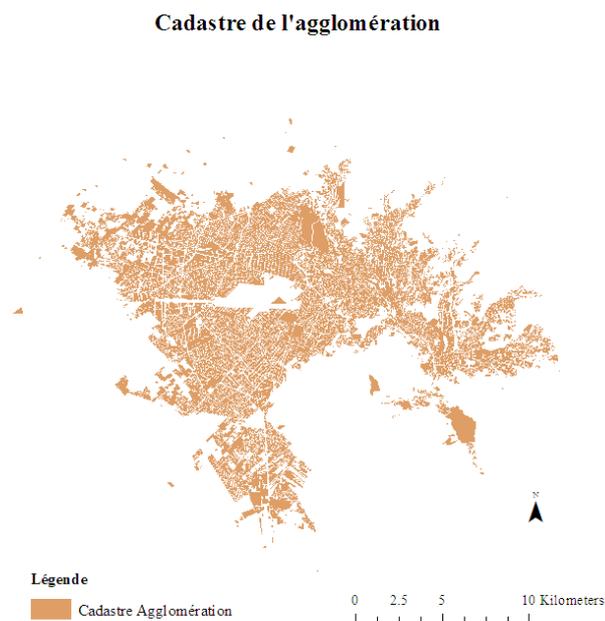


VI. REPRESENTATIONS DE L'ENSEMBLE DE L'AGGLOMERATION

Comme mentionné précédemment, l'indépendance des deux villes freine souvent la collaboration. Afin d'apporter quelques outils permettant une vue d'ensemble de l'agglomération il paraît intéressant de créer des couches relativement homogènes avec les données utilisées tout au long de ce rapport.

1. CADASTRE URBAIN DE L'AGGLOMERATION

Pour commencer, une couche représentant le cadastre des deux villes est créée avec le logiciel ArcGIS. Pour ce faire, il faut unir la couche de cadastre d'El Alto réalisée précédemment à la couche de cadastre de La Paz. C'est avec l'outil *Union* de la boîte d'outils *Analysis Tools* que la nouvelle couche du cadastre est créée.



Carte 26 : Carte du cadastre de l'agglomération regroupant les villes de La Paz et El Alto

2. DENSITE DE POPULATION DANS L'AGGLOMERATION

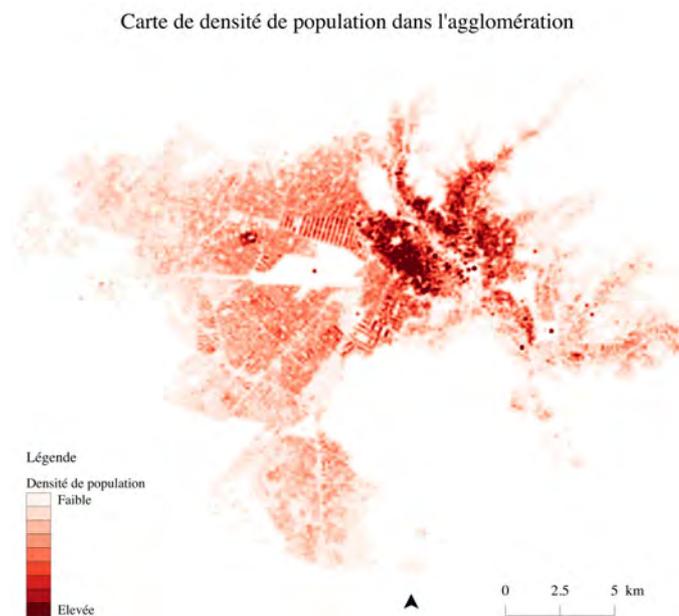
Afin de représenter la densité de population dans l'agglomération, c'est la méthode de la carte de chaleur du logiciel QGIS qui est appliquée. Les échelles des cartes de La Paz et El Alto n'étant pas identiques, il ne suffit pas d'unir les deux couches raster en une seule. Il faut commencer par joindre les deux couches de pâtés de maisons à l'aide de l'outil *Fusionner les shapefiles en un seul*. Ainsi les tables d'attributs sont fusionnées de manière à obtenir une

seule colonne *population* regroupant les habitants des deux villes. Cette étape a déjà été réalisée lors de la création des cartes de densité par carroyage, ce qui a permis d'obtenir une couche représentant les pâtés de maisons de l'agglomération.

id	departament	provincia	municipio	numercual	manzana	population	area_manza	densidad	manzanos	manzanos	manzanas
6051	La Paz	Murillo	El Alto	0060	42	2947,21	0,021378	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6054	La Paz	Murillo	El Alto	0060	42	2939,09	0,020597	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6055	La Paz	Murillo	El Alto	0060	77	3634,42	0,021185	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6056	La Paz	Murillo	El Alto	0230	84	4102,20	0,020874	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6057	La Paz	Murillo	El Alto	0240	79	4195,43	0,017189	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6058	La Paz	Murillo	El Alto	0250	44	3249,19	0,014430	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6060	La Paz	Murillo	El Alto	0270	20	2929,12	0,009886	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6059	La Paz	Murillo	El Alto	0210	99	7229,72	0,013701	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6060	La Paz	Murillo	El Alto	0200	77	5117,48	0,013012	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6061	La Paz	Murillo	El Alto	0160	44	3443,98	0,014744	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Figure 42 : Table des attributs de la couche des pâtés de maisons des deux villes jointes

Il faut ensuite créer une couche de centroïdes des pâtés de maisons car la carte de chaleur se fait sur la base d'une couche de points. La couche est créée à l'aide de l'outil *Centroïdes de polygones*. L'outil *carte de chaleur* peut finalement être utilisé pour produire la couche de densité de population de l'agglomération. Le rayon d'influence est fixé à 150 mètres, en fonction de l'attribut population. Le style est ensuite changé en *pseudo-couleur à bande unique*, avec un dégradé de rouge.



Carte 27 : Carte de densité de population dans l'agglomération

La densité de population est moins forte à El Alto qu'à La Paz. C'est pour cette raison qu'en créant une carte sur la base d'une couche fusionnée des deux villes, El Alto apparaît avec moins de contraste que lors de la carte de chaleur de la ville seule. Pour La Paz par contre les changements sont minimes. Cette carte permet donc de visualiser la densité de population à l'échelle de l'agglomération.

3. CARTE DES RISQUES DE L'AGGLOMERATION

Afin d'avoir une vue d'ensemble des risques dans l'agglomération, les couches de cartes de risques des deux villes sont regroupées en une seule nouvelle couche créée avec l'outil *Union* du logiciel ArcGIS.

Afin de permettre une homogénéisation de la couche de risques regroupant les deux villes, quelques modifications sont apportées à la table d'attributs. Les deux couches de risques possèdent des catégories différentes pour représenter les degrés d'exposition au risque. La couche d'El Alto ne se composant que de 10 lignes dans la table d'attributs, les modifications sont faites manuellement. Le terme utilisé pour qualifier le degré de risque est conservé et copié dans la colonne *GRADO* (degré) et une valeur est inscrite dans la colonne *GRIDCODE*. A la catégorie *Sans Risque* est attribuée la valeur 51, correspondant à celle du degré de risque *très bas* et à la catégorie *Risque Naturel* est donnée la valeur 204, correspondant au degré *élevé*.

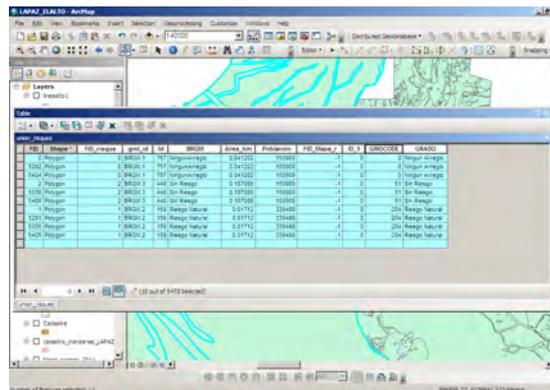
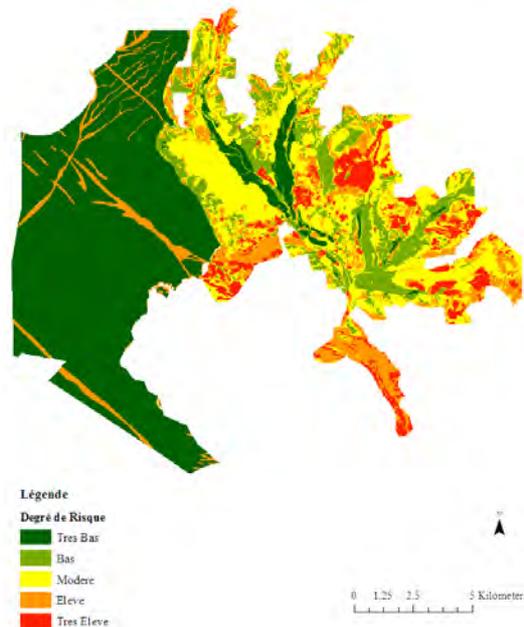


Figure 43 : Insertion des valeurs dans la colonne *GRIDCODE* de la table des attributs

Le style de la couche est ensuite modifié en symboles catégorisés selon l'attribut du degré de risque (*GRIDCODE*) et en choisissant les mêmes couleurs que celles de la carte des risque de La Paz.

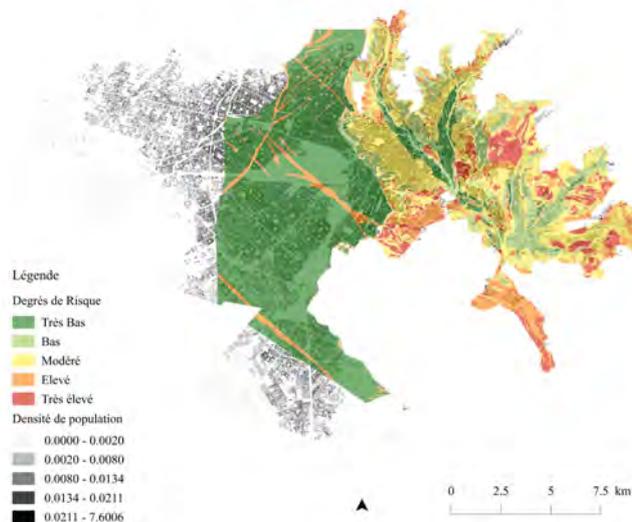
Carte des risques pour les ville de La Paz et El Alto



Carte 28 : Carte des risques de l'agglomération

Cette carte permet de visualiser l'hétérogénéité dans le degré d'exposition au risque entre les deux villes. La Paz apparaît comme un terrain beaucoup plus accidenté qu'El Alto. Pour terminer, cette nouvelle couche est superposée à la couche des pâtés de maisons de l'agglomération, permettant ainsi une visualisation de l'ensemble de la population par densité de pâtés de maisons et degré de risque.

Carte des pâtés de maisons de l'agglomération par densité de population et degré d'exposition au risque



Carte 29 : Carte de densité de population et de degré d'exposition au risque dans l'agglomération

VII. DISCUSSION

Les données utilisées pour ce travail permettent de constater que la ville de La Paz est saturée en termes d'urbanisation. Toutes les zones constructibles sont occupées ne laissant que les terrains instables comme option pour la construction de nouveaux logements. Telle est alors la raison principale de la taille grandissante de la ville d'El Alto. Les populations pauvres n'ayant plus le choix de s'installer à La Paz, construisent leur logement à El Alto. La rapidité de l'expansion de la ville et l'importance du taux d'autoconstruction l'ont rendue vulnérable sur divers aspects. Si le risque de glissement de terrain est négligeable de par le fait que la ville se situe sur un plateau, ce sont alors les inondations, les contaminations des sols et des eaux et l'insécurité qui représentent les principales menaces. La carte des risques de la ville d'El Alto n'étant pas très détaillée, ne permet pas de savoir le niveau de risque et n'informe pas sur le type de risque. C'est alors uniquement sur la base de la littérature consultée qu'il est possible d'avoir des informations à ce sujet. Certaines questions peuvent cependant surgir de l'analyse de la carte des risques du BRGM. La zone urbaine correspond à une surface plus grande que celle prise en compte dans la carte. Pourtant de nombreuses rivières sont présentes sur la zone urbaine d'El Alto. Cela mène à se poser la question de l'exhaustivité de la carte des risques. S'il est vrai que les quartiers les plus périphériques sont parfois moins denses en terme de population que les quartiers centraux, l'exposition au risque peut être accrue de par le manque de conditions. Ces quartiers n'ayant pas de système d'évacuation des eaux, semblent être enclins à subir des inondations lors de conditions climatiques difficiles.

Si la plupart des zones à risques de la ville d'El Alto semble suivre les lits des rivières, la surface de la zone est cependant toujours plus large que la rivière. Cela laisse envisager que la zone à risque représente le lit majeur des rivières qui est la surface maximale inondable lors de forte crue. Cela signifie que les zones à risque englobent toutes les habitations potentiellement inondables.

Il est facile de constater qu'il existe une forte hétérogénéité au niveau de l'importance de l'exposition aux risques entre les deux villes. En comparant ensuite les cartes des risques avec les cartes de densité de population réalisées lors du stage, il apparaît que les zones les plus densément peuplées sont souvent situées sur des terrains dangereux. Les fichiers des cadastres des deux villes montrent qu'il existe des constructions sur la plupart des zones à risques. Or le fait que les fichiers ne donnent que très peu voire aucune information sur la régularité de ces constructions ne permet pas de mener l'analyse prévue lors du commencement de cette

recherche. Il est possible d'affirmer qu'il existe des constructions sur un certain emplacement mais généralement pas de savoir la date d'enregistrement ou le nombre d'habitants.

Les différents traitements de données ont généré des documents intéressants surtout en terme de visualisation. Les données étant souvent incomplètes ou n'étant pas fiables dans leur totalité (cadastre d'El Alto) ne permettent pas des études précises. Elles sont cependant des outils suffisants à la compréhension des enjeux en termes de risques, de population et d'habitations pour l'agglomération.

L'intérêt de l'incorporation de la carte des risques à celle du cadastre est de donner plus facilement accès aux données sur les risques à la population. En effet, la carte des risques n'est que très peu consultée lors d'achats entre particuliers. Or le cadastre sert d'élément de référence. En intégrant les données sur les risques, elles seraient directement identifiées par les futurs acheteurs. Cela aurait pour conséquence de faire du cadastre un outil fondamental dans le domaine de la prévention contre les risques. Cela peut néanmoins avoir des conséquences négatives en termes sociaux, notamment par la perte de valeur des biens immobiliers qu'une telle mesure engendrerait. C'est entre autres cet aspect qui est repris dans le mémoire dont découle ce stage.

1. REMARQUES

Parmi les tâches devant être réalisées lors du stage figurait la création d'une carte de densité de population pour l'ensemble du pays. Ce point n'a cependant pas pu être terminé par manque de données. Des ébauches d'idées et des discussions au sujet de la méthode de construction de cette carte ont vu le jour sans pour autant n'aboutir à un résultat concret.

La deuxième remarque concerne les données de la couche des pâtés de maisons de la ville de La Paz. Ce n'est qu'à la fin de la réalisation de ce rapport qu'il a été constaté qu'une valeur extrême dans la colonne de l'attribut de densité n'avait pas été éliminée. Cette valeur est de 7.600596, alors que la valeur juste en dessous est de 1.781888. Cela n'a cependant pas posé de problème pour la réalisation de ce travail car ayant utilisé la méthode des quantiles pour la division des données de densité de population, les catégories sont identiques avec ou sans la valeur extrême. L'unique changement est que la valeur la plus haute passe de 7.600596 à 1.781888. Cette remarque sera cependant prise en compte et les changements nécessaires effectués lors de l'utilisation des mêmes données dans le mémoire.

2. DIFFICULTES RENCONTREES

Le traitement de données qui a pris le plus de temps à réaliser a été le nettoyage du fichier du cadastre d'El Alto. Le fichier shapefile du cadastre d'El Alto étant composé de polygones et construit de manière très hétérogène, de nombreux éléments ont du être rectifiés. Il a fallu au total vingt-cinq heures pour effectuer ce nettoyage. L'ampleur de la surface à traiter et le constant léger décalage entre la couche de cadastre et la couche de fond de carte utilisée ont rendu la tâche parfois plus compliquée.

Un autre aspect a rendu la réalisation de ce travail difficile à planifier. Alors que la plupart des données utilisées ont été récoltées sur place lors du séjour en Bolivie, d'autres n'ont pu être acquises qu'après le retour en Suisse. Il s'agit majoritairement de données concernant la ville d'El Alto, qui à l'époque du séjour était en pleine période de changement suite aux résultats des élections en début d'année. Une nouvelle maire devait entrer en fonction et cet événement produit toujours de nombreux changements de personnel et de gestion de projets au sein de la mairie. Les fonctionnaires étant pour la plupart incertains de pouvoir garder leur poste, n'étaient pas toujours en mesure de pouvoir accéder aux données demandées. Il a donc fallu contacter plusieurs personnes durant les mois de juillet à novembre afin de réussir à accéder à ces données. Le problème a été de ne pas avoir la certitude de recevoir un jour les données manquantes et de ce fait ne pas savoir exactement quels types d'analyses seraient réalisables.

CONCLUSION

Le bilan général du déroulement du stage est positif car il a été une expérience enrichissante en termes d'acquisition de données, de connaissances scientifique, légale, administrative et historique, ainsi qu'en échanges avec des personnes ravies de partager leur savoir.

En ce qui concerne la partie technique du traitement des données, tout le travail réalisé sur les ordinateurs de GeoBolivia s'est fait avec le logiciel QGIS. Si les premiers jours ont été plus compliqués, l'apprentissage s'est ensuite fait rapidement et a permis de maîtriser un nouvel outil. Le fait de savoir travailler avec deux logiciels (QGIS et ArcGIS) a permis de jongler entre les deux et d'obtenir les résultats voulus lors des traitements de données.

Ce stage a également permis de constater que les connaissances et méthodes de travail dans ce genre de contexte varient de celles nécessaires dans un pays comme la Suisse. Non seulement

les données sont rares, de qualité et de fiabilité parfois douteuse, mais également difficiles d'accès. Un aspect qui n'améliore pas la situation est la difficulté qu'ont les institutions boliviennes à conserver leurs données. Plusieurs données qui auraient pu être utiles à ce travail n'ont pas pu être acquises car elles ont été perdues lors des changements de personnel au sein des municipalités. Une importante perte d'information s'est ainsi produite depuis des années.

En termes plus spécifiques, le stage chez GeoBolivia a permis de rendre compte de la difficulté qu'il existe toujours aujourd'hui dans le processus d'acquisition des données. Malgré qu'il s'agisse d'un projet appartenant à la Vice-présidence de l'Etat, toutes les institutions ne sont pas prêtes à partager leurs données facilement. Le stage a été une opportunité de travailler en commun avec majoritairement des informaticiens et des géographes qui apportent chacun leur contribution à la gestion de la base de données. Grâce aux quelques comptes rendus des avancées des tâches auxquels tous participaient, il a été possible d'avoir un panorama des activités en cours chez GeoBolivia. L'entraide était permanente et indispensable au bon fonctionnement d'un tel projet.

Etre stagiaire à la Vice-présidence a permis de comprendre l'ampleur des enjeux politiques et institutionnels des Infrastructures de Données Spatiales au sein des Etats qui sont devenues des instruments de gouvernance. En compilant et partageant la large palette de données en provenance des différentes institutions nationales et internationales, une importante visibilité et une transparence sont engendrées en plus de permettre la création de nouvelles informations (LERCH et MOLINA, 2015). L'accès à l'information spatiale crée ainsi de nouveaux enjeux en termes de gouvernance non seulement pour les acteurs étatiques mais également pour l'ensemble de la population.

Les données utilisées dans ce rapport sont un bon exemple de l'hétérogénéité de l'intérêt porté aux différentes parties d'un territoire. Si La Paz possède des données beaucoup plus nombreuses, variées et de meilleure qualité qu'El Alto, ce n'est pas uniquement du à des questions d'ordre économique. Les études et les programmes entrepris par des institutions étrangères en Bolivie ont été menés dans des lieux qui représentaient pour elles un intérêt. Il en ressort que ce sont souvent les mêmes zones d'un territoire qui sont vues comme des objets d'étude intéressants (LERCH, 2015). Ainsi l'information générée se concentre sur ces lieux précis au détriment du reste du territoire. C'est ce qu'il s'est passé pour les cas des villes de La Paz et El Alto.

Un autre point clé est l'apport considérable que pourrait avoir une incorporation de l'information sur le risque à celle du cadastre. En croisant des données qui sont

habituellement traitées séparément, la compréhension d'un phénomène comme celui des risques en zone urbaine peut prendre une toute autre direction. Pour gérer un territoire complexe comme celui de l'agglomération La Paz/El Alto il est essentiel d'avoir une vue d'ensemble et de comprendre les liens qui existent au sein du territoire. Encore aujourd'hui la majorité des décisions sont prises indépendamment au sein des deux villes alors qu'une collaboration permettrait la plupart du temps de faire des choix davantage appropriés à la réalité. C'est notamment le cas pour le domaine de la gestion des risques qui ne peut être réellement efficace qu'en prenant en compte tous les éléments sans s'arrêter aux frontières administratives, comme dans le cas de La Paz et El Alto. La question du risque en milieu urbain doit être intégrée aux outils de gestion du territoire au lieu d'être traitée de manière isolée.

En résumé, c'est par la mise en commun de données provenant de diverses sources et pouvant être croisées à différentes échelles qu'une gouvernance devient efficace et adaptée aux diverses et complexes réalités d'un territoire.