



HAL
open science

Lima face au péril sismique

Robert d'Ercole

► **To cite this version:**

| Robert d'Ercole. Lima face au péril sismique. 2011. hal-01202840

HAL Id: hal-01202840

<https://hal.science/hal-01202840>

Preprint submitted on 21 Sep 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Le texte ci-dessous a été rédigé en 2011 pour figurer comme un des chapitres de l'ouvrage « Le Pérou d'aujourd'hui », Editions l'Harmattan.

L'ouvrage n'est pas encore publié. En attendant, citer ce texte de la manière suivante :

D'Ercole Robert (à paraître) – Lima face au péril sismique – à paraître dans « Le Pérou d'aujourd'hui », Editions l'Harmattan, Paris, 20 p. [texte rédigé en 2011]

D'Ercole Robert (to be published) – Lima face au péril sismique – to be published in « Le Pérou d'aujourd'hui », Editions l'Harmattan, Paris, 20 p. [text written in 2011]

Lima face au péril sismique

Lima facing the seismic risk

Robert D'Ercole
IRD – UMR PRODIG 8586
robert.dercole@ird.fr

Remerciements

Mes remerciements s'adressent à Jérémy Robert et Hugo Perfettini pour leur relecture du texte. Ils s'adressent également à l'équipe PACIVUR de l'IRD (Pascale Metzger, Sébastien Hardy, Alexis Sierra, Pauline Gluski, Jérémy Robert) sans laquelle certaines connaissances et idées n'auraient pu être reportées.

Introduction

Depuis sa fondation en 1535, Lima a connu plus de 30 séismes ayant entraîné des dommages matériels et humains et son port Callao s'est trouvé confronté à six tsunamis dont trois particulièrement dévastateurs. La ville a plus ou moins rapidement pansé les blessures dues à ces événements que très peu de liméniens connaissent, même le Big One de 1746 dont les sismologues redoutent le retour. On peut ainsi se demander si la capitale politique et économique du Pérou qui rassemble le tiers de la population nationale est à même d'affronter un séisme majeur. La réponse présente deux faces opposées. D'un côté on assiste à une sensibilisation liée aux catastrophes sismiques récentes (Pisco en 2007, Chili et Haïti en 2010 et Japon en 2011) avec la multiplication de programmes et projets de préparation à la survenue d'un tremblement de terre, la plupart à financements internationaux. Mais de l'autre, une vulnérabilité de fond de la ville s'exprime par les modalités de l'urbanisation et la mauvaise qualité d'une partie importante du parc immobilier, à laquelle se greffent les difficultés prévisibles des autorités liméniennes et de la population à gérer une crise de grande ampleur. Après avoir rappelé son passé sismique et souligné le risque pour les années à venir, le texte met en évidence les forces et les faiblesses de Lima face au péril sismique.

Histoire d'un Big One oublié

En 1533, la mission exploratoire menée par Hernando Pizarro fut accueillie par un puissant tremblement de terre à proximité de Pachacamac, lieu sacré dont l'espace est aujourd'hui englobé dans l'agglomération urbaine. Cela n'empêcha pas, deux ans plus tard, la fondation de Lima en ces mêmes lieux. La localisation côtière de la nouvelle capitale du Pérou illustre le modèle économique, politique et social imposé par les espagnols. L'ouverture vers l'extérieur et le pouvoir colonial étaient autrement importants que les contraintes liées à la tectonique des plaques. Depuis, les liméniens ont ressenti plusieurs centaines de séismes parmi lesquels, 33 ont été à l'origine de dommages humains et/ou matériels significatifs (Tableau 1). Lima a ainsi connu un séisme destructeur tous les 15 ans en moyenne depuis sa fondation. Six d'entre eux ont été accompagnés de tsunamis dont certains, ceux de 1586, 1687 et 1746, ont été dévastateurs.

Le séisme de 1746 constitue un puissant marqueur et une rupture dans la longue histoire des séismes qui se sont produits à Lima. C'est le séisme le plus destructeur que la capitale ait jamais connu. Sur le plan chronologique, il se situe pratiquement au milieu de la période d'existence de Lima, précédé de 14 séismes et suivi de 18 autres, toujours avec le même rythme moyen de 15 ans. Dans l'imaginaire, il apparaît comme un séisme extrêmement grave dont on ose à peine imaginer les conséquences dans une ville 130 fois plus peuplée qu'en 1746. Il est généralement exclu des scénarios de la protection civile car il entraînerait des situations ingérables en termes de préparation. Sur le plan sismologique il fait également référence car il marque le début de la recharge en énergie en vue d'un prochain séisme de grande magnitude.

A la veille du 28 octobre 1746, Lima regroupait 60000 habitants occupant environ 3000 maisons de un ou deux étages dans un espace délimité par les murailles défensives construites en 1687. Ce séisme d'une magnitude supérieure à 8.8 (M_w^1) survint à 22h30 et dura plusieurs minutes (de 3 à 6 selon les témoignages)². Les destructions furent généralisées affectant tant les logements que les églises, les couvents ou les administrations et, d'après les récits, seulement quelques dizaines de maisons restèrent sur pied. 1141 personnes trouvèrent la mort sous les décombres, soit 2% de la population³. Ce chiffre augmenta par la suite en raison d'épidémies et les blessés furent nombreux⁴ mais le bilan humain reste relativement faible par rapport à la violence du phénomène. Cela s'explique, au moins partiellement, par la faible densité du bâti, la grande quantité de jardins et parcs offrant autant d'espaces ouverts où de nombreuses familles ont pu se réfugier dès le début du séisme. Cela s'explique aussi par

¹ L'échelle de magnitude de moment (M_w) est l'échelle actuellement la plus utilisée par les sismologues pour mesurer la taille d'un séisme à partir de l'énergie libérée.

² Ce séisme a fait l'objet de nombreux rapports officiels et de récits à l'époque où il s'est produit. Plus récemment, plusieurs analyses ont vu le jour, mettant en lumière certains pans de l'histoire politique, sociale, culturelle et économique du Pérou et de Lima à travers cet événement et les difficultés qui ont marqué la reconstruction. Parmi ces derniers, les textes d'Anthony Oliver-Smith (1997), de Pablo Emilio Pérez-Mallaina Bueno (2001) et de Charles Walker (2008) qui ont contribué à écrire ces lignes.

³ A titre de comparaison, le séisme de Port-au-Prince du 12 janvier 2010 tua près de 10% de sa population.

⁴ Nous ne disposons pas de chiffres concernant les blessés. Les témoignages indiquent qu'ils furent nombreux, avec plusieurs cas d'amputations.

l'usage de la quincha, matériau moins lourd et plus flexible que l'adobe⁵, qui fut employé dans quelques maisons à la suite des ravages causés par le séisme de 1687.

Même si les dommages ont pu être surestimés dans le but d'obtenir davantage d'aide de Madrid, le séisme fut extrêmement violent comme en témoignent l'extension des dommages qui concernèrent non seulement Lima mais également la partie nord de la côte centrale du Pérou, le grand nombre de répliques sismiques qui, selon plusieurs témoins, ont duré plusieurs mois, et la puissance du tsunami qu'il a provoqué. Une demi-heure après la secousse sismique, une vague de plus de 10 mètres de haut pénétra à plus de 4 km à l'intérieur des terres, ravagea le port de Callao situé à 14 km à l'ouest du centre de Lima, laissant une centaine de survivants pour une population de plus de 5000 habitants⁶. Le tsunami détruisit également l'essentiel de la flotte présente dans le port.

Durant la période d'urgence, le vice-roi d'Espagne José Antonio Manso de Velasco dut affronter de nombreuses difficultés comme la gestion des cadavres et des blessés, les épidémies, l'absence de nourriture et le rétablissement de l'ordre public mis à mal par des scènes de pillage. Mais ces difficultés furent tout aussi nombreuses pour la reconstruction. Le vice-roi s'appuya notamment sur l'astronome et mathématicien français Louis Godin pour proposer que l'on reconstruise des maisons à un seul étage, avec des matériaux moins lourds, que l'on élargisse les voies et que l'on réduise le nombre d'églises ou de couvents⁷. Il se heurta évidemment à l'Eglise mais aussi aux grandes familles pour lesquelles occuper des maisons à moins de deux étages était incompatible avec leur statut social. En fin de comptes, peu de mesures susceptibles de réduire la vulnérabilité face aux séismes suivants furent retenues⁸ mais Lima fut reconstruite en une dizaine d'années ce qui, en dépit des problèmes qu'il dut affronter, valut à Manso de Velasco le titre de comte *Superunda*, en d'autres termes, « celui qui est au-dessus des ondes » !

Les tremblements de terre qui succédèrent au séisme de 1746 furent dans l'ensemble moins dévastateurs que ceux qui affectèrent Lima entre 1535 et 1746. En 1940, 1966 et 1974, de nombreuses victimes furent à déplorer et certaines parties de l'agglomération (Callao, Chorrillos, La Molina, Barrios Altos...) furent fortement endommagées. Le bilan de ces séismes reste faible, toutes proportions gardées, par rapport à ceux de 1586 et 1687 et surtout à celui de 1746 alors que Lima était encore très peu peuplée. De plus, ces séismes n'ont pas produit de tsunamis si ce n'est quelques vagues en 1940 à l'origine de dégâts mineurs. Par ailleurs, l'épicentre du séisme de 2007 étant trop éloigné de Lima pour y provoquer des préjudices de grande ampleur, la capitale du Pérou n'a plus connu de séismes meurtriers depuis près de 40 ans.

⁵ L'adobe se présente sous la forme de briques lourdes obtenues par mélange d'argile, d'eau et d'un liant comme la paille. La quincha est un treillis constitué de bambou et de boue séchée.

⁶ De 5000 à 7000 habitants suivant les sources.

⁷ A la vulnérabilité de ces constructions face aux séismes, s'ajoutait la volonté du vice-roi, marqué par la philosophie des Lumières, de limiter la présence de l'Eglise et les manifestations publiques de religiosité.

⁸ Par exemple, la proposition de Godin en vue de limiter la hauteur des bâtiments à un étage fut abandonnée, mais les seconds étages furent souvent reconstruits avec de la quincha que certaines familles avaient déjà employée suite au séisme de 1687.

No	Dommages dus aux séismes	Date et heure	Dommages dus aux tsunamis	Commentaires	Sources
1	?	1533		Séisme ressenti par les espagnols à Pachacamac deux ans avant la fondation de Lima.	5
2	Modérés	1552 (2 juillet, 5h30)		Quelques dégâts à Lima. On limita la hauteur des constructions à 6 verges (varas) soit 5,2 m.	1
3	Modérés	1555 (15 novembre)		Séisme le plus fort depuis la fondation de Lima. Dommages aux constructions.	4
4	Modérés à importants	1578 (17 juin, 12h05)		Destruction de maisons, d'églises et du palais du Vice-Roi.	1,5
5	Modérés	1582		Effondrement de quelques maisons. Quelques victimes.	4
6	Modérés	1584 (17 mars)		Endommagement de nombreux édifices. On ordonna la suppression des créneaux des constructions hautes en raison du danger qu'ils représentaient.	4
7	Importants	1586 (9 juillet, 19h)	Importants	Graves destructions à Lima et Callao. La Punta (Callao) fut totalement inondée par le tsunami (7 mètres de haut). Seulement une vingtaine de morts car le grand bruit précédant le séisme poussa les gens à quitter leur logement.	1,2,4,5
8	Modérés à importants	1609 (19 octobre, 20h)		Plus de 500 maisons fortement endommagées. Dégâts importants à la cathédrale.	1,4,5
9	Modérés à importants	1630 (27 novembre, 11h30)		Quelques édifices détruits. Mort de quelques personnes et plusieurs blessés.	1,4,5
10	Modérés à importants	1655 (13 novembre, 14h45)		Dommages importants aux logements et églises à Lima et Callao. La Plaza Mayor a été fissurée.	1,4,5
11	Importants	1678 (17 juin, 19h45)	Modérés	Importantes destructions à Lima et Callao. 9 morts. Dommages au Palais du vice-roi. Plusieurs haciendas situées autour du port de Callao furent détruites.	1,3,4,5
12	Importants à très importants	1687 (20 octobre, 4h15 puis 5h30)	Importants	Séisme le plus destructeur depuis la fondation de Lima. Dommages très importants à Lima et Callao et à des dizaines de kilomètres au sud de la ville. Environ 500 morts dont une centaine à Callao due au tsunami (vagues d'une dizaine de mètres de haut).	1,2,4,5
13	Modérés	1690 (20 novembre, 14h30)		Ce sont surtout les constructions non effondrées mais très fragilisées par le séisme de 1687 qui ont été affectées.	4
14	Faibles à modérés	1699 (14 juillet, 4h)		Quelques maisons détruites.	4,5
15	Faibles à modérés	1732 (2 décembre, 1h)		Plusieurs édifices endommagés	4,5
16	Très importants	1746 (28 octobre, 22h30)	Très importants	Séisme le plus dévastateur que Lima ait connu jusqu'à présent. Au moins 6000 morts (pour une population d'environ 65000 habitants) dont près de 5000 à Callao entièrement détruit par un tsunami. Ce dernier atteint 10 m de haut dans le port, près de 24 m au niveau des falaises de Barranco et Miraflores.	1,2,4,5
17	Faibles	1777 (26 janvier, 3h)		Dégâts mineurs mais fonctionnement urbain perturbé.	4,5
18	Modérés à importants	1806 (1e décembre, 18h)	Modérés	Séisme le plus fort depuis 1746. Plusieurs édifices endommagés. Quelques dommages côtiers (bateaux et commerces notamment) liés à un petit tsunami (vagues de 5 à 6 m).	1,3,4,5
19	Modérés à importants	1828 (30 mars, 7h35)		Importants dommages à Lima et Callao. 30 morts et plusieurs blessés.	1,4,5
20	Faibles à modérés	1860 (22 avril, 2h)		Plusieurs édifices fissurés. Quelques blessés.	4

21	Modérés à importants	1897 (20 septembre, 11h25)		Dégâts importants aux constructions, surtout à Callao.	1,4
22	Modérés à importants	1904 (4 mars, 5h17)		Peu de destructions totales mais de très nombreux dommages partiels (fissurations, chutes de murs, de cheminées, etc.) plus particulièrement à La Molina, Chorillos et Callao.	1,4,5
23	Modérés	1926 (11 mars, 6h20)		Chute d'éléments non structuraux (corniches, tuiles, etc.)	4,5
24	Modérés à importants	1932 (19 juin, 21h33)		Dommages aux logements, aux églises, en particulier à Callao et dans le quartier du Rimac.	1,4
25	Faibles	1933 (5 août, 21h55)		Endommagement mineur dans les maisons les plus anciennes.	4
26	Importants	1940 (24 mai, 11h35)	Modérés	179 morts et 3500 blessés à Lima. Plusieurs milliers de maisons détruites en particulier à Callao et Chorillos. Beaucoup d'écoles, d'administrations et d'églises fortement endommagées. Petit tsunami (vagues de 3 m de haut).	1,4,5
27	Faibles	1945 (15 juin, 4h10)		De nombreuses fissures, en particulier dans le quartier ouvrier du Rimac.	4,5
28	Faibles	1951 (31 janvier, 11h39)		De nombreux murs fissurés.	4,5
29	Faibles	1955 (9 février, 11h06)		Quelques dommages mineurs et quelques blessés.	4
30	Modérés à importants	1966 (17 octobre, 16h41)		Séisme le plus fort depuis 1940. Une centaine de victimes. Dégâts importants surtout à Callao, La Molina et dans les secteurs anciens de Lima et du Rimac. Les édifices à faible nombre d'étage furent les plus affectés.	1,4,5
31	Faibles à modérés	1970 (31 mai, 15h33)		Ce séisme le plus meurtrier de l'histoire du Pérou (67 000 morts dans le nord du pays) affecta modérément la capitale (plus particulièrement à la Molina).	1,4,5
32	Modérés à importants	1974 (3 octobre, 9h21)		78 morts et environ 2500 blessés. Dommages importants à Callao, La Molina, Chorillos, barrios Altos, Rimac et au centre de Lima (Cercado).	1,4,5
33	Faibles à modérés	1993 (18 avril, 4h16)		Dommages surtout aux logements construits avec des matériaux peu stables dans la périphérie de Lima et dans les secteurs élevés.	4,5
34	Modérés	2007 (15 août, 18h41)		Ce séisme affecta la région de Pisco à 200 km au sud de la capitale (593 morts, 1291 blessés et près de 100 000 logements détruits ou inhabitables). Il fut fortement ressenti à Lima (200 maisons détruites dans les quartiers pauvres et de nombreux dommages mineurs).	1,5,6

Sources :

- 1 - Morales-Soto et Zavala (2008)
- 2 - Carpio et Tavera (2002)
- 3 - DHN
- 4 - Silgado (1978)
- 5 - Arditi (2008)
- 6 - Robert et D'Ercole (2009)

Tableau 1 - Séismes destructeurs et tsunamis ayant affecté Lima depuis sa fondation

Un futur préoccupant

Face à une histoire sismique aussi mouvementée, Lima ne peut que s'inquiéter de son futur. A la base se situe la prédisposition de Lima à subir des séismes et des tsunamis dans la mesure où la ville se situe en position côtière, à proximité de la zone de subduction de la plaque tectonique de Nazca sous la plaque sud-américaine. Le problème n'est pas tant cette prédisposition que la proximité annoncée du prochain événement et sa puissance. Sans pouvoir fixer une date, les sismologues s'accordent en effet sur la survenue d'un séisme majeur à court ou moyen terme⁹. Il existe un déficit de mouvement (ou déficit de séisme) important depuis le grand séisme de 1746 et les différents séismes qui ont affecté Lima depuis, en particulier ceux de 1940, 1966, 1974 et 2007, n'auraient compensé ce déficit que partiellement (Chlieh et al., sous presse, 2011). Comme le disent les sismologues, il y a donc « de la place » pour un fort séisme dont la magnitude de moment pourrait être supérieure à 8.5¹⁰.

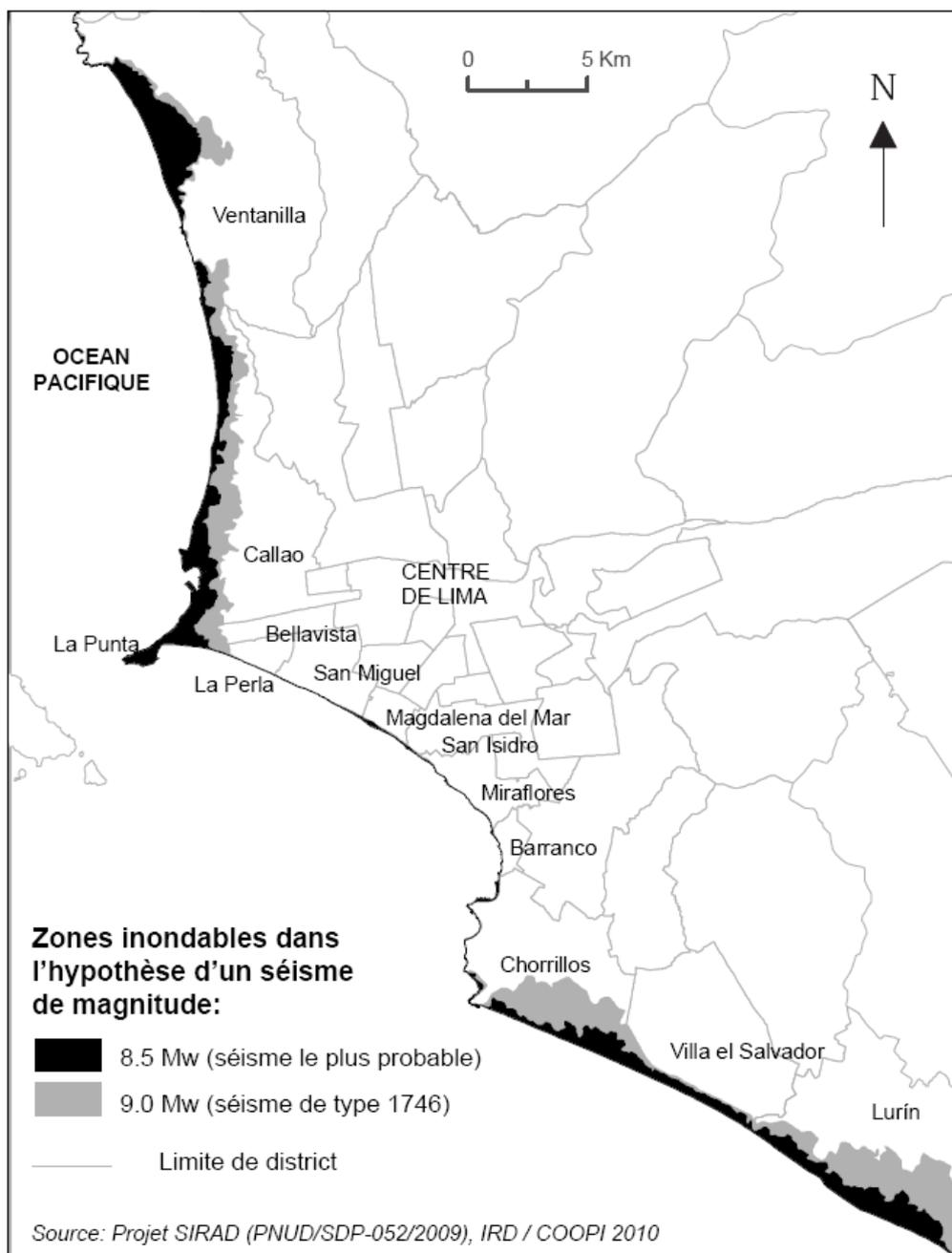
Un séisme majeur de ce type aurait des conséquences désastreuses sur le plan humain et matériel, c'est en tout cas le message qui est véhiculé à Lima par l'Institut National de Protection Civile (INDECI), à l'appui d'une étude réalisée par l'ONG péruvienne PREDES (PREDES, 2009). Selon cette étude, 51 000 personnes seraient tuées et 686 000 blessées. 200 000 logement seraient détruits et 348 000 rendus inhabitables. Ce bilan très lourd aurait des effets durables non seulement pour Lima mais pour l'ensemble du Pérou. Lima et son port comptent près de 9 millions d'habitants, soit le tiers de la population nationale. La capitale concentre les pouvoirs publics nationaux, les grandes administrations, les banques et le siège des grandes entreprises. C'est également le principal centre industriel du pays et elle concentre près de la moitié du PIB (MML, 2005b). On y trouve les plus grandes universités péruviennes et son aéroport international Jorge Chavez est le principal point d'entrée dans le pays pour des millions de touristes. Le port de Callao est évidemment sous la menace directe d'un tsunami alors qu'il s'agit d'un des ports les plus importants d'Amérique du Sud, du principal port du Pérou et qu'à travers lui transitent 75% des importations et 25% des exportations du pays.

Le bilan matériel et humain ne serait pas partagé de manière équitable au sein de l'agglomération urbaine. L'exposition aux aléas, la qualité du sol et celle des constructions, ainsi que la vulnérabilité socio-économique sont les principaux facteurs expliquant les différences. Par exemple, en matière d'exposition aux aléas, les zones exposées aux inondations provoquées par un tsunami ont été mises en évidence par une étude réalisée en 2010 par l'IRD dans le cadre du projet SIRAD¹¹. La carte 1 présente deux scénarios : un tsunami provoqué par un séisme de magnitude Mw = 8.5, considéré comme étant le plus probable, et un tsunami pénétrant plus loin dans les terres, lié à un séisme du type de celui de 1746. Dans le premier cas, 60 000 personnes sont directement exposées et dans le deuxième, ce sont plus de 220 000 personnes. Au nord, les districts de La Punta, Callao et Ventanilla seraient les plus touchés tandis qu'au sud le tsunami affecterait durement les côtes de Chorrillos, Villa El Salvador et Lurín.

⁹ Parmi ces derniers : Tavera et Bernal, 2005 ; Pulido et al., 2011 ; Chlieh et al., sous presse, JGR, 2011.

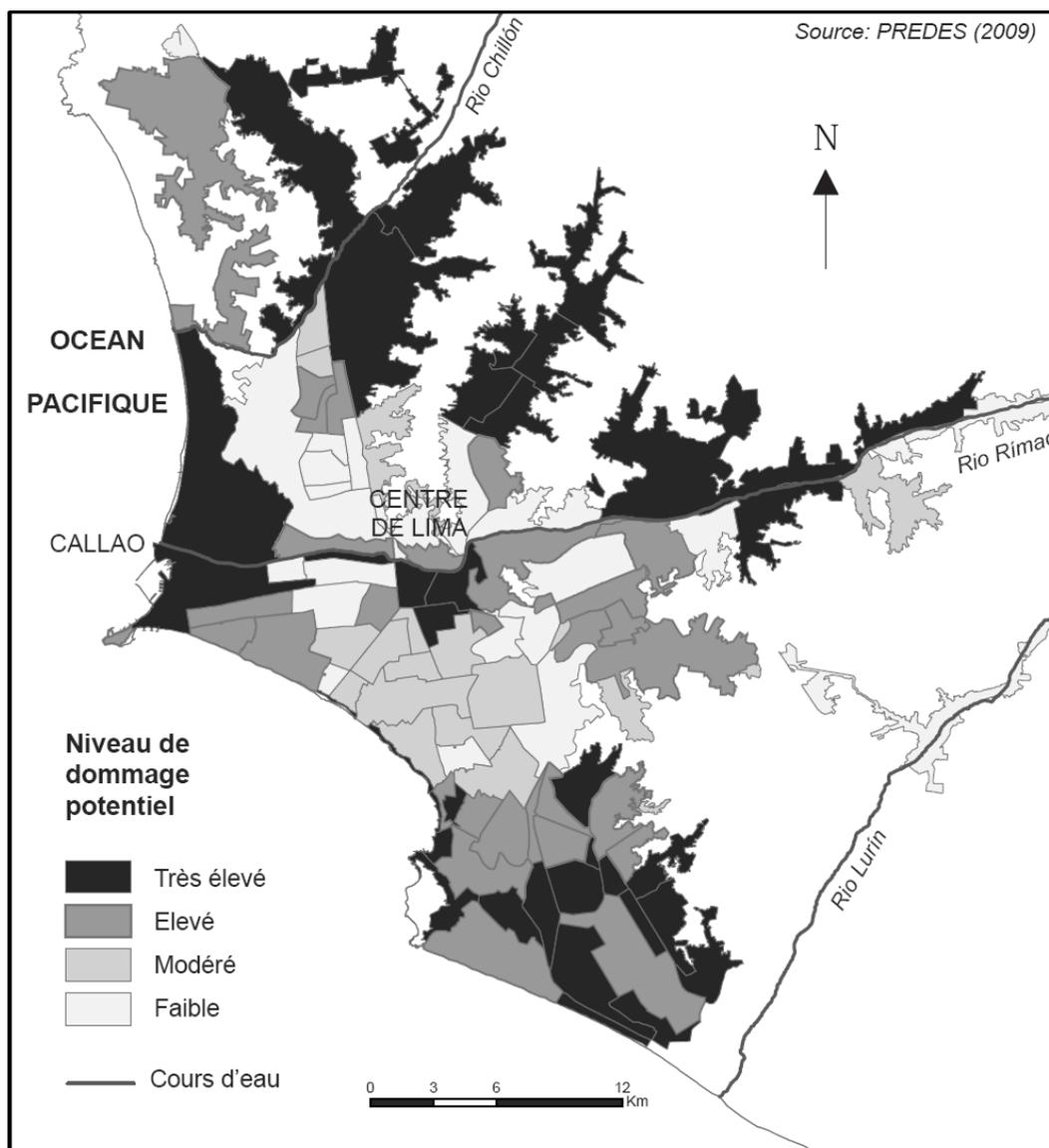
¹⁰ Un tel séisme pourrait se rapprocher de celui de 1746 et présenter une puissance 15 à 20 fois supérieure au séisme de 1940 (Mw=8.0). En termes de magnitude la croissance est de type exponentiel. Un séisme de magnitude 9.0 Mw correspond ainsi à 30 séismes 8.0 et à 900 séismes 7.0. Ceci explique que des séismes de 8.0 du type de ceux qui se sont produits en 1940, 1966 ou 1974 ne compensent que très partiellement le déficit de séisme depuis 1746.

¹¹ Système d'information sur les ressources de gestion de crise dans l'agglomération de Lima et Callao.



Carte 1 – Exposition de Lima aux tsunamis

Pour sa part, le scénario de l'ONG PREDES sur l'impact d'un séisme de grande magnitude à Lima se fonde sur un zonage du territoire construit à partir des différents facteurs de vulnérabilité indiqués ci-dessus. C'est ainsi que l'impact du séisme serait très élevé dans des portions de territoire regroupant près de 3 millions d'habitants (carte 2) : centre de la ville, Callao, districts périphériques au nord du rio Rimac et parties importantes des districts de Chorrillos, de Villa El Salvador et Villa Maria del Triunfo au sud. La catégorie suivante, celle qui correspond aux secteurs où l'impact serait « seulement élevé » concerne une population de 2 350 000 habitants. Le regroupement de ces deux premières catégories indique que plus de 60% de la population de Lima pourrait être directement affectée par un séisme majeur.



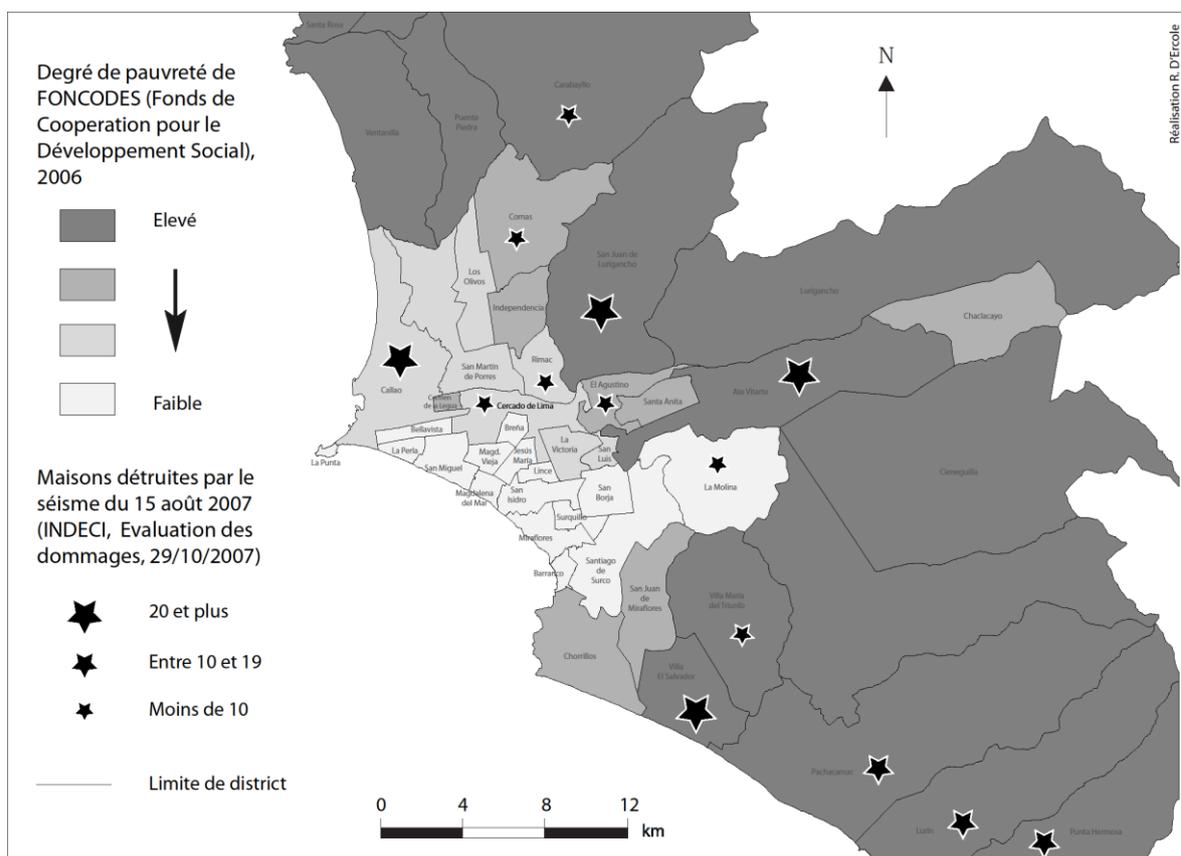
Carte 2 - Zones d'impact liées à la survenue d'un séisme majeur (PREDES, 2009)

Le retour de la prise de conscience

En l'espace de 8 ans, trois séismes ont affecté la capitale du Pérou : 1966, 1970, 1974. Sans être catastrophiques, les séismes de 1966 et 1974 ont provoqué de nombreux dommages à Lima, bien plus que celui de 1970. Ce dernier, en revanche, affiche une sinistre particularité vu qu'il s'agit du séisme le plus meurtrier de l'histoire du Pérou : 65 000 morts dans le département d'Ancash, à 350 km au nord de Lima. L'analyse de la gestion de crise de ces trois tremblements de terre montre que les autorités liméniennes et nationales ont pu en tirer des leçons pour améliorer leur capacité de prévention et de réponse aux situations d'urgence (Barreau et Peña, 2010). Par exemple, le principe d'un comité d'intervention multisectoriel mis en place par le gouvernement en 1966 fut repris par la suite. C'est aussi après le séisme de 1970 que fut créé l'INDECI. Avec le séisme de 1974, les premières normes de construction antisismique virent le jour. On peut donc considérer que l'émotion faisant loi, la conscience du

risque sismique au Pérou, et en particulier à Lima, était élevée en 1974. Cependant la capitale n'a plus été affectée par un séisme destructeur jusqu'au séisme de Pisco.

Ce tremblement de terre affecta sévèrement les provinces de Pisco, Chincha et Ica le 15 août 2007. Atteignant une magnitude 8.0 (Mw), il causa 596 victimes et 1291 blessés, et provoqua des dommages considérables au bâti : 47 225 logements furent détruits, 44 927 rendus inhabitables et 44 810 endommagés¹². Bien que l'épicentre fût relativement éloigné de Lima, à environ 200 km au sud, ce séisme ébranla fortement la capitale péruvienne. Les dommages provoqués, plus de 200 logements détruits selon les sources officielles et plusieurs centaines de logements endommagés, se sont concentrés essentiellement dans les quartiers les plus pauvres (carte 3). En fait, les chiffres officiels ont sous-estimé la réalité. Dans le seul secteur de la MIRR¹³, situé au cœur de la ville et à moins d'un kilomètre des principaux centres de décision politique de Lima et du Pérou, l'ONG italienne COOPI a recensé 258 logements endommagés dont 22 inhabitables sur un échantillon de 795 logements inspectés, soit 4,4% de l'ensemble (COOPI, 2008 ; Robert et D'Ercole, 2009). Dans la MIRR, comme ailleurs, de nombreuses familles sont restées très discrètes sur les dommages qu'elles ont subi, de crainte de se faire expulser, dans la mesure où elles occupent des terrains sans autorisation légale.



Carte 3 - Endommagement à Lima lié au séisme du 15 août 2007 (élaboration R. D'Ercole)

¹²Evaluation INDECI du 29 octobre 2007.

¹³Margen Izquierda du río Rímac (Rive gauche du rio Rimac). Ensemble de quartiers marginaux regroupant plus de 18000 logements et 80 000 habitants.

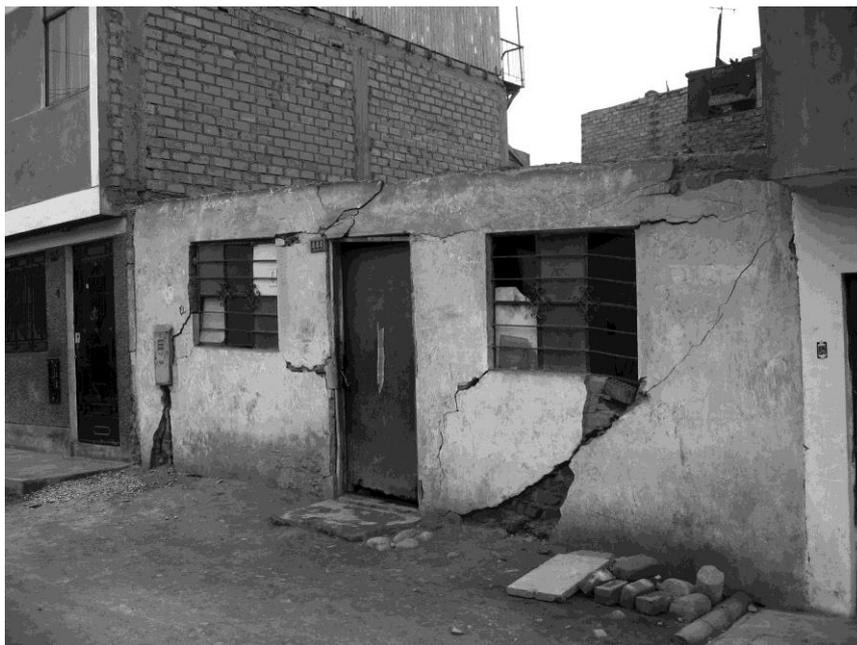


Photo 1 - Maison endommagée par le séisme du 15 août 2007 et toujours habitée au moment de la prise de vue, quartier 1^e de Mayo, Lima. (photo R. D'Ercole, 16/09/2007)

Plus que les dommages enregistrés à Lima, c'est surtout la mauvaise gestion de la crise dans la région la plus affectée par le séisme qui a marqué les esprits et suscité des réactions. Parmi les problèmes les plus graves figure la rupture totale du système de télécommunications empêchant l'échange d'information et de consignes entre responsables politiques et gestionnaires de crise à différentes échelles administratives. Les comités locaux de protection civile, présidés par les principales autorités élues ont été incapables de s'organiser et d'évaluer les dommages et les besoins des populations sinistrées. Le manque d'équipements spécialisés utiles pour les opérations de secours (engins de déblaiement, par exemple) et pour fournir des refuges aux nombreuses familles ayant perdu leur logement, s'est cruellement fait ressentir. De manière générale, une mauvaise adéquation entre les ressources de gestion de crise et les besoins a été mise en évidence dans de nombreux domaines comme ceux soulignés précédemment et d'autres encore comme les soins d'urgence, l'approvisionnement en eau ou les lieux de stockage des décombres. Par la suite, la gestion de la reconstruction a été tout aussi problématique (D'Ercole et al., 2007) et, plus de 4 ans après la catastrophe, ce sont encore des dizaines de milliers de personnes qui vivent dans des conditions de logement provisoires et précaires, pérennisant ainsi dans le territoire les effets du séisme.

Les séismes destructeurs qui se sont produits dans la région (Haïti et Chili en 2010) ou plus lointains comme au Japon en 2011 ont aussi contribué à la reprise de conscience du risque sismique à Lima. La violence du séisme en Haïti (environ 250 000 morts) a abasourdi les péruviens même si la plupart d'entre eux se refusent à établir un parallèle entre ce qui est survenu à Port-au-Prince et ce qui pourrait se produire à Lima compte tenu d'un niveau de développement jugé très différent. En revanche, ils se sentent plus proches du Chili et de ce que ce pays a dû endurer lors du séisme du 27 février 2010. Le séisme du Japon a lui aussi fortement marqué les esprits en raison de l'importance du bilan humain et matériel considéré comme incompatible avec le degré de développement de ce pays et de son excellente réputation en matière de gestion des risques. Par ailleurs, le spectaculaire tsunami qui a ravagé les côtes japonaises n'était pas sans rappeler celui qui détruisit le port de Callao en 1746.

Une foison de projets

En raison des difficultés de la part des autorités péruviennes à gérer le séisme de 2007 mais aussi des avertissements répétés des sismologues quant à la possible survenue d'un séisme majeur à Lima dans les années à venir, plusieurs projets ont vu le jour pour tenter de préparer la capitale péruvienne à cette éventualité. Plusieurs de ces projets ont été recommandés par la mission UNDAC¹⁴, intervenue suite au séisme de Pisco puis en 2009 (UNDAC, 2009). Ils sont impulsés et financés par de grands bailleurs de fonds comme la Banque Interaméricaine de Développement (BID), la Banque Mondiale, la Commission Européenne à travers son Bureau d'Aide Humanitaire (ECHO) ou par les agences de coopération internationale telle COSUDE (Agence Suisse pour le Développement et la Coopération).

Parmi les projets financés par COSUDE figure le scénario sismique réalisé par l'ONG PREDES (PREDES, 2009) ainsi qu'un projet visant à évaluer en temps réel les pertes humaines et matérielles qui pourraient être subies par la capitale péruvienne lors de la survenue d'un séisme majeur (Wyss et al., 2009). Le projet « Appui à la gestion intégrale des risques de catastrophe en milieu urbain » est aussi lancé en 2009 dans le cadre d'une convention entre la BID et le ministère péruvien du logement. Ce projet prévoit une évaluation du risque sismique à Lima avec un zonage sismique détaillé dans 6 districts parmi les plus vulnérables¹⁵ ainsi que la mise en place d'un système intégral de gestion des risques et des crises. Un autre projet portant sur l'évaluation du risque sismique dans les hôpitaux et les écoles de Lima est en cours de réalisation, impliquant la Banque Mondiale, le Ministère des Finances et la Municipalité de Lima.

L'un des principaux projets abordant la problématique du risque à Lima sous l'angle de la gestion de crise est le programme « Préparation à une catastrophe liée à un séisme et/ou un tsunami à Lima et Callao » promu et financé par ECHO et exécuté entre 2009 et 2011 par le PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement) et l'INDECI. Ce programme a suivi plusieurs directions aux échelles métropolitaine et locale : connaissance du risque, planification d'opérations d'urgence et préparation communautaire, éducation et communication avec en particulier l'organisation de simulacres et simulations¹⁶, élaboration de protocoles permettant l'action concertée en situation de crise. L'une de ses composantes les plus originales est le projet SIRAD « Système d'information sur les ressources de gestion de crise dans l'agglomération de Lima et Callao » réalisé par l'équipe PACIVUR¹⁷ de l'IRD et l'ONG Italienne COOPI. Dans ce projet, une base de données géoréférencées a été constituée sur les ressources de gestion d'une crise majeure (centres de décision et d'intervention, approvisionnement en eau, en aliments et en énergie, soins d'urgence, transports, télécommunications, refuges, lieux de dépôt de décombres). L'accent a été placé sur

¹⁴ *United Nations Disaster Assessment and Coordination*. L'UNDAC a pour fonction d'aider les Nations Unies et/ou les pays sinistrés à assurer la collecte, l'analyse et la distribution rapide d'informations utiles à la gestion d'une catastrophe et à coordonner les secours internationaux dans les zones sinistrées. Les équipes UNDAC peuvent également effectuer des missions d'évaluation des capacités nationales de réponse aux catastrophes et formuler des recommandations pour améliorer ces capacités.

¹⁵ Etude réalisée par le CISMID : Centre Péruvien Japonais de recherches sismiques et de réduction des catastrophes de l'Université Nationale d'Ingénierie (UNI).

¹⁶ Les simulations sont des exercices virtuels mobilisant plus particulièrement les institutions. Les simulacres sont des exercices plus concrets (comme les évacuations) impliquant la population et des organismes d'intervention tels les pompiers.

¹⁷ Programme andin (Bolivie, Pérou, Equateur) de formation et de recherche sur la vulnérabilité et les risques en milieu urbain, lancé en avril 2006.

l'identification des ressources essentielles et sur leur vulnérabilité, en d'autres termes sur les ressources qui devraient faire l'objet d'une politique prioritaire de prévention et de préparation afin de garantir leur fonctionnement en cas de séisme majeur ou du moins leur récupération rapide si elles sont affectées (D'Ercole et al., 2011).

D'autres actions de préparation ont vu le jour, impulsées par les projets précédents ou provenant d'initiatives nationale ou locales, et mises en œuvre par la protection civile, des ONG nationales ou internationales. Parmi ces dernières figurent les simulacres et simulations dans un contexte de risque sismique et de tsunami, inhabituellement nombreux depuis 2010 (tableau 2).

Date	Type d'exercice et échelle d'action
18 août 2010	Simulacre national
23-15 novembre 2010	Simulations et simulacres à Lima et Callao
26 février 2011	Premier simulacre nocturne à l'échelle nationale
du 17 juin au 3 juillet 2011	Semaine de simulacres à l'échelle nationale
21 juillet 2011	Simulacres dans des marchés et centres commerciaux de Callao
29 novembre 2011	Simulacre et simulations à l'échelle nationale

Tableau 2 – Principaux simulacres et simulations de séismes et de tsunamis à Lima en 2010 et 2011.



Photo 2 – Simulacre d'évacuation face à un tsunami. Quartier Marquez, Callao. Photo COOPI, 26/02/2011)

Une vulnérabilité de fond tenace

Face à la menace sismique dont on parle tant en ce début des années 2010 et en dépit d'une panoplie de projets et d'actions visant à mieux se préparer, on peut se demander dans quelle mesure le Pérou est en mesure d'affronter un séisme majeur susceptible de frapper durement sa capitale. On peut tenter de répondre à cette question en considérant la vulnérabilité de Lima sous deux angles: une vulnérabilité de fond liée à son histoire et aux modalités d'urbanisation et une vulnérabilité liée à sa capacité actuelle à gérer une crise de grande ampleur.

La vulnérabilité de fond est d'abord à rattacher aux facteurs qui ont été à l'origine de la concentration de milliers et maintenant de millions de personnes dans une zone à fort risque sismique et de tsunami. Même si la tectonique des plaques n'était pas à l'ordre du jour, ce risque était connu et subi régulièrement, parfois lourdement, mais cela est resté sans effet sur les choix de localisation des fondateurs de Lima et leurs successeurs. Ce qui était décisif pour la localisation de la capitale était la proximité de la côte qui permettait les relations économiques, politiques et administratives avec l'Espagne jusqu'à l'indépendance du Pérou en 1821¹⁸, puis avec d'autres pays, notamment l'Angleterre au XIXe siècle et les Etats-Unis au XXe. Si ce positionnement historique permet de comprendre l'exposition générale de Lima au risque sismique, il ne peut expliquer les différences observables en termes d'exposition aux aléas : installation dans des zones inondables par les tsunamis, sur de mauvais terrains amplifiant les ondes sismiques ou provoquant des phénomènes de liquéfaction du sol ; occupation de logements dangereux, ce dernier point étant fondamental dans la mesure où ce n'est pas le séisme qui tue mais le bâti de mauvaise qualité.

L'exposition différentielle aux aléas s'explique par le développement anarchique de Lima depuis le début des années 1940. La ville comptait 645 000 habitants en 1940, 3 millions en 1970, un peu plus de 6 millions en 1990 et près de 9 millions en 2010. Cet accroissement très rapide et massif, accompagné d'une très forte extension des surfaces urbanisées, s'explique par un exode rural provoqué par l'extrême pauvreté dans les campagnes, phénomène classique en Amérique Latine, accéléré dans les années 1980 durant la période du « terrorisme¹⁹ ». Il s'explique également par un taux d'accroissement naturel soutenu durant toute la période.

Le problème est cependant moins d'ordre quantitatif que qualitatif et ce sont surtout les conditions de l'urbanisation qui rendent très vulnérable une grande partie de la population de Lima. Ces conditions ont été régies par la recherche de terrains et de logements les moins chers, situés, du moins dans un premier temps, le plus près possible des sources d'emploi. Le résultat est l'occupation illégale, souvent sous la forme d'invasions, de zones dangereuses et sans services (zones exposées aux tsunamis, terrains instables : en pente, sur des remblais, en bordure de cours d'eaux encaissés comme le Rimac dans le centre de la ville, marécageux, etc.).

Avant que des centaines de milliers de personnes fuyant la campagne ne prennent le relais, ces terrains ont été occupés dans les années 1930 par la main d'œuvre provinciale utile à la construction du terminal du port de Callao puis par les réfugiés du séisme de 1940 (Driant, 1991). A l'origine, les quartiers ainsi constitués se dénommaient *barriadas*, puis *pueblos*

¹⁸ Lima avait une fonction d'intermédiaire « entre la mine et le monarque » (Anthony-Smith, 1997).

¹⁹ Mouvement du Sentier Lumineux, notamment.

jovenes dans les années 1970, enfin *asentamientos humanos* ou *barrios urbano marginales* actuellement (Burga Bartra, 2006). En 1956, 120 000 personnes occupaient les *barriadas* de Lima (Matos Marr, 1956), en grande partie réparties de part et d'autre du Rimac, sur les versants des collines proches du centre (*cerros*) et en périphérie immédiate du tissu urbain. Trente ans plus tard, près de deux millions d'habitants, soit le tiers de la population de Lima, occupent ces quartiers qui se sont étendus en périphérie sur les flancs de collines et dans des zones désertiques (Driant, 1991). Cette population s'élève à plus de 3 millions d'habitants au début des années 2000, soit 40 % des habitants de Lima (Riofrio, 2004). A travers le cas d'une de ses plus anciennes *barriadas* installée sur des remblais de déchets en rive gauche du rio Rimac, à proximité du centre historique, on a pu montrer comment, avec le temps, la vulnérabilité de la population non seulement se pérennise mais également s'accroît surtout lorsque les familles ne disposent pas de titres de propriété et sont délaissées par les pouvoirs publics (D'Ercole et Sierra, 2008). Cette situation se retrouve, à des degrés divers, dans les différents *asentamientos humanos* de Lima.

Dans ces *asentamientos*, les habitants vivent dans des logements précaires, en attendant une consolidation progressive obtenue au gré d'opérations électoralistes et par leur propre labeur, sans que cela ne permette de réduire leur vulnérabilité au risque sismique. L'essentiel des logements est effet auto-construit, sans aucune règle antisismique tant dans le dessin de la construction que dans le type de matériau employé (présence encore fréquent de l'adobe, matériau peu résistant aux séismes). Le risque pour la population se situe en grande partie dans ce type de quartiers, mais pas seulement. En effet, à cette « taudification d'origine » suivant l'expression de Maskrey et Romero, se greffe une « taudification par processus » qui concerne plus particulièrement les districts centraux de Lima et du Rimac, mais aussi les parties les plus consolidées de districts plus périphériques (Maskrey et Romero, 1986). Le déficit en logement populaire entraîne la densification des zones centrales, leur dégradation et l'accroissement du danger face aux séismes suivant deux processus : la sur-utilisation des logements et l'absence d'entretien. Les grandes maisons traditionnelles (*casonas*) occupées par des familles aristocratiques ou par des administrations ont progressivement été abandonnées au profit de familles pauvres qui les ont subdivisées et dégradées. Ces maisons qui à l'origine logeaient une seule famille, en accueillent 20 ou plus actuellement. En même temps elles ne sont pas entretenues car cela n'intéresse ni le locataire (manque de moyens, mobilité) ni le propriétaire qui se refuse à investir sur des biens à faible rentabilité. Ces maisons surpeuplées, dégradées, au réseau d'eau et d'assainissement défaillant, fragilisées par les séismes survenus à Lima, constituent un grand danger potentiel pour les dizaines de milliers de familles qui les occupent. Cela n'avait pas échappé à l'INDECI qui, entre 2001 et 2003, avait réalisé des études de vulnérabilité sur ce type d'édifice dans le centre de Lima et dans quelques districts voisins. Ce sont ainsi plus de 17000 logements abritant 75000 personnes qui avaient été considérés comme étant à haut risque d'effondrement (INDECI, 2003). Depuis, rien n'a été fait pour tenter de réduire ce risque si ce n'est de mettre en garde les habitants dans le cadre de campagnes d'information comme celles qui ont été menées par l'INDECI en 2010. Les effets de ces campagnes sont évidemment très limités car elles ne résolvent en rien le problème de fond qui est celui de l'accès des classes populaires à un logement décent et sûr.

Photos de quartiers très vulnérables aux séismes à Lima



Photo 3. Une des plus anciennes barriadas (MIRR) en bordure du rio Rimac (Photo A. Sierra, 08/02/2008)



Photo 4. Une « casona » délabrée mais habitée par plusieurs familles, district du Rimac (Photo A. Sierra, 17/04/2011)

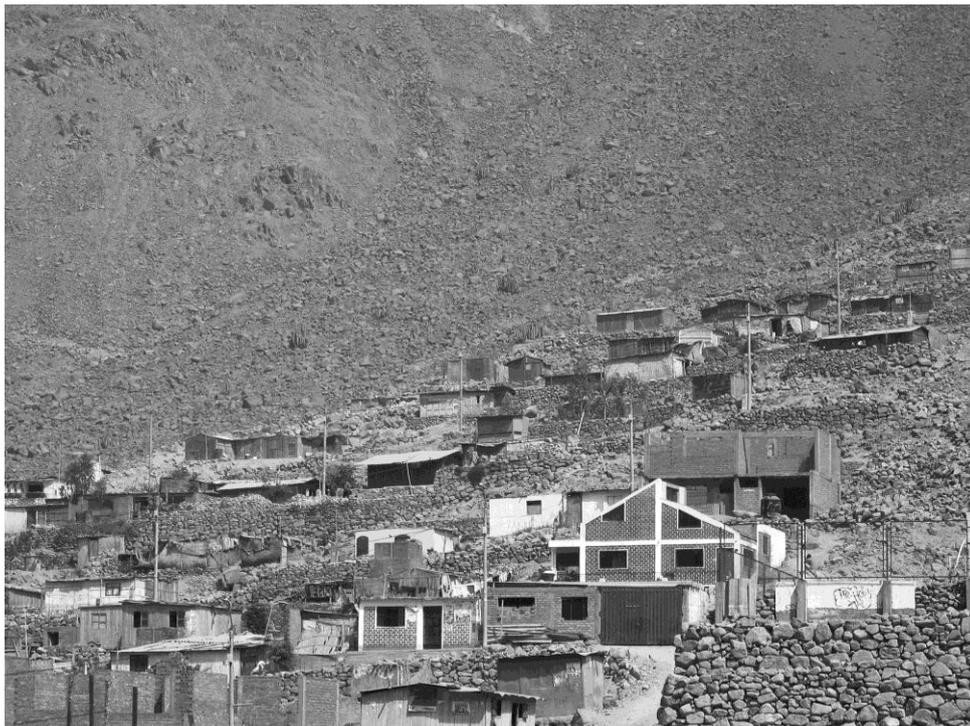


Photo 5. District périphérique de Lurigancho-Chosica (Photo R. D'Ercole, 17/07/2007)

L'impossible gestion de crise ?

L'état des lieux de Lima souligne les limites, voire les grandes insuffisances de l'action préventive. Il n'existe aucune planification préventive de l'occupation du sol et les logements peuvent constituer des pièges mortels pour des centaines de milliers de personnes en cas de séisme majeur. Dans ce type de situation, le renforcement de la capacité de gestion de crise et la préparation des autorités comme de la population sont indispensables pour réduire les effets de la catastrophe. Nous avons vu l'effort consenti depuis le séisme de 2007 pour améliorer cette capacité de réponse. On peut cependant s'interroger sur l'efficacité des mesures entreprises et sur le poids de ce qui n'a pas encore été considéré pour la préparation à la gestion de crise.

Force est de constater qu'en dépit d'une certaine agitation, parfois positive (réflexions autour du risque sismique et des ressources de gestion de crise, amorces de collaborations interinstitutionnelles, simulations et simulacres qui ont pu laisser quelques traces, etc.), peu de choses ont changé sur le fond depuis 2007. Par exemple, le plan d'opération d'urgence pour l'agglomération de Lima et Callao a été réalisé suite à de nombreux ateliers de travail et débouché sur une belle publication de 328 pages (INDECI, 2011) mais semble ne pas pouvoir être appliqué en raison de sa complexité. De nombreux techniciens ou responsables de services d'institutions publiques impliquées directement ou indirectement dans la gestion du risque sismique, ont été remplacés, à peine formés à la gestion de crise, suite aux élections municipales d'octobre 2010 et présidentielles d'avril-juin 2011. L'analyse des exercices de simulation réalisés, notamment ceux qui ont eu lieu en novembre 2010²⁰, laisse penser qu'il reste encore un grand chemin à parcourir pour les gestionnaires péruviens des risques et des

²⁰ L'équipe PACIVUR de l'IRD a fait partie de l'équipe d'observateurs lors de ces exercices.

crises avant de détenir les outils leur permettant d'envisager un minimum d'efficacité lors du prochain séisme. En dépit d'une bonne volonté clairement affichée, plusieurs problèmes majeurs furent mis en évidence parmi lesquels la difficulté à produire, transmettre, recevoir, et valider une information utile au moment adéquat. Or, l'information, notamment géoréférencée, permettant d'articuler les ressources avec les besoins, est la base d'une gestion de crise de qualité.

Pour sa part, le projet SIRAD dont l'objectif était d'identifier les ressources de gestion de crise et d'apprécier leur vulnérabilité, a mis en évidence de nombreux points de faiblesses tant au niveau des ressources qu'à celui du système de gestion des crises (D'Ercole et al., 2011). Ces ressources sont souvent insuffisantes par rapport aux besoins potentiels sur le plan quantitatif comme sur le plan qualitatif (refuges, instruments pour le déblaiement des décombres, etc.) ou ne disposent pas d'alternatives suffisantes (énergie, eau, port, certaines voies de communication). Par ailleurs, de nombreuses ressources pourraient ne pas être en mesure de fonctionner parce qu'elles seraient affectées directement ou indirectement par le séisme ou encore parce qu'elles seraient difficilement accessibles. Les analyses indiquent par exemple que la moitié des 10400 lits dont disposent les principaux hôpitaux de Lima pourraient être inutilisables en cas de séisme majeur en raison de leur vulnérabilité structurale et fonctionnelle²¹. Pour sa part, la vulnérabilité du système de gestion de crise est en grande partie liée à une mauvaise adéquation spatiale entre les ressources et les besoins. Par exemple, le nord de l'agglomération urbaine présente les plus fortes densités de population mais les zones potentielles de refuges susceptibles d'accueillir un grand nombre de familles y sont insuffisantes pour des questions d'espace ou de qualité des services. Un autre exemple est fourni par l'assistance médicale d'urgence. Les principaux hôpitaux de Lima sont en position centrale et donc éloignés des lieux où les besoins seront vraisemblablement élevés en cas de séisme majeur : les quartiers périphériques qui concentrent la population la plus vulnérable sur le plan socio-économique, ce qui signifie en même temps auto-construction, mauvaise qualité du bâti, dommages importants et de nombreux blessés.

Des vulnérabilités de type institutionnel ont aussi été mises en lumière. L'identification des ressources de crise a montré que plusieurs d'entre elles appartenaient au secteur privé (la plupart des entreprises de maintenance qui auront à charge la réparation des réseaux en période d'urgence, les pourvoyeurs d'engins de déblaiement, de tentes, etc.). Cependant, sauf exception, il n'existe aucun accord spécifique entre les secteurs public et privé pour définir le rôle de chacun en situation d'urgence ce qui augure des difficultés inévitables pour la gestion de la crise et la récupération des services de base (eau, énergie, communications, etc.). Les conflits potentiels d'usage du sol sont tout autant prévisibles. Le projet SIRAD a clairement montré qu'en milieu urbain, le sol en lui-même est une ressource majeure pour gérer une crise sismique. D'une part l'espace tend à manquer car il est en partie occupé par les décombres ou inutilisable à proximité d'édifices susceptibles de s'effondrer, notamment tant que durent les répliques sismiques. D'autre part, les terrains disponibles sont convoités par différentes institutions pour des usages multiples: refuges, dépôt de décombres, hôpitaux de campagne, lieux de stockage de l'aide internationale, etc. Cette problématique de l'espace disponible et les risques de conflits pour son utilisation suggèrent d'incorporer la question de l'usage du sol en période d'urgence dans les plans de gestion de crise comme dans les plans de développement territoriaux ; mais rien de cela n'existe à Lima.

²¹ La vulnérabilité structurale concerne la résistance du bâti tandis que la vulnérabilité fonctionnelle touche aux faiblesses liées à la capacité d'organisation de l'établissement de santé face à la crise et son autonomie.

Conclusions

Il est difficile de prévoir quand auront lieu les prochains tremblement de terre et tsunami à Lima et s'ils seront aussi destructeurs que ce que plusieurs études laissent supposer. On sait seulement que les conditions géophysiques sont réunies et qu'en dépit de nombreuses actions entreprises depuis le séisme de Pisco de 2007, Lima n'est pas prête pour affronter une telle éventualité. L'enjeu est pourtant de taille compte de tenu de ses 9 millions d'habitants et de la place qu'elle occupe au Pérou sur les plans politique et économique.

Les programmes de préparation à la gestion des crises doivent être poursuivis, optimisés, en évitant que l'attention ne se relâche. Les possibilités sont nombreuses et vont de la mise en place de plans de contingence plus simples et plus efficaces, à l'amélioration de l'accès aux ressources de crise, en passant par une meilleure adéquation spatiale et fonctionnelle entre ressources et besoins. Mais il est essentiel, en même temps, d'apporter des solutions à deux problèmes de fond qui touchent plus directement les questions de prévention.

Le premier est l'absence d'une politique de logement populaire efficace s'appuyant sur des systèmes constructifs sismo-résistants. Ni l'Etat (à travers son ministère du Logement) ni les promoteurs privés ne s'intéressent au logement des familles à faible revenu et si des normes de construction antisismique existent, elles sont rarement appliquées par ou au profit de ces familles. Les populations les plus vulnérables sont donc toujours les plus pauvres, même si la situation a sensiblement évolué au Pérou et à Lima. A Lima, les pauvres seraient 3 millions suivant les chiffres de la municipalité (MML, 2005), ils ne sont plus que 1,6 million pour l'INEI²² qui utilise cependant des critères différents (INEI, 2009). Les chiffres ne coïncident pas toujours mais la pauvreté semble avoir reculé suite à des mesures spécifiques de réduction de la pauvreté que l'on peut rattacher aux objectifs du Millénaire pour le Développement, comme par exemple le versement d'une retraite à des personnes âgées sans ressources ou la création du SIS (*Seguro Integral de Salud*) qui octroie une couverture santé aux populations les plus défavorisées. Elle a surtout reculé grâce aux fonds envoyés à leurs familles par de nombreux péruviens émigrés, principalement en Europe et aux Etats-Unis, et au retour récent de la démocratie au Pérou favorisant une certaine stabilité politique, une croissance économique soutenue et des progrès sociaux. Il n'en reste pas moins que lorsqu'un séisme survient, c'est le bâti qui tue et si une partie des familles pauvres a pu en quelques années élever un peu son niveau social, elle n'a pas pour autant résolu le problème d'un logement qui, dans l'ensemble, demeure vulnérable et dangereux.

Le deuxième problème est le désengagement progressif de l'Etat dans la gestion des risques et des crises au profit des collectivités locales qui, en dépit du processus de décentralisation, ne disposent pas des moyens humains et matériels leur permettant de jouer un rôle de premier ordre lorsque survient la catastrophe. De même, ce désengagement suppose une implication plus lourde du secteur privé dont la participation aux actions de prévention et de préparation, au côté du secteur public, est actuellement plus théorique que réelle. Des réformes sont donc nécessaires. L'une d'entre elles a rompu avec l'hégémonie de l'INDECI, affaibli depuis 2007, en séparant la prévention (aux mains d'un nouvel organisme, le CENEPRED²³) de la gestion de crises (restant aux mains de l'INDECI)²⁴. Cette réforme impulsée par la Banque Interaméricaine de Développement et le Ministère de l'Economie et des Finances pourrait apporter des solutions en développant une prévention des risques quasi-inexistante jusqu'à présent, tout en

²² Instituto Nacional de Estadística e Informática, équivalent de l'INSEE français.

²³ Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.

²⁴ Loi du 20 février 2011 instaurant le SINAGERD (Système National de Gestion du Risque de Désastre) et décret d'application du 26 mai 2011.

renforçant la préparation aux situations d'urgence. Cela reste cependant à confirmer et le risque existe de désarticuler ces deux grands volets de la gestion des risques pourtant étroitement liés.

Bibliographie

Arditi A. (2008) - *Temblores y terremotos de Lima. Crónica histórica* - <http://www.scribd.com/doc/4341227/Temblores-y-Terremotos-de-Lima>, 46 p.

Barreau L., Peña P. (2010) – Gestión de crisis en terremotos pasados en el Perú. Los eventos de 1746, 1940, 1966, 1970, 1974, 2001 y 2007 – COOPI / IRD, 70 p.

Burga Bartra J. (2006) - *El ocaso de la barriada. Propuestas para la vivienda popular* - Lima, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Artes, Universidad Nacional de Ingeniería, 148 p.

Carpio J. & Tavera H. (2002) – Estructura de un catálogo de tsunamis para el Perú basado en el catálogo de Gusiakov - *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, vol. 94, p. 45-59

Chlieh M., Perfettini H., Tavera H., Avouac J-Ph., Remy D., Nocquet J-M., Rolandone F., Bondoux F., Bonvalot S. (Sous presse, JGR, 2011) - Interseismic Coupling, Asperities and Barriers on the Central Andes Megathrust - *Journal of Geophysical Research*.

COOPI (2008) – *Estudio de identificación de zonas de peligro y de vulnerabilidad en el Cercado de Lima y El Agustino, Provincia de Lima* - Lima: Proyecto DIPECHO, 83 p.

D'Ercole R., Chandès J., Perfettini H., Audin L. (2007) – Le séisme de Pisco du 15 août 2007. Entre urgence et reconstruction – *Echogeo*, No 3, 11p. <http://echogeo.revues.org/2109>

D'Ercole R., Metzger P., Robert J., Hardy S., Gluski-Chraïbi P., Vernier P., Sierra A., Perfettini H., Guillier B. (2011) - *Recursos de respuesta inmediata y de recuperación temprana ante la ocurrencia de un sismo y/o tsunami en Lima Metropolitana y Callao* - Estudio SIRAD, Proyecto "Preparación ante desastre sísmico y/o tsunami y recuperación temprana en Lima y Callao", ECHO / PNUD / INDECI / COOPI / IRD, Lima, Perú, 184 p. [<http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1751/doc1751.htm>]

D'Ercole R. & Sierra A. (2008) - Enjeux urbains contradictoires et vulnérabilité accrue dans un espace marginal péricentral : la rive gauche du Rimac à Lima (Pérou) – *Autrepart*, 45, p.105-122.

DHN (nd) – Breve historia de los tsunamis en el Perú - Dirección de Hidrografía y Navegación, <http://www.dhn.mil.pe/index.asp?pag=tsunamis&tsu=historia>

Driant J.-C. (1991) - *Las barriadas de Lima. Historia e interpretación* - Lima, IFEA, DESCO, 232 p.

INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil) (2003) – Resumen del total de viviendas y población en riesgo según distrito, correspondiente a los años 2001, 2002 y 2003 – in <http://www.indeci.gob.pe>.

INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil) (2009) - *Lecciones aprendidas del Sur. Sismo de Pisco, 15 de agosto 2007* - INDECI, Soluciones Prácticas –ITDG-, DFID, Lima, Perú, 232p.

INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil) (2011) – Plan de operaciones de emergencia para el Área Metropolitana de Lima y la Región del Callao – MML, Región Callao, INDECI, PNUD, ECHO, Lima, 328 p.

INEI (2009) – Mapa de pobreza provincial y distrital 2007. El enfoque de la pobreza monetaria – Dirección Técnica de Demografía e Indicadores Sociales, Lima, 250 p.

- Maskrey A., Romero G. (1986) – *Urbanización y vulnerabilidad sísmica en Lima Metropolitana* – PREDES Ediciones, Lima, 124 p.
- Matos Mar J. (1977) - *Las barriadas de Lima 1957* - Lima, Instituto de Estudios Peruanos, 2e edición, 294 p.
- Morales-Soto N., Zavala C. (2008) – Terremotos en el Litoral Central del Perú: ¿Podría ser Lima el escenario de un futuro desastre? - *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 25(2), p.217-224.
- Municipalidad Metropolitana de Lima -MML (2005a) - *Estrategia de Desarrollo Integral y reducción de la pobreza en Lima Metropolitana* - Proyecto « Construyamos Futuro » de la Municipalidad Metropolitana de Lima y el Banco Mundial, Lima, 213 p.
- Municipalidad Metropolitana de Lima -MML (2005b) – Plan de desarrollo integral de la Provincia de Lima 2005-2035 – Elaborado por el Programa de Gobierno Regional de Lima Metropolitana y la Municipalidad de Lima, 188 p.
- Municipalidad Metropolitana de Lima, Koninkrijk der Nederlanden, Nuffic, ITC, IMP (2008) – *Atlas ambiental de Lima* – Gráfica Biblos, Lima, 160 p.
- Oliver-Smith A. (1997) – El terremoto de 1746 de Lima: el modelo colonial, el desarrollo urbano y los peligros naturales – in Virginia García Acosta (coord.) *“Historia y desastres en América Latina”*, volumen II, La Red, México, p.102-124.
- Pérez-Mallaina Bueno P. E. (2001)- *Retrato de una ciudad en crisis. La sociedad limeña ante el movimiento sísmico de 1746* – Escuela de Estudios Hispano-Americanos, UCP, Sevilla, 478 p.
- PREDES (2009) - Diseño de escenario sobre el impacto de un sismo de gran magnitud en Lima Metropolitana y Callao, Perú – INDECI, COSUDE, PREDES, Lima, 95 p.
- Pulido N., Tavera H., Perfettini H., Chlieh M., Aguilar Z., Aoi S., Nakai S., Yamazaki F. (2011) – Estimation of slip scenarios for megathrust earthquakes: a case study for Peru – *4th IASPEI / IAEE International Symposium: “Effects of Surface Geology on Seismic Motion”*, August 23–26, 2011, University of California Santa Barbara.
- Riofrío G. (2004) - Pobreza y desarrollo urbano en el Perú - in *Las ciudades en el Perú*, Lima, Perú Hoy, Desco, p. 71-111.
- Robert J., D’Ercole R. (2009) - El sismo del 15 de agosto de 2007 en la Margen Izquierda del Río Rímac (Lima) - *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines*, 38 (3), p.515-526.
- Silgado E. (1978) - *Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú 1513-1974* - Sector Energía y Minas, Instituto de Geología y Minería, Boletín N°3 Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, 130p.
- Tavera H, Bernal I. (2005) – Distribución espacial de áreas de ruptura y lagunas sísmicas en el borde oeste del Perú – IGP, Volumen especial No 6 Alberto Giesecke Mato, Lima, p.89-102.
- UNDAC (2009) – Misión de preparación para la respuesta a desastres, Perú 2009 - Naciones Unidas, Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios, Equipo de Coordinación y Evaluación de Desastres, Misión UNDAC del 23 de marzo al 3 de abril 2009, 82 p.
- Walker C.F. (2008) – *Shaky Colonialism. The 1746 earthquake-tsunami in Lima, Peru and its long aftermath* – Duke University Press, United States, 260 p.
- Wyss, M., Trendafiloski, G., Rosset, P. & Wyss, B. (2009) - *Preliminary loss estimates for possible future earthquakes near Lima, Peru* - Geneva: WAPMERR. 65 p.