



**HAL**  
open science

## **Que nous apprennent les bases de données sur les désastres associés aux séismes ? Réflexions géographique et géohistorique sur la ville d'Esmeraldas (Équateur)**

Patrick Pigeon, Julien Rebotier

### **► To cite this version:**

Patrick Pigeon, Julien Rebotier. Que nous apprennent les bases de données sur les désastres associés aux séismes ? Réflexions géographique et géohistorique sur la ville d'Esmeraldas (Équateur). *Physio-Géo - Géographie Physique et Environnement*, 2019, 14, pp.113-146. <10.4000/physio-geo.9036>. <halshs-02394875>

**HAL Id: halshs-02394875**

**<https://shs.hal.science/halshs-02394875v1>**

Submitted on 5 Dec 2019

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.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No Derivative Works - International License



**Physio-Géo**

Géographie physique et environnement

Volume 14 | 2019

Spécial 2019

---

## Que nous apprennent les bases de données sur les désastres associés aux séismes ? Réflexions géographiques et géohistoriques sur la ville d'Esmeraldas (Équateur)

*What do we learn from databases on earthquake-related disasters? Geographical and geohistorical assessment of the city of Esmeraldas (Ecuador)*

Patrick Pigeon et Julien Rebotier

---



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/physio-geo/9036>

ISBN : 978-2-8218-0427-2

ISSN : 1958-573X

### Éditeur

Claude Martin

### Édition imprimée

Pagination : 113-146

### Référence électronique

Patrick Pigeon et Julien Rebotier, « Que nous apprennent les bases de données sur les désastres associés aux séismes ? Réflexions géographiques et géohistoriques sur la ville d'Esmeraldas (Équateur) », *Physio-Géo* [En ligne], Volume 14 | 2019, mis en ligne le 04 décembre 2019, consulté le 04 décembre 2019. URL : <http://journals.openedition.org/physio-geo/9036>

---



Les contenus de *Physio-Géo - Géographie Physique et Environnement* sont mis à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

## QUE NOUS APPRENNENT LES BASES DE DONNÉES SUR LES DÉSASTRES ASSOCIÉS AUX SÉISMES ? RÉFLEXIONS GÉOGRAPHIQUE ET GÉOHISTORIQUE SUR LA VILLE D'ESMERALDAS (ÉQUATEUR)

Patrick PIGEON <sup>(1)</sup> et Julien REBOTIER <sup>(2)</sup>

(1) : Université de Savoie-Mont-Blanc, Laboratoire EDYTEM - UMR 5204, Bâtiment "Pôle Montagne", Campus scientifique, 73376 LE BOURGET-DU-LAC cedex. Courriel : patrick.pigeon@univ-savoie.fr

(2) : Laboratoire LISST - UMR 5193, Maison de la Recherche, 5 allées Antonio Machado, 31058 TOULOUSE cedex 9. Courriel : julien.rebotier@cnrs.fr

**RÉSUMÉ :** Les bases de données sur les séismes et les désastres qui leur sont liés sur la ville d'Esmeraldas sont lacunaires et/ou peu cohérentes. Le constat surprend d'autant plus que le territoire d'étude est fortement exposé (sur la marge active de type Pacifique) et présente des enjeux nationaux stratégiques (aujourd'hui liés au pétrole). La lecture critique de ces bases à partir d'archives sur la ville et la province d'Esmeraldas confirme en partie l'hétérogénéité des informations, même sur des séismes désastreux ou/et récents (comme 1906 ou 1979). Mais elle permet aussi de nuancer l'interprétation classique qui convoque les densités faibles ou l'absence d'enjeux significatifs à Esmeraldas pour expliquer la précarité de l'information. D'autres effets de cadrage opèrent dans la production, la diffusion et l'utilisation des informations sur Esmeraldas. Ils pèsent aussi sur l'interprétation géophysique de la marge continentale, présentée comme atypique. Les bases de données apprennent ainsi plus sur le territoire d'étude que sur les séismes eux-mêmes et les désastres associés. Le travail montre l'apport géographique et géohistorique, ainsi que l'intérêt et les limites des démarches interdisciplinaires pour la compréhension et la prévention des désastres.

**MOTS-CLÉS :** désastres, bases de données, séismes, marge continentale active, ville d'Esmeraldas, Équateur.

**ABSTRACT :** What do we learn from databases on earthquake-related disasters? Geographical and geohistorical assessment of the city of Esmeraldas (Ecuador)

As for the city of Esmeraldas, earthquake-related disasters databases are found limited and poorly consistent. This is all the more surprising that exposure is very high on the active Ecuador-Colombia margin, and strategic oil-related assets stand in or close to the city. A critical reading of those databases in the light of historical archives on the city and the province of Esmeraldas confirms how limited the information available is, even regarding major events (like in 1906 or 1979). Yet it also draws attention on the limitations the current understanding of this disturbing situation meets. Low density and limited critical assets exposed cannot fully explain it. Root causes do apply in producing, sharing and using information on Esmeraldas. They also frame part of geophysical interpretations related to the atypical Esmeraldas segment of the active Pacific margin. By shading light on such root causes, databases on disasters give more information on the specificities of the studied area, than they inform us on earthquakes by themselves. The paper shows the contribution of geography and geohistory to the broader understanding and management of seismic risks, as well as the many challenges any interdisciplinary approach meets.

**KEY-WORDS :** disasters, databases, earthquakes, active continental margin, City of Esmeraldas, Ecuador.

*En hommage à Jean-René VANNEY, maître à penser en géomorphologie, notamment sous-marine, et géographe avant tout.*

## I - INTRODUCTION

La ville d'Esmeraldas, capitale de la province du même nom, en Équateur, se situe sur la côte nord du pays, à quelques dizaines de kilomètres de la Colombie (Fig. 1). Elle est particulièrement exposée aux séismes et aux tsunamis parfois associés du fait de sa localisation sur la marge continentale active de type Pacifique (G. BOILLOT, 1979 ; L. LLIBOUTRY, 1982 ; J.R. VANNEY, 1977). De surcroît, la ville d'Esmeraldas compte des enjeux nationaux majeurs. C'est là que se trouvent la plus grande raffinerie ainsi que le seul point d'exportation de pétrole brut du pays. Le séisme de Pedernales, d'une magnitude ( $M_w$ ) 7,8 survenu le 16 avril 2016 sur le littoral équatorien, a souligné l'intérêt de considérer le risque sismique sur l'ensemble de la côte. Compte tenu des enjeux stratégiques qui s'y trouvent, Esmeraldas a fait l'objet d'une attention particulière de la part d'un groupe pluridisciplinaire de chercheurs dans le cadre du programme franco-équatorien REMAKE (Risque sismique en Équateur : réduction, anticipation, connaissance des séismes – ANR-15-CE04-0004).

De fait, outre celui de 2016, 4 autres séismes ont dépassé  $M_w$  7 à proximité d'Esmeraldas depuis 1900 (31 janvier 1906 : entre 8,4 et 8,8 ; 14 mai 1942 : 7,8 ; 19 janvier 1958 : 7,8 ; 12 décembre 1979 : 8,1). C'est ce que présente le catalogue sismique de l'Institut Géophysique de l'École Polytechnique Nationale de Quito (IG), base de données sismiques de référence établie aux fins de la recherche en géophysique. Pour reconstituer les caractéristiques physiques des séismes dans les périodes pré-instrumentales et mieux connaître les niveaux de menace, la documentation des dommages ou des effets des séismes passés (A. GIESECKE *et al.*, 2004) constitue une source d'information capitale (différente, par exemple, de la paléosismologie : S. MIGEON *et al.*, 2017). Dans la région, la Colombie fait figure de pionnière dans le domaine (A. ESPINOSA BAQUERO, 2003 ; J.E. RAMIREZ, 1975). En Équateur, des efforts similaires ont permis à l'équipe de l'observatoire astronomique de Quito de constituer un premier catalogue sismique pour le pays à l'occasion de l'année géophysique internationale (C. MOLINA SERRANO, 1959). Le relai institutionnel de l'IG et certaines personnes clés, comme J. EGRED (2009), ont contribué à donner sa forme actuelle au catalogue sismique de l'Équateur.

Mais d'autres bases de dommages associés aux séismes que celle de J. EGRED (2009) existent. On pense aux bases DesInventar, EM-DAT, ou encore à un travail plus spécifique au terrain d'étude, coordonné par R. D'ERCOLE et T. SERRANO (2003). Or une comparaison entre elles de ces bases de données portant sur les dommages, et avec le catalogue sismique de l'IG, démontre une série de problèmes (lacunes, incohérences, distorsions de l'information) qui incitent à davantage de réflexion.

De surcroît, les problèmes concernant les bases de données s'étendent à d'autres corpus d'archives portant sur l'historique des séismes majeurs et leurs dommages associés. Malgré la magnitude du séisme de 1906 survenu près d'Esmeraldas, un des séismes les plus puissants et potentiellement destructeurs jamais enregistrés à la surface de la planète, c'est la très faible quantité de témoignages de dommages concernant la ville même d'Esmeraldas qui ressort de la littérature (E. SCHEU, 1911 ; C. MOLINA SERRANO, 1959 ; M. ESPINOSA APOLO, 2000 ; J.C. SINGAUCHO ARMAS, 2009 ; B. CERON SOLARTE, 2015 ; B. NEVAREZ MENDOZA, 2015). Et compte tenu de l'activité sismique au XX<sup>ème</sup> siècle, on s'étonne plus largement de la faiblesse des informations sismiques associées à cette marge continentale de type Pacifique pour la période antérieure à 1906 (S.P. NISHENKO, 1991, p. 19).



**Figure 1 - Esmeraldas, une province frontalière de la Colombie, une ville du littoral septentrional équatorien.**

Source du fond de carte : <https://www.naturalearthdata.com/>.

Ce bilan est précieux pour les géophysiciens, car il contribue à une partie de leurs analyses et de leurs interprétations, en particulier pour les périodes antérieures au XX<sup>ème</sup> siècle, avant que soit disponible l'information associée à l'instrumentation. Il contribue à amener une partie de la recherche en géophysique à défendre que ce secteur littoral ne correspond pas, depuis 1906, à ce que prédisent la loi de GUTENBERG-RICHTER et la théorie du gap sismique (J.M. NOCQUET *et al.*, 2017). S'interroger sur les anomalies des bases de données a donc aussi des incidences, même partielles, sur l'historique des séismes.

Les anomalies repérées entre les bases soulèvent donc deux interrogations concernant le littoral pacifique équatorien, et particulièrement la province d'Esmeraldas, associée à la ville

éponyme. Pourquoi les informations des bases de données existantes sur les désastres liés aux séismes sont-elles aussi problématiques (peu nombreuses, peu cohérentes, lacunaires) ? Et comment expliquer ces problèmes dans et entre des bases de données différentes, mais qui concernent le même secteur, alors que l'activité sismique s'avère très importante ?

De telles interrogations sur les archives qui concernent les dommages associés aux séismes intéressent une démarche de géohistoire à deux titres au moins (N. JACOB-ROUSSEAU, 2009 ; N. MESCHINET de RICHEMOND, 2012). En premier lieu, le travail sur les archives et leur meilleure compréhension en fonction de leur contexte permet de produire une connaissance complémentaire au travail de géosciences, s'inscrivant avec profit dans une démarche scientifique interdisciplinaire autour du risque sismique. Ce travail est mené à partir d'archives et de monographies historiques sur la ville et la province d'Esmeraldas, ainsi que des principaux journaux de l'Équateur.

Mais plus largement, le travail sur les archives aide à documenter les dynamiques et la structuration des territoires au fil du temps. En cela, nous retrouvons un mandat de la géohistoire qui consiste à se pencher sur les rapports entre "*l'évolution des milieux naturels* [ou du moins leur connaissance] *et l'évolution des sociétés humaines*" dans leurs articulations multi-scalaires, spatiales et temporelles (M. FRANCHOMME *et al.*, 2014). La compréhension de la conformation du territoire (ici d'Esmeraldas) sur un temps plus long contribue à donner du sens, par la mise en contexte spatiale et temporelle, à la production de connaissances et de témoignages de dommages, mais aussi, le cas échéant, à la façon dont le risque sismique à Esmeraldas est aujourd'hui étudié.

Sans prétendre que les trajectoires passées déterminent seules et directement les situations présentes, nous mobilisons une approche compréhensive, contextuelle et dynamique d'un territoire qui permet d'exploiter des informations et archives disponibles, mais qui s'avère aussi indispensable à la compréhension de la fabrique des risques et de leur gestion. En cela, la démarche de géohistoire rejoint l'approche territoriale des risques à travers l'attention portée au poids du contexte (P. PIGEON, 2005 ; J. REBOTIER, 2012). L'approche territoriale témoigne également d'un "*fort ancrage méthodologique au sein des sciences sociales*" (J. REBOTIER, 2015, p. 158) et d'une forme de transversalité prometteuse pour la recherche interdisciplinaire sur les risques de désastres.

Dans cette perspective de recherche, on pose l'hypothèse que les incohérences et lacunes des bases de données nous apprennent au moins autant sur les choix politiques de constituer, structurer et conserver (ou pas) l'information sur les dommages (et à différentes époques) que sur les séismes qui les expliquent en partie. La présente contribution discute en ce sens quelques enjeux et défis liés à la contextualisation des sources, notamment dans le cadre d'un travail interdisciplinaire de connaissance des séismes mené au sein du programme ANR-REMAKE.

Nous proposons une réflexion en quatre étapes. Dans la première partie, il s'agit de présenter les bases de données consultées et de procéder à une première comparaison de ces bases à partir d'une sélection de séismes qui ont concerné Esmeraldas. La deuxième partie permet de vérifier les limites des bases, puis de les croiser avec d'autres sources, confirmant les problèmes constatés sur les archives qui concernent Esmeraldas. La troisième partie est consacrée aux explications possibles, mais problématiques, des limites concernant les bases de données disponibles. Il s'avère qu'une explication de prime abord convaincante (peu d'enjeux, donc peu de témoignages de dommages) présente une connotation fréquemment

discriminante, voire franchement raciste (C. MONTEVERDE GRANADOS, 1993 ; J.P. TARDIEU, 2006), et fortement tautologique (on ne trouverait rien parce qu'il n'y aurait rien à trouver), appelant la critique. La dernière partie est l'occasion de revenir sur l'importance de la contextualisation des données comme des trajectoires du territoire d'étude, dans le temps mais aussi dans l'espace national (symbolique, économique, politique, *etc.*). Cette partie plus réflexive impose d'interroger la notion de marginalité. Si cette dernière est incontournable pour qualifier, à plusieurs titres, la ville d'Esmeraldas, elle ne suffit pas à elle seule à expliquer la fabrique multidimensionnelle des risques.

## II - DES BASES DE DONNÉES SUR ESMERALDAS AUSSI IMPORTANTES QUE PROBLÉMATIQUES

Il existe de très nombreux travaux de recherche concernant les bases de données sur les désastres. Ils ont été en partie menés au sein de programmes internationaux (S. MENONI et C. MARGOTTINI en dressent une synthèse en 2011, notamment dans le cadre du programme européen FP7 scenario). Tous démontrent à la fois l'intérêt mais aussi les nombreuses limites que connaissent ces bases de données. À un point tel que, pour T. MITCHELL *et al.* (2014), *"l'évaluation des fréquences de désastres s'apparente plus à un art qu'à une science"*. R. D'ERCOLE *et al.* (2009) avaient déjà mentionné *"les imperfections des bases de données et l'effort nécessaire du chercheur pour aboutir à des interprétations qui soient les plus justes possibles"*.

Les deux jugements s'appliquent particulièrement bien aux bases de données sismiques concernant tant la province que la ville d'Esmeraldas. Ils justifient d'autant plus la nécessité de comparer ces bases pour espérer atteindre un bilan historiquement le plus fidèle possible des dommages économiques et humains concernant la ville d'Esmeraldas. Nous avons donc dressé un inventaire des informations qui existent dans quatre bases de données (Tab. I) : les catalogues EM-DAT, DesInventar et de l'IG, auxquels nous joignons un bilan historique des dommages économiques et humains dédié à la province et à la ville d'Esmeraldas (R. D'ERCOLE et T. SERRANO, 2003). Nous avons également présenté les chronologies propres à chacune de ces bases (Fig. 2).

### 1 ) Présentation des bases de données principales sur les désastres et les séismes

#### a. EM-DAT et DesInventar, des bases complémentaires aux limites révélatrices

La base EM-DAT (<http://www.emdat.be/database>) définit les désastres en fonction d'une approche comparative mondiale et à partir de critères simples, comme le fait de trouver au moins 10 morts et/ou 100 sinistrés ou de devoir recourir à une aide extérieure. Ces critères ne correspondent pas assez aux besoins de la prévention des risques de désastres à l'échelle plus locale et urbaine (J. LOPEZ-PELAEZ et P. PIGEON, 2011 ; S. MENONI et C. MARGOTTINI, 2011). Une autre base, DesInventar (<https://www.desinventar.org/>), a précisément été développée pour affiner l'information sur les désastres et en compenser ces limites localement (R. D'ERCOLE *et al.*, 2009). Elle permet d'identifier les "petits désastres", suivant une notion que défend J. LOPEZ (2008) et que reprend notamment le *Global Assessment Report* (UNISDR, 2015). Par définition, les "petits désastres" sont de fréquence supérieure à celle des désastres de plus forte intensité de dommages, plus rares, inventoriés par EM-DAT (P. PIGEON et J. REBOTIER, 2016).



Tableau I - Suite.

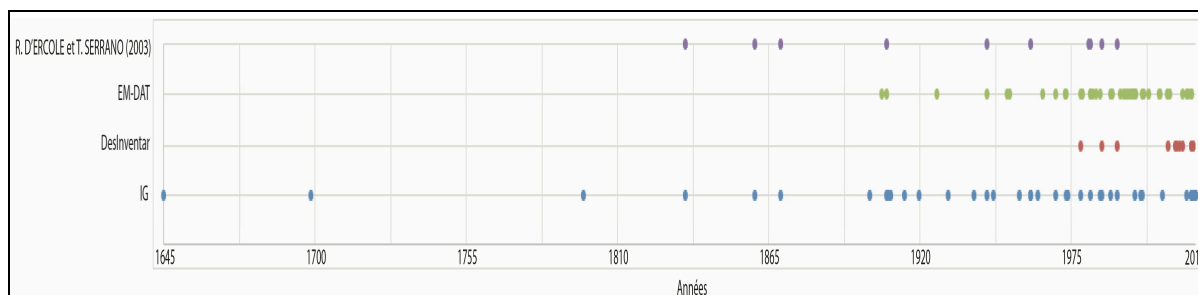
Catalogue de l'IG (Esmeraldas)					DesInventar (Esmeraldas)		EM-DAT Equateur (Equ.) Colombie (Col.)			D'Ercole et Serrano, 2003 (Esmeraldas)	
Date	Requête	Latitude	Longitude	Mw	Date	# data cards	Date	Pays	Mw	Date	Commentaires
03/10/1995	4	S 2.77	W 78.00	7							
							28/03/1996	Equ.	5.7		
28/10/1997	4	S 4.36	W 76.60	7.2							
04/08/1998	4	S 0.50	W 80.66	7.1			04/08/1998	Equ.	7.1		
							25/01/1999	Col.	6		
							08/11/2000	Col.	6		
							18/08/2004	Col.	5.3		
							15/11/2004	Col.	7.2		
26/09/2005	4	S 5.72	W 76.41	7.5							
							10/09/2007	Col.	6.8		
					10/12/2007	1					
							24/05/2008	Col.	5.9		
					12/08/2010	1					
					22/09/2010	1					
					25/10/2010	1					
					25/11/2010	3					
					08/02/2012	4					
					09/02/2013	1	09/02/2013	Col.	6.9		
							13/08/2014	Equ.	5.1		
11/09/2014	3	N 0.94	W 78.48	6							
							10/03/2015	Col.	6.6		
					16/04/2016	39	16/04/2016	Equ.	7.8		
17/04/2016	4	N 0.31	W 80.12	7.8							
20/04/2016	3	N 0.78	W 80.46	6.4							
22/04/2016	3	S 0.18	W 80.77	6.2							
22/04/2016	3	S 0.18	W 80.88	6							
18/05/2016	3	N 0.43	W 80.01	6.7	18/05/2016	6	18/05/2016	Equ.	6.8		
18/05/2016	3	N 0.47	W 79.82	6.9							
					10/07/2016	1					
11/07/2016	3	N 0.59	W 79.77	6.2							
					29/09/2016	1					
					30/09/2016	1					
12/12/2016	1	N 1.00	W 79.95	5.1							
19/12/2016	1	N 0.93	W 79.84	5.8	12/12/2016	3					
20/12/2016	1	N 0.96	W 79.85	5.1	19/12/2016	5					
21/12/2016	1	N 0.96	W 79.82	5.1							
31/01/2017	1	N 0.74	W 79.77	5.7							
01/07/2017	3	S 0.15	W 80.85	6.3							
11/07/2017	1	N 0.76	W 79.75	5.5							
19/10/2017	1	N 1.15	W 79.68	5							
03/12/2017	3	S 0.49	W 80.39	6.2							

L'extrait du catalogue de l'IG suit des requêtes centrées sur Esmeraldas et couvrant la période 1541-2017. Elles sont détaillées plus bas (Tab. II).

L'extrait d'EM-DAT correspond à la requête "séisme" dans la liste de désastres, appliquée à l'Équateur et à la Colombie sur la période 1900-2017. Pour la Colombie, seuls les désastres concernant potentiellement Esmeraldas ont été retenus (créé le 22 mai 2018, EM-DAT : The Emergency Events Database – Université Catholique de Louvain (UCL) – CRED, D. GUHA-SAPIR – [www.emdat.be](http://www.emdat.be), Bruxelles, Belgique).

L'extrait de DesInventar répond à la requête "séisme" dans le champ "type de cause" et/ou "type d'événement" dans la province d'Esmeraldas sur la période 1970-2017.

Les événements mentionnés par R. D'ERCOLE et T. SERRANO (2003) à Esmeraldas sont pour l'essentiel tirés de DNDC (1997). Ils figurent à titre complémentaire.



**Figure 2 - Distribution chronologique des séismes et désastres recensés dans les quatre bases.**

Les points bleus correspondent aux séismes recensés dans le catalogue de l'IG, les points rouges aux désastres recensés dans la base DesInventar, les points verts à ceux recensés dans la base EM-DAT et les points violets aux événements mentionnés dans le travail de R. D'ERCOLE et T. SERRANO (2003).

Dans le cas présent, nous savons que la ville d'Esmeraldas a connu plusieurs séismes supérieurs à  $M_w$  7 au cours du XX<sup>ème</sup> siècle. Pourtant, la base DesInventar n'apporte pas plus d'informations qu'EM-DAT (Tab. I ; Fig. 2), contrairement à ce qui a pu être observé par exemple à Medellín, en Colombie voisine (J. LOPEZ-PELAEZ et P. PIGEON, 2011). Le bilan des désastres pour Esmeraldas, tel que reconstitué à partir des principales bases de données existantes, fait très vite question. Dans de telles conditions, il peut être utile de comparer l'information que contiennent ces bases de données sur les désastres avec celles qui figurent dans le catalogue de l'IG sur les séismes.

### **b. La mise au point d'un catalogue sismique en Équateur**

Le catalogue de l'IG référence des informations sur les séismes (comme les caractéristiques physiques ou la localisation) survenus en Équateur depuis 1541. Il est constitué de deux bases de données complémentaires. L'une concerne la période 1541-2011 et l'autre, plus contemporaine, débute en 2012. Cette structure, qui peut sembler étonnante, reflète un travail d'homogénéisation des données effectué jusqu'en 2011 mais encore en cours pour la période postérieure, ce qui justifie la dualité du catalogue.

Pour pallier le manque d'information instrumentale sur les séismes passés, des méthodes permettent, sous certaines conditions, de déduire des caractéristiques physiques des séismes à partir des intensités de dommages évaluées grâce aux archives. Il s'agit de méthodes qui utilisent le calibrage statistique entre magnitude et intensité macrosismique (D. FÄH *et al.*, 2003 ; R. AZZARO *et al.*, 2011). En ce sens, les géophysiciens ont pu reconstituer certains événements majeurs entre 1587 et 1996 dans la cordillère équatorienne (C. BEAUVAL *et al.*, 2010). Le projet d'étendre ces recherches menées par plusieurs équipes de géophysiciens aux séismes intervenus sur la côte laissait entrevoir la possibilité de compter sur un document couvrant l'ensemble du pays. Mais pour mener à bien un tel travail, il faut pouvoir disposer de plusieurs témoignages vécus lors des désastres, suffisamment précis, bien localisés et permettant d'évaluer les intensités, ce qui n'est pas le cas sur la côte. La réalisation d'un catalogue sismique pour l'Équateur, synthèse homogénéisée de différentes sources, reflète clairement l'asymétrie des témoignages de dommages disponibles entre la côte et la cordillère (C. BEAUVAL *et al.*, 2013, p. 775). Le plus ancien point d'intensité confirmé et rapporté pour la côte équatorienne correspondrait à un événement de 1896 (J. EGRED, 2009), mais pour lequel trop d'imprécision subsiste encore (C. BEAUVAL *et al.*, 2013, p. 779 et 784).

On devine alors que les imprécisions se multiplient en passant de l'échelle nationale à l'échelle locale, autrement dit en se concentrant sur Esmeraldas et sa région.

## 2 ) Une méthodologie pour sélectionner des séismes potentiellement dommageables à Esmeraldas

À partir du catalogue sismique de l'IG (dont la composition en deux bases explique le format de certaines requêtes), nous avons opéré plusieurs sélections des séismes qui ont concerné (ou auraient pu concerner) la ville d'Esmeraldas. Il était envisageable d'identifier les événements répertoriés dont la localisation correspond à Esmeraldas et ses alentours. Mais des séismes puissants répertoriés plus loin d'Esmeraldas, et qui pourtant concernent la ville, mais sans y avoir provoqué des dommages fortement répertoriés (comme en 1906), échapperaient alors à la sélection. Ce même séisme, estimé à  $M_w$  8,8, démontre qu'il n'existe pas de relations causales simples entre magnitude du séisme, distance de la zone de rupture et intensité des dommages. Nous posons néanmoins l'hypothèse, même grossière, que plus le séisme est éloigné dans le temps et l'espace, plus il doit être de forte magnitude pour que les dommages associés soient remarquables. Nous pouvons trouver une défense partielle de cette hypothèse dans des schémas qui présentent les relations attendues entre distance à la faille, magnitude et intensité des dommages (R. MADARIAGA et G. PERRIER, 1991, p. 176). Nous avons donc opté pour des sélections multiples, dans les deux bases du catalogue de l'IG, modulées en fonction de la distance à Esmeraldas, dans l'espace et le temps. À chaque requête effectuée dans la base de données, correspond un nombre de séismes retenus dans le catalogue de l'IG (Tab. II).

**Tableau II - Résultats des requêtes opérées sur le catalogue de l'IG et centrées sur Esmeraldas.**

<i>Requête</i>	<i>Magnitude <math>M_w</math></i>	<i>Période</i>	<i>Distance à Esmeraldas</i>	<i>Nombre de séismes sélectionnés</i>
<b>1</b>	$5 \leq M_w < 6$	Après le 16 avril 2016	$\leq 40$ km	7
<b>2</b>	$6 \leq M_w < 7$	Avant 2012	$\leq 100$ km	9
<b>3</b>	$6 \leq M_w < 7$	A partir de 2012	$\leq 200$ km	9
<b>4</b>	$\geq 7 M_w$	Depuis 1541	$\leq 1000$ km	29

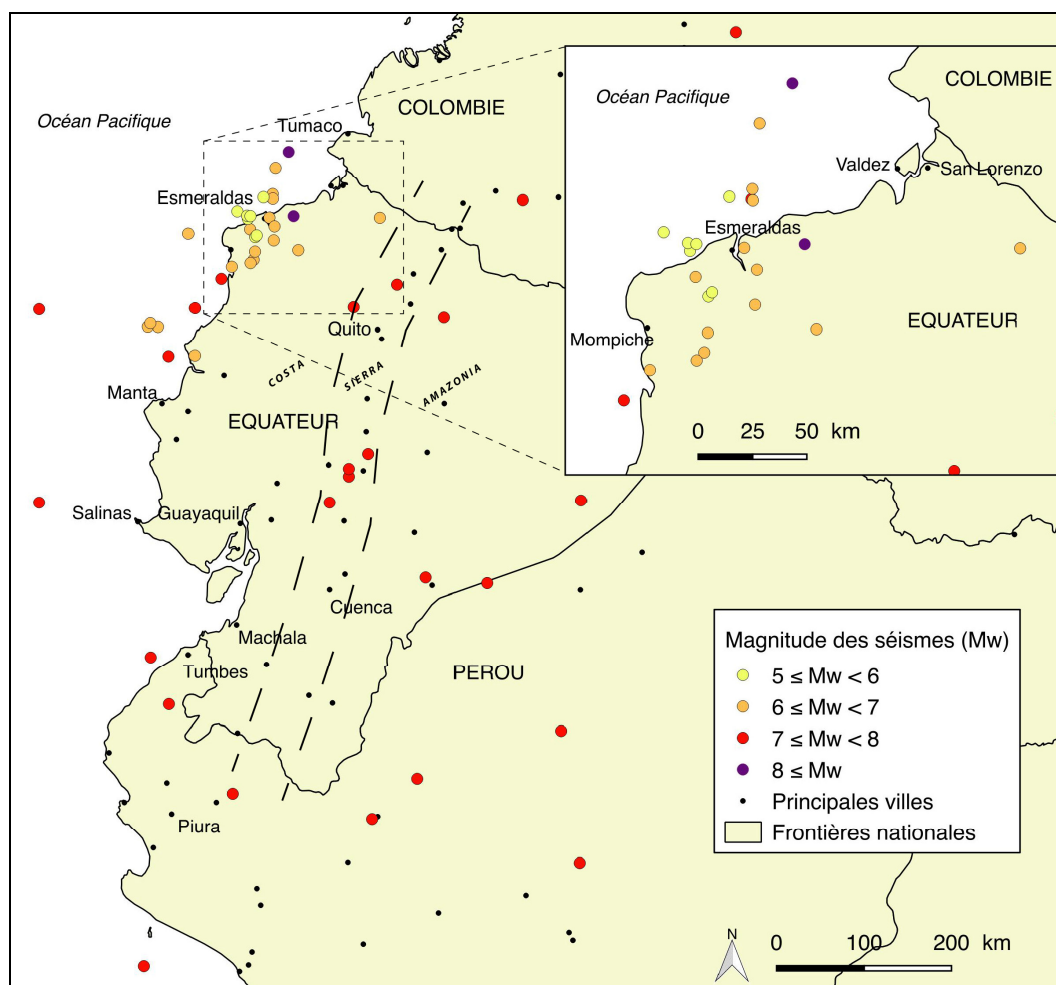
- Requête 1 : séismes supérieurs ou égaux à  $M_w$  5 et inférieurs à  $M_w$  6, postérieurs au séisme destructeur du 16 avril 2016 et survenus dans un rayon de 40 km autour d'Esmeraldas. Malgré leur faible magnitude, ces séismes interviennent près d'Esmeraldas et après un événement majeur susceptible d'accroître la sensibilité aux dommages, même moindres. Le choix du seuil de 40 kilomètres prend en compte les relations statistiques que cherchent à établir les géophysiciens entre distance à la faille, magnitude et intensité des séismes (R. MADARIAGA et G. PERRIER, 1991, p. 176).

- Requête 2 (effectuée sur la base consolidée) : séismes supérieurs ou égaux à  $M_w$  6 et inférieurs à  $M_w$  7, survenus avant 2012 et dans un rayon de 100 km autour d'Esmeraldas. Des magnitudes plus importantes peuvent entraîner endommagement et/ou déclaration de dommages, même si la zone de rupture est plus éloignée d'Esmeraldas.

- Requête 3 (effectuée sur la base la plus récente) : séismes supérieurs ou égaux à  $M_w$  6 et inférieurs à  $M_w$  7, survenus à partir de 2012 et dans un rayon de 200 km autour d'Esmeraldas. Cette requête suit la même logique que la précédente, mais en agrandit le rayon de sélection afin de ne pas négliger des événements potentiellement documentés. À magnitude égale, et suivant l'hypothèse initiale de distance (d'espace et de temps) qui module la sélection, la sensibilité aux événements plus récents est potentiellement supérieure, ce qui amène à considérer des événements plus éloignés.

- Requête 4 (effectuée sur les deux bases) : séismes supérieurs ou égaux à  $M_w$  7, survenus depuis le début des relevés du catalogue de l'IG, dans un rayon de 1000 km autour d'Esmeraldas. Des séismes d'une telle puissance (deux dépassent  $M_w$  8 : 1906 et 1979) peuvent potentiellement être documentés à Esmeraldas même s'ils se produisent à plusieurs centaines de kilomètres de la ville.

Il en ressort une sélection de 54 événements survenus entre 1645 et 2017 (voir Tab. I), localisés par rapport à Esmeraldas (Fig. 3) et susceptibles d'y avoir provoqué des dommages.



**Figure 3 - Localisation et magnitude des 54 séismes tirés du catalogue de l'IG.**

Sources : pour le fond de carte, <https://www.naturalearthdata.com/>, et pour les données, catalogue sismique de L'IG : <http://www.igepn.edu.ec/>.

### 3 ) Premier examen critique des bases de séismes et de dommages

#### a. Retour sur la sélection de séismes tirée du catalogue de l'IG

En premier lieu, des événements à la genèse différente sont ici rassemblés : des séismes survenus sur le littoral, dans la zone de subduction ; d'autres dans la cordillère, moins directement liés à la subduction associée à la marge continentale ; et d'autres enfin considérés comme "intra-plaques", dans la partie amazonienne (Fig. 3).

En second lieu, on relève l'extrême faiblesse des informations portant sur les séismes majeurs survenus sur le littoral et associés à la marge continentale de type Pacifique pour la période antérieure à 1906 (voir Tab. I et Fig. 2), à la différence de la période suivant 1906. Ce bilan post-1906 est vérifié par l'instrumentation depuis le début du XX<sup>ème</sup> siècle. Il amène une partie de la recherche en géophysique à s'interroger sur la théorie du gap sismique un temps

au moins convoquée pour comprendre la sismicité de ce secteur (S.P. NISHENKO, 1991, p. 199). Or, si la répartition statistique apparente des séismes semble conforme avant 1906, elle ne l'est aucunement après cette date (où l'on retrouve 5 séismes majeurs). De fait, la loi de GUTENBERG-RICHTER, sur laquelle se fonde la théorie du gap, appartient au groupe des lois puissance (P. BAK, 1999, p. 140) et décrit une relation statistique inverse entre les fréquences et les magnitudes des séismes. Plus les séismes sont de magnitude élevée, plus leur fréquence et donc leur probabilité d'occurrence sont faibles (C. LANGLOIS, 2007). La loi ne s'applique clairement pas à la distribution statistique des séismes observée depuis l'événement de 1906 sur ce segment. Comme le résumet J.M. NOCQUET *et al.* (2017) : *"Les modèles sismique admettent d'habitude que la probabilité d'occurrence d'un séisme puissant ( $7 < M < 8$ ) dans les décennies qui suivent un séisme majeur ( $M \geq 8.5$ ) est localement réduite, du fait du temps requis pour la recharge de la faille en énergie. Comme plusieurs segments de la subduction ont maintenant connu un séisme majeur, la leçon tirée de la zone de subduction colombo-équatorienne est qu'un séisme majeur peut aussi avoir l'effet inverse qui consiste à initier une phase de nombreuses occurrences sismiques, avec des événements puissants intervenant plus fréquemment que durant les siècles précédant le séisme majeur"*.

Un bilan similaire est défendu par les recherches de C. BEAUVAL *et al.* (2018), toujours pour la période postérieure à 1906, attirant plus encore l'attention sur le secteur d'Esmeraldas : *"La variabilité de l'estimation de la menace dans la zone source de l'interface d'Esmeraldas montre que des modèles plus complexes que celui de la loi de récurrence de GUTENBERG-RICHTER doivent être considérés pour prédire l'occurrence de séismes dans cette zone"*. Grâce aux données tirées de l'événement majeur d'avril 2016 sur la côte, J.M. NOCQUET *et al.* (2017) proposent même une interprétation de la sismicité de ce segment alternative à la théorie du gap sismique au moyen de la notion de "super-cycles".

## **b. Des incohérences liées aux structures des bases... mais pas seulement**

Le premier élément qui ressort du rapprochement des bases disponibles est la distorsion entre les informations. Elle est certes attendue, puisque ces bases ne portent ni strictement sur les mêmes objets (séismes pour le catalogue de l'IG, désastres pour les autres bases) ni sur les mêmes pas de temps (depuis 1541 pour le catalogue de l'IG, depuis 1900 pour EM-DAT, depuis 1970 pour DesInventar) et ne s'appuient pas non plus sur une définition identique d'un désastre. Cela étant, selon la synthèse de J.C. SINGAUCHO ARMAS (2009), qui s'appuie sur le travail de J. EGRED (2009) pour l'estimation des intensités (le catalogue de l'IG étant ici la principale source), sur 36 désastres historiques répertoriés en Équateur avec destruction massive de bâtiments (intensités supérieures à VIII MSK), 4 concernent Esmeraldas. Ils sont associés aux séismes des 31 janvier 1906, 14 mai 1942, 19 janvier 1958 et 9 avril 1976 au moment de la publication de J. EGRED (2009) (celui de 1942 est associé à la province de Manabí, mais concerne aussi Esmeraldas). On remarque que l'échantillon des "grands désastres" associés aux séismes diffère entre le catalogue de l'IG / J.C. SINGAUCHO ARMAS (2009) et la base EM-DAT, qui omet l'épisode de 1958 (voir Tab. I). Ce dernier n'est référencé ni en Équateur ni en Colombie. Que des séismes de telles magnitudes ne figurent pas dans les bases surprend grandement, d'autant que l'on s'attend à trouver des intensités de dommages élevées et donc remarquables.

Un autre élément est le caractère approximatif et/ou lacunaire des informations, même pour des événements majeurs. Malgré l'évaluation de  $M_w$  8,8 qui fait du séisme du 31 janvier 1906 l'un des plus puissants et potentiellement destructeurs jamais enregistrés au monde, on est frappé par les différences d'évaluation. En effet, la base EM-DAT signale pour ce jour un événement  $M_w$  7 référencé sur "la côte d'Esmeraldas" et un autre à  $M_w$  8,9 référencé à "Tumako", en Colombie, à une centaine de kilomètres d'Esmeraldas (voir Fig. 1 et Tab. I).

Quant au travail de R. D'ERCOLE et T. SERRANO (2003, p. 6), c'est un événement  $M_w$  8,1 ou 8,2 qui est rapporté. Il s'agit pourtant du même séisme. Outre l'évaluation de la magnitude ( $M_w$ ), de nombreuses différences concernent aussi les reports de désastres. C'est notamment le cas pour celui de 1942, malgré une intensité évaluée à VIII MSK à Esmeraldas (J. EGRED, 2009). EM-DAT se réfère vaguement à la province du Guayas et ne mentionne pas la ville d'Esmeraldas pour l'événement répertorié cette année-là. Pourtant, R. D'ERCOLE et T. SERRANO précisent que "*Muisne* [à moins de 60 km d'Esmeraldas] *est en ruine*" (Tab. I). Mais ils ne donnent pas plus d'éléments concernant la ville d'Esmeraldas. La courte compilation d'événements qu'ils rapportent illustre au passage les écueils récurrents des bases de données quant à la qualité de l'information ponctuelle. L'événement indiqué au 9 avril 1979 d'une intensité VII à VIII MSK semble être celui du 9 avril 1976, l'erreur probable venant de la source originale (DNDC, 1997) ou du report de la date (voir Tab. I). Il est enfin étonnant de trouver une information plutôt discrète sur l'épisode de décembre 1979, dans les bases de données principales. Même si le séisme de 1979 semble être intervenu pour l'essentiel en Colombie (P. ARREAGA VARGAS, 2004), R. D'ERCOLE et T. SERRANO (2003) mentionnent de "*graves destructions*" à Esmeraldas. Malgré cela, le travail sur les intensités de J. EGRED (2009) ne pointe pas l'épisode de 1979 pour la partie équatorienne, et EM-DAT référence l'événement en Colombie, ajoutant le poids des frontières nationales aux difficultés des reports de dommages.

Des interrogations naissent donc autour de la (relativement) forte et atypique fréquence de séismes supérieurs à  $M_w$  7 à partir de 1906, mais aussi autour de l'effet de rupture qu'introduirait le séisme majeur de 1906. Ce regard qui croise plusieurs bases de données sur les désastres associés aux séismes, en particulier autour d'Esmeraldas, dégage une information existante, mais peu cohérente, souvent approximative et dispersée, sinon lacunaire ou partielle, et dans tous les cas hétérogène et inégalement fiable. Les biais méthodologiques entre et au sein des bases ne suffisent pas à expliquer ces travers. Or les informations historiques sont précieuses pour l'interprétation des géophysiciens. Il convient alors d'évaluer l'information de façon critique en la confrontant à d'autres sources et en l'articulant aux dynamiques de peuplement, dans une démarche de géographie impliquant un regard de géohistoire.

### III - VÉRIFIER ET CROISER LES NOMBREUSES LIMITES DES BASES DE DONNÉES

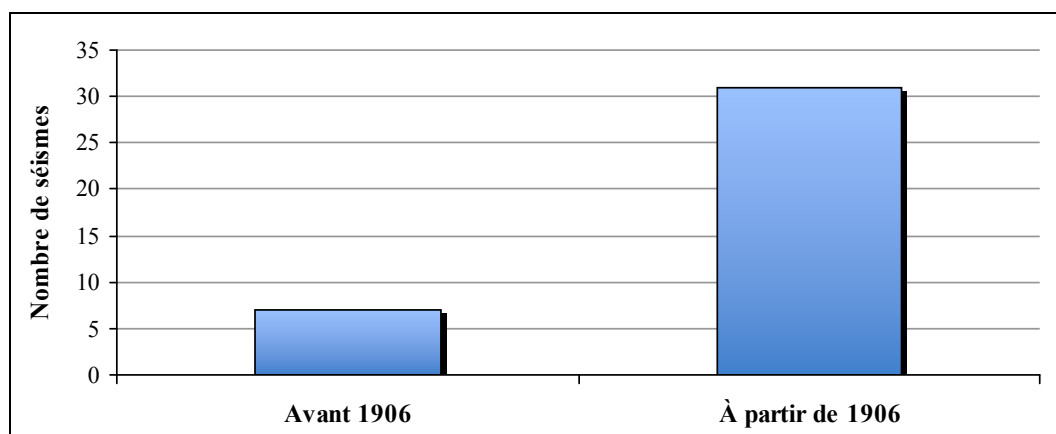
Nombre des travers pointés pour les bases de données consultées se retrouvent dans de nombreuses sources alternatives. Ils amènent à mettre en doute plus généralement les explications dominantes justifiant les limites et l'hétérogénéité des informations qui concernent les désastres associés aux séismes autour d'Esmeraldas.

#### 1) Reconsidérer certains attendus concernant les bases de données

##### a. Une augmentation supposée de la quantité d'information collectée avec le temps

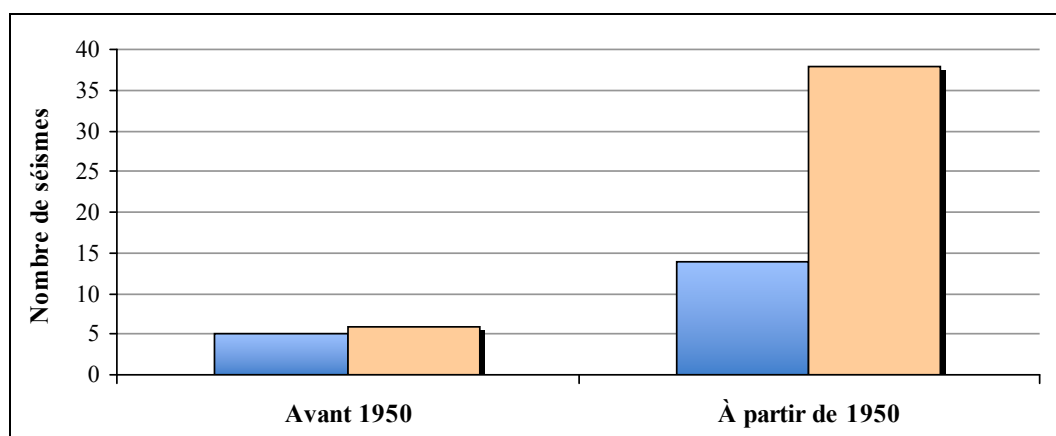
Un élément attendu des déclarations de dommages reportés dans les bases est la tendance à l'augmentation des fréquences de désastres depuis le début du XX<sup>ème</sup> siècle. L'augmentation est observable pour la ville d'Esmeraldas depuis le désastre associé au séisme de 1906. Pour les requêtes 2 et 4 opérées sur la base consolidée du catalogue de l'IG (période 1541-2011) et qui concernent des séismes de plus forte magnitude, on dénombre 31 occurrences à partir de

1906 et seulement 7 de 1541 à 1905 (Fig. 4). Plusieurs auteurs ont déjà attiré l'attention sur les problèmes d'interprétation que pose cette asymétrie temporelle, et ici la rupture supposée de 1906. Parmi les explications couramment mobilisées, on trouve la tendance des populations à plus déclarer les dommages avec le temps (J.C. SINGAUCHO ARMAS, 2009), mais aussi la propension à plus d'endommagement, au moins en valeur absolue, l'urbanisation supposant qu'il y a toujours plus à perdre (P. PIGEON et J. REBOTIER, 2016). Ici, le déplacement de la plaque de lithosphère Nazca et la subduction associée étant constants sur le pas de temps historique observé, la fréquence accrue des désastres signifierait moins l'augmentation du nombre de séismes que celle de l'enregistrement des dommages qui leur sont en partie associés. Pour la base EM-DAT, à l'échelle de l'Équateur, 14 événements sont rapportés depuis le milieu du XX<sup>ème</sup> siècle et seulement 5 dans la première moitié du XX<sup>ème</sup> siècle (Fig. 5). En conséquence, on déduit que la faiblesse des dommages déclarés dans le passé (notamment avant 1906 pour le catalogue de l'IG) renverrait à des peuplements moins denses et/ou en lien avec des enjeux considérés comme plus limités. La bibliographie sur Esmeraldas admet quasi unanimement ce point de vue, que nous sommes pourtant amenés à reconsidérer.



**Figure 4 - Distribution de l'information dans le catalogue de l'IG, avant et après 1906.**

Les barres de l'histogramme correspondent au nombre de séismes relevant des requêtes 2 et 4 (Tab. II) opérées sur le catalogue de l'IG.



**Figure 5 - Distribution de l'information dans la base EM-DAT, avant et après 1950.**

Les barres de l'histogramme correspondent au nombre de séismes répertoriés dans la base EM-DAT (Tab. I) en bleu pour l'Équateur et en orange pour la Colombie.

De fait, la tendance à l'accroissement de l'information disponible ne suit pas une augmentation claire au fil du temps, ni commune aux bases (Tab. III). Donc, *a priori*, l'information disponible ne reflète pas une supposée augmentation des dommages en lien avec l'urbanisation pour Esmeraldas, ni même pour la province éponyme.

**Tableau III - Informations sismiques inégalement disponibles dans le temps et entre bases.**

Siècles ou décennies	Requêtes 2 et 4 - Catalogue IG	# Datacards DesInventar	# Désastres EM DAT (Équateur)	# Désastres EM DAT (Équ., Col.)	R.D'ERCOLE et T. SERRANO (2003)
1500	0				0
1600	2				0
1700	1				0
1800	3				3
1900	4		2	3	1
1910	2		0	0	0
1920	1		1	1	0
1930	1		0	0	0
1940	2		2	2	1
1950	7		0	1	1
1960	2		0	2	0
1970	4	1	3	7	2
1980	4	2	3	5	2
1990	3	0	5	13	0
2000	1	1	0	5	
2010	1	67	3	5	
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>71</b>	<b>19</b>	<b>44</b>	<b>10</b>

Équ. : Équateur. Col. Colombie.

Ce constat pose des questions de fond. En effet, l'urbanisation suppose une augmentation de ce qui peut être perdu, puisqu'elle entraîne la densification du peuplement. Et l'urbanisation suppose tout autant une tendance à plus déclarer les dommages, ne serait-ce que par la spécialisation accrue des fonctions : il existe des spécialistes de la gestion des risques, au premier chef les assureurs et des ingénieurs (P. PIGEON, 2012). Leur travail nécessite la constitution de bases de données sur les dommages comme sur la prévention des dommages. La notion de risque est d'ailleurs d'origine urbaine. Les bases de données sur les désastres sont localisées dans les aires urbaines, ainsi que l'illustre le cas célèbre du Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, sis à Bruxelles et qui dépend de l'Université Catholique de Louvain. On peut même défendre que la déclaration et la prévention des dommages font partie des stratégies urbaines pour contrer l'augmentation des risques, qui accompagne structurellement l'urbanisation (D. PROVITOLLO, 2002).

Par conséquent, les dommages comme leurs déclarations dépendent certes de l'aléa, mais aussi, si ce n'est surtout, de l'urbanisation et de ses caractéristiques locales. Les effets de site traduisent en partie ces relations complexes, formes d'hybridation entre aléa sismique et urbanisation vulnérable. Les effets de site sont liés en partie aux remblais qui accompagnent l'urbanisation et qui transforment localement les ondes sismiques, en augmentant leur potentiel dommageable. Mais l'étude des effets de site et leur éventuelle prise en compte dans les

constructions, en incorporant les connaissances issues des études géotechniques et géophysiques, confirment le potentiel urbain d'adaptation à ce type de risque. Esmeraldas vérifie cette évolution. R. MOSQUERA identifiait dès 1959 les effets de site à Esmeraldas et préconisait une inflexion de l'urbanisation pour en tenir compte. Les études géotechniques et géophysiques à la suite des séismes de 2016 reviennent sur ce facteur d'endommagement en précisant sa connaissance et en proposant des solutions d'adaptation (GEOESTUDIOS, 2017).

Nous avons des preuves du caractère urbain d'Esmeraldas au moins depuis la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, que nous exposerons ci-dessous. Pourtant la déclaration des dommages y reste limitée, fluctuante, comme l'identifie le croisement des bases de données. À Esmeraldas, le potentiel à l'endommagement lors des séismes et le potentiel tant de déclaration que de gestion sont finalement peu explicites et peu documentés. Ce n'est en effet pas parce que la ville d'Esmeraldas a connu, assurément, l'un des séismes les plus potentiellement destructeurs de la planète – estimé à  $M_w$  8,8 – que des témoignages de dommages y sont disponibles.

Dès lors, comment interpréter la quasi absence de désastres répertoriés pour la période antérieure à 1906 et concernant Esmeraldas, alors que les informations sur les désastres postérieurs à 1906 apparaissent si peu consistantes ?

### **b. Une amélioration supposée de la qualité d'information collectée avec le temps**

Pour les géophysiciens comme R. MADARIAGA et G. PERRIER (1991), l'instrumentation permet de donner plus de cohérence aux bases de données historiques sur les désastres, notamment en précisant les dates des séismes. Mais cette possibilité n'existe bien sûr pas pour l'historique des séismes associés à la ville d'Esmeraldas avant le XX<sup>ème</sup> siècle. À l'échelle nationale, on rappelle le découplage marqué entre la documentation abondante des séismes historiques dans la sierra et celle concernant la côte, très faible et de surcroît peu précise (C. BEAUVAL *et al.*, 2013). Ce point, largement admis, contribue à fonder les interprétations du comportement jugé atypique du segment de la marge continentale associée à la ville d'Esmeraldas (J.M. NOCQUET *et al.*, 2017). La connaissance des séismes passés par les témoignages de dommages fonde en partie les interprétations de géosciences (A. ESPINOSA BAQUERO *et al.*, 2004, p. 442).

Or on a vu toutes les difficultés à mobiliser de telles informations, même les plus récentes, du fait de caractéristiques différentes entre les bases. Et l'hétérogénéité intra-base est aussi en cause lorsqu'on considère dans une même base des informations comme identiques, alors qu'elles peuvent porter sur des événements que séparent plusieurs siècles et sur des peuplements nécessairement différents. En effet, que dire de l'asymétrie entre les fréquences d'événements identifiés avant et après 1906 dans la sélection tirée du catalogue de l'IG, de l'écrasante majorité des fiches d'information (*datacards*) concentrées dans DesInventar sur la décennie 2010, ou encore du flou des informations qualitatives rassemblées sur l'événement de 1976 dans cette même base (Tab. III) ?

Cette qualité toute relative durant la période instrumentale, supposée plus fiable, amène à nouveau à s'interroger sur celle précédant le séisme de 1906. Le bilan des bases de données sur les désastres est souvent mené en géographie des risques (P. PIGEON et J. REBOTIER, 2016). Concernant Esmeraldas, il fait écho à celui qui résulte des travaux conjoints des historiens et des géophysiciens, et que C. BEAUVAL *et al.* (2013, p. 773) présentent ainsi : "*jusqu'à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, l'information historique décrit pour l'essentiel les effets des séismes dans la cordillère. Le premier événement sur la côte pour lequel plusieurs intensités sont reportées est celui de 1896 [province de Manabí, voisine d'Esmeraldas]*".

Le travail de relecture critique des informations sur les désastres nécessite de revenir vers les sources qui ont été mobilisées pour constituer les bases de données. Les auteurs ont

consulté des monographies historiques de la province et de la ville d'Esmeraldas ainsi que des archives de la presse équatorienne. Le travail a été mené en particulier auprès :

- De la bibliothèque Aurelio Espinosa Pólit, à Cotacollao, dans la partie nord de Quito, qui archive surtout la presse nationale en plus de monographies historiques.
- De la bibliothèque nationale de l'Équateur à la *Casa de la Cultura* Benjamín Carrión, qui compte des fonds photographiques du Ministère de la Culture et du Patrimoine, et des archives historiques comme de presse consultables en ligne.
- De la bibliothèque du Centre Culturel Métropolitain de Quito, qui compte une partie du fonds jésuite du pays.
- De la bibliothèque de l'Académie Nationale d'Histoire.

Les archives du journal *El Comercio* ont été privilégiées sur la période 1906-2000, autour des dates de séismes identifiés dans le catalogue de l'IG (voir Tab. I), à quoi s'ajoute la consultation ponctuelle d'autres titres.

## 2 ) La consultation d'autres sources vérifie l'hétérogénéité de l'information

### a. Des approximations qui persistent dans le temps

Nous commençons par vérifier les nombreuses imprécisions dans les archives ou les monographies historiques sur le séisme majeur de 1906, alors que différents auteurs s'étonnent de la très faible documentation sur ce sujet. Pour C. MOLINA SERRANO (1959, p. 9), "*il n'a pas été possible de trouver d'information sur le sujet*". Bien plus récemment, B. NEVAREZ MENDOZA (2015, p. 142 et 143) décrit le séisme de 1906 comme "*celui de plus forte puissance au monde*", associé à un "*tsunami qui tua environ 1500 personnes tout au long de la côte colombo-équatorienne*". L'auteur précise même la hauteur des vagues et les lieux concernés, actuellement intégrés à la ville d'Esmeraldas : "*les vagues atteignirent une hauteur de 5 mètres dans l'actuel quartier balnéaire de Las Palmas*" (B. NEVAREZ MENDOZA, 2015, p. 143 et 144). Il en vient à écrire que "*Esmeraldas est l'endroit qui a présenté les plus fortes intensités*" sur le littoral équatorien. Mais il ne donne guère plus d'information que le chiffre de 30 maisons détruites, avant de se tourner (p. 145) vers un témoignage tout aussi imprécis de l'homme de lettres local Nelson ESTUPIÑÁN BASS pour qui le tsunami aurait touché Esmeraldas.

De telles approximations sur les dommages se retrouvent dans la localisation d'événements sismiques. La carte sismique et tectonique de l'Équateur produite à l'occasion de l'année géophysique internationale est accompagnée d'un premier catalogue recensant les événements sismiques notoires du pays (C. MOLINA SERRANO, 1959). On repère sur la carte la mention d'un événement "destructeur" (au même titre que l'événement du 31 janvier 1906), en date du 22 janvier 1854, dont l'épicentre est situé à quelques kilomètres au sud d'Esmeraldas. Pourtant, dans le tableau accompagnant la carte, on trouve, pour la province d'Esmeraldas, un événement en date du 22 janvier 1859 (et non 1854), sous la simple indication "berges du río Macumba", présentant des coordonnées qui semblent différentes de celles de l'événement de 1854 localisé sur la carte.

En outre, dans le tableau récapitulatif des séismes tiré du catalogue de l'IG (voir Tab. I), on trouve un événement en date du 22 mars 1859, qui figure également dans le tableau de C. MOLINA SERRANO (1959). En revanche, la sélection de l'IG ne mentionne ni l'événement du 22 janvier 1859, ni celui du 22 janvier 1854, qui apparaissent pourtant respectivement dans le tableau et sur la carte du document de C. MOLINA SERRANO. Du fait de la réglementation

sur la protection de la propriété intellectuelle, il ne nous est pas possible de reproduire ici les documents originaux.

Aux dires des géophysiciens de l'IG, le travail réalisé à la fin des années 1950 compte des événements isolés aux sources peu fiables. Pour autant, les lacunes, les informations apparemment trop peu consistantes ou les événements trop isolés pour être dûment considérés se multiplient à l'examen des archives, interrogeant d'autant la fiabilité des bases.

## **b. Une accumulation d'informations dissonantes**

Au fil de la consultation de sources connexes aux bases de données initiales, il est difficile d'en rester à une version de l'histoire sismique qui fait remonter l'événement le plus ancien sur la côte (mais encore non valorisable pour l'usage qu'en ont les géophysiciens) à 1896, dans la province de Manabí.

D'autres séismes que celui de 1896 sont explicitement signalés sur la côte, à partir des effets ressentis. Dans E. RUDOLPH et S. SZIRTES (1912), on lit pour le 12 février 1856 : "*Dans la province de Guayaquil, un puissant séisme*" (p. 146), pour le 22 mars 1859 : "*Cotocollao sévèrement endommagé par un séisme. À Guayaquil la secousse a été très forte et provoqua des dommages*" (p. 146), pour le 16 août 1868 : "*Ibarra a été totalement détruite. Du 13 au 16, à Guayaquil et en d'autres endroits de la république d'Équateur on note des séismes fréquents*" (p. 168), ou encore pour le 20 mars 1869 : "*À Quito, un séisme qui dure longtemps, significativement plus puissant à Esmeraldas et encore plus puissant à Barbacoas*" (p. 147).

Par ailleurs, un article de T. WOLF paru dans le journal *El Globo* du 27 mars 1889 revient sur les "*phénomènes sismiques vérifiés [...] ces dernières semaines*" sur "*les côtes du canton de Santa Elena et de la province de Manabí*". L'article ne qualifie pas en détail les conséquences des secousses. Il livre plutôt une interprétation de leur origine. L'auteur signale tout de même que : "*à Guayaquil et à Santa Elena, [ces phénomènes] ont été ressentis le 2 mars à onze heures du soir ; à Manabí le 7 mars à une heure du matin*", alors que dans l'intérieur des terres, on n'en aurait pas eu trace. L'auteur suggère qu'on ne peut pas parler d'un choc principal unique. "*Les tremblements fréquents de la première quinzaine de ce mois se sont produits en différents points, et restèrent localisés quant à leur extension et leur succession chronologique*" (T. WOLF, 1889, p. 3). Ces phénomènes auraient, cela dit, occasionné dans la province de Manabí de "nouveaux soulèvements" (*levantamientos*) qui lui ont été rapportés.

T. WOLF (1892) signale en outre avoir travaillé sur des phénomènes similaires, survenus en juillet 1871, près de Cabo Pasado et Pedernales, au cours desquels des "îlots" (*islotos*) de "*10 à 30 mètres*" seraient apparus. Le fait que des poissons et d'autres animaux n'aient eu le temps de se retirer et aient pourri sur ces îlots récemment soulevés est, pour lui, la preuve d'un mouvement très soudain qui contraste avec une activité sismique mineure signalée dès 1870, sur une extension de près de 700 mètres (800 *varas*) dans le même secteur. En outre, l'auteur rapporte l'existence d'au moins un témoin oculaire de phénomènes semblables à ceux de 1871 survenus 20 ans plus tôt dans le même secteur (T. WOLF, 1871, p. 3).

Certes, T. WOLF prétend qu'une "*grande (sinon la majeure) partie des tremblements sont liés à l'activité volcanique*" (1889, p. 3) ; il est difficile de savoir ce qui est décrit en 1871 ; et les informations de E. RUDOLPH et S. SZIRTES (1912) sont peu précises. Très peu, sinon aucun, de ces événements ne figurent dans le catalogue sismique de l'IG. Il n'existe pas suffisamment de témoignages explicites pour en déduire des intensités et, par extrapolation, des magnitudes. Mais l'hétérogénéité de l'information sismique renvoyée par les archives trouve un fort écho dans la couverture des désastres sismiques par la presse, même pour les périodes plus récentes.

### c. Un traitement des dommages hétérogène dans la presse

De la consultation de la presse sur la base des événements tirés du catalogue de l'IG (voir Tab. I) se dégage une impression de grande hétérogénéité : dans le temps (on ne va pas systématiquement vers plus de déclarations de dommages dans la presse avec l'urbanisation et l'accroissement supposé des enjeux), entre les événements (dont les différences de couverture ne s'expliquent pas par l'ampleur reconnue des intensités de dommages).

Les dommages associés au séisme de 1942 sont parmi les plus documentés dans le journal *El Comercio*. Le désastre en lien avec la ville d'Esmeraldas apparaît en une de ce journal dans plusieurs éditions successives. La couverture débute le 14 mai 1942 et se poursuit jusqu'au 24 mai 1942. On remarque que le traitement journalistique fait ressortir explicitement la ville d'Esmeraldas, visitée par le Président de la République de l'époque, Carlos Alberto ARROYO del RIO, quoiqu'après Guayaquil et Manta. De plus, le journal confirme l'internationalisation du désastre, en mentionnant une mission de la Croix-Rouge à Esmeraldas, tout comme un message du Pape Pie XII (édition du 20 mai 1942).

D'une part, ces informations sont très peu cohérentes avec celles qui figurent dans les bases de données, lesquelles ne distinguent pas particulièrement le désastre de 1942, lorsqu'elles ne l'ignorent pas (voir Tab. I). Nous avons, ici au moins, une preuve que l'information sur les dommages peut ne pas correspondre à ce que les bases de données laissent croire. D'autre part, le traitement du séisme de 1942 contraste, par exemple, avec celui du séisme de 1979, pourtant de magnitude supérieure et ayant entraîné de "*graves destructions*" à Esmeraldas (R. D'ERCOLE et T. SERRANO, 2003), ce dernier ne faisant l'objet que d'une maigre couverture dans la presse. Le même journal *El Comercio* n'en rapporte les faits que du 13 au 15 décembre 1979, en insistant sur les dégâts en Colombie. La différence de traitement entre les événements de 1942 et de 1979 par les journaux est saisissante. Il est dommage qu'il ne soit pas encore possible (en tout cas pour 1979) de reproduire librement des titres et manchettes que nous avons photographiés dans une hémérotèque équatorienne. Esmeraldas n'est mentionnée directement que dans l'édition du 13 décembre 1979 du *El Comercio*, en section C, sous le titre "*le séisme a provoqué une grande peur*", avec comme indication de bilan : "*pas de dommage*", ce que l'on retrouve chez B. NEVAREZ MENDOZA (2015, p. 153). La plus grande raffinerie du pays, enjeu majeur s'il en est, est pourtant déjà construite à Esmeraldas, alors qu'elle n'existait pas en 1942.

On retrouve l'idée que les dommages ne sont pas déclarés dans l'absolu, mais dépendent des caractéristiques et de l'évolution d'un contexte politique et économique (R. D'ERCOLE et P. PIGEON, 1999 ; R. D'ERCOLE et P. METZGER, 2004). En 1942, l'attention internationale portée à la ville d'Esmeraldas et surtout à son port n'est pas indépendante des enjeux qu'ils peuvent représenter pour les belligérants de la Seconde Guerre mondiale, notamment en ce qui concerne l'exportation de caoutchouc. Cela n'est pas sans implication pour la connaissance géophysique de ce segment de la marge continentale, pour les périodes antérieures au XX<sup>ème</sup> siècle. Sans mesure instrumentale, elle repose pour partie sur les observations et déclarations d'intensités de dommages, elles-mêmes influencées par le contexte propre à la province et à la ville d'Esmeraldas.

Mais avant de préciser ce qui oriente l'information sur les désastres, il convient d'interroger les principaux éléments que la bibliographie mobilise pour justifier les particularités des déclarations de dommages autour d'Esmeraldas.

## IV - SYNTHÈSE DES EXPLICATIONS APPORTÉES AUX LACUNES DES BASES DE DONNÉES SUR LES DOMMAGES CONCERNANT ESMERALDAS

### 1) Les spécificités du site d'Esmeraldas : un argument souvent évoqué mais très contestable

Pour plusieurs événements, les monographies (comme celles de E. SCHEU, 1911, et de E. RUDOLPH et S. SZIRTES, 1912) insistent sur des effets de site ou sur des circonstances qui réduiraient les dommages concernant la ville d'Esmeraldas (comme les caractéristiques architecturales des constructions). Ce type d'argument apparaît notamment pour 1906 et 1979. Dans les deux cas, les auteurs défendent que la ville et le port d'Esmeraldas auraient été protégés par le site de l'embouchure du fleuve Esmeraldas. De surcroît, le tsunami associé au séisme de 1979 se serait produit à marée basse.

Ces arguments ne sont qu'en partie recevables, surtout si l'on compare l'historique des dommages à Esmeraldas avec celui qui existe pour le Sud de la Colombie. Concernant le séisme de 1906, B. CERON SOLARTE (2015) mentionne pour la ville portuaire colombienne de Tumaco : *"cependant, on assure que Tumaco ne disparaît pas totalement grâce au fait que la marée était basse lorsque les vagues de 5 mètres de haut sont arrivées"*. Malgré les mêmes conditions d'atténuation potentielle des dommages qu'à Esmeraldas, les rapports pour Tumaco sont plus précis. Les dommages semblent aussi bien plus intenses que ceux que la bibliographie localise à Esmeraldas. Pour cette ville, E. SCHEU (1911, p. 37) rapporte, de manière franchement contradictoire, que *"ce mouvement devint si violent qu'il renversa une grande machine à coudre"*, tout en prétendant plus loin que *"grâce aux excellentes constructions, les dégâts causés par le tremblement de terre lui-même ne semblent pas avoir été importants sur le littoral [argument également repris par E. RUDOLPH et S. SZIRTES, 1912], tandis que vers l'intérieur, dans les montagnes, il ne resta pour ainsi dire pierre sur pierre"*. Mais là encore, en ce qui concerne Tumaco, on lit : *"si la ville n'a pas été entièrement détruite, c'est parce que les maisons étaient construites en bois très dur, et les pièces bien jointes"*. Ce qui vaut à Esmeraldas (excellentes constructions, site en estuaire, marée basse, et dégâts qui *"ne semblent pas avoir été importants"*) ne vaut plus autant à Tumaco (constructions *"en bois très dur"* et *"pièces bien jointes"*, site en estuaire, marée basse, mais une ville détruite, quoique *"pas entièrement"*). On constate donc combien l'interprétation de dommages faibles associés au séisme de 1906 à Esmeraldas manque de cohérence, comme de précision.

Pour le séisme de 1958, les bilans sont voisins entre Esmeraldas et le Sud de la Colombie. En revanche, ils sont de nouveau très distincts lors du séisme de 1979, comme le souligne B. NEVAREZ MENDOZA (2015). Or le séisme de 1958 a donné l'occasion de souligner des effets de site particulièrement problématiques à Esmeraldas, où la ville s'est étendue sur les terrasses alluviales du fleuve éponyme jusqu'aux années 1970 (voir Fig. 7). Le géologue C.F. MOSQUERA (1959, p. 5) écrit : *"du fait qu'Esmeraldas se situe sur les dépôts récents du fleuve, le quartier de Las Palmas [au nord de la ville, sur le front d'océan] inclus, on y trouve un sol très peu favorable"*.

Même si les caractéristiques géotechniques sont potentiellement encore aggravées par les remblais liés aux constructions plus récentes, le site de la ville d'Esmeraldas présente des caractéristiques structurelles qui contribuent à augmenter les dommages liés aux séismes. Ces

caractéristiques sont logiquement valables pour tous les séismes majeurs (1906, 1942, 1958, 1979 et 2016) et contrastent avec les déclarations hétérogènes de dommages.

Par conséquent, il est impossible d'expliquer les déclarations de dommages concernant Esmeraldas par des effets de site.

## 2 ) L'argument de l'urbanisation limitée à Esmeraldas

L'idée qu'une faible déclaration des dommages à Esmeraldas renverrait à des peuplements moins denses et/ou à des enjeux considérés comme plus limités ne se justifie pas, même si elle est très présente dans la bibliographie (M. JARAMILLO, 1980 ; M. PEREZ ESTUPIÑAN, 1995). Concernant les caractéristiques du peuplement, des indications existent, directes ou non, de la capacité de la ville d'Esmeraldas à enregistrer des dommages d'intensité élevée dès la toute fin du XIX<sup>ème</sup> siècle au moins.

Esmeraldas était alors bien dotée de fonctions urbaines, même si elles sont d'évidence très limitées comparées à Quito ou Guayaquil. La ville est pourvue d'un port, sans doute fluvial dans un premier temps, et son site au moins est considéré comme stratégique par l'État équatorien, sur l'itinéraire de voies possibles d'exportation (J. GARCES, 1942). On trouve notamment des clichés de 1900 et 1918 pour la place centrale, avec aménagements (Photo 1-a et 1-b), ou de 1905 pour l'école Juan Montalvo, pas seulement faite en bois (Photo 1-c).

Par ailleurs, si l'eau potable n'est distribuée à Esmeraldas qu'en 1962 et si la liaison routière avec Quito est pérenne et continue dans les années 1960 (M. JARAMILLO, 1980), la ville disposait du téléphone dès 1905 et comptait un cinéma, même ambulante, en 1910 (J. ESTUPIÑAN TELLO, 1996). La décision de construire un hôpital est prise en 1887, mais l'institution ne voit pas le jour avant 1920, alors que les toutes premières automobiles font leur apparition (J. ESTUPIÑAN TELLO, 1980). La mémoire de la ville d'Esmeraldas existe. Mais les monographies historiques s'accordent toutes à dire qu'elle est difficile à retrouver et à restituer. J. ESTUPIÑAN TELLO (1996) mentionne qu'une grande partie des archives municipales a été détruite lors du séisme de 1958, quand l'hôtel de ville s'est partiellement effondré. Pour autant, un autre historien (M. PEREZ ESTUPIÑAN, 1995) signale l'existence d'archives conservées par l'antenne du Banco Central, ou encore à la Bibliothèque de la Cathédrale du Cristo Rey, à Esmeraldas, dont des archives notariales, tenues depuis... 1858 !

Enfin, nous avons pu retrouver à la bibliothèque Pólit un journal édité à Esmeraldas, *El Cosmopolita*, en date du 23 mai 1896. Certes, il n'a pas eu une aussi longue vie que *El Comercio* (Quito) ni que *El Universo* (Guayaquil), mais il montre que le peuplement d'Esmeraldas, dont une partie de la population se réclame alors du libéral révolutionnaire Luis VARGAS TORRES, avait les moyens de diffuser ses idées et de réfléchir à son destin. Contrairement à l'image dominante associée en premier lieu à la ville et sa région, il est hasardeux d'expliquer l'absence ou la précarité des informations sur les dommages sismiques à Esmeraldas par la précarité du peuplement, voire par l'inexistence d'enjeux significatifs.

## 3 ) Non-corrélation explicite entre déclarations de dommages et peuplement

L'urbanisation d'Esmeraldas, tant pour la population que pour les activités liées, est très marquée par la succession de cycles, lesquels ne se retrouvent pas nécessairement dans les témoignages de dommages associés aux séismes.



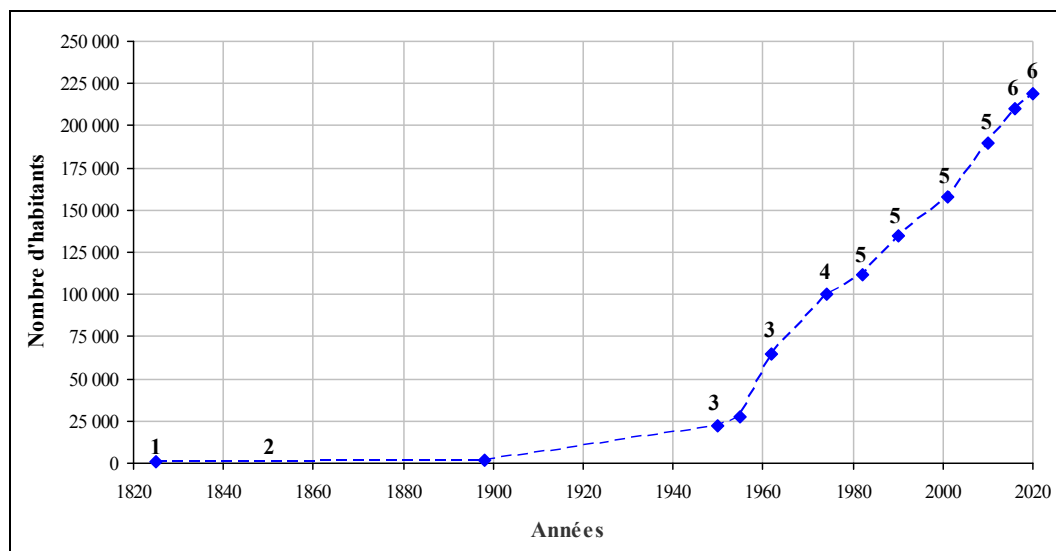
**Photos 1 - Images d'Esmeraldas (fonds photographique du ministère équatorien de la Culture).**

a : défilé civique sur la place d'Esmeraldas en 1918 (code fonds : 80.F0000.3763).

b : place centrale d'Esmeraldas en 1900 (code fonds : 80.F0000.3774).

c : école Juan Montalvo en 1905 (code fonds : 80.F0000.3773).

La reconstitution de la courbe démographique de la ville d'Esmeraldas, même à grands traits, n'est pas aisée, et moins encore lorsqu'on remonte dans le temps. Des données dispersées dans plusieurs sources sont rassemblées (Fig. 6). Elles sont pour l'essentiel approximatives là où le doute subsiste toujours entre la province d'Esmeraldas et la ville d'Esmeraldas. En outre, la ville renvoie tantôt à l'agglomération urbaine, tantôt au canton d'Esmeraldas, subdivision de la province, qui compte une population rurale non négligeable.



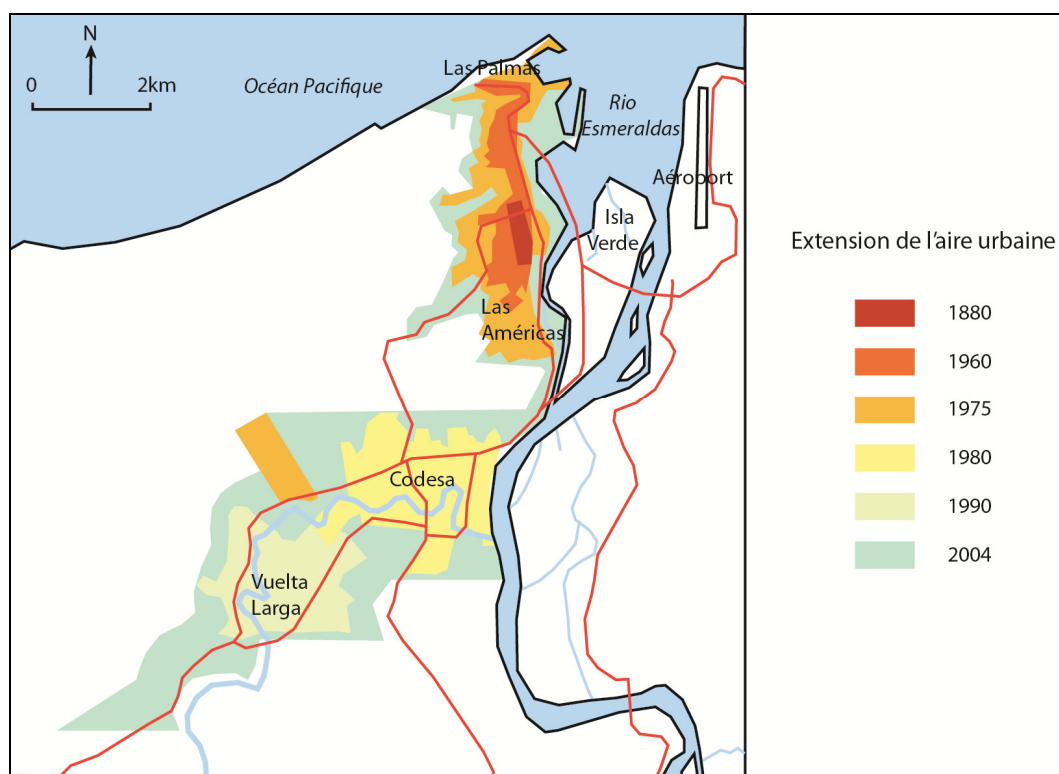
**Figure 6 - Reconstitution de la démographie d'Esmeraldas.**

1 : environ 600 habitants à Las Palmas dans la première moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle. 2 : vers 1850, déplacement de la ville de San Mateo aux terrasses actuelles. 3 : recensement national. 4 : population multipliée par 5 depuis 1950. 5 : données Institut National de la Statistique d'Équateur (INEC). 6 : projections INEC.

Sources : INEC ; CONADE, 1980 ; M. PORTAIS et J. LEON, 1986 ; UNEP, 2006 ; C. OJEDA SAN MARTIN, 2006 ; E. ESTUPIÑÁN QUINTERO, 2012.

Malgré la discontinuité temporelle et la maigre fiabilité des données, on identifie de grandes étapes de peuplement. La population de la ville d'Esmeraldas est multipliée par 5 au cours du boom de la banane, entre 1950 et 1974 (CONADE, 1980). L'effet du cycle du pétrole, initié à la fin des années 1960, est surtout visible à partir des années 1980, lorsque les difficultés économiques du pays et une forte sécheresse accompagnent une urbanisation de l'économie et le départ des zones rurales (M. PORTAIS et J. LEON, 1986). L'évolution démographique de la ville d'Esmeraldas est visible dans l'espace. La construction de la raffinerie au milieu des années 1970 initie la vague d'expansion urbaine vers le sud, après l'occupation de la terrasse alluviale autour du "centre historique" d'Esmeraldas, déplacé là vers 1850 (Fig. 7).

L'activité du port d'Esmeraldas annonce aussi un peuplement historique qui, malgré son instabilité, est plus urbain et plus dense que ce qui est présenté dans la bibliographie. Les données font aussi état de plusieurs cycles. Après le tabac, dans les années 1870, l'activité reste modeste autour de produits primaires extraits de l'intérieur des terres. Pour beaucoup, ils sont expédiés à Guayaquil par cabotage. Jusqu'à la Seconde Guerre mondiale, des maisons de commerce louent ou s'approprient d'énormes surfaces dans l'intérieur de la province pour



**Figure 7 - Les vagues d'urbanisation d'Esmeraldas.**

D'après UNEP (2006, p. 25).

exporter vers les pays en guerre (Allemagne, Angleterre, Italie) les produits alors précieux, comme la tagua (ivoire végétal, utilisé pour les boutons des uniformes), le balsa (bois léger et cassant) ou le caoutchouc (Tab. IV). De gros bateaux de ces maisons de commerce fréquentent le port et assurent la liaison vers l'Europe. Entre 1941 et 1945, Esmeraldas devance même Guayaquil pour l'exportation de caoutchouc et de balsa. Après la Seconde Guerre mondiale, c'est la production de banane qui règne sans partage sur l'activité du port, laissant à la fin du cycle, avec l'effondrement des revenus, un port commercial aussi sinistré qu'il aura connu l'euphorie de l'or vert dix ans plus tôt (Tab. V). Au début des années 1980, la richesse produite en Équateur, hors pétrole, n'est que très peu exportée par le port d'Esmeraldas (Tab. VI).

**Tableau IV - Valeur agrégée des principaux produits exportés par le port d'Esmeraldas (en Sucres courants) en 1869, 1930 et 1938.**

Années	Total	Ivoire végétal	Tabac	Caoutchouc	Balsa	Autres
1869	190580	-	43139	145920	-	1521
1930	421955	341457	-	7969	34512	18017
1938	1429180	640085	-	444162	339633	5300

Source: CONADE, 1980. Le Sucre a été la monnaie de l'Équateur de 1884 à 2000.

**Tableau V - Volume, valeur et revenu tiré des exportations de bananes par le port d'Esmeraldas (indice et/ou part) en 1950, 1956, 1962 et 1970.**

Années	Volume	Part du volume national	Valeur	Revenu
1950	100	29,3 %	100	100
1956	239,2	20,7 %	370,8	887
1962	177,9	10,4 %	446,4	794
1970	23,6	3,7 %	39,3	9

Source: CONADE, 1980.

**Tableau VI - Mouvements de marchandises hors pétrole (en tonnes) et part du total national (en %) pour différents ports en 1904, 1908 et 1983.**

		Guayaquil		Esmeraldas		Manta		Puerto Bolivar	
Exportations	1904	24778		99		79		1256	
Exportations	1908	29352		150		73		124	
Exportations	1983	542714	51,3 %	1519	0,3 %	60348	5,7 %	452010	42,7 %
Importations		2059716	87,7 %	111974	3,9 %	69503	5,1 %	24710	3,3 %

Source: CONADE, 1980.

Nous défendons l'hypothèse que ces convulsions constituent l'une des raisons qui expliquent les différences de traitement des principaux désastres connus pour Esmeraldas. On relève notamment la forte déclaration (quoi qu'inégale en fonction des sources) des désastres de 1942 et 1958, alors qu'au contraire, celui de 1979 est présenté en creux dans la presse et que celui de 1976, certes plus modeste, n'apparaît parfois même pas (voir Tab. I). La raffinerie de pétrole, enjeu majeur s'il en est, est pourtant en construction de 1974 à 1977, et l'oléoduc trans-équatorien reliant les sites d'extraction du pétrole dans l'Orient amazonien au littoral d'Esmeraldas est achevé en 1972. La ville est en outre au moins 5 fois plus peuplée au début des années 1970 par rapport au début des années 1940. Contrairement à l'épisode de 1979, l'écho d'un désastre national à Esmeraldas donné dans la presse en 1942 est sans doute lié au fait que la ville et son port étaient d'une importance capitale pour le pays (et les belligérants !) durant le conflit mondial. *El Comercio* ne manque d'ailleurs pas de relever le boom du marché du caoutchouc et mentionne dans son édition du 21 mai 1942 que les "pénalités induites par le commerce de caoutchouc ont aggravé la situation des habitants qui vivent de ce négoce".

Les dynamiques de l'urbanisation d'Esmeraldas expliquent, mais en partie seulement, l'absence de relation stricte entre séismes, même de magnitude élevée, et déclarations de dommages. La mise en regard des seules bases de données consultées renvoie déjà à la déclaration inégale des séismes et des désastres qui leur sont liés (voir Tab. III). Ce que l'on observe de la presse (voir Fig. 7) renforce l'idée d'hétérogénéité des déclarations de dommages, qui s'expliquent parfois par un cycle économique florissant et des enjeux conséquents. C'est le cas en 1942, mais pas en 1979, malgré la présence des installations du secteur pétrolier exportateur à Esmeraldas. Dans tous les cas, on ne voit pas de correspondance simple entre l'évolution démographique (voir Fig. 9), les informations compilées dans les bases de données (voir Fig. 2) et les déclarations de dommages telles qu'elles sont couvertes par la presse ou telles qu'elles apparaissent dans les monographies de synthèse consultées.

On peut déduire de toutes ces analyses que le lien souvent établi (notamment M. ACOSTA SOLIS, 1944) entre le peu de dommages, leur moindre déclaration, et la précarité du peuplement ne va pas de soi. L'absence ou la moindre présence de témoignages de dommages ne devraient pas être comprises comme l'absence ou la moindre présence de dommages associés aux séismes, et donc aussi de séismes. En aucun cas l'absence de preuves ne peut être comprise comme la preuve de l'absence. Si des dommages ont été rapportés par le passé, le fait de rapporter ultérieurement moins de dommages ne signifie pas qu'il y a nécessairement eu moins de dommages. La contextualisation, tant des données récoltées que de l'évolution du peuplement, influe sur les déclarations de dommages autour d'Esmeraldas, bien plus que ne le font la précarité du peuplement ou l'indolence supposée de ses habitants.

## V - CONTEXTUALISER POUR COMPRENDRE L'ORIENTATION, LES LIMITES ET LES INCOHÉRENCES DE L'INFORMATION DISPONIBLE

Un apport du travail de géohistoire consiste à restituer toute la diversité des archives et du sens qu'elles recouvrent dans leur contexte et au fil du temps, livrant ainsi quantité d'informations sur le monde social qui leur est contemporain. Nous faisons l'hypothèse que la marginalité multiforme associée à la ville et à la province d'Esmeraldas est significative pour la constitution, la diffusion et la conservation, plutôt problématiques, de l'information historique liée aux séismes. Pourtant il est hasardeux de lier directement la marginalité du territoire au risque (T. COLLINS, 2008). La situation de risque concernerait-elle tout le monde également sur le territoire ? Suffirait-il de réduire le caractère marginal pour réduire le risque ? La négative en réponse à ces deux questions invite à définir et documenter les différents registres de marginalité, incontournables pour contribuer à qualifier la ville et la province d'Esmeraldas, avant de discuter les liens complexes entre marginalité, processus de marginalisation (des territoires et des populations) et fabrique des risques.

### 1) Registres de marginalité pour Esmeraldas et sa province

Pour le géographe, les marges, ce sont d'abord des territoires, même si leur définition se complique rapidement (E. FAGNONI *et al.*, 2017, p. 364). À l'échelle du pays, des vellétés de tracer une route des Andes au littoral (tantôt jusqu'à la ville d'Esmeraldas, tantôt jusqu'à celle de San Lorenzo, au nord de la province) sont documentées dès la fin du XVI<sup>ème</sup> siècle (J. GARCES, 1942). Malgré cela, la province d'Esmeraldas reste aujourd'hui un des derniers espaces à intégrer plus étroitement au territoire national (J.P. DELER, 2007). Une première liaison routière, continue et durablement goudronnée, relie Esmeraldas à Quito, *via* Santo Domingo (voir Fig. 1), au début des années 1960, à la faveur du boom de la banane (F. JURADO NOBOA, 1995). Jusqu'alors, la route de Quito à Esmeraldas impliquait des chemins ruraux en mauvais état, ou le passage par la mer *via* Guayaquil, laquelle pesait de tout son poids pour ne pas perdre la quasi-exclusivité du débouché commercial maritime de la richesse andine (M. JARA-MILLO, 1980 ; R. RUEDA, 2001, p. 37 et 38).

La marge spatiale s'avère ici liée à une histoire économique convulsive, de cycles d'exploitation et d'enclaves : elle maintient le territoire de la province et la trajectoire de sa capitale au diapason de cycles économiques qui pour certains ont animé le port (voir Tab. IV). Si le peuplement de la province est ponctuellement dynamisé durant la phase ascendante d'un cycle, c'est surtout par l'intermédiaire de maisons de commerce telles que la Casa Tagua

(filiale d'une maison allemande) ou Dumarest Brothers. À elles seules, ces deux maisons de commerce contrôlent un tiers du capital en circulation dans la province en 1918 (CONADE, 1980, p. 32). Jusqu'au cycle du pétrole, qui débute avec la décennie 1970, c'est le capital international qui domine la région, sans véritable ancrage local. Entre deux cycles, la ville retombe dans la torpeur anonyme et indifférente des "terres abandonnées" (S. PLATA TORRES, 1949) "qui existent sur la côte" (P. MONCAYO, 1860, p. 19), à l'image de la période qui a suivi l'indépendance : "Pendant 65 ans (1830-1895) Esmeraldas n'a pratiquement pas progressé, à un point tel que Vargas TORRES disait que 60 % des familles locales avaient abandonné la ville" (F. JURADO NOBOA, 1995, p. 65). À la fin du XX<sup>ème</sup> siècle, la province d'Esmeraldas renvoie encore aux confins typiques de "cent ans de solitude" (A. COLLIN DELAVALD, 2007).

Le statut de marge qu'occupe Esmeraldas en Équateur, présente donc une certaine permanence historique qui peut informer sur les conditions dans lesquelles les témoignages de dommages ont été produits, consignés et diffusés. La province d'Esmeraldas est la province noire, doublement rebelle (P. MINDA, 2015 ; E. SYLVA, 2010), à la fois libératrice du joug conservateur et renégate au pouvoir central, à l'époque coloniale comme sous la République (J. ARTEAGA PARRALES, 1995, p. 31 ; C. MONTEVERDE GRANADOS, 1993, p. 15). Le récit historiographique qui développe assez peu le rôle de la province d'Esmeraldas dans le processus d'indépendance (E. AYALA MORA, 2015, p. 101) restitue cette ambivalence de la marge : innovante et avant-gardiste (un foyer de rébellion libérale), mais aussi sauvage et indocile. Le glissement des stigmates de la marge depuis le territoire vers ses occupants (M. PEREZ ESTUPIÑAN, 1995, p. 233) renvoie au caractère primitif et indomptable de la province, dont la devise "*libre por rebelde y por rebelde grande* [Libre car rebelle, et parce que rebelle, grande]" est encore souvent rappelée aujourd'hui.

Or la naturalisation de la marge n'est jamais loin. Dans les monographies, le fleuve Esmeraldas est présenté de manière hostile et sa remontée comme particulièrement périlleuse. T. WOLF signale un "récif dangereux qui traverse l'embouchure du fleuve et n'en permet pas l'entrée aux grands bateaux" (1879, p. 10). Le tirant d'eau aurait même été réduit suite au séisme de 1906, qui aurait relevé la côte (E. SCHEU, 1911). L'enfer vert joue un rôle tout aussi implacable dans *La ferme sur le río Esmeraldas*, un des rares romans traduits en français qui met en scène la région à travers l'expérience d'une ferme près du fleuve, entre Quinindé et Esmeraldas, au début des années 1970 (M. THOMSEN, 1978). Le jugement de valeur porté sur une province aux marges de la civilisation, aux terres abandonnées et à la nature sauvage, glisse sur les populations qui l'occupent. Il est amalgamé aux spécificités culturelles afro-descendantes (de populations "premières") ou à celles d'une gouvernance communale indigène, souvent infantilisées, ou folklorisées (P. MINDA, 2015). La vision peu glorieuse, parfois méprisante, voire raciste, de cette province noire de l'Équateur (J.P. TARDIEU, 2006) met alors en scène une population qu'il s'agirait tantôt de mettre au travail, tantôt d'éduquer, afin d'en corriger les retards de développement. M. ACOSTA SOLIS (1944) parle des "*besoins urgents de la province d'Esmeraldas : éducation, voirie, assainissement*". En première instance donc, on ne s'étonne pas de trouver une information sismique historique aussi déficiente, même plus récemment.

Mais si elle est souvent dévalorisée, la marge peut aussi s'avérer utile, tout du moins lorsqu'elle permet de justifier la localisation de la plus grande raffinerie du pays, construite à Esmeraldas. Dans les années 1970, les pouvoirs publics y prédisent une "*moindre incidence des effets de pollution de l'air et des eaux en comparaison avec d'autres localités qui commencent à être affectées*" (M. JARAMILLO, 1980, p. 216). Et l'on trouve cela en sus des arguments, alors en vogue, d'équilibrage du développement par la promotion de pôles

alternatifs (J. ESTUPIÑAN TELLO, 1980, p. 296). Pour autant, à l'échelle locale, la marge n'est pas qu'une "opportunité". Des mois après le séisme de 1958, dont les dommages ont été d'importance (*El Universo*, 20-21 janvier 1958), les habitants d'Esmeraldas exigent de l'État une aide d'urgence (*El Universo*, 17 avril 1958) et brandissent la menace de grève (*El Universo*, 18 avril 1958). La population expérimente une double marginalisation, abandonnée (utilisée ?) par la capitale politique, Quito, et court-circuitée par la capitale économique, la rivale qu'est Guayaquil. Ainsi, si le statut de marge fait peu de doute, il répond surtout à des dynamiques territoriales, relevant de plusieurs échelles, et à la place d'Esmeraldas dans la structuration du territoire national qu'il importe de comprendre.

## 2 ) Des liens complexes entre marginalité, territoire et témoignages de dommages

À la marginalité multiforme du territoire démontrée plus haut correspondent des jeux d'intérêt et des rapports de force entre acteurs qui interviennent à plusieurs échelles et qui sont à l'œuvre dans les différentes dynamiques de marginalisation. Concernant les déclarations de dommages tirées des bases étudiées, des monographies révisées ou de la presse, la tendance de fond semble être à l'euphémisme, sinon à la sous-déclaration, pour Esmeraldas et sa province. La marginalité multiforme du territoire pèse tout autant sur la quantité et la nature des archives disponibles que sur leur traitement contemporain. C'est dans ce cadre que l'absence de témoignages de dommages est prise, avec un certain degré de confiance, comme l'indice d'une absence d'évènement sismique significatif (J.M. NOCQUET *et al.*, 2017, p. 3). Or la lecture contextuelle de ce territoire marginalisé invite à la prudence. L'absence de témoignage de dommages n'a sans doute pas ici le même statut que l'absence de témoignage de dommages dans un secteur valorisé dans l'historiographie de l'Équateur ou central sur le territoire national. De plus, la faiblesse de l'information disponible (lacunaire, limitée, peu cohérente) participe de la marginalité d'Esmeraldas plus qu'elle n'est expliquée par elle. Et c'est en ce sens que l'examen des bases de données de dommages nous apprend au moins autant sur la structuration du territoire concerné que sur les séismes qui s'y sont produits (et sur leurs dommages associés).

C'est bien dans un contexte spatial et temporel, à travers les dynamiques et la structuration de ce territoire, retracées pour partie grâce à un travail de géohistoire, que l'information sur l'histoire sismique est la plus révélatrice. Elle devient alors plus pertinente à double titre. Elle concerne le travail interdisciplinaire avec les géosciences, qui peuvent compter sur des données plus précisément situées et mieux signifiées. Elle intéresse aussi le travail de sciences sociales, en particulier dans une démarche de géohistoire des risques, dont le mandat consiste à produire des connaissances sur les mondes sociaux et sur l'évolution des relations qu'ils entretiennent avec les milieux sur les territoires.

Ainsi les problèmes relevés sur les bases de données sismiques et de dommages (et leurs conséquences pour l'étude des séismes à Esmeraldas) n'existent-ils pas parce qu'Esmeraldas est (ou serait) une marge (comme une forme de naturalisation), mais parce qu'Esmeraldas est marginalisée. De multiples facteurs interviennent dans ce processus à la fois spatial et historique (tant politique qu'économique, symbolique ou en termes d'infrastructures). S'il ne convient pas à ce travail de documenter précisément les formes, les raisons, les échelles et les phases de la marginalisation d'Esmeraldas, une approche territoriale contextuelle et une démarche de géohistoire ont pour vocation d'identifier ce type de structuration du territoire. Dûment contextualisées, les bases de données sismiques et de dommages sont révélatrices de caractéristiques territoriales qui comptent pour la connaissance des séismes (J. REBOTIER *et al.*, 2019). Les mêmes bases de données ne peuvent pas être également utilisées partout. Il importe de

bien identifier les implications des spécificités territoriales et de la contextualisation pour le travail de géohistoire comme pour le travail en interdisciplinarité, avec les géosciences.

En ce sens, l'effort de contextualisation du travail sur les risques (de la recherche en elle-même comme des données et archives mobilisées) contribue à mieux connaître les risques sismiques à Esmeraldas. Ce travail aide à comprendre l'état relativement plus précaire des connaissances disponibles pour Esmeraldas par rapport au reste du pays (C. BEAUVAL *et al.*, 2018, p. 1462) ainsi que des conditions difficiles de gestion des risques sur le territoire, malgré les enjeux stratégiques nationaux qui s'y trouvent.

## VI - CONCLUSION

Les bases de données sismiques sont imparfaites et très limitées malgré leur diversité en ce qui concerne la ville et la province d'Esmeraldas. Ce constat surprend d'autant plus qu'à partir du séisme majeur de 1906, on ne compte pas moins de 5 séismes supérieurs à  $M_w$  7 sur ce segment de la marge Pacifique. L'imperfection des bases est vérifiée par leur hétérogénéité, par le croisement critique avec d'autres sources et par la difficulté à retrouver ce qu'il reste d'archives locales en partie détruites par l'histoire mouvementée de cette ville.

Lorsque l'on dispose, pour Esmeraldas, d'informations de dommages approximatives, dispersées, peu précises, voire négligeables, on peut en tirer des conclusions très différentes. La maigre déclaration de dommages peut signifier qu'il ne s'est rien passé. Pourtant, on sait que la non (la faible ou l'imparfaite) déclaration de dommages ne signifie pas nécessairement l'absence de dommages effectifs. Sur cette base, on peut aussi penser que si dommages il y eut, ils ont été peu significatifs, ou encore que leur moindre déclaration reflète la faiblesse de l'enregistreur territorial. La précarité du peuplement fait ainsi écho à l'intensité de dommages constatée, que l'on présume faible, ou du moins que l'on peine à évaluer. Or, là aussi, les sources montrent la non-corrélation entre peuplement et déclaration des dommages. Cela pousse à envisager que la constitution et la conservation des informations sur les dommages sont très influencées, et ici minorées, par la manière dont est perçue la province d'Esmeraldas et la ville éponyme en Équateur. Un travail de mise en contexte des sources et du territoire étudié a permis de pointer quelques-unes des formes principales du formatage de l'information, de sa production, de son traitement et du crédit qu'on lui accorde.

Sans un apport de géohistoire, la géophysique connaît mal les séismes antérieurs à l'instrumentation. Il est important de replacer de façon critique les informations historiques dans un contexte géographique élargi, attentif aux dynamiques et à la structuration des territoires. Ainsi, par exemple, la réflexion sur les sources et leurs valeurs dans leurs contextes territoriaux respectifs ne permet pas de s'assurer que 1906 est un événement charnière entre un avant sismiquement calme (sur la base de l'absence de témoignages de dommages) et un après particulièrement concerné par des séismes importants. Plus largement, à Esmeraldas, nous ne pouvons pas comprendre les paradoxes que représentent des bases de données sur les désastres aussi imparfaites, face à des enjeux internationaux, nationaux et locaux aussi importants, sans recourir aux différents ressorts de marginalité évoqués. Mais si ces formes de marginalité sont essentielles à la compréhension contextualisée des informations historiques, elles ne peuvent expliquer à elles seules l'absence et/ou la faible cohérence des informations qui figurent dans les archives. De fait, la partie équatorienne et la partie colombienne de cette côte pacifique sont tout à fait comparables. Elles présentent des registres de marginalité voisins.

Pour autant, la disponibilité et la cohérence des témoignages de dommages associés aux séismes diffèrent considérablement entre Tumaco et Esmeraldas.

Cet article suggère donc l'intérêt de poursuivre les réflexions sur les relations entre contextualisations et caractéristiques des informations accessibles sur les désastres associés aux séismes (V. GARCÍA-ACOSTA et G. SUAREZ REYNOSO, 1996 ; M. ONETTO PAVEZ, 2017). Cette piste est essentielle au développement des recherches interdisciplinaires entre sciences humaines et sociales et sciences de la terre, comme à la contextualisation des politiques de prévention des désastres.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ACOSTA SOLIS M. (1944) - *Nuevas contribuciones al conocimiento de la Provincia de Esmeraldas*. Édit. His Publicaciones científicas, Quito (Équateur), 607 p.
- ARREAGA VARGAS P. (2004) - *Análisis de riesgos por tsunamis en la ciudad de Esmeraldas*. Édit. ESPOL, Guayaquil (Équateur), 320 p.
- ARTEAGA PARRALES J. (1995) - La campaña de Esmeraldas. In : *Estudios históricos de Esmeraldas*, J. GOMEZ JURADO ZEVALLOS et B. NEVAREZ MENDOZA, édit., Édit. SAG, vol. 78, Esmeraldas (Équateur), p. 31-43.
- AYALA MORA E. (2015) - *Historia del Ecuador. Época Republicana*. Édit. UASB, Quito (Équateur), 209 p.
- AZZARO R., D'AMICO S. et TUVÈ T. (2011) - Estimating the magnitude of historical earthquakes from macroseismic intensity data: new relationships for the volcanic region of Mount Etna (Italy). *Seismological Research Letters*, vol. 4, n° 4, p. 533-544.
- BAK P. (1999) - *Quand la nature s'organise, avalanches, tremblements de terre et autres cataclysmes*. Édit. Flammarion, Paris, 283 p.
- BEAUVAL C., YEPES H., BAKUN W.H., EGRED J., ALVARADO A. et SINGAUCHO J.C. (2010) - Locations and magnitudes of historical earthquakes in the Sierra of Ecuador (1587-1996). *Geophysical Journal International*, vol. 181, n° 3, p. 1613-1633.
- BEAUVAL C., YEPES H., PALACIOS P., SEGOVIA M., AALVARADO A., FONT Y., AGUILAR J., TRONCOSO L. et VACA S. (2013) - An earthquake catalog for seismic hazard assessment in Ecuador. *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. 103, n° 2A, p. 773-786.
- BEAUVAL C., MARINIÈRE J., YEPES H., AUDIN L., NOCQUET J.M., ALVARADO A., BAIZE S., AGUILAR J., SINGAUCHO J.C. et JOMARD H. (2018) - A new seismic hazard model for Ecuador. *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. 108, n° 3A, p. 1443-1464.
- BOILLOT G. (1979) - *Géologie des marges continentales*. Édit. Masson, Paris, 139 p.
- CERON SOLARTE B. (2015) - La actividad tectónica y desastres en la región colombo-ecuatoriana. In : *Los fenómenos naturales en la historia del Ecuador y del sur de Colombia*, J. NÚÑEZ SANCHEZ édit., Édit. Casa de la Cultura Ecuatoriana Benjamín Carrión, Quito (Équateur), p. 327-358.
- COLLIN DELAUAUD A. (2017) - *Les dynamiques territoriales des régions côtières de l'Équateur au XX<sup>ème</sup> siècle*. Édit. L'Harmattan, Paris, 430 p.

- COLLINS T. (2008) - The political ecology of hazard vulnerability: marginalization, facilitation and the production of differential risk to urban wildfires in Arizona's White Mountains. *Journal of Political Ecology*, vol. 15, n° 1, p. 21-43.
- CONADE (1980) - *El estrato popular urbano de la ciudad de Esmeraldas*. Édit. Consejo Nacional de Desarrollo (CONADE), Quito (Équateur), 301 p.
- D'ERCOLE R., HARDY S. et ROBERT J. (2009) - Balance de los accidentes y desastres ocurridos en La Paz, Lima y Quito (1970-2007). *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, vol. 38, n° 3, p. 433-465.
- D'ERCOLE R. et METZGER P. (2004) - *La vulnerabilidad del Distrito Metropolitano de Quito*. Édit. IRD / DMQ, Quito (Équateur), 496 p.
- D'ERCOLE R. et PIGEON P. (1999) - L'expertise internationale des risques dits naturels : intérêt géographique. *Annales de Géographie*, vol. 108, n° 608, p. 339-357.
- D'ERCOLE R. et SERRANO T. (2003) - Análisis Y cartografía de las amenazas de origen natural en la provincia de Esmeraldas. In : *Amenazas, vulnerabilidad, capacidades y riesgo en el Ecuador. Los desastres, un reto para el desarrollo*. Édit. IRD / COOPI / OXFAM, Quito (Équateur), Annexe IX, p. 1-31.
- DELER J.P. (2007) - *Ecuador: del espacio al estado nacional*. Édit. UASB / Corporación Editora Nacional / IFEA, Quito (Équateur), 480 p.
- DNDC (1997) - *Sismos y maremotos en la provincia de Esmeraldas*. Édit. Dirección Nacional de la Defensa Civil, inédit.
- EGRED J. (2009) - *Catálogo de terremotos del Ecuador 1541-2009*. Édit. Instituto Geofísico / Escuela Politécnica Nacional, Quito (Équateur), rapport interne.
- ESPINOSA APOLO M. (2000) - *Historia de los terremotos y las erupciones volcánicas en el Ecuador, siglos XVI-XX*. Édit. Taller de Estudios Andinos, collection "Memoria", vol. 6, Quito (Équateur), 202 p.
- ESPINOSA BAQUERO A. (2003) - La sismicidad histórica en Colombia. *Revista Geográfica Venezolana*, vol. 44, n° 2, p. 271-283.
- ESPINOSA BAQUERO A., GOMEZ CAPERA A.A. et SALCEDO HURTADO E.J. (2004) - State-of-the-art of the historical seismology in Colombia. *Annals of Geophysics*, vol. 47, n° 2-3, p. 437-449.
- ESTIPIÑÁN QUINTERO E., sous la direction de (2012) - *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2012-2022*. Édit. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Esmeraldas, Esmeraldas (Équateur), 216 p., en ligne : <https://www.municipioesmeraldas.gob.ec/lotaip/2013/PDyOT-FINAL.pdf>.
- ESTUPIÑÁN TELLO J. (1980) - *Instituciones y cosas de Esmeraldas*. Édit. Electrográfica Offset, collection "Monografía integral", vol. V, Esmeraldas (Équateur), 357 p.
- ESTUPIÑÁN TELLO J. (1996) - *Esmeraldas de ayer. Crónicas y anecdotario del pasado esmeraldeño*. Édit. REDIGRAF, vol. 110 SAG, vol. 10 FEDIAM, Esmeraldas (Équateur), 194 p.
- FAGNONI E., MILHAUD O. et REGHEZZA-ZITT M. (2017) - Introduction : marges, marginalité, marginalisation. *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, vol. 94, n° 3, p. 359-367.
- FÄH D., GIARDINI D., BAY F., BERNARDI F., BRAUNMILLER J., DEICHMANN N., FURRER M.,

- GANTNER L., GISLER M., ISENEGGER D., JIMENEZ M.J., KÄSTLI P., KOGLIN R., MASCIA-DRI V., RUTZ M., SCHEIDEGGER C., SCHIBLER R., SCHORLEMMER D., SCHWARZ-ZANETTI G., STEIMEN S., SELAMI S., WIEMER S et WÖSSNER J. (2003) - Earthquake catalog of Switzerland (ECOS) and the related macroseismic database. *Eclogae Geologicae Helvetiae. Swiss Journal of Geosciences*, vol. 96, n° 2, p. 219-236.
- FRANCHOMME M., SERVAIN-COURANT S. et SAJALOLI B. (2014) - De l'approche géohistorique à l'élaboration de nouveaux outils de sensibilisation et de prévention du risque inondation. *Développement Durable et Territoires*, vol. 5, n° 3 : "Géohistoire des risques et des patrimoines naturels fluviaux", en ligne : <https://journals.openedition.org/developpementdurable/10560>.
- GARCÉS J. (1942) - *Plan del camino de Quito al río Esmeraldas*. Édit. Archivo Municipal, Quito (Équateur), 287 p.
- GARCÍA-ACOSTA V. et SUAREZ REYNOSO G. (1996) - *Los sismos en la historia de México*. Édit. FECE / UNAM / CIESAS, collection "Ediciones científicas universitarias", Mexico (Mexique), 718 p.
- GEOESTUDIOS (2017) - *Estudio de microzonificación sísmica y geotécnica de la ciudad de Esmeraldas según la norma ecuatoriana de la construcción 2015. Capítulo 1 : Procedimiento de análisis y caracterización dinámica*. Édit. MIDUVI, Esmeraldas (Équateur), 112 p.
- GIESECKE A., GOMEZ CAPERA A.A., LESCHIUTTA I., MIGLIORINI E. et RODRIGUEZ VALVERDE L. (2004) - The CERESIS earthquake catalogue and database of the Andean Region: background, characteristics and examples of use. *Annals of Geophysics*, vol. 47, n° 2-3, p. 421- 435.
- JACOB-ROUSSEAU N. (2009) - Géohistoire/géo-histoire : quelles méthodes pour quel récit ? *Géocarrefour*, vol. 84, n° 4, p. 211-216.
- JARAMILLO M. (1981) - *Diagnóstico socio-económico de la Provincia de Esmeraldas*. Édit. Instituto Otavaleño de Antropología, collection "Pendoneros", Otavalo (Équateur), 3 volumes, vol. 37, 300 p., vol. 38, 295 p, vol. 39, 416 p.
- JURADO NOBOA F. (1995) - La familia Flores y la explotación de Esmeraldas. In : *Los fenómenos naturales en la historia del Ecuador y del sur de Columbia*, J. NÚÑEZ SANCHEZ édit., Édit. Casa de la Cultura Ecuatoriana Benjamín Carrión, Quito (Équateur), p. 58-66.
- LANGLOIS C. (2007) - *Sismologie*. Document en ligne, 19 p. : [http://www.normalesup.org/~clanglois/Sciences\\_Terre/Sismologie-notes.pdf](http://www.normalesup.org/~clanglois/Sciences_Terre/Sismologie-notes.pdf).
- LLIBOUTRY L. (1982) - *Tectonophysique et géodynamique*. Édit. Masson, Paris, 339 p.
- LOPEZ J. (2008) - *La construction sociale du risque à Medellín (Colombie): Gouvernance locale et représentations*. Thèse de l'EHESS, Paris, 453 p.
- LOPEZ-PELAEZ J. et PIGEON P. (2011) - Co-evolution between structural mitigation measures and urbanization in France and Colombia: a comparative analysis of disaster risk management policies based on disaster databases. *Habitat International*, vol. 35, n° 4, p. 573-581.
- MADARIAGA R. et PERRIER G. (1991) - *Les tremblements de terre*. Édit. Presses du CNRS, Paris, 210 p.
- MENONI S. et MARGOTTINI C. (2011) - *Inside Risk: A Strategy for Sustainable Risk Mitigation*. Édit. Springer, Berlin, 369 p.

- 
- MESCHINET de RICHEMOND N. (2012) - *Risques, crises et territoires: réflexions géographiques et historiques sur les cyndiniques*. Mémoire d'HDR, Université de Montpellier 3, 211 p.
- MIGEON S., GARIBALDI C., RATZOV G., SCHMIDT S., COLLOT J.Y., ZARAGOSI S. et TEXIER L. (2017) - Earthquake-triggered deposits in the subduction trench of the north Ecuador/south Colombia margin and their implication for paleoseismology. *Marine Geology*, vol. 384, p. 47-62.
- MINDA P. (2015) - La construcción del sujeto histórico afrodescendiente en Esmeraldas (Ecuador), siglos XVI y XIX. *Nova Vetera*, vol. 24, p. 5-17.
- MITCHELL T., GUHA-SAPIR D., HALL J., LOVELL E., MUIR-WOOD R., NORRIS A., SCOTT L. et WALLEMACQ P. (2014) - *Setting, measuring and monitoring targets for reducing disaster risk: recommendations for post-2015 international policy frameworks*. Édit. Overseas Development Institute, Londres, 84 p.
- MOLINA SERRANO C. (1959) - *Breve historia de los principales terremotos en la República del Ecuador*. Édit. Ministerio de Educación Pública, Observatorio Astronómico de Quito, Quito (Équateur), 25 p.
- MONCAYO P. (1860) - *Ecuador, colonias agrícolas en la costa de Esmeraldas*. Mercurio de Santos Tornero, Valparaíso (Chili), 22 p.
- MONTEVERDE GRANADOS C. (1993) - *La marina de guerra en la campana de Esmeraldas, 1913-1916*. Édit. Instituto de Historia Marítima, Guayaquil (Équateur), 227 p.
- MOSQUERA C.F. (1959) - *Contribución al estudio de la sismicidad del Ecuador. Aspectos geológicos de los sismos de Esmeraldas*. Rapport consulté à la Bibliothèque Polit, cote 551-22 M 912 C.
- NEVAREZ MENDOZA B. (2015) - Los peores terremotos de Esmeraldas en el siglo XX. In : *Los fenómenos naturales en la historia del Ecuador y del sur de Columbia*, J. NÚÑEZ SANCHEZ édit., Édit. Casa de la Cultura Ecuatoriana Benjamín Carrión, Quito (Équateur), p. 141-158.
- NISHENKO S.P. (1991) - Circum-Pacific Seismic Potential: 1989-1999. *PAGEOPH*, vol. 135, n° 2, p. 169-259.
- NOCQUET J.M., JARRIN P., VALLEE M., MOTHES P.A., GRANDIN R., ROLANDONE F., DELOUIS B., YEPES H., FONT Y., FUENTES D., REGNIER M., LAURENDEAU A., CISNEROS D., HERNANDEZ S., SLADEN A., SINGAUCHO J.C., MORA H., GOMEZ J., MONTES L. et CHARVIS P. (2017) - Supercycle at the Ecuadorian subduction zone revealed after the 2016 Pedernales earthquake. *Nature Geoscience*, vol. 10, p. 145-149.
- OJEDA SAN MARTIN C. (2006) - *El libro blanco y verde de Esmeraldas*. Édit. Sagrado Corazón, Esmeraldas (Équateur), 201 p.
- ONETTO PAVEZ M. (2017) - *Temblores de tierra en el jardín del edén. Desastre, memoria e identidad. Chile, siglos XVI-XVIII*. Édit. Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos (DIBAM)/ Centro de Investigaciones Diego Barros Ariana, collection "Societad y cultura", Santiago du Chili (Chili), 472 p.
- PEREZ ESTUPIÑAN M. (1995) - *Historia general de Esmeraldas*. Édit. Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Esmeraldas (Équateur), 224 p.
- PIGEON P. (2005) - *Géographie critique des risques*. Édit. Anthropos, collection "Econimica", Paris, 212 p.

- PIGEON P. (2012) - *Paradoxes de l'urbanisation*. Édit. L'Harmattan, Paris, 280 p.
- PIGEON P. et REBOTIER J. (2016) - *Disaster prevention policies*. Édit. ISTE Press - Elsevier, Londres (Grande-Bretagne), 230 p.
- PLATA TORRES S. (1949) - *La Provincia de Esmeraldas y sus riquezas al servicio de la patria. Limites de las provincias de Pichincha-Esmeraldas-Manabi-Imbabura*. Édit. Editorial Ecuador, Esmeraldas (Équateur), 185 p.
- PORTAIS M. et LEON J. (1986) - *Geografía básica del Ecuador. Tome 3 : Geografía urbana – El espacio urbano en el Ecuador. Red urbana, región y crecimiento*. Édit. CEDIG / IPGH, ORSTOM / IGM, Quito (Équateur), 307 p., en ligne : [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/doc34-07/26863.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/doc34-07/26863.pdf).
- PROVITOLLO D. (2002) - *Risque urbain, catastrophes et villes méditerranéennes*. Thèse de l'Université Nice-Sophia-Antipolis, 365 p.
- RAMIREZ J.E. (1975) - *Historia de los terremotos en Colombia*. Segunda edición, Édit. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2<sup>ème</sup> édition, Bogotá (Colombie), 250 p.
- REBOTIER J. (2012) - Une approche territoriale des risques. Un outil pour le chercheur, critique et réflexif. *Géographie et Cultures*, vol. 81, p. 77-90.
- REBOTIER J. (2015) - Le poids du contexte dans les études de risque. Réflexions autour d'une géographie sociale et politique. *Sciences de la Société*, vol. 96, p. 153-168.
- REBOTIER J., PIGEON P. et METZGER P. (2019) - Returning social context to seismic risk knowledge and management. Lessons learned from an interdisciplinary research in the city of Esmeraldas, Ecuador. *Cybergeo: European Journal of Geography*, document 886, en ligne : <http://journals.openedition.org/cybergeo/31787>.
- RUDOLPH E. et SZIRTES S. (1912) - Das Kolumbianische Erdbeben am 31 januar 1906. *Gerlands Beitrage zur Geophysik*, vol. 11, n° I-II, p. 132-199, et n° III, p. 207-275.
- RUEDA R. (2001) - Esclavos y negros libres en Esmeraldas siglo XVIII y XIX. *Procesos : revista acuatoriana de historia*, vol. 16, p. 3-33.
- SCHEU E. (1911) - Le grand tremblement de terre de la Colombie. In : *Catalogue régional des tremblements de terre ressentis pendant l'année 1906*, Édit. Bureau Central de l'Association Internationale de Sismologie, série 8, Strasbourg, p. 36-44.
- SINGAUCHO ARMAS J.C. (2009) - *Mapas de máximas intensidades sísmicas del Ecuador. criterios estructurales para mejorar la estimación de intensidades*. Édit. ÉEPN, Quito (Équateur), 186 p.
- SYLVA E. (2010) - *Feminidad y masculinidad en la cultura afroecuatoriana: el caso del norte de Esmeraldas*. Édit. Abya-Yala, Quito (Équateur), 436 p.
- TARDIEU J.P. (2006) - La tiranía de los negros y mulatos en Esmeraldas. In : *El negro en la Real Audiencia de Quito (s. XVI-XVIII)*, Édit. Institut Français d'Études Andines / Abya-Yala, Quito (Équateur), 384 p. (p. 29-133).
- THOMSEN M. (1978) - *La ferme sur le río Esmeraldas*. Édit. Phébus, version en français d'un ouvrage paru en 1978, Paris, 416 p.
- UNEP (2006) - *Geo-Esmeraldas. Perspectivas del medio-ambiente urbano*. Édit. PNUMA, 111 p, en ligne : <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/2008GEOEsmeraldas.pdf>.

- 
- UNISDR (2015) - *Global Assessment Report. Making development sustainable: the future of disaster risk management*. Édit. United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Genève, 311 p. (307 p. + index), en ligne : <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/42809>.
- VANNEY J.R. (1977) - *Géomorphologie des plates-formes continentales*. Édit. Doin, Paris, 300 p.
- WOLF T. (1871) - *Informe del reverendo padre Teodoro Wolf de la Compañía de Jesús acerca del fenómeno físico en la costa de Manabí*. Édit. Imprenta Nacional, Quito (Équateur), 12 p.
- WOLF T. (1879) - *Memoria sobre la geografía y geología de la Provincia de Esmeraldas*. Édit. Biblioteca Ecuatoriana de Ultimas Noticias, 57 p., ouvrage réédité en 1964 par la maison d'édition El Comercio, 85 p.
- WOLF T. (1889) - Ciencias. *El Globo*, 27 mars, p. 2-3.
- WOLF T. (1892) - *Geografía y geología del Ecuador*. Édit. F.A. Brockhaus, Leipzig (Allemagne), 671 p., mis en ligne en 2006 par Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, Alicante, Espagne : <http://www.cervantesvirtual.com/obra/geografia-y-geologia-del-ecuador/>.