



### Edito par le Bureau de RESIF

La newsletter RESIF change son mode de diffusion. Nous arrêtons la version papier et avons opté pour une forme plus interactive grâce aux nouveaux outils de messagerie. Dorénavant, l'accès à chaque rubrique ou à l'intégralité de la newsletter, sera possible depuis le message mail. La newsletter RESIF sera, comme toujours, disponible sur notre site web.

Dans ce numéro, vous découvrirez le rôle joué par les observatoires volcanologiques et sismologiques de la Guadeloupe, de la Martinique et de la Réunion en Outre-Mer et la mise à disposition de leurs données à travers les infrastructures de RESIF (p. 2-4). Le projet RESIF-CLB connaîtra un regain d'activité en 2017 notamment avec l'installation de nouvelles stations sismologiques dans l'Ouest de la France métropolitaine (p. 5-6). Basée sur des observations gravimétriques et sismologiques complémentaires, une méthodologie innovante a permis de mieux comprendre la dynamique de stockage de l'eau à l'intérieur du plateau karstique des Grands Causses (Aveyron), avec, in fine, une gestion plus adaptée des ressources hydriques (p. 7-8).

RESIF, dans sa volonté de favoriser les échanges entre les différentes communautés scientifiques en

géosciences, organisera au début de l'été prochain un workshop dédié à l'instrumentation géophysique et en octobre, les 3ème Rencontres scientifique et technique RESIF. De plus ample informations seront disponibles prochainement sur le site [resif.fr](http://resif.fr).

### ACTUALITÉS

Avril :

23-28 : EGU à Vienne

Mars :

30 : réunion du Comité Directeur RESIF

1-3 : réunion EPOS integration meeting

Février :

23-24 : réunion du Board of Governmental Représentatives de EPOS

2 : Assemblée Générale du RAP

Janvier :

31 : Assemblée Générale du RENAG-GPSMOB

12-13 : atelier «comparaison solutions» du RENAG

7 : réunion EPOS-France

### PORTRAIT (p.8)

Jean-Marie Saurel, Ingénieur CNRS, travaille à la direction des observatoires volcanologiques et sismologiques de l'IPGP.

## LES OBSERVATOIRES VOLCANOLOGIQUES ET SISMOLOGIQUES : 80 ANS DE MESURES AU SERVICE DE LA SCIENCE ET DES POPULATIONS

Auteurs : André Anglade, Valérie Clouard, Céline Dessert, Jean-Christophe Komorowski, Philippe Kowalski, Arnaud Lemarchand, Constanza Pardo, Aline Peltier, Claudio Satriano, Jean-Marie Saurel

Depuis sa fondation, l'Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) est responsable de l'observation et de la surveillance de l'activité des trois volcans actifs français au sein de leur contexte régional : la Montagne Pelée en Martinique et la Soufrière de Guadeloupe aux Antilles, ainsi que le Piton de la Fournaise sur l'île de la Réunion dans l'Océan Indien. Il collabore également aux opérations de l'observatoire géophysique d'Arta à Djibouti (OGA) depuis 1973 et de l'observatoire volcanologique du Karthala (OVK) aux Comores depuis 1986.

Aux Antilles, dès l'éruption du 8 mai 1902, un observatoire permanent est établi à Fonds-Saint-Denis sous l'égide du service météorologique, face à la Montagne Pelée avec déjà des sismographes, parmi d'autres instruments. En 1925, l'activité du volcan ayant diminué, les observations sont arrêtées. Mais en 1936, après l'éruption de 1929, un nouveau bâtiment en béton est construit à proximité et une observation permanente est établie, avec l'installation d'un sismographe Quervain-Piccard équipé d'une masse de 20 tonnes. Les activités d'observation passent sous la responsabilité de l'IPGP en 1946. En parallèle, après l'installation d'un premier instrument en 1948, un observatoire est établi en Guadeloupe en 1950 avec deux sismographes pour surveiller l'activité de la Soufrière. Une cave sismique est creusée en 1952.

Dès le milieu des années 1950, les réseaux des observatoires de Martinique et Guadeloupe se développent, notamment avec les nouveaux sismomètres électromagnétiques, bien plus compacts (quelques kilos) et sensibles que leurs prédécesseurs mécaniques. Transmettant leurs données par câbles téléphoniques, ils permettent de suivre l'éruption phréatique de 1956 de la Soufrière en Guadeloupe. En 1972, les premières stations radio-téléométrées sont déployées. C'est ce réseau radio-téléométré qui sera rapatrié sur la Soufrière à partir de 1975 et qui a permis de surveiller l'érup-

tion de 1976. Une année plus tard, en 1977, à la Réunion, la lave du Piton de la Fournaise sort de l'Enclos Fouqué (caldera inhabitée à l'intérieur de laquelle se produit 97% des éruptions) et détruit partiellement le village de Piton Sainte-Rose. Les autorités, le département et le CNRS décident alors d'établir un observatoire à la Réunion et de confier sa gestion à l'IPGP. L'Observatoire Volcanologique du Piton de la Fournaise (OVPF) est opérationnel en 1979.

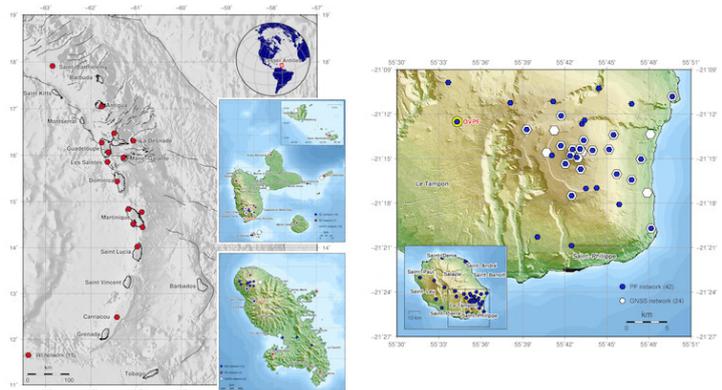


Fig.1) Cartes des 4 réseaux sismiques distribués par le nœud A VOLCANO de RESIF. De gauche à droite et de haut en bas : réseau WI, réseau GL, réseau MQ, réseau PF.

Les années 1980 seront marquées par le développement des techniques d'observation avec, entre autres, l'installation et le déploiement d'un réseau dense de sismomètres à transmission analogique par voie hertzienne. Cette technologie, robuste, peu coûteuse et largement déployée de par le monde, reste encore utilisée aujourd'hui. En Guadeloupe, l'observatoire est alors situé sur les flancs de la Soufrière et il dut être temporairement déplacé lors de la crise éruptive de 1976 dans la poudrière du Fort Delgrès construit en 1650 à Basse-Terre. Il est alors décidé de le reconstruire en l'éloignant du volcan. Le bâtiment actuel, sur le Morne Houëlmont, ouvre ses portes en 1993. Peu de temps après, l'usage scientifique des mesures de positionnement par satellite se développe (systèmes GNSS–Global Navigation Satellite System– dont le

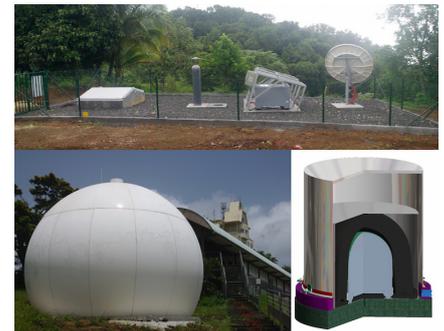
GPS, déployé par les militaires américains). C'est ainsi que les réseaux de stations GNSS permanentes se développent sur les trois volcans. Dans les années 2000, les deux observatoires des Antilles sont renommés en observatoires volcanologiques et sismologiques de la Guadeloupe (OVSG) et de la Martinique (OVSM), au vu de leur implication grandissante dans l'enregistrement et la caractérisation de la sismicité régionale de la subduction antillaise, mise en lumière lors des séismes des Saintes (magnitude 6,3, Guadeloupe) en novembre 2004 et de Martinique (magnitude 7,4) en novembre 2007. Enfin, 80 ans après la construction du premier observatoire, un nouveau bâtiment sera livré à l'OVSM par la Collectivité Territoriale de Martinique en 2017.

Au début des années 2000, une nouvelle technologie de sismomètres prend son essor et devient abordable : les capteurs large-bande associés à la numérisation sur site se multiplient. En 2003, quatre premières stations large-bande sont installées sur la Soufrière pour tenter de détecter des signaux basse-fréquence liés aux mouvements de fluides dans l'édifice volcanique. L'intérêt de ces capteurs sur un volcan est encore démontré en 2009 avec l'installation pour 4 ans sur le Piton de la Fournaise du réseau de l'ANR Undervolc (Brenguier et al., 2012) afin de suivre les variations de vitesse sismique dans l'édifice lors des phases d'activité. Ce réseau sera racheté par l'IPGP dans le cadre d'un projet Feder. Ce projet servira aussi à rénover l'équipement informatique pour gérer cet afflux massif de données et utiliser les nouveaux standards d'acquisition, de traitement et d'archive de la donnée sismique moderne (virtualisation, NAS, SEED, SeisComp3).

Dès les années 2005, une réflexion identique est engagée aux Antilles avec l'émergence de la prise en compte du risque tsunami suite au dramatique événement du 26 décembre 2004 en Indonésie. Un réseau régional multi-paramètres (vélocimètre, accéléromètre et GNSS continu), à transmission satellite (technologie VSAT), co-opéré avec le Seismic Research Center (SRC, à Trinidad) est ainsi déployé à partir de 2008. Ce réseau (Anglade et al., 2015), financé par un CPER-PO en Guadeloupe, et par l'Interreg Caraïbe Tsuaereg à partir de 2010 en Martinique, couvre aujourd'hui

l'ensemble de l'arc, des Grenadines au sud à Saint-Barthélémy au nord, et fournit aux chercheurs des données d'une qualité jamais obtenue à cette échelle sur la zone de subduction des Petites Antilles. Là aussi, les efforts d'instrumentation s'accompagnent d'un effort de modernisation des infrastructures informatiques de chacun des deux observatoires.

*Fig.2) Réseau WI à transmission par satellite et capteurs large-bande. De haut en bas et de gauche à droite : station CBE avec cave sismique, pilier GPS permanent, alimentation solaire et antenne VSAT, hub de*



*réception des stations VSAT en Martinique, sous son radome et coupe des différentes couches d'isolation des sismomètres large-bande (système CASIS).*

Après dix ans de travail, 54 stations modernisées (travail toujours en cours), 4,2 millions d'euros de budget et l'implication d'une trentaine de personnes dans les observatoires, mais aussi à Paris, les données des quatre réseaux des observatoires volcanologiques (GL, MQ, PF et WI) - quotidiennement utilisées en routine dans les observatoires pour la construction des catalogues sismiques régionaux et des volcans - sont aujourd'hui diffusées à la communauté scientifique, notamment par le biais du nœud B de RESIF, avec l'aide du CDD, le centre de données de l'IPGP ([centredonnees.ipgp.fr](http://centredonnees.ipgp.fr)). Ces nouvelles stations complètent les données des stations GEOSCOPE de FDF et RER, longtemps les seules données large-bande des Antilles et de la Réunion, respectivement.

La continuité de la donnée temps-réel, malgré tous les efforts déployés, reste soumise aux aléas des moyens de transmission utilisés entre les stations et l'observatoire. Ainsi, les équipes des observatoires ont mis en place des procédures plus ou moins automatisées pour compléter ces archives et récupérer sur les stations les données manquantes.

Les données de l'ensemble des réseaux de mesure de chaque observatoire sont ensuite synchronisées

chaque nuit sur un espace disque dédié à Paris, ce qui inclut donc les données complétées des quatre réseaux sismiques opérés par le nœud A VOLCANO de RESIF.

Avec l'aide d'étudiants volontaires de l'école doctorale STEP'UP de l'IPGP, dans le cadre d'une formation reconduite tous les ans depuis 2014, les données et les métadonnées passent alors le filtre de nombreuses étapes de validation et de vérification issues de l'expérience du réseau GEOSCOPE. Le but est de fournir des données vérifiées, de qualité, sans recouvrement et pour lesquelles une métadonnée (et une seule) est disponible pour chaque échantillon.

De par l'objet « volcan » qui est au cœur de l'activité des observatoires volcanologiques de l'IPGP, de multiples types de données sont acquises. La sismologie, même si elle représente une grosse partie des données et des réseaux de chaque observatoire, côtoie ainsi des réseaux de mesures de la déformation (stations GNSS, extensomètres, fissuromètres, inclinomètres), des réseaux de mesures géochimiques (géochimie des gaz fumeroliens, du panache et du sol, géochimie des eaux du système hydrothermal, forages), des réseaux de mesure de grandeurs physiques générales (gravimétrie, géophones, stations météorologiques, températures, imagerie optique et thermique, magnétométrie, polarisation spontanée du sol). L'ensemble de ces données permet ainsi au personnel de l'observatoire d'avoir à tout instant une vue d'ensemble de l'activité du volcan et de sa région. De plus, les observatoires acquièrent de très nombreuses données lentes dans les domaines de la géologie et de la géochimie qui complètent les observations sur les volcans (e.g. échantillonnage de roches et de coulées de lave, analyses pétrologiques et géochimiques de roche, cartographie, datations radiocarbones, sédimentologie et stratigraphie des produits éruptifs, reconstruction du passé éruptif).

Un effort est en cours depuis plusieurs années afin de mettre l'ensemble de ces données à disposition des utilisateurs. C'est le rôle du portail Volobsis ([volobsis.ipgp.fr](http://volobsis.ipgp.fr)), qui permet dès à présent de diffuser les données des réseaux GNSS et fournit des liens vers les centres de données distribuant les données sismiques, dont celui de RESIF. Cet effort est amplifié depuis peu par la par-

ticipation de l'IPGP au projet européen EPOS, et plus précisément au sein du Work Package 11, où il travaille à la définition commune de standards de données, métadonnées et des moyens de distribution.



Fig.3) Réseau PF à la Réunion, station transmise par Wifi installée sur une coulée de lave du volcan. De gauche à droite : capteur et son isolation thermique, vue générale de la station, hélitreuillage d'une structure de station (panneaux solaires, batteries, électronique).

Enfin, les deux observatoires antillais sont également fortement impliqués dans la collaboration régionale et internationale pour le suivi de l'arc de subduction des Petites Antilles, par le biais des programmes européens pour la modernisation des réseaux, mais aussi à travers le système d'alerte aux tsunamis pour la Caraïbe (ICG-CARIBE-EWS, ou GIC-SATCAR), mis en œuvre sous l'égide de l'Unesco depuis 2006. Dans ce cadre, l'ensemble des données des stations large-bande VSAT est utilisé par les centres d'alerte d'Hawaii (PTWC, à compétence régionale pour tout le bassin Caraïbe), d'Alaska (US-NTWC à compétence nationale US et servant de sauvegarde) et de Porto-Rico (PRSN, à compétence locale pour Porto-Rico).

### Références :

- Brenguier et al. (2012), *Seismological Research Letters*, 83, 7, doi: 10.1785/gssrl.83.1.97.
- Anglade et al. (2015), *Advances in Geoscience*, doi: 10.5194/adgeo-40-43-2015.

**Contact :** Jean-Marie Sauré, OVS-IPGP  
([sauré@ipgp.fr](mailto:sauré@ipgp.fr))

## L'INSTRUMENTATION SISMOLOGIQUE LARGE-BANDE DANS L'OUEST DE LA FRANCE MÉTROPOLITAINE

Auteurs : Éric Beucler, Mickaël Bonnin, Damien Fligiel, Bertrand Manhaval, Antoine Mocquet

Bien qu'en contexte géologique intracontinental et de marge passive, l'Ouest de la France métropolitaine (depuis la Charente jusqu'à la Bretagne et la Normandie) est actuellement caractérisé par une sismicité constante et modérée. Du point de vue historique, la base nationale de données macrosismiques SisFrance y recense 237 événements tectoniques, correspondant à près d'un quart de la sismicité historique métropolitaine, dont une dizaine d'intensité maximale supérieure ou égale à 7 (MSK). La quasi-totalité des événements se localisent dans l'affleurement de socle qui définit le Massif armoricain. Les bassins aquitain et parisien adjacents sont pratiquement dépourvus de sismicité, du moins sur la période d'observation instrumentale.

### Les premiers réseaux permanents d'observation

Pendant 50 ans (depuis les années 1960), l'activité sismique de l'Ouest de la France a été principalement enregistrée par des stations sismologiques courtes périodes installées progressivement par le laboratoire de détection géophysique du commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA-LDG) puis, à partir des années 1980, par le réseau national de surveillance sismique (RéNaSS). En 2010, cependant, seules quatre stations trois composantes à large-bande passante localisées à Rostrenen (Côtes-d'Armor), Rennes (Ille-et-Vilaine), Chizé (Deux-Sèvres) et Saint-Martin-du-Fouilloux (Deux-Sèvres) étaient présentes dans la région.

La centaine d'événements enregistrés annuellement dans l'Ouest depuis 25 ans représente entre 8 et 20 % de la sismicité métropolitaine. Cette proportion est certainement sous-évaluée du fait de la faible densité de stations sismologiques dans la région qui ne permet pas la détection des séismes de très faible magnitude. En outre, la région présente un excès relatif d'événements de magnitude estimées entre 2 et 3 (Fig. 1) dû à une atténuation anormalement faible sous le Massif armoricain [Mayor, 2016]. Le biais d'observation généré par le réseau est apparent dans la magni-

tude de complétude inférieure d'au moins un demi-point à la valeur métropolitaine (Fig. 1).

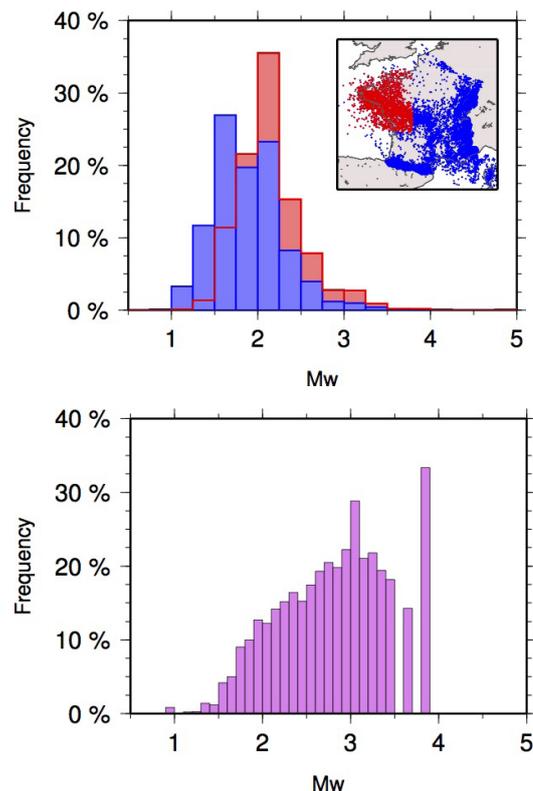


Fig.1) Analyse statistique de la sismicité de la France métropolitaine entre 1962 et 2009, base de données SI-Hex [voir newsletter RESIF n°5\*]. 3261 séismes sont dénombrés dans la partie ouest (rouge), soit environ 1 séisme tous les 5 jours. (Haut) Distribution des magnitudes dans la France métropolitaine et dans l'Ouest (classes en magnitude de 0,25). (Bas) Proportions des séismes de l'Ouest par rapport au nombre total de séismes métropolitains (classes en magnitude de 0,1).

### Densification et modernisation du réseau

La première tâche d'observation labellisée à l'observatoire des sciences de l'Univers Nantes Atlantique (OSUNA) dans le cadre du service national d'observation sismologique de l'INSU Terre solide, a ainsi été de rénover le réseau et de pallier le manque de stations d'enregistrement large-bande. Dès sa création en 2008, l'OSUNA (membre du consortium RESIF depuis 2013) a été en charge de la construction et de

la maintenance de l'antenne sismologique vélocimétrique [voir newsletter RESIF n°3\*] pour l'Ouest de la France métropolitaine. Comme toutes les stations permanentes RESIF, les stations de l'Ouest sont connectées en temps réel au centre de données de l'EOST (à Strasbourg) et de l'OSUG (à Grenoble) et supervisées par SyNAPSE, un outil développé à l'OCA (à Sophia-Antipolis). Les données et métadonnées acquises sont distribuées via le portail [seismology.resif.fr](http://seismology.resif.fr) [voir newsletter RESIF n°8\*].

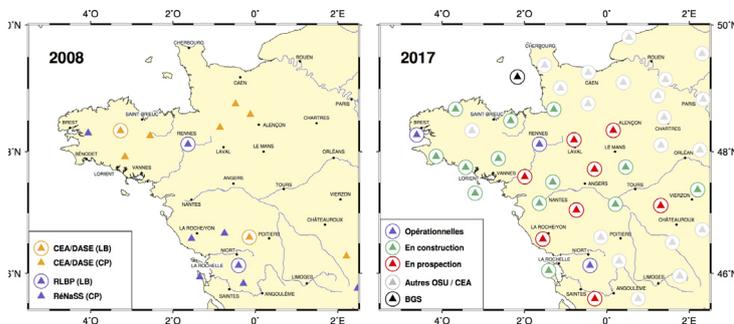


Fig.2) Évolution de l'antenne vélocimétrique RESIF dans l'Ouest depuis 2008. À gauche : le réseau était principalement constitué de stations courtes périodes (CP) du RéNaSS et du CEA. 4 stations large-bande (LB) étaient installées. À droite : état du réseau en janvier 2017. 16 stations sont en construction ou opérationnelles.

La construction de la majeure partie des stations (une vingtaine) est rendue possible grâce au financement du projet RESIF. Un contrat de plan signé entre l'État et la région des Pays de la Loire prévoit, en outre, le financement de 4 stations supplémentaires à partir de l'année 2018. La Figure 2 illustre l'évolution de l'antenne sismologique dans l'Ouest depuis 2008. À l'horizon 2020, l'ensemble du territoire concerné sera couvert par 24 stations inter-distances d'une cinquantaine de kilomètres en moyenne. Parmi celles-ci, 3 sont actuellement opérationnelles, 7 sont prêtes à recevoir leur instrumentation et 8 sont en phase de prospectation.

### Caractéristiques du réseau armoricain

Le réseau armoricain présente plusieurs caractéristiques incontournables qui conditionnent son installation : une forte anthropisation de la région qui laisse peu de zones dépourvues d'habitation ou de culture, une absence de cavités naturelles ou disponibles pour les installations et une proximité de l'océan Atlantique et de la Manche qui génèrent un bruit microsismique

de forte énergie. L'un des challenges du déploiement des nouvelles stations est de minimiser l'impact de ces contraintes afin de fournir à la communauté des enregistrements de qualité sur une large bande de fréquences. L'OSUNA a ainsi choisi de privilégier l'installation des capteurs en forage pour une large majorité des stations placées sous sa responsabilité. Il est ainsi devenu l'un des principaux acteurs de RESIF-CLB pour la conception, le test et la mise en œuvre de forages en contexte de socle.

### Premières applications et perspectives

Entre 2010 et 2014, l'ANR PYROPE [voir newsletter RESIF n°7\*] et le projet VIBRIS, financé par la Région des Pays de la Loire, ont permis à l'OSUNA de concilier projet scientifique et observation sismologique à l'échelle régionale et nationale. Ces projets ont conjointement permis de mettre en place sur la côte atlantique et le Massif armoricain un réseau temporaire dont le maillage était proche de la géométrie de la future antenne vélocimétrique. Ce réseau a permis à l'équipe sismologique nantaise d'augmenter ses compétences dans l'installation et l'entretien de stations sismologiques et a stimulé le développement à Nantes d'outils d'analyses des données adaptées à la densité du futur réseau. Outre des résultats novateurs sur la structure tri-dimensionnelle profonde de l'Ouest de la France, les premières recherches ayant bénéficié de ces déploiements ont apporté des informations inédites sur la localisation des différentes sources océaniques génératrices du bruit microsismique que [Beucler et al., 2015]. Gageons que l'installation des nouvelles stations en Bretagne dans les prochains mois apportera de meilleures contraintes sur la sismicité et la structure du Massif armoricain.

### Références :

- Beucler et al, (2015), *Geophys. Res. Lett.*, 42, doi : 10.1002/2014GL062347.
- Mayor, J. (2016). Variations régionales de l'atténuation sismique en France métropolitaine : observations et modélisation. Thèse de doctorat, université de Toulouse.

**Contact :** Mickaël Bonnin, LPG UMR CNRS 6112, OSUNA UMS 3281

[Mickaël.Bonnin@univ-nantes.fr](mailto:Mickaël.Bonnin@univ-nantes.fr)

\* Newsletters RESIF disponibles sur : [www.resif.fr](http://www.resif.fr)

## GRAVIMÉTRIE ET SISMOLOGIE : LA BALANCE ET LE CHRONOMÈTRE AU SERVICE DE LA ZONE CRITIQUE !

Auteurs : Cédric Champollion et Benjamin Fores

En hydrogéologie, la mesure de la vitesse des transferts des eaux souterraines est essentielle pour comprendre et modéliser la dynamique et le stockage des ressources en eau. La vitesse de transfert des eaux souterraines dépend principalement de deux paramètres : le gradient de pression et la conductivité hydraulique. L'accès à la zone saturée en eau grâce aux forages permet d'estimer dans de très nombreux cas, même complexes, la conductivité hydraulique. Dans les cas où le milieu n'est pas saturé (on parle aussi de "zone critique"), estimer la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sous-sol est non trivial. Dans certains cas (nappe proche de la surface, vitesse d'infiltration importante), l'impact de la zone non saturée n'est pas significatif. A l'inverse, dans certains karsts ou aquifères de socle (l'épaisseur de la zone non saturée peut alors atteindre des dizaines, voire des centaines de mètres) ou pour des études sur les échanges eau-sol-atmosphère, la zone critique peut avoir un rôle majeur. Or la zone non saturée est souvent extrêmement hétérogène. Et le volume représentatif des appareils de mesure de la teneur en eau du sol (classiquement basés sur les méthodes diélectriques ou des tensiomètres) est petit de l'ordre du  $\text{cm}^3$ . Bref, les paramètres hydrauliques de la zone critique ne peuvent pas être toujours négligés et restent pourtant peu accessibles avec les techniques actuelles.

Depuis plusieurs années, l'observatoire GEK (Géodésie des Eaux Karstique, Figure 1) soutenu par l'OSU OREME (<https://oreme.org/services/observation/hplus/gek>) et le SNO H+ (<http://hplus.ore.fr/larzac>) est dédié à l'observation géophysique et géodésique des processus hydrologiques et à la métrologie. L'observatoire est situé dans le sud des Grands Causses sur un plateau dolomitique karstique où l'épaisseur de la zone non saturée est supérieure à 100 m. Le contexte hydro-météorologique est suivi en temps réel par une tour de flux dédiée à la mesure de l'évapotranspiration et par deux pluviomètres. Une des idées initiales de ce projet est d'appliquer des méthodes géophysiques issues de la communauté terre solide à l'hydrogéologie.

*Fig.1) L'observatoire GEK (zoom à droite), abrite un gravimètre supraconducteur (iGrav) depuis 2011. Un sismomètre large bande a également été hébergé pendant un an (2015) en attendant une*



*future station permanente de RESIF. A l'extérieur, deux pluviomètres au auget et une tour de flux (zoom de gauche) permettent d'obtenir des mesures météorologiques précises et locales.*

Dans ce cadre, la gravimétrie permet de suivre les variations du stock en eau souterraine y compris dans ce type de milieu karstique hétérogène. Ce résultat est basé sur des séries de mesures gravimétriques réalisées avec les instruments du parc RESIF-GMOB et notamment un gravimètre absolu FG5. L'hydrogéologue dispose ainsi d'une balance adaptée à la zone critique mais reste myope : la gravimétrie n'apporte aucune contrainte sur la localisation des stocks en eau et donc sur les transferts. Afin de mesurer des vitesses de transferts de l'eau souterraine, il est nécessaire de disposer d'un chronomètre sensible à la profondeur : la sismologie passive. La mesure passive des variations de vitesse sismique par inter-corrélation de bruit ambiant est continue et simple à mettre en œuvre. La vitesse des ondes sismiques est de plus dépendante de la densité et donc de la saturation en eau. Mais surtout, choisir les fréquences du bruit sismique ambiant fixe une profondeur d'investigation (ou plutôt la sensibilité en fonction de la profondeur). Ainsi le site de l'observatoire s'est enrichi de deux sismomètres large bande séparés par une distance de 400 mètres pour une expérience d'un an. L'observatoire GEK est ainsi, peu à peu, devenu un observatoire géophysique complet puisqu'il accueille aujourd'hui en permanence un gravimètre supraconducteur, un récepteur GNSS et un sismomètre large-bande.

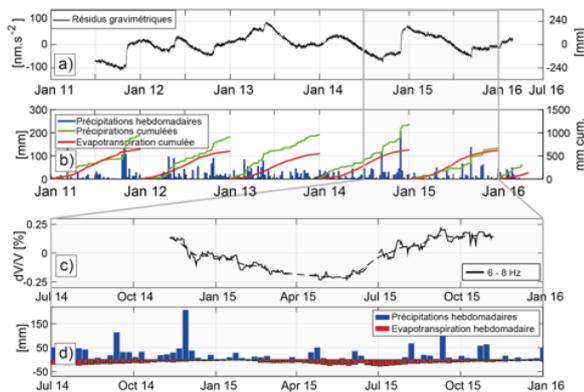


Fig.2) Données météorologiques et hydro-géophysiques de l'observatoire. En haut (a), les 5 années de résidus gravimétriques permettent de connaître avec précision les variations du stock en eau du sol, en lame d'eau équivalente (échelle de droite). La pluviométrie hebdomadaire et les cumuls annuels d'évapotranspiration sont donnés sur la même période en b). En bas (c), les variations de vitesse sismique sont induites par des variations de saturation en profondeur (entre 20 et 60 m à 6-8 Hz). L'important déphasage avec les fortes précipitations (plusieurs mois) montrent une infiltration très lente dans le milieu en d).

Que retenir de l'expérience de sismologie passive appliquée à l'hydrogéologie karstique ? Des variations

de vitesse clairement liées à des variations hydrogéologiques ont été mesurées (Fig.2). Ces variations de vitesse à une fréquence donnée (ici 6-8 Hz) peuvent être utilisées comme un chronomètre pour mesurer les temps de passage d'un front d'infiltration à une certaine profondeur (ici ~ 40 m). Et donc remonter aux vitesses de transfert de l'eau en zone non saturée. De plus, ces travaux ont montré l'intérêt de chaque méthode géophysique et leur complémentarité dans l'établissement de modèles hydrologiques.

Avec le développement des nouveaux gravimètres portables et en combinaison avec la sismologie passive, il sera possible dans un futur proche, de mener des expériences (observation d'une pluie naturelle ou simulée) sur des sites karstiques (entre autres) où les méthodes classiques en hydrogéologie ne sont pas adaptées. On pourra ainsi estimer les temps d'infiltration de manière quantitative et mieux contraindre la vulnérabilité de la ressource en eau souterraine.

**Contact :** Cédric Champollion, Géosciences Montpellier ([cedric.champollion@um2.fr](mailto:cedric.champollion@um2.fr))

### Portrait

Jean-Marie Saurel, ingénieur de recherche au CNRS et diplômé de l'école nationale supérieure de l'électronique et de ses applications (ENSEA), est en poste à l'IPGP depuis 2006. Il a travaillé plus de 7 ans à l'Observatoire Volcanologique et Sismologique de Martinique, en tant que responsable technique des réseaux de mesure, des capteurs et jusqu'à la mise à disposition des données. Depuis 2015, il travaille à la direction des observatoires volcanologiques et sismologiques à Paris sur la gestion et le traitement automatique des données des trois observatoires (données géophysiques, catalogues de sismicité). Par ailleurs, il est président depuis 2013 du groupe de travail chargé des réseaux de surveillance et de détection au sein du groupe inter-gouvernemental de coordination pour le système d'alerte aux tsunamis et autres risques côtiers de la Caraïbe (ICG-CARIBE-EWS).



**Équipe de rédaction :** Lydie GUILLEROT (IPGP), Tony MONFRET, (Géoazur, membre du Bureau de RESIF), Anaïs SCHNEIDER (ISTERRE) et Bureau de RESIF.

Adresse courriel : [comm@resif.fr](mailto:comm@resif.fr)

**Inscription à la Newsletter RESIF :** <http://www.resif.fr/newsletter.php>