

UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES
FACULTÉ DES SCIENCES

Département des Sciences de la Terre et de l'Environnement

L'ACTIVITÉ SISMIQUE EN ARDENNE ET SA RELATION AVEC LA TECTONIQUE ACTIVE

Thèse de Doctorat réalisée par

THOMAS LECOQC

en vue de l'obtention du grade de Docteur en Sciences

Thèse réalisée à

l'Observatoire royal de Belgique

Direction Opérationnelle "Séismologie et Gravimétrie"

Composition du Jury :

Promoteur : Pr. Alain Prémat, ULB

Promoteur : Prof. Thierry Camelbeeck, Chef de D.O. "Séismologie et Gravimétrie", ORB

Présidente : Pr. Lei Chou, ULB

Secrétaire : Pr. Sara Vandycke, UMon

Membre : Pr. Vincent Hallet, FUNDP Namur

Expert étranger : Pr. Dr. Klaus-G. Hinzen, Professeur à l'Université de Cologne et Directeur du réseau sismologique Bensberg, Allemagne

Janvier 2011

MERCI

Un jour, quelqu'une m'a dit "Tout vient de Pharaon". En fait, on devrait plutôt dire "Tout vient d'Egypte Ancienne". En effet, je ne peux commencer ces (longs) remerciements sans citer un jeune scribe érudit :

Vous savez, moi je ne crois pas qu'il y ait de bonne ou de mauvaise situations. Moi, si je dois résumer ma vie aujourd'hui avec vous, je dirais que c'est d'abord des rencontres.

Des rencontres, oui. Des décisions, aussi. Par exemple, ne pas m'inscrire en polytechnique. Choisir la géologie, "ah c'est bien mais quels sont les débouchés?". Dès que possible, choisir les options qui me permettent d'aller un maximum sur le terrain et de me rapprocher de la géophysique.

Rencontrer Monsieur Camelbeeck.

Aaah, Thierry, ce que je suis heureux d'avoir, un matin de novembre 2004, attendu la fin de ton cours pour te demander si, l'année suivante, je pourrais faire mon mémoire de licence dans ton labo. Ensuite, tout s'est enchaîné si rapidement : la mission en Bulgarie, la 2^{ième} licence, le mémoire. "Tu as une idée de ce que tu veux faire après?". Cette dizaine de mots suffisait pour me lancer pour 4 ans, un FRIA en poche, pour étudier l'Ardenne sous toutes ses coutures. Janvier 2011, cela fait 6 ans que je t'ai demandé pour ce mémoire ! Et me voilà avec une thèse...

Alors, Thierry, 5 lettres pour ces 6 premières années de sciences et pour toutes celles qui suivront :

MERCI

Alain, ta confiance pendant mes années d'unif et continue tout au long mon doctorat m'est chère.

Merci pour tout !

Alors, oui, une thèse c'est dur. Surtout pour ses proches. En général, on garde les proches pour la fin, mais si je faisais "comme on fait d'habitude", le lecteur attentif serait surpris. Donc, mes proches. Mes parents et ma sœur, sans qui je ne serais pas là ce soir. Euh, non, ça c'est mon discours pour les Oscars. Merci à vous, mes parents, ma sœur et bon-papa, de m'avoir supporté depuis tant et tant d'années... Je vous aime fort ! Phine, ma belle, toi aussi aujourd'hui, tu peux clamer haut et fort "J'ai survécu à son doctorat". Merci de m'avoir soutenu. J't'aime très beaucoup très fort ! Promis, demain je fixe la hotte !

Des rencontres, des personnes. D'un coin à l'autre du monde, d'un sujet à l'autre de mes recherches, j'ai été amené à rencontrer et côtoyer tant de gens. Je dois d'abord remercier mes deux fidèles géologues de terrains avec qui j'ai passé un mois entier à arpenter la Crête de la Vecquée. Corentin et Nathalie, merci ! Le terrain, cela ne se fait rarement (jamais?) seul. J'ai eu la chance d'avoir à mes côtés des personnes précieuses, comme Koen, Baudouin ou Stefaan. Michel et son gravimètre sur la Vecquée, encore des moments inoubliables. Deux stages de terrains, une vingtaine d'étudiants en géologie, plein plein de bras ! Des mesures complémentaires, avec Dim, c'est lourd ce H/V ! Johan et son DGPS bien utile ! Le logement à la station scientifique des Hautes-Fagnes, Louis, Merguez et Michel. Que nous étions heureux Co, Nat et moi d'être là quand tu es revenu tout fier annonçant la naissance du petit roi Arthur. Ailleurs, ce terrain en Turquie, avec Jeff, David et Aurélia, quelle expérience ! Plus loin de la géologie, mais toujours en géosciences, c'est certain, Lei, que je reviendrai à bord du Belgica !

D'autres rencontres, dans des meetings, des réunions ou des collaborations. Les "Rhine Meuse Seismologists", par exemple, lors des réunions semestrielles pour faire avancer la connaissance sismologique de nos régions. Depuis 1 an, notre collaboration avec Bensberg pour l'alerte sismique, un vrai succès basé sur des personnes efficaces. K(C)laus, Danke ! A Bogdan, qui m'a attribué mon premier oral à l'AGU et à Guoqing pour ma première session AGU coprésidée ! Depuis 2 ans, "L'Artois Groupe". Une autre bande de fous qui crapahutent sur des pentes crayeuses pleines de bombes de la première guerre à la recherche de failles. Déjà 4 terrains inoubliables ! Sara, merci pour tes conseils et ta confiance !

Et puis, une thèse, ça s'accompagne d'un biotope particulier. Il est agréable d'être entouré de personnes avec qui on s'entend bien. J'ai cette chance. Des autres collègues de la séismo (Fred, Henri, Kris, Giovanni, Eddy, William, Leslie) au service technique (Marc, Bert, Vincent, ...) en passant par les geeks (Fab10n, André, David(s), Katinka), les RH qui acceptent toujours mes avis de mission en retard (Véro, Anja, Cécile et Lies) ou la comptabilité (Olivier, Ilse et Ronny), l'Observatoire est riche de ces personnes qui m'ont aidé, parlé, supporté, ... Ce bon biotope a un patron, et un bon ! Ronald, merci de ta confiance et de tes encouragements, ils sont précieux.

Merci à Vincent Hallet d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse.

Enfin, j'ai bénéficié d'une bourse FRIA pour réaliser cette thèse, merci !

Je cherche la faille...

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION GÉNÉRALE	9
ETUDE SISMOTECTONIQUE DE L'ARDENNE	11
CHAPITRE 1. L'ÉTUDE DES TREMBLEMENTS DE TERRE EN BELGIQUE.....	13
1.1. Le réseau de surveillance sismique belge	14
1.2. Le catalogue de l'Observatoire royal de Belgique.....	15
1.3. Mesures des phases sismiques et paramètres des sources sismiques.....	18
1.4. Localisations et relocalisations.....	20
1.5. Contrôle et validation des méthodes de relocalisation.....	24
1.6. Mécanisme au foyer d'un séisme	39
1.7. Identification de structures actives à partir de la distribution des foyers sismiques.....	45
1.8. Conclusions du chapitre.....	51
CHAPITRE 2. GÉOLOGIE, TECTONIQUE ET DÉFORMATIONS DE L'ARDENNE.....	55
2.1. Origine géologique et orogénèses	55
2.2. Evolution géomorphologique de l'Ardenne.....	61
2.3. Mouvements actuels de l'Ardenne	73
2.4. Conclusions du chapitre.....	74
CHAPITRE 3. ACTIVITÉ SISMIQUE ET CADRE SISMOTECTONIQUE EN ARDENNE.....	77
3.1. Séismicité historique et instrumentale	77
3.2. La séismicité de 1985 à 2010.....	85
3.3. Partie Ardennaise du Hainaut	91
3.4. La Zone Faillée de Hockai	101
3.5. La région de Manderfeld.....	109
3.6. La Zone "Ardenne Ouest".....	119
3.7. La Zone "Ardenne Est – Eifel".....	125
3.8. Séismes en dehors des zones prédéfinies	128
3.9. Conclusions du chapitre.....	131
CHAPITRE 4. STRUCTURES GÉOLOGIQUES ET SÉISMES EN ARDENNE.....	133
4.1. Observations géodésiques et géophysiques.....	133
4.2. Corrélations entre les données géophysiques.....	150
4.3. Conclusions du chapitre.....	152
RECHERCHE DE STRUCTURES ACTIVES ASSOCIÉES A LA ZONE FAILLÉE DE HOCKAI....	155
CHAPITRE 5. IDENTIFICATION DE FAILLES SUR LE TERRAIN	157
5.1. Bases cartographiques.....	157
5.2. Méthodes de prospection utilisées et développements méthodologiques.....	159
5.3. Evaluation de la sensibilité de la méthode de résistivité électrique.....	169
5.4. Analyse combinée des différents types de données géophysiques	170
5.5. Conclusions du chapitre.....	175

CHAPITRE 6. LA ZONE FAILLÉE DE HOKKAI	177
6.1. Données existantes	177
6.2. Synthèse de l'orientation probable de le ZFH.....	188
6.3. Nouvelles données géophysiques sur la Crête de la Vecquée.....	189
6.4. Observations géomorphologiques complémentaires	245
6.5. Histoire de la Hoëgne.....	247
6.6. Conclusions du chapitre.....	247
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....	253
BIBLIOGRAPHIE	257