallée à l'est) et les ponts qui permettent de passer de l'un à l'autre sont globalement peu nombreux et sont exposés à des aléas ayant un fort potentiel destructeur (séismes, lahars).

Plusieurs mesures concrètes entrant dans le champ de compétences de la municipalité de Quito pourraient être envisagées dans une double perspective de planification urbaine préventive et de réduction des risques. Par exemple, des investissements ciblés dans le domaine de la voirie permettraient d'améliorer l'accessibilité des quelques secteurs comportant des installations urbaines stratégiques les plus exposées à l'isolement. Dans le même ordre d'idées, la relocalisation de certaines installations urbaines dans des secteurs ayant moins de risque de se retrouver isolés, ou la déconcentration spatiale des antennes permettraient au district d'affronter plus efficacement une crise. Enfin, il pourrait être prévu de rendre obligatoire la construction de plusieurs voies d'accès pour tout nouveau quartier.

2.7.2 - Perte d'accessibilité et ressources essentielles en situation de crise : le cas de Lima

2.7.2.1 - Contexte et objectifs

Les travaux présentés dans cette section sont issus d'un atelier dans lesquels les étudiants du master 2 SIGAT ont été impliqués à l'automne 2012, atelier que j'ai co-encadré avec P. Metzger (responsable du programme PACIVUR). Trois autres membres de l'équipe PACIVUR ont également accompagné les étudiants : P. Gluski, J. Robert et J. Moura.

Ces travaux avaient pour finalité de recenser les inégalités socio-spatiales d'accès aux ressources de première nécessité en situation post-catastrophe dans l'agglomération de Lima. En effet, suite au tremblement de terre de Pisco en 2007, qui avait globalement épargné l'aire métropolitaine de Lima, les autorités s'étaient rendu compte du manque de préparation de la capitale pour affronter une crise majeure. C'est dans ce contexte qu'est né le projet SIRAD⁷¹ (D'Ercole, et al., 2011) qui a notamment permis la constitution d'une base de données à jour sur les ressources de gestion de crise sur l'ensemble de l'aire urbaine⁷². Les données exploitées aux fins de l'atelier sont celles collectées dans le cadre de ce projet. La supervision des analyses typologiques réalisées par les étudiants a été assurée par M. Piron (IRD - UMR PRODIG)⁷³.

⁷¹ Système d'information sur les ressources de gestion de crise dans l'agglomération de Lima et Callao.

⁷² Les parties prenantes du projet SIRAD et la mise en œuvre technique de la base de données sont développées dans le volume 2 (section 3.2.2).

⁷³ Cette section s'inspire plus spécifiquement des résultats obtenus par le groupe 2 dans lequel ont travaillé les étudiants suivants : Guyon M., Keita M., Louis A., Tanneau M., Wuetelet A.. Voir Guyon et al., 2012 en bibliographie.



Ces travaux illustrent les interactions entre mes activités d'enseignement et de recherche. Ils ont été pour moi l'occasion de réinvestir, quoique de façon ponctuelle, la question des vulnérabilités territoriales après plusieurs années consacrées à d'autres thèmes (voir section 3), en mobilisant des méthodes d'analyse que je n'avais encore jamais expérimentées dans le domaine des risques. Ces travaux n'ont fait l'objet jusqu'à présent d'aucune publication, l'HDR représentant une occasion de les valoriser.

La catastrophe retenue dans le cadre de l'atelier est celle liée à l'occurrence d'un séisme de magnitude supérieure ou égale à 7 sur l'échelle de Richter avec possibilité de tsunami se produisant au petit matin (moment où la population est encore localisée sur son lieu de résidence⁷⁴). La situation post-catastrophe considérée est celle qui correspond à la période immédiate suivant ce type d'événement, c'est-à-dire une période de deux à sept jours. Ce laps de temps relève de la gestion de crise pour laquelle quatre ressources de première nécessité se révèlent de première importance : l'approvisionnement en eau et en aliments, l'accès aux soins et aux zones de refuge. Le **Tableau 9** liste les éléments retenus pour chacune des quatre ressources.

Aliment	Eau	Refuge	Santé
<ul style="list-style-type: none"> Entrepôts de l'aide alimentaire Entrepôts industriels Marchés de gros Marchés locaux Supermarchés Cantines populaires 	<ul style="list-style-type: none"> Puits publics Puits privés (<i>exploités par des entreprises commercialisant de l'eau en bouteilles</i>) Réservoirs 	<ul style="list-style-type: none"> Abris d'urgence Parcs Terrains vagues 	<ul style="list-style-type: none"> Centre de soins sans médecins Centre de soins avec médecins Hôpitaux

Tableau 9 - Détail des quatre ressources essentielles pour la phase d'urgence post-catastrophe (Lima)

Deux échelles d'analyse complémentaires ont été retenues : les grands bassins routiers de circulation (voir section 2.6.3, **Carte 8**) et un maillage régulier composé de 6271 hexagones de 13 ha (230 m de côté). Compte tenu du scénario retenu, nous avons considéré que les communications entre les grands bassins seraient quasi-impossibles du fait de l'effondrement des ponts et échangeurs les reliant. Ainsi, chaque macrozone devrait dans les premiers jours s'organiser en autonomie pour gérer l'urgence. Concernant le maillage hexagonal fin, il permet de différencier à l'intérieur des macrozones, les espaces de proximité dont les caractéristiques sont plus ou moins favorables pour affronter localement une crise. Cette organisation par voisinage s'imposerait de facto compte tenu de l'impraticabilité du réseau routier (liée à l'endommagement de la chaussée et à la chute d'éléments provenant des bâtiments bordant les rues) rendant les seuls déplacements à pied possibles. Cet échelon permet aussi une restitution cartographique satisfaisante sur l'ensemble de l'agglomération⁷⁵.

Nous étudions dans un premier temps, le niveau de pression moyen sur les ressources essentielles (section 2.7.2.2). Dans un deuxième temps, nous évaluons l'adéquation spatiale globale entre ressources et population (section 2.7.2.3). Dans un troisième temps, nous mesurons la variabilité locale du niveau de couverture en ressources (section 2.7.2.4).

2.7.2.2 - Niveau de pression sur les ressources

L'objectif de cette section est de faire ressortir une première série d'iniquités spatiales en situation post-catastrophe. Dans cette optique, nous proposons un indicateur simple à mettre en œuvre et qui consiste à supputer le niveau de pression sur les ressources. Ce niveau met en balance les « besoins attendus de la population » explicités ci-après, et la disponibilité des ressources dans chaque macrozone.

Pour estimer les besoins attendus de la population, nous avons retenu la part de la population considérée comme étant vulnérable par macrozone. Pour ce faire, nous avons utilisé un indice de vulnérabilité socio-économique synthétique calculé par îlot (*manzanas*) à partir de

⁷⁴ Cette heure matinale a été choisie afin de simplifier l'exercice, car la répartition de la population dans la journée est très complexe à évaluer à Lima.

⁷⁵ Les îlots urbains (*manzanas*) au nombre de 72 000 sont trop petits pour offrir une lecture convenable sur l'ensemble de l'agglomération au format A4.



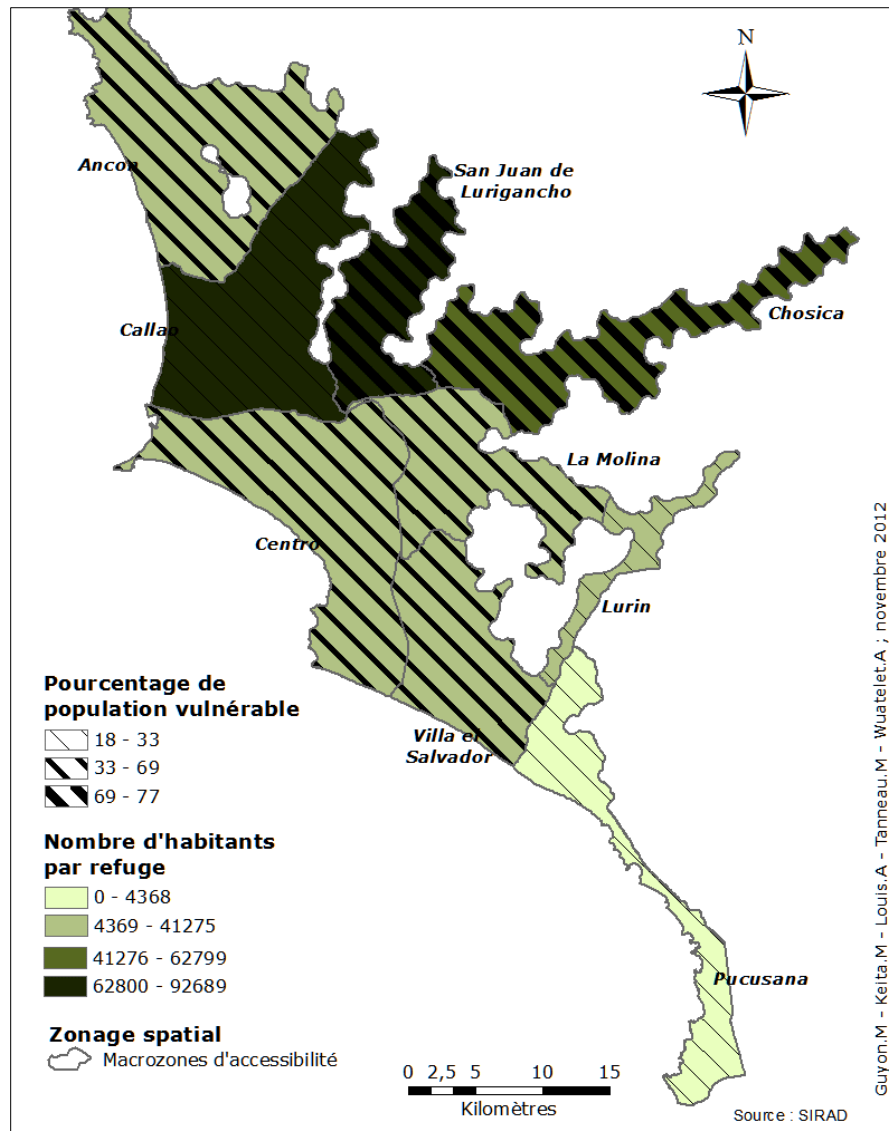
données censitaires et décrit dans D'Ercole et al., 2011 (pp.43-44). Cet indice combine dix variables traduisant des critères de vulnérabilité de la population tels que :

- l'âge (les moins de 10 ans et les plus de 65 ans) pour refléter la part d'individus en situation de dépendance et nécessitant l'aide d'autrui,
- les conditions de logement qui donne à voir le niveau de pauvreté dont on déduit notamment la sismo-résistance des constructions,
- le niveau éducatif qui conditionne l'accès aux consignes à suivre pendant la crise et leur compréhension,
- la proportion de personnes récemment installées dans le quartier qui influe sur leur degré de connaissance des lieux et leur niveau de perception des risques existant localement.

Les ressources exposées à un niveau d'aléa sismique élevé ou très élevé et celles dont l'exposition à un tsunami est très probable, ont été retirées de l'analyse car selon toute vraisemblance, elles ne seraient plus opérationnelles suite à la catastrophe. La carte du zonage sismique et du danger d'inondation lié aux tsunamis est fournie en annexe (**Carte 33**). Au final, nous avons retenu 86% des centres de soin, 92% des refuges, 95% des installations d'eau, et 90% des lieux de stockage et de distribution d'aliments. Nous partons de l'hypothèse que ces installations resteraient en état de marche.

Si la localisation des éléments ressources a été recueillie avec précision et une quasi-exhaustivité dans le projet SIRAD, leurs caractéristiques sont beaucoup moins bien connues. La capacité des réservoirs et les débits d'eau qui en sortent ne sont ainsi pas systématiquement renseignés dans la base de données, de même que les volumes d'aliments disponibles dans les entrepôts. Ceci nous a conduits à calculer non pas un nombre d'habitants par volume disponible, mais un rapport moins précis, qui est le nombre habitants par ressource. Plus ce rapport est élevé, plus la pression sur la ressource est forte et donc plus la situation est défavorable.

La **Carte 15** illustre à titre d'exemple, la proportion de population vulnérable et le nombre d'habitants par refuge, par macrozone. Le district de *San Juan de Lurigancho* ressort comme étant dans une situation particulièrement défavorable puisqu'il cumule à la fois une forte pression sur les refuges (population élevée et peu de refuges) et une forte proportion de population vulnérable (forte proportion de population pauvre, jeune et récemment installée). Des cartes similaires (non présentées ici) ont été élaborées pour les trois autres ressources.



Carte 15 - Pression sur les refuges et population vulnérable par macrozone dans l'agglomération de Lima en 2010 (Source : SIRAD, Elaboration : M2 SIGAT, 2012)

Pour compléter ce premier aperçu des situations d'iniquité entre macrozones suite à une catastrophe, nous proposons ci-après de nous intéresser à la distribution des ressources à l'intérieur de chaque macrozone et de la confronter à la répartition spatiale de la population.

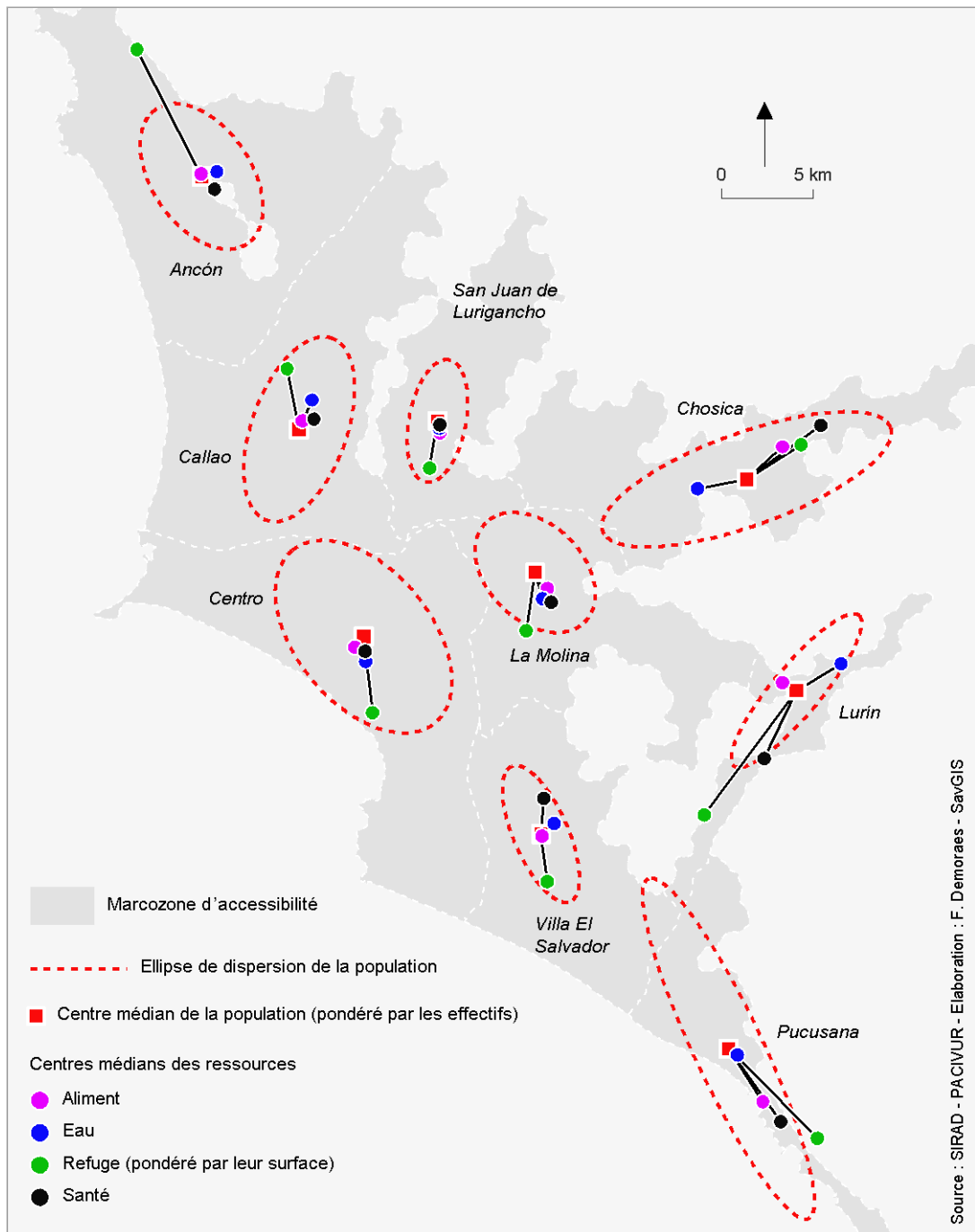
2.7.2.3 - Position et dispersion de la population et des ressources

L'objectif de cette section est de qualifier le degré d'adéquation spatiale entre population et ressources à l'intérieur des macrozones, toujours dans l'optique de faire ressortir les secteurs les moins bien lotis. Pour ce faire, nous avons eu recours aux outils de l'analyse centrographique, introduits par Bachi en 1963. Ce type d'analyse permet notamment de mesurer la position moyenne ou médiane, l'étendue et l'orientation d'un ensemble d'éléments ou d'une population dans l'espace. La **Carte 16** donne à voir, par macrozone, le niveau global de congruence spatiale entre la population et les quatre ressources essentielles en situation post-catastrophe immédiate (Aliments, Eau, Refuges, Santé). Les ellipses de dispersion ne sont représentées que pour la population, sans quoi la carte aurait été surchargée. Leur orientation et taille sont fonction de la superficie et de la forme des macrozones. Elles sont surtout intéressantes pour observer relativement à elles, la répartition des centres de gravité de chacune des ressources. Ces derniers reposent sur le calcul des centres médians dans la mesure où la distribution des ressources n'est pas homogène à l'intérieur des macrozones, surtout dans les secteurs périphériques qui peuvent comporter plusieurs bourgs non contigus. Le calcul des centres a été pondéré lorsque les caractéristiques des éléments le



permettaient. Les centres médians de la population ont ainsi été pondérés par les effectifs connus à un échelon plus fin, celui des îlots (*manzanas*). Les centres médians des refuges ont été pondérés par leur surface (plus ils sont vastes, plus ils pourront accueillir des personnes sinistrées).

Dans les macrozones *Ancón*, *Callao*, *San Juan de Lurigancho*, *La Molina* et *Centro*, on observe globalement une bonne adéquation entre les positions médianes de la population et des ressources « Aliment », « Eau » et « Santé ». Le déphasage s'accroît à *Villa El Salvador* et atteint son maximum dans les macrozones les plus excentrées et filiformes (*Chosica*, *Lurín*, *Pucusana*). Les refuges ont quant à eux une position médiane décalée par rapport à celle de la population, et ce, dans toutes les macrozones. Cette non-concordance spatiale s'explique par le fait que les aires d'accueil potentiel des sinistrés ne sont pas situées dans les zones les plus densément peuplées de l'agglomération où les espaces ouverts sont logiquement peu nombreux. Ce décalage est particulièrement prononcé à *Lurín*, *Ancón* et *Pucusana* où la distance qui sépare les positions médianes de la population et des refuges dépasse 7 km dans chacune des zones (4,8 km étant la distance moyenne sur l'agglomération). Pour compléter cette approche globale par macrozone, nous proposons dans la section suivante de changer d'échelon d'analyse et de nous intéresser à la variabilité des situations locales.



Carte 16 - Centres de gravité de la population et des ressources essentielles en situation de crise à l'intérieur des macrozones à Lima en 2010 (Source : SIRAD, Elaboration : M2 SIGAT 2012, modifié par Demoraes, 2015)

2.7.2.4 - Niveau de couverture locale en ressources

L'objectif de cette section est de faire ressortir les portions du territoire à l'intérieur des macrozones qui se retrouveraient en situation la plus défavorable pour affronter une crise. Pour ce faire, nous avons considéré un critère simple, à savoir les distances qui séparent chaque maille hexagonale des ressources essentielles les plus proches. Comme évoqué plus haut, cette logique de proximité semble plausible suite à un séisme, du fait de l'impraticabilité des routes. Les ressources retenues sont les mêmes que dans la section antérieure avec une différenciation entre les hôpitaux et les centres de soin dans la mesure où ces derniers ne proposent que quelques services de base et sont pour la plupart dépourvus de lits. Au final,



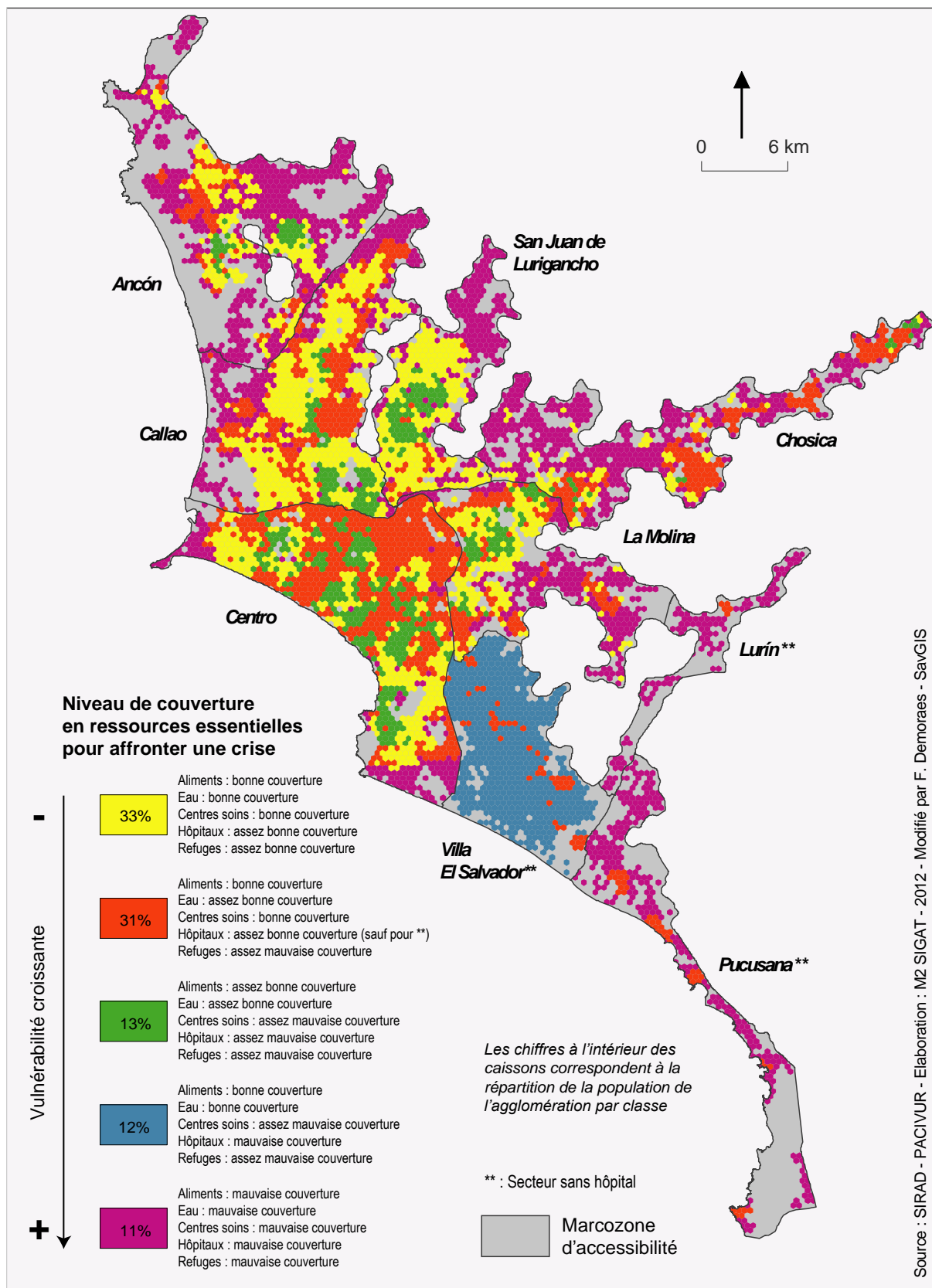
nous avons donc considéré dans notre analyse cinq types de ressources (Aliments, Eau, Centres de soin, Hôpitaux, Refuges). Les traitements présentés ci-après ont été appliqués dans chacune des zones, de façon indépendante puisque nous sommes restés sur le principe que dans les premiers jours suivant le séisme, les communications entre macrozones seraient impossibles. Nous avons donc calculé les distances en suivant le réseau routier⁷⁶ qui séparent chaque maille à la ressource la plus proche pour chacun des cinq types. Les distances ont ensuite été regroupées en quatre classes (quartiles). Plus la ressource est loin d'une maille, moins la couverture de cette dernière est bonne. Sur la base de ces classes d'éloignement aux ressources, nous avons procédé à une analyse typologique (AFCM+CAH)⁷⁷ afin de créer des profils de mailles qui sont restitués sur la **Carte 17**.

Sur l'ensemble de l'agglomération, un tiers des habitants vit dans des secteurs ayant une couverture globalement satisfaisante. A l'opposé, 11 % vit dans des secteurs très mal lotis. Le secteur « Centro » (près de 31% de la population de l'agglomération) est dans son ensemble en situation la plus favorable. Dans la moitié Nord de l'agglomération, la situation se dégrade le long du littoral et au fur et à mesure que l'on gagne la périphérie. La macrozone *Villa El Salvador* possède un profil singulier, avec une bonne couverture en aliments et en eau, une assez mauvaise couverture en centres de soin et en refuges et surtout une absence d'hôpital, tout comme à *Lurín* et *Pucusana*.

Dans le cadre de l'atelier mené avec les étudiants du M2 SIGAT en 2012, quelques pistes pour approfondir l'analyse ont été proposées, mais n'ont pas pu être menées à bien compte tenu des délais impartis et du manque de données. J'en livre une ici car je considère que cette piste rendrait encore plus réaliste le diagnostic. Il s'agit de la transposition à l'échelle locale de la notion de pression sur la ressource (développée en section 2.7.2.2). En effet, au-delà de la distance à une ressource, deux autres paramètres sont à prendre en compte. Le premier est la population qui est rattachée à une ressource (nombre de personnes incluses dans son aire d'influence). Le deuxième est la capacité d'accueil (d'un hôpital, d'une aire d'hébergement potentiel de sinistrés) ou la capacité d'approvisionnement (d'un puits, d'un marché). La combinaison des deux paramètres permet de calculer des seuils de saturation (lorsque la pression sur la ressource devient trop forte, compromettant ainsi son rôle). La transposition à l'espace de la notion de seuil de saturation représente cependant un défi. Elle impliquerait d'affecter de façon itérative et suivant une logique gravitaire, une population à la ressource la plus proche jusqu'à atteindre le seuil. Les populations dans les mailles les plus proches seraient rattachées en premier. Lorsqu'une ressource atteindrait son seuil de saturation, elle serait retirée et les mailles restantes seraient affectées à la deuxième ressource la plus proche non saturée, et ainsi de suite. Une sectorisation pourrait ainsi être établie et servir à l'organisation des secours.

⁷⁶ Ces calculs ont impliqué au préalable un profond travail de correction topologique du filaire viaire de l'agglomération (252 614 tronçons), à l'aide d'images satellitales à haute résolution spatiale (QuickBird) afin de vérifier la connexité du réseau, en particulier au niveau des échangeurs. Les distances calculées restent malgré tout des estimations, car le sens de circulation et les interdictions de tourner n'étaient pas renseignés dans la base de données.

⁷⁷ L'analyse typologique a été réalisée à l'aide du logiciel R.



Carte 17 - Niveau de couverture locale en ressources essentielles pour une situation d'urgence post-séisme dans l'agglomération de Lima en 2010 (Source : SIRAD, Elaboration : M2 SIGAT, 2012, modifié par F. Demoraes, 2015)



2.7.2.5 - Éléments de discussion

Il ressort de ces analyses que la répartition spatiale des ressources essentielles pour affronter une crise est loin d'être homogène sur l'ensemble de l'agglomération de Lima et que plusieurs secteurs sont nettement moins bien lotis. Ces déséquilibres spatiaux conditionnent, en particulier en situation post-catastrophe où la logique de proximité prévaut, les inégalités d'accès à ces mêmes ressources ce qui renvoie in fine à une forme de vulnérabilité de la population. Les iniquités spatiales ont été appréhendées à l'aide de trois approches qui se complètent l'une l'autre. En effet, si la première approche donne à voir par exemple pour le district de *Pucusana* une situation plutôt favorable (pression faible sur les refuges et faible proportion de population vulnérable), la deuxième nous indique que globalement les refuges sont assez nettement décentrés par rapport aux principaux lieux de résidence de la population et la troisième montre que localement, la situation est très largement défavorable dans ce district. Cela tient au fait que, compte tenu de sa configuration filiforme, peu d'endroits se trouvent à proximité immédiate d'une aire d'accueil potentiel de sinistrés. Bien sûr les hypothèses initiales (heure d'occurrence du séisme, déplacement entre macrozones impossible) et la fenêtre temporelle retenue (quelques jours après la catastrophe) ont largement conditionné le choix des ressources, la définition des indicateurs et la logique de gestion de l'urgence par voisinage proche. Cette dernière s'estomperait progressivement avec le temps.

Ces travaux centrés sur la dimension spatiale de la gestion de crise à une échelle urbaine, s'inscrivent dans un champ de recherche qui n'a été que récemment et timidement investi par les géographes. Comme le souligne D'Ercole, et al., (2012 : 3), « *malgré les travaux précurseurs essentiellement anglo-saxons (Quarantelli, 1998), la réflexion engagée sur le thème de la gestion des crises reste encore limitée au regard des nombreux travaux réalisés dans le domaine des risques et ce, alors même que les crises actuelles ont changé de dimension, avec plus de complexité et plus d'incertitude (Lagadec, 2003)* ». Les auteurs indiquent plusieurs raisons à cela, telles que des insuffisances d'ordre théorique et méthodologique et des difficultés à confronter et appliquer les connaissances scientifiques à un domaine longtemps considéré comme étant exclusivement une affaire de sécurité civile. Robert (2012) propose dans sa thèse réalisée sur Lima dans le programme PACIVUR, un cadre extrêmement intéressant visant justement à définir les contours d'une géographie de la gestion de crise en questionnant l'accessibilité aux soins d'urgence, objet de recherche qui lui permet d'apporter des éclairages sur la vulnérabilité de la capitale péruvienne.

2.8 - Conclusion

2.8.1 - Synthèse des méthodes et récapitulatif des étapes

L'objectif de cette **section 2** a été de montrer la pertinence de s'intéresser aux réseaux sur lesquels reposent les déplacements quotidiens pour contribuer à la compréhension des vulnérabilités territoriales. Pour ce faire, j'ai proposé à l'occasion de cette HDR, une relecture du cadre analytique en cinq étapes mis au point dans ma thèse à l'occasion du programme SIR-DMQ au début des années 2000. Pour cette relecture, j'ai repris les grandes étapes et les principaux résultats obtenus à Quito et je les ai confrontés avec ceux obtenus avec un décalage dans le temps, grâce à ma participation directe ou indirecte dans le programme PACIVUR, sur deux autres terrains d'étude (La Paz et Lima). Cet exercice a permis rétrospectivement de valider le caractère opérationnel et reproductible du cadre et d'observer les adaptations et améliorations qui lui ont été apportées. Les résultats obtenus apportent à chacune des étapes des éléments tangibles aux gestionnaires (pour réduire la vulnérabilité des réseaux, pour cibler leurs actions dans une perspective de planification préventive, pour orienter les efforts lors d'une crise) et, plus globalement à travers les scénarii proposés sur Quito et Lima, des éléments de sensibilisation sur les risques encourus. Enfin, la mise en application du cadre analytique sur différents terrains d'étude a permis de montrer sa modularité.

Comme nous l'avons vu, pour répondre à nos questionnements, l'accent a été mis sur la dimension spatiale des vulnérabilités, ce qui a supposé au préalable la constitution de solides bases de données urbaines actualisées. En outre, le cadre analytique a reposé sur la mise au



point de méthodes sur mesure à chacune des étapes. Les méthodes mobilisées renvoient à des analyses spatiales (requêtes ensemblistes et multicritères, calculs géométriques et de pente, mesure de connexité, recherche du plus court chemin dans un réseau, calculs des points médians et des ellipses de dispersion, etc.) que nous avons couplées à certaines étapes à des méthodes d'analyse factorielle (section 2.7.2). Les développements méthodologiques font partie intégrante de mes résultats de recherche ce qui explique qu'ils aient été livrés conjointement, tout au long de la section 2.

La première étape, que nous avons restituée très succinctement dans ce volume (section 2.1.3.2), a consisté à examiner les grands traits de l'organisation de la mobilité et des transports dans chacune des trois villes. La deuxième étape (section 2.4) mise en application sur Quito et La Paz, a eu pour objectif d'identifier à partir d'une hiérarchisation des maillons des réseaux, les piliers sur lesquels reposent les pulsations urbaines quotidiennes, piliers dont la perte d'opérationnalité représenterait un lourd handicap pour ces territoires. Dans la troisième étape (section 2.5), toujours sur ces deux mêmes villes, nous avons évalué la vulnérabilité des infrastructures-clefs, vulnérabilité qui les prédispose à des défaillances. La défaillance des infrastructures permet à son tour de mettre en exergue des problèmes d'accessibilité que nous avons étudiés dans la quatrième étape (section 2.6). A La Paz, les réductions d'accessibilité ont été analysées suite à une perte d'intégrité du réseau routier observée lors de « La Guerre du Gaz » en octobre 2003. A Quito et à Lima, la qualification de l'accessibilité se réfère à un découpage particulier de l'espace, « les bassins de circulation » (section 2.6.2) et l'accessibilité y a été évaluée en temps ordinaire et également à travers des scénarii intégrant une dégradation du réseau. Enfin, dans la cinquième étape (section 2.7), nous avons confronté spatialement les pertes possibles d'accessibilité avec la répartition de la population et des équipements. A Quito, nous avons étudié les problèmes qui pourraient survenir compte tenu de la présence dans les secteurs susceptibles de se retrouver isolés, d'équipements et d'établissements urbains considérés comme enjeux majeurs pour le fonctionnement du district (section 2.7.1). A Lima, l'examen de la distribution des ressources essentielles de la gestion de crise au regard de la répartition de la population a révélé des situations d'iniquités spatiales assez marquées (section 2.7.2). Ces deux dernières sections qui représentent l'aboutissement de la démarche, ont fourni des éclairages sur les remises en cause possibles du fonctionnement des deux agglomérations en cas de catastrophe et sur les difficultés auxquelles elles auraient à faire face pour affronter une crise.

2.8.2 - Contribution à l'enrichissement des concepts

Sur le plan conceptuel, ma recherche a contribué à plusieurs avancées. La première concerne l'objectivation spatiale, dans le cadre d'une recherche sur les risques, de la notion d'enjeu appliquée aux domaines des mobilités quotidiennes en milieu urbain, et qui fait suite aux travaux de Lutoff (2000). Ainsi, si la mobilité est en soi un enjeu pour le fonctionnement et le développement d'une ville, nous avons repositionné cette notion aux fins de l'analyse, dans une dimension territoriale. Nous nous sommes intéressés aux enjeux-objets localisables, c'est-à-dire aux supports physiques, aux éléments matériels (infrastructures routières et équipements de transport) assurant un rôle majeur pour les communications à l'échelle d'un territoire, éléments que nous avons appelés « infrastructures-clefs » et dont la perte d'opérationnalité entraînerait une réduction de la connectivité des réseaux et une baisse du stock d'opportunités de mises en relation.

Mes travaux ont tenté également de clarifier les déclinaisons possibles de la notion de vulnérabilité en fonction de l'objet auquel elle se réfère et de montrer la chaîne de transmission des vulnérabilités d'une composante d'un territoire à une autre. Pour rendre compte de sa complexité, la vulnérabilité des réseaux de voirie et de transport a été analysée selon six entrées (vulnérabilité intrinsèque, dépendance, exposition à l'aléa, capacité de contrôle, alternative, préparation aux crises). Les trois premières entrées renvoient à un ensemble de fragilités tendant à accentuer la prédisposition des éléments à se retrouver inopérants alors que les trois dernières correspondent davantage à un ensemble de dispositifs ou de paramètres contextuels qui tendent à contrebalancer les faiblesses (section 2.5.1). L'approche proposée va donc bien au-delà de la simple évaluation de l'exposition des réseaux aux aléas ; elle permet en effet d'apprécier la capacité qu'ont les réseaux à se rétablir d'une défaillance (ou à l'éviter).

Comme nous l'avons montré, la vulnérabilité des réseaux peut se transmettre aux territoires en compromettant l'accessibilité des lieux. Ce positionnement conceptualisé dans le



programme SIR-DMQ et dans ma thèse en 2004 a représenté un renouvellement dans la façon d'aborder les risques par les réseaux dans la mesure où jusque lors, comme nous l'avons vu dans l'état de l'art (section 2.2.3), la majorité des études restaient très centrées sur la qualification de la dégradation des réseaux en eux-mêmes et ne s'attachaient pas à évaluer les conséquences qui en découlaient pour le fonctionnement du territoire dans lequel s'inscrivaient les réseaux étudiés.

Nos recherches ont montré également que l'altération de l'accessibilité d'un lieu peut être considérée comme une forme de vulnérabilité du lieu que l'on peut qualifier de « vulnérabilité spatiale »⁷⁸. Cette dernière se transmet à son tour aux populations et aux fonctions urbaines présentes localement. L'analyse de cette vulnérabilité induite ou héritée peut ensuite être combinée à une analyse des vulnérabilités propres aux fonctions urbaines (section 2.7.1.3). Cette combinaison permet ainsi de mettre en lumière des configurations cyndinogènes (par exemple lorsqu'une installation essentielle pour le territoire se retrouve hors service dans un secteur devenu inaccessible). La rupture de l'approvisionnement en eau de la ville de La Paz en janvier 2008 pendant 19 jours attribuable à une avarie sur une canalisation dans un secteur qui s'est retrouvé isolé suite à un glissement de terrain, confirme l'intérêt de répertorier ces configurations (Hardy, 2009d).

En complément, l'étude des ruptures dans les relations entre les sous-secteurs d'une agglomération est instructive en ce sens qu'elle permet de repérer des formes d'iniquités spatiales (section 2.7.2) qui placent certaines portions du territoire dans une situation particulièrement défavorable pour affronter une crise (lorsqu'un secteur est densément peuplé, compte une forte proportion de population vulnérable, comporte peu de ressources essentielles d'urgence, et possède un niveau d'exposition élevé à l'aléa). Ces configurations et formes d'iniquités spatiales renvoient à ce que l'on pourrait appeler les fondements spatiaux de la vulnérabilité territoriale. Ils conditionnent ainsi les difficultés auxquelles un territoire aurait à faire face pour maintenir son fonctionnement, secourir sa population, gérer une crise, et par extension se rétablir suite à une catastrophe.

2.8.3 - L'apport du géographe

Au final, la lecture géographique des vulnérabilités territoriales que nous avons proposée fournit une série d'éclairages sur les risques encourus dans trois métropoles andines. Ces recherches confirment ainsi l'intérêt des méthodes d'analyse des risques que peuvent mettre en place les géographes et qui mettent l'accent, dans le cas qui nous concerne, sur la dimension spatiale des vulnérabilités territoriales. Pour mener à bien notre démonstration, nous avons eu recours aux notions d'accessibilité et de « bassins de circulation ». Ce découpage représente une grille d'analyse spatiale particulièrement bien adaptée pour identifier les configurations à risque. Comme l'indique Dupont (2003), *« la géographie, et l'analyse spatiale tout particulièrement, permettent de dégager le risque d'une approche purement circonstancielle, pour le remplacer dans sa dimension structurelle : celle de l'organisation de l'espace dont il constitue à la fois un facteur et un produit. De fait, penser le risque en termes d'espace revient à glisser d'une logique de probabilité surtout temporelle à une logique de probabilité spatiale, avec ses conséquences en matière de localisation et d'extension des effets »*.

Nous en sommes conscients, cette approche ne considère qu'une facette des vulnérabilités territoriales qui devraient être complétées notamment par l'examen des vulnérabilités sociales, institutionnelles et organisationnelles afin d'affiner encore l'analyse des risques encourus dans l'optique de mieux s'y préparer. Cette évaluation globale dépasse malheureusement le cadre de cette habilitation à diriger des recherches.

⁷⁸ Cette formulation est proposée dans D'Ercole et Metzger, 2004. Dans leur ouvrage, cette notion repose sur deux composantes : le niveau d'accessibilité des lieux et leur exposition aux aléas. Dans ce volume, la vulnérabilité spatiale se réfère uniquement au niveau d'accessibilité.





3 - L'approche des inégalités socio-spatiales par les mobilités quotidiennes dans les métropoles d'Amérique latine

3.1 - Introduction

La deuxième partie (section 3) est organisée en huit sections. Après cette introduction (section 3.1), le programme dans lequel se sont inscrits mes travaux à partir de 2008 (ANR METAL) est exposé dans ses grandes lignes (section 3.2). Les sections 3.3 et 3.4 abordent le cadre conceptuel de mes recherches et les grands questionnements auxquels j'ai tenté de répondre. En section 3.5, je présente mes terrains d'étude (Bogotá, Santiago du Chili et São Paulo) qui correspondent aux trois métropoles étudiées à l'occasion du programme. Dans les sections 3.6 et 3.7, je restitue une sélection de résultats qui renvoient à deux entrées complémentaires que je confronte pour la première fois dans cette HDR. Une partie des résultats livrés en section 3.7 sont inédits. La section 3.8 conclut cette deuxième partie.

Dans la première partie (section 2), nous l'avons vu, les mobilités quotidiennes ont été utilisées comme prisme de lecture pour étudier certaines formes de vulnérabilités territoriales qui caractérisent aujourd'hui les métropoles latino-américaines. La mobilité se rapportait avant tout à des capacités (ou incapacités, en situation perturbée) de déplacement, de circulation dans une logique de flux qui reposent sur des réseaux dont la défaillance affecte l'accessibilité des lieux. Dans cette deuxième partie, je mobilise à nouveau les mobilités quotidiennes, mais dans une optique bien différente. Je les utilise en tant que révélateur d'inégalités socio-spatiales. Ces inégalités s'inscrivent dans un contexte métropolitain qui conditionne largement leur production. Je présente ci-après quelques éléments de ce contexte sur lequel je reviendrai en section 3.5.

Comme indiqué en section 2.1.1.1, le continent latino-américain est un des plus urbanisés au monde⁷⁹. En 2000, il comptait 54 agglomérations millionnaires dont quatre de plus de 10 millions d'habitants. Les métropoles d'Amérique latine présentent un certain nombre de caractéristiques communes. Elles sont dans leur ensemble très étalées et peu denses, marquées par de profondes inégalités sociales (Janoschka, 2002 ; Kilroy 2007), une forte ségrégation socio-résidentielle (Clichevsky, 2000 ; Duhau 2003 ; Le Roux, 2015 ; Lungo et Baires, 2001 ; Rodríguez et Arriagada, 2004 ; Sabatini et al, 2001 ; Salas Vanegas, 2008 ; Schteingart, 2002), et une inéquitable répartition des ressources dans la ville liée à leur organisation « fragmentée » ou polycentrique (Borsdorf, 2003 ; Deler, 1994).

Certains auteurs (voir notamment Dureau et al., 2006) ont montré que ce modèle d'urbanisation relativement convergent exerce des contraintes fortes à la fois sur les mobilités résidentielles et également sur les mobilités quotidiennes de leurs habitants. De leur côté, les mobilités résidentielles y sont largement contraintes par la condition sociale des habitants bien sûr, mais aussi par d'autres facteurs tels que leur statut migratoire, leur âge, ou encore par la localisation de leur parentèle, dont la proximité est souvent recherchée (Dureau F., 2006 : 271-274). Cette auteure fait aussi remarquer que le lieu de résidence exerce à son tour un impact fort sur la mobilité quotidienne des individus, ce que nous confirmons à travers nos résultats dans les sections 3.6 et 3.7.

Les mobilités quotidiennes, très étudiées en France et dans les villes du Nord⁸⁰, le sont aussi en Amérique latine. De nombreux travaux ont montré que les individus étaient inégaux face à la maîtrise des mobilités dans la ville, et que ces inégalités étaient en grande partie le reflet de hiérarchies sociales (Diaz Olvera et al., 2002 ; Henry et Hubert, 2002 ; Fol, 2013 ; Montezuma, 2003), de politiques publiques (Villaga et Zioni, 2005) ou liées à des effets de la mondialisation (Vasconcellos, 1996 ; Figueroa, 2005). Je propose d'apporter des éléments de réflexion en ce sens, en analysant les inégalités dans les conditions de déplacements quotidiens au regard de la hiérarchie sociale et du lieu de résidence dans la section 3.6 et en

79 En 2000, le taux d'urbanisation s'élevait à 75 % et selon les estimations des Nations Unies (ONU-Habitat, 2012) d'ici à 2030, il atteindra 84 %.

80 Voir sur ce point la bibliographie établie par Chardonnel S. et al. (2009 : 232-241) sur les mobilités quotidiennes et les politiques de transport, ainsi que, dans la même publication, l'orientation bibliographique de Ageron P. et al. (2009 : 242-244) sur « mobilités et transports ».



étudiant les disparités dans l'accès à la ville suivant la position sociale, le cycle de vie et le lieu de résidence des individus dans la section 3.7.

3.2 - Programme de réalisation de la recherche : l'ANR METAL

Depuis mon intégration à l'UMR ESO à Rennes, mes principales activités de recherche ont été conduites à partir de début 2008 dans le cadre du programme « METAL : Métropoles d'Amérique latine dans la mondialisation : reconfigurations territoriales, mobilité spatiale, action publique », financé par l'ANR et piloté par F. Dureau (IRD - Equipe MIGRINTER, UMR 7301 CNRS - Université de Poitiers). Ce programme s'est officiellement terminé fin 2012, et nous poursuivons aujourd'hui l'exploitation des résultats d'enquête.

3.2.1 - Objectifs et axes de recherche

Les objectifs et axes de recherche, extraits du rapport final du programme (Dureau, 2012), sont présentés ci-dessous.

Le programme avait pour finalité d'étudier les reconfigurations socio-spatiales en cours dans les métropoles d'Amérique latine depuis les années 1980 dans un contexte de mondialisation (tournant économique néolibéral, diversification des flux migratoires et circulation de modèles globalisés comme la démocratie participative, le principe d'équité sociale ou la quête de formes innovantes de gouvernance urbaine...). « *En étudiant les pratiques de mobilité des populations et les formes de l'action publique, il s'agissait de répondre aux questions suivantes : quel est le modèle de métropole qui se dessine en ce début de XXI^e siècle en Amérique latine ? Une ville où les inégalités socio-spatiales s'amplifient, et si c'est le cas, de quelle manière ? Une ville où se déploient des politiques publiques plus fortes en matière d'équité et d'inclusion sociale ? Une ville où les réseaux familiaux et sociaux de la migration limitent les difficultés des populations restées sur place ou amplifient au contraire les inégalités entre personnes bénéficiant ou non d'une aide extérieure ?* »

L'analyse conçue dans une optique comparative sur trois métropoles (Bogotá, Santiago du Chili, São Paulo) s'est organisée autour des trois directions de recherche suivantes :

- la connaissance des politiques urbaines : modèles de référence ; modalités de l'action publique sur les mobilités (logement et transport surtout) ; interactions entre politiques nationales et politiques locales.
- la caractérisation des recompositions socio-territoriales en cours : dynamiques de peuplement et nouvelles formes de différenciation sociale de l'espace urbain ;
- l'identification des pratiques de mobilité (internationales, résidentielles et quotidiennes) et de leurs articulations à travers la notion de système de mobilité.

Mes travaux, dont une partie est restituée dans cette section 3, ont porté plus spécifiquement sur les deux dernières directions.

3.2.2 - Le corpus de matériaux constitué dans le cadre de l'ANR METAL⁸¹

Pour répondre aux objectifs du programme un système d'enquêtes par questionnaires et par entretiens approfondis a été mis en œuvre. Ce dernier vise à décrypter les mobilités spatiales dans une perspective biographique. Ce système d'enquêtes intègre trois caractéristiques principales :

- une approche globale des pratiques de mobilité quelle que soient la distance (mouvements intra-urbains et avec le reste du territoire national ou l'étranger) ou la durée du déplacement (des déplacements quotidiens aux migrations) ;
- une approche biographique, afin de comprendre comment les individus jouent des différentes formes de mobilité au cours de leur vie, en relation avec leurs parcours professionnels et familiaux ;
- une approche replaçant l'individu dans sa famille et son réseau social.

⁸¹ Cette section est inspirée de la référence COS1 : F. DUREAU (coord.), Y. CONTRERAS, F. DEMORAES, G. LE ROUX, T. LULLE, M. PIRON, S. SOUCHAUD, (2014). - Une méthodologie de production et d'analyse de l'information commune aux 3 métropoles étudiées - Programme de recherche ANR METAL, Chapitre 2, in DUREAU F., LULLE T., SOUCHAUD S., CONTRERAS Y., (Ed.), Mobilités et changement urbain à Bogotá, Santiago et São Paulo, coll. Espaces et Territoires, PUR, pp. 49-82.



Dans chacune des trois villes (Bogotá, Santiago du Chili, São Paulo), une dizaine de zones d'enquête ont été sélectionnées afin de composer une mosaïque « illustrative » des profils socio-économiques, des conditions de logement et des opérations urbanistiques de chaque agglomération. Ainsi un échantillon d'environ 900 ménages (soit près de 3000 individus) a été enquêté par questionnaire dans chaque ville. En complément, une approche qualitative par des entretiens semi-directifs approfondis a été menée auprès d'un sous-échantillon de l'enquête par questionnaires. Ces entretiens (un peu moins d'une centaine par ville) conçus avec une visée anthropologique, permettent d'approfondir la compréhension des comportements de mobilité et des stratégies résidentielles, d'identifier plus finement les réseaux de solidarité intervenant dans les comportements migratoires et les choix résidentiels, et les systèmes de lieux investis par les individus et leurs familles (systèmes résidentiels et territoires du quotidien des individus et des familles)⁸². En complément, des entretiens semi-directifs ont été menés auprès d'un échantillon d'émigrants des métropoles étudiées résidant en Europe, à Barcelone, Lisbonne ou Paris, visant à cerner leurs rôles directs ou indirects dans les transformations des métropoles latino-américaines d'origine.

Les recherches restituées dans cette section 3 reposent en partie, mais pas exclusivement sur l'exploitation des enquêtes par questionnaires et plus ponctuellement sur les entretiens approfondis. Nous avons également eu recours à des données issues des recensements et des grandes enquêtes de mobilité. Enfin, dans la mesure où notre objectif était de comprendre les pratiques de mobilités des individus dans leur dimension socio-spatiale, nous avons exploité les bases de données SIG dont j'ai coordonné la mise en place sur les trois villes (voir section 3.1.4, volume 2).

3.3 - Cadres conceptuel et théorique

3.3.1 - La question des inégalités : de quoi parle-t-on ?

3.3.1.1 - Différences, disparités, inégalités

Les inégalités sont une question abondamment traitées en géographie, notamment sociale, et ont fait, et font encore, l'objet de nombreux travaux au sein de l'UMR ESO. En dehors de nombreuses publications dans des revues de géographie, un numéro spécial de la revue *ESO Travaux et Documents* datant d'octobre 2003 (n°20) leur était consacré. Certains programmes de recherche en cours dans notre UMR⁸³, indiquent l'intérêt que cette question suscite toujours afin de mieux comprendre les sociétés contemporaines dans lesquelles les principes d'égalité (donner à chacun la même chose) et d'équité (donner à chacun en fonction de ses besoins) font l'objet de nombreux débats politiques sur fond de stagnation économique.

Comme le souligne Zéneidi (2003 : 13), « *Dans le monde entier, les inégalités observées à différents niveaux territoriaux, révèlent des problèmes de répartition des richesses, et ont des répercussions sur la santé, sur l'espérance de vie, sur l'éducation, sur les conditions de vie, mais également sur l'environnement* ». Ces constats s'appliquent également à l'échelle urbaine. A ce stade, il est important de souligner que la différence n'implique pas nécessairement l'inégalité. Pour Fournier et Raoulx (2003 : 27), « *l'étude des disparités apparaît alors indispensable pour comprendre ensuite les inégalités sociales liées aux revenus, aux niveaux de vie, à la formation, aux soins, à l'accès aux services en général, au sexe, etc* ». Ainsi, plus qu'une simple disparité, « *l'inégalité est une différence perçue ou vécue comme une injustice, comme n'assurant pas les mêmes chances à chacun* » (Brunet et al., 1994).

En première instance, nous dirons qu'il y a inégalité lorsqu'un individu, un groupe d'individus, une classe sociale ou une population toute entière, se trouve dans une situation défavorable ou peu enviable au regard des autres.

⁸² La méthodologie d'enquête mise au point pour Bogotá et transposée sur les deux autres villes, est présentée dans Dureau et al., 2011 (Documento CEDE no 23).

⁸³ Voir notamment le programme de l'ANR Ineduc (programme de recherche sur les inégalités éducatives), <http://eso-rennes.cnrs.fr/fr/recherche-1/programmes-en-cours/ineduc-un-programme-de-recherche-sur-les-inegalites-educatives.html>. Dans ce cadre, un colloque intitulé « Inégalités éducatives et espaces de vie » a été organisé par les laboratoires ESO-Rennes et CREAD (Centre de recherche sur l'éducation, les apprentissages et la didactique) à Rennes les 10 et 11 septembre 2015.



3.3.1.2 - Inégalités et mobilité quotidienne

Comme l'ont montré de nombreux auteurs (Bacqué, Fol, 2007, Gomide, 2003 ; Kaufmann et al., 2004 ; Le Breton, 2005 ; Wenglenski, 2006), la mobilité quotidienne constitue une composante essentielle dans la production des inégalités sociales. Elle les amplifie dans certains cas, elle les limite dans d'autres, mais elle place toujours les individus en condition d'inégalités pour se mouvoir : certains se déplacent beaucoup et loin, par nécessité, alors que d'autres ont des difficultés à se déplacer, par impossibilité physique (liée à leur état de santé, leur âge ou du fait d'un handicap) ou en raison de difficultés économiques (Gouëset et al., 2014 - COS2). Tandis que certains circulent en automobile dans des conditions confortables (ce qui n'exclut pas de fréquents bouchons), d'autres voyagent à pied ou dans des transports collectifs surchargés, dans des conditions souvent pénibles (Oppenchain, 2011).

Ceci étant, les différences observées dans les pratiques de mobilité quotidienne ne sont pas toujours synonymes d'inégalités. Comme le souligne Orfeu (2015 : 38), *« un faible niveau de mobilité peut résulter d'arbitrages en faveur de la proximité aux activités comme d'un enfermement non choisi dans son voisinage. Un niveau élevé de mobilité dans des moyens de déplacement confortables (le train par exemple) peut résulter d'un souhait de faire vivre sa famille à l'écart des foules ». « Nous vivons... depuis une quarantaine d'années dans une société qui vit l'accélération de son processus d'individuation... y compris pour des personnes issues de milieux sociaux et culturels homogènes et disposant des mêmes niveaux de ressources. Des niveaux de bien-être équivalents y sont compatibles avec des niveaux de mobilité différents, et des niveaux de mobilité équivalents peuvent être associés à des niveaux de bien-être différents »* (Orfeu, 2015 : 13-14).

Il importe donc de toujours resituer les pratiques de mobilité quotidienne à l'aune du contexte socio-économique des individus et de ne pas se contenter d'indicateurs différenciateurs trop simplistes ou d'une vision trop normée de la mobilité qui consisterait à considérer les situations d'immobilité ou de fixité comme résultant uniquement de processus de marginalisation.

3.3.1.3 - Inégalités socio-spatiales et ségrégation

Si les inégalités de mobilité s'observent entre classes sociales, elles s'observent aussi, cela est bien connu, entre espaces du fait de l'hétérogénéité du substrat spatial. Ce dernier résulte en effet d'une construction sociale qui reflète les rapports de pouvoirs et la hiérarchie sociale. Cet axiome est valable quel que soit le territoire étudié. Appréhender les inégalités de mobilité dans une perspective socio-spatiale suppose donc de mobiliser la notion de ségrégation et de considérer la distribution spatiale des ressources (emploi, études, loisir, santé, etc.). En effet, les répartitions non uniformes des catégories sociodémographiques et des ressources dans l'espace engendrent des écarts dans les pratiques de mobilités quotidiennes et dans les conditions de déplacements des individus, comme le soulignait déjà Pinçon et al. (1986).

« Au sens fort, la ségrégation est une politique de mise à l'écart d'une population formant un sous-groupe religieux ou racial, que la législation isole dans un ou des quartiers d'une ville (ségrégation spatiale) et qui subissent en outre des discriminations de nature politique, juridique ou économique (ségrégation sociale) » (Pumain, 2006)⁸⁴. Dans nombre de travaux, l'emploi du terme de ségrégation ne renvoie plus à ce sens originel fort et la division sociale de l'espace est souvent un synonyme proposé. La ségrégation peut être appréhendée dans une dimension socio-économique, démographique (jeunes / personnes âgées), ethnique ou encore migratoire. Dans l'ANR METAL, nous avons adopté, comme J. Brun (1994 : 22), *« une acception purement empirique et descriptive, la distinction spatiale entre les aires de résidences de groupes de population qui vivent dans une même agglomération »*. Un groupe de population est considéré comme ségrégué si sa distribution spatiale diffère d'une distribution géographique uniforme dans l'espace urbain. Pour qualifier cette distribution, des indicateurs ont été définis et des méthodes pour les calculer ont été implémentées dans les SIG il y a une quinzaine d'années. Une excellente synthèse de ces méthodes est proposée

84 Définition issue d'un article sur Hypergéographie : <http://www.hypergeo.eu/spip.php?article372#>



dans Apparicio (2000). Dans nos travaux, la mesure de la ségrégation (section 3.5.2) considère uniquement la position des individus dans la hiérarchie sociale (Dureau et al., 2014 : 110).

3.3.2 - Les acceptions de la mobilité

Dans le champ des sciences sociales, la mobilité a tout d'abord été étudiée dans une perspective sociologique⁸⁵. Cette première approche s'intéresse aux modalités de la circulation des individus à l'intérieur de la société, les mobilités sociales étant le résultat de conduites individuelles. La dimension spatiale de la mobilité a été analysée plus récemment et a donné lieu à de multiples définitions relevant d'approches disciplinaires différentes. On distingue généralement les travaux portant sur les migrations, les mobilités résidentielles, les mobilités quotidiennes, et les voyages (Schuler et al., 1997, cité dans Kaufmann, 2004). Nombres d'auteurs indiquent cependant le caractère artificiel de ce découpage et soulignent par ailleurs le fait que les différentes formes de mobilité sont étroitement imbriquées entre elles. Quelques auteurs ont ainsi avancé des définitions de la mobilité les plus larges possibles afin d'étudier les mobilités dans leur ensemble. Le démographe D. Courgeau (1988 : 3) a proposé le concept de *mobilité spatiale* qui renvoie à « *un ensemble de déplacements dans l'espace physique, d'individus ou de groupes d'individus, quelle que soit la durée et la distance de ces déplacements* ».

A partir du début des années 2000, les chercheurs en sciences sociales ont tenté de concilier les différents registres des mobilités, en s'intéressant en première instance à l'articulation entre les mobilités résidentielles et les mobilités quotidiennes (Lévy et Dureau, 2002 ; Brun et Bonvalet, 2002). Si ces études sont de plus en plus fréquentes à l'échelle des agglomérations urbaines en Europe (Berger et Beaucire, 2002 ; Pochet et Routhier, 2002 ; Berger, 2004), celles qui portent sur des villes latino-américaines sont plus récentes et restent moins répandues (Rodríguez, 2007 ; Delaunay 2010 ; Dureau et al., 2012). La prise en compte également de l'étape à laquelle un individu se trouve dans son cycle de vie est déterminante pour mieux cerner les pratiques de mobilités quotidiennes. En particulier, dans un contexte de population vieillissante, la mobilité des personnes âgées fait l'objet d'un nombre grandissant de travaux (Alsnih et Henscher, 2003 ; Föbker et Grotz, 2006 ; Lord et al., 2009 ; Quiroga, 2014).

L'interaction des différents registres de la mobilité est progressivement devenue ces dernières années, un objet de recherche à part entière qui a été débattu dans plusieurs colloques. Pour ne mentionner que deux exemples, il a été le thème central du neuvième colloque « Mobilités Spatiales et Fluidité Sociale » de l'Association Internationale des Sociologues de Langue Française (AISLF) à Luxembourg en mars 2009 et sera également discuté en mai 2016 à Lille dans le cadre du dix-septième colloque national de démographie, intitulé « Mobilités spatiales et populations », auquel j'ai soumis une proposition de communication.

Cette nouvelle approche beaucoup plus intégrative de la mobilité, qui n'est pas sans poser des problèmes d'ordres épistémologique et méthodologique, reflète un changement de paradigme, un changement dans le regard que portent les sciences sociales sur les mobilités. Elle donne lieu aujourd'hui à des définitions toujours plus étendues de la mobilité. Pour J.-P. Lévy (2009 : 108), dans un contexte urbain, la mobilité rend compte « *d'un fait social c'est-à-dire d'un processus s'inscrivant dans un contexte historique et spatial déterminé et engageant les différents capitaux dont disposent les individus. Définie comme telle, la mobilité urbaine ne se réduit plus aux trajets quotidiens, mais englobe l'ensemble des déplacements urbains, quels que soient leurs rythmes, leur distance, leur motivation ou les dimensions de la vie sociale des individus qu'ils engagent. Il s'agira donc de considérer dans une même approche les mobilités résidentielles et les mobilités quotidiennes en les abordant comme une thématique commune* ». Pour J.-P. Orfeuil (2015 : 11) la mobilité exprime « *la capacité qu'ont les individus de construire la vie qu'ils souhaitent et qui suppose, entre autres, des changements, des mouvements, voulus ou subis, dans l'espace physique et dans l'espace social, pour accéder aux ressources dont ils ont besoin* ».

85 Sorokin P. (1927), *Social Mobility*, Harper and Brothers.



Dans le cadre de l'ANR METAL, c'est l'identification des pratiques de mobilité (internationales, résidentielles et quotidiennes) et de leurs articulations à travers la notion de système de mobilité qui a été étudiée. Dans mes travaux, l'accent a surtout porté sur les mobilités quotidiennes déclinées suivant le lieu de résidence, la hiérarchie sociale et plus récemment le cycle de vie des individus.

3.4 - Questionnements de la recherche

Dans une démarche géographique, les inégalités dans les mobilités peuvent être appréciées de multiples façons. Dans mes travaux, deux entrées ont été retenues. La première porte sur les conditions de mobilité, la deuxième sur les espaces d'action.

Dans la première entrée, on questionne les inégalités en analysant sur la base d'un découpage territorial, la variabilité des conditions de mobilité que l'on confronte à la hiérarchie sociale. Par conditions de mobilité, nous entendons le contexte dans lequel les déplacements quotidiens sont effectués (modes de transport, durée, distance, etc.). Ce contexte nous renseigne sur la pénibilité et le coût relatif des déplacements. Cette approche que nous avons développée sur les trois métropoles étudiées dans le programme de l'ANR METAL (section 3.6), repose sur l'exploitation de données agrégées (données des grandes enquêtes de mobilité et des recensements). L'échelon d'analyse correspond donc à des unités administratives. Cette approche permet de répondre aux interrogations suivantes : quelles sont les conditions actuelles de mobilité quotidienne dans les trois métropoles ? Comment les divisions sociales des espaces métropolitains se reflètent-elles dans les conditions de mobilité ? Ces conditions sont-elles systématiquement plus difficiles dans les quartiers défavorisés ? Quelle influence la localisation des quartiers dans les agglomérations a-t-elle sur ces conditions ? Les conditions de mobilité sont-elles les mêmes pour les riches, pour les pauvres, d'une ville à l'autre ?

Dans la deuxième entrée, on s'intéresse aux inégalités en analysant la variabilité des espaces d'action⁸⁶ (section 3.7). Autrement dit, on questionne les inégalités sous l'angle de l'accès des individus à la ville. On le sait, tout le monde n'a pas la possibilité de fréquenter les mêmes lieux ni d'accéder aux mêmes ressources dans l'espace urbain. Ces différences s'observent quelle que soit la ville étudiée et s'expliquent par un très grand nombre de facteurs étroitement imbriqués entre eux. De façon schématique et non exhaustive, on recense i) des facteurs liés à l'individu, à son entourage et à son lieu de résidence, ii) des facteurs liés à l'offre de transport (disponibilité, accessibilité), et iii) des facteurs liés à la localisation des ressources urbaines (emploi, éducation, loisirs, santé, etc.) dans la ville. Cette approche développée dans ce volume sur Santiago repose principalement sur l'exploitation des enquêtes par questionnaire recueillies dans le programme de l'ANR METAL. Elle fournit des éléments de réponse aux questions suivantes : comment les espaces fréquentés au quotidien se différencient-ils suivant les caractéristiques sociodémographiques des individus et leur lieu de résidence ? Quels sont les lieux de résidence où les disparités d'accès à la ville sont les plus marqués ? Quels sont les espaces d'activité associés aux différentes étapes du cycle de vie des individus ? Quels enseignements peut-on en tirer pour évaluer le niveau de *découplage spatial* (voir **Encart 1**) entre lieu de résidence et lieu d'activité ?

La complémentarité des deux entrées est discutée en section 3.8.1.

Le découplage spatial est la traduction française que nous avons retenue pour la notion de *spatial mismatch* introduite par Kain en 1968 parmi celles trouvées dans la littérature francophone (inadéquation spatiale, mésappariement spatial, déconnexion spatiale, non-concordance spatiale, discordance spatiale). Kain a utilisé cette notion pour décrire la dissociation spatiale très nette qui existait à Chicago et à Détroit entre les bassins d'emploi et les lieux de résidence des populations en particulier noire-américaine à bas revenus. Cette notion a depuis été largement utilisée dans les études sur la ségrégation à différentes échelles et dans différents contextes sociodémographiques. Un intéressant essai pour en modéliser les mécanismes d'un point de vue théorique est proposé par Gobillon et al. (2007). Dans ce volume, je m'y réfère pour qualifier simplement les écarts entre lieu de résidence et lieux d'activité (emploi ou étude) des individus.

Encart 1 - L'origine du Spatial Mismatch et traduction retenue (découplage spatial)

⁸⁶ Un espace d'action est un sous-ensemble de l'espace de vie. L'espace de vie selon Courgeau (1988 : 17) englobe « tous les lieux avec lesquels l'individu est en rapport ». Dans la section 3.7, l'espace d'action est un espace de vie simplifié qui ne prend en compte que les lieux fréquentés pour le travail et les études.



3.5 - Les terrains d'étude : Bogotá, Santiago du Chili et São Paulo

3.5.1 - Croissance démographique et évolution du peuplement

Cette section 3.5.1 est en partie inspirée de l'ouvrage Dureau et al., (2014) qui présente dans le détail les trois contextes métropolitains étudiés dans le programme de l'ANR METAL ainsi que les principaux résultats. Les cartes présentées dans cette section sont issues de la collection *METAL_Maps* à l'exception de la **Carte 23**. La collection est disponible en [ligne](#) et son contexte de réalisation est présenté dans la section 3.1.4 du volume 2.

Les trois métropoles (Bogotá, Santiago du Chili et São Paulo) ont en commun de constituer les agglomérations les plus peuplées de la Colombie, du Chili et du Brésil. Comme l'indiquent le **Tableau 10**, un effet de taille oppose São Paulo, une mégapole de près de 20 millions d'habitants, aux deux autres villes, de taille davantage comparable (8 millions d'habitants pour Bogotá et six millions pour Santiago)⁸⁷. Si l'on regarde leur poids relatif, l'ordre s'inverse. São Paulo ne rassemble qu'un dixième de la population brésilienne, Bogotá 18,6 % de la population colombienne et Santiago, un peu plus d'un tiers de la population chilienne. A l'instar de la plupart des grandes villes latino-américaines, Bogotá, Santiago et São Paulo sont aujourd'hui entrées dans une nouvelle phase de leur développement. Comme l'indique Dureau et al., (2014 : 11), « *leur poids relatif dans la population urbaine nationale n'augmente plus. À une croissance démographique rapide, alimentée par l'exode rural, s'est substitué un accroissement plus modéré, dont le mouvement naturel est devenu le principal moteur. Les flux migratoires se sont complexifiés. L'immigration intérieure qui se dirige vers les très grandes villes est aujourd'hui majoritairement d'origine urbaine, même si l'émigration rurale n'a pas disparu ; et les flux inverses, au départ de ces métropoles, sont également nombreux* ».

A l'échelle de chacune des métropoles, on constate que les densités de population ne suivent pas une fonction de décroissance linéaire au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre (**Carte 18, Carte 20, Carte 22**). Certains secteurs centraux sont relativement peu denses et certaines périphéries relativement denses. De son côté, l'évolution du peuplement entre les deux derniers recensements disponibles en 2009, indique un gain en population en périphérie au détriment des zones centrales dans les trois villes (**Carte 19, Carte 21, Carte 23**). Cette dynamique centrifuge est aujourd'hui remise en cause notamment dans l'aire métropolitaine de Santiago où la population de la commune-centre est passée de 214 000 habitants en 2002 à 308 000 selon le dernier recensement en 2012 (INE). Cela s'explique à la fois par une politique municipale incitative (logements subventionnés) et par la production d'immeubles de grande hauteur (**Photo 9**) constitués de petits logements à destination de ménages unipersonnels ou de couples actifs (appelés « dinks » acronymes de « *double income no kids* »)⁸⁸.

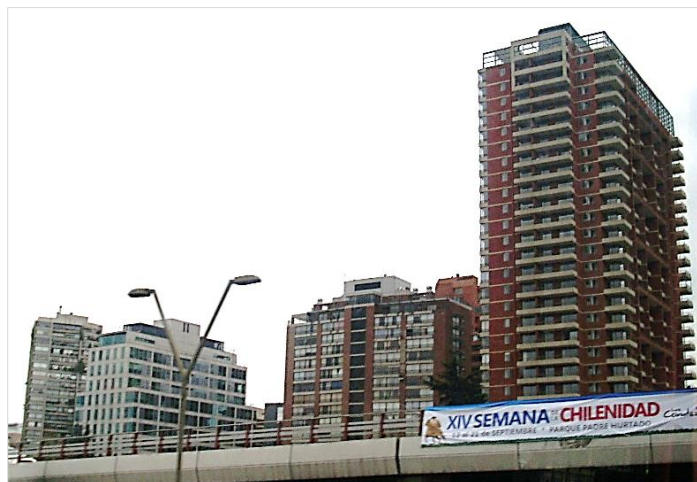


Photo 9 - Exemple d'immeubles récents dans le centre de Santiago (Cliché : V. Gouëset, 2008)

⁸⁷ Les effectifs de population ont été calculés sur des aires métropolitaines dont les limites ont été définies dans le programme de l'ANR METAL (voir Dureau et al, 2014 : 52).

⁸⁸ Voir sur cette question Contreras (2011).



COLOMBIE	Population (milliers)			Taux moyen d'accroissement annuel			Réseau urbain : primatie		
	Total	Urbain	Bogotá AM	Total	Urbain	Bogotá AM	% Population urbaine	% Pop. Bogotá AM/ Pop. totale du pays	% Pop. Bogotá AM/ Pop. urbaine du pays
1973	22 862	13 652	3 131				59,7	13,7	22,9
1985	30 062	19 644	4 699	2,3 %	3,0 %	3,4 %	65,3	15,6	23,9
1993	37 422	25 489	6 235	2,7 %	3,3 %	3,5 %	68,1	16,7	24,5
2005	42 888	31 889	7 988	1,1 %	1,9 %	2,1 %	74,4	18,6	25,0

Source : DANE, recensements de la population et du logement, population ajustée.

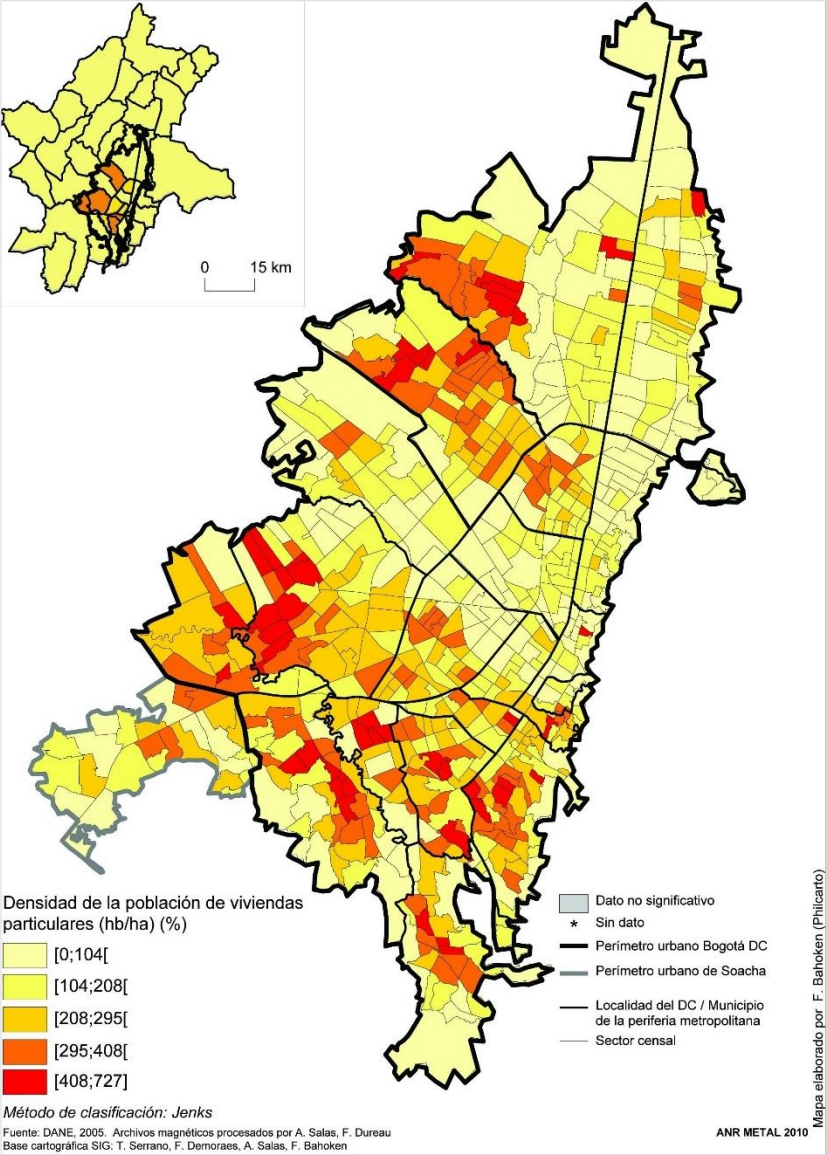
CHILI	Population			Taux moyen d'accroissement annuel			Réseau urbain : primatie		
	Total	Urbain	Santiago AM	Total	Urbain	Santiago AM	% Population urbaine	% Pop. Santiago AM/ Pop. totale du pays	% Pop. Santiago AM/ Pop. urbaine du pays
1970	8 884 768	6 675 137	2 918 542				75,1	33,0	43,7
1982	11 329 736	9 316 127	3 981 482	2,0 %	2,8 %	2,6 %	82,2	35,1	42,7
1992	13 348 401	11 140 405	4 866 183	1,6 %	1,8 %	2,0 %	83,5	36,5	43,7
2002	15 116 435	13 090 113	5 588 509	1,2 %	1,6 %	1,4 %	86,6	37,0	42,7
2012	16 634 603	14 462 858	6 033 478	0,9 %	1,0 %	0,8 %	87,3	36,4	41,7

Source : INE, recensements de la population et du logement.

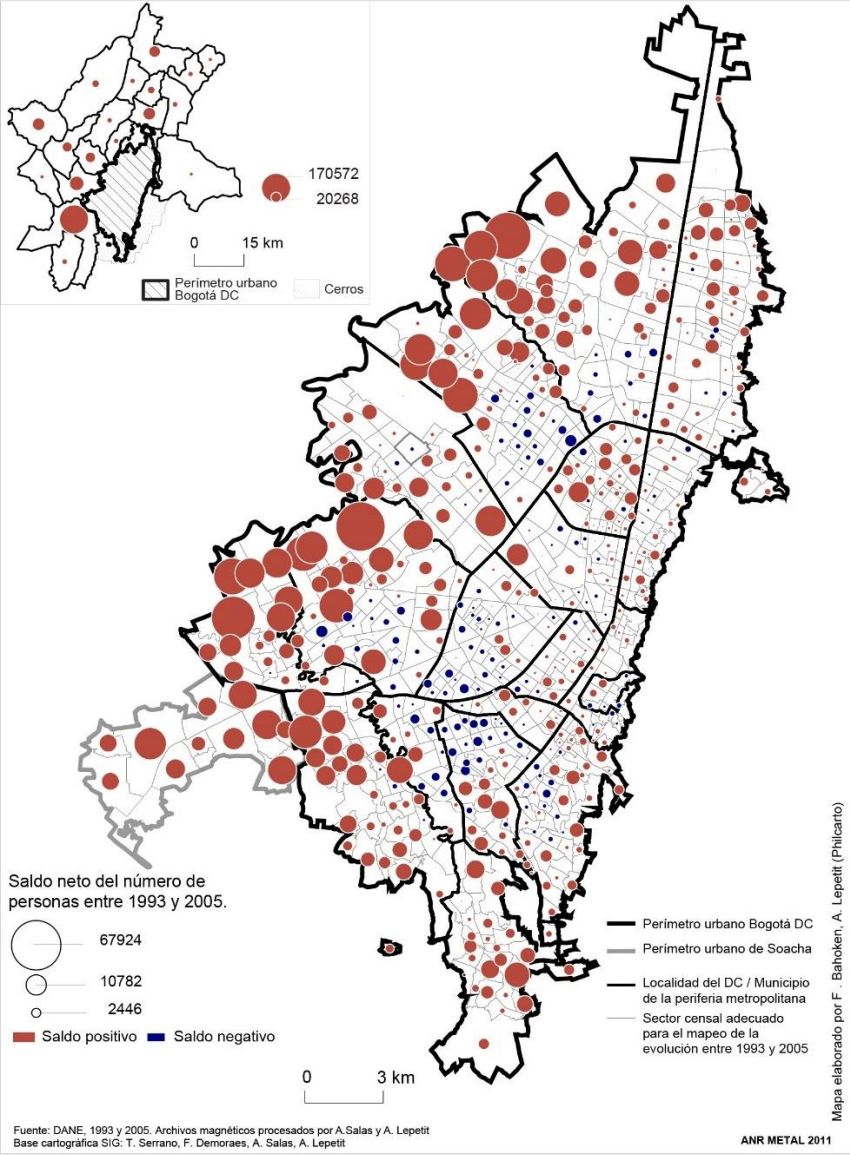
BRÉSIL	Population			Taux moyen d'accroissement annuel			Réseau urbain : primatie		
	Total	Urbain	São Paulo AM	Total	Urbain	São Paulo AM	% Population urbaine	% Pop. São Paulo AM/ Pop. totale du pays	% Pop. São Paulo AM/ Pop. urbaine du pays
1970	94 508 583	52 904 744	8 172 542				56,0	8,6	15,4
1980	121 150 573	82 013 375	12 575 655	2,5 %	4,4 %	4,3 %	67,7	10,4	15,3
1991	146 917 459	110 875 826	15 452 537	1,8 %	2,7 %	1,9 %	75,5	10,5	13,9
2000	169 947 291	137 953 959	17 879 639	1,6 %	2,4 %	1,6 %	81,2	10,5	13,0
2010	190 755 799	160 925 804	19 685 490	1,2 %	1,5 %	1,0 %	84,4	10,3	12,2

Source : IBGE, recensements de la population et du logement.

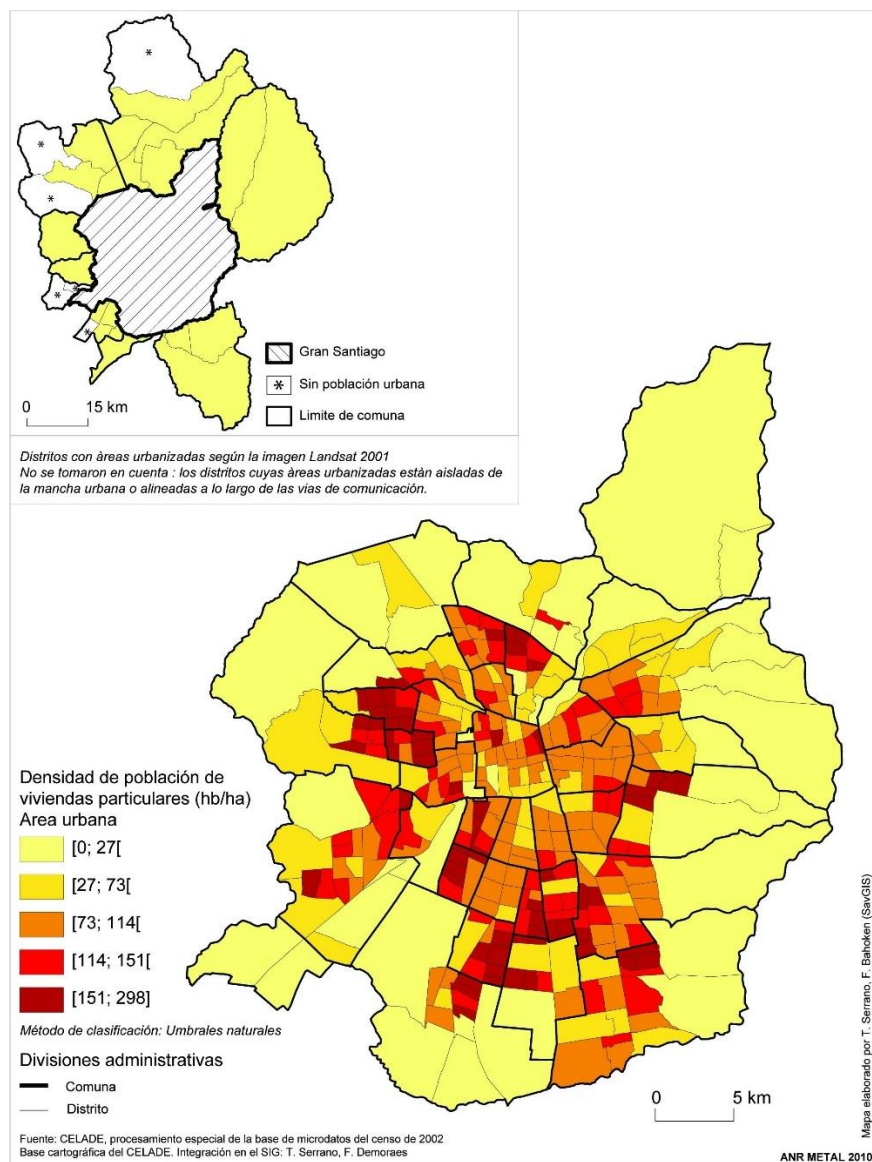
Tableau 10 - Indicateurs démographiques relatifs aux trois métropoles étudiées dans le programme de l'ANR-METAL (1970-2012) - Dureau et al., (2014 : 24)



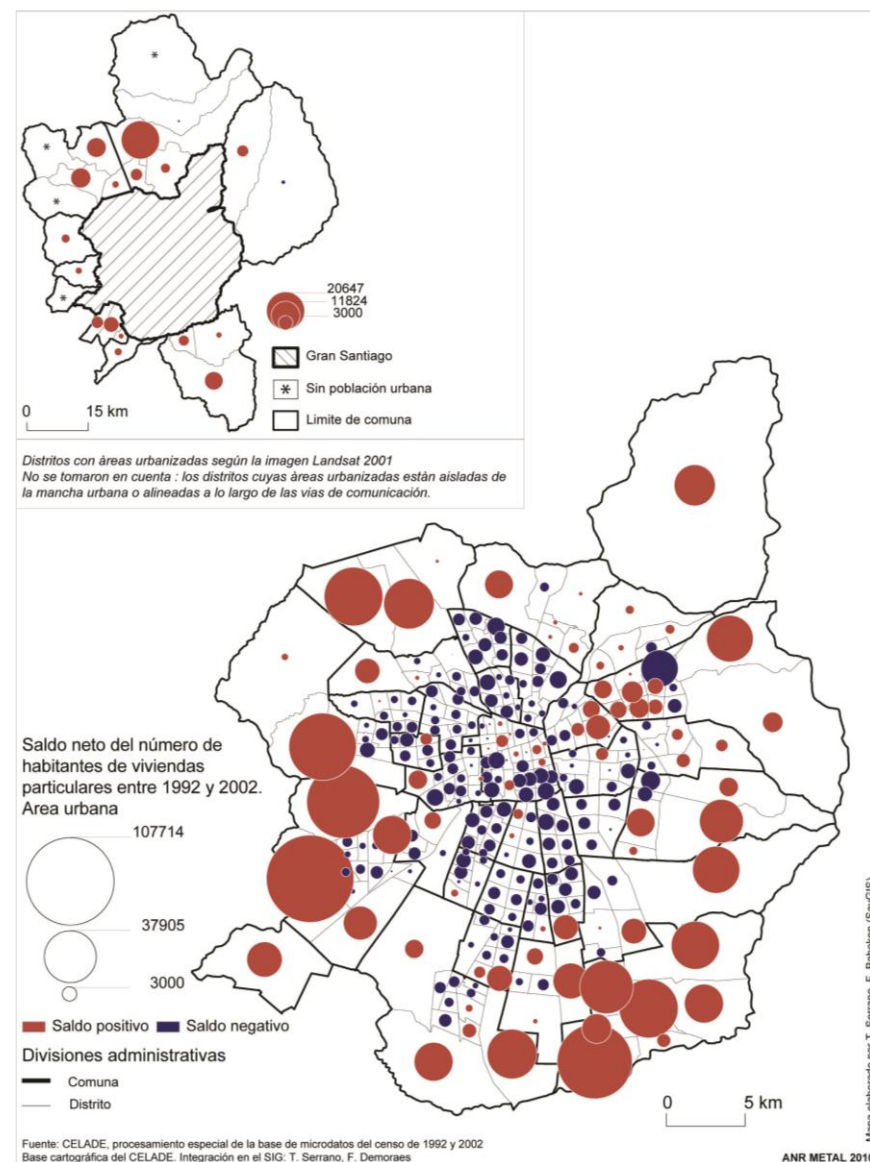
Carte 18 - Densité de population à Bogotá en 2005 (METAL_Maps)



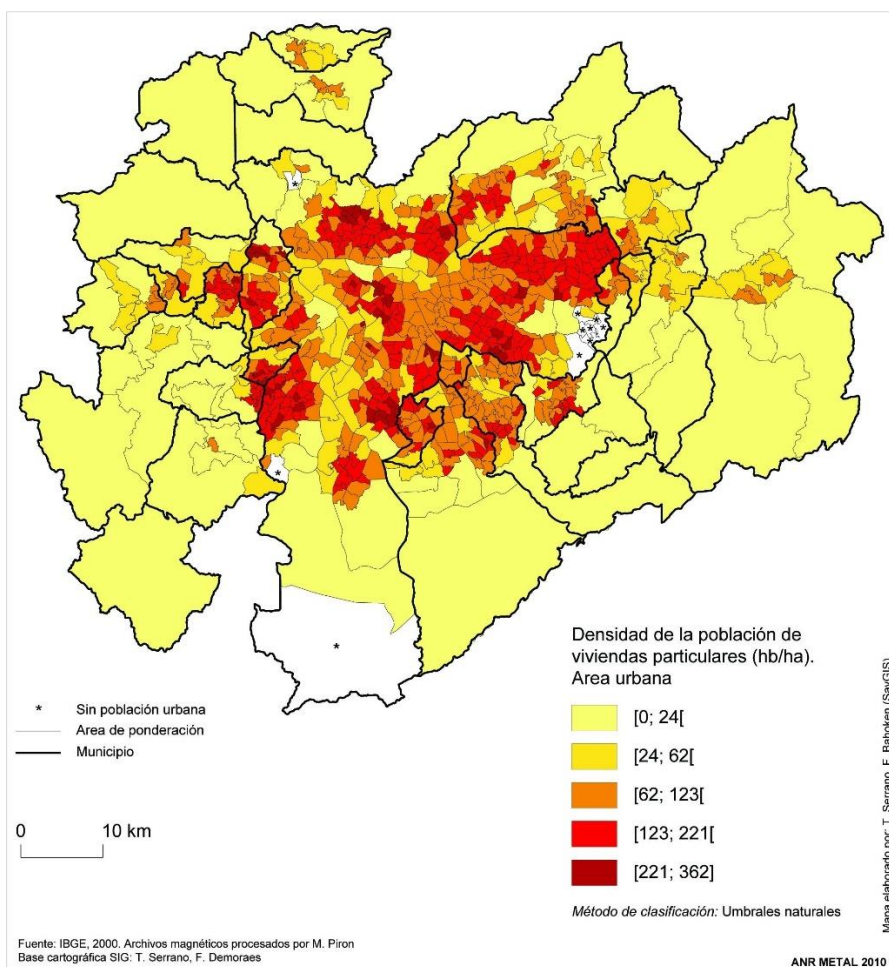
Carte 19 - Evolution de la population à Bogotá de 1993 à 2005 (METAL_Maps)



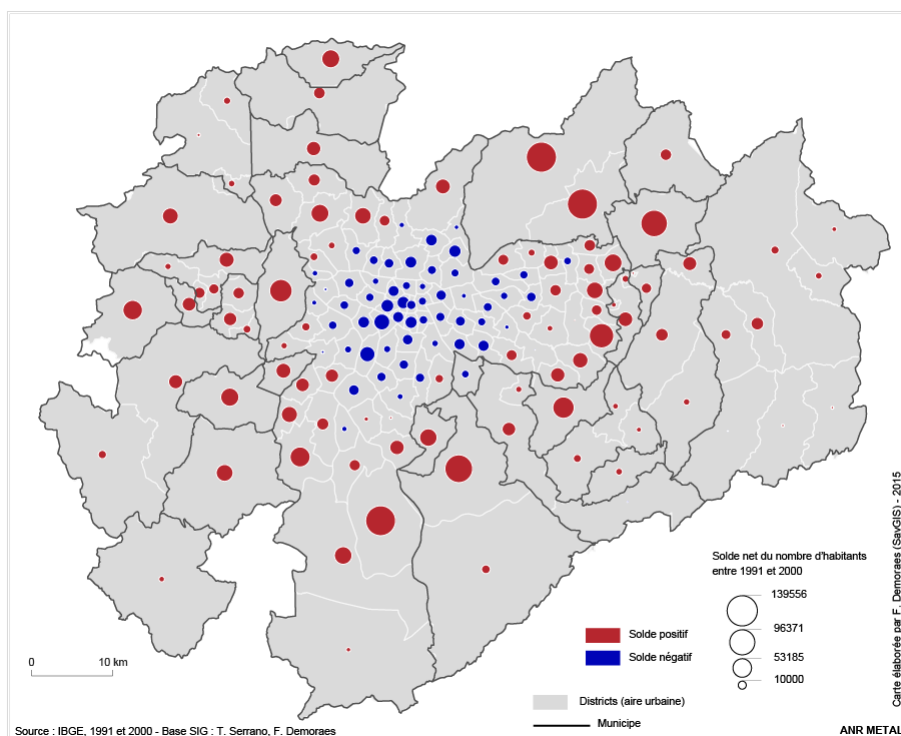
Carte 20 - Densité de population à Santiago en 2002 (METAL_Maps)



Carte 21 - Evolution de la population à Santiago de 1992 à 2002 (METAL_Maps)



Carte 22 - Densité de population à São Paulo en 2000 (METAL_Maps)



Carte 23 - Evolution de la population à São Paulo de 1991 à 2000 - Demoraes, 2015



Photo 10 - Vue sur Bogotá depuis Monserrate (Cliché : F. Demoraes, 2010)



Photo 11 - Paysage urbain caractéristique du centre de São Paulo avec une autoroute urbaine et une ligne de gratte-ciels à l'horizon (Cliché : Y. Marcadet, 2009)



Photo 12 - Vue sur Santiago du Chili depuis le Cerro San Cristóbal (Cliché : V. Gouëset, 2008)



3.5.2 - Le poids des agglomérations dans les économies nationales et la répartition des activités

Les trois métropoles étudiées dans le programme de l'ANR METAL ont également en commun de concentrer une part importante de l'activité économique des trois pays concernés⁸⁹, le Chili étant comparativement le plus riche avec un PIB par habitant de 8 096 USD, loin devant le Brésil (5 622 USD) et la Colombie (3 956 USD)⁹⁰.

Globalement, la concentration de la production économique va de pair avec la concentration de la population, même si les deux ne sont pas toujours directement corrélées. En 2010, l'aire métropolitaine de São Paulo avec ses 30 municipes (10,3% de la population nationale) contribuait à hauteur de 18,5% au PIB brésilien. En 2005, le District Capital de Bogotá qui comptait 6,8 millions d'habitants (soit 85% de la population de l'aire métropolitaine et 15,9% de la population nationale) fournissait 26,3% du PIB colombien. La concentration économique et la concentration de population sont nettement plus marquées au Chili. Ainsi, en 2012, la région métropolitaine de Santiago (52 communes) qui englobe l'aire métropolitaine (39 communes) pesait pour 44,4% dans le PIB chilien et rassemblait 40,2% de la population nationale (l'aire métropolitaine rassemblait 36,3% de la population nationale).

Dans les trois cas, ces activités productives ne sont pas réparties de façon homogène dans les espaces métropolitains. On note une concentration des services formels et des industries principalement dans le centre et dans le centre élargi comme le secteur nord-oriental à Santiago⁹¹, et secondairement au sein de polarités périphériques relativement peu nombreuses, en particulier à São Paulo avec notamment le secteur de l'aéroport international (*Guarulhos*) et la vaste zone industrielle de l'ABC⁹².

3.5.3 - Évolution de la ségrégation

La plupart des résultats livrés dans cette section sont issus d'un rapport préparatoire à une des rencontres annuelles des membres du programme ANR METAL, tenue à Nogent en juin 2011 (Demoraes et al., 2011 - AP1). Ce document passe en revue différentes méthodes, complémentaires, pour statuer sur l'intensité et les échelles de la ségrégation résidentielle mesurées à travers l'ICS (Indice de Condition Sociale, **Encart 2**).

L'Indicateur de condition sociale est un indicateur synthétique représentatif du revenu des ménages couramment utilisé en Amérique latine depuis le début des années 1990. Cet indicateur est décrit dans Dureau F., et al., 2014, p.60. Il est calculé en divisant le nombre moyen d'années d'études des membres du ménage âgés de 15 ans ou plus par le nombre moyen de personnes par pièce dans le logement. Les classes 1 et 6 correspondent respectivement aux 10% des ménages les plus pauvres et aux 10% des plus riches ; les classes 2 et 5 correspondant aux 15% suivants, les classes 3 et 4 aux 25% des ménages inférieurs et supérieurs à la médiane.

Encart 2 - Définition de l'Indice de Condition Sociale en Amérique latine et mode de calcul retenu dans l'ANR METAL

Dans le programme de l'ANR METAL, cet indice a été calculé à partir de micro-données issues des deux derniers recensements disponibles en 2009 à Bogotá et à Santiago⁹³. Pour des questions d'accès aux données, l'approche diachronique n'a pu être menée à São Paulo.

Dans ce rapport préparatoire ont été expérimentées les représentations cartographiques d'indicateurs, l'analyse centrographique (comparaison de la position moyenne et de la dispersion spatiale des différents groupes sociaux et de leur évolution entre les deux derniers recensements)⁹⁴, le calcul statistique des indices de ségrégation (Hutchens) ainsi que la

89 Remarque : à part au Brésil, où les données de PIB sont disponibles à l'échelle des municipes sur le site de l'IBGE, dans les deux autres pays, il n'a pas été possible de calculer la contribution précise des aires métropolitaines retenues dans l'ANR METAL, aux PIB nationaux. Nous livrons donc les données aux échelles disponibles sur les sites de la banque centrale du Chili et du DANE pour la Colombie.

90 Dollars de l'année 2000, d'après CEPAL, 2012.

91 Voir notamment sur cette question Rodríguez (2008).

92 Le secteur ABC est un grand bassin industriel (secteur automobile, usines agro-alimentaires, pétrochimie...) situé au sud-est de São Paulo. Ce secteur englobe trois municipes (*Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul*).

93 Sur la ville de Bogotá, les travaux de A. Salas Vanegas (2008) ayant porté sur la période 1973-1993 ont permis de connaître l'évolution de la ségrégation résidentielle sur les 40 dernières années.

94 Cette méthode d'analyse est présentée en section 2.7.2.3.



décomposition de la variance. Ce rapport a ensuite donné lieu à un chapitre d'ouvrage (Dureau et al., 2014, chapitre 4), dont nous reprenons ici également quelques éléments. Dans ce cadre, mes travaux ont essentiellement porté sur les mesures de dispersion socio-spatiale des ICS et sur leur représentation cartographique que je restitue dans cette section.

Je présente dans un premier temps deux indicateurs : l'ICS moyen et le coefficient de variation⁹⁵. Les représentations cartographiques de ces indicateurs (**Carte 24**) font ressortir trois configurations bien distinctes des divisions sociales des espaces métropolitains. A São Paulo, c'est une organisation avant tout radioconcentrique qui apparaît avec les populations aisées dans un centre peu mixte. A Santiago, les strates aisées se concentrent en 1992 comme en 2002, dans le quart nord-est de l'agglomération qui présente par ailleurs peu de mixité (et cette mixité a encore baissé en 2002). A Bogotá, les strates les plus défavorisées que l'on recensait en périphérie ouest et au sud de l'agglomération en 1993 ne se rencontrent en 2005 plus qu'au sud. Les strates les plus aisées se cantonnent quant à elles dans un secteur plus au nord, à l'est de la ville dont on constate là-encore la faible mixité, mixité qui a globalement eu tendance à baisser sur l'ensemble de la ville entre les deux derniers recensements⁹⁶.

Au-delà des configurations propres à chacune des agglomérations, deux constances se dégagent entre les deux derniers recensements à Bogotá et à Santiago :

- une élévation des valeurs moyennes d'ICS dans la plupart des secteurs de ces deux villes ce qui traduit l'amélioration du niveau de vie moyen des citoyens,
- le renforcement du confinement des classes aisées, de plus en plus riches, dans des quartiers de moins en moins mixtes.

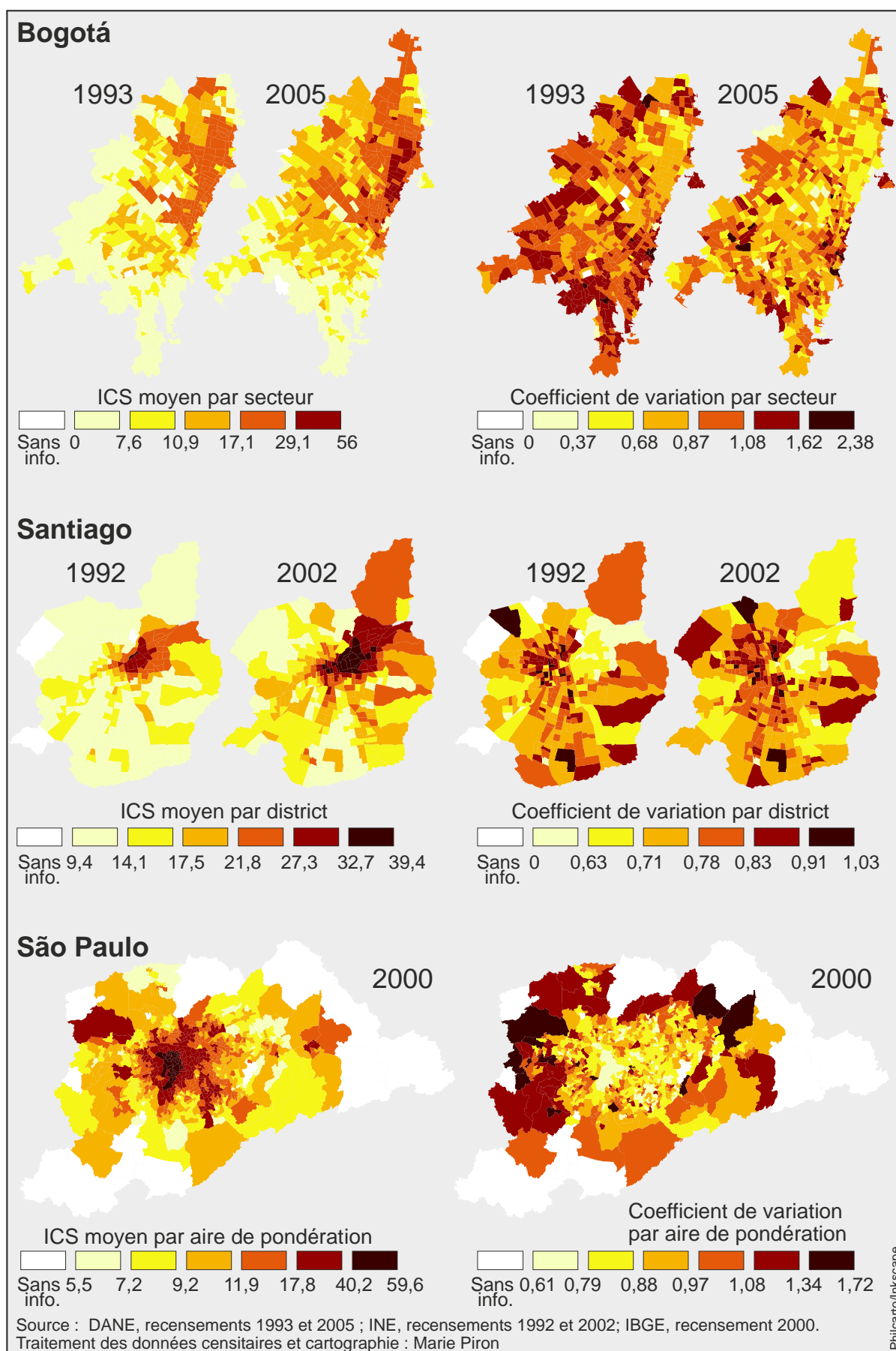
Le calcul des positions moyennes⁹⁷ et des paramètres de dispersion spatiale des catégories d'ICS que j'ai réalisé, complète cette première approche. A Bogotá (**Carte 25**), aussi bien en 1993 qu'en 2005, les groupes ayant les plus hauts revenus (ICS5 et 6) ont leur centre moyen localisé dans le nord. Ceux ayant les revenus les plus faibles (ICS1 et 2) ont leur centre moyen localisé dans le sud avec la classe moyen-faible (ICS3). Le centre de la classe moyenne (ICS4) se localise en situation intermédiaire. La carte fait ressortir aussi la périphérisation du peuplement sur la période 1993-2005⁹⁸: le centre moyen de l'ensemble de la population et tous les centres moyens par catégorie s'éloignent du centre historique. A Santiago (**Carte 26**), entre les deux derniers recensements, les catégories défavorisées et modestes (ICS1, 2 et 3) ont vu leur position moyenne, très proche l'une de l'autre, se déplacer en direction du sud où la production de logement social a été abondante, s'éloignant ainsi des centres moyens des classes les plus aisées (ICS5 et 6), centres qui sont restés quasi-fixes entre 1992 et 2002 au nord-est (quartiers parmi les plus riches de l'agglomération, voir **Carte 24**).

95 Le coefficient de variation (écart type / moyenne) correspond à un indicateur de dispersion relative qui présente l'avantage d'être sans unité, ce qui permet les comparaisons entre dates et entre villes. Il traduit ici le degré d'homogénéité ou d'hétérogénéité sociale par entité spatiale.

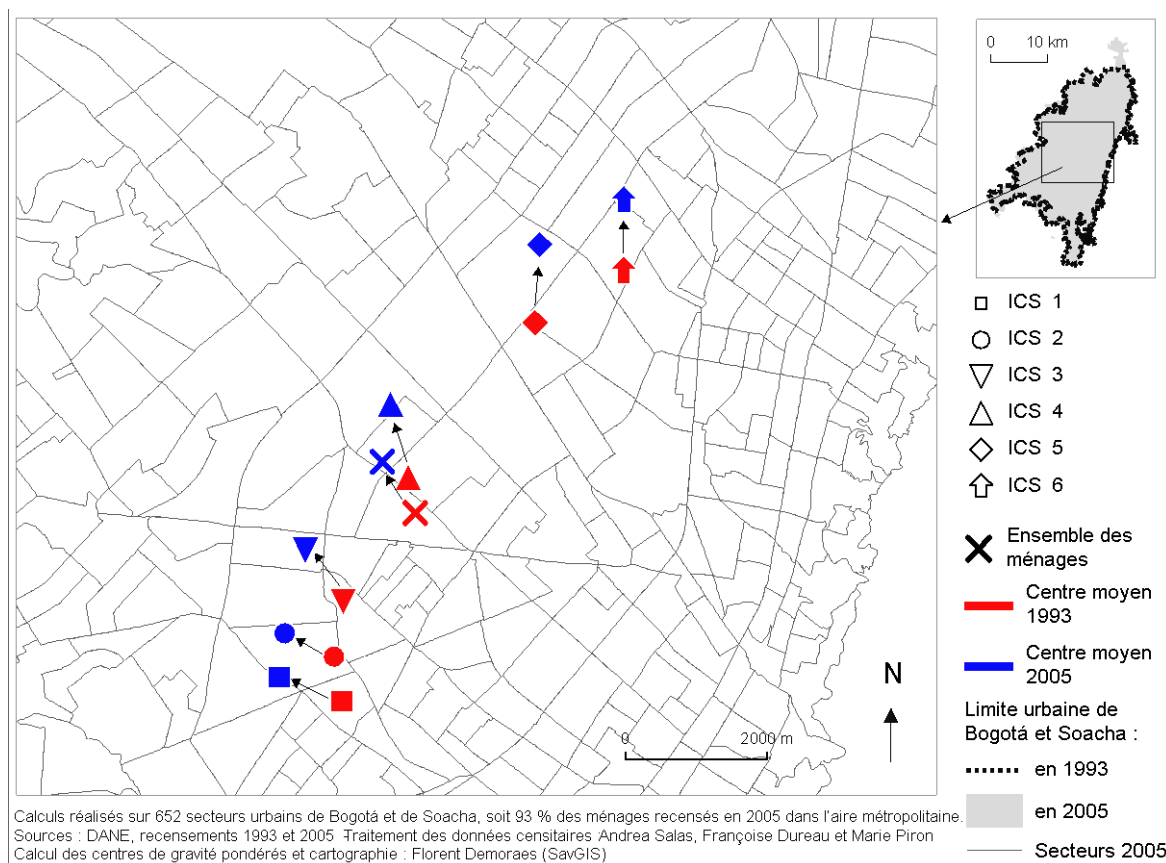
96 Pour aller plus loin sur la question de la diversification des échelles spatiales des divisions sociales entre les deux derniers recensements à Bogotá, le lecteur peut se référer au chapitre 5 de la thèse de G. Le Roux (2015, pp. 171-203).

97 Le calcul des centres moyens a été pondéré par les effectifs d'individus de chaque catégorie d'ICS.

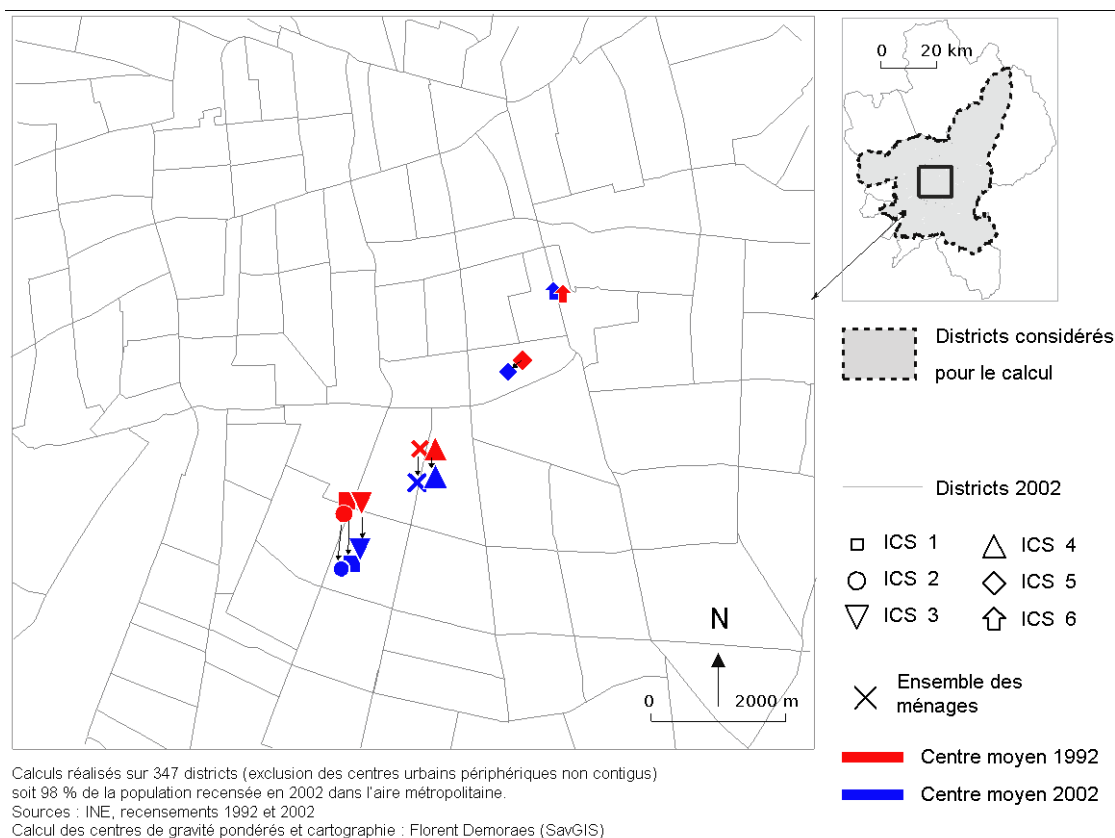
98 Cette tendance ressortait déjà sur la Carte 19.



Carte 24 - Moyenne et coefficient de variation de l'Indice de Condition Sociale (Bogotá 1993 et 2005, Santiago 1992 et 2002, São Paulo 2000), adapté de Dureau et al., 2014 : 114



Carte 25 - Evolution de la distribution spatiale de la population par ICS (Indice de Condition Sociale) à Bogotá entre 1993 et 2005 - D'après Demoraes et al., 2011



Carte 26 - Evolution de la distribution spatiale de la population par ICS (Indice de Condition Sociale) à Santiago entre 1992 et 2002 - D'après Demoraes et al., 2011



L'analyse de la dispersion spatiale relative (**Tableau 11**)⁹⁹ permet de son côté de faire ressortir que dans les trois villes, la concentration spatiale augmente graduellement avec le niveau de revenus. On note également que les écarts de dispersion spatiale entre les différentes catégories sociales sont nettement plus accentués à São Paulo que dans les deux autres villes. Par ailleurs, la comparaison des recensements montre des différenciations entre catégories sociales. A Bogotá et à Santiago, les classes moyennes (ICS3 et 4) se sont davantage dispersées entre les deux derniers recensements, tandis que c'est l'inverse pour les ménages situés aux extrémités de l'échelle sociale : les plus pauvres (ICS1) et les plus riches (ICS6) traversent un processus de concentration relative au sein de métropoles en expansion.

	Bogotá		Santiago		São Paulo
	1993	2005	1992	2002	2000
ICS1	762,1	771,3	611,6	643,1	709,2
ICS2	741,5	771,7	606,3	647,6	698,5
ICS3	716,6	755,4	593,8	645,2	664,8
ICS4	701,7	738,3	584,7	636,7	608,8
ICS5	668,6	688,4	562,2	597,1	527,1
ICS6	627,1	635,7	512,8	537,2	436,7
Total	736,0	771,4	591,2	635,8	622,6

Tableau 11 - Indicateurs de dispersion spatiale relative (Bogotá 1993 et 2005, Santiago 1992 et 2002, São Paulo 2000) - Demoraes et al., 2011



Photo 13 - Paraisópolis et Morumbi, deux quartiers côte-à-côte à l'extrême opposé dans la hiérarchie sociale, à l'ouest du centre de São Paulo (Source : Tuca Vieira, <http://www.tucavieira.com.br>)

⁹⁹ La dispersion spatiale relative est calculée en rapportant la distance type sur le rayon du cercle dont la superficie équivaut à celle de l'agglomération. Elle permet ainsi de s'affranchir partiellement de l'effet de taille des villes et de comparer les dispersions entre villes (voir Pumain, Saint Julien, 1997, pp. 56-59).



3.5.4 - Une mobilité en augmentation et une diversification de l'offre de transport

Cette section reprend des résultats publiés dans Gouëset et al., 2014 (COS2).

Les métropoles latino-américaines ont connu sur les dernières décennies une augmentation importante de la mobilité quotidienne, comme le montre le **Tableau 12**. On observe une forte croissance des indices de mobilité à Bogotá et Santiago, et une stabilisation à un niveau élevé à São Paulo. La hausse du nombre de déplacements ne s'explique pas seulement par la croissance absolue de la population ; on observe également une croissance relative, avec une augmentation du nombre de trajets quotidiens par personne, et une augmentation de la motorisation des ménages à Bogotá et à Santiago.

	Bogotá		Santiago		São Paulo	
	2005*	2011	1991	2006	1997	2007
Nombre de déplacements par jour de semaine (en millions)	10,2	17,6	6,0	17,9	31,4	38,7
Nombre de déplacements par personne	1,4	2,2	1,8	3	1,9	2
Taux de motorisation des ménages **	30	41	34	49	68	63

Sources : Encuesta de Movilidad Urbana de Bogotá, 2005 ; Encuesta de Movilidad de Bogotá, 2011 ; Encuesta Origen Destino de Viajes del Gran Santiago, 1991 ; Encuesta de Movilidad para el Gran Santiago, 2006 ; Metrô-Pesquisa origem e destino, Região Metropolitana de São Paulo, 1997 et 2007.

Notes : * Exclut les déplacements à pied inférieurs à 15 minutes ** Nombre de voitures pour 100 ménages.

Tableau 12 - L'évolution de la mobilité quotidienne dans les trois aires métropolitaines dans les années 2000 selon les grandes enquêtes origine-destination (Gouëset et al., 2014)

L'augmentation du volume des déplacements journaliers et l'accroissement du parc automobile sont liés à différents facteurs (Figueroa, 2013) que l'on peut lister de façon non exhaustive, comme suit :

- l'expansion urbaine et une offre résidentielle massive dans la périphérie métropolitaine, qui a conduit les habitants de Bogotá, Santiago et São Paulo à s'y installer en grands nombres (**Carte 19, Carte 21, Carte 23**), alors que les emplois restaient massivement concentrés dans les espaces centraux et péri-centraux,
- la croissance du taux de motorisation des ménages, en lien avec l'augmentation de leurs revenus¹⁰⁰ et avec la diminution progressive du coût des véhicules importés,
- la modernisation du réseau routier et la construction de nouvelles autoroutes urbaines,
- la progression du taux d'activité des femmes,
- l'aspiration de nombreux individus à fuir des transports collectifs bondés.

On constate en parallèle une diversification de l'offre de transports en commun, avec notamment la mise en service au cours des années 2000 de systèmes de Bus à Haut Niveau de Service (BHNS)¹⁰¹, présentés dans le **Tableau 13**.

	Train de banlieue	Métro	BHNS	Bus	Minibus
Bogotá	Non	Non	Transmilenio (2001)	Oui	Oui
Santiago	Oui	Oui	Transantiago (2007)	Offre réduite*	Non
São Paulo	Oui	Oui	Couloirs en site propre	Oui	Non

Note : * Les bus intra-urbains ont été intégrés à l'offre du Transmilenio en 2007. Même si des bus de banlieue et inter-urbains continuent de circuler, leur accès à la ville est restreint.

Tableau 13 - L'offre de transport collectif à Bogotá, Santiago et São Paulo en 2009 (Gouëset et al., 2014)

100 Dans le cas de Santiago, Gibson (2002) a établi que l'amélioration des revenus s'accompagne d'une augmentation du taux de motorisation, qui a augmenté de 65 % entre 1991 et 2001, soit un taux similaire à la croissance du PIB sur la même période (76,5 %).

101 BRT (Bus Rapid Transit) en anglais.



Photo 14 - Les bus articulés du Transmilenio circulant en site propre (Cliché : F. Demoraes, 2010)



Photo 15 - Train de banlieue à São Paulo (Cliché : M. Giroud, 2009)



3.5.5 - Contexte organisationnel des transports et caractéristiques des déplacements

Cette section repose en partie sur des travaux publiés dans Demoraes et al., 2010 (ACI4) et dans Gouëset et al., 2014 (COS2).

Dans aucune des trois villes, il n'existe d'aire métropolitaine officiellement constituée¹⁰², disposant de prérogatives fortes en matière d'aménagement urbain, ce qui rend difficile tout effort de planification concertée du logement ou des transports¹⁰³. A Bogotá, le District Capital qui rassemble, nous l'avons vu, 85% de la population de l'aire métropolitaine, est puissant et il gère seul avec l'appui financier de l'Etat, son développement urbain. A São Paulo, le municipale central du même nom, également puissant sur le plan politique et financier, ne représente que la moitié de la population métropolitaine. Enfin au Chili, la commune de Santiago représente moins de 4 % de la population métropolitaine, son maire n'a qu'un pouvoir local et le Préfet de la RMGS (région métropolitaine du Grand Santiago), désigné par le Président de la République, a un rôle essentiellement administratif : c'est donc le gouvernement central qui planifie, pour l'essentiel, les transports à l'échelle métropolitaine.

Comme évoqué précédemment (section 3.5.2), le niveau de développement économique n'est pas le même dans les trois pays, ce qui a des conséquences sur les conditions de mobilités des citoyens, d'une part parce que la capacité financière des pouvoirs publics n'est pas la même dans les trois cas (ainsi l'Etat chilien a-t-il pu doter Santiago d'un métro assez tôt, alors que Bogotá, pourtant plus peuplée, n'en possède toujours pas), d'autre part parce que le niveau de vie des populations n'est pas identique. Un bon indicateur de ce décalage est le taux de motorisation des ménages. Selon les dernières données disponibles, alors qu'on recense près de 63 voitures pour 100 ménages à São Paulo, on n'en dénombre que 49 à Santiago et 41 à Bogotá (**Tableau 12**). En ce qui concerne la distribution modale des déplacements, plus spécifiquement vers le lieu de travail (**Tableau 14**), la part des véhicules particuliers est la plus élevée à São Paulo (33,6% des trajets), devant Santiago (28%) et Bogotá (18,5%). Ces différences sont toutefois moins accentuées que celles observées entre les taux de motorisation. Cela s'explique par le fait que, dans le cas où une famille possède une voiture, tous ses membres actifs ne peuvent l'utiliser en même temps (elle l'est en priorité par les chefs de ménage¹⁰⁴), et également par le fait que la voiture n'est pas utilisable en permanence compte tenu des politiques de circulation alternée¹⁰⁵.

Dans les trois villes, le mode de transport le plus utilisé est le transport public collectif (bus, minibus, métro, *Transmilenio*, *Transantiago*, etc.), qui représente les deux tiers des trajets domicile-travail à Bogotá, la moitié à Santiago et 42% à São Paulo, du fait notamment d'un réseau de transport en commun moins étalé (la longueur du métro y est plutôt restreinte, en rapport avec la taille de l'agglomération) et du plus fort taux de motorisation. Le poids des transports non motorisés (marche à pied et bicyclette) est également important, puisqu'il représente 16% des déplacements à Santiago et 21% à São Paulo. A Bogotá, celui-ci est sous-évalué (10%), car les trajets à pied inférieurs à 15 minutes n'ont pas été comptabilisés lors de l'enquête de 2005¹⁰⁶.

Par ailleurs, la durée des trajets domicile-travail n'est pas directement liée à la taille de la ville. Les trajets en voiture sont les plus rapides à Santiago (32 minutes). Cela s'explique notamment par l'existence de voies rapides urbaines à péage qui permettent de parcourir de grandes distances en des délais raisonnables. Bien que de taille équivalente, Bogotá présente les temps moyens en voiture les plus élevés (41 minutes). Cette dernière ne dispose en effet pas d'un réseau routier rapide équivalent. São Paulo, bien que trois fois plus étalée que les deux autres villes, se caractérise par des durées moyennes de déplacement en automobile plutôt courtes (37 minutes). Cela tient à la fois à l'importance des déplacements de proximité (dans 43,7% des cas, ils se font à l'intérieur de la même zone) et à l'existence, là aussi, d'un

102 Même si, au Brésil, il existe une reconnaissance constitutionnelle des régions métropolitaines, qui ne renvoie toutefois à aucun organe de gestion spécifique. Voir notamment Nunes Apolinário (2009).

103 Le même constat ressortait déjà sur l'aire métropolitaine de Lima (section 2.1.3.2) et renvoie à un cadre encore très répandu en Amérique latine.

104 Par exemple, à Bogotá, la voiture est utilisée depuis le lieu de résidence dans 60% des cas pour se rendre au lieu de travail. Les deux tiers de ces déplacements sont réalisés par le chef de ménage (EMU 2005). A Santiago et São Paulo, on observe la même tendance.

105 A Bogotá par exemple, le système du « *pico y placa* » interdit l'utilisation des véhicules personnels un jour par semaine, en fonction du numéro de la plaque d'immatriculation.

106 Cette exclusion conduit mécaniquement à une surreprésentation de la part des autres modes qu'il est difficile d'estimer.



réseau autoroutier urbain. A titre de comparaison, la durée des trajets vers le lieu de travail atteint 35 minutes en automobile dans l'aire urbaine de Paris (Baccaïni *et al.*, 2007).

	Bogota 2005 (b)	%	Santiago 2006 (c)	%	São Paulo 2007	%
Motifs des déplacements quotidiens :						
- Aller au lieu de travail	2 365 300	23,2	4 342 050	25,4	9 261 000	24,2
- Aller au lieu d'étude	1 332 650	13,1	3 392 150	19,8	5 794 200	15,2
- Autres motifs (a)	6 492 500	63,7	9 387 150	54,8	23 180 000	60,6
Total	10 190 450		17 121 350		38 235 200	
Destination des déplacements vers le lieu de travail :						
- dans la même zone	435 500	18,7	1 071 550	24,7	4 046 000	43,7
- dans une zone limitrophe	682 000	29,4	986 900	22,7	2 402 800	25,9
- dans une zone non limitrophe	1 205 800	51,9	2 283 600	52,6	2 812 200	30,4
Mode de transport au lieu de travail :						
- non motorisé (à pied, en vélo)	239 150	10,1	697 100	16,1	1 963 000	21,2
- privé particulier (automobile, moto)	436 450	18,5	1 199 900	27,6	3 115 500	33,6
- privé collectif (ramassage scolaire ou d'entreprise)	65 750	2,8	118 800	2,7	232 250	2,5
- public collectif (bus, taxi collectif, métro, train, BHNS...)	1 545 000	65,3	2 166 450	49,9	3 902 150	42,1
- taxi	70 050	3,0	27 450	0,6	17 750	0,2
- autre mode	8 900	0,4	132 350	3,0	30 350	0,3
Durée aller au lieu de travail en voiture (mn)	41		32		37	
Durée aller au lieu de travail en transports publics collectifs (mn)	56		63		74	

Sources: Encuesta de Movilidad Urbana (Bogota, 2005), Encuesta de Movilidad en Centros Urbanos (Santiago, 2006) et Pesquisa Origem-Destino (São Paulo, 2007). Calcul des auteurs.

(a) Dont les retours au domicile.

(b) A Bogotá, les déplacements à pied de moins de 15 minutes n'ont pas été pris en compte dans l'enquête.

(c) Données limitées aux 36 comunas incluses dans l'enquête OD parmi les 39 que compte l'aire métropolitaine.

Tableau 14 - Caractéristiques générales des conditions de mobilité quotidienne à Bogotá (2005), Santiago (2006) et São Paulo (2007) - Demoraes et al., 2010

Enfin, les temps moyens de déplacements en transports publics collectifs sont de façon attendue globalement plus longs qu'en véhicules particuliers. Cela est d'autant plus marqué à Santiago et à São Paulo où la durée des déplacements en transports publics collectifs vers le lieu de travail représente plus du double de ceux effectués en automobile. A l'opposé, cet écart est beaucoup plus ténu à Bogotá où les durées en transports publics collectifs sont les plus courtes (56 minutes). Cela est en partie dû à l'existence du *Transmilenio*, système fonctionnant en site propre non soumis aux embouteillages. A titre de comparaison, la durée des trajets vers le lieu de travail atteint 60 minutes en transports publics collectifs sur l'aire urbaine de Paris (ORSTIF, 2010).



3.6 - Les conditions de mobilités quotidiennes comme révélatrices d'inégalités socio-spatiales : approche infra-métropolitaine sur la base d'un découpage territorial

Cette section 3.6 reprend des matériaux de recherche qui renvoient à la première étape du programme de l'ANR METAL et qui avait consisté à recenser et exploiter des sources de données secondaires (recensements, grandes enquêtes origine-destination) avant de produire nous-mêmes de nouvelles données au travers d'enquêtes. L'exploitation de ces données secondaires avait pour objectif d'établir un diagnostic comparatif sur l'expansion urbaine, l'évolution du parc de logements, les recompositions du peuplement, l'évolution des formes de ségrégation résidentielle, et de fournir un premier aperçu global sur les mobilités quotidiennes dans les trois métropoles étudiées. La collection de cartes [METAL Maps](#) (voir section 3.5.1) est une des productions issues de cette première étape.

Je propose dans cette section 3.6 de livrer, à travers une lecture renouvelée, une sélection de résultats qui s'inscrivent dans cette première étape du programme et qui ont été publiés dans Demoraes et al., 2010 (ACL4) dont un tiré-à-part est fourni dans le volume 3 (Réf. 10). On s'intéresse dans cette section 3.6 plus particulièrement aux inégalités en analysant la variabilité des conditions de mobilité à l'intérieur de chacune des trois métropoles que l'on confronte à la hiérarchie sociale.

Le traitement des grandes enquêtes OD et l'analyse des données concernant les déplacements quotidiens contenues dans les recensements font l'objet de nombreux travaux dans les métropoles d'Amérique latine. En dehors de la diffusion des résultats par les autorités elles-mêmes, les bases de données sont exploitées par les chercheurs et universitaires. On recense tout d'abord des études qui ne portent que sur une seule ville et restituent les résultats d'une seule enquête (Antico, 2005 ; Aranha, 2005 ; Vasconcellos, 2005a). D'autres s'intéressent à l'évolution des conditions de mobilité en comparant plusieurs enquêtes sur une même ville (Antico, 2003 ; Casado Izquierdo, 2014 ; Gómez Gélvez, 2014 ; Vasconcellos, 2005b)¹⁰⁷. Les études qui comparent les caractéristiques de déplacement ou des services de transport sur plusieurs villes sont également présentes (CAF-BDAL, 2011 ; Henry et Hubert, 2000 ; Muñoz et al., 2013 ; Thomson, 2002). Ceci étant, la grande majorité de ces travaux se limitent le plus souvent à quelques indicateurs (parc automobile, taux de motorisation, distribution modale, nombre de déplacement par jour et par personne, coût et durée des transports, nombre de passagers transportés par jour, etc.) parfois déclinés suivant les revenus (Casado Izquierdo, 2014 ; Gómez Gélvez, 2014 ; Henry et Hubert, 2000). Ceci étant, les chiffres fournis renvoient généralement à des indicateurs globaux calculés sur l'ensemble d'une ville et plus rarement à une échelle infra-métropolitaine. Enfin, les cartes, si elles ne sont pas absentes de ces travaux, sont le plus souvent limitées à la représentation d'un seul indicateur (Antico, 2003 ; Henry, 2008 ; Casado Izquierdo, 2014).

Comme nous le montrons dans cette section, l'originalité de notre approche réside dans le fait que l'on a questionné les inégalités dans une optique comparative en analysant sur la base d'un découpage territorial, la variabilité des conditions de mobilité au regard de la hiérarchie sociale dans les trois métropoles. Par conditions de mobilité, nous entendons le contexte dans lequel les déplacements quotidiens sont effectués, conditions que nous avons qualifiées en combinant plusieurs critères (modes de transport, durée, distance, etc.). Nous l'avons vu en section 3.5.3, les divisions sociales des espaces métropolitains sont fortes mais renvoient à des agencements différents. La première question que l'on se pose ici est de savoir comment ces divisions se reflètent dans les conditions de mobilité au sein de chacune des villes. Ces conditions sont-elles systématiquement plus difficiles dans les quartiers défavorisés ? Quelle influence la localisation des quartiers dans les agglomérations a-t-elle sur ces conditions ? Les conditions de mobilité sont-elles les mêmes pour les riches, pour les pauvres, d'une ville à l'autre ?

Avant d'aller plus loin, il est important de préciser que parmi les différentes formes de mobilités quotidiennes, nous nous sommes concentrés dans cette section 3.6 sur les mobilités contraintes et plus particulièrement sur les navettes effectuées pour se rendre au lieu de travail. Ces déplacements sont de loin les plus nombreux (voir **Tableau 14**) et sous-tendent une grande partie des pulsations urbaines quotidiennes. De son côté, la hiérarchie sociale a été appréciée par le biais de l'Indice de Condition Sociale (ICS), explicité en section 3.5.3.

¹⁰⁷ La comparaison sur une même ville des données issues de deux enquêtes de mobilité consécutives doit cependant être menée avec précaution comme l'indique notamment Santana (2009) sur Bogotá.



Dans un premier temps (section 3.6.1), je présente les données, les méthodes mobilisées, les difficultés rencontrées et les solutions mises en place. En section 3.6.2, les conditions de mobilité et leur articulation avec la hiérarchie sociale sont restituées sur chacune des trois métropoles (tendances globales). En section 3.6.3, on s'intéresse à la variabilité des mobilités toujours au regard de la hiérarchie sociale à une échelle infra-métropolitaine dans chacune des trois métropoles (situation ville par ville à travers une grille de lecture spatiale). En section 3.6.4, une synthèse comparative est proposée et une discussion sur les apports et limites de ces travaux est livrée en section 3.6.5.

3.6.1 - La comparaison des mobilités quotidiennes vers le lieu de travail au regard de la hiérarchie sociale à Bogotá, Santiago et São Paulo : données et méthodes

Notre analyse repose sur l'exploitation de deux sources de données secondaires dont les millésimes correspondent à ceux disponibles en 2009 pour la première étape du programme de l'ANR METAL. Il s'agit :

- des enquêtes « Origine-Destination » (OD), réalisées respectivement en 2005 à Bogotá, en 2006 à Santiago et en 2007 à São Paulo et dont sont issus nos onze indicateurs de mobilité (**Tableau 15**), et,
- des recensements de la population, réalisés respectivement en 2005, 2002 et 2000¹⁰⁸ dans les trois agglomérations, et qui nous ont permis de calculer l'indice de condition sociale des ménages (ICS).

Les trois enquêtes OD ont été conduites¹⁰⁹ sans finalité de comparaison. Leurs méthodes de réalisation et les définitions sous-jacentes sont malgré tout relativement similaires, à quelques exceptions près. A Bogotá, les déplacements à pied de moins de 15 minutes n'ont pas été pris en compte dans l'enquête, alors que pour les deux autres villes, tous les déplacements à pied pour se rendre au lieu travail, quelle que soit leur durée et/ou distance, ont été recensés. La deuxième différence renvoie aux modes de transport qui ne sont pas identiques dans les trois villes (**Tableau 13**). Pour résoudre ce problème, nous avons procédé à leur regroupement en modes génériques fréquemment utilisés dans la littérature scientifique ou technique (public collectif, privé particulier, privé collectif, taxis, autres).

Les onze indicateurs retenus renvoient à trois grands groupes : le mode de transport utilisé, le taux de motorisation des ménages et la longueur des trajets (durée et portée spatiale). Si la durée est recueillie lors des grandes enquêtes, les distances parcourues ne le sont pas systématiquement¹¹⁰. Nous aurions pu obtenir une estimation de ces distances (à vol d'oiseau), mais travaillant sur des aires métropolitaines ayant des superficies variables, il nous est apparu nécessaire de recourir à une autre métrique que j'ai calculée à partir du degré de voisinage entre lieu d'origine et lieu de destination. La portée spatiale des déplacements a ensuite été ventilée en trois classes (déplacements locaux, vers une zone limitrophe, vers une zone non limitrophe, voir **Tableau 15**).

Pour chacune des villes, j'ai calculé les indicateurs de mobilité à un niveau infra-métropolitain dans des zones regroupant plusieurs unités issues de la sectorisation des enquêtes origine-destination. Le découpage retenu (**Carte 27**)¹¹¹ correspond pour Bogotá aux arrondissements à l'intérieur du District Capital et aux municipales à l'extérieur de celui-ci (36 unités au total), pour Santiago du Chili aux communes (36 unités au total), et pour São Paulo à un découpage spécifique qui regroupe entre eux plusieurs districts à l'intérieur du municipio capital de São Paulo et les municipales à l'extérieur de celui-ci (61 unités au total). Ce découpage a ensuite servi comme échelon pour le calcul des ICS.

108 En raison du décalage chronologique entre le recensement et l'enquête origine-destination à Santiago et surtout à São Paulo, les séries d'indicateurs de mobilité et l'ICS, bien que calculés pour les mêmes unités géographiques, doivent être comparés avec prudence.

109 Les enquêtes ont été menées auprès de 21 000 ménages à Bogotá, 30 000 à São Paulo et 15 000 à Santiago, respectivement par la *Secretaría de Tránsito y Transporte* de la Mairie de Bogotá, la *Companhia do Metropolitano de São Paulo* – METRÔ (coordination) et la *División Ingeniería de Transporte* de DICTUC de la Pontificia Universidad Católica de Chile pour le compte du *Ministerio de Planificación y Coordinación de Chile*.

110 Sur les trois villes, cette information n'est disponible que pour Bogotá.

111 Les zones retenues sont celles qui sont communément utilisées pour restituer les résultats des enquêtes OD dans les trois villes. Des découpages plus fins existent, mais comme cela est précisé dans les conditions d'utilisation de ces enquêtes, la fiabilité des résultats à ces échelons n'est pas garantie (du fait de l'échantillonnage appliqué).



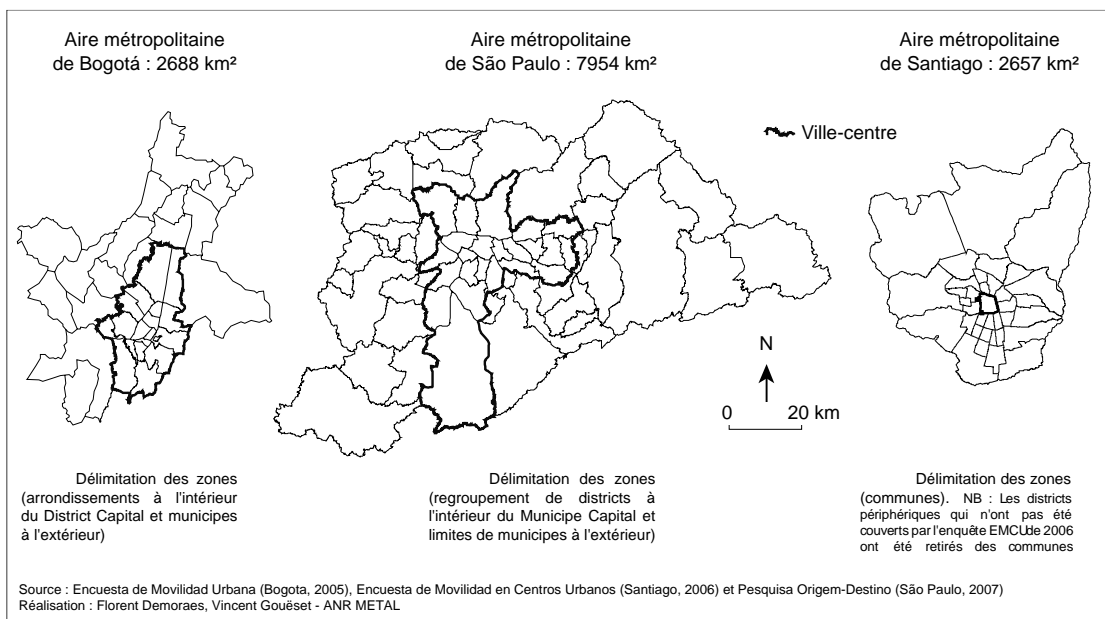
Indicateur	Description de l'indicateur	Libellé sur les plans factoriels (Graphique 2)
Durée des trajets	Durée moyenne des trajets (en minutes) vers le lieu de travail, tous modes de transport confondus, par zone d'origine	Durée
Taux de motorisation	Nombre de voitures pour 100 ménages, par zone de référence	Motorisation
Trajets non motorisés	Déplacements vers le lieu de travail réalisés à pied ou en bicyclette, par zone d'origine	Non_motorisé
Public collectif	Déplacements vers le lieu de travail réalisés en transport en commun public, par zone d'origine	Public_collectif
Privé particulier	Déplacements vers le lieu de travail réalisés en véhicule motorisé individuel (voiture, moto), par zone d'origine	Voiture**
Privé collectif	Déplacements vers le lieu de travail réalisés en transport d'entreprise, par zone d'origine	Transp_entreprise
Taxi	Déplacements vers le lieu de travail réalisés en taxi, par zone d'origine	Taxi
Autres	Déplacements vers le lieu de travail réalisés par le biais d'un autre mode de transport ou combinant plusieurs modes, par zone d'origine	Autre_mode
Trajets internes	Déplacements vers le lieu de travail réalisés à l'intérieur d'une même zone (origine = destination), tous modes de transport confondus, par zone de référence	Dplct_local
Trajets intermédiaires*	Déplacements vers le lieu de travail réalisés vers des zones limitrophes de la zone d'origine, tous modes de transport confondus, par zone de référence	Limitrophe
Trajets lointains*	Déplacements vers le lieu de travail réalisés vers des zones non limitrophes de la zone d'origine, tous modes de transport confondus, par zone de référence	Dplct_loin

* Trajets calculés au moyen d'un graphe de contiguïté dans le SIG afin d'estimer les distances parcourues, non recensées lors des enquêtes¹¹².

** : Dans la mesure où moins de 2% des déplacements vers le lieu de travail sont effectués en moto dans les trois villes, nous avons retenu uniquement le libellé « voiture ».

Tableau 15 - Indicateurs de mobilité quotidienne (déplacements domicile-travail) retenus pour la comparaison et calculés à partir des enquêtes OD de Bogotá (2005), Santiago (2006) et São Paulo (2007) - Demoraes et al., 2010

112 Le graphe de contiguïté donne pour chaque zone la liste de ses voisins d'ordre un. A partir de cette information initiale, le [calculateur de voisinage](#) développé par I. Brémond (Informaticienne d'ESO-Rennes) fournit un tableau de contingence renseignant pour chaque couple de zones, son degré de voisinage (voir section 5.3.1, volume 2).



Carte 27 - Découpages retenus pour restituer nos analyses issues des enquêtes origine - destination sur les aires métropolitaines de Bogotá (2005), São Paulo (2007) et Santiago (2006) - Demoraes et al., 2010

Pour caractériser les mobilités quotidiennes vers le lieu de travail, nous avons analysé conjointement les onze indicateurs présentés dans le **Tableau 15**. Pour ce faire, nous avons effectué dans un premier temps une analyse en composantes principales (ACP) sur chaque ville. En parallèle, une ACP a été réalisée sur les ICS. La lecture croisée de ces deux analyses fournit des tendances globales sur chacune des trois métropoles (section 3.6.2). Par la suite, une classification ascendante hiérarchique (CAH) a permis d'obtenir sur chaque métropole une typologie des zones qui reflète les profils de mobilité observables localement (section 3.6.3). Le même calcul a été appliqué sur les ICS et nous a permis d'obtenir la position de ces mêmes zones dans la hiérarchie sociale de chaque agglomération (section 3.6.3 également). Ces analyses typologiques¹¹³ ont été réalisées avec l'aide de Maire Piron (UMR PRODIG).

3.6.2 - Mobilités quotidiennes vers le lieu de travail dans les trois villes : tendances globales

Les plans factoriels associés aux analyses en composantes principales (**Graphique 2**), restituent graphiquement les corrélations entre indicateurs de mobilité quotidienne vers le lieu de travail. Ces analyses sont enrichies par les indices de conditions sociales mis en éléments supplémentaires.

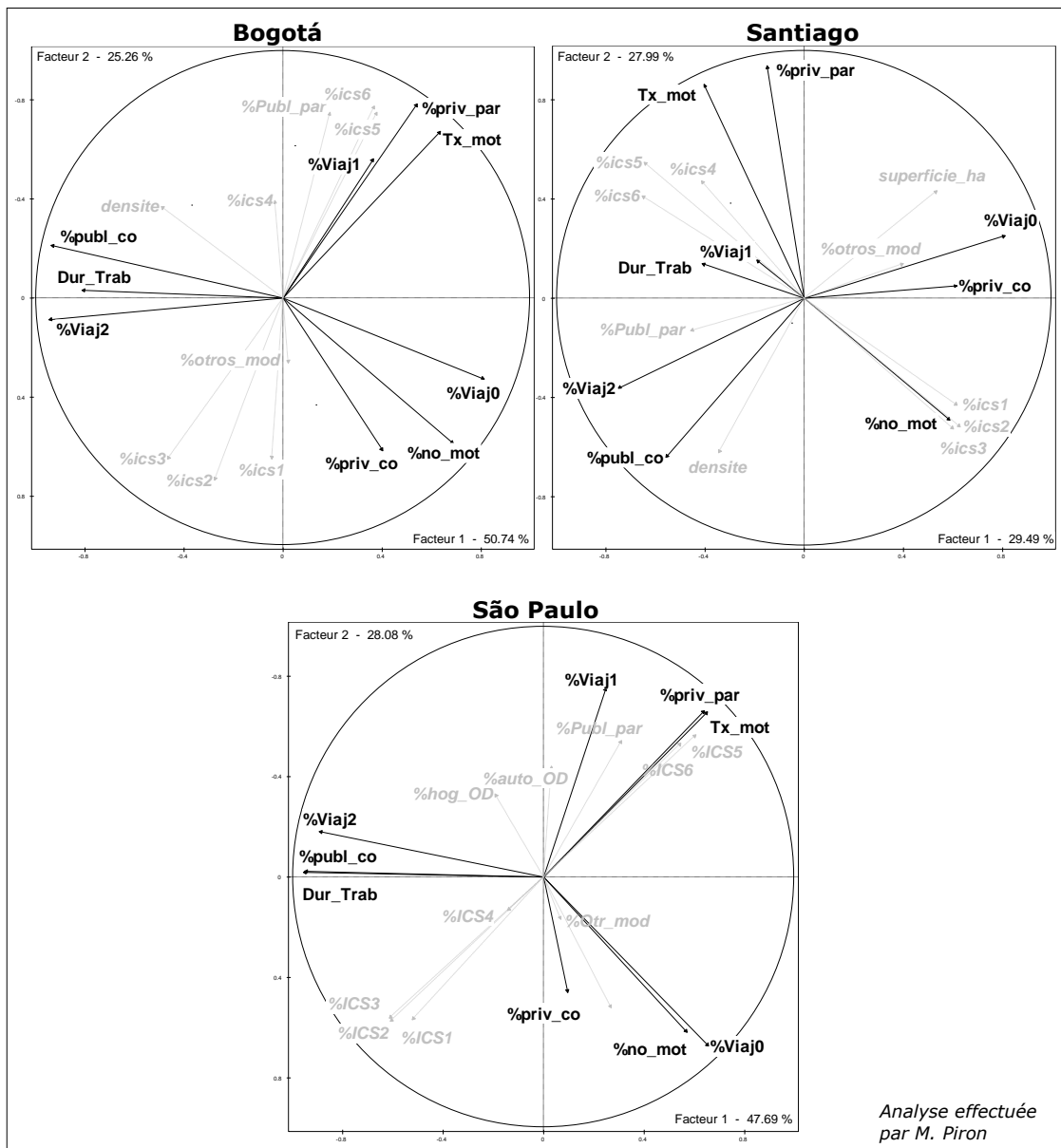
Premier constat, malgré leur différence de taille, São Paulo et Bogotá présentent globalement des conditions de mobilité assez similaires. En effet, le premier facteur rend compte de plus de la moitié de l'inertie dans ces deux premières villes. A Santiago, le premier facteur ne rend compte que de 29,5% de l'inertie, ce qui signifie que les indicateurs de mobilité sont moins bien corrélés entre eux dans cette troisième agglomération. Cet examen préliminaire fait ressortir, pour les trois villes, des combinaisons d'indicateurs qui définissent trois grandes catégories de mobilité. Santiago s'en différencie néanmoins par certains aspects. On recense :

- des mobilités qui reposent sur une forte utilisation des transports collectifs publics et par des trajets lointains. A Bogotá et São Paulo, ces déplacements sont associés également à des durées longues de déplacement (ce qui n'est pas le cas à Santiago). Ce premier groupe renvoie à des conditions de mobilité quotidienne parmi les plus

¹¹³ L'analyse typologique consiste en un enchaînement d'une analyse factorielle, ici l'analyse en composantes principales, compte tenu de la nature continue des variables considérées, et d'une classification ascendante hiérarchique réalisée sur les premiers facteurs fournis par l'analyse factorielle (cf. Lebart L. et al., 2006). Sur les onze indicateurs, deux ont été mis en variables supplémentaires et ne participent donc pas à la caractérisation des classes. Il s'agit des trajets en taxi et en autres modes qui représentent moins de 4% des déplacements quotidiens.



- difficiles. Dans ce premier groupe, Santiago se singularise compte tenu de l'existence du métro, moyen de transport permettant de parcourir rapidement de grandes distances dans l'espace métropolitain ;
- des mobilités associées à une utilisation fréquente de voitures particulières dans des zones où les taux de motorisation et les ICS sont élevés (zones favorisées). A Bogotá et São Paulo, les déplacements vers les zones limitrophes complètent cette combinaison ;
 - des mobilités caractérisées par des déplacements internes et par l'usage des transports d'entreprise. A Bogotá et São Paulo, ces pratiques intègrent également une part importante de déplacements non motorisés.



Graphique 2 - Représentation des indicateurs de mobilité quotidienne vers le lieu de travail (en noir, cf. Tableau 15) dans le plan factoriel principal et projection en éléments supplémentaires des indices de condition sociale (en italique gris), allant du plus pauvre (1) au plus riche (6) - Demoraes et al., 2010

L'analyse montre également que les durées de déplacement sont globalement peu corrélées à la hiérarchie sociale dans les trois villes même si le statut social n'est pas sans conséquence sur les conditions des déplacements : les classes aisées peuvent mettre autant de temps que les autres classes sociales à se rendre sur leur lieu de travail, mais elles le font dans de meilleures conditions, en voiture ou en taxi notamment. En particulier à Bogotá, où aucune



autoroute urbaine à péage n'existe contrairement aux deux autres métropoles, les classes aisées n'ont globalement pas des durées de trajets plus courtes que les autres classes.

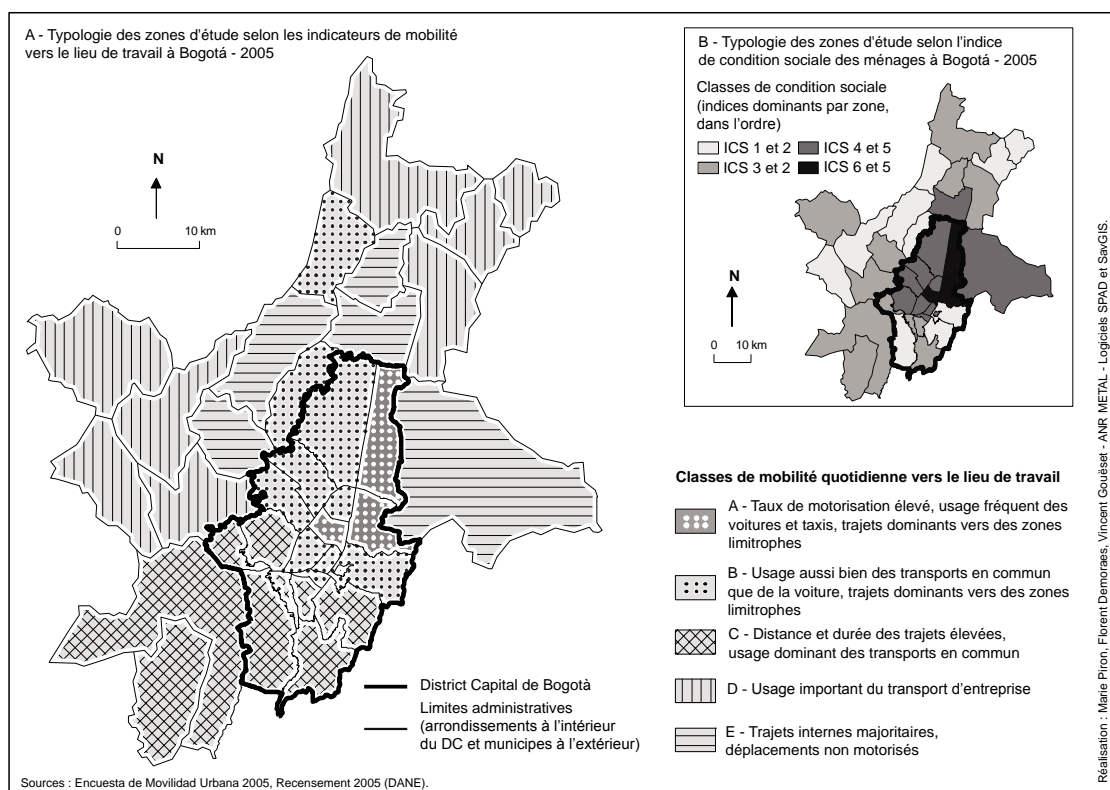
Ces premières observations reflètent des tendances d'ensemble sur les trois villes. Nous proposons ci-après (section 3.6.3) de les nuancer en nous intéressant à leur variabilité au sein de chacun des espaces métropolitains. Cette approche constitue une des principales originalités de notre recherche. Les typologies définies sur chacune des métropoles seront ensuite confrontées en section 3.6.4.

3.6.3 - Différenciations spatiales des mobilités quotidiennes vers le lieu de travail et hiérarchie sociale : état des lieux ville par ville

Les cartes présentées dans cette section (**Carte 28**, **Carte 29**, **Carte 30**) donnent à voir les classes issues des analyses typologiques réalisées sur les onze indicateurs caractérisant les déplacements domicile-travail. Ces classes retranscrivent des profils de mobilités conditionnées à la fois par les écarts entre lieu de résidence et bassins d'emploi, par l'offre locale de transport et par la hiérarchie sociale. Pour rendre compte de cette dernière, j'ai inclus sur chaque carte un encart qui représente les classes issues des analyses typologiques réalisées sur les ICS. Ces classes illustrent, en le simplifiant, le modèle métropolitain ségrégatif latino-américain développé en section 3.5.2.

3.6.3.1 - Typologie spatiale des mobilités quotidiennes et hiérarchie sociale à Bogotá

La classe A (**Carte 28**) regroupe les zones du nord-est du District Capital (DC). Les taux de motorisation des ménages y sont élevés, la voiture et le taxi y constituent des modes de transport très courants et les déplacements vers les zones limitrophes y sont nombreux. Ces quartiers concentrent par ailleurs les classes de revenus les plus élevées de l'aire métropolitaine (ICS 5 et ICS 6). Pour la majorité des habitants de ces zones, la ville est fluide et l'emploi -davantage formel et plus rémunérateur qu'ailleurs- reste facilement accessible, du fait de sa disponibilité localement.



Carte 28 - Typologie des déplacements vers le lieu de travail et hiérarchie sociale à Bogotá - Demoraes et al., 2010



La classe B correspond principalement à la première couronne ouest et sud à l'intérieur du DC. Les trajets domicile-travail s'y font principalement entre zones limitrophes, aussi bien en transport collectif public qu'en voiture. Cette classe est également caractérisée par un fort pourcentage d'ICS 4. La mobilité quotidienne vers le lieu de travail y est donc moins facile que pour la classe précédente. Dans ces zones, vivent principalement les nouvelles classes moyennes pour lesquelles l'accès au logement, moins facile que pour les classes aisées du nord-est, en raison de moyens financiers plus limités, n'a pu se faire qu'à une certaine distance des pôles d'emplois.

La classe C correspond aux quartiers du sud du DC, auxquels il faut rajouter les zones limitrophes de *Sibaté* et surtout de *Soacha*¹¹⁴, cette dernière étant considérée depuis longtemps comme un véritable « quartier de Bogotá » (Dureau *et al.*, 1994). Les conditions de transport y sont difficiles : la distance et la durée des trajets domicile-travail sont élevées, la plupart des déplacements effectués en transports collectifs publics et notamment en *Transmilenio* à l'intérieur du DC. Dans ces zones, vivent des populations modestes : les classes d'ICS 1, 2 et 3 y sont majoritaires. Les déplacements quotidiens représentent un réel défi pour tous ceux qui, contraints de trouver loin de leur domicile des emplois peu rémunérés, subissent des conditions, des durées et des coûts de transports aggravant une situation sociale déjà difficile.

La classe D correspond à la deuxième couronne extérieure du DC. Les trajets domicile-travail en bus d'entreprise y sont surreprésentés. Cela s'explique par la présence d'industries, d'exploitations agricoles intensives ou de plantations de fleurs. Le profil de la population locale est modeste (ICS 2 et 3), voire pauvre (ICS 1 et 2 majoritaires). Enfin, la classe E correspond à la première couronne extérieure de la moitié nord du DC et englobe des municipes qui sont de petits centres urbains générateurs d'emplois. Les trajets domicile-travail sont limités à ces zones et les déplacements sont souvent non motorisés. Cette classe n'est caractérisée par aucune catégorie d'ICS en particulier.

3.6.3.2 - Typologie spatiale des mobilités quotidiennes et hiérarchie sociale à Santiago

La classe A (**Carte 29**) réunit des zones au centre-est et nord-est de l'espace métropolitain. Ces zones sont caractérisées par un taux de motorisation élevé, les trajets vers le lieu de travail se font plus souvent qu'ailleurs en voiture. De plus, les durées de déplacement sont importantes. Ces zones sont par ailleurs caractérisées par la prépondérance des classes moyennes et aisées (ICS 4 à 6).

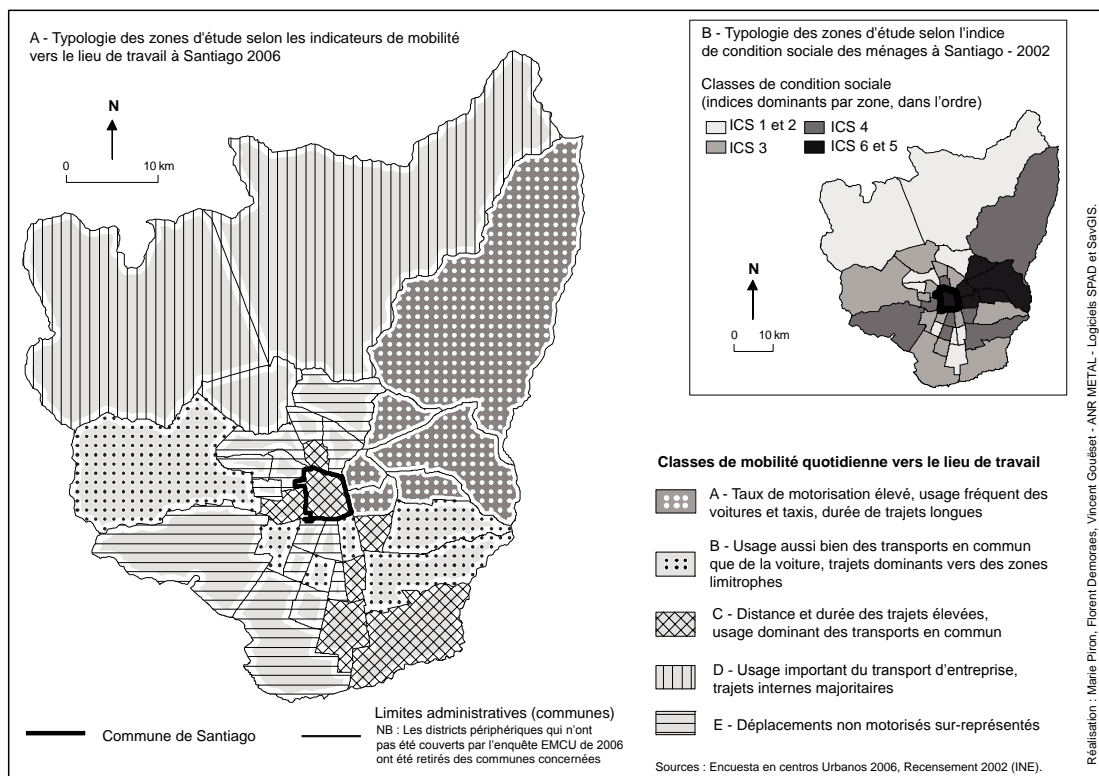
La classe B englobe des zones non contiguës à l'ouest, au sud et à l'est de la commune de Santiago. Elles sont caractérisées par des trajets vers des zones limitrophes et des déplacements ne privilégiant pas un mode de transport en particulier. Dans ces zones, les ICS 3 et 4 (classes moyennes) sont majoritaires.

La classe C regroupe trois zones centrales et quelques zones non contiguës du sud-est. Elles sont caractérisées par des trajets vers le lieu de travail majoritairement en transports collectifs publics, l'offre y étant abondante (*Transantiago*, métro, train), ainsi que par des distances et des durées de déplacement longues. Cette classe n'est caractérisée par aucune catégorie d'ICS en particulier, ce qui tend à montrer que l'usage massif des transports collectifs publics n'est pas limité à un ensemble de quartiers ayant un profil social spécifique.

La classe D comporte des zones davantage rurales au nord, encore peu intégrées à l'aire métropolitaine. Les trajets domicile-travail se réalisent plutôt en bus d'entreprise pour de nombreux salariés et plutôt à l'intérieur de chaque zone. Ce deuxième constat est sans doute lié à l'étendue de ces zones, plus vastes, et à l'existence de petits centres urbains¹¹⁵ qui polarisent localement les activités. Le profil de la population locale est modeste, voire pauvre (ICS 1 et 2 majoritaires).

114 Ces deux municipalités se situent au sud-ouest du District Capital de Bogotá.

115 On peut citer notamment les chefs-lieux *Lampa* et *Colina* situés au centre des deux municipalités les plus au Nord de l'aire métropolitaine de Santiago. Ils rassemblent des services de proximité (nombreux commerces), des industries agro-alimentaires et des entreprises de logistique et de transport.



Carte 29 - Typologie des déplacements vers le lieu de travail et hiérarchie sociale à Santiago du Chili - Demoraes et al., 2010

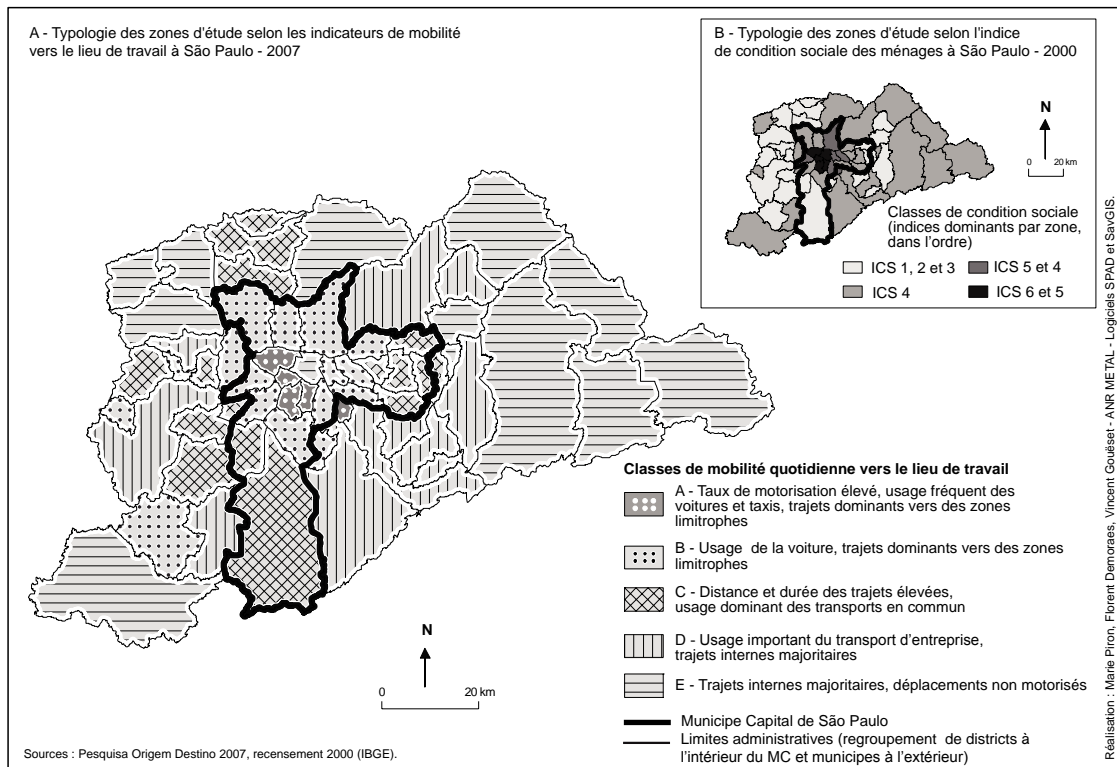
La classe E rassemble un ensemble de zones contiguës au nord et au sud-ouest de la commune de Santiago. Les déplacements en mode non motorisé (à pied et à bicyclette) sont surreprésentés. Dans ces zones, les classes d'ICS 1, 2 et 3 (classe ouvrière traditionnelle) sont majoritaires. Il s'agit de secteurs qui se sont développés à partir des années 1950 ou 1960, ou qui ont intégré l'aire métropolitaine au cours des années 1970 et 1980. Depuis les années 1980, les gouvernements successifs y ont construit une part importante du logement social du Grand Santiago.

3.6.3.3 - Typologie spatiale des mobilités quotidiennes et hiérarchie sociale à São Paulo

La classe A (**Carte 30**) isole trois zones centrales et le municipe *São Caetano do Sul* au centre-est de la région métropolitaine. Le taux de motorisation y est élevé et logiquement les déplacements se font plutôt en voiture, majoritairement vers des zones limitrophes. Ces zones se distinguent par les catégories d'ICS les plus aisées (ICS5 et ICS6), ce qui explique aussi le recours fréquent aux taxis.

La classe B rassemble une couronne à l'intérieur du municipe de São Paulo autour des zones centrales et quelques municipes isolés à l'ouest de la région métropolitaine. Les trajets intermédiaires (vers des zones limitrophes) sont surreprésentés, tout comme les déplacements en automobile. A l'intérieur du municipe de São Paulo, les zones sont caractérisées par la présence de catégories d'ICS moyennes et plutôt élevées (ICS 4 et 5), à la différence des zones situées à l'extérieur où sont concentrées des catégories majoritairement modestes (ICS 1, 2, 3).

La classe C regroupe des zones à l'extrême est et au sud du municipe de São Paulo et quelques zones en dehors au Nord et à l'ouest de l'aire métropolitaine. Les conditions de déplacements vers le lieu de travail y sont les plus difficiles. Elles reposent sur des trajets lointains (vers des zones non limitrophes), des durées longues, et l'usage des transports en commun publics domine. Elles sont parmi les plus défavorisées de la région métropolitaine (ICS 1, 2, 3).



Carte 30 - Typologie des déplacements vers le lieu de travail et hiérarchie sociale à São Paulo - Demoraes et al., 2010

La classe D réunit quelques grands ensembles d'habitat non contigus qui s'étalent dans une première couronne autour du municipe de São Paulo. Les transports d'entreprise et les trajets internes y sont beaucoup plus fréquents qu'ailleurs. Ces ensembles regroupent de grands bassins d'emplois liés au pôle industriel du secteur ABC au sud-est, au nouveau pôle industriel et tertiaire à l'ouest (*Barueri* et *Osasco*) et à l'aéroport international, au nord-est du municipe de São Paulo (municipe de *Guarulhos*). On y retrouve en majorité des catégories d'ICS modestes (ICS 1, 2, 3) et moyennes (ICS4).

La classe E regroupe les zones situées dans les zones les plus périphériques de la région métropolitaine et, de manière un peu surprenante au premier abord, l'hypercentre. Les zones périphériques sont largement rurales alors que l'hypercentre rassemble les quartiers les plus anciens, construits pour la plupart avant 1950. Les déplacements non-motorisés (à pied et en bicyclette) et les trajets internes y sont surreprésentés par rapport aux autres zones. Pour la périphérie, cela s'explique par le fait que les zones sont vastes et que les petits centres urbains qu'elles comportent polarisent localement les activités. Dans l'hypercentre, beaucoup moins étendu, la présence d'une part importante d'emplois (banques, sièges sociaux, universités, etc...) permet aux habitants de travailler à proximité de leur lieu de résidence. Si la périphérie et l'hypercentre se ressemblent du point de vue de leur profil de mobilité vers les lieux de travail, elles se différencient très nettement de par leur niveau de richesse. La périphérie est caractérisée principalement par des catégories d'ICS modestes (ICS 1, 2, 3 majoritaires) et moyennes (ICS4), alors que, dans l'hypercentre, la catégorie 6 est largement surreprésentée.

3.6.4 - Différenciations spatiales des mobilités quotidiennes vers le lieu de travail et hiérarchie sociale : synthèse comparative

Dans cette section 3.6.4, nous tenterons de répondre aux interrogations suivantes : quels sont les types de mobilité que l'on retrouve dans les trois villes ? Sont-ils associés aux mêmes conditions sociales ? Que nous apprennent-ils sur le fonctionnement quotidien des métropoles latino-américaines ? A l'inverse, quels sont les types les plus singuliers qui ne sont transposables qu'en partie d'une ville à l'autre ? Comment se distribuent spatialement les types par ville ?



Pour rendre compte de la ressemblance qui existe entre un type d'une ville à l'autre, nous avons considéré le nombre de variables caractéristiques communes (**Figure 2**)¹¹⁶. Pour connaître la part qu'occupe chaque type par ville, et pour pouvoir la comparer avec les autres agglomérations, nous avons calculé le nombre de zones par type rapporté au total d'unités par aire métropolitaine. Enfin, pour évaluer la dispersion dans l'espace des zones appartenant à chaque type et pour la comparer d'une ville à l'autre, nous avons calculé la dispersion spatiale relative des zones par type¹¹⁷. Les valeurs de dispersion ont ensuite été ventilées en trois classes (zones dispersées, moyennement dispersées, regroupées).

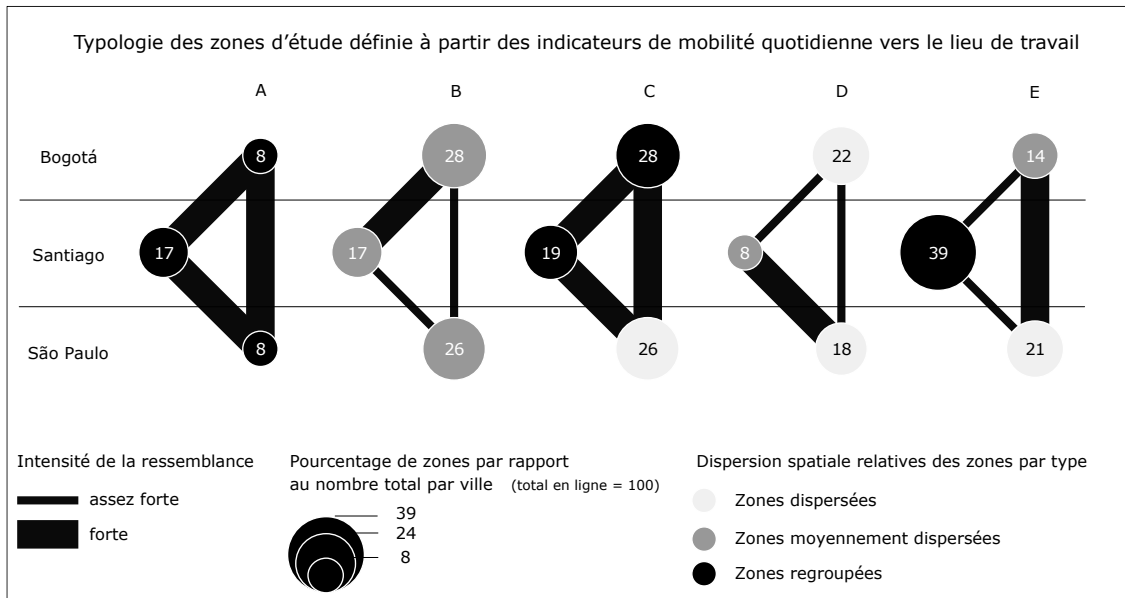


Figure 2 - Proportion, ressemblance et dispersion spatiale relative des zones suivant les mobilités vers le lieu de travail à Bogotá, Santiago et São Paulo - D'après Demoraes et al., 2010

Deux types correspondant à deux extrêmes se retrouvent de façon similaire (« ressemblance forte ») dans les trois villes. Il s'agit des types A (conditions de mobilité parmi les plus favorables¹¹⁸) et C (conditions de mobilité parmi les plus difficiles¹¹⁹).

De leur côté, les zones présentant les conditions de mobilité les plus favorables (type A) sont assez largement répandues à Santiago (17% des zones) alors qu'elles le sont beaucoup moins à Bogotá et à São Paulo (8%) ce qui peut s'expliquer par le plus haut niveau de développement économique de la capitale Chilienne (PIB par habitant le plus élevé des trois villes, voir section 3.5.2). Ces zones sont regroupées dans les espaces centraux à Bogotá et à São Paulo et dans le centre-est et sa prolongation nord-orientale à Santiago (**Carte 28, Carte 29, Carte 30**). Elles sont par ailleurs toutes caractérisées par des ICS 5 et 6 (secteurs riches). L'indicateur de dispersion spatiale relative indique qu'elles sont en outre concentrées dans l'espace, ce qui corrobore le constat relatif au regroupement des secteurs favorisés dans les aires métropolitaines (section 3.5.3).

Les zones définies par des conditions de mobilité que l'on peut considérer comme difficiles (type C) sont comparativement plus nombreuses (entre 19 et 28% des zones). Si la localisation de ces zones recouvre un mélange de lieux centraux et périphériques (vers le sud) à Santiago, elles se situent exclusivement au sud à Bogotá et concernent des espaces périphériques disséminés aux quatre points cardinaux à São Paulo (**Carte 28, Carte 29,**

116 Nous avons considéré qu'un type sur une ville ressemble fortement à un type sur une autre ville, lorsqu'au moins deux des trois premières variables caractéristiques ordonnées suivant leur valeur-test, sont communes. Dans les autres cas de figure, les types ont au plus une variable caractéristique commune et nous leur avons assigné une « ressemblance moyenne ». Une seule exception concerne le type B défini par une seule variable caractéristique aussi bien à Bogotá qu'à Santiago. Nous les avons donc considérés comme étant fortement ressemblants. Par variables caractéristiques, nous entendons, comme il est d'usage, celles qui ont une valeur-test supérieure à 1,96 (cf. Lebart et al., 2006, p. 184).

117 La dispersion spatiale relative correspond à la division de la dispersion absolue des zones appartenant à un même type autour de leur centre de gravité (distance type), par le rayon du cercle dont la surface est égale à la surface de chaque aire métropolitaine (voir Pumain, Saint Julien, 1997, pp. 56-59).

118 Taux de motorisation élevés, trajets en voiture, déplacements intermédiaires.

119 Distance et/ou durée longues, déplacements en transports collectifs publics.



Carte 30) ce qui explique la dispersion spatiale relative particulièrement élevée pour cette dernière. Quant à leur profil social, ces zones sont entièrement caractérisées par des ICS 1, 2 et 3 (secteurs défavorisés) à Bogotá et à São Paulo. En revanche, aucune catégorie d'ICS ne se ressort clairement pour ces zones à Santiago. Ainsi, de façon singulière à Santiago, à l'échelon d'analyse retenu (communes), les mobilités reposant sur l'usage massif des transports collectifs publics et des durées de trajets longues, ne s'observent pas que dans les secteurs les plus démunis, comme dans les deux autres agglomérations.

Les autres types ne présentent pas tous exactement la même structure dans les trois villes et leur association à une catégorie de condition sociale donnée ne s'observe plus comme dans les deux cas précédents. Nous proposons dans la section 3.6.5 suivante une discussion de ces résultats.

3.6.5 - *Éléments de discussion*

Dans cette section 3.6, l'analyse typologique a permis d'organiser, de hiérarchiser et de faire ressortir les principales structures qui sous-tendent l'organisation des espaces métropolitains. Elle fournit au travers d'une grille de lecture spatiale, une vision des relations qui existent entre les conditions dans lesquelles sont effectués les déplacements domicile-travail, et la hiérarchie sociale. De cette analyse, découlent, nous l'avons vu, cinq types de mobilité dans chacune des trois villes dont deux (A et C) ont des caractéristiques fort ressemblantes d'une agglomération à l'autre.

Compte tenu de la nature des données (données agrégées dans un maillage), et compte tenu de la méthode employée (analyse typologique), les résultats et interprétations associées renvoient à des tendances globales par zone qui masquent, nous en sommes bien conscients, des nuances locales d'autant que le nombre de zones retenu peut paraître faible (36 à Bogotá et à Santiago et 61 à São Paulo) au regard des effectifs de population de chaque agglomération. En effet, certaines zones présentent une forte hétérogénéité sociale (comme l'indique la **Carte 24**) qu'il est difficile de résumer et auxquelles il est malaisé d'associer un type unique de mobilité.

Malgré ces réserves, notre analyse confirme, à travers l'examen des extrêmes (types A et C), et en dehors d'une situation plus nuancée à Santiago¹²⁰, l'existence dans les trois aires métropolitaines d'inégalités socio-spatiales particulièrement marquées dans les navettes quotidiennes vers le lieu d'emploi. Elle indique d'autre part que la variabilité spatiale des conditions de mobilités reflète assez fidèlement les divisions sociales des espaces métropolitains. Ceci étant, si d'une ville à l'autre les convergences sont fortes sur les extrêmes, entre ces derniers, les situations sont plus contrastées et renvoient à des spécificités locales.

Finalement, on perçoit bien dans les trois villes –de façon moins marquée à Santiago– qu'un effet de type gravitaire oppose globalement les parties centrales et péri-centrales des aires métropolitaines –mieux desservies en transports collectifs publics– aux espaces périphériques qui cumulent souvent les indicateurs les plus défavorables, sur le plan des mobilités comme sur le plan social. Entre le centre et la périphérie, se dégagent des espaces péri-centraux ou de première couronne (à l'intérieur du DC pour Bogotá et du municipe capital pour São Paulo), socialement hétérogènes et présentant aussi des conditions de mobilités plus contrastées, ce qui génère des situations plus nuancées (à l'origine de la définition de types moins bien structurés, cf. supra). C'est ici que l'effet différentiel de l'offre de transports collectifs publics est le plus décisif. Dans ces espaces « intermédiaires », accéder à un système de transports collectifs dense et efficace est la garantie d'un meilleur accès aux ressources urbaines, tel que l'emploi. On a là un enjeu central pour les politiques publiques, qui se pose à une échelle métropolitaine. Cela renvoie, pour São Paulo et Bogotá, à la fracture potentielle entre la ville centre et les municipes périphériques, où la qualité de l'offre de transport collectif public décroît assez vite.

¹²⁰ Où, rappelons-le, les conditions difficiles de mobilité (usage massif des transports collectifs publics et durées de trajets longues) ne se retrouvent pas uniquement dans les secteurs les plus défavorisés.



3.7 - Mobilités quotidiennes et inégalités socio-spatiales : approche par les espaces d'action

Dans cette section 3.7, on questionne les inégalités sous l'angle de l'accès des citoyens à la ville à partir de données non plus agrégées comme dans la section 3.6 précédente, mais à partir de données individuelles collectées par notre équipe à travers des enquêtes (section 3.2.2), ces dernières permettant de décrypter les mobilités spatiales dans une perspective biographique. En effet, l'une des originalités des enquêtes METAL est de décrire pour chaque individu à la fois ses caractéristiques sociodémographiques telles que son âge, son activité, ses conditions de logement, son statut d'occupation (propriétaire/locataire), etc., et ses mobilités, en particulier quotidiennes et résidentielles. Ces caractéristiques donnent des indications sur l'étape à laquelle l'individu se trouve dans son cycle de vie que l'on peut confronter à son degré d'accès à la ville, ce qui constitue une source de données peu courante sur les trois villes étudiées. Ce type d'analyse fine n'est en effet pas possible à partir des recensements ou des grandes enquêtes « origine-destination », dans la mesure où nous n'avons le plus souvent pas accès aux données individuelles et où nous ne connaissons rien du parcours de vie des individus enquêtés.

On s'intéresse dans cette section 3.7 aux inégalités en analysant la variabilité des « espaces d'action » des individus en élargissant notre approche à l'ensemble des navettes contraintes (travail et études) afin de mieux en saisir les particularités. Nous l'avons vu en section 3.4, un « espace d'action » est un sous-ensemble de l'espace de vie. L'espace de vie selon Courgeau (1988 : 17) englobe « tous les lieux avec lesquels l'individu est en rapport ». Dans cette section, l'espace d'action ne prend en compte que les lieux fréquentés pour le travail et les études, nous y reviendrons.

La prise en compte des espaces d'action pour appréhender les inégalités socio-spatiales apparaît dans mes travaux à partir de 2011. Cette approche a d'abord été expérimentée sur São Paulo et a été présentée lors d'une communication (Demoraes et al., 2011 - C-COM1) au colloque *Mobilités Spatiales et Fluidités Sociales : Mobilités spatiales et ressources métropolitaines : l'accessibilité en questions* organisé par l'Association Internationale des Sociologues de Langue Française (mars 2011, Grenoble). Ces travaux ont également fait l'objet d'un article paru dans les Cahiers de Géographie du Québec (Demoraes et al., 2012 - ACL3) dont un tiré-à-part est fourni dans le volume 3 (Réf. 9).

Je présente ci-après, de façon inédite, un ensemble de résultats obtenus sur l'agglomération de Santiago en adaptant et en approfondissant la méthode d'analyse mise au point sur São Paulo. Je précise que ces travaux en sont encore à un stade préliminaire et feront l'objet d'études plus approfondies dans les mois à venir. Cela représente autant de pistes futures à explorer et justifie mon choix de les livrer dans cette HDR. A court terme, j'envisage de valoriser une partie de ces travaux dans un article en espagnol à soumettre à la revue internationale *Eure*¹²¹ (Demoraes et al., ACL1). J'envisage ensuite en mai 2016 à Lille, de présenter en français (sous réserve d'acceptation de ma proposition de communication) un deuxième ensemble de résultats que j'ai développés aux fins de cette HDR (section 3.7.2.5), à l'occasion du dix-septième colloque national de démographie, intitulé « Mobilités spatiales et populations ».

De manière plus spécifique, nous tentons dans cette section 3.7 de comprendre comment les espaces fréquentés au quotidien se différencient suivant les caractéristiques sociodémographiques des individus et leur lieu de résidence. Nous tâchons en particulier de repérer les lieux de résidence où les disparités d'accès à la ville sont les plus marquées. Ces observations permettent de questionner le niveau de découplage spatial entre lieu de résidence et lieu de travail et les limites de ce découplage. Nous avançons aussi des éléments pour essayer de comprendre comment les espaces d'action se modifient suivant les étapes du cycle de vie des individus. Enfin, nous proposons à titre exploratoire de mesurer la significativité des écarts observés entre espaces d'action qui permet de faire ressortir la particularité du rapport à l'espace de certains groupes d'individus.

Je présente dans la section 3.7.1 la démarche analytique suivie, les données exploitées et l'enchaînement de méthodes utilisées pour répondre aux questionnements exposés ci-

121 Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales.



dessus. En section 3.7.2, je livre les premiers résultats qui se déclinent en cinq étapes successives. Enfin, l'apport et les limites de ces travaux sont discutés dans la section 3.7.3.

3.7.1 - Une démarche centrée sur l'accès des individus à la ville suivant le lieu de résidence : données et méthodes

3.7.1.1 - Localisation et caractéristiques des zones d'enquête

Les enquêtes par questionnaire sur les systèmes de mobilités du programme de l'ANR METAL ont été menées à Santiago entre juin et septembre 2009 dans dix zones d'étude sous la direction de la société *SUR Corporación*, avec la collaboration de J.-M. Fournier (ESO-Caen).

La sélection des zones d'enquête a été guidée par plusieurs critères :

- la dynamique démographique et la composition sociale de la population, calculées à partir des données du dernier recensement disponible (2002);
- la localisation au sein de l'aire métropolitaine : deux zones ont été choisies sur la commune de Santiago, deux dans le péricentre (première couronne), trois en périphérie proche (deuxième couronne) et les trois autres en périphérie lointaine (troisième couronne, voir **Carte 31**);
- les caractéristiques du marché du logement et le potentiel de transformation du bâti et l'intervention urbanistique (opérations de requalification urbaine, grands projets urbains) évalués à travers les documents cadres de planification et à partir de la connaissance qu'avait notre équipe de ces thématiques localement.

Les zones d'étude composent une mosaïque illustrative (et non représentative au sens statistique du terme) des profils socio-économiques (**Photo 16**, **Photo 17**, **Photo 18**), des conditions de logement et des phases d'urbanisation de l'agglomération de Santiago. Elles nous permettent d'identifier une grande variété de stratégies de mobilités quotidiennes mises en œuvre par les habitants pour accéder aux ressources de la ville dont on peut déduire des inégalités à l'aune des conditions sociales des individus et de leur lieu de résidence. Comme le montre le **Tableau 16**, certaines zones rassemblent des populations aux caractéristiques sociodémographiques hétérogènes (*Brasil/Yungay*) alors que d'autres sont beaucoup moins mixtes (*Los Trapenses*, **Photo 16**).

Sur l'ensemble de Santiago et de sa périphérie, 1004 ménages ont été enquêtés, soit 3501 individus. Les ménages ont été sélectionnés dans chaque zone selon un plan de sondage aréolaire à deux degrés (îlots, ménages), en suivant la méthode mise au point par Dureau et al., (1989). Cette méthode permet de garantir la représentativité des ménages pour chaque zone d'enquête¹²². L'échantillon extrapolé représente 92 825 individus (**Tableau 16**).



Photo 16 - Exemple de pavillon caractéristique de la zone d'enquête huppée de Los Trapenses (zone 10), (Source : Google StreetView)

¹²² Les individus sont donc représentatifs uniquement de leur zone de résidence, mais pas de l'ensemble de la ville.



Photo 17 – Un lotissement fermé de Huechuraba (zone 7) où résident des classes moyennes (Cliché : D. Delaunay, 2008)



Photo 18 – Quartier populaire de El Volcán (zone 5) au sud de Santiago (Cliché : V. Gouëset, 2008)



Carte 31 - Les zones d'enquête de Santiago (METAL, 2009), extrait de Dureau et al. (2014 : 66)



SANTIAGO	Centre commune de Santiago)		Péricentre		Périphérie proche			Périphérie lointaine			Total zones d'enquête
	Brasil-Yungay	Lira /Almagro	Provi-dencia	Reco-leta	El Volcán	Quili-cura	Huechu-raba	Chicuelero	Colina tradi-cional	Los tra-penses	
DESCRIPTION DE L'ÉCHANTILLON											
Nombre de ménages enquêtés	140	121	90	132	82	132	89	60	98	60	1004
Nombre d'individus enquêtés	420	346	256	425	297	523	351	227	378	290	3513
Nombre d'entretiens approfondis	11	9	10	13	12	8	11	2	10	6	92
Nombre de ménages (extrapolé)	6998	5814	3462	2486	2216	2717	1261	780	1814	1044	28592
Nombre d'individus (extrapolé)	20508	16613	10011	8114	8211	10332	4868	2951	6815	4402	92825
CONDITIONS DE LOGEMENT											
% logements construits avant 1980	68,9	71,5	62,6	91,2	2,1	26,2	1,4	8,6	9,8	0,9	51,1
% logements construits 1980-1989	1,7	1,0	22,3	3,2	0,0	18,8	33,7	11,4	45,5	40,9	10,9
% logements construits 1990-1999	25,9	8,4	9,1	4,6	97,4	24,8	60,4	22,9	34,5	40,6	27,4
% loge. construits en 2000 ou après	3,5	19,1	6,0	0,0	0,6	30,2	4,5	57,1	10,2	8,7	10,6
% maison	40	35,9	39,2	59,9	57	96,6	99	100	68,2	99,9	55,8
% appartement	51,3	55	58,9	7,8	42,8	0	0	0	31,7	0,1	36,8
% <i>pieza en casa antigua o coventillo</i>	4,4	9,1	1,2	30,8	0,2	0	0,2	0	0	0	5,8
% ménages propriétaires	37,3	53,9	46,4	31,3	77,1	90,6	80,7	85	66,8	98,6	56,7
% ménages en location ou sous-location	59,1	41,3	49	63,8	21,7	8,9	14,9	13,3	31,4	0,7	40
% ménages occupants de fait ou en usufruit	3,5	4,8	4,6	4,9	1,2	0,5	3,6	1,7	1,8	0,3	3,3
% ménages qui partagent leur logement	1,9	6,1	7,2	8,3	0	0,5	0	1,7	3,7	0,7	3,7
Nombre de personnes / pièce (moyenne)	2	2,6	1,2	2,2	1,9	1,6	1,7	1,6	1,9	2,1	2
CONDITIONS DE TRANSPORT (% individus qui font usage de											
Véhicule particulier (>= 1 fois / semaine)	40	30	47,6	21,1	16,2	56,7	50,5	91,7	38,3	84,7	41,4
Transport public (>= 2 fois / semaine)	77,5	83,2	66,4	60,8	85,9	73	77,7	23,6	44,4	38,8	70,1
CARACTERISTIQUES DEMOGRAPHIQUES DE LA POPULATION											
Taille moyenne des ménages	2,9	2,9	2,9	3,3	3,7	3,8	3,8	3,8	3,7	4,2	3,2
% ménages unipersonnels	19	18,9	18,5	9,9	9,5	1,4	3,1	5	1,4	0	12,1
% ménages >= 6 personnes	2,9	1,6	3,8	2,1	7,6	1,8	10,1	8,3	4,5	7,4	3,7
% individus < 15 ans	15,9	17,4	10,2	19	23,7	18,9	19,8	31,4	23,2	21,3	18,3
% individus 15-59 ans	74,5	65	74,5	67,1	72,9	71,5	71	61,1	65,8	67,3	70,1
% individus 60 ans ou plus	9,6	17,6	15,3	13,9	3,4	9,6	9,2	7,5	11	11,4	11,6
% individus nés dans l'aire métropolitaine	66,2	60,2	69 0	49,4	80,3	71,1	77,0	74,1	84,7	77,1	68,4
% individus nés dans le reste du Chili	28,4	29,7	26,5	12,6	19,7	27,5	19,7	20,4	14,7	20,9	24,1
% individus nés hors du Chili	5,4	10,1	4,5	38,0	0,0	1,5	3,3	5,5	0,6	2,0	7,5
NIVEAU DE REVENU DES MENAGES (% ménages)											
Bas (< 2 sm)	17,3	34,0	19,8	42,3	61,2	20,1	20,8	8,3	47,7	0,0	28,1
Moyen-bas (2-3 sm)	30,6	30,1	28,0	41,0	27,8	28,4	38,9	10,0	20,7	0,8	28,8
Moyen (3-4,8 sm)	28,8	16,6	25,4	7,2	8,2	45,4	20,1	5,0	7,0	0,0	20,5
Mo.-haut et haut (> 4.8 sm)	23,3	19,3	26,8	9,4	1,8	6,1	20,3	76,7	24,5	99,2	22,6

Source : Enquête METAL, Santiago, 2009. Note : sm salaire minimal (environ 165 000 pesos chiliens en 2009)

Tableau 16 - Caractéristiques des zones d'enquêtes de Santiago (METAL, 2009), extrait de Dureau et al. (2014 : 67)



3.7.1.2 - Méthode de délimitation des espaces d'action : le recours aux ellipses de dispersion

Pour délimiter les espaces d'action, la première étape a consisté à localiser les lieux fréquentés au quotidien par les individus pour le travail et les activités scolaires (études primaires, secondaires et supérieures)¹²³, ce qui représente un échantillon de 1978 individus (56 505 individus extrapolés). Nous avons de facto exclu les 215 personnes enquêtées exerçant une activité sur leur lieu de résidence qui mériteraient une étude spécifique¹²⁴ et les 81 individus exerçant une profession difficile à localiser (vendeur ambulant, travailleur de rue, travailleur se déplaçant dans un véhicule).

Les lieux fréquentés au quotidien ont été positionnés sur le centroïde des communes de destination (partie urbanisée), à défaut d'une localisation plus fine. En effet, les adresses de destination n'ont pas pu être précisément recueillies lors des enquêtes. Quoiqu'il en soit, le choix du centroïde de la commune de destination est acceptable pour localiser les lieux fréquentés au quotidien, dans la mesure où les communes (partie urbanisée) ont une faible étendue (16,8 km² en moyenne) et dans la mesure où notre échelle de restitution ici est celle de l'agglomération (2657 km²).

Il est important de préciser aussi que tous les lieux de destinations recueillis lors des enquêtes n'ont pas toujours pu être associés à des communes, du fait de problèmes liés au recueil même ou au codage ultérieur. Cette limite concerne surtout les navettes domicile-travail. Par ailleurs, certains individus enquêtés sortent quotidiennement de l'agglomération. Nous obtenons donc des différences entre les effectifs de l'échantillon initial et les effectifs de l'échantillon localisé au lieu de destination. Au final, l'échantillon localisé comporte 1496 individus (45 298 extrapolés).

Ensuite, dans le SIG, nous avons appliqué sur ces lieux une analyse centrographique¹²⁵ qui permet de résumer et de caractériser des semis de points à l'aide d'indicateurs synthétiques de dispersion spatiale (points moyens¹²⁶, distances types, aplatissement, etc.) et de comparer l'agencement des ellipses les unes par rapport aux autres. Les calculs du centre moyen et de la distance type (influençant la taille de l'ellipse) sont ici pondérés par le nombre d'individus sur leur lieu de destination¹²⁷.

3.7.1.3 - Exemples d'utilisation de l'analyse centrographique pour qualifier les espaces de mobilité quotidienne dans la littérature

L'analyse centrographique a été abondamment appliquée pour décrire les espaces de mobilité quotidienne (lieux de destination ou trajectoires) et d'autant plus ces trente dernières années que la disponibilité de données localisées à l'adresse ou obtenues par GPS s'est accrue et que des outils permettant de mettre en œuvre cette méthode, ont été intégrés dans les logiciels SIG depuis une vingtaine d'années¹²⁸. Donald et Goodchild (1983) l'ont par exemple appliquée sur 1500 personnes dans la ville d'Halifax pour décrire à différents moments d'une journée les positions moyennes, les degrés de concentration spatiale et de ségrégation de différents sous-groupes de personnes, déclinés suivant des caractéristiques sociodémographiques (classes d'âge, statut matrimonial, statut d'occupation du logement, langue parlée au sein du ménage, niveaux d'éducation, taux de motorisation). Noël et al. (2001) ont utilisé cette méthode pour identifier les déterminants des stratégies de déplacements et les espaces d'action de 200 cyclistes dans la région de Québec, qu'ils ont ensuite confrontés à l'organisation du territoire et au milieu de résidence. Morency (2006)

123 Sur l'ensemble de l'agglomération, ces trajets représentent 45% des trajets quotidiens (Enquête OD - Sectra, 2006). Les 55% restants englobent tous les autres motifs, notamment les retours au domicile.

124 Certains travaux, tels que Dureau et Gouëset, 2010, portant sur cette catégorie encore peu étudiée, montrent que le travail à domicile ne résulte pas nécessairement d'un processus de marginalisation.

125 Méthode introduite par Bachi en 1963 et déjà présentée dans la section 2.7.2.4 (voir Carte 16).

126 Nous avons également calculé les points médians (davantage adaptés aux semis de points présentant des agrégats). Les écarts de positionnement entre points moyens et points médians sont plus marqués pour les zones d'enquêtes les plus périphériques (destinations plus variées, trajets plus longs) mais n'excèdent pas 1,4 km, ce qui est peu au regard de l'étendue de l'agglomération. Par ailleurs, ces écarts s'observent essentiellement sur le positionnement des ellipses, et de façon beaucoup plus marginale sur leur taille, orientation et forme. Sur notre zone d'étude, l'agencement des ellipses les unes par rapport aux autres change donc assez peu quelle que soit la méthode retenue pour le calcul de leur centre.

127 L'outil retenu pour calculer les ellipses de dispersion est le SIG SavGIS.

128 Marius Thériault, chercheur au centre de recherche en aménagement et développement (CRAD), rattaché à l'Université Laval (Québec), a mis au point en 1994 une application exécutable sur le logiciel Mapinfo (Mapstat). Cet outil a contribué à répandre l'utilisation de l'analyse centrographique au sein de notre discipline.



l'emploi sur des données de deux recensements (1987 et 1998) à l'échelle de l'agglomération de Montréal (échantillon de 65 000 ménages) et analyse la distribution spatiale des segments de population différenciés selon la taille des ménages, les revenus, l'âge, le taux de motorisation et l'usage des transports en commun. Lord et al. (2009) recourent à cette méthode pour mesurer l'évolution entre 1999 et 2006 des espaces d'action d'une centaine de personnes âgées résidant dans la banlieue de l'agglomération de Québec dont ils dressent une typologie qu'ils interprètent au regard de la relocalisation des services de proximité et de critères sociodémographiques tels que l'âge, le niveau d'autonomie et les revenus. Imbert et al. (2009) ont testé cette méthode dans le cadre d'une enquête portant sur un peu plus de 900 individus, réalisée à Poitiers en 2005 et 2006. L'optique était de décrire les espaces de mobilités qu'ils ont mises en balance avec le fonctionnement des ménages, les choix résidentiels, la localisation et les caractéristiques des résidences. De son côté, Quiroga (2014) a étudié les inégalités de mobilité dans la ville de Recife, en centrant son analyse sur un échantillon de personnes âgées résidant dans trois quartiers populaires (*Brasilit*, *Cordeiro* et *Vila Arraes*). Elle montre comment leurs pratiques de mobilité (déplacements effectifs ou « évités » notamment par délégation à des personnes de l'entourage) permettent d'atténuer les effets de la hiérarchie sociale, tout en considérant le rôle des caractéristiques du lieu de résidence, l'étendue des réseaux de sociabilité, la trajectoire résidentielle et l'état de santé des individus.

3.7.1.4 - Les contraintes liées à l'analyse centrographique et les choix opérés

Dans notre cas, l'analyse centrographique a été d'autant plus simple à mettre en œuvre que nous n'avons considéré qu'une seule destination par jour et par individu (lieu de travail ou d'étude)¹²⁹. En effet, l'enquête METAL a été conçue avec la finalité d'appréhender de façon globale le système de mobilités spatiales des individus. En ce sens elle n'avait pas vocation à recenser les différents lieux fréquentés successivement par les individus (sur une journée ou sur une semaine). Le semis de points que nous avons généré et sur lequel repose l'analyse centrographique, matérialise donc l'ensemble de ces destinations uniques sur une journée type. Ceci étant, il est important de rappeler que pour calculer une ellipse, il faut aux moins deux points (ici deux destinations différentes), condition qui n'est pas toujours remplie. En effet, il arrive que tous les déplacements effectués au départ d'une zone n'aient qu'une seule destination. Cela explique l'absence d'ellipse pour la classe A dans la zone 4 (voir **Carte 32**).

De même pour calculer une ellipse, il faut un effectif suffisant, sans quoi l'ellipse aura peu de sens (limite déjà évoquée par Imbert, et al. 2009). Comme le montre le **Tableau 20**, les effectifs sont variables suivant les zones d'enquête et la classe sociodémographique des individus. Ceci s'explique par la composition sociodémographique des zones d'enquête (voir **Tableau 16**). Ainsi, certaines catégories d'individus sont peu présentes voire absentes localement. Dans notre étude, nous avons tracé les ellipses uniquement lorsque le nombre de personnes appartenant à une classe sociodémographique et une zone d'enquête données est au moins égal à 5¹³⁰. Au final, 57 ellipses ont été tracées (voir **Carte 32**).

Pour autant, ces différences d'effectifs ne constituent pas un obstacle à la comparaison des ellipses entre elles. En effet, la taille des ellipses n'est pas fonction de l'effectif comme l'indique le coefficient de corrélation R entre effectifs enquêtés et surfaces elliptiques dont la valeur est faible (0,29). L'absence d'ellipse renseigne également sur les particularités des pratiques de déplacement pour une zone de résidence et une classe sociodémographique données (navettes locales uniquement, par exemple).

3.7.1.5 - Catégorisation sociodémographique des individus : choix des variables et méthode retenue

De nombreuses études mettent en évidence le lien entre variables individuelles (sexe, âge, activité, etc.), variables relatives aux ménages (revenus du ménage, condition de logement, etc.), variables contextuelles (localisation de la parentèle, caractéristiques du quartier, etc.) et pratiques de mobilités quotidiennes. Outre les références mentionnées précédemment (section 3.7.1.3), on peut par exemple faire allusion aux travaux de Baccaïni (1996 : 109).

¹²⁹ Pour les 78 individus qui travaillent et étudient en parallèle, nous avons considéré comme destination, le lieu de travail.

¹³⁰ On observe six cas seulement en dessous de ce seuil. Ce seuil a été choisi compte tenu des effectifs par classe et par zone sur notre population enquêtée (effectif enquêté moyen : 24, effectif maximum : 101, cf. Tableau 20).



Cette auteure montre qu'en Île-de-France, « *les trajets domicile-travail varient fortement selon les professions... D'autres caractéristiques des actifs ont un effet sur leur mobilité quotidienne : en particulier, la propension des actifs à faire une longue navette varie selon leur âge ou leur choix résidentiel, à catégorie socioprofessionnelle donnée* ». Dans un contexte latino-américain, Delaunay (2010) mesure l'évolution des mobilités quotidiennes déclinées selon la CSP et le cycle de vie dans l'agglomération de Santiago du Chili.

D'autres auteurs analysent la façon dont interagissent les dimensions quotidienne et résidentielle de la mobilité, très longtemps étudiées séparément comme nous l'avons vu en section 3.3.2. Dans un contexte français, Berger et Beaucire (2002) et Berger (2004) décryptent par exemple l'articulation entre les choix résidentiels, la localisation des emplois et la durée des navettes pour les périurbains de Paris. Pochet et Routhier (2002) étudient l'impact des mobilités résidentielles sur l'allongement des distances domicile-travail dans la grande région urbaine lyonnaise. En Amérique latine, Rodríguez (2007) analyse les interactions entre mobilités quotidiennes et résidentielles à l'aune de la ségrégation socio-économique à Santiago du Chili. Dureau et al. (2012) analysent les inégalités d'accès au reste de la ville chez les résidents d'un quartier de l'ouest de Bogotá, inégalités remises en perspective avec la trajectoire biographique des individus et la transformation de leur quartier sur une décennie.

Dans notre étude, nous avons choisi un ensemble de variables dans l'optique de comprendre de façon plus spécifique la façon dont le cycle de vie et la position des individus dans la hiérarchie sociale influencent leur accès à la ville. Nous avons retenu les sept caractéristiques sociodémographiques suivantes : le sexe, l'âge, l'activité (étude ou travail), l'ancienneté de l'individu dans le logement, le statut d'occupation du logement (propriétaire, locataire, etc.), le niveau d'éducation ainsi que le revenu moyen du ménage auquel l'individu appartient (**Tableau 17**).

Nous avons ensuite rassemblé les individus sur la base de ces caractéristiques en classes homogènes. Pour ce faire, nous avons appliqué une analyse des correspondances multiples (ACM) suivie d'une classification ascendante hiérarchique (CAH)¹³¹ à l'ensemble des enquêtes. Cette typologie a été réalisée grâce au concours de M. Piron (UMR PRODIG). Nous avons ainsi obtenu sept grandes classes (section 3.7.2.1) que l'on retrouve dans pratiquement toutes les zones d'enquête. Pour être précis, nous avons identifié 63 groupes d'individus renvoyant aux 7 classes et répartis dans les 10 zones d'enquête. Un groupe d'individus équivaut donc à un ensemble de personnes appartenant à une même classe sociodémographique et résidant dans une même zone. Les espaces d'action ont ensuite été calculés pour chacun de ces groupes¹³².

La typologie a été enrichie par les indicateurs de déplacement (**Tableau 17**) mis en éléments supplémentaires : le mode de transport, le temps de trajet vers le lieu d'activité (travail ou étude), la destination (centre, première couronne, deuxième couronne, etc...) et un dernier indicateur qui permet d'estimer la distance parcourue vers le lieu de travail ou d'étude (exprimé en degré de voisinage¹³³ : à l'intérieur de la commune de résidence, dans une commune adjacente, dans une commune non-adjacente). Ces indicateurs viennent également compléter et expliquer les écarts observés dans la dispersion des espaces fréquentés.

131 Cet enchaînement de méthodes renvoie à une analyse typologique (déjà décrite en section 3.6.1, voir note de bas de page 113) et a été réalisée avec le logiciel SPAD.

132 Dans la littérature (Noël et al., 2001 ; Lord et al., 2009), les espaces d'action reflètent généralement la distribution géographique des différents lieux fréquentés par une même personne sur des pas de temps qui peuvent varier (jour, semaine, mois). Dans cette section, les espaces d'action résumés en ellipses renvoient à l'ensemble des lieux fréquentés pour le travail ou les études par un groupe d'individus. Cette précision étant indiquée, nous nous permettons de transposer ici le sens originel.

133 Le degré de voisinage reflète la portée spatiale d'un trajet. Je l'ai calculé au moyen d'un graphe de contiguïté dans le SIG. Rappel : le graphe de contiguïté donne pour chaque unité spatiale (ici les communes) la liste de ses voisins d'ordre un. À partir de cette information initiale, le calculateur de voisinage développé par I. Brémond (Informaticienne à ESO-Rennes) fournit un tableau de contingence renseignant pour chaque couple de communes, son degré de voisinage (voir section 3.6.1, note de bas de page 112).



Variables socio-démographiques	Modalité (libellé)	Description
Sexe	M	homme
	F	femme
Activité	Etud	écoliers, collégiens, lycéens, étudiants
	Trab	travailleurs
	Trab&Etud	travailleurs étudiant en parallèle
Âge	<12	Moins de 12 ans
	déc-24	de 12 à 24 ans
	25-39	de 25 à 39 ans
	40-59	de 40 à 59 ans
	>60	plus de 60 ans
Ancienneté dans le logement	<1	Moins d'un an
	<5ans	Entre 1 et 5 ans
	5-10ans	de 5 à 10 ans
	10-20ans	de 10 à 20 ans
	>20	plus de 20 ans
Revenu du ménage	<250 (Rev1)	moins de 250 000 pesos
	250-500 (Rev2)	de 250 000 à 500 000 pesos
	500-800 (Rev3)	de 500 000 à 800 000 pesos
	800 -15000 (Rev4)	de 800 000 à 1 500 000 pesos
	1500 -3000 (Rev5)	de 1 500 000 à 3 000 000 pesos
	>3000 (Rev6)	plus de 3 000 000 pesos
Statut d'occupation du logement	Locat	locataire
	Proprio	propriétaire
	Heberge	logé à titre gratuit
	Squat	occupant illégal
	Autre	autre
Niveau d'éducation	sf	sans formation
	elem	élémentaire
	sec	secondaire
	sup	supérieur
	tech	technique
	autre	autre

Indicateurs de déplacement*	Modalité (libellé)	Description
Mode de transport	A pied	à pied
	velo	bicyclette
	bus	bus
	collpriv	transport scolaire ou d'entreprise
	metro	métro
	moto	moto
	taxi	taxi
	voit	voiture
	comb	combinaison de modes de transport
	autre	autre
Temps de transport	<10min	moins de 10 minutes
	10-20min	de 10 à 20 minutes
	20-30min	de 20 à 30 minutes
	30-60min	de 30 à 60 minutes
	>60min	plus de 60 minutes
Destination	centre	centre
	c1	couronne 1
	c2	couronne 2
	c3	couronne 3
Distance (degré de voisinage)	intra	à l'intérieur de la commune de résidence
	adj	vers une commune limitrophe
	nadj	vers une commune non limitrophe

* vers activité principale (étude ou travail)

Tableau 17 - Description des variables retenues pour la définition des profils sociodémographiques des individus enquêtés et détail des modalités associées (Enquête METAL 2009, Santiago) - Demoraes et al. (en cours - ACL1)



3.7.2 - Premiers résultats

Cette section 3.7.2 restitue en cinq étapes une première série de résultats inédits. Comme évoqué plus haut, ils ont été obtenus en adaptant et en approfondissant la méthode d'analyse mise au point sur São Paulo (Demoraes et al., 2012 - ACL3). Je rappelle que ces travaux en sont encore à un stade préliminaire et feront l'objet d'études plus approfondies dans les mois à venir. En section 3.7.2.1 (première étape), on propose tout d'abord une caractérisation sociodémographique globale des individus que l'on confronte aux conditions de mobilités sur l'ensemble de notre échantillon. Cette caractérisation met en lumière un premier ensemble d'inégalités face à la mobilité. On s'attache ensuite toujours dans cette première étape, à définir des classes d'individus en combinant les sept variables présentées précédemment (**Tableau 17**) et qui renvoient au cycle de vie et à la position des individus dans la hiérarchie sociale. En section 3.7.2.2 (deuxième étape), on s'emploie à délimiter les espaces d'action de chacun des groupes d'individus définis suivant leur classe sociodémographique et lieu de résidence. La lecture des espaces d'action donne à voir de fortes disparités d'accès à la ville à la fois au sein d'une même classe, entre classes et suivant la localisation résidentielle. En section 3.7.2.3 (troisième étape), on s'intéresse aux temps de parcours qui servent à relativiser l'apparente homogénéité des espaces d'action des groupes résidant dans le centre et à nuancer les écarts entre groupes dans les zones d'enquête les plus périphériques. En section 3.7.2.4 (quatrième étape), on mobilise de façon très ponctuelle les entretiens approfondis pour apporter un éclairage qualitatif sur les conditions de déplacement qui complète l'analyse des durées de transport. Enfin, en section 3.7.2.5 (cinquième étape), je propose à titre exploratoire de mesurer la significativité des écarts observés entre espaces d'action qui permet de faire ressortir la particularité du rapport à l'espace de certains groupes d'individus.

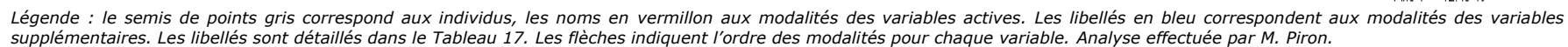
3.7.2.1 - Caractérisation des profils sociodémographiques des individus enquêtés

A la lecture du plan factoriel¹³⁴ (**Graphique 3**), on retrouve le long du premier axe une distinction entre les individus qui travaillent et ceux en étude, distinction fortement liée à l'âge et le long du deuxième axe, un gradient qui concerne le revenu des individus. Le deuxième axe différencie aussi les propriétaires et locataires récemment installés dans leur logement. La position des indicateurs de déplacements (en supplémentaires) indique que la voiture est davantage associée aux individus plutôt aisés, le bus aux personnes plutôt modestes. Une autre opposition s'observe sur le premier axe entre les déplacements en moto et taxi, plutôt associés aux actifs et le transport scolaire logiquement associé aux individus jeunes en étude. Enfin, la durée des trajets est plus courte pour les études que pour le travail, les trajets pour le travail étant par ailleurs plutôt réalisés vers des communes non limitrophes du lieu de résidence. Les temps de transport les plus longs (plus de soixante minutes) sont associés aux individus ayant les revenus les plus faibles et sont plutôt associés à des trajets en bus. Cette analyse donne ainsi à voir un premier aperçu global des inégalités sociales dans les mobilités quotidiennes au sein de notre échantillon d'individus.

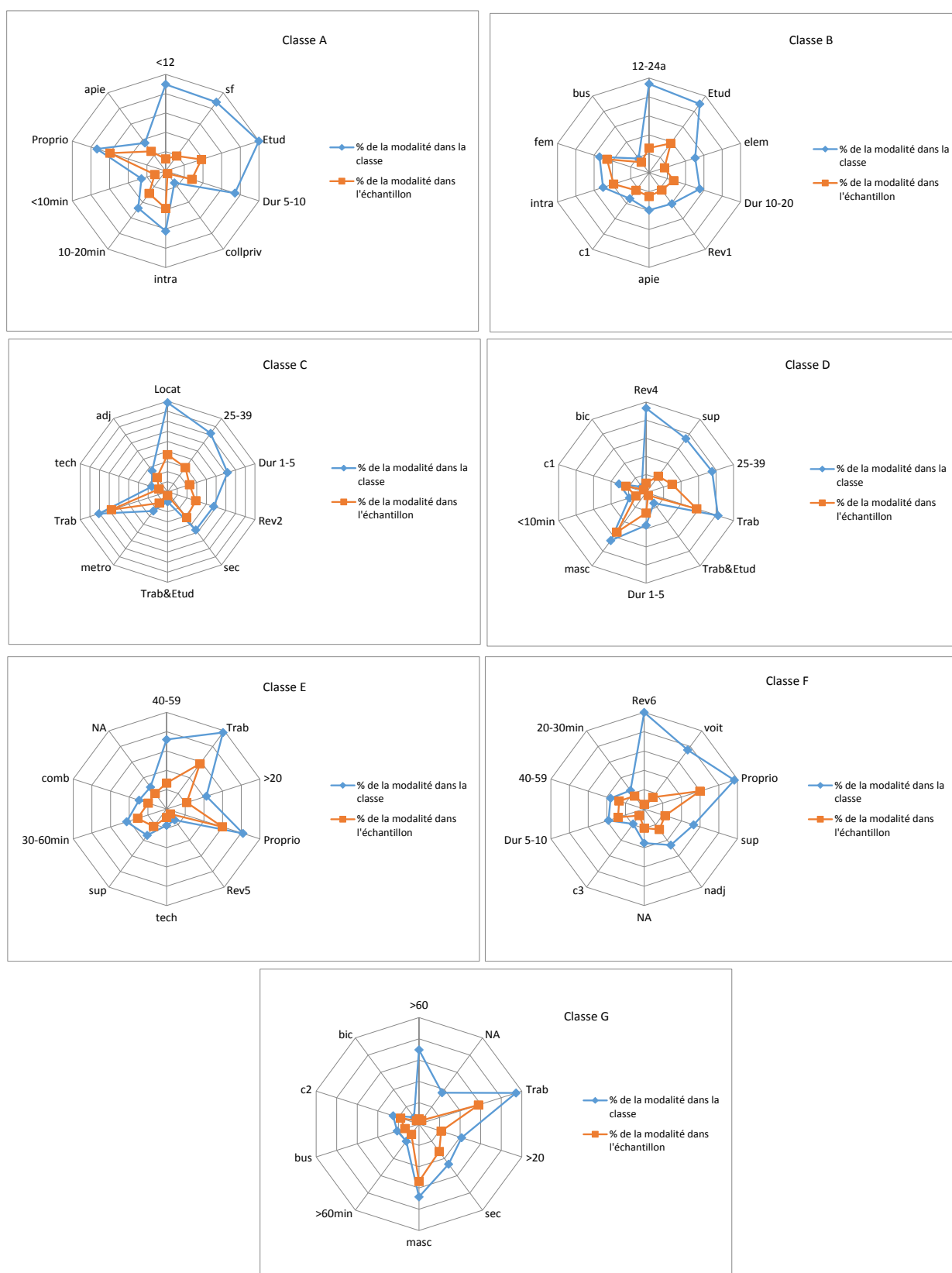
La classification ascendante hiérarchique permet de dégager sept classes d'individus¹³⁵ décrites par les modalités les plus caractéristiques qui ressortent sur le **Graphique 4**. Les effectifs et pourcentages de chaque classe sont fournis dans le **Tableau 18**.

134 Nous rappelons que les taux d'inertie relatifs aux axes factoriels sont dépendants du codage préliminaire de l'information brute. « Dans le cadre d'une Analyse des Correspondances Multiples, ils dépendent par conséquent du codage disjonctif complet et sont généralement faibles. Il faut donc éviter de les interpréter en termes "d'information" car ils rendent compte de mesures pessimistes de l'information extraite à partir de l'axe » (Lebart et al. 2006, pp. 205 et 223).

135 Le choix de retenir sept classes tient à un compromis qui permet à la fois de structurer de façon significative la population étudiée et de disposer de classes d'effectifs suffisants pour le calcul ultérieur des ellipses.



123



Légende : les variables sont ordonnées par la valeur-test (lire dans le sens des aiguilles d'une montre). Celles qui ont les valeurs-test élevées caractérisent davantage la classe (1er tiers). Le libellé détaillé des modalités est donné dans le Tableau 17. Analyse effectuée par M. Piron.

Graphique 4 - Description des classes d'individus mobiles travaillant et/ou étudiant, issues de l'analyse typologique (Enquête METAL 2009, Santiago) - Demoraes et al. (en cours - ACL1)



Les sept classes obtenues sont les suivantes :

- La classe A regroupe les individus ayant moins de 12 ans allant à l'école, à proximité de leur lieu de résidence (trajets à l'intérieur de leur commune de résidence et de courte durée). Ce sont les : « élèves du primaire ».
- La classe B rassemble les jeunes (12-24 ans) qui étudient (secondaire et supérieur), issus de milieux modestes (ménages ayant les revenus les plus bas, moins de 250 000 pesos par mois). Dans cette classe sont également surreprésentés les déplacements à pied, de proximité (à l'intérieur de la commune de résidence) et les trajets vers la première couronne. Ce sont les : « jeunes en étude issus de milieux modestes ».
- La classe C réunit des locataires, des jeunes (25-39 ans), récemment installés dans leur logement, avec des revenus moyens inférieurs (de 250 000 à 500 000 pesos), ayant un niveau d'étude secondaire. Ce sont les : « jeunes actifs locataires peu diplômés ayant un pouvoir d'achat assez limité ».
- La classe D correspond aux jeunes individus actifs (25-39 ans) présentant des revenus moyens supérieurs (de 800 000 à 1 500 000 pesos) et un niveau d'éducation élevé. Ce sont les : « jeunes actifs diplômés ayant un pouvoir d'achat assez élevé ».
- La classe E regroupe les travailleurs âgés de 40 à 59 ans, résidant depuis plus de 20 ans dans leur logement, propriétaires. Ce sont les : « actifs propriétaires ayant dépassé la quarantaine ».
- La classe F rassemble les personnes ayant les revenus les plus élevés (plus de 3 000 000 pesos), se déplaçant en voiture, propriétaires de leur logement, ayant un niveau d'étude supérieur, et effectuant des trajets éloignés de leur lieu de résidence. Ce sont les : « individus aisés ».
- La classe G englobe les travailleurs âgés résidant depuis plus de 20 ans dans leur logement ayant un niveau d'éducation secondaire. Les hommes y sont légèrement surreprésentés. Ce sont les : « seniors actifs ».

Classes	Libellé	Effectif enquêté	Effectif enquêté extrapolé	Pourcentage (sur effectif enquêté extrapolé)	Effectif localisé	Effectif localisé extrapolé	Pourcentage (sur effectif localisé extrapolé)
A	Elèves du primaire	215	7278	12,9	168	6273	13,8
B	Jeunes en étude issus de milieux modestes	452	11775	20,8	362	10191	22,5
C	Jeunes actifs locataires peu diplômés ayant un pouvoir d'achat assez limité	339	11286	20,0	255	9439	20,8
D	Jeunes actifs diplômés ayant un pouvoir d'achat assez élevé	122	4118	7,3	98	3562	7,9
E	Actifs propriétaires ayant dépassé la quarantaine	523	15584	27,6	363	11230	24,8
F	Individus aisés	190	2728	4,8	156	1765	3,9
G	Seniors actifs	137	3736	6,6	94	2838	6,3
Total		1978	56505	100	1496	45298	100

Note : ce tableau donne l'échantillon initial (enquête) et l'échantillon localisé. Ce dernier renvoie aux individus dont le lieu de destination quotidien est connu.

Tableau 18 - Répartition des individus mobiles travaillant et/ou étudiant par classe sociodémographique à Santiago (Enquête METAL, 2009) - Demoraes et al. (en cours - ACL1)



3.7.2.2 - Caractérisation des espaces d'action des groupes d'individus suivant leur profil sociodémographique et leur lieu de résidence

A la lecture de la **Carte 32**¹³⁶, trois catégories de lieu de résidence se dégagent compte tenu de la relation qu'entretiennent les individus à l'espace dans le cadre des navettes vers leur lieu d'activité principale (études et/ou travail) :

- Première catégorie : pour les zones d'enquête du centre (*Brasil/Yungay* et *Lira/Almagro*) et du péricentre (*Providencia* et *Recoleta/Independencia*, en première couronne), la configuration des ellipses n'est pas très différenciée d'une zone à l'autre, ce qui tendrait à montrer que les espaces de mobilité des individus habitant des secteurs proches dans le centre, présentent des caractères assez homogènes, tant du point de vue de leur extension¹³⁷ que de leur position (fort indice de superposition, voir **Tableau 19**). Pour chaque zone, en dehors de la classe A (élèves du primaires fréquentant des écoles proches du domicile), les ellipses ne sont pas non plus très différenciées d'une classe à l'autre et sont globalement *domocentrées*¹³⁸, même si leur orientation donne à voir un certain tropisme en direction des quartiers nord-orientaux. En somme, à proximité de ces quatre lieux de résidence, par ailleurs bien desservis en transports en commun (métro, nombreuses lignes de bus) et en voirie (grands axes et autoroutes urbaines), la ville offre emplois et lieux d'étude pour tous les individus, quelle que soit leur classe sociodémographique d'appartenance. Le découplage spatial entre lieu de résidence et lieu d'activité y est comparativement le plus faible (moins de 2,7 km en moyenne)¹³⁹.
- Deuxième catégorie : pour les zones d'enquête de *Quilicura* et de *Huechuraba*, situées à une douzaine de kilomètres à vol d'oiseau au nord du centre, on observe à la fois un désaxage des ellipses par rapport à leur *point d'ancrage*¹⁴⁰ (zone d'enquête) qui s'explique par leur situation en bordure extérieure de la deuxième couronne (tissu urbain aggloméré) et par le fait que les ressources urbaines sont localement non suffisantes (c'est surtout vrai pour l'emploi et la zone *Quilicura*)¹⁴¹ ce qui oblige les actifs à rejoindre d'autres secteurs de l'agglomération (essentiellement la commune-centre et quelques communes périurbaines). La dissociation entre lieux de résidence et d'activité y est comparativement un peu plus élevée (entre 6 et 6,5 km en moyenne). Dans cette deuxième catégorie, les espaces d'action se recoupent également beaucoup moins bien entre eux (indice de superposition faible pour *Quilicura* et moyen pour *Huechuraba*). Autrement dit, la différenciation des espaces d'action des individus augmente avec l'éloignement au centre.
- Troisième catégorie : pour les quatre zones d'enquête les plus périphériques (*El Volcán*, *Chicureo*, *Colina* et *Los Trapenses*), situées entre 20 et 35 km du centre, leurs ellipses sont comparativement plus allongées (déplacements plus longs dans un faisceau de directions assez restreint), quelle que soit la classe, sauf la classe A (élèves du primaire). Les ellipses sont par ailleurs très nettement orientées vers le centre. Cette configuration s'explique à la fois par la localisation de ces quatre zones d'enquête par rapport à l'ensemble de l'agglomération (périphérie lointaine, en dehors du tissu urbain aggloméré, excepté pour *Los Trapenses*), et par un manque d'emplois localement (sauf pour la zone *Chicureo*), ce qui contraint la plupart des actifs à se déplacer loin pour accéder à un emploi. Cet agencement d'ellipses confirme la relation de dépendance assez forte de ces quatre zones essentiellement résidentielles vis-à-vis du centre et des deux premières couronnes. Dans la zone *El Volcán*, y compris les élèves du primaire (classe A) doivent sortir de leur commune de résidence du fait de la relative faible présence d'écoles localement. C'est dans ces quatre zones que le découplage entre lieux de résidence et d'activité est le plus marqué (entre 6,8 et 14,3 km en moyenne).

136 Rappel : cette carte ne comporte que 57 ellipses (sur les 63 groupes différenciés suivant les 7 classes sociodémographiques dans les 10 zones d'enquête) dans la mesure où n'ont été tracées que les ellipses portant sur un effectif au moins égal à 5 individus (Tableau 20).

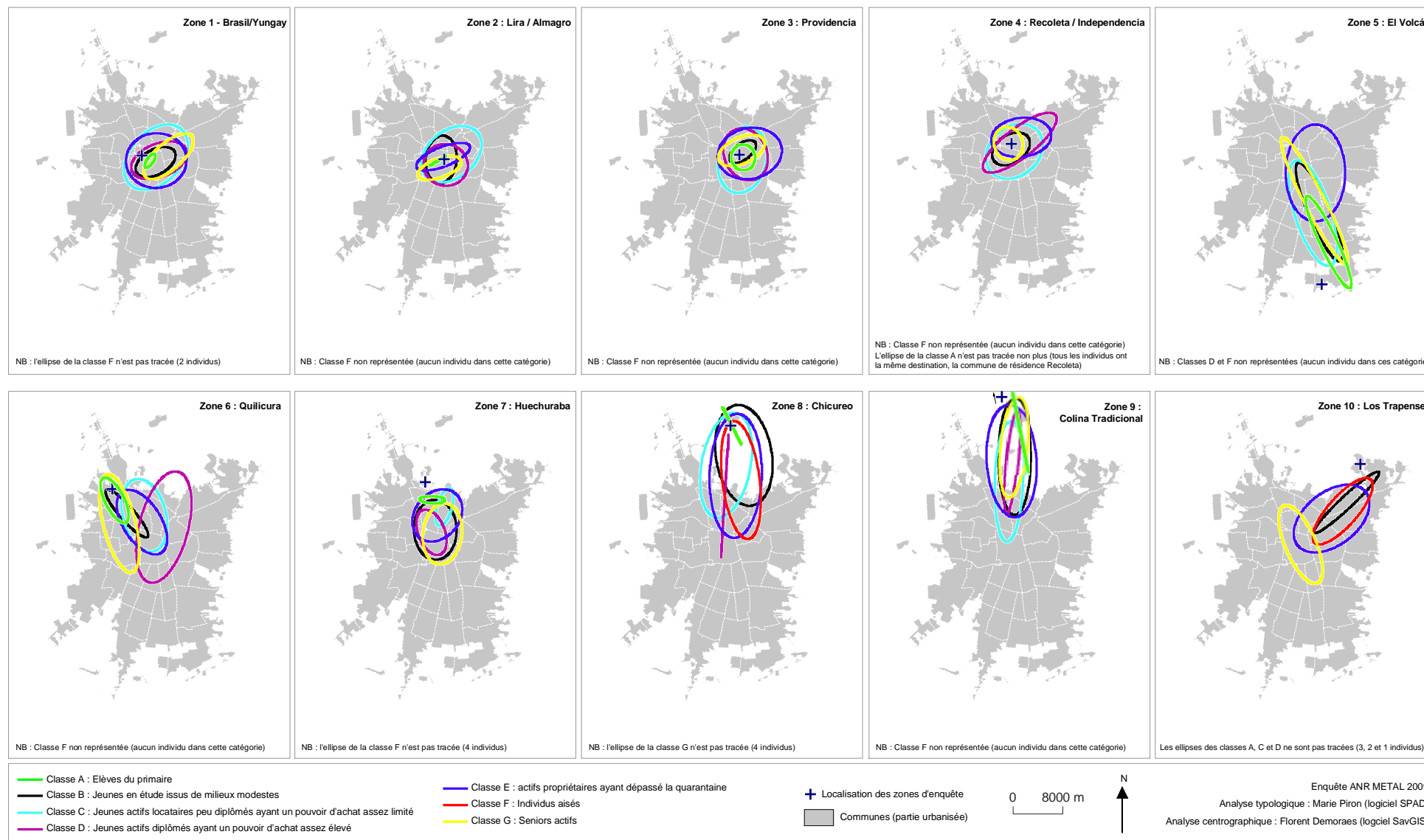
137 Les sommes des surfaces elliptiques toutes classes confondues sont assez semblables d'une zone à l'autre, puisqu'elles oscillent entre 171 et 240 Km² (Tableau 19).

138 Expression proposée par Noël et al. (2001) pour qualifier des espaces d'action centrés sur le lieu de résidence.

139 Distance euclidienne entre le lieu de résidence et le centroïde des ellipses (moyenne par zone).

140 Pour reprendre une formulation de Noël et al (2001).

141 On note ainsi que seuls 21% des actifs enquêtés dans la zone d'enquête de *Quilicura* travaillent dans leur commune de résidence.



Carte 32 - Espaces d'action des individus mobiles travaillant et/ou étudiant, suivant leur classe d'appartenance et leur lieu de résidence (Enquête METAL 2009) - Demoraes et al. (en cours - ACL1)



Zone d'enquête	A - Somme de la surface des ellipses en km ²	B - Surface de l'enveloppe (fusion des ellipses *) en km ²	Rapport A/B	Indice de superposition
01 - Brasil/Yungay	240,8	86,2	2,79	fort
02 - Lira/Almagro	171,4	70,7	2,43	fort
03 - Providencia	226,0	81,3	2,78	fort
04 - Recoleta/Independencia	205,0	83,0	2,47	fort
05 - El Volcán	333,4	172,1	1,94	moyen
06 - Quilicura	334,7	196,5	1,70	faible
07 - Huechuraba	191,1	106,2	1,80	moyen
08 - Chicureo	439,8	201,5	2,18	fort
09 - Colina	335,4	131,0	2,56	fort
10 - Los Trapenses	216,5	138,7	1,56	faible

* : union géométrique

Tableau 19 - Surfaces elliptiques et indices de superposition des espaces d'action des individus par lieu de résidence, toutes classes sociodémographiques confondues (Enquête METAL 2009, Santiago) - Demoraes et al. (en cours - ACL1)

Zone d'enquête	Classe socio-démographique	Nombre d'individus enquêtés	Nombre d'individus extrapolés	Surface elliptique (km ²)
01 - Brasil/Yungay	A	25	2111	2,2
	B	50	1487	21,9
	C	75	3680	77,6
	D	30	1878	39,1
	E	40	2010	66,9
	F	2	18	-
	G	12	854	33,2
	Total	234	12038	240,8
02 - Lira / Almagro	A	17	1451	0,0
	B	38	1668	29,9
	C	59	2653	64,2
	D	10	359	37,1
	E	31	2152	22,6
	G	9	586	17,6
	Total	164	8869	171,4
03 - Providencia	A	9	369	12,5
	B	30	1938	10,1
	C	28	1331	64,9
	D	25	672	46,3
	E	33	1380	66,2
	G	11	315	25,9
	Total	136	6005	226,0
04 - Recoleta / Independencia	A	5	182	0,0
	B	20	557	23,6
	C	35	784	61,0
	D	6	41	53,6
	E	25	498	47,4
	G	7	100	19,4
	Total	98	2162	205,0
05 - El Volcán	A	24	689	34,3
	B	46	1601	46,4
	C	16	537	79,7
	E	38	1145	116,2
	G	5	136	56,8
	Total	129	4108	333,4
Grand Total		1496	45298	2694,1
<i>En italique, les effectifs réduits (ellipses non calculées)</i>				
Zone d'enquête	Classe socio-démographique	Nombre d'individus enquêtés	Nombre d'individus extrapolés	Surface elliptique (km ²)
06 - Quilicura	A	24	426	19,0
	B	41	1059	17,9
	C	11	83	64,3
	D	9	170	112,6
	E	44	1837	55,6
	G	12	308	65,3
	Total	141	3883	334,7
07 - Huechuraba	A	16	162	3,7
	B	45	575	51,7
	C	11	109	11,5
	D	7	92	25,6
	E	49	686	51,0
	F	4	28	-
	G	5	48	47,6
	Total	137	1700	191,1
08 - Chicureo	A	16	208	0,3
	B	21	273	114,4
	C	7	91	105,1
	D	5	65	0,2
	E	33	429	130,3
	F	49	637	89,4
	G	4	52	-
	Total	135	1755	439,8
09 - Colina Tradicional	A	29	466	1,7
	B	62	1006	76,3
	C	11	163	68,7
	D	5	82	24,1
	E	61	1064	112,6
	G	24	424	52,0
	Total	192	3205	335,4
10 - Los Trapenses	A	3	209	-
	B	9	27	22,1
	C	2	8	-
	D	1	203	-
	E	9	29	92,5
	F	101	1082	49,9
	G	5	15	52,0
	Total	130	1573	216,5

Tableau 20 - Effectifs d'individus (échantillon localisé) et surface de leurs espaces d'action par classe sociodémographique et par zone (Enquête METAL 2009, Santiago) - Demoraes et al. (en cours - ACL1)



L'analyse précédente a fait ressortir une variabilité des espaces fréquentés au quotidien pour les études et le travail en fonction du lieu de résidence et du profil sociodémographique des individus. Nous l'avons vu, cette variabilité est plus prononcée à l'extérieur des quatre zones centrales (zones d'enquête *Brasil/Yungay*, *Lira/Almagro*, *Providencia* et *Recoleta / Independencia*). La question que l'on se pose à ce stade est de savoir si des inégalités d'accès au lieu de travail existent malgré l'apparente homogénéité des espaces d'action des résidents du centre et si le découplage accentué entre lieu de résidence et lieu d'activité dans les zones les plus périphériques s'accompagne nécessairement d'inégalités entre classes.

3.7.2.3 - Les temps de transport comme révélateurs d'inégalités

Pour répondre à ces questionnements, nous retenons dans cette section 3.7.2.3 un indicateur particulièrement discriminant (voir **Graphique 3**), à savoir la durée des trajets, déclinée suivant le mode de transport et nous restreignons l'analyse à trois classes d'individus exerçant une activité professionnelle. Il s'agit des classes C (jeunes actifs locataires peu diplômés ayant un pouvoir d'achat assez limité), D (jeunes actifs diplômés ayant un pouvoir d'achat assez élevé) et E (actifs propriétaires ayant dépassé la quarantaine)¹⁴². Ces classes renvoient à différentes positions dans la hiérarchie sociale et dans le cycle de vie. Elles présentent également l'avantage d'être représentées dans les dix zones d'enquête (à deux exceptions près, la classe D n'étant pas présente à *El Volcán* et à *Los Trapenses*).

Plusieurs constats ressortent à la lecture du **Tableau 21**. Les individus résidant dans les quatre zones centrales, quelle que soit leur classe, ont des temps moyens de parcours relativement faibles (moins de 30 minutes), tous modes confondus. Ces mêmes temps moyens sont également en dessous du seuil de la demi-heure à *Huechuraba* (deuxième couronne) et, de façon assez inattendue, à *Chicureo* (périphérie lointaine). Pour cette dernière cela s'explique à la fois par un nombre important de navettes locales (effectuées à l'intérieur de la commune de *Colina* où se situe la zone d'enquête)¹⁴³ et par l'existence d'une autoroute (*autopista nororiental*) qui permet de rallier très rapidement les espaces centraux.

Pour les quatre autres zones (*El Volcán*, *Quilicura*, *Colina* et *Los Trapenses*), ces mêmes temps moyens excèdent 30 minutes et atteignent même 41 minutes à *Quilicura*. Cela s'explique par leur éloignement au centre associé à un découplage spatial entre lieu de résidence et lieu de travail élevé en particulier à *El Volcán*, *Colina* et *Los Trapenses*. La zone d'enquête de *Quilicura* se démarque toutefois. Les temps de parcours élevés s'expliquent avant tout par un moins bon raccordement de cette zone d'enquête aux réseaux de transports en commun (pas de ligne de métro à proximité, nécessité de correspondances pour de nombreuses destinations¹⁴⁴).

Il ressort ainsi, en première instance, que l'éloignement au centre n'explique pas seul, l'augmentation des temps de transport vers le lieu de travail.

Si l'on s'intéresse maintenant aux différences entre classes, on constate que dans les quatre zones centrales, les individus de la classe D (jeunes actifs diplômés ayant un pouvoir d'achat assez élevé) ont comparativement des temps moyens, tous modes confondus, les plus faibles¹⁴⁵. La situation s'inverse à *Quilicura*, *Huechuraba* et *Colina* où les temps moyens sont les plus élevés pour cette classe D comparativement aux deux autres. Leurs temps de transport en bus sont de loin les plus longs (40 minutes à *Huechuraba*, 81 minutes à *Colina* et 92 minutes à *Quilicura*). Ainsi, pour ces jeunes individus qualifiés résidant en dehors de l'espace central, l'accès à un emploi rémunérateur suppose en contrepartie de longs temps de parcours, qui peuvent toutefois être réduits avec l'utilisation d'une voiture¹⁴⁶. Ce constat ne se vérifie pas à *Chicureo*, où les individus de la classe D effectuent des trajets dont la durée moyenne ne dépasse pas la demi-heure, du fait des trajets intra-communaux qui représentent 40 % des navettes pour cette classe.

142 L'analyse porte ainsi sur près de 54% de l'échantillon localisé.

143 Ces navettes locales atteignent 51% des déplacements pour les trois classes C, D et E.

144 69% des navettes effectuées par les individus des classes C, D et E et résidant dans la zone d'enquête de *Quilicura* reposent sur plusieurs modes de transport (bus-métro, bus-bus, marche à pied-bus).

145 Sauf dans la zone de *Recoleta* où les écarts interclasses sont très réduits.

146 Son usage est malgré tout limité pour cette classe à *Quilicura* et *Colina* (moins de 10 % des navettes). A *Huechuraba*, en revanche, la voiture est utilisée dans 87% des cas.



Zone d'enquête	Classe socio-démographique	Moyen de transport *	Durée moyenne pondérée par mode	Durée moyenne pondérée par classe	Durée moyenne pondérée par zone
01 - Brasil/Yungay	Classe C	apie	17	26	27
		autre	20		
		bic	3		
		bus	34		
		collpriv	30		
		comb	47		
	Classe D	metro	28		
		moto	20		
		taxi	15		
		voit	29		
		apie	15		
		bic	17		
Classe E	bus	30			
	comb	37			
	metro	31			
	taxi	25			
	voit	19			
	apie	10			
bic	36				
bus	40				
collpriv	30				
comb	23				
metro	25				
voit	45				
02 - Lira / Almagro	Classe C	apie	15	30	25
		autre	26		
		bic	15		
		bus	64		
		comb	53		
		metro	29		
	Classe D	voit	21		
		apie	9		
		metro	30		
		taxi	5		
		voit	23		
		apie	9		
Classe E	autre	18			
	bus	43			
	collpriv	45			
	comb	25			
	metro	45			
	taxi	10			
voit	21				
03 - Providencia	Classe C	apie	12	29	26
		autre	90		
		bic	15		
		bus	60		
		comb	32		
		metro	39		
	Classe D	taxi	15		
		voit	32		
		apie	5		
		autre	17		
		bic	10		
		comb	44		
Classe E	metro	14			
	moto	20			
	voit	24			
	apie	27			
	autre	40			
	bic	12			
bus	45				
comb	24				
metro	29				
voit	28				
04 - Recoleta / Independencia	Classe C	apie	11	30	29
		bic	16		
		bus	57		
		collpriv	40		
		comb	42		
		metro	33		
	Classe D	voit	30		
		apie	15		
		bus	15		
		comb	46		
		voit	20		
		apie	11		
Classe E	autre	10			
	bic	25			
	bus	42			
	comb	67			
	metro	46			
	taxi	45			
voit	29				
05 - El Volcán	Classe C	apie	8	32	39
		autre	30		
		bic	43		
		bus	50		
		comb	30		
		voit	30		
	Classe E	apie	5		
		autre	25		
		bic	23		
		bus	50		
		collpriv	32		
		comb	60		
06 - Quilicura	Classe C	metro	45	36	41
		taxi	56		
		voit	33		
		apie	5		
		bus	36		
		comb	39		
	Classe D	voit	33		
		apie	15		
		bus	92		
		comb	73		
		voit	15		
		apie	11		
Classe E	bic	45			
	bus	53			
	comb	40			
	metro	40			
	taxi	15			
	voit	36			
07 - Huechuraba	Classe C	apie	20	20	28
		autre	30		
		bic	30		
		bus	22		
		comb	20		
		taxi	10		
	Classe D	voit	20		
		bus	40		
		voit	31		
		32			
		apie	14		
		autre	30		
Classe E	bic	15			
	bus	43			
	collpriv	30			
	comb	47			
	metro	28			
	moto	40			
taxi	10				
voit	22				
08 - Chicureo	Classe C	apie	60	34	26
		autre	15		
		bus	60		
		comb	14		
		voit	14		
		apie	30		
	Classe D	metro	24		
		voit	24		
		25			
		apie	12		
		bic	30		
		bus	30		
Classe E	comb	8			
	voit	26			
	24				
	apie	5			
	bus	61			
	voit	60			
09 - Colina Tradicional	Classe C	bus	81	51	37
		voit	30		
		78			
		apie	18		
		autre	30		
		bic	21		
	Classe E	bus	40		
		collpriv	35		
		comb	82		
		taxi	15		
		voit	26		
		26			
10 - Los Trapenses	Classe C	voit	38	38	30
	Classe E	comb	30	28	
		voit	28		



De leur côté les individus de la classe C (jeunes actifs locataires peu diplômés ayant un pouvoir d'achat assez limité) habitant les quatre zones centrales ont également des temps moyens de déplacement inférieurs à 30 minutes. A *Lira/Almagro* et *Providencia*, ces durées sont cependant nettement plus longues que pour la classe D (respectivement 30 minutes contre 17 et 29 contre 19). Ce résultat est concordant avec la taille des ellipses (**Carte 32**) qui révèle des espaces d'action plus dispersés pour la classe C comparativement à la classe D, pour ces deux zones. Dans toutes les autres zones, les navettes de la classe C dépassent 30 minutes, sauf à *Huechuraba*, où plus de 80% des individus de cette classe exerce une activité professionnelle dans leur commune de résidence ce qui explique un temps moyen de trajet particulièrement faible (20 minutes). Au sein de la classe C, la situation la plus défavorable apparaît chez les individus habitant à *Colina*. Plus de la moitié des personnes enquêtées travaillent dans la commune-centre éloignée de Santiago et 93% s'y rendent en bus ce qui explique un temps moyen de transport, tous modes confondus, particulièrement élevé (51 minutes).

Concernant les individus de la classe E (actifs propriétaires ayant dépassé la quarantaine), à l'image des deux classes précédentes, leur temps moyens de parcours, tous modes confondus, n'excède pas 30 minutes au départ des quatre zones centrales. Ce temps est aussi inférieur à ce seuil à *Huechuraba*, *Chicureo* et *Los Trapenses*. A *Huechuraba* et *Chicureo*, cela s'explique par l'importance des navettes locales (dans la commune de résidence) qui représentent un peu plus de la moitié de déplacements et, à *Los Trapenses*, par des destinations qui se cantonnent, comme le reflète bien l'ellipse E-10 (**Carte 32**), à près de 70% dans les quartiers du nord-est (*cono noriente*) aisément accessibles depuis la zone d'enquête par deux grands axes (*Autopista Costera Norte* qui longe le *Río Mapocho*, et la *Avenida Kennedy*). L'importance des navettes locales s'observe aussi à *Colina* (73 % des déplacements) où les trajets dépassent légèrement la demi-heure (33 minutes). Dans les zones *El Volcán* et *Quilicura*, ces durées tournent autour de 40 minutes, la part des navettes locales n'excédant pas 12 % et la commune-centre éloignée restant la première destination. Comparativement aux deux autres classes, sur les dix zones d'enquête, les individus de la classe E sont ceux dont les durées moyennes de déplacement, tous modes confondus, présentent la plus faible variabilité (écart type le plus faible)¹⁴⁷.

En résumé, les temps moyens de transport, tous modes confondus, n'excèdent pas la demi-heure pour les individus résidant dans le centre, quelle que soit leur classe sociodémographique, même si les trajets domicile-travail des jeunes actifs diplômés ayant un pouvoir d'achat assez élevé (classe D) y sont globalement les plus rapides. Les écarts entre classes se creusent en dehors de l'espace central. Plusieurs facteurs interviennent : principalement, l'éloignement au centre, la desserte en transports en commun, l'utilisation de la voiture, l'existence d'axes de circulation rapide à proximité des zones d'enquête, la disponibilité des emplois dans les communes de résidence qui permet de capter certaines catégories de population en fonction du niveau de qualification requis.

Des contrastes marqués s'observent aussi à l'intérieur d'une même classe. En particulier, nous l'avons vu, en dehors de l'espace central, l'accès à un emploi rémunérateur suppose en contrepartie pour les individus de la classe D (jeunes actifs diplômés ayant un pouvoir d'achat assez élevé), de longs temps de transport liés au fort découplage domicile-travail. Le recours à la voiture permet de réduire ces temps, mais pas dans toutes les zones périphériques. En particulier à *Colina*, seulement 7% des individus de la classe D utilisent la voiture. Ils utilisent donc majoritairement le bus et leur temps de parcours atteint une heure et vingt minutes.

De leur côté, les individus de la classe C (jeunes actifs locataires peu diplômés ayant un pouvoir d'achat assez limité) connaissent des écarts très prononcés dans leur temps de transport, allant de 20 minutes à *Huechuraba* à 51 minutes à *Colina*, tous modes confondus.

Concernant les actifs propriétaires ayant dépassé la quarantaine et résidant depuis plus de 20 ans dans leur logement (classe E), les durées moyennes de leurs navettes, tous modes confondus, présentent la plus faible variabilité et ne dépassent pas 42 minutes, y compris dans les quatre zones les plus excentrées (zones 5, 8, 9 et 10) alors que le découplage domicile-travail et la dispersion des lieux de destinations y sont les plus accentués pour cette classe. Au départ de ces quatre zones, la « maîtrise » des temps de trajets ne s'expliquent pas toujours par un plus fort recours à l'automobile. En effet, si la voiture est utilisée dans

147 Cet écart type vaut 6,4 pour la classe E. Il est de 8,3 pour la classe C et de 20,7 pour la classe D.



83% des cas pour les individus de cette classe résidant dans la zone 10 (*Los Trapenses*, zone aisée), elle ne l'est que dans 3% des cas dans la zone 5 (*El Volcán*, zone d'habitat populaire). A ce stade, nous ne sommes pas en mesure d'expliquer cette apparente « maîtrise » des temps de trajets, qui mériterait de nouvelles analyses portant sur le volet biographique de l'enquête et sur l'exploitation des entretiens approfondis.

Nous proposons dans la section suivante 3.7.2.4, de mobiliser les entretiens pour apporter un éclairage qualitatif sur les conditions de déplacement qui complète l'analyse des durées de transport collectées par le biais des questionnaires. Je précise que ce croisement de corpus de données est pour l'instant peu présent dans mes travaux mais constitue une des voies que je souhaite approfondir dans mes recherches à venir. Je livre donc ci-après des résultats préliminaires.

3.7.2.4 - Le recours aux entretiens approfondis : un éclairage qualitatif sur les conditions de transport

Dans la section précédente, nous nous sommes intéressés aux disparités qui existent dans les temps d'accès au lieu de travail parmi les actifs différenciés suivant trois profils sociodémographiques. Nous l'avons vu la durée des trajets est globalement plus courte (moins d'une demi-heure, tous modes confondus) pour les individus résidant dans les quatre zones centrales quelle que soit leur classe sociodémographique. Si on compare cette durée au temps moyen de parcours vers le lieu de travail calculé à partir de la grande enquête de mobilité de 2006 (Sectra), et qui donne 32 minutes en voiture et 63 minutes en bus (**Tableau 14**), on peut considérer que les individus enquêtés par notre équipe dans les quatre zones du centre ont des conditions de mobilité qui peuvent paraître avantageuses, toutes proportions gardées, à l'échelle de l'aire métropolitaine de Santiago. Ceci étant, si le temps de trajet constitue un des critères servant à qualifier les conditions de mobilité, il n'est pas le seul. Nous proposons ci-après d'interroger les conditions dans lesquelles sont effectuées ces navettes, au regard du mode de transport utilisé. En effet, même si les temps de transport peuvent paraître convenables pour certains, encore faut-il que ces trajets soient effectués dans des conditions de confort satisfaisantes. Je propose ici d'étudier le ressenti des personnes enquêtées sur un mode en particulier, à savoir le bus qui constitue le premier mode de transport utilisé sur l'ensemble de notre échantillon et qui prend en charge seul ou en mode combiné près d'un tiers des déplacements pour les études et le travail.

Le service de bus est assuré dans le cadre du système *Transantiago* qui couvre comme nous l'avons vu en section 3.5.4, l'ensemble de l'aire métropolitaine et qui présente des caractéristiques techniques que l'on peut considérer comme modernes (intégration tarifaire et de service avec le métro, circulation en partie en site propre, montées et descentes dans des arrêts fixes, achat des titres de transport avant la montée à bord, etc.). Les enquêtes dans le cadre du programme de l'ANR METAL ont été réalisées en 2009, soit deux ans après la mise en service du *Transantiago*. Des dysfonctionnements et des mécontentements de la part des usagers étaient alors rapportés quotidiennement dans les médias. Nous proposons dans cette section de restituer le point de vue des individus enquêtés par notre équipe sur cette question. Dans cette optique, nous mobilisons des extraits issus des entretiens approfondis réalisés sur un sous-échantillon d'individus¹⁴⁸ et qui ont été exploités dans un premier temps par deux collègues de l'ANR METAL J.-M. Fournier (ESO-Caen) et Y. Contreras (*Universidad de Chile*). Ces extraits ont été sélectionnés et traduits par V. Gouëset et valorisés dans un chapitre d'ouvrage (COS2), dont un tiré-à-part est fourni dans le volume 3 (Réf. 8). Aux fins de l'HDR, j'ai affecté les individus interviewés aux classes sociodémographiques définies en section 3.7.2.1.

Ce matériau fait ressortir de nombreuses plaintes portant sur différents sujets. La saturation du transport était sans aucun doute le motif de contrariété le plus vif. L'inconfort était souligné tout particulièrement par les personnes âgées, par les enfants (comme en témoignait Sandra, professeur à *Brasil/Yungay* (classe E), en parlant des trajets de sa fille à l'école : « Elle devait se déplacer tous les jours et pour elle c'était un supplice, elle

148 Ces entretiens ont été menés entre juin 2009 et mars 2010 sur 10% des ménages soumis à l'enquête par questionnaire, ce qui représente 102 ménages. Ils ont été conduits par Y. Contreras (membre du programme de l'ANR METAL, alors doctorante à la *Pontificia Universidad de Chile*) avec la collaboration de cinq étudiants chiliens (Diego Hernández, Sharon Yael Kornbluth, Pía Rojas, Bárbara Miranda et Paulina Leficura) et par J.-M. Fournier (ESO-Caen) et É. Salin (ESO-Le Mans).



s'évanouissait et tout... ») ou par les personnes handicapées, comme Samuel¹⁴⁹, 48 ans, qui vivait à *Colina Tradicional* et qui n'utilisait presque pas le *Transantiago*, au motif que « *pour moi, c'est compliqué, les bus par exemple passent tous déjà bondés* ». Les personnes interrogées exprimaient beaucoup d'agacement sur la lenteur générale du service et sur les retards fréquents. Ainsi parlait Flor Margarita¹⁵⁰, 49 ans, de *Colina Tradicional* : « *Moi, je n'aime pas [le Transantiago] parce qu'il est lent, super lent, à chaque fois que je l'ai pris ; je préfère le métro, parce qu'avec le Transantiago, je n'arrive jamais à l'heure.* » La complexité du nouveau système, sa mauvaise connectivité, avec des stations éloignées, des correspondances imposées et une couverture insuffisante des quartiers éloignés des grands axes du *Transantiago* constituaient d'autres motifs de doléance. Ainsi le disait Sonia¹⁵¹, 34 ans, de *Huechuraba* : « *Tu dois prendre des correspondances, c'est une perte de temps, être obligée de changer d'un bus à un autre, c'est ça qui est pénible avec le Transantiago.* » A côté de ce mécontentement généralisé, certaines personnes interrogées se montraient résignées, comme Maria¹⁵² (femme au foyer, 43 ans, *El Volcán*) : « *C'est le prix à payer pour les changements... C'est notre seul moyen de transport et nous devons l'utiliser* ».

Cette insatisfaction généralisée nuance les relatives « bonnes » conditions de mobilité appréciées plus haut au regard des seules durées des déplacements en bus en particulier dans l'espace central. Ainsi les individus se déplaçant en bus connaissaient en 2009 des conditions nettement plus défavorables, à durée de trajet égale, que leurs voisins se déplaçant en voiture, ce qui révèle in fine des inégalités dans l'accès au lieu d'emploi que l'on peut confronter au niveau de richesses de individus, le bus étant globalement utilisé par les personnes aux revenus plus modestes, la voiture par les plus aisées (cf. **Graphique 3**). Il est cependant intéressant de noter que, même si l'usage du bus est moins répandu parmi la classe D (jeunes actifs diplômés ayant un pouvoir d'achat assez élevé), comparativement plus aisée que la classe C (jeunes actifs locataires peu diplômés ayant un pouvoir d'achat assez limité), les individus de la classe D résidant à *Colina*, nous l'avons vu, se déplacent très majoritairement en bus (93% de trajets) et ont les temps de parcours les plus longs (81 minutes). Ainsi, localement, les conditions de mobilité y compris pour des individus relativement aisés, peuvent être difficiles, même si on peut penser que pour ces derniers, il s'agit d'une situation transitoire.

Je propose dans la section suivante 3.7.2.5 une dernière piste méthodologique pour approfondir l'étude des disparités entre espaces d'action mises en évidence dans la section 3.7.2.2, piste qui repose sur une approche simulationnelle.

3.7.2.5 - Le recours à la simulation de Monte-Carlo : une mesure de la significativité des écarts entre espaces d'action

Si intuitivement on sait que les opportunités professionnelles ne sont pas distribuées de façon homogène sur l'ensemble d'une ville, que la localisation des emplois de cadres ne se superposent que très peu à celle des emplois d'ouvriers, il semble a priori logique que les espaces fréquentés au quotidien se distinguent en fonction du profil sociodémographique des individus. C'est une des hypothèses que nous avons avancées plus haut pour commenter les écarts observés entre espaces d'action, mais encore faut-il le démontrer. Pour ce faire, nous proposons dans cette section d'analyser dans quelle mesure l'espace d'action d'un groupe d'individus peut être considéré comme spécifique. Autrement dit, nous tentons de voir s'il existe des groupes d'individus dont les espaces d'action se démarquent tout particulièrement de ceux des autres.

Pour répondre à cette interrogation, qui s'inscrit dans une recherche qui en est encore à un stade exploratoire, je mobilise ici une technique qui est surtout utilisée en épidémiologie spatiale et à laquelle je me suis familiarisé au cours de mon Post-Doc en Thaïlande. Il s'agit de la simulation de Monte Carlo¹⁵³. En épidémiologie spatiale, ces simulations permettent notamment de vérifier si la distribution spatiale d'une épidémie peut être due ou non au hasard¹⁵⁴. Si cette distribution ne peut se produire de façon aléatoire, alors on peut

149 Non inclus dans la sélection d'individus soumis à l'analyse typologique (personne à mobilité réduite, sans emploi), donc non rattaché à une classe sociodémographique.

150 Non incluse dans la sélection (femme au foyer).

151 Non incluse dans la sélection (profession non liée à un lieu fixe).

152 Non inclus dans la sélection (femme au foyer).

153 Voir notamment Diggle P.J. (1983) ou Schabenberger O, Gotway C., (2005).

154 Voir notamment Pfeiffer et al. 2008.



rechercher des facteurs étiologiques liés par exemple à l'environnement (existence de milieux humides où l'agent pathogène pourrait se trouver, dans le cas de maladies infectieuses). Le recours à la simulation de Monte Carlo pour analyser les déplacements quotidiens restent encore assez rares. On peut mentionner à titre d'exemple les travaux de Banos et Thévenin 2005¹⁵⁵.

Transposée et adaptée à notre objet d'étude, l'idée est de rassembler pour chacune des zones d'enquête, les individus de façon aléatoire¹⁵⁶ et de simuler la distribution spatiale de leurs espaces d'action (résumés en ellipses). On calcule ensuite pour chacune des simulations¹⁵⁷, les paramètres (position moyenne, dispersion) des espaces d'action associés à chaque groupe simulé. Enfin, on applique un test de comparaison statistique entre les paramètres de la situation observée et les paramètres des situations simulées. Si la situation observée pour un groupe donné diffère significativement des situations simulées, on rejette alors l'hypothèse nulle (H_0), et on accepte l'hypothèse alternative (H_1) qui permet de conclure que la position et/ou la dispersion de l'espace d'action de ce groupe, ne sont pas dues au hasard, autrement dit que l'espace d'action de ce groupe présente une singularité très nette au sein de l'aire métropolitaine.

Pour mieux comprendre le calcul, prenons un exemple. Le groupe d'individus appartenant à la classe B (jeunes en étude issus de milieux modestes) et résidant dans la zone d'enquête 7 (*Huechuraba*), est composé de 575 personnes extrapolées (**Tableau 20**). Ces individus se rendent dans 14 lieux différents (communes) pour mener leur activité quotidienne principale (situation observée). La simulation va donc reprendre ce nombre d'individus et va les affecter de façon aléatoire¹⁵⁸ sur l'ensemble des lieux de destinations possibles au départ de cette zone, toutes classes confondues (en l'occurrence 16 communes parmi les 39 que compte l'aire métropolitaine). Ce calcul est répété plusieurs milliers de fois¹⁵⁹ au cours desquelles les destinations sont permutées au hasard. A chaque simulation, les paramètres de l'ellipse¹⁶⁰ résumant l'espace d'action simulé, sont calculés. Une fois les simulations terminées, un intervalle de confiance est proposé. Le test statistique¹⁶¹ permet ensuite de comparer deux indicateurs :

- la distance qui sépare le centre moyen de l'ellipse observée du centre moyen des ellipses simulées (comparaison de la position moyenne),
- les distances types, observée et simulées (comparaison des dispersions spatiales)¹⁶².

Dans notre étude, nous avons considéré qu'un espace d'action présentait des caractéristiques singulières (ne pouvant être dues au hasard) lorsqu'au moins une des deux conditions suivantes était remplie :

- H_1 pour les distances entre centres (comparaison de la position moyenne),
- H_1 pour les distances types (comparaison des dispersions spatiales).

Le **Tableau 22** indique que 15 espaces d'action observés sur les 57 étudiés ont des caractéristiques (position et/ou étendue) qui ne peuvent se retrouver dans une situation aléatoire.

155 Dans cette étude, les auteurs ont utilisé la simulation de Monte-Carlo pour affecter au bâti urbain chacun des 800 000 déplacements quotidiens estimés à Besançon à l'intérieur des zones définies en fonction des données de la matrice OD et ce pour chaque période d'un quart d'heure, de manière à produire une image plus fine de la manière dont l'espace urbain est occupé au cours de la journée.

156 Ce qui revient à casser les structures sociodémographiques, pour mieux en mesurer l'effet.

157 Plusieurs milliers de simulations sont nécessaires afin de garantir la robustesse du test ultérieur.

158 Procédure par tirage au sort.

159 Dans le logiciel SavGIS que j'ai utilisé, le calcul repose sur 4 000 simulations.

160 Distance moyenne, distance type, aplatissement, orientation, surface.

161 Nous avons appliqué un test bilatéral, et retenu un risque alpha de 1 % (risque d'erreur).

162 Pour illustrer le calcul, une fenêtre extraite de l'interface du logiciel et correspondant à l'exemple décrit dans cette section est fournie en annexe (Figure 3).



Classe socio-démo-graphique	Nombre d'ellipses H1	Nombre total d'ellipses	Part des H1 (%)
A - élèves du primaire	8	9	88,9
B - jeunes en étude issus de milieux modestes	2	10	20,0
C - jeunes actifs locataires peu diplômés ayant un pouvoir d'achat assez limité	2	9	22,2
D - jeunes actifs diplômés ayant un pouvoir d'achat assez élevé	1	8	12,5
E - actifs propriétaires ayant dépassé la quarantaine	1	10	10,0
F - individus aisés	0	2	0,0
G - seniors actifs	1	9	11,1
Total	15	57	26,3

Note : Ce tableau indique pour chaque classe sociodémographique le nombre de groupes d'individus ayant des espaces d'action qui se démarquent de façon significative au sein de l'aire métropolitaine (groupes pour lesquels on a rejeté H0 et pour lesquels on a donc accepté H1). Exemple de lecture : sur les 9 groupes recensés dans la classe A (habitant dans 9 zones d'enquête), 8 ont des espaces d'action singuliers.

Tableau 22 - Test de Position/Etendue par classe sociodémographique (Enquête METAL 2009, Santiago) - Demoraes, 2015

C'est la classe A qui présente le plus d'espaces d'action significativement singuliers. Cela permet de valider l'hypothèse, valable dans 8 zones sur 9, selon laquelle les lieux de destination de ces élèves, renvoient à une logique bien particulière. Comme le reflète la **Carte 32**, les distances parcourues par les élèves du primaires sont, globalement moins longues¹⁶³ (ellipses peu désaxées par rapport à la zone d'enquête), et les destinations moins variées que pour le travail¹⁶⁴ (ellipses peu étendues), et ce quel que soit le lieu de résidence, ce qui corrobore les résultats de l'enquête Origine Destination réalisée par la Sectra en 2006. Cette observation s'explique en partie par une couverture en écoles primaires globalement bien répartie sur l'ensemble de l'agglomération de Santiago. Ceci étant la fréquentation d'une école proche du domicile peut relever de plusieurs cas de figure. Pour les ménages modestes, c'est généralement l'école publique la plus proche qui est choisie (choix par défaut). Pour les ménages aisés, l'hypothèse que nous formulons est que leur stratégie de localisation résidentielle les oriente vers des quartiers où l'offre scolaire privée est très présente. Même si des études plus approfondies s'imposent, il semble bien que la proximité domicile-école que l'on observe quel que soit le lieu de résidence à Santiago, reflète des réalités bien différentes suivant la position sociale des ménages.

Viennent ensuite loin derrière deux classes regroupant des individus jeunes (les classes B et C) avec entre 20 et 22 % de leurs espaces d'action qui se démarquent de manière significative au sein de l'aire métropolitaine et que l'on retrouve respectivement comme l'indique le **Tableau 23** dans les zones 3 (*Providencia*) et 7 (*Huechuraba*) et dans les zones 1 (*Brasil/Yungay*) et 2 (*Lira/Almagro*). Les logiques sous-jacentes diffèrent pour la classe B entre les zones 3 et 7. Dans la zone 3, on retrouve à l'image de la classe A, une configuration domocentrée et peu dispersée des lieux de destinations (**Carte 32**). Dans la zone 7, l'accès à un lieu d'étude suppose au contraire de sortir de la commune (14 destinations parmi les 39 communes de l'aire métropolitaine, et seulement 9 % de trajets locaux pour la classe B). En ce qui concerne les groupes C-1 et C-7, ils entretiennent un lien spécifique à l'espace qu'il est à ce stade difficile d'interpréter et que l'analyse à venir des entretiens approfondis permettra très probablement d'éclaircir.

En ce qui concerne les autres classes (D, E, G), elles sont assez peu associées à des espaces d'action dont la configuration est spécifique et significative (au plus, un cas par classe)¹⁶⁵. On les retrouve dans la zone 6 (*Quilicura*), la zone 5 (*El Volcán*) et la zone 10 (*Los Trapenses*). Les espaces d'action des groupes D-6, E-5 et G-10 sont très nettement désaxés par rapport au lieu de résidence et se démarquent notablement des autres ellipses, constat qui ressort bien sur la **Carte 32**. Des interrelations fortes et uniques semblent donc exister entre ces trois lieux de résidence et certaines parties de l'agglomération. Nous avançons ci-dessous quelques clefs d'interprétation qui restent à ce stade des hypothèses qui nécessiteront d'être validées là-encore grâce aux entretiens approfondis. Cette fréquentation singulière de lieux renvoie à plusieurs logiques :

163 Ce constat ressortait déjà à travers la lecture du Graphique 3.

164 La somme des surfaces elliptiques (Tableau 20) passent ainsi de 73,7 km² pour les élèves du primaire (classe A) résidant dans les dix zones, à 761 km² par exemple pour les actifs aisés ayant dépassés la quarantaine (classe E).

165 La classe F que l'on ne retrouve avec un effectif supérieur à 5, que dans deux zones, ne présente pas d'espaces d'action discriminés dans l'aire métropolitaine.



- pour les jeunes individus qualifiés ayant un pouvoir d'achat assez élevé (classe D) de la zone 6, il s'agit d'accéder à un emploi rémunérateur, mais éloigné du lieu de résidence, correspondant à leur niveau de compétences (ce qui suppose en contrepartie de longs temps de transport, réalisés dans des conditions pouvant être inconfortables, cf. supra). Cette situation reflète a priori les particularités de ce groupe d'individus composé d'actifs en début de carrière pour lesquels le foyer est en cours de constitution et pour lesquels l'ajustement entre la localisation résidentielle et le lieu de travail n'est pas encore réalisé.
- pour les individus de la classe E (actifs propriétaires ayant dépassé la quarantaine) domiciliés à *El Volcán* (zone 5, excentrée et caractérisée par un habitat populaire), c'est avant tout l'absence d'activités économiques localement qui les contraint à quitter tous les jours leur secteur de résidence (42% d'entre eux rejoignent la commune-centre).
- pour les individus du dernier groupe (la classe G, correspondant aux seniors actifs), installés dans le quartier pavillonnaire huppé de *Los Trapenses* (zone 10), leur espace d'action présente une orientation et une position qui se distingue très nettement de ceux des autres résidents de cette zone et qui reflète un découplage prononcé avec le domicile. Il est possible, mais cela reste à ce stade une hypothèse qu'il conviendra de vérifier, que ce découplage résulte d'une mobilité résidentielle récente (la zone d'enquête correspond à un quartier relativement nouveau) qui ne s'est pas accompagnée d'un changement de lieu de travail.

Zone d'enquête	Classe associée à une ellipse H1	Nombre d'ellipses H1	Nombre total d'ellipses	Part des H1 (%)
01 - Brasil / Yungay	A C	2	6	33,3
02 - Lira / Almagro	A C	2	6	33,3
03 - Providencia	B	1	6	16,7
04 - Recoleta / Independencia	A	1	6	16,7
05 - El Volcán	A E	2	5	40,0
06 - Quilicura	A D	2	6	33,3
07 - Huechuraba	A B	2	6	33,3
08 - Chicureo	A	1	6	16,7
09 - Colina Tradicional	A	1	6	16,7
10 - Los Trapenses	G	1	4	25,0

Note : Ne figurent dans ce tableau que les groupes d'individus ayant des espaces d'action qui se démarquent de façon significative au sein de l'aire métropolitaine (groupes pour lesquels on a rejeté H0 et pour lesquels on a donc accepté H1). Exemple de lecture : dans la zone d'enquête de Brasil / Yungay, deux groupes d'individus (appartenant aux classes sociodémographiques A et C sur les six groupes recensés localement) ont des espaces d'action singuliers.

Tableau 23 - Test de Position/Etendue par zone d'enquête et classe sociodémographique (Enquête METAL 2009, Santiago) - Demoraes, 2015



3.7.3 - Éléments de discussion

Dans la section 3.7, les inégalités ont été questionnées en s'intéressant aux disparités dans l'accès des citadins à la ville (pour les études et/ou le travail), à partir des données issues des enquêtes menées auprès d'un échantillon de ménages par l'équipe du projet METAL à Santiago. Pour ce faire, j'ai délimité les espaces d'action des individus déclinés suivant leur profil sociodémographique et lieu de résidence. Cette approche a permis de constater en dehors de l'espace central, des écarts interclasses marqués dans les lieux de destination, et un découplage spatial entre le domicile et le lieu de travail qui a globalement tendance à s'accroître avec l'éloignement au centre.

Compte tenu de la méthode utilisée (analyse centrographique), appliquée à un référentiel planimétrique, les découplages domicile-travail et les écarts entre ellipses reflètent avant tout des disparités dans les distances parcourues. Ce critère kilométrique n'est cependant pas suffisant pour statuer sur les inégalités. En effet, deux espaces d'action ayant les mêmes caractéristiques (taille, dispersion, position) peuvent être associés à des conditions de mobilité bien différentes. C'est pour cette raison que nous nous sommes intéressés en complément aux temps moyens de transport. Ceci étant, ces derniers ne suffisent pas non plus à mettre en évidence à eux seuls des inégalités. En effet, deux groupes d'individus ayant des durées moyennes de déplacement similaires peuvent connaître des conditions de transport fort inégales suivant le mode utilisé. Les entretiens approfondis ont permis d'apporter des éléments qualitatifs sur cette question. Il en ressort qu'en 2009, le système de transport en commun intégré *Transantiago*, inauguré deux ans plus tôt, ne proposait pas à ses usagers un service satisfaisant. Sachant que, sur notre échantillon, les individus ayant recours aux bus étaient globalement modestes (**Graphique 3**), c'est donc ces derniers qui se retrouvaient en situation la plus défavorable pour atteindre les lieux où exercer leur activité y compris dans le centre. Ceci étant, ce constat est à nuancer ; des catégories plutôt aisées (classe D) ont aussi majoritairement recours au bus et peuvent connaître des temps de parcours également longs au départ de certains secteurs (zones 6 - *Quilicura*).

En dernier lieu, nous avons proposé une méthode pour évaluer, à titre exploratoire à l'aide de simulations, la significativité des écarts entre espaces d'action. Comme nous l'avions pressenti en première instance, les espaces fréquentés par les élèves du primaire présentent bel et bien des caractéristiques qui sont spécifiques à ce groupe (logique locale) et ce quel que soit le lieu de résidence (test significatif dans 8 zones d'enquête sur 9). Pour les actifs, la recherche d'un lien significatif entre groupes et lieux fréquentés est instructive en ce sens qu'elle peut permettre de révéler des logiques de dépendance ou de captivité vis-à-vis de certaines parties de l'agglomération rassemblant des emplois auxquels les individus peuvent prétendre (cas 1 : emplois peu qualifiés pour les individus peu diplômés) ou auxquels les individus souhaitent impérativement accéder dans une optique d'ascension sociale (cas 2 : emplois qualifiés davantage rémunérateurs). Cette captivité peut être d'autant plus compliquée à vivre pour les individus que le découplage domicile-travail est marqué et les temps de transport longs. Cette situation ne se rencontre pas uniquement dans les classes modestes, puisqu'on l'observe aussi pour le groupe D-6. On peut penser, mais cela reste une supposition qu'il conviendra de vérifier à la lueur des entretiens approfondis, que cette situation pour cette dernière classe est temporaire, soit parce que ces individus seront assez vite en mesure d'acquérir une voiture pour réduire leur temps de trajet, soit parce qu'ils seront assez vite en mesure d'accéder à un logement (en location ou en tant que propriétaire) certes plus onéreux mais plus central et proche de leur lieu de travail.

Si l'on compare maintenant ces résultats à ceux obtenus sur São Paulo (Demoraes et al., 2012 - ACL3) et qui questionnaient également la variabilité des espaces d'action des groupes d'individus enquêtés dans le cadre du programme de l'ANR METAL, des similitudes peuvent être avancées. L'espace central de Santiago, comme celui de la métropole brésilienne, offrent aux individus toutes les ressources indépendamment de leur profil sociodémographique, réduisant ainsi la durée des déplacements. En ce qui concerne les espaces de mobilité quotidienne associés aux zones d'enquêtes des deuxième et troisième couronnes, leur orientation centripète confirme, dans les deux villes, la persistance de la forte attractivité des espaces centraux et des quartiers nord-est à Santiago. En revanche, à São Paulo, au-delà d'un seuil d'éloignement, l'espace central n'est plus accessible pour les classes les plus défavorisées, ce que l'on n'observe pas à Santiago. Cela s'explique probablement par l'existence à Santiago d'un tarif unique dans les transports en commun quelle que soit la distance parcourue et par un niveau de richesse par habitant comparativement plus élevé



(voir section 3.5.2), qui permet globalement aux habitants même les plus modestes d'utiliser les transports en commun. Les différences de taille entre les villes ne semblent pas intervenir car les zones d'enquête les plus éloignées dans chacune des deux villes sont à la même distance du centre (34 km à vol d'oiseau).

Le découplage spatial le plus marqué s'observe à Santiago dans les périphéries nord (*Chicureo, Colina, et Los Trapenses*) et sud (*El Volcán*) pour tous les groupes (classe A - élèves du primaire- exceptée). A São Paulo, le plus fort découplage concerne essentiellement les actifs aisés de la périphérie lointaine et dans une moindre mesure les actifs de la classe moyenne résidant dans ces mêmes zones éloignées. Pour les classes moyenne et aisée (à Santiago comme à São Paulo), cette observation renvoie en partie à la stratégie résidentielle de ces individus qui ancrent leur domicile loin du centre dans des complexes résidentiels (immeubles ou pavillonnaires) fermés et sécurisés, plus homogènes socialement (recherche de l'entre-soi, d'un milieu affinitaire). Ce choix résidentiel implique en contrepartie de longues navettes quotidiennes en bus ou en automobile (pour Santiago) ou exclusivement en automobile (pour São Paulo). Pour les groupes de la périphérie sud défavorisée de Santiago (*El Volcán*), leur localisation résidentielle, qu'elle résulte pour les plus anciens de la politique de déménagement social organisée entre 1979 et 1985¹⁶⁶ pendant la dictature militaire ou des programmes publics de logements sociaux mis en place à partir de 1990, renvoie dans le premier cas, à un choix contraint, dans le deuxième, à un choix par défaut.

3.8 - Conclusion

3.8.1 - Entrée infra-métropolitaine centrée sur les conditions de mobilité, entrée par les espaces d'action : intérêt et limites des deux approches

Dans cette partie (section 3), nous avons eu recours à deux grandes entrées pour questionner les inégalités à travers la question des mobilités quotidiennes dans trois métropoles latino-américaines. Une première entrée menée à une échelle infra-métropolitaine analysant sur la base d'un découpage territorial, la variabilité des conditions de mobilité au regard de la hiérarchie sociale dans les trois métropoles. Une deuxième entrée centrée sur la variabilité des espaces d'action d'individus déclinés suivant leur profil sociodémographique et lieu de résidence à Santiago. Ces deux entrées sont conditionnées par la nature des données dont on dispose et ne permettent pas de répondre aux mêmes interrogations.

La première entrée a permis de faire ressortir des différences et des similitudes entre les trois métropoles. Elle confirme, à travers l'examen des extrêmes (types A : « conditions de mobilité parmi les plus favorables », et type C : « conditions de mobilité parmi les plus difficiles »), l'existence d'inégalités socio-spatiales particulièrement marquées dans les mobilités vers le lieu d'emploi. Elle indique d'autre part que la variabilité spatiale des conditions de mobilités reflète assez fidèlement les divisions sociales des espaces métropolitains. Ces analyses reposent sur l'exploitation de données agrégées dans un maillage, issues des recensements et de grandes enquêtes Origine-Destination réalisées par les autorités locales. L'échelon d'analyse correspond à des unités administratives qui couvrent l'ensemble des agglomérations. Autre avantage, les données sont représentatives de la population résidant dans chacune de ces unités. Ces bases de données, dont l'accès est « relativement » aisé, sont une première source d'information précieuse, car elles fournissent une vision globale des configurations sociodémographiques et des conditions de mobilité sur l'ensemble d'une aire métropolitaine. Ceci étant, les résultats et interprétations associées renvoient à des tendances globales par zone qui masquent, nous l'avons vu, des nuances locales. En effet, certaines zones présentent une forte hétérogénéité sociale qu'il est difficile de résumer et auxquelles il est malaisé d'associer un type unique de mobilité. Par ailleurs, compte tenu de la nature agrégée des données, on ne peut transposer aux individus les associations de variables observées sur les lieux, sous peine de commettre une erreur écologique¹⁶⁷. Ainsi, avec cette première entrée, en dehors de caractéristiques contextuelles, on n'en connaît finalement assez peu sur les relations entre profils sociodémographiques et pratiques de mobilité des individus.

¹⁶⁶ Sur ces six années, 142 500 personnes ont été déplacées, les trois quart ayant été relogées dans la périphérie sud de Santiago, dont un peu plus de 3 000 sur la commune de *Puente Alto* (voir Paquette, 2000), commune où se situe la zone d'enquête 5.

¹⁶⁷ Cette erreur assez fréquente est notamment décrite dans Grasland (1994).



La deuxième entrée a ensuite permis d'approfondir cette question sur Santiago. Elle a permis de comprendre la manière dont les espaces fréquentés au quotidien se différencient suivant les caractéristiques sociodémographiques des individus et leur lieu de résidence. Cette analyse a mis en exergue en dehors de l'espace central, des écarts interclasses marqués dans les lieux de destination, et un découplage spatial entre le domicile et le lieu de travail qui a globalement tendance à s'accroître avec l'éloignement au centre. Il est aussi ressorti que les espaces centraux de Santiago restent accessibles au quotidien à toutes les catégories d'individus quel que soit leur lieu de résidence, contrairement à São Paulo où un seuil dans la dissociation domicile-travail semble avoir été atteint pour les classes les plus défavorisées habitant la grande périphérie. Une des explications tient vraisemblablement à l'absence de système de transport en commun intégré et étendu dans la métropole brésilienne. Ceci étant, nous l'avons vu, le critère kilométrique sur lequel repose les ellipses de dispersion résumant les espaces d'action n'est pas suffisant pour statuer sur les inégalités ce qui a conduit à s'intéresser en second lieu aux temps de transport pour trois catégories d'actifs. Si les temps moyens de transport, tous modes confondus, n'excèdent pas la demi-heure pour les individus résidant dans le centre, quelle que soit leur classe sociodémographique, les écarts entre classes se creusent en dehors de l'espace central. En troisième lieu, l'exploitation très ponctuelle des entretiens approfondis a indiqué que les conditions de transport en bus (prenant en charge seul ou en mode combiné un tiers des navettes sur l'ensemble de notre échantillon) étaient loin d'être satisfaisantes. Ainsi, en 2009, les individus se déplaçant en bus à Santiago connaissaient des conditions nettement plus défavorables, à durée de trajet égale, que leurs voisins se déplaçant en voiture, ce qui révèle in fine des inégalités dans l'accès au lieu d'emploi d'autant que le bus était avant tout utilisé par les personnes aux revenus plus modestes. En quatrième lieu, j'ai tenté à titre exploratoire de voir s'il existait des groupes d'individus dont les espaces d'action se démarquaient tout particulièrement de ceux des autres. Le résultat indique qu'une quinzaine d'espaces d'action (sur 57) présentent une réelle spécificité qui reflète des liens forts et uniques entre certains groupes et l'espace métropolitain, liens que les entretiens approfondis et le volet biographique des enquêtes permettront de mieux comprendre dans mes recherches à venir.

Cette deuxième entrée (par les espaces d'action) repose principalement sur l'exploitation des enquêtes par questionnaire menées en 2009 dans le programme de l'ANR METAL. Ce corpus de données présente l'avantage de décrire pour chaque individu à la fois ses caractéristiques sociodémographiques telles que son âge, son activité, ses conditions de logement, son statut d'occupation (propriétaire/locataire), etc., et ses mobilités, en particulier quotidiennes et résidentielles. En revanche, cette information détaillée ne concerne qu'un échantillon de 1000 ménages résidant dans dix zones d'enquête qui ne sont qu'illustratives des profils socio-économiques, des conditions de logement et des phases d'urbanisation de Santiago. Ainsi et compte tenu de la méthode de sondage employée, les individus sont représentatifs uniquement de leur zone de résidence, mais pas de l'ensemble de la ville. Néanmoins, l'intérêt de disposer d'un corpus de données individuelles (ou dérivées du ménage auquel l'individu appartient) réside dans le fait qu'on peut croiser les variables que l'on souhaite et qu'on peut décider du niveau d'agrégation à appliquer, répondant soit à une logique sociodémographique, soit à une logique spatiale (par lieu de résidence), soit aux deux (section 3.7.2.2).

3.8.2 - Synthèse des méthodes employées

Dans la première entrée (conditions de mobilité à travers un découpage territorial infra-métropolitain), nous avons essentiellement utilisé des outils classiques de statistique descriptive (ACP et CAH). L'outil SIG a été utilisé en amont pour calculer une variable (le degré de voisinage entre zones à partir d'un graphe de contiguïté) et en aval pour cartographier le résultat de l'analyse typologique.

Dans la deuxième entrée (par les espaces d'action), nous avons mobilisé trois méthodes de façon combinée, ce qui a supposé d'opérer des choix intégrant les contraintes propres à chacune d'entre elles. Dans un premier temps, nous avons eu recours à une analyse typologique (AFCM + CAH), après avoir calculé comme dans la première entrée, le degré de voisinage dans le SIG. Nous avons ainsi dégagé sept classes d'individus. Ce nombre de classes tient à un compromis qui permet à la fois de décomposer la population étudiée en groupes les plus homogènes possibles et de disposer d'effectifs suffisants pour le calcul ultérieur des ellipses. Cette première analyse a ensuite été combinée à une analyse centrographique, méthode également éprouvée et simple à mettre en œuvre, même si son application soulève quelques difficultés, qui renvoient dans notre cas à la précision de la



localisation des lieux de destination, à la question des effectifs par classe et par zone d'enquête, ou encore au nombre minimal de destinations (au moins deux pour calculer une ellipse). Dans notre étude, nous avons tracé les ellipses uniquement lorsque le nombre de personnes appartenant à une classe sociodémographique et une zone d'enquête données était au moins égal à cinq. Nous avons considéré qu'en dessous de ce seuil, l'ellipse calculée n'avait pas beaucoup de sens. Ce seuil permet en outre de garder le maximum de groupes (seuls six groupes sur 63 ne remplissent pas cette condition). En plus de fournir une représentation cartographique des ellipses, le SIG a également été utilisé pour calculer deux indicateurs dérivés des ellipses (indices de superposition, distances reflétant les découplages domicile-travail).

Dans la même entrée (par les espaces d'action), nous avons également mobilisé, à titre exploratoire, une troisième méthode, à savoir la simulation de Monte-Carlo, dont l'usage est surtout répandu dans les études d'épidémiologie spatiale.

3.8.3 - Hiérarchie sociale, cycle de vie et localisation résidentielle : trois dimensions centrales dans la compréhension des inégalités socio-spatiales d'accès à la ville

Comme l'illustre la section 3.7, mes recherches conduites dans le cadre du programme de l'ANR METAL s'appliquent à mieux comprendre les inégalités socio-spatiales d'accès à la ville, telles qu'on les observe aujourd'hui dans les métropoles d'Amérique latine. Elles confirment à travers une lecture géographique que la hiérarchie sociale, le cycle de vie et la localisation résidentielle sont des dimensions déterminantes pour saisir les fondements de ces inégalités entre individus. Chaque dimension interagit de manière complexe avec les autres.

- La hiérarchie sociale conditionne en partie le mode de transport utilisé (et indirectement les conditions de déplacement), le niveau de qualification et le type d'emplois auquel les individus peuvent prétendre, de même que la localisation résidentielle, compte tenu notamment des prix de l'immobilier.
- Le cycle de vie conditionne le niveau de revenu des individus (avec l'âge, de manière générale, les revenus augmentent jusqu'à la retraite, même si des différences existent suivant le niveau d'études) ; différences qui influent sur le mode de transport utilisé. Le cycle de vie donne aussi des indications sur le statut d'occupation du logement (avec l'âge les individus, de manière générale, deviennent progressivement propriétaires, même si des différences existent là-encore suivant leur position sociale), et explique pour certains leur ancrage résidentiel. Ce dernier joue au final sur les espaces d'action du quotidien en particulier en cas de changement de lieu de travail, en augmentant ou réduisant le découplage domicile-travail et les conditions de mobilité associées. Cette question fera l'objet d'études plus approfondies dans mes recherches à venir. Ce lien entre ancrage résidentiel et pratique de mobilité quotidienne a déjà fait l'objet de recherches à Santiago. On peut mentionner la thèse de A. Lazo (2014) qui repose sur des entretiens réalisés dans trois quartiers, dont l'un, *El Castillo* situé sur la commune *La Pintana* présente des caractéristiques sociodémographiques similaires à celles de la zone d'enquête 5 (*El Volcan*) et dont il est par ailleurs peu éloigné (4 km).
- La localisation résidentielle, influencée par les deux dimensions précédentes, renseigne sur les caractéristiques sociodémographiques globales de la zone, donne une indication quant à son dynamisme économique (des emplois sont-ils disponibles localement et à quel niveau de qualification ?) et son accessibilité (desserte en transport en commun et raccordement au réseau viaire structurant). Cette localisation résidentielle fournit ainsi des éclairages sur les besoins et conditions de mobilité qui façonnent des espaces d'action dispersés ou concentrés, tantôt domocentrés, tantôt déportés vers d'autres secteurs de l'agglomération.

Ces recherches sur les inégalités d'accès à la ville reposant sur des données individuelles et intégrant une dimension biographique constituent une contribution aux essais de décryptage des articulations entre les différents registres de la mobilité (notamment quotidienne et résidentielle). Elles permettent d'alimenter la réflexion sur le concept de *mobilités spatiales* objet de recherche dont j'envisage de poursuivre l'étude dans mes recherches à venir.



*La science est l'asymptote de la vérité.
Elle approche sans cesse et ne touche jamais.*
Victor Hugo
in William Shakespeare - L'art et la science

4 - Conclusion et perspectives

4.1 - Retour sur les objets de recherche investis et sur leurs articulations

Les recherches que j'ai eu l'occasion de mener ces quinze dernières années sur six métropoles d'Amérique latine à l'occasion de trois grands programmes (SIR-DMQ, PACIVUR, ANR METAL) ont porté sur trois principaux objets.

Le premier objet, présenté en section 2, est celui des vulnérabilités territoriales et le deuxième, présenté en section 3, celui des inégalités socio-spatiales. Les mobilités (troisième objet de recherche) ont été utilisées dans les deux cas comme prisme de lecture, mais avec des acceptions bien différentes.

Dans la section 2, la mobilité se rapporte avant tout à des capacités (ou incapacités, en situation perturbée) de déplacement, de circulation dans une logique de flux qui reposent sur des réseaux dont la défaillance entraîne une altération de l'accessibilité des lieux qui peut à son tour faire ressortir des configurations cyndinogènes sur le territoire. Dans la section 3, la mobilité est utilisée pour interroger les inégalités. En section 3.6, l'accent a porté sur les variations locales des conditions dans lesquelles sont effectuées les navettes quotidiennes au regard de la hiérarchie sociale. En section 3.7, les mobilités ont été utilisées pour qualifier les espaces d'action des groupes d'individus qui révèlent des disparités d'accès à la ville et des écarts dans les niveaux de découplage spatial entre lieux de résidence et lieux d'activité.

Ces recherches, en analysant les processus sous-jacents, fournissent des éléments de compréhension concernant deux grands défis qui se posent aujourd'hui à des degrés divers aux métropoles d'Amérique latine, à savoir la diminution de leurs vulnérabilités et la réduction des inégalités sociales. Les deux défis ne sont d'ailleurs pas déconnectés l'un de l'autre. Nous l'avons vu dans le cas de Lima, l'examen de la distribution des ressources essentielles de la gestion de crise au regard de la répartition de la population a révélé des situations d'iniquités assez marquées (section 2.7.2) qui reflètent à l'évidence les divisions sociales de cette agglomération.

Les disparités d'accès à la ville appréciables par le biais des navettes quotidiennes donnent aussi à voir une forme de vulnérabilité des individus dans le sens où ces derniers peuvent se retrouver relégués à leur domicile et privés d'accès à un emploi, même si l'immobilité peut résulter d'un choix notamment en périphérie chez les personnes modestes (qui préfèrent exercer une profession à leur domicile plutôt que d'endurer de longs trajets coûteux vers un emploi peu rémunérateur) comme le souligne notamment Dureau et Gouëset (2010) à Bogotá, ou chez les personnes âgées (délégation de mobilité) comme l'indique par exemple Quiroga (2014) à Recife dans trois quartiers populaires. Ces disparités d'accès à la ville interpellent aussi à l'inverse le chercheur sur l'ampleur du découplage domicile-travail auquel sont contraints certains. Ce découplage peut être attribuable à une localisation résidentielle par défaut, voire subie (zones proposant des possibilités de logement à prix réduits, mais excentrées et loin des bassins d'emploi) qui témoigne à son tour d'une forme de vulnérabilité économique des individus.

A une échelle plus globale, le découplage spatial questionne également le développement même des métropoles d'Amérique latine. En effet, cette dissociation dérive d'un modèle de développement urbain extensif peu dense, caractérisé par une spécialisation fonctionnelle, avec des emplois se concentrant majoritairement dans les espaces centraux et dans lequel les transports motorisés occupent une place centrale. Dans ce contexte, quel est le degré de découplage spatial maximal qu'on pourra accepter dans les villes de demain ? Comment réduire les disparités socio-spatiales d'accès à la ville qui s'accroissent ? Quel est le rôle des pouvoirs publics en la matière ? Une des réponses, avancée comme hypothèse dans l'analyse comparée sur Santiago et São Paulo (section 3.7.3) et qui mériterait d'être approfondie, est



que l'instauration d'un système de BHNS couvrant l'intégralité du territoire avec intégration tarifaire et de service, semble une solution possible. En effet, nous l'avons vu, au-delà d'un seuil d'éloignement, l'espace central n'est plus accessible pour les classes les plus défavorisées à São Paulo, situation qu'on n'observe pas à Santiago pour des distances comparables. São Paulo, est bien dotée d'un système de BHNS mais il est incomplet (intégration tarifaire et de service partiellement effective) et couvre principalement le municipe-centre. L'accès aux transports urbains est un sujet très sensible au Brésil, comme le rappellent les mouvements sociaux d'opposition au gouvernement de Dilma Roussef en 2013 qui ont en partie porté sur la question du prix et la qualité des transports en commun.

Ceci étant, la mise en place d'un réseau intégré étendu suppose une gestion des transports à une échelle métropolitaine, échelle qui malheureusement tarde à s'imposer comme cadre pour l'aménagement des grandes métropoles d'Amérique latine telles que São Paulo ou Lima, constat qui, nous l'avons vu, renvoie à une forme de vulnérabilité territoriale.

4.2 - Bilan sur les méthodes de traitements de données mobilisées

Sur le plan méthodologique, ces travaux ont été l'occasion de combiner des méthodes d'analyse spatiale, d'analyse factorielle et plus récemment des techniques de simulation surtout répandues dans d'autres champs disciplinaires (l'épidémiologie spatiale notamment). Leur mobilisation conjointe constitue un arsenal méthodologique intéressant pour décrypter les processus complexes qui caractérisent des objets de recherche tels que les vulnérabilités territoriales, la ségrégation socio-résidentielle, les mobilités ou les inégalités socio-spatiales. Néanmoins, comme toutes les méthodes, elles requièrent d'opérer des choix et comportent des limites que nous nous sommes efforcés d'explicitier tout au long de ce volume.

Parmi les méthodes d'analyse spatiale, l'analyse centrographique, simple à mettre en œuvre, a été employée à plusieurs reprises. Nous l'avons tout d'abord appliquée afin de mesurer le niveau global de congruence spatiale entre la population et les quatre ressources essentielles en situation post-catastrophe immédiate à Lima (section 2.7.2.3). Par la suite, nous l'avons utilisée pour évaluer, sur la dernière décennie, l'évolution de l'intensité de la ségrégation socio-résidentielle dans les trois aires métropolitaines de Bogotá, Santiago et São Paulo (section 3.5.3) et pour étudier la dispersion des profils moyens de mobilité sur la base d'un découpage territorial (section 3.6.4). Enfin, cette méthode nous a permis d'apprécier la variabilité des espaces d'action des individus suivant leur profil sociodémographique et lieu de résidence à Santiago (section 3.7.2.2).

De la même manière, les analyses factorielles (ACP, AFCM) et les classifications (CAH) ont été employées à plusieurs occasions. Ainsi dans la section 2.7.2.4, nous avons évalué avec ce type d'analyse le niveau de couverture locale en ressources essentielles pour une situation d'urgence post-séisme dans l'agglomération de Lima. Dans la section 3.6.3, ces analyses mises en œuvre sur les trois métropoles étudiées dans le programme de l'ANR METAL, nous ont été utiles pour différencier, d'une zone à l'autre, les grandes caractéristiques des conditions de mobilité quotidienne vers le lieu de travail, au regard de la hiérarchie sociale. Enfin en section 3.7.2.1, elles nous ont permis de caractériser les profils sociodémographiques des individus enquêtés.

Comme cela ressort bien tout au long de ce volume, le SIG a occupé une place centrale dans l'ensemble de mes travaux, à la fois pour mener les analyses spatiales, calculer des indicateurs spatiaux, et représenter sous forme de cartes les résultats issus des analyses spatiales et/ou typologiques. Mes recherches reflètent aussi un effort de définition de cadres analytiques qui soient transposables d'un terrain d'étude à l'autre. Cette orientation suppose de disposer d'un socle d'information comparable. Or, sauf à collecter directement les informations avec un protocole identique sur plusieurs villes (cas du programme de l'ANR METAL), le chercheur doit composer le plus souvent avec des bases de données préexistantes qui ne sont pas toujours structurées de la même façon ou qui ne reposent pas sur les mêmes définitions compte tenu des réalités propres à chaque métropole. Il lui appartient alors de les harmoniser, dans la mesure du possible, ou de trouver des indicateurs équivalents, ce à quoi je me suis employé par exemple pour évaluer la vulnérabilité des réseaux routiers à Quito et à La Paz ou pour comparer les conditions de mobilité entre Bogotá, Santiago et São Paulo, à partir des données issues des grandes enquêtes origine-destination.



4.3 - Les perspectives de recherches à venir

Cette section 4.3 qui clôt ce volume 1 propose un aperçu des axes thématiques et des objets de recherche que je souhaiterais investir à l'avenir en continuité de mon parcours. J'expose également les terrains d'étude sur lesquels j'envisage de continuer mes travaux et les méthodes à mobiliser ou à affiner. Ces perspectives se déclinent en deux temps : le court terme et le moyen terme. Les premiers travaux reposeront sur des corpus de données déjà constitués ou en cours de constitution par les doctorants dont je suis les travaux dans le cadre de comité de thèse. A moyen terme, mes travaux s'inscriront en toute logique dans de nouveaux programmes.

4.3.1 - Les recherches à court terme

A court terme, à l'occasion de ma délégation auprès du CNRS (septembre 2015 – août 2016), ma recherche se poursuivra sur la question des inégalités socio-spatiales appréhendées à travers l'analyse des mobilités quotidiennes au regard à la fois de la localisation résidentielle et du parcours de vie des individus dans les trois métropoles d'Amérique latine étudiées dans le programme de l'ANR METAL. Toutefois des analyses plus approfondies concerneront l'agglomération de Bogotá et ce, pour trois raisons. La première tient au fait que dans l'enquête METAL conduite à Bogotá, les lieux supports des mobilités quotidiennes et résidentielles se rapportent à un découpage territorial beaucoup fin (secteurs censitaires¹⁶⁸) ce qui permet de mener des études spatialement plus désagrégées et donc plus détaillées que sur São Paulo et Santiago du Chili. La deuxième raison renvoie au fait qu'à Bogotá le matériau issu des entretiens approfondis a été intégralement mis en forme par V. Gouëset avec l'aide de Harold Córdoba et Thierry Lulle, ce qui facilitera son exploitation spécifique pour étayer nos résultats avec des éléments qualitatifs. La troisième raison tient au fait que de solides partenariats ont été établis et demeurent très actifs avec des universitaires à Bogotá¹⁶⁹ (*Universidad de Los Andes, Universidad Externado de Colombia, Universidad Pedagógica Nacional*). Ces partenariats augurent de belles perspectives de recherche future.

A court terme, la première direction portera sur la comparaison du découplage spatial entre lieux de résidence et lieux d'activité dans les trois villes étudiées dans le programme de l'ANR METAL. On tentera notamment de vérifier si l'on retrouve à Bogotá des configurations similaires à celles observées dans les deux autres villes (Santiago et São Paulo) et ce malgré leur différence de taille et d'organisation. On fait allusion à la faible différenciation des espaces de mobilité quel que soit le profil sociodémographique des individus résidant dans les espaces centraux (découplage domicile-travail minimal) ou encore à l'accentuation des inégalités d'accès à la ville avec l'éloignement du domicile par rapport au centre (mis en évidence surtout à São Paulo).

De nouvelles voies méthodologiques seront explorées car nous l'avons vu, les découplages domicile-travail et les écarts entre ellipses reflètent avant tout des disparités dans les distances parcourues qui ne sont pas suffisantes pour statuer sur les inégalités. Ainsi plutôt que de mesurer les espaces d'action sur un référentiel planimétrique, nous envisageons de les calculer sur un référentiel spatio-temporel. Pour ce faire, nous utiliserons en amont de l'analyse centrographique, une technique éprouvée de construction cartographique, à savoir l'anamorphose. Cela nous permettra de définir des « espaces-temps d'action » qui seront mis à l'épreuve comme nouvel indicateur pour l'étude des inégalités d'accès à la ville. Ces expérimentations pourront s'inscrire dans le cadre d'un atelier méthodologique mobilisant les étudiants du M2 SIGAT et à développer sur les trois villes.

Dans une autre direction, l'exploitation plus poussée des entretiens approfondis, qui supposera de ma part de me familiariser avec les outils et les techniques d'analyse de données textuelles, et l'examen plus détaillé du volet biographique¹⁷⁰ des enquêtes METAL permettront de vérifier certaines hypothèses avancées à Santiago dans la section 3.7

168 Ces derniers sont au nombre de 695 sur l'ensemble de l'aire métropolitaine de Bogotá.

169 Trois thèses réalisées par des doctorants colombiens ont été encadrées ou co-encadrées depuis 2008 à ESO-Rennes sous la direction de V. Gouëset. Par ailleurs, une convention de coopération est actuellement en cours avec la *Universidad Externado de Colombia* et une autre est dans sa phase de montage avec la *Universidad Nacional de Colombia*. Notre laboratoire a également accueilli ces dernières années plusieurs professeurs invités (notamment Luis Carlos Jiménez de l'UNC et Thierry Lulle de l'UEC). Plusieurs étudiants du master recherche adossé à notre laboratoire ont également eu ces dernières années comme terrain de recherche l'agglomération de Bogotá.

170 Le volet biographique n'est disponible que sur un sous-échantillon d'individus, appelés « Ego ».



concernant les logiques qui conditionnent l'accès des individus à certains secteurs de l'agglomération. Il s'agira en particulier d'étudier la pluralité des réalités que recoupe l'apparente proximité domicile-école pour les élèves du primaire que l'on observe quel que soit le lieu de résidence à Santiago. On s'attachera aussi à interpréter les rapports forts et uniques vis-à-vis de certaines communes qu'entretiennent certains groupes d'actifs identifiés à partir des calculs par simulation (groupes C-1, C-7, D-6, E-5, et G-10).

Dans la continuité, je tenterai de resituer plus finement les mobilités quotidiennes en lien avec les trajectoires biographiques des individus (résidentielles, familiales, professionnelles). Il s'agira notamment de comprendre les changements de mobilité qu'implique un déménagement en fonction de la cause qui lui a présidé (mise en ménage, naissance, divorce, décès, changement de travail, recherche d'une plus grande proximité vis-à-vis de sa parentèle, etc.). On comparera en particulier les distances parcourues au quotidien avant et après le changement de domicile, ce que permet le volet biographique des enquêtes METAL pour un sous-échantillon d'individus dans la mesure où, outre le lieu de résidence et le lieu d'activité au moment de l'enquête, le lieu de résidence antérieur a été recueilli. Compte tenu de la finesse du découpage dans lequel les localisations résidentielles et les lieux d'activité ont été recueillis à Bogotá, cette analyse portera sur cette métropole.

A court terme également, je creuserai les logiques qui sous-tendent le non recours à la mobilité. Cette question est d'autant plus d'actualité que certaines tendances semblent se dégager aujourd'hui dans les villes latino-américaines. On constate en effet que les actifs « non mobiles » (travaillant à domicile) sont de plus en plus nombreux (Gouëset et al., 2014 - COS2). Toujours à l'aide du matériau collecté dans le programme METAL (par questionnaire et par entretien), il sera alors intéressant d'en comprendre le sens au regard de la trajectoire biographique de ces individus, d'autant que cette catégorie de personnes reste globalement peu connue dans la mesure où elle n'est pas incluse dans les grandes enquêtes... de mobilité !

4.3.2 - Les recherches à moyen terme

A moyen terme, j'envisage d'élargir mes recherches sur les inégalités socio-spatiales à la question de la santé, dans un premier temps sur des terrains non latino-américains. Cette orientation tient à plusieurs raisons qui renvoient à mon implication à des degrés divers, dans le comité de lecture de la revue francophone sur la santé et les territoires, dans des comités de thèse ou dans l'encadrement de mémoires de M2 en lien avec des programmes de recherche sur ces questions.

Je suis en effet actuellement membre de deux comités de thèse. Le premier a été mis en place en septembre 2013 pour accompagner M. Keita dont la thèse dirigée par A. Ouallet (ESO-Rennes) porte sur les inégalités socio-spatiales d'accès aux soins chez les nouveaux arrivants pauvres à Bamako et à Ouagadougou. Le deuxième a démarré en septembre 2015 dans le cadre de la thèse de L. Potin sous la direction de S. Fleuret (ESO-Angers), et dont la recherche s'intitule : *Proximité et santé : réalisation d'un indicateur composite d'éloignement à la santé pour une typologie des territoires, regards croisés en Pays de la Loire, et au Québec*. J'ai également été tuteur universitaire, en co-encadrement avec A.C. Hoyez (ESO-Rennes) et S. Fleuret, de H. Carré en 2014 pour son stage de M2 SIGAT effectué à l'occasion du programme de l'ANR AutoMed (Automédication choisie ou subie), stage qui s'intitulait : *Mise en place d'un SIG qualitatif pour une étude sur l'automédication : contribution à l'analyse des pratiques spatiales des individus pratiquant l'automédication*.

Ces travaux donnent ainsi l'occasion de mettre à l'épreuve certains concepts encore peu opératoires ou controversés, tels que le capital spatial¹⁷¹ ou le capital de mobilité¹⁷², et qui constituent autant de pistes de recherche stimulantes à explorer en ce sens qu'ils conditionnent la production d'inégalités.

171 Voir notamment LÉVY J. (1994), *L'espace légitime*. Sur la dimension géographique de la fonction politique, Paris, Les Presses de Sciences Po. ou LUSSAULT M., (2003), *Spatialité*, in J. Lévy et M. Lussault, *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*, Paris, Belin.

172 Voir notamment KAUFMANN V., 2004, *La mobilité comme capital ?* in Montulet, Kaufmann, *Mobilité, fluidité... liberté ?*, Bruxelles, Presses des facultés Saint-Louis, pp. 25-41. ou DELAUNAY D., FOURNIER J.-M., *Mesurer le capital de mobilité pour évaluer les différenciations sociodémographiques et intra-urbaines de l'accessibilité*. Le cas de la zone métropolitaine de Santiago du Chili, *Revue Tiers Monde* 2/2014 (n° 218), pp. 131-149.



A moyen terme, j'aspire également à porter de nouveaux programmes en continuité de mes recherches passées sur une ou plusieurs métropoles d'Amérique latine que je connais. Ces programmes collectifs pourraient traiter, dans une perspective diachronique, de l'évolution des inégalités socio-spatiales d'accès à la ville, de l'évolution de l'intensité et des échelles de la ségrégation ou du suivi des vulnérabilités urbaines dans un contexte de métropolisation. Pour mener à bien ces projets, j'envisage de répondre à des appels d'offre spécifiques à l'Amérique Latine, tel que ceux proposés dans le cadre des programmes ECOS Nord avec la Colombie ou ECOS Sud avec le Chili.





5 - Références bibliographiques (par thème)

Je présente dans cette section les références classées en grands thèmes qui reflètent ceux abordés dans ce volume. Ce classement permet au lecteur de cibler la recherche des références utilisées, d'autant que les thèmes sont pour la plupart clairement disjoints. Une liste globale triée par ordre alphabétique est également proposée en section 6.1. Les références concernant les risques et les vulnérabilités correspondent à une partie de l'état de l'art que j'avais constitué au début des années 2000, à l'époque où ces thèmes étaient centraux dans mes travaux de recherche. L'essentiel de ces références date donc d'avant 2005. Quelques références à cheval sur deux thèmes ont été dupliquées et apparaissent donc dans chacun des thèmes correspondants. Enfin, les références dont je suis auteur ou co-auteur sont, comme toutes les autres, classées dans chacun des thèmes. Ces références sont listées également en section 6.2, précédées de leur acronyme (ACL, ACLN, COS, etc.).

5.1 - Références générales (approche macro sur l'Amérique latine, fondements de la géographie, géographie de la population, géographie urbaine)
5.2 - Risques et vulnérabilités des territoires et des sociétés
5.3 - Vulnérabilités et fiabilité des réseaux routiers et de transport
5.4 - Transports, mobilités
5.5 - Inégalités, inégalités dans les mobilités, ségrégation
5.6 - Références à caractère méthodologique
5.7 - Autres

Tableau 24 - Liste des thèmes de classement des références bibliographiques

5.1 - Références générales (approche macro sur l'Amérique latine, fondements de la géographie, géographie de la population, géographie urbaine)

BRUNET R., FERRAS R., THERY H., 1994, Les mots de la géographie, Montpellier, Reclus, Paris, La Documentation française, 518 p.

CAF-BDAL (2011) - Desarrollo urbano y movilidad en América Latina, Dirección de Análisis y Programación Sectorial de la Vicepresidencia de Infraestructura de la Corporación Andina de Fomento - Banco de Desarrollo de América Latina, 317 p.

CELADE (2009) - Urbanización en perspectiva, Serie: Observatorio Demográfico América Latina y el Caribe, No.8, 295 p.

CEPAL, 2012, Panorama Social 2011, Santiago du Chili, Naciones Unidas, 248 p.

DELER J-P., (1994). - Un espace marqué par la métropolisation. Problèmes d'Amérique latine, n°14, La documentation française, Paris, pp. 37-45.

DUREAU F., GOUËSET V., MESCLIER E., 2006, Géographies de l'Amérique latine, Rennes, PUR, 374 p.

DUPUY G., 1991, L'urbanisme des réseaux: théories et méthodes, Collection : U. Série Géographie, Paris : A. Colin, 198 p.

INEI (2012) - Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población Total por Sexo de las Principales Ciudades, 2000-2015, Lima, marzo 2012, Dirección Técnica de Demografía e Indicadores Sociales, Boletín Especial N° 23, 50 p.

MORICONI-EBRARD F., 1993, L'Urbanisation du Monde depuis 1950, Collection Villes, Edition Anthropos, Paris, 372 p.

OFFNER J.-M., PUMAIN D., (Dir), 1996, Réseaux et territoires: significations croisées, Groupement de recherche Réseaux du CNRS, Editions de l'Aube, 286 p.

ONU-Habitat, 2012, Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe, 2012 - Rumbo a una nueva transición urbana, 196p.

RODRÍGUEZ J., 2002, Distribución territorial de la población de América latina y el Caribe: tendencias, interpretaciones y desafíos para las políticas públicas, Santiago du Chili, CELADE, CEPAL, Serie Población y desarrollo, n° 32, 8 p.

TELLIER L.-N., VAINER C., (2012), Métropoles des Amériques en mutation, Presses de l'Université du Québec, 357 p.



5.2 - Risques et vulnérabilités des territoires et des sociétés

- BLAICKIE, P., CANNON, T., DAVIS, I., WISNER, B., 1994 - At risk. Natural people's vulnerability and disasters, New-York - Routledge, 280 p.
- CARDONA O.D., 1993, Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo, in Los desastres no son naturales, La RED, MASKREY A. (ss la dir.), Tercer Mundo Editores, Bogotá. pp. 45-65.
- CHARDON A.C., 1994, Etude intégrée de la vulnérabilité de la ville de Manizales (Colombie) aux risques naturels, Revue de Géographie Alpine, N°4, Tome LXXXII, pp. 97-111.
- CHESTER D.K., DUNCAN A.M., GUEST J.E. (2001) - The increasing exposure of cities to the effects of volcanic eruptions: A global survey. Environmental Hazards, 2. pp. 89-103.
- CHESTER, D. K., 2002 - Overview: hazard and risk. In: Applied Geomorphology: theory and practice (R. J. Allison, ed), Chichester: John Wiley and Sons, pp. 251-264.
- D'ERCOLE R., 1991, Vulnérabilité des populations face au risque volcanique. Le cas de la région du volcan Cotopaxi (Equateur) - Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble, 460 p.
- D'ERCOLE R., 1994, Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse, Revue de Géographie Alpine, No4, Tome LXXXII, pp. 87-96.
- D'ERCOLE R. (Coord.), 2002, Evaluación de riesgos y análisis de necesidades en la hipótesis de una erupción del volcán Cotopaxi, Rapport d'expertise, février 2002, Quito, Équateur, 7 p.
- D'ERCOLE R., 2002, Contribution à la définition des mots de l'environnement urbain, Document de travail, UR029 « Environnement Urbain » - IRD, 8 p.
- D'ERCOLE R., GLUSKI, P., HARDY, S., SIERRA, A., 2009 - Vulnérabilités urbaines dans les pays du Sud. Présentation du dossier. Cybergeog : European Journal of Geography. [En ligne], Dossiers, Vulnérabilités urbaines au sud, <http://www.cybergeog.eu/index22151.html>
- D'ERCOLE R., HARDY S., METZGER P., ROBERT J., GLUSKI P., 2012, Les dimensions spatiales et territoriales de la gestion de crise à Lima », VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Volume 12 Numéro 1 | mai 2012.
- D'ERCOLE R., HARDY S., ROBERT J., 2009, Balance de los accidentes y desastres ocurridos en La Paz, Lima y Quito (1970-2007), Bulletin de l'IFEA 38(3), 2009, Lima, pp. 433-465.
- D'ERCOLE R., METZGER P., 2002, Los lugares esenciales del Distrito Metropolitano de Quito, IRD/DMTV-MDMQ, collection "Quito Metropolitano", 216 p.
- D'ERCOLE R., METZGER P., 2000, La vulnérabilité de Quito face à l'activité du Guagua Pichincha. Les premières leçons d'une crise durable, in Cahiers Savoisiens de Géographie, CISM, Vol III, pp. 39-52.
- D'ERCOLE R., METZGER P., 2004, La vulnerabilidad del Distrito Metropolitano de Quito - Colección Quito Metropolitano, MDMQ-IRD, Quito, Ecuador, 496 p.
- D'ERCOLE R., METZGER P., 2002, Los lugares esenciales del Distrito Metropolitano de Quito. Quito: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, coll. «Quito Metropolitano», n° 22, 206 p.
- D'ERCOLE R., METZGER P., 2004, La Vulnerabilidad del Distrito Metropolitano de Quito. Quito: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, col. «Quito Metropolitano», n° 23, 496 p.
- D'ERCOLE R., METZGER P., ROBERT J., HARDY S., GLUSKI P., VERNIER P., SIERRA A., PERFETTINI H., GUILLIER B., 2011, Estudio SIRAD: Recursos de respuesta inmediata y de recuperación temprana ante la ocurrencia de un sismo y/o tsunami en Lima Metropolitana y Callao - Proyecto "Preparación ante desastre sísmico y/o tsunami y recuperación temprana en Lima y Callao", INDECI-PNUD-ECHO, COOPI, IRD, Lima, 189 p.
- D'ERCOLE R., PIGEON P., BAUSSART O., CAMBOT V., GNEMMI L., WATTEZ J., 2000, Analyse du système urbain d'Annecy et définition de ses enjeux, Département de Géographie - Université de Savoie, 52 p. + figures.
- DEMORAES F., (1998). - Etude de l'évolution de l'agglomération de La Paz - El Alto (Bolivie) depuis les 20 dernières années, compte tenu des contraintes environnementales du site. Une péjoration des conditions d'urbanisation ? Une base de référence : le Plan de Développement Urbain de la Ville de La Paz (1976-77), Mémoire de maîtrise, Université de Savoie, 120p.
- DEMORAES F., 2004 - Mobilité, enjeux et risques dans le District Métropolitain de Quito, thèse publiée, Laboratoire EDYTEM - Université de Savoie, 587 p.
- DEMORAES F., 2009, De l'intérêt d'une étude sur la vulnérabilité des réseaux routiers et de transport pour la compréhension des vulnérabilités territoriales - Le cas du District Métropolitain de Quito (Équateur), Revue européenne de géographie - CyberGéo, [en ligne : <http://cybergeog.revues.org/22101>].



- DEMORAES F., D'ERCOLE R., 2009, Risques et accessibilité des lieux dans le District Métropolitain de Quito (Équateur) - Dossier spécial « Cartographie des risques sous la coordination de : Emmanuel Bonnet, Élise BECK et Élisabeth CHESNEAU » - Revue Mappemonde, N° 95 (3-2009), [en ligne : <http://mappemonde.mgm.fr/num23/articles/art09302.html>].
- DEMORAES F., D'ERCOLE R., METZGER P., SOURIS M., 2006, Enjeux, mobilité, accessibilité et risques - L'exemple du District Métropolitain de Quito (Équateur) - Revue Internationale de Géomatique - Editions Hermès, Vol. 16/3-4, pp. 435-456.
- DUBOIS-MAURY, J., CHALINE, C., 2002 - Les risques urbains, 208 pp.; Paris: Armand Colin. 2ème Édition.
- DUPONT Y. (sous la direction de), 2003, Dictionnaire des risques, Armand Colin, 421 p.
- DURAND M., 2010, Gestion des déchets et inégalités environnementales et écologiques à Lima : entre durabilité et vulnérabilité, Thèse de Géographie, UMR ESO, Université Rennes 2, 506 p.
- ESTACIO J., D'ERCOLE R., 2003, Memorias sobre la erupción del volcán Reventador, Consecuencias y experiencias vividas la semana de emergencia del 3 al 11 de noviembre en el DMQ, IRD / Unidad De Prevención de Desastres - Dirección Metropolitana De Seguridad Ciudadana, Rapport de recherche, 51 p.
- FERNANDEZ M.A (dir.), 1996, Ciudades en Riesgo, degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres en América Latina, La Red - USAID, 190 p.
- GUYON M., KEITA M., LOUIS A., TANNEAU M., WUATELET A. (2012) - Accès de la population aux ressources de proximité en situation post-catastrophe (séisme et tsunami) dans l'agglomération de Lima-Callao (Pérou) - Master 2 SIGAT - Université Rennes 2, rapport préparé dans le cadre des ateliers méthodologiques, sous la direction de F. DEMORAES et M. PIRON, avec la participation de P. METZGER, P. GLUSKI, J. ROBERT, et J. MOURA, IRD-PACIVUR, 78 p.
- HARDY S., 2009a, La vulnérabilité de l'approvisionnement en eau dans l'agglomération pacénienne : le cas du sous-système El Alto, Cybergeo : European Journal of Geography [En ligne], Dossiers, Vulnérabilités urbaines au sud, 20 p.
- HARDY S., 2009b, Granizada e inundación del 19 de febrero de 2002. Un modelo de crisis para la aglomeración de La Paz, Numéro thématique «Vulnerabilidades urbanas en los países andinos (Bolivia, Ecuador, Perú)» - Bulletin de l'IFEA, 38 (3), (dir. R. D'ERCOLE, S. HARDY, J. ROBERT, P. METZGER), pp. 501-514.
- HARDY S., 2009c, Las políticas de gestión de riesgos en La Paz: Panorama y perspectivas, Numéro thématique «Vulnerabilidades urbanas en los países andinos (Bolivia, Ecuador, Perú)» - Bulletin de l'IFEA, 38 (3), (dir. R. D'ERCOLE, S. HARDY, J. ROBERT, P. METZGER), pp. 755-775.
- HARDY S., 2009d, Ruptura del abastecimiento de agua potable. Sistema Hampaturi-Pampahasi, La Paz, enero-febrero de 2008. Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines, 38 (3), pp. 545-560.
- HARDY S., 2013, Atlas de la vulnérabilité de l'agglomération de La Paz, Collection : Atlas et cartes, IRD, 168 p.
- HAVLICK S.W, 1986, Third world cities at risk: Building for calamity - Environment, Vol. 28 (9): pp. 6-11 et 41-45.
- LAGADEC P., 2003, La recherche confrontée à la question des crises, Risques collectifs et situations de crise. Apports de la recherche en sciences humaines et sociales, Éditions de L'Harmattan, Paris, pp. 297-316.
- LAURENTIUS, G., 1994. The vulnerability of the city. In Weissglas, G. (Ed), Planning a High Resilience Society, Geographical Reports no. 11, Umeå, Papers and Proceedings from the Löfvånger Symposium, August 18 - 20, 1993, pp. 277-288.
- LAVELL THOMAS A., 1993, Ciencias sociales y desastres naturales en América Latina: un encuentro inconcluso, in Los desastres no son naturales, La RED, MASKREY A. (ss la dir.), Tercer Mundo Editores, Bogotá, pp. 110-127.
- LEONE F. (1996), Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvements de terrain, Thèse de géographie, Université J. Fourier, Grenoble, publiée dans les Documents du BRGM, No 250, Éditions du BRGM, Orléans, 286 p.
- LEONE F., VINET F. (dir.), 2006 - La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles : analyses géographiques, Publications de Montpellier III (Géorisques, ISSN 1956-4252 ; 1), 2006, 140 p.
- LONGHURST R. (1995) — The assessment of community vulnerability in hazard prone areas, the Royal Society, London, 31 March 1995 — Disasters, Volume 19, Issue 3, pp. 269-270.
- LUTOFF C., 2000, Le système urbain niçois face à un séisme - Analyse des enjeux et des dysfonctionnements potentiels, thèse de doctorat en géographie, Université de Savoie, 361 p.
- MASKREY A., 1997, Vulnerabilidad y mitigación de desastres, in Los desastres no son naturales, La RED, MASKREY A. (ss la dir.), pp. 93-110.



- MASURE Ph., LUTOFF C., 1996, Approche intégrée des risques dus aux aléas naturels et leurs impacts potentiels sur les établissements humains, industriels, infrastructures sensibles, Module 2 : les principes de la planification urbaine préventive et durable, Méthodologie pour l'étude GEMITIS Nice, Rapport BRGM R38609, Ministère de l'Environnement, 149 p., 22 fig., 8 ann.
- METZGER P., (2010), Transporte, vialidad y accesibilidad en período de emergencia en el Área Metropolitana de Lima y Callao. Proyecto SIRAD/PNUD, Tercer Informe. Volumen 6. Parte 1. 209 p.
- METZGER P., GLUSKI P., ROBERT J., SIERRA A. (2014) Atlas problématique d'une métropole vulnérable : inégalités urbaines à Lima et Callao, IRD, PRODIG, Paris, 38 p.
- PARKER D., MITCHELL J.K., 1995, Disaster Vulnerability of Megacities: An expanding problem that requires rethinking and innovative responses, *GeoJournal*, Volume 37, Issue 3, pp. 295-301.
- PELLING, M., 2003 - The vulnerability of cities: natural disasters and social resilience, Londres, Earthscan, 256 p.
- PETIN, A., 1999, Représentation spatiale des enjeux territoriaux - Analyse du système territorial du développement et de sa perméabilité aux enjeux du risque d'inondation - Application au pays Voironnais (38), CEMAGREF DTM - Groupement de Grenoble, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse, mémoire de fin d'études, sous la direction de Ph. Masson, 85 p. + annexes.
- PIGEON P., 2002, Réflexions sur la géographie des risques dits naturels, diplôme d'habilitation à diriger des recherches, texte principal, Université de Nice-Sophia-Antipolis, Nice, 204 p.
- PIGEON, P., 2005 - Géographie critique des risques, Paris: Anthropos. Collection Economica, 218 p.
- QUARANTELLI E L. (ed.), 1998, What is a disaster? Perspectives on the question, Routledge, New York, 312 p.
- ROBERT J., 2012, Pour une géographie de la gestion de crise : de l'accessibilité aux soins d'urgence à la vulnérabilité du territoire à Lima - Thèse de géographie, Université de Savoie, Laboratoire EDYTEM, IFEA, 556 p.
- ROBERT J., D'ERCOLE R., PIGEON P., SERRANO T., 2009, Complejidad, incertidumbre y vulnerabilidad: el riesgo asociado al volcán Cotopaxi en el Valle de los Chillos (Quito-Ecuador), Numéro thématique «Vulnerabilidades urbanas en los países andinos (Bolivia, Ecuador, Perú) » - Bulletin de l'IFEA, 38 (3), (dir. R. D'ERCOLE, S. HARDY, J. ROBERT, P. METZGER), pp. 709-733.
- ROCHER O., 1998, Les risques engendrés par une concentration de réseaux urbains, in BLANCHER Ph., Risques et réseaux techniques urbains, Collections du Certu, vol. 18, pp. 61-70.
- SERRANO T., DEMORAES F. (2007) - Discrepancias institucionales y vulnerabilidad asociada en el valle de Los Chillos frente al peligro de lahares del volcán Cotopaxi, in Inter/secciones urbanas: origen y contexto en América Latina, Coordinador: Jaime Erazo, Quito, pp. 365-380.
- STIELTJES L., MIRGON C. (1998) — Approche méthodologique de la vulnérabilité aux phénomènes volcaniques. Test d'application sur les réseaux de la Martinique— Rapport de synthèse, R40098, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Marseille, 218 p.
- WILCHES-CHAUX G., 1993, La vulnerabilidad global, in Los desastres no son naturales, La RED, MASKREY A. (ss la dir.), pp. 11-44.

5.3 - Vulnérabilités et fiabilité des réseaux routiers et de transport

- APPERT M., CHAPELON L. (2001). The urban traffic system vulnerability: definition and measures. Communication au 12e colloque international de «Géographie théorique et quantitative», St Valéry en Caux, France, septembre 2001.
- APPERT M., CHAPELON L. (2003). Variabilité de la performance des réseaux routiers : application à la région urbaine de Londres. In MATHIS Ph., (dir.), Graphes et réseaux: modélisation multinationale. Paris: Hermès science, coll. «IGAT, Série Aspects fondamentaux de l'analyse spatiale», pp. 51-76
- ASAKURA, Y., KASHIWADANI, M., 1991. Road network reliability caused by daily fluctuation of traffic flow. Proceedings of the 19th PTRC Summer Annual Meeting (Seminar G), Brighton, pp. 73-84.
- ASAKURA, Y., 1998. Reliability measures of an origin and destination pair in a deteriorated road network with variable flows in *Transportation Networks: Recent Methodological Advances. Selected Proceedings of the 4th EURO Transportation Meeting (1996)* Ed. Michael G. H. BELL, Pergamon, pp. 273-287.
- ATC, 1991, Seismic Vulnerability and Impact of Disruption of Lifelines in the Conterminous United States, Applied Technology Council - 25, Federal Emergency Management Agency (FEMA), Redwood City, CA, 439 p.
- ATIAGA G., DEMORAES F., 2002, Vulnerabilidad estructural de los puentes del Distrito Metropolitano de Quito frente al peligro sísmico - Aplicación y adaptación de la metodología HAZUS@99 al contexto ecuatoriano - Presentación de la metodología, resultados y mapas, Direcciones Metropolitanas de Territorio



- y Vivienda y de Transporte y Vialidad, Municipio del Distrito de Quito, Escuela Politécnica Nacional, IRD, décembre 2002, Quito, Equateur, 127 p.
- BERDICA K., 2000, Analysing vulnerability in the road transportation system. Rapport TRITA-IP FR 00-76, Royal Institute of Technology, Division of Transport and Location Analysis, Stockholm, Sweden, 75 p.
- BERDICA K., 2002, An introduction to road vulnerability: what has been done, is done and should be done? *Transport Policy* 9 (2), pp. 117-127.
- CERTU (2002). Vulnérabilité des réseaux urbains et gestion de crise: exemple de l'inondation de mars 2001 à Lyon et Mâcon. Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (DPPR), 81 p.
- CHEN, A., YANG, H., LO, H.K., TANG, W.H., 1999. A capacity related reliability for transportation networks. *Journal of Advanced Transportation*, 33 (2), pp. 183-200.
- COLONNA P. (1984), Constructions routières et séismes : effets du tremblement de terre du 23 novembre 1980 sur la viabilité, CR colloque Routes et Développement, vol. 2, Paris, pp. 801-812.
- DEMORAES F. (2002b). - Vulnerabilidad de la movilidad en Quito inducida por la exposición a las inundaciones de un medio de transporte clave: el trolebús. Congrès Panaméricain d'Ingénierie du Trafic et des Transports (Panam XII), novembre 2002, Quito, Équateur, 8 p.
- DEMORAES F. (2002d). - Situación del transporte y de las comunicaciones en el Distrito Metropolitano de Quito frente a los lahares relacionados con una erupción del volcán Cotopaxi. In D'ERCOLE R. (Coord.) - Evaluación de riesgos y análisis de necesidades en la hipótesis de una erupción del volcán Cotopaxi, février 2002, Quito, Équateur, 7 p.
- DEMORAES F., D'ERCOLE R., ATIAGA G., METZGER P. (2005). - Seismic vulnerability of the bridges and overpasses along critical roads and mobility disruption within the Metropolitan District of Quito (Ecuador) - *Revue Internationale PANGAEA, CIFEG*, n°43/44, pp. 37-52.
- DU, Z.P., NICHOLSON, A.J., 1997. Degradable transportation systems: sensitivity and reliability analysis. *Transportation Research-B* 31 (3), pp. 225-237.
- DURVILLE J. L., MENEROUD J.P. (1987) — Vulnérabilité aux séismes des itinéraires routiers — *Bulletin de Liaison des Ponts et Chaussées*, No 150-151, spécial risques naturels, pp. 185-193.
- GLEYZE J.-F., 2001, Les dommages induits par les coupures du réseau routier - Eléments de recherche pour l'évaluation de la fiabilité d'un réseau routier, in *Actes de la conférence Risques d'accidents et risques environnementaux dans les transports routiers*, Besançon, laboratoire COGIT, 15 p.
- GLEYZE J.-F., 2005, La vulnérabilité structurelle des réseaux de transport dans un contexte de risques, Thèse de doctorat d'analyse théorique et épistémologique en géographie, Université Paris 7, 848 p.
- IIDA Y. (1999). Basic concepts and future directions of road network reliability analysis, *Journal of Advanced Transportation*, vol. 33, n° 2, pp. 125-134.
- LAM, W.H.K., 1999. Special issue: Network reliability and transport modelling. *Journal of Advanced Transportation* 33 (2) editorial, pp. 121-123.
- LLERAS-ECHEVERRI G., SANCHEZ-SILVA M., 2001, Vulnerability analysis of highway networks, methodology and cases study, *Transport*, vol. 147, no 4, pp. 223-230.
- MIKLOFSKY H.A. (1982), Vulnerability of transportation systems to earthquake, US dep. transportation, Report RD-81/128, Federal Highway Administration, 113 p.
- NICHOLSON, A.J., DU, Z.P., 1994. Improving network reliability: a framework. *Proceedings of 17th Australian Road Research Board Conference* 17(6), pp. 1-17.
- NOLAND, R.B., SMALL, K.A., KOSKENOJA, P.M., CHU, X., 1998. Simulating travel reliability. *Regional Science and Urban Economics* 28, pp. 535-564.
- NÚÑEZ J., DEMORAES F., (2009). - El conocimiento de la vulnerabilidad de la red vial como herramienta de comprensión y reducción de la vulnerabilidad territorial: el caso de La Paz (Bolivia). - Numéro thématique «Vulnerabilidades urbanas en los países andinos (Bolivia, Ecuador, Perú) » - *Bulletin de l'IFEA*, 38 (3), (dir. R. D'ERCOLE, S. HARDY, J. ROBERT, P. METZGER), pp. 827-848.
- OEA-UDSMA, 2001, Estudio general sobre los tramos vulnerables a los peligros naturales de la carretera Panamericana y sus corredores complementarios en Centroamérica, Organización de los Estados Americanos, Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Realizado con el apoyo del Departamento de Transporte de los Estados Unidos de América, Washington, D.C., 85 p.
- PRATT, R. H. and LOMAX, T. J. 1996. Performance measures for multimodal transportation systems, *Transportation Research Record*, 1518, pp. 85-93.
- SALAZAR D., DEMORAES F., BERMÚDEZ N., ZAVGORODNIAYA S., (2009). - De Trébol a girasol: consecuencias de un hundimiento ocurrido el 31 de marzo de 2008 en un eje esencial de la red vial de la ciudad de Quito - Numéro thématique « Vulnerabilidades urbanas en los países andinos (Bolivia, Ecuador, Perú) » - *Bulletin de l'IFEA*, 38 (3), (dir. R. D'ERCOLE, S. HARDY, J. ROBERT, P. METZGER), pp. 561-572.



TAYLOR M.A.P. et D'ESTE G.M., 2003, Concepts of network vulnerability and applications to the identification of critical elements of transport infrastructure, 26th Australasian Transport Research Forum, Wellington, New-Zealand, October 2003, 15 p.

VILLÉ J., 2002, Fiabilité et vulnérabilité des systèmes de transport, in « Points de vue sur l'insécurité routière et dans les transports publics » (Ed. AMALBERTI R.), PREDIT, pp. 30-34

WAKABAYASHI, H., IIDA, Y., 1993. Improvement of terminal reliability and travel time reliability under traffic management. Proceedings of Third International Conference on Applications of Advanced Technologies in Transportation Engineering, Seattle, American Society of Civil Engineers, 25-28 August 1993, pp. 211-217.

5.4 - Transports, mobilités

AGERON P., SUTTON K. et VARLET J., 2009, Mobilités et transports - Orientation bibliographique, *Historiens et Géographes*, n° 407, pp. 242-244.

ALSNIH R., HENSHER D.A. (2003). - The Mobility and Accessibility Expectations of Seniors in an Aging Population, *Transportation Research, Part A*, Vol.37, pp. 903-916.

ANTICO C., (2003), Onde morar e onde trabalhar: espaço e deslocamentos pendulares na região metropolitana de São Paulo. Thèse de doctorat en démographie, Universidade Estadual de Campinas, 254 p.

ANTICO, C. (2005), Deslocamentos pendulares na região metropolitana de São Paulo - São Paulo Perspectivas, vol.19, no.4, pp. 110-120.

ARANHA V. (2005), Mobilidade pendular na metrópole paulista. São Paulo Perspectivas, vol. 19, n° 4, pp. 96-109. [En ligne] <http://www.scielo.br/pdf/spp/v19n4/v19n4a06.pdf>

BACCAÏNI B., (1996) Les trajets domicile-travail en Ile-de-France. Contraste entre catégories socioprofessionnelles. *Economie et Statistique*, n° 294-295, pp. 109-126.

BACCAÏNI B., SEMECURBE F., THOMAS G., 2007, Les déplacements domicile-travail amplifiés par la périurbanisation, Pôle Analyse territoriale, Insee, disponible en ligne : <http://www.insee.fr/fr/ffc/ipweb/ip1129/ip1129.pdf>

BANOS A., THEVENIN T., (2005). - La carte animée pour révéler les rythmes urbains, *Revue Internationale de Géomatique*, Vol 15, n° 1, pp. 11-31.

BARRIENTOS ZAPATA A.D., 2012, La Región Metropolitana Boliviana de La Paz-El Alto. Cuaderno urbano [En ligne]. vol.13, pp. 193-216.

BERGER M., (2004). - Les périurbains de Paris. Paris, CNRS éditions, Espaces et Milieux, 317 p.

BERGER M., BEAUCIRE F., (2002) Mobilité résidentielle et navette. Les arbitrages des ménages d'Ile-de-France, in LEVY, Jean-Pierre et DUREAU, Françoise (dir.), L'accès à la ville. Les mobilités spatiales en questions. Paris, L'Harmattan, Coll. Habitat et sociétés, p. 141-166.

BIELICH C., (2009) La guerra del centavo. Lima, Instituto de Estudios Peruanos, 122 p

BRUN J., BONVALET C. (2002). - Approches quantitatives ou qualitatives de la mobilité résidentielle : éléments de bilan et perspectives. In: *Espace, populations, sociétés*, pp. 63-72.

CASADO IZQUIERDO J.M., 2014, Patrones horarios de la movilidad cotidiana en la Zona Metropolitana del Valle de México, *Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, Vol.: 18, n° 487 [En ligne]

CHARDONNEL S., DUREAU F., TABAKA K., IMBERT C. et LEVY J.-P., 2009, Les mobilités - Bibliographie de l'agrégation de géographie 2010, *Historiens et Géographes*, n° 407, pp. 232-241.

DEMORAES F., (2002a). - La movilidad en el Distrito Metropolitano de Quito. - In D'ERCOLE R., METZGER P. (Dir.), Los lugares esenciales del Distrito Metropolitano de Quito, Coll. Quito Metropolitano, MDMQ-IRD (Ed.), pp. 133-144.

DEMORAES F., (2002c). - Metodología de identificación de los elementos de mayor interés del transporte urbano, Aplicación a la ciudad de Quito y representación espacial a través de un SIG. Colloque International sur les Systèmes d'Information Géographiques « GIS Ecuador 2002 », juillet 2002, Ecole Polytechnique Nationale, Quito, Équateur. Actes diffusés sur CD-ROM.

DEMORAES F., BONDOUX F., SOURIS M., NUÑEZ H. (2004). - Innovaciones tecnológicas aplicadas al transporte colectivo en Quito - Optimización en la evaluación de la demanda con GPS y SIG. - Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines, 33. (1), Lima - Pérou, pp. 193-212.

DEMORAES F., GOUËSET V., PIRON M., FIGUEROA, O., ZIONI S. (2010) - Mobilités quotidiennes et inégalités socio-territoriales à Bogotá, Santiago du Chili et São Paulo, *Revue Espace, Populations, Sociétés*, n° 2010-2 « Nouvelles mobilités dans les Suds », pp. 349-364.



- DÍAZ OLVERA L., PLAT D., POCHET P., (2002). - Hiérarchie sociale, hiérarchie modale dans trois capitales africaines, in BUSSIERE Y. & MADRE J.-L., (dir.), Démographie et demande de transport: villes du Nord et villes du Sud. Paris: Economica, pp. 289-315.
- DONALD J, GOODCHILD M. (1983) Diurnal patterns of social group distribution in Canadian cities. *Economic Geography*, vol. 59, n° 4, pp. 403-425.
- DUREAU F., 2006, Habiter la ville : stratégies et mobilités résidentielles, in DUREAU F., GOUËSET V., MESCLIER E., Géographies de l'Amérique latine, Rennes, 2006, PUR, coll. Espace et Territoires, pp. 263-292.
- DUREAU F., HOYOS M.C., FLOREZ C.E., 1994. Soacha: un barrio de Bogotá. Movilidad y acceso a la vivienda de la población de los sectores orientales del municipio. Bogotá, Universidad de Los Andes, Desarrollo y Sociedad, n° 34, pp. 95-147.
- DUREAU F., LULLE Th., SOUCHAUD S., CONTRERAS Y., 2014, Mobilités et changement urbain - Bogotá, Santiago et São Paulo, Presses Universitaires de Rennes, 438 p.
- FIGUEROA O. (2005). - Transporte urbano y globalización. Políticas y efectos en América latina. *Revista Eure*, vol. XXXI, n° 94, pp. 41-53.
- FIGUEROA O., 2013, Four decades of changing transport policy in Santiago, Chile, *Research in Transportation Economics*, vol. 40, no 1, p. 87-95.
- FÖBKER S., GROTZ R., 2006, Everyday mobility of elderly people in different urban settings: The example of the City of Bonn, Germany, *Urban Studies*, Vol.43, No.1, pp. 99-118.
- FOL S., 2013, Mobilité et pauvreté, Chapitre 8, Section : La mobilité entravée, in BRUN G. (sous dir.), Ville et mobilité - Nouveaux regards, Coll. « Méthodes et approches », Paris, Economica, pp. 129-142.
- GIBSON J., 2002, Modernización del transporte público de Santiago: ¿Qué dicen los datos?, Santiago du Chili.
- GÓMEZ GÉLVEZ J.A., FORERO C.O., 2014, La motorización, el número de viajes y la distribución modal en Bogotá: pasado y posible futuro. *Revista de Ingeniería*. 40, pp. 6-13.
- GOUËSET V. (coord.), DEMORAES F., FIGUEROA O., LE ROUX G., ZIONI S., (2014). - *Parcourir la métropole - Pratiques de mobilité quotidienne et inégalités socio-territoriales à Bogotá, Santiago et São Paulo* - Programme de recherche ANR METAL, Chapitre 8, in DUREAU F., LULLE T., SOUCHAUD S., CONTRERAS Y., (Ed.), Mobilités et changement urbain à Bogotá, Santiago et São Paulo, coll. Espaces et Territoires, Presses Universitaires de Rennes, pp. 265-302.
- HENRY E., (2008), Coup de frein à la mobilité dans Saint Paul l'impétueuse (São Paulo). Journée scientifique "Mégapoles, transports et mobilités : confrontations", Paris, INRETS, 15p.
- HENRY E., HUBERT J.-P., (2002). - Enjeux territoriaux de la motorisation et contrastes de la mobilité, in BUSSIERE Y. & MADRE J.-L., (dir.), Démographie et demande de transport: villes du Nord et villes du Sud. Paris: Economica, pp. 319-359.
- KAUFMANN V., 2004, La mobilité comme capital ? in Montulet, Kaufmann, Mobilité, fluidité... liberté ?, Bruxelles, Presses des facultés Saint-Louis, pp. 25-41.
- LÉVY J.-P., DUREAU F., (dir.) (2002). - L'accès à la ville. Les mobilités spatiales en question. Paris, L'Harmattan, coll. Habitat et sociétés, 411 p.
- LÉVY J.-P., (2009). - Mobilité urbaine : des pratiques sociales aux évolutions territoriales, in DUREAU, Françoise et HILY, Marie-Antoinette, Les mondes de la mobilité. Rennes, PUR, pp. 107-136.
- LORD S., JOERIN F., THÉRIAULT M., (2009) Évolution des pratiques de mobilité dans la vieillesse : un suivi longitudinal auprès d'un groupe de banlieusards âgés, *Cybergeographie : European Journal of Geography, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques*, article n° 444, [En ligne], 22p.
- MDMQ-DMT, 2002, Plan Maestro de Transporte para el Distrito Metropolitano de Quito (Propuesta), Quito, CD interactivo y folleto.
- MONTEZUMA R. (2003). - Ciudad y transporte. La movilidad urbana, in BALBO, Marcello, JORDAN, Ricardo et SIMIONI, Daniela, La ciudad inclusiva, Santiago du Chili. Cuadernos de la CEPAL, n° 88, pp. 175-191.
- MUÑOZ J.C., BATARCE M., TORRES I., (2013), Comparación del nivel de servicio del transporte público de seis ciudades latinoamericanas, *Actas del XVI Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte*, Universidad de Chile, No. 16, 15p.
- NOËL Nathalie, VILLENEUVE P.Y., LEE-GOSSELIN M. (2001) Aménagement du territoire et espaces d'action: Identification des déterminants des stratégies de déplacements de cyclistes de la région de Québec à l'aide d'un SIG. *Revue Internationale de Géomatique*, vol. 11/3-4, pp. 381-404.
- ORFEUIL J.-P., 2015, Des difficultés de mobilité variées, qui appellent des réponses personnalisées, in ORFEUIL J.-P., RIPOLL F., Accès et mobilités. Les nouvelles inégalités, Gollion (Suisse), Infolio, coll. « Archigraphy poche », pp. 9-101.



- POCHET P., ROUTHIER, J.-L. (2002). - Mobilité résidentielle et allongement des distances domicile-travail dans la région urbaine de Lyon, in DUREAU Françoise et LEVY, Jean-Pierre (éds) *L'accès à la ville. Les mobilités spatiales en question*. Paris, L'Harmattan, pp. 167-184.
- QUIROGA P., (2014). - Mobilités urbaines, pratiques résidentielles et inégalités. Le cas des personnes âgées pauvres à Recife (Brésil), ss. la co-dir. de Vincent GOUËSET, ESO-Rennes (UMR 6590 CNRS), Université Rennes 2 et Jan BITOUN, Universidade Federal do Pernambuco (Recife), 434 p.
- SANTANA M., 2009, Análisis comparativo de metodologías estadísticas y definición de variables de las encuestas de viajes de Bogotá, años 1995 y 2005, *Revista de Ingeniería*, N°29, pp. 148-155.
- SCHULER M., LEPORI B., KAUFMANN V., JOYE D., 1997. *Eine Integrative Sicht der Mobilität: Im Hinblick auf ein neues Paradigma der Mobilitätsforschung*, Berne, Schweizerischer Wissenschaftsrat.
- THOMSON I., 2002, Impacto de las tendencias sociales, económicas y tecnológicas sobre el transporte público: una investigación preliminar en ciudades de América Latina - División de Recursos Naturales e Infraestructura - Unidad de Transporte - Santiago de Chile, 42 p.
- VASCONCELLOS E. (1996). - Transporte urbano nos países em desenvolvimento. São Paulo: Ed. Annablume, 275 p.
- VILLAÇA F, ZIONI S. (2005). - Os transportes sobre trilhos na região metropolitana de São Paulo: o poder público acentuando a desigualdade. Rio de Janeiro: CBTU, pp. 223-275.
- WESTER L., AUDARD F., 2014, Auto-organisation des transports en commun et partage de l'espace : Le cas de Lima, colloque : L'espace en Partage, organisé par l'UMR ESO, avril, 2014, Rennes.

5.5 - Inégalités, inégalités dans les mobilités, ségrégation

- ANTICO C., (2003), Onde morar e onde trabalhar: espaço e deslocamentos pendulares na região metropolitana de São Paulo. Thèse de doctorat en démographie, Universidade Estadual de Campinas, 254 p.
- ANTICO, C. (2005), Deslocamentos pendulares na região metropolitana de São Paulo - São Paulo Perspec vol.19, no.4: 110-120.
- APPARICIO Ph., 2000, Les indices de ségrégation résidentielle : un outil intégré dans un système d'information géographique, *Cybergeo*, Revue Européenne de Géographie, n° 134. [En ligne] : <https://cybergeo.revues.org/12063>
- ARBONA, J. & KOHL, B., 2004 - City profile. La Paz-El Alto. *Cities*, vol. 21, n.° 3, pp. 255-265.
- BACQUÉ M.-H., FOL S. (2007). - L'inégalité face à la mobilité : du constat à l'injonction, *Revue Suisse de Sociologie*, 33, 1, pp. 89-104.
- BERGER M., (2004). - Les périurbains de Paris. Paris, CNRS éditions, Espaces et Milieux, 317 p.
- BERGER M., BEAUCIRE F., (2002) Mobilité résidentielle et navette. Les arbitrages des ménages d'Ile-de-France, in LEVY, Jean-Pierre et DUREAU, Françoise (dir.), *L'accès à la ville. Les mobilités spatiales en questions*. Paris, L'Harmattan, Coll. Habitat et sociétés, p. 141-166.
- BORSODORF A. (2003). - Hacia la ciudad fragmentada. Tempranas estructuras segregadas en la ciudad latinoamericana. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. Universidad de Barcelona, vol. VII, núm. 146(122).
- BRUN J., 1994, Essai critique sur la notion de ségrégation et sur son usage en géographie urbaine, dans BRUN J., RHEIN C. (dir.), *La ségrégation dans la ville. Concepts et mesures*, L'Harmattan, pp. 21-57.
- CLICHEVSKY N. (2000). - Informalidad y segregación urbana en América Latina. Una aproximación. *Serie Medio Ambiente y Desarrollo*, n°28, 61 p.
- DEMORAES F., CONTRERAS, Y., PIRON M., (en cours) - Ciclo de vida, jerarquía social y espacios de movilidad cotidiana en Santiago de Chili, à soumettre à la revue *Eure*, Santiago de Chile, 25p.
- DEMORAES F., DUREAU F., PIRON M., (2011). Análisis comparativo de la segregación social en Bogotá, Santiago y São Paulo. Document de travail du projet ANR METAL, 32 p.
- DEMORAES F., GOUËSET V., PIRON M., FIGUEROA, O., ZIONI S. (2010) - Mobilités quotidiennes et inégalités socio-territoriales à Bogotá, Santiago du Chili et São Paulo, *Revue Espace, Populations, Sociétés*, n° 2010-2 « Nouvelles mobilités dans les Suds », pp. 349-364.
- DEMORAES F., PIRON M., ZIONI S., SOUCHAUD S., (2011) - Analyse des inégalités d'accès aux ressources de la ville à travers le prisme des mobilités quotidiennes pour le travail et les études à São Paulo (Brésil) - Expérimentation méthodologique - Résultats préliminaires. Colloque de l'Association Internationale des Sociologues de Langue Française - Mobilités Spatiales et Fluidités Sociales : Mobilités spatiales et ressources métropolitaines : l'accessibilité en questions, 24-25 mars 2011, Grenoble.



- DEMORAES F., PIRON M., ZIONI S., SOUCHAUD S. (2012) - Inégalités d'accès aux ressources de la ville analysée à l'aide des mobilités quotidiennes - Approche méthodologique exploratoire à São Paulo, Vol. 56, No 158, septembre 2012, Dossier Mobilités spatiales et ressources métropolitaines : l'accessibilité en questions, Cahiers de géographie du Québec, pp. 463-489.
- DIAZ OLVERA L., PLAT D., POCHET P., (2002). - Hiérarchie sociale, hiérarchie modale dans trois capitales africaines, in BUSSIÈRE Y. & MADRE J.-L., (dir.), Démographie et demande de transport: villes du Nord et villes du Sud. Paris: Economica, pp. 289-315.
- DUHAU E., 2003, División social del espacio metropolitano y movilidad residencial, México, Papeles de Población, n° 36, pp. 161-210.
- DELAUNAY Daniel (2010). - Mobilités, ségrégations résidentielles et bonus démographique dans la zone métropolitaine de Santiago du Chili. In : BERTRAND, Monique (dir.). Mobilité, pauvretés : les villes interrogées. Revue Tiers Monde, n° 201, pp. 65-85.
- DUREAU F. (coord.), CONTRERAS Y., CYMBALISTA R., LE ROUX G., PIRON M., (2014). - *Évolution de l'intensité et des échelles de la ségrégation résidentielle depuis les années 1990 : une analyse comparative* - Programme de recherche ANR METAL, Chapitre 4, in DUREAU F., LULLE T., SOUCHAUD S., CONTRERAS Y., (Ed.), Mobilités et changement urbain à Bogotá, Santiago et São Paulo, coll. Espaces et Territoires, Presses Universitaires de Rennes, pp. 109-134.
- DUREAU F., BARBARY O., LULLE T., 2004, Dynamiques de peuplement et ségrégations métropolitaines. in DUREAU F. et al (dir.), Villes et sociétés en mutation. Lectures croisées sur la Colombie. Paris, Anthropos, Collection Villes, pp. 123-182.
- DUREAU F., GOUËSET V., 2010, Formes de peuplement et inégalités de déplacements. L'évolution des mobilités quotidiennes dans deux périphéries populaires de Bogotá : Soacha et Madrid (1993-2009), Revue Tiers Monde 2010/1 (n° 201), pp. 131-156.
- DUREAU F., GOUËSET V., LE ROUX G., LULLE Th., (2012). - Cambios urbanos y evolución de las desigualdades en el acceso a los recursos de la metrópoli. Un estudio de caso en unos barrios del occidente de Bogotá, 10ème seminario ACIUR (Asociación Colombiana de Investigadores Urbano regionales), septembre 2012, Universidad Javeriana, Bogota, 16 p.
- GOBILLON L., SELOD H., ZENOU Y. (2007), The Mechanisms of Spatial Mismatch. Urban Studies, vol. 44, n° 12, pp. 2401-2427.
- GOMIDE A., 2003, Transporte urbano e inclusão social: elementos para políticas públicas, Brasília, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Texto para discussão no 960, 33 p.
- GOUËSET V. (coord.), DEMORAES F., FIGUEROA O., LE ROUX G., ZIONI S., (2014). - *Parcourir la métropole - Pratiques de mobilité quotidienne et inégalités socio-territoriales à Bogotá, Santiago et São Paulo* - Programme de recherche ANR METAL, Chapitre 8, in DUREAU F., LULLE T., SOUCHAUD S., CONTRERAS Y., (Ed.), Mobilités et changement urbain à Bogotá, Santiago et São Paulo, coll. Espaces et Territoires, Presses Universitaires de Rennes, pp. 265-302.
- HENRY E., HUBERT J.-P., (2000), Contrastes de la motorización y de la movilidad en las megápolis. CODATU IX - Transportes urbanos et environnement, Mexico, SWETS A. A. Balkema Publishers.
- JANOSCHKA M. (2002). - El nuevo modelo de la ciudad latinoamericana: fragmentación y privatización. Revista Eure, vol. 28, n° 85, pp. 11-20.
- KAIN J. F. (1968). - Housing Segregation, Negro Employment and Metropolitan Decentralization. Quarterly Journal of Economics, vol. 82, n° 2, pp. 175-197.
- KILROY A. (2007). - Intra-urban spatial inequality: Cities as "urban regions", Reshaping Economic Geography, World Development Report 2009, 384 p.
- LAZO A. (2012), Entre le territoire de proximité et la mobilité : les ancrages et le territoire de proximité comme support et ressource pour les pratiques de mobilité des habitants de la ville de Santiago du Chili. Thèse de doctorat en Géographie et Aménagement, Pontificia Universidad Católica de Chile, Université Toulouse-Le Mirail, 446 p.
- LE BRETON E., 2005, Bouger pour s'en sortir. Mobilité quotidienne et intégration sociale, Paris, Armand Colin, 256 p.
- LE ROUX G., 2015, (Re)connaître le stade de peuplement actuel des grandes villes latino-américaines. Diversification des parcours des habitants et des échelles du changement urbain à Bogotá (Colombie), Thèse de Géographie, Université de Poitiers, 540 p.
- LUNGO M., BAIRES S. (2001). - Socio-Spatial Segregation and Urban Land Regulation in Latin American Cities, proceeding of the International Seminar on Segregation in the City held from July 26-28, 2001, at the Lincoln Institute, 22 p.
- OPPENCHAIM N., 2011, La mobilité comme accessibilité, dispositions et épreuve : trois paradigmes expliquant le caractère éprouvant des déplacements à Paris, Artículo - Journal of Urban Research [En ligne], 7 | 2011, URL : <http://articulo.revues.org.distant.bu.univ-rennes2.fr/1767>



- ORFEUIL J.-P., 2015, Des difficultés de mobilité variées, qui appellent des réponses personnalisées, in ORFEUIL J.-P., RIPOLL F., Accès et mobilités. Les nouvelles inégalités, Gollion (Suisse), Infolio, coll. « Archigraphy poche », pp. 9-101.
- PAQUETTE C., 2000, Santiago du Chili : une ségrégation spatiale importante et « organisée », in DUREAU F., et al. (coord.) Métropoles en mouvement : une comparaison internationale, Paris, Anthropos-IRD, Coll. Villes, pp. 311-317.
- QUIROGA P., (2014). - Mobilités urbaines, pratiques résidentielles et inégalités. Le cas des personnes âgées pauvres à Recife (Brésil), ss. la co-dir. de Vincent GOUËSET, ESO-Rennes (UMR 6590 CNRS), Université Rennes 2 et Jan BITOUN, Universidade Federal do Pernambuco (Recife), 434 p.
- PINÇON-CHARLOT M., PRÉTECEILLE E., RENDU P., 1986, Ségrégation urbaine, classes sociales et équipement, Paris, Anthropos, 290 p.
- RODRÍGUEZ J., ARRIAGADA C. (2004). - Segregación residencial en la Ciudad Latinoamericana, Revista Eure, n° 30, pp. 5-24.
- RODRÍGUEZ J., (2007). - Segregación residencial, migración y movilidad espacial. El caso de Santiago de Chile. Cuadernos metrópole, n° 17, p. 135-168.
- RODRÍGUEZ, J., 2008, Movilidad cotidiana, desigualdad social y segregación residencial en cuatro metrópolis de América Latina. Eure, XXXIV (103), 49-71.
- SABATINI F, CÁCERES G., CERDA J. (2001). - Residential segregation pattern changes in main Chilean cities: scale shifts and increasing malignancy. Communication - International Seminar on Segregation in the City, Lincoln Institute of Land Policy, Cambridge, Mass., july, pp. 25-28.
- SALAS VANEGAS A., 2008, Ségrégation résidentielle et production du logement à Bogotá, entre images et réalités - Thèse de géographie, Université de Poitiers, Laboratoire MIGRINTER, 481 p.
- SCHTEINGART M. 2002, La división social del espacio en las ciudades, con especial referencia al caso de México, Perfiles Latinoamericanos, n° diciembre, pp. 13-31.
- VASCONCELLOS E. A. (2005a), Transport metabolism, social diversity and equity: The case of São Paulo, Brazil - Journal of Transport Geography 13(4): 329-339.
- WENGLANSKI S. 2006, Regards sur la mobilité au travail des classes populaires, Cahiers Scientifiques du Transport N° 49, pp. 103-127.
- ZÉNEIDI D., 2003, Inégalités, in ESO Travaux et Documents, n°20, octobre 2003, pp. 13-16.

5.6 - Références à caractère méthodologique

- APPARICIO Ph., 2000, Les indices de ségrégation résidentielle : un outil intégré dans un système d'information géographique, Cybergeog, Revue Européenne de Géographie, n° 134. [En ligne]
- BACHI R. (1963). - Standard distance measure and related methods for spatial analysis. Papers in Regional Sciences, vol. 10, n°1, pp. 73-132.
- BANOS A., THEVENIN T., (2005). - La carte animée pour révéler les rythmes urbains, Revue Internationale de Géomatique, Vol 15, n° 1, pp. 11-31.
- BEGUIN H., 1995, Analyse quantitative, in Les concepts de la géographie humaine, Masson, pp. 211-219.
- BEGUIN M, PUMAIN D., 2000, La représentation des données géographiques - Statistiques et cartographie, Coll. Cursus Géographie, Armand Colin, Paris, 192 p.
- CALOZ R., COLLET C., 2011, Analyse spatiale de l'information géographique, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, collection Ingénierie de l'Environnement, 383 p.
- CHADULE (Groupe), 1997, Initiation aux pratiques statistiques en géographie, Armand Colin, Collection U, série géographie, Paris, 203 p.
- CORNILLON P.-A. et al, 2008, Statistiques avec R, Presses Universitaires de Rennes, 296 p.
- COURGEAU D., 1988, Méthodes de mesure de la mobilité spatiale - Migrations internes, mobilité temporaire, navettes, Paris, INED, 301 p.
- DIGGLE PJ. (1983). - Statistical analysis of spatial point patterns. London: Academic Press, 148 p.
- DUREAU F., avec la collaboration de CÓRDOBA H., FLÓREZ C. E., LE ROUX G., LULLE T., MIRET N., 2011, Encuestas movilidad espacial Bogotá METAL 2009: metodología de las encuestas, Bogotá, Universidad de los Andes, Documento CEDE no 23-2011, 62 p. + 391 p. annexes.
- DUREAU F., (coord.), CONTRERAS Y., DEMORAES F., LE ROUX G., LULLE T., PIRON, S. SOUCHAUD (2014). - Une méthodologie de production et d'analyse de l'information commune aux 3 métropoles étudiées - Programme de recherche ANR METAL, Chapitre 2, in DUREAU F., LULLE T., SOUCHAUD S., CONTRERAS



- Y., (Ed.), Mobilités et changement urbain à Bogotá, Santiago et São Paulo, coll. Espaces et Territoires, Presses Universitaires de Rennes, pp. 49-82.
- DUREAU F., BARBARY O., MICHEL A., LORTIC B., (1989), Sondages aréolaires sur image satellite pour des enquêtes sociodémographiques en milieu urbain. Paris, Orstom. [En ligne] http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/30031.pdf
- GRASLAND C., 1994, L'erreur écologique en géographie, Feuilles de Géographie n°1, vol. I-1994, 4 p.
- HUSSON F., LÊ S., PAGÈS J., 2009, Analyse de données avec R, Presses Universitaires de Rennes, 224 p.
- IMBERT C., DUREAU F., GIROUD M. (2009) Méthodes d'analyse des mobilités urbaines des ménages : réflexions autour de l'enquête « Déplacements Poitiers », in Geografie del popolamento, Casi di studio, metodi e teorie. Atti della giornata di studi Grosseto, 24-26 settembre 2008, sous la dir. de MACCHI, Janica. Università degli Studi di Siena. pp. 89-96.
- LEBART L., PIRON M., MORINEAU A., 2006, Statistique exploratoire multidimensionnelle : visualisation et inférence en fouille de données, Dunod, 464 p.
- MORENCY C. (2006) Étude de méthodes d'analyse spatiale et illustration à l'aide de microdonnées urbaines de la Grande Région de Montréal. Les Cahiers scientifiques du transport, n° 49, pp. 77-102. [En ligne] http://afitl.ish-lyon.cnrs.fr/tl_files/documents/CST/N49/Moren49.pdf
- PFEIFFER D, ROBINSION T, STEVENSON M, SETVENS K, ROGERS D. CLEMENTS A., (2008). - Spatial analysis in epidemiology. Oxford: Oxford University Press, 162 p.
- PUMAIN D. et SAINT-JULIEN Th., 1997, L'analyse spatiale, Coll. Cursus Géographie, Armand Colin, Paris, 167 p.
- PUMAIN D. et SAINT-JULIEN Th., 2001, Les interactions spatiales - Flux et changements dans l'espace géographique, Coll. Cursus Géographie, Armand Colin, Paris, 192 p.
- SCHABENBERGER O, GOTWAY C., (2005). - Statistical methods for spatial data analysis. Chapman & Hall/CRC, 512 p.
- SOURIS M., DEMORAES F., SERRANO T., HABERT E. (2007), Manuel de référence de SavGIS, 870 p. [En ligne] : <http://www.savgis.org/SavGIS/documentation/manuels.html>
- VASCONCELLOS E. A. (2005a), Transport metabolism, social diversity and equity: The case of São Paulo, Brazil - Journal of Transport Geography 13(4): 329-339.
- VASCONCELLOS E. A. (2005b), Urban change, mobility and transport in Sao Paulo: three decades, three cities - Transport Policy 12(2): 91-104.

5.7 - Autres

- CIA. DO METRÔ (1999). - Pesquisa Origem e Destino 1997 na Região Metropolitana de São Paulo, Síntese das informações - pesquisa domiciliar e linha de contorno, São Paulo: Secretaria dos Transportes Metropolitanos / Governo do Estado de São Paulo, BNDES, 77 p.
- CIA. DO METRÔ (2008). - Pesquisa Origem e Destino 2007 na Região Metropolitana de São Paulo, Síntese das informações - pesquisa domiciliar, São Paulo: Secretaria dos Transportes Metropolitanos / Governo do Estado de São Paulo, 83 p.
- CONTRERAS Y. (2011), La recuperación urbana y residencial del centro de Santiago: Nuevos habitantes, cambios socioespaciales significativos, revista EURE, vol 37, n° 112, pp. 89-113.
- DANE-STT, 2005, Encuesta de Movilidad Urbana, Departamento Administrativo Nacional de Estadística / Secretaría de Tránsito y Transporte de la Alcaldía Mayor de Bogotá, D. C.
- DUREAU F. (Coord.) (2012). - [Rapport final du projet METAL](#) (ANR-07-SUDS-O25), 32 p.
- GMEA & REINGENIERIA (2004) - Diagnóstico de Tráfico, Transporte y Vialidad de la ciudad de El Alto, Gobierno Municipal de El Alto, 127 p.
- HCCP, 2002, Plan General de Desarrollo Provincial de Pichincha, Honorable Concejo Provincial de Pichincha, 422p.
- MAMANI, P., 2004 - El rugir de la multitud: levantamiento de la ciudad aymara de El Alto y caída del gobierno de Sánchez de Lozada. In: La Guerra del Gas en Bolivia (Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales y Observatorio Social de América Latina, ed.): número 12; La Paz: CLACSO-OSAL, pp. 15-26.
- METAL 2009, Enquêtes sur les systèmes de mobilités à Bogotá, Santiago du Chili et São Paulo, ANR METAL.
- NUNES APOLINÁRIO M., 2009, Los municipios en la constitución brasileña, en Contribuciones a las Ciencias Sociales, [En ligne]



ORSTIF, 2010, Enquête auprès des salariés d'Ile de France sur les transports en commun domicile-travail, 46 p., disponible en ligne : http://www.observatoire-social.org/ressources/OSL_ORSTIF_trajetsdt_idf_2010.pdf

SECTRA, 1991, Encuesta Origen Destino de Viajes del Gran Santiago, Informe final, Ministerio de Planificación (MIDEPLAN), Comisión de Planificación de Inversiones en Infraestructura de Transporte, 340 p + anexos (780 p.).

SECTRA, 2001, Encuesta de Movilidad para el Gran Santiago, Ministerio de Planificación (MIDEPLAN), asesorado por la Secretaría Ejecutiva de la Comisión de Planificación de Inversiones en Infraestructura de Transporte (SECTRA), Pontificia Universidad Católica de Chile (Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas - DICTUC), 674 p. + Metodología 108 p.

SECTRA, 2006, Actualización y Recolección de Información del Sistema de Transporte Urbano, Ministerio de Planificación (MIDEPLAN), Pontificia Universidad Católica de Chile (Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas - DICTUC), 557 p.

SDG-CNT, 2011, Informe de indicadores - Encuesta de Movilidad de Bogotá 2011, Steer Davies Gleave, Centro Nacional de Consultoría, 45 p.



6 - Références bibliographiques (par ordre alphabétique)

6.1 - Toutes les références

- AGERON P., SUTTON K. et VARLET J., 2009, Mobilités et transports - Orientation bibliographique, *Historiens et Géographes*, n° 407, pp. 242-244.
- ALSNIH R., HENSHER D.A. (2003). - The Mobility and Accessibility Expectations of Seniors in an Aging Population, *Transportation Research, Part A*, Vol.37, pp. 903-916.
- ANTICO C., (2003), Onde morar e onde trabalhar: espaço e deslocamentos pendulares na região metropolitana de São Paulo. Thèse de doctorat en démographie, Universidade Estadual de Campinas, 254 p.
- ANTICO, C. (2005), Deslocamentos pendulares na região metropolitana de São Paulo - São Paulo Perspectivas, vol.19, no.4, pp. 110-120.
- APPARICIO Ph., 2000, Les indices de ségrégation résidentielle : un outil intégré dans un système d'information géographique, *Cybergeo*, *Revue Européenne de Géographie*, n° 134. [En ligne] : <https://cybergeo.revues.org/12063>
- APPERT M., CHAPELON L. (2001). The urban traffic system vulnerability: definition and measures. Communication au 12e colloque international de «Géographie théorique et quantitative», St Valéry en Caux, France, septembre 2001.
- APPERT M., CHAPELON L. (2003). Variabilité de la performance des réseaux routiers : application à la région urbaine de Londres. In MATHIS Ph., (dir.), *Graphes et réseaux: modélisation multinationale*. Paris: Hermès science, coll. «IGAT, Série Aspects fondamentaux de l'analyse spatiale», pp. 51-76
- ARANHA V. (2005), Mobilidade pendular na metrópole paulista. São Paulo Perspectivas, vol. 19, n° 4, pp. 96-109. [En ligne] <http://www.scielo.br/pdf/spp/v19n4/v19n4a06.pdf>
- ARBONA, J. & KOHL, B., 2004 - City profile. La Paz-El Alto. *Cities*, vol. 21, n.° 3, pp. 255-265.
- ASAKURA, Y., 1998. Reliability measures of an origin and destination pair in a deteriorated road network with variable flows in *Transportation Networks: Recent Methodological Advances. Selected Proceedings of the 4th EURO Transportation Meeting (1996)* Ed. Michael G. H. BELL, Pergamon, pp. 273-287.
- ASAKURA, Y., KASHIWADANI, M., 1991. Road network reliability caused by daily fluctuation of traffic flow. *Proceedings of the 19th PTRC Summer Annual Meeting (Seminar G)*, Brighton, pp. 73-84.
- ATC, 1991, *Seismic Vulnerability and Impact of Disruption of Lifelines in the Conterminous United States*, Applied Technology Council - 25, Federal Emergency Management Agency (FEMA), Redwood City, CA, 439 p.
- ATIAGA G., DEMORAES F., 2002, Vulnerabilidad estructural de los puentes del Distrito Metropolitano de Quito frente al peligro sísmico - Aplicación y adaptación de la metodología HAZUS@99 al contexto ecuatoriano - Presentación de la metodología, resultados y mapas, Direcciones Metropolitanas de Territorio y Vivienda y de Transporte y Vialidad, Municipio del Distrito de Quito, Escuela Politécnica Nacional, IRD, décembre 2002, Quito, Equateur, 127 p.
- BACCAÏNI B., (1996) Les trajets domicile-travail en Ile-de-France. Contraste entre catégories socioprofessionnelles. *Economie et Statistique*, n° 294-295, pp. 109-126.
- BACCAÏNI B., SEMECURBE F., THOMAS G., 2007, Les déplacements domicile-travail amplifiés par la périurbanisation, Pôle Analyse territoriale, Insee, disponible en ligne : <http://www.insee.fr/fr/ffc/ipweb/ip1129/ip1129.pdf>
- BACHI R. (1963). - Standard distance measure and related methods for spatial analysis. *Papers in Regional Sciences*, vol. 10, n°1, pp. 73-132.
- BACQUÉ M.-H., FOL S. (2007). - L'inégalité face à la mobilité : du constat à l'injonction, *Revue Suisse de Sociologie*, 33, 1, pp. 89-104.
- BANOS A., THEVENIN T., (2005). - La carte animée pour révéler les rythmes urbains, *Revue Internationale de Géomatique*, Vol 15, n° 1, pp. 11-31.
- BARRIENTOS ZAPATA A.D., 2012, La Región Metropolitana Boliviana de La Paz-El Alto. Cuaderno urbano [En ligne]. vol.13, pp. 193-216.
- BEGUIN H., 1995, Analyse quantitative, in *Les concepts de la géographie humaine*, Masson, pp. 211-219.
- BEGUIN M., PUMAIN D., 2000, La représentation des données géographiques - Statistiques et cartographie, Coll. *Cursus Géographie*, Armand Colin, Paris, 192 p.



- BERDICA K., 2000, Analysing vulnerability in the road transportation system. Rapport TRITA-IP FR 00-76, Royal Institute of Technology, Division of Transport and Location Analysis, Stockholm, Sweden, 75 p.
- BERDICA K., 2002, An introduction to road vulnerability: what has been done, is done and should be done? *Transport Policy* 9 (2), pp. 117-127.
- BERGER M., (2004). - Les périurbains de Paris. Paris, CNRS éditions, Espaces et Milieux, 317 p.
- BERGER M., BEAUCIRE F., (2002) Mobilité résidentielle et navette. Les arbitrages des ménages d'Ile-de-France, in LEVY, Jean-Pierre et DUREAU, Françoise (dir.), *L'accès à la ville. Les mobilités spatiales en questions*. Paris, L'Harmattan, Coll. Habitat et sociétés, p. 141-166.
- BIELICH C., (2009) *La guerra del centavo*. Lima, Instituto de Estudios Peruanos, 122 p
- BLAIKIE, P., CANNON, T., DAVIS, I., WISNER, B., 1994 - *At risk. Natural people's vulnerability and disasters*, New-York - Routledge, 280 p.
- BORSODORF A. (2003). - Hacia la ciudad fragmentada. Tempranas estructuras segregadas en la ciudad latinoamericana. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. Universidad de Barcelona, vol. VII, núm. 146(122).
- BRUN J., 1994, Essai critique sur la notion de ségrégation et sur son usage en géographie urbaine, dans BRUN J., RHEIN C. (dir.), *La ségrégation dans la ville. Concepts et mesures*, L'Harmattan, pp. 21-57.
- BRUN J., BONVALET C. (2002). - Approches quantitatives ou qualitatives de la mobilité résidentielle : éléments de bilan et perspectives. In: *Espace, populations, sociétés*, pp. 63-72.
- BRUNET R., FERRAS R., THERY H., 1994, *Les mots de la géographie*, Montpellier, Reclus, Paris, La Documentation française, 518 p.
- CAF-BDAL (2011) - *Desarrollo urbano y movilidad en América Latina*, Dirección de Análisis y Programación Sectorial de la Vicepresidencia de Infraestructura de la Corporación Andina de Fomento - Banco de Desarrollo de América Latina, 317 p.
- CALOZ R., COLLET C., 2011, *Analyse spatiale de l'information géographique*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, collection Ingénierie de l'Environnement, 383 p.
- CARDONA O.D., 1993, Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo, in *Los desastres no son naturales*, La RED, MASKREY A. (ss la dir.), Tercer Mundo Editores, Bogotá. pp. 45-65.
- CASADO IZQUIERDO J.M., 2014, Patrones horarios de la movilidad cotidiana en la Zona Metropolitana del Valle de México, *Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, Vol.: 18, nº 487 [En ligne]
- CELADE (2009) - *Urbanización en perspectiva*, Serie: Observatorio Demográfico América Latina y el Caribe, No.8, 295 p.
- CEPAL, 2012, *Panorama Social 2011*, Santiago du Chili, Naciones Unidas, 248 p.
- CERTU (2002). *Vulnérabilité des réseaux urbains et gestion de crise: exemple de l'inondation de mars 2001 à Lyon et Mâcon*. Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (DPPR), 81 p.
- CHADULE (Groupe), 1997, *Initiation aux pratiques statistiques en géographie*, Armand Colin, Collection U, série géographie, Paris, 203 p.
- CHARDON A.C., 1994, Etude intégrée de la vulnérabilité de la ville de Manizales (Colombie) aux risques naturels, *Revue de Géographie Alpine*, N°4, Tome LXXXII, pp. 97-111.
- CHARDONNEL S., DUREAU F., TABAKA K., IMBERT C. et LEVY J.-P., 2009, Les mobilités - Bibliographie de l'agrégation de géographie 2010, *Historiens et Géographes*, nº 407, pp. 232-241.
- CHEN, A., YANG, H., LO, H.K., TANG, W.H., 1999. A capacity related reliability for transportation networks. *Journal of Advanced Transportation*, 33 (2), pp. 183-200.
- CHESTER D.K., DUNCAN A.M., GUEST J.E. (2001) - The increasing exposure of cities to the effects of volcanic eruptions: A global survey. *Environmental Hazards*, 2. pp. 89-103.
- CHESTER, D. K., 2002 - Overview: hazard and risk. In: *Applied Geomorphology: theory and practice* (R. J. Allison, ed), Chichester: John Wiley and Sons, pp. 251-264.
- CIA. DO METRÔ (1999). - *Pesquisa Origem e Destino 1997 na Região Metropolitana de São Paulo, Síntese das informações - pesquisa domiciliar e linha de contorno*, São Paulo: Secretaria dos Transportes Metropolitanos / Governo do Estado de São Paulo, BNDES, 77 p.
- CIA. DO METRÔ (2008). - *Pesquisa Origem e Destino 2007 na Região Metropolitana de São Paulo, Síntese das informações - pesquisa domiciliar*, São Paulo: Secretaria dos Transportes Metropolitanos / Governo do Estado de São Paulo, 83 p.
- CLICHEVSKY N. (2000). - Informalidad y segregación urbana en América Latina. Una aproximación. *Serie Medio Ambiente y Desarrollo*, nº28, 61 p.



- COLONNA P. (1984), Constructions routières et séismes : effets du tremblement de terre du 23 novembre 1980 sur la viabilité, CR colloque Routes et Développement, vol. 2, Paris, pp. 801-812.
- CONTRERAS Y. (2011), La recuperación urbana y residencial del centro de Santiago: Nuevos habitantes, cambios socioespaciales significativos, revista EURE, vol 37, n° 112, pp. 89-113.
- CORNILLON P.-A. et al, 2008, Statistiques avec R, Presses Universitaires de Rennes, 296 p.
- COURGEAU D., 1988, Méthodes de mesure de la mobilité spatiale - Migrations internes, mobilité temporaire, navettes, Paris, INED, 301 p.
- D'ERCOLE R., (Coord.), 2002, Evaluación de riesgos y análisis de necesidades en la hipótesis de una erupción del volcán Cotopaxi, Rapport d'expertise, février 2002, Quito, Équateur, 7 p.
- D'ERCOLE R., 1991, Vulnérabilité des populations face au risque volcanique. Le cas de la région du volcan Cotopaxi (Equateur) - Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble, 460 p.
- D'ERCOLE R., 1994, Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse, Revue de Géographie Alpine, No4, Tome LXXXII, pp. 87-96.
- D'ERCOLE R., 2002, Contribution à la définition des mots de l'environnement urbain, Document de travail, UR029 " Environnement Urbain " - IRD, 8 p.
- D'ERCOLE R., DEMORAES F., (2003). - Risques et réponses institutionnelles en Équateur - Cartes et méthodes - Cahiers de Géographie, Collection EDYTEM (1), Université de Savoie, pp. 157-168.
- D'ERCOLE R., GLUSKI, P., HARDY, S., SIERRA, A., 2009 - Vulnérabilités urbaines dans les pays du Sud. Présentation du dossier. Cybergeog : European Journal of Geography. [En ligne], Dossiers, Vulnérabilités urbaines au sud, <http://www.cybergeog.eu/index22151.html>
- D'ERCOLE R., HARDY S., METZGER P., ROBERT J., GLUSKI P., 2012, Les dimensions spatiales et territoriales de la gestion de crise à Lima ", Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Volume 12 Numéro 1 | mai 2012.
- D'ERCOLE R., HARDY S., ROBERT J., 2009, Balance de los accidentes y desastres ocurridos en La Paz, Lima y Quito (1970-2007), Bulletin de l'IFEA 38(3), 2009, Lima, pp. 433-465.
- D'ERCOLE R., METZGER P., 2000, La vulnérabilité de Quito face à l'activité du Guagua Pichincha. Les premières leçons d'une crise durable, in Cahiers Savoisiens de Géographie, CISM, Vol III, pp. 39-52.
- D'ERCOLE R., METZGER P., 2002, Los lugares esenciales del Distrito Metropolitano de Quito, IRD/DMTV-MDMQ, collection "Quito Metropolitano", 216 p.
- D'ERCOLE R., METZGER P., 2002, Los lugares esenciales del Distrito Metropolitano de Quito. Quito: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, coll. "Quito Metropolitano", n° 22, 206 p.
- D'ERCOLE R., METZGER P., 2004, La vulnerabilidad del Distrito Metropolitano de Quito - Colección Quito Metropolitano, MDMQ-IRD, Quito, Ecuador, 496 p.
- D'ERCOLE R., METZGER P., 2004, La Vulnerabilidad del Distrito Metropolitano de Quito. Quito: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, col. "Quito Metropolitano", n° 23, 496 p.
- D'ERCOLE R., METZGER P., ROBERT J., HARDY S., GLUSKI P., VERNIER P., SIERRA A., PERFETTINI H., GUILLIER B., 2011, Estudio SIRAD: Recursos de respuesta inmediata y de recuperación temprana ante la ocurrencia de un sismo y/o tsunami en Lima Metropolitana y Callao - Proyecto "Preparación ante desastre sísmico y/o tsunami y recuperación temprana en Lima y Callao", INDECI-PNUD-ECHO, COOPI, IRD, Lima, 189 p.
- D'ERCOLE R., PIGEON P., BAUSSART O., CAMBOT V., GNEMMI L., WATTEZ J., 2000, Analyse du système urbain d'Annecy et définition de ses enjeux, Département de Géographie - Université de Savoie, 52 p. + figures.
- DANE-STT, 2005, Encuesta de Movilidad Urbana, Departamento Administrativo Nacional de Estadística / Secretaría de Tránsito y Transporte de la Alcaldía Mayor de Bogotá, D. C.
- DELAUNAY Daniel (2010). - Mobilités, ségrégations résidentielles et bonus démographique dans la zone métropolitaine de Santiago du Chili. In : BERTRAND, Monique (dir.). Mobilité, pauvretés : les villes interrogées. Revue Tiers Monde, n° 201, pp. 65-85.
- DELER J-P., (1994). - Un espace marqué par la métropolisation. Problèmes d'Amérique latine, n°14, La documentation française, Paris, pp. 37-45.
- DEMORAES F., (1998). - Etude de l'évolution de l'agglomération de La Paz - El Alto (Bolivie) depuis les 20 dernières années, compte tenu des contraintes environnementales du site. Une péjoration des conditions d'urbanisation ? Une base de référence : le Plan de Développement Urbain de la Ville de La Paz (1976-77), Mémoire de maîtrise, Université de Savoie, 120p.
- DEMORAES F., (2002a). - La movilidad en el Distrito Metropolitano de Quito. - In D'ERCOLE R., METZGER P. (Dir.), Los lugares esenciales del Distrito Metropolitano de Quito, Coll. Quito Metropolitano, MDMQ-IRD (Ed.), pp. 133-144.



- DEMORAES F., (2002b). - Vulnerabilidad de la movilidad en Quito inducida por la exposición a las inundaciones de un medio de transporte clave: el trolebús. Congrès Panaméricain d'Ingénierie du Trafic et des Transports (Panam XII), novembre 2002, Quito, Équateur, 8 p.
- DEMORAES F., (2002c). - Metodología de identificación de los elementos de mayor interés del transporte urbano, Aplicación a la ciudad de Quito y representación espacial a través de un SIG. Colloque International sur les Systèmes d'Information Géographiques « GIS Ecuador 2002 », juillet 2002, Ecole Polytechnique Nationale, Quito, Équateur. Actes diffusés sur CD-ROM.
- DEMORAES F., (2002d). - Situación del transporte y de las comunicaciones en el Distrito Metropolitano de Quito frente a los lahares relacionados con una erupción del volcán Cotopaxi. In D'ERCOLE R. (Coord.) - Evaluación de riesgos y análisis de necesidades en la hipótesis de una erupción del volcán Cotopaxi, février 2002, Quito, Équateur, 7 p.
- DEMORAES F., 2004 - Mobilité, enjeux et risques dans le District Métropolitain de Quito, thèse publiée, Laboratoire EDYTEM - Université de Savoie, 587 p.
- DEMORAES F., 2009, De l'intérêt d'une étude sur la vulnérabilité des réseaux routiers et de transport pour la compréhension des vulnérabilités territoriales - Le cas du District Métropolitain de Quito (Équateur), Revue européenne de géographie - CyberGéo, [en ligne : <http://cybergeogeo.revues.org/22101>].
- DEMORAES F., BONDOUX F., SOURIS M., NUÑEZ H. (2004). - Innovaciones tecnológicas aplicadas al transporte colectivo en Quito - Optimización en la evaluación de la demanda con GPS y SIG. - Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines, 33. (1), Lima - Pérou, pp. 193-212.
- DEMORAES F., CONTRERAS, Y., PIRON M., (en cours) - Ciclo de vida, jerarquía social y espacios de movilidad cotidiana en Santiago de Chile, à soumettre à la revue Eure, Santiago de Chile, 25p.
- DEMORAES F., D'ERCOLE R., 2009, Risques et accessibilité des lieux dans le District Métropolitain de Quito (Équateur) - Dossier spécial « Cartographie des risques sous la coordination de : Emmanuel BONNET, Élise BECK et Élisabeth CHESNEAU » - Revue Mappemonde, N° 95 (3-2009), [en ligne : <http://mappemonde.mgm.fr/num23/articles/art09302.html>].
- DEMORAES F., D'ERCOLE R., ATIAGA G., METZGER P. (2005). - Seismic vulnerability of the bridges and overpasses along critical roads and mobility disruption within the Metropolitan District of Quito (Ecuador) - Revue Internationale PANGAEA, CIFEG, n°43/44, pp. 37-52.
- DEMORAES F., D'ERCOLE R., METZGER P., SOURIS M., 2006, Enjeux, mobilité, accessibilité et risques - L'exemple du District Métropolitain de Quito (Équateur) - Revue Internationale de Géomatique - Editions Hermès, Vol. 16/3-4, pp. 435-456.
- DEMORAES F., DUREAU F., PIRON M., (2011). Análisis comparativo de la segregación social en Bogotá, Santiago y São Paulo. Document de travail du projet ANR METAL, 32 p.
- DEMORAES F., GOUËSET V., PIRON M., FIGUEROA, O., ZIONI S. (2010) - Mobilités quotidiennes et inégalités socio-territoriales à Bogotá, Santiago du Chili et São Paulo, Revue Espace, Populations, Sociétés, n° 2010-2 « Nouvelles mobilités dans les Suds », pp. 349-364.
- DEMORAES F., PIRON M., ZIONI S., SOUCHAUD S., (2011) - Analyse des inégalités d'accès aux ressources de la ville à travers le prisme des mobilités quotidiennes pour le travail et les études à São Paulo (Brésil) - Expérimentation méthodologique - Résultats préliminaires. Colloque de l'Association Internationale des Sociologues de Langue Française - Mobilités Spatiales et Fluidités Sociales : Mobilités spatiales et ressources métropolitaines : l'accessibilité en questions, 24-25 mars 2011, Grenoble.
- DEMORAES F., PIRON M., ZIONI S., SOUCHAUD S. (2012) - Inégalités d'accès aux ressources de la ville analysée à l'aide des mobilités quotidiennes - Approche méthodologique exploratoire à São Paulo, Vol. 56, No 158, septembre 2012, Dossier Mobilités spatiales et ressources métropolitaines : l'accessibilité en questions, Cahiers de géographie du Québec, pp. 463-489.
- DIAZ OLVERA L., PLAT D., POCHET P., (2002). - Hiérarchie sociale, hiérarchie modale dans trois capitales africaines, in BUSSIÈRE Y. & MADRE J.-L., (dir.), Démographie et demande de transport: villes du Nord et villes du Sud. Paris: Economica, pp. 289-315.
- DIGGLE P.J. (1983). - Statistical analysis of spatial point patterns. London: Academic Press, 148 p.
- DONALD J, GOODCHILD M. (1983) Diurnal patterns of social group distribution in Canadian cities. Economic Geography, vol. 59, n° 4, pp. 403-425.
- DU, Z.P., NICHOLSON, A.J., 1997. Degradable transportation systems: sensitivity and reliability analysis. Transportation Research-B 31 (3), pp. 225-237.
- DUBOIS-MAURY, J., CHALINE, C., 2002 - Les risques urbains, 208 pp.; Paris: Armand Colin. 2ème Édition.
- DUHAU E., 2003, División social del espacio metropolitano y movilidad residencial, México, Papeles de Población, n° 36, pp. 161-210.
- DUPONT Y. (sous la direction de), 2003, Dictionnaire des risques, Armand Colin, 421 p.
- DUPUY G., 1991, L'urbanisme des réseaux: théories et méthodes, Collection : U. Série Géographie, Paris : A. Colin, 198 p.



- DURAND M., 2010, Gestion des déchets et inégalités environnementales et écologiques à Lima : entre durabilité et vulnérabilité, Thèse de Géographie, UMR ESO, Université Rennes 2, 506 p.
- DUREAU F. (Coord.), (2012). - Rapport final du projet METAL (ANR-07-SUDS-O25), 32 p.
- DUREAU F. (Coord.), CONTRERAS Y., CYMBALISTA R., LE ROUX G., PIRON M., (2014). - Évolution de l'intensité et des échelles de la ségrégation résidentielle depuis les années 1990 : une analyse comparative - Programme de recherche ANR METAL, Chapitre 4, in DUREAU F., LULLE T., SOUCHAUD S., CONTRERAS Y., (Ed.), Mobilités et changement urbain à Bogotá, Santiago et São Paulo, coll. Espaces et Territoires, Presses Universitaires de Rennes, pp. 109-134.
- DUREAU F., (Coord.), CONTRERAS Y., DEMORAES F., LE ROUX G., LULLE T., PIRON, S. SOUCHAUD (2014). - Une méthodologie de production et d'analyse de l'information commune aux 3 métropoles étudiées - Programme de recherche ANR METAL, Chapitre 2, in DUREAU F., LULLE T., SOUCHAUD S., CONTRERAS Y., (Ed.), Mobilités et changement urbain à Bogotá, Santiago et São Paulo, coll. Espaces et Territoires, Presses Universitaires de Rennes, pp. 49-82.
- DUREAU F., 2006, Habiter la ville : stratégies et mobilités résidentielles, in DUREAU F., GOUËSET V., MESCLIER E., Géographies de l'Amérique latine, Rennes, 2006, PUR, coll. Espace et Territoires, pp. 263-292.
- DUREAU F., avec la collaboration de CÓRDOBA H., FLÓREZ C. E., LE ROUX G., LULLE T., MIRET N., 2011, Encuestas movilidad espacial Bogotá METAL 2009: metodología de las encuestas, Bogotá, Universidad de los Andes, Documento CEDE no 23-2011, 62 p. + 391 p. annexes.
- DUREAU F., BARBARY O., LULLE T., 2004, Dynamiques de peuplement et ségrégations métropolitaines. in DUREAU F. et al (dir.), Villes et sociétés en mutation. Lectures croisées sur la Colombie. Paris, Anthropos, Collection Villes, pp. 123-182.
- DUREAU F., BARBARY O., MICHEL A., LORTIC B., (1989), Sondages aréolaires sur image satellite pour des enquêtes sociodémographiques en milieu urbain. Paris, Orstom. [En ligne] http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/30031.pdf
- DUREAU F., GOUËSET V., 2010, Formes de peuplement et inégalités de déplacements. L'évolution des mobilités quotidiennes dans deux périphéries populaires de Bogotá : Soacha et Madrid (1993-2009), Revue Tiers Monde 2010/1 (n° 201), pp. 131-156.
- DUREAU F., GOUËSET V., MESCLIER E., 2006, Géographies de l'Amérique latine, Rennes, PUR, 374 p.
- DUREAU F., GOUËSET V., LE ROUX G., LULLE Th., (2012). - Cambios urbanos y evolución de las desigualdades en el acceso a los recursos de la metrópoli. Un estudio de caso en unos barrios del occidente de Bogotá, 10ème seminario ACIUR (Asociación Colombiana de Investigadores Urbano regionales), septembre 2012, Universidad Javeriana, Bogota, 16 p.
- DUREAU F., HOYOS M.C., FLOREZ C.E., 1994. Soacha: un barrio de Bogotá. Movilidad y acceso a la vivienda de la población de los sectores orientales del municipio. Bogotá, Universidad de Los Andes, Desarrollo y Sociedad, n° 34, pp. 95-147.
- DUREAU F., LULLE Th., SOUCHAUD S., CONTRERAS Y., 2014, Mobilités et changement urbain - Bogotá, Santiago et São Paulo, Presses Universitaires de Rennes, 438 p.
- DURVILLE J. L., MENEROUD J.P. (1987) — Vulnérabilité aux séismes des itinéraires routiers — Bulletin de Liaison des Ponts et Chaussées, No 150-151, spécial risques naturels, pp. 185-193.
- ESTACIO J., D'ERCOLE R., 2003, Memorias sobre la erupción del volcán Reventador, Consecuencias y experiencias vividas la semana de emergencia del 3 al 11 de noviembre en el DMQ, IRD / Unidad De Prevención de Desastres - Dirección Metropolitana De Seguridad Ciudadana, Rapport de recherche, 51 p.
- FERNANDEZ M.A (dir.), 1996, Ciudades en Riesgo, degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres en América Latina, La Red - USAID, 190 p.
- FIGUEROA O. (2005). - Transporte urbano y globalización. Políticas y efectos en América latina. Revista Eure, vol. XXXI, n° 94, pp. 41-53.
- FIGUEROA O., 2013, Four decades of changing transport policy in Santiago, Chile, Research in Transportation Economics, vol. 40, no 1, p. 87-95.
- FÖBKER S., GROTZ R., 2006, Everyday mobility of elderly people in different urban settings: The example of the City of Bonn, Germany, Urban Studies, Vol.43, No.1, pp. 99-118.
- FOL S., 2013, Mobilité et pauvreté, Chapitre 8, Section : La mobilité entravée, in BRUN G. (sous dir.), Ville et mobilité - Nouveaux regards, Coll. « Méthodes et approches », Paris, Economica, pp. 129-142.
- GIBSON J., 2002, Modernización del transporte público de Santiago: ¿Qué dicen los datos?, Santiago du Chili.
- GLEYZE J.-F., 2001, Les dommages induits par les coupures du réseau routier - Eléments de recherche pour l'évaluation de la fiabilité d'un réseau routier, in Actes de la conférence Risques d'accidents et risques environnementaux dans les transports routiers, Besançon, laboratoire COGIT, 15 p.



- GLEYZE J.-F., 2005, La vulnérabilité structurelle des réseaux de transport dans un contexte de risques, Thèse de doctorat d'analyse théorique et épistémologique en géographie, Université Paris 7, 848 p.
- GMEA & REINGENIERIA (2004) - Diagnóstico de Tráfico, Transporte y Vialidad de la ciudad de El Alto, Gobierno Municipal de El Alto, 127 p.
- GOBILLON L., SELOD H., ZENOU Y. (2007), The Mechanisms of Spatial Mismatch. *Urban Studies*, vol. 44, n° 12, pp. 2401-2427.
- GÓMEZ GÉLVEZ J.A., FORERO C.O., 2014, La motorización, el número de viajes y la distribución modal en Bogotá: pasado y posible futuro. *Revista de Ingeniería*. 40, pp. 6-13.
- GOMIDE A., 2003, Transporte urbano e inclusão social: elementos para políticas públicas, Brasília, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Texto para discussão no 960, 33 p.
- GOUËSET V. (coord.), DEMORAES F., FIGUEROA O., LE ROUX G., ZIONI S., (2014). - Parcourir la métropole - Pratiques de mobilité quotidienne et inégalités socio-territoriales à Bogotá, Santiago et São Paulo - Programme de recherche ANR METAL, Chapitre 8, in DUREAU F., LULLE T., SOUCHAUD S., CONTRERAS Y., (Ed.), Mobilités et changement urbain à Bogotá, Santiago et São Paulo, coll. Espaces et Territoires, Presses Universitaires de Rennes, pp. 265-302.
- GRASLAND C., 1994, L'erreur écologique en géographie, *Feuilles de Géographie* n°1, vol. I-1994, 4 p.
- GUYON M., KEITA M., LOUIS A., TANNEAU M., WUATELET A. (2012) - Accès de la population aux ressources de proximité en situation post-catastrophe (séisme et tsunami) dans l'agglomération de Lima-Callao (Pérou) - Master 2 SIGAT - Université Rennes 2, rapport préparé dans le cadre des ateliers méthodologiques, sous la direction de F. DEMORAES et M. PIRON, avec la participation de P. METZGER, P. GLUSKI, J. ROBERT, et J. MOURA, IRD-PACIVUR, 78 p.
- HARDY S., 2009a, La vulnérabilité de l'approvisionnement en eau dans l'agglomération pacénienne : le cas du sous-système El Alto, *Cybergeogéographie : European Journal of Geography* [En ligne], Dossiers, Vulnérabilités urbaines au sud, 20 p.
- HARDY S., 2009b, Granizada e inundación del 19 de febrero de 2002. Un modelo de crisis para la aglomeración de La Paz, Numéro thématique «Vulnerabilidades urbanas en los países andinos (Bolivia, Ecuador, Perú)» - *Bulletin de l'IFEA*, 38 (3), (dir. R. D'ERCOLE, S. HARDY, J. ROBERT, P. METZGER), pp. 501-514.
- HARDY S., 2009c, Las políticas de gestión de riesgos en La Paz: Panorama y perspectivas, Numéro thématique «Vulnerabilidades urbanas en los países andinos (Bolivia, Ecuador, Perú)» - *Bulletin de l'IFEA*, 38 (3), (dir. R. D'ERCOLE, S. HARDY, J. ROBERT, P. METZGER), pp. 755-775.
- HARDY S., 2009d, Ruptura del abastecimiento de agua potable. Sistema Hampaturi-Pampahasi, La Paz, enero-febrero de 2008. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 38 (3), pp. 545-560.
- HARDY S., 2013, Atlas de la vulnérabilité de l'agglomération de La Paz, Collection : Atlas et cartes, IRD, 168 p.
- HAVLICK S.W., 1986, Third world cities at risk: Building for calamity - *Environment*, Vol. 28 (9): pp. 6-11 et 41-45.
- HCCP, 2002, Plan General de Desarrollo Provincial de Pichincha, Honorable Concejo Provincial de Pichincha, 422p.
- HENRY E., (2008), Coup de frein à la mobilité dans Saint Paul l'impétueuse (São Paulo). *Journée scientifique "Mégapoles, transports et mobilités : confrontations"*, Paris, INRETS, 15p.
- HENRY E., HUBERT J.-P., (2000), Contrastes de la motorización y de la movilidad en las megápolis. CODATU IX - Transports urbains et environnement, Mexico, SWETS A. A. Balkema Publishers.
- HENRY E., HUBERT J.-P., (2002). - Enjeux territoriaux de la motorisation et contrastes de la mobilité, in BUSSIÈRE Y. & MADRE J.-L., (dir.), *Démographie et demande de transport: villes du Nord et villes du Sud*. Paris: Economica, pp. 319-359.
- HUSSON F., LÊ S., PAGÈS J., 2009, *Analyse de données avec R*, Presses Universitaires de Rennes, 224 p.
- IIDA Y. (1999). Basic concepts and future directions of road network reliability analysis, *Journal of Advanced Transportation*, vol. 33, n° 2, pp. 125-134.
- IMBERT C., DUREAU F., GIROUD M. (2009) Méthodes d'analyse des mobilités urbaines des ménages : réflexions autour de l'enquête « Déplacements Poitiers », in *Geografie del popolamento, Casi di studio, metodi e teorie. Atti della giornata di studi Grosseto*, 24-26 settembre 2008, sous la dir. de MACCHI, Janica. Università degli Studi di Siena. pp. 89-96.
- INEI (2012) - Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población Total por Sexo de las Principales Ciudades, 2000-2015, Lima, marzo 2012, Dirección Técnica de Demografía e Indicadores Sociales, Boletín Especial N° 23, 50 p.
- JANOSCHKA M. (2002). - El nuevo modelo de la ciudad latinoamericana: fragmentación y privatización. *Revista Eure*, vol. 28, n° 85, pp. 11-20.



- KAIN J. F. (1968). - Housing Segregation, Negro Employment and Metropolitan Decentralization. *Quarterly Journal of Economics*, vol. 82, n° 2, pp. 175-197.
- KAUFMANN V., 2004, La mobilité comme capital ? in Montulet, Kaufmann, Mobilité, fluidité... liberté ?, Bruxelles, Presses des facultés Saint-Louis, pp. 25-41.
- KILROY A. (2007). - Intra-urban spatial inequality: Cities as "urban regions", Reshaping Economic Geography, *World Development Report 2009*, 384 p.
- LAGADEC P., 2003, La recherche confrontée à la question des crises, Risques collectifs et situations de crise. Apports de la recherche en sciences humaines et sociales, Éditions de L'Harmattan, Paris, pp. 297-316.
- LAM, W.H.K., 1999. Special issue: Network reliability and transport modelling. *Journal of Advanced Transportation* 33 (2) editorial, pp. 121-123.
- LAURENTIUS, G., 1994. The vulnerability of the city. In Weissglas, G. (Ed), *Planning a High Resilience Society*, Geographical Reports no. 11, Umeå, Papers and Proceedings from the Löfvångers Symposium, August 18 - 20, 1993, pp. 277-288.
- LAVELL THOMAS A., 1993, Ciencias sociales y desastres naturales en América Latina: un encuentro inconcluso, in *Los desastres no son naturales*, La RED, MASKREY A. (ss la dir.), Tercer Mundo Editores, Bogotá, pp. 110-127.
- LAZO A. (2012), Entre le territoire de proximité et la mobilité : les ancrages et le territoire de proximité comme support et ressource pour les pratiques de mobilité des habitants de la ville de Santiago du Chili. Thèse de doctorat en Géographie et Aménagement, Pontificia Universidad Católica de Chile, Université Toulouse-Le Mirail, 446 p.
- LE BRETON E., 2005, Bouger pour s'en sortir. Mobilité quotidienne et intégration sociale, Paris, Armand Colin, 256 p.
- LEBART L., PIRON M., MORINEAU A., 2006, Statistique exploratoire multidimensionnelle : visualisation et inférence en fouille de données, Dunod, 464 p.
- LEONE F. (1996), Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvements de terrain, Thèse de géographie, Université J. Fourier, Grenoble, publiée dans les Documents du BRGM, No 250, Éditions du BRGM, Orléans, 286 p.
- LEONE F., VINET F. (dir.), 2006 - La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles : analyses géographiques, Publications de Montpellier III (Géorisques, ISSN 1956-4252 ; 1), 2006, 140 p.
- LE ROUX G., 2015, (Re)connaître le stade de peuplement actuel des grandes villes latino-américaines. Diversification des parcours des habitants et des échelles du changement urbain à Bogotá (Colombie), Thèse de Géographie, Université de Poitiers, 540 p.
- LÉVY J.-P., (2009). - Mobilité urbaine : des pratiques sociales aux évolutions territoriales, in DUREAU, Françoise et HILY, Marie-Antoinette, *Les mondes de la mobilité*. Rennes, PUR, pp. 107-136.
- LÉVY J.-P., DUREAU F., (dir.) (2002). - L'accès à la ville. Les mobilités spatiales en question. Paris, L'Harmattan, coll. Habitat et sociétés, 411 p.
- LLERAS-ECHEVERRI G., SANCHEZ-SILVA M., 2001, Vulnerability analysis of highway networks, methodology and cases study, *Transport*, vol. 147, no 4, pp. 223-230.
- LONGHURST R. (1995) — The assessment of community vulnerability in hazard prone areas, the Royal Society, London, 31 March 1995 — *Disasters*, Volume 19, Issue 3, pp. 269-270.
- LORD S., JOERIN F., THÉRIAULT M., (2009) Évolution des pratiques de mobilité dans la vieillesse : un suivi longitudinal auprès d'un groupe de banlieusards âgés, *Cybergeo : European Journal of Geography, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques*, article n° 444, [En ligne], 22p.
- LUNGO M., BAIRES S. (2001). - Socio-Spatial Segregation and Urban Land Regulation in Latin American Cities, proceeding of the International Seminar on Segregation in the City held from July 26-28, 2001, at the Lincoln Institute, 22 p.
- LUTOFF C., 2000, Le système urbain niçois face à un séisme - Analyse des enjeux et des dysfonctionnements potentiels, thèse de doctorat en géographie, Université de Savoie, 361 p.
- MAMANI, P., 2004 - El rugir de la multitud: levantamiento de la ciudad aymara de El Alto y caída del gobierno de Sánchez de Lozada. In: *La Guerra del Gas en Bolivia* (Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales y Observatorio Social de América Latina, ed.): número 12; La Paz: CLACSO-OSAL, pp. 15-26.
- MASKREY A., 1997, Vulnerabilidad y mitigación de desastres, in *Los desastres no son naturales*, La RED, MASKREY A. (ss la dir.), pp. 93-110.
- MASURE Ph., LUTOFF C., 1996, Approche intégrée des risques dus aux aléas naturels et leurs impacts potentiels sur les établissements humains, industriels, infrastructures sensibles, Module 2 : les principes



- de la planification urbaine préventive et durable, Méthodologie pour l'étude GEMITIS Nice, Rapport BRGM R38609, Ministère de l'Environnement, 149 p., 22 fig., 8 ann.
- MDMQ-DMT, 2002, Plan Maestro de Transporte para el Distrito Metropolitano de Quito (Propuesta), Quito, CD interactivo y folleto.
- METAL 2009, Enquêtes sur les systèmes de mobilités à Bogotá, Santiago du Chili et São Paulo, ANR METAL.
- METZGER P., (2010), Transporte, vialidad y accesibilidad en período de emergencia en el Área Metropolitana de Lima y Callao. Proyecto SIRAD/PNUD, Tercer Informe. Volumen 6. Parte 1. 209 p.
- METZGER P., GLUSKI P., ROBERT J., SIERRA A. (2014) Atlas problématique d'une métropole vulnérable : inégalités urbaines à Lima et Callao, IRD, PRODIG, Paris, 38 p.
- MIKLOFSKY H.A. (1982), Vulnerability of transportation systems to earthquake, US dep. transportation, Report RD-81/128, Federal Highway Administration, 113 p.
- MONTEZUMA R. (2003). - Ciudad y transporte. La movilidad urbana, in BALBO, Marcello, JORDAN, Ricardo et SIMIONI, Daniela, La ciudad inclusiva, Santiago du Chili. Cuadernos de la CEPAL, n° 88, pp. 175-191.
- MORENCY C. (2006) Étude de méthodes d'analyse spatiale et illustration à l'aide de microdonnées urbaines de la Grande Région de Montréal. Les Cahiers scientifiques du transport, n° 49, pp. 77-102. [En ligne] http://afitl.ish-lyon.cnrs.fr/tl_files/documents/CST/N49/Moren49.pdf
- MORICONI-EBRARD F., 1993, L'Urbanisation du Monde depuis 1950, Collection Villes, Edition Anthropos, Paris, 372 p.
- MUÑOZ J.C., BATARCE M., TORRES I., (2013), Comparación del nivel de servicio del transporte público de seis ciudades latinoamericanas, Actas del XVI Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte, Universidad de Chile, No. 16, 15p.
- NICHOLSON, A.J., DU, Z.P., 1994. Improving network reliability: a framework. Proceedings of 17th Australian Road Research Board Conference 17(6), pp. 1-17.
- NOËL Nathalie, VILLENEUVE P.Y., LEE-GOSSELIN M. (2001) Aménagement du territoire et espaces d'action: Identification des déterminants des stratégies de déplacements de cyclistes de la région de Québec à l'aide d'un SIG. Revue Internationale de Géomatique, vol. 11/3-4, pp. 381-404.
- NOLAND, R.B., SMALL, K.A., KOSKENOJA, P.M., CHU, X., 1998. Simulating travel reliability. Regional Science and Urban Economics 28, pp. 535-564.
- NUNES APOLINÁRIO M., 2009, Los municipios en la constitución brasileña, en Contribuciones a las Ciencias Sociales, disponible en ligne : www.eumed.net/rev/ccss/06/mna2.htm.
- NÚÑEZ J., DEMORAES F., (2009). - El conocimiento de la vulnerabilidad de la red vial como herramienta de comprensión y reducción de la vulnerabilidad territorial: el caso de La Paz (Bolivia). - Numéro thématique «Vulnerabilidades urbanas en los países andinos (Bolivia, Ecuador, Perú)» - Bulletin de l'IFEA, 38 (3), (dir. R. D'ERCOLE, S. HARDY, J. ROBERT, P. METZGER), pp. 827-848.
- OEA-UDSMA, 2001, Estudio general sobre los tramos vulnerables a los peligros naturales de la carretera Panamericana y sus corredores complementarios en Centroamérica, Organización de los Estados Americanos, Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Realizado con el apoyo del Departamento de Transporte de los Estados Unidos de América, Washington, D.C., 85 p.
- OFFNER J.-M., PUMAIN D., (Dir), 1996, Réseaux et territoires: significations croisées, Groupement de recherche Réseaux du CNRS, Editions de l'Aube, 286 p.
- ONU-Habitat, 2012, Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe, 2012 - Rumbo a una nueva transición urbana, 196p.
- OPPENCHAIM N., 2011, La mobilité comme accessibilité, dispositions et épreuve : trois paradigmes expliquant le caractère éprouvant des déplacements à Paris, Article - Journal of Urban Research [En ligne], 7 | 2011, URL : <http://articulo.revues.org.distant.bu.univ-rennes2.fr/1767>
- ORFEUIL J.-P., 2015, Des difficultés de mobilité variées, qui appellent des réponses personnalisées, in ORFEUIL J.-P., RIPOLL F., Accès et mobilités. Les nouvelles inégalités, Gollion (Suisse), Infolio, coll. « Archigraphy poche », pp. 9-101.
- ORSTIF, 2010, Enquête auprès des salariés d'Ile de France sur les transports en commun domicile-travail, 46 p., disponible en ligne : http://www.observatoire-social.org/ressources/OSL_ORSTIF_trajetsdt_idf_2010.pdf
- PAQUETTE C., 2000, Santiago du Chili : une ségrégation spatiale importante et « organisée », in DUREAU F., et al. (coord.) Métropoles en mouvement : une comparaison internationale, Paris, Anthropos-IRD, Coll. Villes, pp. 311-317.
- PARKER D., MITCHELL J.K., 1995, Disaster Vulnerability of Megacities: An expanding problem that requires rethinking and innovative responses, GeoJournal, Volume 37, Issue 3, pp. 295-301.



- PELLING, M., 2003 - The vulnerability of cities: natural disasters and social resilience, Londres, Earthscan, 256 p.
- PETIN, A., 1999, Représentation spatiale des enjeux territoriaux - Analyse du système territorial du développement et de sa perméabilité aux enjeux du risque d'inondation - Application au pays Voironnais (38), CEMAGREF DTM - Groupement de Grenoble, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse, mémoire de fin d'études, sous la direction de Ph. Masson, 85 p. + annexes.
- PFEIFFER D, ROBINSION T, STEVENSON M, SETVENS K, ROGERS D. CLEMENTS A., (2008). - Spatial analysis in epidemiology. Oxford: Oxford University Press, 162 p.
- PIGEON P., 2002, Réflexions sur la géographie des risques dits naturels, diplôme d'habilitation à diriger des recherches, texte principal, Université de Nice-Sophia-Antipolis, Nice, 204 p.
- PIGEON, P., 2005 - Géographie critique des risques, Paris: Anthropos. Collection Economica, 218 p.
- PINÇON-CHARLOT M., PRÉTECEILLE E., RENDU P., 1986, Ségrégation urbaine, classes sociales et équipement, Paris, Anthropos, 290 p.
- POCHET P., ROUTHIER, J.-L. (2002). - Mobilité résidentielle et allongement des distances domicile-travail dans la région urbaine de Lyon, in DUREAU Françoise et LEVY, Jean-Pierre (éds) L'accès à la ville. Les mobilités spatiales en question. Paris, L'Harmattan, pp. 167-184.
- PRATT, R. H. and LOMAX, T. J. 1996. Performance measures for multimodal transportation systems, Transportation Research Record, 1518, pp. 85-93.
- PUMAIN D. et SAINT-JULIEN Th., 1997, L'analyse spatiale, Coll. Cursus Géographie, Armand Colin, Paris, 167 p.
- PUMAIN D. et SAINT-JULIEN Th., 2001, Les interactions spatiales - Flux et changements dans l'espace géographique, Coll. Cursus Géographie, Armand Colin, Paris, 192 p.
- QUARANTELLI E L. (ed.), 1998, What is a disaster? Perspectives on the question, Routledge, New York, 312 p.
- QUIROGA P., (2014). - Mobilités urbaines, pratiques résidentielles et inégalités. Le cas des personnes âgées pauvres à Recife (Brésil), ss. la co-dir. de Vincent GOUËSET, ESO-Rennes (UMR 6590 CNRS), Université Rennes 2 et Jan BITOUN, Universidade Federal do Pernambuco (Recife), 434 p.
- ROBERT J., 2012, Pour une géographie de la gestion de crise : de l'accessibilité aux soins d'urgence à la vulnérabilité du territoire à Lima - Thèse de géographie, Université de Savoie, Laboratoire EDYTEM, IFEA, 556 p.
- ROBERT J., D'ERCOLE R., PIGEON P., SERRANO T., 2009, Complejidad, incertidumbre y vulnerabilidad: el riesgo asociado al volcán Cotopaxi en el Valle de los Chillos (Quito-Ecuador), Numéro thématique «Vulnerabilidades urbanas en los países andinos (Bolivia, Ecuador, Perú) » - Bulletin de l'IFEA, 38 (3), (dir. R. D'ERCOLE, S. HARDY, J. ROBERT, P. METZGER), pp. 709-733.
- ROCHER O., 1998, Les risques engendrés par une concentration de réseaux urbains, in BLANCHER Ph., Risques et réseaux techniques urbains, Collections du Certu, vol. 18, pp. 61-70.
- RODRÍGUEZ J., (2007). - Segregación residencial, migración y movilidad espacial. El caso de Santiago de Chile. Cuadernos metrópole, n° 17, p. 135-168.
- RODRÍGUEZ J., 2002, Distribución territorial de la población de América latina y el Caribe: tendencias, interpretaciones y desafíos para las políticas públicas, Santiago du Chili, CELADE, CEPAL, Serie Población y desarrollo, n° 32, 8 p.
- RODRÍGUEZ J., ARRIAGADA C. (2004). - Segregación residencial en la Ciudad Latinoamericana, Revista Eure, n° 30, pp. 5-24.
- RODRÍGUEZ, J., 2008, Movilidad cotidiana, desigualdad social y segregación residencial en cuatro metrópolis de América Latina. Eure, XXXIV (103), 49-71.
- SABATINI F, CÁCERES G., CERDA J. (2001). - Residential segregation pattern changes in main Chilean cities: scale shifts and increasing malignancy. Communication - International Seminar on Segregation in the City, Lincoln Institute of Land Policy, Cambridge, Mass., july, pp. 25-28.
- SALAS VANEGAS A., 2008, Ségrégation résidentielle et production du logement à Bogotá, entre images et réalités - Thèse de géographie, Université de Poitiers, Laboratoire MIGRINTER, 481 p.
- SALAZAR D., DEMORAES F., BERMÚDEZ N., ZAVGORODNIAYA S., (2009). - De Trébol a girasol: consecuencias de un hundimiento ocurrido el 31 de marzo de 2008 en un eje esencial de la red vial de la ciudad de Quito - Numéro thématique « Vulnerabilidades urbanas en los países andinos (Bolivia, Ecuador, Perú) » - Bulletin de l'IFEA, 38 (3), (dir. R. D'ERCOLE, S. HARDY, J. ROBERT, P. METZGER), pp. 561-572.
- SANTANA M., 2009, Análisis comparativo de metodologías estadísticas y definición de variables de las encuestas de viajes de Bogotá, años 1995 y 2005, Revista de Ingeniería, N°29, pp. 148-155.



- SCHABENBERGER O, GOTWAY C., (2005). - Statistical methods for spatial data analysis. Chapman & Hall/CRC, 512 p.
- SCHTEINGART M. 2002, La división social del espacio en las ciudades, con especial referencia al caso de México, *Perfiles Latinoamericanos*, n° diciembre, pp. 13-31.
- SCHULER M., LEPORI B., KAUFMANN V., JOYE D., 1997. Eine Integrative Sicht der Mobilität: Im Hinblick auf ein neues Paradigma der Mobilitätsforschung, Berne, Schweizerischer Wissenschaftsrat.
- SDG-CNT, 2011, Informe de indicadores - Encuesta de Movilidad de Bogotá 2011, Steer Davies Gleave, Centro Nacional de Consultoría, 45 p.
- SECTRA, 1991, Encuesta Origen Destino de Viajes del Gran Santiago, Informe final, Ministerio de Planificación (MIDEPLAN), Comisión de Planificación de Inversiones en Infraestructura de Transporte, 340 p. + anexos (780 p.).
- SECTRA, 2001, Encuesta de Movilidad para el Gran Santiago, Ministerio de Planificación (MIDEPLAN), asesorado por la Secretaría Ejecutiva de la Comisión de Planificación de Inversiones en Infraestructura de Transporte (SECTRA), Pontificia Universidad Católica de Chile (Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas - DICTUC), 674 p. + Metodología 108 p.
- SECTRA, 2006, Actualización y Recolección de Información del Sistema de Transporte Urbano, Ministerio de Planificación (MIDEPLAN), Pontificia Universidad Católica de Chile (Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas - DICTUC), 557 p.
- SERRANO T., DEMORAES F. (2007) - Discrepancias institucionales y vulnerabilidad asociada en el valle de Los Chillos frente al peligro de lahares del volcán Cotopaxi, in *Inter/secciones urbanas: origen y contexto en América Latina*, Coordinador: Jaime Erazo, Quito, pp. 365-380.
- SOURIS M., DEMORAES F., SERRANO T., HABERT E. (2007), Manuel de référence de SavGIS, 870 p. [En ligne] : <http://www.savgis.org/SavGIS/documentation/manuels.html>
- STIELTJES L., MIRGON C. (1998) — Approche méthodologique de la vulnérabilité aux phénomènes volcaniques. Test d'application sur les réseaux de la Martinique— Rapport de synthèse, R40098, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Marseille, 218 p.
- TAYLOR M.A.P. et D'ESTE G.M., 2003, Concepts of network vulnerability and applications to the identification of critical elements of transport infrastructure, 26th Australasian Transport Research Forum, Wellington, New-Zealand, October 2003, 15 p.
- TELLIER L.-N., VAINER C., (2012), Métropoles des Amériques en mutation, Presses de l'Université du Québec, 357 p.
- THOMSON I., 2002, Impacto de las tendencias sociales, económicas y tecnológicas sobre el transporte público: una investigación preliminar en ciudades de América Latina - División de Recursos Naturales e Infraestructura - Unidad de Transporte - Santiago de Chile, 42 p.
- VASCONCELLOS E. (1996). - Transporte urbano nos países em desenvolvimento. São Paulo: Ed. Annablume, 275 p.
- VASCONCELLOS E. A. (2005a), Transport metabolism, social diversity and equity: The case of São Paulo, Brazil - *Journal of Transport Geography* 13(4): 329-339.
- VASCONCELLOS E. A. (2005b), Urban change, mobility and transport in Sao Paulo: three decades, three cities - *Transport Policy* 12(2): 91-104.
- VILLAÇA F, ZIONI S. (2005). - Os transportes sobre trilhos na região metropolitana de São Paulo: o poder público acentuando a desigualdade. Rio de Janeiro: CBTU, pp. 223-275.
- VILLÉ J., 2002, Fiabilité et vulnérabilité des systèmes de transport, in « Points de vue sur l'insécurité routière et dans les transports publics » (Ed. AMALBERTI R.), PREDIT, pp. 30-34
- WAKABAYASHI, H., IIDA, Y., 1993. Improvement of terminal reliability and travel time reliability under traffic management. Proceedings of Third International Conference on Applications of Advanced Technologies in Transportation Engineering, Seattle, American Society of Civil Engineers, 25-28 August 1993, pp. 211-217.
- WENGLANSKI S. 2006, Regards sur la mobilité au travail des classes populaires, *Cahiers Scientifiques du Transport* N° 49, pp. 103-127.
- WESTER L., AUDARD F., 2014, Auto-organisation des transports en commun et partage de l'espace : Le cas de Lima, colloque : L'espace en Partage, organisé par l'UMR ESO, avril, 2014, Rennes.
- WILCHES-CHAUX G., 1993, La vulnerabilidad global, in *Los desastres no son naturales*, La RED, MASKREY A. (ss la dir.), pp. 11-44.
- ZÉNEIDI D., 2003, Inégalités, in *ESO Travaux et Documents*, n°20, octobre 2003, pp. 13-16.



6.2 - Les références dont je suis auteur ou co-auteur (triées sur leur acronyme)

Cette liste recense les références dont je suis auteur ou co-auteur. Elles sont précédées de leur acronyme qui renvoie à celui figurant dans la section 10 du volume 2. Parmi ces références, celles contenant une double-astérisque correspondent à des travaux dont j'ai inclus les tirés-à-part dans le volume 3.

ACL1 - DEMORAES F., CONTRERAS, Y., PIRON M., (en cours) - Ciclo de vida, jerarquía social y espacios de movilidad cotidiana en Santiago de Chili, à soumettre à la revue *Eure*, Santiago de Chile, 25p.

ACL3 ** - DEMORAES F., PIRON M., ZIONI S., SOUCHAUD S. (2012) - Inégalités d'accès aux ressources de la ville analysée à l'aide des mobilités quotidiennes - Approche méthodologique exploratoire à São Paulo, Vol. 56, No 158, septembre 2012, Dossier Mobilités spatiales et ressources métropolitaines : l'accessibilité en questions, *Cahiers de géographie du Québec*, pp. 463-489.

ACL4 ** - DEMORAES F., GOUËSET V., PIRON M., FIGUEROA, O., ZIONI S. (2010) - Mobilités quotidiennes et inégalités socio-territoriales à Bogotá, Santiago du Chili et São Paulo, *Revue Espace, Populations, Sociétés*, n° 2010-2 « Nouvelles mobilités dans les Suds », pp. 349-364.

ACL5 - DEMORAES F., 2009, De l'intérêt d'une étude sur la vulnérabilité des réseaux routiers et de transport pour la compréhension des vulnérabilités territoriales - Le cas du District Métropolitain de Quito (Équateur), *Revue européenne de géographie - CyberGéo*, [en ligne : <http://cybergeog.revues.org/22101>].

ACL6 ** - DEMORAES F., D'ERCOLE R., 2009, Risques et accessibilité des lieux dans le District Métropolitain de Quito (Équateur) - Dossier spécial « Cartographie des risques sous la coordination de : Emmanuel BONNET, Élise BECK et Élisabeth CHESNEAU » - *Revue Mappemonde*, N° 95 (3-2009), [en ligne : <http://mappemonde.mgm.fr/num23/articles/art09302.html>].

ACL7 ** - NÚÑEZ J., DEMORAES F., (2009). - El conocimiento de la vulnerabilidad de la red vial como herramienta de comprensión y reducción de la vulnerabilidad territorial: el caso de La Paz (Bolivia). - Numéro thématique « Vulnerabilidades urbanas en los países andinos (Bolivia, Ecuador, Perú) » - *Bulletin de l'IFEA*, 38 (3), (dir. R. D'ERCOLE, S. HARDY, J. ROBERT, P. METZGER), pp. 827-848.

ACL8 - SALAZAR D., DEMORAES F., BERMÚDEZ N., ZAVGORODNIAYA S., (2009). - De Trébol a girasol: consecuencias de un hundimiento ocurrido el 31 de marzo de 2008 en un eje esencial de la red vial de la ciudad de Quito - Numéro thématique « Vulnerabilidades urbanas en los países andinos (Bolivia, Ecuador, Perú) » - *Bulletin de l'IFEA*, 38 (3), (dir. R. D'ERCOLE, S. HARDY, J. ROBERT, P. METZGER), pp. 561-572.

ACL11 ** - DEMORAES F., D'ERCOLE R., METZGER P., SOURIS M., 2006, Enjeux, mobilité, accessibilité et risques - L'exemple du District Métropolitain de Quito (Équateur) - *Revue Internationale de Géomatique* - Editions Hermès, Vol. 16/3-4, pp. 435-456.

ACL14 ** - DEMORAES F., D'ERCOLE R., ATIAGA G., METZGER P. (2005). - Seismic vulnerability of the bridges and overpasses along critical roads and mobility disruption within the Metropolitan District of Quito (Ecuador) - *Revue Internationale PANGAEA, CIFEG*, n°43/44, pp. 37-52.

ACL15 - DEMORAES F., BONDOUX F., SOURIS M., NUÑEZ H. (2004). - Innovaciones tecnológicas aplicadas al transporte colectivo en Quito - Optimización en la evaluación de la demanda con GPS y SIG. - *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines*, 33. (1), Lima - Pérou, pp. 193-212.

ACLN2 ** - D'ERCOLE R., DEMORAES F., (2003). - Risques et réponses institutionnelles en Équateur - Cartes et méthodes - *Cahiers de Géographie, Collection EDYTEM* (1), Université de Savoie, pp. 157-168.

AP1 - DEMORAES F., DUREAU F., PIRON M., (2011). Análisis comparativo de la segregación social en Bogotá, Santiago y São Paulo. Document de travail du projet ANR METAL, 32 p.

AP7 - DEMORAES F. (2002d). - Situación del transporte y de las comunicaciones en el Distrito Metropolitano de Quito frente a los lahars relacionados con una erupción del volcán Cotopaxi. In D'ERCOLE R. (Coord.) - Evaluación de riesgos y análisis de necesidades en la hipótesis de una erupción del volcán Cotopaxi, février 2002, Quito, Équateur, 7 p.

AP8 - ATIAGA G., DEMORAES F., 2002, Vulnerabilidad estructural de los puentes del Distrito Metropolitano de Quito frente al peligro sísmico - Aplicación y adaptación de la metodología HAZUS®99 al contexto ecuatoriano - Présentation de la metodología, resultados y mapas, Direcciones Metropolitanas de Territorio y Vivienda y de Transporte y Vialidad, Municipio del Distrito de Quito, Escuela Politécnica Nacional, IRD, décembre 2002, Quito, Equateur, 127 p.

C-ACTI2 ** - SERRANO T., DEMORAES F. (2007) - Discrepancias institucionales y vulnerabilidad asociada en el valle de Los Chillos frente al peligro de lahars del volcán Cotopaxi, in *Inter/secciones urbanas: origen y contexto en América Latina*, Coordinador: Jaime Erazo, Quito, pp. 365-380.

C-ACTI4 - DEMORAES F. (2002b). - Vulnerabilidad de la movilidad en Quito inducida por la exposición a las inundaciones de un medio de transporte clave: el trolebús. *Congrès Panaméricain d'Ingénierie du Trafic et des Transports (Panam XII)*, novembre 2002, Quito, Équateur, 8 p.



C-ACTI5 - DEMORAES F., (2002c). - Metodología de identificación de los elementos de mayor interés del transporte urbano, Aplicación a la ciudad de Quito y representación espacial a través de un SIG. Colloque International sur les Systèmes d'Information Géographiques « GIS Ecuador 2002 », juillet 2002, Ecole Polytechnique Nationale, Quito, Équateur. Actes diffusés sur CD-ROM.

COS1 ** - DUREAU F., (coord.), CONTRERAS Y., DEMORAES F., LE ROUX G., LULLE T., PIRON, S. SOUCHAUD (2014). - Une méthodologie de production et d'analyse de l'information commune aux 3 métropoles étudiées - Programme de recherche ANR METAL, Chapitre 2, in DUREAU F., LULLE T., SOUCHAUD S., CONTRERAS Y., (Ed.), Mobilités et changement urbain à Bogotá, Santiago et São Paulo, coll. Espaces et Territoires, Presses Universitaires de Rennes, pp. 49-82.

C-COM1 - DEMORAES F., PIRON M., ZIONI S., SOUCHAUD S., (2011) - Analyse des inégalités d'accès aux ressources de la ville à travers le prisme des mobilités quotidiennes pour le travail et les études à São Paulo (Brésil) - Expérimentation méthodologique - Résultats préliminaires. Colloque de l'Association Internationale des Sociologues de Langue Française - Mobilités Spatiales et Fluidités Sociales : Mobilités spatiales et ressources métropolitaines : l'accessibilité en questions, 24-25 mars 2011, Grenoble.

COS2 ** - GOUËSET V. (coord.), DEMORAES F., FIGUEROA O., LE ROUX G., ZIONI S., (2014). - Parcourir la métropole - Pratiques de mobilité quotidienne et inégalités socio-territoriales à Bogotá, Santiago et São Paulo - Programme de recherche ANR METAL, Chapitre 8, in DUREAU F., LULLE T., SOUCHAUD S., CONTRERAS Y., (Ed.), Mobilités et changement urbain à Bogotá, Santiago et São Paulo, coll. Espaces et Territoires, Presses Universitaires de Rennes, pp. 265-302.

COS13 - DEMORAES F., (2002a). - La movilidad en el Distrito Metropolitano de Quito. - In D'ERCOLE R., METZGER P. (Dir.), Los lugares esenciales del Distrito Metropolitano de Quito, Coll. Quito Metropolitano, MDMQ-IRD (Ed.), pp. 133-144.

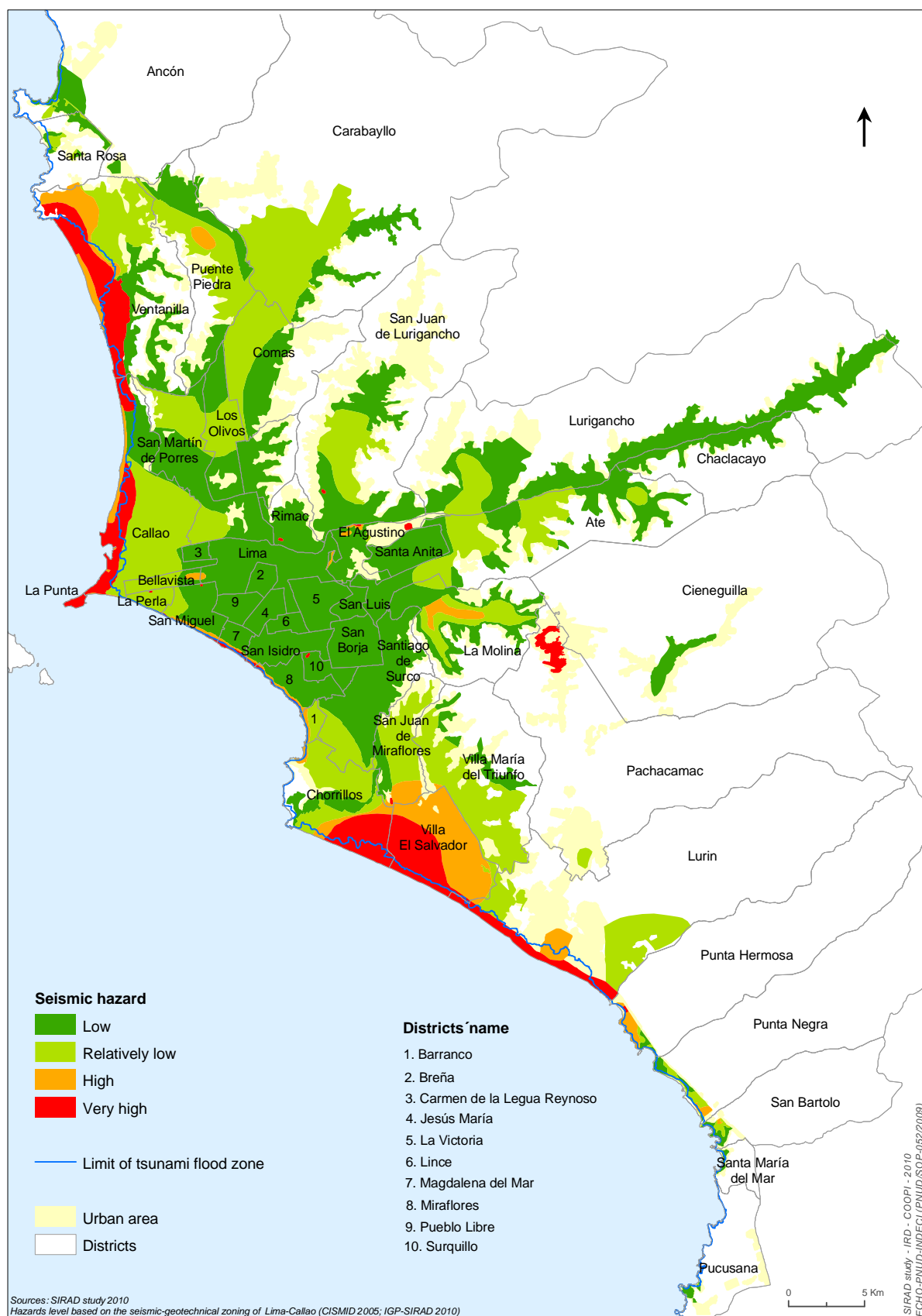
MDU1 - DEMORAES F., 2004 - Mobilité, enjeux et risques dans le District Métropolitain de Quito, thèse publiée, Laboratoire EDYTEM - Université de Savoie, 587 p.

MDU3 - DEMORAES F., (1998). - Etude de l'évolution de l'agglomération de La Paz - El Alto (Bolivie) depuis les 20 dernières années, compte tenu des contraintes environnementales du site. Une péjoration des conditions d'urbanisation ? Une base de référence : le Plan de Développement Urbain de la Ville de La Paz (1976-77), Mémoire de maîtrise, Université de Savoie, 120p.



7 - Annexes





Carte 33 - Zonage de l'aléa sismique et du danger d'inondation lié aux tsunamis dans l'agglomération de Lima (CISMID 2005, IGP-SIRAD 2010)





Analyse spatiale d'un sous-ensemble : position/étendue

Ce dialogue permet de calculer des indices concernant la position d'un sous-ensemble d'objets au sein d'un ensemble (points moyens, points médians).
Le sous-ensemble est défini par une valeur (la modalité choisie ci-dessous). Les résultats sont comparés avec ceux correspondant à une répartition aléatoire de la valeur.

Relations : Attributs : Valeurs de l'attribut :

Stgo WGS84

- División territorial
- Manzanas y edificación
- Vías y transporte
- Ambiente y topografía
- Encuestas METAL
- 34+ MSFS_Stg_v2
- 35+ Points_Tous
- 36+ Ellipses_Tous
- 37+ L_Ellipses_Tous

6. CODINE_RES

7. CODINE_DEST (2)

8. T7_sococo

9. T7_Reclass

10. CONC_IDZON_CLASS

11. SEXO

12. ACTIVIDAD

13. CLASE_EDAD

14. CLASE_DURAVIVI

15. INGRESO_Recode

Clase_A

Clase_B

Clase_C

Clase_D

Clase_E

Clase_F

Clase_G

☒ Condition de sélection Formule : `v[ID_ZONAENC2DIGIT] = "07"`

☐ Sur un masque

Probabilité d'être tiré au sort dans les simulations : Alea Attribut aucun

Test

☒ Bilatéral ☐ Unilatéral

Calcul du : ☒ Point moyen ☐ Point médian

Risque alpha : %

Valeurs réelles

Fréquence de la valeur choisie : %

Distance au centroïde général simulé : m / 4000 H1, p <=

Distance-type dans le sous-ensemble : m / 4000 H0

Pour un sous-ensemble aléatoire

Distance du centroïde au centroïde général simulé : entre m et m (m)

Distance-type : entre m et m (m)

Créer une relation contenant les centroïdes simulés

☐

Calculer Exit

Figure 3 - Recopie d'écran de la fenêtre du test Position/Etendue, proposée dans le logiciel SavGIS





8 - Liste des illustrations

8.1 - Liste des cartes

Carte 1 - Mes terrains d'études par programme en Amérique latine (Demoraes, 2015)	16
Carte 2 - Répartition des villes de plus de 20 000 habitants en Amérique du Sud en 1950 (A) et 1990 (B) et sismicité (C : accélération maximale attendue au sol en m/s ²) - Sources : CELADE dans Rodríguez, 2002 et USGS	18
Carte 3 - Les agglomérations de La Paz-El Alto, Lima-Callao et de Quito (NB : les superficies renvoient à l'emprise de la tache urbaine) - Demoraes, 2015	25
Carte 4 - Les infrastructures-clefs de la mobilité quotidienne à l'échelle des agglomérations de Quito et de La Paz / El Alto - Demoraes, 2015 d'après Demoraes, 2004 et Núñez et Demoraes, 2009	42
Carte 5 - Les six formes de vulnérabilités des axes-clefs de l'agglomération de Quito en 2004 (d'après Demoraes, 2004)	50
Carte 6 - Les six formes de vulnérabilités des axes-clefs de l'agglomération de La Paz / El Alto en 2008 - Demoraes, 2015 d'après Núñez et Demoraes, 2009	51
Carte 7 - La vulnérabilité globale des infrastructures-clefs des réseaux routier et de transport dans l'agglomération de Quito en 2004 et des axes-clefs dans l'agglomération de La Paz / El Alto en 2008 - Demoraes, 2015 d'après Demoraes, 2004 et Núñez et Demoraes, 2009	53
Carte 8 - Niveau d'accessibilité des « grands bassins de circulation » dans les agglomérations de Quito (d'après Demoraes, 2004) et de Lima (Metzger et al, 2014)	57
Carte 9 - Niveau d'accessibilité des « bassins locaux de circulation » dans le District Métropolitain de Quito (d'après Demoraes, 2004)	60
Carte 10 - Niveau d'accessibilité des « bassins locaux de circulation » à Lima la nuit et le jour (d'après Metzger, 2010)	60
Carte 11 - Réduction possible de l'accessibilité des « bassins locaux de circulation » en cas de défaillance des infrastructures-clefs les plus vulnérables du réseau routier de Quito (Demoraes, 2004)	62
Carte 12 - Incidence du blocage des routes à El Alto sur l'accessibilité des lieux dans l'agglomération de La Paz / El Alto lors de la « Guerre du Gaz » en octobre 2003 - Demoraes, 2015, d'après Núñez et Demoraes, 2009	63
Carte 13 - Localisation d'équipements et d'installations urbaines identifiés comme enjeux majeurs à l'échelle du District Métropolitain de Quito dans les zones susceptibles de connaître une forte ou très forte réduction de leur accessibilité (Demoraes, 2004)	66
Carte 14 - Échelles de risques: incidences pressenties du dysfonctionnement des grandes installations urbaines localisées dans les six secteurs susceptibles de connaître une forte ou très forte réduction de leur accessibilité (Demoraes, 2004)	68
Carte 15 - Pression sur les refuges et population vulnérable par macrozone dans l'agglomération de Lima en 2010 (Source : SIRAD, Elaboration : M2 SIGAT, 2012)	72
Carte 16 - Centres de gravité de la population et des ressources essentielles en situation de crise à l'intérieur des macrozones à Lima en 2010 (Source : SIRAD, Elaboration : M2 SIGAT 2012, modifié par Demoraes, 2015)	74
Carte 17 - Niveau de couverture locale en ressources essentielles pour une situation d'urgence post-séisme dans l'agglomération de Lima en 2010 (Source : SIRAD, Elaboration : M2 SIGAT, 2012, modifié par F. Demoraes, 2015)	76
Carte 18 - Densité de population à Bogotá en 2005 (METAL_Maps)	89
Carte 19 - Evolution de la population à Bogotá de 1993 à 2005 (METAL_Maps)	89
Carte 20 - Densité de population à Santiago en 2002 (METAL_Maps)	90
Carte 21 - Evolution de la population à Santiago de 1992 à 2002 (METAL_Maps)	90



Carte 22 - Densité de population à São Paulo en 2000 (METAL_Maps)	91
Carte 23 - Evolution de la population à São Paulo de 1991 à 2000 - Demoraes, 2015	91
Carte 24 - Moyenne et coefficient de variation de l'Indice de Condition Sociale (Bogotá 1993 et 2005, Santiago 1992 et 2002, São Paulo 2000), adapté de Dureau et al., 2014 : 114	95
Carte 25 - Evolution de la distribution spatiale de la population par ICS (Indice de Condition Sociale) à Bogotá entre 1993 et 2005 - D'après Demoraes et al., 2011	96
Carte 26 - Evolution de la distribution spatiale de la population par ICS (Indice de Condition Sociale) à Santiago entre 1992 et 2002 - D'après Demoraes et al., 2011	96
Carte 27 - Découpages retenus pour restituer nos analyses issues des enquêtes origine - destination sur les aires métropolitaines de Bogotá (2005), São Paulo (2007) et Santiago (2006) - Demoraes et al., 2010	105
Carte 28 - Typologie des déplacements vers le lieu de travail et hiérarchie sociale à Bogotá - Demoraes et al., 2010	107
Carte 29 - Typologie des déplacements vers le lieu de travail et hiérarchie sociale à Santiago du Chili - Demoraes et al., 2010	109
Carte 30 - Typologie des déplacements vers le lieu de travail et hiérarchie sociale à São Paulo - Demoraes et al., 2010	110
Carte 31 - Les zones d'enquête de Santiago (METAL, 2009), extrait de Dureau et al. (2014 : 66)	116
Carte 32 - Espaces d'action des individus mobiles travaillant et/ou étudiant, suivant leur classe d'appartenance et leur lieu de résidence (Enquête METAL 2009) - Demoraes et al. (en cours - ACL1)	127
Carte 33 - Zonage de l'aléa sismique et du danger d'inondation lié aux tsunamis dans l'agglomération de Lima (CISMID 2005, IGP-SIRAD 2010)	173

8.2 - Liste des graphiques

Graphique 1 - L'occurrence d'événements d'origine naturelle à Lima, Quito et La Paz de 1970 à 2007 d'après D'Ercole et al., 2009 (source : base DesInventar)	19
Graphique 2 - Représentation des indicateurs de mobilité quotidienne vers le lieu de travail (en noir, cf. Tableau 15) dans le plan factoriel principal et projection en éléments supplémentaires des indices de condition sociale (en italique gris), allant du plus pauvre (1) au plus riche (6) - Demoraes et al., 2010	106
Graphique 3 - Plan factoriel : caractérisation des individus mobiles travaillant et/ou étudiant à Santiago (Enquête METAL 2009) - Demoraes et al. (en cours - ACL1)	123
Graphique 4 - Description des classes d'individus mobiles travaillant et/ou étudiant, issues de l'analyse typologique (Enquête METAL 2009, Santiago) - Demoraes et al. (en cours - ACL1)	124

8.3 - Liste des tableaux

Tableau 1 - Les métropoles d'Amérique latine sur lesquelles reposent mes recherches depuis 1997	15
Tableau 2 - Effectif de population et taux de croissance démographique intercensitaire annuel moyen (d'après les recensements INEI, INE, INEC) - Demoraes, 2015	24
Tableau 3 - Exemples choisis et références associées à chaque étape du cadre analytique et correspondance avec les sections	39
Tableau 4 - Exemple de traitements SIG utilisés pour identifier les infrastructures-clefs parmi les réseaux routier et de transport à l'échelle du District Métropolitain de Quito (Demoraes, 2006)	41
Tableau 5 - Exemple de traitements SIG utilisés pour identifier les vulnérabilités des infrastructures-clefs de transport à l'échelle de l'agglomération de Quito (Demoraes, 2006)	45



Tableau 6 - Critères considérés pour l'analyse de la vulnérabilité des axes routiers dans les agglomérations de Quito (d'après Demoraes, 2004) et de La Paz / El Alto (d'après Núñez et Demoraes, 2009)	46
Tableau 7 - Critères considérés pour l'analyse des compensations de la vulnérabilité des axes routiers dans les agglomérations de Quito (d'après Demoraes, 2004) et de La Paz / El Alto (d'après Núñez et Demoraes, 2009)	47
Tableau 8 - Critères retenus pour qualifier l'accessibilité des « bassins locaux de circulation » dans les agglomérations de Quito (d'après Demoraes, 2004) et de Lima (d'après Metzger, 2010)	59
Tableau 9 - Détail des quatre ressources essentielles pour la phase d'urgence post-catastrophe (Lima)	70
Tableau 10 - Indicateurs démographiques relatifs aux trois métropoles étudiées dans le programme de l'ANR-METAL (1970-2012) - Dureau et al., (2014 : 24)	88
Tableau 11 - Indicateurs de dispersion spatiale relative (Bogotá 1993 et 2005, Santiago 1992 et 2002, São Paulo 2000) - Demoraes et al., 2011	97
Tableau 12 - L'évolution de la mobilité quotidienne dans les trois aires métropolitaines dans les années 2000 selon les grandes enquêtes origine-destination (Gouëset et al., 2014)	98
Tableau 13 - L'offre de transport collectif à Bogotá, Santiago et São Paulo en 2009 (Gouëset et al., 2014)	98
Tableau 14 - Caractéristiques générales des conditions de mobilité quotidienne à Bogotá (2005), Santiago (2006) et São Paulo (2007) - Demoraes et al., 2010	101
Tableau 15 - Indicateurs de mobilité quotidienne (déplacements domicile-travail) retenus pour la comparaison et calculés à partir des enquêtes OD de Bogotá (2005), Santiago (2006) et São Paulo (2007) - Demoraes et al., 2010	104
Tableau 16 - Caractéristiques des zones d'enquêtes de Santiago (METAL, 2009), extrait de Dureau et al. (2014 : 67)	117
Tableau 17 - Description des variables retenues pour la définition des profils sociodémographiques des individus enquêtés et détail des modalités associées (Enquête METAL 2009, Santiago) - Demoraes et al. (en cours - ACL1)	121
Tableau 18 - Répartition des individus mobiles travaillant et/ou étudiant par classe sociodémographique à Santiago (Enquête METAL, 2009) - Demoraes et al. (en cours - ACL1)	125
Tableau 19 - Surfaces elliptiques et indices de superposition des espaces d'action des individus par lieu de résidence, toutes classes sociodémographiques confondues (Enquête METAL 2009, Santiago) - Demoraes et al. (en cours - ACL1)	128
Tableau 20 - Effectifs d'individus (échantillon localisé) et surface de leurs espaces d'action par classe sociodémographique et par zone (Enquête METAL 2009, Santiago) - Demoraes et al. (en cours - ACL1)	128
Tableau 21 - Durée des trajets domicile-travail des individus appartenant aux classes sociodémographiques C, D et E, par mode de transport et par zone (Enquête METAL 2009, Santiago) - Demoraes, 2015	130
Tableau 22 - Test de Position/Etendue par classe sociodémographique (Enquête METAL 2009, Santiago) - Demoraes, 2015	135
Tableau 23 - Test de Position/Etendue par zone d'enquête et classe sociodémographique (Enquête METAL 2009, Santiago) - Demoraes, 2015	136
Tableau 24 - Liste des thèmes de classement des références bibliographiques	147

8.4 - Liste des figures

Figure 1 - Les cinq étapes du cadre d'analyse des vulnérabilités territoriales appréhendées à travers l'étude des réseaux supports de la mobilité - Demoraes, 2015 adapté de Demoraes, 2004

Figure 2 - Proportion, ressemblance et dispersion spatiale relative des zones suivant les mobilités vers le lieu de travail à Bogotá, Santiago et São Paulo - D'après Demoraes et al., 2010



Figure 3 - Recopie d'écran de la fenêtre du test Position/Etendue, proposée dans le logiciel SavGIS

175

8.5 - Liste des photos

Photo 1 - A gauche, éruption du Guagua Pichincha à Quito (octobre 1999, cliché : J. Morris) et à droite, inondation dans le secteur El Camal, au sud de Quito (Journal El Comercio 14/04/2000)	19
Photo 2 - A gauche, l'axe central du trolleybus sur l'avenue 10 de Agosto dans le centre nord de Quito et à droite, la station Morán Valverde au sud, centre de correspondances entre le trolleybus et les lignes d'alimentation (Clichés : F. Demoraes, 2002)	26
Photo 3 - A gauche, cratère du volcan Cotopaxi (Cliché : F. Demoraes - décembre 2001) et à droite volcan Cotopaxi en éruption vue depuis Quito (Cliché : R. Coronel - août 2015)	27
Photo 4 - Vue aérienne et paysage urbain de El Alto et (Clichés : S. Hardy, 2013)	28
Photo 5 - A gauche, Sopocachi Alto, un quartier résidentiel de La Paz (Cliché : F. Demoraes, 2007) et à droite l'avenue Perez Velasco, en limite du centre historique de La Paz, et qui monte à El Alto (Cliché : S. Hardy, 2013)	28
Photo 6 - A gauche, construction d'un lotissement pour classes aisées au sud-est de La Paz dans le lit majeur du Río Achumani, préalablement canalisé, et à droite la trace de l'écroulement survenu en avril 1996 ayant conduit à l'évacuation de 85 familles dans le secteur d'habitat populaire de Cotahuma sur le versant ouest de La Paz (Clichés : F. Demoraes, 1998)	29
Photo 7 - En haut à gauche, vue sur Lima depuis El Cerro Augustino, à l'est du centre-ville (Cliché : J. Robert, 2009) ; en haut à droite l'avenue Javier Prado, soumise à des embouteillages chroniques (Cliché : K. Navarro, 2002) et en bas, le quartier des affaires (Cliché : J. Robert, 2010)	30
Photo 8 - Effondrement de la voirie à la hauteur de l'échangeur « El Trébol » à Quito (Cliché : Journal El Comercio - 31/03/2008)	54
Photo 9 - Exemple d'immeubles récents dans le centre de Santiago (Cliché : V. Gouëset, 2008)	87
Photo 10 - Vue sur Bogotá depuis Monserrate (Cliché : F. Demoraes, 2010)	92
Photo 11 - Paysage urbain caractéristique du centre de São Paulo avec une autoroute urbaine et une ligne de gratte-ciels à l'horizon (Cliché : Y. Marcadet, 2009)	92
Photo 12 - Vue sur Santiago du Chili depuis le Cerro San Cristóbal (Cliché : V. Gouëset, 2008)	92
Photo 13 - Paraisópolis et Morumbí, deux quartiers côte-à-côte à l'extrême opposé dans la hiérarchie sociale, à l'ouest du centre de São Paulo (Source : Tuca Vieira, http://www.tucavieira.com.br)	97
Photo 14 - Les bus articulés du Transmilenio circulant en site propre (Cliché : F. Demoraes, 2010)	99
Photo 15 - Train de banlieue à São Paulo (Cliché : M. Giroud, 2009)	99
Photo 16 - Exemple de pavillon caractéristique de la zone d'enquête huppée de Los Trapenses (zone 10), (Source : Google StreetView)	114
Photo 17 - Un lotissement fermé de Huechuraba (zone 7) où résident des classes moyennes (Cliché : D. Delaunay, 2008)	115
Photo 18 - Quartier populaire de El Volcán (zone 5) au sud de Santiago (Cliché : V. Gouëset, 2008)	115

8.6 - Liste des encarts

Encart 1 - L'origine du Spatial Mismatch et traduction retenue (découplage spatial).....	86
Encart 2 - Définition de l'Indice de Condition Sociale en Amérique latine et mode de calcul retenu dans l'ANR METAL	93



9 - Table des matières

Résumé	3
Sommaire.....	5
Remerciements	7
Préambule.....	9
Le projet d'Habilitation à Diriger des Recherches.....	9
Organisation du volume	9
Choix des contenus présentés, productions réalisées aux fins de l'HDR et angles adoptés pour la rédaction.....	10
1 - Introduction générale	13
1.1 - L'inscription disciplinaire de mes travaux et les diversifications thématiques opérées ...	13
1.2 - Vulnérabilités et mobilités : deux objets de recherche centraux dans mes travaux	14
1.2.1 - Le traitement des vulnérabilités dans mes travaux de recherche : aperçu général et principales inflexions	14
1.2.2 - Le traitement des mobilités dans mes travaux de recherche : aperçu général et principales inflexions	14
1.3 - Les métropoles d'Amérique latine comme terrains d'étude.....	15
1.4 - Le défi de la comparaison et le développement de méthodes reproductibles	16
2 - L'approche des vulnérabilités territoriales par les réseaux supports des mobilités quotidiennes dans les métropoles andines	17
2.1 - Problématique générale, programmes de réalisation de la recherche et présentation des trois terrains d'étude	17
2.1.1 - Problématique générale	17
2.1.1.1 - <i>Etalement urbain et occupation de zones dangereuses : des tendances de fond à l'œuvre dans de nombreuses agglomérations d'Amérique latine</i>	<i>17</i>
2.1.1.2 - <i>Des agglomérations latino-américaines de plus en plus vulnérables compte tenu de leur organisation, de leur configuration et de l'intensification des besoins de mobilité</i>	<i>20</i>
2.1.1.3 - <i>Fiabilité des réseaux et sensibilité des flux aux perturbations</i>	<i>20</i>
2.1.2 - Programmes de réalisation de la recherche : SIR-DMQ et PACIVUR	21
2.1.2.1 - <i>SIR-DMQ : Système d'Informations et Risques dans le District Métropolitain de Quito ..</i>	<i>21</i>
2.1.2.2 - <i>PACIVUR : Programme Andin de Formation et de Recherche sur la Vulnérabilité et les Risques en milieu urbain</i>	<i>22</i>
2.1.3 - Les terrains d'études : La Paz, Lima et Quito	24
2.1.3.1 - <i>Trois métropoles aux caractéristiques démographiques contrastées</i>	<i>24</i>
2.1.3.2 - <i>Découpage politico-administratif, organisation des transports et cadre de la gestion des risques</i>	<i>26</i>
2.2 - Cadre conceptuel et théorique	31
2.2.1 - Appréhender le risque : de l'aléa aux vulnérabilités	31
2.2.2 - L'introduction de la notion d'enjeu dans les études de risque	32



2.2.2.1 - Une démarche nouvelle à la fin des années 1990.....	32
2.2.2.2 - Le recours à la notion d'enjeu dans les programmes SIR-DMQ et PACIVUR	33
2.2.2.3 - Les enjeux : une notion toute relative, fonction de l'échelle d'étude	34
2.2.3 - La vulnérabilité des réseaux de voirie et de transport	35
2.2.3.1 - Les années 1980 : quelques rares travaux dans un contexte d'aléa sismique	35
2.2.3.2 - Les années 1990 : accent sur la fiabilité des réseaux et non plus sur leur vulnérabilité	35
2.2.3.3 - Le début des années 2000 : le regain d'intérêt pour les études de vulnérabilité des réseaux	36
2.3 - Démarche globale et questionnements de la recherche	37
2.4 - Identification des infrastructures-clefs de la mobilité : application au District Métropolitain de Quito et transposition à l'agglomération de La Paz / El Alto	40
2.4.1 - Le défi initial	40
2.4.2 - Comment mettre du relief dans un réseau ?	40
2.4.3 - Les résultats en cartes	41
2.4.4 - Eléments de discussion	43
2.5 - Evaluation de la vulnérabilité des infrastructures-clefs de la mobilité : application au District Métropolitain de Quito et transposition à l'agglomération de La Paz / El Alto	43
2.5.1 - Une analyse de la vulnérabilité reposant sur six entrées	43
2.5.2 - La mise en œuvre de la méthode à Quito et sa transposition à La Paz / El Alto	44
2.5.3 - La logique des calculs sous-jacents et les cartes associées	48
2.5.4 - Vers un score global de vulnérabilité	52
2.5.5 - Eléments de discussion	54
2.6 - De la vulnérabilité des réseaux à la vulnérabilité des lieux : regard croisé sur les trois agglomérations	55
2.6.1 - Le nécessaire recours à la notion d'accessibilité	55
2.6.2 - Le choix de l'échelon d'analyse : les « bassins de circulation »	55
2.6.3 - Qualification de l'accessibilité en période normale à Quito et à Lima	56
2.6.3.1 - Qualification de l'accessibilité des macrozones	56
2.6.3.2 - Qualification de l'accessibilité des bassins locaux de circulation	58
2.6.4 - Réduction possible de l'accessibilité dans le cas d'une perte d'intégrité du réseau routier : méthode d'évaluation et mise à l'épreuve dans le cadre de deux scénarii à Quito	61
2.6.5 - Réduction effective de l'accessibilité suite à une perte d'intégrité du réseau routier : l'exemple de la Guerre du gaz à La Paz en 2003	63
2.6.6 - Eléments de discussion : l'altération de l'accessibilité, une forme de vulnérabilité des lieux ..	64
2.7 - Perte d'accessibilité et déséquilibres spatiaux : une grille géographique de compréhension des vulnérabilités territoriales : les exemples de Quito et de Lima	65
2.7.1 - Perte d'accessibilité et enjeux de fonctionnement : le cas de Quito	65
2.7.1.1 - Principe, méthode d'analyse et cartographie	65
2.7.1.2 - Perte d'accessibilité des fonctions urbaines retenues comme enjeux majeurs et risques encourus	67
2.7.1.3 - Perte d'accessibilité, défaillance de fonctions urbaines retenues comme enjeux majeurs et risques encourus	67
2.7.1.4 - Perte d'accessibilité et échelles de risque	67
2.7.1.5 - Eléments de discussion	69
2.7.2 - Perte d'accessibilité et ressources essentielles en situation de crise : le cas de Lima	69
2.7.2.1 - Contexte et objectifs	69
2.7.2.2 - Niveau de pression sur les ressources	70



2.7.2.3 - Position et dispersion de la population et des ressources	72
2.7.2.4 - Niveau de couverture locale en ressources.....	74
2.7.2.5 - Eléments de discussion	77
2.8 - Conclusion	77
2.8.1 - Synthèse des méthodes et récapitulatif des étapes	77
2.8.2 - Contribution à l'enrichissement des concepts	78
2.8.3 - L'apport du géographe	79
3 - L'approche des inégalités socio-spatiales par les mobilités quotidiennes dans les métropoles d'Amérique latine.....	81
3.1 - Introduction	81
3.2 - Programme de réalisation de la recherche : l'ANR METAL	82
3.2.1 - Objectifs et axes de recherche	82
3.2.2 - Le corpus de matériaux constitué dans le cadre de l'ANR METAL	82
3.3 - Cadres conceptuel et théorique	83
3.3.1 - La question des inégalités : de quoi parle-t-on ?	83
3.3.1.1 - Différences, disparités, inégalités.....	83
3.3.1.2 - Inégalités et mobilité quotidienne	84
3.3.1.3 - Inégalités socio-spatiales et ségrégation.....	84
3.3.2 - Les acceptions de la mobilité	85
3.4 - Questionnements de la recherche.....	86
3.5 - Les terrains d'étude : Bogotá, Santiago du Chili et São Paulo.....	87
3.5.1 - Croissance démographique et évolution du peuplement	87
3.5.2 - Le poids des agglomérations dans les économies nationales et la répartition des activités	93
3.5.3 - Évolution de la ségrégation.....	93
3.5.4 - Une mobilité en augmentation et une diversification de l'offre de transport.....	98
3.5.5 - Contexte organisationnel des transports et caractéristiques des déplacements.....	100
3.6 - Les conditions de mobilités quotidiennes comme révélatrices d'inégalités socio-spatiales : approche infra-métropolitaine sur la base d'un découpage territorial	102
3.6.1 - La comparaison des mobilités quotidiennes vers le lieu de travail au regard de la hiérarchie sociale à Bogotá, Santiago et São Paulo : données et méthodes	103
3.6.2 - Mobilités quotidiennes vers le lieu de travail dans les trois villes : tendances globales.....	105
3.6.3 - Différenciations spatiales des mobilités quotidiennes vers le lieu de travail et hiérarchie sociale : état des lieux ville par ville	107
3.6.3.1 - Typologie spatiale des mobilités quotidiennes et hiérarchie sociale à Bogotá	107
3.6.3.2 - Typologie spatiale des mobilités quotidiennes et hiérarchie sociale à Santiago.....	108
3.6.3.3 - Typologie spatiale des mobilités quotidiennes et hiérarchie sociale à São Paulo	109
3.6.4 - Différenciations spatiales des mobilités quotidiennes vers le lieu de travail et hiérarchie sociale : synthèse comparative.....	110
3.6.5 - Eléments de discussion	112
3.7 - Mobilités quotidiennes et inégalités socio-spatiales : approche par les espaces d'action	113
3.7.1 - Une démarche centrée sur l'accès des individus à la ville suivant le lieu de résidence : données et méthodes.....	114
3.7.1.1 - Localisation et caractéristiques des zones d'enquête	114
3.7.1.2 - Méthode de délimitation des espaces d'action : le recours aux ellipses de dispersion..	118



3.7.1.3 - Exemples d'utilisation de l'analyse centrographique pour qualifier les espaces de mobilité quotidienne dans la littérature.....	118
3.7.1.4 - Les contraintes liées à l'analyse centrographique et les choix opérés.....	119
3.7.1.5 - Catégorisation sociodémographique des individus : choix des variables et méthode retenue	119
3.7.2 - Premiers résultats	122
3.7.2.1 - Caractérisation des profils sociodémographiques des individus enquêtés	122
3.7.2.2 - Caractérisation des espaces d'action des groupes d'individus suivant leur profil sociodémographique et leur lieu de résidence.....	126
3.7.2.3 - Les temps de transport comme révélateurs d'inégalités	129
3.7.2.4 - Le recours aux entretiens approfondis : un éclairage qualitatif sur les conditions de transport	132
3.7.2.5 - Le recours à la simulation de Monte-Carlo : une mesure de la significativité des écarts entre espaces d'action	133
3.7.3 - Eléments de discussion	137
3.8 - Conclusion	138
3.8.1 - Entrée infra-métropolitaine centrée sur les conditions de mobilité, entrée par les espaces d'action : intérêt et limites des deux approches	138
3.8.2 - Synthèse des méthodes employées	139
3.8.3 - Hiérarchie sociale, cycle de vie et localisation résidentielle : trois dimensions centrales dans la compréhension des inégalités socio-spatiales d'accès à la ville.....	140
4 - Conclusion et perspectives.....	141
4.1 - Retour sur les objets de recherche investis et sur leurs articulations	141
4.2 - Bilan sur les méthodes de traitements de données mobilisées.....	142
4.3 - Les perspectives de recherches à venir	143
4.3.1 - Les recherches à court terme.....	143
4.3.2 - Les recherches à moyen terme	144
5 - Références bibliographiques (par thème)	147
5.1 - Références générales (approche macro sur l'Amérique latine, fondements de la géographie, géographie de la population, géographie urbaine)	147
5.2 - Risques et vulnérabilités des territoires et des sociétés	148
5.3 - Vulnérabilités et fiabilité des réseaux routiers et de transport	150
5.4 - Transports, mobilités	152
5.5 - Inégalités, inégalités dans les mobilités, ségrégation	154
5.6 - Références à caractère méthodologique	156
5.7 - Autres	157
6 - Références bibliographiques (par ordre alphabétique)	159
6.1 - Toutes les références.....	159
6.2 - Les références dont je suis auteur ou co-auteur (triées sur leur acronyme)	169
7 - Annexes	171
8 - Liste des illustrations	177
8.1 - Liste des cartes.....	177
8.2 - Liste des graphiques.....	178
8.3 - Liste des tableaux	178



8.4 - Liste des figures.....	179
8.5 - Liste des photos.....	180
8.6 - Liste des encarts.....	180
9 - Table des matières.....	181