europe.regionpaca.fr

UNION EUROPÉENNE
Fonds Européen de Développement Régional

RÉGION SUD PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

l'Europe s'engage sur le Massif Alpin

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
FONDS NATIONAL D'AMÉNAGEMENT ET DE DÉVELOPPEMENT DU TERRITOIRE

EN PARTENARIAT AVEC LA RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

Séminaire final SIMOTER

Interactions Mouvements de terrain / Laves torrentielles : de l'instrumentation à l'alerte

Mardi 8 décembre 2020

https://risknat.org/seminaire-final-simoter-mardi-8-decembre-2020/

Présentation

1. Le meta-projet SIMOTER
2. Projet SIMOTER 1

   Pause
3. Projet SIMOTER 2
4. Préconisations pour l'alerte
5. Suite du projet SIMOTER

europe.regionpaca.fr

UNION EUROPÉENNE
Fonds Européen de Développement Régional

RÉGION SUD PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

l'Europe s'engage sur le Massif Alpin

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
FONDS NATIONAL D'AMÉNAGEMENT ET DE DÉVELOPPEMENT DU TERRITOIRE

EN PARTENARIAT AVEC LA RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

1. Le meta-projet SIMOTER

Mise au point d'un **S**ystème d'**I**nstrumentation de **MO**uvements de **TER**rain pour l'aide à la décision dans les territoires de montagne

SIMOTER 1: porteur *ISTerre*

Site pilote du Rieu Benoit (hameau des Verneys, commune de Valloire, 73)

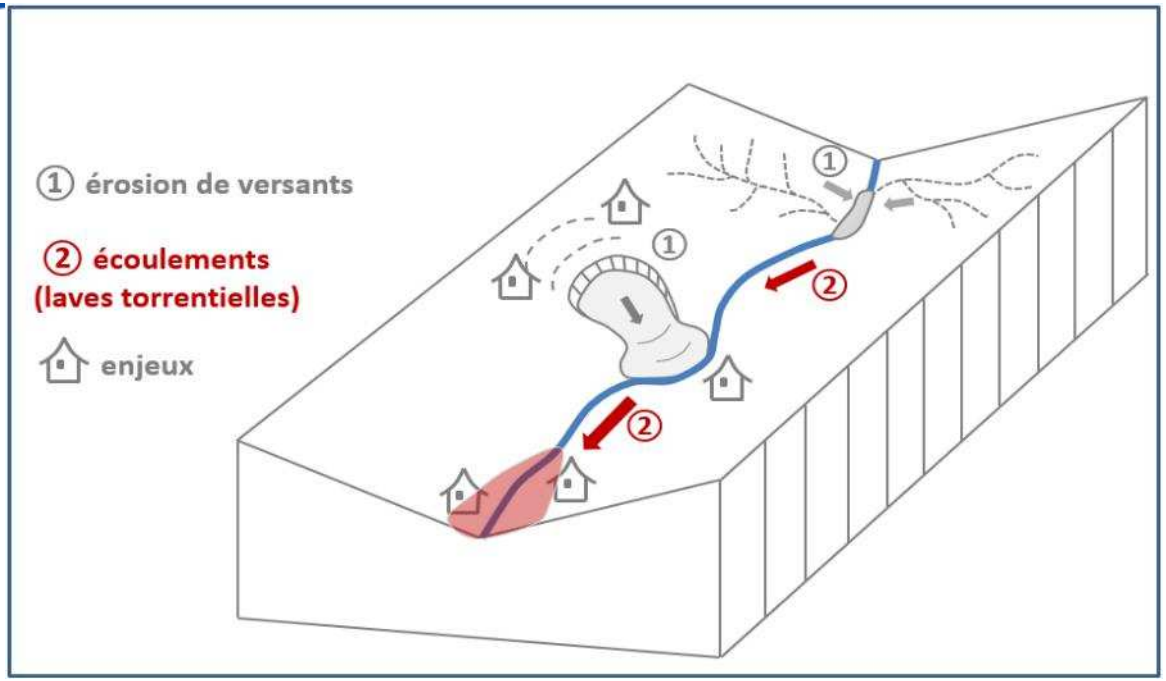
SIMOTER 2: porteur *INRAE*

Sites pilotes du Rieu Benoit (73) et du torrent du Réal (Peone, 06)

Projets de la programmation CIMA-POIA 2014/2020

europe.regionpaca.fr

SIMOTER



Objectifs

Objectif scientifique

Etudier les risques résultant de l'interaction entre un glissement de terrain et un torrent produisant des laves torrentielles.

Objectif opérationnel

Expérimenter un système de surveillance permettant une stratégie de gestion intégrée des risques.

Résultats transposables sur d'autres sites du Massif Alpin affectés par les mêmes phénomènes gravitaires.

Partenariat

- ISterre (Institut des Sciences de la Terre, Université de Grenoble Alpes
- ETNA (Érosion Torrentielle, Neige et Avalanches, INRAE)
- Commune de Valloire, Communauté de Communes des Alpes d'Azur
- RTM73, RTM06
- Geolithe

2. Le projet SIMOTER 1

2.1. INTRODUCTION

2.2. RECONNAISSANCE

2.3. INSTRUMENTATION

a. Photogrammétrie
b. Sismique
c. RFID
d. Météorologie

2.4. FONCTIONNEMENT DES INSTRUMENTS DE MESURES

2.5. RESULTATS

2.6. CONDITIONS EXÉCUTION DU PROJET

europe.regionpaca.fr

UNION EUROPÉENNE
Fonds Européen de Développement Régional

RÉGION SUD PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

l'Europe s'engage sur le Massif Alpin

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
FONDS NATIONAL D'AMÉNAGEMENT ET DE DÉVELOPPEMENT DU TERRITOIRE

EN PARTENARIAT AVEC LA RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

2.1 INTRODUCTION – SIMOTER1

Début projet: 1er janvier 2018

Fin du projet: 31 décembre 2020, reporté au 30 juin 2021 (Covid)

Partie 1

- Caractérisation du glissement de terrain de Valloire à partir d'observations géologiques et d'une campagne de prospection géophysique
- Définition des scénarios de glissement de terrain à partir de ces données.

Partie 2

- Instrumentation du site de glissement
- Suivi temporel des photos et des paramètres géophysiques mesurés

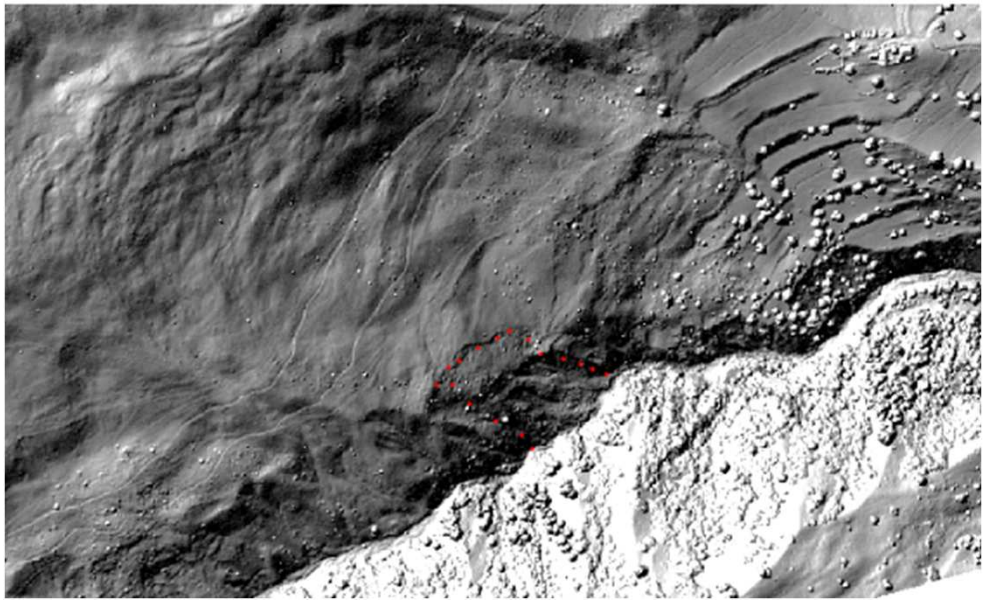
Partie 3

- Conclusion sur le système de surveillance mis en place
- Conclusion sur les interactions entre l'érosion des versants et le remplissage des chenaux, susceptibles de créer les conditions pour l'occurrence de laves torrentielles, en vue de comprendre les mécanismes (interaction avec INRAE).

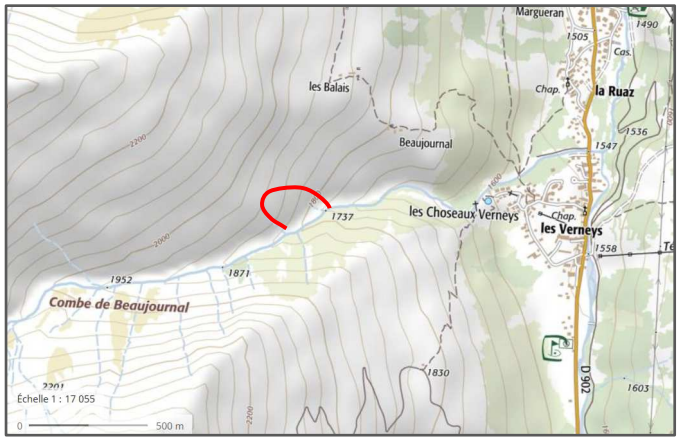
2.1 INTRODUCTION – SIMOTER1

Localisation du site pilote (Valloire)

Combe de Beaujournal, Rieu Benoit (hameau des Verneys).



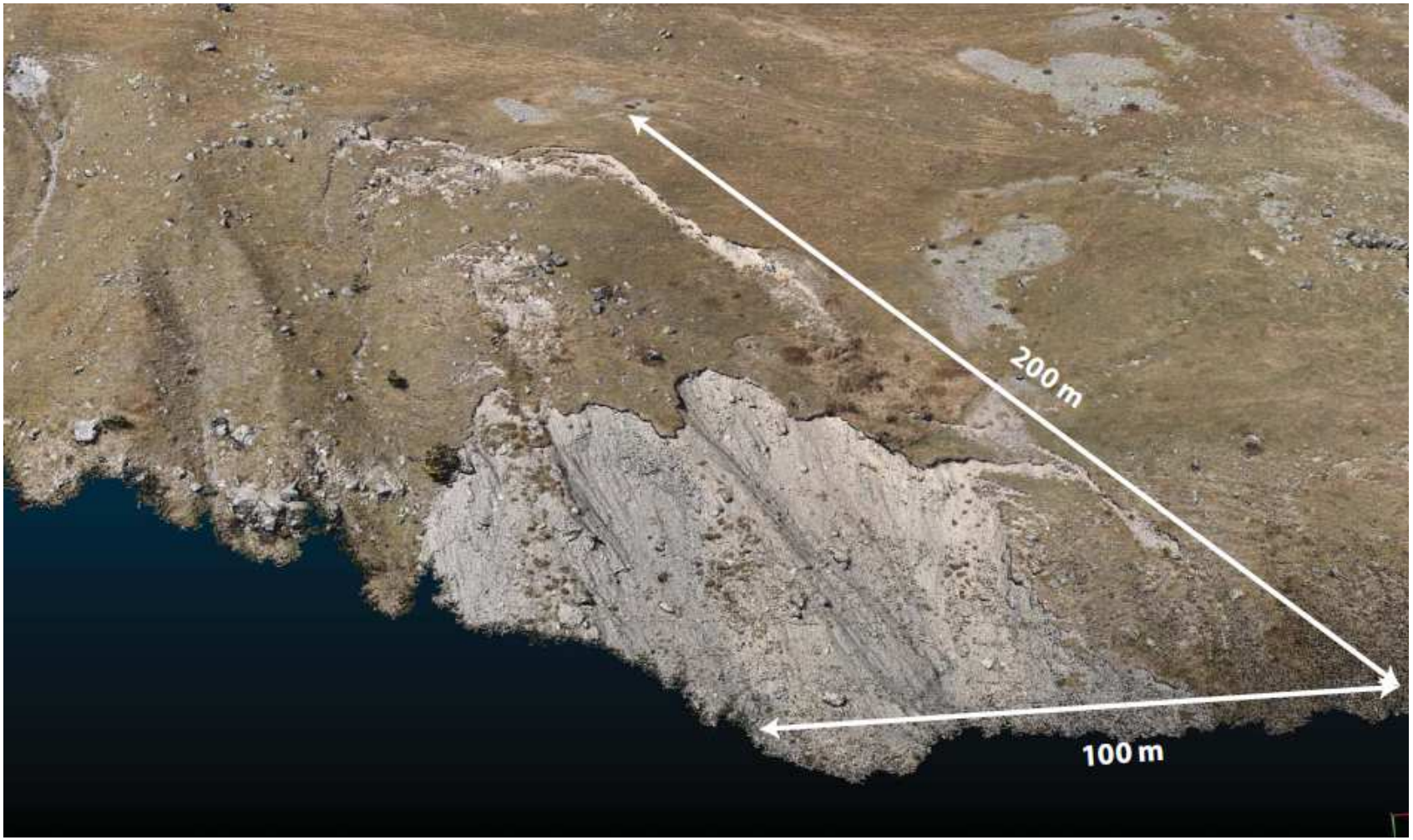
Valloire



Galibier

Site du Rieu Benoît (Valloire):

Modèle numérique de terrain obtenu par photogrammétrie (octobre 2015).



europe.regionpaca.fr

Historique évènements

UNION EUROPÉENNE
Fonds Européen de Développement Régional

RÉGION SUD PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

l'Europe s'engage sur le Massif Alpin

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
FONDS NATIONAL D'AMÉNAGEMENT ET DE DÉVELOPPEMENT DU TERRITOIRE

EN PARTENARIAT AVEC LA RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

Laves torrentielles

Principales laves torrentielles issues du Rieu Benoit							
1682	1934	1935	1982	2006	2008	2009	2011

Dégâts mentionnés:
Destruction du hameau des Verneys, obstruction de la route, destruction de la passerelle des Arolles, pont de la RD902 submergé/endommagé

Estimation des volumes maximum concernés:
20,000 à 30,000 m3

Glissement de terrain

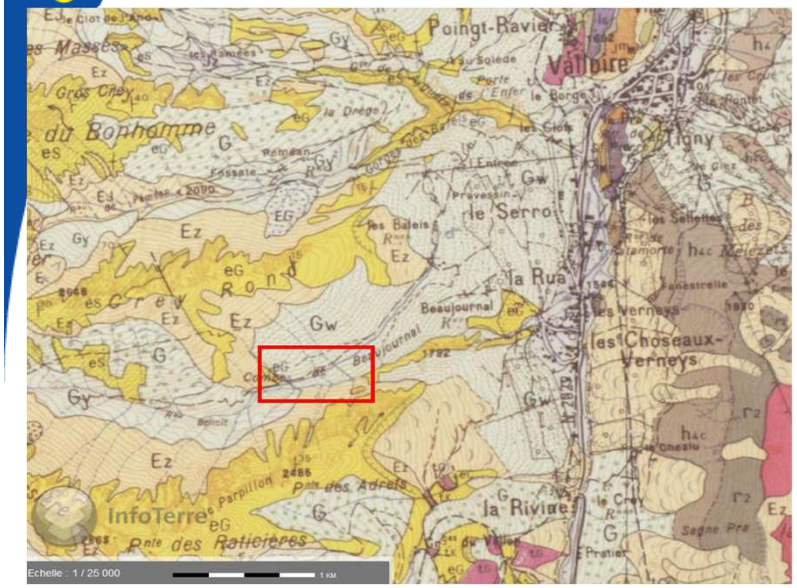
Mars 2012, RTM

Observations RTM

- Zone ravinée peu active de 2006 à 2011
- Apparition d'un surface de rupture en mars 2012, associée à une activité importante de la zone ravinée

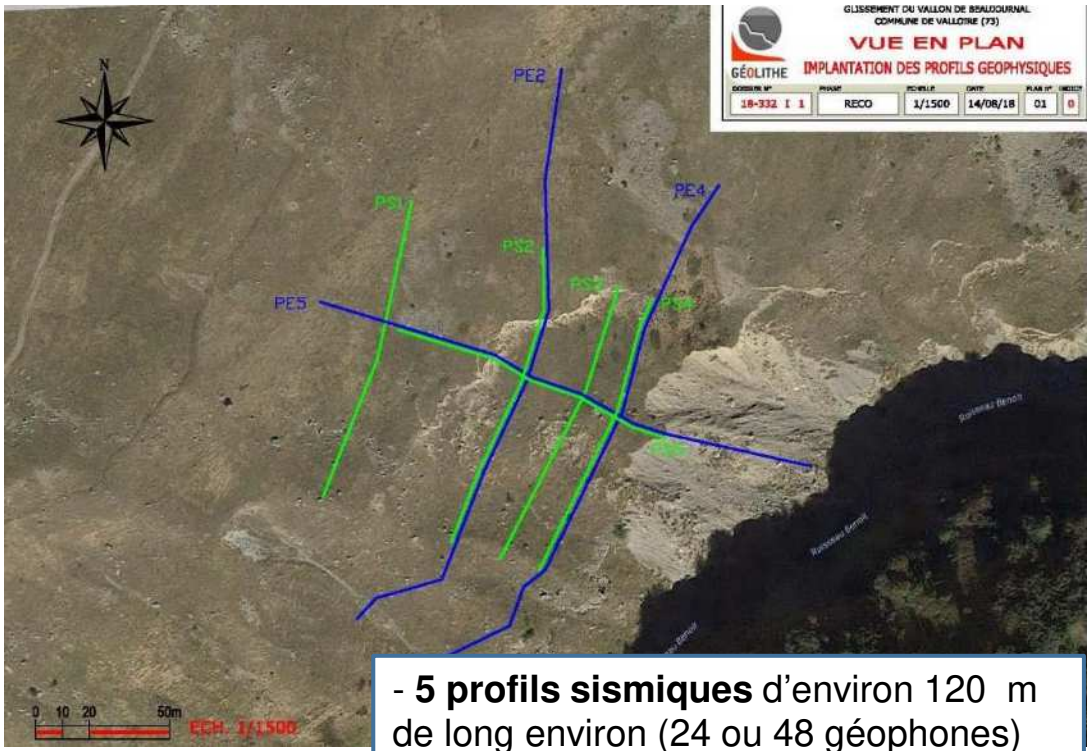
2.2. RECONNAISSANCE

Géologique



Versant constitué d'une couche morainique d'épaisseur inconnue surmontant des flyschs gréseux très déformés

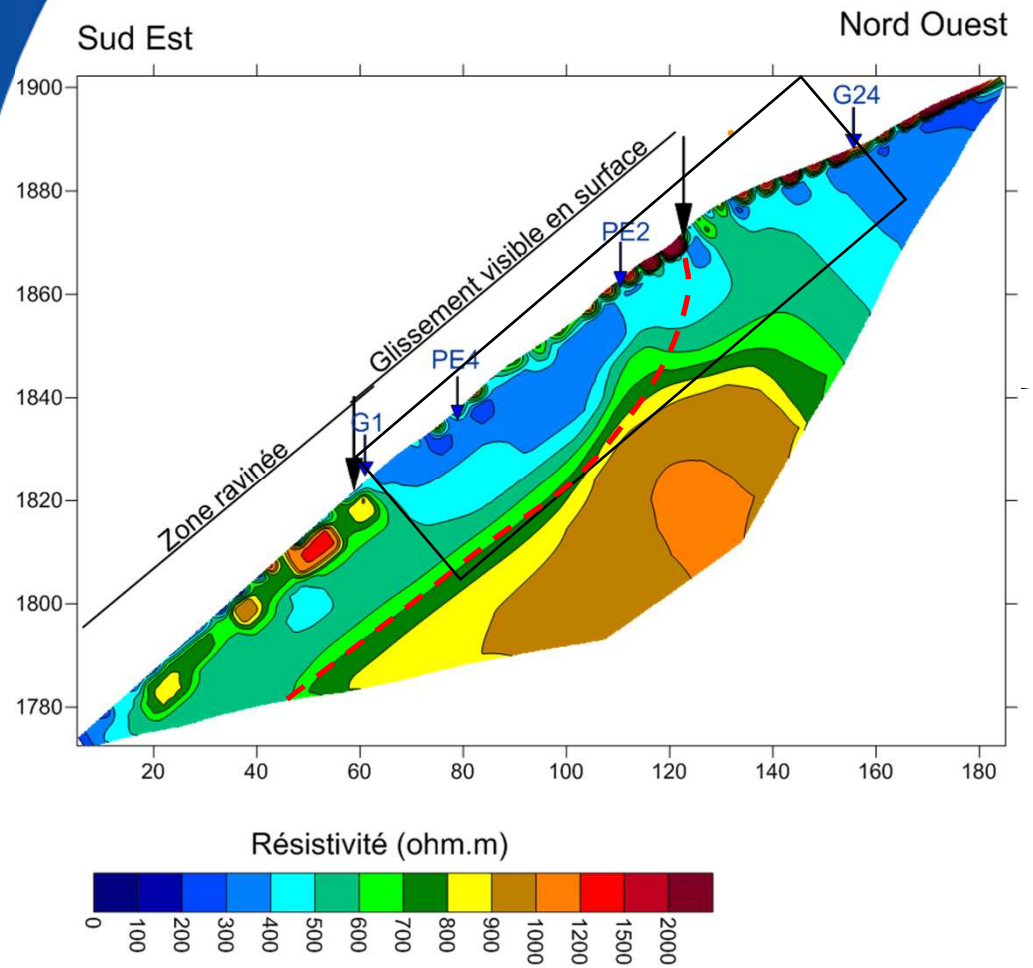
Géophysique



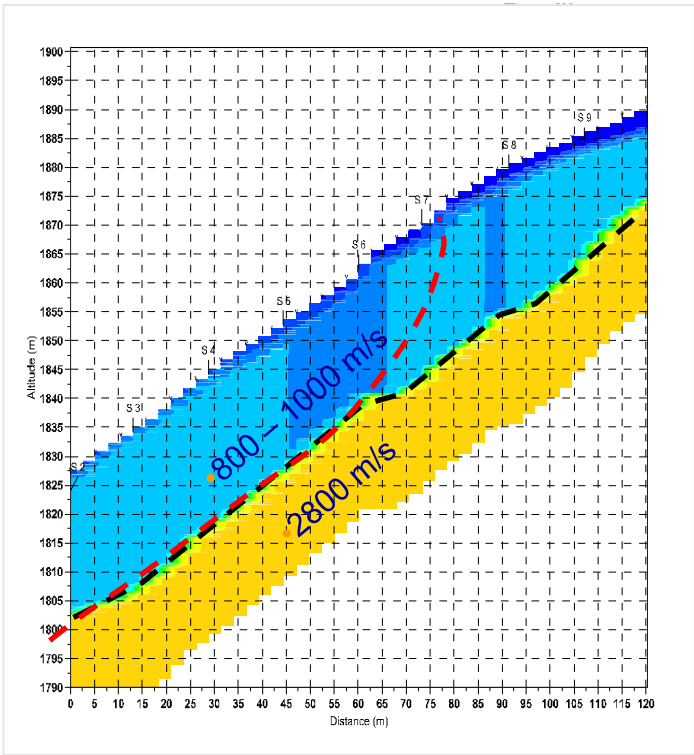
- **5 profils sismiques** d'environ 120 m de long environ (24 ou 48 géophones)
- **3 profils électriques** d'environ 235 m de long (48 ou 96 électrodes)

Reconnaissances Géophysiques – Sens de la pente

Profil électrique

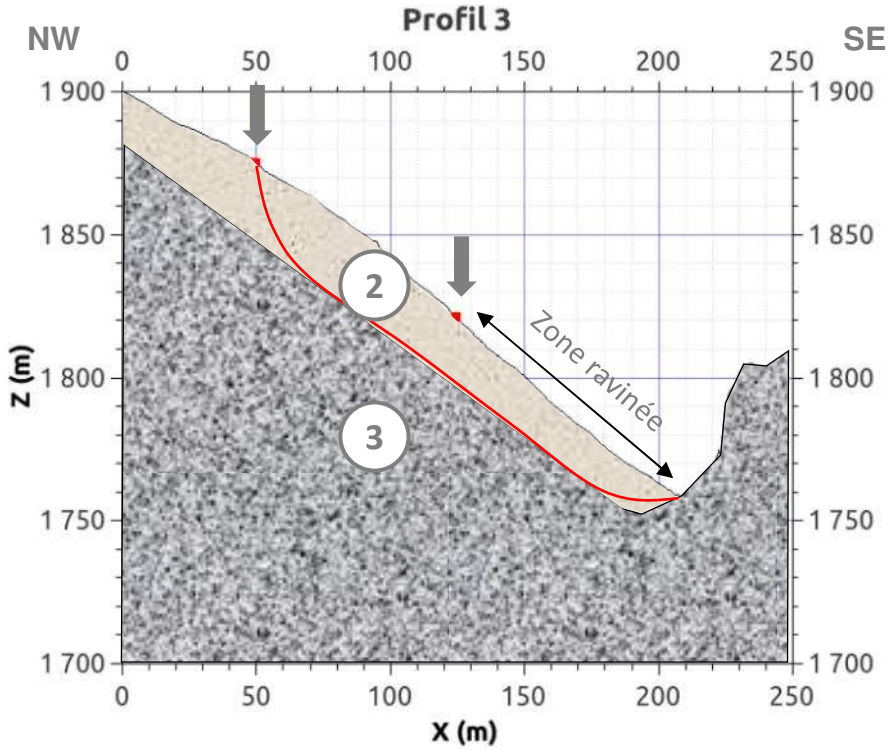


Profil sismique



Vitesse des ondes P (m/s)

2.2. RECONNAISSANCE



Hypothèse:

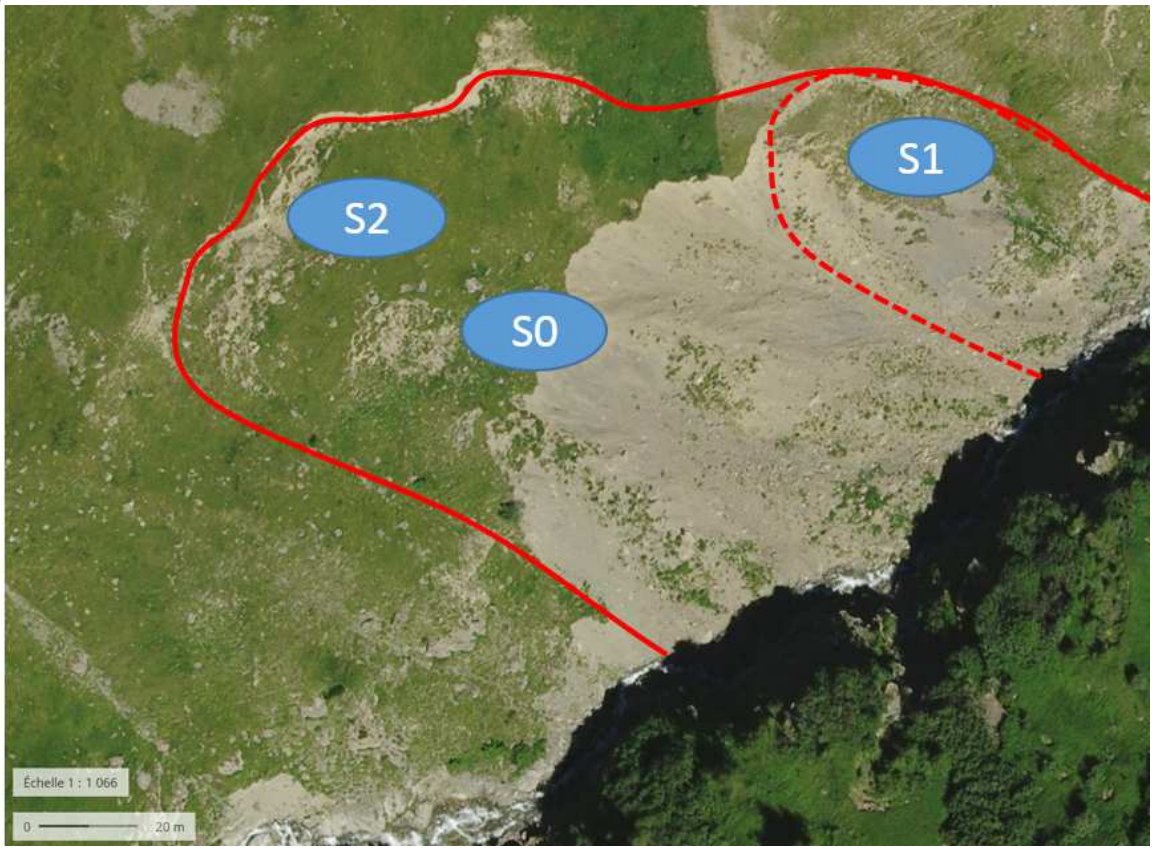
Glissement de terrain affecte les couches 1 et 2

Interprétation de l'ensemble des profils : Volume en glissement de l'ordre de 225000 m^3

Couche	Vp (m/s)	ρ (ohm.m)	Epaisseur (m)	Nature des terrains
1	300 – 500	Très variable	1 – 4	Terre végétale et terrains peu compacts
2	800 - 1200	300 - 600	15 - 25	Moraines non saturées
3	2100 - 2800	800 - 1000	-	Flyschs gréseux

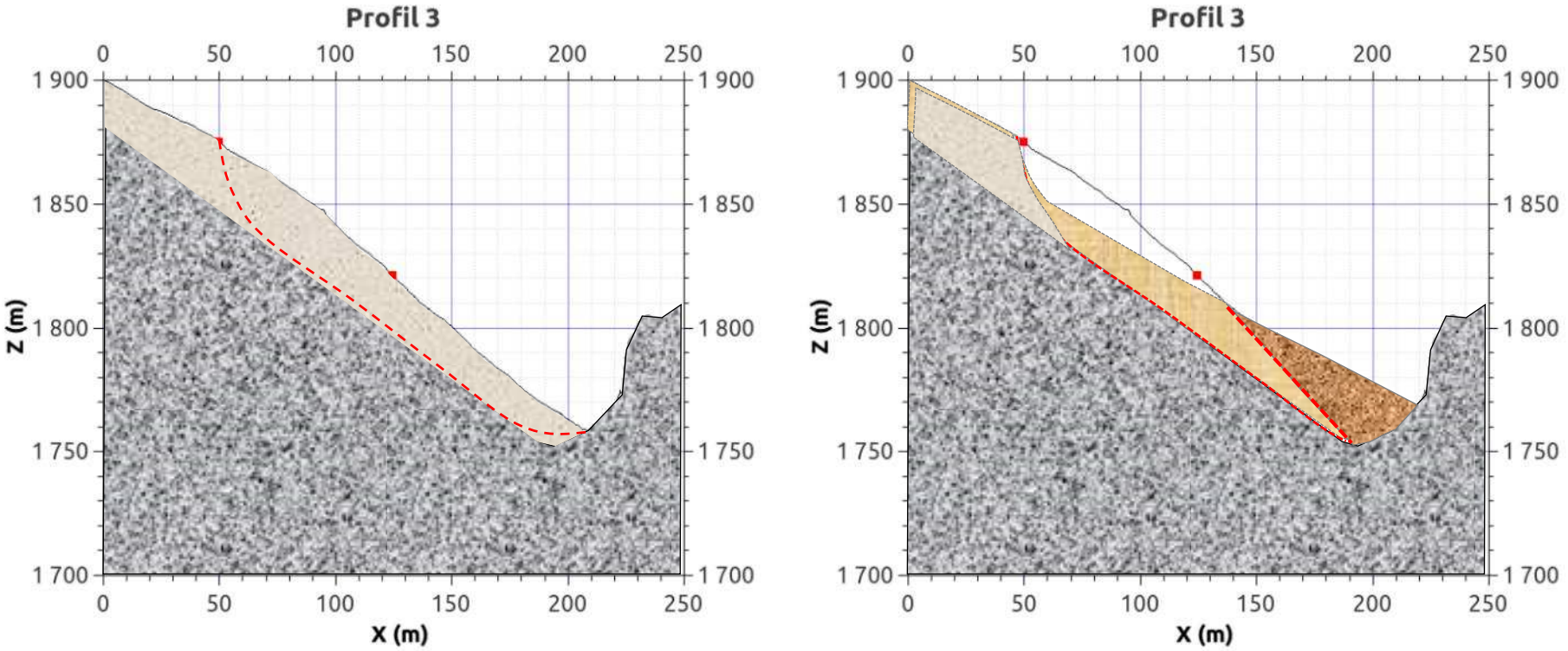
Définition des scénarios de glissement

Volumes calculés à partir du MNT et de la tomographie géophysique
Trois scénarios extrêmes (autres scénarios intermédiaires possibles)



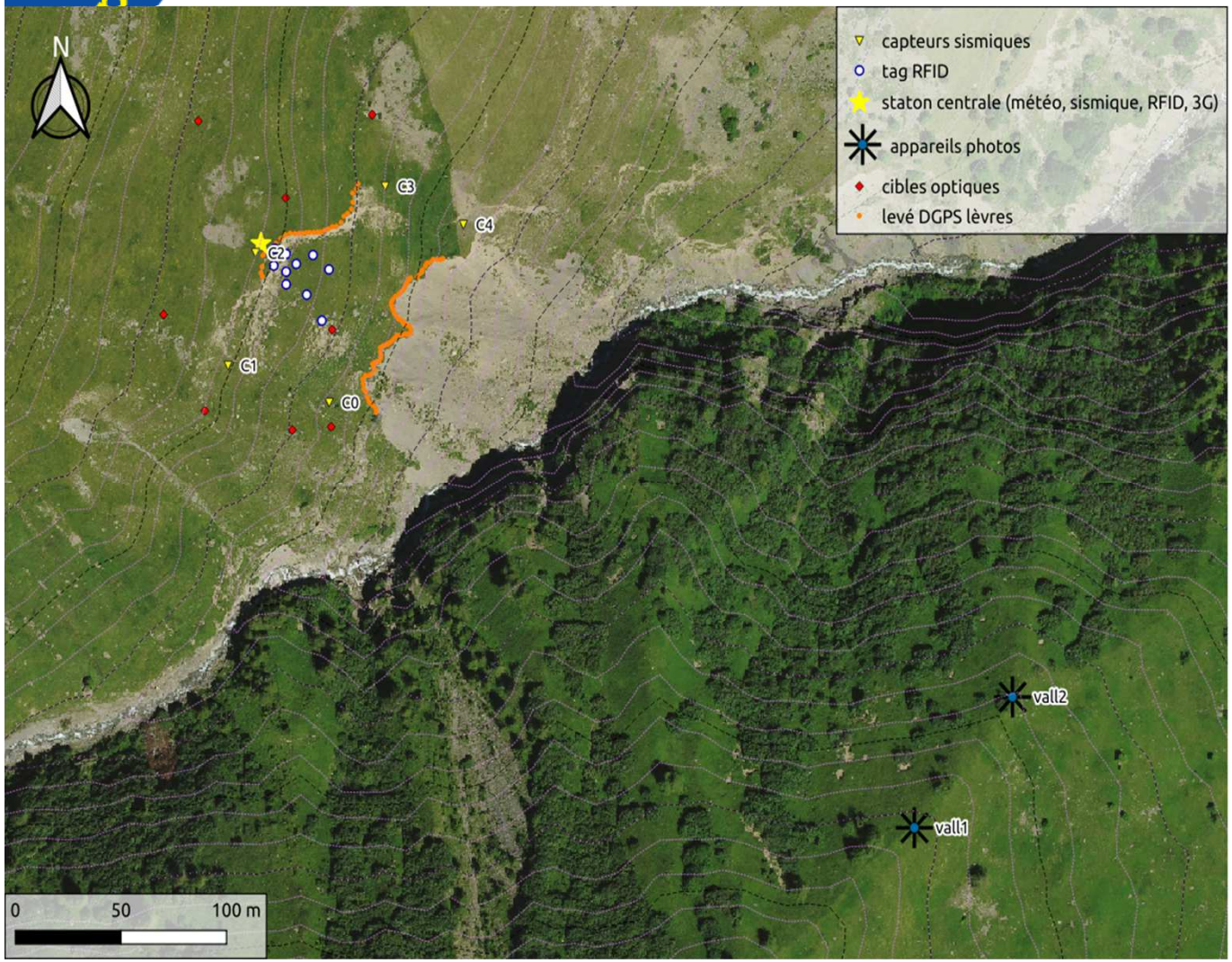
Scénario	Volume total mobilisé
0	Plusieurs centaines de m^3 /an
1	19000 m^3 Signes activité récente
2	225000 m^3 Mouvement global

Scénario 2



Volume disponible pour lave torrentielle estimé à 80000-90000 m^3

2.3 Instrumentation : implantation



Sismique

5 capteurs

RFID

12 tags

Photogrammétrie

2 appareils

Conditions difficiles

- Altitude (1800-1900 m) neige - température

Test de la robustesse du matériel

- Accès peu aisé

Date installation effective	***Matériel***	***Spécifications***	***Localisation***
13 juin 2019	**2 appareils photos**	Boîtiers Canon Rebel T6 avec objectifs Canon 50mm f/1.8	Rive droite
	1 station météorologique	Station Davis Vantage Pro 2	Rive gauche en dehors glissement
29 aout /8 octobre 2019	**1 station d'acquisition et 5 capteurs sismiques**	station Centaur 6 voies 5 capteurs L4C-1D	Rive gauche autour glissement
18 novembre 2019	**Système de mesures RFID**	2 antennes – reader- 12 tags	Rive gauche sur glissement

2.3 Instrumentation : photogrammétrie

- **12-14 Juin 2019 : Installation photogrammétrie et station météo**

→ mise en place des 2 appareils photo (en face du glissement, rive droite du Vallon de Beaujournal) et de leurs supports (mâts)

2.3 Instrumentation : photogrammétrie

6 vues du glissement à différentes époques

30 Juin 2019

2 Aout 2019

13 Septembre 2019

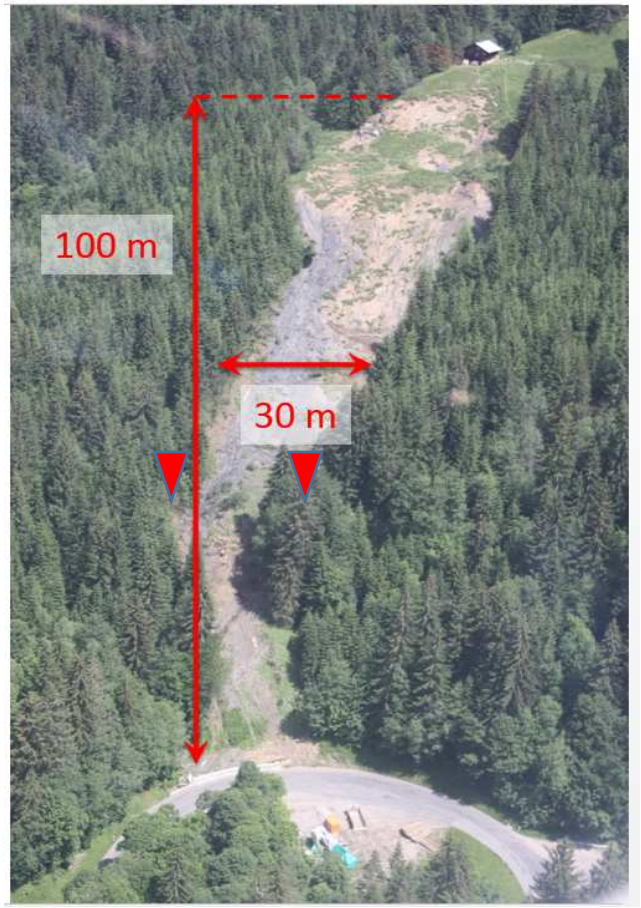
2 Novembre 2019

15 Avril 2020

30 Octobre 2020

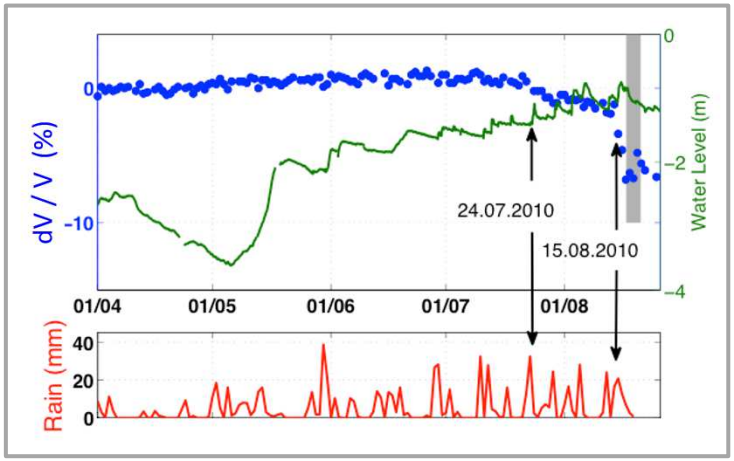
2. Instrumentation : sismique passive

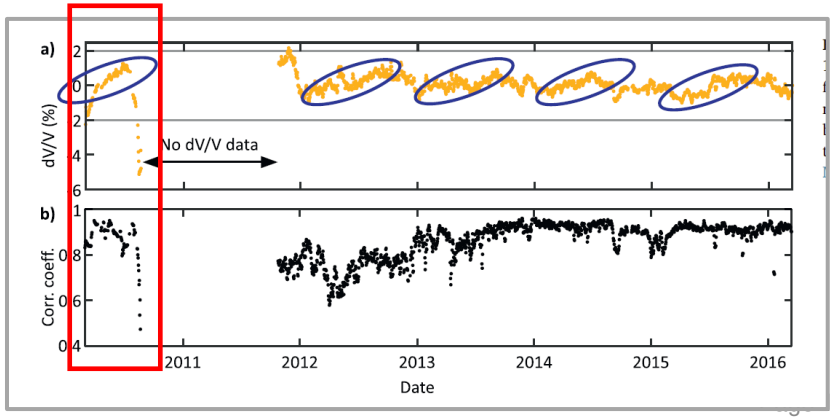
Principe



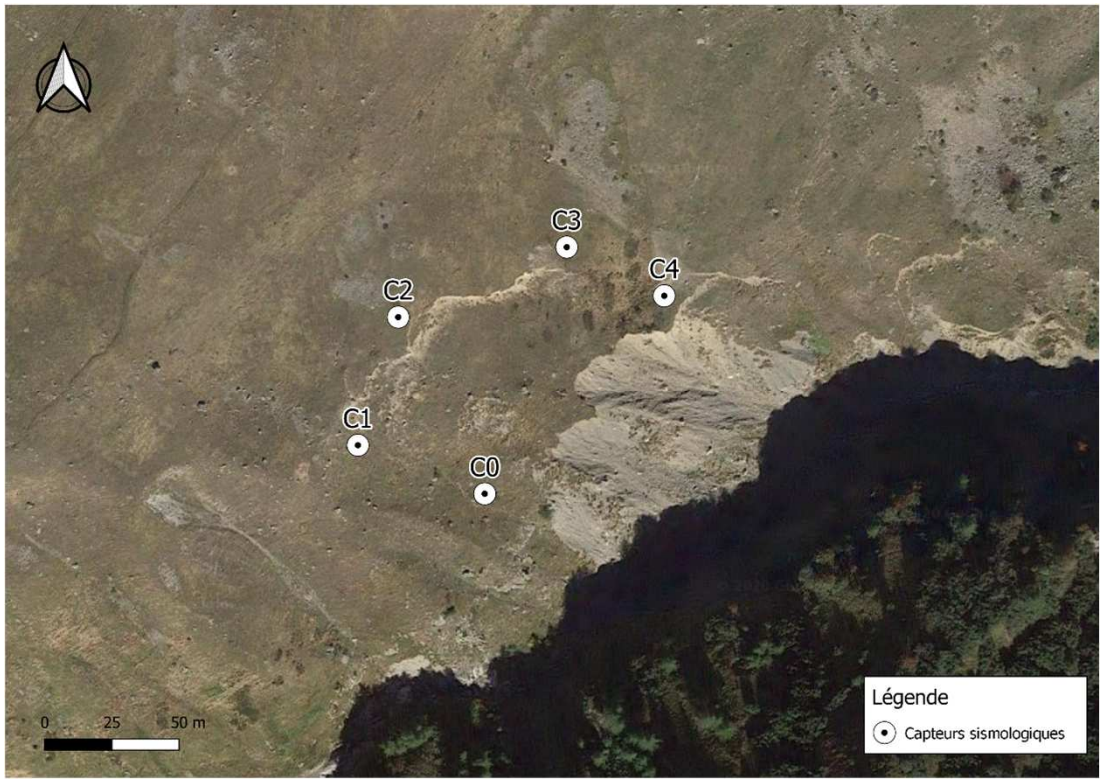
Application

Pont Bourquin, Swiss Alps





2. Instrumentation : sismique passive

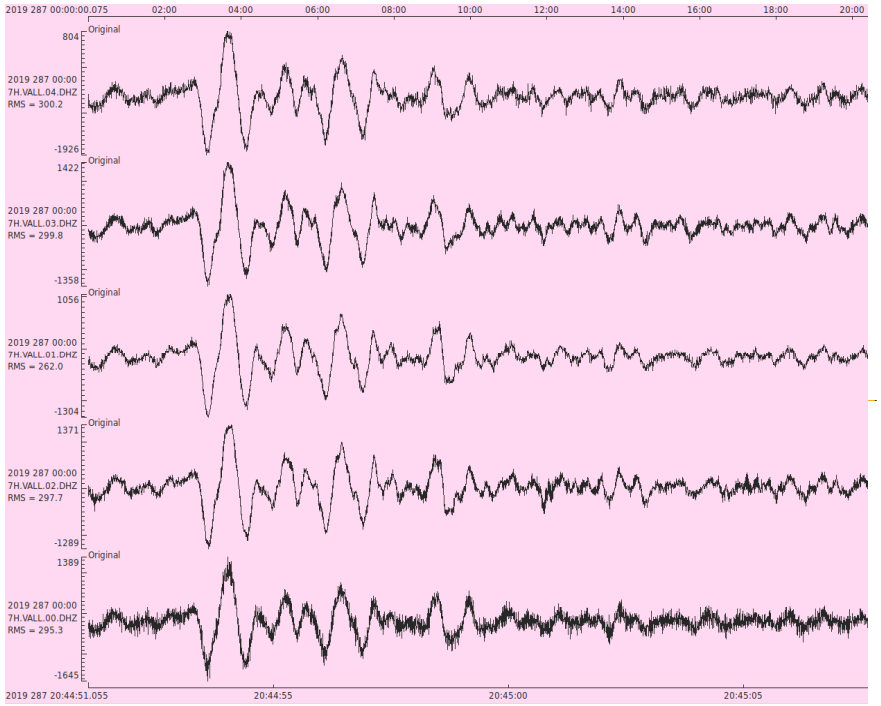


Implantation des 5 capteurs sismiques

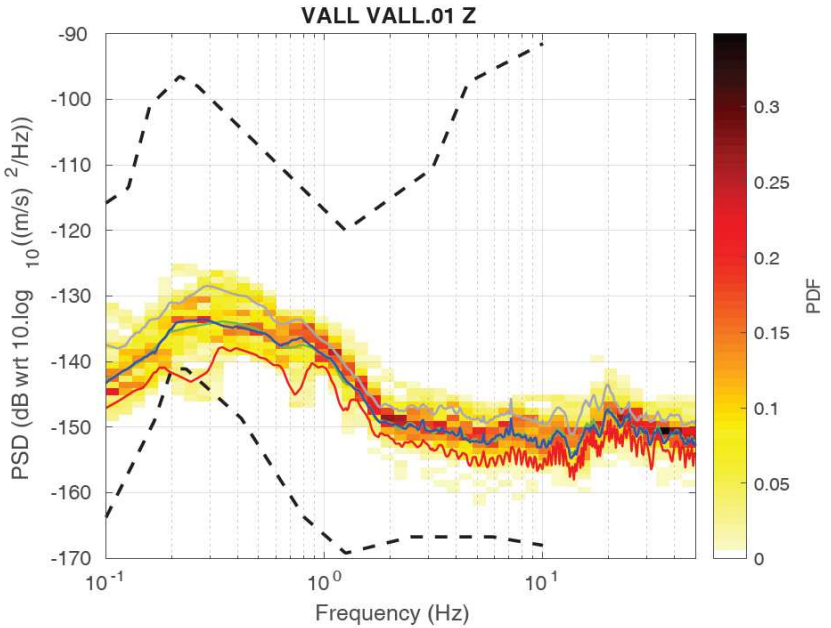
Station sismologique (C2)

2. Instrumentation : sismique

Exemple de bruit et d'un séisme



Signaux de vitesses enregistrés sur les 5 capteurs lors d'un séisme qui s'est produit en Italie le 14 octobre 2019.

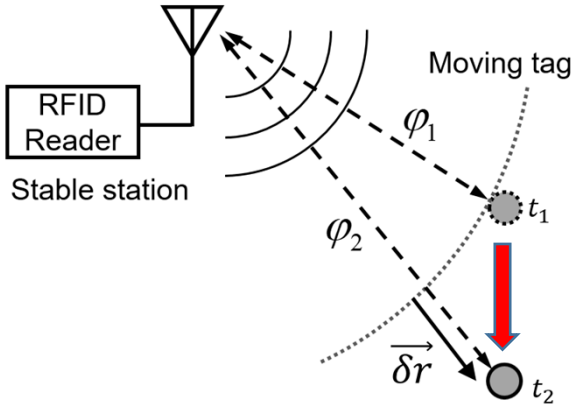


PSD (Power spectral density) calculée sur une durée de 1heure pour les signaux issus du capteur C1. La moyenne de tous ces signaux est la courbe bleue. Les courbes noires pointillées correspondent aux courbes de Peterson (bruit de fond minimum et maximum de la Terre).

2. Instrumentation : RFID (Radio Frequency Identification)

Principe

Time domain phase difference technique



$$\varphi_2 - \varphi_1 = -\frac{4\pi}{\lambda}\delta r$$

europe.regionpaca.fr

UNION EUROPÉENNE
Fonds Européen de Développement Régional

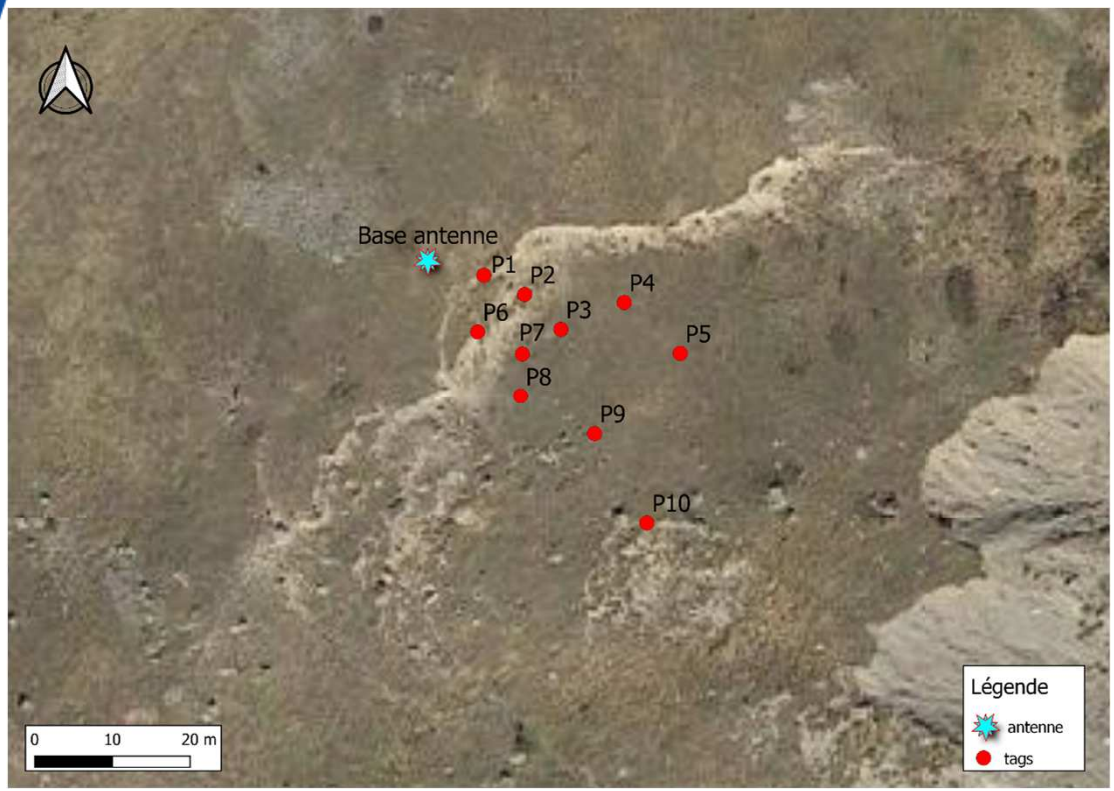
RÉGION SUD PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

l'Europe s'engage sur le Massif Alpin

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Opération soutenue par l'État
FONDS NATIONAL D'AMÉNAGEMENT ET DE DÉVELOPPEMENT DU TERRITOIRE

EN PARTENARIAT AVEC LA RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

2. Instrumentation : RFID



2. Instrumentation : Station Météo

- Pluviomètre
- Capteur de température
- Capteur d'humidité
- Capteur de pression
- Anénomètre

2.4 Fonctionnement des instruments de mesure

Instrumentation	Taux de récupération	Taux de données exploitables
Météorologique	100 %	100%
Sismologique	99,6 %	63,5% (arrachement capteurs)
Photogrammétrique	83 % en moyenne Vall-1 : 187 / 221 jours de fonctionnement : 85 % Vall-2 : 430 /527 jours de fonctionnement : 82 %	Quasi-totalité (évaluation visuelle)
RFID	71 %	idem (hors neige humide)

Problèmes rencontrés:

Sismique:

- Sismomètres arrachés par la reptation du manteau neigeux (décembre 2019 – Janvier 2020)
- Câble du sismomètre C0 coupé par un rongeur le 01/06/2020

RFID:

- Saturation de la mémoire (janvier 2020)
- Port antenne Reader Impinj hors service (juillet 2020)
- Carte mémoire Raspberry défaillante (aout 2020)
- Rotation des piquets supports entraînés par la neige

Photogrammétrie:

- Disfonctionnement répété du module de contrôle Digisnap (Harb.)
- Arrêt définitif de la station photogrammétrique Vall1 le 04/12/2019 suite à une surtension sur la carte d'alimentation de l'appareil.

europe.regionpaca.fr

2.5 Résultats

UNION EUROPÉENNE
Fonds Européen de Développement Régional

RÉGION SUD PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

l'Europe s'engage sur le Massif Alpin

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
FONDS NATIONAL D'AMÉNAGEMENT ET DE DÉVELOPPEMENT DU TERRITOIRE

EN PARTENARIAT AVEC LA RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

Portail de surveillance (Geolithe) :

Cadre Parteunariat LABCOM Geo3iLab ISTERRE / GEOLITHE

demande d'accès

Valloire

GÉOLITHE

Geo3ilab

RIM-Nat

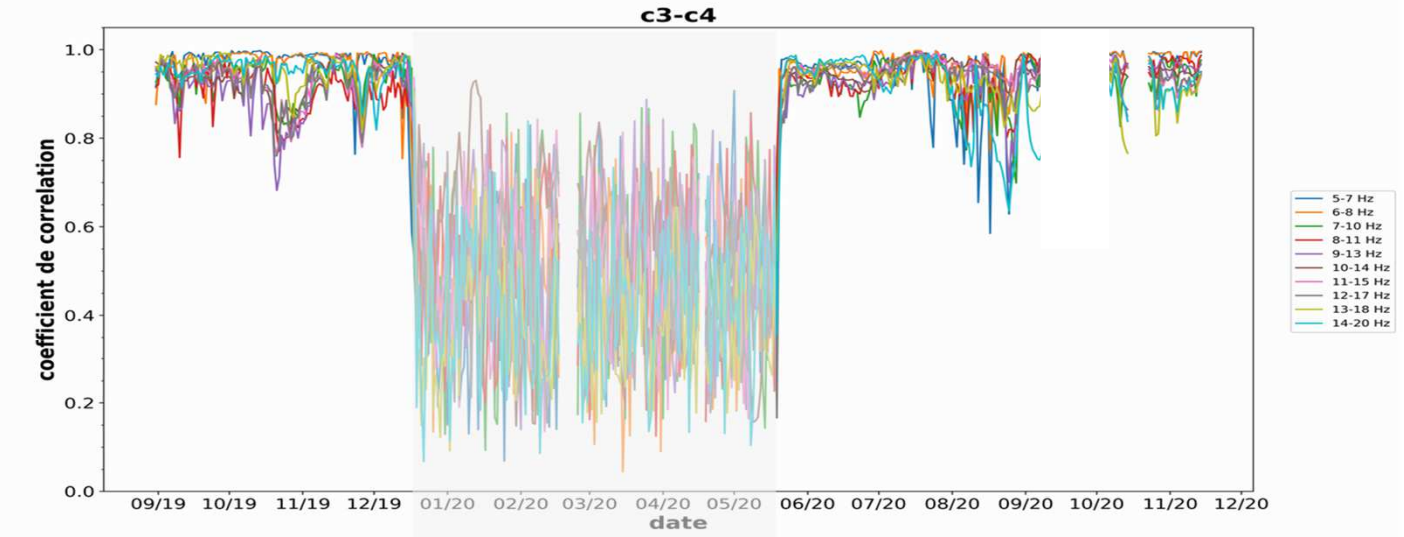
Météorologie →

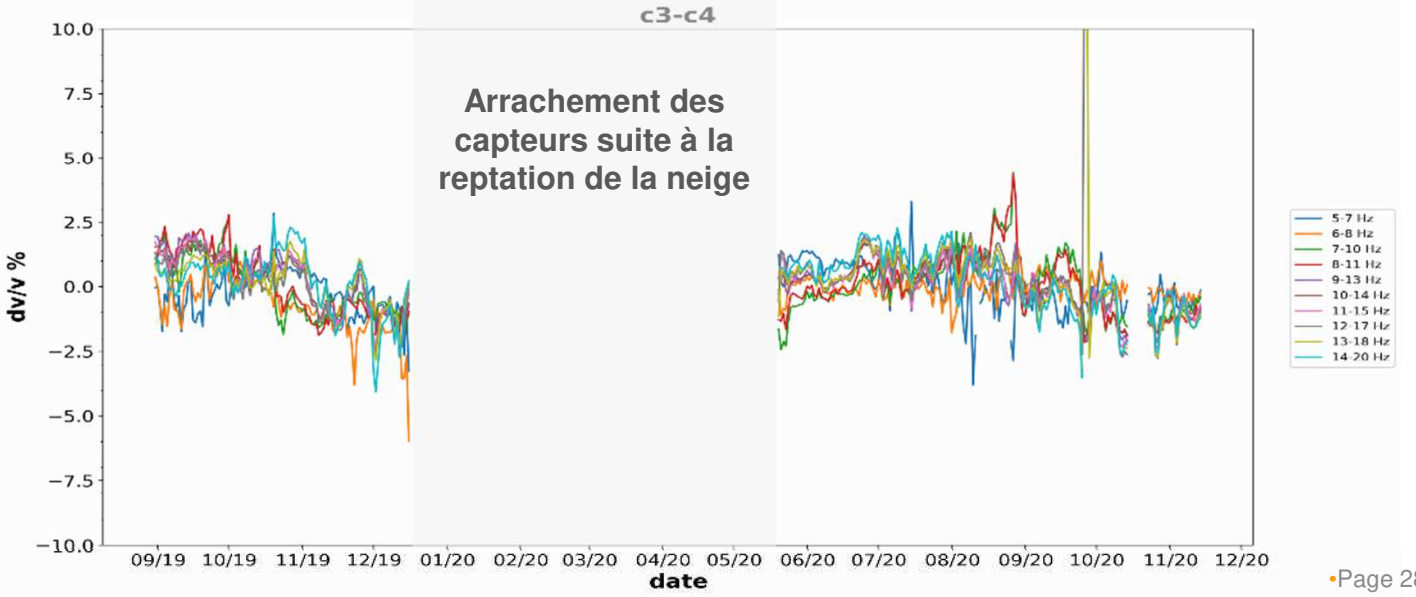
RFID →

Sismologie
Intercorrélations →

europe.regionpaca.fr

2.5 Résultats: sismique





Arrachement des capteurs suite à la reptation de la neige

europe.regionpaca.fr

UNION EUROPÉENNE
Fonds Européen de Développement Régional

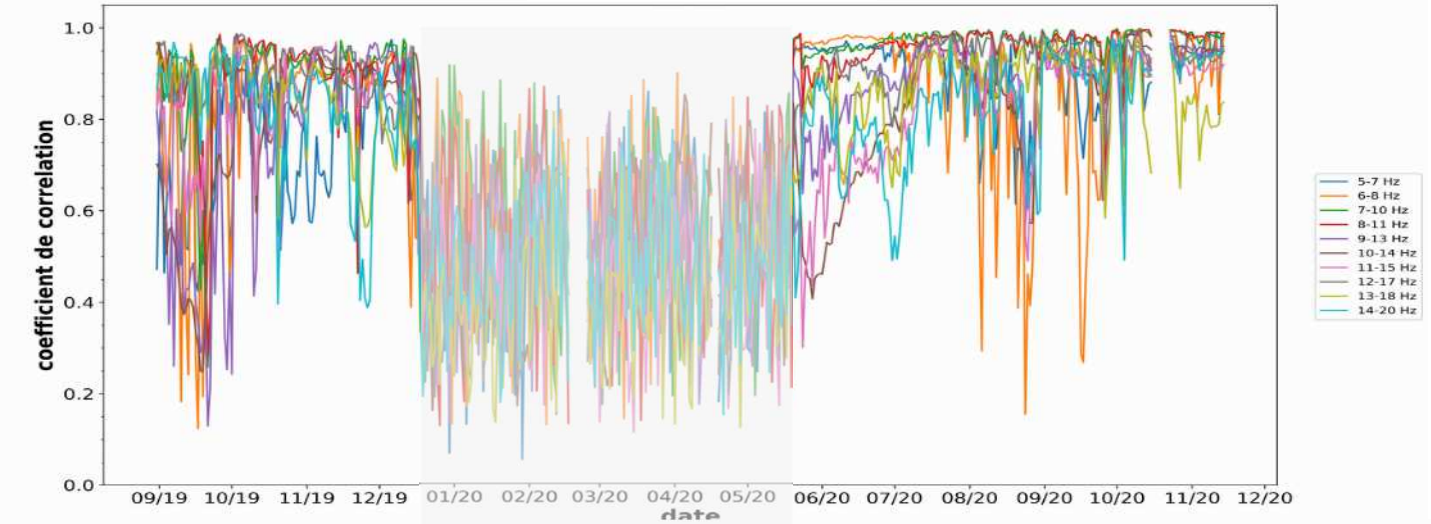
RÉGION SUD PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

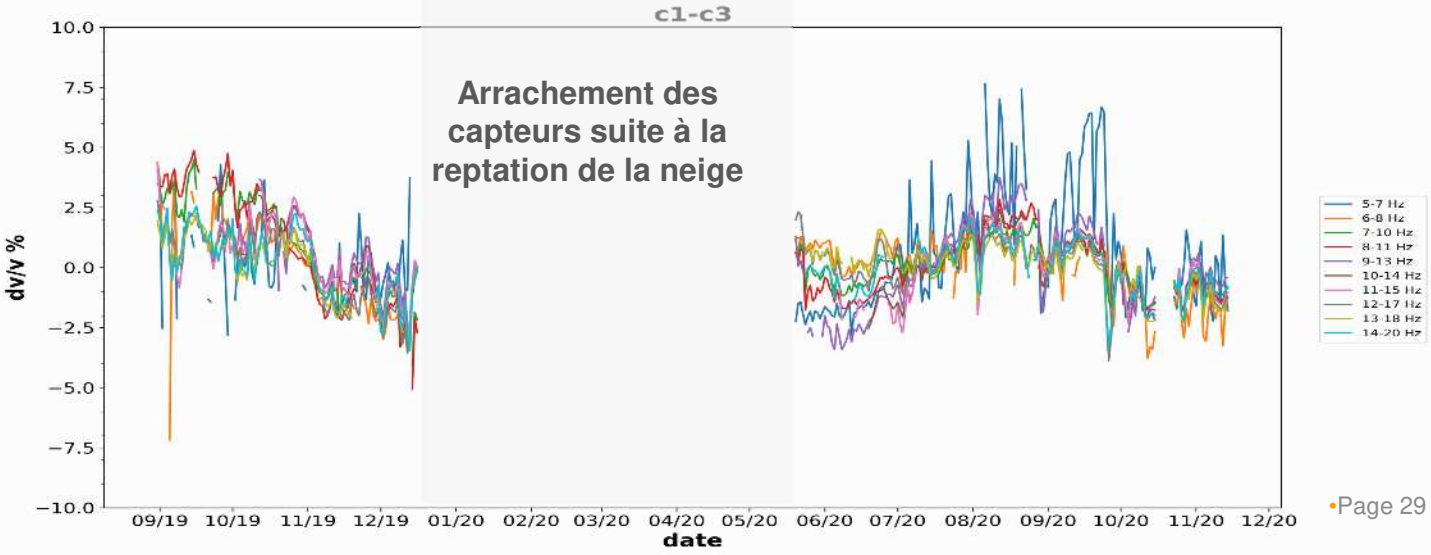
l'Europe s'engage sur le Massif Alpin

EN PARTENARIAT AVEC LA RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

2.5 Résultats: sismique

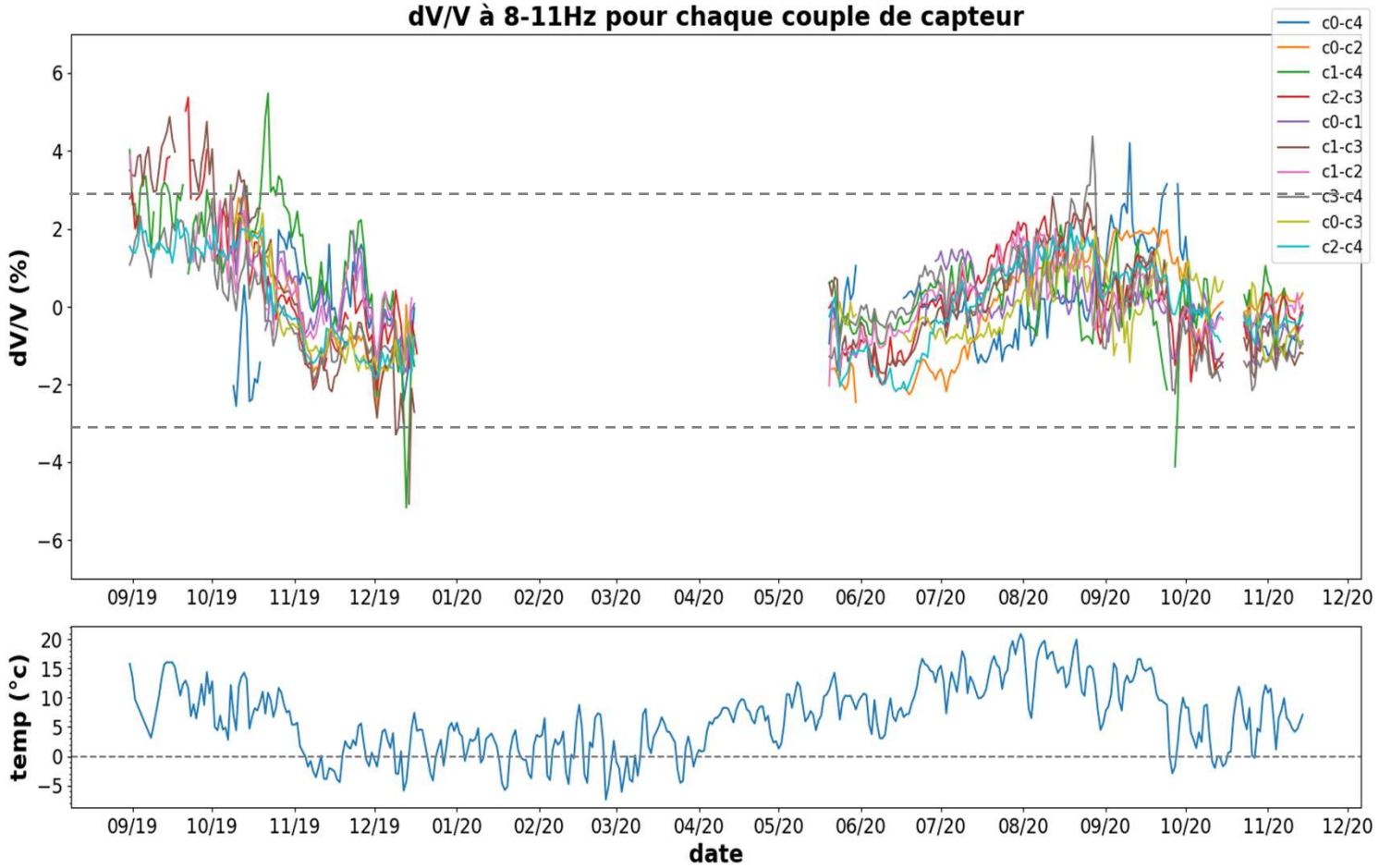
Couple C1-C3





Arrachement des capteurs suite à la reptation de la neige

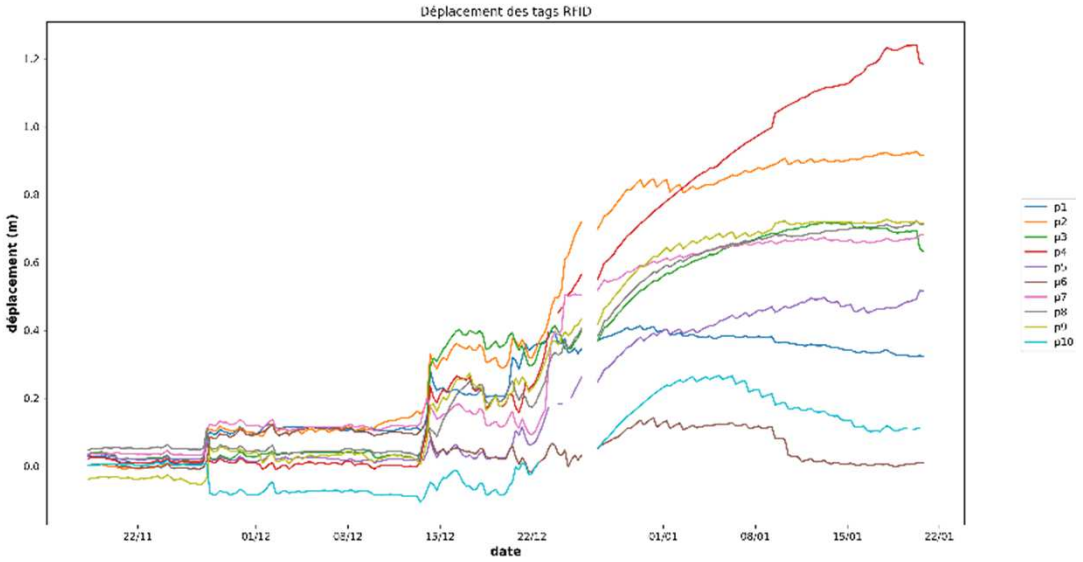
2.5 Résultats : interprétation sismique



europe.regionpaca.fr

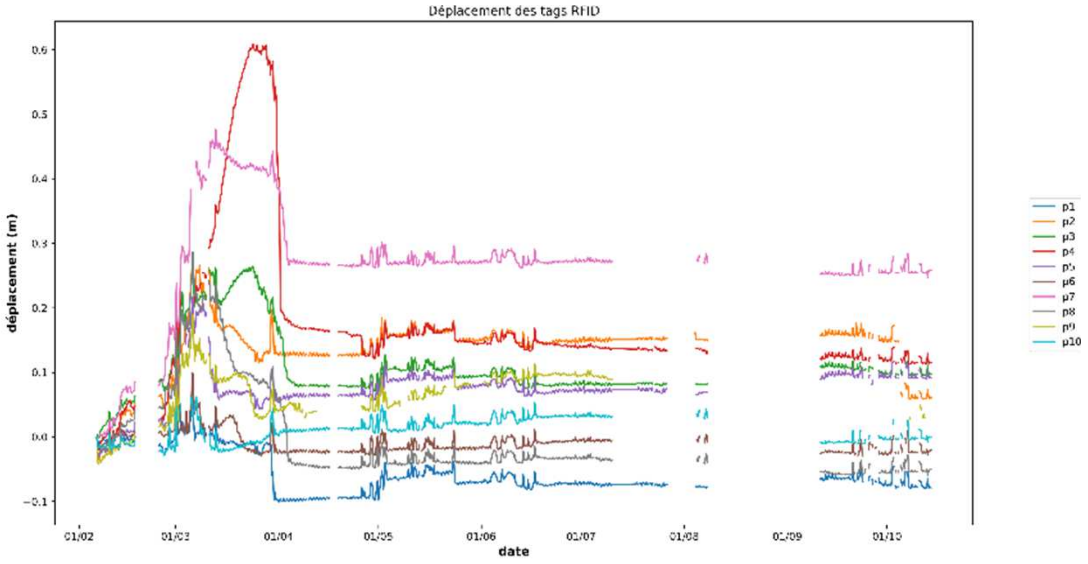
2.5 Résultats: RFID

Déplacement des tags RFID en mètres
entre le 18/11/2019 et le 05/02/2020

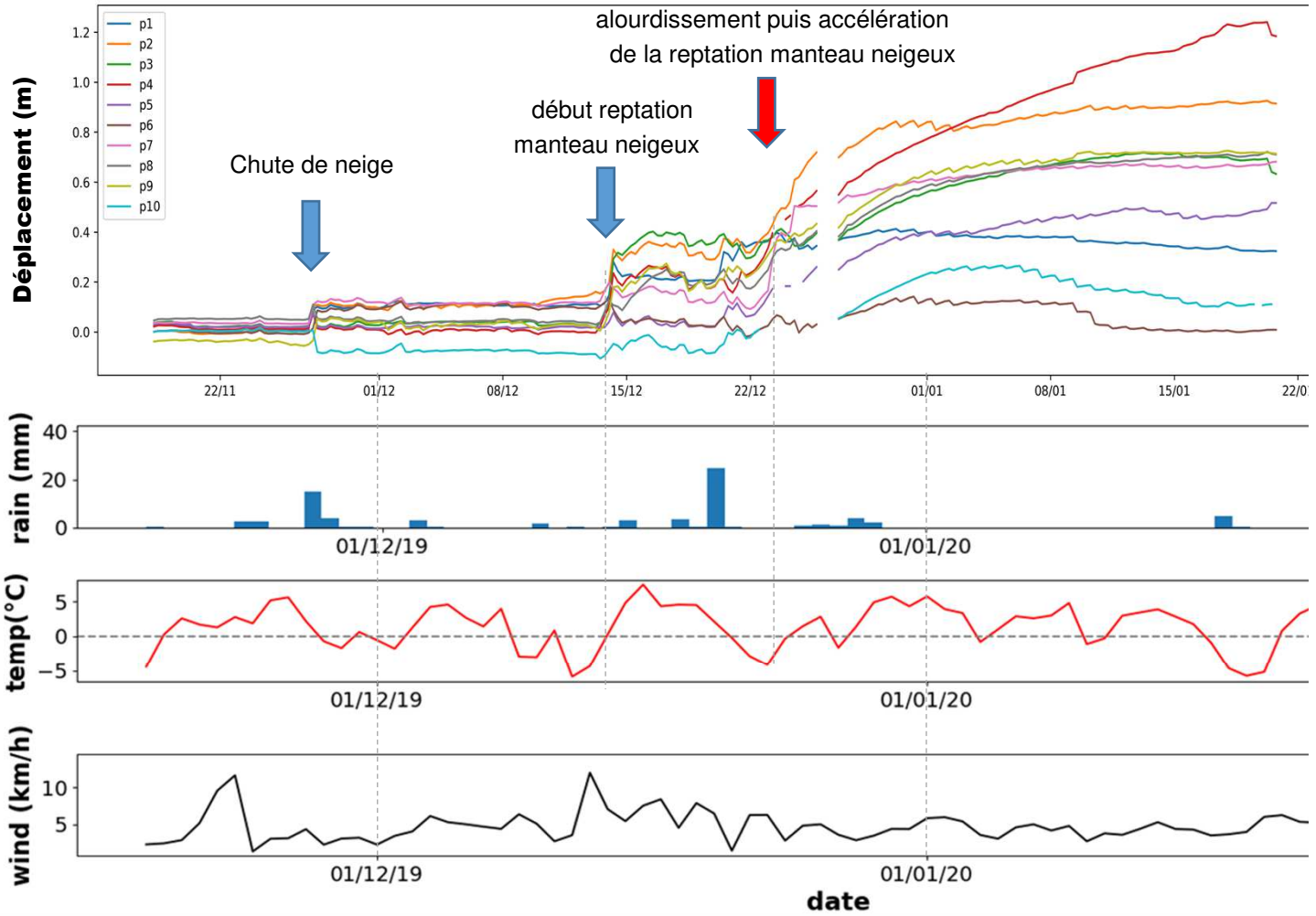


Le déplacement cumulé des tags RFID à dû être réinitialisé le 06 février 2020 suite au redressement des piquets enfouis sous la neige

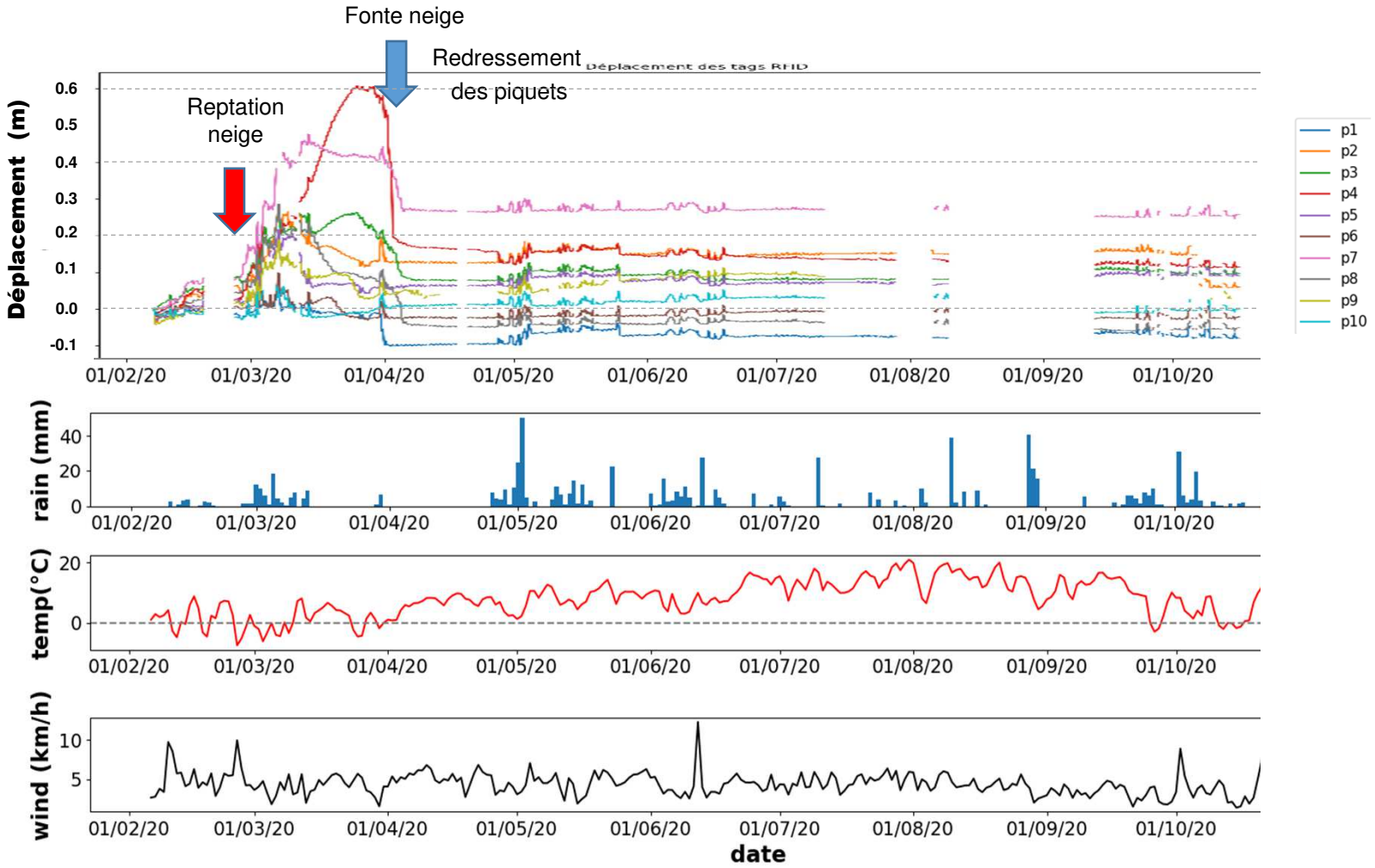
Déplacement des tags RFID en mètres
entre le 06/02/2019 et le 15/10/2020



2.5 Résultats : interprétation RFID



2.5 Résultats : interprétation RFID



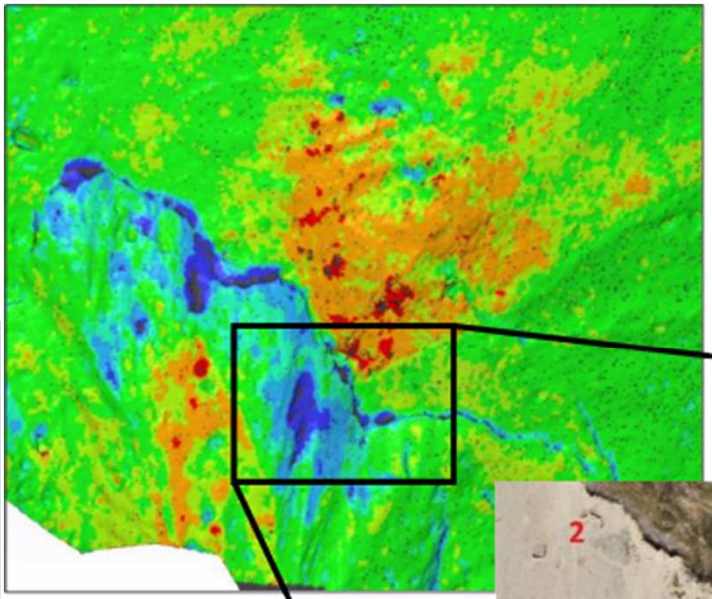
europe.regionpaca.fr

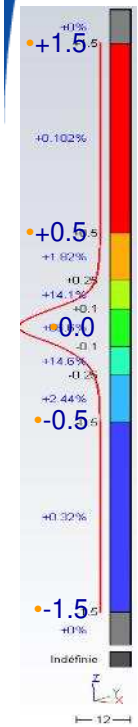
l'Europe s'engage sur le Massif Alpin

UNION EUROPÉENNE
Fonds Européen de Développement Régional

Région Provence Alpes Côte d'Azur

2.5 Résultats : photogrammétrie





Résultats prometteurs au montage du projet :

- multiples points de vue,
- grand nombre de photos,
- traitement « manuel » avec logiciel commercial (Photoscan)

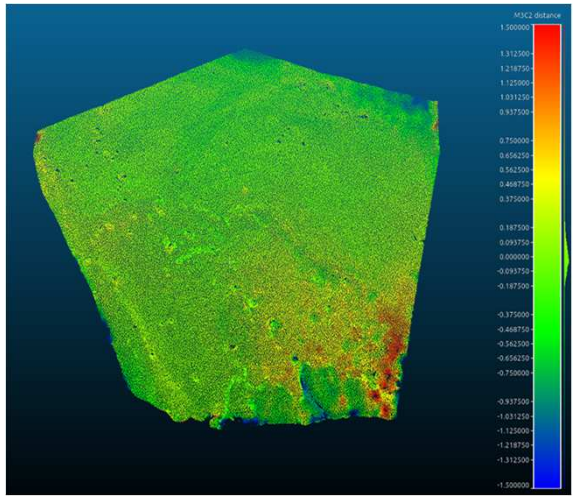
2.5 Résultats : photogrammétrie (suivi)

Moyens mis-en-œuvre : CDD 4 mois

Test préliminaire de plusieurs logiciels (ASP, MicMac…),

Objectif : Analyse 3D des déplacements de surface (automatisation)

Référence : calage sur MNT LIDAR terrestre



Exemple de traitement sous Micmac

<u>Principales conclusions</u> :

- Incertitude résiduelle : +/- 30 cm

sur le MNT obtenu en photogrammétrie

- Automatisation du traitement complexe

- Difficultés à mettre en œuvre un workflow de traitement automatisé robuste

- Configuration géométrique du dispositif non optimale

- 2 points de vue seulement sur site (Vall1 et Vall2)
- rapport B/H non optimal (~0.2),

- Dispositif d'acquisition peu fiable (Harbotronics)

→ **<u>Proposition de remplacement par une webcam pour suivi visuel</u>**

2.5 Résultats : Bilan

Période d'observation : 13 à 18 mois

- Pas de réactivation significative du glissement
- Meilleure connaissance du comportement saisonnier du site en période « normale »

  → *proposition de seuils d'alerte ajustés pour la suite (sismologie…)*
- Adaptation du dispositif de surveillance à ce contexte d'altitude (1900 m) en versant sud (épisodes de neige humide rampante)

  → *Sismologie*

  → *RFID*

  (→ Photo)

2.6. Conditions d'exécution du projet

Niveau RH:

Un ingénieur à mi-temps pour assurer la maintenance des instruments, le rapatriement, le contrôle qualité des données et la rédaction d'un rapport mensuel (22 mois à mi-temps sur 3 ans)

Missions

Une mission toutes les 3 semaines en moyenne

Stockage de données (un an)

Méthode	Volume de données
Météorologie	77 Mo
Photos	175 Go
RFID	728 Mo
Sismologie	51 Go