

Le point sur les auscultations (nivellement, extensométrie, GPS, sismicité) autour de l'effondrement minier de Mas Caché (Chartreuse méridionale).

¹G. Ménard, ²D. Hantz, ²A. Helmstetter, ³D. Hervé, ²P. Lacroix, ³S. Rigollet

¹ EDYTEM, U. de Savoie, 73376 le Bourget du Lac cedex

gilles.menard@univ-savoie.fr

² ISTERRE, UJF, 38041 Grenoble cedex

³ Vicat, La Pérelle, 38380 St Laurent du Pont

RÉSUMÉ

Le 09/01/2011 un effondrement dans la carrière à ciment Vicat a affecté la commune de St-Martin-le-Vinoux (Sud Chartreuse), provoquant des dégâts importants sur plusieurs maisons du hameau de Mas Caché. Suite à l'effondrement affectant des couches très pentées (45° ou plus), plusieurs réseaux de surveillance ont été installés pour suivre les déformations. Il s'agit d'antennes sismiques, d'un réseau de nivellement, de bases extensométriques et de points GPS. Les premiers enseignements de la partie « géodésie » de ce suivi sont présentés ici.

- Le suivi en continu d'un point GPS montre une forte composante horizontale vers l'ESE, permettant d'exclure tout glissement de versant. L'affaissement global en surface serait de l'ordre de 30 cm au sommet de la zone.

- Du point de vue spatial, le réseau de nivellement a permis de contraindre les limites nord, sud et ouest de la zone d'affaissement (18 ha), limites qui peuvent être mises en correspondance avec les quartiers effondrés de la carrière souterraine (9-10 ha).

- Du point de vue temporel la tendance au ralentissement de l'affaissement observée durant les neuf premiers mois (GPS, nivellement partiel, extensométrie) s'est vu perturbée par une accélération durant l'hiver 2011-2012, accélération qui s'est répétée durant l'hiver 2012-201. Les remesures de l'ensemble du réseau de nivellement montrent toutefois que ce phénomène saisonnier (infiltrations hivernales ?) n'est pas généralisable à toute la zone, avec des secteurs qui ne montrent que du ralentissement de l'affaissement.

1 INTRODUCTION

Le 09/01/2011 s'est produit sur la commune de St-Martin-le-Vinoux un effondrement minier affectant les anciennes exploitations de ciment de la Porte de France. Cet événement, dit événement de Mas Caché, a provoqué un certain nombre de désordres en surface tels que maisons endommagées (dont deux évacuées) et fissures. En souterrain, l'effondrement de galeries et d'anciens chantiers a été observé sur près de 500 m dans le sens nord-sud et sur 250 m de dénivelée, compte tenu du fort pendage vers l'Ouest des couches à ciment exploitées. Rapidement ont été installés à l'initiative du laboratoire ISTERRE une antenne sismique et une antenne GPS, puis un réseau extensométrique et un réseau de nivellement. Un an plus tard un réseau géodésique complémentaire a été installé dans le hameau de Mas Caché, avec un suivi altimétrique et planimétrique réalisé par le bureau SINTEGRA. Ce papier fait brièvement le point sur les principaux apports de ces auscultations.

2 OBJECTIFS DE L'AUSCULTATION

Les questions qui motivent l'auscultation sont principalement les suivantes.

2.1. Déterminer les limites de la zone affaissée en surface afin d'établir la correspondance avec les chantiers effondrés en souterrain (inclinaison des plans limitant latéralement la zone effondrée). La connaissance de ces inclinaisons est importante pour déterminer les zones « à risque » en surface. Concernant les chantiers souterrains, quelles couches exploitées se sont effondrées : couches à ciment seulement ou couches à ciment et Pierre Tendre?

Concernant les mouvements consécutifs à l'effondrement minier les objectifs sont quelque peu différents selon les secteurs.

2.2. Au sommet du site, au pied des affleurements des Tithonique (effondrement du Jallat et fissure nord), il s'agit de déterminer si on a affaire à un effondrement du toit de la couche exploitée (impliquant une destruction complète des piliers) ou à un simple affaissement des piliers au sein de cette couche (reprise du mécanisme ancien de 1987 ayant provoqué l'effondrement du Jallat).

2.3. Au niveau du hameau de Mas Caché, il s'agit de distinguer les mouvements de type glissement de versant ou déstabilisation de remblais de l'affaissement proprement dit. C'est ici la connaissance de la composante horizontale des déplacements qui est capitale : vers l'ouest dans les premiers cas, vers l'est dans le second cas. Cette connaissance de la composante horizontale des déplacements est d'ailleurs importante pour toute la zone d'étude.

2.4. L'évolution temporelle des déplacements est tout particulièrement suivie pour déterminer quand la diminution des vitesses d'affaissement et de l'activité sismique seront jugées suffisantes pour permettre le percement d'un nouvel accès au chantier et la reprise de l'exploitation des couches à ciment, 3-4 km plus au nord

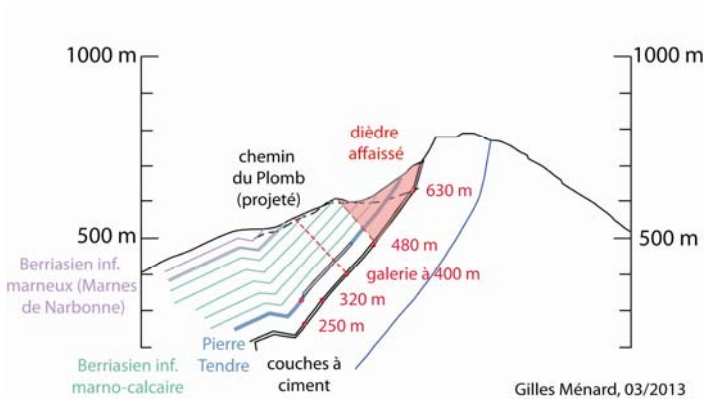


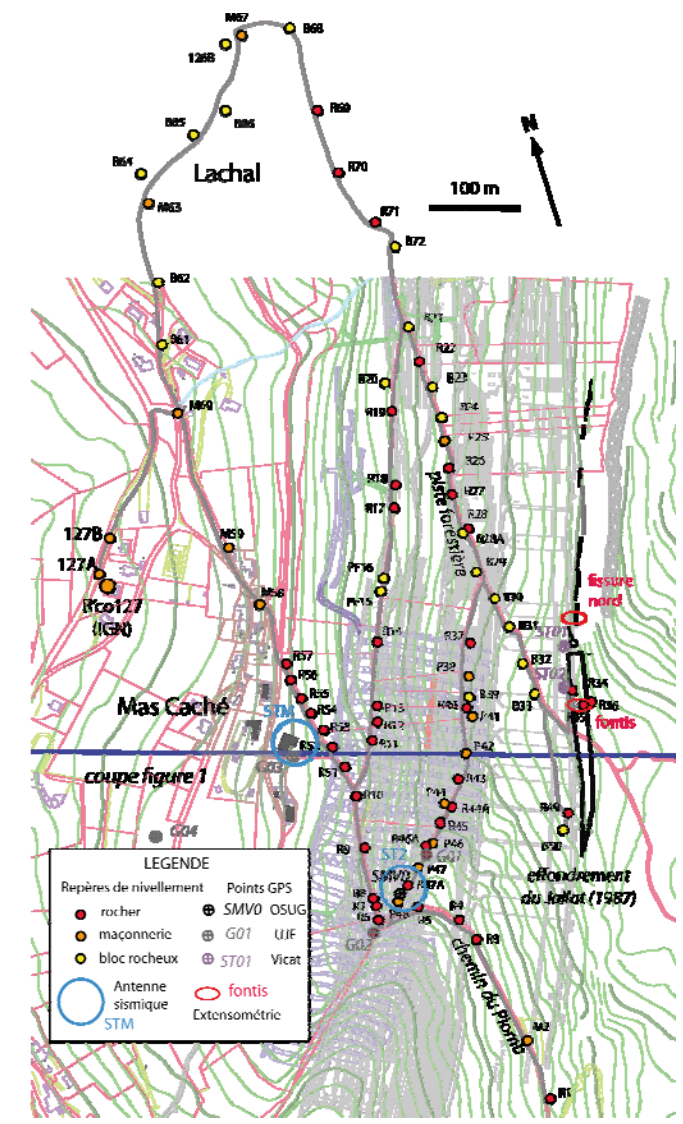
Figure 1. Coupe géologique du site

3. LES RÉSEAUX

3.1. Le réseau de nivellement

L'implantation de ce réseau de nivellement « traditionnel » est motivée par les conditions de terrain caractérisées ici par un couvert forestier dense et quasi-continu laissant peu d'espoir à l'utilisation de méthode

comme l'interférométrie radar et limitant fortement les possibilités d'utilisation du GPS. La finalité de ce réseau est d'une part de contraindre en carte la géométrie de la zone d'affaissement (et notamment son extension vers le Nord) et d'autre part de suivre dans le temps l'évolution des mouvements, complétant le suivi en continu assuré par le point GPS ainsi que le suivi extensométrique.



Le réseau de nivellement de Mas Caché comporte à l'origine une soixantaine de repères répartis sur une distance de plus de 3 km et sur une dénivelée de près de 270 m. Les repères ont été scellés sur tout ce qui pouvait faire un support acceptable (figure 2) : rocher en place, blocs rocheux, support en maçonnerie (mur de soutènement, poteau en ciment).

Le réseau initial forme une maille principale sur laquelle se branchent trois antennes. Deux de ces antennes, en haut de versant, se rattachent au Tithonique (rocher en place supposé fixe) : la première, vers le Sud, au niveau d'une ancienne carrière à ciment, la seconde, vers l'Est, au niveau du fossé d'effondrement de 1987 (effondrement du Jallat) à proximité immédiate d'une des bases extensométriques implantées par Didier Hantz. La troisième antenne, en bas de versant, se rattachent à un repère de 4^{ème} ordre du réseau de l'IGN (repère mesuré en 1952, recalculé en 1980).

Figure 2. Les réseaux d'auscultation du site de Mas Caché

Afin d'avoir des mesures de référence pour le cas où la zone d'effondrement serait amenée à s'étendre vers le nord, le réseau à été étendu en juillet 2011 par l'adjonction d'une douzaine de repères formant une maille passant par le hameau de Lachal (maille nord).

3.2. Les bases extensométriques

Deux sites équipés de bases extensométriques ont fait l'objet d'un suivi, combiné à des mesures de nivellement. Le premier est situé sur l'effondrement préexistant du Jallat qui a été réactivé lors de l'événement de Mas Caché : il comporte 3 points (3 bases) complétés par 3 points du réseau de nivellement. Le second est situé sur la fissure nord apparue lors de l'événement de Mas Caché : il comporte 3 points (2 bases) dont 2 mesurés en nivellement.

3.3. Le point GPS en continu

Le point GPS en continu est situé à quelques mètres d'un des repères de la maille principale (P48). N'ayant pas été matérialisé au sol, il n'a pu être rattaché au réseau. Il a été déplacé à l'automne 2011 sur un repère matérialisé au sol. 4 points GPS supplémentaires, mesurés une ou deux fois par an, ont été implantés à l'automne 2011. Deux de ces points (G01 et G02) ont été rattachés au réseau de nivellement.

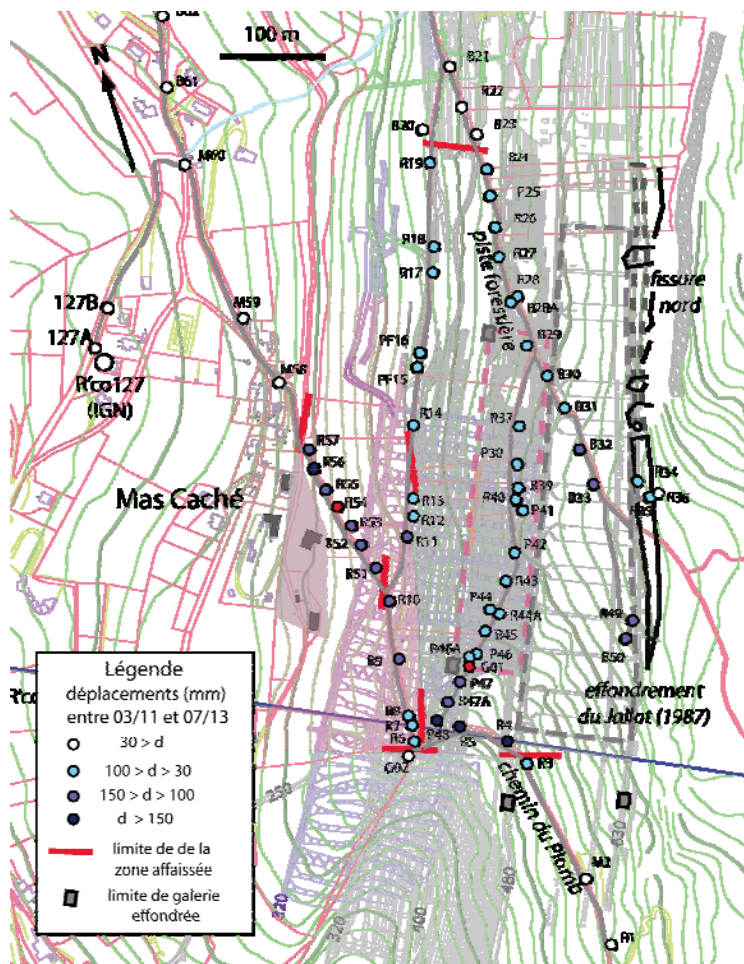
Une information précieuse est fournie par deux points situés près de l'effondrement du Jallat (ST01 et ST02) qui avaient été mesurés par GPS en 2009 (avant l'effondrement) avec une précision moyenne, mais que Vicat a fait remesurer en 2012 et 2013 et qui a ainsi pu donner un ordre de grandeur du déplacement total.

3.4. Les antennes sismiques

Trois antennes sismiques ont été installées entre le 21 janvier et le 11 février 2011, à Mas Caché (STM), au-dessus du virage du chemin du Plomb (ST2 près du point GPS et du repère de nivellement P48) et à l'est du Mont Jallat à 1 km au NNE du site (ST3). Ces antennes composées de six capteurs permettent de comptabiliser l'activité sismique du secteur et de localiser approximativement les événements.

4 PRINCIPAUX RÉSULTATS

4.1. Limites de la zone affaissée



Les limites de la zone affaissée ont pu être encadrées en nivellement par deux couples de points au nord et au sud et par un couple de point à l'est et à l'ouest (traits rouges sur la figure 3). A partir de là il est possible de proposer une emprise de la zone affaissée en surface qui peut être mise en relation avec les effondrements en profondeur (tiretés roses, gris et verts sur la figure 3). Un problème apparaît toutefois au sud où la limite de la zone effondrée en surface est en retrait (plus au nord) par rapport aux galeries effondrée à 480 et 600 tout en étant cohérente avec le chantier le plus au sud figuré sur le plan Vicat entre 480 et 600 m. des galeries ont-elles pu s'effondrer sans que des chantiers d'effondrent au-dessus ?

Figure 3. Carte des déplacements entre mars 2011 et juillet 2013 avec les limites reconnues de la zone affaissée (gros traits rouges).

4.2. Partie haute de la zone effondrée

Pour l'effondrement du Jallat, les mesures conjointes d'extensométrie et de nivellement ont permis de déterminer le vecteur déplacement pour les repères P2 et P3 (figure 4, graphe « Extensométrie »). Le bloc du repère P2 s'affaisse parallèlement aux couches du mur (80°W). En revanche le rocher du repère P3 s'affaisse avec une composante vers l'Est. La composante verticale du déplacement de ces deux repères est très proche. Les repères de nivellement voisins montrent pour le R34 un affaissement identique aux repères P2 et P3 (67 mm entre juin 2011 et mai 2013) alors que le repère au rocher R35 montre un affaissement moindre (40 mm) sur la même période (fig. 4, graphe « Profil de nivellement »). Ce dernier résultat est surprenant dans la mesure où la couche sur laquelle est fixé le repère est stratigraphiquement en-dessous des couches à ciment exploitée et aurait dû rester stable. On peut faire le rapprochement avec une observation faite en galerie à 480 m (au nord de la zone effondrée) d'un soulèvement de la couche formant le mur est (couches juste au-dessus du Tithonique) qu'on peut interpréter comme provoqué par un glissement vers le bas de la partie amont de la couche qui s'engage sous la partie aval (figure 4, schéma « Galerie à 480 »). Ces deux observations montrent donc que des couches en-dessous des couches exploitées ont rompu lors de l'événement de Mas Caché. Notons enfin le ralentissement des déplacements au cours du temps, phénomène que nous préciserons plus loin.

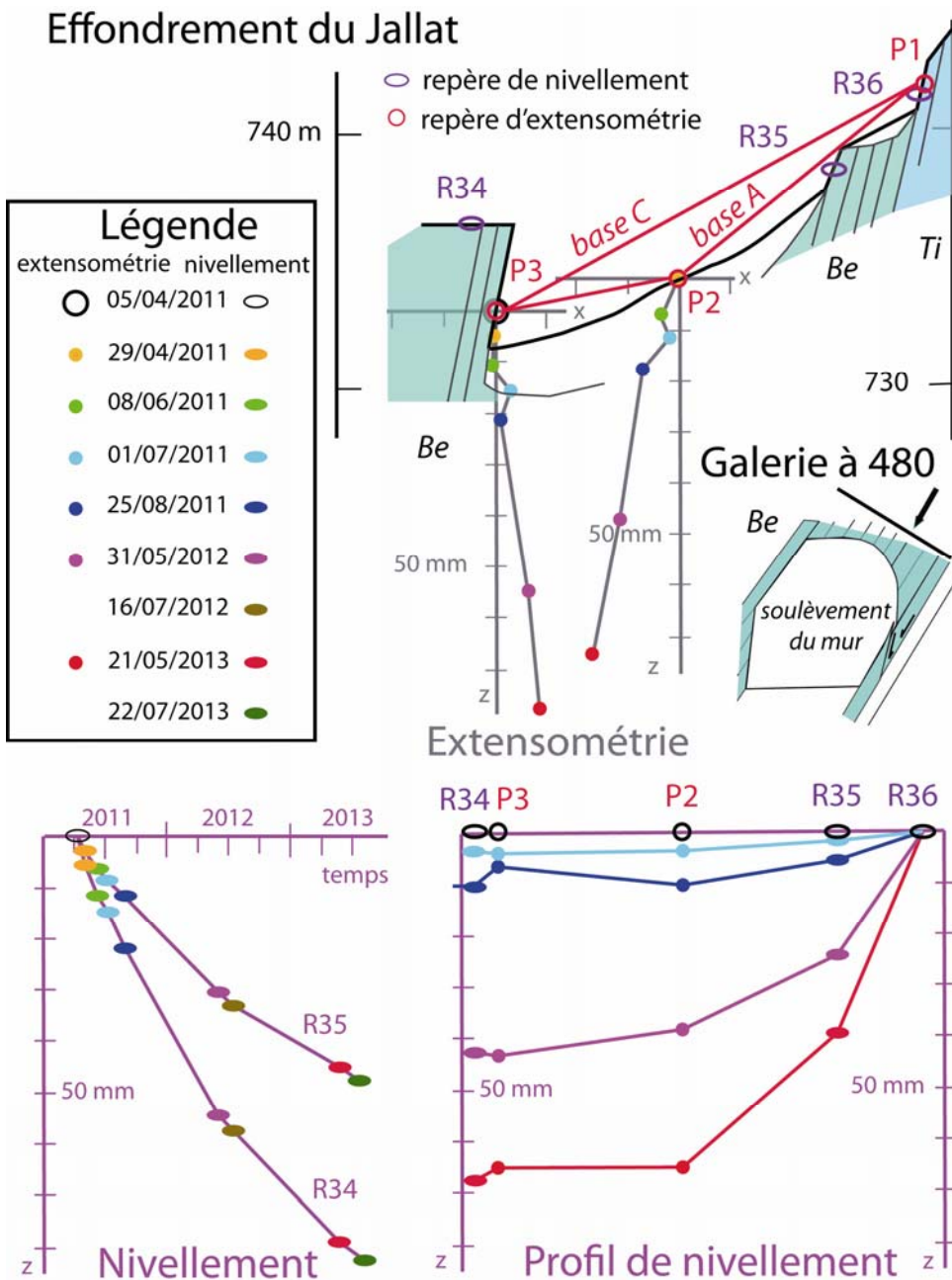


Figure 4. Résultats de l'auscultation de l'effondrement du Jallat (extensométrie et nivellement) et désordres observés dans la galerie à 480 m

4.3. Partie centrale

La partie basse du site (hameau de Mas Caché) ne sera pas traitée ici, ce secteur étant surtout documenté par les mesures de Sintégra, encore confidentielles.

Pour la partie centrale deux points sont intéressants à noter : l'apport du GPS et les relations entre sismicité et la déformation.

Le point GPS SMV0 (remplacé en septembre 2011 par un repère à centrage forcé) montre un déplacement vers l'ESE (figure 5), incompatible avec un glissement de versant. L'inclinaison du vecteur déplacement, supérieure à 45°, confirme le mécanisme d'affaissement. Il faut noter le bon accord avec le nivellement (d'affaissement de 146,8 mm entre mars 2011 et juillet 2012 pour le repère P48 voisin).

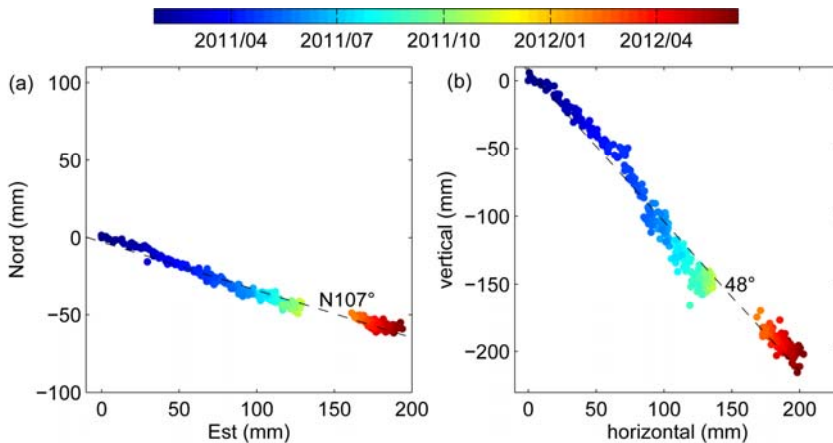


Figure 5. Déplacements du point GPS entre février 2011 et juin 2012 à gauche, projection dans le plan horizontal à droite, projection dans un plan vertical N107

Il faut également signaler les mesures GPS effectuées pour Vicat en 2009 (avant l'événement de Mas caché), avril 2012 et avril 2013 sur deux points situés au niveau de l'effondrement du Jallat (cf. fig. 2, points ST01 et ST02). Les déplacements sont de l'ordre de 15 à 20 cm vers le SW tandis que la composante verticale est de l'ordre de 35 cm pour 2009-2012 et de 8,5 cm pour 2012-2013. Cette dernière valeur pose problème dans la mesure où le repère R34 voisin ne s'est affaissé que de 2,2 cm entre juillet 2012 et juillet 2013.

La sismicité (figure 6) est surtout concentrée dans la partie sud du site et se prolonge encore au-delà. Un lien avec une faille mentionnée par Vicat (trait épais saumon sur la figure 6) peut s'envisager bien que l'activité au-delà de la zone effondrée ne soit pas évidente à expliquer.

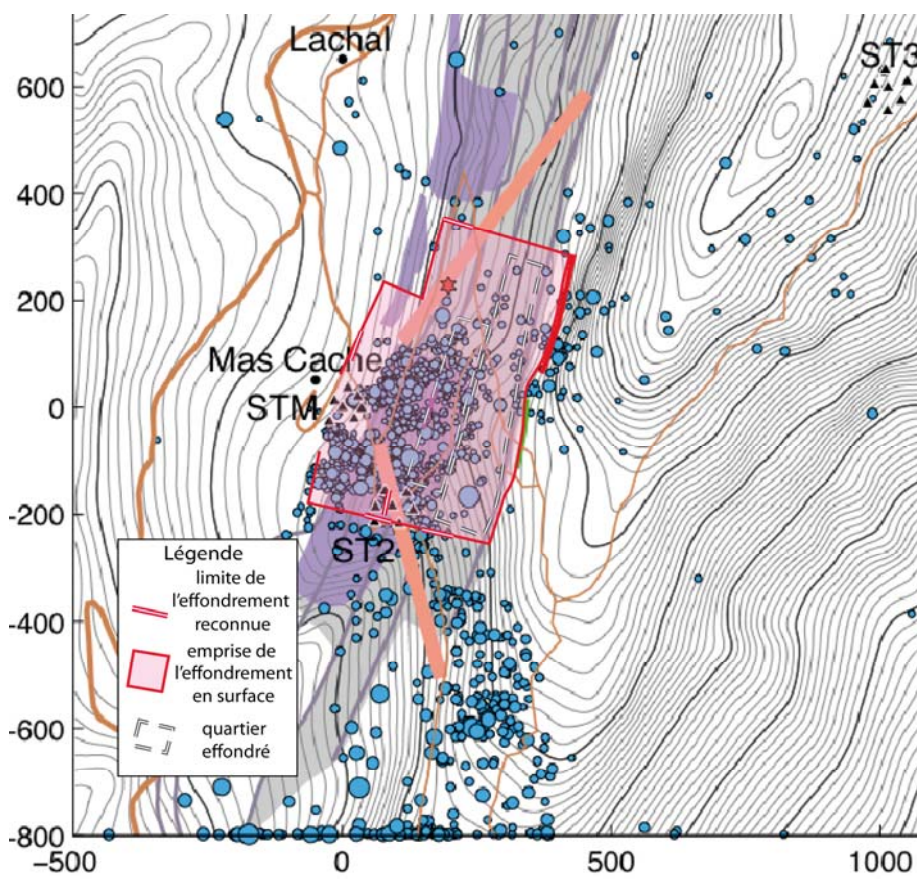


Figure 6. Carte de la microsismicité dans le secteur de Mas Caché (d'après Helmstetter et al., 2011, complété)

4.4. Évolution temporelle

L'ensemble des données temporelles est synthétisé sur la figure 7.

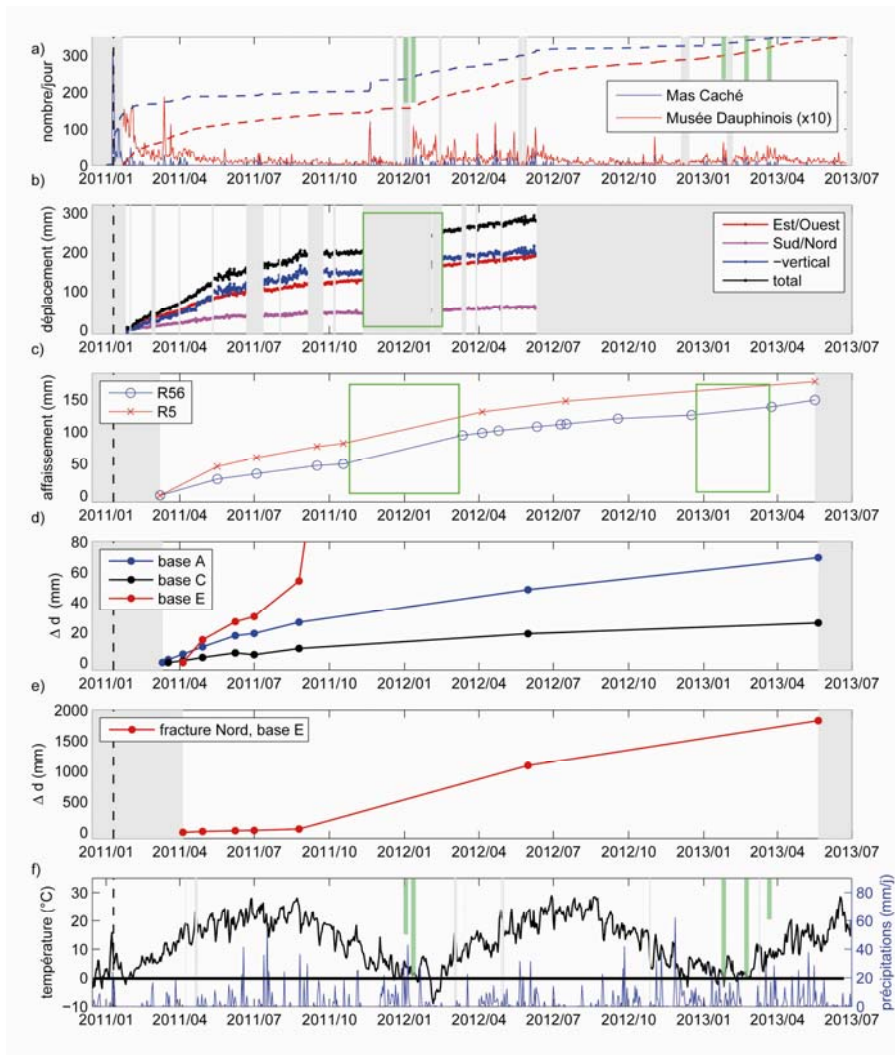


Figure 7. Synthèse des données temporelles sur le site de Mas Caché. de de haut en bas : activité sismique, GPS, nivellement, extensométrie, extensométrie (base E, fissure nord), données météo (température, pluviométrie) les cadres verts correspondent aux périodes durant lesquelles se sont produites les accélérations des affaissements et les traits verts correspondent aux périodes les plus probables (d'après la sismicité) pour placer ces accélérations

Elle regroupe les données sur l'activité sismique, les résultats du GPS, quelques données du nivellement, de l'extensométrie ainsi que les données météo pour la période considérée. La tendance dominante est un ralentissement général (attendu) des déformations, visible sur toutes les données géodésiques. Ce ralentissement est toutefois perturbé par une accélération durant l'hiver 2011-2012, accélération documentée par le nivellement et le GPS (paradoxalement durant une période sans données) mais reste très mal contrainte du point de vue chronologique (incertitude de près de 3 mois). Il est possible de proposer une date plus précise en faisant l'hypothèse que le début de cette accélération est associé à un regain d'activité sismique. Deux possibilités très voisines sont envisageables en janvier 2012. Une accélération analogue, bien que de moindre importance a été détectée pendant l'hiver 2012-2013 mais uniquement par le nivellement (incertitude également de près de 3 mois). La même confrontation avec les données sur l'activité sismique conduit à proposer 2 dates plus probables pour le début de cette accélération, l'une fin janvier, l'autre fin février 2013. Le caractère saisonnier de ces accélérations conduit à en rechercher dans les données météo une cause possible. De manière surprenante il semble que le phénomène ait plus de chance d'être lié à la température (passage à zéro degré dans les deux cas) qu'à la pluviométrie. La réflexion sur ce point doit être poursuivie.

5 RÉFÉRENCES

A. Helmstetter, G. Ménard, D. Hantz, P. Lacroix, F. Thouvenot & J.-R. Grasso. Etude multidisciplinaire de l'effondrement dans la carrière de ciment de Saint Martin le Vinoux. JAG 2011, Strasbourg, 7-8 septembre 2011, 7 pages.