

IV. TRAITEMENT DU CADASTRE DE LA VILLE D'EL ALTO

La deuxième tâche présentée dans ce rapport est le nettoyage du fichier du cadastre de la ville d'El Alto, dans le but d'obtenir un fichier de polygones lisible. Cette méthode est choisie afin de permettre une homogénéisation avec le fichier du cadastre de la ville de La Paz qui est lui-même formé d'une couche de polygones. Pour ce faire, c'est cette fois avec le logiciel ArcGIS 10.2.3 que l'ensemble des traitements est effectué.

Contrairement à la ville de La Paz, El Alto ne possède pas de cadastre informatisé fonctionnel. C'est pourquoi il n'existe pas de carte représentant le cadastre urbain de la ville, ou d'autres documents sur le sujet, mis à disposition du public. Il a fallu alors pour accéder aux données du cadastre, prendre contact avec des personnes travaillant à la mairie d'El Alto. C'est ainsi qu'a été acquis un fichier AutoCAD représentant le cadastre urbain.

1. METHODOLOGIE DU NETTOYAGE DE FICHIER

Afin de pouvoir projeter un fichier AutoCAD (.dwg) sur ArcMap, il faut commencer par le convertir en shapefile. Pour cela, l'outil *Feature Class To Shapefile*, de la boîte à outil *Conversion Tools* est utilisé. Cinq fichiers sélectionnables apparaissent alors dans les *Input Features* : Annotation, MultiPatch, Point, Polygon, Polyline. Ils sont ainsi tous convertis en shapefiles puis projetés sur ArcMap. Un problème de projection apparaît alors car une même couche s'affiche en deux coordonnées différentes, empêchant ainsi une superposition de l'ensemble des données.

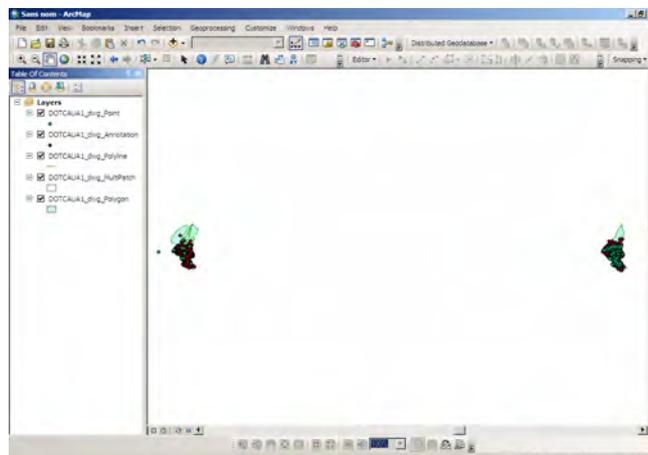


Figure 17 : Problème de projection sur ArcMap des couches du cadastre

Il faut alors résoudre ce problème de projection afin de pouvoir comparer les couches. Pour commencer, la couche des pâtés de maisons d'El Alto géoréférencée avec le système de coordonnées WGS 84 / UTM zone 19S et correspondant à l'emplacement de la ville d'El Alto, est superposée aux couches du cadastre. Cette couche s'affiche alors en rouge sur la partie gauche des couches de cadastre.

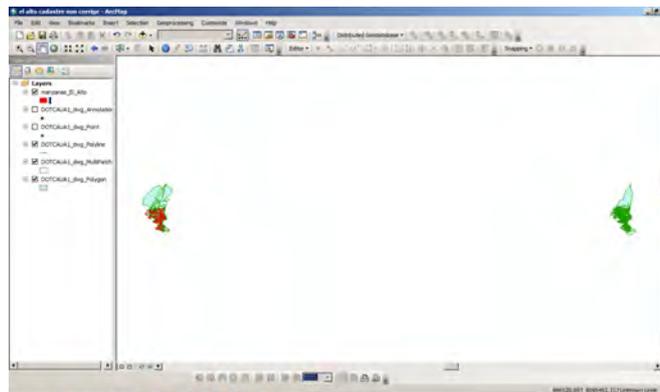


Figure 18 : Problème de projection des couches du cadastre et superposition d'une autre couche

En sachant maintenant quelle partie de la projection est correcte, il faut procéder au découpage de chacune des couches du cadastre. Pour cette partie, la couche *Annotation* contenant des noms de rues et des numéros est éliminée car ces informations ne sont pas utiles pour la couche de cadastre recherchée dans ce travail. C'est alors avec l'aide d'un collègue de GeoBolivia, Rolando F. Aguilar, que se réalise cette étape. Pour commencer, deux nouvelles couches sont créées afin de servir de couche de *Clip* dans l'étape suivante. Pour produire une couche il faut utiliser l'outil *Create Feature Class* de la boîte à outils *Data Management Tools* en choisissant l'option *Polygon*. La nouvelle couche ainsi créée, il faut désormais dessiner le polygone. Pour cela, le mode *Editor* est activé et l'option *Create Features* est sélectionnée. Le polygone est alors dessiné de manière à créer un rectangle recouvrant la surface de la ville d'El Alto. Cette étape est réalisée deux fois afin d'avoir deux couches chacune recouvrant la ville d'El Alto à l'un des deux emplacements. Chaque couche du cadastre est alors coupée à l'aide de l'outil *Clip* en utilisant comme couches de *Clip* les couches de polygones créées. Cela engendre ainsi deux nouvelles couches pour chaque couche traitée. C'est ensuite avec les outils d'ajustement spatial (*Spatial Adjustment Tools*) que les parties des couches qui ne se superposent pas au bon endroit sont déplacées. Pour cela, cinquante points similaires sont identifiés et reliés. Les couches ainsi superposées, il faut pour terminer vérifier si le système de coordonnées est bien celui de l'UTM 19S. Le cadastre est

désormais composé de huit couches, chacune des quatre couches de base ayant été coupées en deux parties.

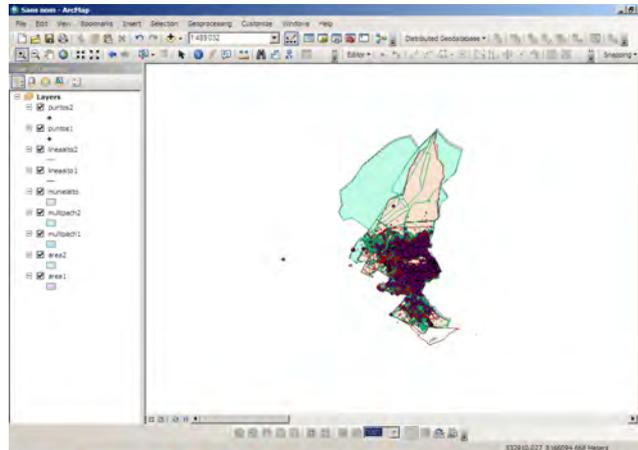
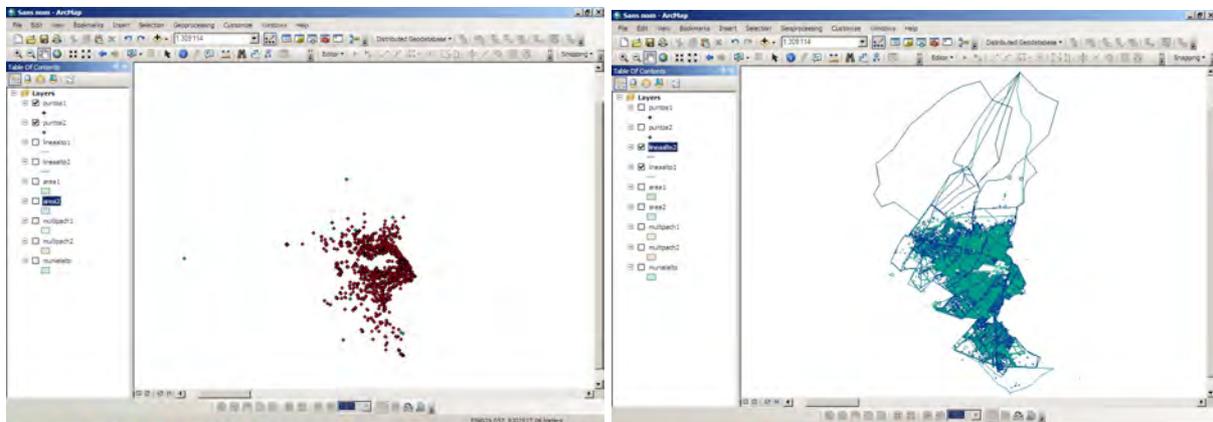


Figure 19 : Projection sur ArcMap de l'ensemble des couches corrigées du cadastre

Maintenant que toutes les couches se superposent correctement, il faut les comparer et choisir celles qui vont servir à la construction du fichier de cadastre amélioré et celles qui vont être abandonnées.



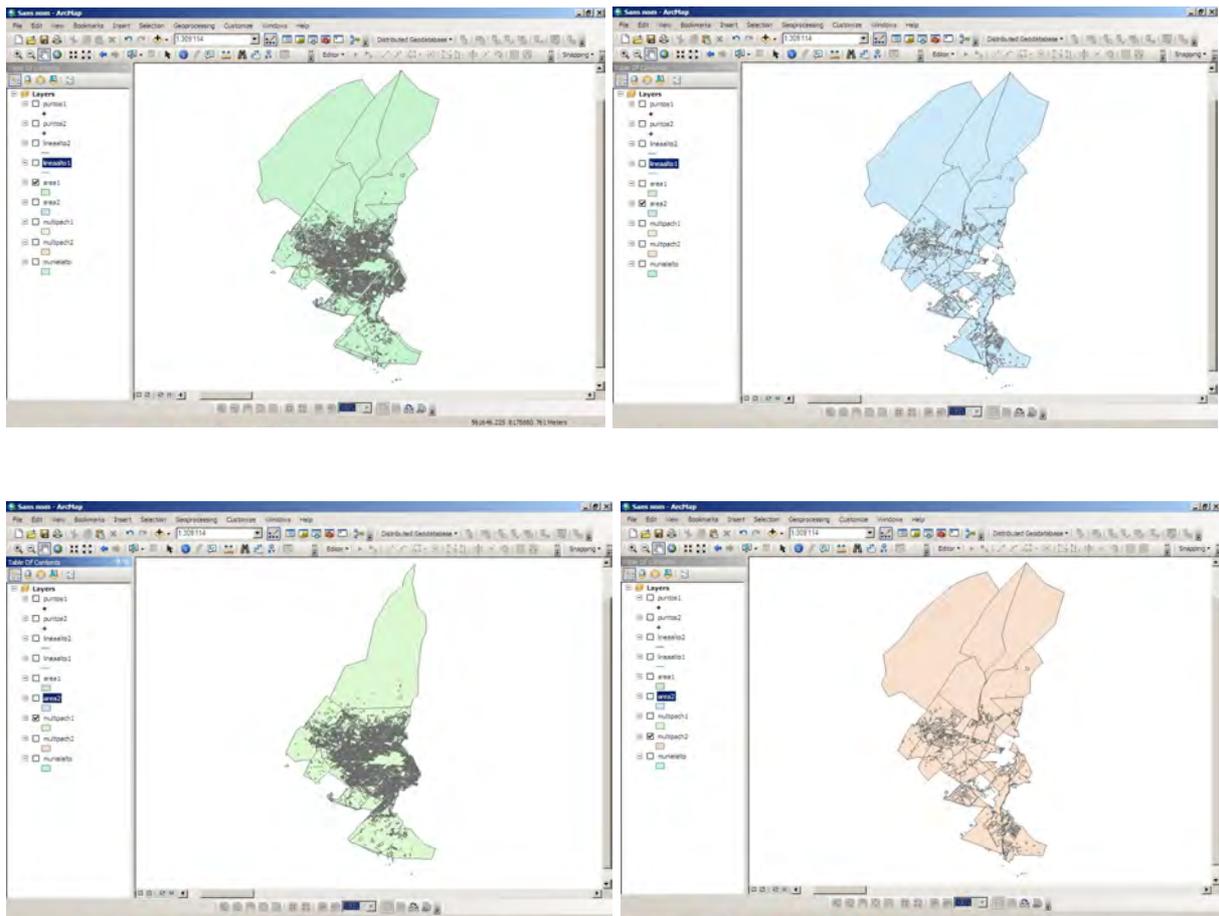
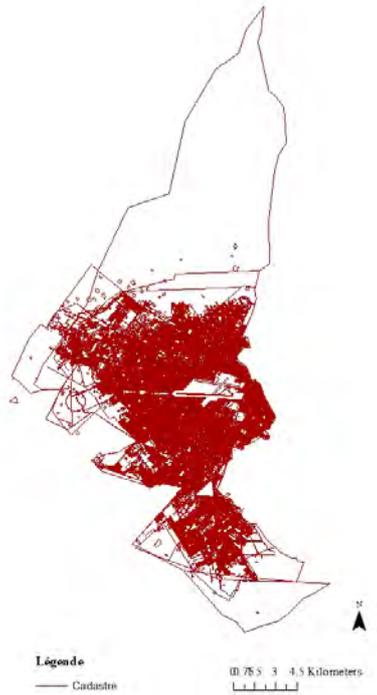


Figure 20 : Ensemble des couches brutes composant le fichier du cadastre d'El Alto (Dans l'ordre : Points, Polygones, Polygone 1, Polygone 2, Multipatch 1, Multipatch 2)

Les couches de points et multipatch² sont mises de côté car elles n'apportent pas d'information utile pour la création d'un fichier représentant le cadastre. Il faut ensuite comparer les deux couches de polygones et de polygones afin de vérifier s'il s'agit d'une répétition des mêmes surfaces (pâtés de maisons) ou s'il faut conserver des éléments des deux couches. Il en résulte qu'il suffit de garder une des couches de polygones et de l'améliorer. Cette couche contient un grand nombre d'incohérences, avec des lignes qui se superposent ou se croisent dans tous les sens.

² Le multipatch est un type de géométrie, qui sert à représenter l'enveloppe d'un objet 3D dans le logiciel ArcGIS (source : <http://pro.arcgis.com/fr/pro-app/help/analysis/3d-analyst/essential-3d-analyst-terms.htm>).

Cadastré de la ville d'El Alto



Carte 12 : Couche de lignes conservée, représentant le cadastre de la ville d'El Alto

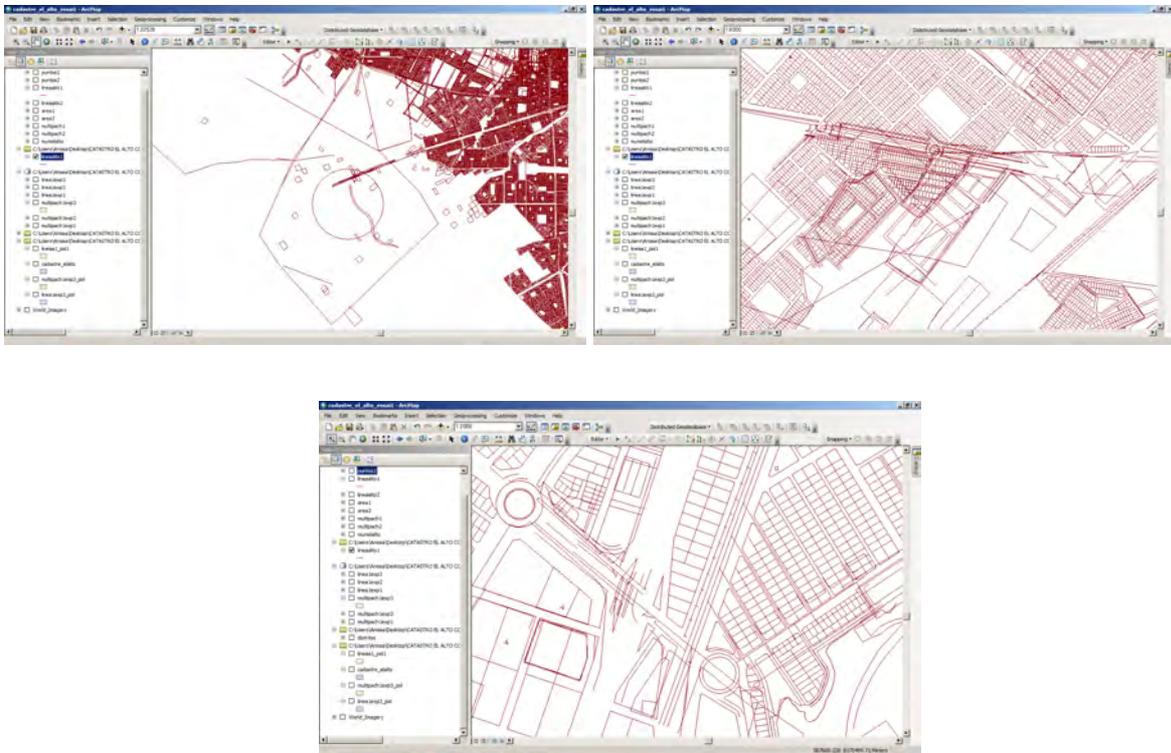


Figure 21 : Exemples de parties incohérentes dans la couche du cadastre

La première étape est d’explorer la table d’attributs de la couche du cadastre d’El Alto. Malgré la taille de la table d’attributs contenant beaucoup de colonnes, elle ne fournit que très peu d’informations, la plupart des colonnes étant inutilisable. Il faut alors trier les différents éléments de la couche de lignes en suivant plusieurs étapes. Pour commencer, le tri des éléments se fait dans la table des attributs en faisant des *sélections par attributs*.

Figure 22 : Table d'attributs de la couche de lignes du cadastre d'El Alto

La colonne *Layer* est la seule permettant d’avoir des résultats utilisables. Alors que la plupart du temps il n’est pas possible de comprendre à quoi correspondent les groupes créés dans la colonne *Layer*, cette-dernière contient tout de même certaines informations qui font sens. Par exemple, les éléments correspondant à *Layer = TEXTO EQUIPAMENTOS* sont supprimés de cette façon car ils correspondent à des petits symboles dispersés sur la carte et n’apportant pas d’information utile. Pour donner un autre exemple, les éléments de *Layer = 01*, correspondent à des lignes ne représentant aucune information utilisable et sont également supprimés de cette façon.

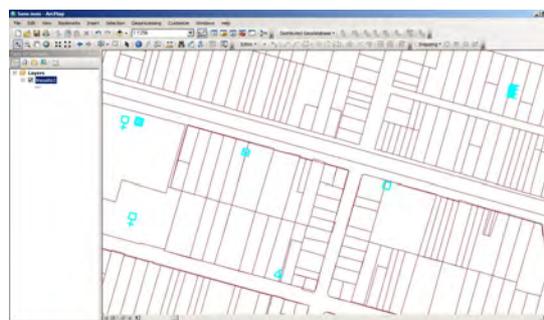


Figure 23 : Exemple de symboles correspondant à *Layer = TEXTO EQUIPAMENTOS*, dans la table d'attributs de la couche de ligne du cadastre

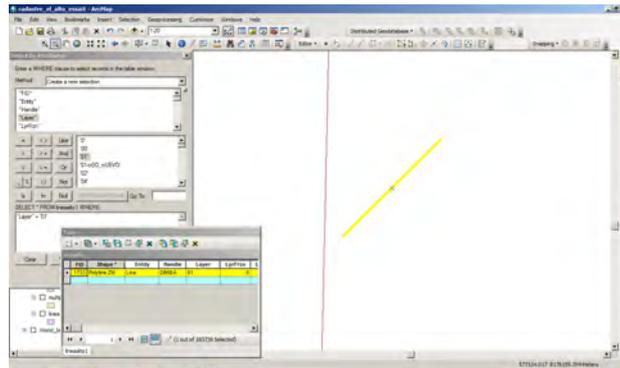


Figure 24 : Ligne correspondant à *Layer = 01*, dans la table d'attributs de la couche de ligne du cadastre

Lorsque les sélections par attributs donnent des résultats comprenant un trop grand nombre d'éléments, le tri est fait par la suite manuellement directement sur l'interface cartographique. Cela permet d'économiser du temps car il n'est pas nécessaire de zoomer sur chaque élément un par un avant de le supprimer.

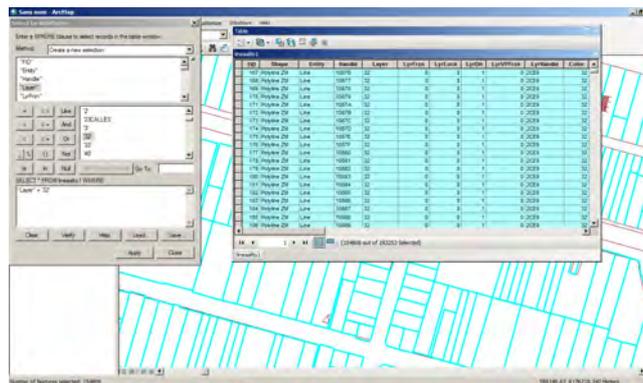


Figure 25 : Exemple de sélection par attributs, donnant un résultat trop grand pour être traité avec cette méthode

Certains éléments représentent de grandes surfaces qui correspondent parfois à plusieurs pâtés de maisons. Afin de pouvoir effacer certaines lignes superflues, il faut alors fractionner l'élément en plusieurs lignes. Cela se fait avec l'outil *Split (Fractionner)* de la barre d'outils *Editor (Éditer)*. L'option de fractionner en parts égales (*Into Equal Parts*) est sélectionnée avec une valeur plus ou moins élevée suivant la taille de l'élément à fractionner.

Dans l'exemple ci-dessous, le fractionnement de l'élément représentant des pâtés de maisons avec des personnages et des éléments de mobilier urbain, se fait en 200 parts égales. Il est ainsi possible de supprimer uniquement les lignes souhaitées et de conserver les pâtés de maisons. Lors de la suppression des lignes, certaines ne sont pas encore suffisamment divisées car elles comprennent des parties à conserver et d'autres à effacer. Elles sont alors à nouveau divisées en plusieurs lignes afin de permettre de sélectionner plus précisément les éléments.

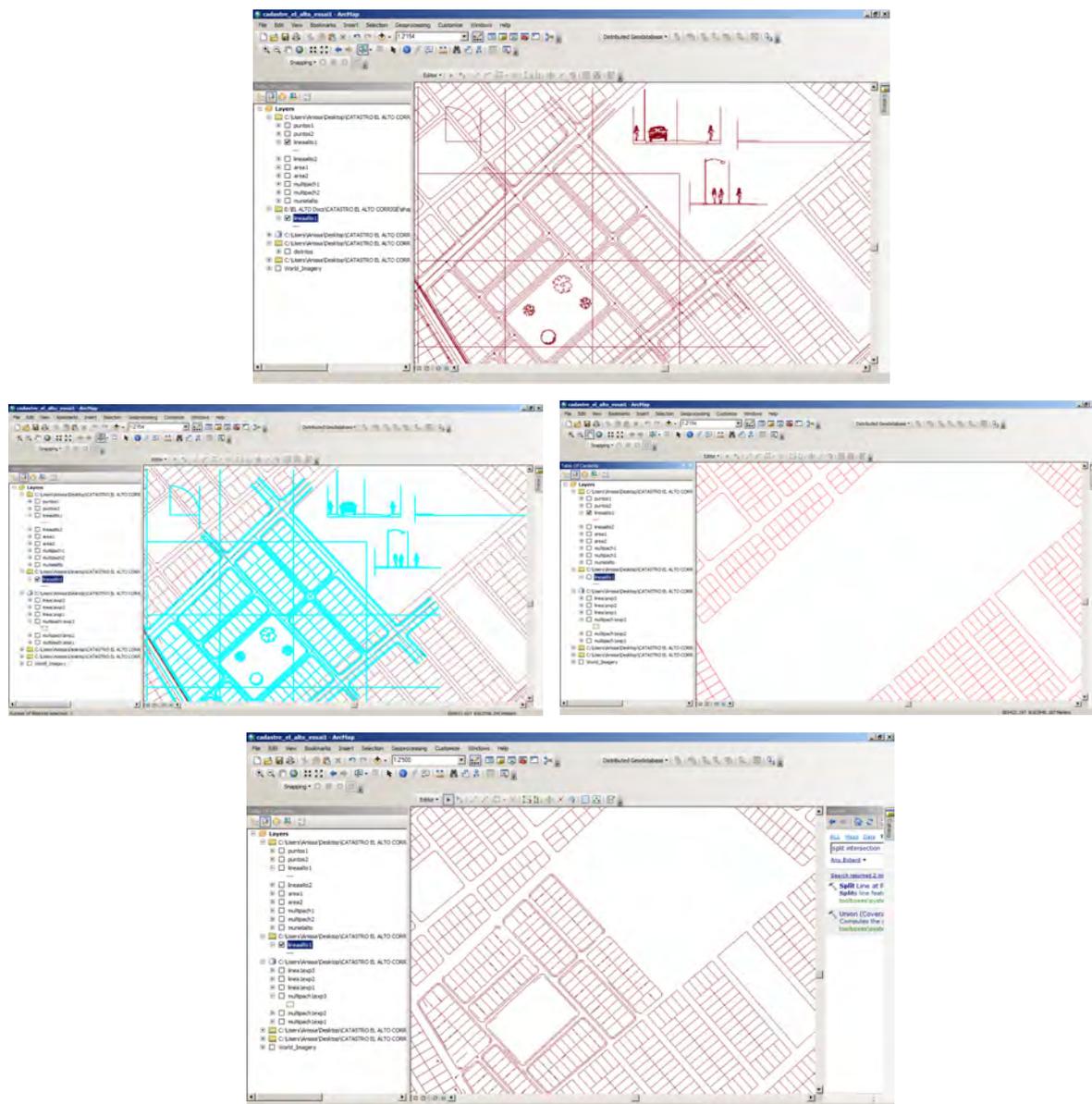


Figure 26 : Exemple d'élément unique représentant plusieurs pâtés de maisons et résultat de la suppression des éléments superflus, sans séparation des lignes et après séparation des lignes en plusieurs parts

Parfois les gros ensembles n'ont pas besoin d'être divisés en plusieurs lignes car rien n'a besoin d'être effacé. Cela permet un important gain de temps.

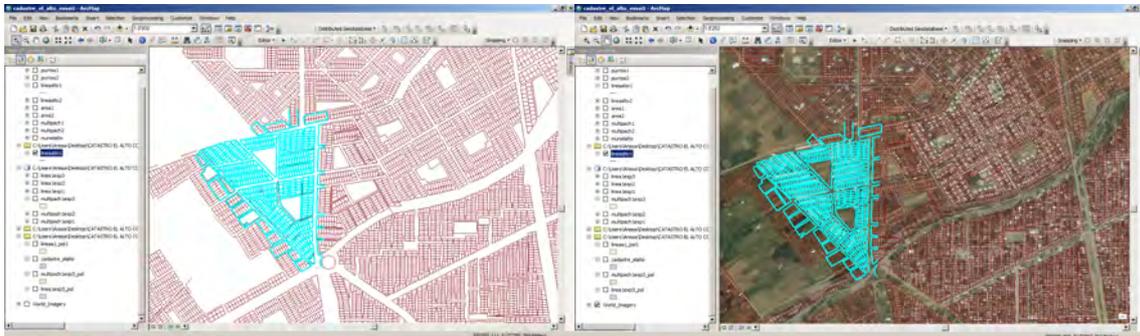


Figure 27 : Exemple d'élément unique représentant plusieurs pâtés de maisons, pouvant être conservé intact (avec et sans basemap)

Certaines lignes sont conservées car elles ne posent pas de problème pour la suite des analyses. Par exemple, une simple ligne qui n'en croise aucune autre n'est pas prise en compte comme un polygone si une transformation de lignes à polygones est réalisée. C'est pourquoi toutes ne sont pas supprimées, car il est nécessaire d'avoir beaucoup plus de temps à disposition pour rendre le fichier shapefile « parfait ». Les lignes croisant d'autres lignes sont cependant effacées afin d'empêcher la création de polygones n'existant pas en réalité.

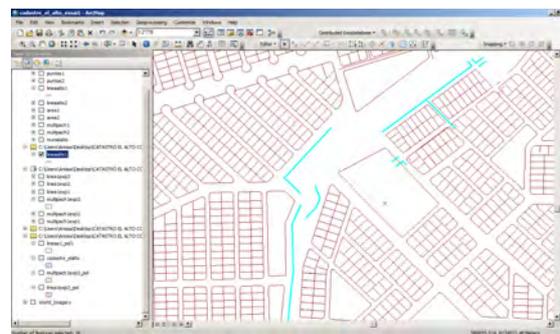


Figure 28 : Exemple de lignes qui ne doivent pas nécessairement être supprimées

Lorsque se termine ce travail il ne reste plus qu'à transformer la couche de lignes en couche de polygones avec l'outil *Feature to Polygon*. C'est ainsi qu'est obtenue la couche finale du cadastre d'El Alto.



Carte 13 : Cadastre d'El Alto. Résultat final du nettoyage de la couche de lignes, transformée ensuite en couche de polygones

CONCLUSION

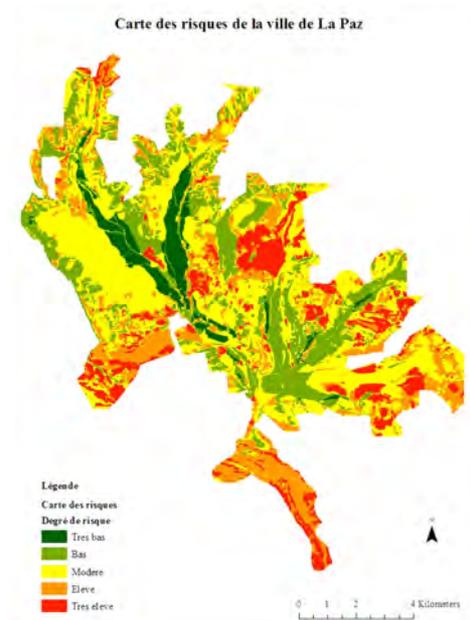
En sachant que le niveau d’informalité et d’irrégularité des habitations à El Alto est élevé, il est facilement imaginable que le fichier de cadastre représente l’ensemble des constructions répertoriées et non pas uniquement celles étant inscrites au cadastre. Il est de ce fait plus difficile de pouvoir en tirer des conclusions. De plus, contrairement au fichier du cadastre de La Paz qui va être présenté dans l’un des prochains chapitres, celui-ci ne donne pas d’information sur les dates d’enregistrement au cadastre. Il est donc impossible de faire une analyse temporelle sur la base de ces données.

V. CARTES DES RISQUES

1. LA PAZ

Pour la ville de La Paz, il existe une carte des risques officielle recouvrant l’ensemble du territoire urbain. Elle a été réalisée en 2011 par la Direction Spéciale de Gestion Intégrale de Risques (DEGIR), du Gouvernement Autonome Municipal de La Paz. La carte des risques est le résultat d’une longue étude qui a d’abord mené à la création d’une carte des menaces et d’une carte des vulnérabilités. Les détails sont décrits dans un document produit par la mairie

et accessible au public (cf. bibliographie : DEGIR, 2011). La carte des vulnérabilités prend en compte le facteur de population, ce qui est donc le cas également pour la carte des risques qui est le produit du croisement des menaces et des vulnérabilités. La ville est divisée en cinq degrés de risques : *très bas*, *bas*, *modéré*, *élevé* et *très élevé*.

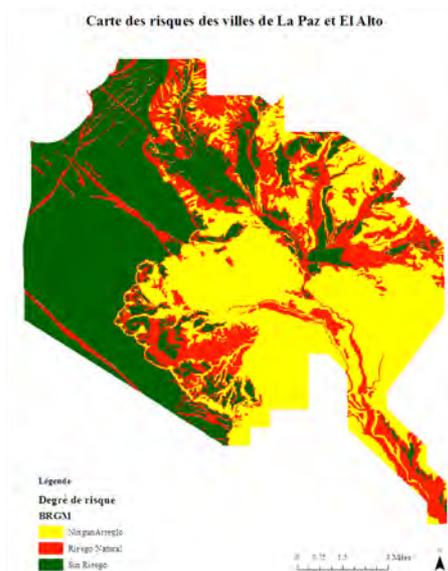


Carte 14 : Carte des risques de la ville de La Paz (source : DEGIR)

2. EL ALTO

Contrairement à la ville de La Paz, El Alto ne possède pas de carte des risques officielle. Afin de pouvoir visualiser la différence de degré de risque entre les deux villes, c'est sur la base d'une carte des risques créée par le BRGM qu'une nouvelle carte est créée. Cette carte des risques regroupe les deux villes et divise le territoire par degrés de risques selon les catégories : sans risque, risques naturels, *sin arreglo*³.

³ Traduction incertaine. Hypothèse : aucune construction. Donnée non prise en compte.



Carte 15 : Carte des risques du BRGM pour les villes de La Paz et El Alto (source : PACIVUR)

Cette carte étant moins précise au niveau des degrés de risque que celle de la ville de La Paz vue précédemment, seule la partie recouvrant le territoire d'El Alto est conservée. Pour ce faire, la couche de la zone urbaine de la ville est jointe la couche des risques à l'aide de l'outil *Clip*.



Figure 29 : Couche de la zone urbaine d'El Alto et résultat du clip sur la carte des risques du BRGM, créant ainsi la carte des risques d'El Alto

La carte des risques d'El Alto étant ainsi créée, reste néanmoins abstraite dans la mesure où aucune information supplémentaire n'a pu être trouvée au sujet du type de risque pris en compte dans la carte du BRGM. Cependant de par la forme que prennent les lignes

correspondant aux zones à risque, il semble qu'il s'agisse de lits de cours d'eau. Afin de vérifier cette hypothèse, un fichier shapefile représentant les rivières dans la zone de la ville d'El Alto est superposé à la couche de la carte des risques.

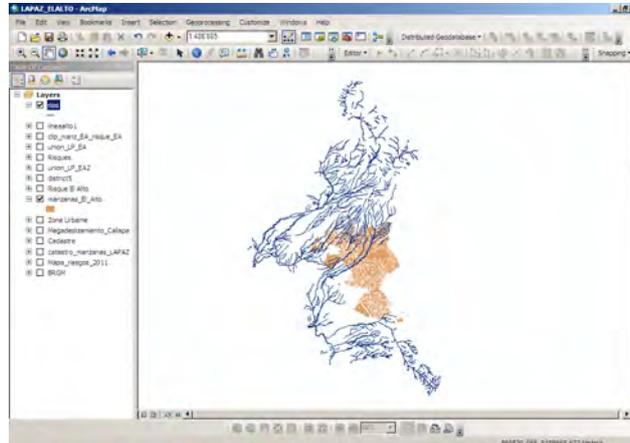


Figure 30 : Couches des pâtés de maisons d'El Alto et des rivières

La couche des rivières couvre un espace allant au delà de la zone urbaine d'El Alto. Afin de ne conserver que les informations nécessaires à l'interprétation de la carte des risques, la couche de la zone urbaine d'El Alto est coupée par rapport à la couche des rivières à l'aide de l'outil *Clip*.



Carte 16 : Carte des pâtés de maisons d'El Alto et des rivières traversant la zone urbaine

En n'affichant que les zones à *Risque naturel*, de la couche des risques d'El Alto et en lui superposant la couche de clip des rivières, l'hypothèse selon laquelle les zones à risques se situent sur les lits des rivières est confirmée pour une grande partie des lignes.

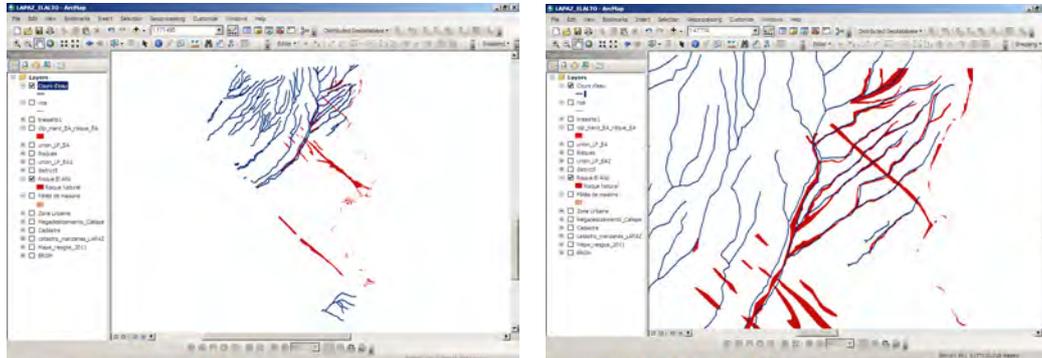


Figure 31 : Couche des rivières superposée à la couche des risques d'El Alto

Cela laisse envisager qu'il s'agit majoritairement du risque d'inondation qui est pris en compte dans cette carte.

3. CROISEMENT DES DONNEES SUR LES RISQUES, LA POPULATION ET LE CADASTRE

Maintenant que plusieurs données sur les villes de La Paz et El Alto ont été traitées et qu'elles ont généré de nouvelles informations, il convient de les croiser afin de pouvoir en tirer quelques conclusions. Ayant des cartes des risques pour les deux villes, des croisements sont réalisés avec les couches de pâtés de maisons et les couches de cadastre. En créant ainsi de nouvelles couches, il est possible de faire des calculs pour connaître par exemple le pourcentage de population ou de surface de bâti se trouvant sur les différentes zones à risque.

3.1. La Paz : Croisement des données sur les pâtés de maisons et les risques

Afin de connaître pour chaque degré de risque le nombre d'habitants concernés, il est possible de croiser les données de risque avec celles des pâtés de maisons. C'est avec l'outil *Spatial Join* qu'une nouvelle couche est créée en joignant la couche des degrés de risque à la couche des pâtés de maisons. La symbologie de la couche est alors modifiée pour représenter les pâtés de maisons suivant leur degré de risque.

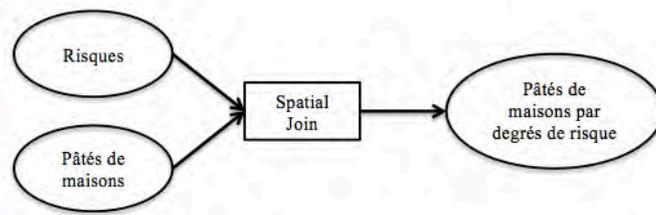
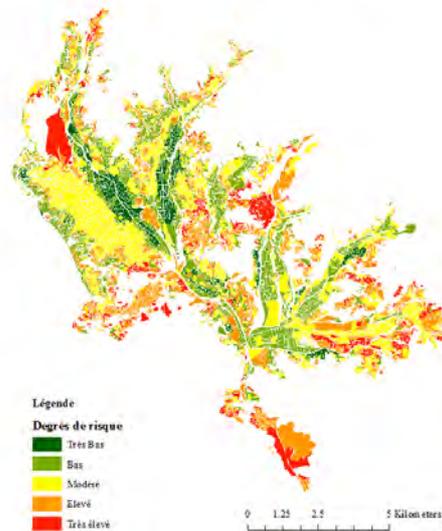


Figure 32 : Schéma du géotraitement

Carte des pâtés de maisons de la ville de La Paz avec leur degré d'exposition au risque



Carte 17 : Carte des pâtés de maisons de la ville de La Paz avec leur degré d'exposition au risque

La table d'attributs de la couche contient ainsi les informations sur la population et sur le degré de risque. Il est donc possible de faire des sélections par attributs et de connaître par exemple le nombre d'habitants exposés à chaque degré de risque. En faisant la sélection $GRIDCODE = 255$, qui correspond au degré de risque très élevé, il apparaît qu'au total 30'020 personnes y sont exposées.

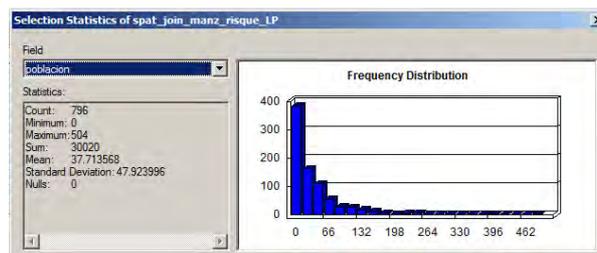


Figure 33 : Fenêtre *Statistiques* de la couche, pour l'attribut *population*

En sélectionnant chaque degré de risque individuellement et en calculant la population totale exposée il est possible de réaliser un schéma représentant la population de la ville selon son exposition au risque.

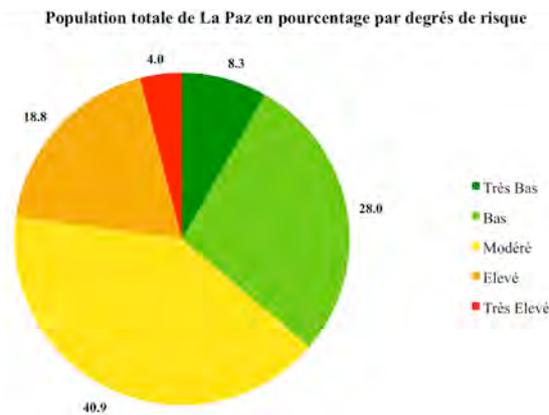


Figure 34 : Pourcentages de population par degré de risque pour la ville de La Paz

Afin d'identifier les zones les plus sensibles de la ville, une nouvelle sélection est faite en choisissant les pâtés de maisons en zone à risque *très élevé* ayant une forte densité de population. Pour savoir quelle valeur attribuer à une densité considéré comme forte, la couche des pâtés de maisons de la ville de La Paz est divisée en cinq catégories suivant la méthode des quantile, d'après l'attribut de *densité*. Le choix de diviser en cinq catégories est arbitraire, mais le nombre de pâtés de maisons ayant une densité élevée étant beaucoup plus petit que celui des densité moyennes, même en divisant par une quinzaine de catégories, le niveau le plus haut reste autour des mêmes valeurs. En divisant par cinq, il en résulte que la catégorie la plus élevée en terme de densité se situe entre 0.035526 et 7.600596. L'équation de la sélection par attributs prend donc en compte toutes les valeurs égales ou supérieures à 0.035526. Il peut sembler arbitraire de choisir la valeur de forte densité d'après cette méthode, mais la catégorie regroupe le 20% des pâtés de maisons les plus peuplés. Une autre manière de sélectionner la catégorie aurait pu être de séparer les valeurs selon la méthode des ruptures naturelles.

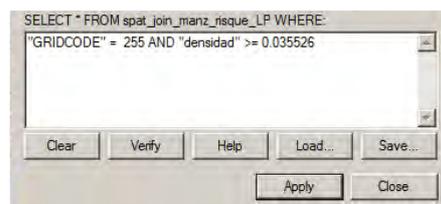


Figure 35 : Fenêtre de *sélection par attributs* de la couche

En ouvrant la fenêtre de statistiques de l'attribut *population*, il apparaît que 3784 personnes dans 44 pâtés de maisons sont concernées.

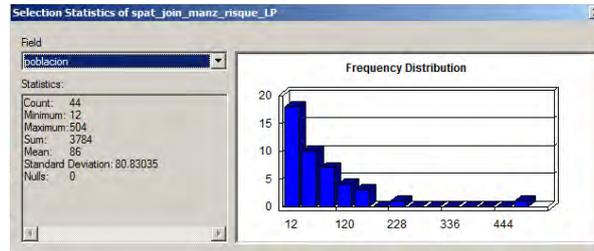


Figure 36 : Fenêtre de *Statistiques* de l'attribut *population*

Pour visualiser ce cas de figure, une carte est créée à partir de la sélection d'attributs réalisée. En faisant un clic droit sur la couche des pâtés de maisons, l'option *Create Layer From Selected Features* est choisie. Ainsi, une nouvelle couche contenant uniquement les éléments sélectionnés est créée. Il s'agit dans ce cas des pâtés de maisons situés dans une zone à risque *très élevé* et dont la densité de population est forte (ici : supérieure à 0.035526). Il suffit alors de modifier la symbologie et de superposer la couche à celle de l'ensemble des pâtés de maisons pour créer la carte suivante.



Carte 18 : Carte des pâtés de maisons de la ville de La Paz ayant une forte densité de population et un degré de risque *très élevé*

Une variante intéressante peut être de représenter les pâtés de maisons à degré de risque élevé, suivant leur densité de population. Pour ce faire, la même méthodologie que pour la carte précédente est suivie. Une sélection par attribut (GRIDCODE = 255) est faite sur la couche des pâtés de maisons à laquelle a été jointe la couche sur les risques. L'option de créer une couche à partir de la sélection est ensuite choisie et la symbologie est modifiée en symboles gradués en fonction de l'attribut de densité, avec cinq classes divisées selon la méthode des quantiles.



Carte 19 : Carte des pâtés de maisons de la ville de La Paz exposés au risque *très élevé* par densité de population

3.2. La Paz : Croisement des données sur le cadastre et les risques

La ville de La Paz possède un fichier officiel représentant le cadastre qui peut être téléchargée à partir du site de GeoBolivia en WFS⁴. Il n'a donc pas eu besoin d'être traité comme celui d'El Alto. En projetant le fichier sur ArcMap, il apparaît qu'il s'agit d'une couche de polygones représentant les pâtés de maisons inscrits au cadastre urbain de la ville.

⁴ URL : <http://sitservicios.lapaz.bo/geoserver/wfs>



Carte 20 : Cadastre de la ville de La Paz

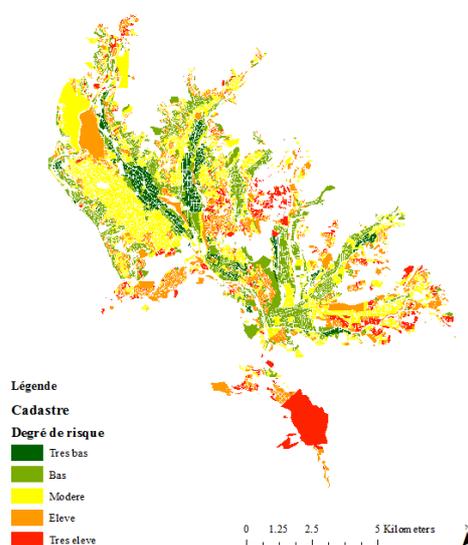
Comme pour le cadastre d'El Alto, il n'y a pas d'information sur le nombre d'habitants. Par contre, le fichier contient une colonne nommée *fecharegis* qui correspond à la date d'enregistrement des bâtiments au cadastre. Cette information reste cependant limitée car elle n'est pas donnée pour l'ensemble des pâtés de maisons.

ID	Shape	class	area	perimetre	volume	elevation	fecharegis	distance	value	other
2044	Polygon	AO	2729	0	0	0	11/2010-07-29T10:29:23.707	0	aaa	13
2045	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2046	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2047	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2048	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2049	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2050	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2051	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2052	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2053	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2054	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2055	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2056	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2057	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2058	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2059	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2060	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2061	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2062	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2063	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2064	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2065	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2066	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2067	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2068	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2069	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2070	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2071	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2072	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2073	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2074	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2075	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2076	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0
2077	Polygon	AO	273	0	0	0		0	aaa	0

Figure 37 : Table des attributs de la couche du cadastre de la ville de La Paz

Afin de faire du cadastre un élément de prévention contre les risques, les données doivent être croisées pour tenter d'obtenir un document facilement utilisable. Pour cela, les couches du cadastre et de la carte des risques de La Paz sont jointes à l'aide de l'outil *Spatial Join*, créant une nouvelle couche qui joint l'attribut de degré de risque à la couche du cadastre.

Carte des pâtés de maisons du cadastre avec leur degré d'exposition au risque



Carte 21 : Carte du cadastre de La Paz avec les degrés de risque

Les données fournies par cette couche permettent de créer le tableau suivant, qui donne des informations sur la taille des surfaces de terrain exposées aux différents degrés de risque.

Degré de risque	Surface (km2)	Pourcentage
Information inconnue	1.80	3.4
Très bas	3.3	6.3
Bas	12.9	24.3
Modéré	16.9	31.9
Elevé	12.4	23.4
Très élevé	5.7	10.7
Total	53.0	100.0

Figure 38 : Tableau représentant les surfaces du cadastre de La Paz, exposées à chaque degré de risque

3.3. El Alto : Croisement des données sur les pâtés de maisons et les risques

Avec la création de la carte des risques d'El Alto, il est désormais possible de calculer le nombre de personnes vivant dans les zones à risque. Pour cela, la même méthodologie est suivie que pour la ville de La Paz. La couche représentant les zones à risques est jointe à la couche des pâtés de maisons avec l'outil *Spatial Join*. La symbologie est ensuite modifiée pour représenter les pâtés de maisons selon leur exposition au risque.

Carte des pâtés de maisons de la ville d'El Alto avec information sur l'exposition au risque



Carte 22 : Carte des pâtés de maisons suivant l'exposition au risque pour la ville d'El Alto

Pour connaître le nombre de personnes vivant en zone à risque, une sélection par attribut (“BRGM” = ‘Riesgo Natural’) est faite. En ouvrant la fenêtre de statistiques de l’attribut *population* il en résulte que 84703 personnes vivent en zones exposées au risque.

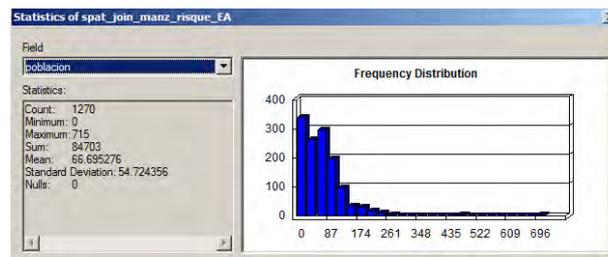


Figure 39 : Fenêtre de *Statistiques* de l'attribut *population*

Un schéma représentant la population d’El Alto selon l’exposition au risque peut aussi être créé d’après les informations fournies par la nouvelle couche.

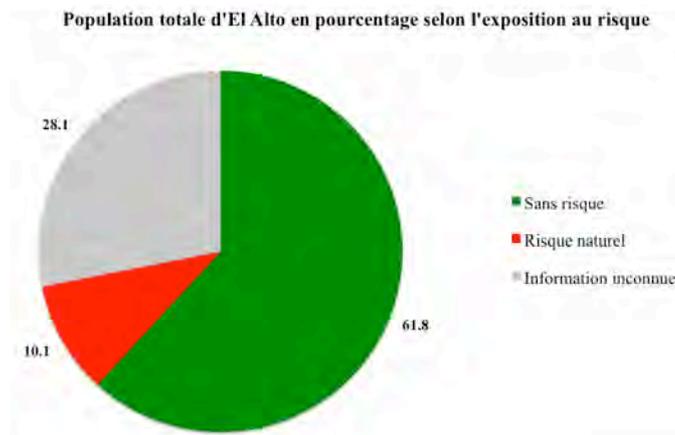


Figure 40 : Pourcentage de population selon l'exposition au risque pour la ville d'El Alto

Pour créer la carte des pâtés de maisons en zone à risque suivant leur densité de population, une couche est créée à partir de la sélection avec *Create Layer From Selected Features* et la symbologie est modifiée en symboles gradués en fonction de l'attribut de densité, avec cinq classes divisées d'après la méthode des quantiles.



Carte 23 : Carte des pâtés de maisons situés en zone à risque par densité de population pour la ville d'El Alto

Dans le but d'identifier les zones les plus sensibles de la ville, une sélection par attributs est faite sur la couche en choisissant les pâtés de maisons en zone à *Risque Naturel* ayant une forte densité de population. La valeur attribuée à la densité forte est choisie comme précédemment, en divisant la couche des pâtés de maisons de la ville d'El Alto en cinq

catégories suivant la méthode des quantiles, en fonction de l'attribut de densité. Il s'agit alors de sélectionner les valeurs égales ou supérieures à 0.013765. L'équation est la suivante : "BRGM" = 'Riesgo Natural' AND "densidad" >= 0.013765

Les éléments ainsi sélectionnés, une carte est créée grâce à l'option *Create Layer From Selected Features*. La symbologie est modifiée et la couche est superposée à celle de l'ensemble des pâtés de maisons.

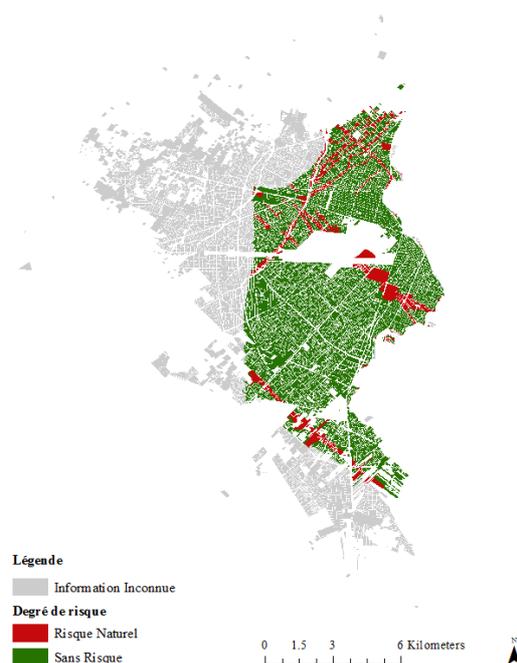


Carte 24 : Carte des pâtés de maisons en zone à risque et à forte densité de population pour la ville d'El Alto

3.4. El Alto : Croisement des données sur le cadastre et les risques

Comme pour la ville de La Paz, les couches de risque et de cadastre sont jointes à l'aide de l'outil *Spatial Join*. La carte suivante est obtenue en modifiant le style en symboles catégorisés selon l'attribut du degré de risque (BRGM) et en choisissant les couleurs rouge, vert et gris.

Carte des pâtés de maisons du cadastre avec leur degré d'exposition au risque



Carte 25 : Carte du cadastre d'El Alto avec les degrés de risque

Le tableau suivant donne des informations sur la taille des surfaces de terrain suivant l'exposition au risque.

Degré de risque	Surface (km2)	Pourcentage
Sans Risque	45.6	47.9
Risque Naturel	6.9	7.3
Information inconnue	42.7	44.8
Total	95.2	100.0

Figure 41 : Tableau représentant les surfaces du cadastre d'El Alto suivant leur exposition au risque