



**HAL**  
open science

## Etude de la zone critique : Variations temporelles des données sismiques

Marine Dangeard, Sylvain Pasquet, Ludovic Bodet, Roger Guérin, Laurent Longuevergne, Julien Thiesson

### ► To cite this version:

Marine Dangeard, Sylvain Pasquet, Ludovic Bodet, Roger Guérin, Laurent Longuevergne, et al.. Etude de la zone critique : Variations temporelles des données sismiques. GEOFCAN 2016, BRGM, Nov 2016, Orléans, France. insu-01420377

**HAL Id: insu-01420377**

**<https://insu.hal.science/insu-01420377>**

Submitted on 20 Dec 2016

**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.

# ETUDE DE LA ZONE CRITIQUE : VARIATIONS TEMPORELLES DES DONNEES SISMIQUES

DANGEARD M.<sup>1</sup>, PASQUET S.<sup>2</sup>, BODET L.<sup>1</sup>, GUERIN R.<sup>1</sup>,  
LONGUEVERGNE L.<sup>3</sup>, THIESSON J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sorbonne Universités, UPMC Université Paris 06, CNRS, EPHE, UMR 7619 METIS, 4 place Jussieu, 75005 Paris, marine.dangeard@upmc.fr

<sup>2</sup> University of Wyoming, Wyoming Center for Environmental Hydrology and Geophysics and Dept of Geology and Geophysics, Laramie, Wyoming, USA

<sup>3</sup> Université Rennes I, CNRS, UMR 6118, Géosciences Rennes, 35042 Rennes

## **RÉSUMÉ**

*Les méthodes sismiques de subsurface sont souvent utilisées pour la caractérisation géométrique des hydrosystèmes. De récentes recherches mettent en évidence leur potentiel pour l'étude des propriétés mécaniques de la zone critique (ZC) influencées par la teneur en eau, grâce à l'estimation conjointe des vitesses des ondes P et S. Une approche « time-lapse » est ici proposée. Deux acquisitions sismiques selon le même profil ont été réalisées sous conditions hydrogéologiques distinctes à l'observatoire hydrologique de Ploemeur (Morbihan). L'utilisation de géophones à composante verticale permet l'extraction (i) des temps des premières arrivées des ondes P et (ii) des vitesses de phase des ondes de Rayleigh. La variation significative des données dans le temps et l'espace, indique des changements notoires des propriétés mécaniques de la ZC, à comparer avec les données hydrogéologiques.*

**Mots clés :** *sismique de subsurface, hydrogéophysique, variations temporelles*

## **ABSTRACT**

### **CRITICAL ZONE STUDY: SEISMIC DATA TEMPORAL VARIATIONS**

*Near-surface seismic methods are mainly used to determine the geometrical characteristics of hydrosystems. However, they have been recently suggested to investigate the mechanical properties of the Critical Zone (CZ) influenced by water content, thanks to the combined estimation of P- and S-wave velocities. We propose here a time-lapse application of this approach. Two seismic acquisitions were carried out under distinct hydrogeological conditions along the same line at the Ploemeur hydrogeological observatory (France). Vertical component seismic data were recorded to extract: (i) P-wave first arrival times and (ii) Rayleigh-wave phase velocities. The significant variations with time and space, of both datasets, indicate marked changes in mechanical properties of the CZ to be compared with hydrological data.*

**Key words:** *near-surface seismic data, hydrogeophysics, time-lapse*

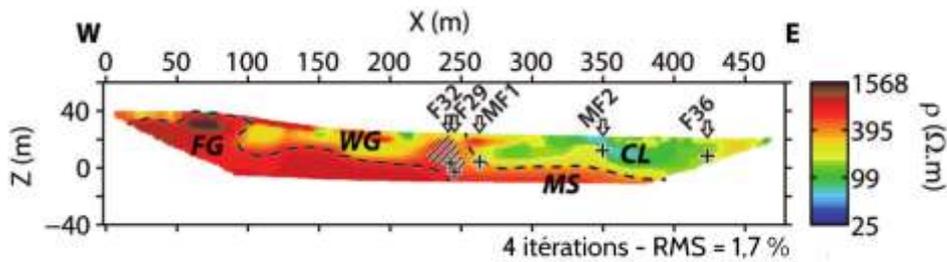
## .1 INTRODUCTION

La caractérisation et le *monitoring* des hydrosystèmes sont principalement fondés sur des informations locales comme le niveau piézométrique ou des données de forage. L'hydrogéophysique fournit un outil important pour l'interpolation de ces données ponctuelles et l'imagerie des hétérogénéités de la ZC. Alors que les méthodes électriques et électromagnétiques sont utilisées dans la plupart de ces contextes, la sismique de subsurface est ici proposée afin de (i) définir la géométrie du sous-sol et (ii) étudier les propriétés mécaniques de la ZC influencées par la teneur en eau observée localement (Konstantaki *et al.*, 2013 ; Bergamo *et al.*, 2016a et b). L'estimation simultanée des vitesses des ondes P, à partir des temps des premières arrivées, et des ondes S, à l'aide de la dispersion des ondes de Rayleigh a été réalisée avec succès par Pasquet *et al.* (2015a et b). Il a été possible d'estimer les variations spatiales du rapport  $V_P/V_S$  dont l'évolution est fortement liée à la teneur en eau. Nous proposons ici une approche « time-lapse » de cette méthode afin de suivre la variation des propriétés mécaniques avec la teneur en eau. Pour cela, deux jeux de données acquis selon le même profil sous conditions hydrogéologiques distinctes à l'observatoire hydrologique de Ploemeur (Morbihan) sont étudiés.

## .2 SITE ETUDIE ET METHODE ADOPTEE

L'observatoire hydrogéologique de Ploemeur est caractérisé par son hydrosystème cristallin fracturé (**Fig. 1**). A l'ouest, le granite de Ploemeur est séparé des micaschistes (et des argiles d'altération), situés à l'est, par une zone de contact fracturée. Malgré la faible perméabilité des lithologies, l'aquifère est utilisé pour l'alimentation en eau potable de la commune avec un débit exceptionnel et continu de près de  $10^6$  m<sup>3</sup>/an depuis 1991 (Touchard, 1999). Deux acquisitions sismiques ont été réalisées le long d'un même profil, perpendiculaire à la zone de contact (**Fig. 1**), mais à différentes périodes. Ainsi, la teneur en eau devrait être le seul paramètre hydrogéologique variant. Toutefois, la disponibilité du matériel a imposé des modifications des dispositifs d'acquisition. De plus, les conditions de proche surface (sécheresse ou humidité) influencent inévitablement les couplages géophones-sol et sources-sol. Le positionnement des géophones et des sources peut aussi varier d'une acquisition à l'autre. Enfin, la proximité des forages actifs et de la base militaire sont autant de sources de bruit non-négligeables. Ces nombreuses perturbations imposent de définir un niveau de variations significatives *i.e.* qui ne soient pas dues au bruit, aux erreurs d'acquisition ou encore au pointé manuel. Nous proposons de définir ce niveau à partir d'une étude statistique complète incluant l'analyse des erreurs de pointés.

Cette étude, tout comme d'autres travaux (Bergamo *et al.*, 2016a et b) montrent qu'il est possible d'interpréter les variations de temps d'arrivées des ondes P et les vitesses de phase des ondes de Rayleigh.



**Fig. 1 – Résistivité électrique interprétée à partir de données de tomographie de résistivité électrique réalisée le long d’une ligne ouest-est à l’observatoire hydrologique de Ploemeur. 4 principales structures sont délimitées d’ouest en est : granite de Ploemeur (FG), granite altéré (WG), argiles (CL) surmontant les micaschistes (MS). La zone hachurée correspond à la zone de contact fracturée. Les flèches représentent les projections des positions des ouvrages les plus proches. Les croix noires représentent le niveau piézométrique mesuré en mai 2012. D’après Pasquet *et al.* (2015b)**

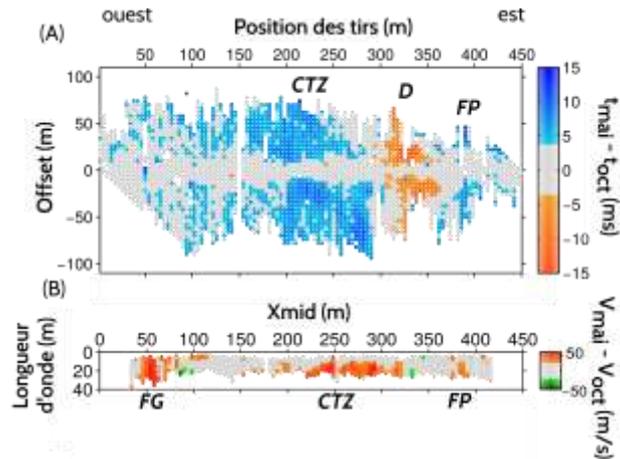
### .3 RESULTATS ET CONCLUSIONS

Les différences entre les temps des premières arrivées des ondes P et les vitesses de phase des ondes de Rayleigh des deux jeux de données délimitent quatre principales zones, d’ouest en est (**Fig. 2**) :

- (FG) le granite de Ploemeur, entre 0-125 m, est défini à partir des vitesses de phase, plus élevées en mai 2012 qu’en octobre 2011 ;
- (CTZ) la zone de contact fracturée, située entre les abscisses 125-275 m, est délimitée par des temps d’arrivée supérieurs en mai 2012 qu’en octobre 2011 et des vitesses de phase plus élevées en mai 2012 ;
- (D) une zone perméable en surface identifiée comme un drain localisé à 314 m, visible sur les temps d’arrivée des ondes P qui sont plus faibles en mai 2012 qu’en octobre 2011, et ;
- (FP) un ancien chemin situé à 380 m et visible sur les deux jeux de données, avec des temps d’arrivée des ondes P et des vitesses de phase des ondes de Rayleigh plus élevés en mai 2012.

La complémentarité des données sismiques, et les amplitudes des variations observées confirme le potentiel des méthodes sismiques pour l’étude de la ZC, comme l’ont récemment démontré Bergamo *et al.* (2016a et b).

Les prochaines étapes consistent à inverser les données sismiques et à les confronter aux données hydrogéologiques afin de travailler sur le lien entre les propriétés mécaniques et la saturation en eau.



**Fig. 2 - (A) Différences entre les temps des premières arrivées des ondes P en fonction de l'offset et de la position de la source. (B) Différences entre les vitesses de phase des ondes de Rayleigh, représentées sous forme de pseudo-section en fonction de la longueur d'onde. Les différences entre les données délimitent : le granite de Ploemeur (FG), la zone de contact (CTZ), un drain (D) et un ancien chemin (FP).**

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**BERGAMO P., DASHWOOD B., UHLEMANN S., SWIFT R., CHAMBERS J.E., GUNN D.A., DONOHUE S., 2016a** – Time-lapse monitoring of climate effects on earthworks using surface waves. *Geophysics*, 81(2), 1-15.

**BERGAMO P., DASHWOOD B., UHLEMANN S., SWIFT R., CHAMBERS J.E., GUNN D.A., DONOHUE S., 2016b** – Time-lapse monitoring of fluid-induced geophysical property variations within an unstable earthwork using P-wave refraction. *Geophysics*, 81(4), 1-12.

**KONSTANTAKI L.A., CARPENTIER S., GAROFALO F., BERGAMO P., SOCCO L.V., 2013** – Determining hydrological and soil mechanical parameters from multichannel surface-wave analysis across the Alpine Fault at Inchbonnie, New Zealand. *Near Surf. Geoph.*, 11(4), 435-448.

**PASQUET S., BODET L., DHEMAIED A., MOUHRI A., VITALE Q., REJIBA F., FLIPO N., GUERIN R., 2015a** – Detecting different water table levels in a shallow aquifer with combined P-, surface and SH-wave surveys: insights from  $V_p/V_s$  or Poisson's ratios. *J. of Appl. Geoph.*, 113, 23- 50.

**PASQUET S., BODET L., LONGUEVERGNE L., DHEMAIED A., CAMERLYNCK C., REJIBA F., GUERIN R., 2015b** – 2D characterization of near-surface  $V_p/V_s$ : surface-wave dispersion inversion versus refraction tomography. *Near Surf. Geoph.*, 13 (4), 315- 31.

**TOUCHARD F., 1999** - Caractérisation hydrogéologique d'un aquifère en socle fracturé - Site de Ploemeur (Morbihan) ». *Thèse de doctorat de l'Université Rennes I*.