

Rapport Scientifique sur les activités menées par le LIA « Montessus de Ballore »

- 2012 -

Co-responsables : Gabriel Vargas (U-Chile, Géologie), Jaime Campos (U-Chile-Géophysique), Jean-Pierre Vilotte (IPGP), Christophe Vigny (ENS)

En 2012, les activités du LIA ont porté essentiellement sur l'exploitation des données acquises dans le cadre des interventions menées ces dernières années : les séismes de Tocopilla (2007) et Maule (2010) et leurs répliques. Les travaux de B. Soulé (*sociologue au CRIS de l'Université de Lyon, associé au LIA en 2010*) sur les crises de Puerto Aysen (2007) et Maule (2010) ont donné lieu à plusieurs publications. Un projet ANR (MEGA-Chile) a été construit et déposé avec succès, un financement à hauteur de 220 k€ a été obtenu pour la période 2013-2015. Une base des données GPS de campagne a été créée (cf doc en annexe). Par ailleurs, les discussions et réflexions sur la reconduction du LIA ont continué (cf doc en annex).

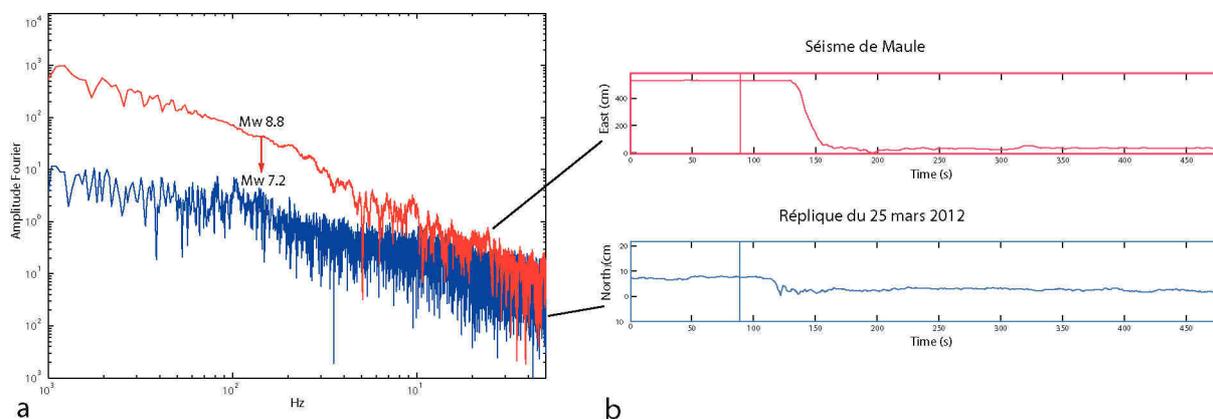
1. Développements méthodologiques

a) INSAR – Inter-sismique du petit nord du Chili (R. Grandin et M.-P. Doin)

Les développements méthodologiques réalisés dans le cadre de la thèse de G. Ducret ont permis d'aboutir à la réalisation d'interférogrammes InSAR dans deux régions qui ont été le lieu d'essais sismiques : Punitaqui (région de Coquimbo) en 1997 et Caldera (région de Copiapo) en 2006, et qui n'avaient pas pu être étudiées par ces méthodes auparavant. Ces développements permettent de « réparer » les erreurs de topographie dues à un relief extrêmement marqué, avec des zones côtières et des altitudes atteignant 7000 m (altitude maximale de la Cordillère des Andes), et de forts gradients, ce qui impacte également la troposphère et donc bruite et rend incohérent les interférogrammes standards. La difficulté est accentuée par le faible volume de données disponibles, ce qui impose la construction d'interférogrammes à grandes lignes de base, susceptibles d'être peu cohérents. Ce travail a permis de beaucoup diminuer les problèmes liés aux zones de recouvrement en les diminuant) et les problèmes liés aux erreurs de MNT (quantifiés par une diminution de la variabilité de la phase et du nombre de résidus lors du déroulement). Le déroulement de phase a également fait l'objet d'un développement particulier, en se basant sur la cohérence. Tout cela a permis de générer des interférogrammes permettant d'analyser la déformation de la laque supérieure durant et après les essais sismiques.

Sur la zone de Caldera, il a été possible de séparer les effets purement co-sismiques de la déformation post-sismique. L'étude de ses essais de sismicité proprement dite peut maintenant réellement commencer.

b) Motogrammes (C. Meyer / C. Vigny et R. Madariaga)



En travaillant sur les enregistrements à haute fréquence (1 Hz) du séisme de Maule, nous avons sensiblement amélioré la précision de ceux-ci. Cela permet de détecter des déplacements co-sismiques de 5 m à 50 km de l'épicentre jusqu'à 1 cm à plus de 800 km sur une fenêtre de 600 s. Nous avons montré que le contenu fréquentiel des motogrammes est exact, et qu'en champ relativement proche il était bel et bien possible de pointer les phases des ondes P et S dessus. Le GPS détecte mieux les déplacements lorsque les stations sont proches de la source. A l'inverse, si les stations sont très proches de l'épicentre (moins de 10 km), un problème de sous-échantillonnage peut avoir lieu. Le phénomène d'aliasing "replie" les fréquences supérieures à la fréquence de Nyquist sur les basses fréquences, ce qui détériore l'information. Ce phénomène a été évoqué pour souligner que l'échantillonnage à 1 Hz n'est pas un bon outil pour l'étude d'un séisme de magnitude de 6 à 7.4 à des stations très proches de l'épicentre (3 km), préconisant un échantillonnage supérieur à 10 Hz (Smalley, 2009). Néanmoins, à des distances intermédiaires, la terre joue le rôle d'un filtre passe-bas,

éliminant les hautes fréquences susceptibles d'être sous-échantillonnées. Dans le cas de la subduction, les stations ne sont jamais aussi proches de l'épicentre que dans le cas d'une faille crustale. On peut donc supposer que le phénomène d'aliasing est mineur pour toutes les stations chiliennes, probablement même en dessous de la résolution du GPS cinématique dans la plupart des cas. Par ailleurs, l'importance de l'aliasing dépend de où se situe le pic d'énergie du spectre des stations ; et dans le cas d'un séisme géant comme Maule, le pic d'énergie se déplace vers les basses fréquences.

c) Catalogue de sismicité (N. Poiata / C. Satriano)

Nous développons également des méthodologies adaptées pour l'analyse systématique de l'énorme masse de données que représentent les enregistrements de la sismicité post-Maule et du catalogue ainsi constitué. Il s'agit de développer les méthodes de détection, classification et localisation automatique des sources sismiques ; la difficulté essentielle étant de trouver les petits séismes dans la coda des plus gros. L'objectif est de construire le catalogue le plus précis possible, à partir des données Françaises, Caltech, et GFZ

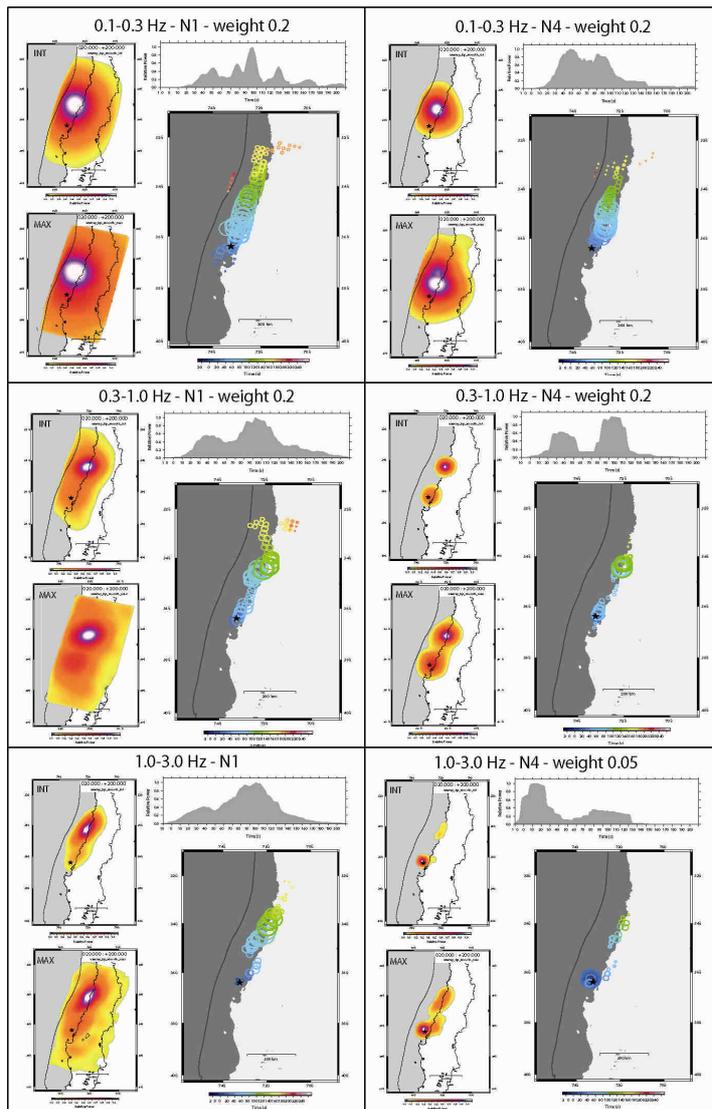
Ce catalogue fait apparaître un « kink » dans la géométrie du slab, très marqué au sud et très intéressant, car semblable à celui qui ressort des études post-sismiques à Tocopilla...

2. Etudes du séisme de Maule et ses répliques

a) Source du séisme de Maule : back-projection (E. Kiraly / C. Satriano et J.-P. Vilotte)

Pour la première fois des études de rétro-projection ont été réalisées sur le séisme de Maule. Il s'agit d'une technique relativement récente qui permet d'imager la source d'un séisme dans sa complexité. L'objectif est de rechercher les sources cohérentes de radiation d'ondes sismiques, dans l'espace et dans le temps sur une grille aux alentours de l'épicentre. L'avantage principal de cette technique est de ne requérir aucune connaissance à-priori au-delà de la position de cet épicentre ; comme par exemple la vitesse de propagation de la rupture. La « back-projection » est donc complètement indépendante des autres méthodes d'inversion et peut être utilisée en temps quasi-réel (Ishii et al ; 2005).

Avec le réseau utilisé (US-Array) qui se trouvait au centre des Etats-Unis, déployé du Canada au Mexique (soit de 60° à 90° environ de distance épicentrale, mais uniquement au Nord du Maule), il est possible d'étudier finement la propagation de la rupture vers le Nord. Des études sont en cours avec les données du réseau antarctique (polonet) afin d'étudier la partie sud de la rupture.

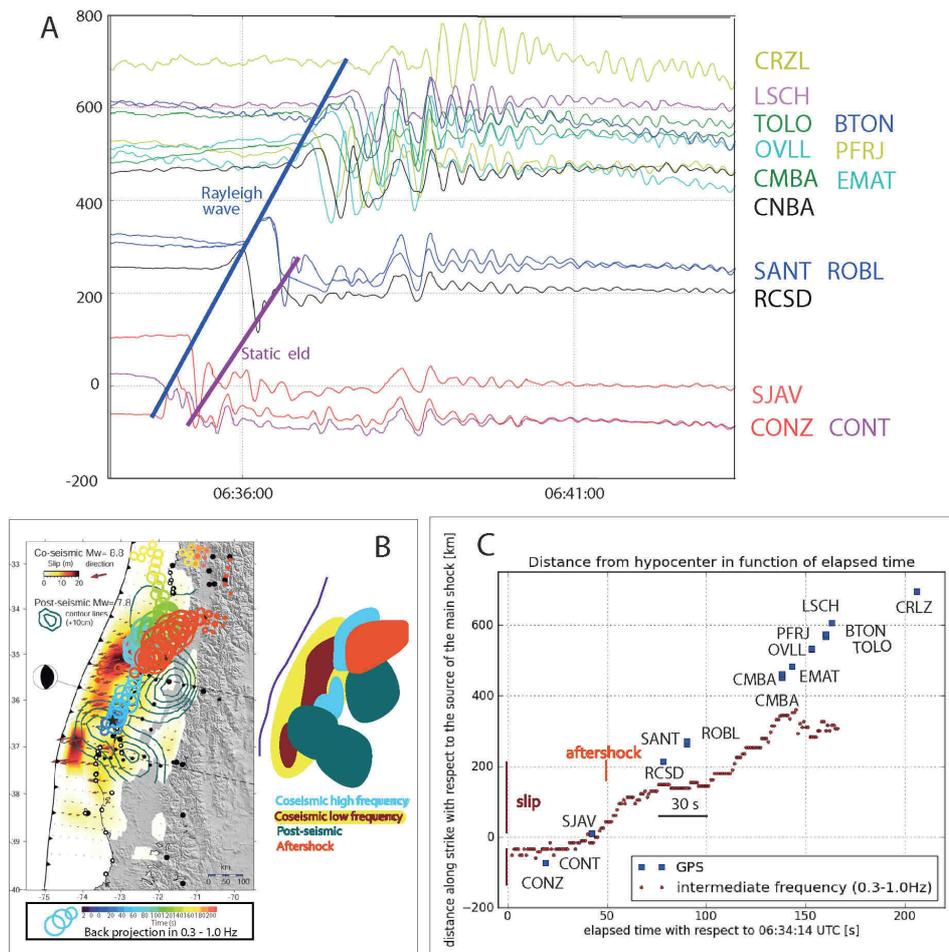


Coherent energy propagates essentially along strike, only slight variations are observed along dip. Northern part of the propagation is evident in each frequency band both with N1 and with N4 stacking. (N1 root stacking is applied to suppress spikes, glitches, noise and enhance seismic signal on the traces. N1 stacking gives the truest amplitudes but resolution is poorer. N4 stacking – sensible for phase information – suppresses noise efficiently, resolution is better but amplitude distortions are involved). On the other hand, southward propagation can be seen only in the intermediate and high frequency band. Even if N1 stacking images are generally noisier, southward propagation is more visible. In the same time, N4 stacking figures present two high radiation spots: one around the epicenter and one about 300km northern along the coast, but no clear evidences to southward motion are shown.

Low frequency band (top) presents one energy spot towards the north both in N1 and N4 stacking, since array has low resolution at that frequency band. In order to improve this resolution, array aperture should be widened. Resolution of intermediate and high frequency band (middle, bottom) is high enough to localize 2 separated coherent energy spots: one around the hypocenter, the other about 250km north from the epicenter. In these frequency bands, highest relative coherent energy burst is located at the northern patch generally, however N4 stacking of high frequency band locate it around the hypocenter.

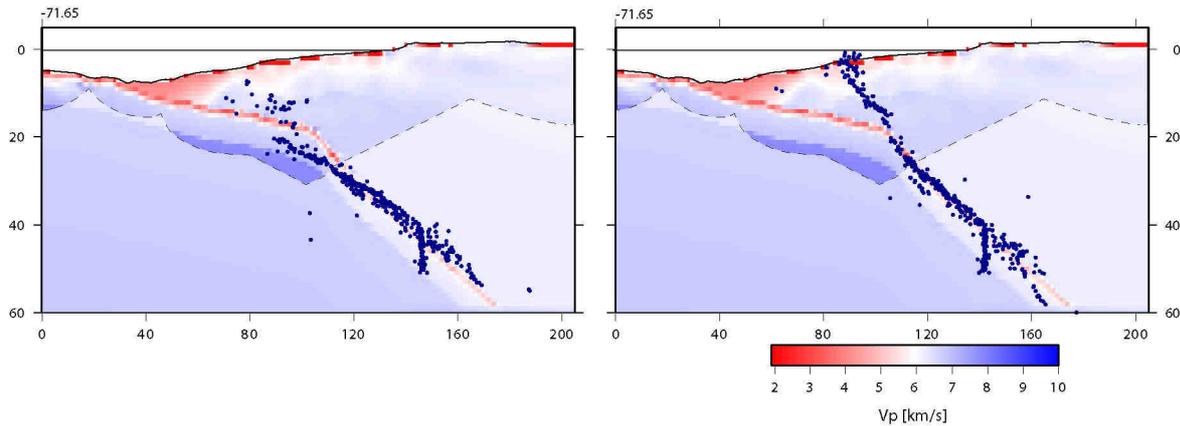
La comparaison de l'énergie radiée avec les déplacements géodésiques est particulièrement porteuse d'information. Les motogrammes (cGPS à 1 Hz) montrent des premières arrivées qui correspondent à une propagation à environ 3.7 km/s, représentative de la vitesse d'une onde de Rayleigh. Aux stations les plus proches de l'épicentre (< 350 km) environ 15 secondes après la première arrivée, le déplacement statique est installé. Au delà de 400 km, il n'y a pratiquement pas de champ statique (dans les motogrammes), ce qui suggère que la rupture s'est arrêtée.

La comparaison entre les temps d'arrivée aux stations cGPS (carrés bleus sur la figure C) et les maxima de radiation haute fréquence (entre 0.3-1 Hz, points rouges), montre que le front de rupture et les hautes fréquences sont ensemble pour les 70 premières secondes environ. Ensuite, le glissement se propage rapidement vers le Nord, alors que la radiation HF migre beaucoup plus lentement. Nous supposons que cela ne veut pas dire que la rupture n'émet plus de haute fréquence alors qu'elle continue de se propager, mais que la méthode de back-projection en détecte moins, c'est-à-dire que la source d'émission à haute fréquence devient moins cohérente. Cela dure 30S environ, (temps pendant lequel la rupture « tente » de rompre un patch fortement couplé et de grande taille ?) avant de repartir à la vitesse antérieure et de terminer avec une émission importante à haute fréquence dans la zone de terminaison de la rupture.



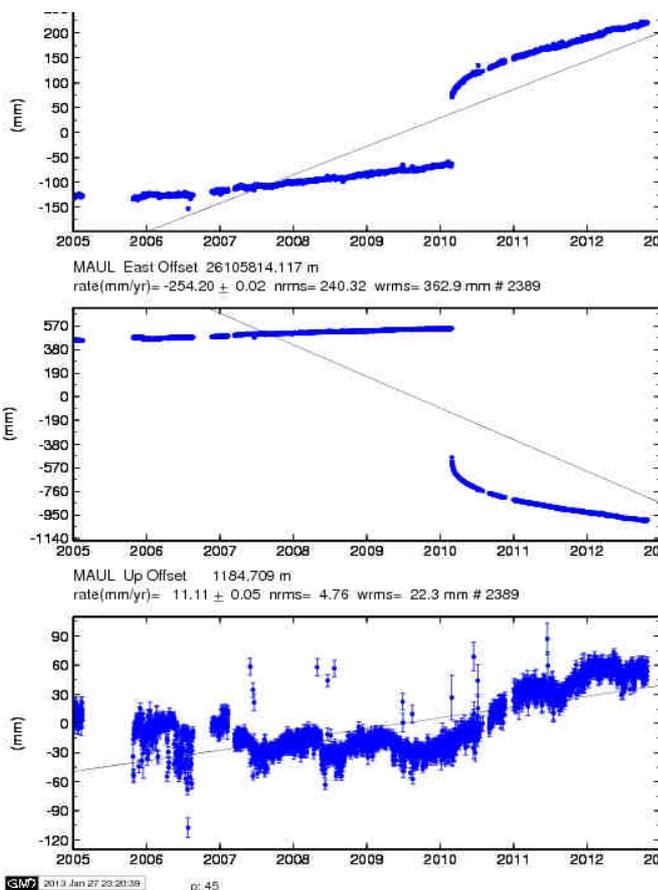
b) Répliques des séismes de Tocopilla et Maule (A. Fuensalida et R. Madariaga)

Le travail de relocalisation (pointage direct des phases sismiques dans les sismogrammes à la main de plus de 1000 séismes, utilisation de modèles de vitesse améliorés 1-D et 2-D, doubles-différences et cross-corrélations entre clusters de répliques, etc...) permet d'améliorer nettement la vision que l'on a des répliques. Celles-ci s'alignent sur des structures nettement plus fines que le « nuage » original : moins de 2km d'épaisseur dans le cas de Tocopilla. Cela montre bien que ce travail, hélas fastidieux, est encore nécessaire et apporte une vraie plus value. Un des résultats majeurs de ce travail, est que du coup, un changement de pendage du slab assez abrupt (un « kink ») apparaît aux alentours de 30 km de profondeur. Nous pensons que le séisme principal s'est produit en dessous de ce kink, tout comme la réplique de magnitude 6.4 du séisme de Maule qui s'est produit en face de la ville de Constitucion en mars 2012.



The aftershock distribution of the 2007 Tocopilla earthquake superimposed on the velocity model recently proposed by Contreras-Reyes et al. (2012) for the latitude 22°S. Our locations are centered on the Mejillones Peninsula. On the left we plot the aftershock locations obtained with a 1D layered velocity model proposed by Husen et al. (1999). On the right locations determined using the 2D model proposed by (Patzwahl et al. 1999). The velocity model proposed by Contreras-Reyes et al. (2012) is well defined above the dashed-line. The two aftershock distributions are very similar at depth, delineating the same planar zone situated near the top of the oceanic crust of the subducted Nazca plate. At shallower depths the locations differ significantly but we consider that these aftershocks were not well located because of the lack of ocean bottom instruments.

3. Modélisation du cycle sismique (E. Klein et L. Fleitout)



Les séries temporelles de déformations post-sismiques aux 3 séismes géants de la dernière décennie (Sumatra, Chili, Japon), mises à l'échelle du co-sismique, se superposent très bien. On s'attend donc à voir au Chili la même chose qu'à Sumatra, coin asthénosphérique à faible viscosité par exemple, et impossibilité d'expliquer les déformations en champ lointain par des modèles purement élastiques (qui ne prédisent pas la subsidence constatée). Toutes choses égales par ailleurs, la forme de la série temporelle dépend peu des caractéristiques du séisme (mécanisme, plan). Elle dépend essentiellement de la viscosité. Le fait qu'on ait, au Chili, des segments à divers stades du cycle est important et utile. C'est la géométrie et la rhéologie nécessaire au fit du post-sismique avant tout, qui permettra d'étudier l'inter-sismique comme un simple stade du cycle. A ce sujet la comparaison avec le Japon est très instructive puisque sur un cycle même long on n'arrive pas vraiment à une déformation stationnaire « inter-sismique » mais à une évolution constante de la

déformation entre deux séismes, y compris avec un changement de signe de la déformation verticale durant la période inter-sismique. Ce travail commence juste, mais les séries

temporelles des stations cGPS du LIA sont déjà calculées (pour une durée de presque 3 ans et disponibles). Elles montrent bien (comme à la station MAUL) une surrection très rapide de l'ordre de 3 cm/an à presque 300 km de la fosse, qui s'installe immédiatement après le séisme ; nous attendons de voir si la subsidence annoncée se produit sur les stations plus à l'intérieur en Argentine.

4. Analyse des crises socio-politiques associées aux événements d'Aysen (2007) et Maule (2010) (B. Soulé)

Sismologiquement parlant, les événements sismiques de Puerto Aysen en 2007 et Maule en 2010 sont de nature très différentes. Les magnitudes sont à peine commensurables, et le nombre de personnes impactées (morts, blessés, sans abris, ..) est sans rapport. Néanmoins, dans les deux cas, des Tsunamis destructeurs et mortels se sont produits, déclenchant après coup des crises socio-politiques liées à la perception par la population d'erreurs commises par les autorités dans la gestion des risques. Une analyse approfondie des mécanismes de prise de décision a été menée sur la base d'entretiens avec bon nombre des acteurs impliqués (victimes, sismologues, responsables gouvernementaux).

Le premier cas étudiés a pour théâtre le lointain sud Chili (11^e région administrative), en Patagonie. De fin décembre 2006 à avril 2007, une crise sismique, localisée dans la zone du fjord d'Aysen, s'est développée. Des centaines de petits tremblements de terre se sont produits, dont des dizaines étaient perceptibles par l'homme chaque jour. De plus en plus puissants en avril, ils ont atteint leur point d'orgue le 21 avril 2007, avec un séisme de magnitude 6,2. En soi peu remarquable au regard de la très forte sismicité du Chili, ce séisme a néanmoins généré de nombreux glissements de terrain, massifs pour certains, à l'origine d'un violent tsunami dans les eaux intérieures du fjord d'Aysen (des hauteurs de *run up* de 40 à 50 mètres furent *a posteriori* constatées). Une dizaine de personnes se trouvant alors sur les côtes du fjord a trouvé la mort, et les installations industrielles d'élevage de saumons, très denses dans cette région, ont été sévèrement touchées. Parallèlement à cette succession de secousses sismiques, une crise de teneur sociopolitique a pris racine dans la localité de Puerto Aysen (la plus importante de la zone impactée, avec environ 15000 habitants) et s'est étalée sur plusieurs mois. L'incertitude quant à ce qui se produisait sur le plan géologique a entraîné des débats et des interprétations divergentes au sein de la communauté scientifique. Parallèlement, une certaine anxiété s'est emparée de la population locale, et des controverses ont émergé autour des mesures à prendre pour se prémunir d'une éventuelle catastrophe. L'ambiguïté des explications disponibles et les critiques mutuelles ont pris suffisamment d'ampleur pour entraîner des divisions très fortes au sein de la communauté, faisant de ce cas un objet particulièrement intéressant à étudier sous un angle sociologique.

Le travail a consisté à analyser en détail le processus de prise de décision, afin de mieux comprendre les difficultés rencontrées et les vifs mécontentements générés par la gestion des risques en vigueur. En termes méthodologiques, l'analyse documentaire et les entretiens semi-directifs (32 personnes interviewées) ont été combinés. Les résultats bruts fournissent un tableau *a priori* complet des causes ayant contribué à l'émergence de cette crise sociopolitique :

- Diagnostics pluriels, contradictoires et changeants de la part des scientifiques et experts (entre interprétations tectoniques, volcaniques et mixtes) ; crédibilité amoindrie du fait de ces désaccords rendus publics ; image donnée de scientifiques et experts en compétition (notamment à travers leurs institutions d'appartenance : universités, service

- national géologique et minier, etc.) ; cacophonie génératrice d'un terrain propice à la controverse...
- Nouveauté du phénomène et manque de culture sismique dans cette région du Chili, accroissant le caractère « mystérieux » du phénomène en cours ; stimulation de l'imagination et des fantasmes au sein de la population (crainte récurrente, notamment, d'une violente éruption volcanique sous-marine) ; départs temporaires ou définitifs de la ville, service d'urgences et consultations psychologiques saturés en mars-avril...
 - Expérience limitée des situations d'urgence et de l'action coordonnée en pareil cas, du côté des institutions locales (services municipaux, brigade de pompiers, armée, marine, police, etc.)
 - Dissensions et clivages politiques de longue date, réactivés par l'existence d'un flou sur l'échelle appropriée de gestion de la situation (municipale, provinciale ou régionale ?) ; acteurs territoriaux incapables d'agir de concert, fonctionnement parallèle de deux comités s'ignorant mutuellement, l'un régional (officiel, fonctionnant de pair avec le pouvoir central et l'institution nationale en charge des situations d'urgence, reprochant au second son alarmisme excessif), l'autre municipal (dissident, tardivement reconnu, soupçonnant le pouvoir central de ne pas envisager le scénario du pire et de pratiquer une rétention de l'information)
 - Couverture médiatique fantaisiste, par incompréhension de certaines informations en provenance des scientifiques, et par catastrophisme (exploitation éditoriale, choix systématique des interprétations scientifiques les plus alarmantes) ; journalistes cependant plus audibles et jugés plus crédibles que les scientifiques à Puerto Aysen...

Le tableau dressé ci-dessus nécessite une mise en perspective. La forte insatisfaction locale relative à la façon dont la crise a été gérée a fait l'objet d'approfondissements. Elle a en partie pour origine la procédure de décision et d'information mise en place. De nombreux habitants de Puerto Aysen ont en fait eu l'impression d'être mis à l'écart et de ne pas peser sur le cours des événements, ce qui trahit des attentes non satisfaites en matière de participation, s'inscrivant dans la tendance plus large à rejeter la gestion des risques technocratique et centralisée. Cette tendance est d'autant plus marquée qu'un sentiment diffus d'exclusion caractérise les Chiliens du sud, particulièrement méfiants envers les informations rassurantes transmises par le gouvernement central et ses institutions. Après avoir été une capitale régionale florissante, jusqu'aux années 1970, la ville de Puerto Aysen a de surcroît connu un long déclin, ce qui accentue ce ressentiment. Un phénomène naturel, l'ensablement du lit du fleuve qui en avait fait un port majeur depuis les années 1920, explique la fin de cet âge d'or. L'impression d'abandon et d'isolement est ainsi très fortement enracinée localement, notamment depuis que le port a été transféré à Puerto Chacabuco et que c'est la ville voisine de Coyhaique, distante d'une cinquantaine de kilomètres, qui est devenue capitale régionale en 1976. La méfiance vis-à-vis des réponses centralisées, de teneur administrative et étatique, n'en est que plus forte, quand elle ne vire pas à la suspicion systématique.

Pour en revenir à la période de janvier à avril 2007, le comité dissident souhaitait, *a minima*, voir ses analyses et propositions prises en compte, se considérant comme le représentant le plus légitime des enjeux locaux et des intérêts des résidents. Avoir droit au chapitre, en tant que victimes potentielles du phénomène en cours, nécessitait à ses yeux une participation active à la procédure de gestion des risques mise en place conjointement par l'agence nationale en charge de l'urgence et les gouvernements provincial et régional. Être consulté et protagoniste, et pas uniquement spectateur de la gestion des risques, constituait un souhait ardent. Ces velléités de participation ont été fermement écartées par le comité officiellement en charge de la situation, qui s'en remettait aux seuls points de vue scientifiques pour décider sur un mode administratif de type *top down*. Le comité dissident a du coup clairement été court-circuité, voire objet de moqueries, car jugé excessivement alarmiste.

Paradoxalement, l'anticipation la plus fidèle de ce qui allait finalement se produire provient du comité dissident. Alors qu'aucun scientifique n'avait sérieusement évoqué la possibilité d'un tsunami déclenché par des glissements de terrain, le comité dissident a relaté des récits et écrits anciens faisant mention d'une situation analogue (réaction en chaîne séisme, glissement de terrain, tsunami) survenue en 1927, dans le même fjord, au terme d'une crise sismique longue de deux mois. Ces « lanceurs d'alerte » n'ont cependant jamais été pris au sérieux, malgré l'émission de courriers officiels, car un tel scénario n'était alors guère concevable aux yeux des scientifiques et décideurs. Ce ne sont pas tant les risques directs pour la population (la plupart des zones habitées sont éloignées des côtes du fjord et/ou naturellement protégées par des îles) que les dégâts importants susceptibles de survenir dans la partie basse de la ville de Puerto Aysen qui inquiétaient les locaux (notamment dans l'hypothèse d'une hausse subite du niveau du fleuve traversant la ville). Le comité dissident a du reste établi une carte très détaillée du risque d'inondation, basée sur des récits historiques faisant suite à une crue ayant fait date en 1966. Elle aussi sera balayée d'un revers de la main par le comité officiel...

Cet exemple constitue un cas d'école des limites inhérentes à une gestion des risques classique, centralisée, positiviste, basée sur la seule expertise scientifique et le *monitoring* des sites en temps réel. Il en résulte une « confiscation » de la décision, excluant les points de vue « profanes » ainsi que la mémoire des catastrophes passées. Ce qui est désormais exigé au sein des sociétés démocratiques, ce sont des procédures concertées d'analyse et de gestion des risques, intégrant les dimensions techniques, économiques, politiques et sociales (Charnley, 1999). Cela signifie qu'une procédure décisionnelle acceptable ne peut évacuer la participation sociale, laquelle doit toutefois être encadrée par des procédures adéquates la rendant effectivement productive d'effets positifs, tendant vers des compromis acceptables et l'atteinte d'un *modus vivendi*. Au-delà du simple accompagnement, il s'agit, *in fine*, de transformer le cheminement décisionnel, en « cassant » le triangle de fer de la prise de décision constitué par les autorités politiques, économiques et techniques. Tout dépend dès lors de la capacité des « profanes » à être reconnus et écoutés en tant qu'interlocuteurs sérieux et légitimes (Lascoumes 1999).

Site web / bases de données : le site WEB du LIA est consultable sur :
<http://www.lia-mdb.net>

La base des données cGPS est complétée quotidiennement au DGF, puis « mirrorée » (quotidiennement également) à l'ENS. Des calculs automatiques sont effectués à l'IPGP sur la partie Nord (A. Peltier) et à l'ENS (C. Vigny) sur la partie centre et Sud du réseau.

La base des données GPS de campagne (acquises au Chili par les équipes franco-chiliennes depuis 1991) a été créée. Une quarantaine de campagne (en 20 ans) a été recensée (cf doc en annexe).

5. **Echanges/visites/étudiants**: le LIA coordonne une activité scientifique basée sur des échanges, des visites et des séjours de plus ou moins longue durée d'étudiants et de chercheurs français et chiliens, au Chili ou en France.
1. Sergio Ruiz, thésard chilien, J. Campos au Chili – R. Madariaga en France
 2. Gianina Menesez, thésarde Chilienne, J. Campos au Chili – P. Bernard en France
 3. Jorge Jara, stage de master D. Carrizo et E. Contreras au Chili – A. Socquet en France

6. **Stages, Rapports et thèses**:

4 stages de master 2

1) **Clio Meyer**

“Motogrammes de stations GPS haute fréquence au cours du séisme Mw 8,8 de Maule du 27 Février 2010 au Chili”

Sous la co-direction de C. Vigny et R. Madariaga, ENS

2) **Eszter Kiraly**

“Broadband interferometry imaging of the rupture complexity of the Mw 8.8 2010, Maule and of the Mw 8.6 2012, Sumatra earthquakes”

Sous la co-direction de C. Satriano, J.-P. Vilotte et P. Bernard, IPGP

3) **Gaël Techer**

"Modèle géométrique et cinématique des Andes à la latitude de Santiago (Chili Central)",

Sous la co-direction de R. Armijo et R. Lacassin, IPGP

4) **Evangelia Batsi**

"Modelling of Coulomb stress change induced by the 2010 Maule earthquake, central Chile",

Sous la direction de A. Socquet, Isterre

4 thèses soutenues et/ou terminées en 2012

1) **Aurélie Coudurier**

“Evolution morpho-tectonique de la marge de subduction andine au Nord Chili”

Thèse IPGP, sous la co-direction de R. Armijo et R. Lacassin

Février 2012

2) **Sergio Ruiz**

“Kinematic and dynamic inversions of subduction Earthquakes using strong motion and cGPS data”

Thèse U. Chile - co-direction R. Madariaga, ENS, Soutenue en septembre 2012.

3) Marianne Métois

«Quantification du couplage au long de la subduction chilienne »

Thèse ENS/IPGP, sous la co-direction de C. Vigny et A. Socquet, soutenue en Décembre 2012

4) Gabriel Ducret

«Mesure de déformation par interférométrie radar : développements méthodologiques et applications à la subduction chilienne.»

Thèse ENS/IPGP, sous la direction de M.-P. Doin, soutenue en Janvier 2013

7. Communications à divers congrès et colloques

Les abstracts sont disponibles en ligne sur le site Web du LIA, à la rubrique «[publications] – [Talks and presentations]

Articles soumis/publiés

1. Large extensional aftershocks in the continental forearc triggered by the 2010 Maule earthquake, Chile,
Ryder, I., A. Rietbrock, K. Kelson, R. Bürgmann, M. Floyd, A. Socquet, C. Vigny, and D. Carrizo
Geophys. J. Int., doi: 10.1111/j.1365-246X.2011.05321.x, 2012
2. Toward understanding tectonic control on the Mw 8.8 2010 Maule Chile earthquake
Moreno, M., D. Melnick, M. Rosenau, J. Baez, J. Klotz, O. Oncken, A. Tassara, J. Chen, K. Bataille, M. Bevis, A. Socquet, C. Vigny, B. Brooks, I. Ryder, V. Grund, B. Smalley, D. Carrizo, M. Bartsch and H. Hase.
Earth and Planetary Science Letters, 321-322, pp 152-165 [doi:10.1016/j.epsl.201201.006], 2012.
3. Interseismic coupling, segmentation and mechanical behavior of the central Chile subduction zone
Métois, M., A. Socquet and C. Vigny
Journal of Geophysical Research, Vol. 117, B03406, [doi:10.1029/2011JB008736], 2012.
4. Short Period Rupture Process of the 2010 Mw 8.8 Maule Earthquake in Chile
Ruiz, S., R. Madariaga, M. Astroza, G. R. Saragoni, M. Lancieri, C. Vigny and J. Campos,
Earthquake Spectra, Vol 28, special issue 1, pp S1-S18, [doi 10.1193/1.4000039], 2012.
5. The 2007 M7.7 Tocopilla northern Chile earthquake sequence: Implications for along-strike and downdip rupture segmentation and megathrust frictional behavior
Schurr, B., G. Asch, M. Rosenau, R. Wang, O. Oncken, S. Barrientos, P. Salazar and J.-P. Vilotte
Journal of Geophys. Res., 117, B05305, [doi: 10.1029/2011JB009030], 2012
6. Aftershock seismicity of the 27 February 2010 Mw 8.8 Maule earthquake rupture zone
Lange, D., F. Tilmann, S. Barrientos, E. Contreras-Reyes, P. Methe, M. Moreno, B. Heit, H. Agurto, P. Bernard, J.-P. Vilotte and S. Beck
Earth and Planetary Science Letters, 317, pp 413-425, [doi: 10.1016/j.epsl.2011.11.034], 2012
7. The seismic coupling of subduction zones revisited
Scholz, C. and J. Campos
Journal of Geophys. Res., B05310, [doi: 10.1029/2011JB009003], 2012
8. Coupled seismic and socio-political crises: the case of Puerto Aysen in 2007
Soulé, B.
Journal of Risk Research, 15, 1, 21-37., 2012
-
9. Interpretation of interseismic deformations and the seismic cycle associated with large subduction earthquakes
Trubienko, O., L. Fleitout, J.-D. Garaud and C. Vigny
submitted to *Tectonophysics*, 2012
10. The Constitución earthquake of 25 March 2012: a large aftershock of the Maule earthquake near the bottom of the seismogenic zone
Ruiz, S., R. Grandin, V. Dionicio, C. Satriano, A. Fuenzalida, C. Vigny, E. Kiraly, C. Meyer, J.-C. Baez, S. Riquelme, R. Madariaga and J. Campos
Submitted to *EPSL*, 2012
11. Coseismic and Postseismic Slip Associated with the 2010 Maule Earthquake, Chile: Characterizing the Arauco Peninsula Barrier Effect
Lin, Y.N., A. Sladen, F. Ortega, M. Simons, J.P. Avouac, E.J. Fielding, B.A. Brooks, M. Bevis, J. Genrich, A. Rietbrock, C. Vigny, R. Smalley, A. Socquet
Submitted to *JGR*, 2012
12. Revisiting the North Chile seismic gap segmentation using GPS-derived interseismic coupling
Métois, M., A. Socquet, C. Vigny, D. Carrizo, S. Peyra, A. Delorme, E. Maureira, M.C. Valderas-Bermejo and I. Ortega
Submitted to *GJI*, 2012

13. Andean structural control on interseismic coupling in the North Chile subduction zone
Béjar-Pizarro, M., A. Socquet, R. ArmijoD. Carrizo, J. Genrich and M. Simons
Submitted to *Nature Geoscience*, 2012
14. Post-crisis Analysis of an ineffective Tsunami Alert: the Case of the 27 February 2010 Maule Earthquake (Chile)
Soulé, B.
submitted to *Disasters*, 2012

Annexe A – Bilan financier

DATE	N° Cde	FOURNISSEUR/AGENT	OBJET	TOTAL FACTURE €	commentaires
MISSIONS					
24/11/2011	4364	VIGNY	MISSION GPS AU CHILI	1 700,00 €	remboursée en 2012
10/05/2012	5739	FRAM	Billets Vigny Santiago	1 228,11 €	
25/05/2012	5826	FRAM	billets Nercessian Santiago	1 378,60 €	
29/05/2012	5827	FRAM	Billets Aissaoui Santiago	1 378,60 €	
31/05/2012	5842	FRAM	Billets Vigny Berlin	607,17 €	
03/06/2012	5830	M. METOIS	OM N° 1823	Mission Potsdam 03/06-05/06/12 Réunions LIA + LEA	664,25 €
04/06/2012	5841	C.VIGNY	OM N° 1825	Mission Potsdam 04/06-05/06/12 Réunions LIA + LEA	266,40 €
13/06/2012	5863	C.VIGNY	OM MN° 1833	Mission à Santiago 13/06-10/07/2012	3 323,53 €
22/06/2012	5973	AISSAOUI	FRAIS TERRAIN	Mission à Iquique 03/07-22/07/2012	1 252,97 €
03/07/2012	5843	AISSAOUI	OM N° 1826	Mission à Iquique 03/07-22/07/2012	4 771,46 €
03/07/2012	5844	NERCESSIAN	OM N° 1827	Mission à Iquique 03/07-22/07/2012	2 831,38 €
03/09/2012	6268	FRAM		Billets Santiago J.P.Vilotte	1 694,01 €
21/09/2012	6269	VILOTTE	OM N° 1982	Mission à Santiago 21/09-29/09/2012 Réunions LIA	722,48 €
26/10/2012	6732	FRAM		Billets Vigny Santiago	1 298,16 €
27/10/2012	6745	FRAM		Billets C.Rioux Santiago	1 298,16 €
19/11/2012	6854	C.RIOUX	OM N° 2192	Mission au Chili 19/11-05/12/2012	1 638,00 €
Sous-Total Missions				26 053,28 €	
AUTRES DEPENSES FONCTIONNEMENT					
16/01/2012	5548	The Sheridan Press		Frais de publication	1 535,20 €
18/05/2012	5781	Moguilny	Dep au comptant	Abonnement au domaine LIA	14,95 €
21/05/2012	5790	MHZ Wireless		fournitures de réseau	394,87 €
31/05/2012	5850	INMAC WSTORE		Netgear routeur	230,90 €
01/06/2012	5853	MHZ Wireless		Antenne panneau/cordon réseau	290,38 €
14/06/2012	5866	MHZ Wireless		Antenne panneau/connecteur	163,88 €
22/06/2012	5977	IPGP		Frais de communication CTR Chili	2 000,00 €
28/06/2012	6031	IPGP		Frais de communication CTR Chili	10 000,00 €
25/07/2012	6198	C.Vigny	Dep au comptant	Achat piles lithium + petites fournitures	145,40 €
11/10/2012	6547	INMAC WSTORE		Disque dur externe	167,91 €
26/10/2012	6840	MHZ Wireless		Antenne panneau	483,86 €
13/11/2012	6857	IPGP		Frais de communication CTR Chili	11 256,00 €
Sous total dépenses fonctionnement				26 683,35 €	
TOTAL DES DEPENSES 2012				52 736,63 €	

Version 3 - Vigny+ corrections Métois & Ruegg du 04-Avril-2013 + questions 09 Avril + info tel Ruegg 17 Avril

Annexe B – recensement des campagnes GPS conduites par les équipes franco-chiliennes

Lieu	Année	Période	Durée	Participants	Nb point:	Financement
Nord Chili	1991	Mars	20j	Ruegg/Armijo/Briole/Lyon-Caen/Arancibia/Thiele+Ortlieb/Chang+étudiants	~30 pts	INSU_Sernageomin/IPG
Nord Chili	1992	Oct	20j	Ruegg/Armijo/Briole/Lyon-Caen/Arancibia/Ortlieb/+étudiants	~45 pts	INSU_Sernageomin/IPG
Nord Chili	1994	Dec	6j	Ruegg/Serrurier/Armijo/Brefort/Vera	6 pts	INSU/IPGP ?
Antofagasta	1995	Aout	15j	Ruegg/Rossignol/Serrurier/Campos/Ortlieb	~10 pts	INSU_intervention
Antofagasta	1995	Nov	7j	Ruegg/Armijo/Serrurier/JA/	~10 pts	INSU_intervention?
Nord Chili	1996	Nov	20j	Ruegg/deChabaliere/Farra/Feigl/Campos/Arancibia/Araya/Orsoni + étudiants	15 pts	INSU_intervention+ATP
Maule	1996	Dec	12j	Ruegg/deChabaliere/Campos/Barrientos/Monfret/Dimitrov	32 pts	INSU+contrat Europe Mad.
Nord Chili	1999	Sept	6j	deChabaliere/Olcay/Lazo		INSU/IPGP?
Maule	1999	Mars	15j	Ruegg/deChabaliere/Clévéde/Dimitrov + étudiant	23 pts	INSU+contrat Europe Mad.
Nord Chili	2000	Avril	20j	Ruegg/deChabaliere/Chlieh/Bouin/Lazo/Olcay/Farra	~40 pts	INSU
Maule	2002	Mars	20j	Vigny/Rudloff/Madariaga/Ruegg/Lyoncaen/Sladen/Clévéde/Dimitrov/Alvarez/Ruiz	45 pts	PNRN - Vigny
Iquique	2002	juillet	5j	Bonvalot/Gabalda (post sismique chusmiza)	~5 pts	IRD
Maule	2003	Avril	3j	Rudloff	1 pts	PICS – Chili + ACI catnat
Maule	2004	Avril	2j	Rudloff/Vigny	3 pts	PICS – Chili + ACI catnat
Coquimbo	2004	Avril/Mai	20j	Vigny/Rudloff/Madariaga/Ruegg/Gardi/Alvarez/Rault	28 pts	PICS – Chili + ACI catnat
Antofagasta	2004	Mai	8j	Carrizo (faillie atacames)	6 pts	UCN
Coquimbo	2004	Dec	13j	Vigny/Rudloff/Toledo/Alvarez/etudiant1/étudiant2	28 pts	PICS – Chili + ACI catnat
Coquimbo	2005	Mai	13j	Vigny/Cubas/Rudloff/Madariaga/Alvarez	29 pts	PICS – Chili + ACI catnat
Iquique	2005	Juin/juillet	8j	DeChabaliere (post-sismique Tarapaca)	19 pts	IPGP
Coquimbo	2005	Dec	15j	Vigny/Ruegg/Alvarez/Toledo	28 pts	PICS – Chili + ACI catnat
Coquimbo	2006	Avril	14j	Vigny/Peyrat/Lasserre/Leyton/Alvarez	31 pts	ANR SUB-Chile
Coquimbo	2006	Nov	20j	Vigny/Ruegg/Leyton	32 pts	ANR SUB-Chile
Coquimbo	2007	Avril/Mai	15j	Vigny/Clouard/Rolandone	34 pts	ANR SUB-Chile
Tocopilla	2007	Oct		Bejar/Carrizo/Bermejo/Ortega	21 pts	LIA+?
Coquimbo	2007	Dec	15j	Vigny/Menesez/Bermejo	34 pts	ANR SUB-Chile
Coquimbo	2008	Avril/Mai	15j	Vigny	34 pts	LIA
Tocopilla	2008	Juin	10j	Carrizo/Vigny	21 pts	LIA+proj. Carrizo
Coquimbo+Nord-Chili	2008	Nov/Dec	30j	Bejar/Carrizo/Delorme/Vigny/Socquet	71 pts	ANR SUB-Chile
Coquimbo	2009	Mai	10j	Vigny	19 pts	LIA+ANR SUB-Chile
Coquimbo	2009	Dec	18j	Delorme/Métois/Vigny	51 pts	LIA+ANR SUB-Chile
Maule	2010	Mars	15j	Bondoux/Carrizo/Métois/Morvan/Pavez/Socquet/Vigny	37 pts	LIA+MAE-intervention
Coquimbo+Nord-Chili	2010	Mai/Juin	33j	Lancieri/Métois/Peyrat/Socquet/Vigny	117 pts	LIA+
Coquimbo	2010	Nov	17j	Métois/Socquet/Vigny/Honore	53 pts	LIA+Vigny
Nord-Chili	2011	Mai/Juin	33j	Métois/Vigny	65 pts	LIA
Coquimbo	2011	Nov	22j	Vigny	47 pts	LIA
Nord-Chili	2012	Avril	21j	Carrizo/Métois/Peyrat/Socquet/Delorme	75 pts	IPGP+ANR Mad.+prj Socq
Copiapo	2012	Juin	21j	Vigny	30 pts	LIA+Vigny
Coquimbo	2012	Nov/Dec	15j	Vigny/Rioux	34 pts	LIA
Atacama	2013	Avril/Mai	20j	Vigny/Métois/Delorme/Klein		ANR Mega-Chile

Annexe C – Document résumant la proposition de reconduction du LIA

0. le LIA a bien fonctionné pendant 4 ans (voir compte rendus annuels et points 1 et 2 de l'évaluation du LIA par le comité scientifique de fin 2011).
1. de l'avis général des participants, le LIA doit être reconduit.
2. la proposition est de le reconduire à peu près dans le même format, en tenant compte des recommandations émises par le comité :
 - a. la thématique principale du LIA est et demeure l'étude de la sismotectonique de la subduction Chilienne. Le LIA (et les laboratoires signataires de la convention, nominalement l'U-Chili, l'IPG-P et le laboratoire de Géologie de l'ENS) est et demeure l'opérateur des réseaux de stations sismologiques et géodésiques déployés au Chili. Le LIA a vocation à élargir son périmètre scientifique à i) l'étude des Tsunamis ii) l'étude de la fosse de subduction aux moyens de la géophysique marine iii) l'étude de l'activité volcanique ; en ceci que ces phénomènes sont reliés à la subduction. Des chercheurs compétents sur ces thématiques seront approchés et invités à participer au travail scientifique du LIA.
 - b. La convention de création du LIA est reconduite entre les mêmes parties qu'initialement. Nominalemeⁿt l'**Université du Chili**, agissant pour le compte des départements de Géophysique et de Géologie, le **CNRS** agissant pour le compte des UMR 7154 (IPGP) et 8538 (Geologie-ENS), l'**IPG** agissant pour le compte de l'UMR 7154 et l'**ENS** agissant pour le compte de l'UMR8538.
 - c. Le LIA adopte une direction réduite : un chilien (Jaime Campos), un français (Christophe Vigny), et s'appuiera sur un comité de direction pour son pilotage.
3. Un certain nombre de chercheurs français et chiliens, n'appartenant pas aux laboratoires signataires de la convention, sont d'ors et déjà associés à l'activité scientifique du LIA. Ils seront conviés aux diverses réunions et workshops, invités à participer aux réunions scientifiques et aux projets de recherche menés dans le cadre du LIA. Ces chercheurs, sont :
 - a. Pour la partie Française, dans le périmètre UMR CNRS/Universités/IRD :
 - i. Luis Rivera, sismologue, EOST-Strasbourg
 - ii. Sophie Peyrat, sismologue, Geosciences-Montpellier
 - iii. Anne Socquet, géodésienne, Isterre-Grenoble
 - iv. Tony Monfret, sismologue, Geoazur-Nice
 - v. Bertrand Delouis, sismologue, Geoazur-Nice
 - vi. Sylvain Bonvalot, gravimétricien, OMP-Toulouse
 - vii. Bastien Soulé, Sociologue, CRIS-Univ Lyon
 - viii. ...
 - b. Pour la partie Chilienne :
 - i. Daniel Carrizo, Advanced Mining Technology Center de l'Université du Chili
 - ii. Andres Tassara, U-Concepcion
 - iii. Juan-Carlos Baez, U-Concepcion
 - iv. ...
4. l'IRD a connaissance et soutient l'initiative LIA Franco-Chilien. Il n'est pas à ce stade, signataire de la convention, mais soutient la participation de chercheurs franco/chiliens appartenant à des structures dont l'IRD est co-tutelle et peut fournir un cadre de soutien, par exemple sous la forme de missions de longues durées aux chercheurs du LIA candidats à ces missions.

Explications :

2. signataires de la reconduction de la convention

- ne pas multiplier les signataires de la convention permet d'espérer y parvenir dans un temps pas trop long.
- signent les tutelles des laboratoires historiques (IPGP, ENS), très impliqués dans le fonctionnement des réseaux, et qui fournissent ce soutien en moyens humains (ingénieurs et techniciens) et financiers (équipement) dont le LIA ne dispose pas en propre.

3. chercheurs associés à titre individuel

malgré la restriction des signatures à un petit nombre de tutelles (pour des raisons essentiellement opérationnelles donc), le LIA se veut une structure ouverte et accueillante.

4. soutien de l'IRD

L'IRD est très impliqué dans la création d'un LMI Equateur/Pérou. Il connaît et soutient le LIA franco-chilien, peut et souhaite sans doute y participer dans un format souple, mais ne souhaite pas forcément en prendre la co-tutelle. Ce point est évidemment révisable si l'IRD exprime une position différente, son souhait d'être co-tutelle du LIA, et sa volonté de signer la convention.