Application de la sismique passive au monitoring environnemental

Journée Capteurs – 21 Octobre 2021

Julie Albaric, Anthony Abi-Nader, Marc Steinmann, Benjamin Fores, Vanessa Stefani, Camille Geley, Déborah Pellecuer, Anne Boetsch, Hélène Celle, Catherine Bertrand, Christian Sue, Guillaume Bertrand, **Chrono-environnement/UMS THETA Besançon**

Benjamin Pohl, Mario Réga, **Biogéosciences Dijon**

Jean-Philippe Malet, Clément Hibert, Gilbert Ferhat, **IPGS-EOST Strasbourg**

Station sismologique

Le capteur ou sismomètre

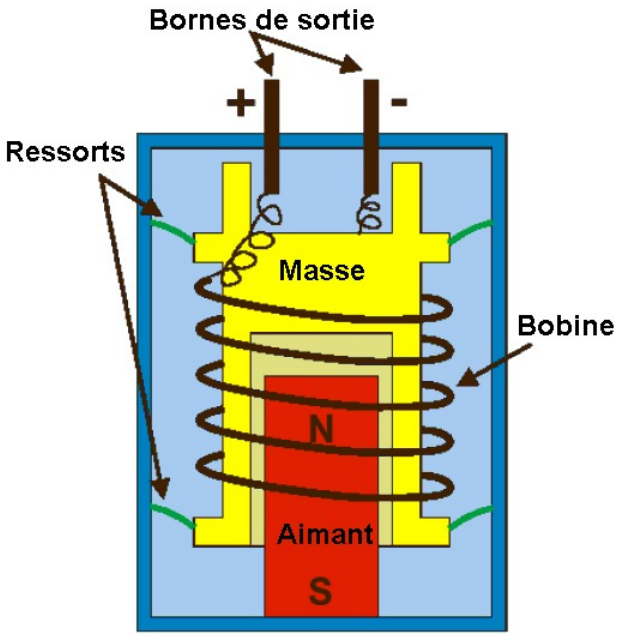
Numériseur

Alimentation

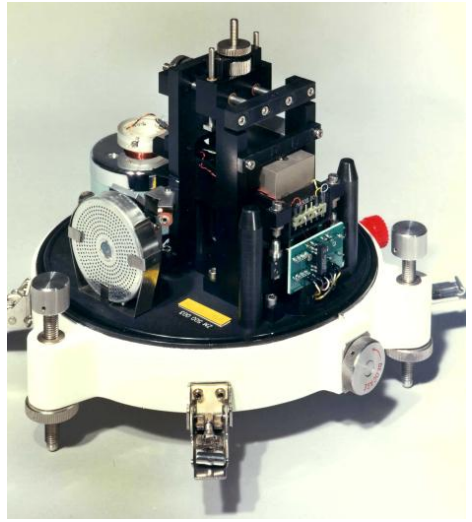
Antenne GPS + module GSM

Fonctionnement d’un sismomètre

Un sismomètre convertit le mouvement du sol en une tension électrique proportionnelle.



Cas d’un sismomètre vertical



Ses éléments de base sont :

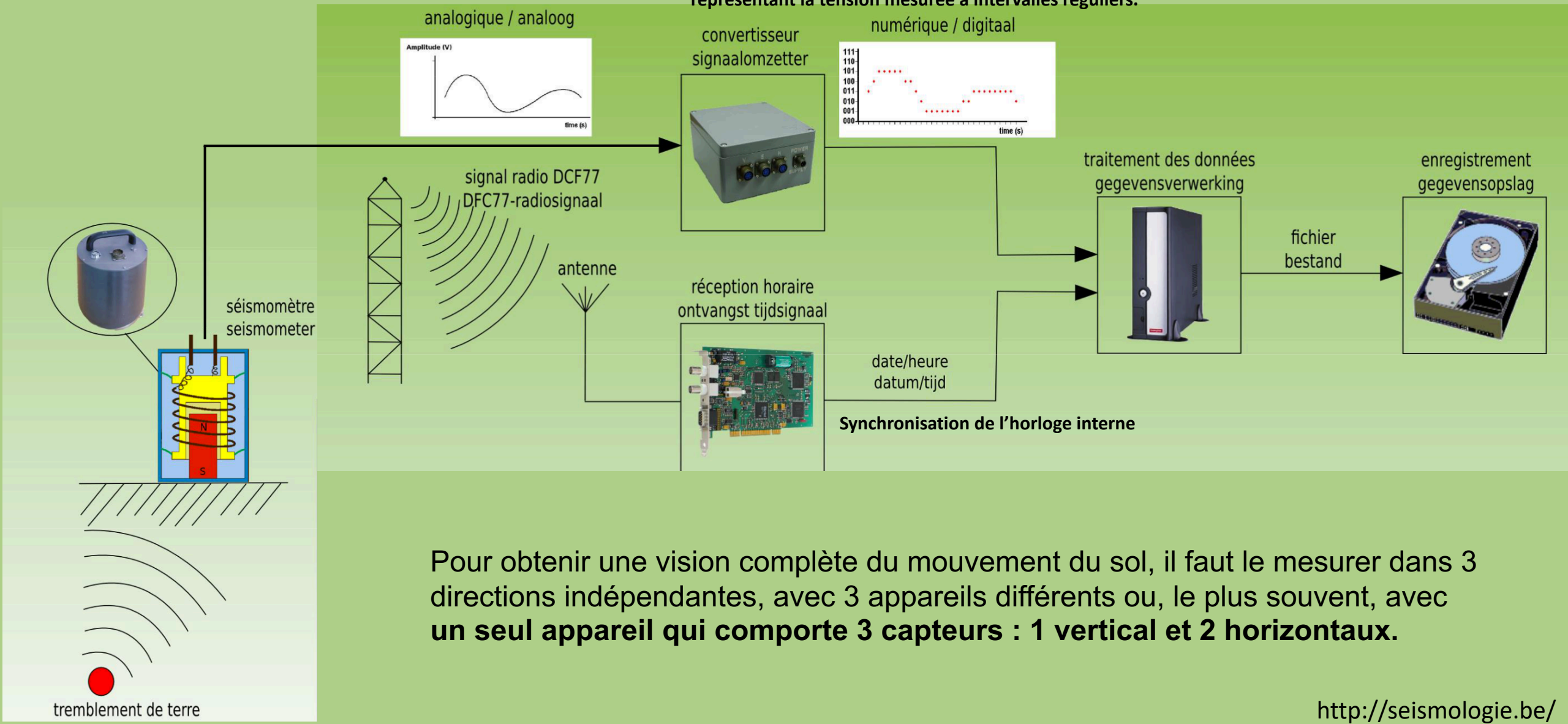
- Un aimant attaché fixement au boîtier qui est solidaire du sol (enterré ou scellé);
- Une masse, dans une bobine de cuivre, suspendue à l’intérieur du boîtier au moyen de ressorts.

=> La bobine perçoit le champ magnétique généré par le déplacement de l’aimant

http://seismologie.be/

Chaîne de mesure

le numériseur échantillonne le signal analogique de tension, le signal devient discret et non plus continu : c'est une suite de nombres représentant la tension mesurée à intervalles réguliers.

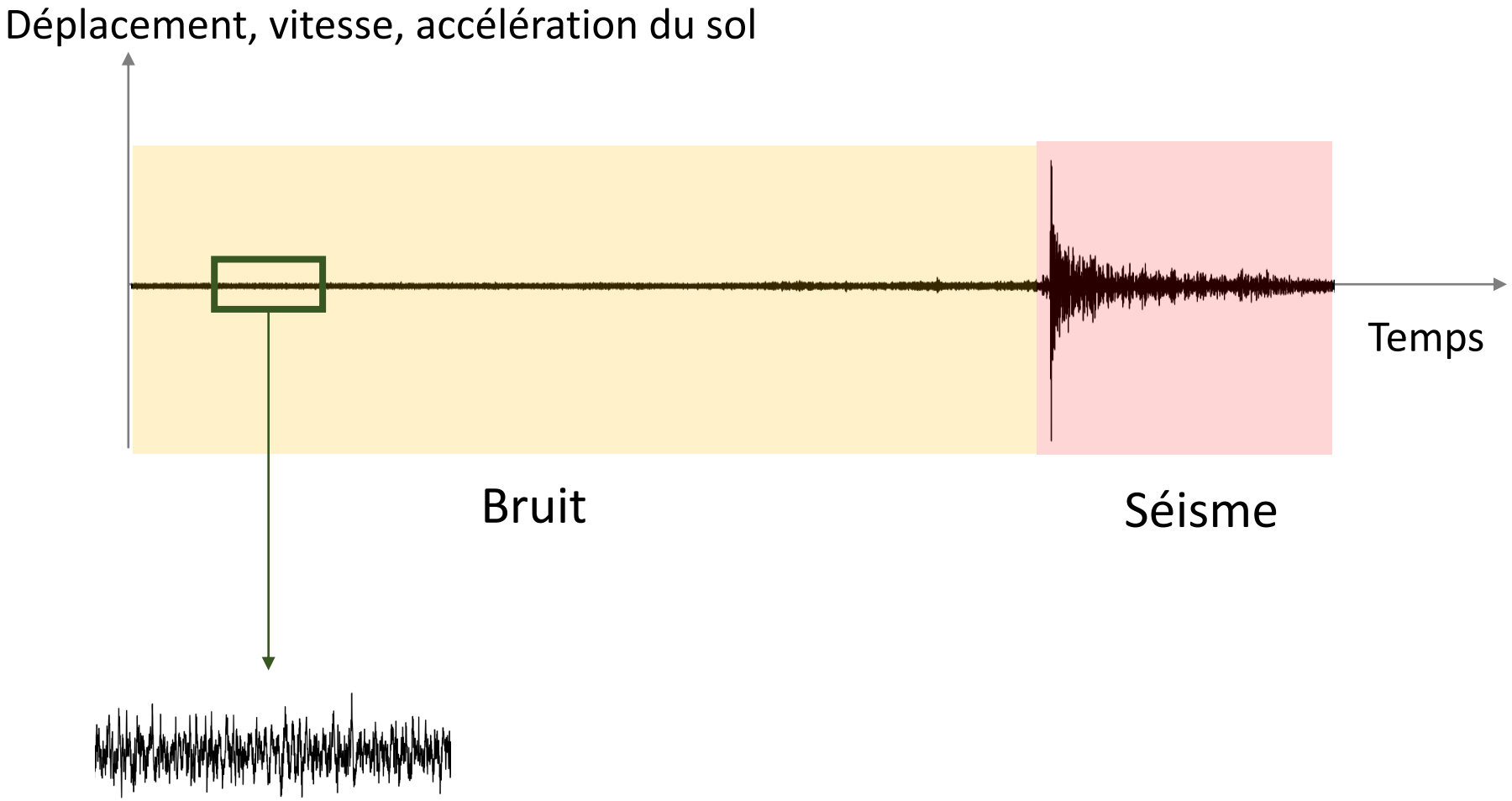


Pour obtenir une vision complète du mouvement du sol, il faut le mesurer dans 3 directions indépendantes, avec 3 appareils différents ou, le plus souvent, avec **un seul appareil qui comporte 3 capteurs : 1 vertical et 2 horizontaux.**

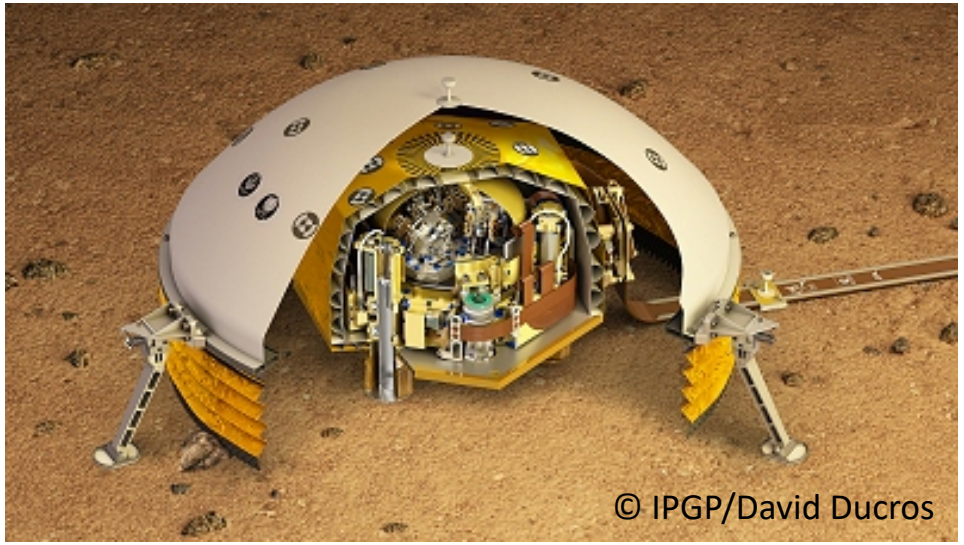
http://seismologie.be/

Donnée sismologique

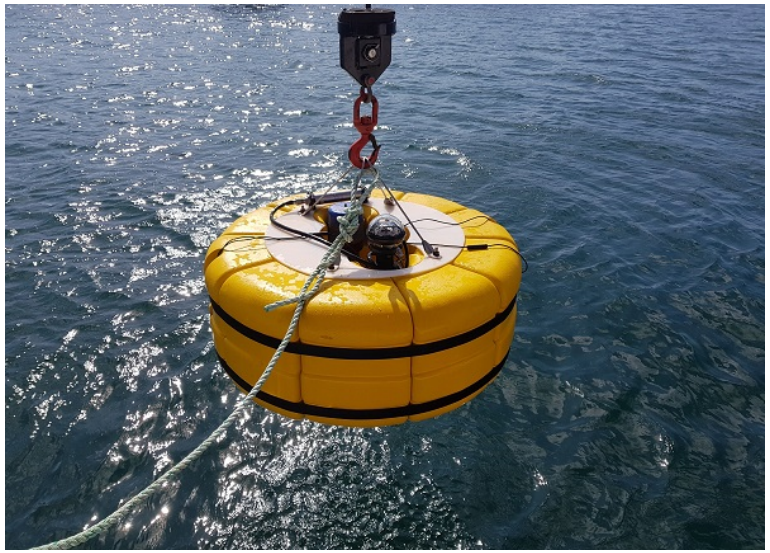
- Enregistrement des vibrations du sol => sismogrammes
- Source des vibrations non contrôlée (≠ sismique active)



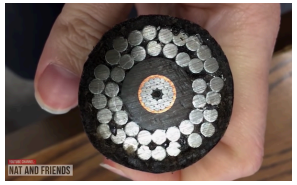
Exemples de sismomètres



Le sismomètre martien SEIS, 0.01 Hz -50 Hz,
3 capteurs large bande + 3 capteurs courte période



Ocean bottom seismometer. Ex : Aquarius,3C, 120s - 100Hz



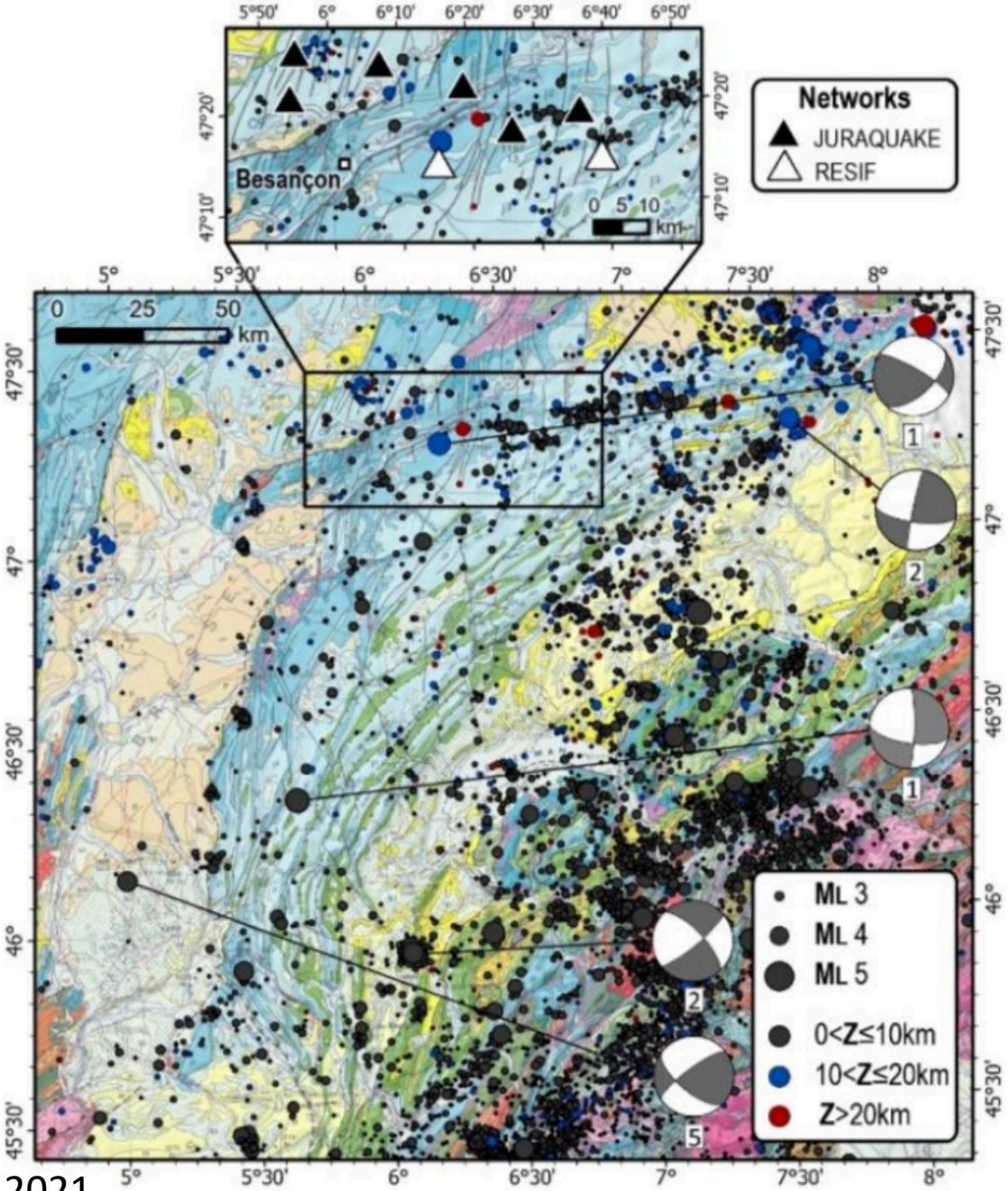
Fibre optique – Distributed Acoustic Sensing

Sismomètre autonome - Node. Ex : Zland, 3C, 5Hz
=> Réseaux denses

Monitoring sismique dans le Jura
JURAQUAKE

7 stations Guralp CMG40 60s-100 Hz,

https://dataosu.obs-besancon.fr/FR-18008901306731-2019-03-29_JURAQUAKE.html

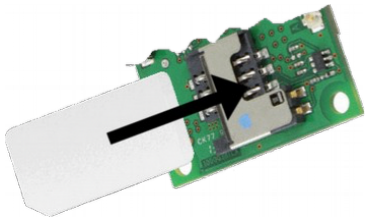


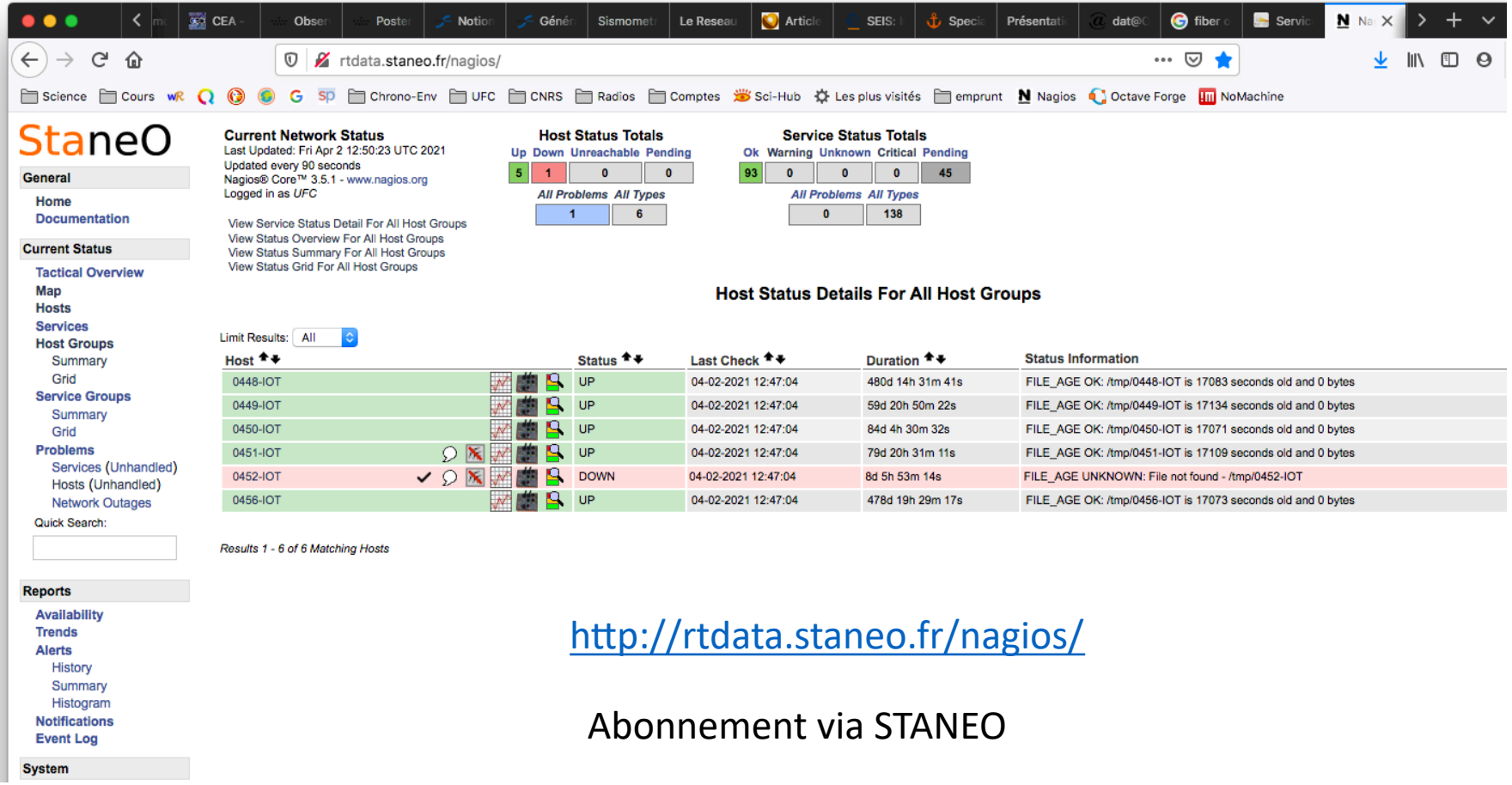
Larroque et al. ,2021

Transfert de données – état de la station (SOH)

- Données stockées dans le numériseur + clé USB (environ 140 Mo/j, tournée tous les 3 mois environ)

- Le module GPS-GSM-MOB intègre un récepteur GPS et un modem 2G/3G (resp. 850/900/1800/1900 MHz et 850/900/1700/1900/2100 MHz)



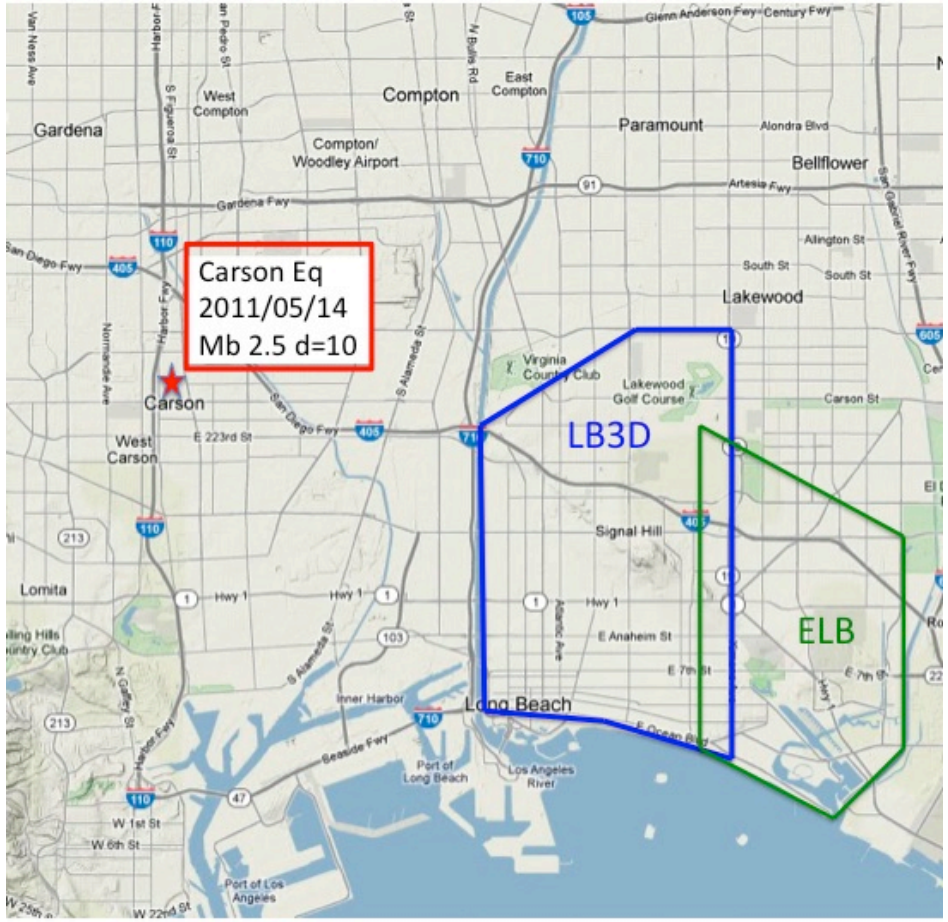


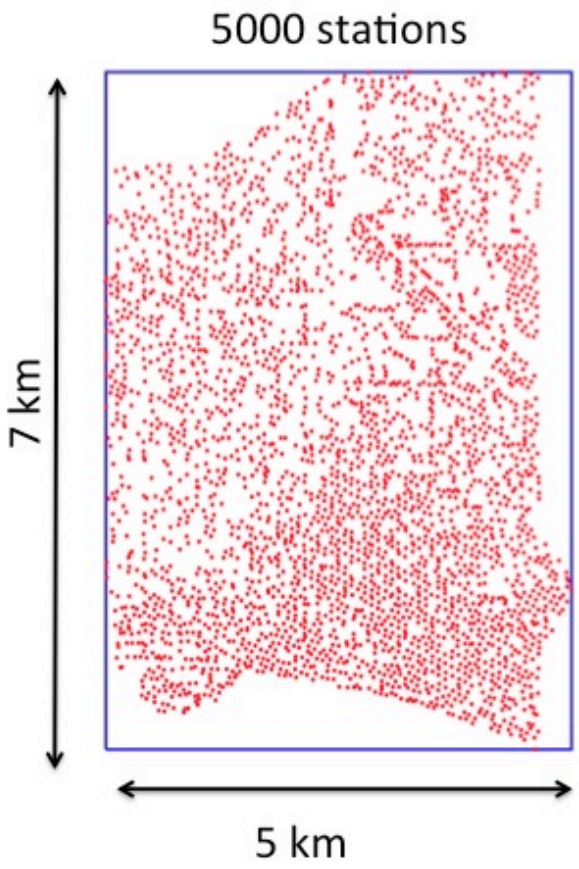
http://rtdata.staneo.fr/nagios/

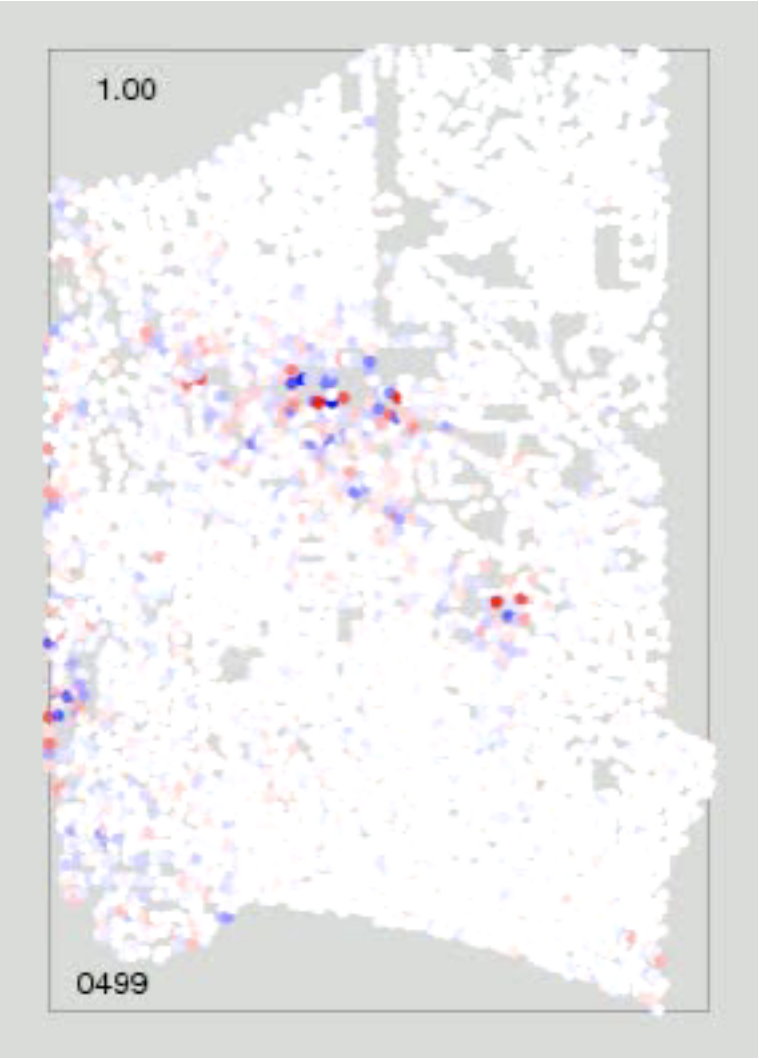
Abonnement via STANEO

Exemple d'un reseau dense

Long Beach, CA

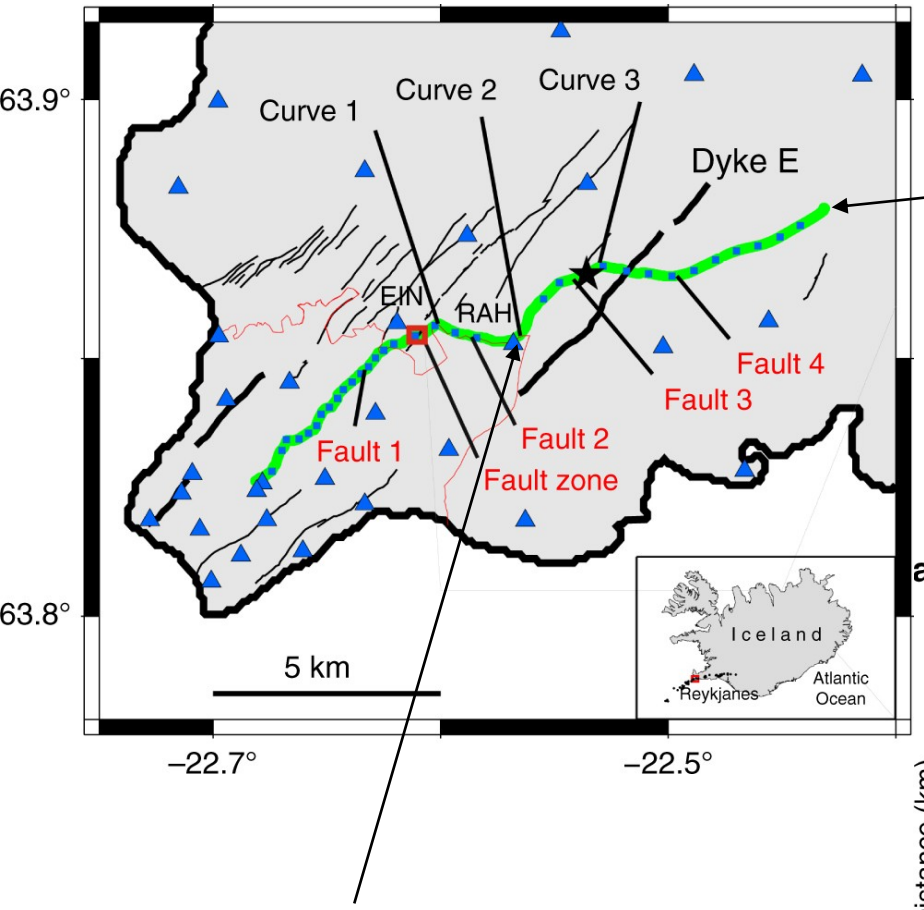






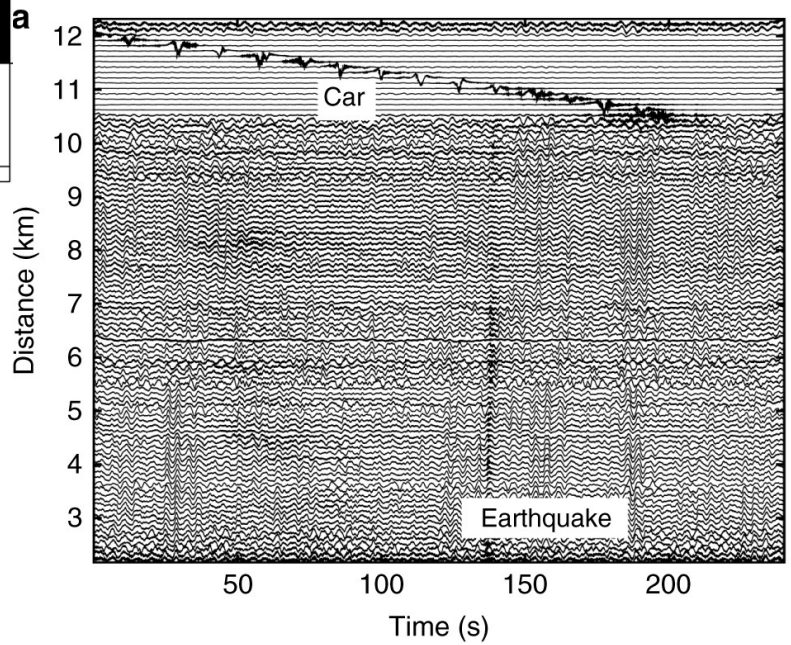
Page web Rob Clayton (Caltech, US) http://web.gps.caltech.edu/~clay/

Exemple de monitoring sismique par fibre optique

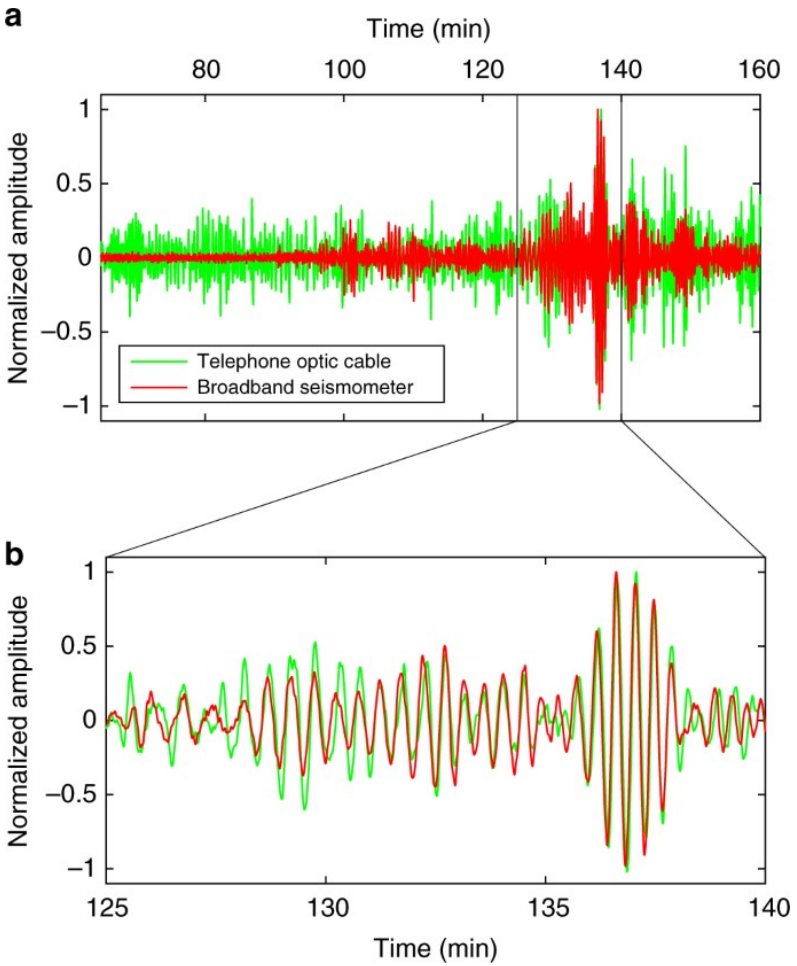


12 km Fibre optique

Station sismologique



4 min enregistrement : 1 trace/100 m, f 0.01-100Hz

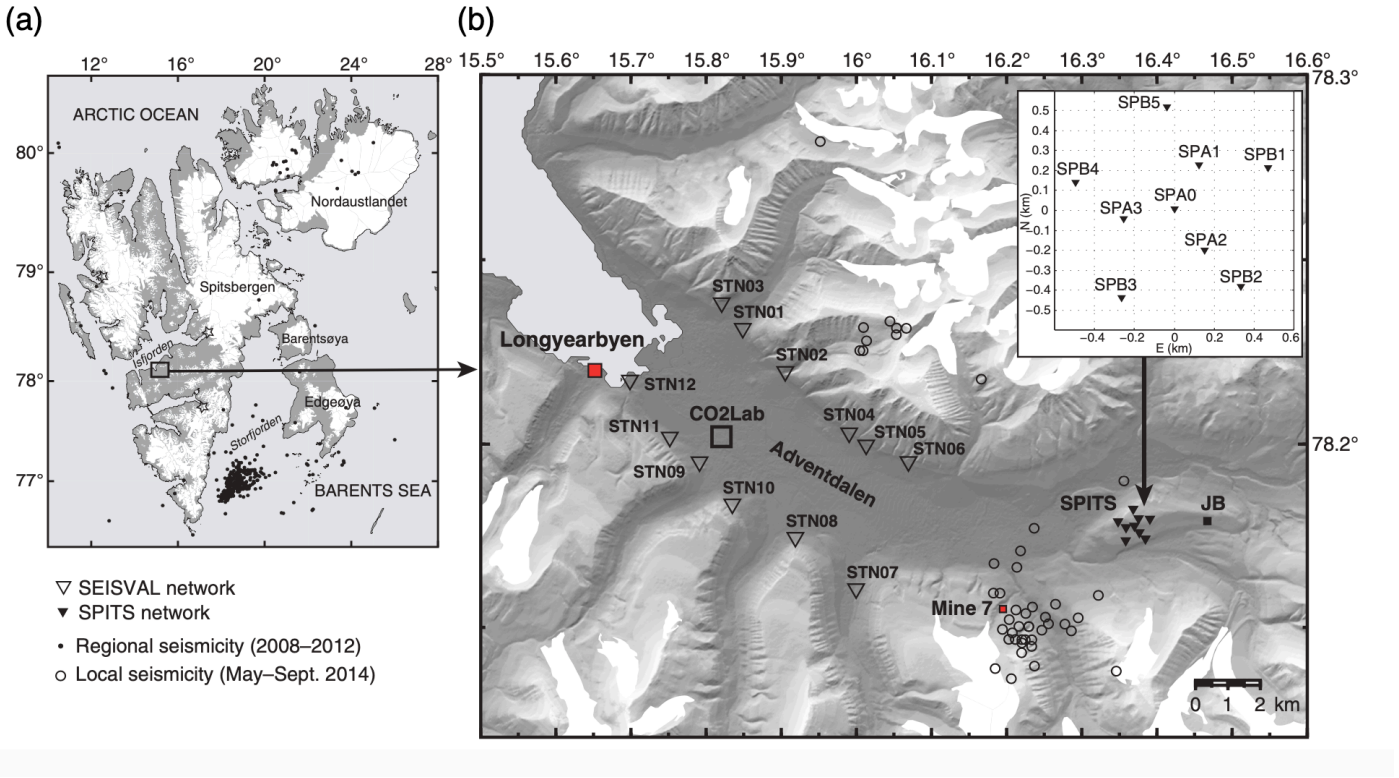


Enregistrement téléséisme Indonésie (M 6.2) par :
- DAS (vert)
- Station sismologique RAH (rouge) à 80 m de la fibre.

Jousset et al., 2018

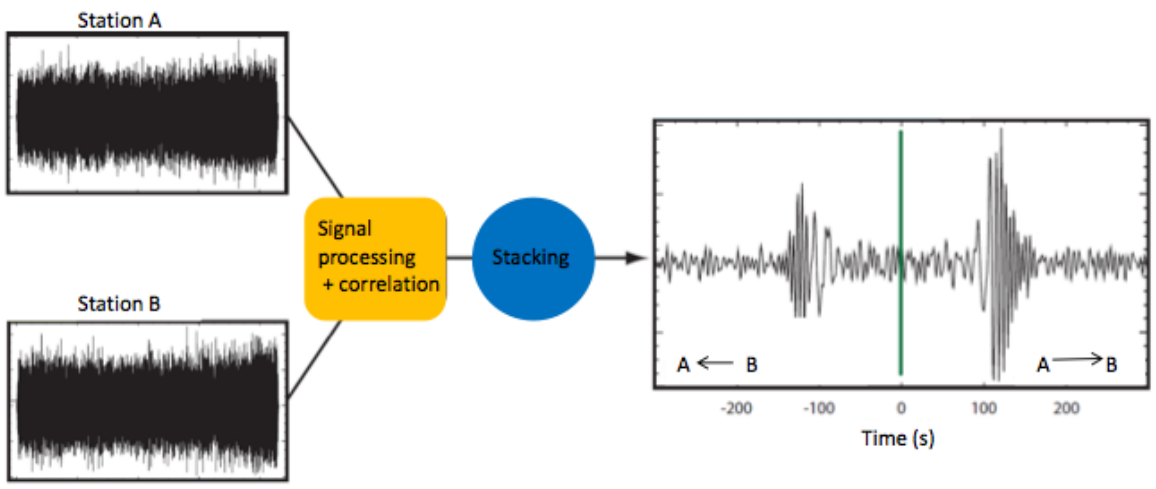
Application à l'environnement : un exemple en Arctique

Monitoring du permafrost à partir du bruit sismique

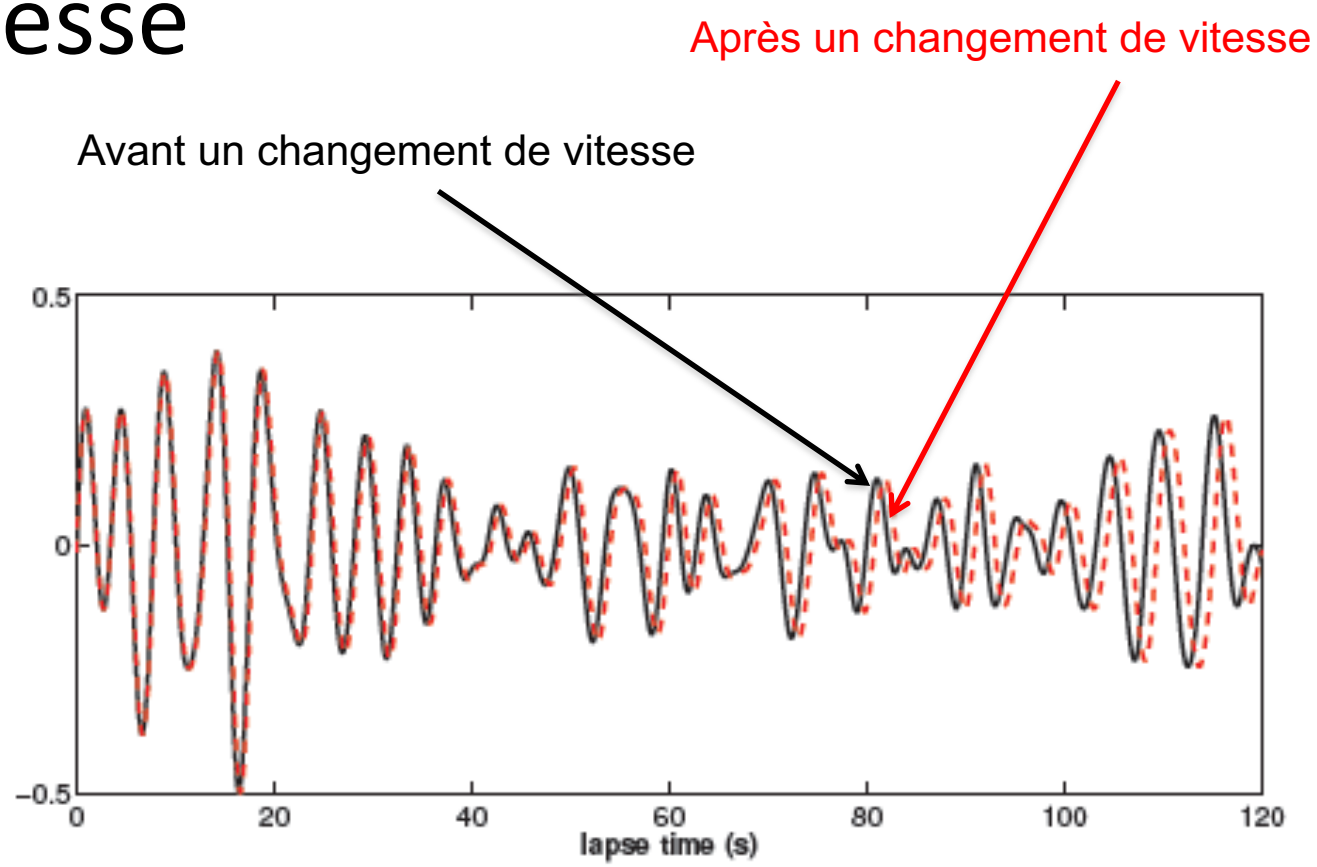


Albaric et al., 2021

Correlation du bruit sismique – variations temporelles de vitesse



1) Calcul des fonctions de Green ou fonctions de corrélation

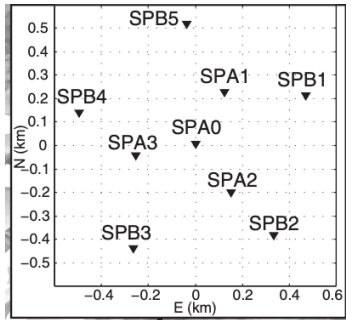


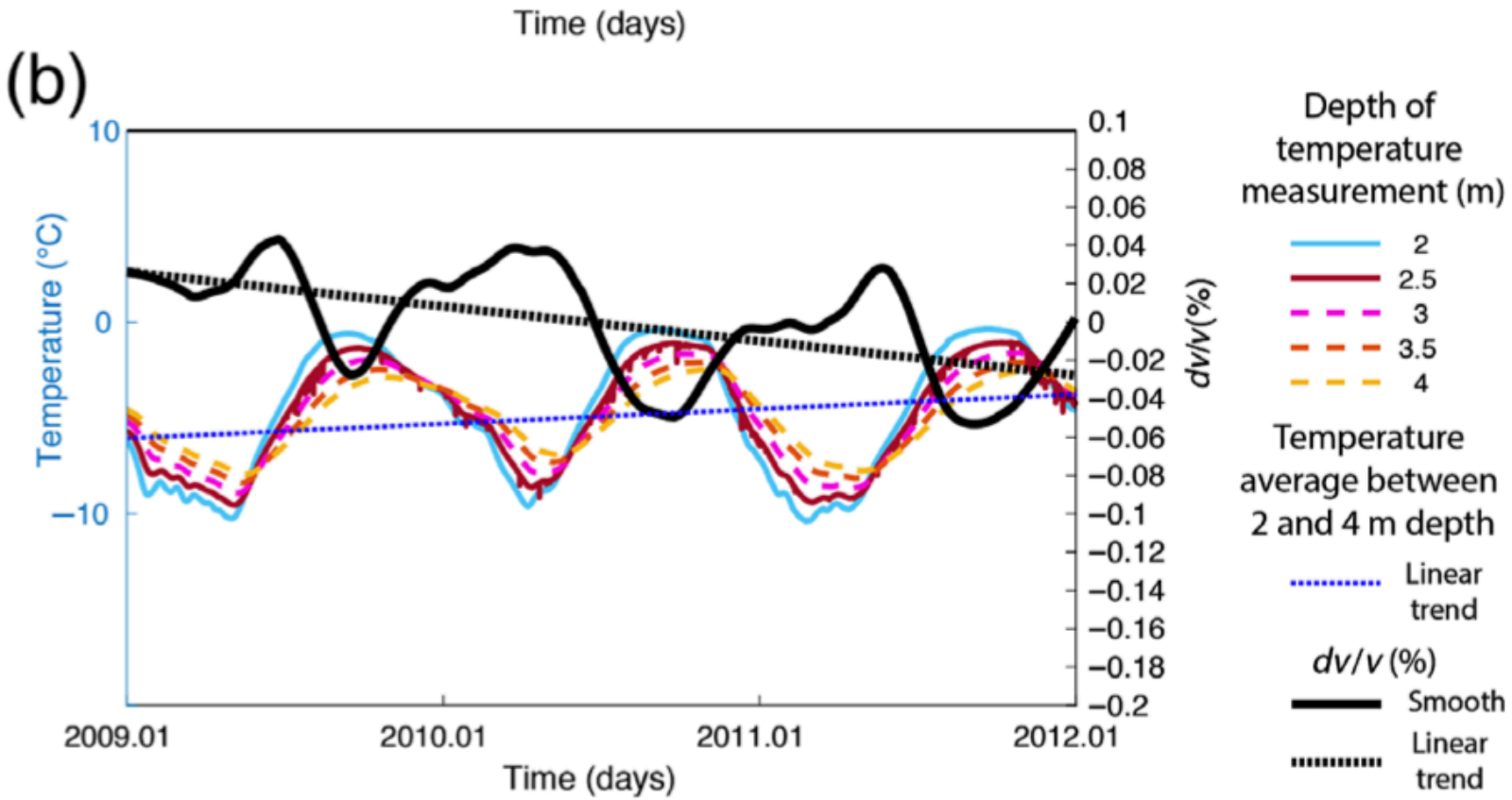
2) Mesure du changement de vitesse dans le milieu en comparant les fonctions de corrélation au cours du temps

Hadziioannou, 2011

Application à l'environnement : un exemple en Arctique

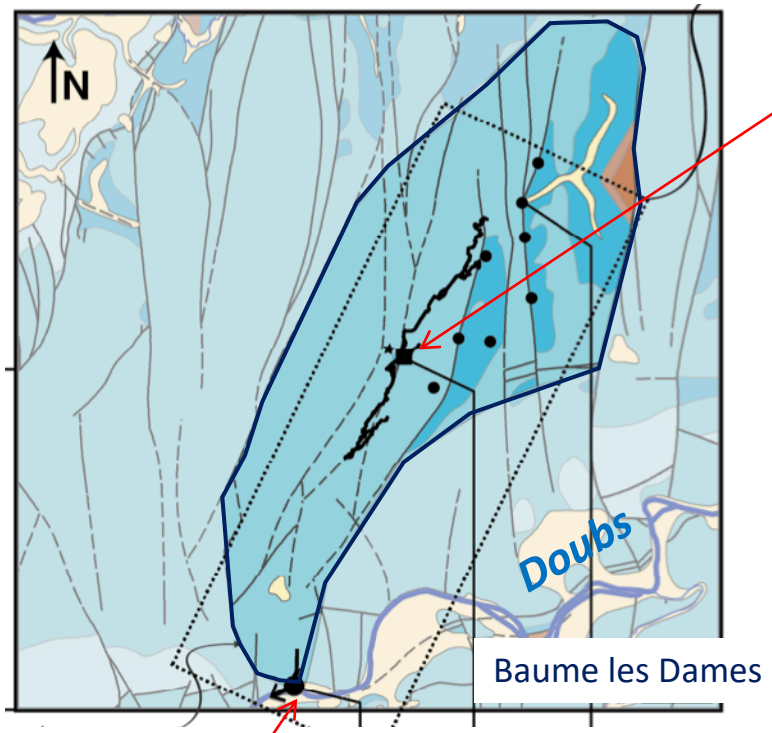
Détection du réchauffement du permafrost à partir
du bruit sismique





Albaric et al., 2021

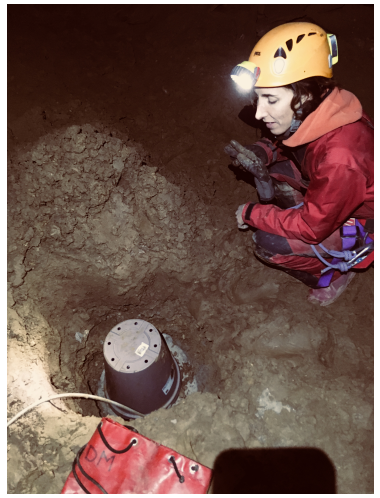
Application à l'environnement : un exemple dans le Jura



(Cholet, 2017)

Fontenotte (25) : galerie souterraine

Sondes hydrogéologiques



Capteurs sismologiques

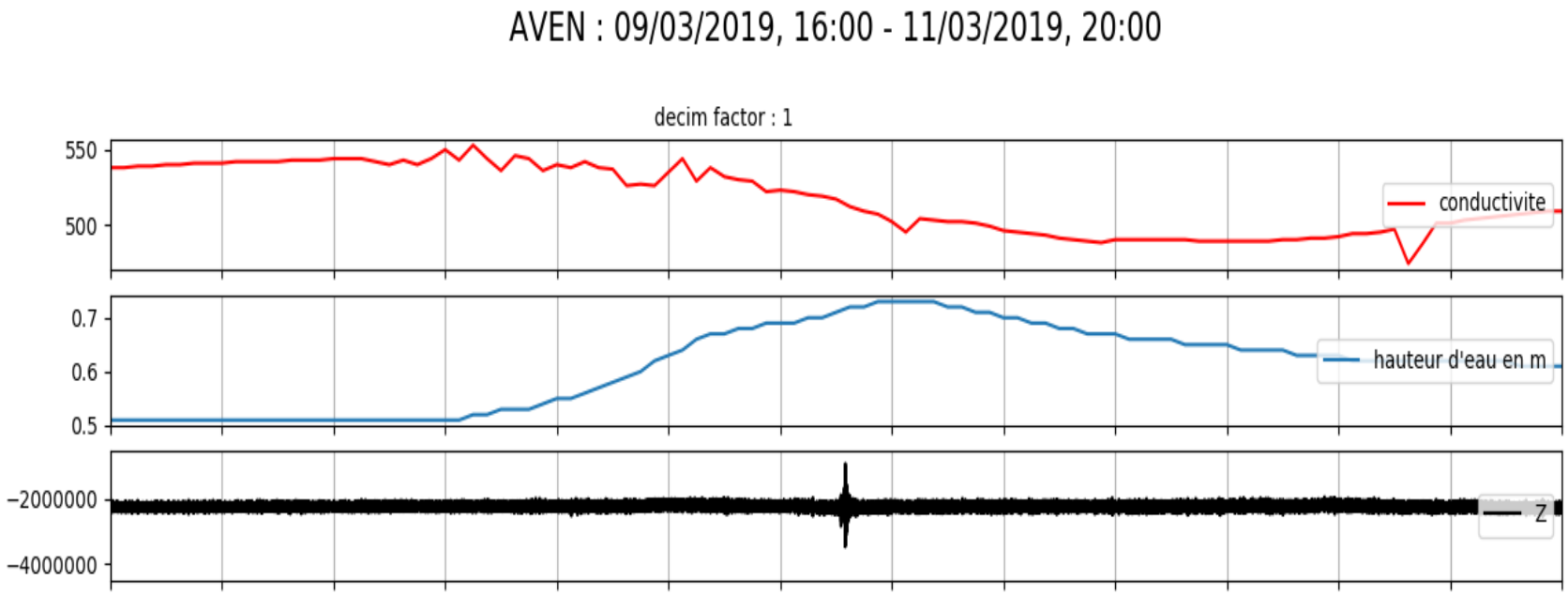
Fibre optique (700 m)

Source de Fourbanne (25)

Sondes hydrogéologiques

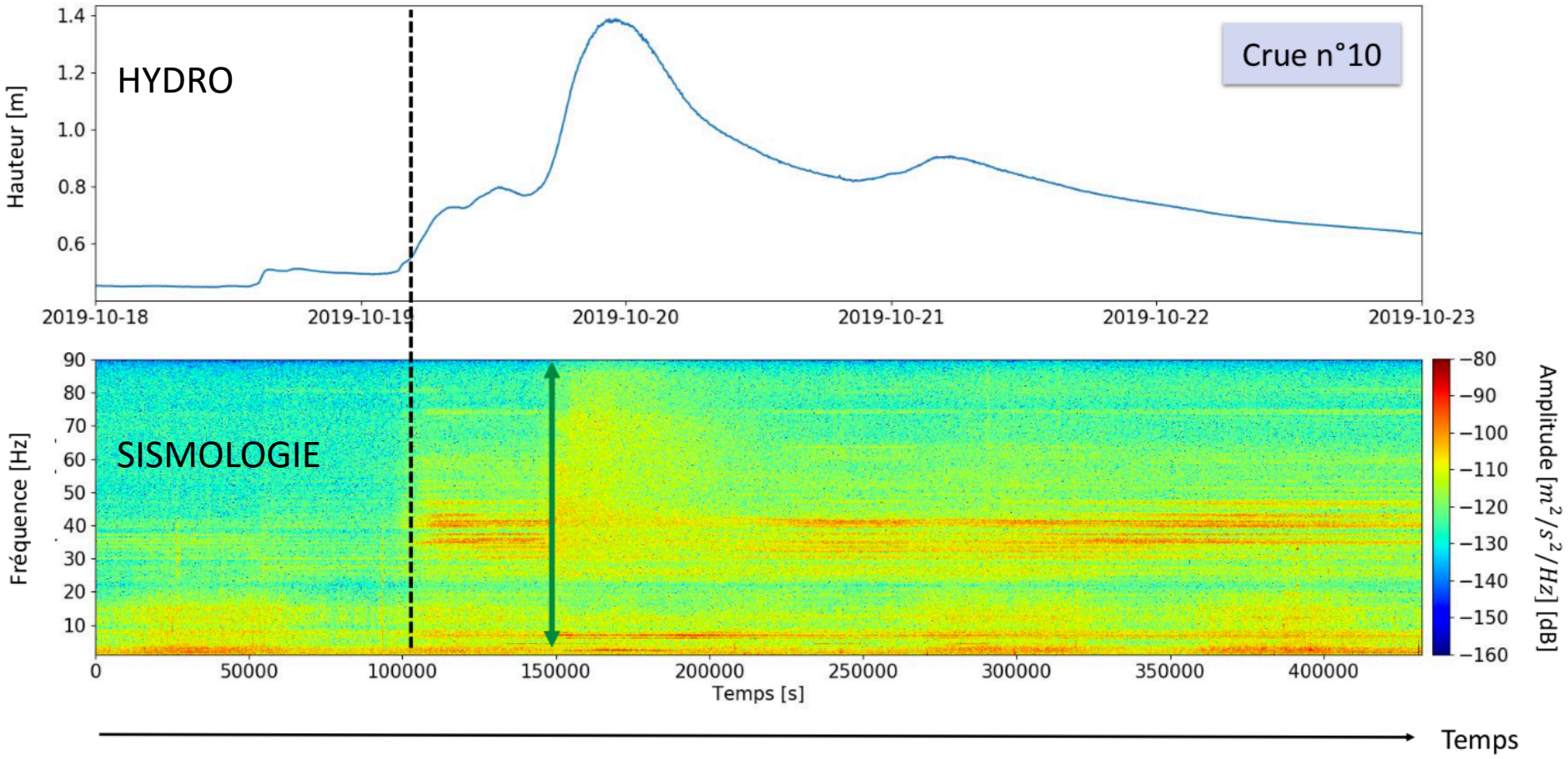
Projets en cours : FIBROKARST, SISMEAUCLIM

Caractériser les réservoirs hydrogéologiques à partir du bruit sismique



Stages M1 Marine Gros et M2 Anaïs Marchand (2019, 2020)

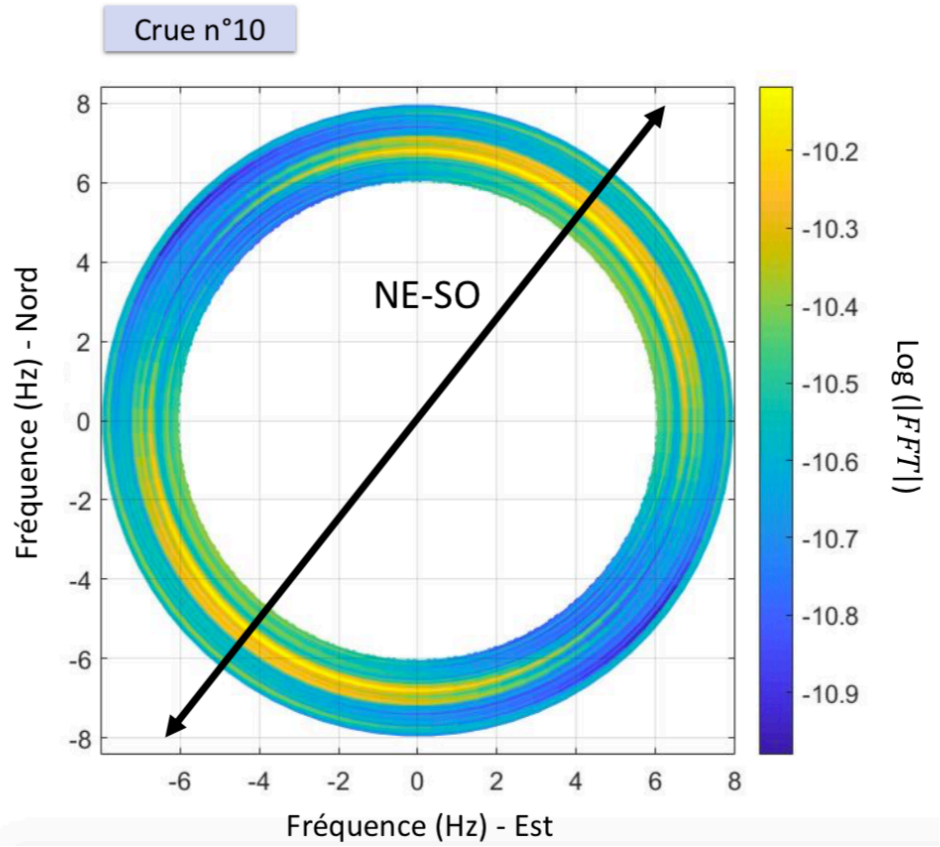
Analyse spectrale : signature sismologique des crues



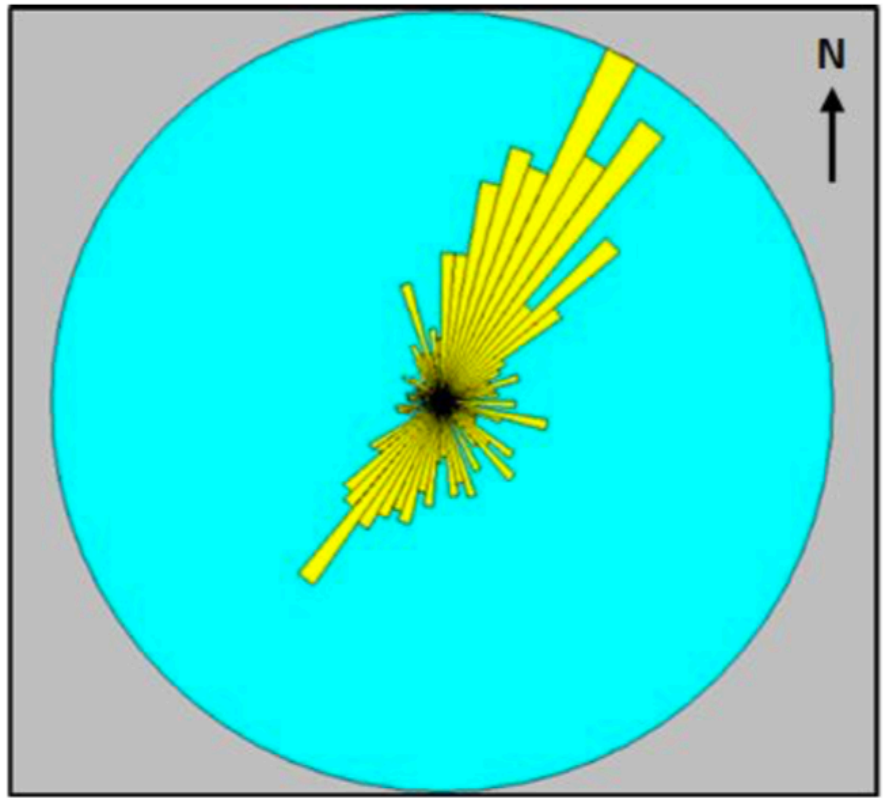
Stages M1 Marine Gros et M2 Anaïs Marchand (2019, 2020)

A « basse » fréquence : effet de la turbulence

Orientation du bruit



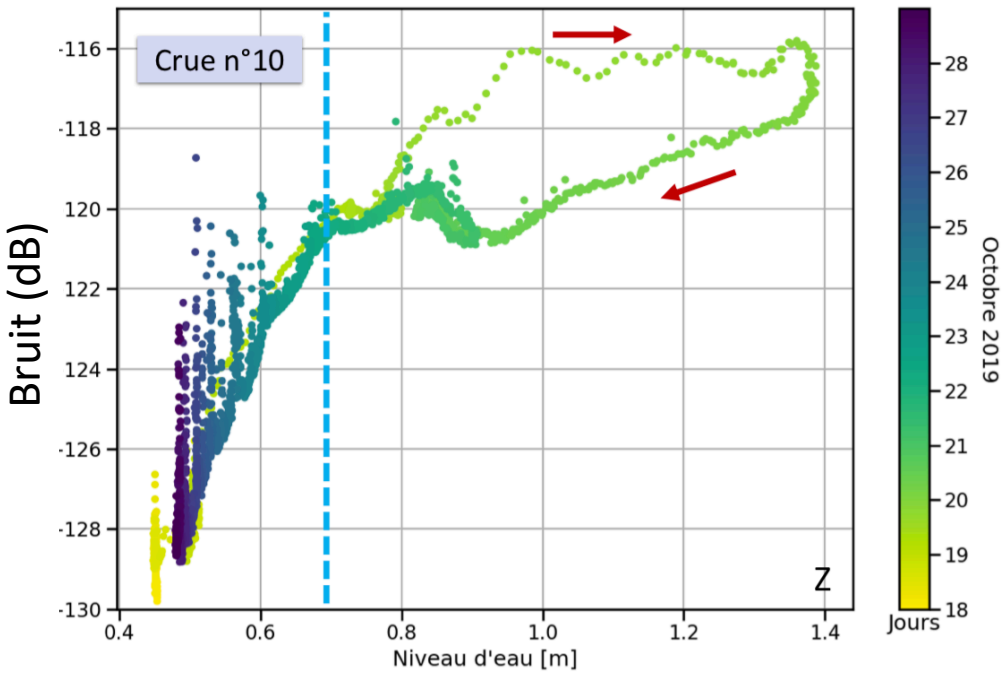
Orientation segments de la galerie



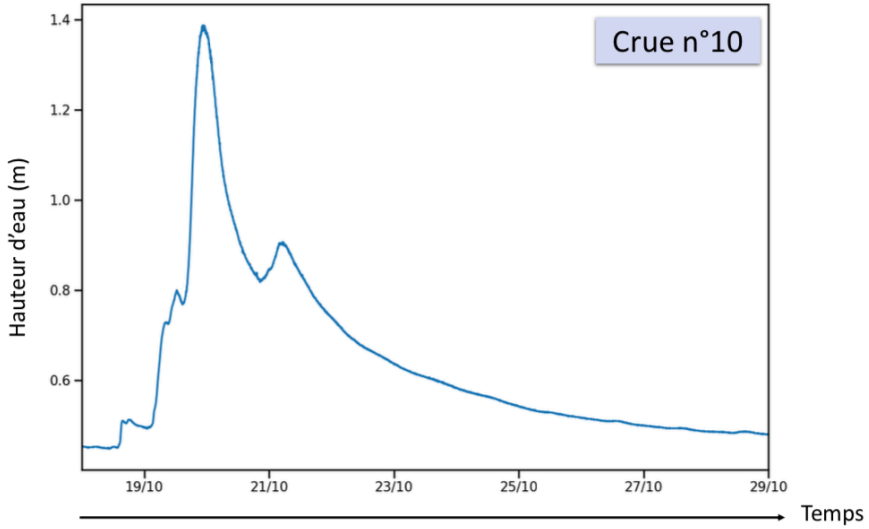
(Données Denis Motte,ASDC)

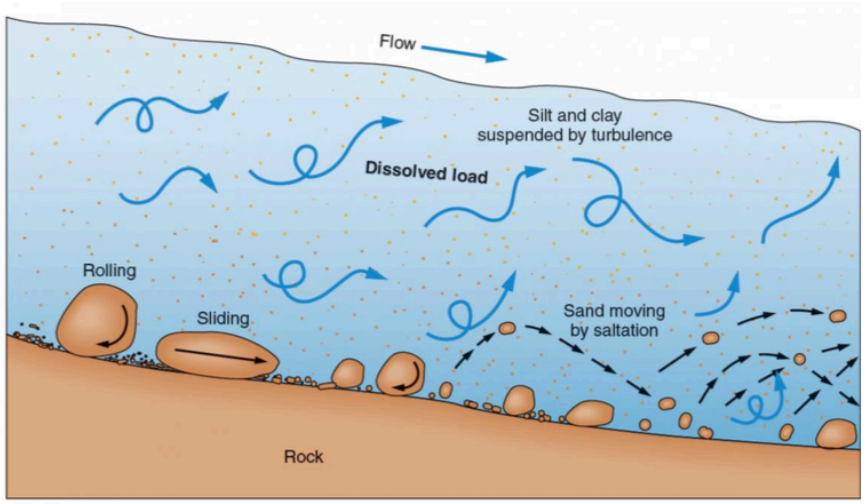
Stages M1 Marine Gros et M2 Anaïs Marchand (2019, 2020)

A haute fréquence : transport de la charge sédimentaire



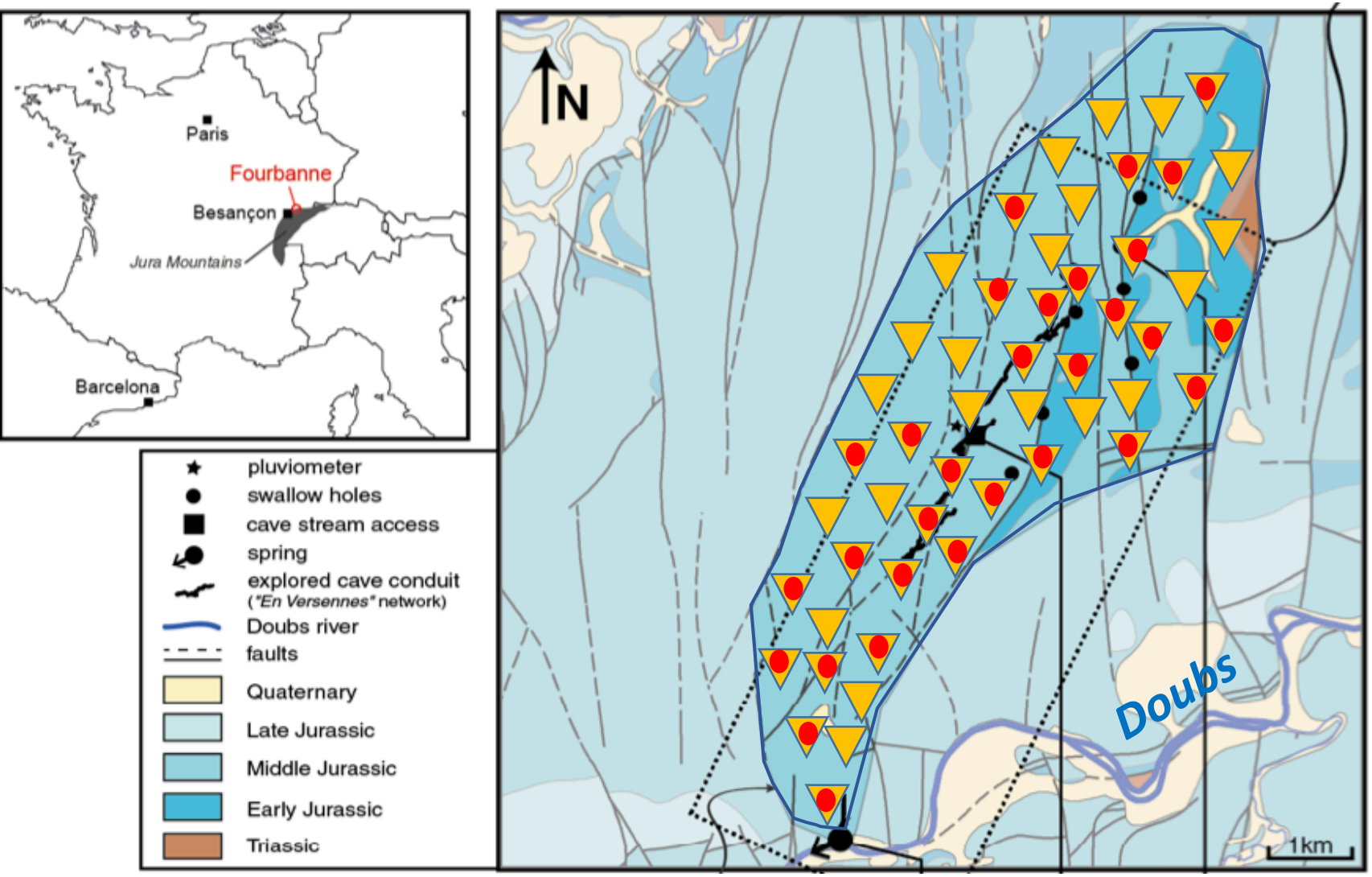
Hauteur d'eau (m)





Stages M1 Marine Gros et M2 Anaïs Marchand (2019, 2020)

Corrélation de bruit sur données du réseau dense (hiver 2021-2022)



(Cholet, 2017)

- 30 pluviomètres ●
- 60 sismomètres courte-période (nodes) ▽

SISMEAUCLIM

Thèse Anthony Abi-Nader (2020-2023)

Merci de votre attention !