



Secousses fortes selon les enregistrements sismométriques à proximité du séisme de Val-des-Bois (Québec) du 23 juin 2010

Lin Lan et John Adams

Rapport interne 2010-2.1 du Service canadien d'information sur les risques

Version 1, 201007012

**Commission géologique du Canada
7, croissant de l'Observatoire
Ottawa (Ontario) K1A 0Y3**

Citation recommandée : Lin, L. et Adams, J. 2010. Secousses fortes selon les enregistrements sismométriques à proximité du séisme de Val-des-Bois (Québec) du 23 juin 2010. Rapport interne 2010-2.1 du Service canadien d'information sur les risques, 23 pages plus une annexe numérique.

Remarque : Ce rapport interne du Service canadien d'information sur les risques est une version préliminaire d'un rapport qui sera publié comme dossier public de la CGC une fois terminées les révisions et l'évaluation du rapport à l'interne; le rapport préliminaire est publié pour fournir aux chercheurs un accès rapide aux données de la CGC avant la publication du dossier public.



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

Canada

ABSTRACT

This report presents preliminary information for the strong ground motions recorded by nearby seismometers during the moment magnitude (M_w) of 5.0 June 23rd 2010 Val-des-Bois earthquake.

RÉSUMÉ

Ce rapport présente des informations préliminaires sur les secousses fortes enregistrées par des sismomètres proches lors du séisme de magnitude de moment (M_w) 5,0 à Val-des-Bois, le 23 juin 2010.

INTRODUCTION

La Commission géologique du Canada (CGC) exploite actuellement deux réseaux de surveillance des mouvements du sol dans l'Est du Canada, en l'occurrence un réseau de détection des secousses faibles, et un autre pour les secousses fortes. Différents instruments sont utilisés dans ces deux réseaux. Des appareils Etna et des accéléromètres Internet (IA) sont utilisés pour les secousses fortes, tandis que des sismomètres sont utilisés pour les secousses faibles. Il convient de mentionner que les instruments Etna et IA enregistrent les accélérations, tandis que les sismomètres enregistrent les **vitesse**s.

Le séisme de Val-des-Bois du 23 juin 2010 était le plus important séisme récent dans l'Est du Canada. L'épicentre du séisme était à 45,90° de latitude N. et à 75,50° de longitude O. La magnitude de moment (M_w) du séisme était de 5,0. La profondeur de la source était de 22,4 km. Lors de cet événement, les instruments (Etna, IA, sismomètres) des réseaux de détection de secousses fortes et faibles ont été déclenchés, et la CGC a ainsi obtenu un grand nombre d'enregistrements dus à ce séisme.

Les enregistrements obtenus par les instruments Etna et IA du réseau des secousses fortes ont été diffusés par la CGC 48 heures après le séisme. Le rapport préliminaire décrivant ces enregistrements, y compris les données numériques des enregistrements, a été publié sur le site de Séismes Canada à <http://seismescanada.rncan.gc.ca/index-fra.php> (Lin et Adams 2010).

Le présent rapport contient les enregistrements obtenus par les sismomètres du réseau des secousses faibles à proximité du séisme. Il convient de noter que le sismomètre de Montréal (MNT) était temporairement retiré de son bâtiment pour des rénovations, et la station MNT ne possède donc pas d'enregistrement sismométrique pour ce séisme. Au total, nous présentons dans ce rapport 24 composantes enregistrées à 11 stations (tableau 1). Pour ce qui est des conditions du sol, 7 stations sont sur le substratum rocheux et 4 sur le sol. Les enregistrements ont été obtenus à des distances d'environ 20 à 160 km de l'épicentre. Aux fins d'exhaustivité, les fichiers numériques des données enregistrées sont également inclus dans ce rapport. Il convient de mentionner que les enregistrements obtenus par les sismomètres à des distances de plus de 160 km ne sont pas inclus dans ce rapport, car les valeurs d'accélération maximale du sol (AMS) dans ces enregistrements sont très faibles.

Les formes d'onde de tous les enregistrements sont présentées à l'annexe A. Des explications détaillées sur l'utilisation des fichiers numériques figurent à l'annexe B, ainsi que les données brutes pour les mouvements du sol.

ENREGISTREMENTS SISMOMÉTRIQUES DISPONIBLES POUR LE SÉISME DE VAL-DES-BOIS DU 23 JUIN 2010

Information sur les stations

De nombreux enregistrements obtenus par les sismomètres du réseau des faibles secousses de la CGC ont été extraits depuis le séisme de Val-des-Bois. Au total, 24 composantes enregistrées à des distances allant jusqu'à 160 km sont incluses dans le présent rapport. La répartition de ces stations est illustrée à la figure 1. Des informations détaillées sur les stations sont données au tableau 1. Les enregistrements ont été obtenus par 11 stations, dont 8 sont situées en Ontario et 3 au Québec (c.-à-d. GAC, GRQ et TRQ). Comme on le voit dans le tableau 1, sept stations reposent sur le substratum rocheux et quatre sur le sol. Les vitesses des ondes S dans les 30 premiers mètres (V_{s30}) pour les stations OTT, GRQ et WBO sont données dans Beresnev et Atkinson (1997). Les valeurs V_{s30} pour les autres stations ne sont pas encore disponibles.

Caractéristiques des sismomètres

En vue du traitement des données, il est important de connaître les caractéristiques des instruments. Comme les enregistrements présentés dans ce rapport ont été obtenus par des sismomètres, voici les principales caractéristiques de ce type d'instrument :

- Type de données : Les données enregistrées par un sismomètre sont des **vitesses**.
- Nombre de composantes enregistrées : Chaque enregistrement se compose d'une composante verticale (V) pour les instruments de courte durée en utilisant les sismomètres S-13, ou de trois composantes des mouvements sismiques du sol, soit deux composantes horizontales perpendiculaires (N.-S. et E.-O.) et une composante verticale (V), pour les instruments utilisant les sismomètres Güralp CMG-3.
- Code de canal : Les codes de canal pour les composantes enregistrées dépendent du type de sismomètre. Pour le sismomètre vertical (c.-à-d., période limite inférieure à 10 s), le code de canal est EHZ, tandis que pour le sismomètre à large bande (c.-à-d. période limite supérieure à 10 s), les codes de canal pour les composantes N.-S., E.-O. et V sont HHN, HHE et HHZ, respectivement.
- Taux d'échantillonnage : Le taux d'échantillonnage du sismomètre est de 100 échantillons par seconde (c.-à-d. l'intervalle des données enregistrées est de 0,01 s) pour les enregistrements présentés dans ce rapport.
- Unités : Les données enregistrées par sismomètre sont en unités de coups. Le facteur d'étalonnage pour convertir les coups en unités SI, comme m/s^2 , diffère d'une station à l'autre.

Données disponibles

Comme nous le mentionnons ci-dessus, 24 composantes des enregistrements sismométriques obtenus lors du séisme de Val-des-Bois, le 23 juin 2010, sont incluses dans le présent rapport. Les informations pour les enregistrements ainsi que les accélérations maximales du sol (AMS) pour chacune des composantes considérées figurent au tableau 2. Parmi les composantes enregistrées dans le présent rapport, les sismogrammes de 7 composantes étaient écrêtés (c.-à-d. la composante EHZ à la station GAC, les composantes HHN, HHZ et EHH à la station ORHO, et les composantes EHZ, HHZ et HHE à la station OTT). En outre, l'enregistrement pour la composante EHZ à la station GRQ est partiel seulement, car le gain actuellement assigné à son numériseur semble être erroné par quatre ordres de grandeur. Toutefois, aux fins d'exhaustivité, toutes les 24 composantes (y compris les composantes écrêtées) sont présentées dans le présent rapport afin de constituer une documentation complète des enregistrements sismométriques obtenus pendant ce séisme.

À titre d'illustration, le sismogramme écrêté pour la composante EHZ à la station GAC est représenté à la figure 2(a). La forme d'onde illustrée comprend l'arrivée de l'onde S et la secousse forte subséquente; l'arrivée de l'onde P est hors graphique à la gauche. On doit noter que la trace sur la figure 2(a) représente la vitesse en unités de coups, enregistrée par le sismographe (voir la section « Caractéristiques des sismomètres »). On voit également sur la figure 2(a) que le sismogramme est fortement écrêté entre les marques de 30 et 31 secondes et quelques pics peuvent être également écrêtés aussi tard que 32,3 secondes. L'heure indiquée sur l'axe horizontal est le temps relatif par rapport au début de l'événement (20100623.174120 UTC), indiqué dans le coin supérieur gauche du graphique. Le temps de début de l'événement a été utilisé pour extraire les enregistrements de la base de données de la CGC. Comme les ingénieurs de structures ont habituellement besoin de données sur les accélérations, les données sur les vitesses ont été converties en accélération (voir la section suivante au sujet de la conversion en accélération). La forme d'onde des accélérations sur la figure 2(b) est obtenue en convertissant la forme d'onde de la vitesse illustrée à la figure 2(a). On remarque que même si l'écrêtement n'est pas immédiatement apparent dans la trace d'accélération (figure 2(b)), les données d'accélération entre les marques de 30 et de 32,3 secondes ne sont pas tout à fait correctes, et l'enregistrement des accélérations est environ zéro lorsque l'enregistrement de la vitesse est écrêté.

Comme les plus grandes accélérations peuvent être à proximité du passage à zéro des formes d'onde de la vitesse, il est possible que les pics de l'enregistrement des accélérations à la station GAC soient encore utilisables. Toutefois, nous notons que l'accélération de pointe sur l'enregistrement de la station GAC est de $0,45 \text{ m/s}^2$. Cela semble un peu faible, car cette station est située deux fois moins loin de l'épicentre que la station OTT, pour laquelle l'enregistreur de secousses fortes Etna a indiqué une valeur de $0,3 \text{ m/s}^2$ (Lin et Adams, 2010). Nous notons également que l'enregistrement des vitesses à la station ORHO est écrêté (figure 3), mais donne néanmoins des accélérations maximales de 1 m/s^2 , soit 10 % g.

Formes d'onde des accélérations

Comme nous le mentionnons ci-dessus, les ingénieurs utilisent couramment les accélérations plutôt que les vitesses. Comme les enregistrements des sismomètres sont des valeurs de vitesse, on doit les convertir en accélération. Aux fins du présent rapport, toutes les 24 composantes (y compris les composantes écrêtées) ont été converties en **accélérations** en utilisant le logiciel SAC (1989) dans le domaine temporel. La conversion a été effectuée en tenant compte de la différenciation en deux points, qui est l'option par défaut dans SAC.

Les formes d'onde des accélérations pour les 24 composantes considérées dans ce rapport sont données à l'annexe A. Les enregistrements écrêtés sont indiqués en « rouge » dans les légendes des figures (et aussi dans le tableau 2). Nous recommandons fortement que les ingénieurs de structures n'utilisent pas les enregistrements écrêtés dans les analyses des structures dans le temps.

RÉSUMÉ

Ce rapport présente les enregistrements des mouvements du sol lors du séisme de Val-des-Bois du 23 juin 2010, obtenus par les sismomètres du réseau de surveillance des faibles secousses de la Commission géologique du Canada. Les enregistrements étudiés dans ce rapport ont été obtenus à des distances allant d'environ 20 à 160 km de l'épicentre. En tout, 24 composantes des mouvements du sol sont incluses dans le présent rapport.

SOURCE DE DONNÉES DES FORMES D'ONDES DES VITESSES

Les enregistrements des mouvements sismiques du sol depuis 1975, obtenus par les sismomètres de la Commission géologique du Canada, peuvent être téléchargés par AutoDRM à <http://seismescanada.mcan.gc.ca/stndon/AutoDRM/index-fra.php>. Veuillez noter que les données en ligne sont des vitesses en unité de coups. Les enregistrements sismométriques du séisme de Val-des-Bois par **toutes** les stations (environ 100 au total) seront également disponibles dans un proche avenir en passant par le lien <http://seismescanada.mcan.gc.ca/stndon/NWFA-ANFO/eve/index-fra.php>.

RÉFÉRENCES

Lin, L. et Adams, J. 2010. Strong Motion Records of the Val-des-Bois, Québec, Earthquake of June 23, 2010. Canadian Hazard Information Service Internal Report 2010-1.1, 20 pages et annexe numérique; version 1 publiée sur le Web le 2010-06-25.

Beresnev, I.A. et Atkinson, G.M. 1997. Shear-wave velocity survey of seismographic sites in Eastern Canada: calibration of empirical regression method of estimating site response. *Seismological Research Letters*, vol. 68, numéro 6, pages 981-987.

SAC. 1989. Seismic Analysis Code, Lawrence Livermore National Laboratory, University of California, Livermore, CA.

Tableau 1. Liste des stations sismométriques avec les enregistrements inclus dans ce rapport, pour le séisme de Val-des-Bois (profondeur de la source = 22,4 km),

N°	Code de la station	Nom de la station	Coordonnées	Altitude (m)	Condition du sol	Vs30 (m/s)	Distance de l'épicentre (km)	Distance de l'hypocentre (km)	Azimut (degrés)
1	GAC	Glen Almond (Québec)	45,7033° N. 75,4783° O.	62	Roche		21,9	31,3	175,6
2	ORHO	Orleans, Ottawa (Ontario)	45,4563° N. 75,5367° O.	51	Sol		49,4	54,2	183,3
3	ORIO	Orleans, Ottawa (Ontario)	45,4515° N. 75,5111° O.	74	Roche		49,9	54,7	181,0
4	ALFO	Alfred (Ontario)	45,6283° N. 74,8842° O.		Till ?		56,5	60,8	122,1
5	OTT	Ottawa (Ontario)	45,3942° N. 75,7167° O.	77	Roche	1 914	58,7	62,8	196,8
6	TRQ	Mont-Tremblant (Québec)	46,2175° N. 74,5514° O.	864	Roche		81,3	84,3	63,9
7	GRQ	Grand-Remous (Québec)	46,6067° N. 75,8600° O.	290	Roche	1 889	83,3	86,3	340,7
8	WBO	Williamsburg (Ontario)	45,0003° N. 75,2750° O.	85	Roche	1 734	100,1	102,6	177,4
9	PEMO	Pembroke (Ontario)	45,6773° N. 77,2466° O.	180	Sol		137,7	139,5	260,3
10	CRLO	Chalk River (Ontario)	46,0375° N. 77,3801° O.	168	Roche		146,1	147,8	276,7
11	PLVO	Plevna (Ontario)	45,0396° N. 77,0754° O.		Roche		155,7	157,3	232,7

Tableau 2. Liste des AMS d'après les enregistrements sismométriques proches, pour le séisme de Val-des-Bois (profondeur de la source = 22,4 km).

N°	Code de la station	Code de la composante	Commentaire	Distance de l'épicentre (km)	Distance de l'hypocentre (km)	AMS (m/s ²)	Condition du sol
1	GAC	EHZ	Enr. écrêté	21,9	31,3	0,454	Roche
2	ORHO	HHN	Enr. écrêté	49,4	54,2	1,054	Sol
		HHZ	Enr. écrêté			0,945	
		HHE	Enr. écrêté			1,068	
3	ORIO	HHN		49,9	54,7	0,434	Roche
		HHZ				0,151	
		HHE				0,435	
4	ALFO	HHN		56,5	60,8	0,169	Till?
		HHZ				0,081	
		HHE				0,117	
5	OTT	EHZ	Enr. écrêté	58,7	62,8	0,192	Roche
		HHN				0,220	
		HHZ	Enr. écrêté			0,186	
		HHE	Enr. écrêté			0,278	
6	TRQ	EHZ		81,3	84,3	0,070	Roche
7	GRQ	EHZ	Gain incorrect	83,3	86,3		Roche
8	WBO	EHZ		100,1	86,3	0,032	Till
9	PEMO	HHN		137,7	139,5	0,216	Sol
		HHZ				0,008	
		HHE				0,145	
10	CRLO	EHZ		146,1	147,8	0,061	Roche
11	PLVO	HHN		155,7	157,3	0,077	Roche
		HHZ				0,066	
		HHE				0,091	

Remarque : Les valeurs en **rouge** indiquent des accélérations extraites des enregistrements écrêtés, et ils peuvent ne pas être fiables.

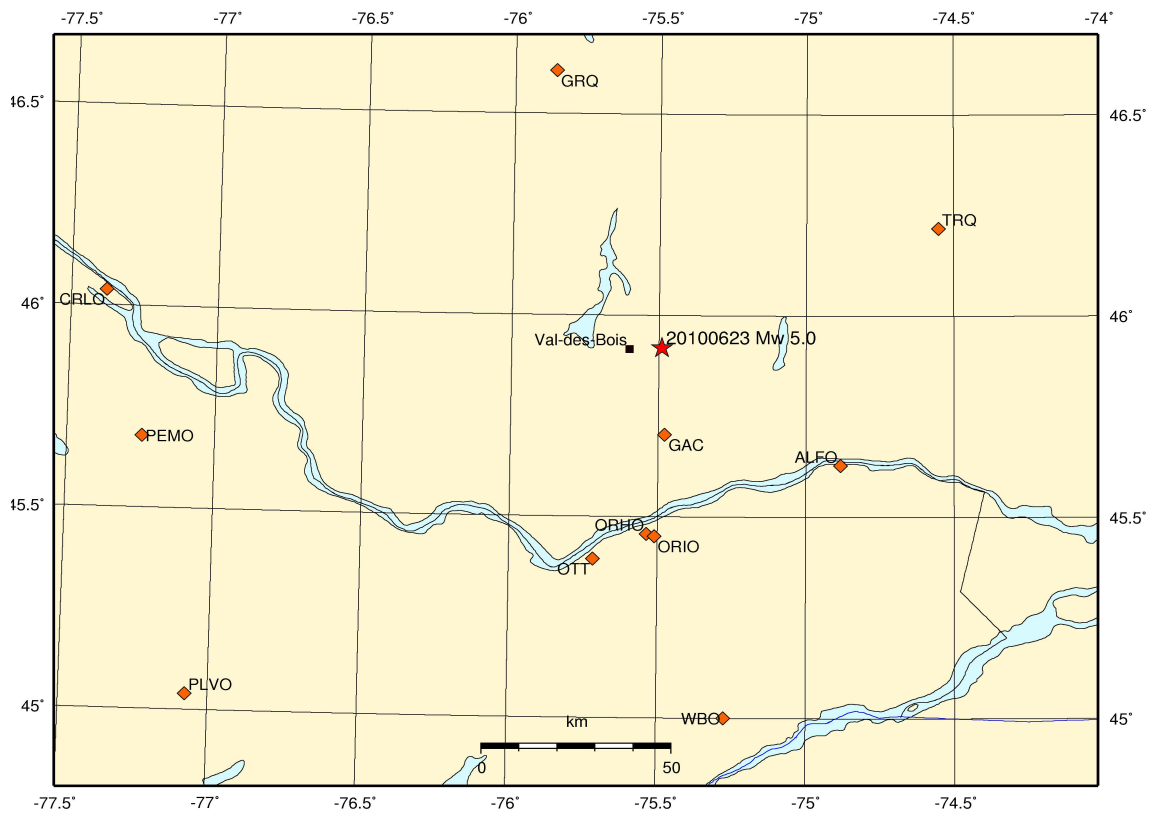


Figure 1. Emplacements des stations proches qui ont obtenu des enregistrements sismométriques lors du séisme de Val-des-Bois.

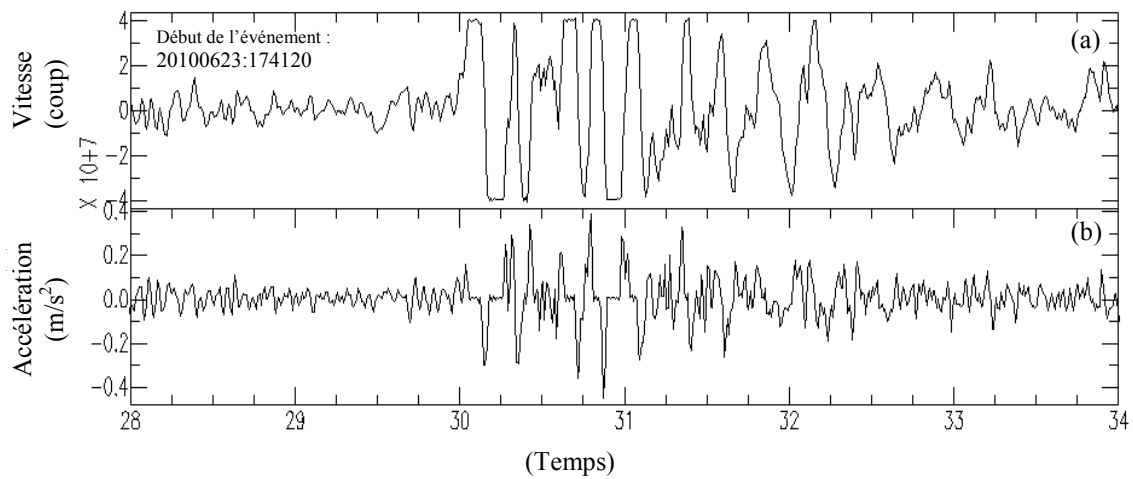


Figure 2. Illustration de la forme d'onde écrêtée de la vitesse, enregistrée par le sismomètre de la station GAC, et de la forme d'onde convertie en accélération. La forme d'onde illustrée montre l'arrivée des ondes S et la secousse forte subséquente; l'arrivée des ondes P est hors graphique, à la gauche. On remarquera que l'enregistrement de l'accélération est à peu près zéro quand l'enregistrement de la vitesse est écrêté.

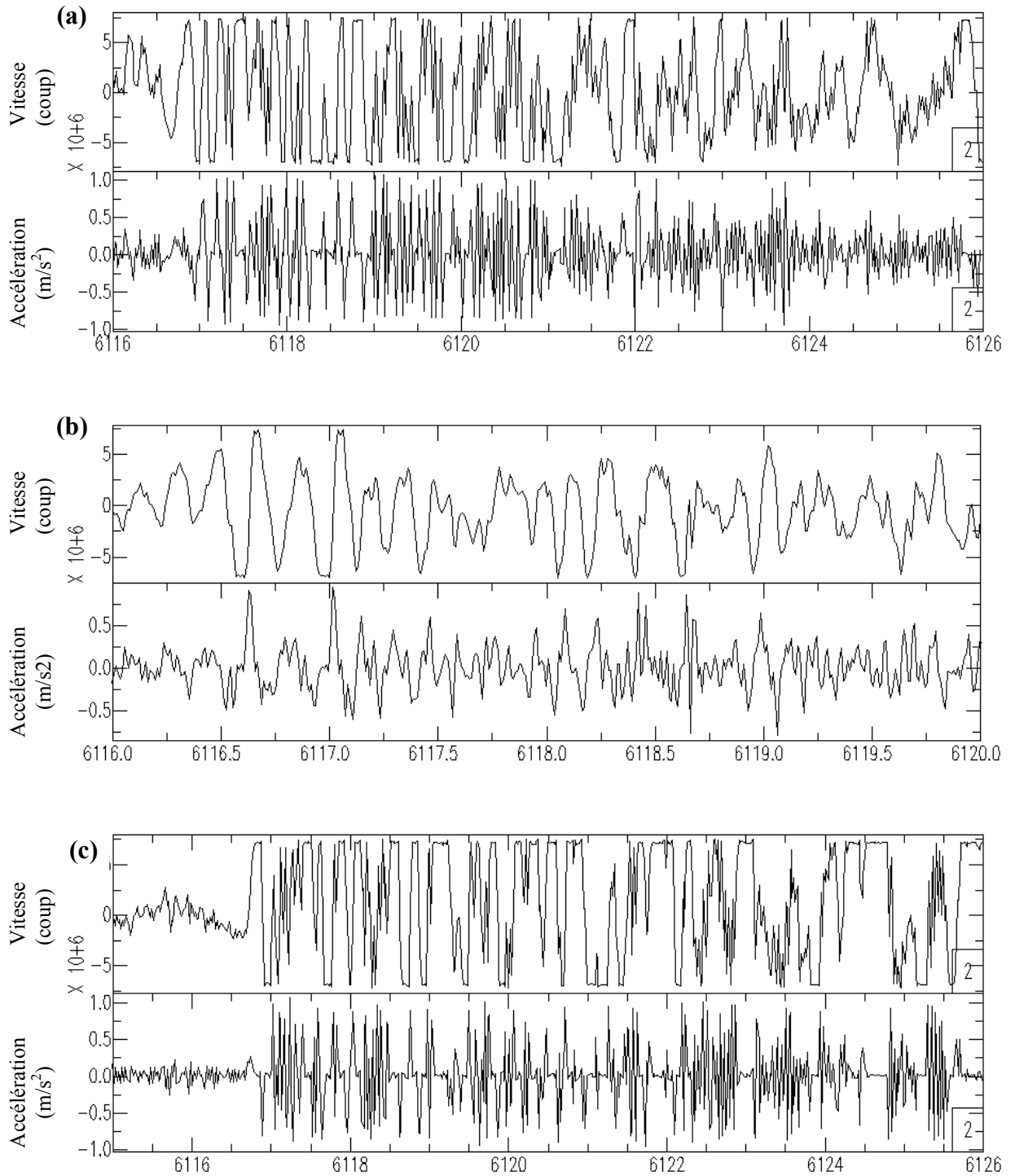


Figure 3. Illustration des formes d'onde écriêtées de la vitesse, enregistrées par le sismomètre de la station ORHO, et des formes d'onde converties en accélération; l'heure de début est 20100623:160000 : a) composante HHN, b) composante HHZ, c) composante HHE.

ANNEXE A

FORMES D'ONDE DES ACCÉLÉRATIONS (Unité en m/s^2)

Station GAC, EHZ, **enregistrement écrêté**

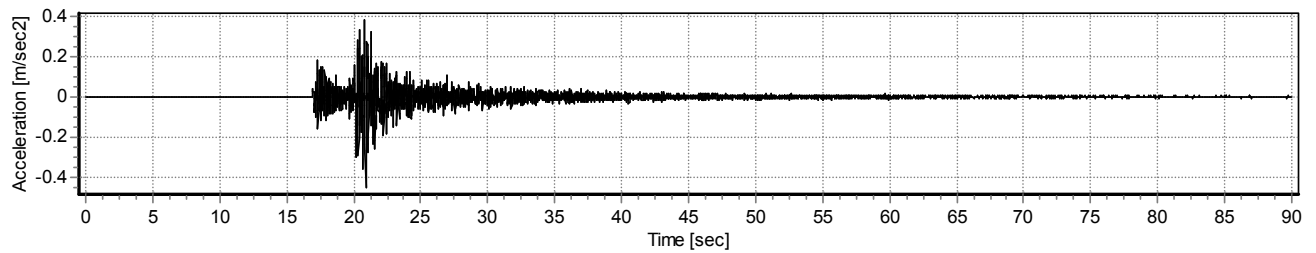
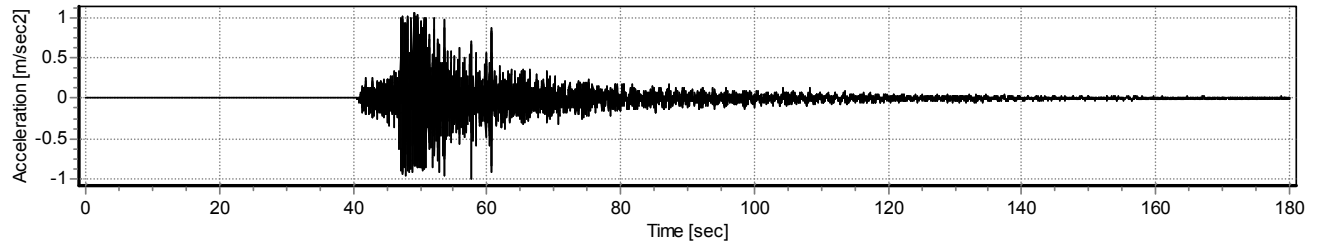


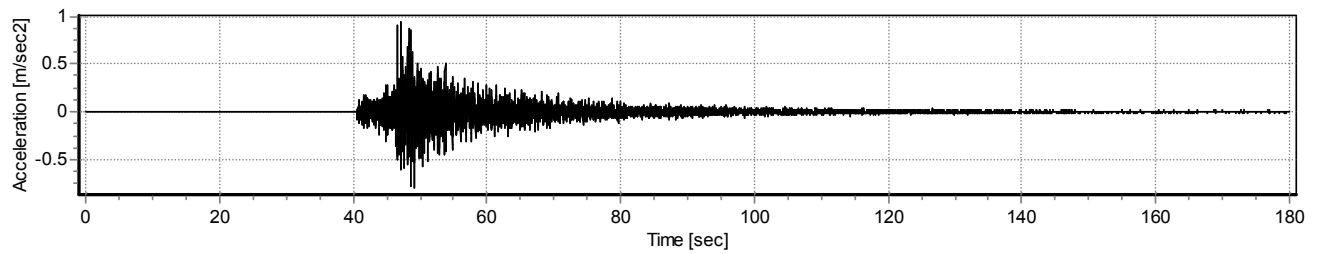
Figure A1. Forme d'onde des accélérations pour la composante EHZ enregistrée par le sismomètre de la station GAC.

Station ORHO

HHN, enregistrement écrêté



HHZ, enregistrement écrêté



HHE, enregistrement écrêté

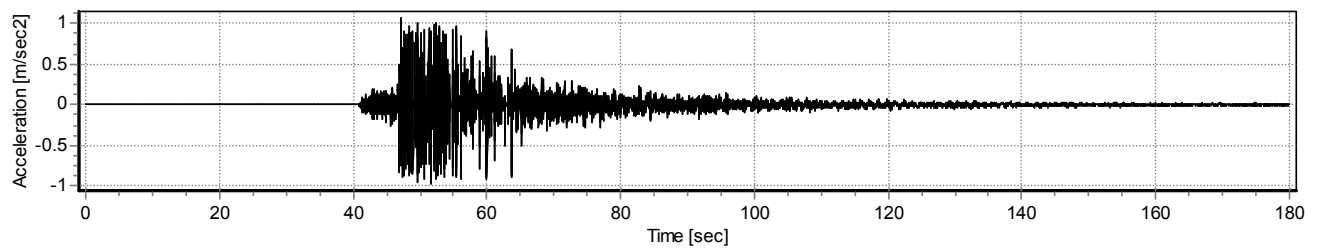
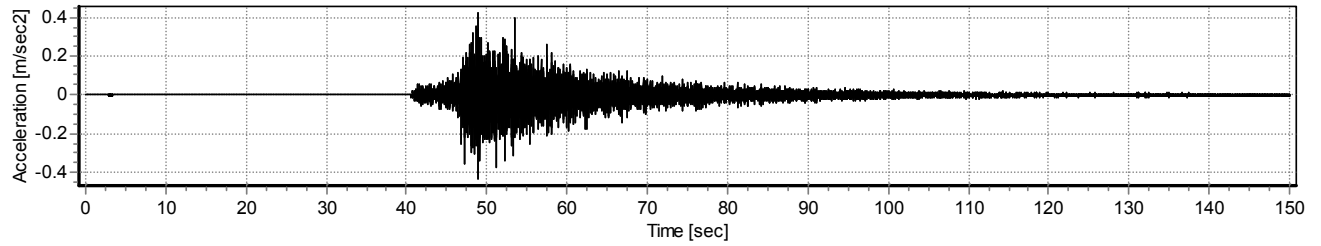


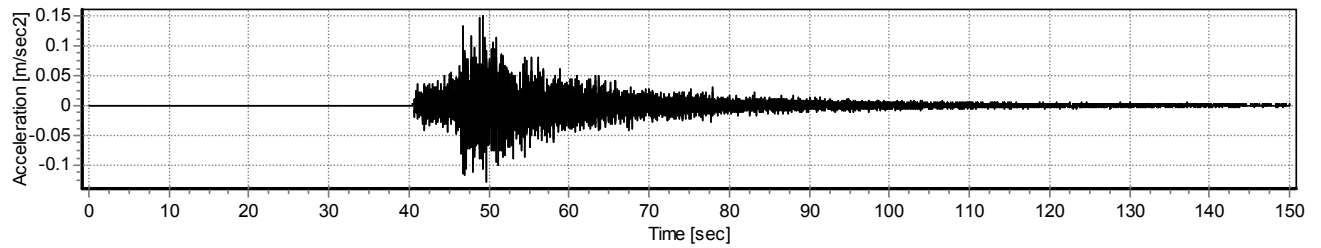
Figure A2. Formes d'onde des accélérations pour les composantes HHN, HHZ et HHE enregistrées par le sismomètre de la station ORHO.

Station ORIO

HHN



HHZ



HHE

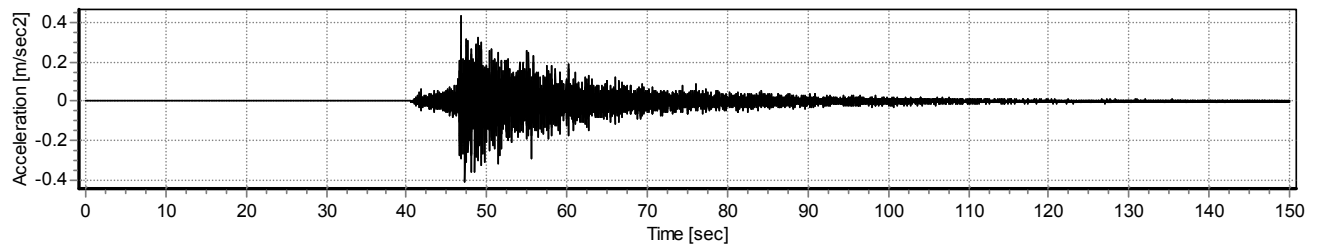
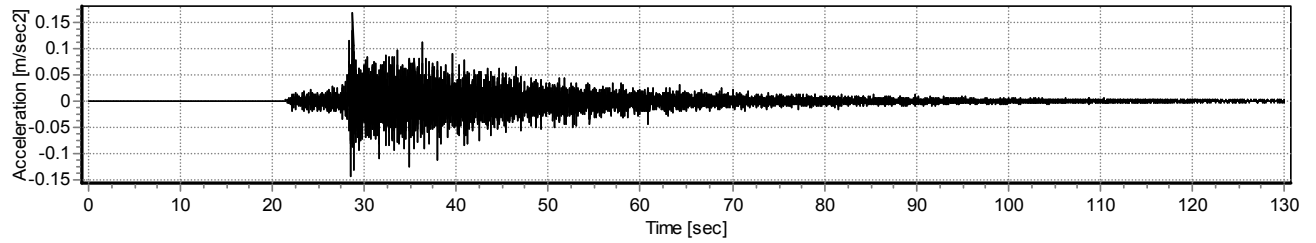


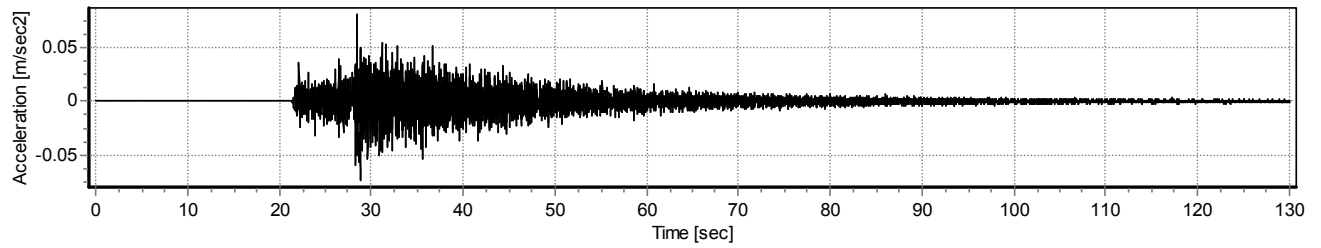
Figure A3. Formes d'onde des accélérations pour les composantes HHN, HHZ et HHE enregistrées par le sismomètre de la station ORIO.

Station ALFO

HHN



HHZ



HHE

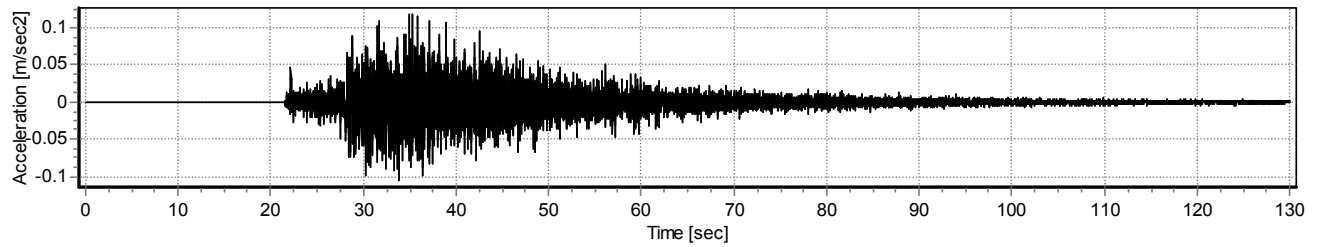
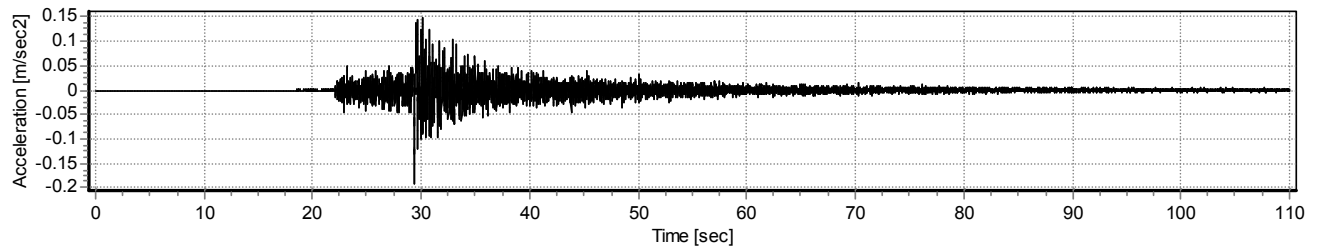


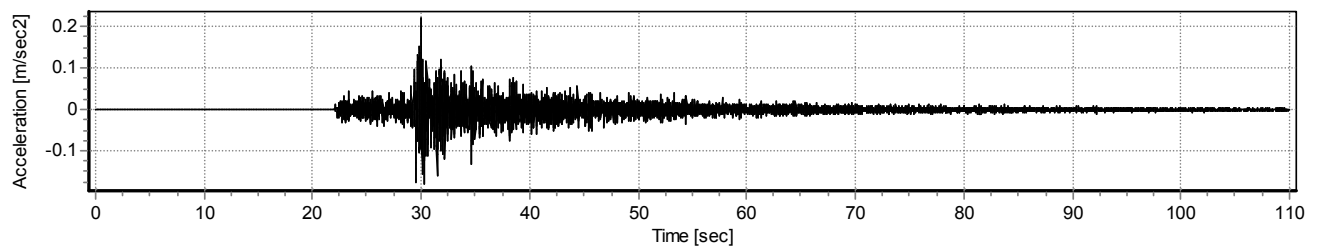
Figure A4. Formes d'onde des accélérations pour les composantes HHN, HHZ et HHE enregistrées par le sismomètre de la station ALFO.

Station OTT

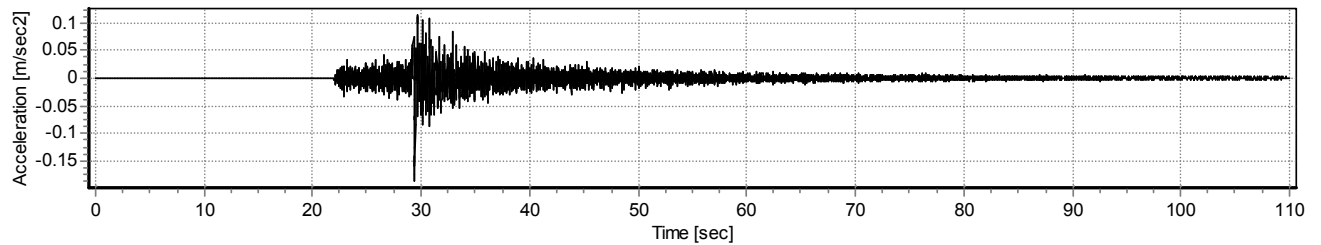
EHZ, enregistrement écrêté



HHN



HHZ, enregistrement écrêté



HHE, enregistrement écrêté

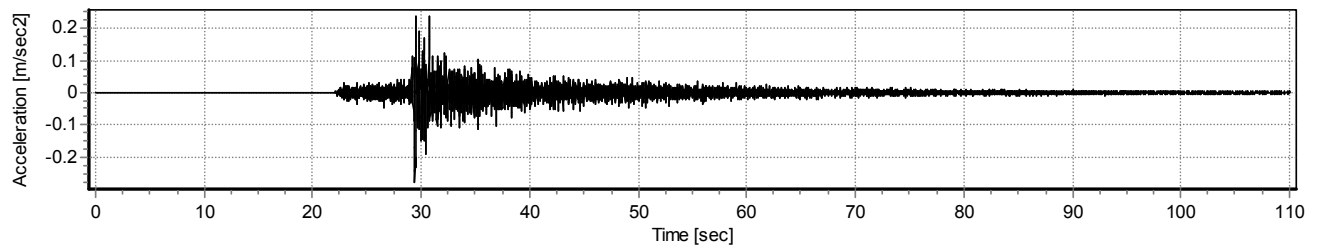


Figure A5. Formes d'onde des accélérations pour les composantes EHZ, HHN, HHZ et HHE enregistrées par le sismomètre de la station OTT.

Station TRQ, EHZ

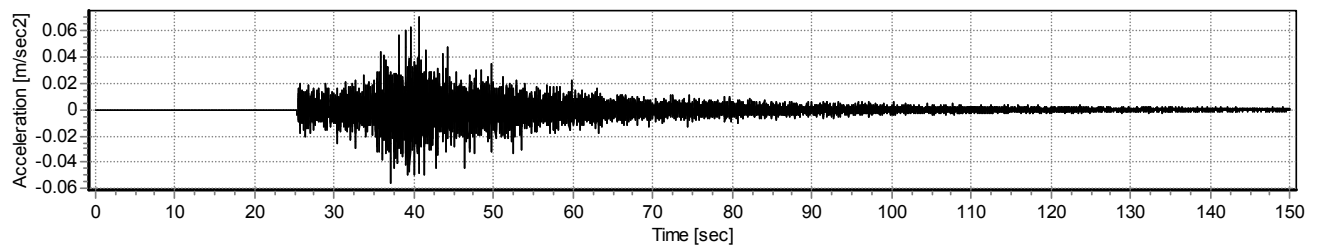


Figure A6. Forme d'onde des accélérations pour la composante EHZ enregistrée par le sismomètre de la station TRQ.

Station GRQ, **gain incorrect** pour la composante EHZ

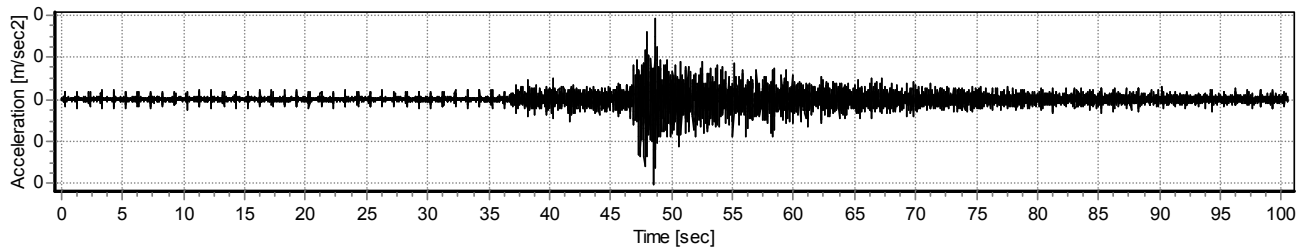


Figure A7. Forme d'onde des accélérations pour la composante EHZ enregistrée par le sismomètre de la station GRQ.

Remarque : Comme on a constaté que le gain de l'instrument était incorrect, prière de ne pas utiliser cet enregistrement.

Station WBO, EHZ

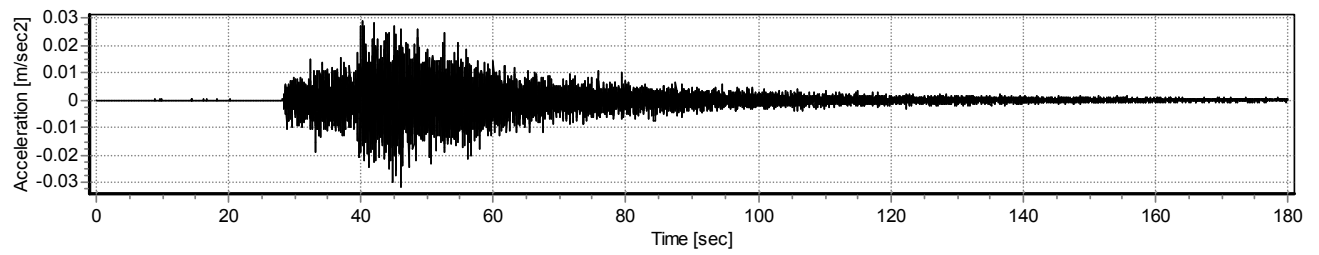
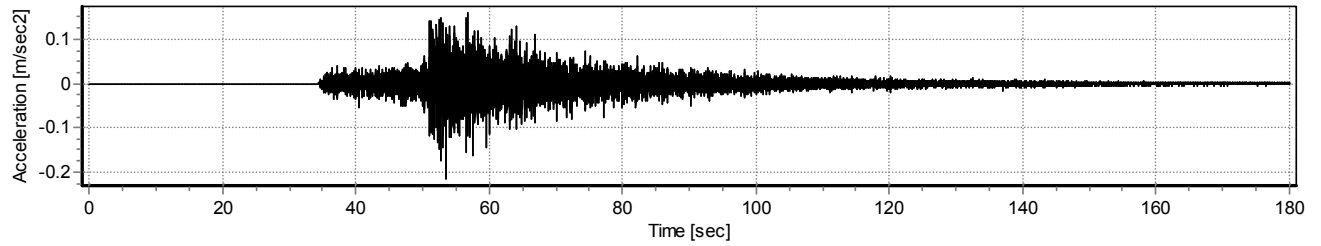


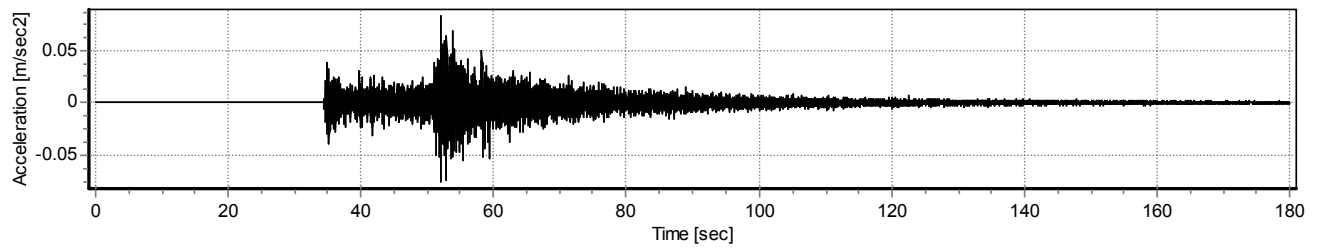
Figure A8. Forme d'onde des accélérations pour la composante EHZ enregistrée par le sismomètre de la station WBO.

Station PEMO

HHN



HHZ



HHE

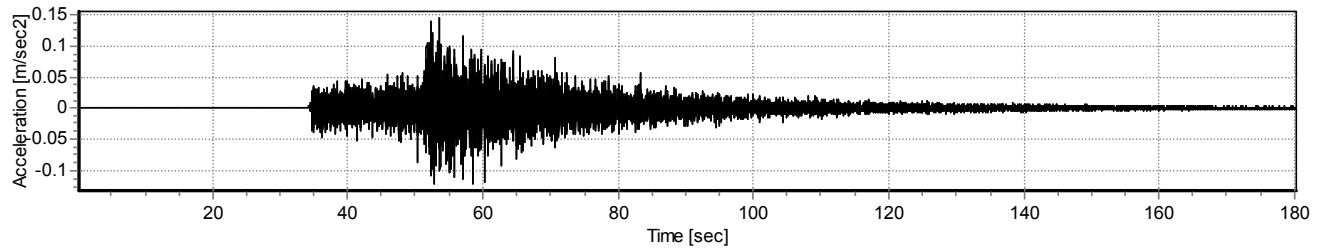


Figure A9. Formes d'onde des accélérations pour les composantes HHN, HHZ et HHE enregistrées par le sismomètre de la station PEMO.

Station CRLO

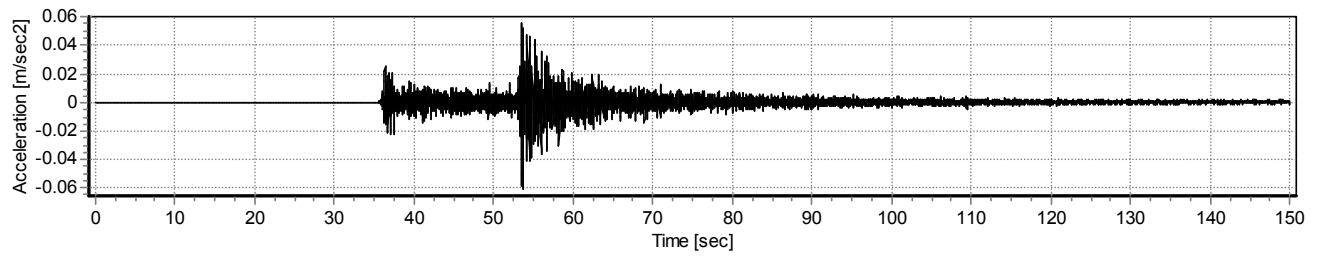
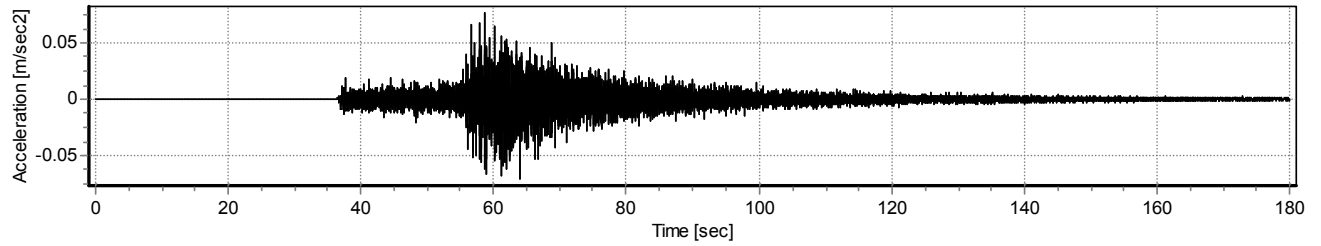


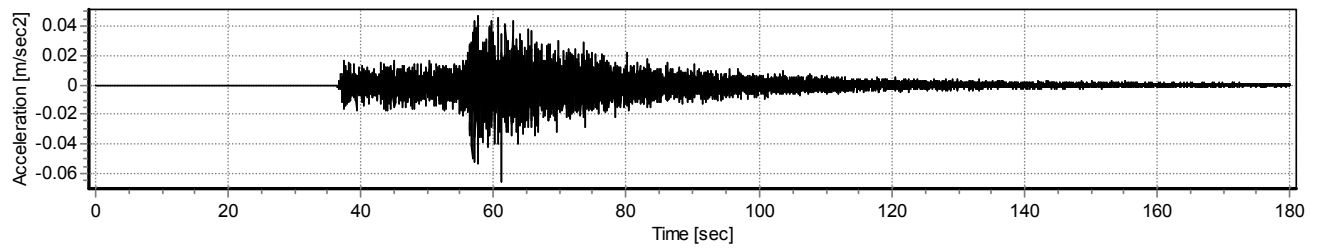
Figure A10. Forme d'onde des accélérations pour la composante EHZ enregistrée par le sismomètre de la station CRLO.

Station PLVO

HHN



HHZ



HHE

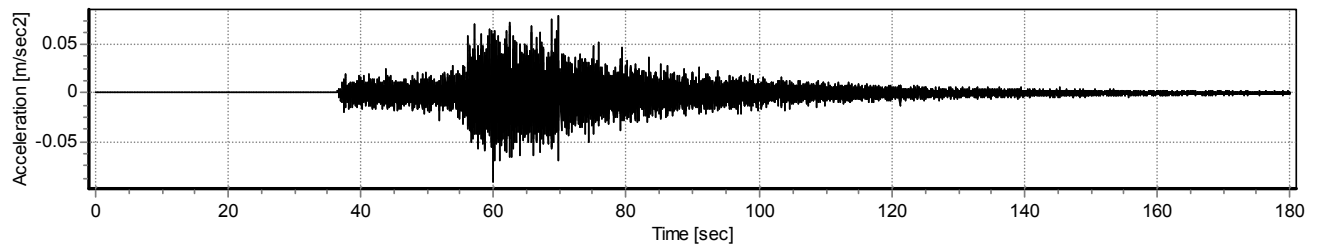


Figure A11. Formes d'onde des accélérations pour les composantes HHN, HHZ et HHE enregistrées par le sismomètre de la station PLVO.

ANNEXE B :

EXPLICATION DES FICHIERS NUMÉRIQUES

1. Les données qui accompagnent le présent rapport sont des données brutes : elles n'ont fait l'objet d'aucun filtrage.
2. Les données ont été enregistrées par les sismomètres.
3. Les données dans les fichiers numériques sont des **accélérations** en unités de m/s^2 . L'intervalle pour les données est de 0,01 s.
4. Les enregistrements sont dans un répertoire distinct, selon le code de la station comme il est indiqué aux tableaux 1 et 2.
5. Si plus d'une composante est disponible pour une station donnée, les données pour chacune des composantes sont enregistrées dans des sous-répertoires selon les codes des composantes indiqués aux tableaux 1 et 2.
6. Les données sont présentées en deux formats : ASCII et SAC.