

Université Paul Valéry, Montpellier III  
Département de Géographie – Aménagement / UFR III

Spécialité de Master Pro « Gestion des Catastrophes  
et des Risques Naturelles »

**Tania SERRANO**

Rapport de stage effectué au sein de l'IRD

Soutenu le 11 septembre 2007

**La gestion du risque lié aux lahars du volcan Cotopaxi**  
**dans la vallée de Los Chillos (Equateur)**

**Mise en évidence de facteurs institutionnels de vulnérabilité**



M. Frédéric Léone  
M. Freddy Vinet  
M. Robert D'Ercole

Co-responsable du Master  
Co-responsable du Master  
Maître de stage

## Remerciements

Avant de dévoiler les résultats de ce travail je voudrais remercier toutes les personnes qui, d'une manière ou d'une autre, ont participé à son élaboration.

Mes remerciements les plus sincères sont destinés à Robert D'Ercole pour me permettre de faire partie du projet « Vulnérabilité institutionnelle et vulnérabilité de la population dans la vallée de *Los Chillos – Equateur* », pour la confiance accordée, et pour les opportunités qu'il m'a fournies d'affronter de nouvelles responsabilités et de nouvelles tâches.

Je veux aussi témoigner toute ma gratitude à la Direction Métropolitaine de Planification Territoriale de la Municipalité du District Métropolitain de Quito, et surtout à son directeur René Vallejo et à Nury Bermúdez pour m'offrir tout leur soutien et pour garder les portes toujours ouvertes. Mes plus profonds remerciements vont aussi à Ximena Jijón, Marcelo, Miguel, Franklin et María de la *Casa Cotopaxi*, qui nous ont accueilli avec chaleur et qui nous ont offert non seulement une réelle collaboration mais surtout une effusive amitié.

Je tiens aussi à remercier Enrique Díaz de la Direction de Planification de la Municipalité de Rumiñahui grâce auquel il fut possible de réaliser les premiers contacts avec cette institution et de concrétiser la signature d'un accord de coopération. Mes remerciements vont aussi à la Direction d'Eau Potable et d'Egouts pour tout leur soutien ainsi qu'à tout le personnel du Département Légal.

Toute ma reconnaissance à Florent qui s'est vu affronté la dure tâche de lire et corriger mon français et à William pour accepter de traduire ce rapport en si peu de temps.

Finalement, aux collègues de l'Unité d'Etudes et de Recherches Métropolitaines de la Direction Métropolitaine de Planification Territoriale, et plus particulièrement à Joe et à mes compagnons de travail Diana et Jérémy, merci pour votre aide et votre amitié.

Ce travail n'aurait pas non plus été possible sans le soutien économique de l'Ambassade de France en Equateur, du Département de Soutien et Formation de l'IRD et du groupe PAUD.

# Sommaire

Introduction générale

## **Partie académique**

### 1. Problématique

- 1.1 Croissance urbaine, occupation de zones dangereuses, décentralisation de la gestion des risques et facteurs institutionnels de vulnérabilité 10
- 1.2 Les travaux préalables sur la croissance urbaine et ses répercussions en terme de risques 16
- 1.3 L'aléa « lahar » : phénomène complexe et zonage incertain 22
- 1.4 Pertinence d'une approche centrée sur les facteurs institutionnels de vulnérabilité 25
- 1.5 Méthodologie 31

## **Partie technique**

### 2. Zone d'étude, travail de terrain et résultats

- 2.1 Présentation de la zone d'étude 34
- 2.2. Les connaissances scientifiques sur l'aléa et les risques pour la vallée de *Los Chillos* 44
- 2.3 Structure administrative, cadre juridique et compétences en matière de risques 47
- 2.4 La prévention : le débat entre développement urbain et restriction de l'occupation du sol 54
- 2.5 Les ouvrages de protection : points de vue distincts à l'origine de tensions entre institutions académiques, scientifiques et autorités 60
- 2.6 La préparation : des perspectives différentes sans concertation 62
- 2.7 Organisation de la réponse : les enseignements de la simulation d'une éruption du *Cotopaxi* 65
- 2.8 Implications territoriales des différences institutionnelles de la gestion de risque 70

**Conclusion** 74

## Introduction générale

### Croissance urbaine, augmentation des risques et décentralisation de la gestion des risques

Les villes concentrent traditionnellement les emplois, les équipements, les services et les espérances de vie de l'ensemble de la population. L'urbanisation amorcée au XIX<sup>e</sup> siècle a connu un essor plus particulièrement dans la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle. Alors qu'en 1950 le taux d'urbanisation avoisinait 55 % dans les pays industrialisés et 18 % dans les pays en développement, le taux s'élevait à 75 et 40 % respectivement en 2000. Même si l'Amérique Latine et la Caraïbe concentrent uniquement 15 % de la population urbaine mondiale, le taux d'urbanisation de cette région est très élevé (75 %). Il se situe de ce fait au dessus du taux moyen de l'Europe et est deux fois plus élevé qu'en Afrique et en Asie<sup>1</sup>. Une telle croissance urbaine se traduit par une consommation d'espaces sans précédent. En conséquence, des zones exposées à des phénomènes naturels dangereux (séismes, inondations, éruptions volcaniques...) sont de plus en plus fréquemment occupées. On estime que plus de 40 % des habitants vivant dans les pays en développement sont directement ou indirectement menacés par ce type de phénomènes (RGA, 1994 in Demoraes, 2004 : 19).

Cette tendance mondiale de concentration de population dans des secteurs à risque s'observe également en Equateur, pays fortement exposé à divers aléas (inondations, mouvements de terrain, éruptions volcaniques, séismes, tsunamis, sécheresses) et dont le taux d'urbanisation est passé de 29 % en 1950 à 61 % en 2001<sup>2</sup>. *Quito*, capitale de l'Equateur, regroupe 16 % de la population totale du pays (voir carte 1). Avec une population qui double tous les 20 ans, l'agglomération rassemble actuellement près de deux millions d'habitants répartis sur 46 000 hectares alors qu'en 1956, la ville ne comptait que 350 000 habitants occupant seulement 3 340 hectares (Godard et Vega, 1992 : 1). Juchée initialement à 2 850 m d'altitude dans un étroit couloir mesurant entre trois et cinq kilomètres de large entre les versants du volcan *Guagua Pichincha* à l'ouest et une faille tectonique de plus de 200 m de rejet à l'est, la ville s'est étalée, à partir des années 1980, vers l'est dans les vallées en contrebas (voir carte 2). Ces vallées, ayant des conditions environnementales plus favorables et

---

<sup>1</sup> L'Atlas du monde diplomatique, 2000

<sup>2</sup> INEC (Institut National de Statistique et Recensement) 6<sup>ème</sup> recensement de la population, 2001.

disposant de vastes terrains plats, sont aujourd'hui urbanisées à près de 60%; elles constituent de nouvelles centralités urbaines et se positionnent comme les principaux foyers de développement futur de l'agglomération avec de nouvelles zones industrielles et l'implantation du nouvel aéroport international de *Quito*.

Au cours des dernières décennies, cette forte croissance urbaine, échappant souvent à tout contrôle, s'est accompagnée de nombreuses catastrophes ou du moins d'événements ayant sérieusement affectés la capitale sur le plan humain, matériel et économique. Il s'agit en particulier du séisme de 1987, des chutes de cendres occasionnés par les éruptions des volcans *Guagua Pichincha* et *Reventador* en 1999 et 2002, de plusieurs inondations, de coulées torrentielles et de mouvements de terrain, pour ne mentionner que les événements d'origine naturelle.

Une des réponses aux problèmes posés par l'urbanisation et l'augmentation des risques, a été la responsabilisation des municipalités équatoriennes dans le domaine de la gestion des risques. Pour le District Métropolitain de Quito (DMQ), la publication en 1998 d'un décret présidentiel ayant transféré à la mairie du DMQ la compétence de la gestion de la crise liée au réveil du volcan *Guagua Pichincha*, a représenté une étape charnière. Auparavant, la gestion des crises relevait de la responsabilité exclusive de la Protection Civile. Depuis, la Municipalité du DMQ s'est vu progressivement confier d'autres responsabilités dans le domaine de la gestion des risques et gère actuellement cette question dans sa juridiction.

Avec la finalité de mieux gérer le territoire, le DMQ est divisé en huit arrondissements ("Administraciones Zonales") disposant de certaines compétences dans divers domaines, notamment la gestion des risques. Ceci étant, on constate aujourd'hui que les études de risques menées récemment sur l'agglomération, tout comme les politiques et outils mis au point à l'échelle du DMQ, ne sont pas adaptés ou font défaut à l'échelle des arrondissements.

Par ailleurs, l'éventuel réveil du volcan *Cotopaxi*, située à 60 Km au sud de *Quito*, pose le problème d'une gestion des risques cantonnée à la seule juridiction du DMQ. En effet, d'autres municipalités voisines ayant des espaces urbanisés et entretenant des relations très étroites avec le DMQ (notamment *Rumiñahui*) sont également exposées. Ce constat amène donc les décideurs et gestionnaires à prendre aujourd'hui en

compte ce qui se passe hors du DMQ et aussi à l'échelle des arrondissements. Ce constat entraîne également les décideurs et gestionnaires à réfléchir à une gestion supramunicipale, c'est-à-dire à l'échelle de la vallée de *Los Chillos*.

Le terrain choisi est donc la vallée de *Los Chillos*, localisée à une quinzaine de kilomètres au sud-est du centre historique de *Quito*, et menacée par la survenue possible de lahars en cas d'éruption du volcan *Cotopaxi*. Cette vallée est subdivisée en deux municipalités : le DMQ (localement, l'hôtel d'arrondissement de la Vallée de *Los Chillos - AZVCH*) et *Rumiñahui*. Il en découle malheureusement des approches et des méthodologies différentes en matière de planification d'occupation du sol et de préparation de la population, alors que l'ensemble de la vallée est exposé au même aléa. Ce paradoxe nous a amené à travailler sur les aspects institutionnels de la gestion du risque pour essayer de comprendre comment les faiblesses institutionnelles contribuent à augmenter la vulnérabilité de la vallée face aux lahars.

### **L'organisme d'accueil**

L'analyse s'insère dans le cadre d'études menées par l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) en Equateur. L'IRD est un établissement public français à caractère scientifique et technologique qui dépend des Ministères de la Recherche et de la Coopération. Créé en 1944, cet institut conduit des programmes scientifiques portant sur les relations entre l'homme et son environnement dans les pays du Sud avec la finalité de contribuer à leur développement. L'IRD est composé d'environ 2200 agents entre personnel administratif, techniciens et ingénieurs et chercheurs, couvrant un large éventail de disciplines. Ses missions fondamentales sont :

- La recherche
- L'expertise et la valorisation
- Le soutien et la formation
- L'information scientifique

Les programmes sont menés en coopération avec des partenaires scientifiques, sociaux et politiques des pays du Sud. L'IRD est aujourd'hui présent dans 25 pays.

La présence de l'IRD en Equateur remonte à 1974<sup>3</sup>, époque à laquelle une équipe pluridisciplinaire intègre le Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage (MAG). La coopération avec la Municipalité de Quito démarre à la fin des années 80 avec le programme « Atlas Infographique de Quito » reposant sur l'utilisation des nouvelles technologies de l'information géographique (SIG, télédétection, bases de données localisées, cartographie automatisée).

Suite à l'atlas, d'autres programmes de recherche ont été développés en coopération avec la Mairie de Quito grâce en partie à la richesse de la base de données urbaines constituée. Les axes de recherche ont porté sur le développement urbain, l'environnement urbain et les risques d'origine naturelle et anthropique.

Une fois achevé en 2004 le dernier programme de recherche intitulé « Système d'information et risques dans le District Métropolitain de Quito »<sup>4</sup>, un groupe composé de jeunes chercheurs ayant participé aux activités de recherche antérieures s'est constitué<sup>5</sup>. Ce groupe appelé PAUD (*Por el Ambiente Urbano y el Desarrollo*)<sup>6</sup> a pris le relais et conduit des recherches sur les problématiques urbaines et les risques. Ce groupe est soutenu par le Département de Soutien et de Formation (DSF-IRD) sur le plan financier et par l'unité de recherche « Environnement Urbain » (IRD) dirigée par Dominique Couret, sur le plan scientifique.

En 2006, un nouveau programme de recherche de l'IRD a débuté mais cette fois à une échelle régionale. Il s'agit du programme PACIVUR (*Programa Andino de Capacitación e Investigación sobre Vulnerabilidad y Riesgos en Medio Urbano*)<sup>7</sup>. Dirigé par Robert D'Ercole, basé à Lima (Pérou), le programme aborde trois pays : l'Equateur, le Pérou et la Bolivie. Le groupe PAUD constitue l'antenne du programme PACIVUR en Equateur.

Mon stage s'insère donc à la fois dans le programme PACIVUR de l'IRD et dans les activités du groupe PAUD.

---

<sup>3</sup> Alors dénommé ORSTOM

<sup>4</sup> Piloté successivement par Pascale Metzger et Robert D'Ercole entre 2000 et 2004

<sup>5</sup> Je suis membre de ce groupe depuis 2004

<sup>6</sup> Pour l'environnement urbain et le développement

<sup>7</sup> Programme andin de formation et de recherche sur la vulnérabilité et les risques en milieu urbain

Toujours en gardant l'esprit d'un travail en coopération, nous poursuivons aujourd'hui nos recherches avec la Direction de Planification Territoriale de la Mairie de Quito (DMPT) et nouons progressivement de nouveaux contacts notamment avec la *Casa Cotopaxi* (organisme rattaché à l'hôtel d'arrondissement de la Vallée de *Los Chillos* - Municipalité du DMQ), et la Municipalité de *Rumiñahui*. Ces deux institutions sont ainsi devenues nos partenaires.

### **Mission au cours du stage**

Ma mission s'insère dans un chantier plus large intitulé « Vulnérabilité institutionnelle et vulnérabilité de la population dans la Vallée de *Los Chillos* (DMQ - *Rumiñahui*)-Equateur », rattaché au programme régional PACIVUR (IRD).

Dans le cadre de ce chantier, trois études complémentaires ont été réalisées avec l'objectif de contribuer aux politiques de gestion du risque. Les résultats présentés dans ce rapport concernent les *facteurs institutionnels de vulnérabilité*. Ce mémoire cherche à mettre en évidence les dysfonctionnements et différences institutionnelles dans la gestion des risques sur un territoire exposé au même aléa mais divisé en deux municipalités. Nous montrerons que des différences sont également attribuables au fait que l'hôtel d'arrondissement de la vallée de *Los Chillos* (rattaché au DMQ) ne dispose que d'un nombre restreint de compétences de gestion territoriale. Les deux autres études traitent de la perception du risque et de la quantification, caractérisation et cartographie de la population exposée au risque de lahars potentiels du volcan *Cotopaxi*. La première étude est menée par Diana Salazar, étudiante en Géographie de l'Université Catholique de l'Equateur, et repose sur des enquêtes auprès de la population vivant à l'intérieur et à proximité de la zone à risque. Les résultats de ce premier travail permettront de mieux orienter la politique de sensibilisation et d'information de la population. La deuxième étude est conduite par Jérémy Robert, étudiant en Master 2 Recherche de l'Université de Savoie. Son objectif est de constituer des connaissances sur la répartition, la caractérisation et la vulnérabilité de la population présente dans la vallée pendant le jour, la nuit et les week-ends. Cette information se révèle très utile pour l'étape de préparation (sensibilisation, gestion des alertes), ainsi que pour l'organisation de la réponse (organisation de l'évacuation).

Le travail en équipe s'est avéré très avantageux et motivant. Nous avons pu partager l'information, discuter sur les différentes approches et arriver à mieux comprendre le fonctionnement de notre terrain d'étude.

Les trois études ont été définies et orientées selon les besoins des institutions partenaires avec la finalité d'améliorer leurs activités de prévention, de préparation et de gestion de crise. Il s'agit donc de trois études complémentaires avec un but opérationnel.

Des réunions préalables ont été réalisées pour cibler les objectifs d'études et des réunions de restitution aux partenaires nous ont permis de prendre en compte leur commentaires et remarques. Dans ce contexte de coopération, une demande spécifique émanant des acteurs institutionnels du DMQ nous a été adressée : prendre en compte la Municipalité de *Rumiñahui* dans les études. Pour cette raison, les trois études abordent l'ensemble de la Vallée de *Los Chillos*, alors qu'initialement elles ne devaient couvrir que le DMQ.

De manière plus spécifique ma mission au cours du stage comportait deux volets : un volet académique et un volet logistique. Sur le plan académique, il s'agissait premièrement de mettre en avant les différences institutionnelles dans le domaine de la gestion des risques liés aux lahars qui pourraient survenir en cas d'éruption du volcan *Cotopaxi* dans la vallée de *Los Chillos*. Il s'agissait deuxièmement de montrer comment ces dysfonctionnements peuvent engendrer des problèmes et avoir des implications sur le territoire et pour la population. Ce travail a permis de mieux connaître le fonctionnement des deux municipalités, leurs points forts, leurs faiblesses et surtout d'arriver à identifier des points communs où la coordination institutionnelle s'avère indispensable pour réduire la vulnérabilité de la vallée.

Sur le plan logistique, j'ai eu comme responsabilité d'établir les contacts nécessaires pour assurer la coopération avec la Municipalité de *Rumiñahui*. J'ai également été chargée de représenter l'équipe de travail auprès des partenaires institutionnels ; de former des stagiaires au SIG utilisé à la mairie de *Quito* (SavGIS) ; d'informer les partenaires sur l'avancement des travaux et de répondre à leurs questions concernant les méthodologies utilisées ; de collaborer à l'organisation des journées de restitution et de garantir le bon fonctionnement des outils de travail (aménagement du bureau,

réparation des ordinateurs, entretien des imprimantes, gestion des fournitures de bureau).

## **Partie académique**

### **1. Problématique**

#### **1.1 Croissance urbaine, occupation de zones dangereuses, décentralisation de la gestion des risques et facteurs institutionnels de vulnérabilité**

L'*Equateur*, pays andin localisé à l'ouest de l'Amérique du Sud, en bordure de l'Océan *Pacifique*, entre la *Colombie* et le *Pérou*, a connu une forte croissance urbaine pendant les dernières décennies. Le taux d'urbanisation est passé de 29 % en 1950 à 61 % en 2001. Les deux plus grandes villes du pays (*Guayaquil*, port principal d'exportation avec 2,5 millions d'habitants et *Quito*, capitale du pays qui regroupe 1,8 millions d'habitants) concentrent ensemble 35 % de la population totale de l'*Equateur* ainsi que les investissements les plus importants en terme d'infrastructures, de services et d'emplois. Cette croissance urbaine est intervenue dans un espace fortement exposé à différents aléas d'origine naturelle tels que les séismes, éruptions volcaniques, inondations, mouvements de terrain, etc.

Juchée initialement à 2 850 m d'altitude dans un étroit couloir mesurant entre trois et cinq kilomètres de large, dominée à l'ouest par le volcan *Guagua Pichincha* (4 800 m) et bordée à l'est par une faille tectonique de plus de 200 m de rejet, la ville de *Quito* s'est étalée, à partir des années 1980, vers l'est dans les vallées en contrebas. Ces vallées, plus attractives de par leurs caractéristiques environnementales (altitude plus faible, températures plus agréables, présence d'espaces de verdure, air moins pollué), disposant de vastes espaces plats et reliées à *Quito* par des axes routiers rapides à grand gabarit, ont été la scène d'une urbanisation rapide. D'après le recensement de 1990, la population totale des vallées orientales avoisinait 195 000 habitants et a atteint 351 000 habitants en 2001. Les vallées orientales de *Quito* concentrent donc aujourd'hui un peu plus d'habitants que la troisième ville du pays (*Cuenca*). Ces vallées constituent désormais de nouvelles centralités urbaines et se positionnent

comme les principaux foyers de développement futur de l'agglomération avec de nouvelles zones industrielles et l'implantation du nouvel aéroport international de *Quito*.

Au cours des dernières décennies, l'étalement urbain a souvent échappé à tout contrôle. L'agglomération s'est ainsi étalée dans des secteurs difficiles à aménager et dans des secteurs dangereux (zones à fortes pentes, bords des ravins, secteurs à l'aplomb de failles tectoniques, lits des cours d'eau, couloir d'écoulement des lahars, etc.). Cette expansion urbaine s'est accompagnée de nombreuses catastrophes ou du moins d'événements ayant sérieusement affectés la capitale sur le plan humain, matériel et économique. Il s'agit en particulier du séisme de 1987, provoquant la rupture de l'oléoduc qui achemine le pétrole depuis le bassin amazonien vers la côte où se trouve le port d'exportation. Le séisme a également mis en péril le centre historique de *Quito* classé « Patrimoine Culturel de l'Humanité » par l'UNESCO en 1978. Plus récemment, les chutes de cendres occasionnées par les éruptions des volcans *Guagua Pichincha* et *Reventador* en 1999 et 2002 respectivement (voir photos 1 et 2), ont paralysé toutes les activités de la ville et occasionné des pertes économiques considérables du fait de la fermeture de l'aéroport international (voir photo 3) d'où est exportée la très lucrative production floricole. Par ailleurs, des inondations ont perturbé à plusieurs reprises les transports urbains et une crue torrentielle a détruit en 2001 un pont (voir photos 4 et 5), unique accès à un lotissement situé au nord de la ville (*urbanización La Pampa*). Enfin, plusieurs mouvements en masse ont provoqué quelques dizaines de victimes.

Une des réponses aux problèmes posés par l'urbanisation et l'augmentation des risques, a été la responsabilisation des municipalités équatoriennes dans le domaine de la gestion des risques. Pour le District Métropolitain de *Quito*, la publication en 1998 d'un décret présidentiel ayant transféré à la mairie de *Quito* la compétence de la gestion de la crise provoquée par le réveil du volcan *Guagua Pichincha*, a représenté une étape charnière. Auparavant, la gestion des crises relevait de la responsabilité exclusive de la Protection Civile. Ce transfert de compétences a été possible grâce à une conjoncture particulière : le président de la République était auparavant maire de *Quito*, de ce fait sensible aux besoins de la capitale en matière de risque. Depuis, la Municipalité du District Métropolitain de *Quito* s'est vu progressivement confier d'autres responsabilités dans le domaine de la gestion des risques grâce à la réforme constitutionnelle de 1998 qui a donné lieu à la politique de décentralisation et de

déconcentration. Actuellement, le DMQ gère la question des risques dans sa juridiction.



Photo 1 – Eruption du *Guagua Pichincha*  
(octobre 1999)  
*Cliché : J. Morris*



Photo 2 – Eruption du *Reventador*  
(novembre 2002)  
*Cliché : Quotidien El Hoy*



Photo 3 – Chutes de cendres sur la ville de *Quito* – Secteur de l’aéroport (octobre 1999)  
*Cliché : IG-EPN*



Photo 4 : Bus immobilisé dans le tunnel *San Diego*  
*Cliché : Quotidien El Hoy 15.04.2000*



Photo 5 – Destruction du pont d'accès au lotissement *La Pampa* au nord de *Quito*  
*Cliché : F. Demoraes – décembre 2001*

Dans le cadre de la politique de déconcentration et avec la finalité de mieux gérer le territoire, le DMQ est divisé en huit arrondissements ("*Administraciones Zonales*") disposant de compétences dans divers domaines, notamment la gestion des risques. Les hôtels d'arrondissement ont la responsabilité de gérer leur territoire selon les politiques et grands axes de développement établis dans les plans de développement territorial et sectoriel. Ceci étant, on constate aujourd'hui que les études de risques menées récemment sur l'agglomération, tout comme les politiques et outils mis au point à l'échelle du DMQ, ne sont pas adaptés ou font défaut à l'échelle des arrondissements. Par exemple, l'ensemble d'enjeux de fonctionnement urbain identifiés dans le cadre d'une étude de vulnérabilité territoriale (D'Ercole, Metzger, 2004 et Demoraes, 2004) à l'échelle du DMQ, apparaît insuffisamment précis à l'échelle d'un arrondissement. En effet, les enjeux à protéger en priorité pour garantir la permanence ou du moins le rétablissement rapide des services vitaux tels que l'eau potable, l'électricité, l'approvisionnement en aliments etc., en cas de survenu d'un événement dommageable, ne sont pas les mêmes selon que l'on considère l'ensemble du DMQ ou une échelle plus locale.

Par ailleurs, l'éventuel réveil du volcan *Cotopaxi*, située à 60 Km au sud de *Quito*, pose le problème d'une gestion des risques cantonnée à la seule limite du DMQ. En effet, d'autres municipalités voisines ayant des espaces urbanisés et entretenant des relations très étroites avec le DMQ (notamment *Rumiñahui*) sont également exposées. Ce constat amène donc les décideurs et gestionnaires de *Quito* à prendre en compte aujourd'hui ce qui se passe hors du DMQ et aussi à l'échelle des arrondissements. Ce constat entraîne également les décideurs et gestionnaires à réfléchir à une gestion supramunicipale, c'est-à-dire à l'échelle de la vallée de *Los Chillos*.

Le terrain choisi est donc la vallée de *Los Chillos*, localisée à une quinzaine de kilomètres au sud-est du centre historique de *Quito*. Avec une population qui dépassait à peine 40 000 habitants en 1974 (D'Ercole, 1992 : 6), la vallée regroupe actuellement près de 200 000 personnes<sup>8</sup>. Séparée de la vallée de *Tumbaco*, située plus au nord, par un vieil édifice volcanique érodé (*El Íllaló*), la vallée de *Los Chillos* est traversée par plusieurs rivières qui descendent du volcan *Cotopaxi* ( *río Pita*, *Santa Clara* et *San Pedro*). Le volcan *Cotopaxi* (5 897 m) situé 40 km plus au Sud, menace cette vallée notamment par la survenue possible de lahars (coulées de débris et de boue formées

---

<sup>8</sup> DMPT. Projection de la population à 2006 basée sur le dernier recensement de 2001.

par la fonte rapide de la calotte glacière qui recouvre le volcan sous l'effet de l'expulsion de produits incandescents). La dernière éruption de ce volcan enregistrée en 1877, avait engendré un millier de victimes dans la vallée de *Los Chillos* alors faiblement peuplée (D'Ercole 1996 : 482).

La vallée de *Los Chillos*, bien que constituant un territoire homogène si l'on considère des paramètres tels que ses caractéristiques socio-démographiques et la continuité du tissu urbain, est subdivisée en deux municipalités : le DMQ (localement, l'hôtel d'arrondissement de la Vallée de *Los Chillos* - *AZVCH*) et *Rumiñahui*. La coexistence de deux municipalités a entraîné des différences en matière de gestion du risque, dans le domaine de la planification de l'occupation du sol et en terme de préparation de la population, alors que l'ensemble de la vallée est exposé au même aléa (lahars).

#### Hypothèse de travail

Dans un contexte où l'on a affaire, premièrement, à un arrondissement (*AZVCH*) qui ne dispose pas de l'ensemble des compétences de gestion territoriale, et deuxièmement, à un territoire homogène exposé au même aléa mais divisé en deux municipalités, fonctionnant de manière différente avec des conceptions distinctes du développement urbain et ayant chacune une politique propre de gestion du risque, c'est plutôt la question de la gestion institutionnelle du risque qui pose problème et qui contribue à augmenter la vulnérabilité de la vallée face aux lahars. L'objectif est donc de se concentrer sur les aspects institutionnels pour essayer de comprendre comment ces différences participent à la création de vulnérabilités dans une zone de forte expansion urbaine.

Notre argumentation tâchera de répondre aux interrogations suivantes :

- Quelles sont les compétences de l'hôtel d'arrondissement du DMQ situé dans la vallée de *Los Chillos* (*AZVCH*) et de la Municipalité de *Rumiñahui* dans le domaine de la gestion du risque? (en terme de prévention et préparation)
- Quels aspects de la gestion des risques sont privilégiés par les deux municipalités ? Pourquoi ?

- Quelles sont les implications d'une gestion différenciée des risques ? Comment se concrétise la vulnérabilité ?
- Qu'est-ce qui, dans cette vulnérabilité institutionnelle peut mettre le plus en péril la population ?
- Quelles solutions peut-on apporter ?

## **1.2 Les travaux préalables sur la croissance urbaine et ses répercussions en terme de risques**

### 1.2.1 La croissance urbaine : un phénomène mondial mais particulier pour les pays en développement

Les 250 dernières années ont été marquées un peu partout à travers le monde par un processus démographique caractérisé par un exode rural massif. Actuellement 50 % de la population mondiale vit dans des zones urbaines, alors que cette proportion ne dépassait pas 30 % en 1950. Si les grands centres urbains se concentraient jusqu'au début du XX<sup>e</sup> siècle majoritairement dans les pays du nord (en Europe notamment), les pays du sud ont connu pour leur part une urbanisation galopante surtout à partir des années 1950. Seules sept des vingt plus grandes villes mondiales appartenaient aux pays du sud en 1950, contre 17 aujourd'hui (Domeisen and Palm, 1996 in Chester et al., 2001 : 89). Le nombre de villes de plus d'un million d'habitants a également augmenté dans les pays en développement (voir Figure 1) et globalement, 80 % de la population urbaine mondiale résidera dans ces pays en 2025 (Domeisen and Palm, 1996 in Chester et al., 2001 : 89).

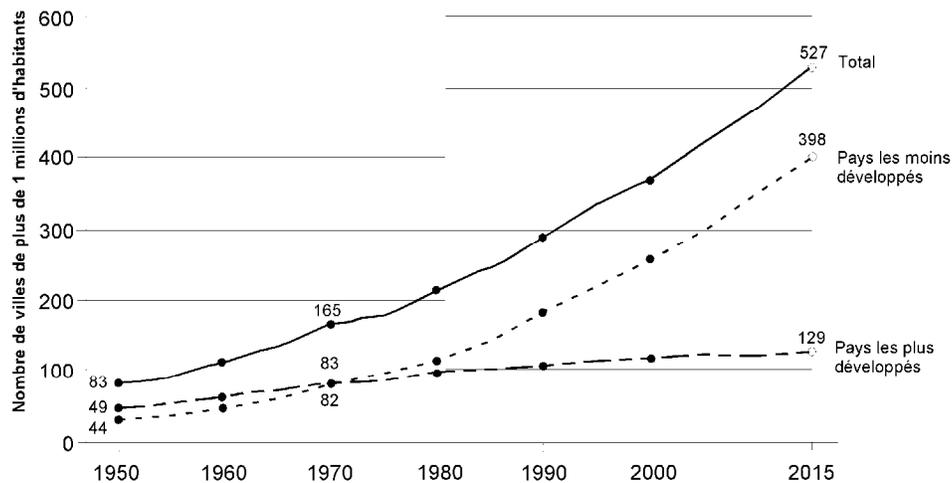


Figure 1 - Nombre de villes de plus d'un million d'habitants entre 1950 et 2015. (D'après Nations Unies in Chester et al., 2001 : 93)

Quelles sont donc les implications de la croissance de la population urbaine notamment dans les pays du sud ?

### 1.2.2 Etalement urbain et risques d'origine naturelle

La croissance urbaine a des répercussions indubitables d'un point de vue des risques ; d'une part l'urbanisation se traduit par une occupation du sol sans précédents et en conséquence des zones exposées aux phénomènes naturels dangereux (séismes, inondations, éruptions volcaniques...) sont de plus en plus occupées par les établissements humains. D'autre part, la concentration de population et des enjeux économiques dans des villes situées dans des zones à risque, accroît les possibilités d'endommagements. Enfin, l'existence d'un environnement bâti peut aboutir à une perception plus faible du risque, les citoyens n'ayant que peu de contacts avec la nature et ses phénomènes (D'Ercole, 1991; Gaillard et Léone, 2000 ; Chester et al., 2001).

Quelques auteurs affirment d'ailleurs l'existence d'une étroite relation entre les villes et les catastrophes. D'après Alexander (1997 : 293 in Chester et al. 2001 : 92) les grandes villes « constituent de grands espaces de concentration de vulnérabilité face

aux catastrophes » et la Compagnie de Réassurance de Munich conclut « qu'il y a une corrélation directe entre le risque de catastrophe et le nombre de villes exposées aux aléas » (Munich Re., 1997 : 10 in Chester et al. 2000 : 92).

Ceci dit, dans les pays en développement, où une grande partie de la population, des services, des infrastructures et des investissements se concentrent dans une ou deux villes principales, le risque pour tout le pays de subir des dysfonctionnements majeurs est plus élevé en cas de survenue d'un événement dommageable dans une de ces villes. Pour citer un exemple, Managua, capitale du Nicaragua, centre industriel et commercial, regroupant 42% de la population urbaine totale du pays, a été secouée par un séisme en 1972 provoquant 5 000 morts et des pertes économiques évaluées à deux milliards de dollars américains, soit 40 % du produit intérieur brut du Nicaragua (Coburn, Spence, 1992 in Chester et al. 2001 : 91). Ainsi des événements de grandes ampleurs peuvent impliquer de fortes contraintes économiques pendant des décennies et donc de graves répercussions sur le développement d'un pays voire d'une région toute entière. Pourtant, l'influence des catastrophes survenues dans ces pays reste minimale sur l'échiquier économique mondial (Chester et al. 2001 : 98).

### 1.2.3 Les différences de perception du risque en milieux urbain et rural

Quelques auteurs mentionnent que la perception du risque n'est pas la même dans les zones rurales et urbaines et qu'elle dépend du mode de vie. Dans les villes, la perception est plus faible du fait que l'environnement bâti réduit le contact avec la nature. Dans le même ordre d'idée, les nouveaux citadins s'installent dans des secteurs qu'ils ne connaissent pas et les liens familiaux et communautaires se perdent. A l'opposé, les communautés rurales ont souvent une perception du risque plus élevée du fait de leur relation plus étroite avec leur environnement, dont ils dépendent pour survivre (Chester et al. 2001 : 92).

L'ethnie des *Aetas*, par exemple, communauté de chasseurs-cueilleurs vivant sur les flancs du volcan *Pinatubo* aux *Philippines*, entretient une forte relation avec la nature et ses phénomènes car leur moyen d'existence consiste à utiliser les ressources naturelles pour répondre à leurs besoins (culture de tubercules et de légumes, chasse,

pêche, cueillette de plantes et baies sauvages). Si bien habitués à percevoir des changements dans leur environnement, ils ont été les premiers à se rendre compte du réveil du volcan *Pinatubo* en avril 1991 et ont averti l'Institut Philippin de Volcanologie et Sismologie (Lubos na Alyansa ng mga Katutubong Ayta ng Sambales, 1991 ; Tayag et al. 1996 in Gaillard et Léone 2000: 54).

D'après des enquêtes menées dans le cadre d'une étude sur la vulnérabilité de la population aux abords du volcan *Cotopaxi* (D'Ercole 1989: 27), la population rurale du hameau de *Joséguango Bajo*, situé au pied du volcan, avait une meilleure perception du risque que la population urbaine du chef-lieu de *San Rafael* localisé dans la vallée de *Los Chillos*, plus loin du volcan. Les connaissances des habitants de *Joseguango Bajo* étaient « plus intuitives et plus proches de la réalité » sur ce qui s'est passé lors d'éruptions passés et sur les produits du volcan qui pourraient les menacer. La population rurale enquêtée était composée majoritairement de paysans agriculteurs (64 %), donc de personnes ayant un contact direct avec leur environnement naturel proche, mais aussi de personnes ayant vécu toute leur vie (66 %) ou plus de 10 ans (12 %) dans la même localité. La proximité du volcan leur a permis également d'acquérir des connaissances par « l'observation, la déduction et l'intuition » et les discussions de famille, notamment avec les personnes âgées, leur ont permis de se façonner une mémoire collective. L'étude a fait ressortir que ces différents facteurs déterminent une meilleure perception du risque dans ce secteur. Par contre, dans la zone récemment urbanisée de *San Rafael*, seulement 41 % des personnes enquêtées vivaient depuis plus de cinq ans dans la vallée et seulement 1 % travaillait dans l'agriculture. L'installation récente, l'éloignement par rapport au volcan (40 km) et la difficulté, en certains endroits, de le voir, sont quelques facteurs qui expliquent une connaissance plus faible du risque auquel cette vallée est exposée.

Ceci dit, l'expérience d'une catastrophe vécue peut constituer un facteur déterminant dans la perception du risque tant dans une zone rurale qu'en milieu urbain. L'éruption de 1768 du volcan *Cotopaxi* n'a pas causé de victimes car la population avait connu des éruptions antérieures (en 1742, 1744, 1766) et savait interpréter les signaux émis par le volcan. Un siècle plus tard, les souvenirs ayant diminué ou disparu, l'éruption de 1877 a engendré un millier de victimes. Les enquêtes à *Joseguango Bajo* ont démontré que, même s'il y avait une meilleure connaissance du risque localement, les souvenirs étaient aussi partiels ou déformés (D'Ercole 1989: 27), du fait de la longue

inactivité du volcan et de l'oubli de l'expérience vécue. En milieu urbain, par exemple, l'expérience de la chute de cendres occasionnée par l'éruption du volcan *Guagua Pichincha* en 1999 a laissé une empreinte très marquée dans la perception qu'ont les habitants de *Quito* du risque volcanique. Lors de l'éruption du volcan *Reventador* en 2002, les autorités et la population étaient mieux préparées pour affronter la crise.

#### 1.2.4 Villes et volcans

Les éruptions volcaniques représentent un des phénomènes qui pourrait être particulièrement dommageable pour de nombreuses villes, car un grand nombre de métropoles sont situées au bord de la ceinture de feu le long de laquelle se situent les volcans les plus explosifs au monde (Chester et al. 2001 : 94). Selon Small et Naumann (2001 : 97) 50 % de la population mondiale se trouve à moins de 31 km d'un volcan<sup>9</sup> et 80% à moins de 60 km. En tout, 500 millions de personnes seraient exposées au risque volcanique dans le monde entier (Tilling et Lipman, 1993 in Chester et al. 2001 : 94).

La densité de population exposée aux volcans varie entre les régions tempérées et les tropiques. C'est ainsi que par exemple, au *Japon*, au *Chili* et en *Nouvelle Zélande*, la population habitant près des volcans, est concentrée dans des zones urbaines (plus de 78 % d'après les Nations Unies, 1991 in Small and Naumann, 2001 : 106). Sous les tropiques, la majorité des zones habitées à proximité de volcans se trouvent au Mexique, en Indonésie, aux Philippines et dans plusieurs pays d'Amérique Latine où la population est plus rurale mais avec des taux de croissance urbaine très forts. Selon Small et Naumann (2001 : 106), les pays tropicaux en développement rassemblent un grand nombre de zones parmi les plus densément peuplées aux abords d'un volcan. Le taux élevé de croissance de la population dans les villes en développement est préoccupant car leur exposition aux aléas volcaniques est de plus en plus forte. A cela, s'ajoute le fait que certaines agglomérations se trouvent dans des zones susceptibles d'être affectées par plusieurs volcans, compte tenu de leur proximité géographique. Ceci est le cas notamment pour l'agglomération de *Quito*.

---

<sup>9</sup> L'étude considère 1 405 volcans situés au dessus du niveau de la mer (à l'exception des zones polaires), dont 702 ont des éruptions historiques documentées et 703 sont présumés d'avoir été actifs pendant l'ère Holocène (au cours des derniers 10 000 ans).

La figure suivante montre la position de grandes villes dans le monde par rapport aux plus proches volcans actifs. Cinq villes regroupant au total environ 5,7 millions d'habitants se trouvent à moins de 25 km d'un édifice volcanique actif (*Quito*, *Managua*, *Arequipa*, *Kagoshima* et *Naples*). Ce chiffre s'élève à 26,7 millions si l'on considère un rayon de 50 km (*Mexico* concentre à elle seule 15,1 millions d'habitants) (voir figure 2). Toutefois, si l'éloignement de la ville par rapport au volcan est un des critères à prendre en compte pour mesurer l'exposition de la ville, le type d'éruption joue également un rôle déterminant. En ce sens, les volcans explosifs sont plus dangereux. De même, la topographie, l'orographie et les facteurs éoliens peuvent également influencer l'exposition de la ville. La caldeira du volcan *Guagua Pichincha* par exemple, est égueulée à l'ouest ce qui signifie que les coulées de lave se déverseront vers la côte et le massif du *Rucu Pichincha*, localisé à l'est du cratère actif, constitue un obstacle qui protège la ville de *Quito*. Les conditions aérologiques peuvent aussi intervenir comme cela a été le cas lors de l'éruption du volcan *Reventador* qui, bien qu'étant situé à plus de 90 km à l'est du centre-ville, a déposé davantage de cendres que le *Guagua Pichincha* situé quant à lui qu'à 12 km du centre-ville.

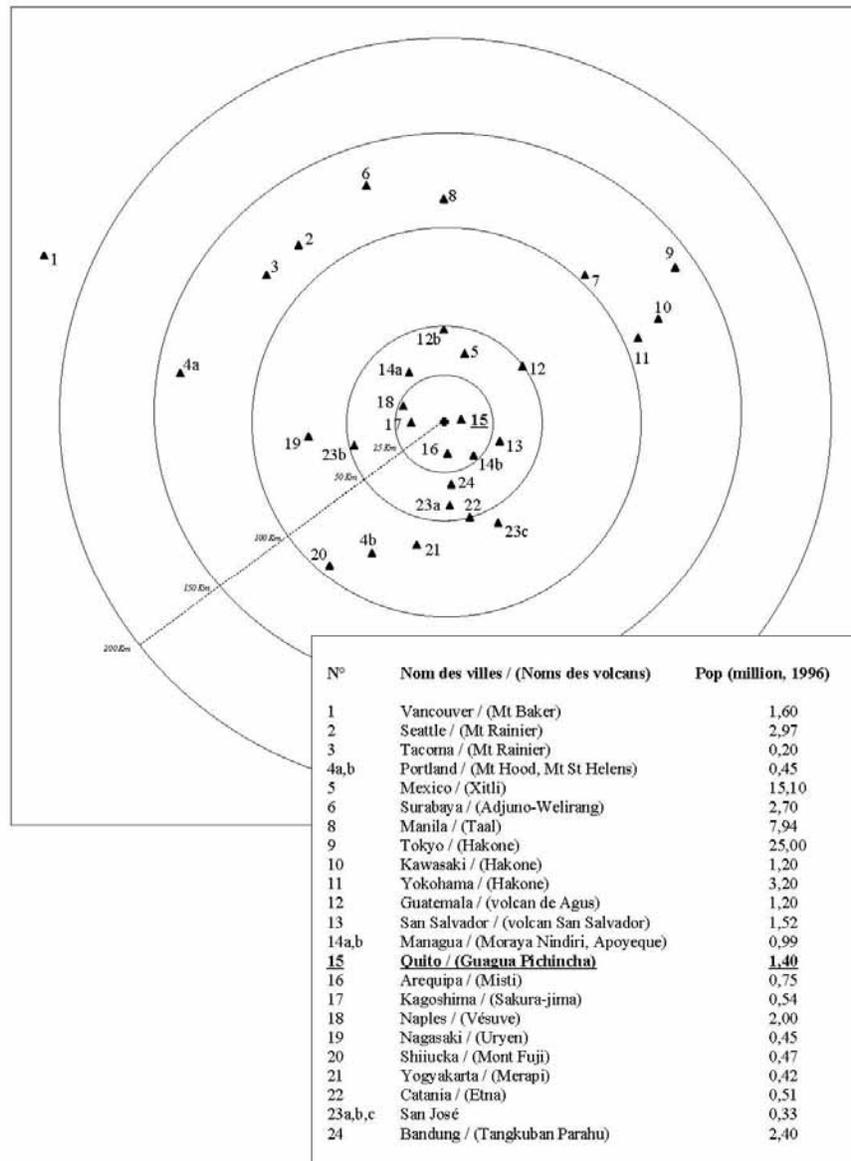


Figure 2 – Localisation des grandes villes dans le monde par rapport aux volcans actifs les plus proches (Chester et al. 2001)

### 1.3 L'aléa « lahar » : phénomène complexe et zonage incertain

Le travail ci-présent se concentre sur le risque volcanique et plus particulièrement sur un des produits d'une éruption volcanique : les lahars. Le terme « lahar » est d'origine indonésienne et désigne « une coulée de boue qui contient des débris et des blocs angulaires, principalement d'origine volcanique » (Van Bemmelen in D'Ercole 1989 :

30). Les lahars peuvent résulter de l'expulsion d'un lac de cratère, d'un déplacement de cendres par l'intermédiaire de la pluie, ou de la fonte d'un glacier.

Les lahars se distinguent des écoulements fluviatiles de par la quantité de matériaux solides transportés et de part une énergie beaucoup plus importante. Dans la littérature française ce type de phénomène se rencontre sous la dénomination « lave torrentielle » (Perrin et al., 1997), ce qui paraît être le terme approprié pour désigner les phénomènes qui se situent entre les écoulements fluviatiles et les mouvements de terrain. Cependant, à la différence des laves torrentielles, un lahar est composé de matériel volcanique.

Les lahars se différencient des écoulements fluviatiles par une vitesse et un débit supérieurs ainsi qu'une capacité de transport plus importante. Leur vitesse s'élève à 40 km/h (*Cotopaxi*, 1877), pouvant même atteindre les 100km/h (Mont St. Helens, 1980), et leur débit représente quelques centaines de m<sup>3</sup>/s, pouvant même dépasser quelques milliers de m<sup>3</sup>/s. Par exemple, le débit maximal des lahars secondaires (post-éruption) du volcan Pinatubo fut de 5 000 m<sup>3</sup>/s pour un lahar de cinq mètres de profondeur se déplaçant à une vitesse de 39,6 km/h (Pierson et al., 1997 in Robert J., 2006 : 5). D'importantes différences en ce qui concerne la vitesse existent entre l'amont et l'aval, la vitesse étant plus faible en aval. Dans le cas du *Nevado del Ruiz*, la vitesse moyenne fut de 54 km/h à 4 km du cratère et de 18 km/h à 70 km (ibid.).

Les lahars ont également un pouvoir érosif important, ce qui peut modifier la morphologie du lieu qui se trouve sur leur passage. Cela se doit à la grande concentration de sédiments qui érodent le lit et qui alimentent le flux avec de nouvelles matières. Les lahars se caractérisent aussi par des mouvements ondulatoires qui s'expliquent par les éruptions successives et les chutes de cendres sur le glacier, et par la rétention momentanée des écoulements dus à l'étroitesse des couloirs d'écoulement (ibid : 4).

La complexité de ce phénomène réside dans le fait qu'il ne s'agit pas seulement d'un fluide visqueux uniforme mais d'une concentration sédimentaire qui varie constamment dans le temps et dans l'espace. Cela signifie qu'il est possible que le phénomène soit de type « coulée de débris » avec une concentration de sédiments supérieure à 60 % ou de type « écoulement hyperconcentré » dont la concentration sédimentaire se trouve comprise entre 20 et 60% du volume total (ibid.). En raison de la présence de

sédiments et des variations au niveau de sa concentration, les formules hydrauliques peuvent difficilement être appliquées à ce phénomène. D'autre part, si le perfectionnement de formules mathématiques a amélioré la modélisation des lahars, l'estimation du volume de sédiments (indispensable pour le calcul) reste difficile. De plus, un seuil de pluviométrie n'est pas suffisant en ce qui concerne le déclenchement d'un lahar (Veyrat-Charvillon, 2005 in Robert J, 2006 : 14).

Dans le cas de volcans recouverts de neige, un autre facteur est essentiel pour l'évaluation du lahar : le volume de glace. Diverses méthodologies sont utilisées pour mesurer un glacier, parmi lesquelles : un radar pour l'épaisseur, une photogrammétrie pour la superficie, et un forage pour la densité de la glace. Une fois récupérées ces données il reste un problème à résoudre : le pourcentage de glace qui viendrait à fondre lors d'une éruption.

Dans le cas particulier du *Cotopaxi* (et possiblement d'autres volcans) un élément-clef à considérer est l'influence du milieu urbanisé sur les caractéristiques du lahar et sur sa trajectoire. C'est ainsi que la construction de canaux, d'habitations au bord des rivières, ou d'infrastructures de grande envergure, pourrait avoir une incidence sur le volume de sédiments transportés et sur la déviation du flux<sup>10</sup>. Etant donné que le processus d'urbanisation est dynamique et changeant, et qu'il existe des difficultés dans les pays en développement en ce qui concerne le contrôle de l'utilisation du sol, le zonage de l'étendue et le tracé d'un lahar s'en trouvent d'autant plus compliqués et incertains.

Bien que le phénomène du lahar soit beaucoup plus complexe que ce que nous venons d'exposer, l'objectif de cette brève description est de mettre à jour quelques unes des difficultés que l'on rencontre au moment de prédire la magnitude du phénomène, son étendue, et en conséquence d'envisager des scénarii et d'élaborer la cartographie des zones affectées. Nous insistons sur ce point car, à l'heure d'organiser la prévention et la préparation de la population, il est très difficile de gérer cette notion d'incertitude. En effet, on tend à penser que la limite fixée par le zonage de la menace est figée, ce qui entraîne une prise de mesures (comme la localisation de zones de sûreté, l'identification de refuges, etc.) basée strictement sur cette limite sans considérer de marge d'erreur.

---

<sup>10</sup> Patricia Mothes, IG-EPN, information orale

## 1.4 Pertinence d'une approche centrée sur les facteurs institutionnels de vulnérabilité

### 1.4.1 Les enseignements d'*Armero*

La ville d'*Armero*, située à 45 km du cratère du *Nevado del Ruiz*, en Colombie, fut totalement détruite par un lahar résultant de l'éruption du volcan le 13 novembre 1985 ; un bilan de 24 000 morts et 5 000 blessés. Même si l'éruption du 13 novembre 1985 fut considérée comme modérée (VEI=3)<sup>11</sup> et que le volume d'émission matérielle fut relativement faible, la fonte d'entre 8 et 10 % du volume du glacier, la forte pente (5 000 m de dénivelé sur 45 km entre le cratère et *Armero*) et les pluies intenses qui ont saturé et diminué la cohésion du sol, furent certains des facteurs qui influèrent sur la formation de lahars destructeurs.

L'éruption n'aurait dû prendre personne au dépourvu car le volcan avait donné des signes de reprise d'activité un an auparavant. Au vu des signes d'activités, et avec un subséquent temps de préparation, comment expliquer une catastrophe de ce genre ? Dans une étude réalisée par D'Ercole (1989) il a été prouvé que, dans le cas du *Nevado del Ruiz*, le facteur humain a joué un rôle prépondérant dans la catastrophe. Ainsi l'ont signalé les titres de la presse colombienne suite à l'éruption : « La tragédie d'*Armero* : une avalanche d'erreurs », « La faute n'est pas au *Ruiz* », « De rudimentaires mesures de prévention », « Le gouvernement a ignoré la carte de risques du *Ruiz* » (ibid : 11).

Au cours d'une analyse de la catastrophe, D'Ercole a signalé des difficultés surtout dans le domaine de la préparation. Parmi celles-ci : la dispersion des efforts scientifiques, le manque de coordination entre ces derniers et les autorités, l'insuffisance des ressources techniques et économiques pour garantir la surveillance du volcan<sup>12</sup>, la lenteur de l'administration colombienne<sup>13</sup>, l'insuffisante préparation de la population et le peu d'informations sur les dangers et les mesures à prendre en situation d'urgence. D'autre part il y a eu un manque flagrant de coordination entre les

---

<sup>11</sup> VEI : *Volcanic Explosivity Index*. Echelle utilisée pour décrire la taille d'une éruption volcanique.

Développé par le *US Geological Service* va de 0 (éruption non explosive) à 8 (éruption méga-colossal)

<sup>12</sup> Sismographes en nombre insuffisant ou détériorés, nécessité de nombreux déplacements pour récupérer les informations, plusieurs semaines nécessaires à l'élaboration de registres sismiques, etc.

<sup>13</sup> Pour répondre aux offres d'aide de la part d'organismes internationaux, pour installer des sismographes, pour requérir l'élaboration d'une carte de risques.

autorités nationales, départementales et locales. En effet, en l'absence du gouverneur, une réponse de *Bogotá* motiva un professeur et un curé (tous les deux membres de la Protection Civile locale) à maintenir le calme dans la ville cependant que le maire et la Protection Civile Nationale donnaient l'ordre de faire évacuer la population. Du fait de sources d'information distinctes, les messages reçus par la population restèrent confus et inadaptés, et les gens préférèrent écouter leurs proches et ignorer les messages alarmants d'évacuation retransmis à la radio. D'Ercole ajoute que des problèmes techniques entraînèrent des difficultés pour communiquer avec d'autres départements, et que la sirène des pompiers ne fonctionnait pas.

Selon l'auteur, les facteurs expliquant l'insuffisante préparation sont de deux types : le manque de conscience des dangers réels et le contexte politique, économique et social du pays. D'une part, ni les autorités ni la population ne pensaient qu'un événement de telle magnitude pourrait survenir. Il n'existe pas de mémoire collective faisant état d'une éruption antérieure puisque la cite fut fondé 45 ans après la dernière éruption de 1845, et il n'existe pas non plus de référence au niveau mondial faisant état d'événements antérieurs qui auraient pu produire une telle catastrophe. Même si les lahars étaient choses connues, il n'y avait pas de précédent concernant un lahar qui ce soit formé suite à une fonte de glace<sup>14</sup>.

D'autre part, le contexte politique et social de la Colombie au moment de l'éruption n'était pas favorable. En effet, un attentat du M19 avait coûté la vie de 100 personnes une semaine avant l'éruption, ce qui explique le peu d'attention que le gouvernement avait alloué à la thématique du risque volcanique. Il reste à signaler le manque de participation des citoyens dans l'élaboration de plans d'urgence, et la faiblesse des organisations communautaires.

L'expérience d'*Armero* a permis de se rendre clairement compte qu'un phénomène naturel ne peut être considéré comme l'unique responsable d'une catastrophe, surtout quand il est prévisible. Bien que ce phénomène rompe l'équilibre d'une société et génère une situation de crise, d'autres facteurs, comme le facteur humain, ont une incidence réelle au niveau des conséquences.

---

<sup>14</sup> D'Ercole mentionne que la référence la plus récente à des lahars meurtriers remonte à 1919 quand l'éruption du volcan Kelun sur l'île de Java coûta la vie de 5 000 personnes. Cependant, ces lahars se formèrent suite à l'expulsion d'un lac de cratère.

Les leçons d'*Armero* sont révélatrices pour l'Equateur et plus particulièrement pour la vallée de *Los Chillos* puisque qu'il existe certaines similitudes en terme de menace et de contexte social et économique. D'un coté, quelques caractéristiques du *Cotopaxi* sont comparables à celles du *Ruiz* : ce sont tous les deux des volcans explosifs situés sur la ceinture de feu du *Pacifique*, ils ont tous les deux une calotte glaciaire d'un volume comparable en état de provoquer des lahars, les deux villes se situent à environ 45-60 km du volcan, les deux pays sont en développement avec des difficultés pour obtenir des ressources leur permettant d'investir dans la recherche, la surveillance et les ouvrages de protection, les deux pays ont des problèmes pour contrôler l'occupation du sol, ils ont une croissance démographique importante, ils affichent des divergences scientifiques, ils manquent de coordination institutionnelle, etc. La catastrophe d'*Armero* et les similitudes qui peuvent être perçues entre cette ville et la vallée de *Los Chillos* justifient donc une étude se concentrant sur les aspects institutionnels de la gestion du risque afin de détecter les faiblesses, les points forts et les points-clés où la coordination sera nécessaire.

#### 1.4.2 L'expérience des catastrophes passées dans le DMQ : la gestion du risque volcanique du *Guagua Pichincha*

De même, les expériences des récentes éruptions volcaniques survenues dans le District Métropolitain de Quito constituent une source d'informations très précieuse à partir de laquelle pourront être extraits des enseignements permettant une meilleure gestion du risque volcanique dans le futur.

La reprise d'activité du volcan *Guagua Pichincha*, la déclaration pour la première fois dans la ville de l'alerte « jaune » en octobre 1998, puis le passage à l'alerte « orange » le 27 septembre 1999 et finalement la chute d'une fine couche de cendres (de 1 à 2 cm) le 5 octobre représentèrent des moments de grande tension et donnèrent lieu à une crise sans précédente à *Quito* pendant un peu plus d'un an.

Comme le soulignent D'Ercole et Metzger (2000: 39), ces faits, qui pourraient être vus comme peu complexes et faciles à gérer, déclenchèrent une situation de crise sans précédent à l'intérieur du District Métropolitain. D'une part il n'existait pas de mémoire collective rapportant une situation semblable puisque la dernière éruption du *Guagua*

*Pichincha* remonte à 1660, époque à laquelle *Quito* comptait moins de 30 000 habitants ; grâce aux chroniques on sait seulement qu'il y eut en 1660 plusieurs jours d'obscurité ainsi qu'un dépôt d'une couche de cendres d'environ 15-20 cm. D'autre part, les caractéristiques et l'étendue des lahars qui pouvaient s'écouler à l'intérieur des ravins par l'intermédiaire d'un déplacement de cendres affectés par de fortes pluies avaient été évaluées par les institutions scientifiques, et selon ces études de nombreuses zones de la ville pouvaient être directement affectées. Mentionnons ici que ces données, ajoutées à celles qui concernent les caractéristiques propres du volcan et de son comportement, constituaient toute l'information disponible à ce jour.

Dans ce contexte d'incertitude le déclenchement de l'alerte "jaune" entraîna des réactions très diverses: depuis une panique généralisée et une angoisse concernant l'approvisionnement en aliments et en eau, jusqu'à une incrédulité complète en ce qui concernait la reprise d'activité du volcan. Parmi les perturbations occasionnées nous nous occuperons uniquement de trois aspects : la gestion de l'évacuation, la fermeture des établissements scolaires et la gestion des alertes.

Dans les plans de contingence élaborés pour affronter une éruption du volcan *Guagua Pichincha*, apparaissaient la suspension des activités des établissements d'éducation et l'évacuation de la population de *Lloa* en alerte "orange". Cette population d'environ 2000 personnes est située à 3 000 m d'altitude, très proche du cratère et exposée au danger des flux pyroclastiques. Quand l'alerte passa d' « jaune » à « orange » presque toute cette population fut évacuée vers des établissements scolaires situés à *Quito* et dont les conditions ne garantissaient pas le bien-être de la population, surtout sur le plan sanitaire. Avec le changement de l'alerte « orange » en alerte « jaune » pour *Quito*, les salles de classe occupées par les réfugiés redevinrent nécessaires au rétablissement des activités scolaires et cette situation obligea le transfert des réfugiés dans des « abris » plus près de *Lloa* mais ayant des conditions encore moins favorables (sous tente, dans une église, dans de petites pièces). Après un an de préparatifs, l'évacuation de 2 000 personnes n'avait pas été suffisamment étudiée et les conséquences pour la population en résultèrent très difficiles.

D'autre part, la fermeture des établissements scolaires lors de l'alerte « orange » causa beaucoup de gêne chez les parents qui durent envoyer leurs enfants chez des proches habitant dans d'autres parties du pays ou qui durent les laisser chez eux afin

de pouvoir remplir ses obligations professionnelles. Cette situation provoqua une perturbation de l'organisation familiale et un désaccord avec les décisions prises par les autorités. Il faut d'ailleurs ici remettre en question la fonction que les autorités attribuent aux établissements scolaires en cas de crise. Au lieu de former et développer des capacités pour que les écoles et les collèges puissent gérer une situation d'urgence avec l'aide des organismes de secours et puissent assurer le bien-être des étudiants, on leur enlève toute responsabilité en décrétant leur fermeture.

D'autre part, la définition d'une grille d'alertes et la décision concernant un changement d'alerte sont des éléments-clés dans la gestion d'une crise. L'expérience du *Guagua Pichincha* démontre que la grille d'alerte adoptée fut totalement *inadéquate*, voire même incohérente, en relation avec les événements survenus en septembre et octobre 1999 :

*« La première éruption s'est produite alors que l'alerte était de couleur jaune (elle aurait théoriquement dû être rouge) et c'est encore en alerte jaune que les établissements scolaires étaient fermés du 4 au 7 octobre (les plans de contingence prévoyant leur fermeture seulement en alerte orange). L'aéroport a, toujours en alerte jaune, dû mettre en œuvre des mesures prévues en alerte rouge. On peut aussi noter que du fait du retour à l'alerte jaune, plusieurs organismes étaient en train de retirer les protections contre les cendres mises en place lors du passage à l'alerte orange, juste au moment où se sont produites les chutes de cendres du 5 octobre » (ibid. : 50).*

Cette situation peut s'expliquer par le fait que la définition des alertes et des mesures à prendre se basa *« sur les seules critères scientifiques, en d'autres termes sur le comportement du volcan, et non sur les conséquences attendues de son activité »* (ibid. 51). Il est évident que du fait d'une telle conjoncture la confiance déposée dans les autorités ne peut que diminuer, alors qu'en cas de crise la crédibilité des institutions est fondamentale. Selon les auteurs, *« la solution semble consister à différencier spatialement les niveaux d'alerte en fonction des conséquences attendues, la nature des aléas et le degré du risque étant variables selon le lieu »* (ibid. 51).

En dépit des graves difficultés occasionnées par les alertes, rien n'a été fait pour redéfinir ces dernières ou pour adapter les plans de contingence. Dans le cas du *Cotopaxi* ce problème se présentera de nouveau puisqu'il y a un manque de clarté

autour des mesures à prendre selon tel niveau d'alerte<sup>15</sup>. Si ces mesures ne se font pas plus claires il ne faut pas non plus s'attendre à trouver un accord concernant le moment le plus opportun pour évacuer la population, et il y aura sûrement des problèmes du genre de ceux rencontrés à *Lloa* quant à l'occupation d'établissements scolaires destinés au logement des évacués.

#### 1.4.3 L'évacuation : une décision politique difficile

Un autre cas de figure en rapport avec une décision d'évacuation eut lieu à *Baños*, petite ville touristique logée au pied du volcan *Tungurahua* (5 023 m) dans le centre du pays. Due à une violente réactivation du volcan, l'alerte jaune fut décrétée le 15 septembre 1999 et par crainte des caractéristiques explosives des éruptions de ce volcan l'alerte orange fut décrétée le 16 octobre comme mesure de précaution. Le changement d'alerte impliqua la décision d'évacuer toute la ville (environ 16 000 habitants) ainsi que 4 000 personnes supplémentaires qui résidaient dans les zones rurales proches du volcan. L'évacuation en elle-même ne fut pas compliquée puisqu'elle se réalisa sans contretemps en moins de 48 heures. Ce furent, cependant, les conséquences de l'évacuation qui entraînèrent de graves perturbations.

Des 23 000 personnes évacuées, seulement 17 % fut logé dans des refuges se trouvant dans des villes alentours alors que le reste de la population se réfugia chez des proches (Lane, Tobin, Whiteford, 2003 : 26). Les conditions dans lesquelles les réfugiés durent vivre furent particulièrement difficiles et après deux mois et demi d'exil la situation devint intenable. Tous les évacués avaient perdu leur moyen de subsistance et le contexte de profonde crise économique traversée par l'*Equateur* en ces temps rendait les sources d'emploi rares ou inexistantes. La population décida donc de retourner à *Baños* et de réactiver le tourisme, unique source de revenus. En effet, *Baños* est une ville touristique par excellence puisqu'elle se trouve être une des cinq destinations les plus visitées de l'*Equateur* et qu'elle a accueilli en 2002 23 % des 615 000 touristes étrangers qui visitèrent le pays (ibid.).

Entre 2 000 et 3 000 personnes organisèrent un retour à *Baños* afin de réintégrer la ville et de rétablir l'activité économique bien que l'alerte orange fut encore en vigueur.

---

<sup>15</sup> Voir sur les enseignements de la simulation d'une éruption du Cotopaxi

Après de nombreux affrontements entre les locaux et les militaires qui gardaient l'entrée de la ville pour éviter justement le retour des habitants et protéger les biens, un accord fut trouvé entre le Gouverneur de la province du *Tungurahua* et la population. Cet accord autorisait l'occupation de *Baños*, la réactivation du secteur touristique et la remise en service de la route allant en Amazonie. L'affrontement entre la population et les autorités ne fut pas unique en son genre puisqu'il y eut aussi de nombreux reproches vivement adressés aux scientifiques qui furent accusés d'alarmistes et d'avoir porté préjudice à l'activité touristique de *Baños*. La réoccupation de la ville s'accompagna d'une campagne publicitaire mise en place par le secteur touristique local afin de minimiser les dangers du volcan, et en peu de temps celui-ci devint une source d'attraction touristique.

Cette situation est révélatrice de la difficile décision politique à prendre en cas de crise volcanique. Même si un volcan donne des signaux d'alerte et un délai pour se préparer, la décision finale d'une évacuation n'est pas chose aisée. Les autorités doivent choisir entre assurer la sécurité de la population et paralyser l'activité économique et perturber les modes de vie. Dans le cas de *Baños*, les autorités ont préféré ne pas risquer la sécurité d'une population qui décida finalement d'assumer elle-même ce risque. Pour les habitants de *Baños* il était évident que se retrouver sans moyens de subsistance représentait un danger hautement plus significatif qu'une éruption volcanique.

## **1.5 Méthodologie**

### 1.5.1 Démarche classique (prévention, préparation, crise)

Une fois présentées la problématique et la subséquente bibliographie, et une fois justifiée l'optique à partir de laquelle peut être menée à bien cette étude (une analyse des facteurs institutionnels de vulnérabilité), sera introduite la méthodologie utilisée. Comment aborder la vulnérabilité institutionnelle ? Quels aspects doivent être pris en considération ?

La bibliographie existant sur la gestion du risque nous a fourni quelques pistes. D'Ercole (1997) signale que la gestion du risque peut être divisée en trois aspects : la prévention, la préparation et la gestion de la crise.

La prévention est liée à toutes les actions destinées à éviter, ou pour le moins à réduire, l'exposition à un phénomène perturbateur. Parmi les mesures à prendre se trouvent d'un côté la régulation et le contrôle de l'utilisation et de l'occupation du sol, et d'un autre côté la construction des ouvrages de protection. La première mesure est habituellement courante dans tous les pays développés de part le pouvoir des institutions chargées de la planification urbaine et de part l'existence de dispositifs qui permettent un strict contrôle des constructions et de la croissance urbaine. De même, les ouvrages de protection sont plus utilisés dans les pays développés du fait de leur coût élevé. Ces ouvrages ont pour finalité de réduire l'exposition en agissant directement sur la menace : en déviant ou canalisant une coulée, en réduisant sa vitesse, en contenant son passage, etc.

La phase de préparation se met en place quand les mesures de prévention n'ont pas été possibles et que la population et les infrastructures se retrouvent donc exposées à un événement pouvant potentiellement occasionner des dégâts. On a pour habitude de diviser cette phase en trois grandes activités. La surveillance, accompagnée de la gestion de l'alerte précoce ; la sensibilisation et la formation de la population ; et enfin l'organisation des secours.

En ce qui les concerne les crises, elles correspondent, en milieu urbain, à « des situations de rupture organisationnelle et de désordres en série qui affectent le social, l'économique et l'environnemental » (Dubois-Maury et Chaline, 2002 in D'Ercole & Metzger, 2005 : 279). D'Ercole signale que trois périodes peuvent être différenciées : une période antérieure à la crise, une période de crise, et une période postérieure à la crise (post-crise). La première se dévoile uniquement quand il existe un phénomène annonciateur (une activité plus intense pour un volcan, par exemple) et cela correspond à une étape d'alerte pour les autorités, au cours de laquelle la population doit être informée du risque, la surveillance doit être renforcée, les systèmes d'alerte précoce doivent être mis au point, etc. La crise en elle-même, ou la phase d'urgence, débute lorsque la menace est imminente ou lorsque le phénomène se manifeste (un séisme, par exemple), et elle se termine au moment même où commencent les

opérations de secours et de protection des biens et des personnes. Enfin, pendant l'étape de post-crise il s'agit de rétablir les conditions minimales nécessaires au retour des activités quotidiennes.

### 1.5.2 Aspects abordés dans le cadre de cette étude

Si cette classification peut servir de base elle fut cependant partiellement adaptée au contexte de la vallée de *Los Chillos*. C'est ainsi que, par exemple, la formation de la population, la surveillance et la gestion des alertes précoces n'ont pas été assignées à la phase de pré-crise mais plutôt à la phase de préparation. Cependant, ces dispositions débutèrent ou s'intensifièrent seulement à partir de 2001 lorsque le volcan donna des signes d'une activité plus intense, alors que l'on pouvait considérer cette activité comme équivalant à une situation de pré-crise. Notons aussi que le volcan *Cayambe*, également en activité, n'est pas soumis à une surveillance minutieuse et que les actions de sensibilisation de la population en zones exposées sont pratiquement inexistantes. Nous considérons néanmoins que pour le moment il n'existe pas d'étape de pré-crise à l'intérieur de la zone d'étude car le volcan n'a pas donné signe de changements importants, et actuellement les activités liées à ces aspects font partie d'actions que l'on pourrait qualifier de routinières. Un autre exemple renforçant l'idée d'une perception mineure concernant un risque imminent (et donc justifiant le statut d'étape de préparation à la place d'une pré-crise) réside dans les fluctuations du marché immobilier. La valeur des biens s'est stabilisée et n'a pas subi de perturbations telle que la considérable baisse que les biens (surtout les logements) ont connue en 2002 avec une perte de trois fois leur valeur<sup>16</sup>.

Dans le cadre de ce travail nous avons donc décidé de nous occuper seulement de cinq aspects des phases de prévention et de préparation exposées dans le tableau ci-dessous:

---

<sup>16</sup> Marcelo Campana, *Casa Cotopaxi*. Information orale.

Table 1 - Aspects pris en compte dans l'étude

<b>PREVENTION</b>	Planification territoriale, contrôle de l'occupation du sol
	Ouvrages de protection
<b>PREPARATION</b>	Surveillance / Alerte précoce
	Sensibilisation / Information / formation
	Organisation des secours
<b>CRISE</b>	Protection/ Réponse
	Récupération
	Reconstruction

aspects prises en compte dans l'étude

Une fois choisis les cinq aspects, l'objectif fut d'arriver à comprendre comment gérer chacun d'entre eux, de déterminer quels acteurs interviennent, quel cadre légal est en application, quelles sont les difficultés présentes, les points forts, etc., afin de souligner les différences entre les deux municipalités (DMQ y *Rumiñahui*) ainsi que les différences qui existent entre ce qui se passe à l'échelle du DMQ et celle de l' *AZVCH*.

## Partie technique

### **2. Zone d'étude, travail de terrain et résultats**

#### **2.1 Présentation de la zone d'étude**

##### 2.1.1 La vallée de *Los Chillos*: zone privilégié par ses caractéristiques environnementales

Située approximativement à 15 km au sud-est de *Quito*, la zone d'étude est composée d'une vallée étendue sur 80 950 ha, limitée au nord par un édifice volcanique érodé (l' *Ilaló*) qui la sépare de la vallée de *Tumbaco* ; au sud par deux volcans éteints, le *Pasochoa* et le *Sincholagua* ; à l'est par la cordillère orientale qui constitue la limite du bassin amazonien ; et à l'ouest par un gradin tectonique qui la sépare de la ville de *Quito*. Un réseau hydrographique traverse la vallée du sud au nord, principalement

constitué par la rivière *Pita* qui prend sa source à partir de la fonte des glaces du volcan *Cotopaxi* et qui pénètre dans la vallée entre le *Pasochoa* et le *Sincholagua* (voir carte 3). Dans la zone urbaine cette rivière est rejointe par la rivière *Santa Clara* pour former une nouvelle rivière, *San Pedro*, qui s'écoule elle-même vers la vallée de *Tumbaco*. A une altitude moyenne de 2 500 m la vallée profite d'un climat plus chaud, elle dispose de vastes plateaux, de zones de verdure très amples, de nappes souterraines d'excellente qualité en ce qui concerne la consommation humaine, de cascades, de sources d'eaux thermales et de zones de protection naturelle (la réserve du *Pasochoa*).

### 2.1.2 Deux municipalités qui administrent la vallée

La vallée de *Los Chillos* est composée de deux municipalités: le *DMQ* et *Rumiñahui*. La superficie de l'*AZVCH* est de 67 000 ha, ce qui correspond à 16 % du territoire du *DMQ* et sa zone urbaine occupe 4 650 ha (l'équivalent de 7 %). Pour sa part, la Municipalité de *Rumiñahui* affiche un petit territoire de seulement 13 500 ha, c'est-à-dire presque 5 fois moindre que celui de l'*AZVCH*. Cependant sa zone urbaine représente 17 % de son territoire (2 300 ha).

La zone qui correspond au *DMQ* est administrée par l'*AZVCH*, un des huit arrondissements qui composent le District et cette situation constitue un cas unique dans le pays. A l'intérieur de chaque municipalité le territoire est divisé en paroisses. L'*AZVCH* en compte six sur les 65 qui correspondent au *DMQ* : *Amaguaña*, *Conocoto*, *Guangopolo*, *Alangasí*, *La Merced* et *Píntag*. Pour sa part la Municipalité de *Rumiñahui* est composée de quatre paroisses: *San Rafael*, *San Pedro de Taboada*, *Sangolquí*, *Cotogchoa* y *Rumipamba* (voir carte 4). Les deux municipalités font partie de la province de *Pichincha*, une des 22 provinces du pays.

### 2.1.3 D'une vallée à vocation agricole à une vallée de croissance urbaine

Trent six ans après la fondation espagnole de *Quito* (1534), la vallée de *Los Chillos* fut divisée en grandes propriétés qui furent assignées à divers ordres religieux. Grâce à la bonté du climat la production agricole était prédominante et peu après apparurent les

ateliers textiles. La subdivision du territoire commença à la veille de la réforme agraire de 1964, lorsque les dominicains, les franciscains, les augustins, les mercédaires, les clarisses, et les jésuites décidèrent de diviser et vendre leurs propriétés pour échapper à cette réforme<sup>17</sup>.

En 1938 le Président de la république en place, le Général Alberto Enriquez, éleva la paroisse de *Sangolquí* au statut de canton<sup>18</sup> et c'est ainsi que la vallée de *Los Chillos* se divisa en deux administrations: la Municipalité de *Rumiñahui* et la Municipalité de *Quito* (actuel DMQ). La rivière *Pita* à l'est, et une partie des rivières *Capelo* et *San Pedro* à l'ouest, tracent les limites naturelles qui existent entre les deux municipalités. Cette division politico-administrative a d'importantes répercussions sur l'occupation urbaine de la vallée comme nous le verrons plus bas.

Depuis la fin des années 70 la vallée s'est convertie en un secteur de grande affluence urbaine de la périphérie de *Quito*. Le manque d'espace à l'intérieur de la ville, des caractéristiques environnementales favorables, l'amélioration de la voie *Quito-Conocoto-San Rafael* en 1960 et la construction de l'autoroute *Rumiñahui* en 1975, furent autant de facteurs qui incitèrent la forte urbanisation de cette vallée. Initialement, la population se concentrait dans les chefs-lieux de *Guangopolo*, *Alangasí*, *Conocoto*, *Píntag*, *Amaguaña*, *La Merced* et *Sangolquí*, mais les nouveaux résidents préférèrent s'établir dans des zones plus proches de l'autoroute et de *Quito*, plus précisément à *Conocoto* et à l'entrée de l'autoroute dans la zone la plus basse de la vallée appelée *San Rafael*, justement dans la zone de confluence des rivières *Pita* et *Santa Clara*.

Selon les chiffres de l'INEC, la population de la vallée était en 1990 de 121 000 habitants alors qu'en 2001 elle s'approcha des 184 000, 75 % desquels se trouvent concentrés dans la zone urbaine<sup>19</sup>. En ce qui concerne la densité de la population elle est d'à peine 0,6 hab/ha si l'on considère toute la zone d'étude et atteint 20 hab/ha en zone urbaine. Les zones de haute densité sont les paroisses de *San Rafael*, *Sangolquí* et *Conocoto*.

---

<sup>17</sup> Qui consistait, *grosso modo*, à diviser les propriétés et à les répartir entre les paysans sans terre.

<sup>18</sup> Juridiction d'une municipalité. Décret Officiel N. 168 du 31.05.1938

<sup>19</sup> On considère comme urbaine la population regroupée en pâtés de maisons.

L'AZVCH regroupe actuellement 117 000 habitants, c'est à dire l'équivalent à 64 % du total de la population de la vallée. Néanmoins, si on prend en considération la population selon les paroisses<sup>20</sup>, *Sangolquí* affiche la population la plus élevée (62 500 habitants en 2001), suivi par *Conocoto* avec 53 000 habitants (voir figure 2).

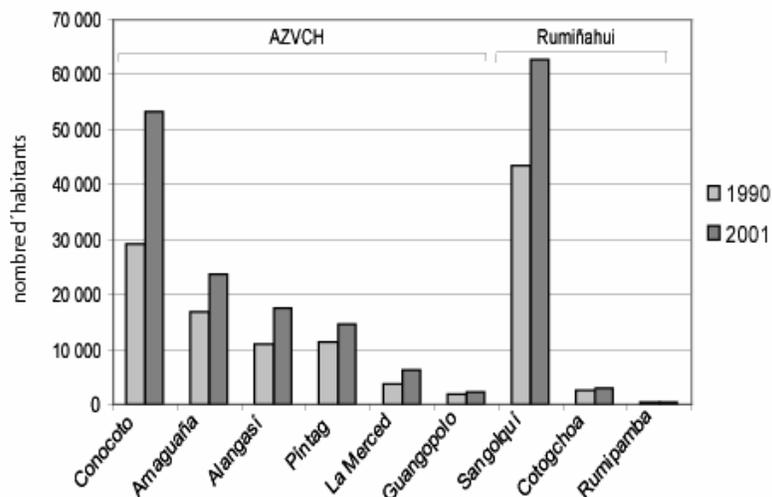


Figure 3 – Evolution de la population (1990-2001) par paroisse

#### 2.1.4 Un tissu urbain continu et une population ayant des caractéristiques socio-démographiques homogènes

En dépit de l'existence de deux municipalités et de la présence de rivières assurant la limite politico-administrative, le tissu urbain dans la vallée de *Los Chillós* est continu et homogène ce qui rend difficile la distinction, sur le terrain, de l'endroit où commence une municipalité et termine l'autre (voir photo 6). Egalement, il n'existe pas d'importantes différences en ce qui concerne les caractéristiques socio-démographiques de la population des deux municipalités comme l'ont prouvées les résultats de l'étude sur la vulnérabilité de la population résidente<sup>21</sup>. Cependant, les différences apparaissent quand on se penche sur l'occupation du sol car chaque municipalité administre son territoire de manière distincte comme nous le verrons plus bas.

<sup>20</sup> C'est l'unité territoriale la plus petite. Le nom "paroisse" n'a actuellement aucune connotation religieuse.

<sup>21</sup> Cinq critères sont pris en compte: la population jeune, la population âgée, les niveaux d'éducation, l'accès aux réseaux électrique et téléphonique,



Photo 6 – La vallée de *Los Chillos* depuis le volcan *Ilaló*  
*Cliche : T. Serrano, septembre 2006*

### 2.1.5 Dynamiques locales dans la vallée et interdépendance avec *Quito*

La vallée de *Los Chillos* est actuellement à vocation résidentielle. Selon les données de l'Entreprise d'Electricité de Quito (EEQ) collectées en 2000-2001, 92 % des compteurs d'électricité sont de type résidentiel (un peu plus de 27 000), seulement 1,85 % de type industriel, 6,1 % correspondent à des commerces et 0,5 % à des types divers (service social et administrations publiques). Cette faible proportion d'établissements générant des emplois, surtout dans l'AZVCH, explique l'important déplacement de la population vers les zones de centralité urbaine de *Quito*. Dans la vallée même, les zones industrielles sont regroupées à *Sangolquí* et *Conocoto* avec respectivement 175 et 132 industries (voir carte 5). En ce qui concerne les commerces, la paroisse de *Sangolquí* concentre pratiquement 45 % de tous les commerces de la vallée, suivi par *Conocoto* qui en englobe près de 20 %. Dans les petits commerces qui se trouvent en bordure des voies principales travaillent surtout des personnes qui habitent la vallée de *Los Chillos*, alors que dans les grandes industries un bon pourcentage de travailleurs provient de *Quito*<sup>22</sup>.

Une autre partie de la population se rend à *Quito* pour des raisons professionnelles ou éducatives (surtout de niveau universitaire). Des 93 100 déplacements quotidiens qui se réalisent par l'intermédiaire de véhicules privés, 54 % se dirige à *Quito* et particulièrement au centre-nord de la ville où se concentre la plus grande quantité de sources d'emploi, d'universités, d'établissements médicaux, de centres de loisirs, etc. (Ronquillo et Yáñez, 2007 : 15). La majeure partie de la population se déplace en véhicule privé, ce qui signifie que sur 100 véhicules 7 seulement sont des bus ; cela entraîne de sérieux embouteillages, surtout au niveau d' *El Triángulo* et le long de la voie menant à *Sangolquí*.

La Municipalité de *Rumiñahui* attire elle la population de l' AZVCH vers ses centralités de *San Rafael* et de *Sangolquí*, ce qui crée une mobilisation interne considérable dans la vallée de *Los Chillos*. La centralité urbaine de *Quito* génère également des flux quotidiens pendulaires de résidents qui travaillent à *Quito* ou qui entreprennent une démarche de quelque sorte dans la ville.

---

<sup>22</sup> Jérémy Robert, information orale.

### 2.1.6 Le volcan *Cotopaxi* et les risques pour la vallée de *Los Chillos*

Le *Cotopaxi* (5 897 m) est un des huit volcans en activité de l'*Equateur*, le second en altitude et un des cinq qui comportent une calotte glaciaire. C'est un symbole emblématique des Andes équatoriennes et l'attraction majeure du Parc National *Cotopaxi*, protégé par le Ministère de l'Environnement. Ce volcan de forme conique et de pentes atteignant une inclinaison de 30°, est recouvert d'un glacier permanent à partir de 4 600 m à l'ouest et de 5100 à l'est (voir photo 7). La superficie du glacier est de 14 km<sup>2</sup> et son volume est estimé à 0,7 km<sup>3</sup> (Cáceres et al., 2004; Cáceres 2005 in IG-EPN-IRD, 2005 : 13). Son cratère, de presque 800 m, est légèrement excentré en direction du sud-est et a une profondeur de 100 m (voir photo 8). Du *Cotopaxi* naissent plusieurs rivières dont la disposition est radiale et dont le développement suit trois directions :

- a. Au nord la rivière *Pita*, qui devient la rivière *Guayllabamba* puis le fleuve *Esmeraldas* et qui se jette finalement dans l'océan *Pacifique*
- b. Au sud, les rivières *Cutuchi*, *Alaques* et *Barracas* qui se dirigent vers le bassin amazonien (à l'est) après avoir traversé la cordillère orientale (fleuve *Pastaza*).
- c. A l'est les rivières *Tambo* et *Tamboyacu*, qui forment an aval le fleuve *Napo*



Photo 7 – Volcan *Cotopaxi*  
Cliché: IG-EPN, 1997



Photo 8 – Cratère du volcan *Cotopaxi*  
Cliché : F. Demoraes, décembre 2001

En ce qui concerne l'histoire géologique du volcan on sait que les dépôts les plus anciens du *Cotopaxi* datent d'environ 500 000 ans. Vint ensuite une étape d'activité caractérisée par la présence de magmas de type andésitique qui furent le résultat d'éruptions moins explosives, caractérisées par la présence de coulées de lave et par des chutes de cendres. Après une période de repos de 350 000 ans, une nouvelle étape d'activité explosive se produisit avec des éruptions basaltiques et aussi andésitiques. La dernière éruption basaltique en date s'est produite il y a 4 500 ans et elle a entraîné l'effondrement du flanc est pendant que des flux pyroclastiques faisaient fondre le glacier pour former un gigantesque lahar. Depuis, les éruptions se sont caractérisées par un type andésitique et ont moulé le cône actuel. Durant cette dernière période on a pu recensé 43 éruptions allant de magnitude modérée à élevée ( $VEI \geq 3$ ). (IG-IRD, 2005).

Durant la période historique on sait que cinq cycles éruptifs ont pris place, avec une moyenne d'un par siècle : 1532-1534, 1742-1744, 1766-1768, 1854-1855, 1877-1880. Toutes ces éruptions ont provoqué la fonte du glacier et ont formé des lahars affectant les vallées alentours. Les chroniques de l'éruption de 1742 décrivent « *les terribles conséquences de l'éruption de ce volcan et des subséquentes inondations. Ces dernières, plus mortelles que l'éruption elle-même qui en fut la cause, répandirent la désolation et la mort* » (La Condamine, 1751 in D'Ercole, 1989 : 22). Pour sa part, Wolf décrit l'éruption de 1768 en ces mots : « *les inondations en cette occasion furent encore plus considérables que celles de 1766. Les coulées se répandirent de nouveau*

dans la vallée de Los Chillos, et la rivière San Pedro détruisit les ponts et emporta le bétail et les chaumières jusqu'à la vallée de Tumbaco ... » (ibid.). Les chroniques de Sodiro décrivent elles la dernière éruption de 1877: « C'étaient d'immenses coulées d'eaux composées d'énormes masses de glace, de pierres et de rochers qui se précipitaient des collines avec une impétuosité considérable. En peu de temps elles jaillirent des grands ravins du versant sud-ouest, arrachant les arbres, détruisant les maisons et emportant sur son passage le bétail, les personnes et tout ce qui se trouvait sur son chemin... En moins d'une heure le terrible lahar avait ravagé et recouvert de sable et d'énormes pierres la vaste plaine (...). Sur le versant nord il avait parcouru (...) les plaines séparant Alangasí, Guangopolo, Sangolquí et Conocoto ...» (ibid.). Selon Wolf (1878) « ...18 heures après le début de la catastrophe, les coulées se jetaient dans l'océan Pacifique après avoir accompagné le fleuve Esmeraldas sous forme d'un énorme courant » (ibid.).

Les chroniques rapportent les conséquences des diverses éruptions, et certaines traces sont encore visibles dans la zone affectée (voir photo 9). A l'époque des dernières éruptions les zones affectées étaient peu peuplées et néanmoins les lahars provoquèrent la mort d'environ un millier de personnes (D'Ercole, 1989 : 25). Que se passerait-il maintenant que la zone est urbanisée et que des constructions ont vu le jour dans les zones de danger ? (voir photo 10 et 11). Quelle est la probabilité d'un lahar dans la vallée de *Los Chillos*? Quels sont les scénarii possibles d'éruptions futures ?



Photo 9 - Traces des anciens lahars dans la zone urbaine de *Rumiñahui*

Cliché : IG-EPN, décembre 2004



Photo 10 – Nouvelles constructions au bord de la rivière *Pita*. Au fond, un centre commercial  
*Cliché : T. Serrano, avril 2007*



Photo 11 – Centrale hydraulique au bord de la rivière *San Pedro*. *Guangopolo*  
*Cliché : T. Serrano juillet 2007*

## **2.2. Les connaissances scientifiques sur l'aléa et les risques pour la vallée de Los Chillos**

### 2.2.1 Scénarii d'éruption et zonage de l'aléa lahar dans la vallée de Los Chillos

Les scientifiques de l'IG-EPN ont élaboré quatre scénarii potentiels pour le *Cotopaxi* qui vont de 1 (VEI = 2; moins dangereux) à 4 (VEI = 4-5; plus dangereux). Le scénario 3 (VEI = 4) est considéré comme le plus probable en cas de future éruption puisqu'il apparaît fréquemment et qu'il a caractérisé les éruptions de 1742, 1744, 1768 y 1877 (IG-EPN & IRD, 2005 : 91).

En cas d'un scénario 1, il se produirait seulement une émission de faibles quantités de cendres et, bien que cela reste très peu probable, des flux pyroclastiques et des coulées de laves occasionnant de petits lahars qui n'affecteraient pas la vallée de *Los Chillos*. Dans l'éventualité d'un scénario 2 on prévoit des lahars plus importants mais moindres à ceux apparus en 1877. Le scénario 3 correspond à ce qui s'est produit lors de la dernière éruption en date, en 1877, avec la génération de lahars importants qui descendraient le long des fleuves. Le scénario 4 équivaldrait à une éruption plinienne, c'est-à-dire une éruption très explosive qui se reproduit à intervalles de plusieurs milliers d'années. On considère qu'une fois entamé le processus éruptif la probabilité d'atteindre un tel scénario serait de 10 % (Samaniego et al., 1994 in IG-EPN & IRD, 2005 : 92)

La cartographie de l'aléa volcanique correspond à un scénario 3, considéré comme le plus probable (60 %) (ibid : 91). La dernière carte de 2004 a remplacé celle de 1989 car cette dernière représentait des zones de risque mineur affectées dans le cas d'une éruption plus importante que celle de 1877. Comme la probabilité de voir se reproduire un événement de telles dimensions est très faible il fut décidé de ne pas la représenter. De plus, les mesures effectuées sur le glacier corroborent ce choix car sa superficie diminue rapidement : en 1976 elle était de 19,2 km<sup>2</sup>; en 1997 de 13,4 km<sup>2</sup>, et en 2006 elle était passée à 11,8 km<sup>2</sup> <sup>23</sup>. De plus, certaines anomalies thermiques avaient

---

<sup>23</sup> Cadier et Misincho (IRD-INAMHI). Deuxième campagne de méditations des glaciers du volcan Cotopaxi. Présentée à Quito en avril 2007.

provoqué la fusion du glacier dans le cratère et sur ses flancs supérieurs<sup>24</sup> (voir photo 12).

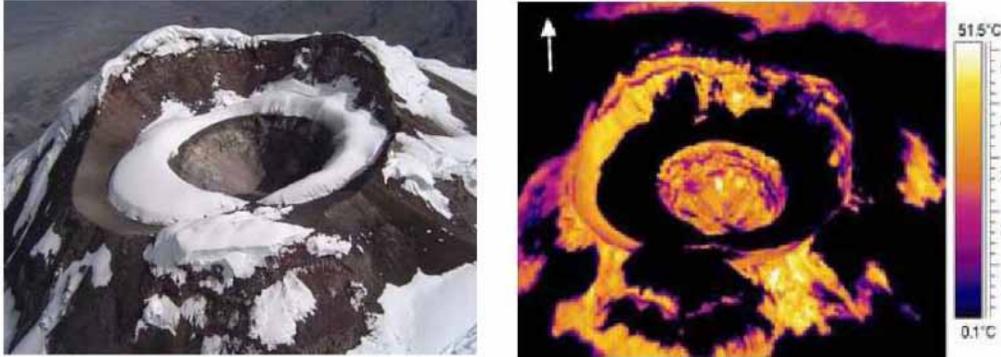


Photo 12 – Anomalie thermique dans le cratère du volcan *Cotopaxi* (image thermique à droite)  
Cliché: (IG-EPN, 2004)

Par conséquent, la cartographie des lahars actuellement disponible montre seulement les zones potentiellement affectées au cas où une éruption atteindrait le scénario 3, c'est à dire une éruption semblable à celle de 1877. S'il est possible de comprendre les décisions prises par les scientifiques, la représentation d'un seul scénario favorise cependant l'idée que ce scénario reste la seule limite possible et qu'il n'existe aucune possibilité qu'un phénomène mineur (ou majeur) puisse se produire. Plus bas nous aborderons de nouveau le thème de la cartographie du lahar et sa relation avec le développement de la vallée.

### 2.2.2 L'exposition de la population aux lahars dans la vallée de *Los Chillos*

On pourrait croire que le risque d'un lahar ne concerne pas une grande partie du territoire de la vallée de *Los Chillos* et qu'il est donc peu élevé. Cependant, les crises volcaniques récemment vécues (*Guagua Pichincha* y *Reventador*) ont démontré que seulement la chute de quelques millimètres de cendres perturberait le fonctionnement urbain de telle sorte à avoir de graves répercussions sur l'économie et sur la population. A la différence d'une chute de cendres, un lahar est un phénomène violent et destructeur, qui se forme et se déplace rapidement. Quelles pourraient donc être les

<sup>24</sup> On ne connaît pas encore avec précision les causes de cette anomalie. L'IG-EPN est actuellement en train d'analyser l'information récupérée depuis fin 2002. Patricio Ramón (IG-EPN), Anomalies thermiques dans le cratère et sur les flancs du volcan *Cotopaxi*. Présenté à Quito en avril 2007.

conséquences d'un lahar dans la vallée ? Combien de personnes habitent dans la zone exposée ? Ces questions entendent trouver leurs réponses dans l'étude réalisée dans le cadre du projet « Vulnérabilité institutionnelle et vulnérabilité de la population dans la vallée de *Los Chillos* ». Ci-dessous se trouvent rassemblées seulement les données générales de l'étude intitulée « Vulnérabilité de la population exposée aux lahars du volcan *Cotopaxi* dans la vallée de *Los Chillos* – *Equateur* »<sup>25</sup>.

En se basant sur le recensement INEC de 2001 et sur la carte de 2004, ce sont approximativement 14 000 résidents qui devraient être évacués en 25 minutes<sup>26</sup> dans le cas d'une éruption nocturne du *Cotopaxi*. En journée, du lundi au vendredi, le chiffre à prendre en compte augmenterait à environ 47 000 du fait d'employés de la zone commerciale ou de la zone industrielle, ainsi que du personnel administratif, des professeurs, d'élèves et du personnel des établissements de santé. Le week-end la population est différemment distribuée et les grandes concentrations pivotent vers les centres balnéaires, la zone commerciale et les grands centres commerciaux. On estime que 30 000 personnes se trouveraient exposées pendant le week-end.

Au vu de ces données plusieurs interrogations s'imposent. Qu'est-ce qui est indispensable pour évacuer la population et assurer sa sécurité ? Comment gérer une crise volcanique en prenant en considération les déplacements de la population et les activités économiques ? Quel est le meilleur moment pour évacuer ? Toutes ces questions se réfèrent à un des aspects essentiels de la gestion du risque : la coordination institutionnel capable d'affronter une telle situation, d'assumer la responsabilité, de prendre des décisions, de générer un climat de confiance au sein de la population, etc. Nous présentons ci-dessous la situation des institutions, leurs rôles, leurs activités, leurs difficultés dans le domaine de la gestion du territoire, et la gestion du risque dans la vallée de *Los Chillos*.

---

<sup>25</sup> Travail réalisé par J. Robert

<sup>26</sup> Estimation du temps d'arrivée des lahars à la vallée de *Los Chillos*. IG-EPN

## 2.3 Structure administrative, cadre juridique et compétences en matière de risques

### 2.3.1 Brève description de la structure administrative en Equateur

Afin de comprendre les interactions entre acteurs et les difficultés inhérentes à la coordination institutionnelle, il paraît pertinent de présenter une rapide description de la structure fonctionnelle administrative en Equateur, laquelle s'articule autour de cinq niveaux (voir table 2):

Table 2 – Structure fonctionnelle administrative de l'Equateur

	Entités	Désignation	Election populaire	Zone d'intervention
1. National	Secrétariat Nationale de Planification et Développement			national
	Conseil national de Modernisation			national
	Ministères (12 )			national
2. Régional	Organismes de Développement Régional (6)			régional
3. Provincial	Conseils Provinciaux (22 provinces). Compétence en zone rurale			rural
	Gouvernements provinciaux (dans 21 provinces. N'existe pas dans le DMQ) Compétence en zone rurale			rural
4 Municipal	Conseils Municipaux (219). Compétence en zone urbaine			urbain
	Conseil Municipal du DMQ. Compétence dans tout le DMQ			DMQ
5. Paroissial	Assemblées Paroissiales (779)			rural

Parmi la fonction exécutive et celle de régime sectoriel dépendant se trouvent:

1. Secrétariat National de Planification et Développement de la Présidence de la République (SENPLADES); Conseil National de Modernisation (CONAM); et 12 Ministères (Intérieur ; Economie et Finances ; Tourisme ; Santé ; Education ; Culture ; Environnement ; Agriculture, Elevage et Pêche ; Industrie ; Social ; Emploi ; Développement Urbain et Logement). Les fonctions exécutives de l'action publique s'effectuent par l'intermédiaire de gouvernements locaux, de sous-secrétariats ou de directions provinciales.

2. Des organismes de Développement Régional créés dans les années 50 comme entités d'état de promotion du développement régional et plus récemment comme corporations exécutives pour faire face aux urgences régionales (comme CORPECUADOR pour le phénomène de El Niño). Ces entités gèrent d'abondantes ressources financières, provenant partiellement de crédits internationaux qui excèdent dans certains cas les budgets ministériels.

#### Régime sectoriel autonome

3. Conseils Provinciaux : (22 provinces) Organismes coordinateurs assurant la liaison entre le niveau national et le municipal. Elles ont juridiction dans les zones rurales et leur gestion est limitée par une faible assignation budgétaire et par la superposition des leurs compétences avec d'autres entités (régionales, municipales et paroissiales).
4. Municipalités : (219 municipalités et 1 District Métropolitain) Ont un rôle fondamental dans les zones urbaines (approvisionnement en eau, systèmes d'égout, hygiène, réglementation de l'utilisation des chemins, des rues, des parcs et des places, réglementation des aliments, réglementation de l'utilisation du sol, protection, sécurité, etc.).
  - 4.1 Hôtels d'Arrondissements (spécifiques au District Métropolitain de Quito) Créés dans le cadre d'une politique de déconcentration. Nous en parlerons plus en détail plus bat.
5. Assemblées Paroissiales Rurales (779 paroisses dans tous le pays) : La Constitution Politique de l'Etat (de 1998) les considère comme « gouvernements autonomes » qui se forment a travers une élection populaire (le Président de l'Assemblée Paroissiale est aussi élu). Ces assemblées ont des compétences et des ressources financières qui génèrent une certaine ambiguïté en comparaison avec les compétences d'autres instances (Conseils Provinciaux) et en ce qui concerne la coordination avec les municipalités pour le financement et la prestation de services.

Cette structure administrative ne va pas sans inconvénient du fait de la superposition de fonctions et d'attributions, et du fait de problèmes de légitimité entre les autorités

d'élection populaire et celles déléguées par le Gouvernement comme nous le verrons plus bas au moment d'aborder la thématique du risque. Nous présentons ci-dessous plus en détail le cas du District Métropolitain de Quito car il constitue un cas unique dans le pays et que la gestion du risque sur son territoire dépend de cette spécificité.

### 2.3.2 Le District Métropolitain de Quito : un cas unique dans le pays

Comme nous l'avons mentionné plus haut, la vallée de *Los Chillos* est divisée en deux administrations: la Municipalité du District Métropolitain de Quito et la Municipalité de *Rumiñahui*. Si les deux dépendent de la Loi de Régime Municipal<sup>27</sup>, le cas du *DMQ* est particulier et unique dans le pays. Du fait d'un processus accéléré de développement urbain, le Conseil Municipal a demandé au Congrès National l'approbation de la Loi de Régime du District Métropolitain de Quito<sup>28</sup> qui permet une administration exclusive du contrôle de trois aspects: la régulation de l'utilisation et de l'occupation du sol ; le transport public et privé ; l'environnement et la participation et intégration citoyenne<sup>29</sup>. Cela a de plus permis la formation de zones métropolitaines afin de déconcentrer l'administration et les services ainsi que de rendre viable la participation des habitants. Avec cette loi est né le *DMQ* avec des limites semblables à celles de l'antérieur canton *Quito*.

L'importance de cette loi réside dans le fait que la municipalité a maintenant le pouvoir de régir l'ensemble du *DMQ*, de définir des politiques et d'élaborer des normes applicables sur tout son territoire. Cette loi implique également l'impossibilité d'une subdivision administrative. En effet, selon la Loi de Régime Municipal, toute paroisse dépassant les 50 000 habitants, desquels au moins 10 000 habitants vivent dans le chef lieu, peut solliciter du Congrès National le passage au statut de canton<sup>30</sup>. De cette manière la Municipalité du *DMQ* évite le parcellement du territoire et garantit ainsi une cohérence plus importante au niveau de son développement territorial<sup>31</sup>. De même,

---

<sup>27</sup> Loi de Régime Municipal, R.O. Supplément 331 du 15 octobre 1971

<sup>28</sup> Loi N°46 publiée dans le R.O. 345 du 27 décembre 1993

<sup>29</sup> Ce fut la première loi dans le cadre d'une politique de décentralisation favorisée par le Fonds Monétaire International et la Banque Mondiale.

<sup>30</sup> Article 4. A l'exception des populations des zones frontalières, de la région amazonienne et des îles Galapagos

<sup>31</sup> De cette façon furent éliminés les inconvénients rencontrés par d'autres villes d'Amérique latine où il existe de nombreuses municipalités dans la même zone urbaine (comme Caracas et Lima)

cette loi permet de passer d'une conception traditionnelle de « *prestataire, administrateur ou fournisseur de certains services* » à celle de « *facilitateur, promoteur, normalisateur et concertateur qui encourage le développement* » (Vallejo, 2007 : 66). C'est à partir de cette nouvelle optique que divers changements institutionnels s'opèrent à l'intérieur du DMQ.

### 2.3.3 Les innovations institutionnelles dans le DMQ

Avec la loi du District Métropolitain de Quito, et grâce à cette nouvelle manière d'interpréter le rôle de la municipalité, le DMQ a entamé un processus d'ouverture institutionnelle avec la création de nouvelles Directions Métropolitaines afin d'orienter les politiques (environnement, transport, sécurité citoyenne); d'entreprises métropolitaines pour exécuter divers travaux (eau potable et système d'égout, salubrité, travaux publics, rénovation du centre historique, contrôle de ventes ambulantes, transport et développement urbain); et des corporations de droit public-privé (aéroport, tourisme, environnement, parc technologique, sécurité citadine, contrôle technique des véhicules, santé).

Les compétences assumées reflètent une préoccupation institutionnelle d'améliorer les conditions de vie de la population à l'aide de meilleures prestations, mettant de surcroît en évidence une réponse aux demandes et problèmes de la ville. C'est pour cela que dans un premier temps la création de nouvelles instances institutionnelles est liée à la gestion urbaine (transport, environnement et gestion du sol), dans un deuxième temps à la promotion du développement (aéroport, tourisme), et finalement aux politiques sociales et de développement sectoriel (éducation, santé, sécurité, pompiers, et assistance sociale).

Ces innovations institutionnelles et ce changement dans la gestion municipale sont aussi apparents dans la structure administrative à l'intérieur de laquelle travaillent des instances de coordination (territoriale, thématique et des entreprises) qui cherchent à faciliter la communication entre les diverses entités et avec le Maire et le Conseil Métropolitain.

#### 2.3.4 Historique des compétences acquises par le *DMQ* en matière de risques

Dans ce contexte de décentralisation, de déconcentration et de transformations institutionnelles, le *DMQ* a progressivement acquis quelques compétences dans le domaine de la sécurité. Ce processus a vu le jour en 1996 quand le maire de *Quito* en place décida de créer un service de coordination des urgences (911) qui fut mis en pratique deux ans plus tard<sup>32</sup>. En octobre 1998 un second transfert de compétences apparut lorsque, par l'intermédiaire d'un décret exécutif, la responsabilité de la gestion de la crise provoquée par le *Guagua Pichincha* fut concédée à la municipalité.<sup>33</sup> En 1999, toujours à travers un décret exécutif, eut lieu le transfert du Corps de Pompiers à la Municipalité de Quito (ayant jusque là dépendu du Ministère Social). Ce transfert impliqua le transfert du personnel, des ressources et des biens immobiliers, et la municipalité en profita pour améliorer l'équipement, les véhicules et les infrastructures.

Avec ces nouvelles compétences la municipalité décida de créer en 2000 la Direction de Sécurité Citadine, formée autour de deux pôles d'action : la réduction de la délinquance et la gestion des risques naturels. Le premier axe a fait l'objet depuis sa mise en place d'une priorité plus élevée de par l'augmentation de l'insécurité en ville. La Direction est principalement dirigée par des anciens officiers de police ou des anciens militaires, ce qui prouve l'importance accordée. Le thème du risque a été pour sa part traité depuis l'Unité de Gestion des Risques à l'intérieur de laquelle travaillent trois personnes ayant un contrat à durée déterminée.

En 2004 fut créée la Corporation de Sécurité grâce au recouvrement d'une taxe de sécurité<sup>34</sup> (environ cinq millions de dollars par an), dans le but de renforcer les forces de police pour combattre la délinquance. En trois ans, son budget s'est chiffré à 11,2 millions de dollars, desquels 83 % furent destinés dans leur majorité à des dépenses opératives et de logistique<sup>35</sup>. Un investissement a aussi été effectué en ce qui concerne la collection de données par l'intermédiaire de la création de l'Observatoire Métropolitain de Sécurité (Vallejo, 2007).

---

<sup>32</sup> Ce système permet la coordination de plusieurs institutions comme la Croix-Rouge, la Défense Civile, la Police Nationale et les Pompiers.

<sup>33</sup> Décret Exécutif No. 1560 publié dans le R.O. 336 du 10.12.1999

<sup>34</sup> Correspondant au 5 % de l'impôt foncier

<sup>35</sup> Systèmes vidéo, communication et alarmes, combustibles, véhicules, chevaux, hélicoptère, construction de casernes et création d'unités de police communautaire

Ce sont jusqu'à présent les compétences qu'a acquises le *DMQ* en termes de sécurité. Même s'il existe toujours une nette préférence pour s'occuper des thèmes de violence et de délinquance, certaines actions furent aussi privilégiées en ce qui concerne les risques naturels comme nous le verrons plus bas.

### 2.3.5 Les hôtels d'arrondissement : leurs compétences et leurs difficultés

De plus, avec comme objectif la déconcentration des administrations et des services, et afin d'assurer des formes plus efficaces de participation citoyenne, le *DMQ* a été divisé en zones métropolitaines appelées hôtels d'arrondissement. Au début, ces derniers se chargèrent de la déconcentration administrative, mais depuis l'administration municipale de 2002-2004 leur mission s'est amplifiée : « Etre un gouvernement local efficace et démocratique qui exerce le contrôle et le maintien de l'espace urbain et des édifications à l'intérieur de sa juridiction, et qui préserve l'environnement. Promouvoir le développement humain et économique et la participation citoyenne, tout en respectant la diversité culturelle et sociale » (Vallejo, 1997 : 88)

Les fonctions développées par les hôtels d'arrondissement sur leur territoire, avec une approche plus ou moins prioritaire, sont (ibid : 91):

- *Information citoyenne*
- *Recouvrement de taxes et d'impôts municipaux*
- *Concession de permis, de licences urbanistiques et environnementales, autorisations d'utilisation et d'occupation du sol et de l'espace public selon les directives du Plan Général de Développement Territorial*
- *Gestion de l'actualisation du cadastre*
- *Contrôle du respect des normes municipales dans les domaines urbanistiques, de la construction, environnementaux, sanitaires et de l'espace public*
- *Entretien des parcs et jardins*
- *Planification zonale, paroissiale ou de quartier en relation avec les processus de participation citoyenne*

- *Mise en place du Système de Gestion Participative par l'intermédiaire d'une convocation et de l'organisation d'assemblées sectorielles.*
- *Administration et coordination des Conseils sectoriels de sécurité, de santé et des droits de l'enfant*
- *Organisation et coordination de programmes de sécurité citadine (alarmes communautaires, gestion d'unités de police), d'éducation, de sécurité alimentaire (contrôle des aliments, projets de potagers familiaux, agriculture urbaine), de loisirs, de promotion économique*
- *Réalisation de travaux publics mineurs*
- *Exécution de projets concernant des domaines divers : santé, territoire et logement, travaux publics, transport, éducation, culture, sport et loisirs, sécurité citadine, 911, pompiers, environnement et développement humain, et autres services que la communauté demande par l'intermédiaire de directives métropolitaines.*
- *Organisation des différentes zones d'intervention municipale*

Comme on peut le voir, les hôtels d'arrondissement ont des responsabilités dans des secteurs très divers, ce qui implique un grand défi pour la gestion locale. Cela suppose aussi plus d'habileté dans le traitement des demandes de la population, une plus grande coordination institutionnelle (avec les directions et entreprises métropolitaines), un effort pour adapter et rendre opérationnels les politiques, les plans, les programmes et les projets métropolitains à l'échelle locale, ainsi qu'une gestion rigoureuse de l'assignation budgétaire.

Le défi n'est évidemment pas facile à relever. D'une part les hôtels d'arrondissement sont subordonnés à la Coordination Territoriale de la municipalité et dépendants en permanence des politiques et directives fixées par les Directions Métropolitaines, et d'autre part ils sont aussi dépendants de la disposition, du temps et des ressources des Entreprises et Corporations Métropolitaines (dont la gestion et le budget n'ont pas été déconcentrés). Ils doivent, de plus, adapter leur personnel et leurs fonctions aux nouvelles responsabilités assignées ce qui engendre des difficultés inhérentes à l'incompatibilité des nouvelles fonctions avec le profil du fonctionnaire, à l'occupation temporaire de diverses activités ou à l'abandon de l'activité antérieurement réalisée, et au manque de motivation pour occuper un poste nouveau. Finalement, l'assignation budgétaire n'est pas suffisante pour assurer de telles responsabilités : en 2003, par

exemple, les hôtels d'arrondissement ont reçu 11,6 % du budget global de la municipalité, somme réduite à 9,4 %, ce qui « n'est pas suffisant pour faire face à la réalité et aux demandes de la communauté » (ibid : 92)<sup>36</sup>.

Voici donc les difficultés rencontrées par les hôtels d'arrondissement, situation qui ne diffère pas dans l'*AZVCH*

## **2.4 La prévention : le débat entre développement urbain et restriction de l'occupation du sol**

Dans une zone attractive de par ses caractéristiques environnementales favorables, à l'expansion urbaine importante et à la valeur élevée du sol, le développement urbain doit affronter une situation de risque et en conséquence une polémique concernant l'utilisation et l'occupation du sol. Dans la vallée de *Los Chillos*, les deux municipalités ne partagent pas les mêmes points de vue et chacune se réfère à une carte de risques distincte pour orienter sa croissance urbaine.

### 2.4.1 Deux zonages de l'aléa pour orienter l'utilisation et l'occupation du sol

Selon un décret exécutif<sup>37</sup>, l'institution officiellement chargée « d'identifier les aléas volcaniques et sismiques et de préparer les cartes de risques respectifs » est l'IG-EPN. Malgré l'existence de ce décret deux institutions se disputent la validité de leurs cartes. En effet, l'Université Polytechnique de l'Armée (ESPE), réalisa en 1992 une modélisation des lahars pour la zone nord du *Cotopaxi* après avoir considéré que les études de l'IG-EPN étaient peu fiables et que les échelles utilisées (1 25 000 et 1 50 000) ne convenaient pas pour déterminer de manière précise la zone de danger en zone urbaine<sup>38</sup>. C'est donc pourquoi l'ESPE a mené à terme une autre carte qui est actuellement utilisée par certaines dépendances de la Municipalité de *Rumiñahui*. Plusieurs raisons peuvent expliquer cette volonté: tout d'abord, l'université est située dans le canton *Rumiñahui*, et puis elle appartient à l'Armée, une institution qui jouit de

---

<sup>36</sup> L'assignation correspondant aux administrations zonales se fait selon trois critères: sa superficie, le nombre d'habitants, et l'indicateur de Nécessités de Base Insatisfaites (NBI).

<sup>37</sup> Décret Exécutif n° 3593 du 13 janvier 2003

<sup>38</sup> Interview de l'Ingénieur Aguilera. ESPE

beaucoup de prestige dans le pays et dont les carrières en ingénierie sont très réputées. L'institution est tellement respectée que la propre Direction Métropolitaine de Sécurité du *DMQ* a sollicité en 2003 l'élaboration d'une carte des dangers dans la zone urbaine en la faisant financer par la Corporation de Sécurité (dirigée par un ancien militaire). Cette carte (1 : 7 500) couvre uniquement une partie de la zone urbaine<sup>39</sup>. La carte présente deux niveaux de danger en différenciant une zone affectée par un lahar (risque maximale) et une zone d'inondation (pouvant atteindre deux mètres de hauteur) (voir carte 6).

L'existence de deux cartes a une incidence sur la planification de l'utilisation du sol: le *DMQ* utilise la carte de l'IG-EPN et la Municipalité de *Rumiñahui* utilise celle de l'ESPE.

#### 2.4.2 Le zonage de l'aléa lahar ne restreint pas l'utilisation du sol

Malgré l'existence de deux cartes concernant le danger des lahars il n'y a aucune interdiction de construire dans les zones dangereuses, contrairement à ce qui se pratique en France avec la zone rouge du PPR (Plan de Prévention des Risques). Les cartes sont utilisées pour limiter l'utilisation du sol (seules certaines utilisations étant permises) et surtout pour orienter l'occupation du sol (zone de construction, hauteur du bâtiment...) comme on le verra plus bas.

Néanmoins, il existe bel et bien une notion de restriction de l'utilisation du sol pour cause de risques naturels dans le *DMQ*. La réglementation prévoit l'interdiction de construire dans des zones ayant une pente supérieure à 30° ou se trouvant à moins de 10 m du bord des ravins. Les secteurs qui affichent au moins une de ces caractéristiques sont considérés comme « non urbanisables » et par conséquent tout équipement et dotation de services est impossible. Cette situation peut s'expliquer par le fait que la ville de *Quito* expérimente depuis de nombreuses années de multiples problèmes sous la forme de glissements de terrain, d'éboulements, d'affaissements, etc.<sup>40</sup> pendant la période des pluies. Une mesure légale devrait entrer en vigueur pour éviter les pertes qui s'enregistrent chaque année.

---

<sup>39</sup> Selon l'interviewé le travail ne s'est pas poursuivi en raison de problèmes de financement

<sup>40</sup> Voir Peltre, 1989

Dans le cas des lahars la situation est distincte. Il s'agit d'un phénomène imperceptible puisqu'il ne s'est jamais produit en plus de cent ans, puisque l'on a perdu la mémoire collective concernant l'éruption de 1877 et puisqu'il n'existe pas de sensibilisation au regard de la gravité du phénomène. De plus, comment restreindre l'utilisation du sol dans une zone si facile à aménager ? Dans une zone qui ne présente pas les difficultés existantes à *Quito* (pentes importantes, altitude plus élevée, nombreux ravins) ? Dans une zone dont la valeur du sol est élevée ? Face à cette problématique des priorités distinctes ont été définies par les municipalités pour ce qui a trait à l'utilisation du sol.

#### 2.4.3 La planification de l'utilisation et de l'occupation du sol : des réalités et des priorités différentes

Le sol ne se gère pas de la même manière dans le *DMQ* et dans le *Rumiñahui*. Dans le *DMQ* des efforts sont faits pour construire une ville compacte et éviter ainsi la dispersion qui a caractérisé la croissance de *Quito*. Pour arriver à ces fins le sol est défini par trois critères : urbain, urbanisable et non urbanisable. Les équipements et les services peuvent s'installer uniquement où se présentent un des deux premiers critères et selon des étapes d'incorporation du sol. Grâce à une bonne coordination entre les entreprises et les directions métropolitaines cette politique a pu être mise en application. Pour sa part, le sol non urbanisable est réservé à la protection écologique et à l'extraction de ressources naturelles, et c'est pourquoi l'urbanisation est interdite.

Il serait aussi possible d'interdire la construction dans les zones à risque mais une telle interdiction n'est pas appliquée. Cependant, il existe une régulation pour éviter sa densification. Tout d'abord, la zone est destinée à une utilisation résidentielle et seuls les propriétés situés en bordure de voie peuvent être d'utilisation multiple. De plus, toute propriété doit avoir une superficie supérieure à 1 000 m<sup>2</sup> et un maximum de deux étages (voir carte 7, 8 et 9 et photo 13). La municipalité entend réguler de cette manière la densité de construction.

En revanche la Municipalité de *Rumiñahui* n'a pas défini d'étapes de croissance urbaine ni de zones intangibles, ce qui promet une croissance continue et une expansion urbaine. Non seulement il n'existe pas de limites à la croissance urbaine

mais il existe de surcroît une tendance actuelle à créer des centres d'attractivité économique et à promouvoir l'installation de commerces, d'industries, de bureaux et de nouveaux services d'importance pour toute la vallée (un hôpital). En ce qui concerne l'occupation du sol dans une zone à risque, la Municipalité de *Rumiñahui* a décidé de réduire la densité de la population résidente et d'augmenter la densité des zones principalement orientées vers le commerce. C'est pour cela qu'il a été prévu de diviser les propriétés en superficies plus petites (voir cartes 7, 8 et 9 et photo 14).



Photo 13 – Zone d'occupation résidentielle (AZVCH)

*Cliché : Tania Serrano, juillet 2007*



Photo 14 – Zone d'occupation commerciale (*Rumiñahui*)

*Cliché : Tania Serrano, juillet 2007*

Comment expliquer ces différences concernant l'utilisation et l'occupation du sol ? Une des raisons pour laquelle la vallée s'est développée fut pour s'éloigner d'une ville centrale qui devenait bruyante, polluée, congestionnée et dense, et pour obtenir une meilleure qualité de vie en profitant de la nature et d'espaces plus importants. L'idée initiale fut donc de former une périphérie urbaine à fins résidentielles. Ceci reste l'utilisation principale maintenue dans l'*AZVCH* et qui est probablement favorisée par le développement d'une centralité urbaine dans *Rumiñahui*. En effet, la Municipalité de *Rumiñahui*, chargée du développement de son canton, doit chercher des sources de financement propres afin de répondre aux demandes d'une ville en pleine croissance. C'est dans cette optique que fut encouragée l'installation d'entreprises sur son territoire afin de générer des rentrées fiscales et des emplois. Une estimation rapide autour des compteurs d'électricité fournis par la compagnie d'électricité en 2001 (couvrant toute la zone d'étude) révèle qu'environ 62 % des compteurs commerciaux et 50 % des compteurs industriels se recensent dans *Rumiñahui* (un total de 1 280 compteurs commerciaux et industriels dans *Rumiñahui* contre 875 dans l'*AZVCH*). En conséquence, *San Rafael* et *Sangolquí* assurent les nécessités de services de toute la partie basse de la vallée et symbolisent d'importants centres générateurs d'emplois<sup>41</sup> (voir carte 5).

#### 2.4.4 Le contrôle de l'utilisation du sol : une question non résolue

Dans les deux municipalités le contrôle des constructions relève d'une unité dénommée Contrôle Urbain qui, dans le cas de la Municipalité de *Rumiñahui*, dépend de la Direction de Planification, et dans le cas du *DMQ* est totalement entre les mains de l'*AZVCH*. Des deux cotés les procédures et les difficultés sont semblables.

Le contrôle s'effectue par des visites de la part d'inspecteurs à l'intérieur d'une zone particulière déterminée selon un chronogramme établi par les propriétaires au moment de solliciter un permis de construction. Des inspections sont aussi effectuées d'une manière aléatoire vu que certaines constructions sont entreprises sans avoir sollicité de permis. Dans les deux cas l'inspecteur demande les permis de construction et les plans architectoniques qui doivent être approuvés par la municipalité avant de commencer une construction. Si on constate des irrégularités (par exemple une

---

<sup>41</sup> On pourrait aussi considérer Conocoto comme une centralité commerciale puisqu'elle concentre 20 % des compteurs d'électricité de ce type, mais elle attire une population située dans la partie la plus haute de la vallée.

construction autre à celle des plans approuvés) il faut alors établir un rapport détaillant le type de problème, l'emplacement de l'immeuble, et les coordonnées du propriétaire. Cette information doit ensuite être transférée au Commissariat des Constructions, seule autorité légale des deux municipalités ayant le pouvoir d'infliger des amendes et d'imposer la démolition de l'immeuble. Généralement, après la visite du Commissaire le propriétaire est convoqué et sommé d'expliquer les raisons de l'infraction, et un délai prudentiel est accordé pour régulariser la situation. Si aucun changement ne survient après la seconde visite une amende peut être imposée.

Dans le District Métropolitain, quelques changements ont pris place afin d'améliorer le contrôle. Premièrement, cette responsabilité a été déléguée aux hôtels d'arrondissements. Selon l'architecte Egüez de l'Unité de contrôle du *DMQ*, ce transfert représente une efficacité et une rapidité accrues. Deuxièmement, une nouvelle ordonnance en vigueur depuis février 2005 établit des amendes plus élevées dans le cas de constructions illégales (multipliées par 4,5)<sup>42</sup>. De plus, au moment de solliciter un permis de construire il est exigé un fonds de garantie qui ne sera pas rendu si la construction ne respecte pas les normes en vigueur.<sup>43</sup> D'après l'interviewé ces mesures monétaires ont d'une certaine manière dissuadé l'illégalité.

En dépit de ces améliorations, l'efficacité du contrôle reste discutable. On estime que, tant dans le *Rumiñahui* que dans le *DMQ*, 60 % des constructions ne respectent pas les normes en vigueur<sup>44</sup>. Les irrégularités sont diverses : construction d'un immeuble d'usage distinct à celui prévu par la zone, excès dans le nombre d'étages, excès dans l'aire de construction, subdivision des parcelles, irrespect du domaine public, etc.

Ces problèmes persistent pour plusieurs raisons. D'après les personnes interviewées le personnel et les ressources disponibles sont insuffisants pour contrôler la ville puisqu'il ne s'agit pas seulement de contrôler les constructions sinon les ventes ambulantes, la publicité, l'espace public, et la propriété municipale, entre autres. Pour ce travail l'*AZVCH* dispose de trois inspecteurs et deux véhicules, alors que dans le *Rumiñahui* il n'existe qu'une seule personne ne pouvant faire qu'un usage temporaire d'un véhicule. Une autre difficulté réside dans la rapidité de la construction; en un week-end un étage peut être édifié, et une fois terminée la construction une sanction

---

<sup>42</sup> L'amende passa donc de 65 \$/m<sup>2</sup> à 285 \$/m<sup>2</sup>

<sup>43</sup> Le montant fixé est de 190 \$/ m<sup>2</sup>

<sup>44</sup> Selon l'architecte Egüez et le Dr. La Hiedra, Commissaire des Constructions de Rumiñahui

ne peut plus être appliquée. Même si la destruction est un recours il n'a jamais été utilisé car il s'agit d'une démarche légale relativement longue et onéreuse, et, selon le Dr. La Hiedra, pour ne pas porter préjudice aux propriétaires...

Le contrôle urbain reste donc le talon d'Achille des administrations municipales, et aussi longtemps que les ressources nécessaires ne seront pas assignées, que les réglementations ne seront pas appliquées et que les politiques de logement n'existeront pas, les zones propices aux risques continueront d'être utilisées.

## **2.5 Les ouvrages de protection : points de vue distincts à l'origine de tensions entre institutions académiques, scientifiques et autorités**

### 2.5.1 Les propositions de construction d'ouvrages de protection

Un second thème abordé dans le cadre de la prévention est constitué par les propositions d'ouvrages de protection qui ont fait l'objet de nombreuses tensions entre les institutions scientifiques et académiques et les autorités de la vallée de *Los Chillos*. Le débat a surtout tourné autour d'une proposition provenant de l'ESPE et qui prévoit l'édification d'un mur d'environ 12 m dans un lieu appelé "*La Caldera*" pour éviter que les lahars descendant le long de la rivière *Pita* ne débordent sur la rivière *Santa Clara*, et pour éviter ainsi des dommages dans une des zones les plus peuplées de *Rumiñahui* (voir photos 14a et 15b). En 2003 ce mur représentait un budget de \$ 490 000 mais dans l'actualité ce chiffre serait plus élevé puisque l'exploitation d'une carrière a diminué la hauteur du site.

Cette proposition a entraîné de nombreuses réactions. Pour sa part l'IG-EPN rejette totalement cette proposition en considérant que le volume du lahar ne peut être évalué avec précision et que la construction d'un mur serait donc complètement inadéquate. D'autre part, il est possible que la perception du risque diminue une fois menés à terme les travaux d'ingénierie civile. En effet, ces derniers pourraient générer une sensation de sécurité et par conséquent entraîner une densification des zones à risque et par là même une augmentation du danger au cas où le mur ne résisterait pas au passage du lahar.

Le soutien des autorités de *Rumiñahui* à la proposition de l'ESPE a engendré de tensions avec les autorités de l'AZVCH. Ces dernières considèrent comme peu éthique une proposition qui allégerait la situation dans *Rumiñahui* tout en augmentant le risque sur les rives du *Pita*, c'est-à-dire en grande partie à l'intérieur du *DMQ*. Cette situation a congelé les relations entre deux municipalités qui n'ont pu jusqu'à présent se mettre d'accord pour travailler en partenariat dans la vallée de *Los Chillos*.



Photo 14a – Site où il a été proposé la construction d'un mur pour éviter le débordement du lahar. La Caldera. Rivière *Pita*. Cliché : IG-EPN



Photo 14b – Site où il a été proposé la construction d'un mur pour éviter le débordement du lahar. La Caldera. Rivière *Pita*  
Cliché : Tania Serrano, avril 2007

## 2.6 La préparation : des perspectives différentes sans concertation

### 2.6.1 Information et sensibilisation de la population : des approches, des méthodes et des sources de financement différentes

La Casa *Cotopaxi* dans l'AZVCH et la Direction de Sécurité Civile de *Rumiñahui* sont chargées de la thématique de la préparation par l'intermédiaire de la formation de la population. Les deux municipalités ont débuté leurs campagnes d'information en raison de la reprise d'activité du *Cotopaxi* en 2001-2002. A partir de ce moment la formation s'est intensifiée et elle fait maintenant partie des activités quotidiennes développées par les deux administrations. Cependant, aucun contact ne s'est établi entre les acteurs en charge de la thématique, et aucun échange ne s'est effectué en vue de partager les méthodologies utilisées ou les expériences vécues. Si on considère que dans les deux secteurs des perspectives distinctes sont appliquées un tel échange pourrait résulter extrêmement intéressant.

D'un côté, l'Unité de Sécurité de l'AZVCH est administrée par une personne ayant une formation sociale et qui s'occupe de la *Casa Cotopaxi* en addition à des thèmes de violence et de délinquance. La *Casa Cotopaxi* est un projet de l'Unité de Sécurité créé en 2004 avec comme objectif fondamental de préparer la population à une éventuelle éruption du *Cotopaxi*. Dans une telle optique, pour qu'une politique de réduction des risques soit efficace et durable il faut obligatoirement que la population se sensibilise et participe activement aux décisions concernant sa sécurité, celle de sa famille et celle de toute sa communauté. C'est ainsi que fut mis en route un projet qui a obtenu un grand succès et qui est considéré comme un des plus réussis en Equateur en ce qui concerne la prévention de risques<sup>45</sup>.

En résumé, la première approche s'effectua dans les foyers, les familles devant être contactées une par une afin de dispenser des discours informatifs. Puis, avec la finalité d'améliorer la perception du risque, des visites au Parc National *Cotopaxi* furent organisées (et sont toujours organisées) sous la conduite de techniciens de l'IG-EPN qui rencontraient là une opportunité de montrer sur le terrain les traces du passage de lahars d'éruptions antérieures. En simultanément un travail d'identification de possibles

---

<sup>45</sup> Le projet national DIPECHO-PNUD sur le risque dans les villes andines, mené à terme en 2006, a choisi la *Casa Cotopaxi* pour réaliser une systématisation de son travail et pour la diffuser comme un exemple réussi de formation de la population. La systématisation commencera fin 2007.

refuges fut entrepris, en utilisant une méthodologie de l'Organisation Panaméricaine de la Santé (OPS) pour les évaluer. C'est ainsi que furent choisis les établissements respectant les normes internationales et donc les plus aptes à héberger la population en cas d'évacuation. Une fois négociée la possible utilisation des refuges, et après un travail de coordination entre les institutions d'urgences (Pompiers, Police, Croix-Rouge, Défense Civile) et avec l'IG-EPN, des simulacres s'organisèrent dans toute zone identifiée comme zone à risque. Tout ce travail s'est accompagné d'un processus de systématisation de l'information, de surveillance et d'évaluation. Postérieurement, des leaders communautaires et des résidents intéressés à participer de manière plus active furent recensés. De cette façon une commission des risques naturels fut formée et les membres de cette commission participent systématiquement à chaque événement organisé sur la thématique du *Cotopaxi* en ayant eux-mêmes la responsabilité d'organiser des ateliers de sensibilisation pour leurs voisins. En addition, un projet pilote de formation sur les risques naturelles de maîtres provenant de huit écoles fut mené à terme de manière à ce que ces derniers puissent préparer leurs élèves à l'utilisation d'un matériel ludique mis à disposition par les Nations Unies.

La *Casa Cotopaxi* a réussi à sensibiliser de cette manière la communauté mais a aussi permis le rapprochement entre les institutions et la communauté. C'est le cas de l'IG-EPN, de Corposeguridad, de plusieurs ONG internationales, et même de l'IRD. Toute proposition et toute décision est discutée avec les représentants de la communauté et ce sont ces derniers qui donnent leur point de vue et prennent les décisions correspondantes. De plein fait, la *Casa Cotopaxi* s'est enrichie des idées générées par la population même.

Au contraire, la participation de la communauté dans *Rumiñahui* est passive. La Direction de Sécurité Citadine a réalisé de nombreuses formations dans les quartiers et dans les nombreuses écoles situées dans les zones à risque avec la collaboration de la Croix-Rouge *Rumiñahui* et de l'ESPE. De possibles refuges furent aussi choisies avec le seul critère d'être localisés hors zone de lahar. Un travail important de formation fut entrepris en 2004 par l'intermédiaire d'un projet financé par la Coopération Suisse pour le Développement (COUDE). Cependant le financement ne fut pas renouvelé en considération du fait que *Rumiñahui* possédait des ressources suffisantes pour préparer sa population et la nouvelle étape du projet se concentre maintenant uniquement sur les communautés paysannes habitant au sud du *Cotopaxi*.

D'autre part, il n'y a aucune évaluation concernant les activités réalisées et donc leur efficacité est totalement méconnue. Il serait vraiment intéressant d'en savoir plus sur ces activités car la méthodologie appliquée n'est probablement pas optimale. Nous avons assisté à une formation regroupant 1 800 étudiants d'un des établissements éducatifs les plus importants de la vallée et située dans la zone à risque, le lycée Juan Salinas. Dû à ce nombre élevé d'étudiants et au peu de personnel de la Direction de Sécurité (deux personnes), la formation s'est opérée en trois groupes de 600. Les phénomènes volcaniques et particulièrement ceux du *Cotopaxi* furent détaillés mais, au contraire, les mesures à prendre restèrent confuses. Mention fut faite de chercher l'endroit le plus sûr de la maison (de chaque élève) pour se réfugier en cas de problèmes alors que l'information devait se concentrer sur la localisation précise des maisons puisque s'ils se trouvent dans une zone à risque il est impératif de se diriger vers un lieu autrement plus sûr. De même, il fut longuement discuté des mesures à considérer une fois à l'intérieur des refuges mais aucune indication ne fut donnée concernant l'évacuation même du lycée.

Si la municipalité dispose de peu de personnel, pourquoi ne pas former en premier les professeurs pour que ceux-ci puissent à leur tour former leurs propres étudiants ? Lamentablement aucun détail additionnel ne put être obtenu en regard au travail réalisé car le Directeur de Sécurité n'était pas disposé à nous communiquer les informations qu'il possédait à ce sujet. On a pu cependant se rendre compte que si la Direction de Sécurité a travaillé à la sensibilisation de la population aucune capacité locale n'a été créée et aucune participation de la communauté n'a été obtenue. La population est réceptive à l'information diffusée par la municipalité mais elle ne participe nullement aux décisions ou aux plans relatifs à sa sécurité.

D'autre part, on a pu noter un point faible dans l'*AZVCH* en ce qui concerne ses ressources économiques qui sont actuellement circonstancielles. La *Casa Cotopaxi* fonctionne grâce à la Corporation de Sécurité qui finance la location des bureaux et le salaire des quatre employés. Il n'existe aucune sécurité quand à la continuité de cet appui car la réglementation ne fait aucune mention d'un apport fixe de cette entité vers la *Casa Cotopaxi*. Cet apport existe uniquement parce que le directeur actuel de *Corposeguridad* reconnaît et croit au travail effectué par la *Casa Cotopaxi*. Le sujet du financement est délicat ; les fonds pour les salaires émanant de *Corposeguridad* sont assurés seulement jusqu'à fin 2007, et les contrats du personnel se sont renouvelés

tous les trois mois au cours de l'année 2007. Les ressources apportées par les hôtels d'arrondissements sont minimes et serviraient « uniquement pour quatre ateliers » selon la directrice.

Même s'il ne fut pas possible de connaître les détails du financement des activités de préparation de la population dans la Municipalité de *Rumiñahui*, on sait que ce financement n'est pas élevé. Une preuve en est la formation qui fut entreprise pour les étudiants du lycée Juan Salinas car des discussions et des ateliers avec moins d'élèves furent impossibles par manque de personnel, selon le directeur.

Les différences apparentes dans les deux municipalités à propos de la sensibilisation de la population ont principalement à voir avec la politique municipale même. Comme on l'a énoncé plus haut une des priorités de l'administration du *DMQ* est la participation citadine, et c'est pour cette raison que les hôtels d'arrondissement se sont adaptés pour remplir le rôle de promoteurs et organisateurs de la participation. Dans la Municipalité de *Rumiñahui*, en revanche, la participation n'est jamais à l'ordre du jour.

## **2.7 Organisation de la réponse : les enseignements de la simulation d'une éruption du *Cotopaxi***

Une simulation d'éruption du volcan *Cotopaxi* fut réalisée en mai 2007 par l'Armée. C'était la première fois que l'institution militaire développait un tel exercice et les objectifs étaient de former son personnel sur ce type de phénomènes, d'évaluer ce que les autorités civiles pouvaient attendre de l'Armée, et en fonction de cette attente, d'organiser une réponse<sup>46</sup>. Quatre municipalités prirent part à l'événement qui dura deux jours: *DMQ*, *Rumiñahui*, *Mejía* (situé immédiatement au nord du volcan) et *Latacunga* (situé au sud). Le lieu désigné fut l'Académie de Guerre des Forces Armées, dans un secteur appartenant à *Rumiñahui*.

La simulation fut révélatrice des difficultés et des faiblesses institutionnelles existantes pour affronter ce phénomène bien que l'exercice de simulation ait été fort simple. Parmi les sujets de discorde apparurent la gestion des alertes, la méconnaissance des

---

<sup>46</sup> En Equateur l'Armée se mobilise au moment où se déclenche un événement perturbateur. C'est une institution qui jouit de la confiance de la population et qui compte avec des ressources humaines et matérielles lui permettant d'affronter quelque situation que ce soit.

autorités chargées de chaque zone et le rôle de chaque institution, l'inexistence d'une hiérarchie de commandement, la méconnaissance d'une information qui pourrait résulter utile et la totale séparation avec *Rumiñahui*.

En premier lieu l'absence quasi totale d'autorités<sup>47</sup> est préoccupante car ce sont elles les responsables de la gestion d'une urgence. L'événement appuyé par le maire de *Quito* et *Corposeguridad* regroupa la présence d'approximativement 200 techniciens de diverses institutions provenant des quatre cantons, un nombre bien supérieur de militaires et très peu d'autorités (voir photo 15, 16 et 17).



Photo 15 – Travail du COE *DMQ* lors de la simulation d'éruption du volcan *Cotopaxi* (entreprises métropolitaines)

*Cliché : T. Serrano mai 2007*

---

<sup>47</sup> Le maire de *Quito* fut seulement présent pendant la cérémonie d'inauguration.



Photo 16 – Travail du COE *DMQ* lors de la simulation d'éruption du volcan *Cotopaxi*  
(organisation des refuges)

*Cliché : T. Serrano mai 2007*



Photo 17 – Travail du COE *Rumiñahui* lors de la simulation d'éruption du volcan *Cotopaxi*

*Cliché : T. Serrano mai 2007*

Un des thèmes qui retint l'attention fut la gestion des alertes. Malgré l'expérience vécue avec le *Guagua Pichincha* rien n'a été fait depuis pour redéfinir et adapter ces alertes à la situation du *Cotopaxi* et pour mieux adapter les procédures à mettre en

route. Un thème-clef toujours est lié à l'évacuation de la population. Quel sera le moment approprié pour évacuer ? Durant l'alerte orange ou l'alerte rouge ? Si on attend le début de l'éruption on ne disposera que de 25 minutes, et si au contraire on décide d'évacuer la zone de danger par précaution combien de temps la population devra-t-elle se maintenir dans les refuges ? Pour combien de temps devra-t-on suspendre les activités économiques et éducatives ? Ces interrogations n'ayant pas été formulées il n'existe évidemment aucune réponse conséquente.

D'autre part de nombreuses personnes pensent que l'IG-EPN est l'institution qui devrait déclencher le changement d'alerte alors que cette décision correspond aux autorités. Les fonctionnaires d'Etat qui participèrent au simulacre allèrent même jusqu'à affirmer que l'IG-ERN est l'institution qui indiquera quelles populations devraient être évacuées. De plus, les scientifiques utilisent un type d'alerte pour le *Cotopaxi* qui est totalement méconnu des autorités et de la population. En effet, pendant la simulation, un facteur d'inquiétude accompagna la suggestion de l'IG-EPN de déclencher une alerte « jaune conditionnée ». Jusqu'à ce jour les alertes utilisées étaient associées à quatre couleurs : blanche, jaune, orange et rouge, selon une échelle croissante de danger. Le changement d'alerte provoqua donc une inquiétude générale parmi les assistants car personne n'en connaissait la signification et ne savait donc quelles procédures entamer.

La deuxième préoccupation est relative à l'inadaptation des institutions responsables. En cas d'évacuation, par exemple, l'autorité responsable de la coordination est, selon le Comité d'Opérations d'Urgence (COE), l'autorité maximale de la Coordination Territoriale, c'est-à-dire le Coordinateur des hôtels d'arrondissement. Au moment de la simulation la responsabilité fut octroyée à la DIPLASEDE<sup>48</sup> du Ministère Social cependant que la *Casa Cotopaxi* était en possession de toutes les données nécessaires à une évacuation. Cet exemple montre que la structure du COE est adaptée à une urgence à l'échelle du District Métropolitain et non pas à une situation particulière dans laquelle une zone du *DMQ* serait particulièrement en danger.

Troisièmement, on a pu clairement se rendre compte de l'inexistence d'une hiérarchie de commandement dans le cas particulier du *Cotopaxi* ainsi que de la méconnaissance totale de quelques procédures de base à effectuer. Sans ces instruments la gestion

---

<sup>48</sup> Direction de Planification de la Sécurité pour le Développement

d'une crise dépendra de la personne chargée de coordonner le COE, comme lors de la simulation. Sans connaissance particulière de la zone, des caractéristiques de l'aléa et des actions-clefs à entreprendre, la gestion de l'urgence peut s'avérer très peu efficace<sup>49</sup>.

La simulation a aussi révélé que l'on sait peu de choses sur les données réelles qui sont indispensables pour la gestion d'une urgence. Par exemple, certaines personnes des institutions de réponse (Pompiers, Police, Croix-Rouge, etc.) ne connaissaient ni l'emplacement des refuges ni leur capacité, une information que la *Casa Cotopaxi* a pourtant totalement systématisé. On ne connaissait pas non plus les ressources offertes par les militaires, ressources qui ne sont en rien négligeables, mais la simulation eut au moins le mérite de révéler qu'il existe dans le *DMQ* un contingent de 5 000 hommes. On sait aussi que *Rumiñahui* recense moins de militaires tout en devant évacuer 9 000 résidents contre 4 000 à l'*AZVCH*. Ne serait-il donc pas plus logique d'unir les ressources des deux municipalités ? Néanmoins, durant la simulation les deux municipalités se gardèrent bien de travailler ensemble et il n'y eut donc aucune opportunité de mettre au point des possibilités de collaboration.

D'une manière générale, il y a des thèmes liés à la gestion du risque qui ne furent pas abordés et des difficultés possibles auxquelles aucune solution ne fut apportée. Par exemple, l'utilisation d'établissements éducatifs comme refuges. Si on considère qu'une crise volcanique peut durer des mois comment gérer l'éducation des élèves qui étudient dans les établissements qui seront transformés en refuges ? Qui centralisera la gestion de l'aide et des dons nationaux et internationaux ? Qui administrera les refuges ? Et après la crise, comment s'organisera la reconstruction ? Quelles alternatives existent pour une population qui aura probablement perdu ses biens ?

En dépit des faiblesses mentionnées et des questions sans réponse, la simulation a quand même montré qu'en comparaison avec les cantons voisins, le *DMQ* a un institutionnalisme plus stable et plus d'expérience pour gérer une crise. Une éventuelle chute de cendres serait probablement bien gérée mais il reste encore beaucoup de chemin à parcourir avant de pouvoir gérer convenablement un lahar. Au contraire, on a pu se rendre compte que les Municipalités de *Rumiñahui* et surtout de *Mejía* n'ont pas

---

<sup>49</sup> Au cours de la simulation, la personne en charge du COE demanda à l'IG-EPN de lui envoyer son plan de contingence ce à quoi l'institut répondit que le document en question avait déjà été envoyé à deux reprises et qu'il fallait donc le rechercher parmi les archives...

la capacité d'assumer la responsabilité d'une telle crise. C'est alors qu'apparaît une nouvelle difficulté institutionnelle. La Municipalité du District Métropolitain de Quito est convaincue qu'en cas d'urgence un COE métropolitain serait activé. Dans un premier temps un COE serait aussi activé dans *Rumiñahui* mais la situation requerra sûrement la gestion d'un COE provincial du fait des faiblesses institutionnelles et du manque de ressources de *Rumiñahu*<sup>50</sup>. Dans ce cas, un COE Provincial aurait-il juridiction dans le DMQ ?

## **2.8 Implications territoriales des différences institutionnelles de la gestion de risque**

La transcription territoriale de la juxtaposition de deux municipalités fonctionnant avec des logiques différentes laisse pressentir un certain nombre de risques en cas de survenue de lahars.

### 2.8.1 L'utilisation du sol en *Rumiñahui*, l'implication sur l'aléa et les conséquences sur le territoire aval

Comme nous l'avons mentionné antérieurement, la planification de l'utilisation et de l'occupation du sol dans les deux municipalités répond à des priorités différentes. Dans le cas du DMQ l'utilisation résidentielle de faible densité dans la zone à risque fut privilégiée. Dans *Rumiñahui*, en revanche, on a plutôt visé la densification de la zone exposée aux lahars par l'intermédiaire d'une concentration d'activités commerciales et de bureaux. Quelles sont les implications de cette différence d'utilisation du sol en termes de risques ?

L'information collectée dans le cadre de l'étude sur la vulnérabilité de la population montre que durant la journée on recense une population trois fois supérieure à celle présente la nuit (population résidente) dans la zone exposée aux lahars<sup>51</sup>. Par conséquent, si le risque qui menace la population de la vallée augmente, le risque qui menace l'économie du canton augmente aussi car la destruction de l'infrastructure

---

<sup>50</sup> Durant la simulation, le Directeur de Sécurité de Rumiñahui n'a pas réussi à coordonner les actions des organismes de réponse d'urgences.

<sup>51</sup> 14 000 résidents et 44 000 personnes durant la journée. Travail réalisé par Jérémy Robert

entraînera automatiquement du chômage. D'un autre côté, la construction de grandes infrastructures comme le centre commercial San Luis, le plus grand de toute la région, situé à la confluence des rivières *Pita* et *Santa Clara*, peut avoir une influence directe sur l'aléa. Selon les techniciens de l'IG-EPN, une infrastructure de telle magnitude dévierait probablement le lahar, ce qui signifie que le canton *Rumiñahui* se convertirait en générateur de risque pour le DMQ puisque il est possible que le flux affecte d'autres zones qui n'auraient pas été prises en considération, réduisant ainsi à néant tous les efforts fournis dans le DMQ (voir photos 18a et 18b).

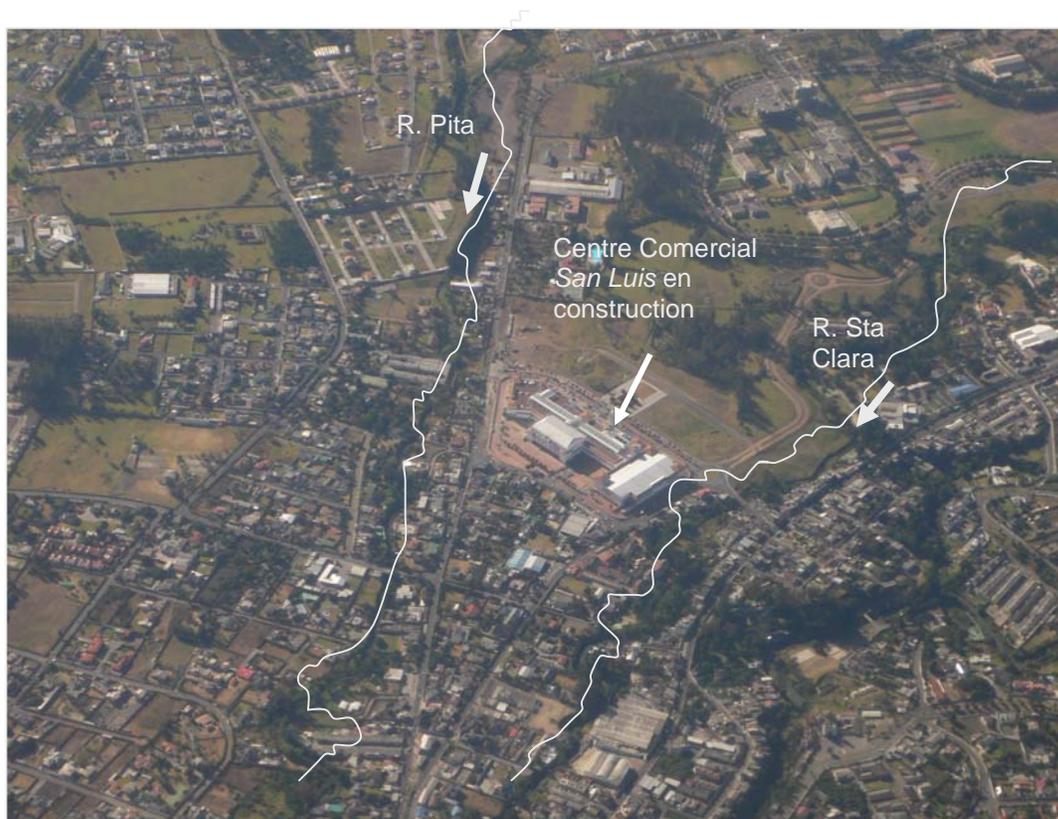


Photo 18a – Centre commercial *San Luis* construit à la confluence des rivières *Pita* et *Santa Clara* (*Rumiñahui*)

Cliché : IG-EPN, 2004



Photo 18b – Centre commercial *San Luis* construit à la confluence des rivières *Pita* et *Santa Clara* (*Rumiñahui*)

Cliché : T. Serrano, avril 2004

### 2.8.2 Configuration des réseaux d'eau potable et risques associés

La gestion de l'approvisionnement en eau potable dans la Vallée de *Los Chillos* est une responsabilité exclusive à chaque municipalité. En effet, l'EMAAP (Entreprise d'eau potable et d'assainissement de *Quito*) couvre la zone de la vallée de *Los Chillos* qui appartient au *DMQ*. Pour sa part, la Direction d'Eau Potable de la Municipalité de *Rumiñahui* répond uniquement à la population située sur son juridiction. Cette différence institutionnelle se reflète sur le territoire de par la disposition des systèmes d'approvisionnement en eau et de par le manque de raccord entre les deux réseaux.

La vulnérabilité du système d'eau potable est liée à l'exposition de l'infrastructure face aux lahars. Dans le cas de *Rumiñahui*, par exemple, 54 % du volume total d'eau provient de la source appelée *Molinuco* et qui se trouve à proximité du lit de la rivière *Pita*. Même dans le cas où la source ne serait pas affectée par les lahars, la conduite ne pourrait y résister. *Rumiñahui* aurait alors des difficultés pour approvisionner sa population en eau potable et au moins une bonne partie du territoire n'aurait donc pas accès à cette ressource. Et comme les réseaux ne sont pas raccordés la Municipalité de *Quito* ne pourrait aucunement pomper l'eau dans ces lieux privés de service.

Aucun plan de contingence n'existe à ce jour au sein de la Direction d'Eau Potable de Rumiñahui. Selon un responsable les actions ne commenceront qu'une fois passé le phénomène puisqu'il est nécessaire « d'évaluer les dommages pour pouvoir entamer la réhabilitation du système ». Par conséquent, aucune mesure anticipée n'est prévue, comme par exemple de conserver en réserve une conduite de recharge. Selon le Dr. Ayabaca de l'EMAAP, les conduites ne se rencontrent pas facilement sur le marché, raison pour laquelle il est recommandé de solliciter à l'avance leur élaboration selon les spécifications désirées et de les garder en réserve de sorte que la réhabilitation du service soit rapide. Cela n'est pas dans les plans à l'intérieur *Rumiñahui* et la seule alternative serait distribuer l'eau à partir de camions-citernes.

Pour le *DMQ*, l'éventuelle éruption du *Cotopaxi* implique de sérieux problèmes en vue de l'approvisionnement de la ville. Les trois systèmes les plus importants d'eau potable s'écoulent à l'aide d'une conduite enterrée sous le lit des rivières le long desquelles se déplaceraient les lahars. En cas de rupture des conduites la ville se retrouverait sans eau. Cependant, l'EMAAP commence à se préparer. Le premier pas fut le contrat signé avec l'IG-EPN afin de mettre au point une cartographie plus détaillée indiquant les divers scénarii possibles de formation des lahars. Cette information permettra de déterminer l'alternative la plus adaptée pour réduire au maximum la probabilité d'une suspension du service.

A l'échelle de l'*AZVCH*, la rupture de la conduite provoquerait l'interruption de l'approvisionnement pour une partie de *Conocoto* mais pas pour le reste des paroisses car le système d'approvisionnement est constitué de 16 sources et de plusieurs petits systèmes. Tout le système d'approvisionnement d'eau de la vallée sera d'ailleurs remplacé à partir de 2008 par le nouveau projet *Tesalia* basé sur un seul captage et un unique réseau principal d'approvisionnement. Les petits systèmes d'eau cesseront d'être utilisés et toute la vallée sera dépendante d'une seule source.

### 2.8.3 Configuration du réseau de distribution d'électricité : un enjeu plus résilient car géré par un seul opérateur

A l'opposé de ce qui se passe avec la gestion du sol ou de l'eau, l'EEQ (Entreprise d'Electricité de Quito) est l'unique entreprise à opérer tant dans le *DMQ* que dans

*Rumiñahui*. La formation de son réseau ne souffre par conséquent aucune distinction de limites politico-administratives et même si deux pièces fondamentales du service se trouvent dans la zone à risque (Sous-station 19 et Centrale Hydroélectrique et thermique *Guangopolo*), les alternatives pour compenser la rupture de ces systèmes sont multiples. Cette situation assure un service moins vulnérable face à un aléa de lahars. En considérant ce danger d'une manière particulière la construction d'une nouvelle sous-station électrique dans une zone hors de danger a donc été prévue (à l'ouest de *Conocoto*) pour remplacer la sous-station 19 au cas échéant.

## **Conclusion**

L'objectif de ce travail a été de se concentrer sur les aspects institutionnels de la gestion du risque, de reconnaître les difficultés et les points forts des institutions qui peuvent générer une certaine vulnérabilité ou au contraire la diminuer, de déterminer les formes sous lesquelles peut se concrétiser cette vulnérabilité et d'évaluer les risques encourus par la population.

A la demande de deux institutions associées, le travail s'est déroulé à l'échelle de la vallée de *Los Chillos* alors qu'il était initialement prévu uniquement sur le territoire de la vallée correspondant au DMQ. Cette demande impliqua un rapprochement avec la Municipalité de *Rumiñahui*, diverses réunions avec différents acteurs afin de démontrer l'intérêt des trois études comprises dans le projet « Vulnérabilité institutionnelle et vulnérabilité de la population dans la vallée de *Los Chillos* », ainsi que la signature d'un accord de coopération. Bien que ces actions aient pris un peu de temps nous pensons qu'elles furent extrêmement utiles. Après presque 20 ans, des études de vulnérabilité dans cette vallée se sont de nouveau développées, nouvelles études que nous considérons comme hautement nécessaires de par le contexte de forte croissance urbaine récemment expérimentée.

Le travail ci-présent retrace l'évolution de la conception du rôle de la municipalité de la capitale de l'*Equateur*, des innovations institutionnelles imposées par cette évolution, du transfert de certaines compétences depuis l'Etat jusqu'au niveau local, et des limites et avantages inhérents à la déconcentration des responsabilités vers les hôtels

d'arrondissements. Il décrit aussi le phénomène de rupture causé par la présence de deux administrations municipales sur un territoire de caractéristiques physiques, environnementales et populationnelles homogènes. La limite politico-administrative met en lumière des différences notoires au regard de l'utilisation et de l'occupation du sol : l'utilisation résidentielle prédomine dans l'*AZVCH* alors que la commerciale fait loi dans *Rumiñahui*. La future planification du sol en zone à risque est aussi distincte: dans l'*AZVCH* on approuve uniquement une faible densité de construction à caractère résidentielle alors que, en amont, *Rumiñahui* encourage l'implantation de centres d'attractivité économique tels un centre commercial ou des éléments stratégiques de fonctionnement urbain (qui seraient aussi utiles en cas de crise) comme le futur hôpital. La conception de développement urbain dans *Rumiñahui* augmente le risque non seulement sur son propre territoire mais aussi en aval où une politique plus restrictive de l'utilisation du sol est en vigueur. L'existence de deux municipalités se traduit également par la séparation de services de base (comme le cas de l'eau potable), élément essentiel autant en période de tranquillité comme de crise.

Les différences institutionnelles se font aussi ressentir au niveau de la formation de la population. Alors que dans le *DMQ* il y a une recherche de la participation citoyenne, dans *Rumiñahui* la population est réceptive et passive. Les rencontres entre les deux institutions sont pratiquement nulles, tout comme les opportunités d'en savoir plus sur les méthodologies appliquées. Dans le domaine scientifique la discordance entre l'IG-EPN et l'ESPE a provoqué l'élaboration de deux cartes définissant les dangers des lahars et des propositions de construction de travaux de protection qui ont donné naissance à des tensions non seulement entre institutions scientifiques sinon entre autorités.

D'autre part, la simulation de l'éruption du *Cotopaxi* a mis en évidence l'incapacité institutionnelle de faire face à ce problème. Malgré l'expérience affrontée lors de l'éruption du Guagua Pichincha il n'existe pas de définition des alertes ni des mesures à adopter au cours de chacune de ces alertes. De surcroît, il n'existe ni hiérarchie de commandement ni manuel de procédures de base qui pourraient être très utiles en cas de crise. La conformation d'un COE métropolitain est mentionnée dans le cas d'un aléa perturbant tout le district et non pas dans l'éventualité de dommages majeurs dans une zone en particulier.

Même s'il est nécessaire de développer les villes de telle manière à les rendre compétitives il ne faut surtout pas oublier qu'un phénomène dangereux peut anéantir tout ce processus. Une façon d'atteindre un développement urbain durable requiert la considération des risques naturels. Les infrastructures les plus importantes en ce qui concerne fonctionnement d'une ville, d'une région ou d'un pays, ainsi que les majeures concentrations de population ne devraient pas se trouver dans des zones dangereuses. Le développement urbain devrait donc être envisagé à l'échelle de l'agglomération de la vallée de *Los Chillos*.

Une des solutions pour se rapprocher de cette idée se situe dans la création, uniformisation et validation d'une base de données géographiques pour toute la vallée de *Los Chillos*. Pour la première fois des cartes d'utilisation et d'occupation du sol pour toute la vallée ont été mises au point et les Directions de Planification des deux municipalités sont extrêmement intéressées par l'exploitation de cette information afin d'obtenir une vision globale de la vallée. Pour la Municipalité de *Rumiñahui* en particulier, le transfert de documents Autocad en documents SIG fut un apport important. Dans le cadre de ce travail on étudie par ailleurs la possibilité d'inclure deux fonctionnaires de la Direction de Planification de *Rumiñahui* dans la prochaine formation sur *SavGIS* qui est périodiquement proposé par la Municipalité de Quito. Il sera subséquentment possible pour la Municipalité de *Rumiñahui* d'accéder à un outil informatique facilitant sa gestion et permettant un rapprochement concret entre les deux entités. Les documents cartographique qui furent créés dans le cadre de ce travail serviront de base future pour continuer à alimenter une base de données SIG pour *Rumuñahui*.

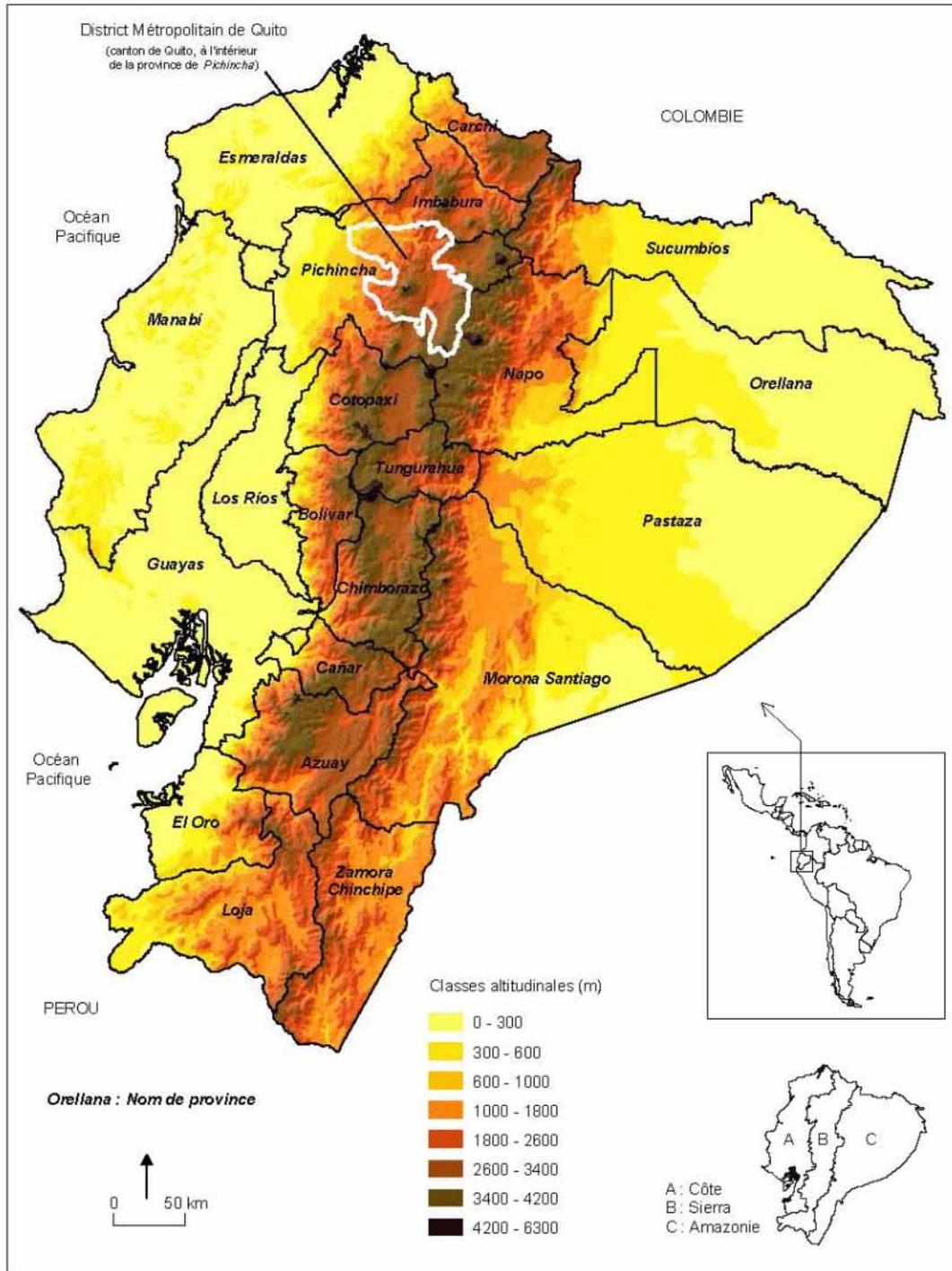
Nonobstant les difficultés rencontrées au cours de ce travail (notamment ampliation du terrain d'étude, refus de coopération de la part du Directeur de Sécurité Citadine de *Rumiñahui*), ce stage a permis de poser la première pierre d'une entente entre deux administrations qui ont en commun un seul accord de partenariat, ainsi que d'insister sur la nécessité d'une coopération entre les municipalités dans le but de garantir la sécurité de la population et la viabilité des politiques territoriales.

Un axe supplémentaire à développer dans le futur est la définition d'une unique échelle d'alertes pour la zone de *Los Chilos* mais aussi pour celle de la vallée de *Tumbaco* et de l'adapter au projet d'alerte précoce qu'entreprendra l'IG-EPN avec le Ministère de

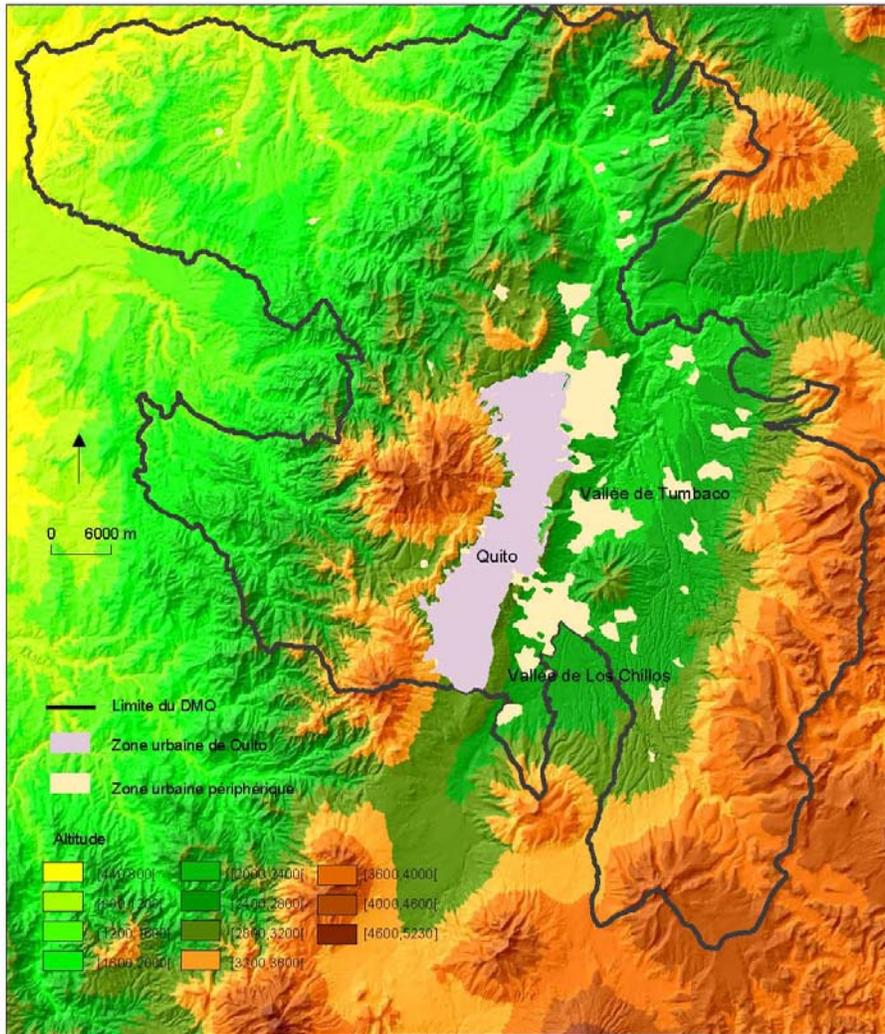
Coordination de la Gestion des Risques et grâce au financement de la BID. Dans la même optique une seule méthodologie de préparation de la population pourrait prendre forme en prenant en compte les points positifs des expériences de chaque administration. Cela équivaldrait à renforcer la crédibilité des institutions au regard de la population.

Les trois travaux réalisés dans le cadre du projet « Vulnérabilité institutionnel et de la population dans la vallée de *Los Chillos (DMQ-Rumiñahui)-Equateur* » seront exposés en octobre à *Quito* devant un public nombreux incluant plusieurs Directions appartenant aux deux hôtels d'arrondissement, des ONG, des autorités provinciales et des représentants des communautés et également lors du Congrès de la FLACSO (Faculté Latinoaméricaine de Sciences Sociales).

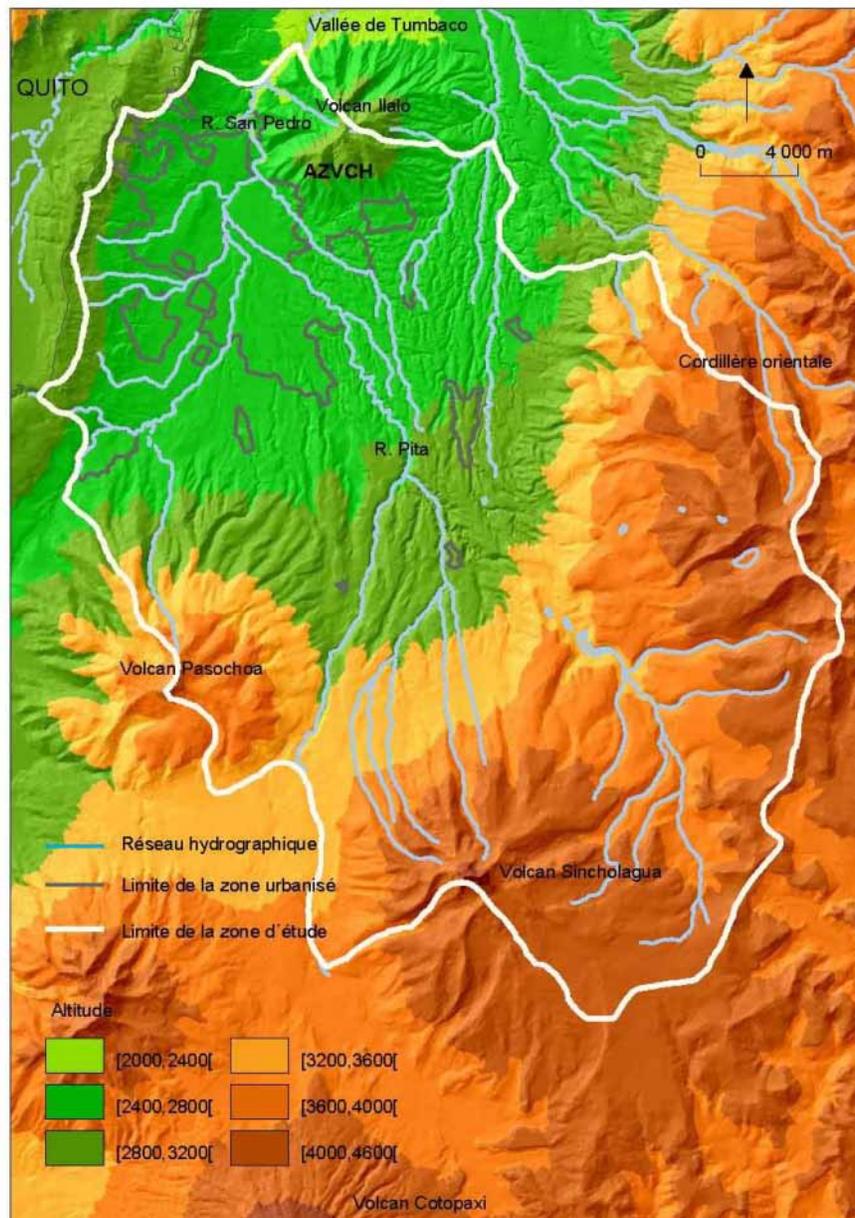
# Cartographie



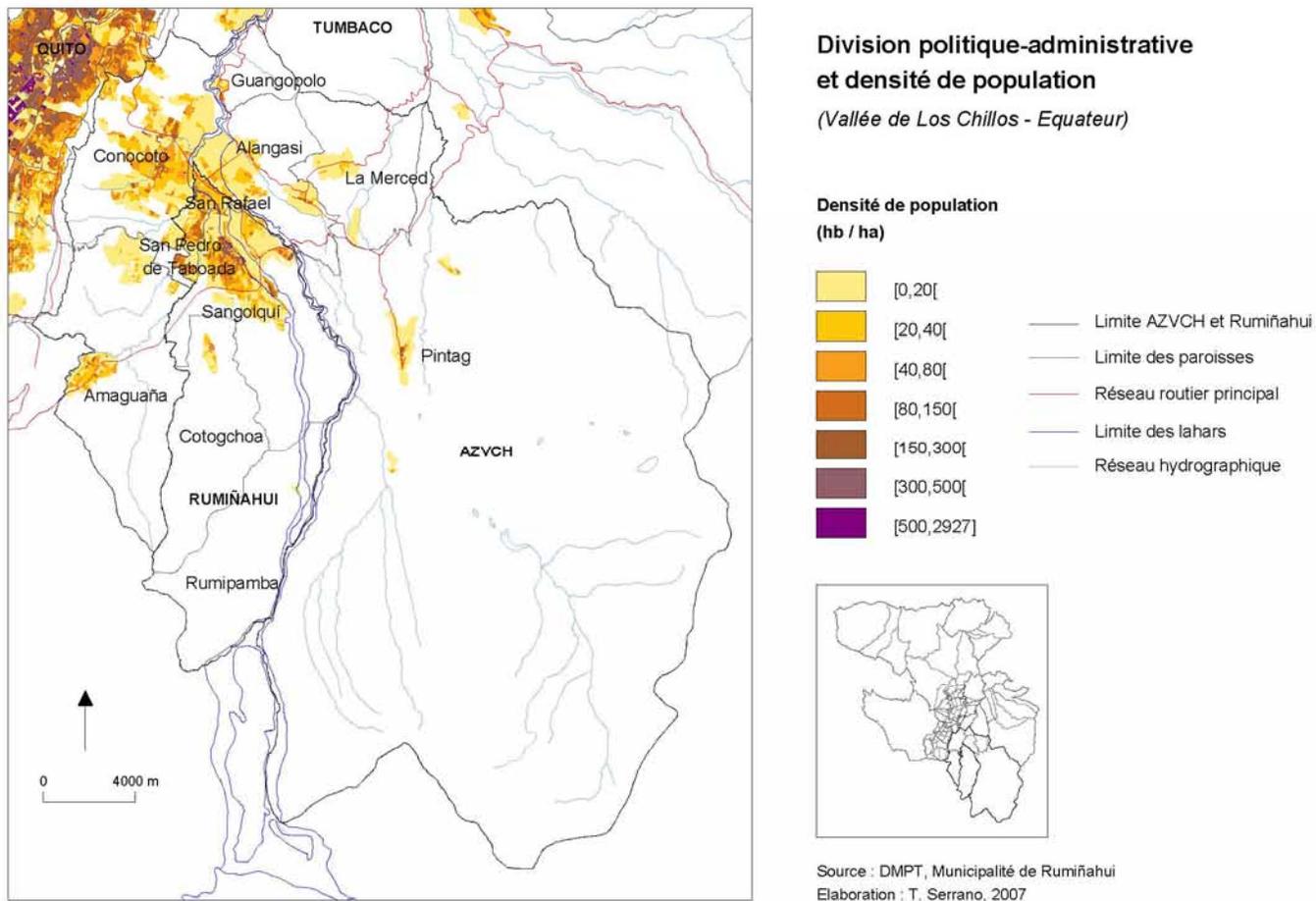
Carte 1 : Localisation de l'Equateur, découpage provincial et étagement altitudinal. F.Demoraes (Sources : IRD/IGM)



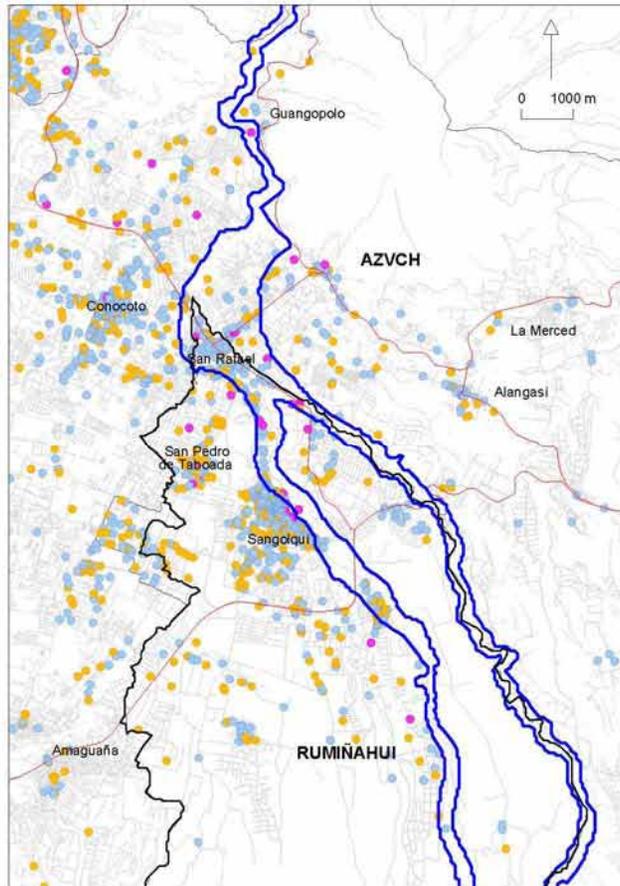
Carte 2 : Agglomération de Quito  
 (Sources : IRD/IGM)



Carte 3 : La zone d'étude (caractéristiques physiques)  
 (Sources : IRD/IGM)



Carte 4 : La zone d'étude (division administrative, densité de population et repères toponymiques)  
Source : DMPT, Municipalité de Rumiñahui



**Localisation des commerces, industries  
et administrations publiques  
(Vallée de Los Chillos - Equateur)  
d'après les compteurs électriques**

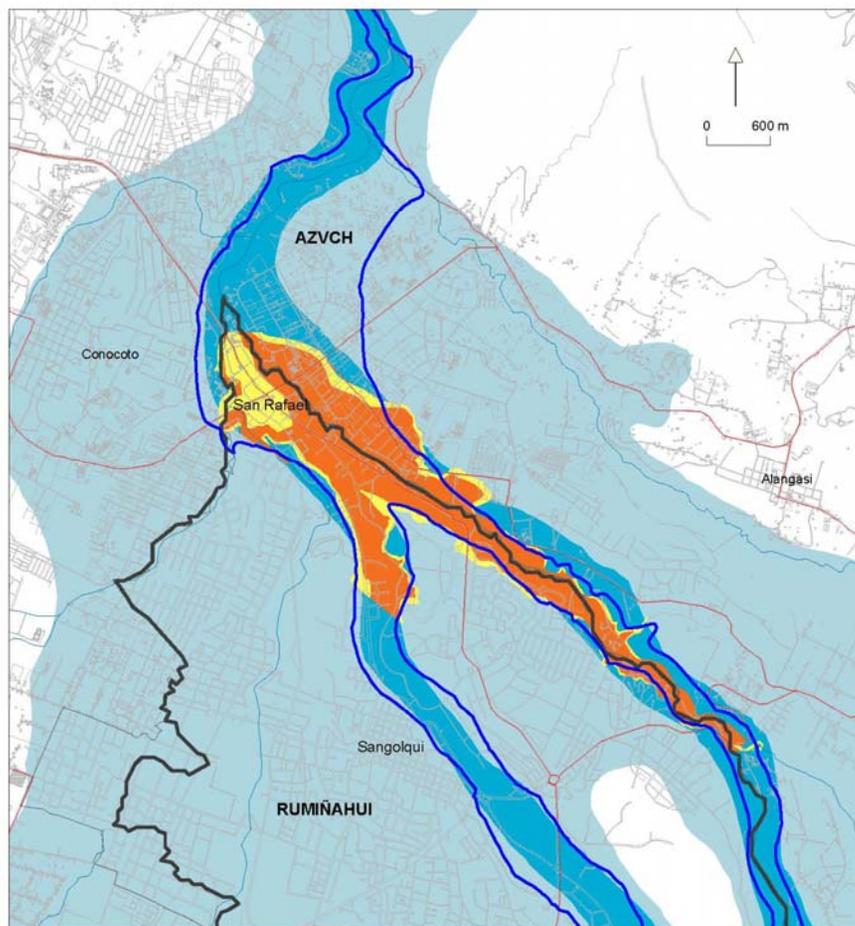
Catégorie de compteur

- Commerces
- Administrations publiques
- Industries

- Limite Rumiñahui
- Limite AZVCH
- Limites des lahars
- Réseau routier principal
- Parcelaire, voirie et bâtiment

Source : EEQ, 2001

Carte 5 : Localisation des commerces, industries et administrations publiques  
Source : EEQ, 2001



**Zonage de l'aléa lahar  
du volcan Cotopaxi  
(Vallée de Los Chillos - Equateur)**

**Zonage d'après l'ESPE (2003)**

- Lahar aléa fort
- Lahar aléa faible

*Le zonage provient d'une carte numérisée et ne correspond qu'à la partie urbanisée principalement dans Rumiñahui*

**Zonage d'après IG-EPN (1988)**

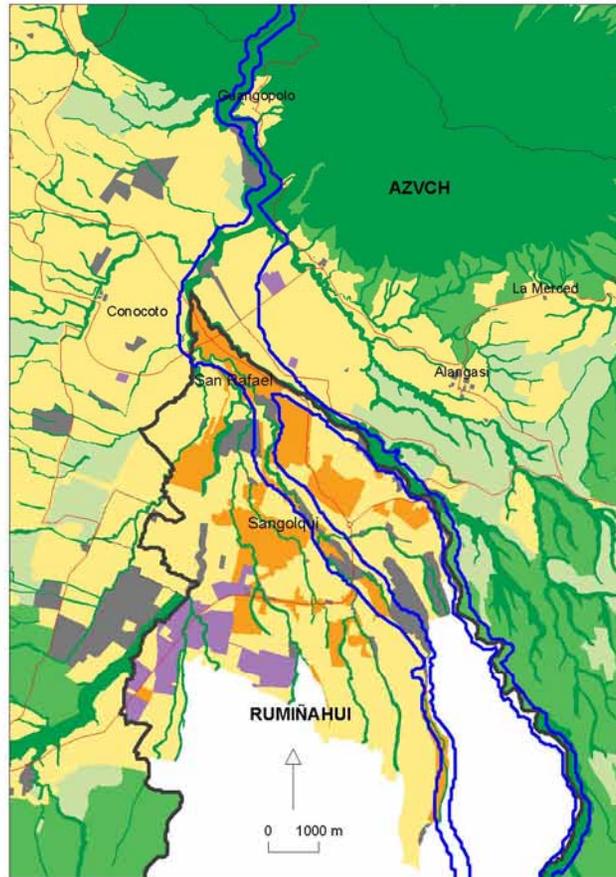
- Lahar aléa fort
- Lahar aléa faible

**Zonage d'après l'IG-EPN (2004)**

- Limite extérieure
- Limite Rumiñahui
- Réseau routier principal
- Réseau hydrographique
- Parcellaire, voirie et bâtiment

Source : IG-EPN, ESPE

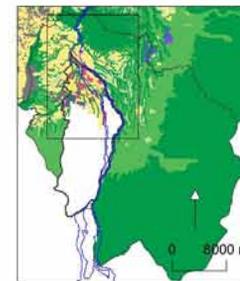
Carte 6 : Zonification de l'aléa lahar  
Source : IG-EPN, ESPE



### Planification de l'occupation du sol (Vallée de Los Chillos - Equateur)

#### Catégories

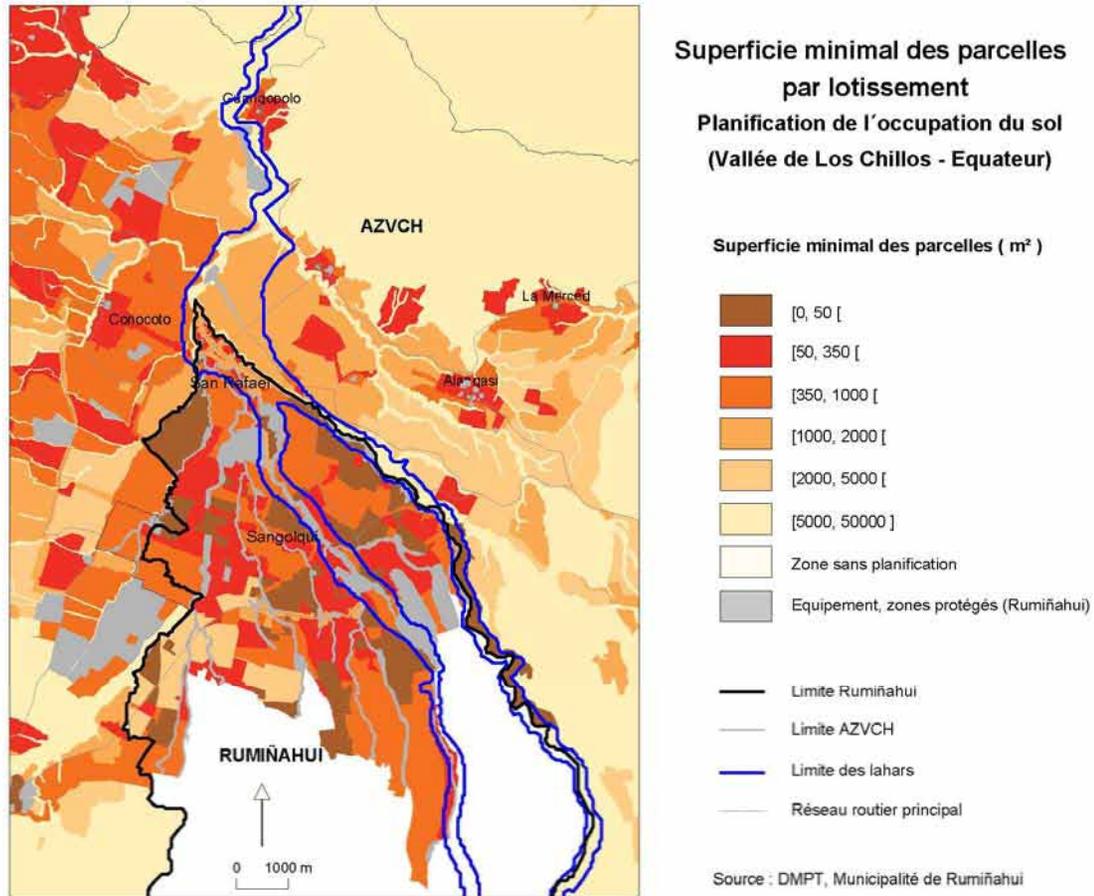
- Résidentiel, commercial, bureaux
- Résidentiel
- Agricole résidentiel
- Equipement
- Industriel
- Protection écologique
- Ressource naturel
- Zone sans planification d'occupation du sol



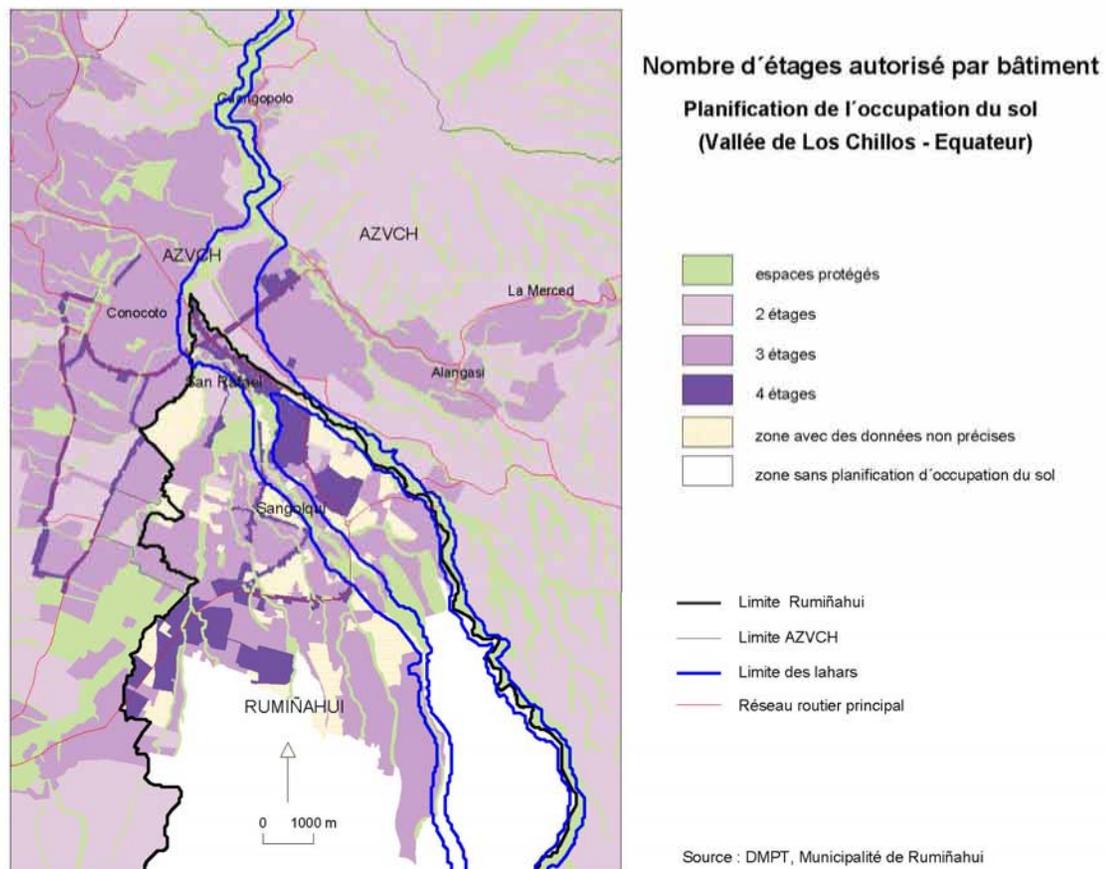
- Limite Rumiñahui
- Limite AZVCH
- Limites des lahars
- Réseau routier principal

Source : DMPT, Municipalité de Rumiñahui

Carte 7 : Planification de l'occupation du sol  
Source : DMPT, Municipalité de Rumiñahui



Carte 8 : Superficie minimal des parcelles par lotissement  
 Source : DMPT, Municipalité de Rumiñahui



Carte 9 : Planification de l'occupation du sol. Nombre d'étages autorisé par bâtiment  
 Source : DMPT, Municipalité de Rumiñahui

## Annexes

### Anexo 1 Méthodes de travail appliquées au cours du stage

Pour atteindre les objectifs fixés, deux approches ont été privilégiées : les entretiens auprès des acteurs et deuxièmement la constitution et l'exploitation d'une base de données SIG.

#### Les entretiens

Afin d'obtenir un panorama plus clair du fonctionnement du terrain d'étude et de la problématique traitée, il est apparu pertinent de conduire des entretiens auprès des acteurs-clefs. Cette approche nous a permis d'obtenir des réponses aux questions préalablement posées, de recueillir un discours sur un thème spécifique et également de découvrir des idées et des pistes de travail.

Le premier travail a consisté à identifier les acteurs-clefs à enquêter. Ces personnes ont été choisies suivant la méthodologie définie dans la problématique, c'est à dire, en les sélectionnant en fonction de leurs compétences à l'intérieur de chaque volet de la gestion des risques la plus répandue (prévention, préparation et gestion de crise). Des personnes-phares nous ont ainsi été recommandées par nos partenaires (notamment par la *Casa Cotopaxi* et la Municipalité de *Rumiñahui*). Une première liste de personnes ressources a été donc dressée. Cette liste a ensuite été confirmée après un premier contact téléphonique. En effet, après une rapide présentation du cadre d'étude, des objectifs et du type d'information dont on avait besoin, plusieurs personnes nous ont dirigé vers d'autres collègues ayant davantage d'expériences dans le domaine, ayant une meilleure maîtrise du sujet ou étant simplement plus disponibles.

Grâce à des appels téléphoniques, les rendez-vous avec les acteurs-clefs ont été fixés. Etant donné la distance à parcourir pour se rendre dans la Vallée de *Los Chillos* depuis *Quito*, il fallait organiser les entretiens de manière à diminuer le plus possible les déplacements, mais cela n'a pas toujours été possible.

## Les questionnaires

Deux catégories d'entretiens ont été retenues : des entretiens semi-directifs et directifs. L'entretien directif *correspond à un questionnaire comportant des questions ouvertes dont l'ordre et le libellé sont prévus à l'avance*. Quant à l'entretien semi-directif, Gauthier<sup>52</sup> souligne que l'entretien combine « *attitude non-directive pour favoriser l'exploration de la pensée dans un climat de confiance et projet directif pour obtenir des informations sur des points définis à l'avance* »

En effet, un questionnaire préalable avec des questions ouvertes a été élaboré et l'entretien s'est déroulé en suivant les questions préparées. Parfois, une question posée permettait à la personne enquêtée de donner son avis de manière plus libre.

Souvent un même questionnaire a servi aux deux entretiens. Ceci s'explique par le fait que la zone d'étude est divisée en deux municipalités ; l'idée étant de récupérer le même type d'information pour les deux juridictions. Malgré notre connaissance préalable du fonctionnement du *DMQ*, nous nous sommes rendu compte après-coup que nous avons parfois omis des points importants à traiter. À l'inverse, lors des entretiens nous avons parfois posé des questions supplémentaires non prévues initialement car les circonstances s'y prêtaient.

## Déroulement des entretiens

Après une brève présentation du cadre de mon étude et du sujet de stage, l'objectif de la visite et le thème à aborder ont été indiqués de manière précise à mes interlocuteurs. La personne enquêtée a en outre été avertie de la confidentialité des résultats, de la durée approximative de l'entretien et l'autorisation d'enregistrer l'entretien a systématiquement été demandé. Plusieurs personnes n'ont pas voulu être enregistrées et donc des notes ont été prises. À la fin, toutes les personnes ont été informées qu'une réunion de restitution serait organisée pour présenter les résultats du travail. Les enregistrements ont été transcrits en texte pour faciliter leur interprétation et analyse ultérieure. Au total, 12 entretiens furent réalisés dans différentes institutions.

---

<sup>52</sup> GAUTHIER Benoît dir., *Recherche sociale, de la problématique à la collecte des données*, Québec, Presses de l'Université du Québec, 2<sup>e</sup> édition, 1992 in Riveau P. (s/d).

## **Anexo 2 La création d'une base de données SIG**

Une des difficultés auxquelles nous avons été confrontés dans la vallée de *Los Chillos* est liée à la gestion de l'information cartographique. En effet, les institutions utilisent des logiciels différents pour gérer l'information géographique. La *AZVCH* utilise l'information provenant de la DMPT, c'est-à-dire une base de données géo-référencées gérée par un Système d'Information Géographique appelé *SavGIS*. De son côté, la EMAAP de *Quito* utilise le logiciel *ArcGIS* alors que la Municipalité de *Rumiñahui* gère l'information avec le logiciel de dessin *AutoCad* au sein de la Direction de Planification et la Direction d'assainissement et d'eau potable.

L'intérêt de passer toute l'information à un Système d'Information Géographique a été double. D'un côté l'uniformisation de l'information permettait d'élaborer des cartes sur l'ensemble de la vallée (ce qui n'avait jamais été réalisé auparavant) et de mettre ainsi en évidence les différentes politiques d'utilisation et d'occupation du sol. D'un autre côté, il est apparu très intéressant d'offrir à la Municipalité de *Rumiñahui* une base de données géo-référencée comme outil opérationnel pour la gestion du sol. En même temps, la Municipalité du District Métropolitain de *Quito* a été très intéressée de récupérer un jeu de cartes couvrant la totalité de la vallée illustrant l'occupation du sol de manière à mieux prévoir et anticiper le développement de la zone. C'est ainsi que tout un travail d'homogénéisation de l'information géographique a été mené à bien dans le cadre de cette étude.

Le choix d'un logiciel gratuit pour la gestion des données géo-référencées

Le logiciel sélectionné pour créer la base de données et élaborer les cartes a été *SavGIS*. Ce choix répondre à plusieurs avantages :

En premier lieu, *SavGIS* est un logiciel (Système de Gestion de Base de Données Localisées orienté objet) gratuit que l'on peut télécharger depuis Internet. Compte tenu des contraintes économiques, la grande majorité des municipalités en *Equateur* n'a pas les moyens de payer des licences onéreuses pour utiliser des produits commerciaux. Deuxièmement, il s'agit d'un logiciel conçu par l'IRD notamment pour la recherche urbaine et les besoins des gestionnaires urbains. En ce sens, il comporte des fonctionnalités spécifiques pour répondre à ces problématiques. D'autre part, la

DMPT utilise *SavGIS* depuis 15 ans ce qui a permis le stockage d'une grande quantité d'information utile pour le travail présenté dans ce rapport. Enfin *SavGIS* est disponible en espagnol ce qui facilite localement son utilisation et sa diffusion.

#### La transformation des fichiers *Autocad* vers *SavGIS*

Après avoir récupéré les fichiers (plan d'utilisation du sol, réseau d'approvisionnement en eau potable et en électricité) au format *Autocad* auprès la Direction de Planification et la Direction d'assainissement et d'eau potable de la Mairie de *Rumiñahui* et auprès de l'Entreprise d'Electricité respectivement, tout un travail d'édition de la topologie a dû être effectué. En effet, pour travailler avec un SIG, il est indispensable que les zones soient bien fermées, que chaque polygone ait un centroïde, qu'il n'y ait pas de duplication inutile d'arcs entre deux zones, etc<sup>53</sup>.

Par la suite, les objets ont été importés dans *Savamer*, module de *SavGIS* qui permet de géo-référencer des fichiers vectoriels et matriciels. Heureusement, la DMPT dispose d'un fond viaire qui couvre une partie de la zone urbaine de *Rumiñahui*. Ce fond nous a ainsi servi de référence pour placer des amers et géo-référencer les fichiers vectoriels. Les paramètres de projection utilisés sont ceux utilisés par la DMPT :

Projection : UTM

Ellipsoïde : International 1924

Datum : PSAD 56 (Provisional South America 1956)

Méridien central pour *Quito* : 78 degrés, 30 minutes. Ouest

Facteur d'échelle : 0,9996

D'un autre coté la EMAAP-Q, qui utilise le logiciel *ArcGIS*, a envoyé l'information au format *shapefile* mais avec des paramètres différents<sup>54</sup> :

---

<sup>53</sup> Pour donner un exemple, la carte d'utilisation du sol réalisée dans *AutoCad* faisait apparaître des hachures avec des couleurs distinctes pour différencier les types d'utilisation du sol, mais le polygone même n'existait pas. Il a donc fallu créer les zones autour des hachures.

<sup>54</sup> Les Directions et Entreprises Métropolitaines de Quito gèrent l'information cartographique avec des logiciels et des paramètres géographiques différents. A la demande du maire de Quito, des réunions ont lieu depuis quelques mois avec l'objectif de se mettre d'accord pour homogénéiser l'information existante et utiliser, dorénavant, les mêmes paramètres.

Paramètres de l'EMAAP :

Projection : UTM

Ellipsoïde : WGS84

Datum : WGS84

Méridien central pour *Quito* : 78 degrés, 30 minutes. Ouest

Facteur d'échelle : 1,000458

Le travail a donc consisté à transformer les données dans *SavGIS* selon les paramètres de la DMPT, à récupérer les clefs des objets graphiques et la table de données associées.

Par la suite, les tables attributaires associées à la partie graphique (les objets) ont été élaborées souvent en gardant les clefs (identifiant des objets) utilisées par les institutions propriétaires de l'information. Cette information a été donc intégrée dans la base de données gérée par le logiciel *SavGIS* à l'aide du module *Savateca* (administration de la base de données). Pour chaque couche créée, des métadonnées (information sur les données) ont été rédigées au format html dans une optique de mise en ligne ultérieure<sup>55</sup>.

---

<sup>55</sup> Un dictionnaire de la base de données de la DMPT avec les métadonnées relatives aux couches d'information ainsi que des cartes d'exemples sont disponibles sur le site de la DMPT. Ceci étant, il faudra l'accord des institutions propriétaires des données avant de mettre à disposition du public l'information récupérée dans le cadre de cette étude.

### **Anexo 3 Exposé du travail au cours du stage et chronogramme des actions**

Le stage s'est déroulé dans le bureau du groupe PAUD situé dans le bâtiment de la Direction Métropolitaine de Planification Territoriale de la Mairie de Quito. Ce bureau est utilisé par divers chercheurs et étudiants travaillant sur des thématiques qui intéressent à la fois le groupe PAUD et la municipalité. J'ai commencé tout d'abord par aménager le bureau de sorte que l'équipe puisse travailler dans de bonnes conditions logistiques (réparation des ordinateurs, sauvegarde d'information, connexion au réseau et aux imprimantes, connexion Internet) et matérielles (fournitures de bureau).

Ensuite, j'ai pris contact avec nos interlocuteurs du *DMQ* (*Casa Cotopaxi* et Direction Métropolitaine de Planification Territoriale). Nous nous étions mis d'accord pour travailler sur les implications d'un changement d'échelle géographique et administrative dans la gestion et la connaissance du risque dans le District Métropolitain de Quito. Cependant, les attentes des institutions en présence ont évolué. En effet, suite aux premiers entretiens réalisés, il est apparu opportun de faire évoluer le sujet de stage. Le terrain d'étude se trouvant à cheval sur deux juridictions distinctes (le District Métropolitain de Quito et la Municipalité de *Rumiñahui*) mais formant une seule agglomération, nous avons décidé d'orienter le sujet sur les différences observables dans le domaine de la gestion des risques entre ces deux entités territoriales et sur la vulnérabilité institutionnelle qui en découle.

Plusieurs entretiens auprès des autorités de la Municipalité de *Rumiñahui* ont été effectués avec comme objectif de leur faire connaître nos travaux à l'échelle de la vallée de *Los Chillos*. Il s'agissait également de s'assurer que les autorités de la Municipalité de *Rumiñahui* avaient un intérêt de mener ce genre de travaux dans leur juridiction. A l'issue de ces entretiens, il a été demandé la signature d'une convention spécifique de collaboration entre l'IRD et la Municipalité de *Rumiñahui*. Je me suis chargée donc de la rédaction et de la négociation de la convention, ainsi que du suivi de la démarche légale.

Entre-temps, sachant que l'équipe PAUD possédait des ressources bibliographiques relatives aux risques dits « naturels », j'ai commencé à classer et à passer en revue les documents existants. Ensuite, la recherche (et révision) documentaire s'est faite

notamment au centre de documentation de l'IRD à *Quito*<sup>56</sup>, à l'Université Catholique de l'Equateur et à la Mairie de Quito (centre de documentation et département légal). D'importantes documents ont été fournis aussi par le maître de stage. La petite bibliothèque de PAUD a ainsi été enrichie avec les documents récupérés (photocopies, impression de documents pdf).

Ne disposant d'aucune information sur l'occupation du sol à l'échelle de la Municipalité de *Rumiñahui*, j'ai décidé d'élaborer une orthophoto couvrant surtout la partie urbanisée de cette municipalité et de créer une mosaïque avec l'orthophoto existante du *DMQ* afin d'obtenir un aperçu général de toute la vallée. Ce travail a été utile pour organiser la première sortie sur le terrain et a été essentiel pour une étudiante Diana Salazar afin d'élaborer le zonage préalable à la conduite d'enquêtes sur la perception du risque.

Ensuite, j'ai participé à une simulation d'une éruption du volcan *Cotopaxi* organisée par l'Académie de Guerre de l'Armée. On a tout d'abord fait appel à moi pour fournir de l'information cartographique et des documents relatifs à l'aléa (lahar) permettant de définir les scénarios. Lors d'une deuxième réunion, j'ai participé à la définition des scénarios. La Direction de Planification Territoriale m'a désigné comme déléguée pour la représenter lors de la simulation. J'ai eu comme responsabilité d'actualiser des données concernant la population et la cartographie des enjeux.

La simulation a été l'occasion de faire connaissance avec les responsables de la gestion des risques ce qui m'a facilité par la suite la réalisation des entretiens auprès de ces acteurs-clefs. Ces entretiens poursuivaient plusieurs objectifs ; il s'agissait de mieux comprendre le rôle de leur institution d'appartenance, les points forts et les faiblesses institutionnels, ainsi que les problèmes auxquels ils sont confrontés dans le domaine de la gestion des risques.

Pour obtenir l'information cartographique, d'autres entretiens auprès des responsables ont été indispensables pour expliquer précisément le but du travail. La collecte de ces données a pris beaucoup de temps parce qu'il a été souvent exigé une demande

---

<sup>56</sup> L'IRD compte avec un site internet de recherche bibliographique alimenté par les divers Centres de Documentation IRD répartis dans le monde. Il est possible de trouver des articles en format pdf.

officielle et une autorisation. Il a été donc nécessaire de rédiger des lettres officielles, d'obtenir la signature de l'autorité compétente et de suivre la démarche.

L'information cartographique ainsi récupérée a ensuite fait l'objet d'un profond travail d'édition. En effet, les institutions travaillent avec des logiciels de dessin différents, tels qu'Autocad ou Microstation. Ces fichiers ont donc dû être convertis, parfois géoréférencés. Un important travail de création d'une topologie et de validation des valeurs attributaires a été également entrepris. Finalement, les fichiers édités ont été intégrés dans un système de gestion de base de données relationnelle orientée objet (*SavGIS*) et leurs métadonnées rédigées au format html dans une optique de mise en ligne ultérieure. La conversion des fichiers Autocad vers un SIG a été très utile notamment pour la Direction de Planification de la Municipalité de *Rumiñahui* qui a ainsi vu l'intérêt de gérer les données dans un SIG plutôt que dans un logiciel de dessin. Des pourparlers sont en cours pour installer *SavGIS* au sein de la Direction de Planification de la Municipalité de *Rumiñahui* afin de constituer une base de données géoréférencées, et pour former le personnel au logiciel.

D'autres sorties de terrain ont été effectuées en compagnie du personnel de la Mairie de Quito et de *Rumiñahui* avec l'objectif de cerner les enjeux du système d'approvisionnement d'eau potable et de distribution d'électricité (exemples choisis pour mettre en évidence les implications territoriales de la gestion différenciée des risques).

Au cours du stage, j'ai assuré une formation sur *SavGIS* (exploitation cartographique, gestion de bases de données, intégration, exportation des données, édition topologique) pour les collègues de l'équipe (les étudiants Jérémy Robert et Diana Salazar). Dans le même ordre d'idée, afin de contribuer à la diffusion de l'utilisation des outils SIG au sein de la Mairie de Quito, j'ai dispensé un cours sur la sémiologie graphique dans le cadre d'une formation plus large pour le personnel de la Mairie de Quito.

En parallèle, j'ai représenté notre chantier « Vulnérabilité institutionnelle et vulnérabilité de la population dans la vallée de *Los Chillos (DMQ - Rumiñahu)*-Equateur » lors d'activités organisées par les institutions partenaires. Par exemple, j'ai participé en tant que membre de jury au concours interscolaire sur la sensibilisation aux risques dits

« naturels » dans la vallée de *Los Chillos* (projet de la *Casa Cotopaxi*). Je me suis également engagée à coopérer avec des institutions académiques et des gestionnaires pour participer à la diffusion des débats sur la gestion de risques. C'est ainsi que j'ai donné une conférence sur la gestion des risques dans le *DMQ* aux étudiants de Master 2 intitulé « Etudes de la ville » à la FLACSO (Faculté Latino-Américaine de Sciences Sociales) et j'ai participé à l'atelier national de gestion des risques pour inclure cette thématique dans le plan du gouvernement actuel.

Notre équipe a par ailleurs organisé deux réunions de restitution pour informer tout d'abord sur l'avancement du travail, sur les méthodologies utilisées, pour recevoir également des commentaires et critiques constructives et enfin pour demander l'aide des responsables dans l'optique d'obtenir les données manquantes. Nous avons mis à profit ces moments de rencontre pour faire passer le message suivant : la gestion des risques liés à une éruption du volcan *Cotopaxi* demande la coordination des deux municipalités pour réduire la vulnérabilité de leur juridiction.

Enfin, un mémoire en français a été rédigé pour l'université Paul Valéry et un rapport de stage en espagnol pour l'organisme d'accueil et les institutions partenaires.

<b>Chronogramme</b>																								
	<b>Mars</b>			<b>Avril</b>				<b>Mai</b>					<b>Juin</b>				<b>Juillet</b>			<b>Août</b>				
<b>Activités / semaines</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Aménagement du bureau (réparation des ordinateurs, connexion réseau, internet)																								
Prise de contacts avec les partenaires (DMQ-Rumiñahui)																								
Classification des documents et bibliographie existante																								
Recherche bibliographique (ouvrages, articles, rapports, études)																								
Elaboration de l'orthophoto du canton Rumiñahui et assemblage avec la mosaïque de Quito																								
Travail de terrain (photo, observation in situ)																								
Collecte et analyse des documents légaux																								
Exposé d'une conférence sur la Gestion des Risques dans le DMQ pour la FLACSO																								
Rédaction, négociation et suivi du processus légal pour la signature d'une convention entre l'IRD et la municipalité de Rumiñahui																								
Participation à la définition des scénarios en cas d'éruption du Cotopaxi pour organiser la simulation																								
Actualisation des données sur la population pour la simulation																								
Représenter la DMPT lors de l'exercice de simulation d'une éruption du volcan Cotopaxi																								
Révision d'information cartographique existante dans la Mairie de Quito																								
Entretiens auprès des responsables																								
Participation à l'atelier national de gestion des risques pour inclure cette thématique dans le plan du Gouvernement																								
Collecte d'information cartographique auprès des organismes																								
Création d'une base de données SIG de la Municipalité de Rumiñahui à partir des fichiers autocad																								
Participation en tant que jury dans le concours interscolaire sur la sensibilisation aux risques dits « naturels » dans la Vallée de Los Chillos. Représentation de l'IRD dans la cérémonie de clôture du projet de sensibilisation scolaire																								
Conversion, géo-référencement, création d'une topologie, validation des valeurs attributaires, intégration dans un système de gestion de base de données relationnelle orientée objet (SavGIS) de l'information d'eau potable et d'électricité																								
Alimentation de la base de données, rédaction des métadonnées au format html dans une optique de mise en ligne ultérieure																								
Co-organisation d'un atelier de restitution du travail																								
Travail de terrain spécifique sur les enjeux de l'approvisionnement d'eau potable et électricité																								
Formation sur SavGIS (exploitation cartographique, gestion de base de données, intégration, exportation des données, édition topologique) au cours du stage pour les collègues de l'équipe																								
Dispense d'une formation sur la sémiologie graphique dans le cadre d'une formation plus large sur SavGIS pour le personnel de la Mairie de Quito																								
Rédaction du rapport																								
Co-organisation d'un atelier de restitution du travail																								

## Références bibliographiques

Augendre M. (2006) – *La cartographie et le zonage du risque volcanique au Japon : impasse ou modèle à suivre ?* – Collection de l'équipe d'accueil GESTER, Université Paul Valéry – Montpellier III, pp. 55-62.

Chester D., Degg M., Duncan A., Guest J. (2001) – The increasing exposure of cities to the effects of volcanic eruptions: a global survey – *Environmental hazards*, n°2, pp. 89-103.

Chester D., Dibben C., Duncan A. (2002) – Volcanic hazard assessment in western Europe – *Journal of volcanology and geothermal research*, n° 115, pp. 411-435.

De Miras C. (1996) – Risques naturels : de la géophysique à l'approche institutionnelle- *Bulletin Institut Français d'Études Andines*, n°25 (3), pp. 603-614.

Demoraes F. (2004) – *Mobilité, enjeux et risques dans le District Métropolitain de Quito (Équateur)* – Thèse de Doctorat, Université de Savoie, 587 p.

D'Ercole R. (1991) – *Vulnérabilité des populations face au risque volcanique. Le cas de la région du volcan Cotopaxi (Équateur)* – Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble, 460p.

D'Ercole R., Moncayo J.F. (1991) – « Influent locaux » face à une situation d'urgence : Une analyse selon l'hypothèse d'une éruption du volcan Cotopaxi (Équateur) - *Bulletin Institut Français d'Études Andines*, n°20 (1), pp. 181-220.

D'Ercole R. (1992), *La population de la province du Pichincha face au volcan Cotopaxi*, Atlas Infographique de Quito, ORSTOM & IGPH & IGM, Paris, Quito, planche N° 6, 41 planches bilingues (espagnol - français).

D'Ercole R. (1996) – Représentations cartographiques des facteurs de vulnérabilité des populations exposées à une menace volcanique. Application à la région du Volcan Cotopaxi (Équateur) - *Bulletin Institut Français d'Études Andines*, n°25 (3), pp. 479-507.

D'Ercole R. et al. (1997) – *Diagnostic préalable aux plans d'action DIPECHO en Amérique Centrale et dans les Caraïbes* – Programme ECHO de prévention, d'atténuation et de préparation aux catastrophes, ECHO-CRED -CIFEC, 184 p.

D'Ercole R., Metzger., Zea J., Noriega C., Peralta L. (1999) - *Consecuencias de la alerta naranja y de las explosiones del 5 y 7 de octubre: elementos de reflexión*. IRD-MDMQ, Quito, 14 p.

D'Ercole R., Metzger P., Sierra A. (1999) - Enjeux et incertitudes dans la gestion du risque volcanique: le cas de l'alerte jaune à Quito en octobre 1998- *Les Annales de la Recherche Urbaine*, n° 83/84, pp. 176-184.

D'Ercole R., Demoraes F. (2003) – Risques et réponses institutionnelles en Équateur. Cartes et méthodes – *Cahiers de Géographie*, n°1 « Dynamique et vulnérabilité des milieux montagnards méditerranéens et alpins », Collection EDYTEM-CISM-Université de Savoie, pp.157-168.

D'Ercole R., Metzger P. (2002) - La vulnérabilité de Quito (Équateur) face à l'activité du Guagua Pichincha: les premières leçons d'une crise volcanique durable - *Cahiers Savoisiens de Géographie*, n°. 1, pp. 39-52.

D'Ercole R., Metzger P. (2001) – *Diferenciaciones espaciales y sociales, representaciones y manejo del riesgo volcánico en Quito* – Actes du séminaire "Gestión de riesgos y prevención de desastres", 24-25 janvier 2001, COOPI, FLACSO, ECHO, Quito, pp. 40-52.

D'Ercole R., Metzger P. (2002) - *Los lugares esenciales del Distrito Metropolitano de Quito* – Colección Quito Metropolitano n° 22, Municipio del Distrito Metropolitano de Quito & Institut de Recherche pour le Développement, Quito, 206 p.

D'Ercole R., Metzger P. (2004) – *La vulnerabilidad del Distrito Metropolitano de Quito* - Colección Quito Metropolitano n°. 23, Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, & Institut de Recherche pour le Développement, Quito, 496 p.

Dibben C., Chester D. (1999) – Human vulnerability in volcanic environments: the case of Furnas, São Miguel, Azores – *Journal of volcanology and geothermal research*, n° 92, pp.133-150.

Godard H., Vega J. (1992), *La distribution de la population urbaine*, Atlas Infographique de Quito, ORSTOM & IGPH & IGM, Paris, Quito, planche N° 1, 41 planches bilingues (espagnol - français).

IG-EPN & IRD (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional & Institut de Recherche pour le Développement) (2005) – *Los peligros volcánicos asociados con el Cotopaxi – Los peligros volcánicos en el Ecuador*, Corporación Editora Nacional, Quito, 147p.

Lane L., Tobin G., Whiteford L. (2003) – Volcanic hazard or economic destitution: hard choices in Baños, Ecuador – *Environmental Hazards*, n°5, pp.23-34.

Léone F., Vinet F. (2006) – *La vulnérabilité, un concept fondamental au cœur des méthodes d'évaluation des risques naturels* – Collection de l'équipe d'accueil GESTER, Université Paul Valéry – Montpellier III, pp. 9-25.

Metzger P., Chatelain J-L., Guillier B. (1996) – Les dimensions politiques d'un projet scientifique : le scénario sismique de Quito – *Bulletin Institut Français d'Études Andines*, n°25 (3), pp. 589-601.

Peltre P., D'Ercole R. (1992) – La ville et le volcan. Quito, entre Pichincha et *Cotopaxi* (Équateur) – *Cahier des Sciences Humaines*, n°28(3), pp.439-459.

Peltre P. (1989) - Quebradas y riesgos naturales en Quito, período 1900-1988 - *Estudios de Geografía* No. 2, Corporación Editora Nacional, Colegio de Geógrafos del Ecuador, Quito, p. 45-66.

Pérez G. (2006) – *Plan Parcial de Ordenamiento Territorial para las parroquias Amaguaña, Conocoto, Guangopolo, Alangasí y La Merced* – Travail d'expertise pour la Direction Métropolitaine de Planification Territoriale, Quito, 273p.

Perrin J.L., Sierra A., Fourcade B., Poulenard J., Risser V., Janeau J.L, Gueguen P., Semiond H. (1997) - *Quito ante un riesgo de origen natural. La lava torrencial del 31 de marzo de 1997 en el barrio La Comuna* - Proyecto SISHIL,AD-EMAAP, Quito, 34p.

Pigeon P. (2006) – *L'efficacité des politiques gérant les risques dits naturels en France : lecture géographique* - Collection de l'équipe d'accueil GESTER, Université Paul Valéry – Montpellier III, pp. 27-33.

Reghezza M. (2006) – *La vulnérabilité : un concept problématique* - Collection de l'équipe d'accueil GESTER, Université Paul Valéry – Montpellier III, pp. 35 - 39.

Robert, J. (2006) – *Les lahars. Présentation générale et étude du cas du Cotopaxi* – Rapport réalisé dans le cadre du Master 2 Recherche en Géographie, Université de Savoie, 16 p.

Ronquillo S., Yáñez L. (2007) – *Estudio de optimización del transporte colectivo sobre la principal vía de conexión entre el valle de Los Chillos y su integración al sistema de transporte del DMQ (autopista General Rumiñahui)* – Rapport de la spécialité en Circulation et transport urbain. Université Centrale de l'Équateur. Quito, 32 p.

Small C., Naumann T. (2001) - The global distribution of human population and recent volcanism - *Environmental hazards*, n° 3, pp. 93-109.

Thouret J.C., D'Ercole R. (1996) – *Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales*, *Cahier des Sciences Humaines*, n°32(2), pp.407-422.

Thouret J-C., Lavigne F., Kelfoun K., Bronto S. (2000) – *Toward a revised hazard assessment at Merapi volcano, Central Java* – *Journal of volcanology an geothermal research*, n° 100, pp. 479-502.

Vallejo R. (2007) – *Quito, de municipio a gobierno local. Innovación institucional en la conformación y gobierno del Distrito Metropolitano de Quito 1990-2005* - Mémoire de Master 2 "Développement local", version préliminaire, FLACSO (Faculté Latinoaméricane de Sciences Sociales), Quito, 121 p.

## Liste des figures

Figure 1 - Nombre de villes de plus d'un million d'habitants entre 1950 et 2015	17
Figure 2 – Localisation des grandes villes dans le monde par rapport aux volcans actifs les plus proches	22
Figure 3 – Evolution de la population (1990-2001) par paroisse	37

## Liste des tableaux

Table 1 - Aspects pris en compte dans l'étude	34
Table 2 – Structure fonctionnelle administrative de l'Equateur	47

## Liste des photos

Photo 1 – Eruption du <i>Guagua Pichincha</i>	12
Photo 2 – Eruption du <i>Reventador</i>	12
Photo 3 – Chutes de cendres sur la ville de <i>Quito</i> – Secteur de l'aéroport	12
Photo 4 : Bus immobilisé dans le tunnel <i>San Diego</i>	13
Photo 5 – Destruction du pont d'accès au lotissement La Pampa au nord de <i>Quito</i>	13
Photo 6 – La vallée de <i>Los Chillos</i> depuis le volcan <i>Ilaló</i>	38
Photo 7 – Volcan <i>Cotopaxi</i>	40
Photo 8 – Cratère du volcan <i>Cotopaxi</i>	41
Photo 9 - Traces des anciens lahars dans la zone urbaine de <i>Rumiñahui</i>	42
Photo 10 – Nouvelles constructions au bord de la rivière <i>Pita</i>	43
Photo 11 – Centrale hydraulique au bord de la rivière <i>San Pedro. Guangopolo</i>	43
Photo 12 – Anomalie thermique dans le cratère du volcan <i>Cotopaxi</i>	45
Photo 13 – Zone d'occupation résidentielle (AZVCH)	57
Photo 14 – Zone d'occupation commerciale ( <i>Rumiñahui</i> )	57
Photo 14a – Site où il a été proposé la construction d'un mur pour éviter le débordement du lahar. La Caldera. Rivière <i>Pita</i>	62
Photo 14b – Site où il a été proposé la construction d'un mur pour éviter le débordement du lahar. La Caldera. Rivière <i>Pita</i>	62
Photo 15 – Travail du COE <i>DMQ</i> lors de la simulation d'éruption du volcan <i>Cotopaxi</i> (entreprises métropolitaines)	66
Photo 16 – Travail du COE <i>DMQ</i> lors de la simulation d'éruption du volcan <i>Cotopaxi</i> (organisation des refuges)	67
Photo 17 – Travail du COE <i>Rumiñahui</i> lors de la simulation d'éruption du volcan <i>Cotopaxi</i>	67

Photo 18a – Centre commercial <i>San Luis</i> construit à la confluence des rivières <i>Pita</i> et <i>Santa Clara</i> ( <i>Rumiñahui</i> )	71
Photo 18b – Centre commercial <i>San Luis</i> construit à la confluence des rivières <i>Pita</i> et <i>Santa Clara</i> ( <i>Rumiñahui</i> )	72

### Liste des cartes

Carte 1 : Localisation de l'Equateur, découpage provincial et étagement altitudinal	78
Carte 2 : Agglomération de <i>Quito</i>	79
Carte 3 : La zone d'étude (caractéristiques physiques)	80
Carte 4 : La zone d'étude (division administrative, densité de population et repères toponymiques)	81
Carte 5 : Localisation des commerces, industries et administrations de l'Etat	82
Carte 6 : Zonification de l'aléa lahar	83
Carte 7 : Planification de l'occupation du sol	84
Carte 8 : Superficie du lotissement	85
Carte 9 : Planification de l'occupation du sol. Nombre d'étages	86

### Liste des annexes

Anexo 1 : Méthodes de travail appliquées au cours du stage	87
Anexo 2 : La création d'une base de données SIG	89
Anexo 3 : Exposé du travail au cours du stage et chronogramme des actions	92

## Table des matières

### Remerciements

### Sommaire

### Introduction générale

Croissance urbaine, augmentation des risques et décentralisation de la gestion des risques	4
L'organisme d'accueil	6
Mission au cours du stage	8

### Partie académique

#### 1. Problématique

<b>1.1 Croissance urbaine, occupation de zones dangereuses, décentralisation de la gestion des risques et facteurs institutionnels de vulnérabilité</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Les travaux préalables sur la croissance urbaine et ses répercussions en terme de risques</b>	<b>16</b>
1.2.1 La croissance urbaine : un phénomène mondial mais particulier pour les pays en développement	16
1.2.2 Etalement urbain et risques d'origine naturelle	17
1.2.3 Les différences de perception du risque en milieux urbain et rural	18
1.2.4 Villes et volcans	20
<b>1.3 L'aléa « lahar » : phénomène complexe et zonage incertain</b>	<b>22</b>
<b>1.4 Pertinence d'une approche centrée sur les facteurs institutionnels de vulnérabilité</b>	<b>25</b>
1.4.1 Les enseignements d' <i>Armero</i>	25
1.4.2 L'expérience des catastrophes passées dans le <i>DMQ</i> : la gestion du risque volcanique du <i>Guagua Pichincha</i>	27
1.4.3 L'évacuation : une décision politique difficile	30
<b>1.5 Méthodologie</b>	<b>31</b>
1.5.1 Démarche classique (prévention, préparation, crise)	31
1.5.2 Aspects abordés dans le cadre de cette étude	33

## Partie technique

<b>2. Zone d'étude, travail de terrain et résultats</b>	
<b>2.1 Présentation de la zone d'étude</b>	<b>34</b>
2.1.1 La vallée de <i>Los Chillos</i> : zone privilégié par ses caractéristiques environnementales	34
2.1.3 Deux municipalités qui administrent la vallée	35
2.1.3 D'une vallée à vocation agricole à une vallée de croissance urbaine	
2.1.4 Un tissu urbain continu et une population ayant des caractéristiques socio-démographiques homogènes	37
2.1.5 Dynamiques locales dans la vallée et interdépendance avec <i>Quito</i>	39
2.1.6 Le volcan <i>Cotopaxi</i> et les risques pour la vallée de <i>Los Chillos</i>	40
<b>2.2. Les connaissances scientifiques sur l'aléa et les risques pour la vallée de <i>Los Chillos</i></b>	<b>44</b>
2.2.1 Scénarii d'éruption et zonage de l'aléa lahar dans la vallée de <i>Los Chillos</i>	44
2.2.2 L'exposition de la population aux lahars dans la vallée de <i>Los Chillos</i>	45
<b>2.3 Structure administrative, cadre juridique et compétences en matière de risques</b>	<b>47</b>
2.3.1 Brève description de la structure administrative en Equateur	47
2.3.2 Le District Métropolitain de <i>Quito</i> : un cas unique dans le pays	49
2.3.3 Les innovations institutionnelles dans le <i>DMQ</i>	50
2.3.4 Historique des compétences acquises par le <i>DMQ</i> en matière de risques	51
2.3.5 Les hôtels d'arrondissement : leurs compétences et leurs difficultés	52
<b>2.4 La prévention : le débat entre développement urbain et restriction de l'occupation du sol</b>	<b>54</b>
2.4.1 Deux zonages de l'aléa pour orienter l'utilisation et l'occupation du sol	54
2.4.2 Le zonage de l'aléa lahar ne restreint pas l'utilisation du sol	55
2.4.3 La planification de l'utilisation et de l'occupation du sol : des réalités et des priorités différentes	56
2.4.4 Le contrôle de l'utilisation du sol : une question non résolue	58
<b>2.5 Les ouvrages de protection : points de vue distincts à l'origine de tensions entre institutions académiques, scientifiques et autorités</b>	<b>60</b>
2.5.1 Les propositions de construction d'ouvrages de protection	60

<b>2.7</b>	<b>La préparation : des perspectives différentes sans concertation</b>	62
2.6.1	Information et sensibilisation de la population : des approches, des méthodes et des sources de financement différentes	62
<b>2.7</b>	<b>Organisation de la réponse : les enseignements de la simulation d'une éruption du <i>Cotopaxi</i></b>	65
<b>2.8</b>	<b>Implications territoriales des différences institutionnelles de la gestion de risque</b>	70
2.8.1	L'utilisation du sol en <i>Rumiñahui</i> , l'implication sur l'aléa et les conséquences sur le territoire aval	70
2.8.2	Configuration des réseaux d'eau potable et risques associés	72
2.8.3	Configuration du réseau de distribution d'électricité : un enjeu plus résilient car géré par un seul opérateur	73
	<b>Conclusion</b>	74
	<b>Cartographie</b>	78
	<b>Annexes</b>	
	Anexo 1 : Méthodes de travail appliquées au cours du stage	87
	Anexo 2 : La création d'une base de données SIG	89
	Anexo 3 : Exposé du travail au cours du stage et chronogramme des actions	92
	<b>Références bibliographiques</b>	97
	Liste des figures	101
	Liste des tableaux	101
	Liste des photos	101
	Liste des cartes	102
	Liste des annexes	102