

Microsismicité et hydrothermalisme : quatre ans de surveillance sismique du volcan de Lucky Strike sur la dorsale Médio-Atlantique.

par

à bord : Mathilde Cannat, Romuald Daniel, Christophe Courrier, Alexandre Blin, Carlos Corela

à terre : Wayne Crawford, Javier Escartin, Satish Singh et Miguel Miranda

Les dorsales océaniques à vitesse d'expansion lentes (moins de 4 cm/an d'écartement des plaques) sont le lieu d'une sismicité soutenue, due pour l'essentiel au jeu des failles qui forment ce que l'on appelle la vallée axiale : un rift dont la largeur varie entre 5 et 20 km, et dont le relief atteint souvent plus de 1500 m. Cette sismicité est connue grâce au réseau mondial de sismomètres terrestres, qui n'enregistrent cependant que les événements de magnitude > 5, assez rares le long des dorsales. Depuis quelques années on utilise aussi des réseaux d'hydrophones, mouillés à environ 1000 m de profondeur dans la colonne d'eau. Ces hydrophones sont capables de détecter des séismes de moindre magnitude, jusqu'à environ magnitude 2, mais ne permettent pas de les relocaliser, c'est-à-dire de déterminer la position géographique précise, et la profondeur, de la rupture sismique. Enfin, on utilise des réseaux locaux de sismomètres fond de mer, ou OBS (Ocean Bottom Seismometer). Ces réseaux ont une couverture beaucoup plus réduite (quelques kilomètres ou dizaines de kilomètres), mais permettent de détecter et de relocaliser des séismes de magnitude très faible. Ceci a un triple intérêt :

- 1- tous les déplacements sur des failles ne génèrent pas de gros séismes. Certaines roches de la lithosphère océanique ont par exemple une rhéologie très faible : elles ne sont pas capables de résister à de fortes contraintes et se déforment donc presque en continu, ne générant pas de séismes, ou seulement des séismes de faible magnitude ;
- 2- les dorsales sont bien sûr des zones très tectoniques, mais elles représentent aussi la plus longue chaîne volcanique de la Terre. Or les phénomènes volcaniques, déplacements ou dégazages de magma en profondeur, ouverture de filons par exemple, génèrent une activité sismique notable, mais pour l'essentiel de très faible magnitude ; et enfin
- 3- le système tectonique et volcanique des dorsales est associé à d'intenses circulations hydrothermales, elles aussi capables de générer une microsismicité, dont l'origine reste mal connue. Le réseau d'OBS du volcan central de Lucky Strike, que nous avons installé une première fois en 2007, et réinstallons depuis chaque année (car les OBS ont une autonomie d'un an), a pour but d'étudier ces 3 sources possibles de microsismicité, et leurs interactions.

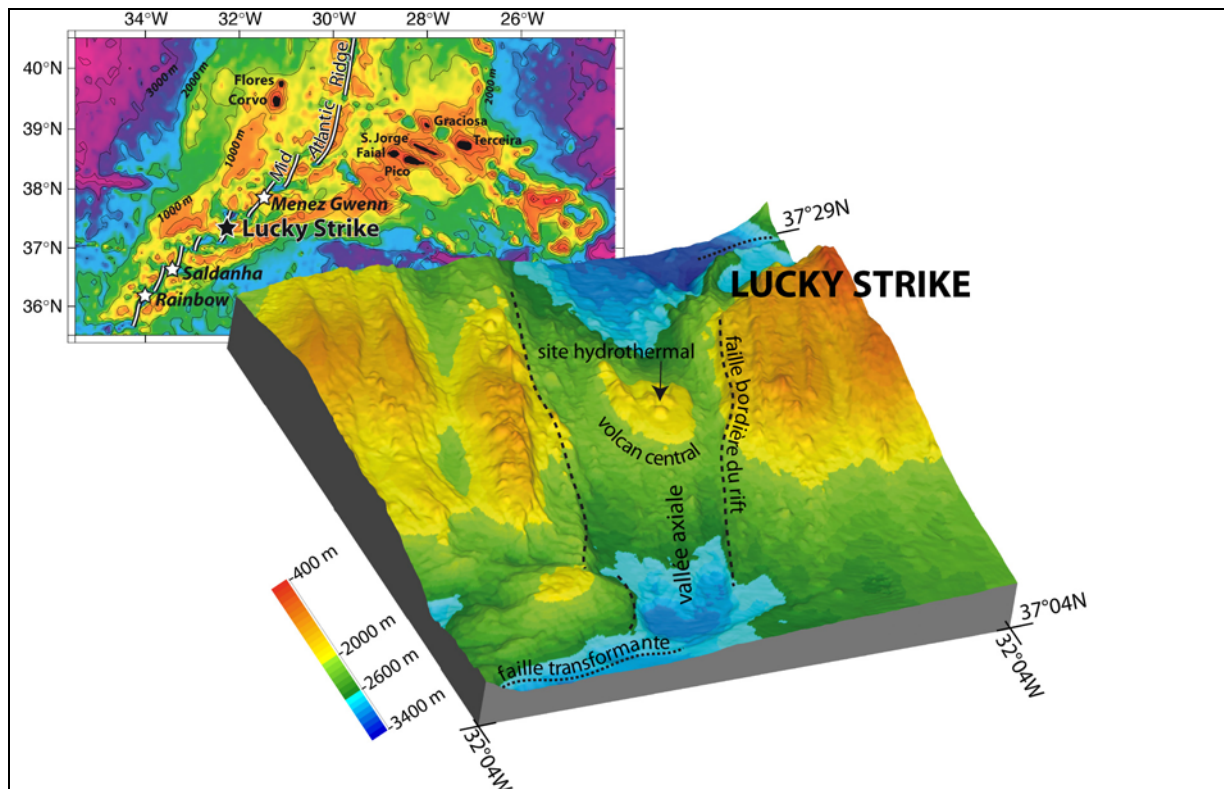
Nous avons choisi le segment de la dorsale médio-Atlantique dit « Lucky Strike » pour cette étude, car il est facile d'accès depuis les îles des Açores, et comprend l'un des sites hydrothermaux les plus actifs du système mondial des dorsales. Nous avons pu montrer, grâce à une expérience de sismique réflexion-réfraction conduite en 2005, que ce champ hydrothermal surplombe une chambre magmatique située à 4 km de profondeur sous le volcan central (Singh et al., Nature, 2006). Le réseau d'OBS est configuré pour « imager » la sismicité depuis la profondeur de cette chambre, jusqu'à la surface, sur toute la superficie du volcan. Ce réseau permet également de détecter des séismes qui se produisent dans un rayon de 30 kilomètres hors volcan, mais leur relocalisation est moins précise. Le dépouillement des deux premières années d'enregistrement montre une distribution systématique en magnitude, avec les séismes les plus forts (magnitudes locales calculées > 1) en fin de segments, et

uniquement des séismes de faible magnitude sous le volcan central. À l'échelle du volcan, on observe aussi un groupement de séismes de très faible magnitude dans un secteur d'à peine 1 km² au sommet du volcan, quelques centaines de mètres au nord des sources hydrothermales. Cette sismicité de très faible amplitude a connu un pic d'activité au printemps 2009. Notre hypothèse de travail est que ces séismes pourraient être dus à un refroidissement brutal des roches au dessus de la chambre magmatique dans cette région, suite à un afflux d'eau de mer froide alimentant le système hydrothermal. Un groupe de séismes de magnitude légèrement plus forte est observé plus au Sud, et interprété en première analyse comme due au rejeu de failles superficielles, peut-être en lien avec une arrivée de magma dans la chambre magmatique sous-jacente. Ces hypothèses sont en cours d'examen, et nous utilisons pour les tester des données provenant d'autres expériences menées sur le même site : mesure en continu de la température des fluides hydrothermaux et des mouvements verticaux du sol.

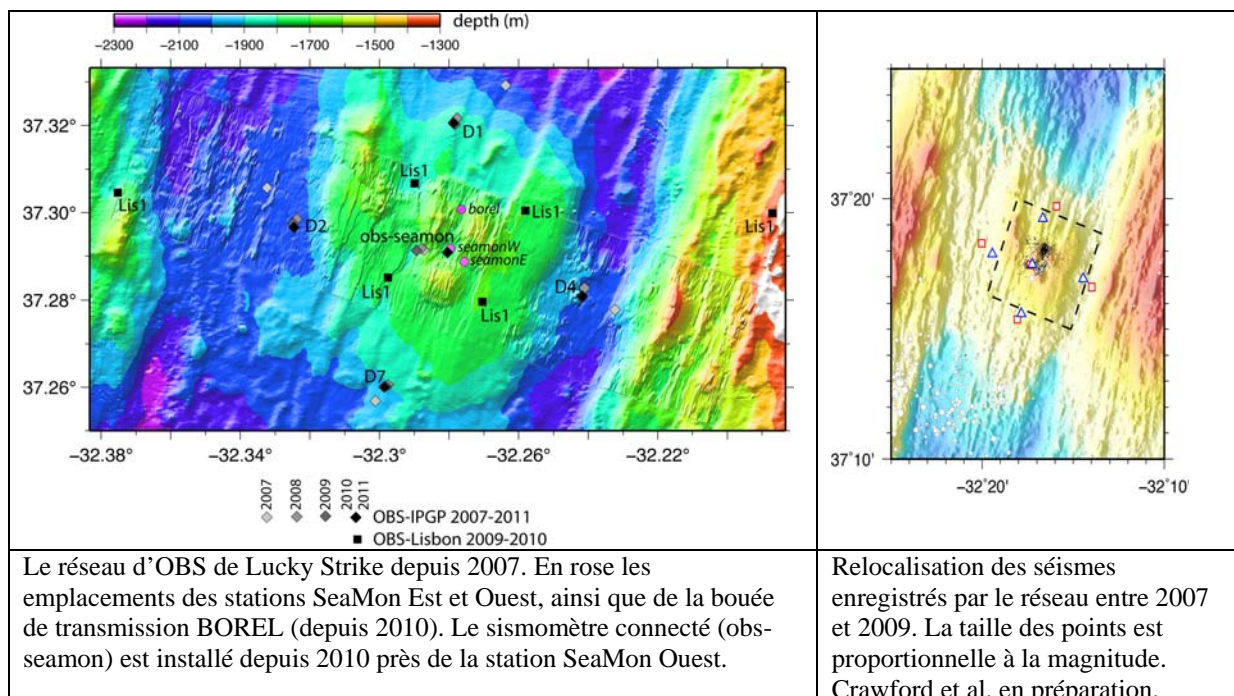
De 2007 à 2010, le réseau sismique de Lucky Strike a été entièrement autonome, les instruments enregistrant leurs données dans un disque dur interne, récupéré lors des maintenances annuelles. Depuis octobre 2010 et dans le cadre du programme européen ESONET-EMSO, nous avons en outre mis en oeuvre un système prototype, qui permet de transmettre par satellite et toutes les 6 heures des informations sur les séismes dépassant un certain seuil d'amplitude locale, enregistrés par un OBS installé au sommet du volcan, et connecté à une station observatoire SeaMon (Sea Monitoring).

Ce système comprend d'abord des géophones et un hydrophone qui mesurent et enregistrent l'activité sismique, en utilisant le même système d'acquisition que les autres OBSs déployés sur la zone. Pour répondre aux exigences de détection d'événements sismiques et de communication avec la surface, nous avons développé deux fonctions supplémentaires : une carte de détection d'événement sismique, et une carte de communication avec la station SeaMon. La méthode utilisée pour pointer les séismes et évaluer leur amplitude est basée sur une comparaison du bruit ambiant avec l'activité sismique instantanée, appelée méthode LTA/STA (STA: 'short term average', LTA: 'long term average'). Toutes les 6 heures et sur demande de la station SeaMon, l'OBS transmet l'heure des derniers séismes détectés, et une estimation de l'amplitude maximum du mouvement vertical du sol, basée sur une échelle de 7 seuils. Pour des séismes au-delà du seuil d'alerte une alarme est transmise en temps réel vers la surface.

Ce système préfigure ce que pourront être de futurs observatoires sismiques sous marins légers, à installer dans des zones trop éloignées des côtes pour être reliées par câble à la terre. Nous espérons le faire évoluer rapidement pour le rendre capable de transmettre à la demande les enregistrements du sismomètre correspondant aux heures des séismes détectés.

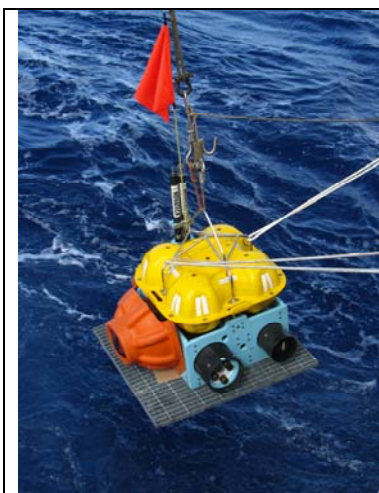


Vue de la vallée axiale du segment Lucky Strike de la dorsale médio-Atlantique. Ce segment, long de 60 km, comprend un volcan central au sommet duquel se trouve l'un des champs hydrothermaux les plus actifs du système mondial des dorsales.

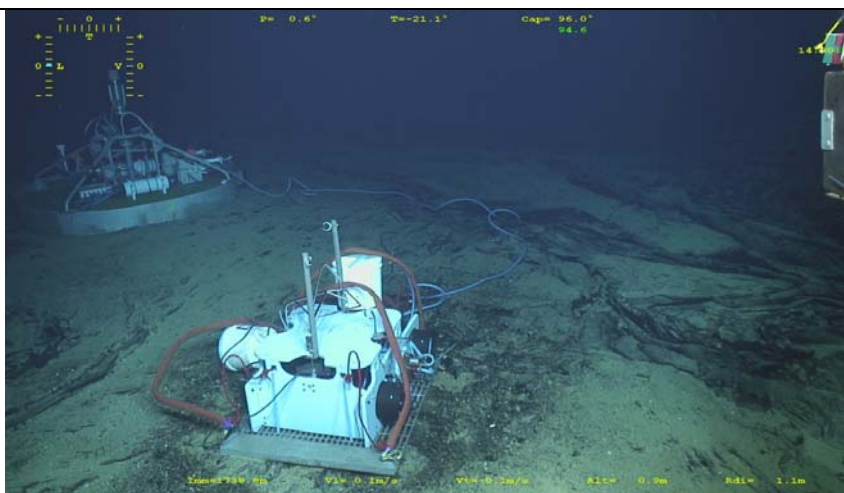


Le réseau d'OBS de Lucky Strike depuis 2007. En rose les emplacements des stations SeaMon Est et Ouest, ainsi que de la bouée de transmission BOREL (depuis 2010). Le sismomètre connecté (obs-seamon) est installé depuis 2010 près de la station SeaMon Ouest.

Relocalisation des séismes enregistrés par le réseau entre 2007 et 2009. La taille des points est proportionnelle à la magnitude. Crawford et al. en préparation.



Un OBS du parc INSU-IPGP
(photo W. Crawford)



l'OBS (premier plan) connecté à la station SEAMON W (second plan) depuis octobre 2010. Vue du ROV VICTOR