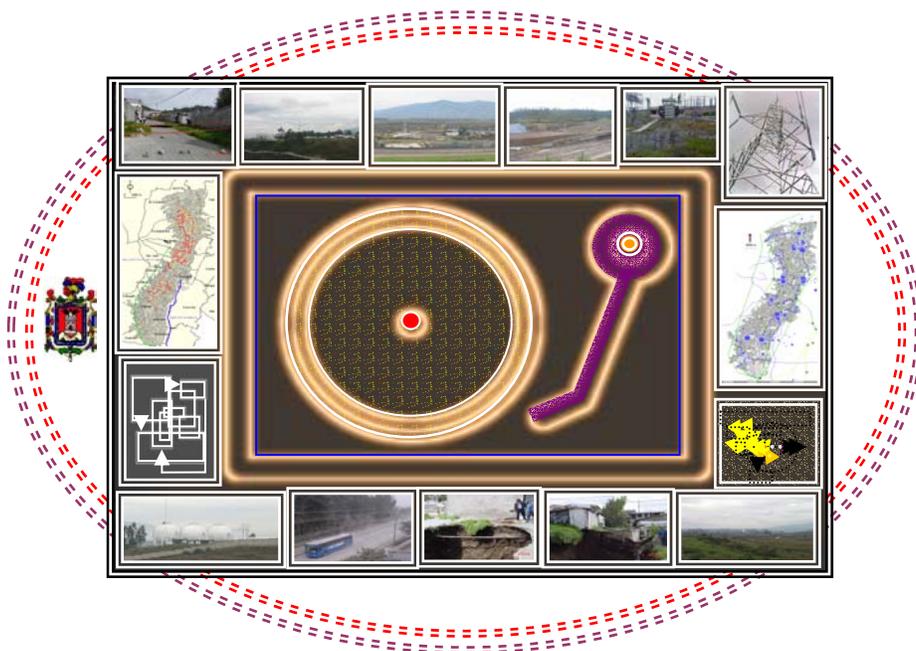


Jairo ESTACIO

**Risques technologiques liés au stockage et au transport de combustibles
dans le District Métropolitain de Quito**



Mémoire de DEA : Structures et dynamiques spatiales
Réalisé sous la direction de Robert D'ERCOLE

Membres du Jury :

Robert D'Ercole
Jacques Donze
Jean Jacques Delannoy

Maître de conférences à l'Université de Savoie
Professeur à l'Université de Lyon III
Professeur à l'Université de Savoie

Juin 2004

RESUME

Les établissements humains requièrent la mise en place d'infrastructures, de biens, de produits et de services afin d'assurer leur bien-être et leur développement. La recherche de ce bien être et de ce développement a contribué, depuis l'ère industrielle, à l'apparition du risque technologique qui s'est concrétisé durant les XIXe et XXe siècles par de graves accidents industriels qui ont sérieusement affecté les villes et, de manière générale, les centres peuplés. Le risque et les accidents ont progressivement conduit à réfléchir sur les conditions de la localisation industrielle, sur la formation et l'évolution du risque technologique, sur la vulnérabilité des établissements humains concernés.

De nombreux accidents technologiques survenus dans le monde sont en relation avec l'**approvisionnement, le stockage** et le **transport des combustibles**, avec l'apparition de technologies de plus en plus complexes et ceci, dans un contexte de gestion difficile des dangers engendrés. Les risques, leur définition, la formation de nouveaux **espaces à risque, les vulnérabilités** sont ainsi devenus des thèmes de recherche importants mais les solutions à mettre en œuvre sont loin d'être évidentes. Il ne suffit pas de disposer de diagnostics scientifiques clairs sur la problématique des risques technologiques (qu'ils soient **potentiels** -avec peu de statistiques concernant les accidents-, ou **avérés** -avec de nombreuses statistiques-). Il est aussi nécessaire de tenir compte du contexte sociopolitique et de rechercher des solutions dans le cadre d'une **gestion intégrale des risques technologiques**. Ce type de gestion doit notamment considérer les limites et les **incertitudes** de la connaissance scientifique ainsi que l'intervention de tous les acteurs impliqués. La **science « post-normale »** (intégrée) et le **principe de précaution** constituent des supports théoriques et méthodologiques qui laissent envisager des solutions dans le cadre d'un développement durable des cités.

Dans ce contexte, ce mémoire de DEA aborde le thème du risque technologique lié au stockage et au transport des combustibles à l'intérieur du **District Métropolitain de Quito (Equateur)**, mettant l'accent sur leur localisation, leur organisation systémique, les accidents fréquents et les dangers concernant l'espace urbain, les priorités en matière de recherche ainsi que les possibilités de gestion pour réduire les risques. Cette analyse souligne la nécessité d'améliorer la qualité de l'information utile aux chercheurs et de développer des méthodologies de cartographie des zones à risques répondant aux besoins des gestionnaires urbains.

Mots-clés: risques technologiques, scénarios d'accidents, dangers, localisation industrielle, vulnérabilité, approvisionnement en combustibles, transport de combustibles, espaces à risque technologique, risques avérés, risques potentiels, systèmes, zones à risque, gestion intégrale des risques technologiques, principe de précaution, incertitudes, science « post-normale », District Métropolitain de Quito (DMQ), Equateur.

RESUMEN

Los asentamientos humanos demandan la implementación de infraestructuras, bienes, productos y servicios a favor de su bienestar y desarrollo; éste último en la “era industrial”, constituyó el eje del apareamiento de los **riesgos tecnológicos** y en el siglo XX marcó la época de los grandes **escenarios de accidentes** industriales que afectaron sustancialmente a ciudades y centros poblados. Justamente a partir de los efectos del riesgo y los accidentes provocados, nace el interés de vislumbrar la **localización de las instalaciones** o elementos que lo provocan, su rol en la formación de nuevos peligros y la **vulnerabilidad** de los conglomerados humanos frente a ellos.

Muchos accidentes tecnológicos ocurridos en el mundo han tenido relación con el **abastecimiento y transporte de combustibles** y con el apareamiento de tecnologías, cada vez más complejas y de difícil manejo en cuanto a los **peligros** generados. Este mismo aspecto ha hecho que la investigación de los riesgos, su definición y formación de nuevos **espacios de riesgo**; sean una tarea de constante estudio y de difícil conclusión. Por otra parte, no basta a nivel científico, tener claros diagnósticos sobre la problemática de riesgos tecnológicos, (sean estos **potenciales** -con poco conocimiento estadístico sobre sus accidentes-, o **revelados** -con amplio conocimiento estadístico sobre ellos-), sino que es necesario en un ámbito sociopolítico, buscar soluciones dentro de una **gestión integral de riesgos tecnológicos**. En ella se consideran los límites e **incertidumbres** del conocimiento científico y la intervención de todos los actores involucrados. La **ciencia pos normal** y el **principio de precaución** constituyen aportes teórico-metodológicos que guían la solución en el marco del desarrollo sustentable de las ciudades.

Considerando estos antecedentes, la presente memoria de DEA ha abordado el tema de los riesgos tecnológicos ligados al abastecimiento y transporte de combustibles en el **DMQ Ecuador**, la importancia de su ubicación, sus **sistemas**, peligros frecuentes en espacios urbanos, prioridades de investigación y posibles vías de gestión para evitarlos; aspectos que relacionados indican la necesidad de mejorar la calidad de la información, así como buscar metodologías apropiadas para la conformación de cartografía de **zonas de riesgo**; elementos útiles para los entes de decisión política de la ciudad.

Mots clefs: riesgos tecnológicos, escenarios de accidentes, peligros, localización de instalaciones, vulnerabilidad, abastecimiento combustibles, transporte de combustibles, espacios de riesgo, riesgos revelados, riesgos potenciales, zonas de riesgo, gestión integral de riesgos tecnológicos, principio de precaución, incertidumbres, ciencia pos normal, sistemas, DMQ, Ecuador.

SUMMARY

Human settlements demand the provision of infrastructure, goods, products and services for their benefit and well being. In the “industrial era” these aspects became the axis of the surge of **technological risks**, and in the 20th century they have been the cause of big industrial **accidents scenarios** that have affected cities and populated centers. Due to these risk and the accidents that have occurred, an interest has arisen in determining **the industrial location** of provoking elements, their role in the formation of new **dangers**, and the **vulnerability** of human conglomerates.

Many of the technological accidents that have occurred in the world have been related to the **provision and transport of fuels** and the appearance of new technologies, ever more complex, and the **dangers** that they create, which are more difficult to control. These aspects have stimulated the performance of research about **spaces of risks**. This is an area of constant study and difficult conclusion. On the other hand, it is just not enough to have a scientific diagnosis of technological risks (be these **potential** –with little statistical knowledge about accidents- or **revealed** –with ample statistical knowledge about them); it is socially and politically necessary to find solutions by the **integral management of technological risks**. This approach takes into consideration the limitations and **uncertainties** of scientific knowledge and the intervention of all the aspects involved. The **post normal science** and the **precaution principle** constitute theoretical and methodological contributions leading towards their solution within the sustainable development of cities.

Considering these aspects, this DEA thesis has approached the topic of technological risks attached to the provision and transport of fuels in the **DMQ, Ecuador**, the location of their installations, their **systems**, the ever present urban dangers, research priorities and possible management schemes to avoid accidents. These aspects show the need of improving the quality of the information as well as the need of finding methods adapted to the cartography of the risk zones.

KEY WORDS: Technological risks, accident scenarios, dangers, industrial location, vulnerability, fuel provision, fuel transportation, spaces of risks, revealed risks, risk zones, integral management of technological risks, precaution principle, incertitude, post normal science, systems, DMQ (Quito’s Metropolitan District), Ecuador.

À ma mère, à l'épouse et aux enfants
A mon peuple en désastre
À Popper qui m'arrachait de temps en temps de la routine
A tous ceux qui habitent dans les zones à risque
Aux survivants de Toulouse
À ceux qui risquent Aux humanistes
À moi -même

REMERCIEMENTS

REMERCIEMENTS

Je remercie tout particulièrement l'ensemble des personnes qui ont rendu possible mes études en France, les personnes qui m'ont aidé avec des informations depuis l'Equateur, et tout spécialement:

Robert D'Ercole, Maître de Conférences à l'Université de Savoie, en accueil à l'IRD

Jacques Donze, Professeur à l'Université Lyon III

Patrick Pigeon, Maître de Conférences à l'Université de Savoie

Alexis Sierra, Chercheur associé à l'UR 029 de l'IRD

Florent Demoraes, Chercheur associé à l'UR 029 de l'IRD

Paulina Guerrero, Responsable Zonal de l'Environnement AZC - MDMQ

Diego Vallejo, Gérant adjoint de la Fondation « Natura »

Nury Bermudez, Responsable de l'Unité SIIM-DMTV

Lorena Vinuesa, Directeur de la DMSC-DMTV

Gloria Roldán: Responsable de la bibliothèque de la Defensa Civil

Rosa Yanez: Responsable des transports PE CO Pétrole et combustibles Petroecuador

Washington Salazar: Gérant de Aga SA Compagnie de Gaz

César Subía: Responsable de la sécurité industrielle de El Beaterio

Iván Pavón : Responsable de l'information sur la prévention des crises au SIAT

Un merci à toute ma famille équatorienne pour son appui depuis Quito, la famille franco latine de Chambéry, Avignon et Grenoble qui m'a toujours ouvert les portes de son coeur: Juan, Rolando, Frederic, Estef, Ciri, Yoann, Bárbara, Fred et Julliete, Florent, Seb, Ane, Hervey, Antony..... le groupe « Azalia Snail » pour leur aide durant mon séjour en France. "A ces gentilles personnes venues de Russie", Katiushka et Masha pour leur aide dans la traduction en français, leur nourriture et la petite vodka du soir.

SOMMAIRE

Introduction.....	3
PREMIERE PARTIE.....	5
<i>Réflexions théoriques sur le problème des risques technologiques.....</i>	5
Comment comprendre les risques technologiques?	6
Critères scientifico-techniques.....	6
Définitions conceptuelles.....	6
Types d'accidents technologiques communs occasionnés par des installations de combustibles.....	9
Le risque technologique lié aux espaces urbains.....	10
Vision historique et spatiale.....	10
L'évolution technologique au cours du siècle dernier.....	11
Différences de dangers technologiques entre pays développés et pays sous-développés.....	12
La localisation des installations industrielles en milieu urbain.....	14
Caractère de danger des installations.....	15
Les effets en chaîne des dangers.....	16
Le transport des combustibles : une source mobile de danger.....	17
Le risque technologique et sa gestion intégrale.....	18
Les concepts et les incertitudes pour affronter les risques technologiques.....	18
Gouvernabilité et principe de précaution.....	18
La science Post-Normale et les solutions urbaines aux risques technologiques.....	19
Critères de base de la science post-normale et principe de précaution.....	20
Etablissement de moyens juridiques pour une gestion intégrale adéquate des risques.....	21
DEUXIEME PARTIE.....	22
<i>Les risques technologiques liés aux combustibles dans le District Métropolitain de Quito (Equateur): types, conséquences, gestion intégrale.....</i>	22
Introduction aux risques technologiques en Equateur.....	23
Espaces à risques d'origine naturelle et leurs relations avec les risques technologiques.....	26
Evidence des principaux risques avérés et potentiels liés aux éléments technologiques importants.....	30
L'approvisionnement et le transport des combustibles dans le DMQ : un type de risque technologique.....	34
Fonctionnement des systèmes liés aux combustibles dans le DMQ.....	35
Système réel: Structure et dynamique d'approvisionnement des combustibles dans le DMQ.....	35
Flux des éléments liés au transport.....	37
Hiérarchie des installations de combustibles.....	38
Système simulé: Risques potentiels des importantes installations de combustibles.....	42
Accidents importants lié aux combustibles.....	42
Les zones de danger des lieux de stockage des combustibles dans le DMQ.....	44
Relation des installations dangereuses avec la structure urbaine du DMQ.....	46
Cas spécifique: Localisation du centre d'embouteillage CONGAS et son influence sur la zone urbaine et sur les réseaux techniques des services (électricité et eau potable) ..	49
Conséquences et alternatives sur l'approvisionnement de possibles dégâts du réseau électrique.....	52
Comment améliorer la cartographie des risques technologiques liés aux combustibles ?.....	56

Système simulé : Gestion des risques technologiques liés aux combustibles dans le DMQ	60
Modèle de gestion intégrale	60
Acteurs d'intervention.....	61
Limitations politiques et scientifiques.....	62
Notion de risque acceptable	62
CONCLUSIONS GENERALES.....	63
BIBLIOGRAPHIE.....	64
SITES WEB.....	76
LOGICIELS UTILISÉS.....	77
SIGLAS.....	78
Liste des Schémas.....	79
Liste des Tableaux	80
ANNEXES	81
Coordonnées des personnes et des organismes.....	81
Base théorique des concepts et de la localisation des dangers technologiques.....	83
<i>Annexe 1: Courbe en Baignoire</i>	<i>83</i>
<i>Annexe 2: Scénarios des accidents d'hydrocarbures</i>	<i>84</i>
<i>Annexe 3: Localisation des accidents majeurs des bateaux-citernes du pétrole</i>	<i>85</i>
<i>Annexe 4: La logique radioconcentrique des risques urbains</i>	<i>85</i>
Gestion des risques technologiques	86
<i>Annexe 5 : Caractéristiques à tenir compte au cours de la construction d'un dialogue et d'une coopération</i>	<i>86</i>
Les risques Technologies en Equateur et DMQ et des apports pour la cartographie.....	86
<i>Annexe 6 : Profil du pipeline à travers du territoire équatorien</i>	<i>86</i>
<i>Annexe 7: Distances de dangers relatives au pôle chimique de Toulouse Sud de INERIS..</i>	<i>87</i>
<i>Annexe 8: Analyse globale de la vulnérabilité des éléments principaux du système électrique.....</i>	<i>87</i>
<i>Annexe 9 : Application de quelques méthodes pour l'identification des dangers industriels.....</i>	<i>88</i>
<i>Annexe 10: Distances permises pour la localisation des stations de services dans le DMQ.....</i>	<i>89</i>
<i>Annexe 11: Distances minimales pour localisation des centres de distribution de GPL.....</i>	<i>90</i>
<i>Annexe 12: Distances minimales aux points de transfert de gaz GPL.....</i>	<i>90</i>
<i>Annexe 13: Ordonnance municipale du déplacement des équipements de GPL</i>	<i>90</i>

Introduction

« La paradoxe est que l'homme contrôle la nature
par le moyen d'une technique qu'il ne contrôle pas »
B. Séve

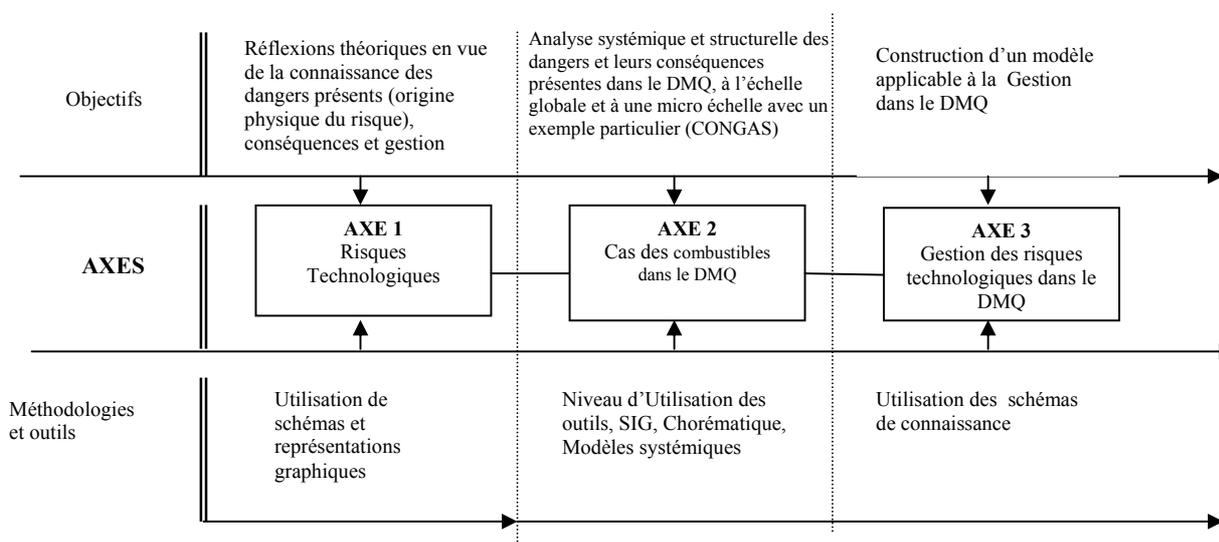
Cette étude s'insère dans la problématique d'analyse et de gestion des risques développée conjointement par la MDMQ (Municipalité du District Métropolitain de Quito) et l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement) dans le cadre du programme « Système d'information et risques dans le District Métropolitain de Quito ». Alors que la plupart des recherches développées à ce jour dans le district de Quito concernent les risques d'origine naturelle, l'étude proposée s'attache à considérer d'autres types de risques : les risques anthropiques et technologiques et plus particulièrement les risques liés au stockage et au transport de combustibles à l'intérieur du DMQ.

La Réglementation de l'Usage du Sol du MDMQ (unique instrument régulateur des activités et implantations urbaines), ne mentionne aucun critère relatif à l'emplacement des installations qui génèrent le risque technologique ainsi que les règles spécifiques applicables à son contrôle; ce qui démontre le peu d'intérêt affiché jusqu'à présent par le gouvernement local. Depuis quelques années, cependant, les études sur les risques technologiques intégrant des considérations géographiques et des orientations en matière d'équilibre entre l'usage du territoire et les pratiques technologiques qui y sont développées (celles-ci étant liées au processus d'industrialisation et à la recherche de la compétitivité), prennent de l'importance dans la mesure où elles commencent à être considérées comme des instruments utiles pour les prises de décision. La présente étude s'intègre dans ce contexte et repose sur deux constats :

- ⊗ La présence d'installations de stockage de combustibles qui constituent des dangers considérables (par exemple des explosions, des incendies, de la pollution et de la toxicité) pour l'espace urbain du DMQ, et qui peuvent affecter de nombreuses infrastructures et d'activités.
- ⊗ Le peu de gestion et d'intervention dans les espaces urbains vulnérables de la part des autorités locales et des acteurs impliqués.

Ces constats rendent nécessaire la recherche de nouvelles manières de comprendre les dangers technologiques, les scénarios d'accidents qui en découlent, ainsi que leurs conséquences sur les espaces urbanisés. Dans cette optique, la présente étude suivra la logique de recherche représentée dans le schéma qui suit. L'axe 1 constitue le support conceptuel de l'étude. L'axe 2 est le cœur de l'étude. Il démontre l'importance de la recherche liée aux dangers générés par le stockage et le transport des combustibles dans le DMQ. On se basera, pour cela, sur l'expérience passée d'événements de type technologique (à l'échelle locale et nationale) et sur la nécessité de considérer cette expérience comme partie intégrante de la planification et de la gestion urbaine du DMQ. L'axe 3 prendra en compte la *science post-normale* et le *principe de précaution* pour élaborer un modèle appliqué au DMQ. Il s'agit de réfléchir en termes de développement durable de la cité, afin de développer une gestion correcte des risques, compte tenu des limites des faiblesses institutionnelles actuellement observables.

Schéma : les trois axes de la recherche proposée



Sur le plan méthodologique, l'utilisation de la systémique sera importante dans les axes 2 et 3 car elle permettra de différencier le fonctionnement «normal» ou «réel» de l'approvisionnement et du stockage de combustibles dans le DMQ de situations « abstraites ou simulées », s'appuyant sur des zones de danger potentiel. Par exemple, dans le cas d'une éventuelle explosion du centre d'embouteillage GLP CONGAS, l'approche systémique aide à répondre aux questions suivantes : quelles seraient les répercussions d'un tel événement sur des éléments essentiels du fonctionnement du DMQ tel son réseau électrique ? Quels seraient les zones ou les secteurs susceptibles d'être affectés par cette catastrophe ? Une dernière considération pour laquelle la systémique est utile concerne l'espace « souhaité » pour l'emplacement des combustibles, dans le cadre d'une gestion préventive du risque technologique.

L'étude présentée ici utilise des outils comme les Systèmes d'Information Géographique (SIG), qui permettent non seulement de développer une cartographie pertinente mais aussi de rechercher de nouvelles méthodes pour représenter spatialement les risques technologiques. De la même manière, la chorématique et la schématisation permettent de visualiser le problème depuis la structure urbaine et ses processus de territorialisation.

Il convient enfin de considérer que cette étude est seulement le début d'une réflexion susceptible d'ouvrir la porte à de futures recherches sur les risques technologiques, leurs scénarios d'accident, leurs conséquences urbaines et de permettre l'amélioration de la cartographie des risques; autant d'éléments qui sont d'une grande importance au moment de prendre des décisions politiques.

PREMIERE PARTIE

Réflexions théoriques sur le problème des risques technologiques

Cette partie a comme objectif d'analyser les critères conceptuels concernant les risques technologiques et leurs scénarios d'accident suivant une approche scientifico-technique. Sont également analysés les critères de localisation des industries dans les espaces urbains, les dangers engendrés par celles-ci, en tenant compte des différences de développement entre pays industrialisés et pays en développement. Enfin, on essaiera avec un regard sociopolitique de donner des pistes pour une gestion intégrale des risques technologiques compte tenu des limites et conflits existants.

Comment comprendre les risques technologiques?

Critères scientifico-techniques.

Parallèlement aux bénéfices que génèrent les activités industrielles dans la vie des citoyens, elles occasionnent aussi des dangers liés aux modes de production, aux produits chimiques utilisés et à leur transport. Ces dangers sont à l'origine des *risques technologiques* et la recherche dont ils font l'objet constitue un apport scientifique qui améliore progressivement les critères techniques de prévention des désastres. Cette amélioration est sujette au même développement scientifico-technique des installations industrielles, c'est à dire qu'elle dépend des modifications et des ajustements permanents de la nouvelle ère technologique au cours de laquelle l'apparition d'outils et d'équipements de travail innovateurs et complexes permet la formation de risques nouveaux. Pour cela, la conception de nouvelles dynamiques de danger et les espaces de risques technologiques tendent à changer avec le temps, ce qui fournit un support constant de recherche. Le tableau 1 illustre une partie des critères scientifico-techniques concernant les risques technologiques.

Tableau 1: Caractéristiques des risques technologiques au niveau mondial

Caractéristiques principales	Observations
<i>La nouveauté</i>	L'étude du risque, sa gestion, et l'utilisation d'outils techniques sont récents, ce qui fait que quelques incertitudes persistent encore. En dépit de cela, il est vital de considérer danger de l'industrie et ses conséquences sur l'espace géographique.
<i>La gestion</i>	Le risque zéro n'existe pas en tant que tel, sinon comme la notion de l'acceptable, c'est-à-dire un degré techniquement tolérable et maniable. Pour atteindre cette acceptabilité il est nécessaire de prendre en compte dans la gestion du risque non seulement ses dangers divers, ses normes et ses réglementations pour les minimiser, mais aussi des méthodes complémentaires pour élaborer la cartographie appropriée des espaces impliqués. Il est important de mentionner qu'un désastre est le meilleur indicateur de risque ¹ , car à partir de lui on peut élaborer des politiques actuelles de prévention pour sa gestion et sa réduction, et pour l'amélioration de la sécurité industrielle.
<i>L'expérience</i>	L'accident de la fabrique Hoffman – La Roche à Seveso (Italie), dans l'agglomération périurbaine de Milan, en 1976, fut provoqué par la suppression d'un réacteur et la rupture d'une valve, provoquant une masse de gaz de dioxine (considéré comme un produit chimique mortel) qui a envahi toute la fabrique. Sur la quantité de morts il n'y a aucune certitude (bien que le nombre de personnes affectées atteignit 35 000), de même que l'on méconnaît les possibles dégâts génétiques. Cette catastrophe (qui a marqué la Communauté Européenne) a permis la formation de la fameuse <i>Directive de Seveso</i> et la formulation de la loi de 1984, à partir de laquelle est né le critère du risque technologique où se classifie comme risque majeur ce qui est lié au stockage et à la production des produits chimiques et pétroliers. Avant, en France, il n'existait seulement que des mécanismes de régulation à travers des réglementations urbaines très générales.

Source: D'après Olivier Godard, Claude Henry, 2002

Mise en place: Jairo Estacio

Définitions conceptuelles

Le *risque* dans le contexte urbain et technique se définit comme une éventualité ou une probabilité de danger (Chaline, Dubois 1994) qui porterait atteinte à l'intégrité et aux intérêts urbains. Actuellement, ce concept reçoit une connotation importante dans les définitions législatives de sécurité.

Cette définition générale considère le risque comme le résultat de l'interaction entre un aléa et une vulnérabilité. Mais quand on parle d'un risque de type *technologique* la définition change en

¹ D'après Omar Dario Cardona dans son livre « les risques ne sont pas naturels », page 57.

considérant le *danger* et non l'*aléa* comme l'élément d'interaction. Quand on parle de ce type de risque, au contraire de ceux ayant une origine naturelle, l'aléa est un phénomène ou une situation éventuelle qui peut générer un danger pour les personnes, les biens ou les moyens de production², et il est éventuellement imprévisible. En revanche, le danger technologique n'est pas lié à l'éventuel ou l'aléatoire, il est de fait lié à des erreurs et des faiblesses humaines et techniques dans les industries³; c'est à dire que la source de ces dangers est la vulnérabilité du fonctionnement normal d'un système industriel, caractérisé par différents facteurs comme par exemple: la vieillisse d'un élément et son conséquent mauvais fonctionnement (voir la courbe en baignoire *Annexe 1*). En allant dans ce sens, le risque technologique est le produit d'un danger et d'une vulnérabilité dans un espace géographique.

Il existe d'autres points de vue pour comprendre les risques technologiques. Par exemple les industriels mesurent les risques seulement à l'intérieur de l'industrie ou dans ses processus, dans une dimension de *probabilité* (risques proprement dits) et de *conséquence* (production et pertes économiques) (Alain Leroy, et Jean-Pierre Signoret, 1992). La probabilité et la conséquence sont abordées parallèlement à partir des notions de *sécurité industrielle* et de *production des installations*.

La *sécurité industrielle* essaye dans la mesure du possible de maintenir dans les installations une probabilité minimale d'accidents et d'éviter des conséquences majeures ; c'est-à-dire de diminuer le danger ou le dégât potentiel généré par un processus industriel, sans mettre en valeur les pertes économiques inhérentes à une situation postérieure au désastre. En revanche, le processus lié à *la production des installations* met faiblement en valeur la sécurité du processus industriel pour se concentrer plutôt sur la probabilité d'occurrence des événements et leurs conséquences, diminuant les possibles pertes économiques de la production.

D'autre part, il existe des notions de risque en dehors de l'industrie, c'est-à-dire un point de vue géographique où s'associent le concept de vulnérabilité et ses facteurs. La vulnérabilité comprise en tant que niveau de conséquences prévisibles d'un phénomène sur les enjeux (selon le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement) ou comme une susceptibilité de dégât, est une variable importante à considérer dans l'étude de la formation des risques. Dans ce contexte, on parle de risque quand au moment de l'événement il existe des installations, des biens ou une collectivité exposés, alors que dans le cas contraire il s'agit seulement de dangers technologiques.

D'autres définitions du risque reçoivent de l'importance en étant associées à la probabilité d'occurrence, sa gravité, sa cause ou ses dégâts, comme il est expliqué dans le tableau suivant :

² D'après D'Ercole R. et Pigeon P. dans « La géographie des risques dits naturels entre géographie fondamentale et géographie appliquée » dans les Cahiers Savoisien de Géographie, page 30.

³ D'après Donze J. dans « Les risques » sous la direction d'Yvette Veyret, page 133.

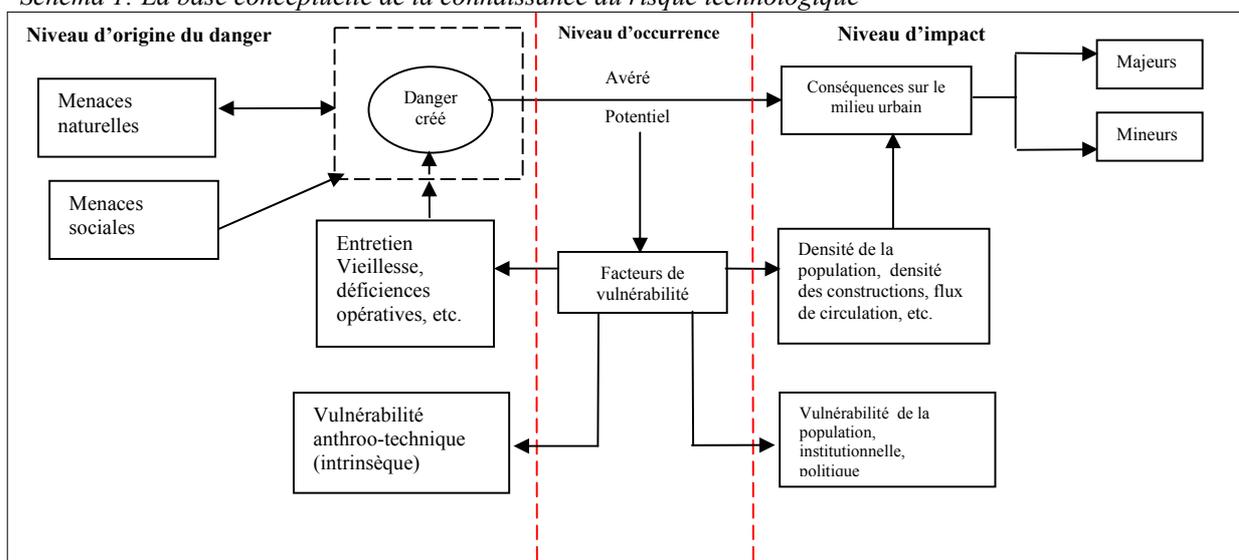
Tableau 2: Niveaux de définitions du risque technologique

L'OCCURRENCE (probabilité)	LA GRAVITE	LES CAUSES OU LES ORIGINES
Risque avéré: Il est fourni par l'expérience et la connaissance statistique sur le fait qu'un événement puisse être déclenché. C'est-à-dire qu'il est défini par des probabilités objectives*	Risque Majeur: Un événement hors du commun, lié au mauvais fonctionnement d'un système technique et dont les conséquences ont une répercussion exceptionnelle, non délimitable à l'intérieur de l'espace et du temps, pouvant affecter la collectivité dans son ensemble et déstabiliser les pouvoirs locaux**	Vulnérabilité anthropo-technique: Elle est donnée par des niveaux de faiblesse et de déficience du fonctionnement technique à l'intérieur d'une industrie qui peuvent déclencher des dangers technologiques****
Risque potentiel: Il est défini par le manque de probabilités objectives, mais présente l'évidence d'un danger qui peut être déclenché*	Risque mineur: un événement lié au mauvais fonctionnement technique et dont la répercussion spatiale se localise ponctuellement ; il peut affecter une bonne partie de la collectivité mais sans considérations temporelles majeures***	Risque socio-technique: Il est défini par l'exposition d'installations industrielles à des agents externes de risque social. Sont inclus les attentats, les actes terroristes et les actes de délinquance contre des installations et des lieux de stockage****
		Risque technico-naturelle: Il est défini par l'exposition d'installation à des menaces naturelles, par exemple des installations exposées à des glissements de terrain, des séismes ou des lahars volcaniques ; il se réfère aussi à des installations ayant une vulnérabilité intrinsèque qui, du fait d'être en relation avec une menace naturelle, peut aggraver le risque (dans le cas de fortes pluies avec un système d'égout techniquement inadapté, le résultat est une inondation)****

Source: * Olivier Godard, Claude Henry, 2002; ** Zimmerman, 1994; *** Claire Hiegel, 2003; ****Cardona Omar, 1993.
Mise en place: Jairo Estacio.

La Schéma 1 illustre le critère conceptuel selon l'interprétation définie dans le tableau précédent:

Schéma 1: La base conceptuelle de la connaissance du risque technologique



Mise en place: Jairo Estacio (2004)

Ce schème permet d'observer que l'origine du risque technologique d'une installation dangereuse est provoquée par des événements externes ou exogènes (naturels ou sociaux) ou par des événements internes ou endogènes (déficiences des composants). Le danger détient un type de conséquence (majeur ou mineur) qui dépend du degré de vulnérabilité déterminé par le nombre d'habitants, leur dynamique et leurs activités, et par les concentrations de biens et d'installations urbaines.

Types d'accidents technologiques communs occasionnés par des installations de combustibles.

Dans cette étude on réfléchira sur les scénarios en tant que produit d'expériences d'accidents technologiques survenus dans les espaces peuplés et urbains. Les accidents peuvent être de 2 types, selon leur magnitude :

1. Moins forts et contrôlables dans leur impact, comme dans le cas des incendies.
2. Eventuels, de grande ampleur et difficile à contrôler, comme les explosions et les effets toxiques.

Les causes peuvent être le produit d'erreurs humaines dans l'opération de machineries, ou des défauts des systèmes techniques⁴. A partir de ces erreurs les installations présentent différents phénomènes physiques qui peuvent déclencher de graves dangers. Entre les plus courants se trouvent :

Emission ou fuite : fait référence à l'échappement d'une substance gazeuse ou liquide d'un système de stockage ou d'un réseau de conduction. La fuite change les concentrations du matériel qui s'est échappé⁵.

Dispersion : Est liée à la forme et à la densité du dépôt occasionné par une fuite ou un déversement accidentel (voir *Annexe 2*). Elles peuvent être d'origine globale avec la rupture d'un réservoir de stockage, ou d'origine ponctuelle avec la rupture d'un oléoduc⁶. La dispersion peut être instantanée, dans le cas d'une explosion d'un réservoir, ou bien continue comme dans le cas de l'évaporation de la nappe de combustibles répandus sur une superficie.

De plus, il existe des agents environnementaux qui peuvent aggraver les événements, comme par exemple: *les conditions météorologiques* (environnement humide ou sec dans lequel peut agir le phénomène), *la vitesse du vent* (de sa force et de son intensité dépend la magnitude des explosions, des incendies et des dispersions toxiques) et *la stabilisation atmosphérique* (qui augmente ou réduit les mouvements verticaux, les degrés de densité de l'air et la température).

⁴ Un accident attribué à une faute humaine s'est produit dans le cas de Tchernobyl (Ukraine, 1986), où une série de manipulations intempestives et des erreurs de manoeuvre ont produit l'explosion du réacteur de graphite, avec la conséquente massive dispersion de radioéléments, occasionnant la mort d'environ 40 000 personnes.

⁵ Un cas de fuite s'est produit en novembre 2002, dans le centre d'embouteillage Caribe, en République Dominicaine, où s'est produit la fuite de gaz propane d'un réservoir de 120 000 litres, occasionnant un nuage volatil dont la conséquence fut une explosion et un incendie qui ont affecté plusieurs personnes. Ce fut le troisième accident survenu en l'espace de peu de temps.

⁶ Un accident par dispersion s'est produit en 1989 dans un des systèmes d'oléoducs de Piper Alpha, en mer du nord, provoquant une explosion et l'incendie de toute l'installation, et entraînant la mort de 167 personnes.

Le tableau 3 montre quelques exemples d'accidents occasionnés par des erreurs ou un mauvais fonctionnement des systèmes, lesquels peuvent être empêchés ou réduits avec une maintenance adéquate.

Tableau 3 : Accidents et scénarios provoqués par des installations de matériel dangereux

Accidents	Types de produits	Scénario	Exemples survenus
Incendies	Liquides inflammables	Feu de grande ampleur BOIL OVER : boule de feu et projection de produits inflammables. Une partie de la masse d'hydrocarbures liquides contenus dans un récipient s'est répandue par la vaporisation brutale de l'eau ; le résultat fut un incendie qui a duré environ 6 heures.	Juin 1974. Accident Flixborough, à 240 Km au nord de Londres. La rupture accidentelle d'une tuyauterie, dans une fabrique chimique de nylon, provoqua un nuage chimique qui s'est enflammé. La chaleur et le feu ont affecté 2 450 habitations et ont entraîné la mort de 28 personnes. Le nombre de morts est dû au fait que l'accident est survenu un week-end.
Effets toxiques	Gaz toxiques	La perte totale et instantanée du produit contenu. La rupture instantanée d'une grande canalisation en phase liquide, durant son rendement maximal.	1984. Bhopal, Inde. La rupture d'une vanne a produit un fluide d'isocyanate de méthyle, un produit à haute toxicité qui s'est propagé aux populations alentours et a entraîné la mort de 2 660 personnes. Cela fut considéré comme le majeur accident de l'histoire (Lapierre et Moro, 2001)
Explosions	Gaz combustibles liquéfiés GLP	BLEVE: Explosion de gaz inflammable liquéfié en ébullition. Cela se présente comme une masse qui s'enflamme ou brûle en compagnie d'explosions. Phénomène commun dans les grandes installations de combustibles (GLP). UVCE (Unconfined vapor cloud explosions) : explosion d'un nuage de gaz suivi de la rupture d'une canalisation en phase liquide.	1980. Ortuella, Espagne. Une explosion suite à la fuite de gaz propane a entraîné la mort de 51 personnes et de nombreux blessés. Avril 1986, Philippines. Une explosion de produits volatils a entraîné la mort de 11 personnes et en a blessé huit. Novembre 1984. San Juan Ixhuatepec, Mexique. La rupture d'une canalisation a libéré un nuage de gaz qui s'est enflammé, générant une série d'explosions qui a atteint un proche dépôt de GLP, lequel a explosé et a produit une contamination avec ses dépôts. L'accident a provoqué la mort d'au moins 452 personnes.
	Liquides inflammables	Explosion de la phase gazeuse de cuves à toit fixe	1992. Guadalajara, México, Le gaz d'un collecteur d'eaux usées qui apparemment contenaient des eaux industrielles résiduelles d'une fabrique de pétrole, a produit une explosion qui a tué 175 personnes et affecté des demeures situées à 8 Km à la ronde.
	Explosives	Importante explosion produite par la réaction en chaîne de produits volatils présents.	

Source: Ministère de l'Environnement, Service de l'Environnement Industriel 2004 (SEI), après E Zimmermann, Alain Leroy et Jean-Pierre Signoret
Mise en place: Jairo Estacio

Le risque technologique lié aux espaces urbains

Vision historique et spatiale

Une des situations qui a aggravé l'apparition des espaces à risques technologiques fut la croissance démesurée des villes⁷. Avec cette croissance la demande de services et de biens est chaque fois plus importante, ce qui entraîne l'augmentation du nombre d'industries et d'installations de services.

⁷ Entre 1950 et la fin du siècle, le pourcentage de la population urbaine au niveau mondial est passé de 29% à 51%, et dans certaines zones déterminées la croissance a été spectaculaire, arrivant à tripler comme dans le cas du Nigeria, de la Chine, de l'Indonésie, de la Nouvelle Guinée et de l'Ouganda. Mais même dans des pays ayant d'anciens taux d'urbanisation élevés, le gigantisme de certaines villes a atteint des limites extraordinaires : New York et Mexico City ont atteint 20 millions d'habitants dans leur zone urbaine ; Sao Paolo et

La croissance des villes et l'apparition d'industries définissent la période de l'industrialisation des villes comme un phénomène nettement urbain (Garcia Calvo F, 2001). Les industries intercalées dans la trame urbaine augmentent les espaces à risque et les accidents. Seulement durant la période 1970 – 1975 on a enregistré trois accidents par an au niveau mondial, un chiffre qui ne cesse d'augmenter puisqu'on enregistre à présent environ 7 accidents (reportés et avec des conséquences importantes) (Hiegel, 2003). Cependant, il existe une différence significative concernant l'occurrence de ces accidents dans le contexte mondial puisque dans les pays développés les politiques de déplacement des industries ont été efficaces, tendant à diminuer le nombre d'accidents, alors que dans les pays en voie de développement ce nombre tend à augmenter du fait d'un manque de politiques et actions applicables.

L'évolution technologique au cours du siècle dernier

La révolution industrielle marque l'époque du développement industriel, mais aussi le développement de nouveaux risques. Par exemple, durant la période 1910 – 1960, le pétrole est apparu comme source d'énergie pour le fonctionnement de machineries, et l'industrie chimique organique a augmenté. A partir des années 60 a commencé le développement nucléaire et informatique (Hiegel, 2003).

L'apparition de risques industriels liés à des installations fixes dangereuses depuis les années 1970 jusqu'à nos jours, a multiplié par 10 la production chimique et la taille des installations de production dans le monde, alors que la vente de gaz domestique se multipliait par 30, et la production industrielle ainsi que la consommation d'énergie par 4. Tout ceci a produit une augmentation du nombre d'accidents au niveau mondial (comme il est montré dans le tableau 3). Ainsi, durant la période 1940 – 1970 le chiffre est passé de 3 à 4 accidents graves, entre 1970 et 1975 ce chiffre a atteint 15 accidents, et depuis, les accidents sont au nombre de 30. C'est pour cela que le 20^e siècle est considéré comme le siècle des graves accidents industriels, des explosions et de la pollution environnementale.

En ce qui concerne les risques technologiques liés au transport de produits dangereux, à partir des années 70 ils ont atteint le chiffre de 5 par an au niveau mondial⁸. Mais l'accident du transport de combustibles par voies n'est pas le seul, puisqu'à partir des années 30 de nouvelles formes technologiques de transport se sont développées, comme les oléoducs et postérieurement les gazoducs qui n'échappent pas non plus aux accidents⁹.

Shanghai s'approche rapidement de ce chiffre ; et d'autres villes comme Le Caire, Tokyo, Istanbul, Paris, Manille ou Los Angeles oscillent autour de 10 millions.

⁸ Un cas de ce genre s'est produit en 1973 à St Amand-les-eaux (France) lorsqu'un semi-remorque qui contenait 20 tonnes de propane (sous forme gazeuse et de gouttelettes), est rentré en collision avec un tracteur au moment où il dépassait un cycliste ; le gaz liquéfié se déversa, provoquant un brouillard qui enveloppa la route. La citerne éclata et s'éparilla dans un rayon de 450 m, provoquant la mort de 9 personnes, 45 blessés, et 15 maisons et 9 voitures détruites.

⁹ Comme par exemple à Chelyabinsk (Russie, 1989), quand un gazoduc transportant un mélange de propane et de butane fut l'objet d'une fuite; le gazoduc passant à proximité de la ligne de chemin de fer transsibérien, une explosion se produisit au moment où deux trains se croisaient; le bilan fut de 645 morts. Le gazoduc avait peut-être été endommagé plusieurs années auparavant par un excavateur sans que l'incident ne soit signalé.

Différences de dangers technologiques entre pays développés et pays sous-développés

A l'échelle mondiale les dangers et les accidents se concentrent plus sur les pays du Sud et de l'Est. Cependant, il existe des accidents ponctuels localisés aux Etats Unis et en Europe Occidentale (mais moins nombreux et moins mortels). Les accidents se doivent aux causes suivantes:

Le type de produits utilisés, les technologies et les mécanismes d'opération: une de ces technologies est liée aux activités de production maintenues pendant un temps prolongé. Par exemple, une importante activité minière destinée à la recherche de formes d'énergie et le manque de sécurité adéquate ont été à l'origine de nombreuses catastrophes technologiques dans les pays en développement, avec un nombre plus élevé que dans les pays développés¹⁰.

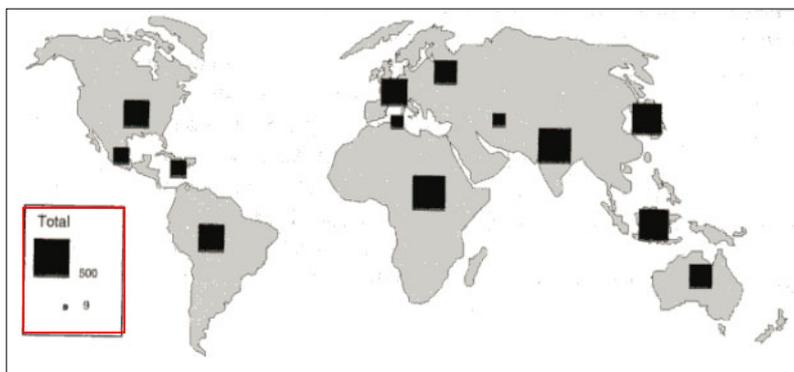
D'autre part, l'utilisation de produits chimiques volatils a provoqué des accidents plus mortels et plus nombreux dans les pays en voie de développement et particulièrement dans les pays de l'Est¹¹.

Une technologie introduite dans les pays développés à partir de la seconde guerre mondiale a généré des énergies alternatives, de grands équipements hydrauliques et de grandes installations nucléaires (au risque très élevé) qui sont la cause de nouveaux et ponctuels scénarios d'accidents. Simultanément, en Amérique Latine et au Moyen Orient, la production pétrolière a obtenu un caractère transcendantal sur l'économie des pays, mais a aussi généré des accidents comme celui de Cubatao au Brésil (1984)¹².

De même, divers sont les accidents liés au mécanisme de transport de matériel dangereux, comme celui survenu sur l'Exxon Valdez (1989)¹³. Le transport de matériel dangereux par voie terrestre provoque le plus grand nombre d'accidents dans les pays en développement.

La Schéma 2 illustre les majeures concentrations d'accident au niveau mondial.

Schéma 2 : La répartition des catastrophes technologiques par domaine



Source: CRED et Dauphiné André 2003.

¹⁰ Cela fut le cas avec une mine de charbon en Ukraine où une explosion de méthane entraîna la mort de 60 personnes qui travaillaient dans la mine.

¹¹ Par exemple les grands accidents chimiques en Inde (Bhopal) et en Ukraine (Tchernobyl).

¹² Cet accident s'est produit à la suite d'un imprévu technique et d'un manque de maintenance dans les installations qui provoquèrent l'explosion d'un oléoduc qui a entraîné la mort de 500 morts.

¹³ De mauvaises manœuvres sur l'embarcation ont provoqué l'écoulement de 25 000 barils de pétrole sur les cotes de l'Alaska ; il n'y eut aucune victime mais de grandes répercussions écologiques qui ont même freiné la réalisation de nouveaux projets pétroliers dans la région.

Accords entre pays développés et pays en développement : Beaucoup d'unités de production ayant un processus technologique élevé, dans les pays développés, tendent à se déplacer vers les pays en développement car les conditions concernant leur installation administrative et légale sont moins contraignantes dans ces derniers; plusieurs d'entre elles sont localisées depuis plusieurs années en Asie et en Afrique. Un autre point important réside dans le déplacement de résidus dangereux vers ces pays, par l'intermédiaire d'une « négociation » d'espaces pour leur disposition qui constitue un risque pour les pays qui les reçoivent.

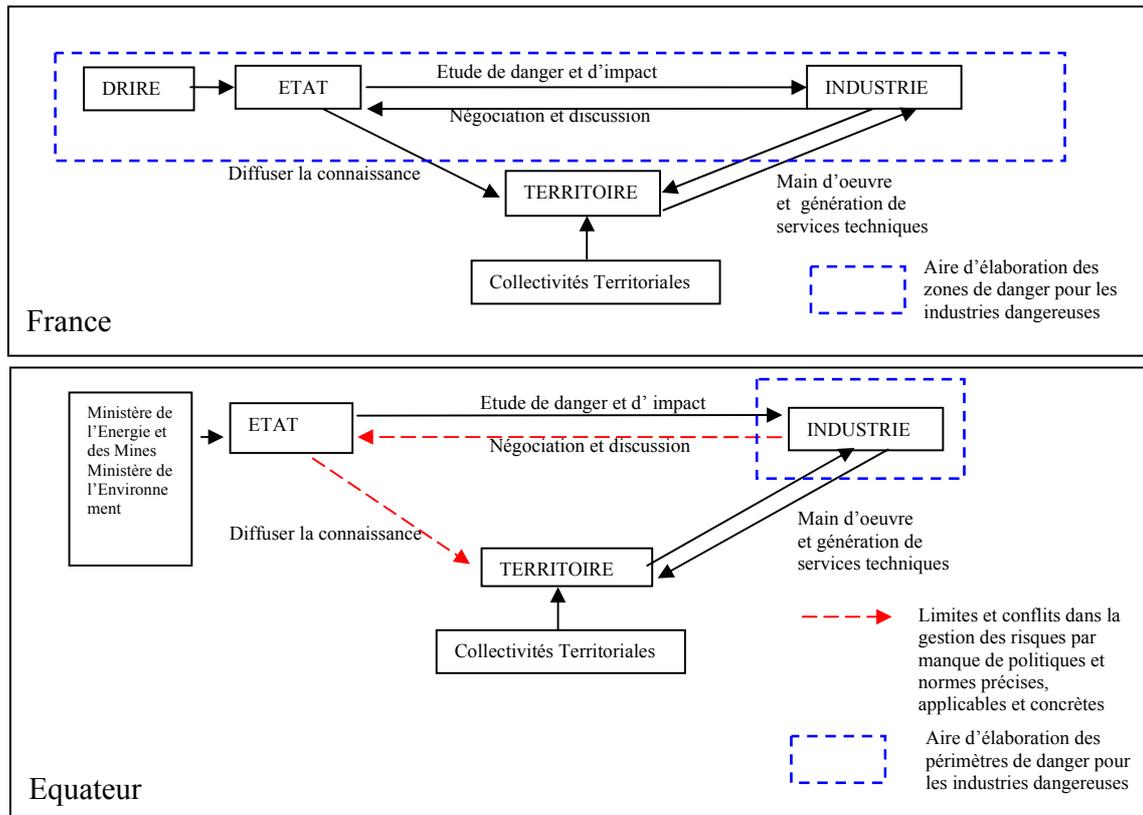
Réglementations et politiques de prévention appliquées à la Gestion de ces risques: Dans les pays développés la « vulnérabilité est moindre grâce à d'incessants progrès en ce qui concerne la prévention et la vigilance » (Dauphiné, 2003). C'est pourquoi les politiques et les actions de contrôle en accord avec des réglementations spécifiques ont été les éléments clés pour exiger une sécurité industrielle dans les pays développés ; en revanche, dans les pays en développement les actions sont limitées, les réglementations et les politiques n'ont pas la priorité gouvernementale car il n'existe pas de spécialistes qui les exécutent, et encore pire, elles ne figurent pas à l'intérieur des plans de planification et d'ordonnance territoriale. Il n'existe pas non plus d'études adéquates en ce qui concerne les impacts et les dangers présents dans les installations industrielles, et s'il y en a elles n'ont pas été diffusées (bien sûr, la majorité des pays en voie de développement n'ont pas subi d'accidents technologiques graves, à l'exception de l'Inde et du Mexique).

Il se passe le contraire dans les pays développés, comme par exemple en France où l'applicabilité des normes de la part du ministère de l'Environnement et de la DRIRE (Direction Régionale de l'industrie, de la recherche et de l'Environnement) sur les installations dangereuses, exige le respect des études sur l'impact et les dangers de leurs installations, lesquelles sont analysées par des techniciens du même organisme qui informeront ensuite la population concernée. Les politiques de sécurité établies par l'intermédiaire des acteurs politiques et des compagnies d'assurance mêmes sont plus importantes dans les pays développés, où s'est formé une « culture de la sécurité à tous niveaux » (sécurité du logement, du transport, de l'emploi, etc.). En revanche, dans les pays en développement cette culture ne s'est pas imposée et n'est pas du tout appliquée aux différents niveaux (*Annexe 4*)¹⁴.

Le schéma 3 montre les différences de conception du risque en prenant comme exemple un pays développé et un pays en voie de développement (France et Equateur respectivement).

¹⁴ Bien que ce ne soit pas un accident de type industriel un exemple qui illustre ce concept fut l'accident survenu à Quito, en Equateur, en 2001, lorsqu'un incendie survenu dans le Congrès National a mis en évidence les déficiences de sécurité concernant un bâtiment qui est non seulement patrimonial, législatif et gouvernemental, mais aussi à forte sécurité physique.

Schéma 3: Les dynamiques de gestion des risques technologiques en France et en Equateur



Source: DRIRE, Fondation « Natura » 2003
 Mise en place: Jairo Estacio (2004)

La localisation des installations industrielles en milieu urbain

La localisation industrielle est considérée à l'intérieur d'une relation *espace - installations* (Bernadette, Merenne- Schoumaker, 2002) et peut être de trois types:

- ❑ Forte concentration d'industries dangereuses dans un espace déterminé.
- ❑ Importante circulation de produits dangereux et inflammables (qui ont déjà causé des accidents et des explosions) le long d'axes urbains.
- ❑ Une industrie dangereuse à proximité de réseaux de services ou d'équipements pourrait compromettre le fonctionnement normal de la cité.

La localisation des industries dans un ou plusieurs sites n'obéit pas à des actes fixes et durables dans le temps, mais obéit plutôt à des changements provoqués par des intérêts particuliers et surtout politiques. Pour maintenir ou déplacer les installations industrielles et les routes des combustibles il faut prendre en compte trois processus importants :

L'exurbanisation des installations et du transport, qui se rapporte au transfert de toutes les activités situées dans des espaces urbains vers des espaces périphériques tels que des zones et des parcs

industriels. Dans ce cas c'est tout l'appareil industriel qui est déplacé vers des zones à moindre risque, même si quelques fois les fonctions administratives restent à l'intérieur de la cité.

La décentralisation des installations, qui cherche à transférer les activités industrielles depuis des métropoles plus ou moins congestionnées jusqu'à des régions périphériques ou en crise. Ce changement est partial puisque l'axe et le siège principal du moteur principal restent encore dans les cités ; c'est-à-dire que l'établissement appelé « nucleus » ou cellule industrielle est considéré comme un lieu de convergence ou de divergence des flux ou comme un centre de travail. Il regroupe différentes activités allant de l'opération, la maintenance et le stockage jusqu'à l'origine et la destination du transport.

Tous ces processus de localisation industrielle ne sont pas isolés dans l'espace puisque le développement de la cité et la croissance de sa population dépassent les attentes concernant les espaces souhaités ou interdits pour leur emplacement. Ce phénomène s'inscrit dans une relation croissance urbaine – industrie.

Un autre phénomène important est la **localisation des espaces dangereux** ou à forte concentration de combustibles à l'intérieur du tissu urbain. Sans aucun doute le danger est ponctuel et dépend de la distance entre les installations et leur relation avec les lieux de concentration urbaine. Un autre type de morphologie urbaine est définie par la localisation plus ou moins continue d'installations dangereuses, alignées le long d'axes principaux de communication.

Caractère de danger des installations

L'étude du danger des installations est définie par la relation *installations – espace* où sont pris en compte les impacts et les relations qui peuvent se créer au niveau local et régional.

Pour cela il est nécessaire d'identifier le niveau de danger des *installations industrielles*, selon le type de matériel stocké, en plus du type de processus (quelques fois peu évident) de leurs activités, leurs fonctions, leurs opérations de production, leur administration et leur relation avec les espaces « *exurbanisés* » ou *décentralisés*.

Un autre aspect à considérer est la *hiérarchisation des établissements industriels*, qui selon le DRIRE (France) se réfère au degré de danger (*peu dangereux* et *hautement dangereux*) déterminé par la quantité et la nature des produits de traitement industriel dans les installations.

Un dernier aspect sont les *possibles réactions et combinaisons de combustibles* avec d'autres éléments : il est important de noter qu'un danger associé à des explosions, BOIL OVER, BLEVE, peuvent s'aggraver si celles-ci se combinent ou réagissent avec d'autres éléments aux caractéristiques similaires, que ce soit dans un entourage immédiat ou dans les mêmes espaces de localisation que les installations.

En revanche, les flux provenant des transports de combustibles et de matériaux dérivés des hydrocarbures (qui impliquent des volumes considérables) sont à l'origine d'une gamme diverse d'accidents, pas en des lieux ponctuels mais dans divers points de l'agglomération urbaine (qui sont les points de départ, d'arrivée et de transit), ainsi que le long des axes de circulation.

Le long des canalisations transportant des combustibles et des dérivés (gazoducs, pipelines, oléoducs) le danger est déterminé en fonction de la disposition spatiale des installations et de l'infrastructure, c'est-à-dire si les canalisations sont à l'air libre ou enterrées.

Une fois identifiés les types d'installations et leurs activités, les dangers peuvent s'analyser suivant leur incidence sur la population et sur le système urbain.

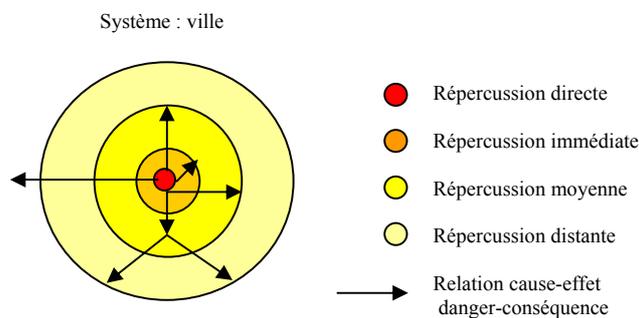
Dans ce sens, l'incidence des événements sur la vie humaine et le milieu urbain est sujette à des facteurs de vulnérabilité liés à la concentration populationnelle et à la quantité d'infrastructures urbaines dans des lieux de danger et le long d'axes routiers de circulation.

Les effets en chaîne des dangers

Plus une société progresse techniquement plus il est lui difficile de contrôler les risques provoqués sur les agglomérations urbaines. La gamme diverse d'accidents réside dans la multiplicité des relations entre les installations de produits combustibles, leurs flux et les caractéristiques économiques et logistiques du territoire urbain impliqué. L'impact qui s'ensuit dépend de :

L'interdépendance entre les sous-systèmes urbains: La ville est un système urbano-relationnel, où un danger ou un problème présent dans l'une de ses parties est assimilé par l'ensemble. De cette manière, après une grave perturbation locale on observe une interdépendance des sous-systèmes qui composent la ville et des répercussions matérielles, économiques et sociales sur son ensemble ; c'est-à-dire qu'un accident physique ponctuel survenu dans un secteur de la ville peut entraîner des commotions qui seront senties d'une manière intégrale¹⁵. Dans le schéma 4 se trouve schématisé le type de répercussions sur la ville, les impacts les plus importants étant dans l'entourage immédiat du scénario de l'accident ou de l'événement, alors que les plus faibles s'en trouvent éloignés. .

Schéma 4: Dynamiques et conséquences de dangers dans le système:ville

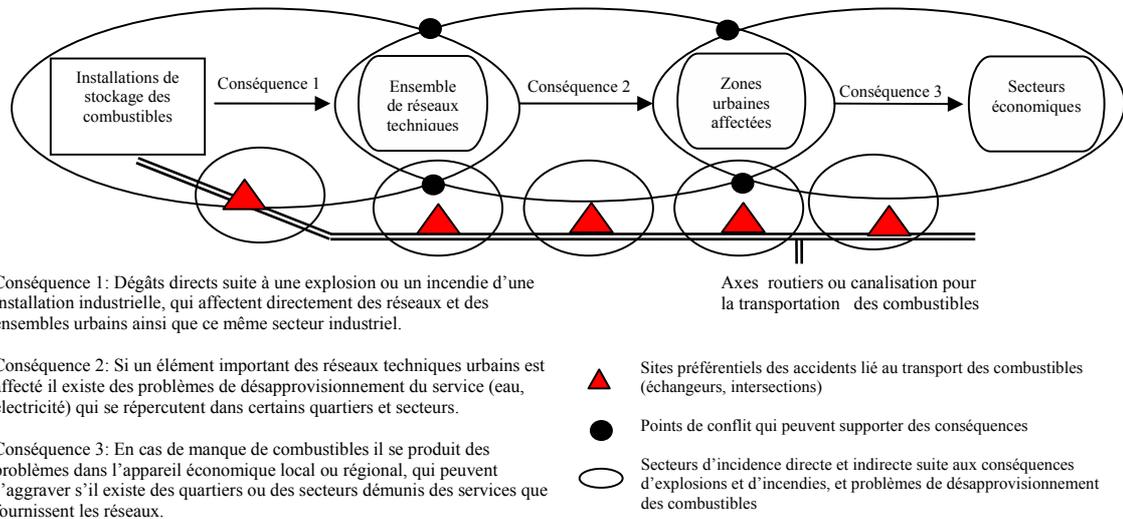


Mise en place: Jairo Estacio (2004)

La forte incidence des événements sur des éléments importants des réseaux de flux urbains.-Une installation de combustibles peut produire des dangers qui affectent non seulement le milieu urbain établi mais aussi les réseaux techniques qui permettent son fonctionnement : électricité, eau potable et viabilité. Quand les installations de ces réseaux importants et vitaux pour le fonctionnement de la ville souffrent des dégâts, s'enchaîne un problème de désapprovisionnement (Voir Schéma 5).

¹⁵ Comme dans le cas de l'accident survenu à Flixborough en Grande Bretagne, dont le dégât fut la destruction de 2 450 maisons et 167 fabriques qui cessèrent de produire, ce qui a considérablement affecté le moteur économique local avec une perte évaluée à plus de 180 millions de dollars (Hiegel, 2003).

Schéma 5: Effets en chaîne des dangers technologiques liés aux combustibles sur des sites urbains



Mise en place : Jairo Estacio (2004)

Ces effets en chaîne se doivent à l'intégrité, la régularité parfaite et la fiabilité des systèmes de réseaux et de flux. Cela signifie que durant le fonctionnement régulier et fiable d'un réseau de flux matériels (eau et énergie) et immatériels (télécommunications), un accident dans une de ses parties va affecter l'ensemble des éléments du réseau, puisque ses erreurs sont assimilés de la même manière qu'est assimilé son fonctionnement optimale (effet domino).

Le transport des combustibles : une source mobile de danger

Les accidents en route sont fréquents mais avec des conséquences locales mineures. Les statistiques montrent que la plupart se produisent aux échangeurs, aux carrefours, sur des aires de stationnement et dans des zones urbaines à forte densité. C'est pour cela que leurs effets sont très ponctuels et la gravité dépend des installations et des services situés aux alentours (Schéma 5).

Les accidents dans les réseaux souterrains (gazoducs, pipelines et oléoducs ; principalement enterrés à au moins un mètre de profondeur) sont peu probables en zones urbaines, la cause la plus fréquents d'accident provenant des œuvres d'excavation dans les centres habités¹⁶. Peu d'événements liés au transport des combustibles ont eu une conséquence catastrophique en ce qui concerne leurs effets et le scénario des accidents; notons quand même le cas de Guadalajara en 1992, au Mexique (Voir tableau 3).

¹⁶ Aux Etats-Unis on a enregistré au cours des années 1980 plus de 18 470 ruptures des réseaux de gaz et de pétrole, entraînant la mort de 340 victimes (Chaline et Dubois, 1994).

Le risque technologique et sa gestion intégrale

Les concepts et les incertitudes pour affronter les risques technologiques

Dans le thème des risques technologiques il est indispensable de parler de niveaux de décision pour les affronter (gestion)¹⁷. Les niveaux de décision incorporent une dimension d'*incertitude* ainsi que des degrés de vulnérabilité institutionnelle. Comment connaître et prendre des décisions à propos des risques ? Cette question surgit dans la mesure que « (...) les décisions qui sont prises ne prennent pas en compte l'infailibilité des arguments de la science moderne et met en évidence le fait que même la décision politique la plus informée renferme des compromis de valeur » (Funtowicz, *et al* 1993); ce qui signifie la nécessité de reformuler des méthodologies d'approximation et de résolution de ces risques.

Les incertitudes présentent deux types de distinctions: l'une, dénommée orthodoxe, est liée au fait qu'un contrôle inadapté des risques technologiques et environnementaux est dû à l'imprécision ou aux limitations de la connaissance technique sur les risques technologiques; l'autre, appelée sociale, englobe le système technique (Wynne, 1992) et incorpore les acteurs et les agents techniques qui génèrent, opèrent, régulent et en fin de compte coexistent avec les systèmes techniques.

Le vide concernant le développement scientifico-technique des risques occasionne aussi les *indéterminations* de la part des acteurs sociaux en ce qui concerne la prise de décisions de contrôle. Le principe d'*indétermination* se base sur le fait que les technologies cessent d'être soumises à une emprise exclusive de la part des industries et des entreprises dans un contexte de sécurité, parce que leurs dangers impliquent une communauté; les technologies s'incorporent donc dans des dynamiques sociales et leurs divers acteurs, c'est-à-dire qu'elles sont pensées depuis un système socio-organisationnel auquel s'ajoutent des décisions préventives.

A l'intérieur de l'*indétermination* les décisions obéissent à deux critères : *un caractère situé*, dans lequel les risques techniquement caractérisés par leurs causes et effets impliquent des décisions d'ordre et de niveau différent (institutionnel, normatif, socio-économique, politique, etc.) qui n'incorporent pas toujours tous les arguments et toutes les actions nécessaires pour leur applicabilité (Wynne:1987). Et *un caractère ample*, dans lequel les effets des décisions et des actions qui ont été prises peuvent ou non aggraver les risques et leurs conséquences. Par exemple, une installation d'approvisionnement de gaz, à quantité égale, peut représenter plus de danger qu'une autre de par l'inefficacité de ses décisions et des actions de prévention et de sécurité (Firpo, y Freitas, 1996).

Même si les réglementations et la normalisation ne sont déjà pas suffisantes pour résoudre le problème *per se*, le manque de lignes directrices précises augmente l'indétermination, c'est-à-dire qu'il donne lieu à des conflits chroniques et des indécisions, ce qui rend difficile la prévision et la planification, et diminuent la légitimité et l'intégrité des institutions (Wynne, 1992).

Gouvernabilité et principe de précaution

La recherche de solutions aux problèmes technologiques est complexe puisque entre en jeu une diversité de valeurs et de positions qui s'imbriquent dans des questions institutionnelles, en consensus pour sauvegarder un système sociopolitique, ou dans les menaces et les dangers qui affectent un espace.

¹⁷ On entend par gestion l'ensemble de diligences nécessaires pour atteindre un but.

Pour comprendre la dynamique et la complexité des risques actuels il est important que la définition de départ du risque inclue les relations entre les aspects « purement » techniques et les aspects sociopolitiques. Pour que les aspects sociopolitiques soient techniquement adaptés et satisfaisants (aspects importants pour la stabilité des décisions) ils doivent être traités à l'intérieur de la conception des solutions et non comme externalités, sinon sera créée une tergiversation dans les décisions.

Le *principe de précaution*, par rapport à la responsabilité du comportement éthique de l'homme et le respect à la vie (Jonas Hans, 1990), se présente comme un des ponts possibles entre la gouvernabilité¹⁸ et le risque (De Marchi y Funtowicz: 2002). Cela est dû au fait que dans ses propositions, il est capable d'articuler des objectifs scientifiques et ethico-politiques afin de guider l'élaboration de politiques publiques en relation aux risques, soutenues par des consensus plus amples et plus stables.

Un des postulats sur le principe de précaution est décrit par Lowell (Décembre 2001) dans son discours sur la Science et le Principe de Précaution où il mentionne les éléments nécessaires pour le mettre en pratique: *« la défense du droit de base de chaque individu et des futures générations pour un environnement sain et promoteur de vie ; l'action préventive quand il existe une évidence crédible qu'un dégât se produit ou peut se produire, même quand la nature exacte et la magnitude du dégât ne sont pas totalement connues ; l'identification, l'évaluation et la mise en pratique des chemins les plus sûrs pour satisfaire d'une manière viable les nécessités sociales ; assigner aux promoteurs des activités potentiellement dangereuses la responsabilité d'étudier à fond les risques pour pouvoir les réduire, ainsi qu'évaluer et choisir les alternatives les plus fiables pour satisfaire une nécessité particulière, dans une révision indépendante du processus ; et appliquer des processus de prise de décisions transparents et complets pour augmenter la participation de tous les acteurs impliqués et des communautés (particulièrement ceux qui seraient potentiellement affectés par une décision au niveau des politiques). »*

La science Post-Normale et les solutions urbaines aux risques technologiques

Le critère fondamental de la science post-normale est de chercher des solutions qui soient viables et sûres à des problèmes ayant une base scientifique et qui ne possèdent pas d'arguments, d'explications et de prédictions qui permettent de « contrôler » la complexité de leurs causes et effets. La majorité des problèmes environnementaux ou des risques technologiques actuels se situent dans ce contexte, ce qui signifie que le problème du risque peut faire l'objet de l'application de cette nouvelle conception, offrant un chemin qui ne recherche pas des solutions finies mais qui essaye plutôt d'établir et de concilier des processus pour la gestion de tels problèmes complexes. Au contraire de la science normale, dont la pratique traditionnelle consiste communément à isoler les valeurs et à en simplifier la complexité, la science post-normale part d'une base éthique et intellectuelle différente en proposant d'incorporer ces éléments comme principaux axes d'attention.

Funtowicz et De Marchi exposent clairement: « dans la science post-normale, le principe organisateur n'est pas la vérité sinon la qualité. Le travail à effectuer n'est pas celui d'experts individuels qui découvrent des faits réels pour élaborer de bonnes politiques mais il s'agit bien d'un

¹⁸ La gouvernabilité se réfère à un « processus continu dans lequel se conjuguent des intérêts divers et en conflit et s'adopte quelque action coopérative. Sont inclus les institutions formelles et les régimes ayant le pouvoir de se faire obéir, tout comme des arrangements informels que les personnes et les institutions ont accordé et perçu comme intérêt propre » (Commission sur la Gouvernance Globale 1995:2 en De marchi et Funtowicz, 2002).

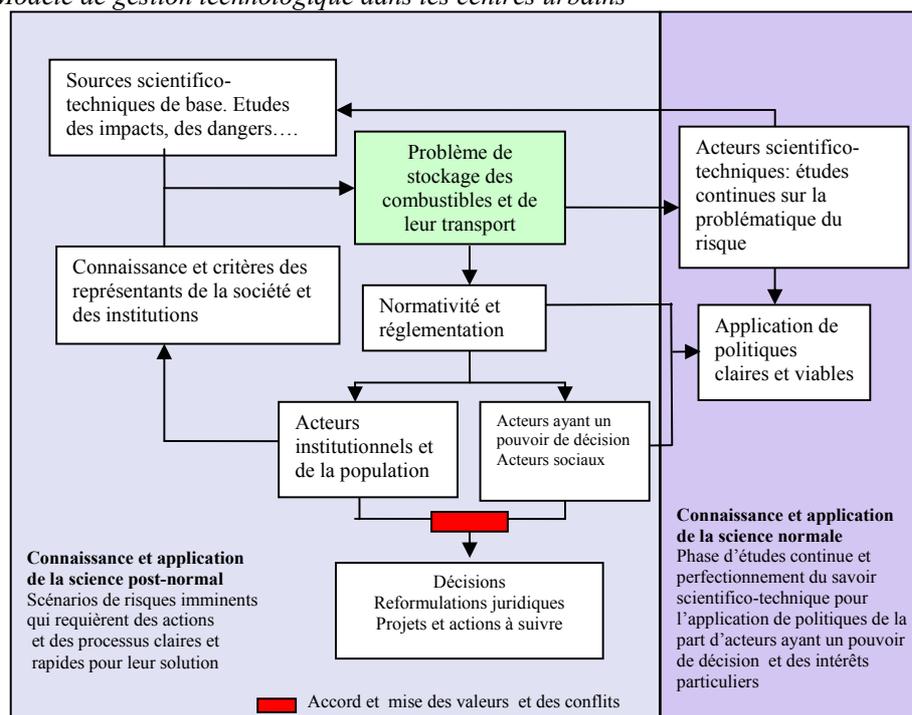
travail qui ressort du domaine d'une communauté étendue et qui évalue et gère la qualité des inputs¹⁹ scientifiques en processus complexes de prises de décisions où les objectifs sont négociés depuis des perspectives et des valeurs en conflit. Nous avons encore besoin d'une science traditionnelle et d'une technologie de bonne qualité, mais leurs produits doivent être incorporés dans un processus social intégrateur. De cette façon, le système scientifique se convertira en un input utile pour de nouvelles formes de décision politique et de gouvernabilité » (1993). La nécessité de garantir la qualité des décisions ne revient pas seulement au système scientifique et de production des connaissances, mais aussi au sociopolitique dans la mesure où il est nécessaire d'avoir une communauté étendue qui soit préparée au dialogue ; dialogue dans lequel le droit à l'information et le droit à la participation sont des piliers fondamentaux.

Critères de base de la science post-normale et principe de précaution

Ces critères sont de diverses sortes et contribuent à une meilleure compréhension de la gestion intégrée du risque technologique, supportant de plus des processus qui doivent associer un scénario étendu et participatif dans lequel sont impliqués non seulement les différentes sources de savoir mais aussi les différents représentants de la société, le pouvoir public, les institutions et les réglementations (liées au stockage et au transport des combustibles).

Dans la Schéma 6 sont définis les processus d'échange et d'accord technico-sociopolitique

Schéma 6: *Modèle de gestion technologique dans les centres urbains*



Source: Funtowicz et De Marchi, 2002
 Mise en place : Jairo Estacio (2004)

¹⁹ Input : terme anglais qui se réfère aux éléments d'entrée.

A l'intérieur de l'*accord* il existe une échelle des valeurs très importante à prendre en compte lors de la prise de décisions en vue de résoudre les conflits.

Effectuer un travail commun est difficile quand interviennent des intérêts totalement opposés (surtout économiques). Il est difficile d'estimer les coûts de prévention des risques tout comme les formules pour déplacer ou fermer définitivement les établissements dangereux. La solution est de chercher des intérêts horizontaux communs qui garantissent le principe de gestion intégrale des risques, qui sont la prévention et la garantie de l'intégrité et de la survie des habitants. Pour cela il est important de prendre en compte des priorités qui se basent sur des principes d'intérêts totalement particuliers (*Annexe 5*).

Etablissement de moyens juridiques pour une gestion intégrale adéquate des risques

Un des aspects ayant la même importance que les inputs est la réglementation et la normativité qui ont en majorité une portée limitée et peu d'applicabilité pratique. Les avancées technologiques des industries laissent des vides juridiques en ce qui concerne la formation de nouveaux dangers.

D'autre part, le développement des villes permet des changements d'usage et d'occupation des sols ; dans ce cas l'ordonnance territoriale doit fournir une législation cohérente du sol, toujours accompagnée d'une distinction des sites industriels (bien que l'apparition de nouveaux sites puissent créer un autre type de risque et de nouvelles lois). Pour les industries qui représentent un problème relativement grave la solution peut être la fermeture ou le transfert ; mais le transfert implique de nouveaux itinéraires de transport des matériaux dangereux et génère d'autres risques.

Les principaux moyens juridiques pour contrôler le sol sont (en France) le PLU (Plan Local d'Urbanisme), où sont établies des limites de zones inconstructibles ou à vocation industrielle. A cela s'ajoute le COS (Coefficient d'Occupation du Sol), qui conditionne la zone d'édification (dans le cas d'une industrie) sur une propriété, et en quelque sorte cette spécification technique de construction limite les risques.

De la même manière, la législation stipulée dans l'ordonnance territoriale doit intégrer une base juridique qui concerne le transport des matériaux inflammables et dangereux ; base juridique qui doit aussi être incluse dans les documents d'urbanisme.

La réglementation qui concerne les dangers inhérents aux flux des matériaux dangereux sur les routes ou autoroutes doit prendre en compte non seulement l'identification du chargement mais aussi les sites de relocalisation et de réorganisation des zones de stationnement et des routes alternatives.

En ce qui concerne les pipelines, gazoducs et les canalisations d'hydrocarbures liquides, gazeux et liquéfiés, les ordonnances doivent prendre en compte les usages du sol en zones périurbaines, et dans le cas de zones comportant une agglomération il faut considérer la fiabilité de la canalisation comme un aspect important de respect et de devoir.

Dans ce contexte ce sont les acteurs sociopolitiques qui doivent participer à la restructuration, la formulation et la reformulation des moyens juridiques afin de rendre légitime le pouvoir public et les institutions à charge.

DEUXIEME PARTIE

Les risques technologiques liés aux combustibles dans le District Métropolitain de Quito (Equateur): types, conséquences, gestion intégrale.

L'objectif de la présente partie est d'analyser la problématique des risques technologiques actuels en Equateur et plus particulièrement dans le DMQ compte tenu des points de vue suivants :

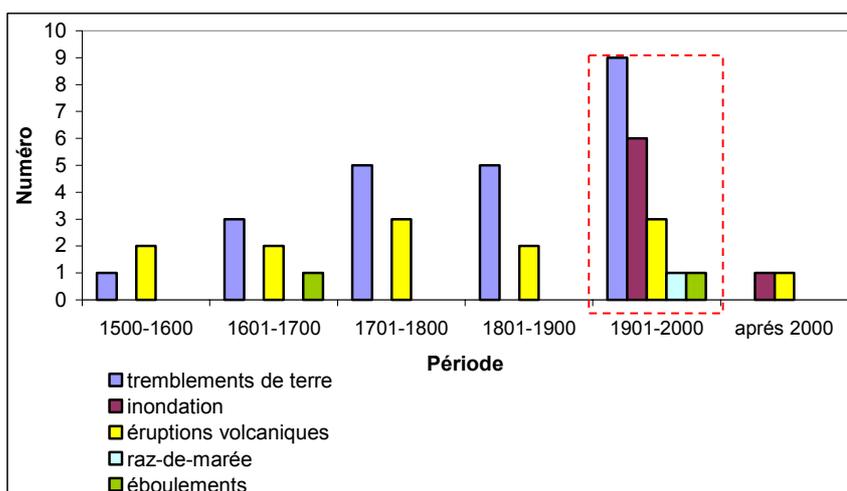
- L'approche théorique de la première partie constitue une base pour la compréhension des risques technologiques, la définition de scénarios d'accidents, la localisation des installations dangereuses dans l'espace urbain, la mise en évidence d'espaces vulnérables et la définition d'une politique à mener pour une gestion intégrale des risques.
- L'utilisation de bases de données concernant les risques avérés permet de comparer les risques technologiques avec ceux d'origine naturelle et de faire ressortir leur importance en tant que problème récent et récurrent.
- L'utilisation des outils et des modèles comme les SIG, les chorèmes et la systémique aide à apprécier les espaces exposés aux risques technologiques (à grande échelle) et les conséquences dans le DMQ (à microéchelle). Ces outils permettent de tester différentes méthodes pour la représentation spatiale des risques technologiques dans la ville et de faire des suggestions pour son amélioration.
- La considération d'un schéma général s'appliquant à la gestion intégrale des risques technologiques dans le DMQ sert à mettre en pratique les discussions et les solutions proposées pour résoudre les conflits entre les principaux acteurs impliqués, ainsi qu'à fournir des idées concernant les futures études de vulnérabilité politique et institutionnelle de la ville.

Introduction aux risques technologiques en Equateur

En Equateur les études sur les risques d'origine naturelle ont jusqu'à présent été prioritaires par rapport aux autres études de risques. Cela est dû au fait que l'Equateur présente une gamme diverse de phénomènes et de menaces causés par la présence de volcans actifs, de failles géologiques actives, de l'influence d'événements ENSO²⁰, de l'influence de la Plaque Sud-américaine (une des plus actives au monde), de la localisation du pays dans la zone de la Ceinture de Feu du Pacifique, entre autres.

Les catastrophes liées à ces phénomènes naturels sont fréquentes (*Schéma 7*), quelques unes ayant eu des répercussions dramatiques comme celles occasionnées par les événements ENSO des années 1997 et 1998²¹ ; les tremblements de terre comme par exemple celui de 1987, dont l'épicentre fut dans la forêt amazonienne et qui a affecté mêmes les régions du Pichincha et de l'Imbabura qui se trouvent sur la cordillère des Andes²² ; et les éruptions volcaniques²³ comme celles du Guagua Pichincha et du Reventador tout récemment. La gravité de ces catastrophes a augmenté à cause de la présence toujours plus importante de populations exposées.

Schéma 7: Les fréquences des catastrophes naturelles enregistrées durant la période 1500-2000 en Equateur



Source: Fondation Natura, Défense Civil, 2004, Loyd CAS, 2004, Journal "Hoy" 2002
Mise en place: Jairo Estacio

Cependant, les études des risques technologiques ne furent pas développées en Equateur car il y a de nombreux vides dans le domaine juridique (pas de lois claires, précises et applicables) et cela

²⁰ Abréviation anglaise de « Oscillation Sud d'El Niño », ce qui correspond aux phénomènes produits par les courants d'El Niño. Cet événement est une variation climatique produite par les courants marins ; leur conséquence étant une variation climatique manifestée par d'importantes précipitations qui affectent directement la cote équatorienne, des crues de rivières et de fortes inondations.

²¹ Les inondations produites par la présence d'El Niño ont fait des dégâts évalués à 152,2 millions de dollars seulement dans le secteur du logement ; ajoutons à cela plus de 286 morts, 30 000 sans abri, des ponts de communication détruits et des autoroutes endommagées (D'Ercole, Trujillo 2003).

²² Ce tremblement de terre a causé 3500 décès, des dégâts sur l'oléoduc trans-équatorien et la conséquente réduction de 60% des revenus d'exportation, la fermeture de routes pour cause de glissements de terrain, et la marginalisation de peuples pour une période considérable (Sierra 2000).

²³ L'éruption du Guagua Pichincha a provoqué l'évacuation des secteurs de Lloa et de Quito, avec comme conséquence le dysfonctionnement urbain à Quito et les pertes agricoles de secteurs éloignés du volcan. En 2002 l'éruption du Reventador a causé d'importantes pertes dans le secteur productif, des dégâts dans les oléoducs et des problèmes de communication avec des peuples de l'Amazonie (Estacio, D'Ercole 2002).

empêche l'ordonnance et la planification territoriale (bien qu'il se soient produit plusieurs accidents dans l'industrie chimique et pétrolière, comme on peut l'observer dans le *tableau 4*) ; une des raisons est due au fait que les risques ne sont que rarement pris en compte par les autorités nationales dans la gestion urbaine, et leur présence assez fréquente a obligé la population à s'en habituer²⁴.

Tableau 4: Les principaux événements technologiques en Equateur entre 1995 et 2002

DATE ET LIEU	EVENEMENTS LES PLUS IMPORTANTS	IMPACTS
1995, Latacunga	Déversement de 150 gallons de liquides toxiques	110 personnes exposées, pollution de sources d'eau, aucun suivi environnemental de l'accident.
1995, Quito, Panaméricaine Sud	Déversement de 40 tonnes d'acide sulfurique dans le fleuve Machángara	40 000 dollars de pertes pour l'entreprise, aucun suivi environnemental de l'accident.
1996, Quito Quartier Jipijapa	Incendie d'une entreprise textile. Brûlure de fibres synthétiques, de solvants, d'acides et de teintures.	12 pompiers asphyxiés, 180 personnes évacuées et 400 000 dollars de pertes pour l'entreprise.
1997, Bahía de Caráquez	Fuite d'ammoniac y de fréon d'une usine de conditionnement.	100 intoxications et 300 évacués.
1997, Quito San Rafael	Explosion de dynamite dans une poudrière militaire.	4 morts, 190 blessés, 4 hélicoptères endommagés et d'autres dégâts matériels non chiffrés.
1997, Sangolquí Rumiñahui	Explosion d'un nébuliseur d'alcool méthylique dans une fabrique de cure-dents	30 personnes brûlées, 4 morts, pertes matérielles de la fabrique.
1997, Amaguaña	Explosion de dynamite dans un dépôt militaire	4 morts et 190 blessés.
1997, Guayaquil	Explosion de 40 caisses de mortiers.	17 morts et 38 blessés.
1998, Guayaquil	Déversement de 20 000 gallons de fuel dans l'estuaire	Défoliation du palétuvier, mort de crustacées et de mollusques, problèmes génétiques et reproductifs chez les animaux et êtres humains.
1998, Durán	Explosion de chaudières dans une fabrique d'huile	Pas répertorié
1998, Esmeraldas	Déversement de 8000 barils de pétrole brut et 3500 de diesel après la rupture du Système d'Oléoduc Trans-équatorien et incendie de 8 Km le long des fleuves Esmeraldas et Teaone.	12 morts, 180 blessés, 170 maisons détruites, pertes économiques d'une valeur de 5 million de dollars, dégâts matériels et sociaux non chiffrés.
1998, Guayaquil	Expansion de gaz toxiques des égouts. Résidus d'huile de résine, utilisés dans l'industrie de la fibre de verre.	Vomissements et évanouissements chez les personnes situées dans la zone d'influence.
1998, Quito	Explosion de cabines de peinture dans une usine d'assemblage.	10 blessés, aucune évaluation des dégâts matériels.
1998, Daule	Incendie dans un entrepôt de produits finis d'une industrie de savons et de comestibles.	17 pompiers asphyxiés, la rivière Daule polluée par les eaux d'incendie et 15 millions de dollars de pertes matérielles.
1999, Quito	Explosion d'un chaudron et fuite d'ammoniac dans une fabrique de bières à Cumbayá.	Evacuation des habitations proches, dégâts dans les installations et paralysie de l'entreprise pendant 3 semaines.
1999, Manta	Fuite de fréon dans une usine d'emballage	400 évacués.
2000, Guayaquil	Fuite d'au moins 6 tonnes d'ammoniac dans une fabrique de bières.	Paralysie pendant 6 jours de l'entreprise et de 4 usines voisines.
2000, Quito	Fuite d'ammoniac dans une fabrique de glaces.	
2000, Guayaquil	Incendie d'un camion citerne transportant du diesel et du gasoil.	3 personnes brûlées et la route Daule fermée pendant 8 heures.
2000, Guayaquil	Renversement d'une remorque contenant 4 tonnes de cyanure de sodium.	Pont de l'Unité National fermé pendant 5 heures et évacuation d'un périmètre de 1500 mètres.
2001, Lumbaqui	3 635 barils de pétrole déversés, provoquant des explosions (attentats terroristes présumés).	Pollution du fleuve Aguarico, pertes économiques et destruction d'un écosystème productif pour les communautés

²⁴ Bien que ce ne soient pas des accidents technologiques du type de ceux examinés dans la présente étude, les deux exemples suivants illustrent l'acceptation de la population par rapport aux risques et le manque de législation appropriée pour les éviter : au cours des 10 dernières années il y a eu 4 accidents aériens en zones urbaines qui sont la cause de plus de 300 décès et des centaines de blessés (une d'entre eux a affecté Quito en 1998). En 1998 l'Equateur fut le deuxième pays au monde au niveau des morts par accidents de circulation (SIAT, 1999).

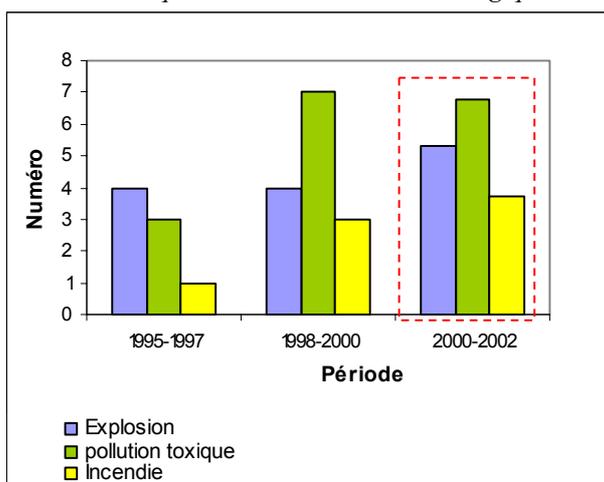
2001, El Guango	Rupture de l'oléoduc à cause d'un glissement de terrain. Ecoulement considérable	50 m affectés
2001, Galápagos	Echouement de l'embarcation Jessica et déversement de 280000 gallons de combustibles	Pollution du Parc National Galápagos. Dégâts environnementaux inchiffrables.
2001, Quito	Fuite de 6 tonnes de GLP en zone urbaine	700 évacués.
2001, Guayaquil	Fuite d'ammoniac	50 personnes affectées dont 5 par inhalation d'ammoniac, interruption de la circulation pendant 2 heures et perte de 30 Kg d'ammoniac
2001, Quinindé	Incendie due à une rupture de l'oléoduc	1 Km de végétation affectée à Esmeraldas – El Zapotal, nombreuses pertes économiques et dégâts écologiques incalculables.
2001, Oriente	Plusieurs ruptures de l'oléoduc El Sote	Dégâts environnementaux, incendie d'un véhicule de passagers.
2002, Quito	Incendie d'un entrepôt de produits finis dans une chaîne de supermarchés	Feu pendant 96 heures, 70 millions de gallons d'eau d'incendie versés dans les égouts et pollution environnementale par dioxine et furane.
2002 – Galápagos	Echouement et déversement de 30000 gallons de combustibles	Dégâts environnementaux incalculables dans le Parc National Galápagos.
2002 Riobamba	Explosion d'un entrepôt de munitions militaires	8 morts, 2500 affectés, 535 sans abri, 50 millions de dollars de dégâts.
2002, Lago Agrio	Explosions de l'oléoduc trans-équatorien vraisemblablement dues à des attentats externes	L'explosion a atteint un bus qui passait par là, entraînant la mort de 5 personnes et 20 blessés graves.

Source: Défense Civil 2004, Fondation Oikos 2000, Fondation Natura 2001
 Mise en place: Jairo Estacio

Comme le montre le tableau 4 la plupart des accidents chimiques et de combustibles se sont produits dans les 2 plus importantes villes de l'Equateur : Quito (la capitale) et Guayaquil (où se trouve concentrée la plus grande partie de l'économie nationale) ; ces 2 villes renfermant un grand nombre d'industries dans leurs espaces urbains.

Contrairement aux accidents d'origine naturelle, ceux de type technologique sont plus récurrents (avec un nombre annuel et même mensuel plus élevé, et des conséquences et pertes économiques plus importantes), et augmentent chaque fois plus à cause de l'apparition de scénarios d'accidents. Dans la Schéma 8 est illustrée leur fréquence durant la période 1995 – 2002.

Schéma 8: Fréquence des accidents technologiques enregistrés entre 1995 et 2002 en Equateur



Source: Fondation Natura, Défense Civil, 2004, Lloyd CAS, 2004, Journal "Hoy" 2002
 Mise en place: Jairo Estacio

Les scénarios d'accidents les plus fréquents en Equateur sont dus à la pollution toxique et aux fuites de produits dangereux, suivis ensuite en récurrence par les explosions et les incendies²⁵. Beaucoup d'accidents sont la cause d'une mauvaise utilisation de produits chimiques dangereux, d'une vulnérabilité technique et physique de la construction, et de mauvaises manoeuvres autour des installations. D'autres accidents ont pour origine des phénomènes naturels, comme celui qui s'est produit à Esmeraldas en 1998, causé par un séisme qui a provoqué l'explosion d'une grande partie de l'oléoduc de pétrole brut destiné à l'exportation.

Depuis 2001, dans le secteur amazonien, l'oléoduc trans-équatorien (qui n'est pas enterré dans certains endroits et donc sujet à la manipulation humaine) fut le sujet de constantes explosions et d'incendies, provoqués délibérément par des groupes terroristes ou anti-gouvernementaux²⁶. Cela a marqué le début d'un nouveau type de risques technologiques, lié à des facteurs sociaux.

Mais quelles sont les conséquences d'une rupture de l'oléoduc ou d'installations pétrolières au-delà de son danger évident ? La réponse est encore imprécise à cause du manque de connaissance du sujet. Ce qui est certain c'est que ce système est le plus vulnérable pour des facteurs propres et externes, leurs effets n'étant pas seulement des répercussions sur l'environnement et la population mais aussi de graves problèmes de déstabilisation socio-économiques du pays ; d'un côté se perdent des revenus économiques importants au niveau de l'exportation, et d'un autre côté se paralysent des activités dépendant directement du pétrole.

Espaces à risques d'origine naturelle et leurs relations avec les risques technologiques

Le District Métropolitain de Quito est le lieu de concentration majeure des espaces de risques urbains (ils peuvent être de type naturel, technologique et social, pour citer les plus importants). Le DMQ comprend la ville de Quito et son district (paroisses suburbaines) ; la ville se trouve situés au dessus de 2800 mètres au-dessus du niveau de la mer, au pied du Pichincha, sur la cordillère occidentale, et sa situation géographique est sujette à des menaces d'origine naturelle de divers types:

Sismique, dont le degré de récurrence (durant les dernières 460 années) est resté aléatoire. Ces menaces sont associées à des tremblements de terre dont 5 (1 au 16^e siècle, 2 au 18^e siècle et 2 au 19^e siècle)²⁷ ont eu des répercussions sur la population.

Volcanique, dû au fait que le DMQ est entouré de 6 volcans actifs situés à une distance maximale de 100 Km²⁸ de la ville de Quito, et dont les phénomènes les plus représentatifs ont été des lahars ou

²⁵ La récurrence se mesure en se basant sur les événements reportés ou compilés officiellement, mais il en existe d'autres qui ne sont point reportés comme par exemple les accidents de travail (Section du risque du travail de l'IESS, 2001). La même chose se passe avec les incendies qui sont uniquement reportés quand ils sont importants (par exemple ceux du type Boil Over).

²⁶ Comme l'a expliqué le Ministre Equatorien de l'Energie et des Mines : « l'infrastructure est vulnérable puisqu'il est très difficile de mettre un militaire tous les 100 mètres pour surveiller l'oléoduc » (Journal « Hoy », 2002).

²⁷ Données obtenues par le Project pour la Gestion du Risque Sismique à Quito, 1996.

des coulées de boue²⁹, des chutes de cendres et des chutes de pierre (Voir *Schéma 9*, Cartes A1 et A2)

Morpho-climatiques, provoquées par l'association d'effets extrêmes du climat sur des reliefs et des sols, comme par exemple la présence de facteurs déterminants tels que des pluies intenses, des versants abruptes, la présence de ravins, les talus et la composition du sol. Ces menaces provoquent des dégâts considérables avec des affaissements, des inondations, des coulées de boue et des éboulements, avec des conséquences sur le développement des activités humaines (*Schéma 9*, Carte B). On estime qu'il y a eu environ 4 phénomènes considérables par an entre 1900 et 1988 (Peltre, 1989).

Technico-naturelle, provoquées par l'association d'effets excessifs du climat avec la présence d'œuvres civiles inachevées ou sans techniques de prévention, ou de mauvaises pratiques populationnelles sur le territoire (voir le *Cadre 1* pour d'autres critères). La conséquence de ces dernières a été la déforestation de pentes et de talus, et de mauvaises constructions dans des zones restreintes (par manque de respect de l'ordonnance de l'Usage et de l'occupation du sol), aggravant les risques d'origine naturelle au cours des dernières années et augmentant l'érosion et les infiltrations du sol³⁰ (*Schéma 9*, Photo A).

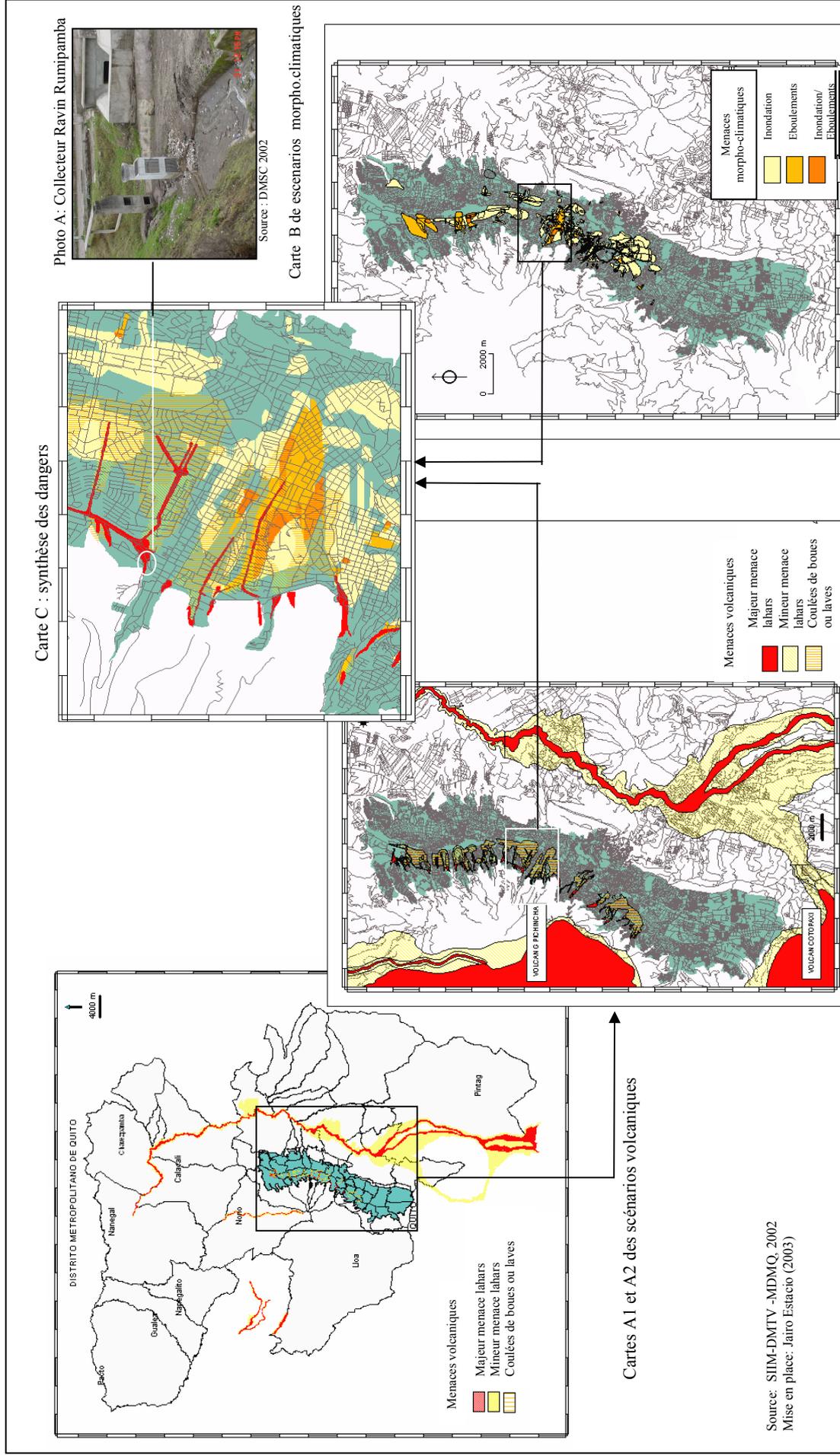
S'il on ajoute les dangers d'origine naturelle, comme les menaces volcaniques et quelques dangers morpho-climatiques, on obtient des scénarios de menaces qui affecteraient un grand pourcentage de la ville (*Schéma 9*, Carte C).

²⁸ Ces volcans sont : le Guagua Pichincha, le Cayambe, le Cotopaxi, le Pululahua, le Reventador et le Ninahuilca.

²⁹ Selon D'Ercole (1989) et Bemmelen (1946) les lahars sont définis comme « des coulées de boue qui contiennent des décombres et des blocs angulaires, principalement d'origine volcanique ». La genèse de ces phénomènes peut se présenter durant de fortes pluies ou des éruptions volcaniques qui provoquent la fonte de glaces et de neiges proches du cratère.

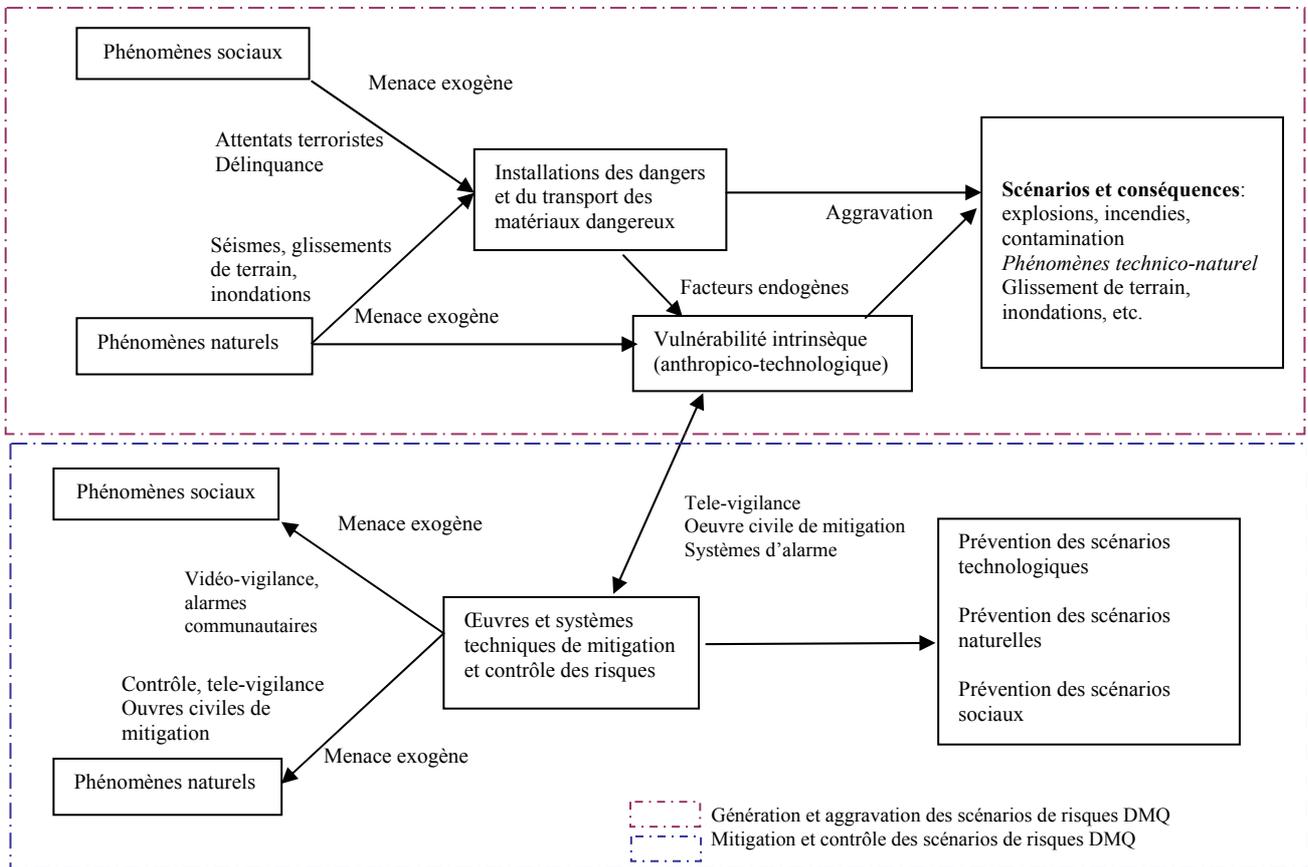
³⁰ Par exemple, la construction de maisons sur les pentes du quartier El Condado (au nord de Quito) et l'excessive déforestation ont provoqué en 1983 un fait considéré comme important dans l'historique des accidents : la présence de fortes pluies dans le secteur et l'incapacité du système d'égouts à recueillir les eaux de pluie a provoqué le glissement d'un versant, provoquant la mort de 3 personnes, la destruction de 10 maisons et de multiples dégâts dans la propriété privée.

Schéma 9: Quelques risques d'origine naturelle dans le DMQ



D'autre part, comme on peut l'observer dans la Schéma 10, la présence d'éléments technologiques et d'œuvres techniques sont le centre d'une dynamique qui peut aggraver ou minimiser les risques d'origine naturelle ou d'origine sociale. Il ne faut pas oublier que la présence d'éléments technologiques est associée au développement industriel et économique du DMQ.

Schéma 10: Dynamique des installations technologiques concernant la mitigation ou l'aggravation des scénarios de risque du DMQ



Mise en place: Jairo Estacio (2004)

Les œuvres civiles sont communément réalisées pour améliorer certaines nécessités, mais elles ont d'une certaine manière des effets contradictoires: d'un côté elles protègent de possibles accidents, mais d'un autre côté leur vulnérabilité peut aggraver le risque³¹, de la même manière que si elles restaient inachevées ou si leur achèvement était reporté³². Dans ce contexte les éléments de risque technologique dans le DMQ se trouvent au centre de divers phénomènes et scénarios d'accidents non seulement technologiques sinon naturels, établissant l'importance d'une étude déterminée par la récurrence, la priorité et la gestion à l'intérieur d'une gestion générale.

³¹ Par exemple, l'accident (récurrent) survenu dans le secteur de San Roque et La Libertad en 1983, quand des pluies torrentielles ont provoqué le débordement d'un canal d'irrigation qui remplit les caniveaux justement construits pour éviter le flux d'eau vers les pentes (lesquels ne remplissaient pas les conditions techniques requises pour leur fonctionnement). Cet accident a détruit plus d'une vingtaine de maisons, faisant 4 morts et de nombreux blessés (Peltre, 1989).

³² Comme par exemple les accidents survenus sur la voie orientale durant la période hivernale de l'année 2002, où au moins 2 accidents ont été causés par des travaux inachevés sur les versants et talus (DMSC-MDMQ, 2002).

Evidence des principaux risques avérés et potentiels liés aux éléments technologiques importants

Les risques potentiels et avérés³³ ont une relation avec leur « évidence » que l'on peut observer sous un angle de « certitude du risque » (comme dans le cas d'installations de produits dangereux en zones peuplées), ou que l'on peut évaluer en fonction d'expériences antérieures. Cependant, la présence de ces dangers n'a pas été suffisante pour forcer des décisions et des solutions en ce qui concerne le contrôle des dangers technologiques dans le DMQ³⁴; ce qui démontre que l'évidence d'un danger avéré peut ne pas être suffisant quand il existe d'autres intérêts, politiques ou économiques.

Les moyens d'information (Douglas, 1994) ont mis en évidence les risques à travers le maniement de la communication et de l'information ; pour eux, la pollution environnementale, les accidents de la route, la pollution industrielle, le problème des décharges publiques, et le problème des accidents de la circulation, sont des thèmes prioritaires récurrents qui doivent être traités comme problèmes quotidiens dans le DMQ et qui doivent aussi être quotidiennement disséminés parmi la communauté.

Une autre évidence est liée à l'« acceptabilité » de la société et des autorités face à un risque dont l'occurrence quotidienne devient « normale ou habituelle », avec la population s'habituant à vivre avec ce risque³⁵. Dans ce type d'évidence, la passivité des acteurs publics et de la population est chaque fois plus importante, jusqu'à devenir des « spectateurs » de la gestion urbaine malgré l'insistance des moyens de communication dans la diffusion de ces thèmes.

Divers risques potentiels et avérés dans le DMQ manquent d'une législation de contrôle. On connaît les dangers de la pollution, les problèmes de stockage de produits chimiques dangereux et de produits radioactifs en zones urbaines, mais pratiquement rien n'est fait pour les éviter, ce qui entraîne une contamination toxique ou des impacts toxiques causés par les déversements, la pollution et la mauvaise planification des dépôts d'ordures³⁶ (*Schéma 11*, Carte A et B). Un cas différent est constitué par les systèmes de réseaux urbains d'égouts, le réseau électrique et le réseau d'eau potable, qui, du fait d'avoir subi des accidents récurrents et d'avoir engendré des risques avérés depuis plusieurs années (*Schéma 11*, Carte C), reçoivent actuellement une priorité en ce qui concerne leur mitigation. Cela est démontré par des projets d'amélioration du système d'égout, l'optimisation du système d'eau potable et la fiabilité du système électrique du DMQ.

Le tableau comparatif suivant montre quelques exemples d'éléments technologiques évidents et de majeur danger dans le DMQ, leurs risques potentiels et avérés.

³³ On a mentionné dans l'introduction que les risques potentiels sont ceux dont on a peu de connaissances statistiques en ce qui concerne leurs accidents ; au contraire des risques avérés dont la connaissance statistique est très vaste.

³⁴ Par exemple, plusieurs accidents d'avion, produits de la situation de l'aéroport de Quito à l'intérieur d'une zone urbaine à haute densité et de ses conditions techniques limitées (longueur de la piste d'atterrissage qui n'est pas aux normes internationales), n'ont pas manqué pour appuyer la décision politique de le déplacer vers un secteur plus adapté (*Schéma 11*, Carte B) ; récemment, en 2002 (après avoir considéré l'expansion urbaine et une possible fermeture à cause des accidents récurrents), il fut décidé de construire un nouvel aéroport loin de la ville, avec de meilleures caractéristiques de sécurité, et un équipement respectant les normes internationales.

³⁵ Ceci est le cas avec les accidents de la circulation, la pollution ou les problèmes liés aux risques du travail.

³⁶ Basé sur l'Ordonnance Métropolitaine 012 et 31 du DMQ, le contrôle des émanations liquides, gazeuses et de la production des résidus solides, est effectué ; cela s'occupe fondamentalement du problème occasionné par la contamination et la génération d'accidents industriels, du fait de la faiblesse d'ordonnances qui furent ratifiées en 1999 et qui n'ont subi aucun changement jusqu'à ce jour. Le cas concret correspond aux sanctions économiques dont la plus élevée est de 40 dollars (même dans les contraventions d'ordre majeure), quantité dérisoire en comparaison avec les bénéfices économiques réalisés par les industries, et c'est pourquoi les patrons (qui ne possèdent pas de considération environnementale et qui ne mesurent pas la conséquence du risque) préfèrent payer l'amende plutôt que d'investir considérablement dans des processus de dépuración (Guerrero, 2004).

Tableau 5: Risques potentiels et avérés liés aux éléments technologiques dans le DMQ

Eléments technologiques	Risques potentiels	Risques avérés	Rôle dans les scénarios de menaces naturelles et d'accidents technologiques	Observation
Œuvres civiles	Décharge de Zambiza mal planifiée et fonctionnant sans norme de contrôle environnemental	Pollution permanente de la population de Zambiza avec la destruction de réserves naturelles d'eau utiles pour des activités agricoles. Percolation de liquides et contamination d'eaux souterraines.	Possibilité d'affaissements futurs. Problèmes de gaz méthane qui pourraient provoquer des explosions et des incendies.	La décharge terminée, une fermeture technique fut envisagée mais sans disponibilité économique. On a temporairement créé la Décharge Sanitaire de El Inga qui fonctionnera jusqu'en décembre 2004 ; jusqu'à aujourd'hui deux options de décharge ont été définies, au sud et au nord du DMQ, pour déposer 1500 tonnes d'ordures que produit quotidiennement le District.
	Aéroport situé dans le périmètre urbain de la ville	En 1998, un accident d'un avion Tupolev de Cubana de Aviación s'écrasa lors du décollage sur un terrain de sport en plein coeur d'un quartier résidentiel, tuant une dizaine de personnes en plus de 71 passagers de l'avion.	Possibles accidents d'avion futurs, occasionnant des incendies et des explosions en milieu urbain	Construction du nouvel aéroport dans le secteur de Puembo (prévu pour l'an 2006). La construction de la voie d'accès rencontre actuellement une opposition de la part des proches habitants
Réseaux techniques urbains	Réseau d'égouts insuffisant en capacité	Le 4 décembre 2002 on a enregistré une pluie de grande durée (1 heure et demie) , qui, avec la cendre engendrée par l'éruption du volcan Reventador, s'est accumulée dans des égouts à la capacité restreinte, provoquant de graves inondations dans le centre et le centre-sud de Quito.	Les insuffisances concernant la captation des eaux par le système d'égouts, la vieillesse de la tuyauterie et l'érosion latérale présente sur les parois du système, peuvent accélérer ou aggraver des scénarios d'inondations et d'affaissement.	Le Plan Majeur du système d'égouts a substantiellement amélioré les collecteurs dans les paroisses suburbaines et prévoit d'améliorer les capacités de collections des points critiques situés dans des secteurs ponctuels de Quito
	La ligne de captation de l'eau Pita Cotopaxi, construite avec de la terre et du ciment, ne résiste pas aux séismes et a une courte durée opérationnelle.	Aucun incident avéré	Une partie de cette ligne présente des canaux ouverts qui traversent des pentes inclinés. En période de pluies ils peuvent se boucher et créer des problèmes de glissements de terrain.	C'est la ligne la plus importante d'eau potable de Quito dans la partie sud, centre et nord.
	Ligne de transmission Santa Rosa-Selva Alegre. Destabilisation de la ligne, le matériel du pylône est très lourd pour des pentes abruptes.	En 2002 s'est produit la faille structurale de la ligne à grande capacité (230-138 KW), et dans des secteurs en pente plusieurs pylônes se sont écroulés. Une grande partie du DMQ s'est retrouvé sans service électrique.	Le passage de la ligne dans des secteurs urbains peut produire des phénomènes d'intempérance qui se traduisent par des incendies.	Constitue une ligne de transmission très importante pour l'approvisionnement de l'énergie électrique dans le DMQ.
Secteur Industriel, de recherche et de santé	Industries chimiques stockant une grande quantité de produits dangereux proches de zones urbaines	En 2000 il y eut une fuite d'ammoniac dans une fabrique de glaces, contaminant les ravins avoisinants et provoquant l'intoxication de plusieurs personnes	Possible production de scénarios de contamination toxique, d'incendies et d'explosions	Les activités industrielles sont en relation avec le transport, la gestion, le et le stockage de produits chimiques dangereux.
	Etablissements avec des produits radioactifs situés dans des zones urbaine à forte densité	Aucun risque avéré	Possibles scénarios de contamination toxique et radioactive	Bonne gestion des déchets mais la disposition des résidus dans des cimetières radioactifs est limitée

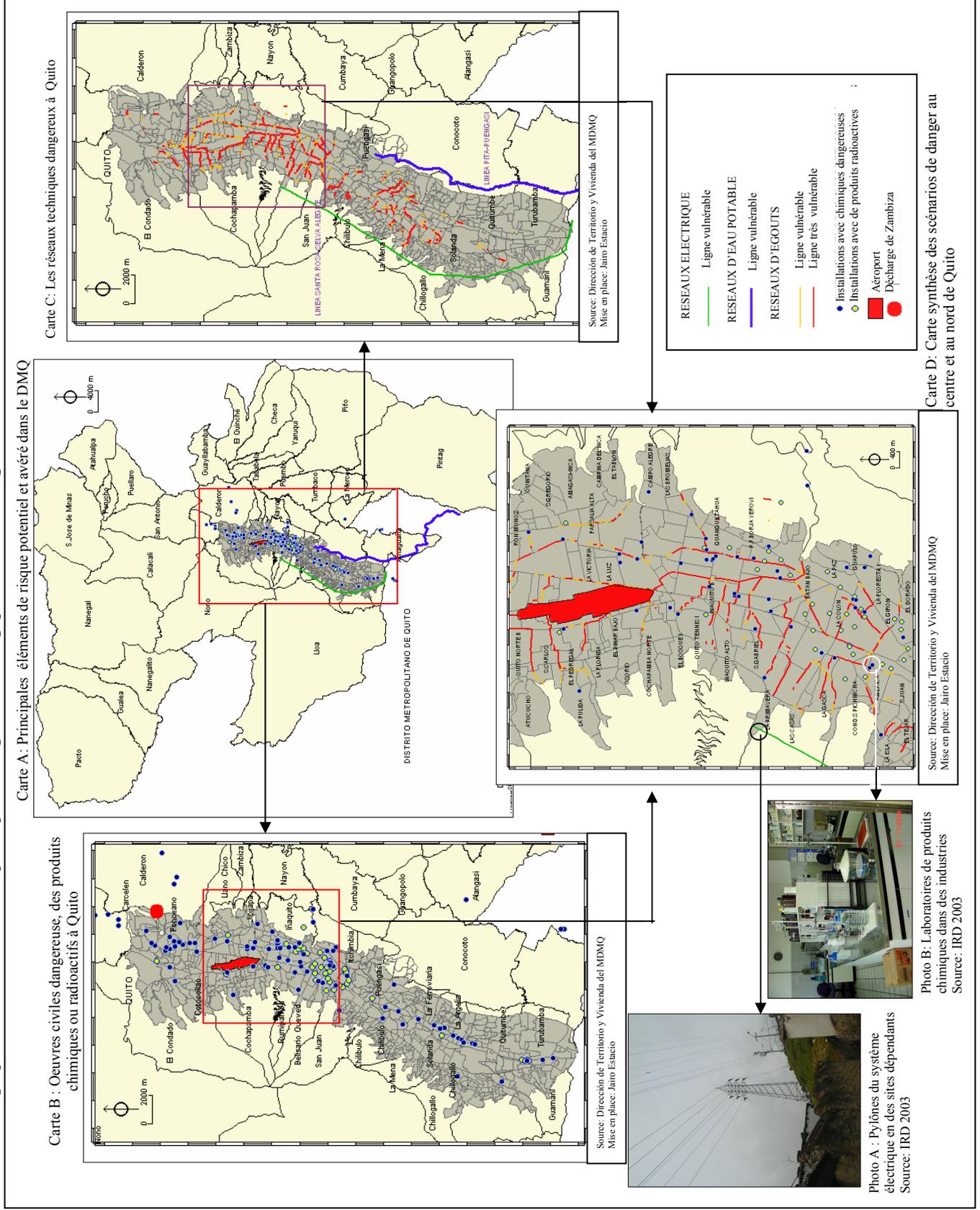
Source: Fondation Natura: Vallejo Diego, IRD: D'Ercole, Estacio Jairo 2003. Beaucoup de ces données furent obtenues par le Project de Système d'Information et de Risques dans le DMQ, l'IRD et le MDMQ.

D'après le tableau précédent les risques potentiels peuvent être évidents pour certains acteurs plus que pour d'autres. Par exemple, le problème de la décharge de Zambiza et la finalisation de sa vie utile, de même que les conséquences négatives sur l'environnement urbain et naturel

(*Schéma 11*, Carter B), ont mis en évidence la priorité de la part des acteurs politiques et institutionnels de rechercher de nouveaux endroits pour des décharges publiques qui seraient dirigées d'une manière technique et environnementale, en dépit des conflits avec la population en ce qui concerne le non respect de l'Ordonnance de l'Usage du Sol (journal « Hoy », 2002). Ce même type de conflit est à la base du thème de rationnement de l'énergie électrique (qui s'est dernièrement amenuisé avec l'apparition de nouveaux projets) (*Schéma 11*, Cartes A, B et C). Dans le système électrique l'existence de nombreux éléments anciens et le mauvais emplacement des pylônes du réseau dans des zones fortement inclinées (*Schéma 11*, Photo A) ont produit au moins 3 coupures annuelles dans les quartiers périphériques (EEQ, 2001).

Comme l'indique le Tableau 5 la concentration de divers dangers technologiques dans un même espace urbain a pour conséquence la densification des dangers distribués tout au long de la ville (*Schéma 11*, Carte D), où il existe des risques avérés et potentiels. Cette manière d'occuper le sol a, entre autres causes, l'indue ou manquante stipulation des réglementations du sol qui prendrait en compte la localisation de ce type d'installations, ainsi que des processus techniques inadaptés au fonctionnement (c'est le cas chaque fois moins récurrent des réseaux d'égouts, ou des lignes de distribution électrique ou d'eau potable).

Schéma 11 : Cartographie et visualisation des principaux dangers technologiques dans le DMQ



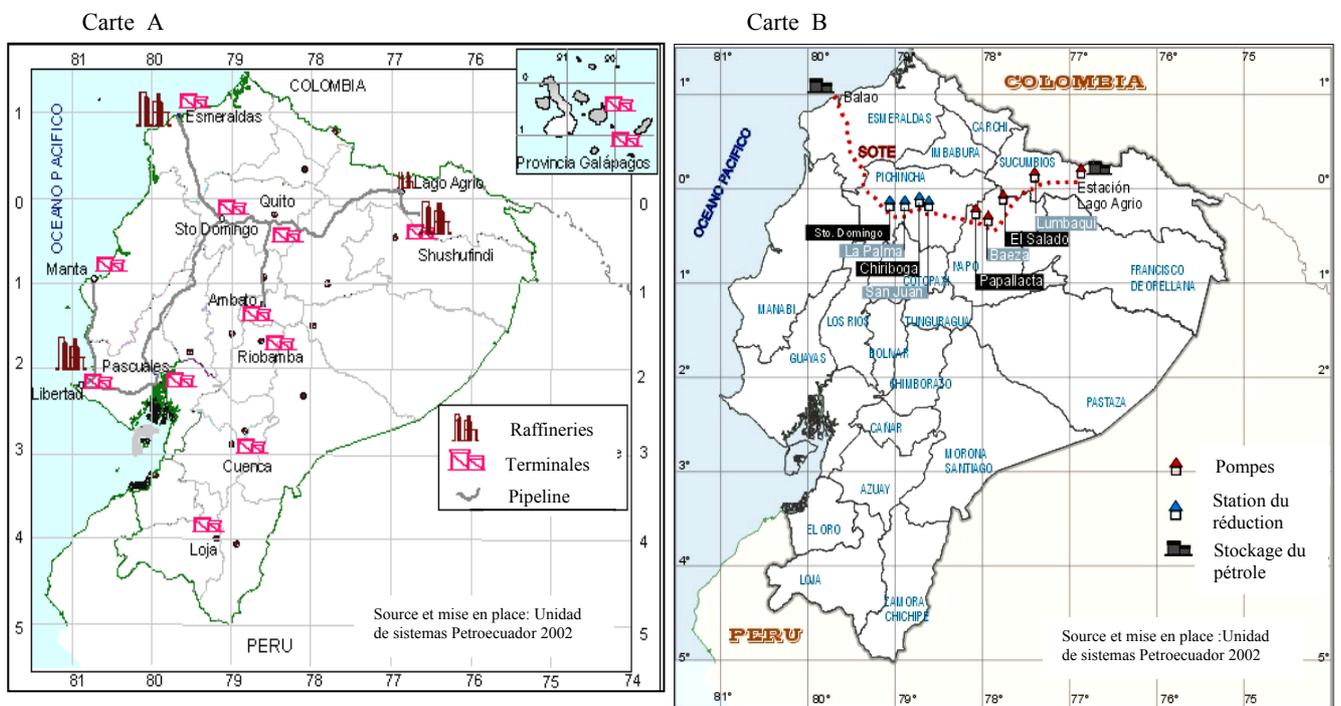
L'approvisionnement et le transport des combustibles dans le DMQ : un type de risque technologique

A l'intérieur de la gamme des risques d'origine anthropique et technologique dans le DMQ se trouvent ceux qui sont associés aux combustibles (stockage et transport), qui sont aussi ceux qui présentent plus de problèmes potentiels et avérés évidents ; leur type de gravité se partageant entre risques mineurs et risques majeurs. Ces risques possèdent une grande importance transcendantale dans la capitale de par la présence d'installations de stockage et le transport des combustibles, ce qui sera analysé plus bas.

La grande activité pétrolière de l'Equateur développée depuis les années 70 a nécessité l'installation d'infrastructures adaptées à son extraction, sa conduite, son traitement et sa distribution ; son activité génère deux types d'actions :

La première est liée au transport à travers le système d'oléoducs de pétrole brut lourd, depuis l'Amazonie jusqu'à des ports tels que Balao (*Schéma 12, Carte B*) pour son exportation. Cette activité constitue la seconde devise de rentrée économique du pays. Jusqu'en 2002 se produisaient environ 440 milles barils par jour de pétrole brut, desquels 270 milles barils par jour étaient exportés, et dont le prix par baril (selon les conditions socioéconomiques globales) oscillait entre 20 et 25 dollars (Petroecuador, 2002). La seconde action est liée au traitement et au raffinage du brut pour la production de combustibles, une activité qui génère une forte dynamique au niveau de la population, couvrant tout le territoire national. De grandes raffineries comme celles d'Esmeraldas ou de Shushufindi envoient des combustibles vers de similaires terminaux de stockage stratégiquement situés dans tous le pays (Quito, Ambato, Santo Domingo, Libertad et Manta) (*Schéma 12, Carte A*).

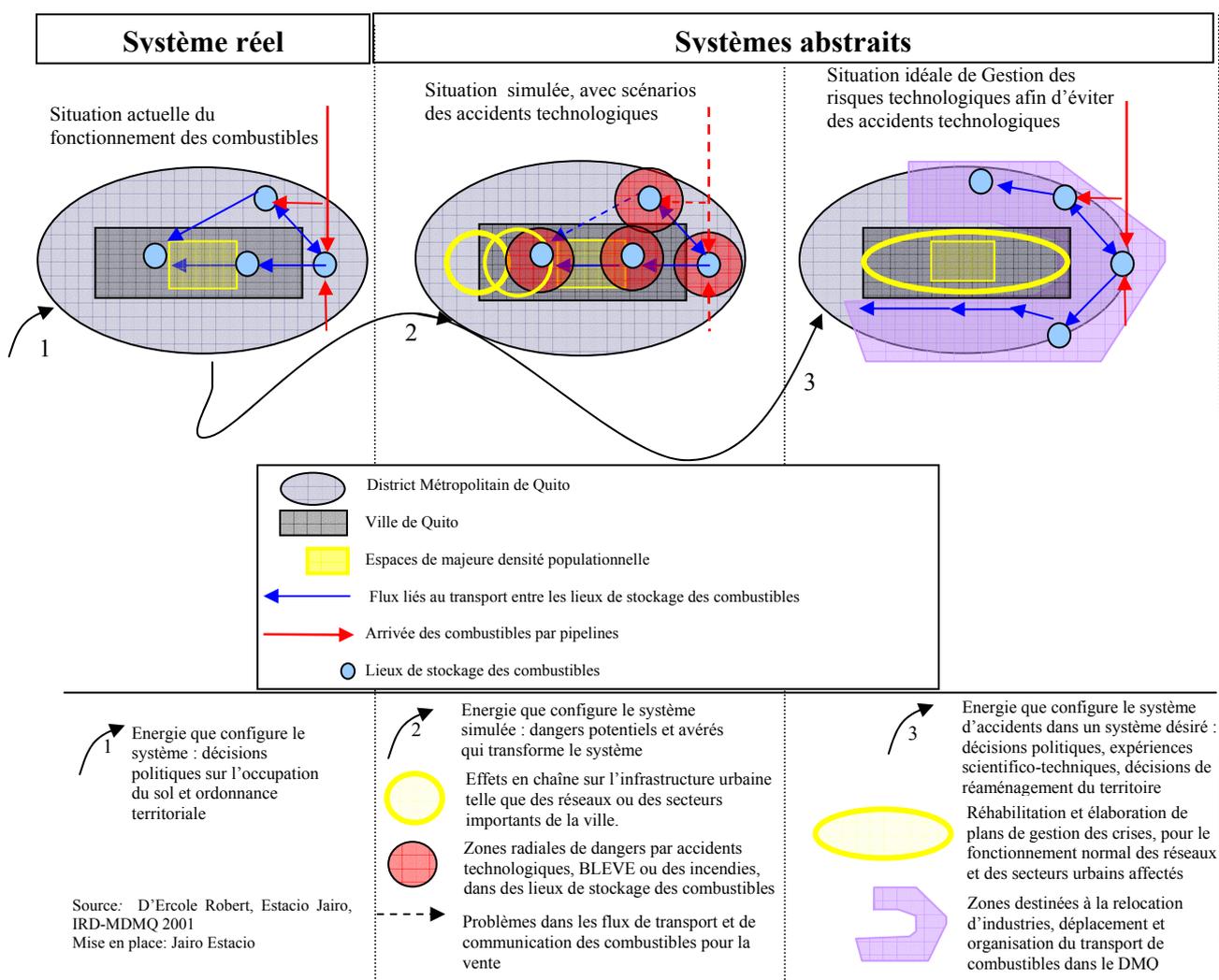
Schéma 12: La localisation des installations d'activité pétrolière et de combustibles en Equateur.



Fonctionnement des systèmes liés aux combustibles dans le DMQ

Le système relationnel de la gestion des risques technologiques va d'une situation réelle de fonctionnement jusqu'à une situation abstraite où apparaissent des scénarios possibles et potentiels d'accidents technologiques qui peuvent « changer » sa structure initiale. Cette force de changement à l'intérieur du système se définit en tant qu'« énergie » (Walliser, 1977) ou plus précisément, dans le domaine des risques technologiques, comme un événement cyndinique.³⁷ L'étape suivant la situation des « accidents » est l'étape de la gestion et de la réhabilitation, où sont incorporées des mesures (énergies) afin d'améliorer la prévention des risques technologiques dans la ville. Ce qui vient d'être mentionné est détaillé dans le Schéma 13.

Schéma 13: Systèmes urbains par rapport aux risques technologiques par combustibles dans le DMQ



Système réel: Structure et dynamique d'approvisionnement des combustibles dans le DMQ

Le DMQ concentre physiquement de nombreux éléments qui sont importants pour l'alimentation de combustibles tant au niveau local que régional; nous avons ainsi des terminaux de stockage et des centres d'embouteillage (risque majeur) et de nombreux éléments mineurs de stockage de

³⁷ La cyndinique est la science des dangers, et elle s'associe à tous les dangers industriels que peuvent provoquer les effets et les conséquences qui transforment et dégradent les villes. André Dagome et René Dars, dans « Les Risques Naturels et Cyndiniques » (Collection : Que sais-je ? , Paris, 1999) signalent que la « cyndinique » doit déboucher sur la prévention pour maintenir l'ordre des systèmes initiaux.

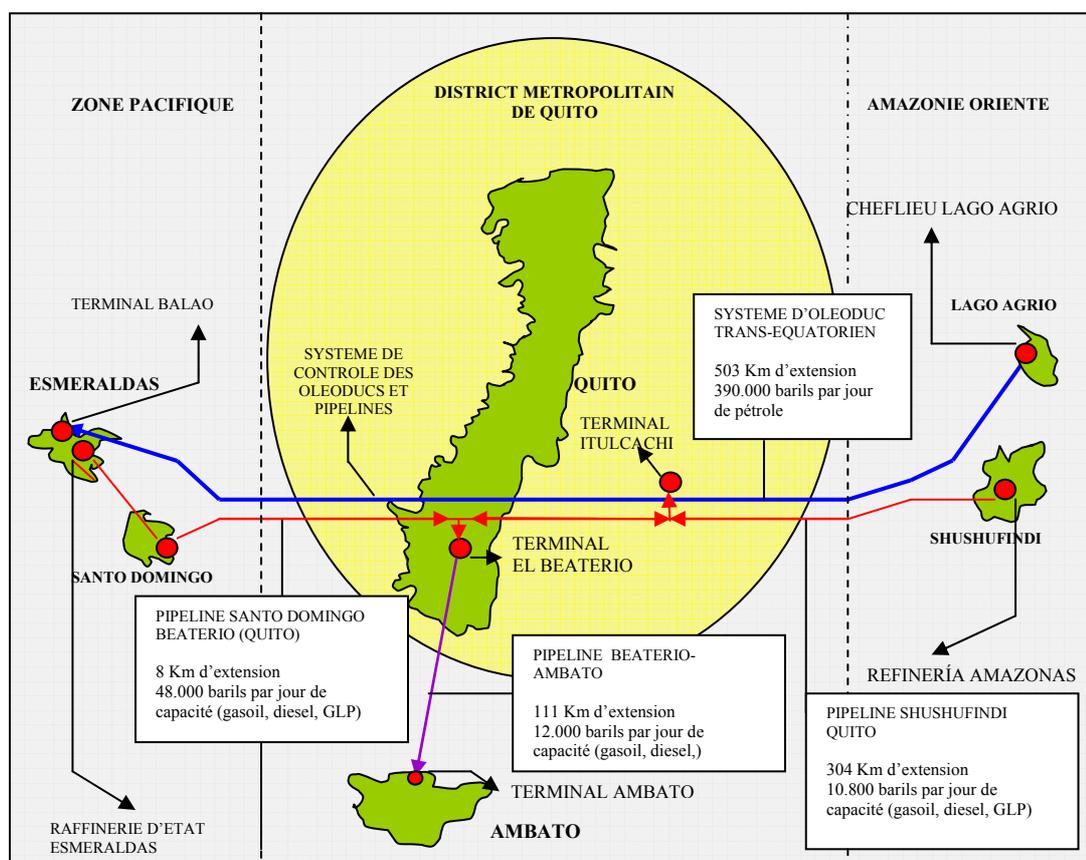
combustibles (risque mineur) qui correspondent à des lieux de vente du gaz et des stations-service. De plus, c'est un espace traversé par le SOTE (Système d'Oléoducs Trans-Equatorien) et par l'OCP (Oléoduc de Petrole Brut) qui sont les systèmes de transport du pétrole destiné à l'exportation, et par le pipeline; ce qui correspond à un important système national de transport des combustibles non seulement pour la consommation du DMQ mais aussi pour d'autres cités au sud du pays. (Cadre 6 et Schéma14)

Tableau 6: Les principaux éléments des combustibles et les caractéristiques concernant leur fonctionnement

Eléments	Activité	Stockage	Risque
Oléoducs	Transport de pétrole lourd	300 milles barils par jour en moyenne	Majeur
pipelines	Transport de gasoil, diesel ou GLP	Environ 30 milles barils par jour	Majeur
Terminaux de stockage	Stockage des combustibles liquides ou liquéfiés	Beaterio: 80000 m3 de combustibles liquides, 800- 3500 m3 GLP Itulcachi: 15000 m3 de GLP, 5000 m3 de combustible liquide	Majeur
Centres d'embouteillage	Traitement commercial du gaz GLP en cylindres.	Congas: 2000 m3 GLP AGIP Gaz: 10000 m3 GLP	Majeur
Centres d'approvisionnement	Lieux qui stockent des cylindres de gaz pour la vente en gros	Entre 1500-2500 bouteilles de gaz GLP qui contiennent entre 14 et 100 m3	Mineur
Centres de débit du gaz	Stockage de cylindres de gaz pour la vente au particulier	De 2,40 m3 jusqu'à 26,6 m3 (50-300 bouteilles de gaz)	Mineur
Stations de gaz centralisés	Stockage de grandes quantités pour la consommation interne	1,5 a 20,8 m3 selon l'activité	Mineur
Stations-service	Stockage et vente de gasoil	60 a 100 m3 (stations-service considérées importantes)	Mineur
Autres (cas de l'aéroport)	Stockage des combustibles pour le trafic aérien	120 m3 gasoil	Mineur
Camion citerne	Transport de combustibles liquides et liquéfiés	10- 50 m3	Mineur

Source : Cette information correspond au document de *relocation des sphères de GLP du Beaterio*, émis le 12 juin 1995 par le gouvernement municipal de Jamil Mahuad. Les données sur d'autres stocks ayant un danger mineur ou majeur proviennent de D'Ercole Robert et Estacio Jairo (IRD-MDMQ) 2001.
Mise en place: Jairo Estacio

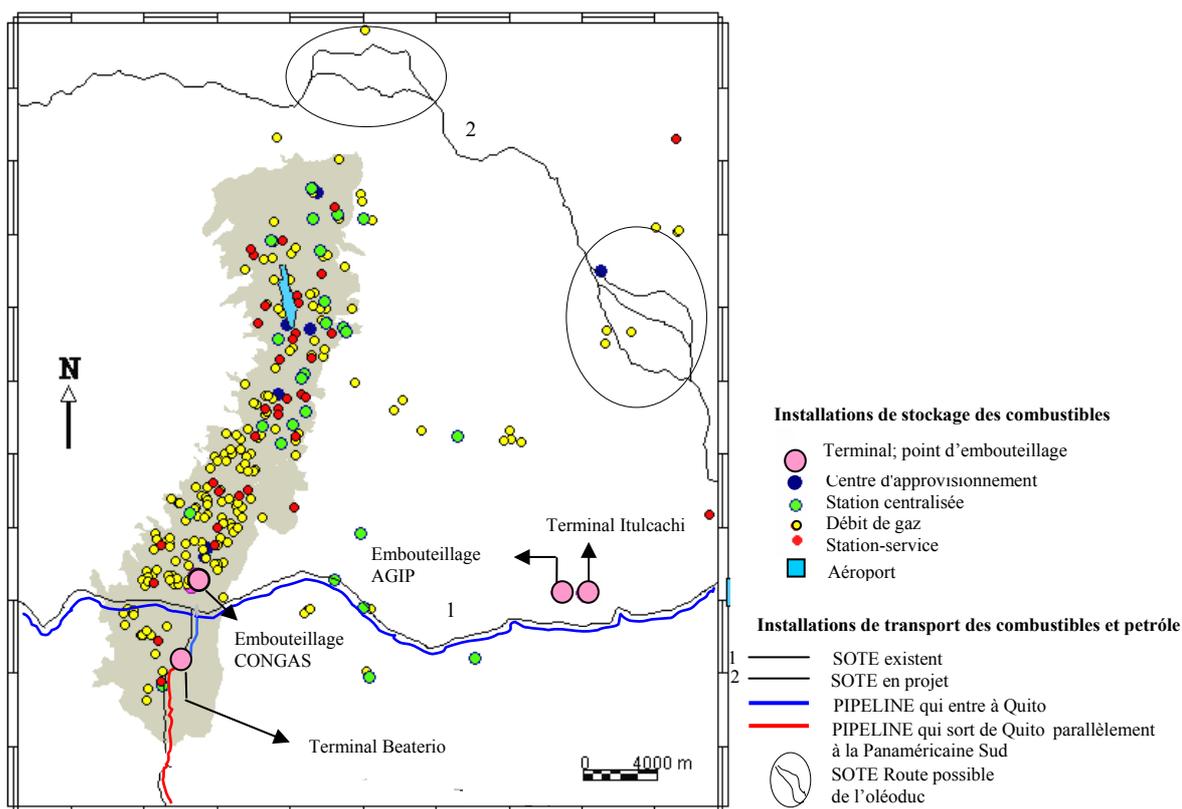
Schéma14: Les routes de distribution des hydrocarbures par oléoducs et pipelines*



Source: Petrocomercial, Terminal Beaterio, 2001* Dans ce schéma la nouvelle construction de l'oléoduc trans-équatorien n'a pas été prise en compte puisque ce projet s'est terminé en 2003 et qu'il n'y a pas encore d'information à son sujet.
Mise en place: Jairo Estacio (2003)

La majorité des éléments de risque mineur se situent dans des espaces urbains consolidés au sud, au nord et au centre de Quito. Les terminaux et les fabriques de mise en bouteille se situent principalement au sud du DMQ et près du SOTE, les pipelines et les voies de premier ordre constituant des artères de communication avec le reste du pays comme l'est la Panaméricaine Sud. Cette localisation facilite le transport de combustibles lourds provenant de la raffinerie d'Esmeraldas et de l'Amazonie équatorienne (Schéma 15).

Schéma 15: La localisation des installations de combustibles dans le DMQ



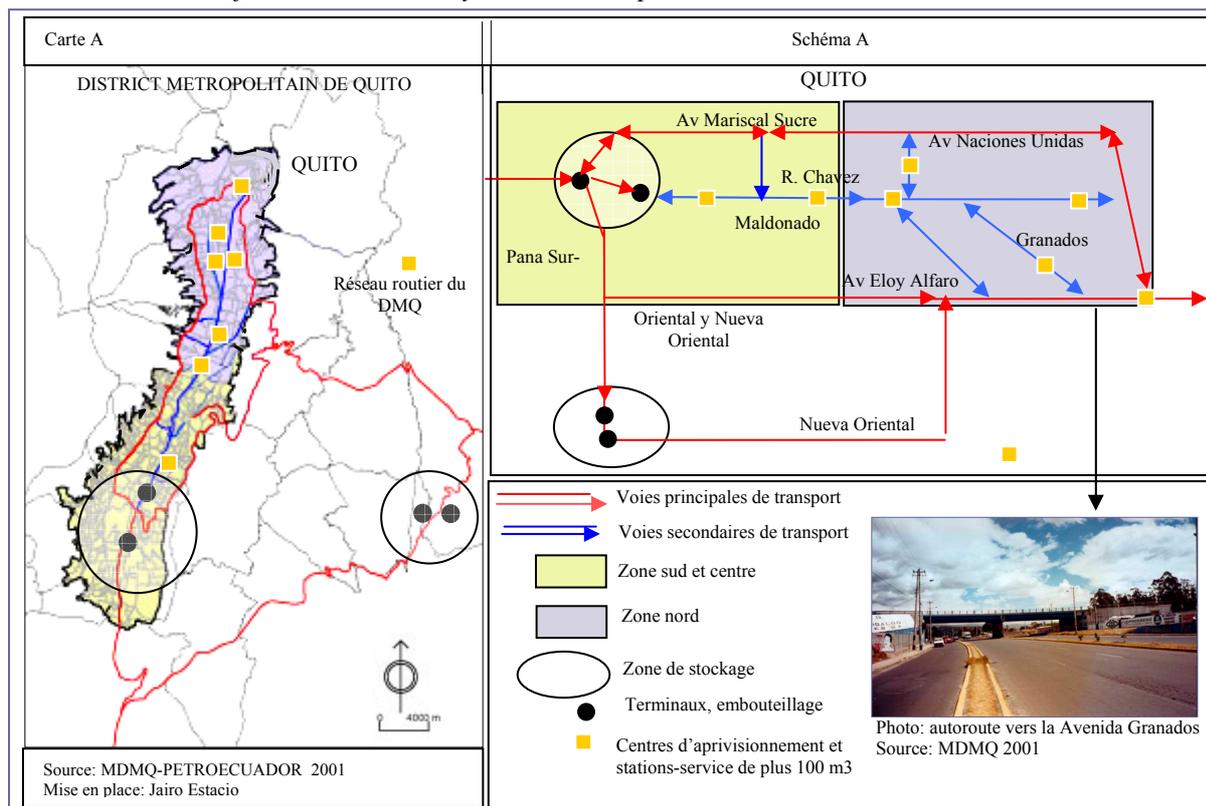
Source: D'Ercole, Estacio Jairo, IRD-MDMQ 2001
Mise en place: Jairo Estacio (2003)

Flux des éléments liés au transport

A l'intérieur du DMQ, le transport de combustibles liquides se réalise avec des camions citernes spécialisées, depuis le terminal du Beaterio (lieu de majeure concentration) jusqu'à différents endroits, principalement les grandes stations-service du nord de la ville. En ce qui concerne la distribution et la vente de cylindres de gaz, elles s'effectuent par l'intermédiaire de camionnettes qui sillonnent la ville, allant depuis les fabriques de mise en bouteille (CONGAS ou AGIPgas) jusqu'au lieux de vente, principalement situés au sud de Quito, le long de voies importantes et d'axes transversaux ; cette dynamique est la plus commune et quotidienne (Schéma 16, Carte A).

Le transport de ces produits s'effectue à des heures de faible densité véhiculaire (surtout très tôt le matin). Les voies utilisées et préférentielles sont : l'Orientale – Panaméricaine Sud, l'avenue Eloy Alfaro et l'avenue 6 de Diciembre. Au nord de la ville les voies secondaires sont : Granados et Naciones Unidas ; alors qu'au sud ce sont : Maldonado, Rodrigo de Chávez et Av. Mariscal Sucre (Schéma 16, Schema A).

Schéma 16: Le fonctionnement du système de transport de combustibles



Hiéarchie des installations de combustibles³⁸

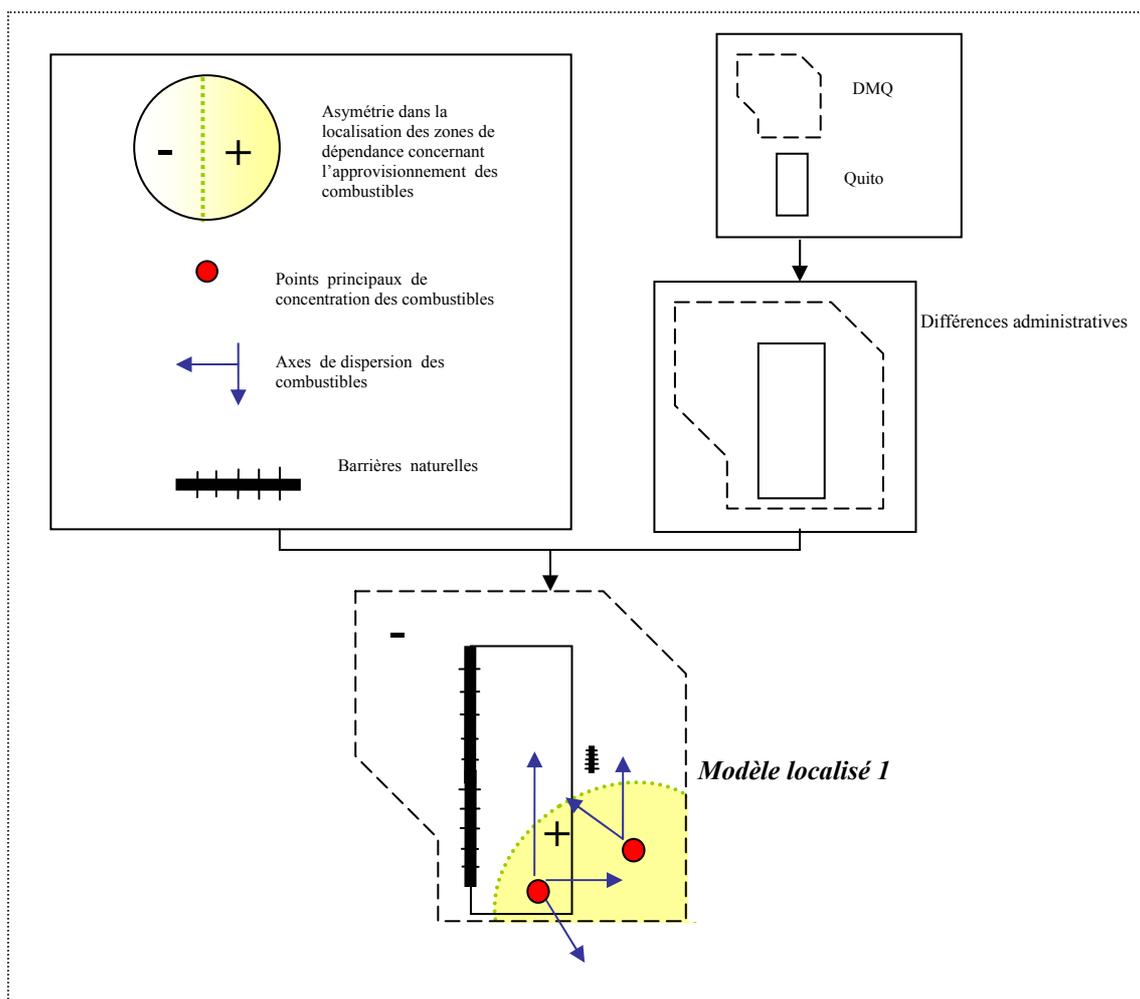
Pour la hiérarchisation des différentes installations de combustibles dans le DMQ on a utilisé la *chorématique*³⁹, qui part de l'identification de la *dissymétrie* en relation avec la localisation et la *dynamique* relationnelle de ses éléments. Pour cela on a considéré un *chorème* général et un autre plus détaillé, impliquant les types d'éléments (points de stockage des combustibles, grands réservoirs de cylindres de gaz et stations-service).

Dissymétrie de localisation : la localisation des installations de grande concentration de combustibles permet de différencier les pôles d'activité majeure et de flux dans des espaces intérieurs et extérieurs du DMQ. Le *Schéma 17*, par l'intermédiaire du modèle localisé 1 (*chorème*) marque l'asymétrie de la concentration (quasi ponctuelle) des éléments de distribution par rapport au reste du territoire.

³⁸ Cette hiérarchie ne prend pas en compte le système d'oléoducs qui passent par le District, dû au manque d'informations et d'études.

³⁹ Selon Brunet Roger dans « Les mots de la géographie », la chorématique est la grammaire des *chorèmes*. La science (ou art) du traitement des chorèmes et l'interprétation des structures spatiales par la reconnaissance et la composition de *chorème*. Un *chorème* est une structure élémentaire de l'espace géographique. Les *chorèmes* peuvent être représentés par des modèles (...) et correspondent à des lois de l'organisation spatiale : maillages, treillages, dissymétries, gravitation, fronts et affrontements, interfaces et synapses sont à l'origine de *chorèmes*. Le *chorotype* est la composition de *chorèmes* récurrente, exprimant des structures plus ou moins complexes à l'intérieur d'un espace.

Schéma 17: Les installations d'approvisionnement de combustible importants dans le DMQ



Source : D'Ercole, Estacio IRD-MDMQ, 2003
 SHIM -DMTV du MDMQ 2003
 Mise en place : Jairo Estacio (2004)

Dynamique relationnelle des éléments qui interviennent dans l'approvisionnement de combustibles. La hiérarchie des Eléments qui interviennent dans l'Approvisionnement des Combustibles (ELAC) est principalement relative à la quantité de combustible (cas des grands terminaux avec des petits et moyens points de vente de 40 à 100 m³) et au degré d'importance des voies utilisées pour leur distribution (*Schéma 18*).

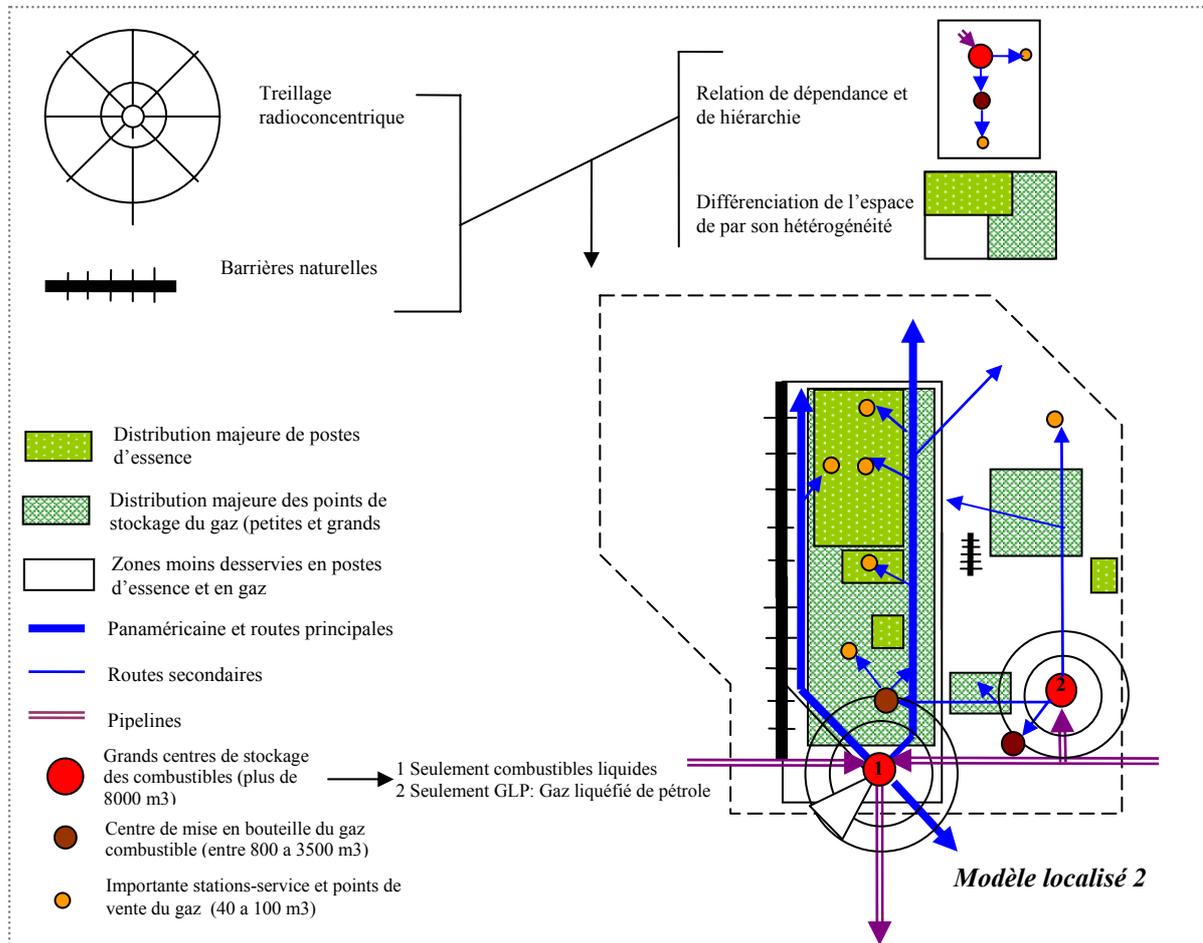
La réflexion faite concernant la dissymétrie dans le *chorème* initial permet de distinguer la forte dépendance du DMQ par rapport aux terminaux de stockage et la distance à parcourir pour l'approvisionnement. Cette dépendance marque une hiérarchie relationnelle à travers le transport par routes et pipelines. D'autre part, la gravitation des centres d'embouteillage du gaz autour des points de stockage des combustibles est bien gouvernée par l'attraction de coûts économiques moindres, puisque plus grandes sont les distances que doivent couvrir les principaux points d'embouteillage, plus élevé est le prix du transport.

L'utilisation du gaz comme source d'énergie est commune dans le DMQ. Elle s'établit par l'intermédiaire d'une dynamique importante qui part du terminal 2 (Itulcachi)⁴⁰ vers des points

⁴⁰ La localisation de ce terminal est récente (2003) et entraînera dans le futur d'autres dynamiques consolidées en un système routier plus homogène dans le DMQ.

de vente principalement situés au sud et à l'est de la ville. Au contraire, la dynamique relationnelle du terminal 1 (Beaterio) est plus importante au nord de la ville de Quito, du fait de la localisation des grandes réserves dans le secteur de l'aéroport et de l'utilisation du combustible dans des activités domestiques et industrielles.

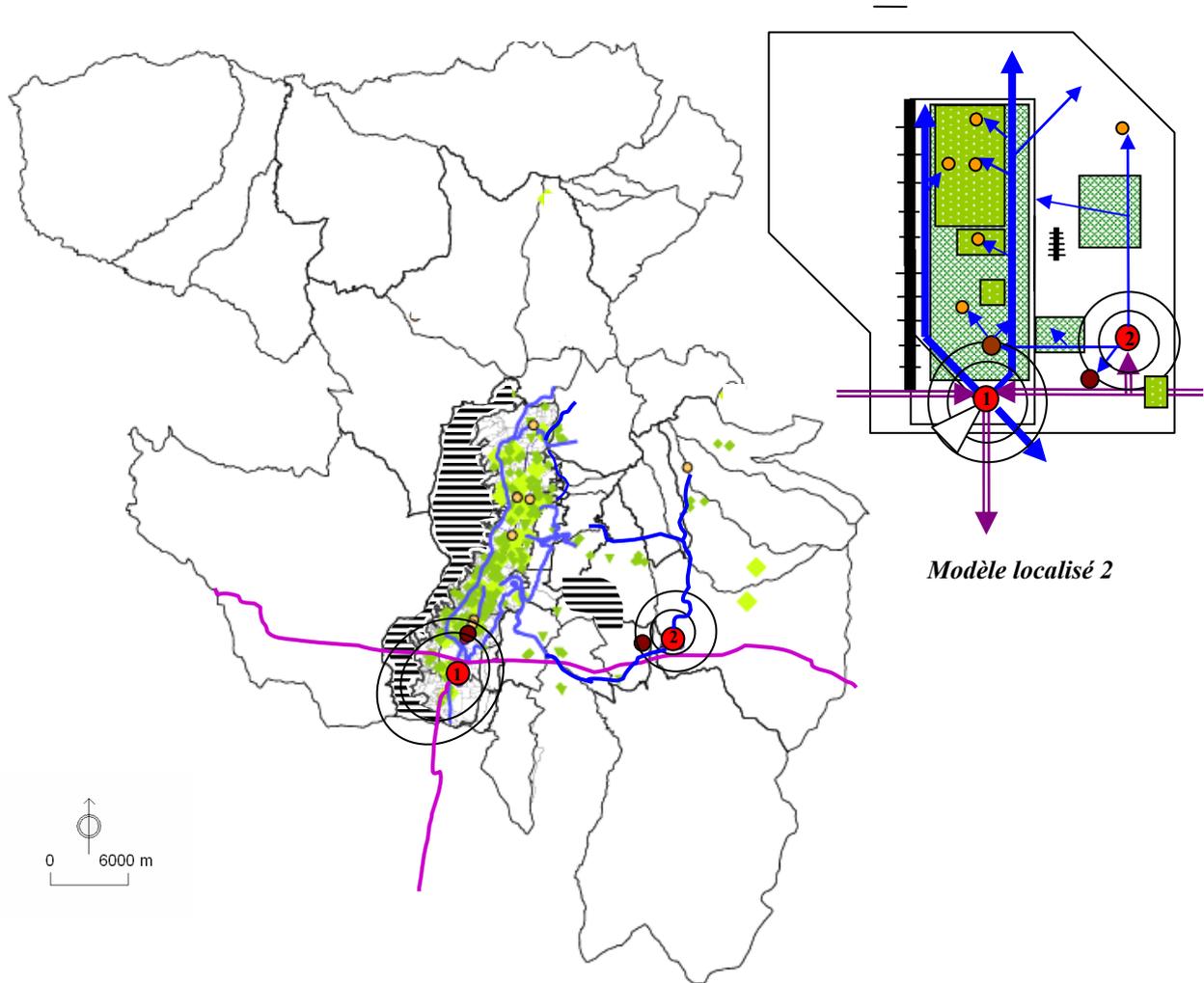
Schéma 18: La dynamique relationnelle des combustibles dans le DMQ



Source : Projet D'Ercole, Estacio IRD-MDMQ, 2003
 SIIM -DMTV du MDMQ 2003
 Mise en place : Jairo Estacio (2004)

Le modèle *localisé 2* montre de manière générale la modélisation graphique de la hiérarchisation des éléments qui interviennent dans l'approvisionnement des combustibles sur le territoire du DMQ. Si on incorpore ce modèle à la cartographie du DMQ ou pourra réaliser une comparaison entre deux niveaux d'information et observer les distorsions spatiales (*Schéma 19*).

Schéma 19: comparaison cartographique entre le modèle de localisation et la dynamique des combustibles dans le DMQ



Source: MDMQ- Unité d' Information Métropolitaine 2000
 Mise en place: Jairo Estacio (2004)

Modèle	Carte	Description	Observation
		Majeure distribution de postes d'essence	
		Majeure distribution de centres de stockage du gaz	Sur la carte, principaux points de ventes des cylindres de gaz
		Zones moins desservies en gaz et en postes d'essence	
		Panaméricaine et routes principales	
		Routes secondaires	
		pipeline	
		Contraintes	
		Grands centres de stockages de combustibles (plus de 8000m3)	1 Seulement combustibles liquides 2 Solo GPL: Gaz de pétrole liquéfié
		Centres d'embouteillage de gaz combustible (entre 800 et 3500 m3)	
		Grandes stations d'essence et points de vente du gaz (de 40 à 100 m3)	

Système simulé: Risques potentiels des importantes installations de combustibles

Accidents importants lié aux combustibles

Au cours des trois dernières années les medias ont donné des informations sur les accidents à risque avéré majeur, liés dans leur ensemble au transport des combustibles et du pétrole lourd (c'est-à-dire des accidents de la route ou concernant les oléoducs et les pipelines). En ce qui concerne le pipeline il présente actuellement plusieurs problèmes :

- a) Il représente une tuyauterie ancienne construite avec une technologie « bonne à son époque », mais qui n'a pas été renforcée depuis (s'inclut dans la même technologie que le SOTE).
- b) Ne dispose pas d'une fibre optique (nécessaire pour ce type de structures), similaire à celle du système OCP, et avec laquelle il est possible d'avoir un contrôle sur les chutes de pression, les ruptures ou les fuites (aussi petites soient elles).
- c) Sa structure n'est pas solide dans plusieurs secteurs, ce qui produit des fuites constantes du fluide.
- d) Il n'y a pas de contrôle ni de vigilance pour éviter des événements sociaux (vols et vandalisme), fréquents dans l'actualité.

Evidemment ces faits ont entraîné la diminution de la quantité qui doit aller aux terminaux Beaterio et Itulcachi, ainsi qu'un problème dans l'économie du DMQ et du pays ; mais, plus que tout, ils représentent un risque important pour ceux qui pratiquent le vol, pour la population environnante (quand il y a des zones peuplées aux alentours) et pour l'environnement (voir plus bas le cas de l'accident Chillogallo).

Le manque de vigilance empêche la détection rapide de fuites à l'intérieur de zones sujettes à des séismes et des phénomènes morpho-dynamiques, (même dans le cas du SOTE) (*Annexe 6*) ; cette déficience combinée avec des facteurs externes de risque social a provoqué plusieurs accidents, parmi lesquels :

Incendie du pipeline dans le quartier Santa Rosa de Chillogallo. En décembre 2002 les lignes du pipeline proches du ravin Santa Rosa de Chillogallo furent attaquées par un groupe de personnes qui essayèrent de voler du GLP ; la conséquente rupture déversant une quantité de combustibles qui ne fut pas contrôlée à temps, formant une flaque (atmosphère explosive), et qui se termina par un incendie et une explosion qui affectèrent de manière significative le secteur voisin : 1 mort, 30 blessés graves (brûlures et asphyxies), 15 maisons détruites et des dégâts environnementaux.

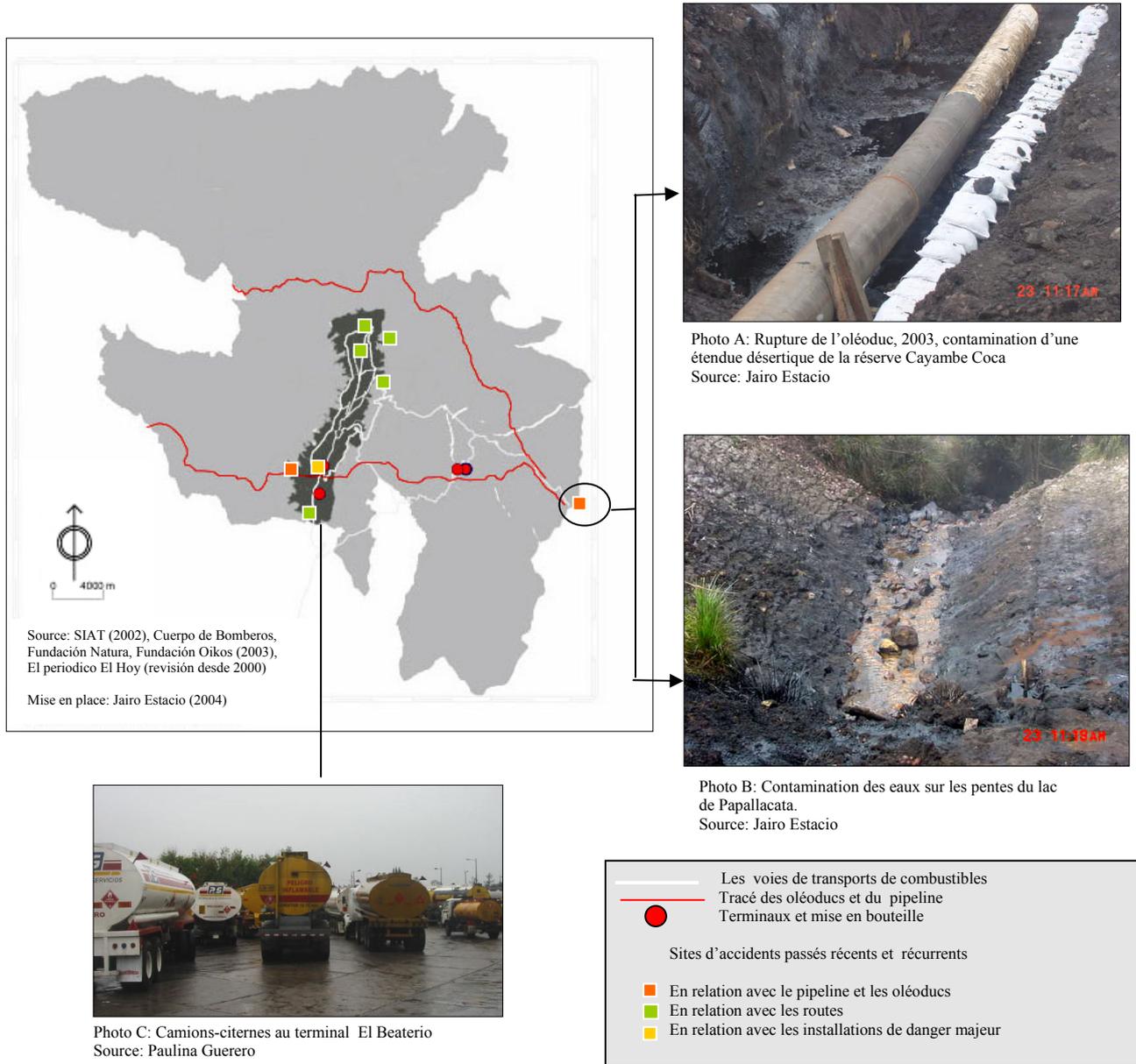
Déversement de pétrole brut à Papallacta. En avril 2003, le passage de tracteurs sur une terre non compacte dans un secteur où le SOTE est enterré à seulement 1,10 mètres de profondeur, provoqua la rupture du tube; un glissement de terrain occasionné par de fortes pluies a amplifié l'accident qui a généré un déversement de pétrole brut jusqu'à la réserve Cayambe Coca et ensuite dans les rivières Sucos et Tambo pour atteindre finalement le lac de Papallacta⁴¹ et recouvrir 50% de sa superficie. Presque 10 heures plus tard on essaya d'aspirer le pétrole déversé, mais le mécanisme fut insuffisant (*Schéma 20*, Photo A et Photo B).

Des secteurs voisins , et particulièrement le lac, furent affectés par de hauts degrés de pollution dus à la quantité d'éléments chargés en hydrocarbures toxiques et de métaux lourds comme le vanadium, qui peut se maintenir pendant 10 ans dans l'environnement. Selon Victor Granadillo, de l'Université de l'Etat de Zulia au Venezuela, le vanadium est capable d'entraîner des changements génétiques chez les plantes, les animaux et les êtres humains.

⁴¹ Le lac de Papallacta constitue un élément important dans la structure du système d'Eau Potable puisque c'est de là que provient l'approvisionnement d'un sixième de la population de Quito.

Le système OCP longe le lac de Papallacta et continue ensuite sa route parallèlement au SOTE ; ce nouvel oléoduc n'est pas construit avec la technologie et les mesures nécessaires pour réduire les impacts dans le cas d'un déversement (Action Ecologique, 2002).

Schéma 20: Les lieux préférentiels des accidents suscités par des combustibles dans le DMQ



Accidents de combustibles sur les voies du DMQ

Ces accidents, limités dans leur registre, sont les plus communs et récurrents et sont causés par l'irresponsabilité des conducteurs qui ne respectent pas le code de la route et qui ne connaissent pas les risques immédiats impliqués par le transport de matériel dangereux (Schéma 20, Carte A et Photo C). Les cas de majeure importance qui ont été enregistrés sont décrits dans le Tableau 7.

Tableau 7: accidents dans le DMQ occasionnés par le transport terrestre de combustibles

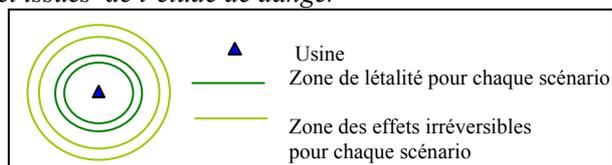
DATE	LIEU	TYPE DE VEHICULE	CAUSE	EFFET
13 mai 2000	Panaméricaine Sud	Camion	Pour dépasser, un camion citerne passe sur la voie opposée.	Déversement de combustible liquide
12 mars 2000	Santa Rosa	Camion CONGAS	Traverse la voie opposée	Choc latéral angulaire de la citerne de gaz GLP
11 mars 2000	Av. Simón Bolívar	Camion DURAGAS	Perte du contrôle physique du véhicule pour prendre un virage trop vite	Chute de la citerne de gaz GLP
30 mars 2001	Panaméricaine Nord. (au nord-est du fleuve Pisque)	Camion-citerne	Perte du contrôle physique du véhicule pour cause d'une faille mécanique prévisible des freins (cristallisation)	Renversement de la citerne
18 aout 2001	Av Córdoba Galarza et calle Bolívar (Sector Pomasquí)	Camion-citerne	Perte du contrôle physique du véhicule pour cause d'une faille mécanique des freins	Renversement, choc et destruction
26 mai 2001	10 de Agosto et rue Los Eucaliptos	Camion-citerne	Non respect des panneaux et des règles de circulation	

Source: SIAT (Service de Recherche des accidents de la route de la Police Nationale)-Fondation Natura 2000-2001, et D'Ercole, Estacio IRD-MDMQ, 2003
 Mise en place Jairo Estacio (2002).

Les zones de danger des lieux de stockage des combustibles dans le DMQ

La représentation cartographique des zones de danger des installations des combustibles dans le DMQ part d'une vision *déterministe*⁴² (Schéma 21). Dans ce cas, on a pris en compte les scénarios de BLEVE (explosion de gaz inflammable liquéfié en ébullition) pour des combustibles GLP, et les scénarios BOIL OVER (boule de feu de grande dimension et projection de produits inflammables) pour des combustibles liquides⁴³. La méthode déterministe, déjà considérée en France depuis l'expérience de Toulouse (Annexe 7), a été considérée dans le cadre du programme « Système d'Information et Risques dans le DMQ », et part du critère général des quantités et des types de combustibles (liquides et liquéfiés) stockés dans les différentes installations⁴⁴ (Tableau 8).

Schéma 21 : Zones d'effet issues de l'étude de danger



Source: Zimmerman E. (1994), et Hiegel (2002)
 Mise en place: Jairo Estacio

Les distances déterministes sont la base de l'élaboration de la cartographie des zones de danger des installations de combustibles dans le DMQ (Schéma 22, Cartes A et B).

⁴² La forme déterministe considère des zones ou rayons de « danger » autour des établissements à risque (Schéma 21), établis selon les effets maximaux d'une industrie, sans considérer les agents externes (comme les facteurs météorologiques) (Zimmermann, 1994).

⁴³ Il existe des références en ce qui concerne la considération de zones établie par la DRIRE et l'INERIS : la première est le rayon de risque majeur Z1 qui est caractérisé par des effets mortels (la mort d'1% des personnes présentes), et la seconde est le rayon de risque mineur Z2 où les effets sur 10% des victimes sont considérés comme irréversibles.

⁴⁴ Ces distances sont évaluées sous la supervision de techniciens spécialistes de l'institution PETROECUADOR (organisme d'état équatorien qui contrôle la production, le transport et le traitement du pétrole) et la Fondation Natura (organisme de protection environnementale).

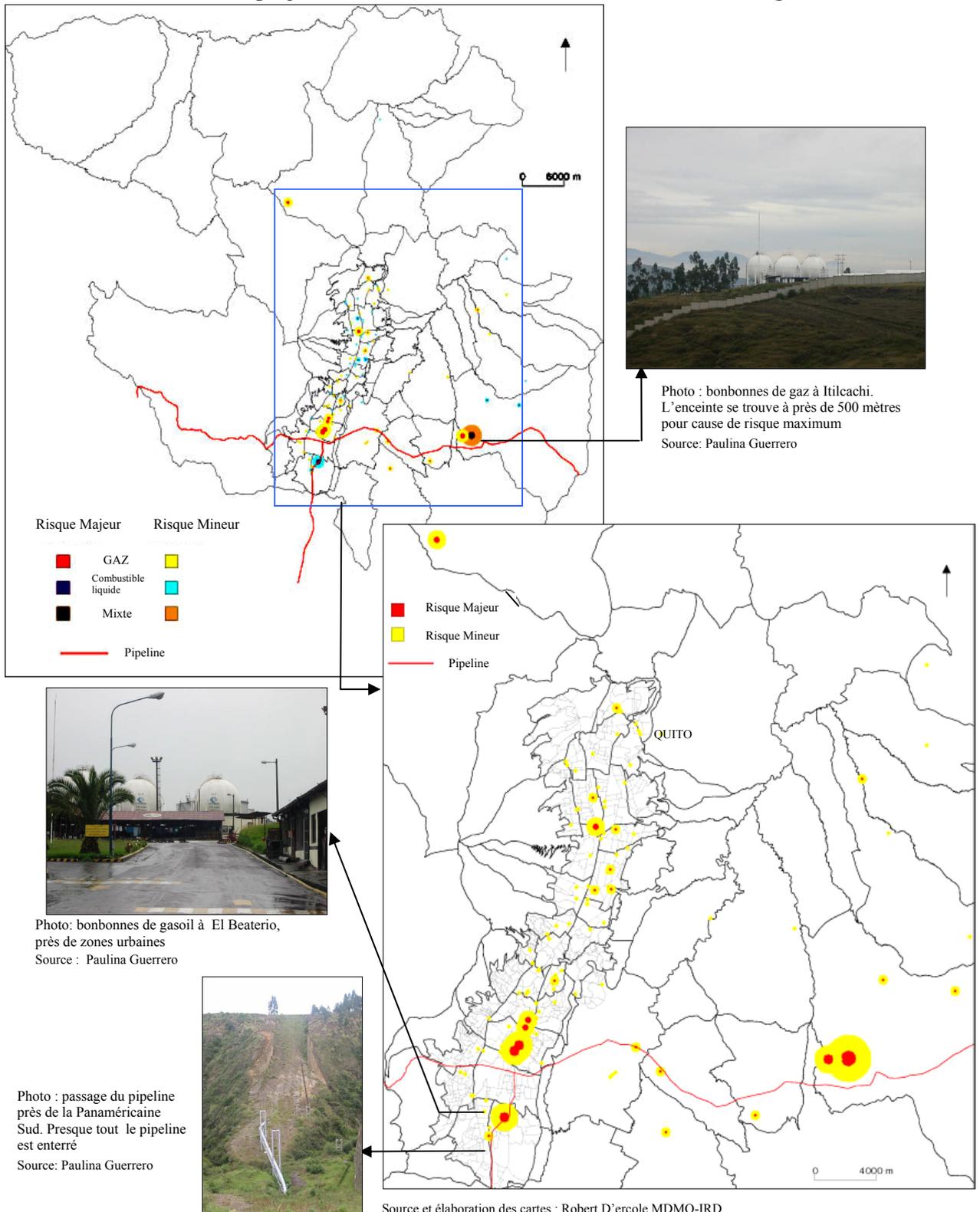
Tableau 8: Limitations des zones de danger

	Rayon risque majeur (en m)	Rayon risque mineur (en m)	GAZ	Combustibles liquides
Niveau 1	500	1500	15000 m3 (Itulcachi)	Non représenté
Niveau 2	400	1200	Non représenté	Non représenté
Niveau 3	300	900	800-3500 m3	80000 m3 (Beaterio)
Niveau 4	200	600	50-100 m3	5000 m3 (Itulcachi)
Niveau 5	100	300	15-50 m3	50-120 m3
Niveau 6	50	150	5-10 m3	20-50 m3

Source: IRD-PETROCOMERCIAL, 2004

Mise en place: Robert D'Ercole

Schéma 22 : les zones de danger potentiels des installations de combustibles dans le DMQ



Source et élaboration des cartes : Robert D'Ercole MDMQ-IRD

Dans le *Schéma 22*, la Carte A différencie le type d'installations de stockage (gasoil, GLP, ou mixte) et la Carte B montre les installations dangereuses avec leurs zones de danger à une échelle moindre (ville de Quito). Sur les deux cartes on peut observer que la plus grande partie des installations dangereuses se trouvent concentrées au sud de la ville de Quito et du DMQ.

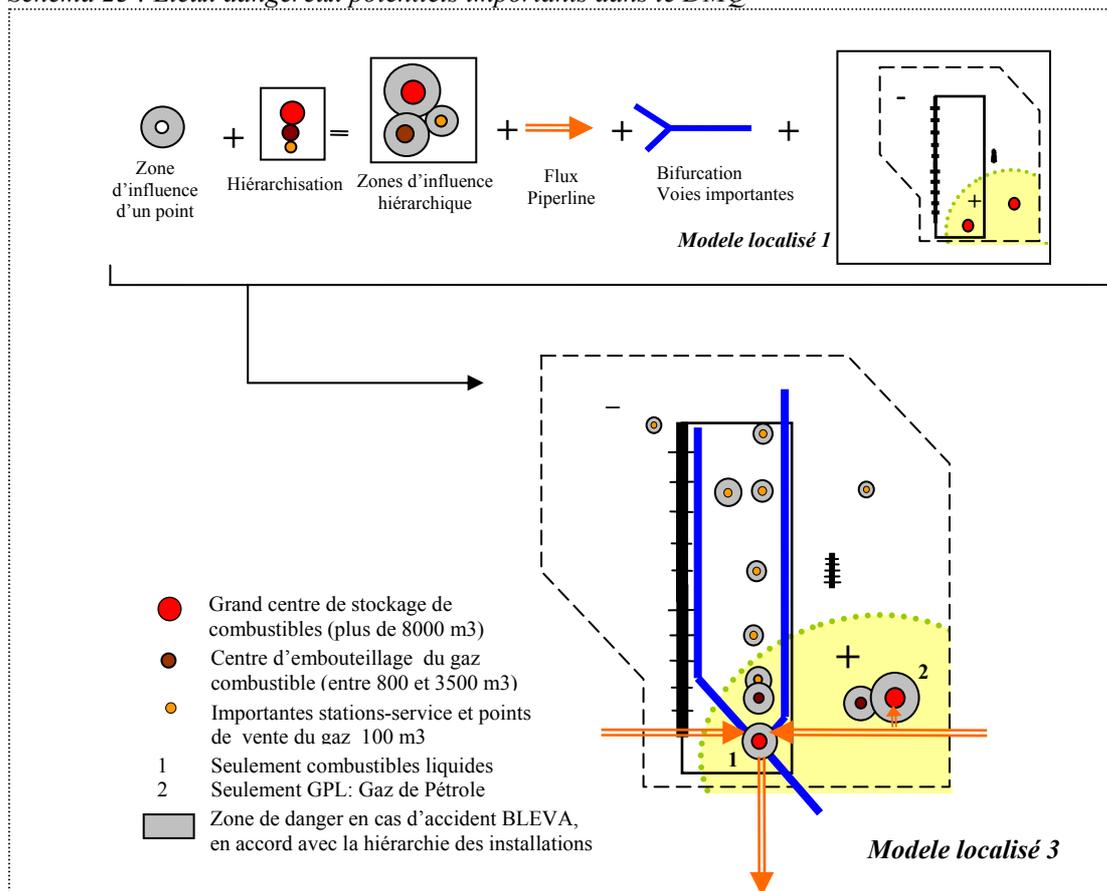
Relation des installations dangereuses avec la structure urbaine du DMQ

Pour déterminer la relation entre les installations dangereuses et la structure même du DMQ on a considéré la chorématique à l'intérieur d'une comparaison de deux types d'éléments :

- L'un est le résultat des zones avec des sites dangereux (déjà analysés), et
- L'autre réside dans la fonctionnalité et l'organisation de l'espace urbain, ses dynamiques territoriales et les différences d'usage du sol.

Dans le premier cas on a considéré les zones des ELAC des grandes installations de stockage de combustibles avec plus de 100 m³, (terminaux, centres d'embouteillage, stations-service et centres d'approvisionnement), prenant aussi en compte les cartes du *Schéma 22* et le *Modèle localisé 1* du *Schéma 17*. Le résultat de cette union est représenté dans le *Modèle Localisé 3* du *Schéma 23* et nous permet d'observer une *dissymétrie du danger*, c'est-à-dire une majeure concentration du danger et des scénarios d'accidents au sud-est du DMQ.

Schéma 23 : Lieux dangereux potentiels importants dans le DMQ



Source: MDMQ-IRD Programme "Systèmes d'Information et risques dans le DMQ" 2004
 Mise en place: Jairo Estacio

Dans le second cas, il ressort d'une analyse générale que le DMQ, dans ses espaces de consolidation urbaine, présente des activités propres à une métropole/capitale (fonctions administratives, commerciales et industrielles, par exemple) et, dans ses espaces ruraux, des activités agricoles de grande envergure qui génèrent des devises et des rentrées productives non

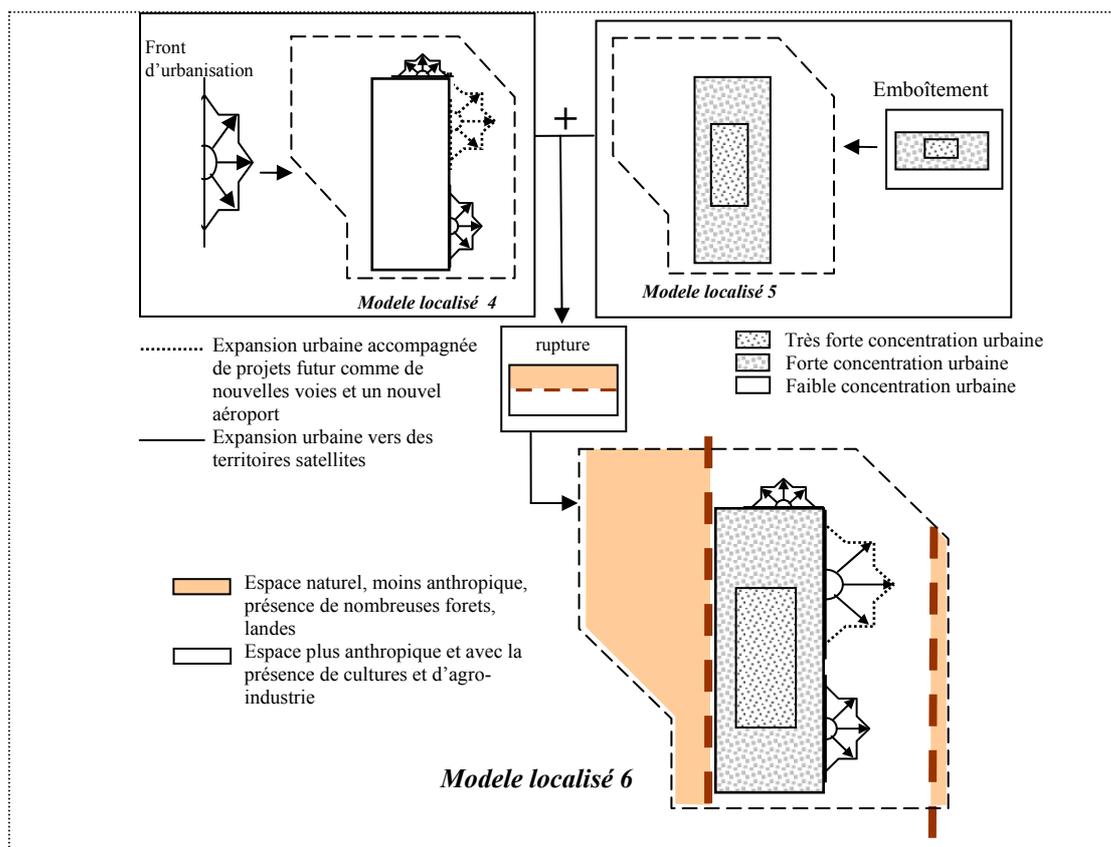
seulement pour la ville mais aussi pour le pays (production de fleurs par exemple). A cela s'ajoute l'intérêt politique de développer ces espaces avec des projets futurs (par exemple le nouvel aéroport et le nouveau système de voies orientales) qui permettront de décongestionner et de dynamiser les zones de grande consolidation urbaine en incorporant des territoires du district et en développant des voies de consolidation.

En allant dans ce sens on peut observer un *front d'urbanisation* établi par des politiques de planification⁴⁵. Cependant, il existe des centres peuplés et d'importants projets futurs qui se consolident comme des chefs-lieux du district (cas de Cumbayá et Tumbaco) (*Schéma 24, Modèle localisé 4*).

D'autre part il existe un *emboîtement* d'espaces de concentration urbaine, dans le sens que l'espace le plus urbain obéit à une relation de croissance centre-périphérie qui diminue plus on avance dans le district (*Schéma 24, Modèle localisé 5*).

A tout cela s'ajoute une apparente *rupture* en ce qui concerne la vocation de l'usage du sol du DMQ. D'un côté il existe des espaces apparemment « plus naturels que d'autres » ou « moins soumis à des actes anthropiques que d'autres ». C'est-à-dire qu'il existe des espaces destinés à rester vacants et des espaces destinés à recevoir des activités agroindustrielles, des projets futurs et des usages résidentiels (*Schéma 24, Modèle localisé 6*).

Schéma 24 : les structures urbano-spatiales importantes dans le DMQ

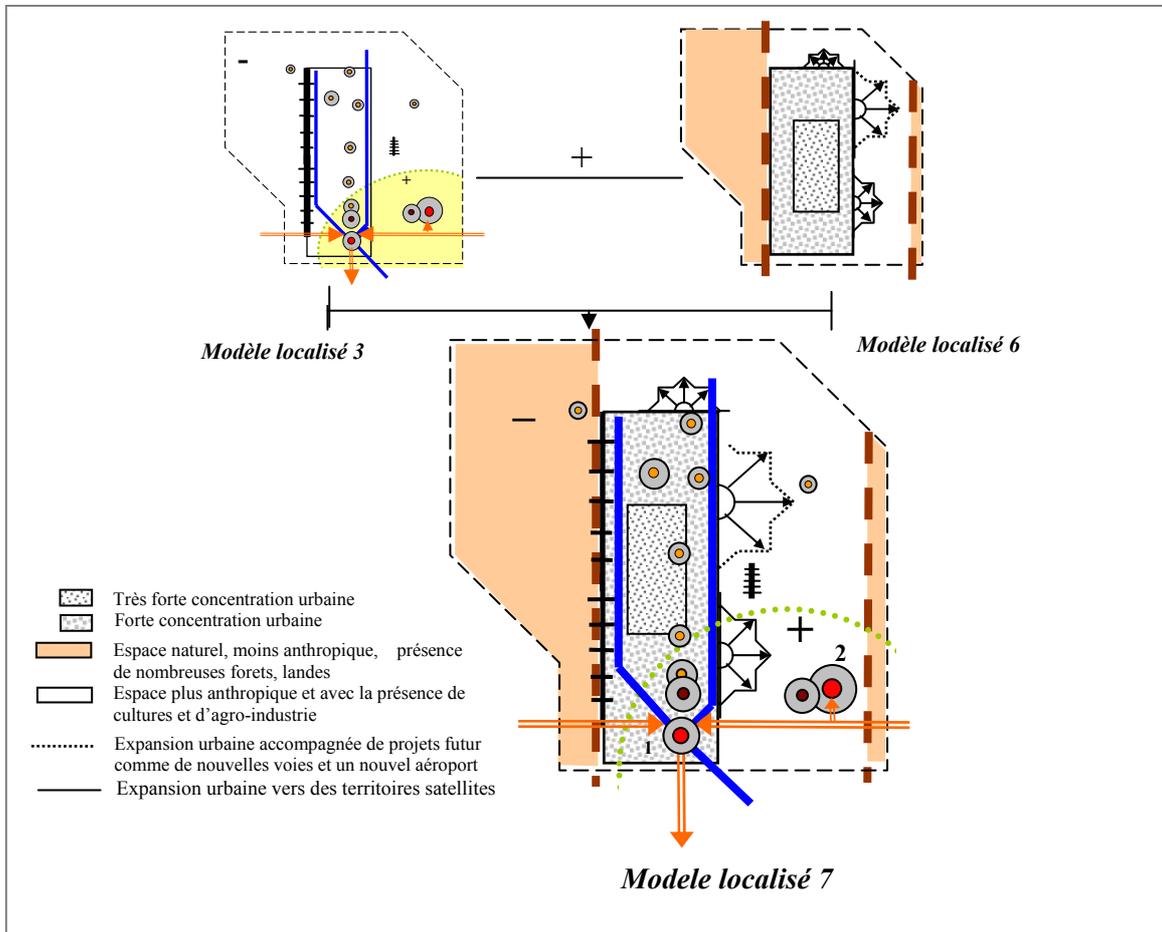


Source: MDMQ-IRD Programme "Systèmes d'Information et risques dans le DMQ" 2004
 Mise en place: Jairo Estacio 2004

⁴⁵ La croissance urbaine de ces zones fut planifiée avec des périodes de temps à court, moyen et long terme, comprises entre 5, 10 et 20 ans respectivement (étapes d'incorporation du sol urbain).

Une fois obtenus les éléments de départ pour établir la relation des installations dangereuses en fonction de la structure urbaine, le pas suivant est l'analyse, reflété dans la fusion de ces éléments (*Modèle localisé 3* et *Modèle localisé 6*) dont le résultat est le *Modèle localisé 7* du *Schéma 25*.

Schéma 25 : Relation entre les dangers potentiels des combustibles et les structures spatiales urbaines importantes dans le DMQ



Source: MDMQ-IRD Programme "Systèmes d'Information et risques dans le DMQ" 2004
 Mise en place: Jairo Estacio 2004

Le *Modèle localisé 7* permet de différencier trois types d'espace clairement identifiables :

1. Les zones de danger des terminaux et des centres d'embouteillage situés dans des secteurs urbains consolidés au sud de la ville de Quito.
2. Un espace moins consolidé mais où il existe des fronts d'expansion urbaine et probablement des activités industrielles et agricoles qui peuvent constituer dans le futur de nouveaux espaces de vulnérabilité.
3. Des zones de danger ponctuelles avec des lieux de stockage du gaz et des stations-service, surtout dans des secteurs fortement peuplés de Quito.

Il faut signaler que le danger associé aux voies et pipelines peut être affecté par le rayon d'action de certains ELAC comme dans le cas des terminaux et des centres d'embouteillage.

Pour établir les zones effectives d'affectation du danger, à un niveau géographique spatial, on a introduit les éléments considérés dans le *Modèle localisé 7* à l'intérieur d'une cartographie qui représente la structure réelle du territoire (*Schéma 26*) et dans laquelle on peut observer que la majorité des installations dangereuses se trouvent concentrées au sud du DMQ et de la ville de Quito.

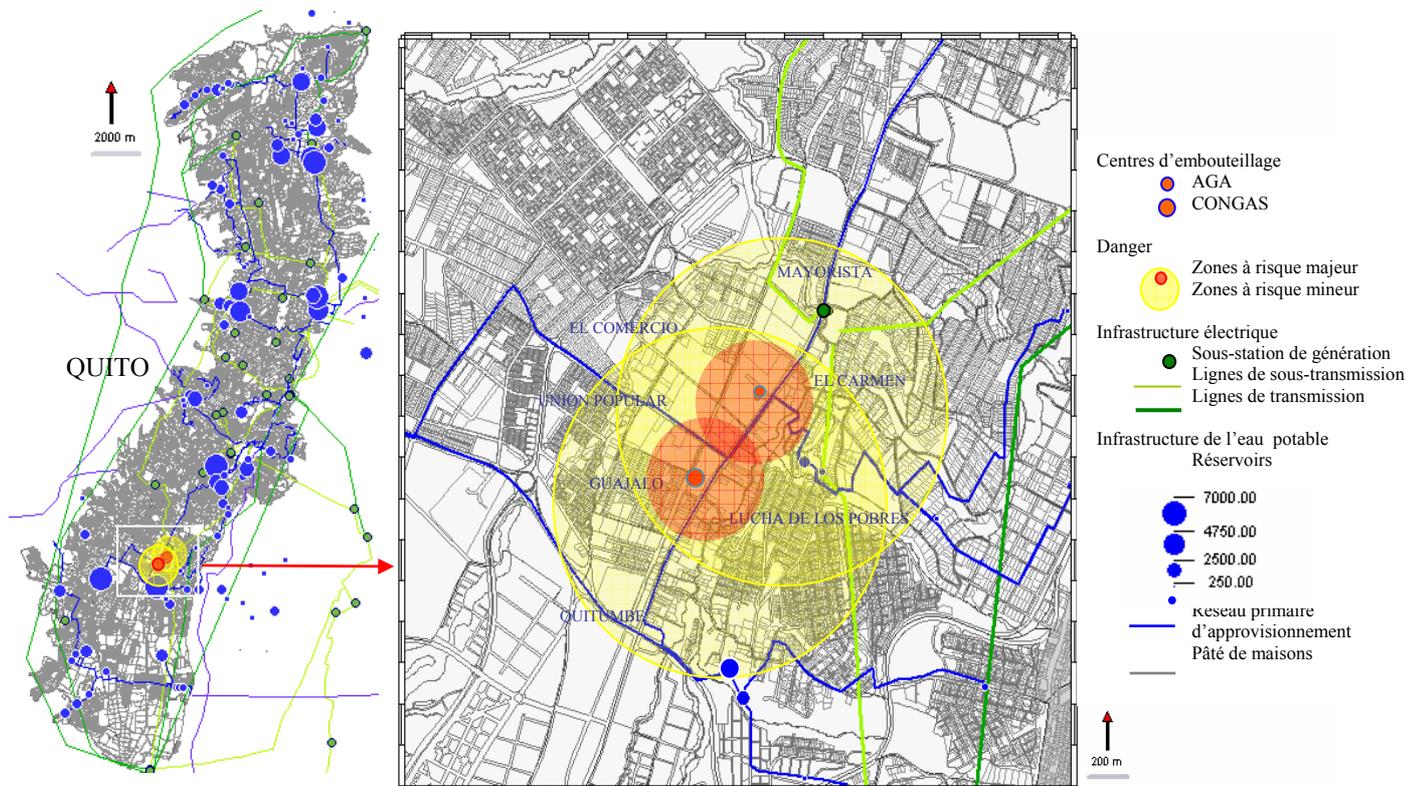
Cas spécifique: Localisation du centre d’embouteillage CONGAS et son influence sur la zone urbaine et sur les réseaux techniques des services (électricité et eau potable)

Dans une première phase furent représentées les zones de danger de tous les éléments concernant les combustibles situés dans le DMQ (*Schéma 22*, Carte A et B). Cependant, il est nécessaire de réaliser une analyse plus détaillée des dangers technologiques et de leurs conséquences sur l’environnement urbain. Pour cela, un processus d’étude à micro échelle fut réalisé en prenant comme exemple l’installation de la fabrique d’embouteillage CONGAS (située au sud de Quito) et son influence sur l’aire urbaine. L’objectif est de prendre note des « espaces de risque technologique » qui existent dans le DMQ et la nécessité d’approfondir les études en considérant les facteurs de vulnérabilité urbaine. La choix du centre d’embouteillage est lié à:

- ❑ Sa localisation dans un milieu urbain et la présence de réseaux techniques de service, importants pour l’approvisionnement de la ville (cas spécial de l’énergie électrique)
- ❑ La possibilité de survenue d’accidents (explosions et BLEVE) plus violents et moins maniables
- ❑ La proximité du centre d’embouteillage de gaz chimiques (AGA) qui fournit en oxygène, nitrogène, gaz carbonique et acétylène des zones industrielles et des hôpitaux, et dont la localisation comprend un rayon de danger en zones urbaines.

Pour l’analyse, une cartographie fut élaborée en donnant la priorité aux zones de danger industriel des fabriques CONGAS et AGA (*Schéma 27*).

Schéma 27 : La localisation des zones de danger technique des centres d’embouteillage CONGAS et AGA



Source: Programme de Systèmes d’Information et de Risques dans le DMQ IRD- MDMQ 2004, EEQ, EMAAP, 2003
 Mise en place cartographique: Jairo Estacio (2004)

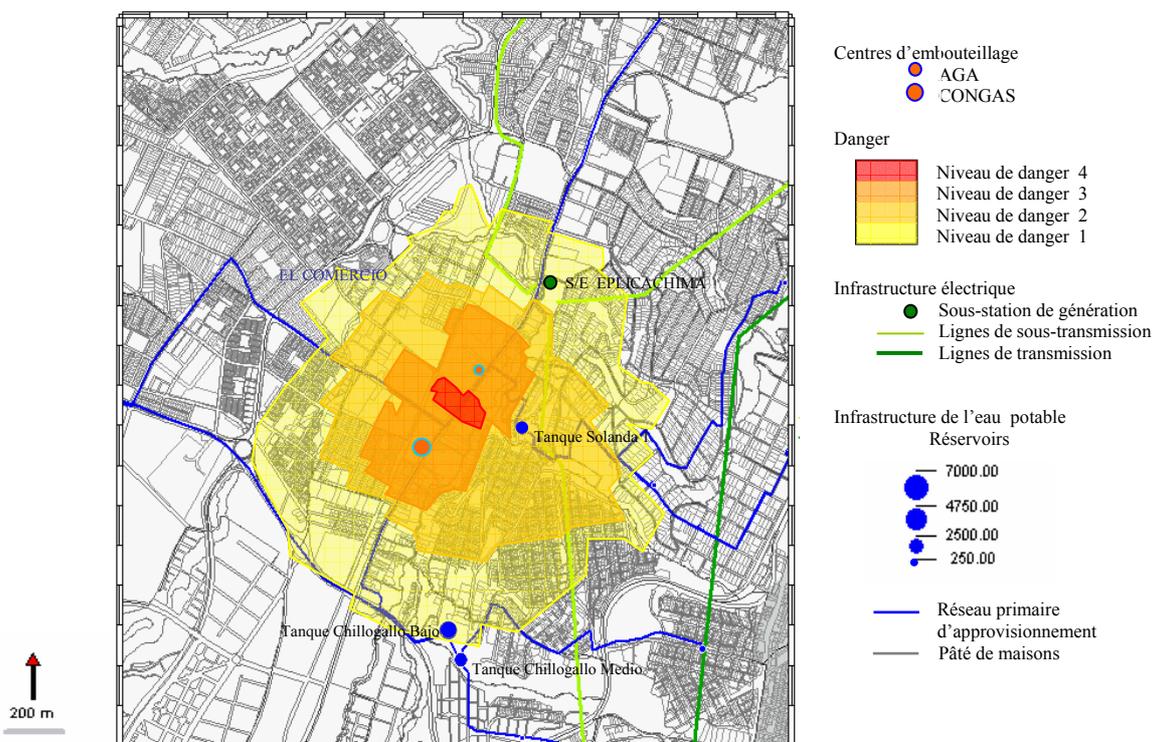
Le scénario BLEVE de la fabrique CONGAS démontre qu'il existe une affectation majeure dans des quartiers consolidés populaires tels que : Unión Popular, Guajaló, Lucha de Los Pobres, El Carmen et Santa Rosa; lesquels furent initialement des emplacements illégaux.

Une étude plus poussée des zones de danger se base sur une méthodologie⁴⁶ qui permet de faire une différence entre les zones urbaines selon le niveau d'exposition aux dangers industriels, c'est à dire les zones dont l'affectation dépend de la quantité des installations dangereuses alentours (dans le cas de l'étude il y a une affectation double pour la proximité des deux fabriques d'embouteillage), mais en délimitant la structure spatiale, dans ce cas au niveau des limites du quartier et des résidences (Schéma 28) ; le résultat de cette différenciation sont des zones ayant un niveau de danger de 1 à 4 :

- ❑ Le niveau 4 correspond aux secteurs situés dans plus de 2 zones de danger majeur (affectation très haute).
- ❑ Le niveau 3 correspond aussi à des secteurs situés dans des zones de danger majeur, mais dans ce cas affectés seulement par une seule installation (bien que, du fait de la distance, ces secteurs se trouvent aussi dans des zones de danger mineur en relation avec les installations les plus éloignées) (affectation haute).
- ❑ Le niveau 2 correspond à des secteurs situés dans 2 (ou plus) zones de danger mineur (affectation moyenne).
- ❑ Le niveau 1 correspond à des secteurs situés dans des zones de danger mineur d'une seule installation (affectation basse).

D'autre part, cette nouvelle délimitation permet de segmenter les réseaux et les éléments du système électrique selon la gravité de l'exposition (Schéma 28) en se basant sur un critère de surexposition des risques, ce qui permet d'obtenir des zones de danger isolé et des zones de danger surexposé.

Schéma 28 : Classification des niveaux de danger technologique des centres d'embouteillage CONGAS et AGA par rapport à l'aire urbaine et aux réseaux d'eau potable et d'électricité.



Source: MDMQ-IRD Programme "Systèmes d'Information et risques dans le DMQ" 2004
Mise en place: Jairo Estacio 2004

⁴⁶ Methodologie appliquée par Propeck-Zimmermann, Loïc Ravel, Thierry Saint-Gérard dans *Cartographie des risques technologiques majeurs: Nouvelles expectatives avec les SIG*, Collection Mappemonde, 2003, pages 17-21.

Dans le schéma antérieur la zone de niveau 4 correspond aux quartiers Unión Popular, Mirador Bajo et Mirador. De la même manière l'information liée aux réseaux techniques de service urbain permet (dans une première partie) d'observer l'absence d'exposition d'éléments importants significatifs dans l'approvisionnement de la ville. Cependant, il existe des réservoirs d'eau potable (Chillogallo Bajo avec 5000 m³ de capacité et Solanda 1 de moindre volume), lesquels approvisionnent des quartiers consolidés fortement peuplés (comme San Rosa de Chillogallo et Solanda) et qui se trouvent dans des zones ayant un niveau de danger respectivement de 1 et 2; les infrastructures sont enterrés à 50 cm du sol, ce qui les rend moins vulnérables.

En ce qui concerne les réseaux primaires d'approvisionnement d'eau potable, le cas est semblable puisqu'ils passent dessous la trame urbaine et ont peu de possibilités d'être affectés par des événements; à l'exception des réseaux de transmission localisés dans des zones de danger de niveau 3 et 4, dont l'approvisionnement est local pour les secteurs situés autour du quartier San Bartolo.

Pour ce qui concerne le système d'énergie électrique la ligne de sous-transmission de 46 KV est exposée à des niveaux de danger 1 et 2 ; particulièrement la Sous-Station S/S (Subestación S/E) Epiclachima, considérée comme stratégique pour le flux d'énergie vers le sud et le nord de Quito et qui se trouve dans une zone de danger 1. S'il on considère que le réseau électrique est un système aérien et superficiel on comprend que l'affectation par des événements BLEVE ou des incendies est plus importante; cette considération incite à réaliser une étude plus détaillée afin de connaître les conséquences et les effets en chaîne dans le DMQ.

Conséquences et alternatives sur l'approvisionnement de possibles dégâts du réseau électrique

Ce travail se base sur le programme « Systèmes d'Information et Risques dans le DMQ » développé par l'IRD⁴⁷, à l'intérieur duquel on a considéré non seulement l'exposition des éléments importants du fonctionnement du réseau électrique mais aussi des niveaux possibles de vulnérabilité aux événements BLEVE ; lesquels sont mesurés par l'intermédiaire des facteurs suivants (Annexe 8) :

- ❑ Failles internes du système (**vulnérabilité intrinsèque**) : liées au mauvais fonctionnement d'une des parties ou des composantes importantes.
- ❑ Exposition aux aléas et susceptibilité d'endommagement.
- ❑ Préparation pour affronter une crise : liée à l'existence de plans de contingence ou d'urgence dans le cas de désastres et accidents.
- ❑ Alternatives de fonctionnement : en cas de failles ou d'avaries dans une de ses parties.
- ❑ Capacité de contrôle : accessibilité aux éléments (routes ou autres moyens), contrôle à distance.
- ❑ Dépendance d'autres éléments : relation avec d'autres éléments externes au système.

Pour cela, la ligne Epiclachima s'est divisée en plusieurs lignes (lignes de sous-transmission qui correspondent aux éléments du système électrique), différenciant le niveau de danger exposé et sa vulnérabilité, ce qui sera mesuré par des niveaux allant de 1 à 5 (du moins vulnérable au plus vulnérable)⁴⁸ et qui représentent la synthèse globale d'analyses particulières de fiabilité pour chacun des éléments du système (voir le détail dans le tableau méthodologique suivant).

⁴⁷ Voir D'Ercole Robert, Metzger Pascale dans "Les lieux Essentiels du District Métropolitain de Quito", Collection Quito MDMQ-IRD, 2002, Quito-Equateur

⁴⁸ Plus d'informations sur cette méthodologie dans : D'Ercole Robert , Estacio Jairo: "Eléments essentiels et vulnérabilité du Système Electrique Quito", IRD-MDMQ, Quito 2003.

Tableau 9 : Analyse du risque des installations électriques par rapport à de possibles scénarios BLEVE (CONGAS-AGA)

Segments ou éléments du réseau électrique	Exposition à des dangers BLEVE (niveaux de 1-4) (A)	Critères d'exposition	Vulnérabilité (niveaux de 1-5) (V)	Critères principaux de vulnérabilité	Résultat risque (A*V) (R)
A. Ligne Epiclachima-Selva Alegre	0	Aucun	4	Ligne de terre mal fixée Capacité de contrôle très limitée	0
B. Ligne Epiclachima-Selva Alegre	1	Danger faible	4	N'est pas préparée à une crise	4
C. Ligne Epiclachima Sud	1	Danger faible	3	N'est pas préparée à une crise Capacité de contrôle limitée	3
D. Ligne Epiclachima Sud	0	Aucun	3	Présente un seul circuit de fonctionnement	0
E. Sous-Station Epiclachima	1	Danger faible	3	N'est pas préparée à une crise Capacité de contrôle limitée Ancienne	3
F. Ligne Santa Rosa-Epiclachima	2	Danger moyen	4	N'est pas préparée à une crise Capacité de contrôle très limitée	8
G. Ligne Santa Rosa-Epiclachima	1	Danger faible	4	Ligne de terre mal fixée et problème de disjonction	4
H. Ligne Santa Rosa-Epiclachima	0	aucun	4		0

Source: Programme de Systèmes d'Information et Risques dans le DMQ IRD- MDMQ (2004), EEQ, (2003)
Mise en place: Jairo Estacio (2004)

L'analyse correspond au produit de l'équation $R = A * V$ où:

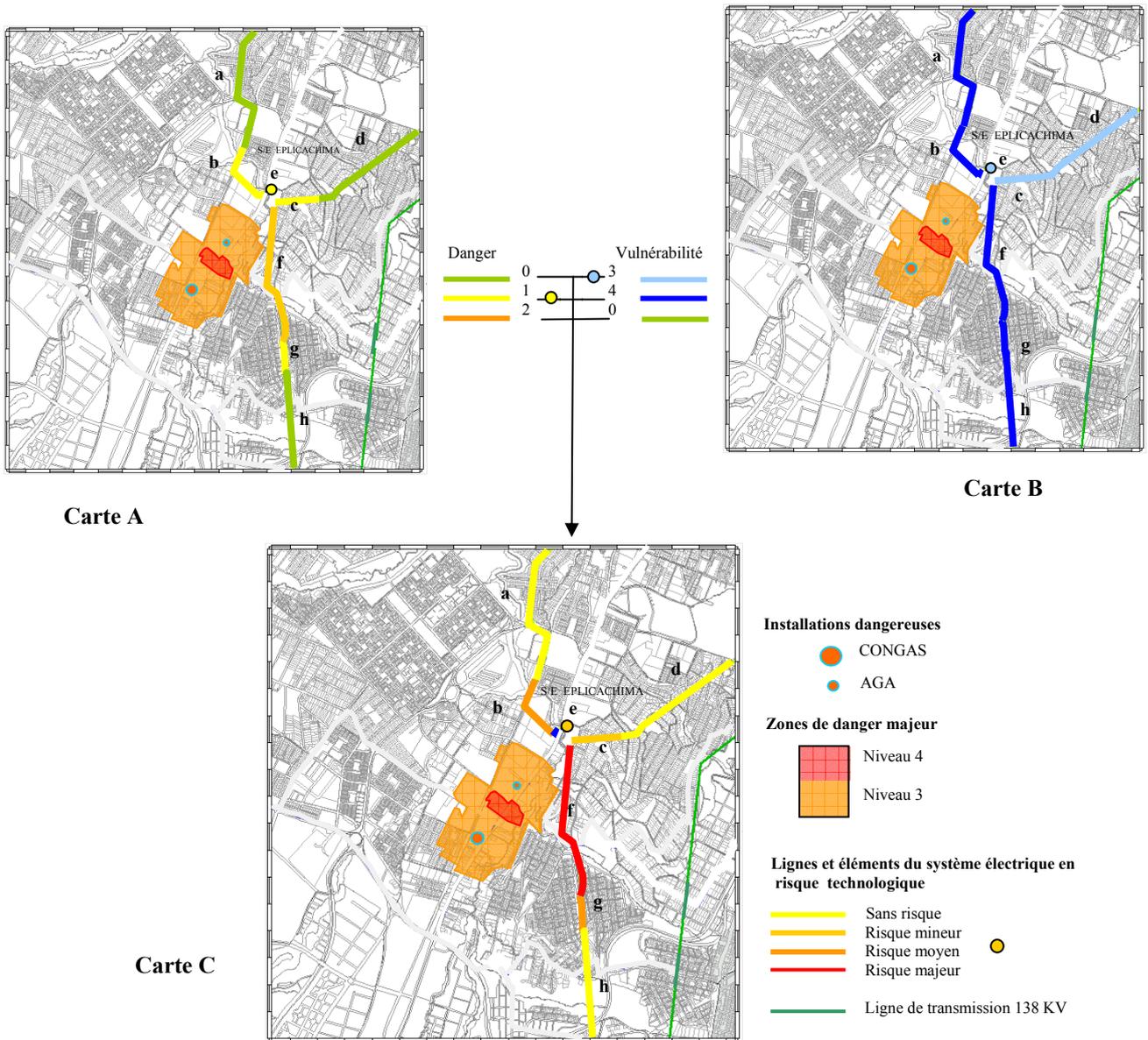
R est le Résultat,

A correspond aux niveaux d'exposition face aux dangers BLEVE et

V le degré de vulnérabilité

Le résultat met en évidence un segment « F » de la ligne Santa Rosa Epiclachima comme celui de risque majeur. Classées comme risque moyen se trouvent: la ligne Epiclachima - Selva Alegre et la ligne Santa Rosa- Epiclachima, qui constituent des axes importants de conduction électrique depuis le sud jusqu'au nord de la ville (*Schéma 29*, Carte C). Les données du Tableau 9 s'appliqueront à la cartographie (*Schéma 29*), et les lignes de *sous-transmission* ainsi que la *sous-station* Epiclachima présenteront différentes couleurs le long de leur trame ; des couleurs qui correspondent aux expositions aux risques BLEVE et les facteurs de vulnérabilité rencontrés (coïncidant avec les couleurs du tableau).

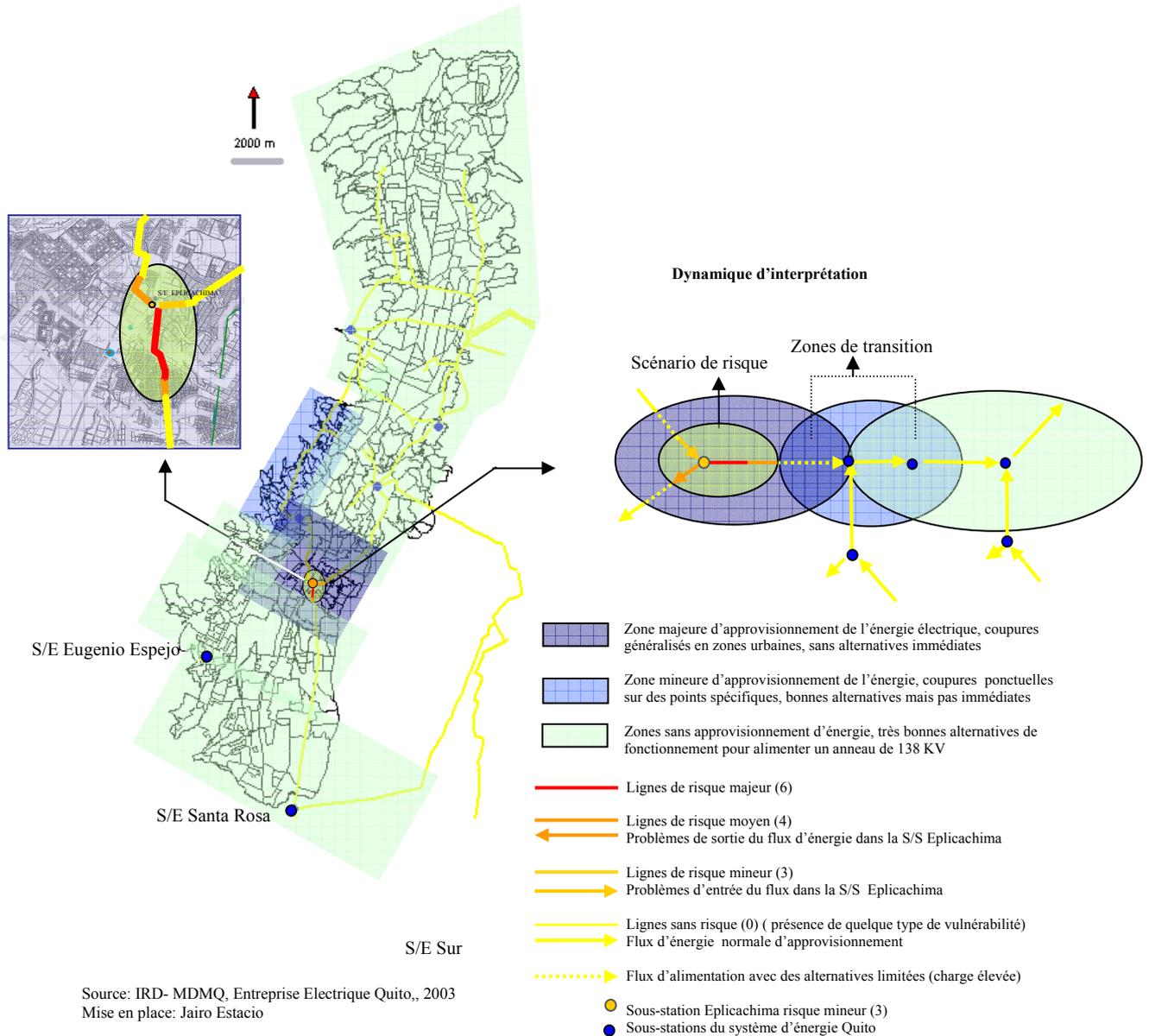
Schéma 29 : Analyse des risques technologiques des installations électriques exposées aux dangers BLEVE dans le cas des centres CONGAS et AGIP.



Source: Programme de Systèmes d'Information et Risques dans le DMQ IRD- MDMQ (2004), EEQ (2003)
 Mise en place: Jairo Estacio (2004)

La supposition de scénarios d'accidents fait immédiatement penser que les effets sur les espaces et sur les centres habités seront un manque d'énergie électrique, une situation qui peut être facilement changée s'il existe des alternatives adéquates pour remédier au problème énergétique. Dans ce contexte, le schéma 30 basé sur les données des zones de service de chaque sous-station présente des répercussions sociales et des possibles alternatives de fonctionnement ; la logique de ces alternatives peut être observée dans le système ci-joint, où la dynamique relationnelle avec d'autres éléments du système électrique offre la possibilité de continuer avec le fluide électrique dans des zones d'approvisionnement potentiel.

Schéma 30 : les conséquences au niveau de l’approvisionnement d’énergie d’un mauvais fonctionnement de la S/S Epiclachima et de ses lignes de sous-transmission, à l’intérieur de zones à risque

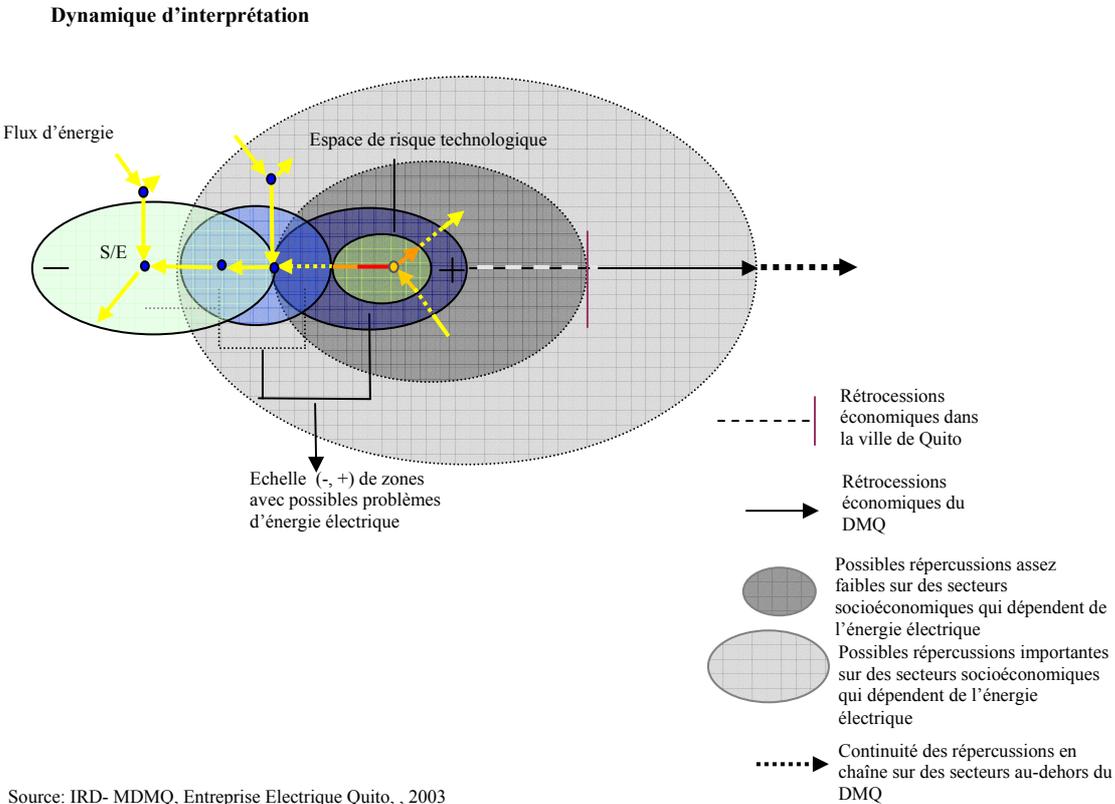


L’espace des risques technologiques dans la Sous-station Epiclachima a des répercussions sur sa zone d’approvisionnement qui sont en grande partie résolues par d’autres sous-stations telles que Santa Rosa et Eugenio Espejo, ainsi que la sous-station Sud. La zone de connexion entre la ligne qui sort de la S/S Epiclachima pour aller vers S/S Selva Alegre aurait quelques problèmes ponctuels d’approvisionnement dans les lignes primaires, ce qui affecterait des zones consolidées.

A l’intérieur de la zone majeure d’approvisionnement il y a un secteur important de petites industries et entreprises qui subiraient des effets considérables dans leur appareil économique, reflétant des pertes économiques et des licenciements qui affecteraient le système socio-économique du DMQ. Dans les zones de moindre approvisionnement sont concentrés quelques

services importants de santé comme celui de l'Hôpital Sud, ainsi que des secteurs commerciaux et résidentiels (Schéma 31).

Schéma 31 : Possibles conséquences sur l'approvisionnement d'énergie dans des secteurs économiques



Les conséquences de failles dans le secteur électrique ont des répercussions mesurables sur les espaces d'influence et pas très mesurables en ce qui concerne des effets sur des secteurs socioéconomiques et des pertes et dégâts de biens résidentiels et commerciaux (avaries d'électrodomestiques pour cause de décharges et de surcharges répétées du courant).

Comment améliorer la cartographie des risques technologiques liés aux combustibles ?

Puisque la cartographie d'analyse est un outil fondamental dans l'étude des risques industriels découlant des scénarios BLEVE par combustibles GLP et dans l'étude de leurs conséquences sur les réseaux techniques urbains (cas particulier du système électrique), elle se doit d'être améliorée en considérant les divers critères qui concernent la connaissance, les conséquences et l'analyse des dangers affectant les milieux urbains.

A propos de la connaissance des aléas

Connaître ce qui se passe à l'intérieur de l'industrie n'est pas seulement le travail des ingénieurs industriels ou mécaniques mais aussi des géographes puisque l'approche multidisciplinaire est le meilleur allié des bonnes décisions et des critères de recherche. L'étude des industries, leur fonctionnement, l'établissement de vulnérabilités intrinsèques et leurs facteurs, sont des travaux à améliorer et à actualiser, surtout quand on sait que la vulnérabilité intrinsèque aide à comprendre l'origine et les processus de gravité des dangers technologiques (Annexe 9); cela

aidera sans doute à effectuer des actions de prévention et des études d'impact, et amènera plus de contrôle et de vigilance.

Il faut ajouter à ces études une analyse de la vulnérabilité selon l'exposition d'éléments dangereux à des événements externes de caractère naturel ou social ; par exemple des installations de stockage des combustibles exposées à des zones de menaces naturelles comme des séismes ou des inondations, et à des facteurs sociaux comme des vols de gasoil sur les pipelines ou des attentats terroristes et des actes de vandalisme ; critères importants à considérer lors de la recherche intégrale sur les risques technologiques.

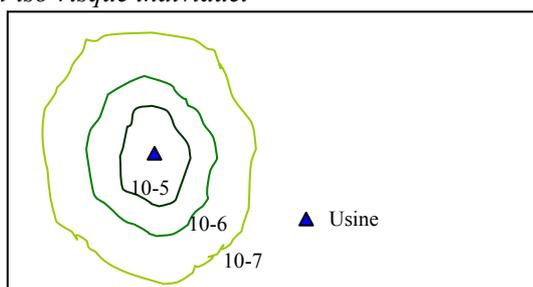
A propos des conséquences

Dans les lieux de stockage des produits dangereux et des combustibles, les scénarios d'accidents sont divers (explosions, contamination, incendies). Les zones de danger représentées dans la cartographie, bien qu'elles soient un outil nécessaire, sont très limitées puisqu'elles ne considèrent pas les facteurs météorologiques ou environnementaux qui peuvent aggraver ou changer un événement (par exemple l'action et la direction du vent lors d'un incendie, ou l'influence de pluies lors d'une pollution par déversement) ; elles ne considèrent pas non plus d'autres types de vulnérabilité présents dans les milieux urbains. Devant cette problématique le principe de la vision probabiliste octroie quelques critères additionnels dans l'élaboration de cartes sur les risques technologiques.

Dans cette optique la cartographie est déterminée à partir d'une évaluation quantitative de probabilités d'accidents industriels et de leurs conséquences (Hiegel, 2003). Il fut donc établi des contours dénommés « iso-risques » autour des industries en fonction du risque individuel, défini comme la probabilité d'occurrence d'un accident industriel en relation avec la probabilité qu'une personne en un lieu proche soit affectée (Zimmermann, 1994) (*Schéma 32*).

D'autre part, on peut considérer aussi le risque « sociétal » ou collectif (Leroy et Signoret, 1992) à l'intérieur de la variable de probabilité des conséquences. Le risque sociétal est défini comme la relation entre le nombre de personnes mortes lors d'un accident déterminé et la probabilité que ce nombre augmente chaque année.

Schéma 32: Contours d'iso-risque individuel



Source: Zimmerman E. (1994), et Hiegel (2002)
Mise en place: Jairo Estacio

Pour établir une statistique constante des accidents mortels dans les industries chimiques et pétrochimiques dans le monde entier il est nécessaire d'évaluer le risque sociétal.

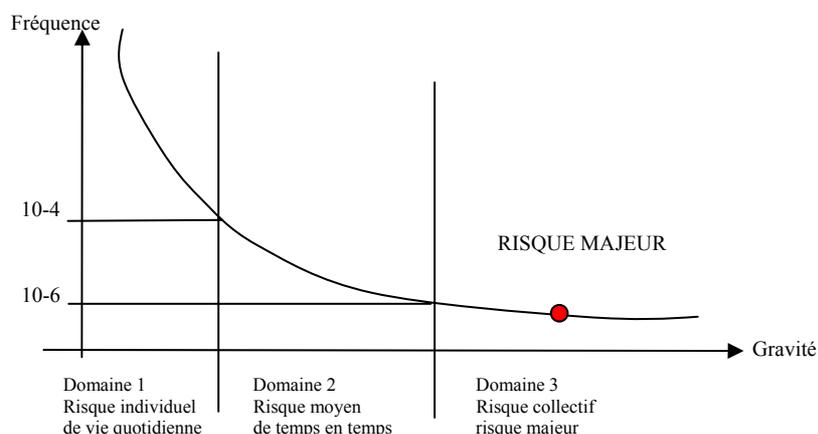
Tableau 10: Fréquence des décès annuels dus à l'industrie chimique

Fréquence annuelle	Nombre de morts
0,05	1000
0,35	100
1	50
5	10

Source et mise en place: Alain Leroy et Jean Pierre Signoret dans Le Risque Technologique 1992

Pour insérer la variable de vulnérabilité de la population il existe la dénommée courbe de Farmer, (F/N) (Schéma 33); dans cette courbe rentrent en relation la probabilité des accidents (F) et la probabilité des décès par l'intermédiaire de la densité de la population en zones de danger (N) (que ce soit à travers les risques individuels ou sociétaux) selon les domaines de gravité.

Schéma 33: La courbe de Farmer



Source Jaques Donze 2003

La fréquence des décès possibles récurrents se situe au niveau des risques individuels ou quotidiens tels que les accidents de la route ou les accidents domestiques (domaine 1), suivi par des accidents comme les carambolages ou les explosions de gaz à l'intérieur d'un immeuble, qui affectent à de petits groupes (domaine 2), et enfin se situent les risques éventuels qui sont les plus graves et les moins probables dans le cas d'origine naturelle (séismes, éruptions, inondations, par exemple) et technologique (différents scénarios d'accidents majeurs comme BLEVE, BOIL OVER, incendies, contamination toxique) de domaine 3.

Mais la probabilité de décès ou l'exposition pour une grande proportion de la population située en zone de danger industriel, sont seulement des variables de vulnérabilité de la population. En ce qui concerne les impacts existent d'autres variables très importantes qui doivent être considérées :

La vulnérabilité institutionnelle et politique : se définit par le manque de décisions politiques ou les conflits relationnels entre acteurs ayant des intérêts différents, et se traduit par des outils de contrôle inadaptés et limités comme par exemple les réglementations sur l'Usage du sol, l'incertitude, et le manque de connaissance des lois.

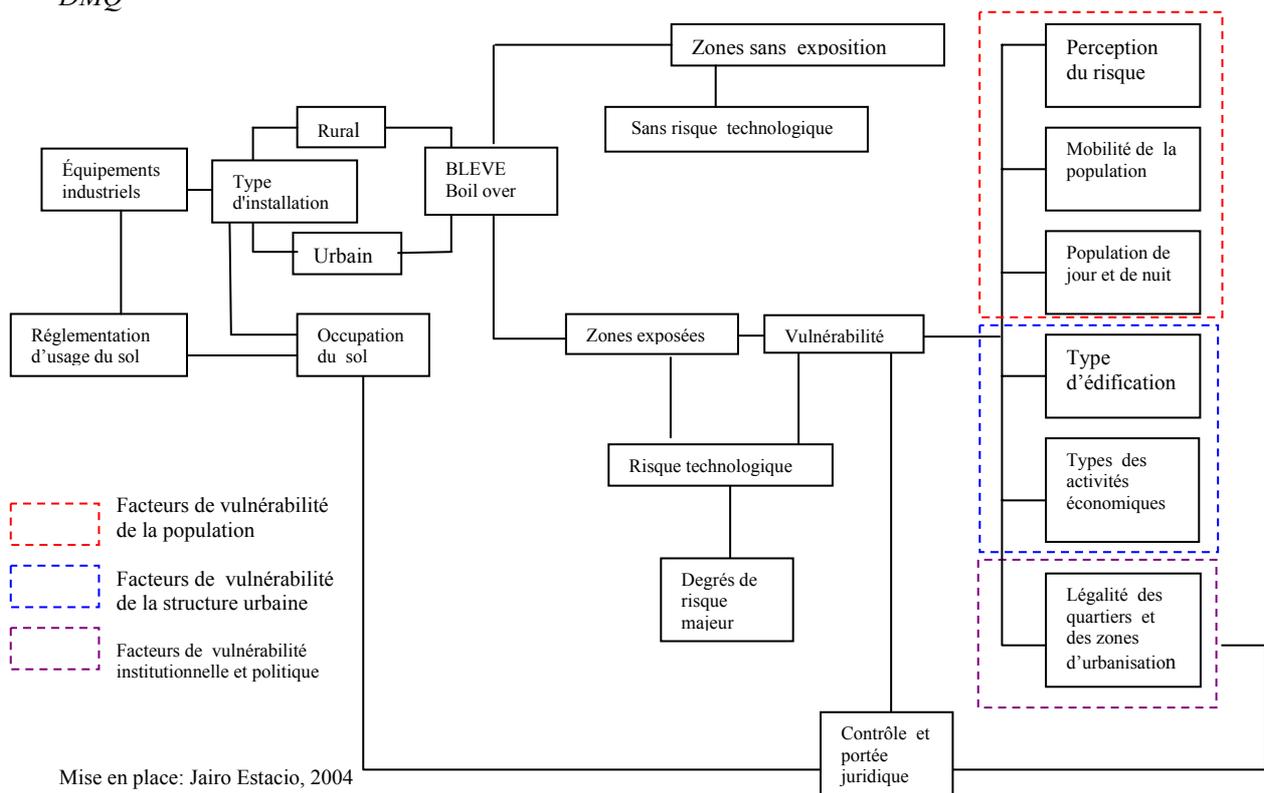
La vulnérabilité physique : est liée à l'infrastructure urbaine, aux formes techniques de construction, et à la disposition physique dans les zones de danger ; les réseaux et l'espace

construit en général se trouvant en relation. A l'intérieur de cette vulnérabilité peuvent être considérés différents facteurs selon le type d'œuvre (technique, architectonique, patrimonial) ainsi que des vulnérabilités intrinsèques.

La vulnérabilité de la population : est liée à la perception de la population du danger technologique auquel elle se trouve exposée. Un autre facteur est le flux populationnel et dynamique dans les zones à risque et sa permanence nocturne et diurne.

Ces facteurs doivent être pris en compte lors de l'élaboration de la cartographie pour comprendre les dangers industriels et intervenir à bon escient (Schéma 34).

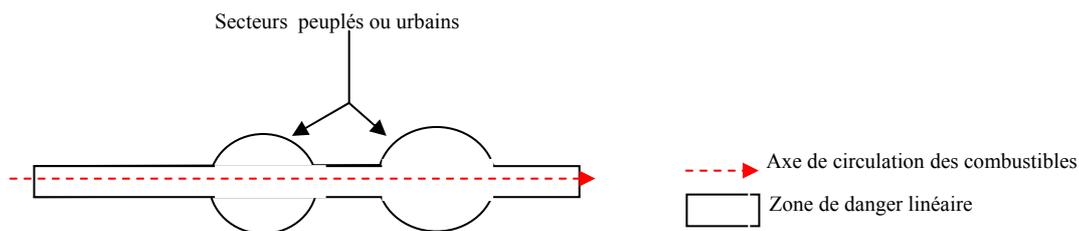
Schéma 34: Facteurs de vulnérabilité à considérer dans l'analyse du risque technologique dans le DMQ



A propos du transport

La réalisation de la cartographie du transport des combustibles (par routes ou tuyauteries) et des installations fixes, répond aux mêmes critères de danger et aux facteurs de vulnérabilité déjà décrits. La différence réside justement dans la mobilité, où doivent être pris en compte les zones de danger linéaire, c'est-à-dire les limites de danger parallèle à tout l'axe principal de conduction. Pour cela, la quantité et le type de produit à transporter seraient le critère *déterministe* abordé. Cependant, quand le transport des combustibles implique des zones peuplées ou urbaines on peut considérer une *vision probabiliste*. Dans ce cas, la cartographie pourrait adopter la forme d'« iso-risques » ou les cercles situées ponctuellement par section des voies de circulation des combustibles (Schéma 35).

Schéma 35: Modèle de cartographie des dangers technologiques sur les routes



Source: J Donze, interview effectué en 2004
Mise en place: Jairo Estacio

D'autre part, Signoret (1992), se basant sur la rupture de l'oléoduc de Piper Alpha et son grand incendie, manifeste que pour réaliser les zones d'impact des pipelines, les dangers liés aux combustibles « (...) sont proportionnels à la puissance de $1/3$ de la masse inflammable (...). Pour estimer ces paramètres de nombreux critères doivent être pris en compte, comme : la localisation de la barrière, les caractéristiques géométriques et techniques du pipeline (longueur, diamètre, pression, géométrie de la plateforme, rose des vents, probabilités d'occurrence des fuites (...)) ». Bien que le transport par pipeline ou gazoduc soit statistiquement le plus sûr et le plus fiable, ces tuyauteries sont en majorité enterrées (Dauphiné, 2003).

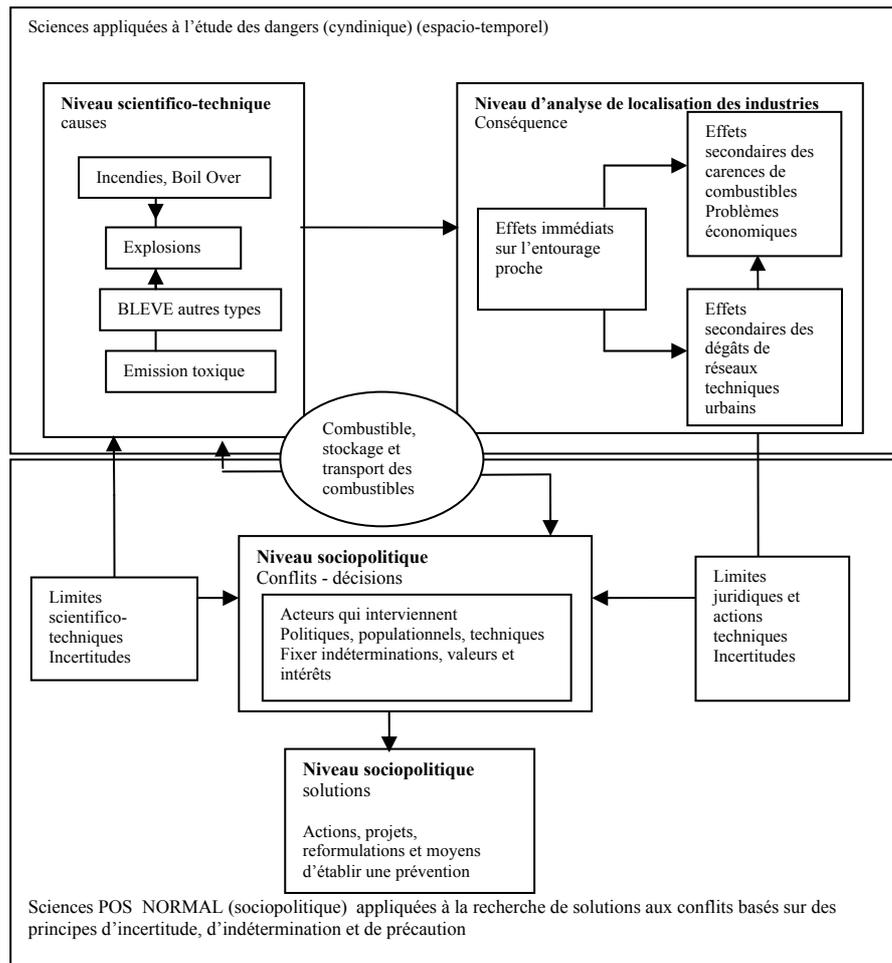
De cette façon, l'élaboration d'une cartographie probabiliste n'offre pas toujours des données nécessaires et complètes, et c'est ainsi qu'il faut analyser les risques potentiels ou suspects ainsi que les risques avérés ou passés afin d'établir des antécédents sur la dimension et la spatialité du danger.

Système simulé : Gestion des risques technologiques liés aux combustibles dans le DMQ

Modèle de gestion intégrale

A partir de la base conceptuelle développée dans la première partie on peut entendre comme gestion intégrale du risque technologique les données obtenues des processus d'intégration du résultat d'analyse du risque, à travers les études de ses risques et les conséquences urbaines. Dans cette gestion s'insèrent des décisions et des solutions depuis les niveaux sociopolitiques, à partir de valeurs, intérêts et incertitudes concernant la connaissance de ces risques et la participation des acteurs liés au territoire et avec les niveaux scientifico-techniques de cette même gestion (Funtowicz, et al 1993) (Schéma 36).

Schéma 36 : Gestion des risques technologiques dans le DMQ



Source: De Marchi y Funtowicz, 2002
 Mise en place: Jairo Estacio, 2004

A partir de ce point de vue la gestion des risques technologiques dans le DMQ doit intégrer dans une optique de précaution les études, les cartographies et les analyses de risque considérant des facteurs de vulnérabilité. Ainsi, les acteurs sociaux (cas de la municipalité de Quito) pourront aborder les incertitudes et les indéterminations quand ils prendront des décisions de contrôle.

Acteurs d'intervention

La Direction Nationale des Hydrocarbures (DNH) est l'entité chargée de la gestion et du contrôle des hydrocarbures dans le pays. En conséquence cet organisme stipule des normes concernant l'usage des les combustibles (en termes d'achat et de vente) et des normes techniques pour le fonctionnement des stations-service, des centres d'approvisionnement et des terminaux de combustibles comme El Beaterio et Itulcachi.

Une autre institution chargée de la protection environnementale de l'activité liée aux hydrocarbures est la Direction Nationale de Protection Environnementale du Ministère de l'Energie et des Mines, dont le champ d'action recouvre les fonctions de fiscalisation et de contrôle des filiales de PETROECUADOR⁴⁹ en ce qui concerne les règles techniques de sécurité industrielle, les lieux et les conditions d'exposition et de stockage des combustibles (avec une attention particulière sur les

⁴⁹ PETROECUADOR est l'entité d'état qui régle l'exploitation, le raffinage et la commercialisation du pétrole et de ses dérivés en Equateur. Elle travaille par concessions et contrats avec des compagnies étrangères. Elle est composée de filiales, principalement PETROCOMERCIAL et PETROPRODUCCION.

centres mixtes), les normes de qualité des matériaux dérivés du pétrole, produit ou importé, et la décharge de matériaux inflammables.

La MDMQ (Municipalité du District Métropolitain de Quito), par l'intermédiaire de la « Loi du Régime Municipal », se convertit en un organisme autonome en ce qui concerne la normalisation et la réglementation de l'usage du sol, de la sécurité industrielle et de la contamination. A cet organisme s'ajoute le Corps des Pompiers de Quito, dont l'action est de réguler le stockage de produits combustibles en se basant sur les normes de qualité INEN⁵⁰ pour le contrôle.

Limitations politiques et scientifiques

Les diverses *incertitudes* sont liées à des facteurs de vulnérabilité scientifique et politique. Dans le DMQ l'étude et les apports scientifiques sur le thème des risques technologiques sont limités et non socialisés. Au niveau politique la législation et la réglementation des normes, règles et contrôles concernant le stockage de combustibles manquent de spécificité et encore plus de responsables juridiques pour les exécuter. Par exemple, la norme 1534 stipulée par l'INEN, qui régule la localisation du gaz GLP à l'intérieur des sites urbains, ou l'Ordonnance Municipale 3148 de la MDMQ sur la localisation des postes d'essence dans la ville, manquent de contrôle en ce qui concerne leur respect et leur application de la part des personnes impliquées. Le Corps de Pompiers de Quito se trouve dans la même situation (voir *Annexes 10, 11, 12*). Cette incertitude génère une discordance entre les objectifs sociopolitiques de prévention et la disposition des lieux de stockage dans des zones de consolidation urbaine.

Les *indéterminations* sont liées aux vulnérabilités institutionnelles. Des conflits institutionnels existent à différents niveaux politiques de décision, et au niveau du dialogue avec les acteurs sociaux impliqués. Par exemple, la relocalisation des sphères de stockage des combustibles (GLP) du BEATERIO et de ITULCACHI est en discussion depuis plus de 10 ans car elle présente un risque potentiel et un risque chez les populations situées dans des zones de danger. Le conflit s'est finalement résolu après avoir trouvé un accord entre Petroecuador et la Municipalité de Quito, en dérogeant une ordonnance pour faciliter cette relocalisation (*Annexe 13*). Finalement, une partie de cette activité fut transférée dans un secteur rural aux « répercussions moindres ».

Notion de risque acceptable

Dans la prévention des risques technologiques, que peut-on considérer comme risque acceptable ? Quels sont les dégâts que la population est disposée à assumer ? Sans aucun doute les réponses n'ont pas encore été fournies par les entités de décision politique et institutionnelle. Un risque acceptable est une valeur de probabilité de conséquences sociales, économiques et environnementales, qui soit suffisamment basse pour permettre son utilisation dans la planification ou pour fixer des politiques urbaines et environnementales compatibles (Cardona et al, 1993). Ainsi, le danger technologique doit être hiérarchisé en fonction de ses conséquences. Dans ce sens l'acceptabilité d'un risque technologique est fonction de la connaissance de ses dangers réels et des dégâts potentiels sur une population ou des biens exposés ; mais dans le cas du DMQ, cela est connu seulement des acteurs politiques et non de la population, une disparité qui aggrave le risque.

Une condition pour l'« acceptabilité » du risque réside dans le dialogue et la participation citoyenne. Ainsi se discutent les intérêts et les valeurs de tous les acteurs qui interviennent dans la problématique des risques technologiques, afin de trouver une solution. Cette acceptabilité doit être négociée en fonction du fait que l'on ne puisse pas obtenir un risque zéro, et non plus un risque technologique aux tendances catastrophiques, ce qui est un début pour choisir un système désiré, tolérable à l'intégrité urbaine et planifié dans son développement. De cette façon l'apport de l'ingénierie du risque sur les études du danger, les apports de la géographie du risque sur l'élaboration de la cartographie et son analyse spatiale, et les apports de la sociologie politique du risque, sont importants pour la recherche et l'intégration de solutions et de communications.

⁵⁰ L'INEN est une entité de normalisation mais pas d'exécution des lois ; elle essaye surtout de définir les paramètres des normes de qualité pour la prévention, la sécurité industrielle et la gestion des combustibles.

CONCLUSIONS GENERALES

Sans aucun doute, les risques technologiques constituent un thème récent dont les composantes ne sont pas encore totalement définies et dont l'intérêt augmente chaque jour du fait d'un développement technologique qui s'affirme depuis le début de la nouvelle ère industrielle. Ainsi, cette thématique offre de nouvelles perspectives en termes opérationnels et pour la compréhension de la gestion des espaces urbains.

Les accidents technologiques sont en grande partie liés aux lieux de stockage de combustibles liquides ou gazeux (GLP). Ils sont à l'origine d'incendies et d'explosions (BLEVE, BOIL OVER) qui sont les dangers les plus courants et les plus fréquents au niveau mondial comme l'indiquent les statistiques. Dans le cas de l'Equateur, Quito en tant que capitale, concentre un grand nombre de lieux de stockage de combustibles, certains centres, comme les terminaux et centres d'embouteillage, stockant des quantités très importantes de combustibles liquides ou gazeux.

Dans ce contexte, la systémique et d'autres outils géographiques comme les SIG ou la chorématique, permettent de développer de nouvelles manières de comprendre et interpréter les risques technologiques, les espaces vulnérables ainsi que les différents états des systèmes dans lesquels ces risques s'insèrent. Cela va des systèmes réels, correspondant à un fonctionnement normal et à une distribution habituelle des combustibles, à des situations simulées où apparaissent des risques potentiels qui peuvent transformer le système initial (énergie et cyndinique) en perturbant le fonctionnement de différentes parties de la ville et en entraînant des répercussions sur les centres habités, les réseaux techniques et autres infrastructures urbaines. En même temps, un système simulé souhaité et planifié peut inverser ce schéma dans le cadre d'une politique de prévention des risques. Dans ce système, les énergies de changement apparaissent suivant les décisions politiques concernant de manière générale l'aménagement du territoire et la relocalisation des industries, ou de manière plus particulière la formation de parcs industriels pour combustibles, par exemple.

Chaque système (normal, simulé ou désiré) peut être interprété et étudié séparément et en détail. Ainsi, l'analyse du système de fonctionnement normal des combustibles dans le district de Quito démontre l'importance de tout ce qui gravite autour des combustibles pour la capitale équatorienne qu'il s'agisse de transport, de stockage, de distribution ou de redistribution. Dans le système simulé, développant des scénarios d'accidents, on peut clairement établir des relations entre les lieux générateurs de dangers technologiques répartis dans tout l'ensemble urbain, l'exposition d'éléments importants pour le fonctionnement et le développement de la ville et la vulnérabilité des espaces. Cela permet notamment de mettre en évidence la nécessité de rendre ces risques prioritaires en termes d'intervention et de gestion. En matière de système simulé, l'analyse à micro-échelle du centre CONGAS a démontré quels pouvaient être les risques pour le réseau électrique d'un accident survenant dans ce centre et, par répercussion, pour l'ensemble du district. Un dysfonctionnement dans une station électrique ou le long d'une ligne aurait des effets sur tout le système, plus ou moins négatifs suivant les alternatives de fonctionnement disponibles. Ces effets pourraient compromettre l'alimentation électrique de secteurs à vocation industrielle ou commerciale et par conséquent, des problèmes socioéconomiques apparaîtraient non seulement dans le DMQ mais dans toute la région. Cet exemple de conséquences en chaîne d'un événement ponctuel n'a pas fait l'objet d'une étude achevée dans ce mémoire mais il a permis de soulever de manière concrète les problèmes que posent les risques liés au stockage de combustibles dans le DMQ, problèmes abordés seulement récemment et de manière limitée.

Il est nécessaire de préciser que les analyses et réflexions proposées dans ce mémoire ne constituent pas une fin en elles-mêmes mais, au contraire, le début d'une réflexion visant l'amélioration de la connaissance du risque technologique à Quito, de son analyse et de sa cartographie. Il s'agit, en même temps, de trouver des solutions pour le présent pour tenter de réduire les risques existants tout en recherchant des modèles de gestion future compatibles avec une qualité de vie acceptable et un développement durable de la ville. Cela suppose de mettre au point des outils d'aide à la décision (par l'intermédiaire notamment des SIG ou autres outils comme la systémique ou la modélisation graphique) permettant d'envisager une gestion intégrale des risques. Mais il s'agit, en même temps, de considérer les incertitudes technico-scientifiques qui caractérisent le risque technologique, les conflits entre acteurs impliqués ainsi que la vulnérabilité institutionnelle qui, à Quito en particulier, marque fortement les prises de décisions.

BIBLIOGRAPHIE

Définitions des risques technologiques, scénarios des accidents et leurs relations dans les espaces urbains et le développement durable de la ville.

AUDEVE Y, DELTEIL G. (1992), « Danger, chimie », Fayard, Paris, 383p.

BECK U (2001), « La société du risque : Sur la voie d'une autre modernité » Editions Flammarion, Aubier, Paris, 495p.

BANOS A, BANOS F, BROSSARD T, LASSARRE S (comp), (2003) « Géographie des risques de transports : Actes du colloque de Besançon, Coll. Transports et communication, Ed. Paradigme, Orléans, octobre 2001, 295p.

BATTIAU M. (1998), « L'industrie: définition et répartition mondiale », coll. Campus Géographie, SEDES, Paris, 192p.

BAUCOMONT M, GOUSSET P (1994), « Traité de droit des installations classées, Technique et documentation », Paris, 406p.

BERNADETTE, MERENNE Schoumaker (2002), « La localisation des industries, Enjeux et dynamiques », Presses Universitaires de Rennes, Didact Géographie, 243p.

BELLANGER F, MARZLOFF (1996), « Transit. Les lieux et les temps de la mobilité », L'Aube, Paris, 314p.

BLANCHER P, MARRIS C. (1998), « Maîtrise des risques de l'urbanisation et risques industriels majeurs », Plus, N.46. Paris, 24-38p.

BONNET J, (2004), «Risques urbains et sociétaux : la vulnérabilité des grandes villes » , in *La géographie des risques dans le monde* , Wackermann G. (dir), coll. Carrefours, Les Dossiers, ed. Ellipses, Paris, 421-441p.

BRETAGNOLLE A. (1999), « Les systèmes des villes dans l'espace-temps : effet de l'accroissement des vitesses de déplacement sur la taille et l'espacement des villes », Thèse de doctorant de géographie, Université de Paris I, 359p.

BRUNET R. (1992), « Les mots de la géographie », Reclus, Paris, 470p.

CABANNE C. (dir) (1984), « Lexique de géographie humaine et économique », Dalloz, Paris, 449p.

CARDONA D. (1993), "Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo" en *Los riesgos no son naturales* , Maskrey (coord), colecciones de la Red latinoamericana de Desastres, Bogotá, Colombia, 51-74p.

CHALINE C, DUBOIS- MAURY J (1994), « La ville et ses dangers », Editions Masson, Paris, 347p

CHOMSKY N, CERF V, SIZA A. (2003), "Sociedad del futuro", Debolsillo, , Litografía Roses, Barcelona, España, 142p.

CNRS (1996), "La ville" in *Le courrier du CNRS*, n.81, 215p.

COANUS T, DUCHENE F, MARTINAIS E. (2000), « La ville inquiète : Développement urbain, gestion du danger et vie quotidien. Les constructions hétérogènes du risque sur deux sites de la région lyonnaise ». In *Les temps de l'environnement*, Programme environnement, vie et société, CNRS, Toulouse, 227-234p.

CORTIZO, T (2000), "Las Asturias central, del espacio urbano a ciudad. La movilidad laboral como método de definición 1981-1996", Universidad de Oviedo, Oviedo-España, 23p.

- COUETOUX M. (1999), « La maîtrise du risque industriel s'oppose-t-elle à la gestion urbaine, ou en est elle partie intégrante ? », *Annale des Mines. Responsabilité et Environnement*, oct 1999-janv.2000, 42-46p.
- DAUPHINE André, (2003) « Risques et Catastrophes : Observer, spatialiser, comprendre, gérer ». Editions Armand Colin, Paris, 288p.
- DEMAZIERE C. (2000), « Entreprises, développement économique et espace urbain », Coll Villes, Anthropos, Paris, 189p.
- D'ERCOLE R, PIGEON P, GAILLARD J.C. (2000), « La géographie des risques dits « naturels » entre géographie fondamentale et géographie appliquée » in *Cahiers savoisiens de géographie* CISM, 29-52p.
- D'ERCOLE R (1994), « Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologies, modes d'analyses », in *Revue de géographie alpine*, n. 4, tome LXXXII.
- DONZE J. (2001). « Risques technologiques et urbanisation ». Colloque national *Risques et territoire, la gestion des risques territorialisés*, vol 2, CNRS, UMR 5600, Lyon Vaulx-en-Velin.
- DONZE J. (2003), « Le risque industriel en France » dans le livre *Les Risques* sous la direction de Ivette Veyret, chapitre VIII, 132-146p
- DONZE J, (2004), « Les risques technologiques », in *La géographie des risques dans le monde*, Wackermann G. (dir), coll. Carrefours, Les Dossiers, ed. Ellipses, Paris, 443-465p.
- DUBOIS- MAURY J, CHALINE C. (2002), « Les Risques Urbaines », Editions Armand Colin, Paris, 208p.
- DUBOIS-MAURY J. (2002), « Les risques industriels et technologiques » in *La documentation française* n.882, novembre, Paris, 120p.
- DUMONT G. (2003), « Les inégalités des populations face aux risques » in *Questions de Géographie : Les Risques*, Moriniaux V. (Coord), Editions Temps, Nantes -France, 238-255p.
- DUPONT Yves (coord). (2003), « Dictionnaire des risques », Armand Colin, Paris, 421p.
- DUPUY G. (1991) « L'urbanisme des réseaux », Colin, Paris, 156p.
- ESSIG P. (2002), « Rapport au 1^{er}. Ministre sur le débat national sur les risques industrielles », Assemblée Nationale, 182p.
- FABIANI J, THEYS J. (1987), « La société vulnérable », Presses de l'Ecole Normale Supérieures, Paris, 674p.
- FACHES J. (2004), « Les mutations industrielles », coll Mémento, Belin, Paris, 192p.
- FERRIER, J.P. (1998), «Le contrat géographique, ou l'habitation durable des territoires», Sciences humaines, Antée 2, Payot Lausanne, Paris, 17-29p.
- FORTIER R. (dir.) (1996), « Villes industrielles planifiées », Boréal, Montréal- Canada, 328p.
- GARCIA-TORNEL (2002), «Sociedades y territorios de riesgo», Colección la Estrella Polar N.31, Ed. Del Serbal, Barcelona, España, 186p.
- GIDDENS A. (1999), « Les conséquences de la modernité », L'Harmattan, Paris, 192p.
- GIRARDET H. (2001), « Creando ciudades sostenibles », col Gorgona, ed Tilde, Valencia, 111p.
- GLATRON S. (2003), « La culture des risques », in *Questions de Géographie : Les Risques* Moriniaux V. (Coord), Editions Temps, Nantes-France, 71-87p.

- GOUT J.P. (1993), « Le marie face aux risques majeurs et technologiques. Prévention et gestion », Départements et communes, supplément au N. 97, Paris, 83p.
- GONZALEZ URRUELA E. (1991), « Industrialización y desarrollo metropolitano en España », ERIA, Revista de Geografía, Madrid, 199-215p.
- HEWITT K. (1997), “Regions of risk. A geographical introduction to disasters”, Addison Wesley Logmann Limited, Edinburgh, 389p.
- HIEGEL, Claire (2003). « Des risques urbains méconnus: Les risques technologiques mineurs, exemple des stations-service a Strasbourg » Thèse de géographie de l’Université Louis Pasteur Strasbourg I, Laboratoire Image et ville, CNRS, 400p.
- HUBERT P, PAGES P, DEGRANGE J. P. (1986), « L’évolution du risque d’accidents graves dus au transport de matières dangereuses dans la région sud de Lyon », Rapport C.E.P.N, N. 95, 35p plus annexes.
- JONES E. (1992), “Metropolis”, Alianza Editorial, colección el libro de bolsillo, no. 1570, Barcelona, España, p. 287.
- KERVEN G.Y. (1995), « Eléments fondamentaux des cindyniques », Economica, gestion poche, Paris, 105p.
- KUHN Tomás (1989), “Qué son las revoluciones científicas y otros ensayos”, col Pensamiento contemporáneo, Paidós, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, 151p
- LAFLECHE V. (1992), « La maîtrise de l’urbanisation à l’heure du bilan », Préventique, N.46, Paris, 18-25p.
- LALO A. (1993), « Information du public sur les risques technologiques majeurs », Cahiers du C.N.F.P.T, N. 39, Paris, 200p.
- LAMBOURDIERE E. (2004), « Risques, catastrophes naturelles et développement durable dans l’espace caribéen », in *La géographie des risques dans le monde*, Wackermann G. (dir), coll. Carrefours, Les Dossiers, ed. Ellipses, Paris, 247-258p.
- LANEYRIE-DAGEN N. (1994), « La mémoire de l’humanité. Les grandes tragédies », Larousse, Paris, 320p.
- LAPIERRE D, MORO J (2001), “ Il était minuit moins cinq à Bhopal » Robert Laffont, Paris, 442p.
- LASLAZ, L (2003), « Géographie des risques technologiques sur le territoire français métropolitain », Cours de *Géographie: La France et ses régions en Europe et dans le Monde*, Université de Savoie, PLP2, Chambéry, 15p.
- LEROY Alain, SIGNORET Jean-Pierre (1992), “ Le risque technologique ». Col. Que Sais Je ?, Edit Presses Universitaires de France, Paris, 126p.
- LENOIR Yves (1996), « Tchernobyl, l’optimisation d’une tragédie », in *Ecologie et Politique* n 18-19, 11-45p.
- LETOMBE G, LONGUEPEE J, ZUINDEAU B. (2002), « L’impact de l’environnement sur les valeurs mobilières », Etudes foncières, N.98, Paris, 39-41p.
- LEVY J, LUSSAULT M (2003), « Dictionnaire de la géographie et de l’espace des sociétés », Belin, Paris 980p
- MARTINAIS E. (1993), « Les risques technologiques dans les sud de l’agglomération lyonnaise. Les limites de la raison étatique », Mémoire de DEA, Université Lyon 2, ENTPE, Lyon, 87p.

- MERLIN P. (1992), « Les transports urbains », collection : Que sais je ? Presses Universitaires de France, Paris, 128p.
- MILLER D. (comp.) (1995), « Popper escritos selectos », Fondo de Cultura Económica de México, México D.F, 450p.
- MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA PREVENTION DES RISQUES TECHNOLOGIQUES ET NATURELS MAJEURS (1991), « Le risque majeurs », CRDP, Dijon, 67p.
- MONGIN P. (1995), « Territoires et réseaux d'information. Partenaires, projets, représentations et applications », CNFPT, Paris, 209p.
- MORAND .DEVILLER J. (1987), « Le droit des pollutions et des nuisances », in *Le droit de l'environnement*, col. Que sais je ?, Presses Universitaires de France, Paris, 123p.
- MOREAU F. (2002), « Comprendre et gérer les risques », Ed D'organisation, Paris, 222p.
- MOUSEL M, ROCARD P. (1989), « La maîtrise de l'urbanisation autour des sites industriels à haut risque », Préventique, N.28, 7-11p.
- MORINIAUX V. (Coord), (2003), « Questions de Géographie : Les Risques» Ouvrage collectif, Editions Temps, Nantes-Francia, 256p.
- NOVEMBER V. (2000), « Les territoires du risque. Le risque comme objet de réflexion géographique », Thèse de géographie, Université de Genève, Suisse, 308p.
- OZENDA P. (1986), « La cartographie écologique et ses applications », coll. Ecologie appliquées et sciences de l'environnement, Masson, Paris, 159p.
- PARRA ARENILLAS T (coord). (2003), « Ecología y ciudad. Raíces de nuestros males y modos de tratarlos », Fundación de investigaciones Marxistas, col El viejo Topo, España, 331p.
- PIGEON P. (1994). « Ville et environnement », Nathan, Paris, 191p.
- PLANCHETTE G, NICOLET J.L, VALANCOGNE J. (2003), « Et si les risques m'étaient comptés », Octares, Toulouse, 171p.
- PLANE P, (1993), « Indicateurs de qualité de l'environnement urbain », in *Environnement Urbain, Hommes et Terre du Nord*, N. Hors série, 15-24p.
- PREVENTIQUE, Revue oct 2002, « Sécurité », Sté Alpine de Publications, Grenoble, N.65, No spécial sur les risques industriels. 86p.
- ROCARD P. (1987), « L'environnement industriel à travers les siècles », in *Sécurité*, Revue de Préventique, N.3, 1-6p.
- ROCARD P, SMETS H. (1990), « Risques majeurs et urbanisation. L'économie du risque », Préventique, N. 36, 15-23p.
- RONCAYOLO M. (1990), « La ville et ses territoires », Gallimard, Paris, 273p.
- SALOMON J.J. (1992), «Le destin technologique», Balland, Paris, 323p
- SAUVAGE L. (1997), « L'impact du risque industriel sur l'immobilier », ADEF, Paris, 254p.
- SAUVAGE E. (1996), « Les risques technologiques majeurs et les marchés fonciers et immobiliers. Etude comparée France-Grand Bretagne ». Thèse de géographie, Institut d'urbanisme, Université Paris 12, 340p.

UMR 5600, CNRS (2001), « Risques et territoires », colloque international, 16-18/05/2001, Lyon, Vaulx en Vélain. Pré actes 3 vol, Tome 1 : La connaissance scientifique et technique des risques territorialisés, 251p.

VEYRET Yvette (coord). (2003). « Les risques ». Dossiers des Images Economiques du Monde, SEDES, Paris, 255p.

VEYRET Y. (1999) « Géo-environnement », SEDES, coll. Campus, 159p.

VIARDOT E. (1994), « Ecologie et entreprise », L'Harmattan, Paris, 191p.

VIARDOT E. (1997), « L'environnement dans l'entreprise », L'Harmattan, Paris, 200p.

VILAGRASA J, VOIRON C (1985), “La Geografía histórica anglosajona”, Revista Catalana de Geografía, vol I, n° 0, 1985, pp. 31-46.

WACKERMANN G. (dir), (2004), « La géographie des risques dans le monde », coll. Carrefours, Les Dossiers, ed. Ellipses, Paris, 501p.

WOLF Alexander (2004), « Etude de cas: Les risques naturelles et anthropiques (Technologiques) en Ile-de-France hors de Paris », in *La géographie des risques dans le monde*, Wackermann G. (dir), coll. Carrefours, Les Dossiers, ed Ellipses, Paris, 303-316p.

WYNNE Brian (1992), “Uncertainty and environmental learning. Reconciving science and policy in the preventive paradigm”, *Global Environmental Change*, Butterworth – Heineman. Ltd. June – 1992, pp. 111 – 127.

ZIMMERMANN P. (2003), “L’inscription des risques dans l’espace : difficultés de appréhension et de représentation. L’exemple des risques industriels » in *Questions de Géographie : Les Risques*, Moriniaux V. (Coord), Editions Temps, Nantes-Francia, 157-172p.

ZONABEND F. (1989), « La presqu’île au nucléaire », Ed. Odile Jacob, Paris, 188p.

Forme de la géographie : définitions, réalisation de chorèmes, théorie de systèmes et cartographie des risques technologiques.

AURIAC F (1992), « Modèles Graphiques: modéliser les structures et les dynamiques spatiales », in *Géopoint 92 : Modèles et modélisation en géographie*, Groupe Dupont, Université de Avignon, 37-41p.

BRUNET R. (2000), « Des modèles en géographie? Sens d'une recherche », Conférence prononcée le 24 novembre 1999 et publiée dans le *Bulletin de la Société de Géographie de Liège*, n°2, p. 21-30

BRUNET R. (2002), « La géographie sur la place: emplois, modes et modes d'emploi », In *Colloque Mutations des territoires, mutations de la géographie*, Société royale belge de géographie, Bruxelles 22 février 2002, 1-9p.

BRUNET R. (1987), « La carte, mode d'emploi », Paris, Fayard/Reclus, 270p.

BRUNET R. (1996), « Sur la modélisation des organisations spatiales » in *Démarches et pratiques en analyses spatiales*, Laboratoire Structures et Dynamiques Spatiales, actes d'Avignon, Avignon, 9-14p.

CAUVIN C. (1999), «Cartographic reasoning and cartographic principles », chap. III.1 in *GIS for environmental monitoring*. BAHR H.P. VOGTLE (ed), E. Schweizerbart'sche Verlagbuchhandlung (Nagale U. Obermiller), Sttugart, 360p.

CAUVIN C. (2000), “Cartographier l’invisible de la ville ». *La recherche*, Supplément au n. 337 40-49p.

CHAMBON E (2003), “Rapport au Conseil Départemental d'Hygiène, Département de la Seine-Maritime. Rubis Terminal dépôt AVAL, Le Grand Quevilly”, Rouen, 10p.

C.I.E.U, (2002), « L'explosion de l'usine AZT à Toulouse », UMR 5053, CNRS, Toulouse le Mirail, Mappemonde N. 65, 23-28p.

CORNELIS R. (2001), « La cartographie des risques et les risques de la cartographie » in *Risques et systèmes complexes. Les enjeux de la communication*, Presses Interuniversitaires Européennes, Peter Lang, col. Non Prolifération, Bruxelles, 207-222p.

DAUPHINE A, PROVITOLLO D. (2003), « Les catastrophes et la théorie des systèmes auto organisés critiques », in *Questions de Géographie : Les Risques* Moriniaux V. (Coord), Editions Temps, Nantes-Francia, 22-36p.

DAGORNE A, DARS R. (1999) « Les Risques Naturels : La cindynique », coll. Que sais-je ?, Presses Universitaires de France, Paris, 127p.

DONZE, J, (2002) « La cartographie des risques industriels ». In *Les sociétés face aux risques naturels et technologiques*, Journée APHG Dijon - 4 décembre 2002, 2p.

DURAND- DASTES F. (1992), « Les modèles en géographie » in *Géopoint 92 : Modèles et modélisation en géographie* ; Groupe Dupont, Université d'Avignon, 9-17p.

FANTHOU T. (1991), « Un atlas des risques majeurs dans les Hautes-Alpes », Bulletin de l'association de géographes français, n.3, 179-184p.

FAUGERES L. (1991), « La géo-cindynique, géo science du risque », Bulletin de l'association de géographes français », n.3, 179-184.

FONTANILLE P. (1996), « La maîtrise de l'urbanisation autour des sites industrielles à risques majeurs », Revue Géographique de Lyon, 7-9p.

FRANKHAUSER P. (2002), « La ville fractale et la fractalité des villes », article in *La ville émergente. Résultats de recherche*, Dubois Taine (dir), Puca, Dijon, 12-20p.

GLATRON S. (1995), « Industries dangereuses et planification. Cartographie des risques technologiques majeurs », Mappemonde, N.2, 32-35p.

KERVEN G, RUBISE P. (1991), « L'archipel du danger. Introduction aux cindyniques », CPE, Economica, Paris, 444p.

LARDON S, MILLIER C. (2001), « Cartographie statistique et graphes de relations », in *Revue internationale de Géomatique*, vol 11, Hermes, Paris, 58-149p

LE BERRE M. (1984), « Pour un modélisation systémique de la différenciation spatiale », Actes du colloque Géopoint 84 : *Systèmes et localisation*, Avignon, Groupe Dupont, 83-89p.

NAUMIS G (2002), “Los fractales: una nueva geometría para describir el espacio geográfico”, Conferencia presentada en el simposio: *La reurbanización de la Ciudad de México*, celebrada en la Unidad de Seminarios Ignacio Chávez, Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, 10p

PUMAIN D, SAINT-JULIET T. (1997), « L'analyse spatiale: localisation dans l'espace », Colin, Paris, 167p.

PUMAIN D, SAINT-JULIET T. (2001), « L'analyse spatiale: les interactions spatiales », Colin, Paris, 191p.

ROCHE S. (2000), « Les enjeux sociaux des systèmes d'information géographique. Le cas de la France et du Québec », L'Hamattan, Paris, 157p.

STEINBERG J. (1993), « Le rôle de la cartographie dans la gestion des risques technologiques majeurs », *Annales de géographie*, N.570, 175-181p.

STEINBERG J. (1996), « Cartographie. Pratique pour la géographie et l'aménagement », SEDES, Paris, 130p.

TANZI T, LAURINI R, SERVIGNE S. (1998), « Vers un système temps réel d'aide à la décision spatiale », in *Revue internationale de géomatique*, Vol. 8, n. 3, Hermes, Paris, 36-46p.

WALKER G MOONEY J, (2001), « Modeling and risk in spatial context. Major accident hazards in the UK », Colloque *Risques et Territoire*, UMR 5600, CNRS, Lyon, Vaulx en Velin. Pré actes tome 1, 47-59p.

WALLISSER, B (1977), « Systèmes modèles. Introduction critique de l'analyse des systèmes ». Ed Seuil, Paris, 45-75p

ZIMMERMANN P, RAVANEL L, SAINT-GERAND T (2002), « Cartographie des risques technologiques majeurs: Nouvelles attentes avec les SIG », Collection Mappemonde. N. 65, 17-21p.

ZIMMERMANN P, SAINT GERAND T. (2001), « Modélisation cartographique des RTM: de la connaissance du risqué à sa gestion », in colloque *Risques et Territoire*, UMR-CNRS 5600, Lyon, Vaulx en Vélín, Pré actes Tome 1, 171-185p.

ZIMMERMANN P. (1996), « De l'usage de la cartographie dans l'appréhension des RTM ». In *Risques et pollutions industriels et urbains*, Donze (dir), RGL, Vol 71, N.1

ZIMMERMANN P. (1994), « Risque technologique majeur. Conditions de production et rôle des outils cartographiques dans les processus d'identification et de gestion » Thèse de géographie, Université Louis Pasteur Strasbourg, 280p.

ZIMMERMANN P, (resp Caen), CAUVIN C (resp. Strasbourg), et participants SAINT-GERAND Th, HIEGEL C. (2000), « LA cartographie dynamique: méthode d'analyse des phénomènes spatio-temporels. Application à l'expertise des risques technologiques », Rapport de recherche ronéoté, Caen, 139p.

Gestion des risques technologiques

ANSIDEI M, DUBOIS D, FLEURY D, MUNIER B (1998), «Les risques urbains. Acteurs, systèmes de prévention », Antrhopos, Paris, 286p.

BAILLY A.S (1996), « Environnement, risques naturels, risques de sociétés » in *Risques Naturels. Risques de société*, Economica, Paris, 184p.

BARRENECHEA J. (2002), « El tratamiento y gestión de combustibles, radiactivos como problema sociotécnico », Seminario sobre Política de Gestión de Residuos Radiactivos, Centro Atómico Ezeiza – CNEA; Buenos Aires 24 de setiembre de 2002, 7p.

BOCENO L, DUPONT Y, GRANDAZZI G, LEMARCHAND F. (2000), «Vivre en zone contaminée ou les paradoxes de la gestion de risque», in *Innovations et sociétés n.1*, Publications de l'Université de Rouen 41-64p.

BONNET E, BOURCIER A. (2001), « Un observatoire pour l'évaluation des vulnérabilités et la prévention des risques industriels. L'agglomération du Havre ». Actes de Géoforum, villes et géographie, géographes associés, N.24, AFDG,Lyon, 157-161p.

CHARBONNEAU S. (1994), « La prévention des risques et des pollutions industrielles par le droit de l'urbanisme »,in *Sécurité, Revue de Préventique*, n° 18, pp. 41-44.

- CUTTER S. L. (1996), « Les réactions des sociétés face aux risques majeurs », Revue internationale des sciences sociales, N. 150, Paris.
- De MARCHI B, FUNTOWICZ S. (2002), “La gobernabilidad del Riesgo en la Unión Europea”, Ed Mimeo, Madrid, España, 60p.
- De MARCHI, B. y FUNTOWICZ, S. (2000), “Aprender a Aprender la Complejidad Ambiental”. En: Enrique Leff (Editor), Siglo XXI. México, 45p.
- DENIS H. (1998), « Comprendre et gérer les risques socio technologiques majeurs », Ecole Polytechnique de Montréal, Québec -Canada, 342 p.
- DEROCHES A, LEROY A. VALLEE F. (2003), « La gestion des risques. Principes et pratiques », Hermes, Paris, 286p.
- DONZE J. (2003), « Bhopal, Toulouse, Couloir de la chimie : faut-il avoir peur de l'industrie chimique ? », Article in *Café géo sur les risques industriels*, 10 dec 2003, Lyon, 4p.
- DOUGLAS Mary, (1996) “La aceptabilidad del riesgo según las ciencias sociales”, Ediciones Paidós Studio. Barcelona, España, 173p.
- DRIRE, (2000), « La prévention des risques industrielles en Rhône Alpes », Drire, Rhône Alpes, 24p.
- DUCLOS D. (1991), « Le homme face au risque », L'Harmattant, Paris, 255p.
- EWALD F. (1990), « La société assurancielles », Risques N. 1, in Revue Professionnelle *Le point de vue des compagnies d'assurance*, Paris, 5-23p.
- FERNANDEZ Maria Augusta (comp). (1997), “Las ciudades en riesgo”. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina, USAID, primera edición, 188p .
- FIRPO .M y FREITAS, C. (1998), “Vulnerability and industrial Hazards in Industrializing Countries: an Integrative Approach.” Seminario: *Vulnerability an Environmental Problems*. June 1998. Rio de Janeiro, Brasil, 15p.
- FIRPO de Souza Porto, FREITAS Machado C. (1996). “Major Chemical accidents in industrializing countries. The socio – political amplification of risk.” Risk Analysis Uncertainty” in: *Waste management Risk Management and Hazardous Waste*.vol.16. N°1, 22-33p.
- FUNTOWICTZ S, RAVETZ J. (1993), “La ciencia Pos normal”, Centro Editor de América Latina, Buenos Aires Argentina, 109p.
- HANS J (1990), « Le principe responsabilité, une éthique pour la civilisation technologique » Paris, cerf 4-10p.
- LAGADEC P. (1989). « Les risques technologiques majeurs et la gestion des crises post-accidentelles » in *Les risques majeurs et la protection de la population. Planifier- protéger- secourir*, Le Moniteur, Paris, 21-27p.
- LAGADEC P. (1994), « La gestion des crises, outils de réflexion à l'usage des décideurs », Mac Graw Hill, Londres, Edisciences, Paris, 110p.
- LAVELL T. (1993), “Ciencias sociales y desastres naturales en América Latina: Un encuentro inconcluso” en *Los riesgos no son naturales* , Maskrey (coord), colecciones de la Red latinoamericana de Desastres, Bogotá, Colombia, 135-154p.
- LAVIGNE J-C. (1988), « Au fil des risques, les villes. Une approche globale de la gestion urbaine » in *Risques et Périls, Les Annales de la Recherche Urbaine*, n.40, Dunod, Paris, 11-16p.
- MASKREY Andrew (comp). (1993), « Los desastres no son naturales », Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina, Bogotá- Colombia, 166p.

MATHEU M, (coord) (2002), “La decisión pública face aux risques”, rapport du séminaire *Risques*, Commissariat Général du Plan, Ministère de l’Ecologie et du Développement Durable, Ministère de l’Economie des Finances et de l’Industrie : Direction de la Prévision, La documentation française, 167p.

MINISTERE DE L’AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L’ENVIRONNEMENT, (2001), « Directive No 96/82 du Conseil du 9 décembre 1996 concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses », Le prévention des risques industriels, CEEE, 52p.

OGE F. (2002), « Les politiques publiques françaises des risques industriels », Pouvoirs locaux, Paris, 13p.

GODARD O, HENRY C, LAGADEC P, KERJAN E. (2002), « Traité des nouveaux risques », coll Folio/Actuel, Editions Gallimard, Paris, 620p.

PIGEON P (1996). « La gestion des risques urbaines », in *Risques naturels, risques de sociétés*, sous la direction de A. Bailly, Economica, 51-62p.

UMR 5600, CNRS (2001), « Risques et territoires », colloque international, 16-18/05/2001, Lyon, Vaulx en Velin. Pré actes 3 vol, Tome 2 : La gestion des risques, 288p, Tome 3 : Perception, regards institutionnels, regards ordinaires, 308p.

WILCHES-CHAUX G (1998), “Auge, caída y levantada de Felipe Pinillo, mecánico y soldador o Yo voy a correr el riesgo”. Guía de LE RED para la gestión local del riesgo”, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, Quito Ecuador y Lima Peru, 153p.

WYNNE I (1987), “Risk Assessment of Technological Systems” – Cap 9 *Dimensions of Problems*. Rio de Janeiro, Brasil. June 34-45p.

Analyses des risques d’origine naturelle et des risques technologiques lie aux installations dangereuses et aux combustibles dans les villes et spécialement dans la structure et environnement urbain du DMQ- Equateur

ACCION ECOLOGICA (2003), “Un derrame en Papallacta”, reporte institucional del 8 de abril del 2003, Fundación Acción ecológica, 1p.

CUERPO DE BOMBEROS DE QUITO (1998), “Localización de Fuentes Relacionadas con el Expendio de Gas y Gasolina”, Quito-Ecuador, 5p.

CUERPO DE BOMBEROS DE QUITO, (2003), “Bases de datos de intervenciones en el DMQ”, Dirección Metropolitana de Seguridad Ciudadana, Unidad de Prevención de Desastres, 24 fichas.

DEFENSA CIVIL, (2004), “Accidentes de mayor peligro suscitados en el Ecuador”, reporte de la sección de Atención de Desastres, Quito, 2004, 2p.

DIARIO EL HOY (2002), “Relleno Sanitario Jalonguilla y Maestrochupa”, Artículo del 20 de julio del 2002 Quito- Ecuador 2p.

DIARIO EL HOY, (2000), “Las huellas de cubana de aviación”, artículo publicado 10 de junio del 2000, movimiento Blanco y Negro, 5-7p.

DIARIO EL HOY (2002), “Alarma en Lago Agrio tras una nueva explosión del oleoducto”, artículo publicado el 14 de diciembre del 2002, Quito Ecuador, 1p.

DIARIO EL HOY (2002), “Rotura del oleoducto ocasiona un derrame de 3 685 barriles”, artículo publicado el 12 de diciembre del 2002, Quito Ecuador, 1p.

DIARIO EL HOY (2001), “El SOTE sufre otra ruptura en la vía entre Lago Agrio y Lumbaquí”, 11 de diciembre del 2002, Quito-Ecuador, 2p.

D'ERCOLE R, METZGER P. (2002) “Los Lugares Esenciales del Distrito Metropolitano de Quito”, Colección Quito Metropolitano, Quito-Ecuador, 203p.

D'ERCOLE R, METZGER P. (coord), ESTACIO J, 2001 “Abastecimiento y peligrosidad de productos químicos peligrosos, combustibles y radioactivos en el DMQ”, Programa *Sistemas de Información y riesgos en el DMQ* IRD-MDMQ, 2 volúmenes, Quito, (60 y 104p).

D'ERCOLE R. (coord), ESTACIO J. (2003), “Elementos esenciales y vulnerabilidad del Sistema Eléctrico Quito”, Programa “Sistemas de Información y riesgos en el DMQ” IRD-MDMQ, Quito, , fichas 45p, informe, 50p.

D'ERCOLE R. (1989), “La catástrofe del Nevado del Ruiz ¿Una enseñanza para el Ecuador? El caso del Cotopaxi” en la revista *Riesgos naturales en Quito: lahares, aluviones y derrumbes del Pichincha y del Cotopaxi* Estudios de Geografía Vol 2, Corporación Editora Nacional, Colegio de Geógrafos del Ecuador, 6-32p.

EEQ. SA (2001), “Boletín de gestión de la Empresa Eléctrica Quito S.A. 1996 – 2000”, Sección de gerencia y funcionamiento, Quito, 25p.

EL COMERCIO, diario (2002), « Explosión en Riobamba en base militar Galápagos », Artículo publicado el 22/11/2002, Quito- Ecuador, 1p.

EMAAP-Q (1998), “Plan Maestro integrado de agua potable y alcantarillado para la ciudad de Quito”, DCO consultores y TAHAL Consulting engineers LTD, informe final, volumen 1, febrero 1998, 160p.

FUNDACION OIKOS, (2000), “Base de datos de accidentes mayores suscitados en el mundo”, Sección de registros de accidentes, Quito Ecuador, 12p.

GLATRON S. (1997), « L'évaluation des risques technologiques majeurs en milieu urbain : approche géographique, Le cas de la distribution des hydrocarbures dans la région Ile-de-France », Thèse de Géographie, Paris I, 393p.

GLATRON S, (1996), « Evaluer les risques liés au stockage et au transport des hydrocarbures en milieu urbain », in *Risques et pollutions industriels et urbains*, Donze (dir), R.G.L, vol 71, N.1, 17-23p.

GLATRON S, (1999), « Une évaluation géographique des risques technologiques. L'exemple du stockage et de la distribution des hydrocarbures en Ile de France », L'Espace Géographique N.4, 361-371p.

GOMEZ, N (1997), “Pasado y presente de la ciudad de Quito”. Editorial EDIGUIAS, Quito-Ecuador, 176p.

GRIOT C. SAUVAGNARGUES-LESAGES, DUSSERRE G., PICHERAL H. (2001), « La vulnérabilité du territoire face aux risques technologiques : Application aux risques liés au transport de matières dangereuses terrestres ». In colloque International *Risques et territoires*, UMR, CNRS 5600, ENTPE, Vaulx-en-Velin, tome 1, 16-18 mai, 153-167p.

GUERRERO P (2004), “Aportes para el Ordenamiento Territorial en las Parroquias de Cumbayá y Tumbaco”, Tesis de Ingeniería, departamento de Ciencias Geográficas y estudios Ambientales, Universidad Católica del Ecuador, 125p más anexos.

GUERRERO P (2002), “Análisis de la crisis energética y el proceso de apagones en el DMQ”, en el *Programa de Sistemas de Información y riesgos en el DMQ*, D'Ercole R y METZGER P. (coord), IRD, Quito Ecuador, 19p.

IGM, IPGH, ORSTOM (1992), « Atlas infographique de Quito : socio dynamique de l'espace et politique urbaine », - 41 planches bilingue (espagnol, français), tabl, graph., bibliogr. ; 29,7 x 42., ORSTOM, Paris

IMP (Instituto Mexicano del Petróleo) (1995) “Reubicación de las Instalaciones del Terminal Beaterio”, Terminal Beaterio, CEPE, Ministerio de Energía y Minas, proyecto de reubicación, volumen 1, Quito-Ecuador, 112p.

INERIS, (2001) « Mise sous talus ou sous terre des réservoirs contenant des hydrocarbures liquides inflammables », Direction des risques Accidentels, Rapport final, sep-2001, 38p.

MDMQ, DGP (2000), “Plan de competitividad y desarrollo económico del DMQ”, proyecto de desarrollo económico y competitividad del DMQ, octubre 2000, 26p.

METZGER P, BERMUDEZ N. (1996) “El medio ambiente urbano en Quito”, Dirección General de Planificación, Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, ORSTOM, 186 p.

METZGER P. (2001), “Perfiles ambientales de Quito”, Dirección Metropolitana de territorio y Vivienda-MDMQ-IRD, Col. Quito Metropolitano, 116p más anexos.

PAZ Y MIÑO, _César (2000), “Daños sin Reparaciones de Hidrocarburos”, artículo publicado en cartelera de la facultad de Petróleos, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2p.

PELTRE (coord), (1989). “Riesgos naturales en Quito: lahares, aluviones y derrumbes del Pichincha y del Cotopaxi”, Revista Estudios de Geografía Vol 2, Corporación Editora Nacional, Colegio de Geógrafos del Ecuador, Quito, 91p.

PETROECUADOR, (2003), “Producción anual de petróleo y gas. Región Amazónica Campos, Periodo: 1972 - 2002”, Petroproduccion, Quito-Ecuador, 2p.

RODRIGUEZ D, GONZALEZ V. (2003) “La seguridad industrial en las envasadoras de combustibles inflamables y sustancias toxicas”, Revista ESTRUCPLAN, Superintendencia de Riesgos Laborales, Buenos Aires, Argentina 23-27p.

SIERRA A (2000), « Gestion et enjeux des espaces á risques d’origine naturelle : l’exemple des versants et des quebradas de Quito, Equateur ». Thèse de géographie, Université de Paris VIII, 326p.

SORIA Carlos (2000), “Rotura del Oleoducto: 18 de Diciembre del 2000”, Diario El Hoy. Quito-Ecuador 1p.

WALLACE COOPER, UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1994) “Observations on the Environmental Risk “, posed by the Petroecuador, Beaterio Facility, Quito, 312p.

ZUCHELLI M, D’ERCOLE R, PORTALUPPI C. (coord), (2003), « Amenazas, vulnerabilidad, capacidad y riesgo en el Ecuador. Los desastres un reto para el desarrollo”, Cooperazione Internazionale, IRD, OXFAM-GB, Quito-Ecuador, 121p más anexos.

Règlements et guides du DMQ par rapport à sa gestion dans le domaine des risques technologiques.

Código de conducta para el transporte, almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos, FUNDACIOPN NATURA, 1997, Quito-Ecuador

Compilación de Legislación Municipal, Municipio Metropolitano de Quito, 1997, Quito-Ecuador.

Lista de historial de Accidentes , SIAT, 2000-2001, Quito-Ecuador.

Localización de Fuentes Relacionadas con el Expendio de Gas y Gasolina, Cuerpo de Bomberos, 1998, Quito-Ecuador

Manejo Ambientalmente Seguro de Productos Químicos Industriales, COSUDE- Fundación Natura, 1996, Quito-Ecuador

Norma 704 de la National Fire Protection Ambiental, Gobierno de los Estados Unidos, 1952, Washington-EEUU

Norma Técnica Ecuatoriana, Cuerpo de Bomberos de Quito, 1999, Quito-Ecuador

Normas Técnicas Ecuatorianas INEN (compilación), Aproque- Fundación Natura, 1999, Quito-Ecuador

Políticas de seguridad, salud y medio ambiente, Clemis Miki - AGA, 1996, Quito-Ecuador

Régimen Nacional para la Gestión de Productos Químicos Peligrosos, Ministerio de Medio Ambiente, 1998, Quito-Ecuador

Reglamento para Ejecutar las Actividades de Almacenamiento, Transporte, Comercialización y Venta al Público de Derivados del Petróleo Producidos en el País o Importados, Dirección Nacional de Hidrocarburos, 1996, Quito-Ecuador

Reglamento para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo GLP, Dirección Nacional de Hidrocarburos, 1996, Quito-Ecuador

Technical Specifications of Facilities for Transport and Storage of Oil, Petroecuador, 2000, Quito-Ecuador

Normas de Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos Peligrosos, INEN, 2000, Quito-Ecuador

SITES WEB

www.Agora21.org/ari/ Site de l'ENMSE. St.Etienne
www.cindynics.org -Institut Européen des Cindyniques, Paris
www.irma-grenoble.com -Institut des risques majeurs. Grenoble
www.cypres.org/html/risques.html -Centre d'information pour la prévention des risques industriels Martigues-
www.lyon-spiral.org -SPPPI (secrétariat permanent pour la prévention des pollutions industrielles et des risques), Lyon. De meme, SPPPI Basse-Seine, littoral Calais-Dunkerque, Toulouse.
www.amrae.asso.fr -Association pour le management des risques et des assurances de l'entreprise.
www.ineris.fr -Institut national de l'environnement industriel et des risques-
www.environnement.gouv.fr -Ministère de l'Environnement-
<http://perso.wanadoo.fr/sfrm> -Société française des risques majeurs (bureau d'études), Rives (38)
www.san-vnf.fr -Réseau de villes européennes pour le développement durable et risques technologiques.
www.IPGR.org -Institut de Prévention et de gestion des risques urbains, Marseille.
www-hs.iuta.u-bordeaux.fr/lesbats/gtc -Le maire face aux risques- CD ROOM « on line ».
www.sigma.risk.fr -Réseau de consultants en risk management et audit d'assurance-
[www Mappemonde-org](http://www.Mappemonde-org)
www.debat-risques.environnement.gouv.fr -Site ouvert à l'occasion du débat national sur les risques industriels après Toulouse-
www.aria-environnement.gouv.fr -Site de BARPI-
www.preventique.org -Revue de sécurité-
www.prim.net/professionnel/riprim/seminaire.html -Rencontres européennes de la Géomatique
www.scifrance.org/org/congrès:maitrisedesrisquesindustriels/index.html -Actes maison de la Chimie, Maîtrise des risques industriels-
www.reliefweb.int -site officiel des nations unies (organisation des affaires humanitaires) avec des informations de crise dans le monde.
<http://www.ac-toulouse.fr/histgeo/monog/azf/azf.htm> - Accident de Toulouse-
<http://sfa.univ-poitiers.fr/commedia/DESSrisq2001/Feysin/accueil.html> - Accident de Feysin-
<http://www.jurisques.com/jfcri.htm> -Accidents majeurs-
www.technol.org -Base de datos de accidentes mayores a nivel mundial-
mlohez@cafe-geo.net -Ponencias sobre geografía urbana y riesgos-
www.petroecuador.org.ec -Pagina de Petroecuador-
www.mdmq.gouv.ec -Página del Municipio de Quito-
http://www.cites21.org/initiatives-locales/mulhouse_page2.html -sites sur périmètres de protection-
<http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/neron.asp> - revista de manejo de industrias peligrosas Argentina-
<http://debat-risques.environnement.gouv.fr> -débats publics sur les risques industriels-
[La cartographie des risques industriels](http://La.cartographie.des.risques.industriels) -article in line DONZE, J-
<http://www.uml.edu/centers/lcsp/precaution> -LOWELL, Declaración de sobre ciencia y Principio de Precaución. (Diciembre 2001)

LOGICIELS UTILISÉS

SAVANE : SIG propriété de l' IRD, (responsable Marc Souris)

ARC VIEW- GIS 3.2 : SIG propriété d' " Environmental System Research Institute Inc."

MICROSTATION : System CAD, propriété de BENTLEY

ADOBE ILLUSTRATOR 8 : System de design, graphiques et cartographie propriété ADOBE

COREL PHOTO-PAINT 11 : System de design, correction et style de photos.

OFFICE 2002 : Word, Excel, Front Page, propriété Microsoft Corporation

SIGLAS

BLEVE:	Boling liquid expanding vapour explosion
CONGAS:	Compañía nacional de gas- Ecuador
DMQ:	Distrito Metropolitano de Quito
DMSC :	Dirección Metropolitana de de seguridad ciudadana
DMSC :	Dirección metropolitana de seguridad ciudadana-MDMQ
DMTV:	Dirección metropolitana de territorio y vivienda-MDMQ
DNH :	Dirección nacional de hidrocarburos- Ministerio de Energía y Minas del Ecuador
DRIRE :	Direction régional de l'industrie, de la recherche et de l'environnement
EEQ :	Empresa eléctrica Quito
ELAC:	Elementos que intervienen en el almacenamiento de combustibles DMQ
EMAAP :	Empresa municipal de alcantarillado y agua potable-MDMQ
ENSO:	El Niño Oscilación del Sur
EPN:	Escuela politécnica nacional-Ecuador
FLACSO:	Facultad latinoamericana de ciencias sociales
GLP:	Gas licuado de petróleo
IESS:	Instituto ecuatoriano de seguridad social
INEN:	Instituto Nacional ecuatoriano de normalización
INERIS :	Institut de l'environnement industriel et des risques
IRD :	Institut de recherche pour le développement
LA RED:	Red de estudios sociales y prevención de desastres en América Latina
MDMQ:	Municipio del Distrito Metropolitano de Quito
OCP:	Oleoductos de crudos pesados-Ecuador
PLU :	Plan local d'urbanisme
PNUD :	Programa de naciones unidas para el desarrollo
PPI :	Plan particulier d'intervention
S/E:	Subestación de energía eléctrica
SEI:	Service de l'environnement industriel
SIAT:	Servicio de Investigación de Accidentes de Tránsito de la Policía Nacional
SIIM:	Sistema de información e investigación metropolitana-MDMQ
SIG:	System d'Information Géographique
SOTE:	Sistema de oleoductos transecuatorianos
UNDRO:	United nations disaster reliefs co-ordinator
UPD:	Unidad de prevención de desastres -MDMQ
UPGT :	Unidad de planificación y gestión del transporte-MDMQ
UVCE:	Unconfined vapor cloud explosions

Liste des Schémas

Schéma 1: La base conceptuelle de la connaissance du risque technologique	8
Schéma 2 : La répartition des catastrophes technologiques par domaine.....	12
Schéma 3: Les dynamiques de gestion des risques technologiques en France et en Equateur	14
Schéma 4: Dynamiques et conséquences de dangers dans le système:ville	16
Schéma 5: Effets en chaîne des dangers technologiques liés aux combustibles sur des sites urbains.....	17
Schéma 6: Modèle de gestion technologique dans les centres urbains.....	20
Schéma 7: Les fréquences des catastrophes naturelles enregistrées durant la période 1500-2000 en Equateur.	23
Schéma 8: Fréquence des accidents technologiques enregistrés entre 1995 et 2002 en Equateur.....	25
Schéma 9: Quelques risques d'origine naturelle dans le DMQ	28
Schéma 10: Dynamique des installations technologiques concernant la mitigation ou l'aggravation des scénarios de risque du DMQ	29
Schéma 11: Cartographie et visualisation des principaux dangers technologiques dans le DMQ.....	33
Schéma 12: La localisation des installations d'activité pétrolière et de combustibles en Equateur.	34
Schéma 13: Systèmes urbains par rapport aux risques technologiques par combustibles dans le DMQ....	35
Schéma 14: Les routes de distribution des hydrocarbures par oléoducs et pipelines	36
Schéma 15: La localisation des installations de combustibles dans le DMQ	37
Schéma 16: Le fonctionnement du système de transport de combustibles.....	38
Schéma 17: Les installations d'approvisionnement de combustible importants dans le DMQ	39
Schéma 18: La dynamique relationnelle des combustibles dans le DMQ.....	40
Schéma 19: comparaison cartographique entre le modèle de localisation et la dynamique des combustibles dans le DMQ	41
Schéma 20: Les lieux préférentiels des accidents suscités par des combustibles dans le DMQ.....	43
Schéma 21 : Zones d'effet issues de l'étude de danger	44
Schéma 22 : les zones de danger potentiels des installations de combustibles dans le DMQ	45
Schéma 23 : Lieux dangereux potentiels importants dans le DMQ.....	46
Schéma 24 : les structures urbano-spatiales importantes dans le DMQ	47
Schéma 25 : Relation entre les dangers potentiels des combustibles et les structures spatiales urbaines importantes dans le DMQ.....	48
Schéma 26 : Comparaison cartographique entre le modèle de dangers technologiques et la structure urbano-spatiale du DMQ.	49
Schéma 27 : La localisation des zones de danger technique des centres d'embouteillage CONGAS et AGA ...	50
Schéma 28 : Classification des niveaux de danger technologique des centres d'embouteillage CONGAS et AGA par rapport à l'aire urbaine et aux réseaux d'eau potable et d'électricité.....	51
Schéma 29 : Analyse des risques technologiques des installations électriques exposées aux dangers BLEVE dans le cas des centres CONGAS et AGIP.....	54
Schéma 30 : les conséquences au niveau de l'approvisionnement d'énergie d'un mauvais fonctionnement de la S/S Epiclachima et de ses lignes de sous-transmission, à l'intérieur de zones à risque.....	55
Schéma 31 : Possibles conséquences sur l'approvisionnement d'énergie dans des secteurs économiques	56
Schéma 32: Contours d'iso-risque individuel.....	57
Schéma 33: La courbe de Farmer	58
Schéma 34: Facteurs de vulnérabilité à considérer dans l'analyse du risque technologique dans le DMQ	59
Schéma 35: Modèle de cartographie des dangers technologiques sur les routes.....	60
Schéma 36 : Gestion des risques technologiques dans le DMQ.....	61

Liste des Tableaux

Tableau 1: Caractéristiques des risques technologiques au niveau mondial.....	6
Tableau 2: Niveaux de définitions du risque technologique.....	8
Tableau 3: Accidents et scénarios provoqués par des installations de matériel dangereux.....	10
Tableau 4: Les principaux événements technologiques en Equateur entre 1995 et 2002.....	24
Tableau 5: Risques potentiels et avérés liés aux éléments technologiques dans le DMQ.....	31
Tableau 6: Les principaux éléments des combustibles et les caractéristiques concernant leur fonctionnement.....	36
Tableau 7: accidents dans le DMQ occasionnés par le transport terrestre de combustibles.....	44
Tableau 8: Limitations des zones de danger.....	45
Tableau 9 : Analyse du risque des installations électriques par rapport à de possibles scénarios BLEVE (CONGAS-AGA).....	53
Tableau 10: Fréquence des décès annuels dus à l'industrie chimique.....	58

ANNEXES

Coordonees des personnes et des organismes

Les personnes

D'Ercole Robert
Institut de Recherche pour le Développement IRD
Whymper 442 y Coruna
Telf : (593-2), 503 944/ 504 856
Quito Ecuador
dercole@ecuanet.ec

Nury Bermudez
Municipio del Distrito Metropolitano de Quito MDMQ
Dirección Metropolitana de Territorio y Vivienda
Sistemas de Información e Investigación Metropolitana
García Moreno 1130 y Chile
Telf (593-2), 584 347
Quito Ecuador
dgp@quito.gov.ec

Diego Vallejo
Fundación Natura
Avenida República 481 y Almagro
(593-2), 503 391
Quito Ecuador
dvallejo@fnatura.org

Jacques Donze
Universite Lyon III
7 rue Chevreul 69007
telf 0609313889
Lyon-France
jaques.donze@free.fr

Patrick Pigeon
Universite de Savoie Departament de géographie
Savoie-Technolac, BP 1104
73011 Châmbéry Cedex
Telf (33 4), 79 75 87 84
Chambery-France
patrick.pigeon@savoie-univ.fr

Paulina Guerrero
Municipio del distrito metropolitano de Quito
Administración Zonal calderón
Vía de ingreso a mariana de Jesús 976 y Av. Cptan: Giovanni Calles
Telf (593 2), 2425 430
Quito Ecuador
pguerrero@yahoo.es

Lorena Vinuesa
Municipio del distrito metropolitano de quito
Dirección metropolitana de seguridad ciudadana
Calle Venezuela y Chile, Alcaldía general
Telf: (593 2), 570 709 (593 2), 289 746
Quito-Ecuador
dmsc@quito.gov.ec

Les organismes et instituts

DEFENSA CIVIL

Av. Amazonas y Villalengua
Telf: (593 2), 245 031 / 455 441/ 439 433
Casilla 4979/ CCNU
Quito-Ecuador

Empresa Eléctrica Quito SA

Daniel Hidalgo 168 y Av 10 de Agosto
Telf: (593 2), 235 079/ 509 459/ 547 228
Telefax: (593 2), 500 442
Casilla: 17-01-3571
Quito-Ecuador

Institut de Recherche pour le Développement

Centre de recherche d'île de France
Unité UR 029
32, avenue Henri Varagnat
93143 Bondy cedex
Téléphone 33 (01), 48 02 55 00/ 48 47 30 88/
Paris-Francia

Institut de Recherche pour le Développement

Whymper 442 y Coruña
Téléphone : (593 2), 503 944/ 504 856
Apartado Postal : 17 12 857
Representant : Pierre Gondard
Quito-Equateur

Policía Nacional del Ecuador

SIAT, Servicio de Investigación de Accidentes de Tránsito
Foch E-438 Sector La Mariscal
Telf: (593 2), 222-8458/ 250-2127
Quito-Equateur

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito

Dirección Metropolitana de Seguridad Ciudadana
Cuerpo de Bomberos de Quito
Ventimilla S/N y Reina Victoria.
Telf: (593 2), 102 (de emergencia)
Quito-Equateur

Petroecuador

Servicio de mantenimiento y distribución (Petrocomercial)
Alpallana E8-86 y Av. 6 de Diciembre.
Telf: (593 2), 256-3060 /256-1250
Quito-Equateur

Ministerio de Energía y Minas

Dirección Nacional de Hidrocarburos.
Orellana y Juan León Mera.
Telf: (593 2), 255-0018 /290-9595
Quito-Equateur

Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement

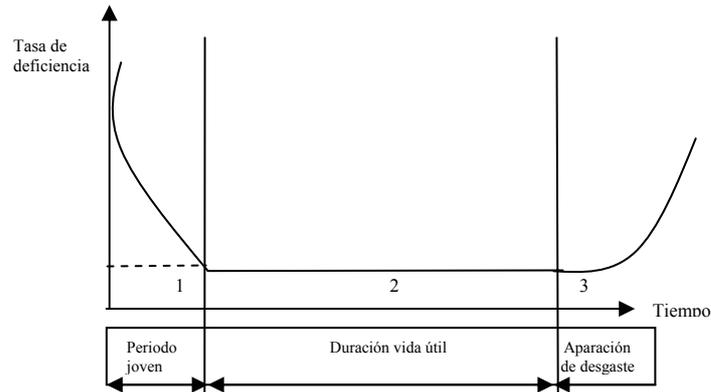
Direction de la prévention des pollutions et des risques
Service de l'environnement industriel
Bureau des Risques Technologiques et des Industries Chimiques et Petrolières
20, avenue de Ségur
75302 Paris 07 SP
tel : 16 (1), 42 19 20 21
telecopieur : 16 (1), 42 19 14 67
Paris- Francia

Base théorique des concepts et de la localisation des dangers technologiques

Annexe 1: Courbe en Baignoire

Loi exponentielle:

La courbe en baignoire: Dans les années 1950, des études statistiques ont montré que de nombreux composants électroniques avaient un taux de défaillance $\lambda(t)$ variant suivant une courbe dite « en baignoire ». Succinctement, le taux de défaillance d'un ensemble de n composants électroniques peut être estimé par le rapport entre le nombre de composants défaillants N et le temps de fonctionnement cumulé T assuré par les n composants depuis l'origine: $\lambda = N/T$:



La région 1, représente période de jeunesse, ou période de défaillances précoces, pendant laquelle apparaissent les défauts dus à des erreurs de conception ou fabrication: 10 heures pour une pièce mécanique, 100 heures pour un composant électronique et 6 mois pour une grosse machine tournante.

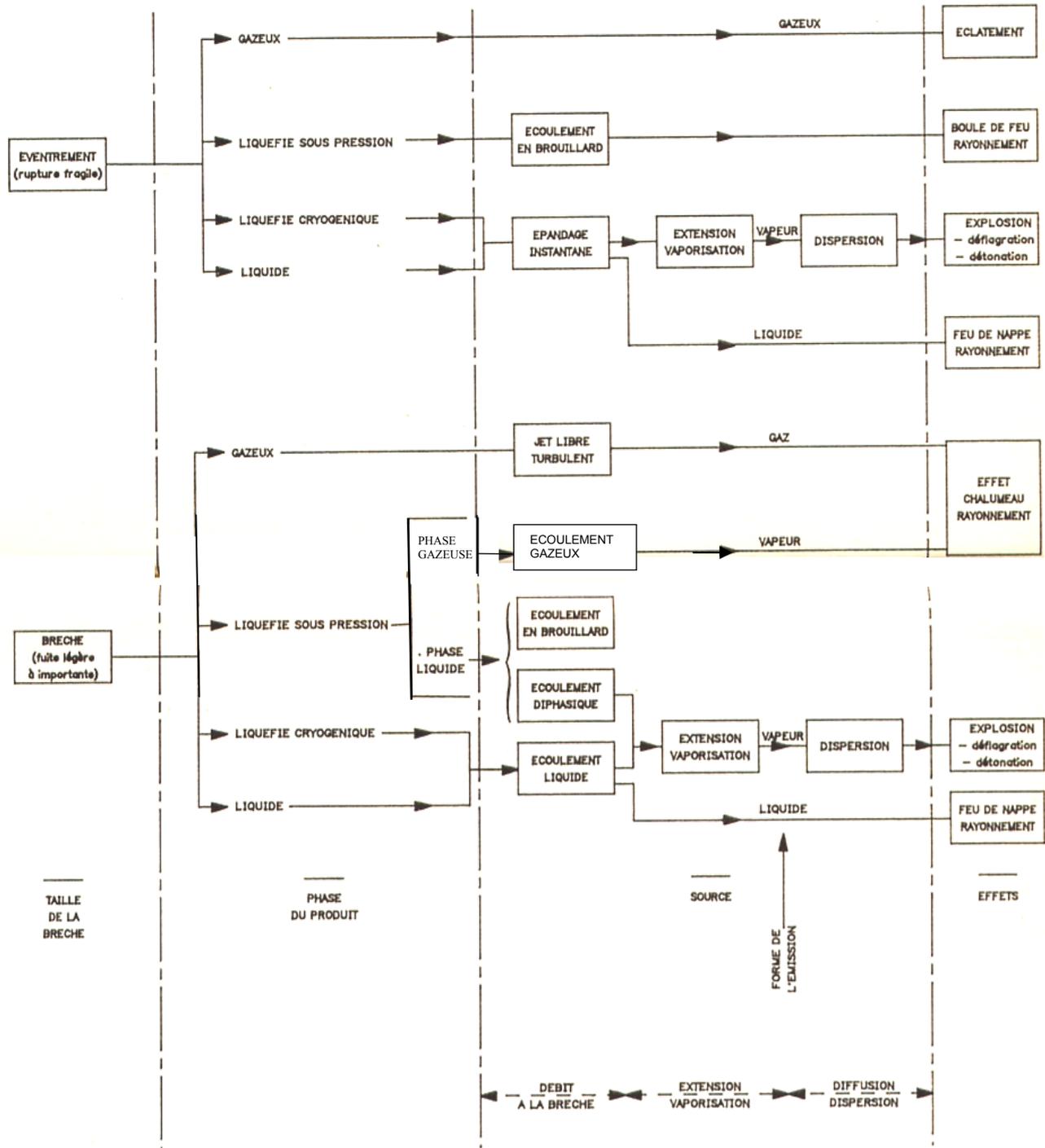
La région 2, définit la période de vie utile d'un élément pendant laquelle le taux de défaillance est sensiblement constant: Milliers d'heures, par exemple pour un moteur à explosion, 100 mille heures pour un composant électronique et de quelques années pour une vanne mécanique.

La région 3, définit la période des défaillances d'usure pendant laquelle le taux de défaillance croît rapidement.

Pour la région deux, néanmoins le taux d'utilité peut changer, parce que les machines sont toujours objets des maintenances préventives.

Fuente; Signoret, Leroy, 1992,
Realización: Jairo Estacio

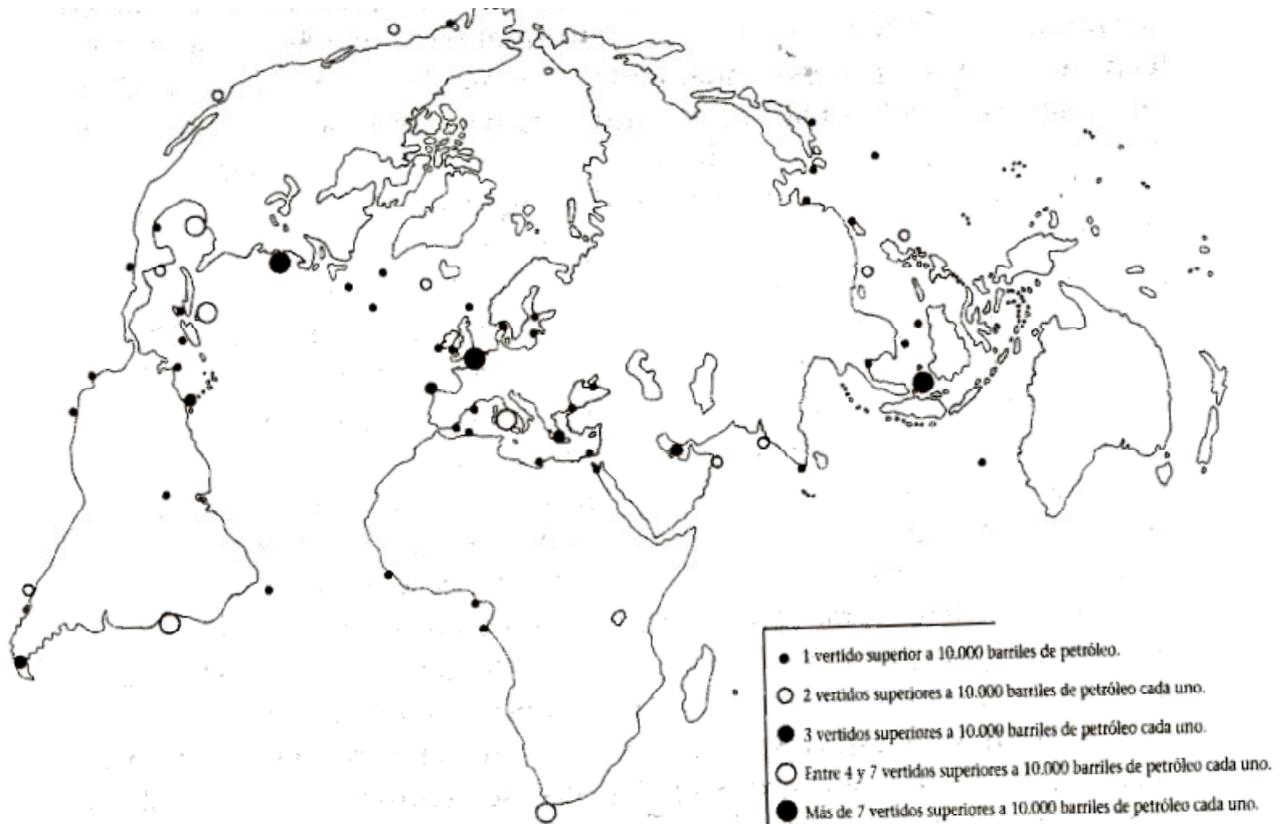
Annexe 2: Scénarios des accidents d'hydrocarbures



LE DEROULEMENT DU SCENARIO D'ACCIDENT SELON LA TAILLE DE LA BRECHE, LA PHASE DE L'HYDROCARBURE STOCKE OU TRANSPORTE

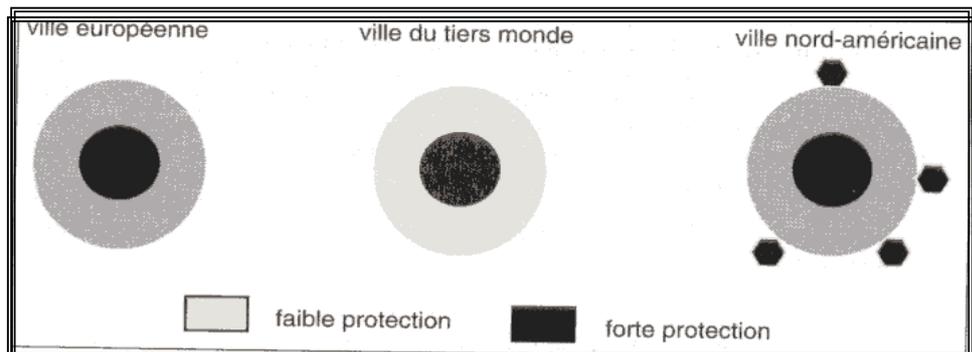
Source: Lannoy après Signoret, Leroy 1992.

Annexe 3: Localisation des accidents majeurs des bateaux-citernes du pétrole



Source: Garcia- Tornel 2001

Annexe 4: La logique radioconcentrique des risques urbains



Source : Dauphiné 2003

Gestion des risques technologiques

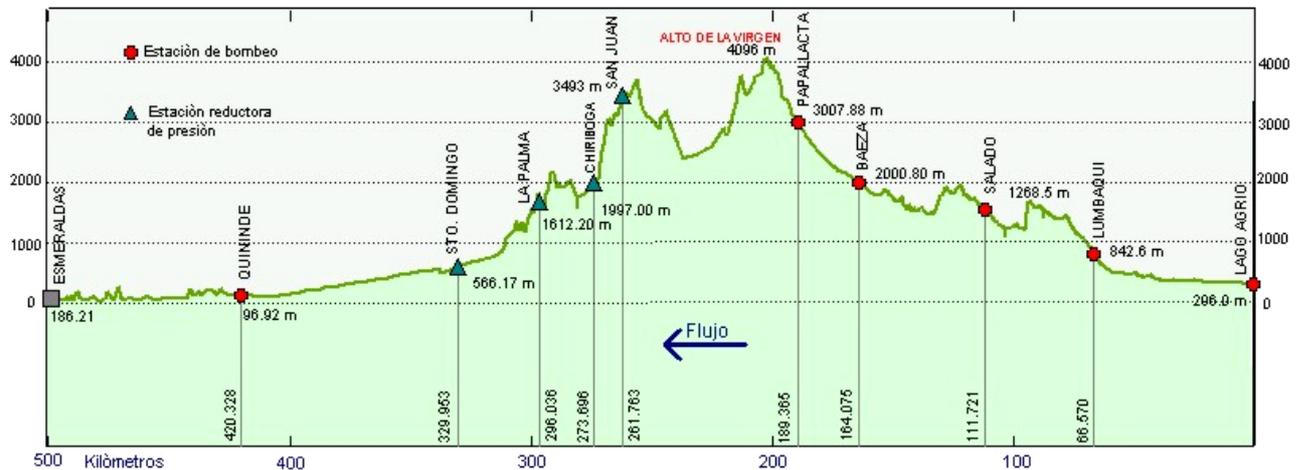
Annexe 5 : Caractéristiques à tenir compte au cours de la construction d'un dialogue et d'une coopération

Phases	Acteurs et agents Scientifiques techniques	Acteurs de la décision politique	Population politiquement défavorable et représentants de la population
Socialisation	L'input scientifique technique sur le problème du risque technologique lié aux combustibles, aux limitations techniques et méthodologiques et aux incertitudes	Les positions et les intérêts politiques mis en jeu ainsi que les facteurs restrictifs. Indiquer l'extension et l'insuffisance des règlements et des normes	Exposer leurs intérêts et les connaissances concernant le problème ce qui pourra contribuer au dialogue
Congruence	Les expériences précédentes des événements passés	L'évaluation de futures initiatives praticables, celles qui sont en accord avec des stratégies à développer	La population affectée bénéficiera de la décision prise
Ressources	Mettre en disposition les outils disponibles, le talent, et la connaissance en faveur de l'étude de risque	Mettre en disposition l'habilité sociale et communicative et l'accès des acteurs aux réseaux plus denses	Mettre en disposition les talents, les connaissances et les contacts pour résoudre le conflit
Confiance	La condition <i>sine qua non</i> dans la coopération	La condition sine qua non de condition dans la coopération	La condition sine qua non de condition dans la coopération
Engagements	S'engager à continuer des études des risques pour résoudre le problème immédiat	S'engager à améliorer la décision politique et les règlements	S'engager à respecter la décision prise et, comme tous les acteurs en question, à contribuer à l'amélioration de la politique et des règlements.

Source: Funtowicz y De Marchi, 2002
Mise en place: Jairo Estacio (2004)

Les risques Technologies en Equateur et DMQ et des apports pour la cartographie

Annexe 6 : Profil du pipeline à travers du territoire équatorien



Source: Unidad de Sistemas de Petroecuador 2002

Annexe 7: Distances de dangers relatives au pôle chimique de Toulouse Sud de INERIS

	date de l'étude	scénario majorant	distance au seuil des effets létaux (m) - rayon de la zone Z1	distance au seuil des effets irréversibles (m) - rayon de la zone Z2
Grande Paroisse	1989	rupture guillotine d'un piquage d'ammoniac liquide sur les réservoirs moyenne pression à l'extérieur	894 mètres (zone PIG)	1600 mètres (zone PPI)
	2001	<i>Rupture d'une canalisation d'ammoniac liquide</i>	650 mètres	2550 mètres
	2001	ruine instantanée d'un wagon de chlore	2625 mètres	5375 mètres
SNPE	1989 -	rupture d'une canalisation de phosgène gazeux à l'extérieur (en sortie de l'évaporateur)	600 mètres (zone PIG)	1175 mètres (zone PPI)
	2001	rupture guillotine d'une canalisation de phosgène gazeux vers l'extérieur	3350 mètres	5550 mètres
Tolochimie	1989	fuite du plus gros en cours de phosgène	990 mètres (zone PIG)	2150 mètres (zone PPI)
	2001	<i>fuite au niveau d'un réacteur de l'atelier de phosgénation (seuils de toxicité en vigueur en 1998)</i>	1150 mètres	3450 mètres
	2001	<i>fuite au niveau d'un réacteur de l'atelier de phosgénation (seuils de toxicité en vigueur en 2001)</i>	3450 mètres	> 10 km

Source : Avis d'expert sur la détermination des zones de sécurité pour la maîtrise de l'urbanisation autour de 5 établissements à risque dans la région Midi Pyrénées, INERIS, Direction des risques accidentels, novembre 2001.

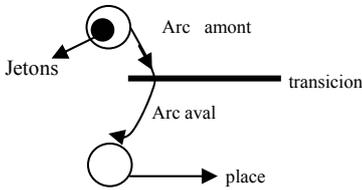
Annexe 8: Analyse globale de la vulnérabilité des éléments principaux du système électrique

SYNTHESE GLOBAL VULNERABILITE						
	Vulnérabilité intrinsèque	Dépendance éléments externes	Alternatives de fonctionnement	Capacité de control	Préparation pour envisage les crises	Somme
Subestaciones EEQ						
Santa Rosa	4	3	4	3	3	17
Vicentina	4	3	2	2	3	14
Selva Alegre	4	3	4	3	3	17
Pomasqui	2	3	4	3	3	16
SE 19	3	3	3	3	4	16
Norte	3	3	2	3	4	15
Epicachima	3	3	2	3	4	15
San Rafael	4	3	3	3	4	17
Eugenio Espejo	1	3	2	3	4	13
SE 18	2	3	3	3	4	15
Sur	3	3	2	3	4	11
Líneas EEQ 138						
Santa Rosa / Eugenio Espejo	2	2	4	5	4	17
Eugenio Espejo / Selva Alegre	4	2	4	5	4	19
Selva Alegre / SE19	4	2	3	5	4	18
der SE19 / Pomasqui	3	2	2	4	4	15
Pomasqui / SE18	1	2	2	4	4	9
Líneas EEQ 46						
Norte / Vicentina	4	2	2	4	4	16
Selva Alegre / Norte	3	2	2	3	4	14
Lineas que bordean el aeropuerto	4	2	1	3	4	14
Selva Alegre / SE19 Inter	3	2	1	3	4	13
Epicachima / Selva Alegre	4	2	1	3	4	14
Sur / Vicentina	3	2	1	3	4	13
Epicachima / Sur	3	2	1	3	4	13
Santa Rosa / Epicachima	4	2	2	4	4	12

Source: Robert D'Ercole 2003

Annexe 9 : Application de quelques méthodes pour l'identification des dangers industriels

Méthode	Définition	Types, conception
APR	Analyse de chaque élément dangereux dans un système industriel, et son évolution vers un accident plus ou moins sérieux et avec des répercussions potentiellement dangereuses. Des listes de commande de ces éléments et situations dangereuses sont exigées. Ils mettent en	

	évidence d'une manière générale les dangers.	
Modélisation du système	Réalisation de diagrammes causes –conséquences pour voir des scénarios dans des situations normales (simulations) ou le moment de crise (identification des dommages prépondérants).	<i>Arbres de défaillances</i> Ils mettent en 'évidence les risques prépondérants. On doit construire graphiquement un arbre des problèmes causés par un événement non souhaité. On n'essaie pas de prévoir les événements mais de se servir de la logique déductive pour y arriver naturellement.
Processus Stochastiques	Ce sont des processus aléatoires qui font partie d'un système dynamique. Ces processus aléatoires sont provoqués par des phénomènes divers comme l'insuffisance des composants et l'état de réparations.	<i>Processus de Markov</i> : Ce sont des diagrammes qui montrent le fonctionnement du système et, à travers d'une table de vérité, ses différents états. Ceci est fait pour pouvoir identifier les changements brusques d'un état à un autre dû aux défaillances ou aux réparations des composants. Les sauts qui existent entre les deux états s'appellent les taux de transition. Les taux de transition sont constants et de nature exponentielle, ce qui représente la caractéristique de cette méthode.
Modélisation du réseau de Petri	Méthode allemande qui comprend la description du comportement des "automates" séquentiels asynchrones. Leur puissance de modélisation les a fait adopter depuis une dizaine d'années en sûreté de fonctionnement. Le réseau de Petri est constitué de places (marquées par les jetons), de transitions et d'arcs. 	Ce modèle permet de représenter graphiquement la partie statique du réseau. Pour simuler le comportement du système, il faut superposer cette structure statique et une structure dynamique évoluant en fonction de l'évolution du système représenté. Cette action est réservée au « marquage » du réseau constitué des jetons présents ou non dans les places et évoluant dynamiquement en fonction du tir des diverses transitions valides : le marquage du réseau représente l'état du système à un moment donné. Pour être valide, une transition doit avoir au moins un jeton dans chacune des places amont. Elle peut alors être tirée et ce tir consiste à retirer un jeton dans chacune de ses places amont et à ajouter un jeton dans chacune de ses places aval. Il en résulte un nouvel état du système étudié.
Méthode de Monte-Carlo	Cette méthode envisage les processus statistiques gérés par des règles où le hasard intervient. Elle est basée sur les modélisations du réseau de Pétri et sur des modèles du comportement du système (fonctionnement et dysfonctionnement). C'est une méthode détaillée qui considère des paramètres jamais considérés par les autres méthodes.	<i>Le logiciel de simulation « Monte Carlo »</i> effectue les opérations des simulations considérant les possibilités de hasard, à travers de son historique et des lois de probabilité
Bases de données	Ces bases sont nécessaires pour mesurer les risques	<i>Données d'éventualité</i> : ce sont des calculs de probabilité des occurrences et conséquences d'un risque <i>Données de fiabilité</i> : ce sont des calculs relatifs au mauvais fonctionnement d'un équipement (ou d'un opérateur).

Source: Signoret, Leroy 1992
Mise en place: Jairo Estacio

Annexe 10: Distances permises pour la localisation des stations de services dans le DMQ

Ordonnance 3148 MDMQ	
EMPLACEMENT, LIEUX OU ZONES	STATIONS-SERVICE
Habitation collective, bâtiments de plus de 4 étages	50 m
Passage à niveau	200 m
Echangeurs	200 m
Distributeurs de circulation	200 m
Etablissements religieux	50 m

Spectacles publics	50 m
Marchés	50 m
Points d'agglomération humaine	50 m
Etablissements éducatifs	200 m
Etablissements hospitaliers	200 m
Oléoducs, gazoducs, pipelines	100 m
Centres d'embouteillage du gaz	1000 m
Stations-service (DMQ)	250 m
Stations-service (zones suburbaines)	150 m*
Centre Historique	interdit
Aéroport	1000 m**
Routes fermées	50 m
Ravins	50 m
Décharges	50 m
Talus	50 m
Stations ou sous-stations électriques	50 m
Lignes à haute tension***	50 m
Aires d'éclairage publique***	20 m
Téléphonie***	20 m
Egouts	20 m
Source: DMTV MDMQ- 1997	
* sur l'axe d'une rue ou d'un embranchement	
** à partir du bout de la piste	

Annexe 11: Distances minimales pour localisation des centres de distribution de GPL

Norme 1534 INEN

DISTANCE ENTRE LA ZONE UTILE DE STOCKAGE DU GLP JUSQU'À:	CENTRES D'APPROVISIONNEMENT(m)	POINTS MAJEURS DE DEBIT DU GAZ (m)
Voies ferrées	15	15
Entrepôts stockant des matériaux inflammables	50	50
Edifices industrielles	15	8
Edifices et/ou lieux de concentration publique	50	30
Lieux de circulation publique	15	5
Stations ou sous-stations d'énergie électrique	100	100
Voies publiques urbaines	10	10

Source: INEN, Corps de pompiers 2000

Annexe 12: Distances minimales aux points de transfert de gaz GPL

EXPOSITION	DISTANCE MINIMALE HORIZONTALE, m
Locaux habités et édifices	3
Edifices avec des parois sans résistance au feu	8
Ouverture dans les parois des édifices, ou fossé autour du point de transfert	8
Ligne contiguë de propriété sur laquelle il est possible de construire	1
Espaces extérieures qui rassemblent du public, y compris les cours d'écoles, terrains de sport et aires de jeux	8
Bord de routes ou de voies publiques	3
Chemin d'accès à une propriété	1.5
Réservoirs qui ne sont pas en train de se remplir	3
Stations-service ou lieux de stockage des combustibles liquides	6

Source: Cuerpo de Bomberos Quito, 2000

Annexe 13: Ordonnance municipale du déplacement des équipements de GPL

ORDONNANCES MUNICIPALES

Ordonnance d'Autorisation pour les Administrations Zonales pour qu'elles approuvent les Projets d'Installations du gaz de Pétrole

Le Conseil Métropolitain de Quito

Selon le Rapport IC-2000-606 du 20 octobre 2000 de la Commission de Planification et Nomenclature: De par l'usage de ses attributions légales:

Expedie:

L'Ordonnance à travers laquelle les Administrations Zonales sont autorisées à approuver les projets concernant les installations de gaz de pétrole liquéfié pour les activités qui se développent à l'intérieur du District, c'est-à-dire non seulement pour les habitations mais aussi pour le commerce, la production, l'échange, l'éducation, la santé et la gestion.

Art 1.- Jusqu'à l'entrée en vigueur de la nouvelle Réglementation pour le District Métropolitain et des normes d'Architecture et d'Urbanisme, les Administrations Zonales, respectant la disposition de l'Art. 6 sur la procédure d'approbation et d'exécution des projets concernant les installations centralisées, numéro 4 de l'Accord Ministériel 209, approuveront les plans des projets concernant les installations de plus de 10 unités de logement ainsi que les constructions à vocation résidentielle, commerciale et industrielle.

Art 2.- La présente ordonnance entrera en vigueur à partir de la date de sa sanction

Etabli Lors des Sessions du Conseil Métropolitain de Quito le 16 novembre 2000.

Dr. Efrén Cocios Jaramillo

Vice-président du Conseil Métropolitain de Quito

Maître Pablo Ponce C.

Secrétaire Général du Conseil

Certificat de Session

Le soussigné Secrétaire Général du Conseil Métropolitain de Quito certifie que la présente Ordonnance fut débattue et approuvée lors des sessions du 16 novembre et du 14 décembre 2000

Maître Pablo Ponce C.

Secrétaire Général du Conseil

Mairie du District.- 26 décembre 2000

Exécuteurs

Paco Moncayo Gallegos

Maire du District Métropolitain de Quito

Maître Pablo Ponce. C.

Secrétaire Général du Conseil Métropolitain.

Source : MDMQ-2004